

# LiDAR 및 Radar 데이터를 활용한 유실토 복원에 관한 비교 분석 연구

송제호\*, 이영우\*\*

\*전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학)

\*\*전북대학교 IT응용시스템공학과

e-mail:songjh@jbnu.ac.kr

## A Comparative Analysis Study on the Restoration of Lost Soil Using LiDAR and Radar Data

Je-Ho Song\*, Young-Woo Lee\*\*

\*Dept. of Convergence Technology Engineering(IT Applied System Engineering), Jeonbuk National University

\*\*Dept. of IT Applied System Engineering, Jeonbuk National University

### 요약

본 논문에서는 최근 발생하는 자연재난 증가로 인해 유실토 발생 지역에 대한 센서데이터의 활용으로 유실토 복원에 관한 비교 분석 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 LiDAR, Radar 및 영상 기반 데이터를 통합적으로 구축하고, 이를 기반으로 유실토 복원 결과의 정확도와 활용성을 비교·평가하는 정보를 제공한다. 본 시스템은 재난 현장에서 지형 복원과 체적 분석의 신뢰성을 향상시키며, 향후 재해 대응 및 복구 의사결정 지원에 활용될 것으로 기대된다.

변화 분석 알고리즘을 적용하여 정확도와 실용성을 평가한다. 궁극적으로는 재난 현장에서 활용 가능한 유실토 복원 절차를 제안하고, 향후 정밀 공간정보 기반 재해 대응 기술의 기초 자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

## 1. 서론

최근 집중호우, 산사태, 지반 붕괴와 같은 자연재난의 증가로 인해 유실토 발생 지역에 대한 신속하고 정밀한 복원 기술의 중요성이 점차 증대되고 있다. 유실토는 단순한 토사 유실에 그치지 않고 지형 변화, 구조물 안정성 저하, 2차 붕괴 위험 등 다양한 재해 요인으로 이어질 수 있으므로, 피해 규모를 정량적으로 분석하고 복구 계획을 수립할 수 있는 기술적 기반이 요구된다. 그러나 기존의 현장 조사 방식은 작업자의 경험과 제한된 측정 장비에 의존하는 경우가 많아, 넓은 지역이나 접근이 어려운 재난 현장에서 정밀한 복원 정보를 확보하는 데 한계가 있다.

이러한 한계를 극복하기 위해 최근에는 LiDAR, Radar, UAV 영상 등 다양한 센서데이터를 활용한 3차원 지형 복원 기술이 주목받고 있다. 각 센서는 데이터 취득 방식과 해상도, 환경 적응성, 노이즈 특성에서 차이를 가지며, 이에 따라 유실토 복원 결과와 체적 산정 성능 또한 달라질 수 있다. 따라서 센서별 특성과 복원 정확도를 체계적으로 비교·분석하는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 센서데이터를 활용한 유실토 복원 방법을 비교 분석하고, 각 데이터의 특성에 적합한 복원 및 변화 탐지 절차를 적용하여 활용 가능성을 검토하고자 한다. 이를 위해 LiDAR, Radar, UAV 영상 데이터를 기반으로 지형을 복원하고, 정합 및

## 2. 본론

본 연구에서 제안하는 유실토 복원 비교 분석 절차는 데이터 취득 단계, 3차원 지형 복원 단계, 정합 및 변화 탐지 단계, 정확도 평가 단계로 구성된다.

먼저 데이터 취득 단계에서는 LiDAR, Radar, UAV 영상과 같은 다중 센서를 활용하여 대상 지역의 지형 정보를 수집하고자 한다. LiDAR는 고밀도 점군 데이터를 제공함으로써 지표면 형상과 경사 변화를 정밀하게 표현할 수 있으며, Radar는 조도나 기상 조건의 영향을 상대적으로 적게 받아 재난 환경에서의 관측 가능성을 높일 수 있다. 또한 UAV 영상은 비교적 저비용으로 넓은 지역을 빠르게 촬영할 수 있어 현장 적용성이 높다는 장점을 가진다. 그러나 각 센서는 데이터 밀도, 분해능, 잡음 및 음영 영역 발생 특성에서 차이를 가지므로, 동일 대상지에 대해서도 복원 결과가 상이하게 나타날 가능성이 있다. 이에 따라 본 연구에서는 UAV 데이터 취득 과정에서 드론의 비행 고도를 70 m, 100 m, 130 m로 달리 설정하고, 일정한 데이터를 얻기 위해 비행 속도는 동일한 조건으로 유지한 상태에서 데이터를 획득하여 고도

변화에 따른 데이터 특성과 복원 결과의 차이를 비교·분석하고자 한다. 이를 통해 비행 조건 변화가 유실토 복원 정확도와 체적 분석 결과에 미치는 영향을 함께 검토할 계획이다.

다음으로 3차원 지형 복원 단계에서는 센서별 데이터 유형에 적합한 복원 기법을 적용하고자 한다. UAV 영상의 경우 SfM(Structure from Motion) 기반 기법을 적용하여 다중 영상으로부터 3차원 점군과 표면 모델을 생성하며, LiDAR와 Radar 데이터는 전처리 과정을 거쳐 지표면 중심의 점군 또는 표고 자료로 변환할 계획이다. 이후 서로 다른 시점 혹은 센서 간 비교를 위해 ICP(Iterative Closest Point) 기반 정합 절차를 수행함으로써 좌표계 차이와 위치 오차를 최소화하고자 한다.[1]

변화 탐지 및 유실토 복원 비교 단계에서는 DoD(Difference of DEM)와 M3C2(Multiscale Model to Model Cloud Comparison) 알고리즘을 활용할 계획이다. DoD는 시점별 수치표고모델 간 차분을 통해 침식 및 퇴적량을 정량적으로 산정하는 방법으로, 체적 변화 분석에 효과적이다. 반면 M3C2는 점군 자체를 직접 비교하여 복잡한 사면 구조나 불규칙 지형에서도 보다 안정적으로 변화량을 추정할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 향후 이들 알고리즘을 적용하여 센서별 복원 결과가 유실토의 공간적 분포와 체적 산정에 어떠한 차이를 보이는지 비교·분석하고자 한다.[2][3][4]

따라 적합한 센서와 알고리즘 조합을 선택하기 위한 기준을 마련하고자 한다.[6]

### 3. 결론

본 논문에서는 센서데이터를 활용한 유실토 복원 방법을 비교 분석하기 위하여 LiDAR, Radar, UAV 영상 데이터를 기반으로 한 지형 복원 및 변화 탐지 절차를 제안한다. 특히 각 센서의 데이터 취득 특성과 처리 방법에 따른 복원 결과의 차이를 체계적으로 비교함으로써, 유실토 체적 및 공간 분포를 보다 정확하게 추정하는 데 적합한 센서 기반 복원 방식을 도출하고자 한다. 이를 통해 재난 현장에서 요구되는 복원 정확도와 활용성을 고려할 때, 어떠한 센서 또는 센서 조합이 유실토 복원에 효과적인지 판단할 수 있는 기준을 마련하는 것을 본 연구의 핵심 목적으로 설정하였다.

제안한 방법은 재난 현장에서 접근이 제한되는 지역의 지형 변화를 정량적으로 분석하고, 유실토의 공간적 분포와 체적 변화를 보다 체계적으로 파악할 수 있는 기반을 제공한다. 특히 SfM, ICP, DoD, M3C2와 같은 알고리즘을 적용함으로써 단순한 시각적 비교를 넘어 정량적 비교 분석이 가능하도록 하였으며, 센서별 장단점과 적용 조건을 명확히 도출할 수 있도록 하였다.

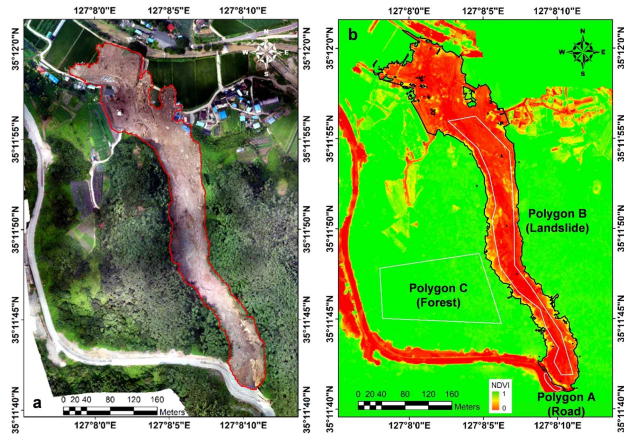
향후에는 실제 재난 지역 또는 시험 대상지를 기반으로 실측 데이터를 확보하고, 정확도 향상을 위해 센서 융합 기반의 복원 기법을 추가적으로 적용하고자 한다. 또한 다양한 지형 조건과 환경 변화에 따른 알고리즘 성능 차이를 분석함으로써, 유실토 복원 기술의 현장 적용성과 신뢰성을 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 재난 대응 및 복구 계획 수립을 위한 정밀 공간정보 활용의 기초 자료로 활용될 수 있으며, 향후 재해 관리 분야에서의 센서 기반 지형 복원 연구 확장에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.[7,8]

### 참고문헌

[1] Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., and Reynolds, J. M., "Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications," *Geomorphology*, vol. 179, pp. 300–314, 2012.

[2] Besl, P. J. and McKay, N. D., "A Method for Registration of 3-D Shapes," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 14, no. 2, pp. 239–256, 1992.

[3] Wheaton, J. M., Brasington, J., Darby, S. E., and Sear, D. A., "Accounting for uncertainty in DEMs from repeat topographic surveys: Improved sediment



[그림 1] LiDAR로 획득한 산사태 후 지형변화 데이터 예시 정확도 평가 단계에서는 향후 복원된 지형 모델의 위치 정확도, 표면 재현성, 체적 산정 오차, 현장 적용성을 중심으로 분석을 수행할 예정이다. 위치 정확도는 기준점 또는 기준 모델과의 편차를 통해 평가하고, 표면 재현성은 경사면, 붕괴면, 침식 경계 등 주요 지형 요소가 얼마나 실제와 유사하게 표현되는지를 검토하고자 한다. 또한 체적 산정 결과를 비교하여 센서별 유실토 추정 성능을 분석하며, 데이터 취득 시간, 장비 운용성, 환경 제약 요소를 종합적으로 고려하여 실제 재난 대응 환경에서의 활용 가능성을 평가할 계획이다.[5]

이와 같은 비교 분석을 통해 단일 센서 기반 복원의 한계와 다중 센서 융합의 필요성을 검토할 수 있으며, 유실토 복원 목적에

- budgets,” *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 35, no. 2, pp. 136–156, 2010.
- [4] Lague, D., Brodu, N., and Leroux, J., “Accurate 3D comparison of complex topography with terrestrial laser scanner: Application to the Rangitikei canyon (N–Z),” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 82, pp. 10–26, 2013.
- [5] Choi, S.–K., Kim, J., Choi, Y., and Kim, M., “Acquisition of high–resolution topographic information in forest environments using integrated UAV–LiDAR system: System development and field demonstration,” *Heliyon*, vol. 9, no. 9, e19932, 2023.
- [6] Choi, S.–K., Ramirez, R. A., Lim, H.–H., and Kwon, T.–H., “Multi–source remote sensing–based landslide investigation: The case of the August 7, 2020, Gokseong landslide in South Korea,” *Scientific Reports*, vol. 14, article 12048, 2024.
- [7] Alexiou, S., Papanikolaou, I., Schneiderwind, S., Kehrlé, V., and Reicherter, K., “Monitoring and Quantifying Soil Erosion and Sedimentation Rates in Centimeter Accuracy Using UAV–Photogrammetry, GNSS, and t–LiDAR in a Post–Fire Setting,” *Remote Sensing*, vol. 16, no. 5, article 802, 2024.
- [8] Chen, B., Li, Z., et al., “Applications of UAV in landslide research: A review,” *Landslides*, 2025

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국산  
업기술진흥협회가 지원하는 "계약정원제 활용 사업"의 수  
행 결과임.