

Editorial

## 원격탐사를 이용한 재난 감시 및 예측과 GIS 분석

정민영 <sup>1)</sup> · 김덕진 <sup>2)</sup> · 손홍규 <sup>3)</sup> · 최진무 <sup>4)</sup> · 임정호 <sup>5)</sup>†

### Disaster Assessment, Monitoring, and Prediction Using Remote Sensing and GIS

Minyoung Jung <sup>1)</sup> · Duk-jin Kim <sup>2)</sup> · Hong-Gyoo Sohn <sup>3)</sup> · Jinmu Choi <sup>4)</sup> · Jungho Im <sup>5)</sup>†

**Abstract:** The need for an effective disaster management system has grown these days to protect public safety as the number of disasters causing massive damage increases. Since disaster-induced damage can develop in various ways, rapid and accurate countermeasures must be prepared soon after disasters occur. Numerous studies have continuously developed remote sensing and GIS (Geographic Information System)-based techniques for disaster monitoring and damage analysis. This special issue presents the research results on disaster prediction and monitoring based on various remote sensors on different platforms from ground to space and disaster management using GIS techniques. The developed techniques help manage various disasters such as storms, floods, and forest fires and can be combined to achieve an integrated and effective disaster management system.

**Key Words:** Disaster Monitoring, Remote Sensing, Geographic Information System, Damage Assessment

**요약:** 대규모 피해를 유발하는 재난의 발생 횟수가 증가하면서 효과적인 재난 대응 체계를 수립하여 국민의 안전 사회를 구현하기 위한 노력이 지속되고 있다. 재난에 의한 피해는 다양한 양상으로 발전할 수 있으므로 신속하고 정확한 대응 방안을 마련해야 하며, 이를 지원할 수 있는 유용한 기술로 원격탐사 기술과 GIS (Geographic Information System) 분석 기술에 관한 다양한 연구가 수행되고 있다. 본 특별호에서는 우주-항공-지상을 아우르는 다양한 시공간 도메인을 가진 원격탐사 센서를 이용한 재난 예측 및 감시 연구와 이로부터 취득된 정보와 기존의 공간정보를 융합한 GIS 재난관리에 관한 연구성과를 기술하였다. 소개된 기술은 풍수해, 산불 등 다양한 유형의 재난관리 기술로, 각 기술 간 연계를 통해 최근 필요성이 대두되고 있는 종합적 재난상황관리체계 구축이 가능할 것으로 기대된다.

Received May 28, 2021; Revised June 11, 2021; Accepted June 16, 2021; Published online October 29, 2021

<sup>1)</sup> 서울대학교 공학연구원 선임연구원 (Senior Researcher, Institute of Engineering Research, Seoul National University)

<sup>2)</sup> 서울대학교 지구환경과학부 정교수 (Professor, School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University)

<sup>3)</sup> 연세대학교 건설환경공학과 정교수 (Professor, Civil and Environmental Engineering, Yonsei University)

<sup>4)</sup> 경희대학교 이과대학 지리학과 정교수 (Professor, Department of Geography, Kyung Hee University)

<sup>5)</sup> 울산과학기술원 도시환경공학과 정교수 (Professor, Department of Urban and Environmental Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology)

† 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 (<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.

우주·항공·지상 공간을 아우르는 다양한 센서에 대한 운용 및 활용 기술이 급속도로 발전하면서 다양한 플랫폼 기반의 원격탐사 기술이 사회 곳곳에 적용되고 있다. 다목적실용위성(Korea Multi-Purpose Satellite, KOMPSAT)과 차세대중형위성(Compact Advanced Satellite 500, CAS 500) 등의 국내의 위성 수 증가에 따라 지상 관측 주기가 비약적으로 단축되었으며, 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 플랫폼 관련 기술의 발전(Rhee *et al.*, 2018; Jeong *et al.*, 2019; Han, 2020)으로 보다 세밀한 수준의 지상 관측이 가능해졌다. 또한, MMS(Mobile Mapping System) 등 지상 플랫폼의 급속한 확산으로 기존 플랫폼으로는 관측이 어려웠던 다양한 공간에 대한 감시체계가 구축되고 있다(Kim *et al.*, 2018). 서로 다른 플랫폼으로부터 다양한 시공간 도메인에 대한 영상이 활용 가능해짐에 따라 원격탐사 기술의 적용 분야가 점차 확대되고 있으며 이를 활용한 정책적·행정적 제언이 이어지고 있다.

최근 기후변화와 난개발 등의 다양한 사회적 요인에 의해 재난의 발생 횟수와 규모가 점차 증가하고 있다(Kim *et al.*, 2019a). 재난으로부터 국민의 안전과 생명을 지키는 안전 사회 구현에 대한 요구가 늘고 있으며, 이를 위한 다양한 플랫폼 기반의 원격탐사 기술이 지속적으로 개발되고 있다. 재난관리 분야에서 원격탐사 센서 및 플랫폼의 다양화는 특기할 만한데, 상호보완적 특성을 가진 다채널 영상의 복합적 활용을 통해 신속하고 고도화된 재난 상황 분석이 가능하기 때문이다. 광역의 재난 발생 지역에 대한 인공위성 기반의 재난 분석(Yamagata and Akiyama, 1988; Stramondo *et al.*, 2006; Piao *et al.*, 2018)은 주기적인 관측이 가능한 장점이 있으나 적시의 영상 정보 수집이 어렵다는 한계가 존재한다. 반면에, 무인항공기나 CCTV(Closed-circuit Television) 등을 이용하면 상세한 근실시간 재난 정보를 얻을 수 있지만, 관측 영역이 협소하여 효율적인 광역 분석이 불가능하고 재난 발생 전의 상황 분석이 어렵다는 한계가 존재한다. 이에 따라, 각 센서 및 플랫폼별 특성을 반영한 재난 상황 관리 기술이 개발됨(Baek and Jung, 2018; Cheon *et al.*, 2018; Park *et al.*, 2019; Shin *et al.*, 2020)과 동시에 다양한 센서 및 플랫폼 간의 상호보완적 관계를 고려한 융합기술이 개발되고 있다(Shin *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2019b; Kim *et al.*, 2019c; Shin *et al.*, 2019).

다채널 영상에서 비롯된 재난 정보를 이용하여 효과

적인 재난상황관리체계를 수립하기 위해서는 예방·대비·대응·복구의 종합적 과정을 지원할 수 있는 GIS(Geographic Information System) 분석 기술이 연계되어야 한다. 센서 및 플랫폼 다양화에 따라 원격탐사 기술로 추출될 수 있는 재난 정보가 심화되었음에도 불구하고, 영상 기반 재난 정보만으로는 대응 방안 수립 등의 의사결정 과정에 충분한 정보를 제공하기 어렵고 재난 유형별로 상황인지에 유용한 정보가 상이하다. 따라서 영상에서 추출된 정보를 적재적소에 표출하고 보다 심도 있는 재난 정보를 제공할 수 있는 기술이 요구된다. GIS 분석 기술로 영상 기반 재난 정보와 국가지리정보 시스템 내의 공간정보를 결합하여 보다 유용하고 심층적인 정보를 추출할 수 있고, 능동적인 대응과 효율적인 자원 운영이 실현 가능해져 재난에 의한 피해를 최소화할 수 있다.

현재 대다수의 연구과제는 각종 센서 활용을 위한 개별 기술 개발에 집중되어 있으므로, 다양한 센서 기반의 통합적인 재난상황관리체계를 구현하기 위한 노력이 별도로 요구된다. 이를 위한 연구과제로 ‘위성·무인기 등 다채널 영상정보를 활용한 연속적 재난 상황 인지 및 위험 모니터링 기술 개발’이 2019년 4월 시작되어 현재까지 수행되고 있다. 참여 기관은 주관연구기관인 서울대학교를 중심으로 다양한 대학기관(경일대학교, 경희대학교, 연세대학교, 울산과학기술원) 및 공공기관(한국국토정보공사, 한국수자원공사), 전문기업(주)부린, (주)스트리스)으로 구성되며, 다채널 영상의 신속한 수집 기술과 다중 영상을 융합하여 재난 정보를 추출하는 기술, 영상 기반 재난 정보의 융·복합 활용 기술의 개발을 추진하고 있다. 본 특별호에서는 2020년 10월에 발간된 특별호 ‘원격탐사를 활용한 연속적 재난상황 인지 및 위험 모니터링 기술(Im *et al.*, 2020)’에 이어 그 동안의 연구개발성과를 다음 10편의 논문을 통해 보다 상세히 소개하고자 한다.

재난 상황 분석을 위한 재난 정보 추출 과정에 앞서, 상기 과정이 효율적으로 진행될 수 있는 사전 처리 과정이 필요하다. 다음 두 편의 논문은 SAR(Synthetic Aperture Radar) 영상과 CCTV 영상의 효율적인 분석을 위한 처리 과정에 관한 연구를 진행하고 그 결과를 기술하였다. Song *et al.* (2021)은 즉각적인 재난 대응이 어려운 인공위성 SAR 영상을 대체할 수 있는 항공기 SAR 영상에 관한

연구를 수행하였다. 취득 직후의 SAR 원시자료는 실질적인 재난 분석에 활용하기 어려우므로 BPA(Backprojection Algorithm) 등을 이용한 SLC(Single Look Complex) 영상의 제작과정이 필요하다. BPA를 적용하기 위해서는 비행체의 위치 및 속도의 정확도가 중요한데, 해당 연구는 효과적인 위치 및 속도 오차 보정을 위해 Kalman Filter를 복수회 적용하는 과정이 필요함을 실험적으로 보여 주었다. 고품질의 SLC 영상 제작과 연관된 본 연구 결과는 향후 항공기 SAR 영상 기반의 신속한 재난 대응 과정에 유용하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

Choi *et al.* (2021)은 CCTV 기반의 상황 관리 체계에 도움이 될 수 있는 기술을 개발하였다. 실시간 상황 분석에 CCTV의 활용도가 매우 높음에도 불구하고 CCTV의 실질적인 감시영역을 파악하기 어려워 활용에 한계가 발생하고 있다. 해당 연구는 감시영역을 효율적으로 추정하기 위한 방안으로 MMS로 취득된 포인트 클라우드 데이터를 활용하는 방안을 제안하고, 실제 데이터에 적용하여 제안 기법의 효용성을 확인하였다. 넓은 범위를 신속하게 스캔 할 수 있는 MMS의 특성을 고려할 때, 제안 기법은 CCTV 기반의 근실시간 재난 상황 분석 실현을 위한 의미 있는 기술로 판단된다.

대규모로 발전할 가능성이 큰 재난 피해에 능동적으로 대처하기 위해서는 재난 발생 예측과 재난 발생 후 적시의 상황 분석이 요구된다. 이를 위한 실질적인 재난관리 기술로 본 특별호에서는 다음 8편의 연구성과가 기술되었다. 재난 유형에 따라 상이한 피해 양상을 고려하여 재난 유형별로 연구가 진행되었으며, 국내에서 발생 빈도가 높은 풍수해 및 산불의 예측·감시 기술을 중심으로 다양한 재난 유형에 대한 원격탐사 및 GIS 기반 연구가 진행되었다.

전국적으로 산지의 비율이 높아 산불 발생률이 높은 국내의 경우, 원격탐사 기술을 이용하여 산불 피해 규모를 추정하는 연구가 이어지고 있다(Won *et al.*, 2019; Lee and Jeong, 2019; Youn and Jeong, 2019). Lee *et al.* (2021a)은 광학영상의 활용가능성이 기상상태에 의존함을 고려하여 의존성이 상대적으로 낮은 Sentinel-1 SAR 영상을 이용한 산불 피해 탐지 기술을 개발하였다. SAR 영상의 전처리과정을 포함하여 GLCM(Gray-Level Co-occurrence Matrix) 질감분석, 주성분분석, K-means 클러스터링이 순서대로 적용되어 산불 피해 면적을 추

정하는 기법을 구현하였다. 네 개의 국내 산불 사례에 대해 상기의 기법이 적용되었으며, 국립산림과학원 참조자료 기반 검증에서 평균 86%의 정확도를 보임으로써 SAR 영상을 이용한 신속한 산불 피해 면적 추정이 가능함을 선보였다.

세밀한 재난 정보를 제공할 수 있는 고해상도 광학위성영상을 이용한 산불 피해 탐지 연구 또한 수행되었다. 앞서 제기된 광학영상의 고질적인 문제인 적시의 영상 부재를 보완하고자 Chung and Kim (2021)은 재난 발생 전의 GIS 데이터와 재난 발생 후 고해상도 광학위성영상을 이용한 산불 탐지 기법을 제안하였다. 손쉽게 수집 가능한 토지피복도를 이용하여 NIR(Near-Infrared) 영상을 모의하여 산불 발생 전 고해상도 위성영상을 대체하였으며, superpixel 기반의 다시기 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index) 상관도 분석 기법과 SVM(Support Vector Machine), RF(Random Forest) 알고리즘을 이용하여 산불 피해를 추정하였다. 2019년 강원 산불 사례에 제안 기술을 적용하여 평균 98% 이상의 높은 전체 정확도를 산출함으로써 제안 기술이 고해상도 광학위성영상의 부재를 보완할 수 있는 현실적인 방안임을 보여주었다.

기후변화로 인해 발생빈도가 높아지고 있는 풍수해는 산불, 지진과 달리 발생을 사전에 예측할 수 있으므로 예방과 대비가 중요한 재난이다. 이에 따라 풍수해의 예방과 대비에 관련된 연구가 진행되었는데, 우선 Shin *et al.* (2021)은 풍수해 발생 예측에 유용한 정보인 강우 강도를 추정하기 위해 Himawari-8 위성의 적외 채널과 수증기 채널 영상을 활용하는 RF 알고리즘 기반 모델을 개발하였다. 개발된 알고리즘은 국내 정지궤도복합위성 GK(Geo-KOMPSAT)-2A의 강우강도에 비해 향상된 성능을 보였으며, 고강도와 저강도 강우를 실제 강우강도 분포와 유사하게 모의하였다. 한반도 지역에 대한 강우강도 추정이 가능한 해당 방법은 향후 GK-2A 자료에도 적용 가능한 기술로 판단된다.

지상 플랫폼을 활용한 풍수해 관련 기술 또한 개발되었는데, Kim *et al.* (2021a)은 MMS 플랫폼으로 구축된 포인트 클라우드를 활용한 하천제방 모니터링 기술을 개발하였다. 하천 인근에서 발생하는 다양한 사고를 막고 하천의 범람을 방지하기 위해 하천시설물의 유지 관리에 중요하다. 그러나 전문인력을 통한 주기적인 관리에

는 재정 부족 등의 많은 한계점이 존재하므로 효율적인 대안이 필요하다. MMS를 이용하여 주요 하천시설물인 하천제방의 유지 관리를 위한 데이터를 신속하고 정밀하게 취득할 수 있는데, 해당 연구는 MMS로 취득된 포인트 클라우드 데이터로부터 제방의 비탈 경사를 자동으로 추정하는 방법을 제안하였다. 제시된 방법은 경사면의 형태와 무관하게 높은 정확도로 안양천 일대 제방의 경사도를 추정하여 기법의 효용성을 보여주었다. 해당 기술은 제방의 시계열 관측에 사용될 수 있어 제방의 붕괴 위험을 사전에 확인할 수 있는 기술로, 종합적인 하천 관리 체계의 기반기술로 사용한다면 풍수해 예방 및 관리에 큰 도움이 될 수 있다.

앞의 두 연구가 풍수해와 연관된 최신 정보를 취득할 수 있는 기술을 개발하였다면, Kim *et al.* (2021b)은 풍수해와 관련된 의사결정을 지원할 수 있는 GIS 기반 사전 분석 기술을 개발하였다. 다채널 영상을 통해 추출 가능한 재난상황 정보와 기존 공공 GIS 데이터를 이용하여, 풍수해 발생 전 대비 단계에 필요한 공간분석 기능과 발생 후 초기 대응 및 복구초기 단계에 사용할 수 있는 기능을 개발하였다. 활용성을 높이기 위해 웹기반 오픈소스 형태로 기능을 구성하였으며 분석결과가 웹지도 형태로 자동 표출되어 풍수해 대비 모니터링과 초기 대응 단계에서 신속한 의사결정을 지원할 수 있도록 개발되었다. 개발된 분석 기능은 2019년 태풍 미탁에 의한 풍수해를 효과적으로 분석하여 효용성을 입증하였으며, 다른 재난 유형에 대해서도 확장 가능한 효율적인 분석 기술로 판단된다.

기후변화에 대한 대응 전략 수립을 위해 인구밀집도가 높은 도심지역에 대한 기후 분석이 중요하다. Lee *et al.* (2021b)은 도시의 구조적 특성을 반영하는 국지기후대(Local Climate Zone, LCZ)를 이용하여 도심 열섬현상을 분석하였다. CNN(Convolutional Neural Network)과 Landsat-8 위성영상을 이용한 국내지역(수원, 대구)에 대한 국지기후대 분류체계를 제안하였으며, 생성된 국지기후대 지도를 이용하여 국내도시의 구조적 특성에 따른 열섬현상을 분석하였다. 해당 연구는 국내에 적합한 국지기후대 제작 방안을 제시했다는 점과 향후 급격한 기후 변화에 대한 대응 방안 수립에 주요한 정보를 추출할 수 있다는 점에서 의의를 가진다.

그 외에도 최근 주요 현안으로 논의되는 미세먼지에

대한 분석 연구가 진행되었다. Hwang *et al.* (2021)은 최근 사회적 문제로 대두되고 있는 미세먼지에 대한 재난관리 능력을 강화하기 위해 대표적 대기확산모델인 CALPUFF(California Puff Model)를 이용하여 미세먼지의 확산을 모의하였다. 환경부에서 제작한 토지피복도를 입력인자로 CALPUFF를 구동하였으며, 토지피복의 공간해상도에 따른 모의 결과 간의 차이를 비교하여 보다 유용한 토지피복도 형태를 분석하고자 하였다. 평촌 일대에 대한 미세먼지 확산을 모델링한 결과, 공간해상도에 따라 확산 양상이 달라짐을 확인할 수 있었으며, 연구 결과를 바탕으로 국내 미세먼지 확산에 대한 체계적인 분석 방안을 제안할 수 있음을 기술하였다.

마지막으로 유류오염 분석에 관한 연구로, Park *et al.* (2021)은 유류오염 탐지에 유용한 SAR 영상을 이용하여 인공신경망 기반 유류오염 탐지를 수행하였다. 본 연구는 서로 다른 네 가지 형태의 다양한 유류 유출 상황에 대해 Simple CNN과 U-net을 이용하여 오염을 탐지하고 상황에 따른 인공신경망의 성능을 평가하였다. 해당 연구의 결과를 바탕으로 딥러닝 네트워크별 탐지 성향을 고려한 실효성 있는 유류오염 탐지 기술의 개발이 가능하며, 방제작업의 지원이 가능한 가치 있는 정보를 제공할 수 있어 유류오염에 의한 피해를 최소화할 수 있다.

재난에 의한 피해는 규모의 예측이 어렵고 다양한 양상으로 발전할 수 있으므로 전체적인 재난상황에 대한 신속하고 체계적인 분석이 필요하다. 위성을 비롯한 다양한 센서의 급격한 증가와 국민 안전 사회에 대한 필요성이 증가함에 고려했을 때, 다채널 영상 기반의 원격탐사 기술과 이를 효과적으로 분석할 수 있는 GIS 기술을 통합한 재난상황관리체계의 구축은 예정된 수순으로 판단된다. 예방-대비-대응-복구의 복합적인 재난관리 과정을 고려했을 때, 종합적인 재난상황관리체계 구축에는 매우 다양한 요소 기술이 필요하다. 상기의 간략히 요약된 10편의 연구성과는 정지궤도 및 극궤도위성, 항공기, MMS 등의 다채로운 플랫폼에 장착된 광학, SAR, LiDAR(Light Detection and Ranging) 등의 다양한 센서로 취득된 데이터를 활용하는 원격탐사 기술과 재난 대응 의사결정과정에 유용한 GIS 분석 기술에 관한 것이다. 소개된 연구성과는 다채널 영상 기반의 다양한 재난관리를 위한 요소 기술로 활용 가능하며, 향후 종합적인

재난상황관리체계 구축 과정에 귀중한 자료가 될 수 있을 것이다.

## 사사

본 사설은 행정안전부 재난안전 부처협력 기술개발 사업(No.20009742)의 지원을 받아 작성되었습니다. 본 특별호의 발간에 참여해 주신 모든 저자분들과 발간을 위해 노력해주신 논문 심사위원분들 및 대한원격탐사학회 편집이사, 편집간사님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

## References

- Baek, W.-K. and H.-S. Jung, 2018. Precise Measurements of the Along-track Surface Deformation Related to the 2016 Kumamoto Earthquakes via Ionospheric Correction of Multiple-Aperture SAR Interferograms, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6-4): 1489-1501 (in Korean with English Abstract).
- Cheon, J., K. Choi, and I. Lee, 2018. Development of Image-map Generation and Visualization System Based on UAV for Real-time Disaster Monitoring, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(2-2): 407-418.
- 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).
- 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).
- Han, S., 2020. Cloud Computing-Based Processing of Large Volume UAV Images Acquired in Disaster Sites, *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(5-3): 1027-1036 (in Korean with English Abstract).
- Hwang, S., J. Ham, Y. Lee, and J. Choi, 2021. Analysis of the Effect of Differences in Spatial Resolution of Land-use/cover Data on the Simulation of CALPUFF, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(5-3): 1461-1473 (in Korean with English Abstract).
- Im, J., H.-G. Shon, D. Kim, and J. Choi, 2020. Remote Sensing-assisted Disaster Monitoring and Risk Analysis, *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(5-3): 1007-1011 (in Korean with English abstract).
- Jeong, H., H. Ahn, D. Shin, and C. Choi, 2019. Comparison the Mapping Accuracy of Construction Sites Using UAVs with Low-Cost Cameras, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(1): 1-13.
- Kim, H.-K., J.-H. Kim, Y.-T. Son, and S.-H. Lee, 2018. An Overview of Operations and Applications of HF Ocean Radar Networks in the Korean Coast, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(2-2): 351-375 (in Korean with English Abstract).
- Kim, S., J. Kim, and J. Kim, 2019a. National Disaster Scientific Investigation and Disaster Monitoring using Remote Sensing and Geo-information, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(5-2): 763-772 (in Korean with English Abstract).
- Kim, S.J. Park, D. Shin, S. Yoo, and H.-G. Sohn, 2019b. Applicability Assessment of Disaster Rapid Mapping: Focused on Fusion of Multi-sensing Data Derived from UAVs and Disaster Investigation Vehicle, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(5-2): 841-850 (in Korean with English Abstract).
- Kim, M., M. Jung, and Y. Kim, 2019c. 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 (in Korean with English Abstract).

- Kim, C.H., J.S. 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).
- Kim, M., C. Lee, S. Hwang, J. Ham, and J. Choi, 2021b. 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).
- 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, 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).
- 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).
- Park, S.-W., S.-J. Lee, C.-Y. Chung, S.-R. Chung, I. Shin, W.-C. Jung, H.-S. Mo, S.-I. Kim, and Y.-W. Lee, 2019. Satellite-based Forest Withering Index for Detection of Fire Burn Area: Its Development and Application to 2019 Kangwon Wildfires, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(2): 343-346 (in Korean with English Abstract).
- Park, S., M.-H. Ahn, C. Li, J. Kim, H. Jeon, and D. 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).
- Piao, Y., H.-S. Lee, K.-T. Kim, and K.-S. Lee, 2018. Methodology to Apply Low Spatial Resolution Optical Satellite Images for Large-scale Flood Mapping, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(5): 787-799 (in Korean with English Abstract).
- Rhee, S., Y. Hwang, and S. Kim, 2018. A Study on Point Cloud Generation Method from UAV Image Using Incremental Bundle Adjustment and Stereo Image Matching Technique, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6-1): 941-951 (in Korean with English Abstract).
- Shin, J., K. Kim, J.-E. Min, and J.-H. Ryu, 2018. Red Tide Detection through Image Fusion of GOCI and Landsat OLI, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(2-2): 377-391 (in Korean with English Abstract).
- Shin, J.-I., W.-W. Seo, T. Kim, C.-S. Woo, and J. Park, 2019. Analysis of Availability of High-resolution Satellite and UAV Multispectral Images for Forest Burn Severity Classification, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(6-2): 1095-1106 (in Korean with English Abstract).
- Shin, D., D. Kim, S. Kim, Y. Han, and H. Nho, 2020. A Study on the Use of Drones for Disaster Damage Investigation in Mountainous Terrain, *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(5-4): 1209-1220 (in Korean with English Abstract).
- 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).
- Song, J., D. 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).

- Stramondo, S., C. Bignami, M. Chini, N. Pierdicca, and A. Tertulliani, 2006. Satellite Radar and Optical Remote Sensing for Earthquake Damage Detection: Results from Different Case Studies, *International Journal of Remote Sensing*, 27(20): 4433-4447.
- Won, M., K. Jang, S. Yoon, and H.T. Lee, 2019. Change Detection of Damaged Area and Burn Severity due to Heat Damage from Gangwon Large Fire Area in 2019, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(6-2): 1083-1093 (in Korean with English Abstract).
- Yamagata, Y. and T. Akiyama, 1988. Flood Damage Analysis Using Mmultitemporal Landsat Thematic Mapper Data, *International Journal of Remote Sensing*, 9(3): 503-514.
- Youn, H. and J. Jeong, 2019. Detection of Forest Fire and NBR Mis-classified Pixel Using Multi-temporal Sentinel-2A Images, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(6-2): 1107-1115 (in Korean with English Abstract).