

Editorial

원격탐사와 GIS를 이용한 지구환경재해 관측과 관리 기술 현황 2

양민준 ¹⁾ · 김재진 ²⁾ · 류종식 ³⁾ · 한경수 ⁴⁾ · 김진수 ⁵⁾†

Remote Sensing and GIS for Earth & Environmental Disasters: The Current and Future in Monitoring, Assessment, and Management 2

Minjune Yang ¹⁾ · Jae-Jin Kim ²⁾ · Jong-Sik Ryu ³⁾ ·
Kyung-soo Han ⁴⁾ · Jinsoo Kim ⁵⁾†

Abstract: Recently, the number of natural and environmental disasters is rapidly increasing due to extreme weather caused by climate change, and the scale of economic losses and damage to human life is increasing accordingly. In addition, with urbanization and industrialization, the characteristics and scale of extreme weather appearance are becoming more complex and large in different ways from the past, and need for remote sensing and artificial intelligence technology for responding and managing global environmental disasters. This special issue investigates environmental disaster observation and management research using remote sensing and artificial intelligence technology, and introduces the results of disaster-related studies such as drought, flood, air pollution, and marine pollution, etc. in South Korea performed by the i-SEED (School of Integrated Science for Sustainable Earth and Environmental Disaster at Pukyong National University). In this special issue, we expect that the results can contribute to the development of monitoring and management technologies that may prevent environmental disasters and reduce damage in advance.

Key Words: Remote sensing, GIS, Disasters, i-SEED

Received October 23, 2022; Accepted October 25, 2022; Published online October 31, 2022

¹⁾ 부경대학교 지구환경시스템과학부 환경지질과학전공 부교수(Associate Professor, Major of Environmental Geosciences, Division of Earth and Environmental System Sciences, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea)

²⁾ 부경대학교 지구환경시스템과학부 환경대기과학전공 교수(Professor, Major of Environmental Atmospheric Sciences, Division of Earth and Environmental System Sciences, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea)

³⁾ 부경대학교 지구환경시스템과학부 환경지질과학전공 조교수(Assistant Professor, Major of Environmental Geosciences, Division of Earth and Environmental System Sciences, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea)

⁴⁾ 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학전공 교수(Professor, Major of Spatial Information Engineering, Division of Earth and Environmental System Sciences, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea)

⁵⁾ 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학전공 부교수(Associate Professor, Major of Spatial Information Engineering, Division of Earth and Environmental System Sciences, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea)

† Corresponding Author: Jinsoo Kim (jinsookim@pknu.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.

요약: 최근 전 지구적으로 기후변화에 따른 기상이변으로 인해 지구환경재해 발생 건수가 급속도로 증가하고 있으며, 이에 따른 경제적 손실 및 인명 피해의 규모가 대형화되고 있는 추세이다. 또한, 도시화 및 산업화에 따라 이상기후의 출현 특성 및 규모가 과거와 다른 양상으로 더욱 복잡적이고 대형화되고 있어 지구환경재해 대응 및 관리에 원격탐사와 인공지능 기술의 필요성이 더욱 증대되고 있다. 본 특별호는 원격탐사 및 인공지능 기술을 활용한 지구환경재해-재난 관측 및 관리 연구를 살펴보고, 부경대학교 i-SEED 지구환경교육연구단에서 진행하고 있는 가뭄 및 홍수, 대기오염, 해양오염 등 국내에서 발생하는 재해-재난 관련 연구들의 내용 및 결과를 소개하고자 한다. 본 특별호에서 국내 자연재해 관측 및 관리 기술에 대한 정보 공유를 통해 사전에 재해를 예방하고 피해를 저감시킬 수 있는 기술 발전에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

1. 서론

최근 전 지구적으로 기후변화에 따른 기상이변으로 인해 자연재해 발생 건수가 급속도로 증가하고 있으며, 이에 따른 경제적 손실 및 인명 피해의 규모가 대형화되고 있는 추세이다. Emergency Event Database (EM-DAT, 2021) 보고서에 따르면 2021년에는 전 세계적으로 총 432건의 재난사건이 기록되었으며, 2001-2020년 연평균 재난사건 발생 빈도수인 357건보다 약 21% 증가하였다. 또한 재난사건으로 인해 약 2,521억 달러의 경제적 손실이 초래되었으며 지난 20년간 평균 손실 금액인 1,538억 달러보다 63% 증가한 수치를 기록하였다. 우리나라의 경우에도 행정안전부(Ministry of the Interior and Safety; MOIS, 2020)에서 발표한 “2020 재난연보” 보고서에 따르면 2011-2020년 10년간 평균 재난 인명피해는 29명, 재산피해는 4,419억 원을 기록하였으나 2020년은 72명의 인명피해와 13,182억 원의 재산피해로 크게 증가한 것으로 보고되었다.

이러한 피해를 예방하기 위해서 지구환경재해 분야에서는 IoT, 인공지능, 원격탐사기술들을 결합한 모니터링 및 예측 기술을 통해 지구환경재해를 예방 및 대응하려는 노력들이 이루어지고 있다. 국외의 경우 NASA Earth Applied Sciences Disasters program에서는 Soil Moisture Active Passive (SMAP) 위성 데이터를 이용한 홍수 및 가뭄 예측 시스템을 운영하고 있으며, The Global Wildfire Information System (GWIS)에서는 원격탐사 데이터를 이용한 산불 예방 및 관리 모니터링 시스템을 구축하여 운영하고 있다. 국내의 경우 국립재난안전연구원 재난정보연구실의 상황정보분석센터에서는 평상시 인공위성 인프라와 GIS 기술을 활용하여 한반도 전 지역을 지속적으로 관측하고 태풍, 산불과 같

은 자연재해의 적극적인 재난 모니터링을 수행하고 있다(Kim *et al.*, 2019). 또한 환경부 및 K-water에서는 “광역적인 국토 및 수자원관련 인자를 관측하고 산출할 수 있는 수자원·수재해 전용 위성 개발 및 운영”을 목표로 사업을 추진하고 있으며, 홍수와 가뭄 관측, 녹조·적조 감지, 해양환경 감시 등 지구환경재해 예방 및 관측을 위한 노력이 이루어지고 있다(Jung *et al.*, 2018).

대한원격탐사학회에서는 위성을 비롯한 다양한 센서를 활용하는 원격탐사를 기반으로 재난 상황을 감시하고 모니터링하는 연구가 지속적으로 수행되고 있으며, 수집된 원격탐사 자료와 인공지능 기술 및 모델을 결합하여 지구환경재해를 예측하고 대처방안을 강구하는 연구가 증가하고 있는 추세이다(Im *et al.*, 2020; Jung *et al.*, 2021; Kim *et al.*, 2019). 2021년 대한원격탐사학회지에 게재된 “원격탐사와 GIS를 이용한 지구환경재해 관측과 관리 기술 현황” 특별호에서는 원격탐사 및 GIS를 활용한 지구환경재해 관련 연구들을 다루었으며(Yang *et al.*, 2021), 인공지능을 활용한 연구동향 분석 연구(Kim *et al.*, 2021b), 미세먼지 관련 연구(Son and Kim, 2021a; Son and Kim, 2021b; Park *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2021; Kim *et al.*, 2021a), 폭염, 지진, 가뭄, 홍수와 같은 지구환경재해 관리 관측에 대한 연구(Gwon *et al.*, 2021; Byeon *et al.*, 2021; Kang *et al.*, 2021; Won *et al.*, 2021; Heo *et al.*, 2021)를 소개하였다.

이번 특별호는 지난 특별호에 이어 부경대학교 i-SEED 지구환경교육연구단에서 진행하고 있는 원격탐사를 이용한 지구환경재해 관련 연구 내용과 결과를 소개하고자 기획되었다. 이번 특별호에서는 딥러닝 영상 인식 기법과 해양 미세플라스틱 모니터링에 대한 리뷰 논문 2편, 미세먼지와 관련된 논문 3편, 가뭄, 홍수와 같은 수권 지구환경재해 관리·관측에 대한 논문 3편, 지구

환경재해 관리·관측을 위한 원격탐사기술 연구 논문 3편, 그 외 산불과 해양오염과 관련된 지구환경재해 논문 2편으로 총 13편으로 구성되어 있으며, 이와 같은 연구들을 소개하고 정보를 공유함으로써 국내 환경재해 관리·관측 및 대응 기술의 발전에 기여하고자 한다.

2. 원격탐사와 GIS를 이용한 지구환경재해 관측과 관리 기술 현황

먼저 연구동향 분석으로 Kim *et al.* (2022a)은 원격탐사 분야에서 활용성이 확대되고 있는 딥러닝 영상인식 기법인 Convolutional Neural Network 및 Transformer 기반 모델의 기술동향과 사례연구를 검토하고, 국내에서의 활용방안 및 발전 방향을 제시하였다. 원격탐사에서 딥러닝 모델은 토지피복 및 작물 분류, 재난 탐지, 공간 객체 탐지 및 추출, 변화탐지 등에 적용되고 있으며 국내에서도 양질의 딥러닝 학습자료 구축 및 활용에 대한 노력이 이루어지고 있어 딥러닝 모델의 국내 활용성에 대한 기대를 시사하였다. 또한, 재난 상황에 대한 신속한 대응을 위해 위성영상의 적시성 확보 및 실시간 자료 처리에 대한 필요성과 드론 영상, CCTV 영상에 대한 활용성을 강조하였다. 또한, Park *et al.* (2022b)은 최근 환경 문제로 대두되고 있는 해양 미세플라스틱을 실시간으로 모니터링하기 위한 기술로 원격탐사의 적용 가능성을 고찰하고, 국내의 원격탐사를 활용한 해양 플라스틱 연구 동향을 분석하였다. 국외의 경우 대규모의 실시간 관측이 가능한 원격탐사 기술을 해양 플라스틱 모니터링에 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 국내에서는 해양 미세플라스틱 원격탐사 관련 연구는 미비한 실정이며 중대형 플라스틱을 대상으로 한 연구가 일부 수행되었다. 국내에서 해양 미세플라스틱 모니터링에 원격탐사를 적용하기 위해서는 광대역 광원 및 고출력 레이저 등을 광원으로 이용하여 신호 대 잡음비를 높이고 근거리 원격탐사 플랫폼과 결합에 관련된 추가적인 연구가 필요할 것을 시사하였다. 원격탐사를 활용한 연구 동향에 대한 결과들은 국내 원격탐사 분야의 활용 방안 및 연구 방향성에 대한 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

특별호 중 3편의 논문은 대기재해 관련 연구로 최근

관심이 증대된 미세먼지(Particulate Matter, PM)에 대한 다양한 연구를 다룬다. Park *et al.* (2022a)에서는 국내 미세먼지 관련 연구들의 주제를 분류하고, 각 주제별 연구 동향을 확인하기 위해 Research Information Sharing Service (RISS)에 게재된 미세먼지 관련 2,764편의 논문을 대상으로 Latent Dirichlet Allocation (LDA) 분석을 수행하였다. 미세먼지 연구 관련주제는 총 10개의 주제로 분류하는 것이 가장 적합한 것으로 나타났으며, '미세먼지 저감(Topic 1)', '정부 정책 및 관리(Topic 2)', '미세먼지 특성(Topic 3)', '미세먼지 모델(Topic 4)', '환경교육(Topic 5)', '바이오(Topic 6)', '교통수단(Topic 7)', '황사(Topic 8)', '실내 미세먼지 오염(Topic 9)', '인체 위해성(Topic 10)'으로 분류하였다. 각 연구주제별 연구 동향 분석 결과, '정부 정책 및 관리(Topic 2)', '미세먼지 모델(Topic 4)', '환경교육(Topic 5)'에 대한 연구들은 시간에 따라 전체 논문에 대한 비율이 증가하는 추세를 보였으나, '바이오(Topic 6)'는 시간에 따라 감소하는 추세를 보였다. 이러한 경향은 국내 대기 중 미세먼지 농도가 급증함에 따라 연구 초기에는 미세먼지 특성 및 오염원, 저감 관련 연구가 우선적으로 수행되었으며 최근 기술 개발에 따라 인공지능, 모델링 등 다양한 분야의 연구가 활발히 수행되는 것으로 판단되었다. 본 연구의 결과는 국내 미세먼지 분야의 연구주제 분류 및 연구동향을 확인하는 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다. Han *et al.* (2022)은 기상청에서 제공하는 국지예보시스템 예측 기상 자료를 이용하여 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, CFD) 모델을 통해 도시 지역에서 수목이 대기 중 PM_{2.5} 농도 저감에 미치는 영향을 평가하였다. 부산 감만동 지역을 대상으로 공간 분포 특성을 분석하기 위해 3가지 수목 조건(수목이 없는 경우(No Tree, NT), 수목 항력 효과만 고려한 경우(Trees' Drag Effect Only, TD), 수목 항력 효과와 마찰 효과를 고려한 경우(Trees' Drag and Dry-deposition Effects, DD))에 따라 수치 실험을 수행하였다. 연구 결과, TD 실험은 NT 실험에 비해 약 5%, DD 실험은 TD 실험에 비해 약 30% 저감되었으며 수목의 항력 효과와 침적 효과를 고려한 실험에서 초미세먼지의 저감 효과가 가장 크게 나타났다. TD 실험의 경우 수목에 의해 풍속이 감소하지만, 배출원과 떨어져 있고 건물에 의해 차폐되는 지역에서는 PM_{2.5}의 농도가 감소하였으며, DD 실험에서는 수목 앞쪽의 침

적 현상에 의해 PM_{2.5} 농도가 비교적 크게 감소하였다. 본 연구 결과를 통해 수목의 향력 효과와 침적 효과가 대기 중 PM_{2.5} 농도 분포에 미치는 영향을 확인할 수 있었다. Jeong *et al.* (2022b)은 국내 미세먼지의 기원과 거동특성을 규명하기 위하여 국내와 중국에서 포집된 초미세먼지 내 희토류 원소 특성을 비교 분석하였다. 초미세먼지 샘플은 2018년 1월 중국 북경대학교와 광주광역시에서 채취하였으며, 왕수추출법을 이용하여 미세먼지 내 희토류 원소를 추출하였다. 연구결과, 광주 미세먼지 내 총 희토류는 평균 4.76 µg/kg, 경희토류는 4.20 µg/kg, 중희토류는 0.43 µg/kg의 농도로 나타났으며, 북경 미세먼지 내 총 희토류의 경우 평균 74.1 µg/kg, 경희토류 67.5 µg/kg, 중희토류는 6.66 µg/kg으로 나타났다. 북경에서 희토류의 농도가 가장 높게 관측된 날(1월 28일) 이후 광주에서 포집된 미세먼지 내 희토류 농도가 기존보다 높게 나타난 결과를 통하여 중국으로부터 편서풍에 의해 미세먼지가 유입되었음을 추정할 수 있었다. PAAS-표준화 분포 분석 결과, 북경 시료 내 Eu 이상치는 1.09-3.77, 광주 시료 내 Eu 이상치는 1.025-3.23으로 두 도시 모두 1보다 큰 부(+)의 Eu 이상치를 보여 미세먼지의 기원이 유사함을 알 수 있었다. 또한, 두 도시의 희토류 원소간 비와 선행연구 비교를 통하여 국내 유입되는 미세먼지에 중국지역의 영향이 있음을 확인하였다. 그러나 희토류 원소 농도 분석 결과로는 미세먼지 오염원에 대한 명확한 구분이 어렵기 때문에 추후 장거리 미세먼지 오염원 추적에 위해 동위원소 프록시를 활용한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

특별호 논문 중 3개의 논문은 가뭄, 홍수 등을 예방하고 대처하기 위한 원격탐사기술 연구를 다루었다. Won *et al.* (2022)은 Ecological Drought Condition Index - Vegetation (EDCI-veg)을 사용하여 낙동강 서쪽에 위치한 감천 유역에서의 기상학적 가뭄이 식생의 생태가뭄에 미치는 영향을 모니터링하였다. EDCI-veg는 가뭄 상태를 나타내는 Standard Precipitation Index (SPI)와 식생 상태를 나타내는 Vegetation Health Index (VHI)를 사용하여 copula 기반의 이변량 결합 확률 모델을 구성한 뒤, 결합확률분포로부터 도출되었다. 시계열 분석결과, EDCI-veg가 생태가뭄이 발생한 기간(VHI ≤ 40, SPI ≤ -1)을 식별하고 적절히 모니터링가능한 것을 확인하였으며, 연구지역에 대한 평균 ROC score의 경우 EDCI-

veg의 임계값이 1.1일 때 가장 높게 나타났다. 또한, 식생 생태가뭄 상태 지도화를 통해 감천 유역의 기상학적 가뭄과 식생 상태에 따라 생태가뭄이 발생한 지역을 식별할 수 있었다. 연구 결과를 통하여 생태가뭄은 강수량뿐만 아니라 과도한 증발산이 원인으로 작용할 수 있으며, 극한 기후 현상은 동시에 발생할 수 있기 때문에 향후 연구에서는 다양한 기후조건을 포괄할 수 있는 고차원의 copula 모형을 적용할 필요가 있음을 시사하였다. Lee *et al.* (2022)은 SAR영상을 활용한 수체탐지 방법에 딥러닝 알고리즘(UNet)의 적용가능성을 평가하고자 하였다. 섬진강 일대의 하천 및 저수지를 대상으로 UNet 모델과 기존 수체탐지 방법에 사용되었던 임계값 기법을 비교하였으며, 혼동행렬(Confusion Matrix)을 사용하여 모델의 정량적인 예측 정확도를 평가하였다. 연구결과, 혼동행렬의 5가지 지표(Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, and IoU)에서 UNet 모델이 임계값 방법을 사용한 결과보다 높게 나타났으며, Intersection of Union (IoU)가 0.894로 높게 나타났다. 그러나 논, 밭의 물이 과대/과소 추정되는 등 미세 지역에 대한 한계가 있으며 이를 보완하기 위해서는 소규모지역에 대한 데이터를 추가적으로 확보해야 하며, 향후 논경지에 대한 픽셀을 보정할 수 있는 편광 조합 연구가 필요할 것으로 판단된다. Choi *et al.* (2022)은 국내 중소규모 저수지 모니터링을 위해 SAR영상을 활용한 4가지 수체 탐지 모델의 정확도를 비교 분석하고자 하였다. 연구에 사용된 인공지능 모델은 Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), Artificial Neural Network (ANN), 그리고 Automated Machine Learning (AutoML)이며 수표면적 모니터링 구축을 위해 22곳의 중소규모 저수지를 선정하였다. 연구결과, 모델 정확도(Accuracy)는 SVM=0.91, RF=0.91, ANN=0.91, 그리고 AutoML=0.92로 상당히 높게 나타났으며, 네 가지 모델의 정밀도, 재현율 등 성능 평가 지표의 경우 0.1-0.3의 차이로 유사하게 나타났다. AutoML의 경우 mIoU가 0.81로 타 모델에 비해 상대적으로 좋은 성능을 보였다. 그러나 실제 탐지영상과 비교하였을 때 소규모 수체에서 오탐지와 미탐지 영역이 다수 분포하는 한계가 발생하였다. 따라서, 향후 저수지 규모에 적합한 위성영상을 확보함과 레이블 영상을 충분히 확보한 후 딥러닝 기반의 영상인식 모델을 구축한다면 수 표면 분류의 정확도가 향상될 것으로 사료된다.

특별호 논문 중 3개의 논문은 지구환경재해 예방 및 대응에 적용할 수 있는 원격탐사측정기술의 개발과 개선에 대한 연구를 다루었다. Kim *et al.* (2022b)은 연안수층의 생태환경 파괴를 예방하기 위한 해양생물 모니터링 방식의 하나로 State-Of-The-Art (SOTA) 모델인 High Resolution Network - Object Contextual Representation (HRNet-OCR)과 Shifted Windows-L (Swin-L)을 이용하여 국내 연안어장을 대상으로 조식동물 서식지 수증영상의 의미론적 분할을 수행하였다. 시험평가 수행 결과, 한국수산자원공단의 DeepLabV3+ 결과에 비해 약 29% 향상된 정확도를 보였으며 모든 클래스에 대하여 HRNet-OCR보다 Swin-L의 판별율이 더 좋게 나타났다. 향후 지속적으로 데이터베이스를 축적하여 10,000장의 레이블 데이터베이스를 구축하게 된다면 추가적인 정확도 향상이 가능할 것으로 기대하였다. Bae *et al.* (2022)은 고정밀의 인프라 정보를 제공하는 정밀도로지도 (High Definition Map, HD map) 작성을 위해 모바일 매핑 시스템(Mobile Mapping System, MMS)을 통해 획득된 3차원 Point Cloud 데이터의 의미론적 분할을 수행하였다. 연구 데이터는 부산광역시 미남역 일대 5차선 도로 130 m 구간의 MMS point cloud 데이터를 사용하였으며, MMS point cloud의 색상, 강도 특성, 설계적 특성 등을 고려한 11개의 변수를 선정한 뒤 RF, SVM, K-Nearest Neighbor (KNN), Gradient Boosting Machine (GBM) 머신러닝 모델을 사용하여 분할을 수행하였다. 분할 결과 각 모델의 평균 F1 score는 RF 95.43%, SVM 92.1%, GBM 91.05%, KNN 92.63%로 RF의 분할 성능이 가장 좋게 나타났으며 Mean Decrease Accuracy (MDA), Mean Decrease Gini (MDG)를 통해 각 변수의 중요도를 평가한 결과 XY dist, Z dist의 중요도가 높게 나타나, 도로 설계적 특성을 고려한 변수가 차선을 포함한 여러 클래스 분할에 중요하게 작용한 것을 확인할 수 있었다. 연구 결과를 바탕으로 머신러닝 모델 기반 MMS point cloud 분할의 가능성을 확인하였으며 추후 정밀도로지도 작성 시 발생하는 비용과 시간을 절약할 수 있을 것으로 기대된다. Yoon *et al.* (2022)은 대기 에어로졸 측정을 위해 격자형 기상자료와 지리적 요소를 입력변수로 하여 RF 기반 gap-filling 모델을 생성하여 위성자료의 결측을 복원한 후, gap-free GK2A/AMI AOD Hourly 영상을 산출하였다. 연구결과, Mean Absolute Error (MBE)

= -0.002, Root Mean Square Error (RMSE) = 0.145로 원자료의 목표 정확도보다 높게 나타났으며 Correlation Coefficient (CC) = 0.715로 복원 대상이 대기변수인 점을 감안하였을 때 상관계수 측면에서도 충분한 설명력을 갖추었다고 판단된다. 연구결과를 바탕으로 대기보정을 위한 입력, 지상 미세먼지 농도 추정, 소규모 화재 또는 오염원 분석 등 다양한 연구를 위한 자료 사용에 있어 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

그 외 2개의 논문은 산불, 해양오염을 대상으로 지구환경재해를 예방하기 위한 원격탐사기술 연구를 다루었다. Jeong *et al.* (2022c)은 산불 연기의 합리적인 탐지를 위해 우리나라 환경위성 센서인 Geostationary Environment Monitoring Spectrometer (GEMS)의 Lv1, Lv2 데이터와 기계학습을 통한 산불연기 탐지를 수행하였다. 2022년 3월 강원도 산불을 사례로 RF 모델에 GEMS Lv1, Lv2 데이터를 투입하여 연기 픽셀 분류 모델링을 수행하였다. 연구 결과, MAE = 0.023, 상관계수 = 0.979로 효과적인 예측이 가능했으며, 추후 추가적인 연구를 통해 동아시아 전체 영역에 대한 공시적인 관측으로 자연재해 감시 및 예측 시스템 개발에 대한 가능성을 확인할 수 있었다. Jeong *et al.* (2022a)은 유독 와편모조류(*Alexandrium pacificum*)의 조기 감지 여부를 조사하기 위해 홀 소자 센서(Hall Element Sensor)를 활용하여 진주담치(*Mytilus edulis*)와 참굴(*Crassostrea gigas*)의 패각운동(Shell Valve Movements, SVMs) 변화를 관찰하였다. 연구 결과, *Mytilus edulis*와 *Crassostrea gigas*는 마비성 패독(Paralytic Shellfish Poisoning, PSP)을 유발하는 *Alexandrium pacificum*에 노출될 경우 폭로 전후로 약 12시간 동안 평균 SVMs가 각각 1.25 times/hr에서 2.13 times/hr 그리고 2.23 times/hr에서 8.91 times/hr로 증가하였으며, 독성노출에 의한 패각운동의 변화를 관찰할 수 있었다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 와편모조류 *Alexandrium pacificum*의 출현 시 조기 감지를 할 수 있는 생물모니터링 시스템 체계 구축의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

지금까지 본 특별호에서는 원격탐사와 인공지능을 활용한 지구환경재해 모니터링 기술 및 관측 관리 기술과 관련된 연구에 대해서 간략하게 소개하였다. 지구환경재해는 국민의 일상과 밀접하게 연관되어 있기 때문에 이를 예방하고 관리하기 위한 자연재해 관측 및 관리 기술은 필수적이다. 부경대학교 i-SEED 지구환경교

육연구단에서는 최근 기술의 발전에 따라 원격탐사 및 인공지능 기술을 활용한 최첨단 정보통신기술 네트워크를 이용한 연구를 활발히 수행하고 있으며, 지속적인 특별호 발간을 통해 원격탐사 및 인공지능 기술을 활용한 지구환경재해 분야 연구 발전에 기여할 수 있기를 희망한다.

사사

이 연구는 4단계 BK21사업 i-SEED 지구환경교육연구단의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Bae, J.G., D.J. Seo, and J.S. Kim, 2022. Machine Learning Based MMS Point Cloud Semantic Segmentation, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 939-951 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.11>
- Byeon, Y., S. Choi, D. Jin, N.-H. Seong, D. Jung, S. Sim, J. Woo, U. Jeon, and K.-S. Han, 2021. Quality evaluation through Inter-Comparison of Satellite Cloud Detection products in East Asia, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(6-2): 1829-1836 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.6.2.5>
- Choi, S.Y., Y.J. Yoon, J.G. Kang, K.H. Park, G.A. Kim, S.C. Lee, M.H. Choi, H.G. Jeong, and Y.W. Lee, 2022. An Artificial Intelligence Approach to Waterbody Detection of the Agricultural Reservoirs in South Korea Using Sentinel-1 SAR Images, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 925-938 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.10>
- EM-DAT, 2021. The International Disaster Database, <https://www.emdat.be>, Accessed on Oct. 20, 2022.
- Gwon, O., S. Bae, H. Son, K. Park, H.-S. Choi, S.-K. Lee, and Y.-S. Kim, 2021. A review on remote sensing techniques and case studies for active fault investigation, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(6-2): 1901-1922 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.6.2.12>
- Han, S.C., S.J. Park, W.S. Choi, and J.J. Kim, 2022. CFD Simulations of the Trees' Effects on the Reduction of Fine Particles (PM_{2.5}): Targeted at the Gammandong Area in Busan, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 851-861 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.4>
- Heo, J., T. Kim, H. Park, T. Ha, H. Kang, and M. Yang, 2021. A study of a correlation between groundwater level and precipitation using statistical time series analysis by land cover types in urban areas, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(6-2): 1819-1827 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.6.2.4>
- Im, J., H.G. Sohn, D.J. 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). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2020.36.5.3.1>
- Jeong, S.Y., D.H. Kim, and S.J. Oh, 2022a. Bio-monitoring System for Early Detection of Toxic Dinoflagellate *Alexandrium pacificum* Using the Shell Valve Movements of Bivalves, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 979-989 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.14>
- Jeong, S., J.Y. Lee, S.H. Park, M.J. Yang, H.J. Chang, and J.S. Ryu, 2022b. Rare Earth Elements of Atmospheric Particulates (PM_{2.5}) in Northeast Asia: Beijing and Gwangju, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 863-872 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.5>
- Jeong, Y.M., S.Y. Kim, S.Y. Kim, J.A. Yu, D.W. Lee, and Y.W. Lee, 2022c. Detection of Wildfire

- Smoke Plumes Using GEMS Images and Machine Learning, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 967-977 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.13>
- Jung, S., E. Hwang, and H. Choi, 2018. Trends and development of satellite technology related to water resources and water disaster, *Journal of Water Policy and Economy*, 31: 113-119.
- Jung, M., D.J. Kim, H.G. Sohn, J. Choi, and J. Im, 2021. Disaster assessment, monitoring, and prediction using remote sensing and GIS, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(5-3): 1341-1347 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.3.1>
- Kang, G., M.-J. Kim, J.-E. Kang, M. Yang, S.-H. Choi, E. Kang, and J.-J. Kim, 2021. A Study on the Surface Wind Characteristics in Suwon city using a GIS Data and a CFD Model, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(6-2): 1837-1847 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.6.2.6>
- Kim, S., J. Kim, and J. Kim, 2019. 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). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2019.35.5.2.1>
- Kim, T., S. Joo, G. Kim, and Y. Noh, 2021a. The Study of PM₁₀, PM_{2.5} Mass Extinction Efficiency Characteristics Using LIDAR Data, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(6-2): 1793-1801 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.6.2.2>
- Kim, T., H. Park, J. Heo, and M. Yang, 2021b. A Study on the Research Topics and Trends in Korean Journal of Remote Sensing: Focusing on Natural & Environmental Disasters, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(6-2): 1869-1880 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.6.2.9>
- Kim, H.W., M.H. Kim, and Y.W. Lee, 2022a. Research Trend of the Remote Sensing Image Analysis Using Deep Learning, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 819-834 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.2>
- Kim, H.W., S.W. Jang, S.H. Bak, S.W. Gong, J.W. Kwak, J.S. Kim, and Y.W. Lee, 2022b. Semantic Segmentation of the Habitats of Ecklonia Cava and Sargassum in Undersea Images Using HRNet-OCR and Swin-L Models, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 913-924 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.9>
- Lee, D., S.R. Park, D.J. Seo, and J.S. Kim, 2022. Waterbody Detection Using UNet-based Sentinel-1 SAR Image: For the Seom-jin River Basin, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 901-912 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.8>
- MOIS (Ministry of the Interior and Safety), 2020. *Natural disaster yearbooks*, Ministry of the Interior and Safety, Sejong, KOREA.
- Park, H., T. Kim, J. Heo, and M. Yang, 2021. Analysis of correlation between particulate matter in the atmosphere and rainwater quality during spring and summer of 2020, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(6-2): 1859-1867 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.6.2.8>
- Park, H.M., T.Y. Kim, D.W. Kwon, J.Y. Heo, J.Y. Lee, and M.J. Yang, 2022a. A Study on the Research Topics and Trends in South Korea: Focusing on Particulate Matter, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 873-885 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.6>
- Park, S.H., C.M. Kim, S.W. Jeong, S.G. Jang, S.B. Kim, T.J. Ha, K.S. Han, and M.J. Yang, 2022b. Review of Remote Sensing Applicability for Monitoring Marine Microplastics, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 835-850 (in Korean with English abstract).

- abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.3>
- Son, S. and J. Kim, 2021a. Vulnerability Assessment for Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) in the Schools of the Seoul Metropolitan Area, Korea: Part I – Predicting Daily PM_{2.5} Concentrations, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(6-2): 1881-1890 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.6.2.10>
- Son, S. and J. Kim, 2021b. Vulnerability Assessment for Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) in the Schools of the Seoul Metropolitan Area, Korea: Part II – Vulnerability Assessment for PM_{2.5} in the Schools, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(6-2): 1891-1990 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.6.2.11>
- Wang, J.-W., S.-C. Han, D.-S. Mun, M. Yang, S.-H. Choi, E. Kang, and J.-J. Kim, 2021. A study on the characteristics of the atmospheric environment in Suwon based on GIS data and measured meteorological data and fine particle concentrations, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(6-2): 1849-1858 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.6.2.7>
- Won, J., Y.-S. Son, S. Lee, L. Kang, and S. Kim, 2021. Evaluation of Utilization of Satellite Remote Sensing Data for Drought Monitoring, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(6-2): 1803-1818 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.6.2.3>
- Won, J., H. Jung, S. Kang, and S. Kim, 2022. Monitoring the Ecological Drought Condition of Vegetation during Meteorological Drought Using Remote Sensing Data, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 887-899 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.7>
- Yang, M., J.J. Kim, K.S. Han, and J. Kim, 2021. Remote Sensing and GIS for Earth & Environmental disasters: The Current and Future in Monitoring, Assessment, and Management, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(6-2): 1785-1791 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.6.2.1>
- Yoon, Y.J., J.G. Kang, G.A. Kim, G.H. Park, S.Y. Choi, and Y.W. Lee, 2022. Spatial Gap-filling of GK-2A/AMI Hourly AOD Products Using Meteorological Data and Machine Learning, *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(5-3): 953-966 (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.5.3.12>