

출장 결과 보고서

기 간: 2026. 05. 12. ~ 2026. 05.16

출장지: 일본(마쓰에시)

출장자: 최경아, 임룡혁, 노승민

I. 출장개요

1. 출 장 지: 일본 마쓰에
2. 출장기간: 2026. 05. 12. (화) ~ 2026. 05. 16. (토)
3. 출 장 자

소속	직급	성명
국토연구원	부연구위원(PM)	최경아
국토연구원	연구원	임룡혁
국토연구원	연구원	노승민

4. 출장목적

- RSSJ 주관 국제학술대회인 ISRS(International Symposium on Remote Sensing)에 참석하여 최신 원격탐사 기술 및 공간정보 분야의 연구 동향을 파악
- “A Framework for Quality Classification and Enhancement of MMS Image Data” 의 제목으로 연구성과 발표
- “Automated Measurement of Intensity Quality in MMS LiDAR Data” 의 제목으로 연구성과 발표

5. 일정표

일정 (요일)	출발지	도착지	업무수행내용
5월 12일 (화)	인천	마쓰에시	(오후) (12:00) 인천 출발(GMT+9:00) (오후) (13:40) 히로시마 도착(GMT+9:00) - 히로시마-마쓰에시 이동
5월 13일 (수)			- ISRS 2026 등록 및 Technical Program 참석 - AI 기반 공간정보 분석 세션 참석 - A Framework for Quality Classification and Enhancement of MMS Image Data 논문 발표
5월 14일 (목)			- ISRS 2026 Technical Program 참석 - 지구 관측을 위한 AI 및 3D 매핑 세션 참석 - Automated Measurement of Intensity Quality in MMS LiDAR Data 논문 발표
5월 15일 (금)			- ISRS 2026 Technical Program 참석 - 영상 전처리, 변화탐지, 품질 평가 등 영상 분석 세션 참석
5월 16일 (토)	마쓰에시	인천	- 마쓰에시-히로시마 이동 (오후) (14:40) 히로시마 출발(GMT+9:00) (오후) (16:20) 인천 도착(GMT+9:00)

II. 수행사항

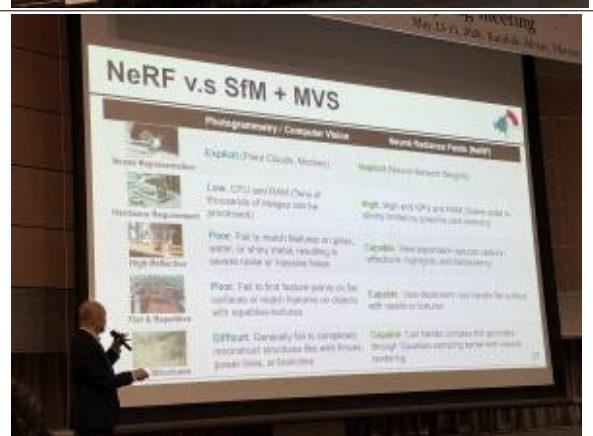
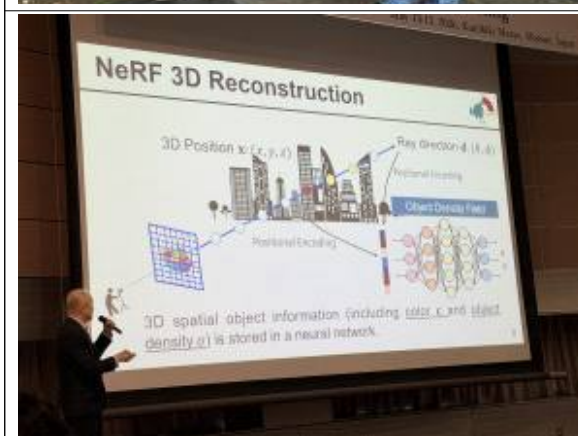
1. 학회 등록 및 Opening Ceremony

□ (時/所) '26. 05. 13. (수)

□ 학회등록

□ Photogrammetry / Computer Vision 기반 SfM+MVS와 Neural Radiance Fields(NeRF) 모델 비교

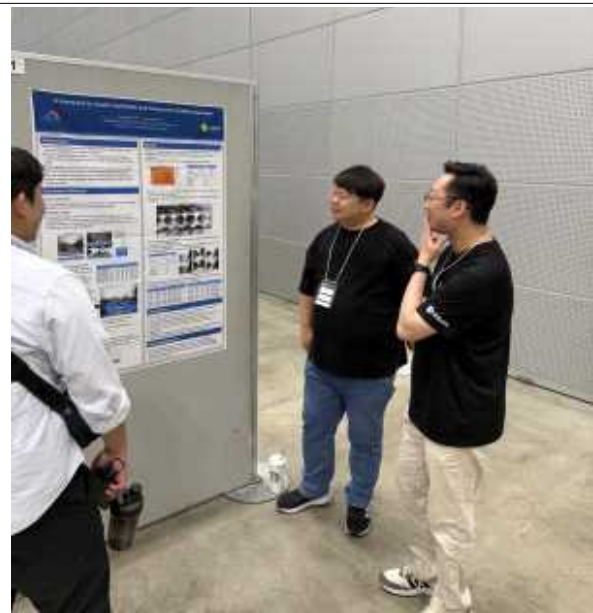
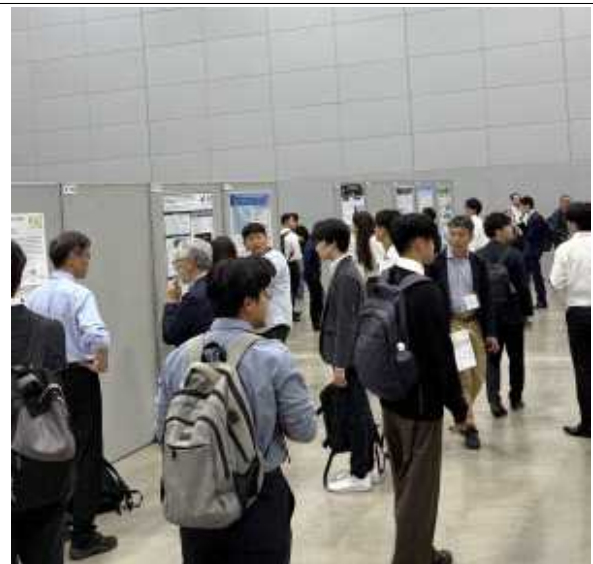
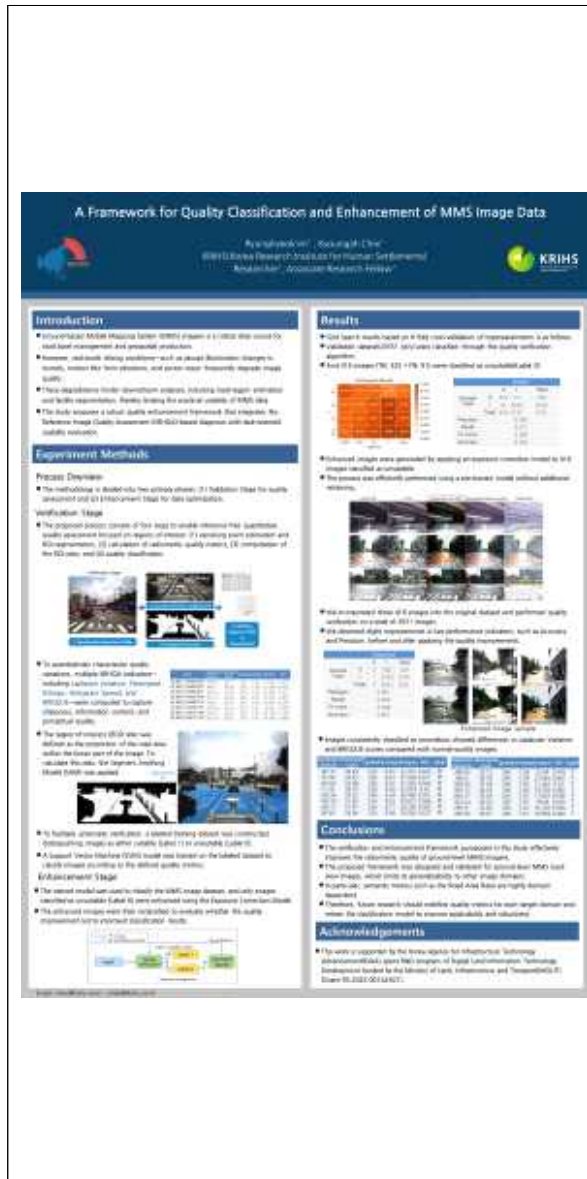
- 기하 정확도(Geometry Accuracy), 뷰 합성(View Synthesis), 소프트웨어 생태계(Software Ecosystem), 향후 전망(Future Prospects)으로 비교
- SfM + MVS는 GCPs와 UAV 항공영상을 통합할 경우 센티미터 수준의 절대 정확도를 달성 하지만 카메라가 촬영하지 않은 각도에서는 기하 정보가 누락되거나 텍스처가 늘어나는 문제가 발생
- NeRF는 AI 기반으로 관측되지 않은 시점에서도 매우 그럴듯한 텍스처와 기하 구조를 생성



□ Poster1

□ (時/所) '26. 05. 13. (수) 오후 13:00

□ A Framework for Quality Classification and Enhancement of MMS Image Data의 제목으로 포스터 발표



□ AI-Driven Geospatial Data Automation and Reconstruction

□ 개요

- QGIS workflow 자동화, 교량 point cloud의 CAD 재구성, 포트홀 탐지, 위성영상 초해상도, SAR-Optical 영상 복원
- 부족하거나 불완전한 공간데이터를 AI로 보완하고, 분석·탐지·재구성 과정을 자동화

□ 자연어 명령을 실행 가능한 QGIS/PyQGIS workflow로 변환하는 대화형 GeoAI Agent

- LLM 생성 스크립트는 레이어, 필드, CRS 등 QGIS 프로젝트별 상태 정보에 약해 오류와 수정이 자주 발생
- QGIS 프로젝트 정보를 JSON context로 구성하고, RAG를 통해 유사한 코드 예시를 검색하여 PyQGIS/Processing 코드 생성
- 실행 실패 시 오류 메시지와 실패 코드를 바탕으로 자동 수정하는 self-repair loop 적용
- QGIS 사용자가 복잡한 스크립팅 없이 자연어로 GIS·원격탐사 작업을 자동화할 수 있도록 지원함

□ 교량 포인트클라우드를 구조화된 CAD 모델로 자동 변환하는 Scan-to-CAD 프레임워크

- 기하학적 특징을 추출한 뒤 Random Forest 기반 semantic segmentation으로 교각, 거더, 데크 등 교량 부재를 분류
- 교량 유지관리, BIM 연계, 디지털 트윈 구축을 위한 자동화된 3D 구조 모델링 기반 기술로 활용 가능

□ YOLOv8을 활용한 포트홀 탐지 프레임워크

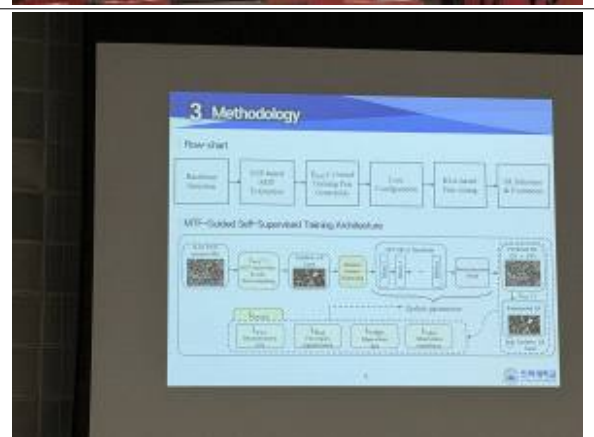
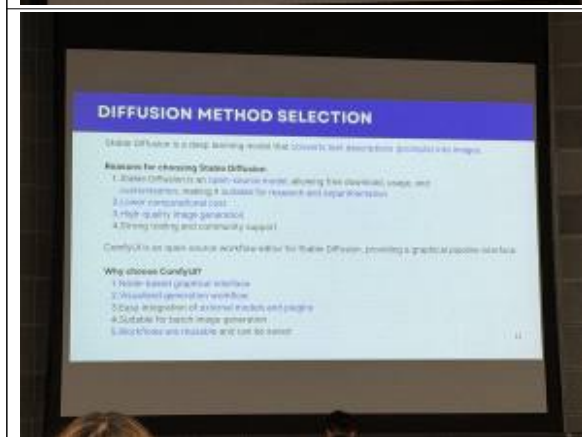
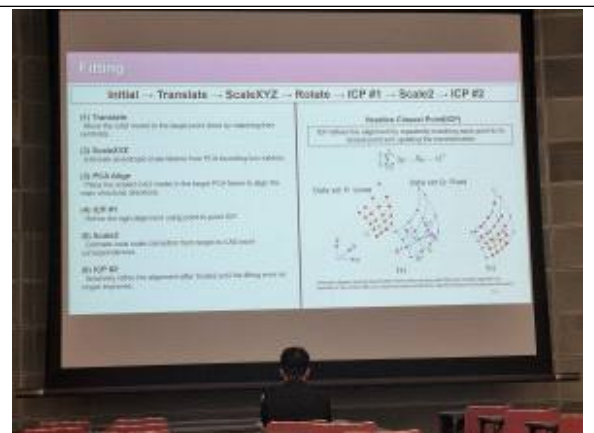
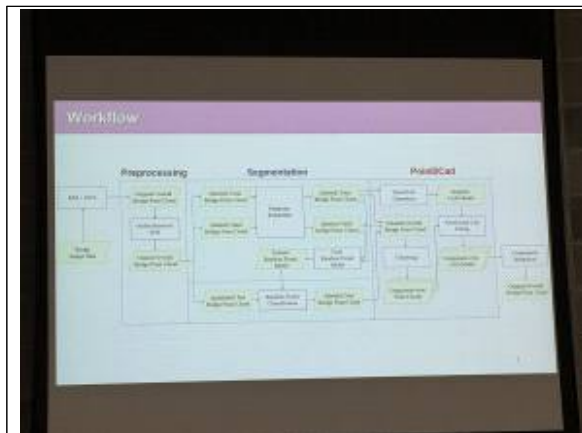
- 포트홀 탐지의 경우 데이터 수와 다양성이 부족해 모델이 과적합되거나 실제 환경에서 일반화 성능이 떨어지는 문제
- 도로 질감, 시점, 포트홀 형태가 다양한 합성 이미지를 생성
- 합성 데이터 증강을 통해 탐지 모델 성능 향상

□ physics-guided super-resolution(SR) 프레임워크

- KOMPSAT-3A의 MTF 기반 PSF, downsampling, Poisson-Gaussian noise를 활용해 실제 센서 열화를 모사한 학습 데이터를 생성
- 시각적 선명도와 물리적 타당성의 균형을 확보

□ 광학 위성영상 시계열을 다중시기 SAR 데이터와 LSTM을 활용해 복원하는 프레임워크

- 장마철 구름 영향으로 농업 원격탐사에서 Sentinel-2 광학영상의 시계열 공백이 자주 발생
- LSTM 기반으로 광학영상의 spectral value를 예측



- High-Precision Geospatial Data Construction through AI-Assisted Geometry, LiDAR, and UAV-Based Monitoring
- 단일 이미지에서 문, 창문, 환기구 등 건물 facade 세부 요소를 wireframe 형태로 자동 재구성하는 프레임워크
 - 기존 3D building wireframe 모델은 전체 구조는 포함하지만 세부 facade 요소가 누락되거나 수작업으로 제작되어 재현성과 완성도가 낮음
 - 단일 이미지 기반 복원의 불확실성을 고려하여 detection variance를 object-space 좌표로 전파하고, 재구성된 vertex의 위치 신뢰도를 정량화
- 고해상도 LiDAR DEM을 활용해 조류로(tidal creek)를 자동 추출하고 정량 평가하는 알고리즘
 - 저해상도 DEM 기반 자료는 좁고 복잡한 조류로의 가지 구조를 충분히 탐지하지 못함
 - 추출된 centerline을 기반으로 조류로의 밀도, 연결성, 폭, 깊이를 계산
- overlap 기반 extrapolation으로 pseudo GCP를 생성
 - 구름, 수역, 저대비 지표 등으로 일부 구간에서 실제 GCP를 확보하지 못하면 영상-지상 좌표 대응이 어려움
 - 실제 GCP가 부족한 구간에서도 안정적인 부분 기하보정 가능성
- depth estimation 기반 GCP 가중치 조정 방법
 - SuperPoint/LightGlue로 초기 matching point를 추출하고, LoFTR 및 grid 기반 pseudo GCP를 생성
 - depth map correlation이 높은 GCP에 더 큰 가중치를 부여하여 RPC를 추정함
- 갯벌 내 퇴적 특성과 미세지형의 공간적 관계 분석
 - 입도, TOC, AVS, 중금속 농도와 지형 변화를 분석
 - UAV-DEM의 미세 고도 차이와 표층 퇴적상 분포의 관계를 확인



□ GeoAI for Urban Risk, Environmental Exposure, and Disaster Resilience

□ 다중 출처 공간데이터를 통합하여 도시 화재위험 지역을 평가·구역화

- 인구 밀도, 아동 인구, 화재 신고·사고 기록, 주유소·창고, 전력시설, 토양수분, 건물 특성 등을 hexagonal tessellation 단위로 통합
- AHP 기반 가중치를 적용한 MCDA(Multi-Criteria Decision Analysis)로 통합 fire risk index를 산출
- 도시 화재 예방, 아동 안전 강화, 소방 대응 자원 배분, 예방 중심 도시계획을 위한 근거 기반 공간평가 자료를 제공

□ 고해상도 PM2.5 지도를 생성, 대기오염 노출이 낮은 경로 탐색

- 기존 내비게이션은 최단거리·최단시간을 우선하지만, 보행자와 자전거 이용자의 대기오염 노출 위험은 충분히 고려하지 못함
- 규제측정소 11개와 microsensor 2,000개 이상의 PM2.5 자료에 기상, 토지이용, 교통망 변수를 결합하고, RF로 센서 보정 후 XGBoost로 50m × 50m PM2.5 농도 지도 생성

□ 범죄예방 우선지역(CPTED 적용 지역)을 식별하기 위한 공간분석 및 의사결정 모델

- 공공장소 범죄자료, 인구분포, Sentinel 기반 NDVI, CCTV 위치 등을 64ha hexagonal grid로 통합하고, 13개 요인을 AHP로 가중 평가
- 도시 범죄예방 정책, CCTV 배치, 녹지 확충, CPTED 기반 공간개선 우선순위 설정을 위한 근거 자료를 제공

□ 동적 대피 상황을 모의하는 Agent-Based Evacuation Model

- 산불 확산에 따른 도로 차단·위험 증가·대피 경로 변화를 반영한 동적 대피
- agent별 출발 지연, 차량/보행 속도 차이, 우회 경로 선택, 대피소 수용 인원 제한, 도로 혼잡을 함께 고려



- Automated Measurement of Intensity Quality in MMS LiDAR Data**

Saengyeon Noh¹, Kyungsik Choi²
¹KRIHS (Korea Research Institute for Human Settlements)
²Researcher, Associate Research Fellow

Introduction

 - LiDAR acquisition errors occur due to measurement conditions. Inaccurate LiDAR data are getting attention as a major reflective impact of measuring data accuracy, provided that data reliability can be ensured.
 - In this paper, intensity quality is treated as an important factor in quality assessment. However, it is difficult to measure intensity quality through subjective and labor-intensive visual inspection.
 - This study presents an automated, quantitative framework for assessing the quality of intensity measurements in large-scale LiDAR systems.

Low Quality Definition

Road surface markings generally consist of painted lines with high reflectance and asphalt pavement surfaces with relatively low reflectance.

This study evaluates street quality by examining the separability of intensity distributions between road surface markings and asphalt surfaces.

A higher degree of separability indicates intensity data that are more suitable for road surface mapping. Therefore, we define separability between the distributions as a quantitative indicator for quality evaluation.

Methodologies

1. Road surface marking extraction

 - The buffer was applied to each road surface marking object to define an ROI. This indicates not only the marking area but also the surrounding asphalt pavement surface.
 - Due to the irregular spatial coverage of MMS data, points outside the buffer zone may be included in the ROI, while some areas may exhibit low point density or missing data. Such ROI may not adequately represent the overall intensity characteristics of the dataset and may lead to a biased or underestimated assessment of intensity quality.
 - To reduce the influence of these considerations, we used the intensity values of only the points within the ROI. In addition, ROI points were excluded from the analysis when more than 10% of laser calls were empty after exclusion.

2. Data quality assessment

Intensity quality is assessed by comparing the intensity distribution of road surface markings and asphalt pavement surfaces. The intensity distribution of road surface markings is expected to be bimodal, while the intensity distribution of asphalt pavement surfaces is expected to be unimodal.

3. Data quality assessment

Intensity quality is assessed by comparing the intensity distribution of road surface markings and asphalt pavement surfaces. The intensity distribution of road surface markings is expected to be bimodal, while the intensity distribution of asphalt pavement surfaces is expected to be unimodal.

Results

Intensity quality was assessed using the proposed method. The results show that the proposed method can effectively assess the intensity quality of MMS data.

Conclusion

The results indicate that the proposed method is an effective method for assessing the intensity quality of MMS data. The proposed method can be applied to various MMS data for road surface mapping.

	Original	Proposed	Difference
Mean (std)	0.05 (0.01)	0.05 (0.01)	0.00 (0.00)
Median (std)	0.05 (0.01)	0.05 (0.01)	0.00 (0.00)
Mode (std)	0.05 (0.01)	0.05 (0.01)	0.00 (0.00)
Std deviation	0.01 (0.00)	0.01 (0.00)	0.00 (0.00)

- Algorithm-S2 Precision Image Processing for Remote Sensing and Photogrammetry
- 위성영상과 항공영상 간의 도메인 차이를 고려하여 GCP chip 매칭을 안정적으로 수행
 - 위성영상과 항공영상은 센서, 해상도, 방사 특성이 달라 기존 매칭 기법으로 정확한 correspondence를 찾기 어려움
 - SIFT-LightGlue로 초기 keypoint를 추출하고, A2A 및 S2A image pair를 생성한 뒤 residual U-Net 기반 모델로 dense similarity map을 예측
- LoG 기반 sub-pixel edge detection과 물리 보정 모델을 결합한 영상 기반 수위 측정 방법
 - 강우량계 수위는 mm 또는 sub-mm 수준의 정확도가 필요하지만, 일반 영상 기반 측정은 GSD, 시차, 굴절, 표면장력 등의 영향으로 정밀도 확보가 어려움
 - pixel-level edge detection의 한계를 넘어 연속 좌표 기반의 정밀 경계 추출을 수행
- PSInSAR 분석에서 안정적인 변위 측정을 위해 Persistent Scatterer Candidate(PSC) 선별 방법을 비교·평가
 - SLC 영상의 no filtering, Kuan, Frost, Gamma-MAP, multi-temporal median filtering을 비교
 - ADI, mean amplitude, rASI 등 stability index를 생성하고, threshold 방식별 PSC 개수, 보존율, 통계값, histogram, 공간분포를 정량 비교
- 사진측량 기반 point cloud를 단순화할 때 색상·텍스처 등 radiometric feature를 보존하기 위한 Graph Laplacian 기반 특징 식별 방법
 - point cloud를 graph로 구성하고, 각 point의 색상 정보를 node attribute로, 인접 point 간 유클리드 거리를 edge weight로 사용하여 색상 변화 중요도를 계산
 - 고압축률의 point cloud 단순화 과정에서도 시각적·의미적 정보를 보존



- GeoAI for Remote Sensing, Urban Spatial Analysis, and Applications
- Applicability Analysis of Monocular Depth Estimation Models for 3D Information Inference from Remote Sensing Imagery
 - 기존 3D 정보 생성은 다중시점 영상과 사진측량 처리가 필요하지만, MDE는 단일 영상만으로 3D 구조를 추론할 수 있어 효율적
 - Depth Anything V2와 UniDepth V2를 UAV, 항공, 위성영상에 적용하여 상대 depth와 절대 depth 추정 성능을 비교
- Improving Visual SLAM Robustness in Low-Light Environments via Image Enhancement Techniques
 - 저조도·야간 환경에서 Visual SLAM의 성능 저하 문제를 해결하기 위해 image enhancement 기법을 적용한 VSLAM 성능 개선 가능성을 평가
 - 야간 원본 영상의 경로 완료율은 5%였지만, EnlightenGAN 적용 후 70%까지 향상되었으며 추적 거리도 증가
- A GIS-Based Multi-Objective Optimization Framework for Age-Sensitive Pedestrian Route Choice
 - 고령자의 보행 특성을 반영하여 거리·시간뿐 아니라 안전성, 보행환경, 경사, 환경 쾌적성을 함께 고려하는 보행 경로 최적화 프레임워크 제안
 - 약간 더 긴 경로라도 위험 노출을 줄이고 보행환경 질을 높일 수 있음을 보여주며, 고령친화적 보행 네트워크 설계와 캠퍼스·도시 이동성 계획에 활용 가능
- Pan-Sharpening of KOMPSAT-3A Multispectral Images Using a Transformer-based Super-Resolution Model
 - KOMPSAT-3A 다중분광영상의 공간해상도를 향상하기 위해 Transformer 기반 pan-sharpening / super-resolution 모델 제안
 - 기존 CS 기반 방법보다 spatial distortion를 약 64% 줄이고 spectral distortion도 소폭 감소시켜, 공간 선명도와 분광 보존성 간 trade-off를 완화



3. ISRS Day 3

□ (時/所) '26. 05. 15. (금)

□ Infrastructure Monitoring in South Korea Using Time Series InSAR: Insights from the K-GMS Platform

□ Sentinel-1 기반 K-GMS를 활용한 전국 단위 지반변위 모니터링 및 교통 인프라 위험 탐지 체계 제시

- 국내 도심지에서 싱크홀과 지반침하 발생이 증가하고 있으며, 지하공사와 노후 지하시설물로 인해 도로·철도 등 교통 인프라의 안전성 저하 위험이 커지고 있음
- K-GMS는 시계열 InSAR 처리를 통해 약 $30 \times 30\text{m}$ 해상도의 전국 지반변위 지도를 mm 수준 정확도로 생성하고, GNSS 관측을 활용해 결과를 검증
- 터널 및 철도 구간 등 주요 교통 인프라를 대상으로 초기 지반변위 탐지 가능성을 사례 분석을 통해 제시
- 지속적인 지반 안정성 평가와 장기 침하 위험지역 식별을 통해 선제적 유지관리 및 지반재해 위험 저감에 활용 가능성



□ A Geometry-Driven Topology Restoration and Semantic Decoupling Framework for Normalizing OSM-Derived OpenDRIVE Data in Early-Stage Autonomous Vehicle Testing

□ OSM 기반 OpenDRIVE 데이터를 SUMO-CARLA 공동 시뮬레이션에 안정적으로 적용하기 위한 다단계 정규화 프레임워크 제안

- OSM 유래 XODR 데이터는 위상 불일치, 교통 의미 정보 충돌, 좌표계 불일치 등으로 인해 지도 파싱 오류와 차량 초기화 실패가 발생하는 한계가 있음
- 기하 기반 위상 복원을 통해 단절된 차선 연결성을 재구성하고, 경계 검증을 통해 실제 지도 경계와 구조적 오류를 구분

- 모호한 교통 제어 정보를 제거하는 의미 정보 분리와 좌표 오프셋 보정을 통해 SUMO-CARLA 간 공간 정합성을 확보
- 실험 결과 지도 파싱 오류와 차량 스폰 이상을 안정적으로 해결하여, 고정밀 지도 없이도 AV 테스트 및 디지털 트윈 초기 프로토타이핑에 활용 가능성

