

Editorial

원격탐사를 활용한 연속적 재난상황 인지 및 위험 모니터링 기술

임정호 ^{1)†} · 손홍규 ²⁾ · 김덕진 ³⁾ · 최진무 ⁴⁾

Remote Sensing-assisted Disaster Monitoring and Risk Analysis

Jungho Im ^{1)†} · Hong-Gyoo Sohn ²⁾ · Duk-jin Kim ³⁾ · Jinmu Choi ⁴⁾

Abstract: Recently, natural and anthropogenic disasters have rapidly increased due to the on-going climate change and various human activities. Remote sensing (RS) technology enables the continuous monitoring and rapid detection of disastrous events thanks to its advantages covering vast areas at high temporal resolution. Moreover, RS technology has been very actively used in disaster monitoring and assessment since cluster- and micro-satellites and drones were introduced and became popular. In this special issue, nine papers were introduced, including the processing and applications of remote sensing data for monitoring, assessment, and prediction of various natural disasters. These papers are expected to serve as useful references for disaster management in the future.

Key Words: Natural disasters, Anthropogenic disasters, Disaster monitoring, Risk analysis

요약: 오늘날 기후변화와 더불어 각종 기상/기후 자연재난 및 인재의 발생 빈도가 증가하는 추세이다. 원격탐사 기술은 재난 상황에서 연속적인 모니터링과 빠른 탐지를 가능하게 하며, 최근에는 군집 위성, 초소형 위성, 그리고 드론 등이 이용돼 그 활용도가 증가하고 있다. 본 특별 호에서는 재난 상황에서 위성을 활용하기 위한 기반 기술과 각종 자연재해를 모니터링, 분석 및 예측하는 활용 기술에 대한 9편의 논문을 소개하고 있다. 소개된 논문들은 향후 증가하는 위성 활용에 있어 재난 분야에서의 유용한 참조자료가 될 것으로 기대된다.

최근 들어 기후변화와 더불어 각종 인공적인 요인에 의해 극한 기상/기후 자연재난 및 인재의 발생 빈도가 점점 증가하고 있다. 지속가능한 사회에서는 이러한 재

난 상황이 발생했을 때 재난의 빠른 탐지와 연속적인 모니터링은 필수적이며, 이는 다시 빠르고 효과적인 대응으로 이어지고 향후 재난 예방의 기초자료가 된다. 원

Received October 21, 2020; Revised October 21, 2020; Accepted October 27, 2020; Published online October 28, 2020

¹⁾ 울산과학기술원 도시환경공학과 교수 (Professor, Department of Urban and Environmental Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology)

²⁾ 연세대학교 건설환경공학과 정교수 (Professor, Civil and Environmental Engineering, Yonsei University)

³⁾ 서울대학교 지구환경과학부 정교수 (Professor, School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University)

⁴⁾ 경희대학교 이과대학 지리학과 정교수 (Professor, Department of Geography, Kyung Hee University)

† 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.

격탐사기술은 다양한 시공간 도메인에서 각종 재난의 특성들을 다루는데 적합하다(Kang *et al.*, 2019; Won *et al.*, 2019; Youn and Jeong, 2019; Seo *et al.*, 2020). 위성은 광범위한 영역을 주기적으로 관찰하는 장점이 있는 반면(Kim *et al.*, 2018a; Shin *et al.*, 2018), 항공 기반 유인/무인 원격탐사 기술은 사용자가 원할 때 필요한 영역에 대해 자료를 수집하는 장점이 있다(Kim *et al.*, 2017; Cheon *et al.*, 2018). 특히 재난 발생시 드론의 활용이 점점 더 늘고 있으며 관련 기술 또한 급격하게 발전하고 있다(Lee *et al.*, 2019). 위성의 경우 재난의 종류와 상황에 따라 필요한 특성이 다르다. 특히 상세한 재난 모니터링의 경우에 적절하게 활용되기 위해서는 시공간 해상도 모두를 향상시켜야 하는데, 최근에는 군집 위성, 초소형 위성 등을 활용하여 이를 해결하려는 사례들도 늘고 있다(Kim *et al.*, 2019). 또한 최근 급격한 인공지능의 발전으로 재난분야에서도 기계학습, 딥러닝 등의 최신 기법들이 적용되는 사례들이 늘고 있다(Kwak *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2018b; Song and Kim, 2017; Han *et al.*, 2018). 본 특별호는 이처럼 재난상황을 인지하고 그 위험을 모니터링 하는데 원격탐사를 활용하는 최신 연구 사례들을 소개하고자 한다. “원격탐사를 활용한 연속적 재난상황 인지 및 위험 모니터링 기술” 특별호에는 본 사설을 제외하고 총 9편의 연구논문이 실렸는데, 여기에는 재난 상황에서 드론을 활용하기 위한 기반 기술과 각종 자연재해, 즉 홍수, 산불, 태풍, 고수온, 대기질 등의 모니터링, 분석 및 예측에 원격탐사 기술을 활용한 사례, 그리고 현장자료와 위성자료의 효과적인 연계 방안을 포함한다. 아래에서 9편에 논문에 대해 간략하게 소개하였다. 본 특별호는 지속적으로 증가하고 있는 재난 분야에서의 위성 활용에 발맞추어 향후 관련 연구의 길잡이가 될 것으로 본다.

우선 Park *et al.* (2020)은 드론 영상을 재난상황에 활용할 때 필수적인 위치보정을 보다 효율적으로 수행할 수 있는 방법을 제시하고 있다. 대부분의 경우, 드론으로 취득한 3차원 정보는 로컬에서의 상대적인 값만으로 만족도를 제시하고 있다. 3차원 정보의 절대위치를 정밀하게 구하기 위해서는 드론 영상의 위치보정이 필수적이지만, 이를 보정하기 위한 지상기준점을 취득하는데 매우 시간이 많이 소비된다. 해서 Park *et al.* (2020)에서는 이를 극복하기 위한 방법으로 MMS와 위치가 보정

된 드론으로 취득된 점군데이터를 융합한 지상기준점 등을 활용하는 방법을 제시하였고, 이러한 다양한 공간 정보를 활용할 때, 드론 위치 보정의 정확도를 평가하여 기존의 기준점 취득방법을 대체할 수 있는 가능성을 제시하였다. 두 번째 논문인 Han (2020)은 재해/재난 현장에서 취득한 대용량 무인기 영상으로부터 3차원 자료를 신속하게 생성하기 위해 클라우드 컴퓨팅을 이용한 처리 방식을 제안하였다. 로컬 컴퓨팅을 이용하는 방식과 객관적으로 비교 분석하기 위하여 독립변인을 적절히 통제하였고 제안한 방식의 장단점을 명확하게 제시하였다. 결국 제안한 방식이 재해/재난 상황에 적용 가능한 것으로 결론짓고 있다.

이어 6개의 논문은 각종 자연재해에 위성자료가 어떻게 활용될 수 있는지 사례들을 보여주고 있다. Lee *et al.* (2020)은 딥러닝 기법 중 하나인 Multi-task learning (MTL)을 활용하여 위성 기반 태풍 관측 영상과 수치 모델 기반 대기, 해양 환경변수를 상호보완적으로 융합하여 실시간 강도 추정 및 6시간, 12시간 후의 강도 예측을 동시에 수행하는 새로운 모델을 제안하였다. 사용한 자료는 우리나라 최초의 정지궤도 위성인 천리안 영상과 Climate Forecast System version2 (CFSv2) 모델 자료이다. 모의 결과 위성영상만을 활용한 경우와 비교하여 수치예보모델을 함께 융합한 경우, 6시간 및 12시간 후의 강도 예측에서 각각 13%, 16% 정확도가 개선된 것을 확인하였다. 또한 해당 연구에서 제안하는 MTL 모델은 각각의 task를 따로 추정하는 single-task model과 비교하여 300%의 시간 효율을 나타내며, 향후 신속한 태풍 예보에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

최근 이슈가 많이 되고 있는 대기질 재난과 관련하여 Choi *et al.* (2020)은 남한 지역에 대하여 연속적인 이산화황(SO₂) 지상농도 정보를 제공하기 위해 위성 및 수치모델 자료를 이용한 기계학습 알고리즘을 개발하였다. 이때 기존 단일 모델의 성능 개선을 위해 여러가지 기계학습 기법을 두 단계로 쌓아 융합하는 기법인 스택킹 앙상블(stacking ensemble) 기법을 이용하였다. 제안된 모델의 교차검증 결과 상관계수(R) = 0.69, root-mean-squared-error(RMSE) = 0.0032 ppm의 기존 연구 대비 높은 정확도를 나타내었으며, 시공간적 분포 역시 잘 모의하였다. 이 방법은 비단 이산화황 뿐만 아니라 다른 대기질 파라미터에도 충분히 적용 가능할 것으로 판단된다.

Farkoushi *et al.* (2020)은 폭우로 인하여 소규모의 산사태 또는 변화가 발생하였을 때, 이전의 영상과 비교하여 자동적으로 변화된 지역을 탐지하는 내용이다. 위성 영상 또는 항공영상을 이용하여 변화탐지에 대한 연구는 많이 진행되고 있지만, 본 연구에서는 드론의 고해상도 영상과 이전의 항공정사영상 이용하여 소규모의 국지적인 변화를 탐지하는 기법을 제시하였다. 이를 위하여 Unsupervised Saliency 을 활용하였고, CVA (Change Vector Analysis)로 변화지역에 대한 크기벡터를 구한 뒤, 최종적으로 PCA로 변화된 지역을 파악하여 기존의 변화탐지 방법과 비교한 결과, 국소적인 변화에 대한 탐지가 가능하고 오차율도 줄어드는 것을 확인하였다. 따라서, 해당 연구는 폭우 등으로 인한 국소적인 변화에 이러한 절차를 이용하여 자동적으로 변화탐지가 가능하다는 것을 제시하였다.

우리나라 여름철에 고수온이 자주 발생하여 양식업 등에 피해를 많이 끼치고 있다. Jung *et al.* (2020)은 한반도 남해 해역의 해수면온도를 시계열 기계학습인 LSTM과 ConvLSTM을 통해서 예측하며 고수온 발생 탐지를 수행하였다. 위성 기반 자료를 활용하여 한반도 해역의 고수온 발생을 공간적 추정할 수 있는 가능성을 보였다. 공간적 특성을 반영하는 ConvLSTM이 픽셀 기반 학습인 LSTM보다 상대적으로 우수한 결과를 보였다. Kim *et al.* (2020)은 Sentinel-1 SAR 영상에 대표적인 의미론적 영상 분할 기법인 SegNet과 U-Net을 적용하여 두 모델의 수계분류 성능을 평가하였다. 분석결과, SegNet이 더 짧은 학습시간을 필요로 하였지만, 세 개의 정량적 지표와 육안검증을 통해 평가된 모델의 분류 정확도는 U-Net이 상대적으로 높게 나타났다. 또한 본 연구는 분석 결과를 토대로 실현 가능한 홍수탐지 시스템 구축을 위한 향후 연구방향을 제시하였다.

우리나라 산불도 점점 대형화가 되는 경향을 보여주고 있는데, Sim *et al.* (2020)은 산불 발생 전후의 Sentinel-1, Sentinel-2 자료를 이용, 기계학습 기법들을 통해 산불 피해강도를 추정하였다. 2017년과 2019년 강원도에서 발생한 세 개의 사례를 통해 모델을 구축하였고, Random forest 모델에서 82%의 총정확도를 보이며 다중센서와 기계학습을 융합한 산불 피해강도 추정의 가능성을 확인하였다. 세 개의 사례만을 이용하였기에 학습사례별 민감도의 차이가 확인되었으나, 추후 다양한 사례 및 고

려인자들을 추가할 시 개선될 것으로 보인다.

마지막 논문인 Kim and Choi (2020)는 산불 발생 위치와 면적만 기록하는 산불피해대장의 한계점을 보완하기 위해 위성영상 기반의 산불발생데이터의 연계 방법을 제시하였다. 이를 위해 2012년 1월 ~ 2019년 12월 사이 산불피해대장 자료와 MODIS 및 VIIRS 기반 산불발생데이터를 연계하는 방안을 도출하였다. 연구 결과 191건의 산불피해대장 산불 중 MODIS와 VIIRS 기반 산불발생데이터를 이용하여 약 44%의 산불에 대해 발생지역 확인이 가능하였다. 이 연구에서 제시한 방법을 이용하면 발화점 위치만 기록하는 산불피해대장에 산불 분포에 대한 정보를 결합하여 그 활용성을 확대할 수 있을 것이다.

사사

본 특별호에 논문을 제출해 주신 저자분들께 감사드립니다. 본 특별호 발간을 위해 노력해주신 논문 심사위원분들과 대한원격탐사학회 편집이사 및 편집간사님께도 감사드립니다.

Referecnes

- 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 (in Korean with English Abstract).
- Choi, H., Y. Kang, J. Im, M. Shin, S. Park, and S.-M. Kim, 2020. Monitoring Ground-level SO₂ Concentrations Based on a Stacking Ensemble Approach Using Satellite Data and Numerical Models, *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(5-3): 1053-1066 (in Korean with English Abstract).
- Farkoushi, M. G., Y. Choi, S. Hong, J. Bae, and H.-G. Sohn, 2020. Automatic Change Detection Using Unsupervised Saliency Guided Method with UAV

- and Aerial Images, *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(5-3): 1067-1076 (in Korean with English Abstract).
- Han, D., Y. J. Kim, J. Im, S. Lee, Y. Lee, and H.-C. Kim, 2018. The estimation of arctic air temperature in summer based on machine learning approaches using IABP buoy and AMSR2 satellite data, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6-2): 1261-1272 (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).
- Jung, S., Y. J. Kim, S. Park, and J. Im, 2020. Prediction of Sea Surface Temperature and Detection of Ocean Heat Wave in the South Sea of Korea Using Time-series Deep-learning Approaches, *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(5-3): 1077-1093 (in Korean with English Abstract).
- Kang, H., J. Park, J. Yang, W. Choi, D. Kim, and H. Lee, 2019. Uncertainties of SO₂ Vertical Column Density Retrieval from Ground-based Hyper-spectral UV Sensor Based on Direct Sun Measurement Geometry, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(2): 289-298 (in Korean with English Abstract).
- Kim, H.-M., H. Yoon, S. Jang, and Y. Chung, 2017. Detection method of river floating debris using unmanned aerial vehicle and multispectral sensors, *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(5-1): 537-546 (in Korean with English Abstract).
- 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).
- 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 (in Korean with English Abstract).
- Kim, S.-M., J. Yoon, K.-J. Moon, D.-R. Kim, J.-H. Koo, M. Choi, K. N. Kim, and Y. G. Lee, 2018a. Empirical estimation and diurnal patterns of surface PM 2.5 concentration in Seoul using GOCI AOD, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(3): 451-463 (in Korean with English Abstract).
- Kim, T., and J. Choi, 2020. The Method of Linking Fire Survey Data with Satellite Image-based Fire Data, *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(5-3): 1125-1137 (in Korean with English Abstract).
- Kim, Y., G.-H. Kwak, K.-D. Lee, S.-I. Na, C.-W. Park, and N.-W. Park, 2018b. Performance evaluation of machine learning and deep learning algorithms in crop classification: Impact of hyper-parameters and training sample size, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(5): 811-827 (in Korean with English Abstract).
- Kwak, G.-H., M.-G. Park, C.-W. Park, K.-D. Lee, S.-I. Na, H.-Y. Ahn, and N.-W. Park, 2019. Combining 2D CNN and bidirectional LSTM to consider spatio-temporal features in crop classification, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(5-1): 681-692 (in Korean with English Abstract).
- Lee, J., C. Yoo, J. Im, Y. Shin, and D. Cho, 2020. Multi-task Learning Based Tropical Cyclone Intensity Monitoring and Forecasting through Fusion of Geostationary Satellite Data and Numerical Forecasting Model Output, *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(5-3): 1037-1051 (in Korean with English Abstract).
- Lee, S., S.-J. Park, G. Baek, H. Kim, and C.-W. Lee, 2019. Detection of damaged pine tree by the pine wilt disease using UAV Image, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(3): 359-373 (in Korean with English Abstract).
- Park, S., Y. Choi, J. Bae, S. Hong, and H.-G. Sohn, 2020. Three-Dimensional Positional Accuracy Analysis of UAV Imagery Using Ground Control Points Acquired from Multisource Geospatial Data, *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(5-3):

- 1013-1025 (in Korean with English Abstract).
- Seo, J., J. Yoon, G.-H. Choo, D.-r. Kim, and D.-W. Lee, 2020. Long-term Trend Analysis of NOx and SOx over in East Asia Using OMI Satellite Data and National Emission Inventories (2005-2015), *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(2-1): 121-137 (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).
- Sim, S., W. Kim, J. Lee, Y. Kang, J. Im, C. Kwon, and S. Kim, 2020. Wildfire Severity Mapping Using Sentinel Satellite Data Based on Machine Learning Approaches, *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(5-3): 1109-1123 (in Korean with English Abstract).
- Song, A., and Y. Kim, 2017. Deep learning-based hyperspectral image classification with application to environmental geographic information systems, *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(6-2): 1061-1073 (in Korean with English Abstract).
- Won, M., K. Jang, S. Yoon, and H. 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).
- 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).