



Editorial

원격탐사와 GIS를 이용한 재난 예측, 감시 및 대응

김준우 ¹⁾ · 김덕진²⁾ · 손홍규³⁾ · 최진무⁴⁾ · 임정호 ⁵⁾†

Disaster Prediction, Monitoring, and Response Using Remote Sensing and GIS

Junwoo Kim ¹⁾ · Duk-jin Kim²⁾ · Hong-Gyoo Sohn³⁾ · Jinmu Choi⁴⁾ · Jungho Im ⁵⁾†

Abstract: As remote sensing and GIS have been considered to be essential technologies for disasters information production, researches on developing methods for analyzing spatial data, and developing new technologies for such purposes, have been actively conducted. Especially, it is assumed that the use of remote sensing and GIS for disaster management will continue to develop thanks to the launch of recent satellite constellations, the use of various remote sensing platforms, the improvement of acquired data processing and storage capacity, and the advancement of artificial intelligence technology. This spatial issue presents 10 research papers regarding ship detection, building information extraction, ocean environment monitoring, flood monitoring, forest fire detection, and decision making using remote sensing and GIS technologies, which can be applied at the disaster prediction, monitoring and response stages. It is anticipated that the papers published in this special issue could be a valuable reference for developing technologies for disaster management and academic advancement of related fields.

Key Words: Remote sensing, Geographic information system, Disaster prediction, Disaster monitoring, Disaster response

요약: 원격탐사와 GIS를 활용한 공간자료 분석은 재난 관리에 효율적인 기술로 이를 활용한 재난정보 제공을 위한 자료 분석 및 기술 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 군집위성의 발사와 다양한 원격탐사 플랫폼의 활용, 취득된 데이터 처리 및 저장 능력의 향상, 인공지능 기술의 발달 등으로 인해 재난 관리를 위한 원격탐사와 GIS 기술의 활용은 많은 발전의 여지를 가지고 있다. 이번 특별호에는 재난의 예측, 감시 그리고 대응 단계에서 선박탐지, 건축물 추출, 해양환경 감시, 홍수탐지, 산불탐지, 그리고 재난 발생시 의사결정지원에 적용 가능한 원격탐사와 GIS 기술의 개발과 활용한 관련한 10편의 논문이 게재되었다. 이번 특별호에 출판된 논문들은 재난 관리 기술의 발전과 연관 학문 분야의 학술적 발전에 밑거름이 될 것으로 판단된다.

Received October 24, 2022; 2022; Accepted October 25, 2022; Published online October 31, 2022

¹⁾ 서울대학교 미래혁신연구원 연구교수(Research Professor, Future Innovation Institute, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea)

²⁾ 서울대학교 지구환경과학부 교수(Professor, School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea)

³⁾ 연세대학교 건설환경공학과 교수(Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea)

⁴⁾ 경희대학교 지리학과 교수(Professor, Department of Geography, Kyung Hee University, Seoul, Republic of Korea)

⁵⁾ 울산과학기술원 도시환경공학과 교수(Professor, Department of Urban and Environmental Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology, Ulsan, Republic of Korea)

† Corresponding Author: Jungho Im (ersgis@unist.ac.kr)

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.

자연재난과 사회재난은 발생시 막대한 사회적 피해를 발생시켜 이에 대한 예측과 감시, 그리고 재난발생 후의 신속한 대응이 요구된다(Kim and Kim, 2020). 특히 인공위성과 항공기, 무인기 등을 포함하는 원격탐사 기술의 활용은 재난 발생 시 넓은 지역에 대한 시각적 정보를 제공할 수 있어(Brivio *et al.*, 2002; Sheng *et al.*, 2001; Voigt *et al.*, 2016), 재난의 예방과 대비, 그리고 재난의 발생 이후 대응과 복구 과정에서 높은 활용성을 가진다(Joyce *et al.*, 2009).

원격탐사와 GIS를 활용한 공간자료 분석은 재난 관리에 효율적인 기술로 인식되고 있어 재난정보 제공을 위한 자료 분석 및 기술 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 재난 관리에서 원격탐사 기법을 활용한 대표적인 연구분야는 해양 유류오염탐지(Park *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2014), 산불 피해지역 탐지(Lee *et al.*, 2021a; Jang *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2019; Kurum, 2015), 홍수모니터링을 위한 수계탐지 정확도 향상(Henry *et al.*, 2006; Jeon *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2020; Son and Kim, 2019), 태풍 모니터링(Lee *et al.*, 2020), 지반 변위 모니터링(Yu and Yun, 2019), 가뭄모니터링(Kim and Shim, 2017), 그리고 재난모니터링을 위한 영상 복원 품질 향상(Song *et al.*, 2021) 등이 있다. 최근에는 원격탐사 기법 적용을 위한 플랫폼의 다양화를 통해 드론이나 스마트폰, 모바일 맵핑시스템(Mobile Mapping System, MMS), CCTV를 활용한 데이터의 취득과 분석(Kim *et al.*, 2021a; Choi *et al.*, 2021), Geographic Information System (GIS) 데이터와 같은 추가 자료의 활용(Chung and Kim, 2021), 그리고 취득된 데이터 분석을 위한 인공지능의 활용과 분석 모듈의 개발(Kim *et al.*, 2021c; Lee *et al.*, 2021b; Shin *et al.*, 2021) 등에 관련한 연구 또한 점차 증가하고 있다.

원격탐사와 GIS 기법을 통한 대상지역에 대한 정보 생산은 영상의 취득과 영상분류 정확도를 포함하는 영상의 분석 등에 의해 여전히 그 활용성이 제한되고 있지만(Kim *et al.*, 2021b), 향후 지속적인 발전의 여지 또한 내포하고 있다. 최근 원격탐사와 GIS는 다양한 특성을 가진 보다 향상된 성능의 센서를 탑재한 근접위성의 발사와 영상취득 기술의 발전, 데이터 처리 및 저장 능력의 향상 등으로 인해 공간과 주기해상도(spatial and temporal resolution)의 향상과 공간데이터 분석기술에 많은 발전 가능성을 보이고 있다. 이러한 영상자료

를 활용해 넓은 지역을 보다 짧은 주기와 높은 분광해상도(spectral resolution)로 감시하는 것이 가능해지고 있어(Jung, 2012), 재난 관리에 원격탐사와 GIS 기술을 보다 광범위하게 적용하기 위한 지속인 후속 연구가 요구된다.

이번 특별호에는 원격탐사와 GIS를 활용한 재난의 예측, 감시 그리고 대응 과정에 적용되는 활용 가능한 기술에 관련한 10편의 논문이 게재 되었으며, 아래에는 해양환경 감시, 선박탐지, 건축물 추출, 홍수 탐지, 산불 탐지, 그리고 재난 발생시 의사결정지원에 관련한 그 10편의 논문을 간략히 소개한다.

해양환경의 주기적인 감시를 통한 자료의 생산은 재난 발생의 예측과 대응 과정에서 필수적으로 요구되는 절차 중 하나이다. 하지만 광역 모니터링을 위한 위성기반 해수면온도 추정에는 다양한 환경적 그리고 기술적 이유로 인한 자료의 공백이 발생할 수 있다. Jung *et al.* (2022)은 극궤도와 정지궤도 위성에서 생산되는 해수면온도 자료를 기반으로 두 단계의 기계학습(Data INterpolate Convolutional AutoEncoder, DINCAE; Light Gradient Boosting Machine, LGBM)을 통해 한반도 주변의 4 km의 공간해상도를 가지는 일별 고해상도 해수면온도 합성장을 제시하였다. 현장자료를 통한 검증 결과 산출물과 현장자료는 높은 일치도를 보였으며, 연구를 통해 다중위성 자료와 인공지능 기법을 사용해 공백 없는 고해상도 해수면온도 합성장 제작 방법을 제시하였다.

전 지구 규모에서 해수 순환에 영향을 미치는 해양 염분은 어족자원이나 해양 식생환경의 변화에 큰 영향력을 가지므로 지속적인 감시가 요구된다. Sung *et al.* (2022)는 정지궤도 해색센서인 천리안해양관측위성(Geostationary Ocean Color Imager, GOCI) 영상과 다중위성 Multi-scale Ultra-high Resolution Sea Surface Temperature (SST) 자료를 이용하여, 고해상도 Sea Surface Salinity (SSS)를 산출하는 Light Gradient Boosting Machine (LGBM) 기계학습 기반의 알고리즘을 개발하였다. 검증 결과 SST 자료가 추가된 scheme 3의 GOCI SSS는 $R^2=0.60$, $RMSE=0.91$ psu의 추정 성능을 보였다. 이를 통해 연안 지역의 저염수 뿐만 아니라, 원해 지역에서 광학위성 신호를 활용한 고해상도 SSS 산출의 가능성을 제시하였다.

홍수는 빈번히 발생하며, 가장 많은 경제적 피해를

일으키는 자연재해 중 하나이다(Yilmaz *et al.*, 2010). Kim *et al.* (2022b)은 딥러닝 모델 내 레이어를 활용한 Morphology module과 Edge-enhanced module을 제시하고, 수체탐지를 위한 최적의 모듈 구성을 비교하였다. 폴링 레이어의 조합으로 구성된 Morphology module과 전통적인 경계탐지 알고리즘의 가중치를 컨볼루션 레이어의 가중치로 동결한 Edge-enhanced Module을 추가하여 SAR VV영상만 사용하였음에도 수체 탐지의 정확도를 높였다. 두 모듈은 형태학적 연산과 경계 탐지가 강화된 학습이 이루어지도록하여 SAR 영상 자체의 특징을 상세하게 학습할 수 있도록 하였다. 이를 통해 기존의 U-Net 모델 대비 작은 수체 탐지율이 높아지고, 경계선의 세밀함이 증가함을 실증하여 두 모듈의 활용을 통한 보다 정확한 수체 탐지의 가능성을 증명하였다.

이번 특별호에는 산불위험 예보, 피해 범위 추출, 연기 추출, 그리고 피해 면적 산정에 관한 네 편의 논문이 게재 되었다. 산불위험 예보정보를 제공하는 것은 산불의 예방과 산불 발생으로 인한 피해를 최소화하기 위한 방법 중 하나이다. Park *et al.* (2022)은 우리나라를 대상으로 과거 및 현재의 산불위험정도, 가뭄의 영향, 미래 기상 상황 등을 고려하여 기계학습 기반의 산불위험 중기 예보(1일 후부터 7일 후까지) 모델을 개발하였다. 개발된 산불위험예보모델은 예보기간에 상관없이 높은 정확도(피어슨 상관계수(Pearson correlation) >0.8 , relative root mean square error (rRMSE) $<10\%$)를 나타냈으며, 실제 산불 발생 건에 대해서도 유의미한 결과를 보였다.

Chae *et al.* (2022)은 산불의 피해 범위에 대한 위치 정보를 빠르고 정확하게 추출하기 위해 VIIRS 영상 자료를 산불의 분광 특성에 따라 조합하여 ISODATA 알고리즘 기반의 무감독 분류를 수행하였다. 또한 화염과 연소 지역의 공간적 관계를 이용하여 직접적 산불 피해 범위정보의 추출을 시도하였다. 연구결과 대형 산불에서 VIIRS 영상 기반 추출 결과가 비교자료인 VNP14IMG 기반의 산정 결과보다 공간적 확산과 면적을 잘 모사하는 경향을 나타내었다. 따라서 대형 산불에 대해 이 연구에서 제시한 방법을 적용하면 산불 피해의 정확한 위치정보를 추출할 수 있을 것으로 기대된다.

중해상도나 고해상도 광학 위성영상은 산불 발생지역의 탐지에 그 활용 가능성이 입증되었지만, 산불 발생 시 위성영상에 나타나는 연기는 산불 발생지역의 감

시에서 위성영상의 활용성을 저해한다. Kim *et al.* (2022c)은 위성영상을 활용한 딥러닝 기반 산불 연기추출의 한계점 중 하나로 지적되는 학습자료의 부족 문제를 극복하기 위해, 대량의 구름 데이터셋을 활용하여 사전학습된 모델에 연기 데이터셋 기반의 전이학습을 적용하는 방법을 제안하였다. 연구결과 Landsat-8의 가시광선, NIR, SWIR의 모든 파장대역 조합에서 제안된 방법을 적용할 경우 연기추출 성능이 향상됨을 증명하였다.

Kim *et al.* (2022a)은 Landsat 8/9 OLI와 Sentinel-2 MSI 위성의 다시기 영상 데이터를 이용하여 국내 산불 피해 면적 탐지 정확도를 분석하였다. Sentinel-2와 Landsat 8/9 등 4개의 위성자료로 부터 생성된 6개의 지수 산출물을 기반으로 산불 피해면적 탐지 정확도를 평가하였으며, 연구의 결과는 산불 피해탐지 모델 개발을 위한 입력자료 생산이나 최적 산불 지수 추출을 통한 산불 피해면적 탐지 정확도 향상에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

자연재난 뿐만 아니라 사회재난에서도 원격탐사와 GIS 분석은 재난 관리를 위한 높은 활용 가능성을 보여 주고 있다. 건물 정보의 추출이나 선박의 탐지는 재난의 예측, 감시 그리고 대응 과정에서 필수적으로 요구되는 정보 중 하나이지만, 지속적인 감시를 통한 자료의 갱신은 자료의 취득과 분석 등의 다양한 요인에 의해 제한되어 왔다. Yoo *et al.* (2022)은 30 cm 공간해상도의 Worldview-3 위성영상 기반의 SpaceNet 건물 v2 오픈 데이터와 ResU-Net 기반의 신경망 모델을 사용하여 건물 자동 추출 연구를 수행하였으며, 실험을 통해 기존의 SpaceNet 보다 더 높은 분류 정확도($f1\text{-score}=0.894$)를 가진 모델을 개발하였다.

Song *et al.* (2022)은 이중편파 Synthetic Aperture Radar (SAR) 영상에서 인공지능 기반 선박탐지에 일반적으로 사용되었던 진폭값과 함께, 고유값 분해를 통해 추출한 4종의 편파 지표를 함께 사용하여 탐지 정확도를 향상시킬 수 있는지를 분석하였다. 이중편파 SAR 영상으로부터 편파 지표인 H, p1, DoP, DPRVI를 추출하고, 실시간 선박 위치 정보인 Automated Identification System (AIS) 자료를 활용하여 자동으로 취득한 학습자료로 학습시킨 인공지능 기반 탐지 알고리즘으로 탐지 정확도를 평가한 결과, 진폭값과 편파 지표를 함께 사용하였을 때 선박 탐지 정확도를 개선시킬 수 있다는 것을 규명하였다.

재난의 초기 대응과정에서는 활용 가능한 다양한 센서를 통해 취득된 현장데이터에 기반한 의사결정이 재난 발생으로 인한 피해 최소화를 위해 필수적으로 요구된다. Kwon *et al.* (2022)은 재난 발생 초기의 의사결정을 지원하기 위해 다양한 재난영상정보를 수집하여 의사결정 지원에 요구되는 정보를 추출하고, 웹 기반 표출 시스템을 통해 신속하게 공유할 수 있는 일련의 프레임워크를 제안하였다. 제안한 프레임워크는 웹 기반 표출 시스템과 스마트폰 애플리케이션을 포함하고 있으며, 준실시간 수준에서 데이터를 수집하고 분석결과를 공유할 수 있도록 설계되었다. 또한 개발된 표출시스템의 재난 상황 의사결정 지원에 대한 활용성을 무인기, CCTV, 스마트폰 등을 통해 취득한 실제 재난현장 영상을 기반으로 검증하였다.

위에 소개된 대로, 본 특별호에는 선박, 건축물, 해양 환경, 홍수, 산불, 그리고 재난 발생시 의사결정지원에 관련한 10편의 논문이 게재되었으며, 해당 연구들은 재난의 예측, 감시, 그리고 대응 과정에서 활용 가능한 기술의 개발과 적용성 증대에서 그 의의를 가진다. 기후 변화와 사회의 복잡화로 인해 재난재해의 발생이 더욱 빈번해 질 것으로 예상되므로, 이번 특별호에 출판된 논문들은 원격탐사와 GIS 기반의 재난관리 기술의 발전과 연관 학문 분야의 학술적 발전에 밑거름이 될 것으로 판단된다.

사사

이번 특별호의 발간을 위해 노력해주신 대한원격탐사학회 편집이사과 편집간사님, 그리고 논문 심사위원들과 모든 저자분들께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 본 사설의 작성과 특별호의 발간은 행정안전부 재난안전부처협력기술개발사업(No.20009742)의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

Brivio, P.A., R. Colombo, M. Maggi, and R. Tomasoni, 2002. Integration of Remote Sensing Data and

GIS for Accurate Mapping of Flooded Areas, *International Journal of Remote Sensing*, 23(3): 429-441. <https://doi.org/10.1080/01431160010014729>

Chae, H., J. Ahn, and J. Choi, 2022. Forest Fire Area Extraction Method Using VIIRS, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-2): 669-683 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.2.2>

Choi, W., S. Park, Y. Choi, S. Hong, N. Kim, and H.-G. Sohn, 2021. Creation of Actual CCTV Surveillance Map using Point Cloud Acquired by Mobile Mapping System, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(5-3): 1361-1371 (in Korean with English Abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.3.3>

Chung, M. and Y. Kim, 2021. Wildfire-induced Change Detection Using Post-fire VHR Satellite Images and GIS Data, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(5-3): 1389-1403 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.3.5>

Henry, J.B., P. Chastanet, K. Fellah, and Y.L. Desnos, 2006. Envisat multi-polarized ASAR data for flood mapping, *International Journal of Remote Sensing*, 27(10): 1921-1929. <https://doi.org/10.1080/01431160500486724>

Jang, E., Y. Kang, J. Im, D.W. Lee, J. Yoon, and S.K. Kim, 2019. Detection and monitoring of forest fires using Himawari-8 geostationary satellite data in South Korea, *Remote Sensing*, 11(3): 271. <https://doi.org/10.3390/rs11030271>

Jeon, H., D.-J. Kim, J. Kim, S.K.P. Vadivel, J.E. Kim, T. Kim, and S.H. Jeong, 2020. Selection of Optimal Band Combination for Machine Learning-based Water Body Extraction using SAR Satellite Images, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 23(3): 120-131. <https://doi.org/10.11108/kagis.2020.23.3.120>

Joyce, K.E., S.E. Belliss, S.V. Samsonov, S.J. McNeill, and P.J. Glassey, 2009. A review of the status of

- satellite remote sensing and image processing techniques for mapping natural hazards and disasters, *Progress in Physical Geography*, 33(2): 183-207. <https://doi.org/10.1177/0309133309339563>
- Jung, S., M. Choo, J. Im, and D. Cho, 2022. Generation of Daily High-resolution Sea Surface Temperature for the Seas around the Korean Peninsula Using Multi-satellite Data and Artificial Intelligence, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-2): 707-723 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.2.5>
- Kim, B., K. Lee, S. Park, and J. Im, 2022a. Forest Burned Area Detection Using Landsat 8/9 and Sentinel-2 A/B imagery with Various Indices: A Case Study of Uljin, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-2): 765-779 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.2.9>
- Kim, C., J. Lee, W. Choi, W. Kim, and H.-G. Sohn, 2021a. Automatic Extraction of River Levee Slope Using MMS Point Cloud Data, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(5-3): 1425-1434 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.3.7>
- Kim, H., D.-J. Kim, and J. Kim, 2022b. Water Segmentation Based on Morphologic and Edge-enhanced U-Net Using Sentinel-1 SAR Images, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-2): 793-810 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.2.11>
- Kim, J. and D.-J. Kim, 2020. Satellite Imagery and AI-based Disaster Monitoring and Establishing a Feasible Integrated Near Real-Time Disaster Monitoring System, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 23(3): 236-251. <https://doi.org/10.11108/kagis.2020.23.3.235>
- Kim, J., H. Jeon, and D.-J. Kim, 2020. Extracting Flooded Areas in Southeast Asia Using SegNet and U-Net, *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(5-3): 1095-1107 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2020.36.5.3.8>
- Kim, J., H. Kim, H. Jeon, S.H. Jeong, J. Song, S.K.P. Vadivel, and D.-J. Kim, 2021b. Synergistic Use of Geospatial Data for Water Body Extraction from Sentinel-1 Images for Operational Flood Monitoring across Southeast Asia Using Deep Neural Networks, *Remote Sensing*, 13(23): 4759. <https://doi.org/10.3390/rs13234759>
- Kim, M., C. Lee, S. Hwang, J. Ham, and J. Choi, 2021c. Development of an Open Source-based Spatial Analysis Tool for Storm and Flood Damage, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(5-3): 1435-1446 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.3.8>
- Kim, J., T. Kwak, and Y. Kim, 2022c. A Study on Transferring Cloud Dataset for Smoke Extraction Based on Deep Learning, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-2): 695-706 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.2.4>
- Kim, M., M. Jung, and Y. Kim, 2019. Histogram matching of Sentinel-2 spectral information to enhance Planetscope imagery for effective wildfire damage assessment, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(4): 517-534. <https://doi.org/10.7780/kjrs.2019.35.4.3>
- Kim, Y. and C. Shim, 2017. Towards an Integrated Drought Monitoring with Multi-satellite Data Products Over Korean Peninsular, *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(6): 993-1001 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2017.33.6.1.8>
- Kurum, M., 2015. C-band SAR backscatter evaluation of 2008 Gallipoli forest fire, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12(5): 1091-1095. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2014.2382716>
- Kwon, Y., Y. Choi, H. Jung, J. Song, and H.-G. Sohn, 2022. Web-based Disaster Operating Picture to Support Decision-making, *Korean Journal of*

- Remote Sensing*, 38(5-2): 725-735 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.2.6>
- Lee, J., W. Kim, J. Im, C. Kwon, and S. Kim, 2021a. Detection of Forest Fire Damaged from Sentinel-1 SAR Data through the Synergistic Use of Principal Component Analysis and K-means Clustering, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(5-3): 1373-1387 (in Korean with English Abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.3.4>
- Lee, Y., S. Lee, J. Im, and C. Yoo, 2021b. Analysis of Surface Urban Heat Island and Land Surface Temperature Using Deep Learning Based Local Climate Zone Classification: A Case Study of Suwon and Daegu, Korea, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(5-3): 1447-1460 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.3.9>
- Lee, J., J. Im, D.H. Cha, H. Park, and S. Sim, 2020. Tropical cyclone intensity estimation using multi-dimensional convolutional neural networks from geostationary satellite data, *Remote Sensing*, 12(1): 108. <https://doi.org/10.3390/rs12010108>
- Park, S., B. Son, J. Im, Y. Kang, C. Kwon, and S. Kim, 2022. Development of Mid-range Forecast Models of Forest Fire Risk Using Machine Learning, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-2): 781-791 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.2.10>
- Park, S., M.H. Ahn, C. Li, J. Kim, H. Jeon, and D.-J. Kim, 2021. Evaluation of Oil Spill Detection Models by Oil Spill Distribution Characteristics and CNN Architectures Using Sentinel-1 SAR data, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(5-3): 1475-1490 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.3.11>
- Sheng, Y., P. Gong, and Q. Xiao, 2001. Quantitative Dynamic Flood Monitoring with NOAA AVHRR, *International Journal of Remote Sensing*, 22(9): 1709-1724. <https://doi.org/10.1080/01431160118481>
- Shin, Y., D. Han, and J. Im, 2021. Rainfall Intensity Estimation Using Geostationary Satellite Data Based on Machine Learning: A Case Study in the Korean Peninsula in Summer, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(5-3): 1405-1423 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.3.6>
- Son, A. and J. Kim, 2019. The analysis of flood in an ungauged watershed using remotely sensed and geospatial datasets (I) – Focus on estimation of flood discharge, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(5-2): 781-796 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2019.35.5.2.3>
- Song, J., D.-J. Kim, J. Hwang, S. An, and J. Kim, 2021. Assessment of Backprojection-based FMCW-SAR Image Restoration by Multiple Implementation of Kalman Filter, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(5-3): 1349-1359 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.3.2>
- Song, J., D.-J. Kim, J. Kim, and C. Li, 2022. Exploitation of Dual-polarimetric Index of Sentinel-1 SAR Data in Vessel Detection Utilizing Machine Learning, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-2): 737-746 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.2.7>
- Sung, T., S. Sim, E. Jang, and J. Im, 2022. Estimation of High Resolution Sea Surface Salinity Using Multi Satellite Data and Machine Learning, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-2): 747-763 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.2.8>
- Voigt, S., F. Giulio-Tonolo, J. Lyons, J. Kučera, B. Jones, T. Schneiderhan, G. Platzeck, K. Kaku, M.K. Hazarika, L. Czarán, and S. Li, 2016. Global Trends in Satellite-Based Emergency Mapping, *Science*, 353(6296): 247-252. <https://doi.org/10.1126/science.aad8728>
- Yilmaz, K.K., R.F. Adler, Y. Tian, Y. Hong, and H.F.

- Pierce, 2010. Evaluation of a Satellite-Based Global Flood Monitoring System, *International Journal of Remote Sensing*, 31(14): 3763-3782. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.483489>
- Yoo, S., C.H. Kim, Y. Kwon, W. Choi, and H.-G. Sohn, 2022. Automatic Building Extraction Using SpaceNet Building Dataset and Context-based ResU-Net, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-2): 685-694 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.2.3>
- Yu, J.H. and H-W. Yun, 2019. Development of continuous ground deformation monitoring system using Sentinel satellite in the Korea, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(5-2): 773-779 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2019.35.5.2.2>
- Zhang, Y., Y. Li, and H. Lin, 2014. Oil-spill pollution remote sensing by synthetic aperture radar, *Advanced Geoscience Remote Sensing*, 2: 27-50. <http://dx.doi.org/10.5772/57477>