

GEOAI DATA 지구의 DATA

데이터로 지구를 이해하고, GeoAI로 내일을 만듭니다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)

장소. 파르나스호텔제주

주최.  **대한지오에이아이데이터학회**

주관.  **국립생태원**
NATIONAL INSTITUTE OF ECOLOGY

 **국립환경과학원**

 **KOPRI**
국지연구소

 **KIGAM**
한국지질자원연구원

 **KIMRI**
한국화학연구원

 **KIOST**
한국해양과학기술원

 **KEI**
한국환경연구원
Korea Environment Institute

후원.  **UST21**  **GEOSTORY**
(주)지오스토리

 **한화오션**
Hanwha Ocean

 **AMP**
AIR MOBILITY PLATFORM

GEOAI DATA 지구의 DATA

데이터로 지구를 이해하고, GeoAI로 내일을 만듭니다.

(사)GeoAI데이터학회
2026년 추계학술대회



CONTENTS

01. 초대의 글	3	04. Program at a Glance	6
02. 위원회	4	05. 발표 일정	8
03. Floor Plan	5	06. 후원사 및 주관 기관	33

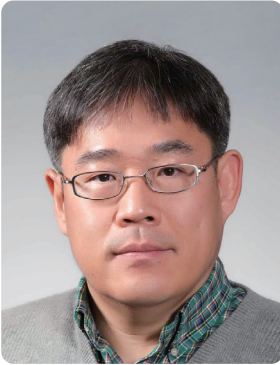


추계학술대회 바로가기

<https://gaidas-conference.org>

※ 본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥기금으로 추진되어 사회적 가치 실현과 국가 과학기술 발전에 기여합니다.

※ This work is supported by the 'Lottery Fund' of the 'Ministry of Strategy and Finance' and the 'Science and Technology Promotion Fund' of the 'Ministry of Science and ICT', contributing to the realization of social value and the development of national science and technology.



존경하는 GeoAI데이터학회 회원 여러분, 그리고 산·학·연 관계자 여러분,

안녕하십니까? 깊어가는 가을, 지구를 이해하는 지혜와 새로운 연구의 가능성을 나누는 자리에 여러분을 초대합니다.

「2026년 (사)GeoAI데이터학회 추계학술대회」가 오는 11월 3일(화)부터 6일(금)까지 파르나스호텔 제주에서 개최됩니다. 각자의 연구와 현장에서 학문과 기술의 발전을 위해 힘써 오신 여러분을 모시고, 그동안의 성과를 나누며 앞으로의 방향을 함께 논의하고자 합니다.

“데이터로 지구를 이해하고, GeoAI로 내일을 만듭니다.” 이번 학술대회에 담긴 이 메시지는 우리가 함께 추구해야 할 방향을 보여 줍니다. 지구의 변화를 관측하고 기록하는 데서 한 걸

음 더 나아가, 데이터에 담긴 의미를 발견하고 이를 더 나은 미래를 위한 지식으로 이어 가자는 뜻입니다.

기후·환경 변화에 대응하고, 재난으로부터 안전한 사회를 만들며, 자원을 지속가능하게 관리하기 위해서는 새로운 인공지능 기술의 개발뿐 아니라 신뢰할 수 있는 데이터의 확보와 현상에 대한 깊이 있는 이해가 함께해야 합니다. 서로 다른 분야의 연구자들이 각자의 데이터와 분석 방법, 현장에서 얻은 경험을 공유할 때 우리 사회가 마주한 복잡한 문제에 새로운 해답을 찾을 수 있을 것입니다.

우리 학회는 지구과학·지구환경·지구공학 분야의 AI 데이터 공유와 활용을 통해 학문과 산업의 발전에 기여합니다. 이번 학술대회 역시 이러한 설립 취지를 바탕으로, 개별 연구의 성과를 나누는 것을 넘어 데이터의 품질과 신뢰성을 높이고 연구 결과의 재현성과 활용성을 확대하며, 학술적 성과를 산업과 정책으로 연결하는 방안을 함께 모색하는 자리가 되기를 바랍니다. 아울러 이번 학술대회가 전공과 소속, 세대를 넘어 자유롭게 질문하고 깊이 있게 토론하는 교류의 장이 되기를 기대합니다. 발표장에서 시작된 대화가 새로운 공동연구로 이어지고, 현장에서 제기된 문제와 아이디어가 새로운 연구의 출발점이 되기를 바랍니다.

특히 대학원생과 신진연구자 여러분을 따뜻하게 초대합니다. 여러분의 새로운 시각과 도전적인 질문은 우리 학회의 미래를 여는 소중한 힘입니다. 선배 연구자들의 경험과 젊은 연구자들의 창의적인 생각이 만나 서로 배우고 성장할 수 있도록, 학회도 세대와 분야를 잇는 교류의 기회를 넓혀 가겠습니다.

이번 학술대회에서는 국립부경대학교, 국립생태원, 국립환경과학원, 극지연구소, 부산대학교, 서울시립대학교, (주)유에스티 21, (주)지오스토리, (주)한화오션, 한국지질자원연구원, 한국항공우주연구원, 한국해양과학기술원, 한국환경연구원이 함께하는 특별세션이 마련됩니다. 다양한 기관에서 축적해 온 연구 성과와 현장의 경험이 공유되어 학문과 산업, 정책을 잇는 더욱 폭 넓은 논의가 이루어지기를 기대합니다. 아울러 광고로 학술대회를 후원해 주신 (주)지오스토리, 전시 부스에 참여해 주시는 (주)에이엠피 외 후원 회원사분들께 감사의 말씀을 전합니다.

추계학술대회가 성공적으로 개최될 수 있도록 늘 도움 주시는 부문의장님들께 감사 드립니다. 추계학술대회를 성심껏 준비해주신 총무위원회 김근용 위원장님을 비롯한 박선영, 이태희, 이한림, 한수연, 한유경 총무위원님들께 감사의 인사를 드립니다. 또한, 추계학술대회를 물심양면으로 준비해주신 염종민 준비위원장님과 손영백 기술위원장님, 김수진 사무국장님, 그리고 모든 조직위원님, 준비위원님, 기술위원님들께 감사의 인사를 드립니다. 또한, 후원을 아끼지 않으시는 기관 및 기업체 관계자분들께도 감사의 인사를 드립니다.

제주에서의 만남이 연구의 시야를 넓히고 동료와의 신뢰를 더욱 깊게 하는 뜻깊은 시간이 되기를 바랍니다. 여러분의 참여와 활발한 토론이 이번 학술대회를 더욱 풍성하게 만들어 줄 것입니다. 데이터로 지구를 이해하고 GeoAI로 내일을 만들어 가는 여정에 여러분께서 함께해 주시기를 부탁드립니다.

제주에서 반갑게 뵈겠습니다.

감사합니다.

이 사 례

(사)GeoAI데이터학회 회장



조직위원회

위원장	이사로[한국지질자원연구원] 주형태[한국해양과학기술원]	김현철[극지연구소] 한종규[한국지질자원연구원]	이광재[한국항공우주연구원]	이승국[부경대학교]
부위원장	김근용[한국해양과학기술원] 한수연[한국지질자원연구원]	박선영[서울과학기술대학교] 한유경[서울과학기술대학교]	이태희[한국해양과학기술원 제주연구소]	이한림[부경대학교]
위원	고진우[국방과학연구소] 김기동[국립생태원] 김원국[부산대학교] 송사광[한국과학기술정보연구원] 이명진[한국환경연구원] 이홍진[한국지질자원연구원] 정진아[경북대학교] 최재완[충북대학교]	구형모[서울시립대학교] 김동영[㈜메이서] 김장욱[㈜올포랜드] 위광재[㈜지오스토리] 이주한[극지연구소] 임은성[㈜아세아항측] 정진용[한국해양과학기술원] 최종국[한국해양과학기술원]	김국진[㈜유에스티21] 김연희[기상청] 박계순[한국지질자원연구원] 유재형[충남대학교] 이진환[㈜해양기술ENG] 임정호[울산과학기술원] 채규열[㈜마인드포지] 한경수[부경대학교]	김근한[한국환경연구원] 김영필[㈜선영종합엔지니어링] 박노욱[인하대학교] 윤병현[㈜지오포커스] 이창욱[강원대학교] 임형창[㈜웨이버스] 최일훈[㈜지오스토리] 홍상훈[부산대학교]

준비위원회

위원장	염종민[전북대학교]		
부위원장	오한[한국항공우주연구원]		
위원	이경상[한국해양과학기술원] 윤동현[한국수자원공사]	이윤곤[충남대학교]	우한별[국립산림과학원] 정용식[극지연구소]

기술위원회

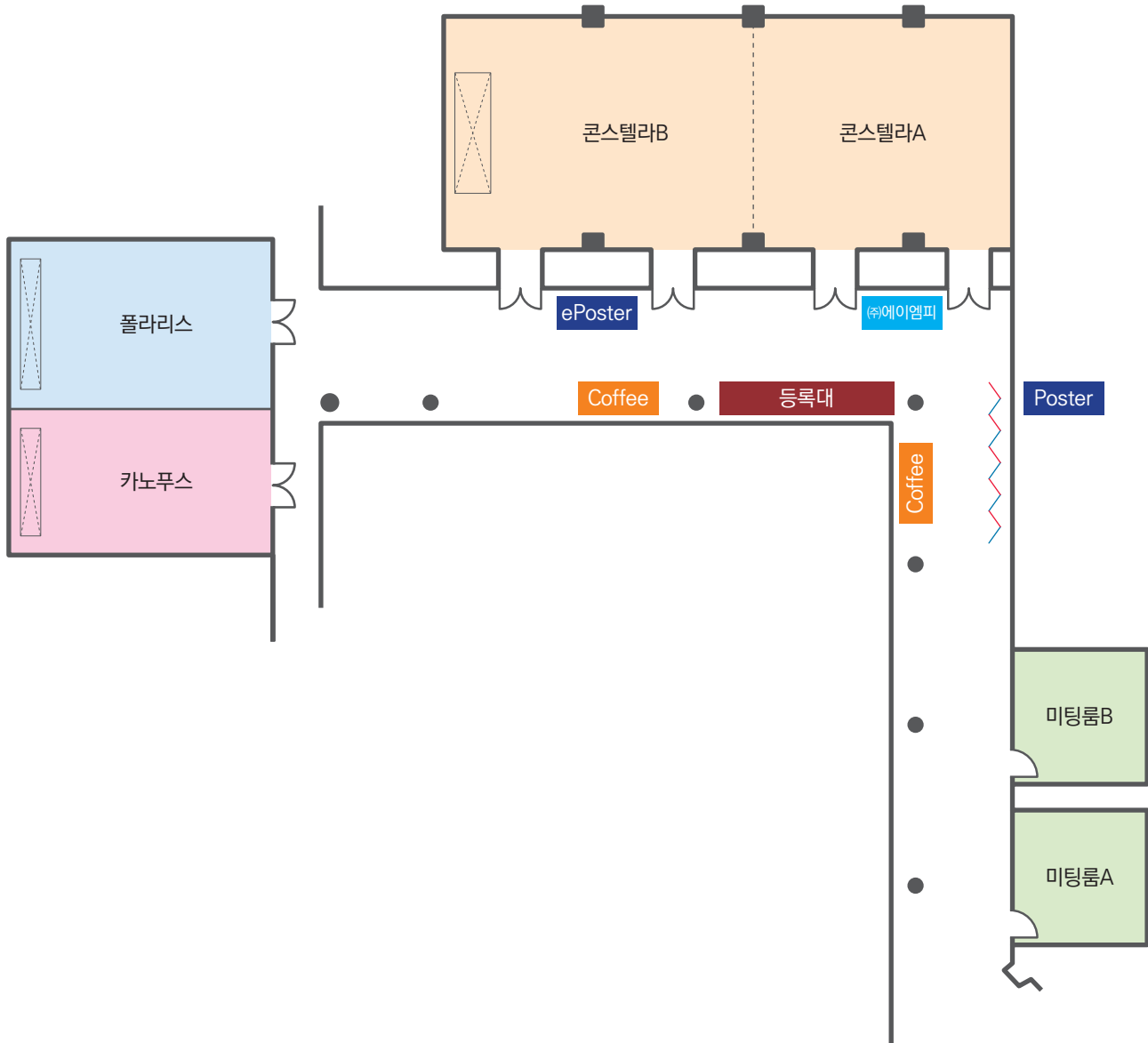
위원장	손영백[한국해양과학기술원]		
부위원장	최선경[한국해양과학기술원]		
위원	지준화[부경대학교] 하선용[극지연구소]	정한철[연세대학교] 이원진[국립환경과학원]	조영현[부산대학교] 이승재[한국항공우주연구원]



파르나스호텔제주

서관(WEST) 3층

※ 호텔 로비에서 엘리베이터나 계단을 이용하여 이동





11월 3일(화)

튜토리얼세션	파르나스호텔제주 콘스텔라홀	
12:30	등록자 확인	
13:00-13:30	텍스트 생성형 AI 이해	이론/실습
13:30-15:20	Claude Code와 Skill을 통한 데이터 검증/분석/시각화 에이전트팀 만들기	실습
15:30-17:20	n8n을 통한 일정 관리 에이전트 만들기	실습
17:30-17:50	생성형 AI 한계점	이론

11월 4일(수)

파르나스제주	콘스텔라홀 A	콘스텔라홀 B	플라리스홀	카노푸스홀	미팅룸 B	미팅룸 A
10:30-12:00 90'	한국지질자원연구원 ASEAN 희토류 광물 데이터 구축 워크숍		한국지질자원연구원 지질재해 분야 GeoAI 활용 전문가 세미나 (Closed)	한국해양과학기술원 ODA 정책 변화 및 사업관리 전략 (Closed)	한국지질자원연구원 우즈베키스탄 지질자원 데이터 구축 가이드라인 회의 (Closed)	개회식 대기실
12:00	Registration					
13:00-14:30	개회식 13:00-13:05 개회사 - 이사로 [(사)GeoAI데이터학회 회장] 13:05-13:25 시상식 - 공로상, 기술상, 학술상 13:25-14:25 「우리는 왜 과학을 이야기해야 하는가 - 연구가 세상과 만나는 순간」 - 항성 [과학커뮤니케이터] 14:25-14:30 학술대회 안내					
14:30-15:00 30'	☕ Coffee Break					
15:00-16:30 90'	(주)지오스토리 SAR-광학 위성영상 분석 및 활용	국립생태원 생태AI 빅데이터 구축 및 활용	한국해양과학기술원 열대/아열대 시나리오 자료 구축 및 활용 연구 (Closed)	부산대학교 해양공간 및 자원 활용 연구 I	(주)한화오션 북극항로 개척 및 연중 안정 운항을 위한 세계 최고 수준의 쇄빙선 개발 I (Closed)	서울시립대학교 국토환경 소형 위성 개발 및 활용 (Closed)
16:30-16:50 20'	☕ Coffee Break					
16:50-18:20 90'	정기총회 및 만찬 준비		정기총회 및 만찬 준비	부산대학교 해양공간 및 자원 활용 연구 II	(주)한화오션 북극항로 개척 및 연중 안정 운항을 위한 세계 최고 수준의 쇄빙선 개발 II (Closed)	한국환경연구원 산사태 발생 우려지역 스마트 조사 기술 개발 (Closed)
18:20-21:00	정기총회 및 만찬					

2026년 추계학술대회 일정표



11월 5일(목)

파르나스제주	콘스텔라홀 A	콘스텔라홀 B	플라리스홀	카노푸스홀	미팅룸 B	미팅룸 A	로비
08:00	Registration						[포스터 부착] 08:00-08:30
09:00-10:30 90'	08:30-10:15 학생발표세션 석사	(주)유에스티21 빅데이터 융합 기반 AI 활용 신산업 개발	한국항공우주 연구원 위성정보 빅데이터 활용 I	한국해양과학 기술원 정지궤도 해색위성 알고리즘 개발	한국해양과학 기술원 갯벌 공간정보 DB 및 시스템 구축 (Closed)	한국환경연구원 정주지 부문 탄소공간지도 고도화를 위한 협업체 2차 회의 (Closed)	09:00-10:40 포스터-발표 I
10:30-10:45 15'	☕ Coffee Break						[포스터-철수] 11:00-11:30
10:45-12:15 90'	10:30-12:15 학생발표세션 박사	GeoAI 데이터 활용 해양, 수자원	한국항공우주 연구원 위성정보 빅데이터 활용 II	한국해양과학 기술원 정지궤도 해색위성 활용	한국해양과학 기술원 갯벌 생태계 조사체계 고도화 및 정책과제 마련	서울시립대학교 정지궤도위성- GeoAI기술 개발	포스터-송출
12:15-13:30	Lunch [식사 가능 시간: 12:00-14:00]						[포스터-부착] 12:30-13:00
13:30-15:00 90'	GeoAI 데이터 활용 극지, 기상, 생태, 환경	GeoAI 모델 개발 및 분석 데이터 분할, 분석, 기타	국립환경과학원 GEMS 위성자료의 AI 활용	국지연구소 AI-멀티센서 기반 북극 해빙 관측·예측 및 지능형 운항지원 I	서울시립대학교 초소형위성 활용 (Closed)	한국항공우주 연구원 위성정보 자료 정책 (Closed)	13:30-15:10 포스터-발표 II
15:00-15:15 15'	☕ Coffee Break						[포스터 철수] 15:30-16:30
15:15-16:45 90'	GeoAI 데이터 활용 해양	GeoAI 데이터 활용 공간정보, 생태	서울시립대학교 Geo-LLM과 환경정보	국지연구소 AI-멀티센서 기반 북극 해빙 관측·예측 및 지능형 운항지원 II	한국지질자원 연구원 통합 지질자원 연구데이터 리포지터리 구축 (Closed)	국립부경대학교 블루카본 플랫폼 구축을 통한 해양신산업 창출 (Closed)	포스터-송출
16:45-17:00 15'	☕ Coffee Break						
17:00-17:30	폐회식 17:00-17:10 경품 추첨 17:10-17:25 시상식 - 학생발표상 17:25-17:30 폐회사 - 이사로 [(사)GeoAI데이터학회 회장]						

11월 6일(금)

환경탐방	제주올레길 6코스 [구두미포구 → 정방폭포 구간]
08:50	파르나스호텔제주 집결 [로비]
09:00-09:40	차량 이동 [파르나스호텔제주 → 구두미포구]
09:40-11:00	제주올레길 6코스 [탐방 구간 약 4.5km] 구두미포구 → 소천지 → 정방폭포
11:00-11:30	차량 이동 [정방폭포 → 식당]
11:30-13:00	점심 식사
13:00-14:00	차량 이동 [식당 → 제주국제공항]



콘스텔라홀 A+B

11월 4일(수)

13:00-14:30	개회식
13:00-13:05	개회사 이사로 (사)GeoAI데이터학회 회장
13:05-13:25	시상식 - 공로상, 기술상, 학술상
13:25-14:25	「우리는 왜 과학을 이야기해야 하는가 - 연구가 세상과 만나는 순간」 항성 과학커뮤니케이터
14:25-14:30	학술대회 안내

콘스텔라홀 A+B

10:30-12:00	ASEAN 회토류 광물 데이터 구축 워크숍	좌장: 한종규[한국지질자원연구원]
-------------	-------------------------	--------------------

콘스텔라홀 A

15:00-16:30	SAR-광학 위성영상 분석 및 활용	좌장: 한근혁 [(주)지오스토리]
15:00-15:15	공간 및 분광 정보 보존을 위한 딥러닝 기반 SAR-광학 이중 영상 융합 알고리즘	
	이여루 ^{1,*} , 김준수 ³ , 한근혁 ² , 정형섭 ^{1,#} ¹ 서울시립대학교 공간정보공학과, ² (주)지오스토리 플랫폼융합팀, ³ (주)지오스토리 AI기술연구본부 AI기술팀 #교신저자: hsjung@uos.ac.kr	
15:15-15:30	DINOV3 기반 모델을 활용한 항공영상 토지피복 분류 연구	
	김준수 ^{1,*} , 한근혁 ^{1,#} ¹ (주)지오스토리 #교신저자: hyouk93@geostory.co.kr	
15:30-15:45	불확실성 기반 토지피복 지도 검수 우선순위화: 공간 분리 평가	
	최일훈 ^{1,2,*} , 정형섭 ^{2,#} ¹ (주)지오스토리, ² 서울시립대학교 #교신저자: hsjung@uos.ac.kr	
15:45-16:00	보조 분류기를 활용한 Edge NPU 토지피복 분할 모델의 재학습 없는 추론 가속	
	황예진 ^{1,*} , 임동현 ¹ , 채규열 ^{1,#} ¹ (주)마인드포지 #교신저자: kychae@mindforge.kr	
16:00-16:30	질의 응답	

콘스텔라홀 A+B / 폴라리스홀

18:20-21:00	정기총회 및 만찬
-------------	-----------



콘스텔라홀 B

11월 4일(수)

15:00-16:30	생태AI 빅데이터 구축 및 활용	좌장: 김정철 [국립생태원]
15:00-15:15	생태정보시스템 개편을 통한 사용자 중심 생태정보 제공 체계 구축 윤다은 ^{1,*} , 김정철 ¹ , 윤성수 ¹ , 이주은 ¹ , 권용수 ^{1,#} ¹ 국립생태원 #교신저자: kwonys@nie.re.kr	
15:15-15:30	지능형 생태정보 서비스 구현 및 EcoBank 대상 시범 적용 심승우 ^{1,*,#} , 권용수 ¹ , 윤성수 ¹ ¹ 국립생태원 지능생태정보실 생태빅데이터팀 #교신저자: simsw@nie.re.kr	
15:30-15:45	생태 연구데이터의 개방성 및 신뢰성 향상을 위한 통합 데이터 모델 구축 방안 윤성수 ^{1,*,#} , 윤다은 ¹ ¹ 국립생태원 생태빅데이터팀 #교신저자: yssfran@nie.re.kr	
15:45-16:00	공공기록물·공공데이터·저작권 관련 법령의 교차구조 분석과 AI 실무적용 방안 정다솜 ^{1,*} , 우승현 ^{1,#} , 이홍열 ¹ , 이주은 ¹ ¹ 국립생태원 지능생태정보실 지능정보전략팀 #교신저자: champihyun@nie.re.kr	
16:00-16:15	Species Distribution Model Framework Applied to Future Behavior Prediction Projects Overwintering Energy Deficit of an EAAF Migratory Crane 강연재 ^{1,*,#} , 권용수 ¹ , 김정철 ¹ ¹ 국립생태원 #교신저자: ykang@nie.re.kr	
16:15-16:30	질의 응답	



플라리스홀

11월 4일(수)

10:30-12:00	지질재해 분야 GeoAI 활용 전문가 세미나 (Closed)	좌장: 이사로 [한국지질자원연구원]
15:00-16:30	열대/아열대 시나리오 자료 구축 및 활용 연구 (Closed)	좌장: 손영백 [한국해양과학기술원]



카노푸스홀

11월 4일(수)

10:30-12:00	ODA 정책 변화 및 사업관리 전략 (Closed)	좌장: 김근용 [한국해양과학기술원]
15:00-16:30	해양공간 및 자원 활용 연구 I	좌장: 김민석 [부산대학교]
15:00-15:15	드론 및 위성을 이용한 천해역 수심추정 및 저서피복 분류 기술: 국내외 적용사례 소개 김원국 ^{1,*,#} , 백승일 ¹ ¹ 부산대학교 사회환경시스템공학과 #교신저자: wonkook@pusan.ac.kr	
15:15-15:30	다중시기 위성영상을 활용한 특정 해역의 해상교통 현황 추정 가능성 평가 김태호 ^{1,*,#} , 전호균 ¹ , 이나현 ¹ , 최문기 ¹ ¹ (주)유에스티21 #교신저자: thkim@ust21.co.kr	
15:30-15:45	해양 시추공 지반정보의 공간적 유사성 및 대표범위 분석 오택민 ^{1,*,#} , 권시윤 ¹ ¹ 부산대학교 사회환경시스템공학과 #교신저자: geotaemin@pusan.ac.kr	
15:45-16:00	Sentinel-2 시계열자료와 SWOT 위성고도를 이용한 곰소만 갯벌 정밀 DEM 구축 이진교 ^{1,2,*} , 김근용 ^{1,2} , 이동욱 ^{1,3} , 유주형 ^{1,2,3,#} ¹ 한국해양과학기술원 해양위성센터, ² 한국해양대학교 해양과학기술전문대학원 해양과학기술융합학과, ³ 과학기술연합대학원대학교 해양과학전공 #교신저자: jhryu@kiost.ac.kr	
16:00-16:30	질의 응답	
16:50-18:20	해양공간 및 자원 활용 연구 II	좌장: 오택민 [부산대학교]
16:50-17:05	갯벌공간정보모니터링 다중센싱시스템을 이용한 갯벌지형 및 갯벌환경 모니터링 허현수 ^{1,*,#} , 김가현 ¹ , 김경민 ¹ ¹ (주)지오스토리 #교신저자: caebc44@naver.com	
17:05-17:20	파랑·조류 복합조건의 평형 세굴심 예측식 개발: 설명 가능한 기계학습 진단과 물리 논거의 결합 김민석 ^{1,*,#} , 김윤석 ¹ , 김지성 ¹ ¹ 부산대학교 사회기반시스템공학과 #교신저자: minseok.kim@pusan.ac.kr	
17:20-17:35	부유식 해상풍력의 이해: 해양환경 데이터에서 단지 개발까지 여정환 ^{1,*,#} , 송창우 ¹ ¹ 삼성중공업(주) 조선해양연구소 #교신저자: junghwan.yeo@samsung.com	
17:35-17:50	연약지반 최종 침하 예측을 위한 계측 데이터 기반 예측식, 역해석 및 Transformer의 비교 안재훈 ^{1,*,#} , 정재우 ² , 배병규 ³ ¹ 부산대학교 사회기반시스템공학과, ² (주)대동구조안전연구소 차장, ³ (주)대동구조안전연구소 대리 #교신저자: jahn@pusan.ac.kr	
17:50-18:20	질의 응답	



미팅룸 B

11월 4일(수)

10:30-12:00	우즈베키스탄 지질자원 데이터 구축 가이드라인 회의 (Closed)	좌장: 이흥진 [한국지질자원연구원]
15:00-16:30	북극항로 개척 및 연중 안정 운항을 위한 세계 최고 수준의 쇄빙선 개발 I (Closed)	좌장: 김대호 [(주)한화오션]
15:00-15:15	Ice model tests for PC2 ice breaker	
	최중효 ^{1,*,#} ¹ (주)한화오션 #교신저자: jhyochoi@hanwha.com	
15:15-15:30	A Linear Regression based Virtual Metrology Model for Local Ice Loads under Diverse Ice Collision Scenarios	
	오은진 ^{1,*,#} ¹ 선박해양플랜트연구소 #교신저자: ideal132@kriso.re.kr	
15:30-15:45	PC2급 쇄빙선의 추정식 기반 Level Ice 및 Pack Ice 빙 저항 추정을 위한 인공지능 기법 적용에 관한 연구	
	한영수 ^{1,*,#} ¹ 인하공업전문대학 #교신저자: youngsoo.hhan@gmail.com	
15:45-16:00	극지선박 빙저항 추정을 위한 실험적·수치적 연구: 합성빙 예인시험 및 CFD-DEM 해석	
	송순석 ^{1,*,#} ¹ 인하대학교 #교신저자: s.song@inha.ac.kr	
16:00-16:30	질의 응답 및 토론	
16:50-18:20	북극항로 개척 및 연중 안정 운항을 위한 세계 최고 수준의 쇄빙선 개발 II (Closed)	좌장: 김대호 [(주)한화오션]
16:50-17:05	위성 해빙 데이터 기반 극지역 최적 운항 항로 추정 연구	
	하승현 ^{1,*,#} ¹ 국립한국해양대학교 #교신저자: shha@kmou.ac.kr	
17:05-17:20	위성 기반 연중 해빙 두께 산출 연구	
	박진구 ^{1,*,#} ¹ 극지연구소 #교신저자: jinku_park@kopri.re.kr	
17:20-17:35	Challenges in Measuring Sea-Ice Using Ground-Penetrating Radar in the Arctic	
	박준수 ^{1,*,#} ¹ 경남대학교 #교신저자: junsoopark@kyungnam.ac.kr	
17:35-18:20	질의 응답 및 토론	



미팅룸 A

11월 4일(수)

15:00-16:30	국토환경 소형 위성 개발 및 활용 (Closed)	좌장: 정형섭 [서울시립대학교]
16:50-18:20	산사태 발생 우려지역 스마트 조사 기술 개발 (Closed)	좌장: 이명진 [한국환경연구원]
16:50-17:05	스마트 조사를 위한 산사태 발생 우려지역 조사 체계 정립 정봉석 ^{1,*} , 조영철 ¹ , 이명진 ^{2,#} ¹ 한국환경연구원 국토환경연구본부 국토관리연구실 연구원, ² 한국환경연구원 국토환경연구본부 국토관리연구실 연구위원 #교신저자: leemj@kei.re.kr	
17:05-17:20	기계학습 기반 공간정보를 활용한 참조생태계 설정 방법론 김수미 ^{1,*} , 최재용 ^{1,#} , 김성열 ² , 백혜정 ² ¹ 충남대학교 산림환경자원학과, ² ㈜엔필드 #교신저자: jaychoi@cnu.ac.kr	
17:20-17:35	첨단기술 기반 산사태 발생 우려지역 실태조사를 위한 조사 항목별 대체 가능성 평가 임철희 ^{1,2,3,*,#} , 노윤수 ² , 최은솔 ³ , 김민석 ¹ ¹ 국민대학교 산림환경시스템학과, ² 국민대학교 산림자원학과, ³ 국민대학교 기후기술융합학과 #교신저자: clim@kookmin.ac.kr	
17:35-17:50	Toward Enhanced Projection of Landslide Susceptibility via AI-Hybrid Approach: Integrating Vegetation Structure and Function with Physics-Based Models 조원희 ^{1,*,#} , 임철희 ² , 이해인 ¹ , 장경호 ¹ ¹ 국립공주대학교 산림과학과, ² 국민대학교 산림환경시스템학과 #교신저자: wcho@kongju.ac.kr	
17:50-18:20	질의 응답	



콘스텔라홀 A

11월 5일(목)

08:30-10:15	학생발표세션 - 석사	좌장: 이보람 [연세대학교]
08:30-08:45	LiDAR 정보의 신뢰도 기반 융합을 통한 항공영상-LiDAR 정합 기술 개발 이가현 ^{1,*} , 최정규 ² , 한유경 ^{3,#} ¹ 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 석사과정, ² 네오스펙트라 연구소 연구소장, ³ 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 정교수 #교신저자: han602@seoultech.ac.kr	
08:45-09:00	다시기 정합 위성영상 기반 LoFTR을 파인튜닝의 좌표 편향 진단 및 Dual-Crop Jitter 기반 완화 변상현 ^{1,*} , 지준화 ^{2,#} ¹ 국립부경대학교 빅데이터융합학과, ² 국립부경대학교 정보융합대학 데이터정보과학부 빅데이터융합전공 #교신저자: jchi@pknu.ac.kr	
09:00-09:15	Temporal Transferability of Garlic and Onion Field Classification Using Sentinel-2 Phenological Time Series Sholihati Rizqi Amaliatus ^{1,*} , 신지윤 ² , 객근호 ³ , 송아람 ^{2,#} ¹ 경북대학교 융복합시스템공학과, ² 경북대학교 위치정보시스템학과, ³ 농촌진흥청 국립농업과학원 농업위성센터 #교신저자: ars@knu.ac.kr	
09:15-09:30	Sentinel-2 시계열 기반 마늘·양파 재배지 분류의 공간전이 특성 분석 김민상 ^{1,*} , 송아람 ^{1,#} , 남동화 ¹ , 객근호 ² ¹ 경북대학교 위치정보시스템학과, ² 농촌진흥청 국립농업과학원 농업위성센터 #교신저자: ars@knu.ac.kr	
09:30-09:45	Testing Sentinel-1 and Sentinel-2 Redundancy in Soil Moisture Retrieval over South Korean Paddy Landscapes Shantunu Chowdhury ^{1,*} , 유정동 ^{1,#} ¹ 전북대학교 #교신저자: jungdong@jbnu.ac.kr	
09:45-10:00	다변량 지화학 데이터와 비지도학습을 활용한 한반도 중서부 쥐라기 화강암류의 지화학적 구조와 분화경향 분석 최진 ^{1,*} , 유재형 ^{1,2,#} , 김성원 ³ ¹ 충남대학교 지구환경·우주융합학과, ² 충남대학교 지질환경과학과, ³ 한국지질자원연구원 지질조사연구본부 지질연구센터 #교신저자: jaeyu@cnu.ac.kr	
10:00-10:15	확산 기반 보정 모델을 활용한 대기-해양 조건별 남극 해빙 예측 가능성 분석 이가령 ^{1,*} , 김우혁 ¹ , 추민기 ¹ , 정인재 ¹ , 이상균 ² , 임정호 ^{1,#} ¹ 울산과학기술원 지구환경도시건설공학과, ² 포항산업과학연구원(RIST) 환경연구소 #교신저자: ergis@unist.ac.kr	



콘스텔라홀 A

11월 5일(목)

10:30-12:15	학생발표세션 - 박사	좌장: 최경아 [국토연구원]
10:30-10:45	초분광 위성자료와 딥러닝을 활용한 온실가스 플룸 통합 탐지 및 정량화 양세영 ^{1,*} , 김예진 ¹ , 황수민 ¹ , 임정호 ^{1,#} ¹ 울산과학기술원 지구환경도시건설공학과 #교신저자: ersgis@unist.ac.kr	
10:45-11:00	딥러닝을 활용한 위성 기반 인위적 CO₂ 배출 모니터링 향상 황수민 ^{1,*} , 최현영 ¹ , 양세영 ¹ , 배세정 ¹ , 임정호 ^{1,#} ¹ 울산과학기술원 지구환경도시건설공학과 #교신저자: ersgis@unist.ac.kr	
11:00-11:15	공간정보 파운데이션 모델 기반 산사태 탐지 배세정 ^{1,*} , 임정호 ^{1,#} , 윤서현 ¹ ¹ 울산과학기술원 지구환경도시건설공학과 #교신저자: ersgis@unist.ac.kr	
11:15-11:30	전 지구 담수의 분광 특성 기반 기후대 분류 및 Chlorophyll-a 농도 예측 이신우 ^{1,*} , 유재형 ^{1,2,#} ¹ 충남대학교 지구환경·우주융합학과, ² 충남대학교 지질환경학과 #교신저자: jaeyu@cnu.ac.kr	
11:30-11:45	정지궤도 위성영상의 Global-Local 정보 융합을 통한 강수 초단기예측 이창희 ^{1,*} , 한유경 ^{2,#} ¹ 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 박사과정, ² 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 정교수 #교신저자: han602@seoultech.ac.kr	
11:45-12:00	다중 시간해상도 북극 해빙농도 표현학습을 위한 시공간 마스크 오토인코더 김보람 ^{1,*} , 지준화 ^{2,#} ¹ 국립부경대학교 데이터공학과, ² 국립부경대학교 정보융합대학 데이터정보과학부 빅데이터융합전공 #교신저자: jchi@pknu.ac.kr	
12:00-12:15	계절 대기 예측장을 활용한 전지구 해양·해빙 예측 AI 에뮬레이터 추민기 ^{1,*} , 정인채 ¹ , 김소현 ¹ , 정시훈 ¹ , 임정호 ^{1,#} ¹ 울산과학기술원 지구환경도시건설공학과 #교신저자: ersgis@unist.ac.kr	



콘스텔라홀 A

11월 5일(목)

13:30-15:00	GeoAI데이터 활용 - 극지, 기상, 생태, 환경	좌장: 최종국 [한국해양과학기술원]
13:30-13:45	SAM3-Adapter를 활용한 해빙 구조 정량화 및 해빙 파편화 지수 산출 김우혁 ^{1,*} , 이가령 ¹ , 정인채 ¹ , 조하늘 ¹ , 구유정 ¹ , 임정호 ^{1,#} ¹ 울산과학기술원 #교신저자: ersgis@unist.ac.kr	
13:45-14:00	딥러닝 기반 장기간 북극 해빙 농도 예측 정인채 ^{1,*} , 김우혁 ¹ , 추민기 ¹ , 이가령 ¹ , 이상균 ² , 임정호 ^{1,#} ¹ 울산과학기술원, ² 환경보건연구그룹 #교신저자: ersgis@unist.ac.kr	
14:00-14:15	딥러닝 기반 한반도 대류운 전조 탐지 구유정 ^{1,*} , 이시현 ¹ , 조하늘 ¹ , 정인채 ¹ , 추민기 ¹ , 임정호 ^{1,#} ¹ 울산과학기술원 지구환경도시건설공학과 #교신저자: ersgis@unist.ac.kr	
14:15-14:30	CO₂ 반응 제약 딥러닝을 이용한 미래 전지구 GPP 예측 윤서현 ^{1,*} , 배세정 ¹ , 이가령 ¹ , 임정호 ^{1,#} ¹ 울산과학기술원 지구환경도시건설공학과 #교신저자: ersgis@unist.ac.kr	
14:30-14:45	Nationwide Analysis of Long-term Spatial Distribution Shifts in Korean Odonata 배미정 ^{1,*,#} , 이대성 ² , 이다영 ² , 김서하 ¹ , 박영석 ² ¹ 국립낙동강생물자원관 다양성예측평가부, ² 경희대학교 생물학과 #교신저자: mjbae@nnibr.re.kr	
14:45-15:00	질의 응답	



콘스텔라홀 A

11월 5일(목)

15:15-16:45	GeoAI데이터 활용 - 해양	좌장: 백원경 [한국해양과학기술원]
15:15-15:30	시야각 조건화를 통한 해상객체 탐지용 선박 이미지 생성 연구 박지민 ^{1,*} , 황혜린 ¹ , 이정석 ¹ , 한현경 ¹ , 이형탁 ^{1,#} ¹ 한국해양과학기술원 #교신저자: htlee@kiost.ac.kr	
15:30-15:45	KOMPSAT-3/3A 광학위성영상의 선박 점 레이블과 SAM을 활용한 의사 회전 경계상자 생성 가능성 평가 이창현 ^{1,*} , 한현경 ¹ , 이정석 ¹ , 이형탁 ^{1,#} ¹ 한국해양과학기술원 #교신저자: htlee@kiost.ac.kr	
15:45-16:00	광학위성영상 선박 세그멘테이션을 위한 자동 임계값 보정 기법 김정아 ^{1,2,*} , 이형탁 ^{1,#} ¹ 한국해양과학기술원, ² 국립한국해양대학교 #교신저자: htlee@kiost.ac.kr	
16:00-16:15	해양영역인식을 위한 해상객체탐지 상대거리 분류 기초연구 김정현 ^{1,*} , 이창현 ¹ , 이형탁 ^{1,#} ¹ 한국해양과학기술원 #교신저자: htlee@kiost.ac.kr	
16:15-16:30	포인트 기반 딥러닝을 활용한 해상 어구 부이 탐지 연구 한현경 ^{1,3,*} , 이창현 ² , 이형탁 ² , 황혜린 ¹ , 이정석 ^{1,#} ¹ 한국해양과학기술원 해양빅데이터·AI센터, ² 한국해양과학기술원 해양위성센터, ³ 부경대학교 공간정보시스템공학 #교신저자: jslee90@kiost.ac.kr	
16:30-16:45	질의 응답	



콘스텔라홀 B

11월 5일(목)

09:00-10:30	빅데이터 융합 기반 AI 활용 신산업 개발	좌장: 김태호 [㈜유에스티21]
09:00-09:15	해양 현장관측자료를 활용한 SVP기반 수심별 수온 추정 박민경 ^{1,*} , 류한솔 ¹ , 조혜연 ¹ , 양선미 ¹ , 이나현 ¹ , 김태호 ^{1,#} ¹ ㈜유에스티21 #교신저자: thkim@ust21.co.kr	
09:15-09:30	GeoAI 기반 수산생물 생태계 시계열 예측 시스템 임동현 ^{1,*} , 김태호 ^{2,#} ¹ ㈜애쓰지마, ² ㈜유에스티21 #교신저자: thkim@ust21.co.kr	
09:30-09:45	다중 위성영상과 AI를 활용한 그린인프라 모니터링 플랫폼 권동재 ^{1,2,*,#} , 석민 ¹ , 윤용선 ¹ , 고유경 ¹ , 김지희 ¹ , 신유정 ¹ , 신지민 ¹ ¹ ㈜카탈로닉스, ² 연세대학교 지구시스템과학과 #교신저자: dkwon@catalonix.com	
09:45-10:00	위성영상 및 공간정보의 통합 활용을 위한 지능형 분석 기술과 플랫폼 이수암 ^{1,*,#} , 정성우 ¹ , 서원우 ¹ ¹ ㈜쓰리디랩스 #교신저자: ahmkun@3dlabs.co.kr	
10:00-10:30	질의 응답	



콘스텔라홀 B

11월 5일(목)

10:45-12:15	GeoAI데이터 활용 - 해양, 수자원	좌장: 남기범 [K-water연구원]
10:45-11:00	사이드 스캔 소나 영상 합성을 위한 환경 및 객체 음향 특성 제어 생성 황혜린^{1,*}, 박지민¹, 이정석¹, 한현경¹, 이형택^{1,#} ¹한국해양과학기술원 #교신저자: htleee@kiost.ac.kr	
11:00-11:15	이중 공간정보를 활용한 항공수심 LiDAR 표고 편차 보정 류재욱^{1,*}, 이재왕², 오재홍^{3,#} ¹한국해양대학교 해양신재생에너지융합전공 박사과정, ²한국해양대학교 해양신재생에너지융합전공 학사과정, ³한국해양대학교 토목공학과 교수 #교신저자: jhoh@kmou.ac.kr	
11:15-11:30	CorrDiff 기반 확산모델을 이용한 동아시아 해역 고해상도 해수면온도 다운스케일링 제갈선^{1,*}, 김소현¹, 정시훈¹, Yuwei Kong¹, 임정호^{1,#} ¹울산과학기술원 #교신저자: ersgis@unist.ac.kr	
11:30-11:45	다중 공간정보 융합을 이용한 금강유역 대수층 투수량계수 정량 추정 김정철^{1,*,#}, 유진우², 정형섭² ¹국립생태원 지능생태정보실 생태빅데이터팀, ²서울시립대학교 공간정보공학과 #교신저자: jckim@nie.re.kr	
11:45-12:00	Sentinel-2와 PlanetScope를 연계한 하천 클로로필-a 추정: 센서 간 일관성과 현장 적용성 평가 남기범^{1,*,#}, 윤동현¹, 김영준¹, 강기묵¹, 장진우¹, 김화영¹, 황의호¹ ¹K-water연구원 수자원위성연구소 #교신저자: gbnam@kwater.or.kr	
12:00-12:15	질의 응답	



콘스텔라홀 B

11월 5일(목)

13:30-15:00	GeoAI모델 개발 및 분석 - 데이터 분할, 분석, 기타	좌장: 백지연 [한국해양과학기술원]
13:30-13:45	원격탐사 단일영상 초해상화를 위한 센서 일관 전방열화모델 개발 윤동현 ^{1,*,#} , 고수정 ¹ , 김영준 ¹ , 남기범 ¹ , 강기묵 ¹ , 황의호 ¹ ¹ K-water연구원 수자원위성연구소 #교신저자: dhyoon@kwater.or.kr	
13:45-14:00	다중시기 특징 융합을 위한 Temporal Symmetric Transformer 적용 변화탐지 성능 평가 김상화 ^{1,*} , 이창희 ² , Aisha Javed ³ , 한유경 ^{4,#} ¹ 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 학사과정, ² 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 박사과정, ³ 서울과학기술대학교 건설미래인재연구소 선임연구원, ⁴ 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 정교수 #교신저자: han602@seoultech.ac.kr	
14:00-14:15	포인트 정제를 통한 산사태 변화탐지 조환희 ^{1,*} , 임정호 ^{1,#} ¹ 울산과학기술원 지구환경도시건설공학과 #교신저자: ersgis@unist.ac.kr	
14:15-14:30	낙동강 표층관측자료 연계 Sentinel-2 분광반사도 기반 탁도 추정 장진우 ^{1,*} , 남기범 ^{1,#} , 김영준 ¹ , 황의호 ¹ ¹ K-water연구원 수자원위성연구소 #교신저자: gbnam@kwater.or.kr	
14:30-14:45	기후변화 시나리오에 따른 우리나라 호소의 봄철 총유기탄소 변화 분석 김영준 ^{1,*,#} , 남기범 ¹ , 강기묵 ¹ , 손찬영 ¹ , 황의호 ¹ ¹ K-water연구원 수자원위성센터 #교신저자: kimyjun@kwater.or.kr	
14:45-15:00	전 지구 3차원 입자성 유기탄소 산출을 위한 Fine-tuning 기반 딥러닝 위성 자료 활용 재구성 프레임워크 조하늘 ^{1,*} , Tobias Rogelio Ruzcko ² , 임정호 ^{1,3,#} ¹ 울산과학기술원 탄소중립대학원, ² 디아이앰 주식회사 기후 인텔리전스 연구실 인텔리전스 개발팀, ³ 울산과학기술원 지구환경도시건설공학과 #교신저자: ersgis@unist.ac.kr	



콘스텔라홀 B

11월 5일(목)

15:15-16:45	GeoAI데이터 활용 - 공간정보, 생태	좌장: 김기동 [국립생태원]
15:15-15:30	생성형 AI를 활용한 항공 경사영상 기반 3D 건물 벽면 텍스처 복원 및 자동화 기법 박다정 ^{1,*} , 김용현 ¹ , 박진술 ¹ , 김혜성 ¹ , 김지환 ¹ , 김승훈 ¹ , 박준규 ¹ , 장세진 ¹ , 김장욱 ^{1,#} ¹ (주)올포랜드 #교신저자: jango@all4land.com	
15:30-15:45	입체격자체계 응용데이터큐브 구축 자동화를 위한 AI 기반 다중 클래스 복셀 분류 김용현 ^{1,2,*} , 박다정 ¹ , 김혜성 ¹ , 김지환 ¹ , 김승훈 ¹ , 박진술 ¹ , 장세진 ¹ , 김장욱 ^{1,#} ¹ (주)올포랜드, ² 연세대학교 공학대학원 건설환경및방재안전공학과 석사과정 #교신저자: jango@all4land.com	
15:45-16:00	공간·네트워크 특징 기반 머신러닝을 이용한 실내 이동네트워크 연결 보안 후보 탐지 연구 김혜성 ^{1,*} , 박진술 ¹ , 박다정 ¹ , 박준규 ¹ , 장세진 ¹ , 김용현 ¹ , 김지환 ¹ , 김승훈 ¹ , 김장욱 ^{1,#} ¹ (주)올포랜드 #교신저자: jango@all4land.com	
16:00-16:15	'생태계 기후대응 통합정보관리시스템' 운영방안 및 시스템 소개 원호연 ^{1,*,#} , 홍승범 ¹ , 이경은 ¹ , 김민희 ¹ , 오민우 ¹ , 김성현 ¹ ¹ 국립생태원 생태계기후통합정보팀 #교신저자: hywon84@nie.re.kr	
16:15-16:30	국가 생물다양성 정보의 통합 관리기반 구축과 생물다양성 주제도 활용 방향 최성호 ^{1,*,#} , 이대경 ² , 손승훈 ³ , 김민하 ³ ¹ (주)코아아이티, ² (주)넥사이트, ³ 국립생물자원관 국가생물다양성센터 #교신저자: 1865@coreit.co.kr	
16:30-16:45	질의 응답	

콘스텔라홀 B

17:00-17:30	폐회식
17:00-17:15	경품 추첨
17:15-17:25	시상식 - 학생발표상
17:25-17:30	폐회사 - 이사로 [(사)GeoAI데이터학회 회장]



플라리스홀

11월 5일(목)

09:00-10:30	위성정보 빅데이터 활용 I	좌장: 이광재 [한국항공우주연구원]
09:00-09:15	KOMPSAT-5 SAR 변화탐지 통합 분석을 위한 SNAP 플러그인 개발	
	이성민 ^{1,*} , 채성호 ^{2,#} ¹ 문소프트㈜, ² 한국항공우주연구원 #교신저자: shchae90@kari.re.kr	
09:15-09:30	Joint InSAR and Pixel Offset Tracking from Sentinel-1, ALOS-2, and Sentinel-2 for 3D Deformation of the 2026 Kumamoto Earthquake	
	박성재 ^{1,*} , Arief Rizqiyanto Achmad ² , 이창욱 ^{1,3,#} ¹ 강원대학교 스마트지역혁신학과, ² 강원대학교 지구환경시스템융합학과, ³ 강원대학교 과학교육학부 #교신저자: cwlee@kangwon.ac.kr	
09:30-09:45	Deep Learning-Based GNSS-InSAR Integration for Urban Land Subsidence Monitoring in Houston, Texas	
	이창욱 ^{1,*,#} , 와후 루쿠마눌 하킴 ² ¹ 강원대학교 과학교육학부, ² 강원대학교 지구자원연구소 #교신저자: cwlee@kangwon.ac.kr	
09:45-10:00	KOMPSAT-5 SAR 장기 시계열 데이터의 정합 품질 분석	
	채성호 ^{1,*,#} , 오관영 ¹ , 이광재 ¹ ¹ 한국항공우주연구원 #교신저자: shchae90@kari.re.kr	
10:00-10:30	질의 응답	
10:45-12:15	위성정보 빅데이터 활용 II	좌장: 이광재 [한국항공우주연구원]
10:45-11:00	KOMPSAT-3A 중적외선 및 광학 융합분석 영상 제작을 통한 수체 내 국부적 복사 이상 영역 탐지	
	한유경 ^{1,*,#} , 이진민 ¹ , 이광재 ² , 김예슬 ² ¹ 서울과학기술대학교, ² 한국항공우주연구원 #교신저자: han6025@gmail.com	
11:00-11:15	한반도 맞춤형 K-Sat 파운데이션 초기 시범 모델 구축	
	최윤정 ^{1,*,#} ¹ 한국항공우주연구원 #교신저자: choiyunj@kari.re.kr	
11:15-11:30	KOMPSAT-3A 광학 및 중적외선 영상 융합을 위한 이중센서 정밀영상정합	
	김태현 ^{1,*} , 한유경 ² , 이광재 ^{3,#} ¹ 한국항공우주연구원 국가위성정보활용지원센터 선임연구원, ² 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 교수, ³ 한국항공우주연구원 국가위성정보활용지원센터 책임연구원 #교신저자: kjlee@kari.re.kr	
11:30-11:45	형태학적 SMRF 필터를 이용한 고해상도 위성영상 DSM의 DTM 추출과 검사점 기반 정확도 평가	
	김덕인 ^{1,*,#} , 노진관 ¹ , 이광재 ² ¹ ㈜지오스토리, ² 한국항공우주연구원 위성활용부 #교신저자: kdikkk@naver.com	
11:45-12:15	질의 응답	



플라리스홀

11월 5일(목)

13:30-15:00	GEMS위성자료의 AI 활용 좌장: 이원진 [국립환경과학원]
13:30-13:45	딥러닝 기반 정지궤도 환경위성(GEMS) 영상분할의 입력자료 및 모델 구성에 따른 고농도 PM fine 에어로졸 탐지 성능 분석 공성현 ^{1,*} , 이원진 ² , 김덕래 ² , 정형섭 ^{1,#} ¹ 서울시립대학교 공간정보공학과, ² 국립환경과학원 환경위성센터 #교신저자: hsjung@uos.ac.kr
13:45-14:00	GEMS 초분광 자료 및 LiDAR 자료를 활용한 딥러닝 기반 에어로졸 유효고도 추정 유진우 ^{1,*} , 이용미 ² , 이원진 ² , 정형섭 ^{1,#} ¹ 서울시립대학교 공간정보공학과, ² 국립환경과학원 환경위성센터 #교신저자: hsjung@uos.ac.kr
14:00-14:15	자연어 질의 기반 정지궤도 환경위성(GEMS) 자료 분석 AI 에이전트 개발 김정수 ^{1,*,#} ¹ 위데이터랩㈜ #교신저자: andy@wedatalab.com
14:15-14:30	후속 환경위성 개발 계획 이원진 ^{1,*,#} , 이용미 ¹ , 신혜정 ¹ ¹ 국립환경과학원 #교신저자: wjleeleo@korea.kr
14:30-15:00	질의 응답
15:15-16:45	Geo-LLM과 환경정보 좌장: 정형섭 [서울시립대학교]
15:15-16:35	AI 에이전트 기반 공간자료 분석과 근거 추적형 의사결정지원의 운영 구조 박은규 ^{1,2,*,#} ¹ 주식회사 지오에이아이얼라인먼트, ² 경북대학교 지구시스템과학부 #교신저자: egpark@knu.ac.kr
16:35-16:45	질의 응답



카노푸스홀

11월 5일(목)

09:00-10:30	정지궤도 해색위성 알고리즘 개발	좌장: 안재현 [한국해양과학기술원]
09:00-09:15	GOCI-II On-orbit Solar Radiometric Calibration by Integrating SD and DAMD 김민상 ^{1,2,*} , 박명숙 ^{1,#} , 안재현 ¹ , 최종국 ¹ ¹ 한국해양과학기술원, ² 과학기술연합대학원대학교 #교신저자: mspark@kiost.ac.kr	
09:15-09:30	Optimization-Based Atmospheric Correction for GOCI-II: Simulation Validation and Application to Korean Waters Septian Fakhrlwahid Masykur ^{1,2,*,#} , Jae-hyun Ahn ^{1,2} , Jeong-Eon Moon ² , Kyeong-Sang Lee ² , Jong-kuk Choi ^{1,2} ¹ University of Science and Technology (UST), Daejeon, Republic of Korea, ² Korea Ocean Satellite Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST), Busan, Republic of Korea #교신저자: septianfm@kiost.ac.kr	
09:30-09:45	Regional Transferability and Satellite Performance of Empirical aDOM (440) Retrieval Models in Korean Coastal Waters Bau Ashary Nasir ^{1,2,*} , Eunna Jang ¹ , Jong-Kuk Choi ^{1,2,#} , Jeong-Eon Moon ¹ ¹ 한국해양과학기술원(KIOST), ² UST 과학기술연합대학원대학교 #교신저자: jkchoi@kiost.ac.kr	
09:45-10:00	A Physically Grounded Red-NIR Algorithm for Retrieving Particulate Organic Carbon from GOCI-I in Optically Complex Coastal Waters MD Rakesur Rahman ^{1,2,*} , Deuk-Jae Hwang ² , Eunna Jang ² , Young Baek Son ^{1,3} , Taehee Lee ³ , Jong-Kuk Choi ^{1,2,#} ¹ Major of Ocean Science, University of Science and Technology (UST), Daejeon, Republic of Korea, ² Korea Ocean Satellite Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST), Busan, Republic of Korea, ³ Tropical & Subtropical Research Center, KIOST, Jeju Island, Republic of Korea #교신저자: jkchoi@kiost.ac.kr	
10:00-10:30	질의 응답	



카노푸스홀

11월 5일(목)

10:45-12:15	정지궤도 해색위성 활용	좌장: 최종국 [한국해양과학기술원]
10:45-11:00	Diurnal to Inter-annual Variability of Ocean Color from Geostationary Satellite Observations: Insights from GOCI-II 백지연 ^{1,*} , 박명숙 ^{1,#} , 안재현 ¹ , 김민상 ¹ , 최종국 ¹ , 백원경 ¹ , 배수정 ¹ , 문정언 ¹ ¹ 한국해양과학기술원 위성센터 #교신저자: jy_baek@kiost.ac.kr	
11:00-11:15	Evaluation of Phytoplankton Size Class Estimates Derived from Multi-Generation Geostationary Ocean Color Satellites in Korean Waters Doni Nurdiansah ^{1,2,3,*} , Myung Jin Hyun ¹ , Jae-Hoon Noh ¹ , Deuk Jae Hwang ¹ , Jong-Kuk Choi ^{1,2,#} ¹ Korea Ocean Satellite Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST), Busan, Republic of Korea, ² Major of Ocean Science, Korea National University Science and Technology (UST), Daejeon, Republic of Korea, ³ Research Center for Oceanography, National Research and Innovation Agency, Jakarta, Indonesia #교신저자: jkchoi@kiost.ac.kr	
11:15-11:30	GOCI-II 고빈도 관측을 이용한 한빛원전 온배수의 수질 영향 분석 박성재 ^{1,*} , 이창욱 ^{1,2,#} ¹ 강원대학교 스마트지역혁신학과, ² 강원대학교 과학교육학부 #교신저자: cwlee@kangwon.ac.kr	
11:30-11:45	GOCI-II를 활용한 연소 면적의 일중 탐지 시간대 추정 신경환 ^{1,*} , 정한철 ^{1,#} , 황도현 ² , 김서진 ¹ , 이경상 ³ , 최종국 ³ , 이보람 ² ¹ 연세대학교 지구시스템과학과, ² 연세대학교 지속가능미래과학연구원, ³ 한국해양과학기술원 해양위성센터 #교신저자: glgl8515@yonsei.ac.kr	
11:45-12:15	질의 응답	



카노푸스홀

11월 5일(목)

13:30-15:00	AI·멀티센서 기반 북극 해빙 관측·예측 및 지능형 운항지원 I	좌장: 김현철 [극지연구소]
13:30-13:45	Sea-Ice Lead Detection in the Arctic Ocean using SWOT KaRIn Observations 우혜진 ^{1,*} , 김현철 ^{1,#} , 하선용 ¹ , 민준오 ¹ , 김지수 ¹ ¹ 한국해양과학기술원 부설 극지연구소 해양대기연구본부 #교신저자: kimhc@kopri.re.kr	
13:45-14:00	미래 바람 정보 결합을 통한 북극 해빙 표류의 다중 시점 예측 지준화 ^{1,*,#} , 문기영 ¹ , 김보람 ¹ ¹ 국립부경대학교 #교신저자: jchi@pknu.ac.kr	
14:00-14:15	다중플랫폼 기반 북극항로 최적화 해양/기상 자료 산출 기술 개발 손영백 ^{1,*,#} , Fahim Ahmad ¹ , 최선경 ¹ , 고성길 ¹ ¹ 한국해양과학기술원 제주연구소 열대·아열대연구센터 #교신저자: sonyb@kiost.ac.kr	
14:15-14:30	Sentinel-1·Sentinel-2·Landsat 8/9 통합 기반 북극 해빙 분류용 분석 준비형 다중센서 데이터셋 구축 박성재 ^{1,*} , 이창욱 ^{2,#} ¹ 강원대학교 스마트지역혁신학과, ² 강원대학교 과학교육학부 #교신저자: tres13@kangwon.ac.kr	
14:30-15:00	질의 응답	
15:15-16:45	AI·멀티센서 기반 북극 해빙 관측·예측 및 지능형 운항지원 II	좌장: 김현철 [극지연구소]
15:15-15:30	D* Lite 기반 국부 유빙 환경에서의 극지 운항 선박 동적 경로 재계획 기초 연구 김병모 ^{1,*} , 하승현 ^{1,#} ¹ 국립한국해양대학교 해양공학과 #교신저자: shha@kmou.ac.kr	
15:30-15:45	AI-Based Detection, Segmentation, and Waterline Measurement of White Floating Marine Debris 전광길 ^{1,*,#} , 왕진 ¹ ¹ 인천대학교 임베디드시스템공학과 #교신저자: gjeon@inu.ac.kr	
15:45-16:00	극지 연구선 탑재형 테더드 무인기 기반 유빙 상시 감시 시스템 이준화 ^{1,*} , 강현승 ¹ , 양준효 ^{1,#} ¹ 주식회사 에이애피 #교신저자: jhyang@ampkorea.kr	
16:00-16:15	아이스 내비게이션(ICE Navigation)을 위한 데이터 허브 구성 및 ECDIS·대시보드 표출 체계 설계 김상용 ^{1,*,#} , 이선호 ² , 정유준 ¹ , 김태완 ¹ ¹ 마린전자상사, ² 마린웍스 #교신저자: sangyong.kim@marineworks.co.kr	
16:15-16:45	질의 응답	



미팅룸 B

11월 5일(목)

09:00-10:30	갯벌 공간정보 DB 및 시스템 구축	좌장: 김근용 [한국해양과학기술원]
10:45-12:15	갯벌 생태계 조사체계 고도화 및 정책과제 마련	좌장: 김근용 [한국해양과학기술원]
10:45-11:00	한국 갯벌퇴적물 유기물과 금속류 농도의 시공간적 분포 특성 김찬국 ^{1,*,#} , 박준형 ¹ , 박창욱 ¹ , 김근용 ² , 정희수 ² ¹ (주)오서닉, ² 한국해양과학기술원 #교신저자: kimchnkk@gmail.com	
11:00-11:15	현장 입도와 위성 저조 수변선의 교차 진단으로 본 웅진 장봉도 갯벌의 10년간 표층퇴적물 재분배 정주봉 ^{1,*} , 장석 ¹ , 이승용 ¹ , 임동길 ¹ , 금병철 ^{1,#} ¹ 한국해양과학기술원 #교신저자: bckum@kiost.ac.kr	
11:15-11:30	우리나라 갯벌의 대형저서동물 군집 기반 생태학적 취약성 평가 유재원 ^{1,*,#} , 김성태 ¹ , 이채린 ¹ , 안동식 ¹ , 이태현 ^{1,2} , 장민성 ¹ , 정수영 ¹ , 김창수 ¹ ¹ (주)한국연안환경생태연구소, ² 이화여자대학교 예과과학부 #교신저자: jaewonyoo23@gmail.com	
11:30-11:45	장기 시계열 자료를 이용한 갯벌 및 연안 생태계의 종다양성 변동과 환경 민감성 비교 김세희 ^{1,*} , 김근용 ^{1,#} , 정희수 ² , 유주형 ³ ¹ 한국해양과학기술원 해양위성센터, ² 한국해양과학기술원 해양력강화·방위연구부, ³ 한국해양과학기술원 대외협력본부 #교신저자: keunyong@kiost.ac.kr	
11:45-12:00	습지보호구역 관리 정책의 공간적 진단과 효과 평가 서세교 ^{1,*} , 김근용 ^{1,#} , 이진교 ¹ , 유주형 ¹ ¹ 한국해양과학기술원 #교신저자: keunyong@kiost.ac.kr	
12:00-12:15	질의 응답	
13:30-15:00	초소형위성 활용 (Closed)	좌장: 정형섭 [서울시립대학교]
15:15-16:45	통합 지질자원 연구데이터 리포지터리 구축 (Closed)	좌장: 한종규 [한국지질자원연구원]



미팅룸 A

11월 5일(목)

09:00-10:30	정주지 부문 탄소공간지도 고도화를 위한 협의체 2차 회의 (Closed)	좌장: 김근한 [한국환경연구원]
10:45-12:15	정지궤도위성-GeoAI기술 개발	좌장: 이선민 [한국환경연구원]
10:45-11:00	GEMS 위성의 성과(사회-경제적 편익 분석) 이원진 ^{1,*} , 이용미 ¹ , 신혜정 ¹ ¹ 국립환경과학원 #교신저자: wjleeleo@korea.kr	
11:00-11:15	자기지도학습 기반 GOCI-II 다중분광 영상의 적설 및 구름 탐지 유진우 ^{1,*} , 정형섭 ^{1,#} ¹ 서울시립대학교 공간정보공학과 #교신저자: hsjung@uos.ac.kr	
11:15-11:30	Geolocation Accuracy of Airborne Hyperspectral L1 Data for GEMS Validation: Attitude-Bias Correction and Decomposition of Residual Error Sources 김연준 ^{1,*} , 정준혁 ¹ , 정형섭 ^{1,#} ¹ 서울시립대학교 #교신저자: hsjung@uos.ac.kr	
11:30-11:45	GEMS UV-VIS 기반 구름 탐지 불확실 영역 및 관측기하 영향 분석 주희수 ^{1,*} , 정형섭 ^{1,#} ¹ 서울시립대학교 공간정보공학과 #교신저자: hsjung@uos.ac.kr	
11:45-12:00	Spectral Dimensionality Reduction and Heterogeneous Geospatial Data Fusion for GeoAI-Based Snow Detection Using GEMS Hyperspectral Observations 김연준 ^{1,*} , 유진우 ¹ , 정형섭 ^{1,#} ¹ 서울시립대학교 #교신저자: hsjung@uos.ac.kr	
12:00-12:15	질의 응답	
13:30-15:00	위성정보 자료 정책 (Closed)	좌장: 이광재 [한국항공우주연구원]
15:15-16:45	블루카본 플랫폼 구축을 통한 해양신산업 창출 (Closed)	좌장: 이승국 [국립부경대학교]



포스터-발표

11월 5일(목)

09:00-10:40	GeoAI데이터 활용 - 공간정보, 기상, 농업, 해양, 환경	좌장: 지준화 [국립부경대학교]
09:00-09:10	GK-2A 위성관측, 재분석 및 지표정보를 활용한 지표 부근 다변수 기상장 공동 산출 김수환 ^{1,*} , 염종민 ^{1,2,3,#} ¹ 전북대학교 기후환경에너지융합학과, ² 전북대학교 지구환경과학과, ³ 전북대학교 물질에너지 기초과학연구소 #교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr	
09:10-09:20	지상 기상관측 자료의 이산 변수 변환과 규칙-생성형 AI 분리 구조를 적용한 과학 탐구 시스템 개발 송유담 ^{1,*} , 염종민 ^{1,2,3,#} ¹ 전북대학교 지구환경과학과, ² 전북대학교 기후환경에너지융합학과, ³ 전북대학교 물질에너지 기초과학연구소 #교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr	
09:20-09:30	대표 패치 선택을 통한 데이터 효율적 구름-구름그림자 분할 연구 김도원 ^{1,*} , 염종민 ^{1,2,3,#} ¹ 전북대학교 기후환경에너지융합학과, ² 전북대학교 지구환경과학과, ³ 전북대학교 물질에너지 기초과학연구소 #교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr	
09:30-09:40	기계학습 기반 GK-2B/GOCI-II와 GK-2A/AMI 자료를 활용한 250 m 전천일사량 산출 연구 정대성 ^{1,*} , 염종민 ^{1,2,3,#} ¹ 전북대학교 물질에너지기초과학연구소, ² 전북대학교 지구환경과학과 #교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr	
09:40-09:50	ECMWF 아계절 예측과 기후값의 선행시간 적응형 융합을 통한 동아시아 1-4주 일사량 및 태양광 발전량 예측 이예진 ^{1,*} , 염종민 ^{1,2,3,#} ¹ 전북대학교 기후환경에너지융합학과, ² 전북대학교 지구환경과학과, ³ 전북대학교 물질에너지기초과학연구소 #교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr	
09:50-10:00	Sentinel-2 기반 국내 주요 하천 Chlorophyll-a 농도 추정 및 공간분포 분석 박소련 ^{1,*} , 손상훈 ¹ , 배재구 ¹ , 이성혁 ¹ , 이도이 ¹ , 이채안 ¹ , 김진수 ^{1,#} ¹ 국립부경대학교 #교신저자: jinsookim@pknu.ac.kr	
10:00-10:10	오버샘플링 및 데이터증강 기법 활용 AI 기반 해저면 피복 분류 성능평가 이성혁 ^{1,*} , 배재구 ¹ , 이도이 ¹ , 손상훈 ¹ , 박소련 ¹ , 이채안 ¹ , 김진수 ^{1,#} ¹ 국립부경대학교 #교신저자: jinsookim@pknu.ac.kr	
10:10-10:20	초고해상도 드론 영상과 YOLOv11 기반 남극 소형 관속식물 탐지 성능 분석 강민경 ^{1,*} , 이형석 ^{2,3} , 김지희 ² , 강승현 ² , 민경원 ² , Syahril Sulaiman ^{2,3} , 현창욱 ^{1,#} ¹ 동아대학교 대학원 에너지·자원공학과, ² 극지연구소 생명과학연구본부, ³ 과학기술연합대학원대학교 극지과학 전공 #교신저자: cuhyun@dau.ac.kr	
10:20-10:30	차세대중형위성 4호(CAS500-4) 적용을 위한 Sentinel-2·6S 기반 광합성유효복사(PAR) 산출체계 구축 김윤지 ^{1,2,*} , 염종민 ^{1,3,4,#} ¹ 전북대학교 지구환경과학과, ² 전북대학교 생물산업기계공학과, ³ 전북대학교 기후환경에너지융합학과, ⁴ 전북대학교 물질에너지 기초과학연구소 #교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr	
10:30-10:40	다중위성 관측을 이용한 조위 변화에 따른 서해안 갯벌의 시공간 변동 분석 현지현 ^{1,*} , 박경애 ^{2,#} , 김종성 ³ , 주승세 ⁴ ¹ 서울대학교 과학교육과, ² 서울대학교 지구과학교육과, ³ 서울대학교 지구환경과학부, ⁴ 서울대학교 교육융합연구원 #교신저자: kapark@snu.ac.kr	



포스터-발표

11월 5일(목)

13:30-15:10	GeoAI데이터 활용 - 수자원, 재해, 지질, 항공우주, 환경 I GeoAI모델 개발 및 분석 - 데이터 분석, 데이터 퓨전 좌장: 이태희 [한국해양과학기술원]
13:30-13:40	EarthCARE 라이다 기반 GK-2A/AMI 인공지능 구름탐지의 관측 조건·구름 유형 통합 성능 평가 유종원 ^{1,*} , 임규리 ² , 이윤곤 ^{2,#} ¹ 충남대학교 지구환경·우주융합학과, ² 충남대학교 천문우주학과 #교신저자: yglee2@cnu.ac.kr
13:40-13:50	GOCI-II 기반 딥러닝 및 물리 모델을 활용한 다중위성 융합 지표반사도 산출 한도희 ^{1,*} , 정승택 ⁴ , 하중성 ⁴ , 염종민 ^{1,2,3,#} ¹ 전북대학교 기후환경에너지융합학과, ² 전북대학교 지구환경학과, ³ 전북대학교 물질에너지 기초과학연구소, ⁴ 한국항공우주연구원 위성활용부 #교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr
13:50-14:00	KOMPSAT-3와 Sentinel-2A/B 간 지표반사도 일관성 향상을 위한 교차보정 기법 개발 송시은 ^{1,*} , 이정호 ² , 이선구 ² , 정승택 ² , 염종민 ^{1,3,4,#} ¹ 전북대학교 기후환경에너지융합학과, ² 한국항공우주연구원 위성활용부, ³ 전북대학교 지구환경학과, ⁴ 전북대학교 물질에너지 기초과학연구소 #교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr
14:00-14:10	위성 기반 LST를 활용한 남한 지역의 고온가뭄 복합재해 시공간적 분석 이재안 ^{1,*} , 이성혁 ¹ , 배재구 ¹ , 박소련 ¹ , 이도이 ¹ , 손상훈 ¹ , 김진수 ^{2,#} ¹ 국립부경대학교 공간정보시스템공학전공, ² 국립부경대학교 지구환경시스템과학부 위성정보융합공학전공 #교신저자: jinsookim@pknu.ac.kr
14:10-14:20	다목적실용위성 3/3A 영상 의미론적 분할의 정확도-처리속도 간 최적화 김강민 ^{1,*} , 김동진 ² , 김도원 ² , 염종민 ^{1,2,3,#} ¹ 전북대학교 지구환경학과, ² 전북대학교 기후환경에너지융합학과, ³ 전북대학교 물질에너지 기초과학연구소 #교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr
14:20-14:30	Sentinel-2 다중지수를 이용한 낙동강 하구인 수환경의 계절별 등급화 및 공간변화 분석 (2016-2025) 문지민 ^{1,*} , 이신우 ² , 최진 ² , 배미정 ³ , 유재형 ^{1,2,#} ¹ 충남대학교 지질환경학과, ² 충남대학교 지구환경·우주융합학과, ³ 국립낙동강생물자원관 다양성예측평가부 #교신저자: jaeyu@cnu.ac.kr
14:30-14:40	편마암의 SWIR 분광특징을 활용한 기계학습 기반 일축압축강도 등급 분류 조혜원 ^{1,*} , 이경은 ² , 유재형 ^{1,2,#} ¹ 충남대학교 지질환경학과, ² 충남대학교 지구환경·우주융합학과 #교신저자: jaeyu@cnu.ac.kr
14:40-14:50	대전·세종 지역의 GIS 및 통계분석을 이용한 지반함몰 위험성 예측 반수민 ^{1,*} , 이예빈 ¹ , 최한나 ^{1,#} ¹ 한국지질자원연구원 #교신저자: pythagoras84@kigam.re.kr
14:50-15:00	침수흔적도와 위성영상 기반 침수영역의 공간적 일치성 분석 이건우 ^{1,*} , 한대현 ^{1,#} ¹ 국립순천대학교 인공지능공학전공 #교신저자: daehyeon@scnu.ac.kr
15:00-15:10	물리정보 신경망을 활용한 한반도 주변 해수면온도 예측 성능 분석 주승세 ^{1,*} , 박경애 ^{2,#} ¹ 서울대학교 교육융합연구원, ² 서울대학교 지구과학교육과 #교신저자: kapark@snu.ac.kr



포스터-송출

11월 5일(목)

09:00-17:00

좌장: 손영백 [한국해양과학기술원]

GeoAI데이터 제작 및 공유 - 데이터 포맷, 기타

저고도용 다중대역 SAR 기반 실시간 영상화 시스템

김용민^{1,*}, 이재석², 문효이² | ¹국방과학연구소, ²한화시스템

#교신저자: lovefortajo@gmail.com

과거 LULUCF 부문의 MRV 체계 구축을 위한 시계열 데이터 파이프라인 구성

조영철^{1,*}, 정봉석¹, 이명진^{1,*} | ¹한국환경연구원

#교신저자: leemj@kei.re.kr

GeoAI모델 개발 및 분석 - 데이터 분석, 데이터 분할, 기타

원격탐사 및 GIS 코딩 에이전트의 정확성 평가를 위한 실행 기반 벤치마크 설계

박강현^{1,*}, 이동호¹, 이선구^{1,*} | ¹한국항공우주연구원 위성활용연구팀

#교신저자: leesg@kari.re.kr

딥러닝 기반 특징 매칭 및 초해상도 기법을 이용한 다중해상도 위성영상 상호등록

임윤교^{1,*}, 이양원^{2,*} | ¹국립부경대학교 지구환경시스템과학부, ²국립부경대학교 지구환경시스템과학부 위성정보융합공학전공

#교신저자: modconfi@pknu.ac.kr

산불위험지수 개선을 위한 위성 자료 활용 방안 연구: 계절 편향의 영향을 중심으로

안지혜^{1,*}, 손은하^{1,*} | ¹국가기상위성센터 위성분석과

#교신저자: soneh0431@korea.kr

물리량 보존 제약에 기반한 해양 기후 모델 초해상화 인공지능 모델의 성능 향상

백원경^{1,*}, 장은나¹, 진현근², 박군도², 이은경¹ | ¹한국해양과학기술원 해양위성센터, ²한국해양과학기술원 해양순환기후연구부

#교신저자: wk.baek@kiost.ac.kr

Regional Assessment of Groundwater Hydrochemistry and Quality in the Chungcheong Region, South Korea

한수연^{1,*}, 한종규¹, 최한나^{1,2,*} | ¹한국지질자원연구원, ²UST 과학기술연합대학원대학교

#교신저자: pythagoras84@kigam.re.kr

Stumpf 밴드비와 NDTI를 활용한 Sentinel-2 기반 SDB 정확도 개선

이호승^{1,*}, 이기훈¹, 김태호¹, 김계림^{1,*} | ¹(주)유에스티21

#교신저자: klkim@ust21.co.kr

클래스 구성과 다중속성 조합에 따른 갯벌 항공수심라이다 점군 분류 특성 분석

송아람^{1,*}, # | ¹경북대학교

#교신저자: ars@knu.ac.kr

다지역 항공영상과 대규모 사전학습 백본을 활용한 토지피복 분할 성능 개선

김동연^{1,*}, 임동현¹, 채규열^{1,*} | ¹주식회사 마인드포지

#교신저자: kyhae@mindforge.kr

GeoAI데이터 활용 - 공간정보, 극지, 재해, 항공우주, 해양, 수자원

지리공간 이질 데이터 관리를 위한 데이터 티어링 전략의 실데이터 기반 비교 평가

이수연^{1,*}, 하가연¹, 정연홍^{1,*} | ¹한국원자력통제기술원

#교신저자: jyh1404@kinac.re.kr

비접근지역 지형 모니터링을 위한 국토위성 입체시 성능 평가

오재홍^{1,*}, 류재욱¹, 이창노^{2,*} | ¹국립한국해양대학교, ²서울과학기술대학교

#교신저자: changno@seoultech.ac.kr



포스터-송출

11월 5일(목)

위성영상 분석으로 본 공동주택 건설의 사회경제적 현상

정의천^{1,*}, 김윤수¹, 김은선¹, 이광재^{1,#} | ¹한국항공우주연구원

#교신저자: kjlee@kari.re.kr

드론 실감정사영상과 인공지능을 활용한 경로당 접근경로의 보행환경 안전성 평가

김지환^{1,*}, 김용현¹, 김혜성¹, 박다정¹, 김승훈¹, 박진솔¹, 장세진¹, 김장욱^{1,#} | ¹(주)올포랜드

#교신저자: jango@all4land.com

위성 SAR 자료를 활용한 TomoSAR 기법 기반 3차원 산란원 추출 실험

이승재^{1,*,#}, 오관영¹ | ¹한국항공우주연구원 위성활용지원팀

#교신저자: jelline15@kari.re.kr

시공간 및 사용자 맥락을 반영한 LLM 기반 관광 경로 추천 시스템

윤형섭^{1,*}, 안용근^{1,#}, 노원준¹, 최근호¹ | ¹(주)올포랜드

#교신저자: anferry@all4land.com

지시문 추상화 및 도구 호출 기록 합성을 활용한 관광 서비스 코드 에이전트 학습 데이터 구축

노원준^{1,*}, 안용근^{1,#}, 최근호¹ | ¹(주)올포랜드

#교신저자: anferry@all4land.com

위성 스테레오 DSM을 이용한 남극 정착빙 표면 변형의 기하학적 분해: 테라노바만 장보고과학기지 전면의 개빙 전 관측

정용식^{1,*,#}, 박진구¹, 박정원¹ | ¹극지연구소

#교신저자: yongsik@kopri.re.kr

위성 기반 사면 취락성 모델을 통한 2026년 빙하 토석류 피해 분석 - 네팔 트리슈리 구역

유하은^{1,*}, 황의호¹, 최성화¹, 손찬영¹, 강기묵^{1,#} | ¹K-water연구원 수자원위성연구소

#교신저자: mook0416@kwater.or.kr

수자원 재해 대응을 위한 위성 GeoAI기반 다중 탐지 기술 개발

고수정^{1,*,#}, 윤동현¹, 남기범¹, 김영준¹, 강기묵¹, 황의호¹ | ¹K-Water연구원 수자원위성연구소

#교신저자: sgo1@kwater.or.kr

A Spatial-Temporal Graph Transformer for Space Collision Risk Assessment and Decision Support in Space Situational Awareness

Birir Sospeter Kipchirchir^{1,*}, 김형주², 김판구^{3,#} | ¹조선대학교 컴퓨터공학과, ²조선대학교 AI 부트캠프사업단,

³조선대학교 AI.SW학부(컴퓨터공학전공)

#교신저자: pkkim@chosun.ac.kr

해양데이터 기반 스마트오션빌리지 플랫폼: 교육·관광·산업·지속가능성의 연계

윤가람^{1,*}, 이철용^{1,#}, 한현경¹, 채기영² | ¹한국해양과학기술원 해양빅데이터·AI센터, ²한국해양과학기술원 해양정책연구센터

#교신저자: cylee82@kiost.ac.kr

위성영상 기반 해양감시를 위한 Task-Driven 초해상화 기반 소형선박 분류 기법

심혜지^{1,*,#} | ¹한국항공우주연구원

#교신저자: havewisdom@kari.re.kr

지형 공간 특성을 활용한 머신러닝 기반 부유식 태양광발전 시스템 입지 수계 분류

김소연^{1,*}, 박시원¹, 이준현¹, 강민경², 현창욱^{1,#} | ¹동아대학교 환경·에너지공학부 미래에너지공학전공, ²동아대학교 대학원 에너지·자원공학과

#교신저자: cuhyun@dau.ac.kr

GEOAI DATA 지구의 DATA

데이터로 지구를 이해하고, GeoAI로 내일을 만듭니다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)

장소. 파르나스호텔제주

주최.  **대한지오에이아이데이터학회**

주관.  **국립생태원**
NATIONAL INSTITUTE OF ECOLOGY

 **국립환경과학원**

 **KOPRI**
국지연구소

 **KIGAM**
한국지질자원연구원

 **KIMRI**
한국화학연구원

 **KIOST**
한국해양과학기술원

 **KEI**
한국환경연구원
Korea Environment Institute

후원.  **UST21**  **GEOSTORY**
(주)지오스토리

 **한화오션**
Hanwha Ocean

 **AMP**
AIR MOBILITY PLATFORM

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 4일(수) | 콘스텔라홀 A | 15:00-16:30

[특별세션]

SAR-광학 위성영상 분석 및 활용

좌장: 한근혁((주)지오스토리)

공간 및 분광 정보 보존을 위한 딥러닝 기반 SAR-광학 이중 영상 융합 알고리즘

이어루^{1,*}, 김준수³, 한근혁², 정형섭^{1,#}

¹서울시립대학교 공간정보공학과, ²(주)지오스토리 플랫폼융합팀, ³(주)지오스토리 AI 기술연구본부 AI 기술팀

#교신저자: hsjung@uos.ac.kr

재난 대응 및 도시 변화 모니터링을 위해서는 지표의 공간적 구조와 분광 특성을 모두 파악할 수 있는 고해상도 위성 영상이 필수적이다. 이를 위해 공간 정보가 정밀한 SAR 영상에 광학 영상의 다중분광 정보를 주입하는 이중 센서 융합 기술이 요구되나, 실제 관측 환경에서 고해상도 참조 영상을 확보하기 어렵다는 점은 지도학습 기반 모델 구축의 근본적인 한계로 작용한다.

본 연구는 이러한 제약을 극복하고자 최소평균제곱오차(MMSE) 기반 융합 결과를 학습 참조 영상으로 활용하는 딥러닝 기반 다중분광 주입 기법을 제안한다. 먼저 정규화 매개변수를 통해 공간 상세 정보 주입과 분광 정보 보존 간의 균형을 조절하여 2.5m 해상도의 융합 참조 영상을 구축하였다. 이후 다중분광 정보가 결합된 이 참조 영상을 목표치로 설정하고, V-Net 기반 이중 입력 구조에 MDTA(Multi-Dconv Head Transposed Attention) 블록을 결합한 신경망을 설계해 4 밴드 융합 영상을 추정하도록 학습하였다.

서울 지역을 촬영한 위성 영상 8 쌍을 대상으로 학습 및 시험 자료를 영상쌍 단위로 분리하여 실험한 결과, 미학습된 2 개의 시험 영상쌍에서 참조 영상 대비 PSNR 41.13 dB, SSIM 0.9859, SAM 1.11°의 우수한 일치도를 도출하였다. 이는 분광 정보가 부재했던 고해상도 SAR 영상의 활용성을 극대화할 뿐만 아니라, 긴급한 상황 판단과 대규모 관측 자료 처리가 필수적인 재난 관리 및 도시 모니터링 실무 환경에 즉각적으로 적용 가능한 핵심 원천 기술이자 방법론적 기반을 확립했다는 데 의의가 있다.

사사

이 논문은 서울시 산학연 협력사업 2026년도 우주 기술사업화 지원 사업(SA260021)의 지원을 받아 수행된 연구임

DINOv3 기반 모델을 활용한 항공영상 토지피복 분류 연구

김준수 ^{1,*}, 한근혁 ^{1,#}

¹(주)지오스토리

#교신저자: hyouk93@geostory.co.kr

고해상도 항공영상을 이용한 토지피복 분류에 비전 파운데이션 모델을 적용하기 위해서는 분류 성능과 제한된 연산 환경에서의 학습·운용 가능성을 함께 고려해야 한다. 이에 본 연구에서는 DINOv3 기반 토지피복 분류 모델을 개발하고, 경기 지역 항공영상을 대상으로 분류 성능과 실무 적용 가능성을 검토하였다.

모델은 사전학습된 DINOv3 ViT-7B 백본에 Mask2Former 기반 인스턴스·시맨틱 하이브리드 디코더를 결합하여 구성하였다. 백본에서 추출한 다중 계층 특징을 활용하여 픽셀 단위 분류를 수행하고, 건물·주차장·비닐하우스는 개별 객체 단위로 학습하였다. 입력자료는 RGB 항공영상을 512×512 픽셀 타일로 분할하여 구성하였으며, 국토지리정보원 토지피복 코드를 건물, 주차장, 도로, 산림·식생, 논, 비닐하우스, 밭, 나지, 수계 및 배경의 10 개 클래스로 재분류하였다.

연산 자원의 제약을 고려하여 백본 가중치 대부분을 동결하고 마지막 두 트랜스포머 블록과 최종 정규화 계층을 미세조정하면서 디코더를 함께 학습하였다. 혼합정밀도 연산과 소배치 학습을 적용하여 제한된 연산 환경에 대응하고, 클래스별 손실 가중치를 부여하여 학습자료의 불균형을 고려하였다. 아울러 외부 네트워크 연결 없이 대용량 항공정사영상을 처리할 수 있도록 구현하고, SAM 2.1 기반 객체 경계 스냅과 건물·비닐하우스 윤곽의 직교 정형화를 후처리에 연계하였다.

테스트셋 평가 결과, 건물과 비닐하우스 등 주요 피복 유형에서 양호한 분류 성능을 확인하였다. 다만 일부 유형에서는 유사 피복 간 혼동과 부분적인 미탐지가 나타났다.

본 연구는 분류 성능을 확보하면서도 대규모 서버 인프라 없이 제한된 연산 자원에서 미세조정 학습과 추론이 가능한 모델을 구현하였다는 점에서 의의가 있다. 이는 지자체 공간정보 갱신 및 국토 모니터링 업무의 AI 도입 장벽을 낮추는 데 기여할 것으로 기대된다. 향후 위성영상에 확대 적용하고, 영상 특성을 고려한 추가 학습과 성능 검증을 통해 광역 토지피복 분석으로 확장하고자 한다.

사사

이 논문은 서울시 산학연 협력사업 2026 년 우주 기술개발/기술사업화 지원사업(우주 R&D)(SA260021)의 지원을 받아 수행된 연구임

불확실성 기반 토지피복 지도 검수 우선순위화: 공간 분리 평가

최일훈^{1,2,*}, 정형섭^{2,#}

¹(주)지오스토리, ²서울시립대학교

#교신저자: hsjung@uos.ac.kr

고해상도 토지피복 지도의 자동 제작이 보편화되었으나, 방대한 면적에 대한 전수 품질검수(QC)는 비현실적이다. 본 연구는 "정확도를 높이는 것"이 아니라 "제한된 검수 자원을 어디에 배분할 것인가"에 주목하여, 예측 불확실성을 검수 우선순위로 활용하는 방법을 평가한다. 인접 타일의 공간 자기상관에 의한 성능 과대평가를 막기 위해 1:5,000 도엽 단위로 학습·시험을 완전히 분리(공간 분리 평가)하고, 4 종 세그멘테이션 모델(U-Net, DeepLabV3+, SegFormer, Mask2Former)에 MC Dropout 을 적용하였다. 정답을 아는 사후 진단에서는 면적 20% 검수로 오류의 32.9%를 포착하였으나(무작위 대비 1.64 배), 정답을 모르는 운영 조건에서는 예측 기반 포착률이 17.6%로 무작위 수준(20.05%)에 그쳤다. 이 격차는 타일 평균 불확실성의 한계를 보여주며, 객체 단위 위험 가중치 후속 과제임을 시사한다. 아울러 20 회 다중 추론이 단일 추론 대비 이득이 없어(AUROC 차 ≤ 0.0014), 운영 비용 절감 가능성을 확인하였다.

보조 분류기를 활용한 Edge NPU 토지피복 분할 모델의 재학습 없는 추론 가속

황예진^{1,*}, 임동현¹, 채규열^{1,#}

¹(주)마인드포지

#교신저자: kychae@mindforge.kr

Edge NPU 기반 시맨틱 세그멘테이션에서는 양자화를 통해 정확도가 유지되더라도 NPU 미지원 연산의 CPU fallback 으로 인해 추론 성능이 크게 저하될 수 있다. 본 연구에서는 AI Hub 의 25 cm 해상도 토지피복 데이터셋을 1.5 m 해상도로 변환하여 12 클래스 토지피복 분류를 위한 학습 데이터로 구성하고, 이를 기반으로 학습한 HRNet-OCR 을 DEEPX M1 NPU 에 w8a8 PTQ(EMA calibration) 방식으로 배포하였다. 양자화 모델의 mIoU 는 0.6701 로 FP32 baseline(0.6688)과 유사하게 유지되었으나, OCR 모듈의 attention 연산이 NPU 미지원 연산으로 판별되어 CPU fallback 이 발생하였으며, 이로 인해 512x512 이미지당 1348.35ms 의 추론 시간이 소요되었다. 이에 그래프 분석을 통해 유일한 fallback 지점인 OCR attention 연산을 제거하고, 학습 과정에서 존재하는 경량 보조 분류기(aux_head)의 출력을 최종 출력으로 사용하는 ONNX 그래프 서저리 방법을 제안하였다. 제안 방법은 가중치 변경이나 추가 재학습 없이 적용되었으며, CPU fallback 을 완전히 제거하여 추론 시간을 74.98 ms 로 단축, 기존 대비 18.0 배의 속도 향상을 달성하였다. 또한 mIoU 는 0.6806 으로 풀 OCR 헤드 대비 1.05%p 향상되었으며, Pixel Accuracy 는 0.8678 에서 0.8682 로 유지되었다. 본 결과는 학습 시 존재하는 보조 경로를 활용한 재학습 없는 그래프 최적화가 Edge NPU 환경에서 추론 효율과 정확도를 동시에 개선할 수 있는 실용적인 배포 최적화 전략임을 보여준다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 4일(수) | 콘스텔라홀 B | 15:00-16:30

[특별세션]

생태AI 빅데이터 구축 및 활용

좌장: 김정철(국립생태원)



생태정보시스템 개편을 통한 사용자 중심 생태정보 제공 체계 구축

윤다운^{1,*}, 김정철¹, 윤성수¹, 이주은¹, 권용수^{1,#}

¹ 국립생태원

#교신저자: kwonys@nie.re.kr

국립생태원은 생태분야 연구·조사자료의 입력과 개방을 위해 원자료입력시스템과 EcoBank 로 이원화하여 관리해 왔으나, 이로 인해 자료 표준화·연계의 어려움과 중복된 시스템 운영·예산 문제가 지적되어 왔다. 이에 본 사업에서는 두 시스템을 하나로 통합하여 사용자 중심의 서비스로 개편하고자 하였다. 통합된 EcoBank는 이용 주체에 따라 대국민서비스와 내부 업무지원 서비스로 구분하여 재구조화하였다.

대국민서비스는 산재된 메뉴를 정비하여 5 개 영역(생태공간정보·데이터개방·연구·시민참여·알림소통)으로 재편하였다. 이 중 생태공간정보는 다중 검색 필터, 엑셀 다운로드, 통계·분석 기능을 통합한 자료검색 체계로 전환하고, 상세자료 제공이 어려운 멸종위기종 등은 통계지도로 제공해 접근성을 높였다. 데이터 개방은 Open API 인증을 일반 인증과 국가중점개방 데이터 인증으로 분리해 절차를 명확히 하였고, 연구활용은 DOI 발행자료의 검색·저장·인용 기능을 강화하였다. 아울러 시민참여 영역을 신설해 지도·주제·맞춤형 참여사업 정보를 제공하였다.

내부 업무지원 서비스는 원자료입력시스템을 EcoBank 의 생태통로와 로드킬 서비스와 단일 로그인 체계로 통합하고, 원자료입력시스템을 활용하는 6 개 조사사업(전국자연환경조사, 멸종위기종조사 등)별 권한에 따라 메뉴가 자동 구성되도록 개선하였다. 특히 신규 조사사업 추가 시에도 별도 시스템 개발 없이 대응 가능하도록 관리자가 조사 항목과 권한을 직접 설정할 수 있도록 범용성을 강화하였다. 더불어 회원관리와 현지조사표 입력은 엑셀 일괄등록과 표준화된 항목으로 개선해 반복적인 수기 입력 부담을 완화하였다.

본 개편으로 대국민 서비스는 이용자가 목적에 맞는 생태정보를 빠르게 탐색·활용하는 통합 플랫폼으로 전환되고, 내부 업무지원 서비스는 조사 전 과정의 입력 효율과 데이터 정합성을 높여 행정 부담을 경감할 것으로 기대된다. 또한 메뉴 통합과 권한 기반 접근 체계는 향후 신규 사업 확대 시 소요 비용 최소화의 기반이 될 것으로 전망된다.

지능형 생태정보 서비스 구현 및 EcoBank 대상 시범 적용

심승우^{1,*,#}, 권용수¹, 윤성수¹

¹국립생태원 지능생태정보실 생태빅데이터팀

#교신저자: simsw@nie.re.kr

국립생태원 EcoBank 는 생태·자연도, 전국자연환경조사 데이터, 시민참여 조사 데이터 등 다양한 생태정보를 통합하여 검색·조회, 지도 기반 정보 표시, 다운로드, Open API 등의 형태로 제공하는 데이터베이스이다. 그러나 자료별로 조사 목적, 공간 단위, 속성 등이 상이하고 인터페이스가 복잡하여 사용자의 정보 접근성 및 이용 편의성이 낮다는 문제점이 제기되어 왔다. 이에 본 연구에서는 사용자의 자연어 질의문을 기반으로 EcoBank 데이터를 조회하여 맞춤형 답변을 제시하고 통계 분석 결과까지 제공하는 지능형 생태정보 서비스를 구현하고자 하였다. 이를 위해 먼저 EcoBank 데이터의 목록, 스키마 및 표본값을 정리한 후 대표 질의별 기준 답안을 확정하고 실제 조회가 가능하도록 자료를 연계하는 서비스 모델을 설계하였다. 모델은 사용자 질의문을 생물종, 지역, 기간, 자료 조건 등을 기준으로 구조화한 후 EcoBank DB 구조에 맞는 조회·분석 조건으로 변환하고, 조회·분석 결과를 단일 인터페이스 내에서 제시하도록 설계하였다. 또한 접근 권한과 공개 범위를 반영하여 민감정보와 정밀위치 노출을 통제하여 제공하는 기능도 구현하였다. 최종적으로 표출되는 결과는 대화형 질의응답 패널, 공간분포 지도, 그래프와 같은 형태의 통계 분석 결과, 답변 근거 문서 등으로 구성된다. 모델의 성능 평가는 기존 EcoBank 이용 방식과의 소요시간, 접근성, 이해도, 사용자 의견을 비교하는 방식으로 수행할 예정이다. 본 연구는 자연어 기반 탐색·분석·시각화 파이프라인의 EcoBank 적용 가능성을 검증하고, 향후 지능형 생태정보 서비스의 적용 범위와 고도화 우선순위를 제시할 것으로 기대된다.

생태 연구데이터의 개방성 및 신뢰성 향상을 위한 통합 데이터 모델 구축 방안

윤성수 ^{1,*,#}, 윤다운 ¹

¹ 국립생태원 생태빅데이터팀

#교신저자: yssfran@nie.re.kr

국립생태원은 그간 EcoBank, 원자료입력시스템, 생태모방 등 8 개 연구정보시스템을 운영해 왔으나, 개별 시스템마다 상이한 데이터 구조를 적용하여 정보의 통합 연계와 활용에 구조적인 제약이 존재했다. 본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 단순한 물리적 수치 중심의 정비를 넘어, 실제 데이터 흐름과 생태 조사 업무의 맥락을 적극적으로 반영한 ‘종 코드 및 속성정보 통합’, ‘생태 조사 수집 정보 표준화’, ‘데이터베이스(Database, 이하 DB) 구조 표준화’라는 세 단계의 핵심 워크플로우를 보여준다. 첫째, 종 코드 및 속성정보 통합 과정은 원자료입력시스템의 국가생물종분류코드(Korean Taxonomic Serial Number, KTSN), 생태모방의 생명의 백과사전(Encyclopedia of Life, EOL), EcoBank 의 세계생물다양성정보기구(Global Biodiversity Information Facility, GBIF) 등 파편화된 식별 체계를 상호 연계 가능한 통합코드(KTSN-GBIF-EOL)로 일원화하는 작업이다. 이와 함께 분류군마다 서로 다른 컬럼에 분산된 속성 정보를 23 개로 통합하고, 응용 프로그램 인터페이스(Application Programming Interface, API) 연계 정보 및 관리 부서 등 기존 자료의 주체를 명확히 규정해 나간다. 둘째, 조사 수집 정보 표준화 과정은 동일 의미의 속성정보가 다수 컬럼으로 나뉘어 가로로 확장되는 비표준 구조와 수기 입력 오류를 개선하는 데 중점을 둔다. 이를 위해 좌표 중심의 기준자료 추출 방식을 도입해 오류를 최소화하고, 분산된 속성정보를 단일 컬럼으로 통합하여 데이터가 일관되게 누적되도록 재편하며, 전국자연환경조사 및 멸종위기야생생물 조사 조사 방법에 맞춰 수집 항목을 정비를 목표로 한다. 셋째, 업무 맥락 기반의 DB 구조 표준화 과정은 개별 사업 단위로 생성되던 기존 테이블 구조를 탈피하여, 사업, 조사 이벤트, 종, 수집 정보 등 실제 현장 업무를 기준으로 정규화된 통합 테이블 모델을 설계함으로써 데이터 무결성을 확보해 나가는 단계이다. 현재 진행 중인 본 연구는 시스템 개방 구조를 일원화하고 데이터 품질을 높여, 향후 신뢰성 있는 데이터를 바탕으로 과학적인 자연환경보전 정책 결정을 지원할 것으로 기대된다.

사사

NIE-B-2026-01

공공기록물·공공데이터·저작권 관련 법령의 교차구조 분석과 AI 실무적용 방안

정다솜^{1,*}, 우승현^{1,#}, 이홍열¹, 이주은¹

¹ 국립생태원 지능생태정보실 지능정보전략팀

#교신저자: champihyun@nie.re.kr

공공기관이 생산하는 데이터성 기록은 법적으로 단일하지 않다. 공공기록물법은 보존, 공공데이터법은 개방, 저작권법 및 공공저작물 지침은 권원 및 이용·활용의 대상으로 규정하며, 데이터성 기록에 대해 각각 상이한 법적 개념을 적용한다. 이러한 개념들은 상호 배타적이지 않고 하나의 정보자원에 중첩되어 병존할 수 있다. 그런데 세 법령은 상호참조가 일방적·제한적으로 운영되어 실무자가 타 법령의 의무를 파악하기 어렵고, AI 추론 기능 결합으로 새로운 법적 공백도 발생하고 있다. 본 발표는 조문대조와 텍스트계량 분석으로 각 법령의 교차구조를 규명하고 실무 대응방안을 제시하고자 한다.

관련 법률 등(법률 2 종, 시행령 3 종, 행정규칙 2 종, 실무지침 2 종, 총 9 종)을 전수조사하여 조문대조와 텍스트계량 분석을 병행하였다. 세 법령은 동일·유사한 문구로 상호 적용범위를 달리 규정해 형식적 법적 우위 관계는 확인되지 않았지만, 보존층(기록물법) - 권원층(저작권법) - 개방층(데이터법)의 3층 스택 구조가 확인되었고, 상호인용 33 회 전량(100%)이 데이터 규범군에서 발신되어 그 역방향 인용은 전무했다. 위반 제재는 기록물법령에서만 무단폐기 7 년 이하 징역을 규정하고 있어 제재 수준에서도 비대칭성이 나타났다. 아울러 ‘전자문서’ 탈락 등 정의의 연쇄, DB 제작자 권리 함정, AI 추론 결합 시스템의 관리대상 재분류, 이원적 삭제 거버넌스, 공개 주기 불일치라는 다섯 가지 실무 충돌지점을 확인하였다.

본 발표에서의 핵심 쟁점은, 보존이 개방의 전제이고 권원이 개방의 자격이며 개방은 다시 보존의 목적으로 연결되는 상호 연계된 순환구조를 형성한다는 점이다. 그러나 데이터를 개방한 이후 보존과 관리상태를 확인하고 제어할 수 있는 환류체계의 부재가 세 법령 체계의 구조적 한계이다. 이에 업무별 교차 체크리스트와 함께 ①데이터·기록·권리 3 자 협업체계 신설, ②데이터의 폐기와 개방을 연동한 양방향 통보 체계, ③AI 산출물의 법적 지위 규정, ④가공된 개방 DB 가 원본에서 파생된 것을 증명하는 진본성 승계 표준절차 수립이라는 네 가지 실무 대응 방안을 제안한다. AI 학습이라는 목적이 더해진 지금, 단절된 역류 통로를 잇는 거버넌스 복원이 필요함을 논의하고자 한다.

참고문헌

1. 행정안전부. (2025). *공공기록물 관리에 관한 법률* (법률 제 21066 호, 2025. 10. 1. 타법개정, 2025. 10. 1. 시행).
2. 행정안전부. (2026). *공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률* (법률 제 21392 호, 2026. 2. 27. 타법개정, 2026. 8. 28. 시행).
3. 문화체육관광부. (2026). *저작권법* (법률 제 21336 호, 2026. 2. 10. 일부개정, 2026. 8. 11. 시행).
4. 문화체육관광부. (2023). *공공저작물 저작권 관리 및 이용 지침* (문화체육관광부고시 제 2022-54 호, 2023. 1. 1. 일부개정, 2023. 1. 1. 시행).

Species Distribution Model Framework Applied to Future Behavior Prediction Projects Overwintering Energy Deficit of an EAAF Migratory Crane

강연재 ^{1,*,#}, 권용수 ¹, 김정철 ¹

¹국립생태원

#교신저자: ykang@nie.re.kr

Animal behavior represents a reliable proxy for an organism's physiological implications to climate change, and analyzing climate-induced behavioral modifications offers predictive insights to mitigate severe population-level consequences. Hence, we adapted the Species Distribution Model (SDM) framework to forecast behavior by linking a probabilistic behavior model to environmental covariates, and estimated the physiological costs that may arise from such changes. Using the East Asian–Australasian Flyway (EAAF) species as a model system, we first identified key environmental drivers across 13 wetland hubs on the South Korean Peninsula. We then modeled the overwintering trajectories of a key indicator species, white-naped cranes, using Hidden Markov Model (HMM) where the state probabilities of the behaviors are a function of the environmental covariates. To estimate future behavioral shifts, we projected 2031–2050 environmental conditions by training a Random Forest Regressor Chain based on the SSP2–4.5 meteorological scenarios. The behavior regime predicted by the forecasted environment suggests that future eutrophication and drought may force cranes into highly fragmented traveling and roosting bouts alongside reduced foraging, imposing considerable energetic costs to overwintering crane populations. Ultimately, this predictive framework can be applied to a wider range of species and reveal a broader pattern of ecological vulnerability to climate change.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 4일(수) | 카노푸스홀 | 15:00-16:30

[특별세션]

해양공간 및 자원 활용 연구 I

좌장: 김민석(부산대학교)



드론 및 위성을 이용한 천해역 수심추정 및 저서피복 분류 기술: 국내외 적용사례 소개

김원국 ^{1,*,#}, 백승일 ¹

¹부산대학교 사회환경시스템공학과

#교신저자: wonkook@pusan.ac.kr

연안 극천해역의 지형(수심) 및 저서환경 정보는 연안 침식 대응, 항행 안전, 해양 생태계 보전 등을 위한 핵심 기반 자료이다. 그러나 전통적인 음향측심이나 잠수 조사는 암초 및 극천해 구역의 접근성 한계와 높은 비용, 시공간적 해상도의 제약이 따른다. 본 연구에서는 광학 영상을 활용하여 광학적 천해역(Optically Shallow Water)의 수심을 정밀 추정하고 저서피복을 분류하는 물리 기반 원격탐사 기술을 정립하고, 국내외 주요 연안에 적용한 결과를 제시한다. 광학적 천해역에서 해저면 반사 신호는 대기 산란 및 해표면 태양광 반사광(Sun-glint)에 의한 잡음에 극히 민감하다. 이에 따라 본 연구에서는 영상 전처리 단계에서 정밀 대기보정과 글린트 보정을 엄밀하게 수행한 후, 복사전달 모델(HydroLight)을 활용하여 다양한 수질 특성, 수심 및 해저 기질(바닥 반사도) 조건에 대한 광범위한 복사 모의 데이터베이스를 구축하고, 이를 준분석적(Semi-analytical) 순방향 복사 모델(Forward model)로 체계화하였다. 최종적으로 순방향 모델의 역산(Inversion) 최적화 과정을 통해 수체 감쇄 영향과 저서 신호를 분리함으로써 수심과 저서피복을 동시에 산출하였다. 구축된 알고리즘의 신뢰성을 평가하기 위해 현장 단파음향측심 실측 수심 및 수중 드론·카메라로 촬영된 지점별 저서 영상 기반의 피도 자료와 비교 검증을 수행하였으며, 다양한 수심 대역과 기질 조건에서 높은 일치도와 안정적인 추정 성능을 확인하였다. 본 발표에서는 드론, 항공, 위성 센서의 다채로운 공간 해상도를 활용하여 국내 연안 및 국외 산호초·모래질 천해역 등 복합적인 해양 환경에 적용한 구체적인 실증 사례를 공유하고, 향후 다중 플랫폼 기반 연안 모니터링 시스템으로의 확장 가능성을 논의 한다.

사사

본 연구는 KIMST의 블루테크과제의 일환으로 수행되었습니다.

다중시기 위성영상을 활용한 특정 해역의 해상교통 현황 추정 가능성 평가

김태호^{1,*,#}, 전호군¹, 이나현¹, 최문기¹

¹(주)유에스티 21

#교신저자: thkim@ust21.co.kr

해상교통 현황을 정확하게 파악하는 것은 해양안전 관리와 해역 이용계획 수립을 위한 중요한 기초자료이다. 일반적으로 선박자동식별시스템(AIS) 자료가 활용되고 있으나, 미수신 구간이나 미탑재 선박으로 인해 해역 내 모든 선박의 활동을 파악하는 데에는 한계가 있다. 본 연구에서는 특정 해역을 대상으로 다중시기 위성영상에서 선박으로 추정되는 객체를 탐지하고, 시기별 분포와 누적 특성을 분석하여 해상교통 현황의 추정 가능성을 평가하고자 하였다. 위성영상에서 확인된 선박의 위치, 개수 및 공간적 분포를 비교함으로써 주요 통항 구역과 선박 활동이 집중되는 해역을 파악하였다. 연구 결과는 다중시기 위성영상이 기존 선박정보를 보완하고, 특정 해역의 해상교통 특성을 공간적으로 분석하는 데 활용될 수 있음을 보여준다. 향후 영상의 촬영주기와 공간해상도, 기상 및 해상상태에 따른 탐지 한계를 보완한다면 해상교통 모니터링과 해양공간 안전관리를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

해양 시추공 지반정보의 공간적 유사성 및 대표범위 분석

오태민^{1,*,#}, 권시윤¹

¹ 부산대학교 사회환경시스템공학과

#교신저자: geotaemin@pusan.ac.kr

해상풍력 및 해양 인프라 개발의 확대와 함께 해양 지반정보의 확보와 효율적 활용의 중요성이 증가하고 있다. 해양 지반조사는 높은 조사비용과 작업환경의 제약으로 인해 조사자료의 공간적 밀도 확보에 한계가 있다. 이에 따라 제한된 시추자료를 기반으로 주변 지반조건을 합리적으로 평가할 수 있는 방법론의 정립이 요구된다. 특히 해상 구조물의 기초 설계 및 부지 평가에서는 개별 시추공에서 획득된 지반정보가 주변 공간을 어느 범위까지 대표할 수 있는지에 대한 정량적 검토가 필요하다. 본 연구에서는 진해신항 해상부 시추자료를 대상으로 시추공 간 이격거리에 따른 지반정보의 유사성과 변동 특성을 분석하고, 지반정보의 종류에 따른 공간적 대표범위를 평가하고자 하였다. 이를 위해 시추주상도 기반의 지층 및 지반특성 정보를 표준화하고 시추공 간 지반조건을 비교하기 위한 공간적 지표를 설정하였다. 또한 시추공 조합별 이격거리와 지반정보 간 관계를 분석하여 거리에 따른 공간적 특성을 검토하였다. 본 연구는 해양 지반조사의 조사간격 설정 및 지반정보 활용범위 산정을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Sentinel-2 시계열자료와 SWOT 위성고도를 이용한 곰소만 갯벌 정밀 DEM 구축

이진교^{1,2,*}, 김근용^{1,2}, 이동욱^{1,3}, 유주형^{1,2,3,#}

¹한국해양과학기술원 해양위성센터, ²한국해양대학교 해양과학기술전문대학원 해양과학기술융합학과,

³과학기술연합대학원대학교 해양과학전공

#교신저자: jhryu@kiost.ac.kr

갯벌 지형정보는 조간대의 침식·퇴적과 갯골 변화 등 지형변화를 정량적으로 파악하기 위한 핵심 공간자료이다. 위성영상을 이용한 갯벌 수치표고모델(Digital Elevation Model; DEM) 구축은 일반적으로 서로 다른 조위조건에서 수륙경계선을 추출하고, 각 경계에 해당 시점의 수위를 부여한 뒤 TIN, IDW, Spline 등의 공간보간 방법을 통해 연속적인 지형을 복원하는 방식으로 수행된다. 그러나 기존 워터라인 방법은 위성영상에서 수륙경계의 위치만 관측할 수 있어 조위관측자료나 조위모델을 이용해 별도로 고도를 부여해야 하며, 워터라인 사이의 지형은 공간보간에 의존하므로 갯골과 같은 미세지형이 평활화될 수 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 개선하기 위해 수면고도를 직접 관측하는 SWOT 위성과 Sentinel-2 NDWI 시계열을 결합하여 대한민국 곰소만의 조간대 DEM 을 구축하였다. 기존 워터라인 기반 공간보간법인 IDW, TIN, Spline 과 화소별 침수정보를 이용한 두 방법, 그리고 인접 워터라인으로 제한되는 물리적 고도범위 내에서 화소별 연속 NDWI 침수전이 정보를 이용하는 제안방법 등 총 6 개 방법을 비교하였다. 모든 방법의 고도기준은 SWOT 에서 직접 관측된 수면고도로부터 산출하였다. 1 m 해상도 항공 LiDAR 를 이용한 검증 결과, 제안방법은 RMSE 0.284 m 와 R^2 0.957 을 나타내어 가장 높은 정확도를 보였으며, 기존 공간보간법 중 가장 우수한 Spline(RMSE 0.456 m)보다 오차가 약 37.7% 감소하였다. 이러한 성능향상은 고도 및 경사 구간별 평가에서도 일관되게 나타났으며, 상세지역에서도 미세지형 재현성이 가장 높았다. 본 연구는 위성자료만을 활용하여 갯벌 지형도 제작과정에서 수위정보의 부여와 워터라인 사이 지형복원 방식을 개선하였으며, 향후 정밀한 갯벌 지형 모니터링과 장기적인 침식·퇴적 변화 분석에 활용될 수 있다.

사사

이 논문은 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00254717, 갯벌 공간정보 변화 모니터링 기술개발)(RS-2025-02220608, 지속가능한 해양 신산업 인재 양성을 위한 해양공간·자원 활용 연구)

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 4일(수) | 카노푸스홀 | 16:50-18:20

[특별세션]

해양공간 및 자원 활용 연구 II

좌장: 오탉민(부산대학교)



갯벌공간정보모니터링 다중센싱시스템을 이용한 갯벌지형 및 갯벌환경 모니터링

허현수^{1,*,#}, 김가현¹, 김경민¹

¹(주)지오스토리

#교신저자: caebc44@naver.com

갯벌은 물이 하루에도 두 번 썰물과 밀물이 이루어 지기 때문에 육상 측량의 방법으로도 측량의 어려움이 있고 선박 기반 수심측량의 방법으로 측량이 어려운 데이터 취득에 의한 모니터링이 어려운 지역이다. 지금까지 이러한 한계에 의하여 갯벌에 대한 공간정보 구축은 국립해양조사원에서는 단빔선박측량 50m 피치로 실시 하고 있으나, 소해측량이 아닌 임의의 측량 노선을 측량하는 방식으로 갯벌의 형상을 재현하지 못하거나, 변화모니터링의 자료를 구축하는 데에는 한계가 있으며, 국토지리정보원에서의 국가기본도 제작은 항공촬영 시 조간대에 대하여 조위시간에 대한 규정이 없어 항공사진에 촬영되는 구역에 대해서만 항공사진 촬영자료를 통하여 국가기본도가 제작되고 있는 실정이다.

항공수심라이다기술은 육역과 해역을 동시에 측량할 수 있는 기술로서 육역으로 부터 조간대, 저수심에 이르는 구역의 측량이 가능한 거의 유일한 방법으로서 조간대 갯벌지역 측량에 매우 뛰어난 효율, 그러니까 저비용, 단기간에 측량을 수행할 수 있다. 하지만, 갯벌의 탁도환경은 밀물과 썰물에 의한 부유물, 어두운 저질인 펄이 대부분이기 때문에 기본적으로 비교적 깨끗한 물에서 측량이 가능한 항공수심라이다 기법으로도 매우 도전적인 측량지역이다.

국립해양조사원에서는 갯벌지역과 주변 저수심 자료의 취득을 위하여 2015 년 연안해역정밀조사 안면도 및 양식장 부근 용역으로 부터 2016 년 연안해역정밀조사 비인만 부근, 2017 년 연안해역정밀조사 제부도 부근, 2018 년 연안해역정밀조사 태안반도 서부, 2019 년 연안해역정밀조사 인천부근, 2020 년도 해안선변화조사 서해 도서부 및 갯골분포도 제작 용역을 통하여 서해 일부 및 남해 일부의 조간대 갯벌지역을 항공수심라이다 측량방식으로 측량을 수행하였다.

본 연구에서는 6 년간 국립해양조사원에서 수행한 항공수심측량에 의한 조간대 갯벌측량 현황과 그간 정확도 검정을 수행한 내역에 대한 분석을 통하여 갯벌지역에 대한 항공수심라이다 사용에 대한 활용 가능성을 분석하고 '갯벌 공간정보 변화 모니터링 기술개발' 에서 연구 중인 갯벌 다중센싱 시스템 개발에 레퍼런스로 삼을 수 있는 과거 자료에 대한 분석을 수행하였다. 또한, 갯벌 다중센싱 시스템 개발 개요와 향후 연구방향에 대하여 기술한다.

핵심어: 갯벌공간정보, 항공수심라이다, 초분광센서

사사

본 연구는 2026 년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00254717, 갯벌 공간정보 변화 모니터링 기술개발)

파랑·조류 복합조건의 평형 세굴심 예측식 개발: 설명 가능한 기계학습 진단과 물리 논거의 결합

김민석^{1,*,#}, 김윤석¹, 김지성¹

¹부산대학교 사회기반시스템공학과

#교신저자: minseok.kim@pusan.ac.kr

해상풍력 등 해상구조물의 기초 설계를 위해서는 파랑과 조류가 함께 작용하는 조건의 평형 세굴심을 산정해야 한다. 그러나 설계에 활용되는 예측식은 대체로 파랑을 중심으로 개발되어, 파랑·조류 복합조건, 특히 조류가 우세한 조건에서는 예측이 어렵다. 이에 본 연구에서는 다양한 출처의 실험·현장 세굴 자료를 통합하고, 기계학습으로 기존 예측식의 누락 변수를 진단한 뒤, 이를 바탕으로 물리 논거를 활용하여 폐형식 예측식을 개발하였다. 통합 자료는 19 개 출처의 실험·현장 측정값 501 건으로 구성하였다. 누락 변수의 진단에는 XGBoost 회귀에 설명 가능한 인공지능(XAI) 기법인 SHAP(Shapley additive explanations)과 부분의존도 분석을 적용하였고, 진단된 변수의 함수형은 부분의존도에 나타난 응답 형태를 평형 토사수지 논거로 뒷받침하여 정하였다. 본 연구에서 개발한 예측식은 기존 식의 파랑항 형태를 유지하면서 조류항을 새로 도입하고, 두 항을 결합하는 형태로 구성하였다. 제안식은 무차원 입력 4 개와 적합 매개변수 5 개, 고정 상수 3 개로 구성되며, 출처 단위 교차검증에서 파랑 단독·복합·조류 단독 조건 모두 예측력을 유지하였다. 반면 기존 식은 조류의 비중이 커질수록 산정된 세굴심의 오차가 크게 증가하였고, 식의 계수를 본 연구에서 활용한 자료에 재적합하여도 조류가 주도하는 세굴은 예측하지 못하였다. 현장 자료에서도 제안식은 세굴심 예측을 크게 개선하였으나, 자료가 두 지점에 그쳐 현장 조건에서의 검증은 추가 자료 확보와 후속 연구가 필요하다.

사사

이 논문은 2025 년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(지속가능한 해양 신산업 인재 양성을 위한 해양공간·자원 활용 연구(RS-2025-02220608)).

부유식 해상풍력의 이해: 해양환경 데이터에서 단지 개발까지

여정환^{1,*,#}, 송창우¹

¹삼성중공업(주) 조선해양연구소

#교신저자: junghwan.yeo@samsung.com

부유식 해상풍력은 수심이 깊은 해역으로 해상풍력 개발 영역을 확대할 수 있는 기술로, 터빈, 부유체, 계류시스템, 앵커 및 동적케이블이 상호 연계된 복합 해양 발전 시스템이다. 실제 단지 개발과 설계에서는 풍향, 파랑, 해류, 수심, 해저지형 및 지반조건과 같은 해양환경 자료뿐만 아니라 항로, 어업, 환경 및 기존 해저 인프라 등 다양한 공간적 조건을 함께 고려해야 한다. 본 발표에서는 부유식 해상풍력의 시스템 구성과 주요 개발·설계 절차를 살펴보고, 해양환경 및 공간정보가 입지 검토, 단지배치, 통합하중해석, 계류·케이블 설계 등 실제 엔지니어링 과정에 어떻게 연계되는지를 소개한다. 마지막으로, 부유식 해상풍력 개발 과정에서 해양공간 데이터와 GeoAI 기술이 기여할 수 있는 주요 활용 영역을 제시한다.

연약지반 최종 침하 예측을 위한 계측 데이터 기반 예측식, 역해석 및 Transformer 의 비교

안재훈^{1,*,#}, 정재우², 배병규³

¹부산대학교 사회기반시스템공학과, ²(주)대농구조안전연구소 차장, ³(주)대농구조안전연구소 대리

#교신저자: jahn@pusan.ac.kr

연약지반에서는 성토하중 재하 후 장기간 압밀침하가 발생하므로, 시공 중 계측된 침하로부터 최종 침하를 예측하여 재하 하중의 제거 시점을 결정할 필요가 있다. 실무에서는 쌍곡선법, Hoshino 법, Asaoka 법 등의 예측식이 주로 사용되며, 최근에는 지반 물성을 보정하는 역해석과 계측 시계열을 학습하는 딥러닝이 대안으로 제시되고 있으나, 동일한 계측 조건에서 이들 기법을 함께 비교한 연구는 많지 않다. 본 연구에서는 연직배수재로 개량된 연약지반 현장에서 성토 완료 후 6 개월까지 계측한 지표침하 자료를 바탕으로, 예측식, 유한요소 역해석 및 성토하중 이력을 입력으로 하는 Seq2Seq-Transformer 의 최종 침하 예측 성능을 비교하였다. 유한요소 역해석에서는 계측 침하에 맞추어 점토층의 압축지수와 투수계수를 보정하였으며, 각 기법의 예측 성능은 최종 계측일의 침하에 대한 예측값의 오차로 평가하였다. 비교 결과, 세 기법 모두 최종 침하의 크기를 대체로 재현하였으며, 다수 지점에서 유한요소 역해석의 예측이 계측값에 가장 근접하였고 Seq2Seq-Transformer 가 그다음으로 근접한 것으로 나타났다. 예측식의 오차는 기법에 따라 차이가 컸으며, 성토 완료 후 6 개월까지의 계측 자료를 사용한 조건에서도 유한요소 역해석과 Seq2Seq-Transformer 에 비해 정확도가 상대적으로 낮은 경향을 보였다. 이러한 결과는 본 현장 계측 자료의 범위에서 확인된 것이며, 다양한 지반 조건과 성토 이력에 대한 추가 검증이 필요할 것으로 판단된다.

사사

이 논문은 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 지속가능한 해양 신산업 인재 양성을 위한 해양공간·자원 활용 연구(RS-2025-02220608) 및 해저공간 창출 및 활용 기술개발(No. 20220364)의 결과이며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 4일(수) | 미팅룸 A | 16:50-18:20

[특별세션]

산사태 발생 우려지역 스마트 조사 기술 개발 (Closed)

좌장: 이명진(한국환경연구원)

스마트 조사를 위한 산사태 발생 우려지역 조사 체계 정립

정봉석^{1,*}, 조영철¹, 이명진^{2,#}

¹한국환경연구원 국토환경연구본부 국토관리연구실 연구원,

²한국환경연구원 국토환경연구본부 국토관리연구실 연구위원

#교신저자: leemj@kei.re.kr

기후변화로 강우강도와 집중호우 발생이 증가하여 국내 산사태 피해가 증가하는 추세이고, 산지 개발 및 훼손에 의한 산림 환경의 변화로 산사태 피해가 더욱더 증가할 것으로 평가된다. 국내에서 산사태 발생 우려지역을 지정하여 관리하지만, 5 년 주기의 고정적 조사 체계와 육안 중심의 정성적 평가로는 증가하는 산사태 위험에 신속히 대응하기 어려운 실정이다. 이에, 광역 단위의 사전 선별과 현장조사 우선순위 제시가 가능한 정량적·데이터 기반 평가체계의 필요성이 대두되고 있다.

본 연구는 AI 기반 산사태 취약성 평가 기술을 개발하여 전수조사가 불가능한 광역 산지에서 고위험 구간을 사전에 선별하고, 한정된 조사 인력을 효율적으로 배분하는 것을 목적으로 한다. 1 차년도에는 충북(제천·충주) 지역을 대상으로 항공사진 판독 기반 산사태 발생 위치 2,408 개소를 디지털화하여 학습용 라벨 데이터를 구축하고, 토양·임상·지질·토지피복·지형 등 44 개 후보변수에 Frequency Ratio(FR) 분석을 적용하여 19 개 변수를 최종 선정하였다. 이후 트리·양상블·커널·신경망 계열의 8 개 기계학습 모델(Decision Tree, Bagging, Boosting, Random Forest, XGBoost, KRR, SVR, ANN)을 병렬 학습한 결과, Test AUC 기준 Random Forest(0.8147)가 최고 성능을 보였으나 Train AUC 1.000 으로 과적합 징후가 뚜렷하였고, Boosting 은 Train-Test 격차가 가장 작아 일반화 안정성이 우수한 것으로 나타났다. SHAP 분석을 통해 지형(계곡·경사) 및 임상 영급 변수가 예측에 중요하게 기여함을 확인하였다.

2 차년도에는 이 체계를 경북(예천·영주·문경·안동 등) 지역으로 확장 적용하여 교차검증을 수행하였다. FR·RF·Boosting 세 방법 모두 1 등급 비중이 54~59%로 유사한 분포를 보여 상호 적합성을 확인하였으며, 안동 현장조사 5 개 지역에 대한 검증에서는 두 모델의 등급 구성비가 대체로 일치하고, 현장조사가 이루어지지 않은 구역에서도 높은 취약성이 예측되어 향후 조사 우선순위 재조정의 근거를 제시하였다. 향후에는 경북 연구지역 최종 확정, FR 가중치 교차검증, 운영모델 최종 선정 및 산림 변화지역 탐지 등 신규 과업을 추진할 계획이다.

사사

본 논문은 한국환경연구원에서 산림청의 산사태 현장 대응 기술 개발 사업(RS-2025-02223445)의 지원을 받은“산사태 발생 우려지역 스마트 조사 기술 개발(2026028(R))” 사업의 연구결과로 작성되었습니다.

기계학습 기반 공간정보를 활용한 참조생태계 설정 방법론

김수미^{1,*}, 최재용^{1,#}, 김성열², 백혜정²

¹충남대학교 산림환경자원학과, ²(주)엔필드

#교신저자: jaychoi@cnu.ac.kr

생태복원 시, 참조생태계(Reference ecosystem)는 복원의 명확한 목표와 비전을 설정하고, 복원 성과를 정량적으로 평가하기 위한 생태학적 기준으로 활용된다. 참조생태계는 일반적으로 ‘참조대상지(Reference sites)’에서 수집된 생태학적 정보를 종합하여 ‘참조모델(Reference model)’을 구축하고 이를 바탕으로 설정된다. 그러나 설정 과정에서 온전히 보존된 생태계를 참조대상지로 선정하는 방식은 한국의 산림 역사와 교란 이력 등으로 인해 현실적인 한계가 존재한다. 또한 현장 점검과 전문가 판단을 중심으로 참조대상지를 선정하는 경우, 다양한 환경 요인의 공간적 분포와 식물의 생태적 요구 조건을 정량적으로 반영하는 데 한계가 있을 수 있다. 이에 본 연구는 기존의 현존 생태계 중심 접근을 보완하여, 식물종의 생태적 요구 조건으로부터 해당 입지에서 형성될 수 있는 잠재자연식생(Potential Natural Vegetation, PNV)을 추론하고 이를 참조생태계 설정에 활용하는 방법론을 제안하고자 한다.

이를 위해 183 종의 생태복원 대상 식물에 대한 문헌 기반 서식 환경 정보를 구축하고, 기후·지형·토지피복·Seed zone 등의 공간 환경 자료와 연계한다. 식물별 생태적 서식 조건을 한정요인법(Limiting factor method)에 기반한 서식지적합지수(Habitat Suitability Index, HSI)로 정량화하여 잠재서식공간을 도출한 후, 각 식물의 잠재서식공간을 학습자료로 활용한다. HSI의 환경 조건과 구분되는 환경 변수를 구성 및 적용하여 Random Forest(RF) 및 Boosted Regression Trees(BRT)로 기계학습을 수행함으로써 식물의 환경 요인 간 비선형적 관계를 분석한다. 이후 산림청에서 구축한 우리나라 Seed zone 중 2 개의 지역에서 모델을 비교·예측하여 지역 환경에 적합한 잠재자연식생을 도출하고, 해당 구역에 적합한 참조생태계의 청사진을 구축하고자 한다. 이를 통하여 문헌 기반 생태정보와 공간정보 및 기계학습을 결합한 한국형 참조생태계 설정 방법의 가능성을 제시하고자 한다. 향후 본 방법론은 다양한 생태복원 대상지에서 지역 환경 조건을 반영한 참조모델 구축과 복원 식물 선정 및 생태복원 의사결정 지원에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 사업 ‘(RS-2025-02223445)’의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김종원 (2006) 제 2 판 녹지생태학. 서울: 월드사이언스. p50-55
2. 산림청 (2023) 「자생식물 종자 정보(IP) 구축 사업」. 대전: 산림청
3. Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson C, Jonson J, Hallett J, Eisenberg C, Guariguata M, Liu J (2019) International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. Restoration Ecology 27(S1): S1-S46

4. Lillesø JPB, Barsotti D, Kalema J, van Breugel P, Pedercini F, Graudal L, Jamnadass R, Kindt R (2024) Reference vegetation for restoration? Three vegetation maps compared across 76 nature reserves in Uganda and Kenya. *Ecosphere* 15(10): e70030
5. Park S-G (2025) Strategic Proposals for the Ecological Restoration of Warm-Temperate Evergreen Broad-Leaved Forests. *Korean Journal of Environment and Ecology* 39(3): 276-293

첨단기술 기반 산사태 발생 우려지역 실태조사를 위한 조사 항목별 대체 가능성 평가

임철희^{1,2,3,*,#}, 노윤수², 최은솔³, 김민석¹

¹국민대학교 산림환경시스템학과, ²국민대학교 산림자원학과, ³국민대학교 기후기술융합학과

#교신저자: clim@kookmin.ac.kr

산림청은 산사태로 인한 인명·재산 피해를 예방하기 위해 산사태 발생 우려지역에 대한 기초조사와 실태조사를 거쳐 산사태취약지역을 지정·관리하고 있다. 그러나 기존 인력 중심의 현장조사는 시간·비용 부담이 크고 조사자 간 판정 편차를 피하기 어려운 구조적 한계를 지니며, 기후변화로 인해 산사태 발생 환경이 변화하고 조사 대상지가 확대됨에 따라 이러한 한계는 더욱 커지고 있다. 인공위성, LiDAR, AI 등 첨단기술은 광역 범위를 일관된 기준으로 관측하고 정량화할 수 있어, 현장조사의 부담을 줄이고 판정의 일관성을 높이는 조사 지원 수단으로 활용될 수 있다. 이에 본 연구는 산사태 발생 우려지역 실태조사 판정표의 항목별로 첨단기술의 대체 가능성과 조사 지원 방법을 평가하여, 첨단기술 기반 실태조사 지원 체계 구축의 기초를 마련하고자 하였다. 항공 LiDAR, Sentinel-2 광학 위성영상, 항공정사영상, 수치지형도 및 DEM 과 국가 DB 를 활용하여 판정표 항목별 조사 지원 방법론을 시범 적용하고, 실태조사 DB 및 독립 검증자료와의 비교와 선행연구 고찰을 통해 적용 가능성을 평가하였다. 조사 지원 체계 설계에 반영하기 위해 평가 결과를 실태조사 항목과 사용 데이터를 교차한 평가표로 정리하고, 각 조합을 정량 대체 가능, 조사 지원 자료 제공 가능, 대체 불가로 구분하였다. 정량 대체가 가능한 항목은 항공 LiDAR·DEM 기반의 경사도·사면높이·종단형상 등 지형 인자 산출과 국가 DB 기반의 피해이력·보호시설·산사태위험등급 확인에 한정되는 것으로 나타났다. 산림현황 등 식생 인자는 항공 LiDAR 와 광학 위성영상을 연계한 조사 지원이 가능한 것으로 평가된 반면, 균열상황·불연속면 방향·풍화상태 등 암반 구조 인자는 항공 LiDAR 로는 산출이 어려워 드론·지상 LiDAR 등 사면 근접 촬영이 전제되어야 할 것으로 판단되었다. 일부 항목은 현장 참값이 없어 정량 검증은 수행하지 못했으므로, 향후 현장 실측과 사면 근접 촬영을 통해 검증 자료를 확보하고, 이를 바탕으로 평가표를 실태조사 절차와 연계한 첨단기술 기반 실태조사 지원 체계를 구축하고자 한다.

사사

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발 사업‘(RS-2025-02223445)’의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

Toward Enhanced Projection of Landslide Susceptibility via AI-Hybrid Approach: Integrating Vegetation Structure and Function with Physics-Based Models

조원희^{1,*,#}, 임철희², 이해인¹, 장경호¹

¹국립공주대학교 산림과학과, ²국민대학교 산림환경시스템학과

#교신저자: wcho@kongju.ac.kr

Landslide susceptibility assessments (LSA) have traditionally focused on soil, topographic, and climatic conditions, but often fail to represent the mechanical and hydrological contributions of vegetation to slope stability. This study proposes an AI-based hybrid framework that integrates vegetation structure and function into physics-based slope stability assessment at the landscape scale. Multiple infinite-slope models are constructed using slope gradient, antecedent precipitation, soil depth, and soil texture, and their standardized outputs and inter-model variability are summarized as physics-based susceptibility indices. Vegetation information is incorporated through two complementary layers. The structure layer, derived from Korea's National Forest Inventory and forest type maps, includes stand-level indices such as tree-size diversity and large-diameter tree dominance, representing structural heterogeneity associated with root reinforcement. The function layer characterizes root depth, tensile properties, and spatial distribution using plant trait databases and local literature, and spatially allocates these traits using forest and land-cover information. The framework is applied to Yecheon-gun, Gyeongsangbuk-do Province, where multiple landslides occurred in 2023. Ensemble machine learning is then used to integrate the physics-based and vegetation-related variables and to quantify the relative contribution of each component to landslide susceptibility. By explicitly representing both stand structure and root functional traits, the proposed framework extends conventional LSA beyond environmental controls alone and enables quantitative evaluation of vegetation effects. This study provides a systematic methodology for incorporating plant ecological information into landscape-scale slope stability assessment and examines its potential to improve the interpretation and spatial prediction of landslide susceptibility.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 콘스텔라홀 A | 08:30-10:15

[일반세션]

학생발표세션 - 석사

좌장: 이보람(연세대학교)



LiDAR 정보의 신뢰도 기반 융합을 통한 항공영상-LiDAR 정합 기술 개발

이가현^{1,*}, 최정규², 한유경^{3,#}

¹서울과학기술대학교 건설시스템공학과 석사과정, ²네오스펙트라 연구소 연구소장,

³서울과학기술대학교 건설시스템공학과 정교수

#교신저자: han602@seoultech.ac.kr

항공영상과 LiDAR 데이터는 지표면의 분광 정보, 객체 높이, 반사 강도 등 서로 다른 유형의 정보를 제공하며, 다양한 원격탐사 응용 분야에서 상호보완적으로 활용되고 있다. 그러나 두 데이터는 서로 다른 센서를 통해 취득되는 과정에서 상대적인 기하오차가 발생할 수 있으므로 두 정보를 활용하기 위해서는 정합 과정이 선행되어야 한다. 이때 항공영상과 LiDAR 기반 영상은 서로 다른 관측 특성과 영상 표현을 가지므로, 두 데이터 간 안정적인 대응관계를 형성하는 데 어려움이 존재한다. 특히 LiDAR로부터 생성되는 Height 와 Intensity 영상은 각각 지표 객체의 구조적 정보와 반사 특성을 나타내므로, 항공영상과의 정합 과정에서 각 정보의 특성을 고려할 필요가 있다. 또한, 실제 활용 환경에서는 Height 와 Intensity 중 일부 정보만 이용 가능한 경우가 발생할 수 있어, 입력 정보의 가용성 변화에 대응할 수 있는 정합 구조가 요구된다. 이에 본 연구에서는 RGB, Height 및 Intensity 의 특성을 개별적으로 학습하고, LiDAR 정합 정보의 신뢰도와 입력 가용성을 고려하는 항공영상 - LiDAR 정합 방법을 제안한다. RGB, Height 및 Intensity 는 서로 가중치를 공유하지 않는 CNN 기반 인코더를 통해 특징을 추출하며, RGB - Height 및 RGB - Intensity 간 특징 상관관계를 계산하여 LiDAR 정보별 정합 결과를 생성한다. 두 LiDAR 정보가 제공되는 경우에는 각 상관관계 분포로부터 정합 신뢰도를 추정하고, 이를 기반으로 Height 와 Intensity 의 정합 정보를 가중 융합하여 최종 2 차원 평행이동량을 산출한다. 또한 학습 과정에서 Height 와 Intensity 를 모두 사용하는 조건과 각 정보를 개별적으로 사용하는 조건을 구성하여 일부 LiDAR 정보만 제공되는 경우에도 동일한 네트워크를 통해 정합을 수행할 수 있도록 하였다. 실험 결과, 제안 방법을 통해 Height 와 Intensity 기반 정합 정보를 효과적으로 결합할 수 있었으며, 일부 LiDAR 정보만 이용 가능한 조건에서의 정합 가능성을 확인하였다.

다시기 정합 위성영상 기반 LoFTR 을 파인튜닝의 좌표 편향 진단 및 Dual-Crop Jitter 기반 완화

변상현^{1,*}, 지준화^{2,#}

¹국립부경대학교 빅데이터융합학과, ²국립부경대학교 정보융합대학 데이터정보과학부 빅데이터융합전공

#교신저자: jchi@pknu.ac.kr

영상정합은 위성영상의 변화탐지, 모자이크 및 기하보정에 필요한 핵심 전처리 과정이다. 최근 딥러닝 기반 매칭 기법이 높은 성능을 보이고 있으나, 대부분 자연영상으로 학습되어 계절에 따른 외관 변화와 정답 대응점이 부족한 위성영상에는 최적화되어 있지 않다. 본 연구는 LoFTR 의 outdoor 사전학습 가중치를 기반으로, Google Earth Engine 에서 수집한 북한 지역 Sentinel-2(10 m) 영상 58,974 쌍을 이용하여 위성영상 도메인 적응을 수행하였다. 정답 대응점이 없는 문제를 해결하기 위해 정사보정 영상에 무작위 호모그래피를 적용하고 해당 변환을 정답으로 사용하는 자가지도 학습을 적용하였다. 그러나 정합된 정사보정 영상을 사용할 경우 모델이 영상 내용보다 동일 좌표 간 대응에 과도하게 의존하는 좌표 편향이 확인되었다. 기본 파인튜닝 모델은 일반 평가셋에서 3 px 기준 정합 정확도 0.9914 를 기록하였으나, 한쪽 영상에 $\pm 32\text{px}$ 평행이동을 적용한 평가에서는 0.4152 로 크게 감소하였다. 이를 해결하기 위해 두 영상을 독립적으로 무작위 crop 한 뒤 원 크기로 복원하여 좌표계를 의도적으로 어긋나게 하는 Dual-Crop Jitter(DCJ)를 제안하였다. DCJ 적용 모델은 일반 평가셋 0.9724 의 높은 성능을 유지하면서 평행이동 평가에서 0.9396 을 기록하였으며, 사전학습 모델 대비 각각 18.8%p, 22.4%p 향상되었다. 이러한 개선은 계절 조합과 지표 클래스 전반에서 일관되게 나타났으며, 외관 차이가 가장 큰 여름-겨울 조합과 텍스처가 균질한 설빙 피복에서 개선폭이 가장 컸다. 본 연구는 정합 위성영상을 이용한 매칭 모델의 도메인 적응에서 좌표 편향을 진단할 수 있는 평가 체계와 이를 완화하는 학습 전략이 함께 필요함을 보여준다.

Temporal Transferability of Garlic and Onion Field Classification Using Sentinel-2 Phenological Time Series

Sholihati Rizqi Amaliatus^{1,*}, 신지윤², 곽근호³, 송아람^{2,#}

¹ 경북대학교 융복합시스템공학과, ² 경북대학교 위치정보시스템학과, ³ 농촌진흥청 국립농업과학원 농업위성센터

#교신저자: ars@knu.ac.kr

Timely and reliable information on crop area is essential for agricultural supply management and available satellite data such as Sentinel-2, offers a practical means of delivering this information at large scale. However, Satellite-based crop classification models are often trained and validated within a single growing season, yet their practical utility for operational monitoring depends on how well they generalize to other years, where growing conditions, planting dates, and phenological timing may differ. This study examines the temporal transferability of a Sentinel-2 growth time series-based classification approach for garlic and onion cultivation areas based on phenological growth characteristics. The approach achieved consistent classification performance across the three seasons (2023, 2024 and 2025), showing that phenological features derived from Sentinel-2 can reliably support monitoring even under inter-annual variability. The results are expected to clarify the practical limitations and potential of temporally transferring classification models for monitoring garlic and onion, and to provide guidance on whether season-specific recalibration is necessary for reliable multi-year satellite-based crop classification.

사사

This work was supported by “Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. RS-2026-25509582)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

참고문헌

1. Hoppe, H.; Dietrich, P.; Marzahn, P.; Weiß, T.; Nitzsche, C.; von Lukas, U.F.; Wengerek, T.; Borg, E. Transferability of Machine Learning Models for Crop Classification in Remote Sensing Imagery Using a New Test Methodology: A Study on Phenological, Temporal, and Spatial Influences. *Remote Sens.* 2024, *16*, 1493. <https://doi.org/10.3390/rs16091493>
2. Wang, C.; Chi, J.; Zhang, X.; Zhang, N. Deep Learning-Based Phenology Extraction and Crop Classification in Arid Oasis Using Sentinel-2 Time Series. *J. Zhejiang Univ. Sci. B* 2026, *27*, 537–560. <https://doi.org/10.1631/jzus.B2500403>

Sentinel-2 시계열 기반 마늘·양파 재배지 분류의 공간전이 특성 분석

김민상^{1,*}, 송아람^{1,#}, 남동화¹, 곽근호²

¹ 경북대학교 위치정보시스템학과, ² 농촌진흥청 국립농업과학원 농업위성센터

#교신저자: ars@knu.ac.kr

위성영상 기반 작물 분류는 광역적인 재배면적 파악과 농업 모니터링에 활용될 수 있으나, 특정 지역에서 구축된 분류모델을 다른 지역에 적용할 경우 지역별 재배환경과 작물 분포의 차이로 인해 분류성능이 달라질 수 있다. 특히 마늘과 양파는 생육기간이 상당 부분 겹치는 대표적인 월동 발작물로, 두 작물의 분광 및 시계열 특성이 지역에 따라 다르게 나타날 수 있어 지역 간 분류모델의 적용 가능성을 검토할 필요가 있다. 본 연구에서는 Sentinel-2 시계열 영상을 이용하여 마늘·양파 재배지 분류모델의 공간전이 특성을 분석하고, 분류 대상 작물 구성에 따른 지역 간 전이성 차이를 확인하고자 한다. 연구지역은 전라남도 무안군과 경상남도 합천군으로 설정하였으며, 2024/25 년 생육기간의 Sentinel-2 시계열 영상과 필지 단위 작물재배정보를 활용한다. 각 지역의 자료를 이용하여 지역 내 분류와 지역 간 공간전이를 수행하고, 마늘·양파 2 개 클래스와 마늘·양파·기타 3 개 클래스로 분류 대상을 구성하여 공간전이 성능을 비교한다. 또한 지역별 작물 구성과 시계열 특성의 차이를 비교하여 공간전이 성능의 차이가 어떠한 조건에서 나타나는지 검토하고자 한다. 이를 통해 지역 및 분류 대상 구성에 따른 마늘·양파 분류모델의 공간전이 특성을 제시하고자 한다.

사사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: RS-2026-25509582)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Testing Sentinel-1 and Sentinel-2 Redundancy in Soil Moisture Retrieval over South Korean Paddy Landscapes

Shantunu Chowdhury^{1,*}, 유정동^{1,#}

¹전북대학교

#교신저자: jungdoug@jbnu.ac.kr

Optical and radar fusion is widely assumed to improve high-resolution surface soil moisture retrieval, with optical data mainly correcting vegetation effects on the C-band signal. We tested this assumption directly for South Korea, a paddy-dominated, monsoon-driven landscape, rather than taking a gain for granted. Using a transferable convolutional-Transformer model (CATS-Net) trained on Sentinel-1 time series and meta-features and evaluated by leave-station-out cross-validation across 104 in-situ stations, we ran four independent tests to isolate any contribution from Sentinel-2. First, a jointly trained gated fusion of the Sentinel-1 sequence, a Sentinel-2 image, and meta-features. Second, an out-of-fold residual test in which a small model predicts the Sentinel-1 error from Sentinel-2, with a meta-only control. Third, the same residual test after removing each station's mean error, to test within-station temporal tracking. Fourth, the five optical indices added to the model and retrained. Scoring used only samples with a real cloud-free Sentinel-2 scene (about 97.5 percent). None of the four tests improved on Sentinel-1: the fused model scored 0.446 against 0.463, adding indices lowered the leave-station-out Pearson from 0.489 to 0.476, and the residual tests showed no unique optical skill spatially or temporally. Yet Sentinel-2 alone with meta reached 0.425 versus 0.173 for meta alone, showing both sensors are individually strong but mutually redundant, because both track the same seasonal wetting and drying cycle. We conclude that a single-sensor Sentinel-1 design is justified for this setting and discuss when optical fusion is likely to help.

사사

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (RS-2026-25496708).

다변량 지화학 데이터와 비지도학습을 활용한 한반도 중서부 쥐라기 화강암류의 지화학적 구조와 분화경향 분석

최진^{1,*}, 유재형^{1,2,#}, 김성원³

¹충남대학교 지구환경·우주융합학과, ²충남대학교 지질환경학과,

³한국지질자원연구원 지질조사연구본부 지질연구센터

#교신저자: jaeyu@cnu.ac.kr

화강암질 마그마의 분화는 주요산화물과 미량원소, 희토류 원소 조성의 체계적인 변화를 수반한다. 한반도 중서부에 널리 분포하는 쥐라기 화강암류는 야외지재와 암석학적 특징을 바탕으로 다양하게 분류되어 왔으나, 이들 암석의 다변량 지화학 구조와 분화에 따른 조성 변화 양상은 정량적으로 검토할 필요가 있다. 본 연구는 쥐라기 흑운모화강암, 복운모화강암, 화강섬록암 및 섬록암 총 468 개 시료의 전암 지화학 자료를 이용하여 화강암류의 지화학적 구조와 분화경향을 분석하였다. 주요산화물 조성에 기존 암종 정보를 사전에 부여하지 않고 여러 비지도학습 방법을 적용하여 반복적으로 나타나는 조성 구조를 평가하며, 확인된 구조가 SiO₂를 중심으로 한 분화경향 및 기존 암종 구분과 어떠한 관계를 보이는지 비교하였다. 또한 미량원소와 희토류 원소의 조성 변화 및 희토류 원소 패턴을 함께 검토하여 주요산화물에서 나타난 구조의 지화학적 의미와 분화에 따른 원소 거동을 해석하고자 하였다. 도출된 지화학적 변화의 공간분포는 광역 및 상세 지질도와 사후 비교하여 조성 변화의 지역적 양상과 상세 지질단위 사이의 관계를 분석하였다. 그 결과, 도출된 조성 구조는 기존 암종 구분과 부분적인 대응을 보였으며, 전반적으로는 SiO₂ 증가에 따른 분화경향과 연속적인 조성 변화를 반영하는 것으로 나타났다. 미량원소·희토류 원소 및 공간분포에서 관찰된 변화는 이러한 분화 경향과 지역적 조성 변이를 부분적으로 뒷받침하였다. 본 연구는 특정 군집 수나 암종에 따른 지화학적 경계를 사전에 가정하지 않고 다변량 지화학 자료를 분석함으로써, 한반도 중서부 쥐라기 화강암류의 지화학적 다양성과 마그마 분화경향을 데이터 기반으로 이해하는 데 기여할 것으로 기대된다.

확산 기반 보정 모델을 활용한 대기-해양 조건별 남극 해빙 예측 가능성 분석

이가령^{1,*}, 김우혁¹, 추민기¹, 정인채¹, 이상균², 임정호^{1,#}

¹울산과학기술원 지구환경도시건설공학과, ²포항산업과학연구원(RIST) 환경연구소

#교신저자: ergis@unist.ac.kr

수동 마이크로파 위성 원격탐사는 남극 해빙 농도에 대한 장기적이고 공간적으로 연속된 관측 기록을 제공해 왔으며, 이를 통해 최근의 급격한 해빙 감소를 지속적으로 모니터링할 수 있었다. 그러나 장기간의 관측 자료가 축적되었음에도, 이를 바탕으로 남극 해빙의 수개월 후 변화를 정확히 예측하는 데에는 여전히 어려움이 있다. 남극 해빙의 변화는 초기 해빙 상태뿐 아니라 대기 강제력과 상층 해양의 열 저장 효과에 의해 함께 조절되며, 각 요인의 영향은 지역과 계절, 해빙 상태에 따라 달라지기 때문이다. 본 연구에서는 이러한 한계를 보완하기 위해 결정론적 시공간 예측과 확산 모델 기반 잔차 보정을 결합한 2 단계 프레임워크를 개발하여 최대 6 개월 후의 월평균 남극 해빙 농도를 예측하였다. 모델은 1979-2014 년의 위성 관측 자료와 대기-해양 재분석 자료를 이용해 학습하였으며, 2017-2024 년의 독립적인 테스트 기간을 대상으로 성능을 평가하였다. 제안한 프레임워크는 모든 예측 리드타임에서 결정론적 백본보다 낮은 평균절대오차와 높은 이상상관계수 및 최대 신호대잡음비를 보였다. 특히 확산 기반 보정은 결정론적 백본에서 과도하게 평활화된 예측을 보완하여, 해빙 가장자리와 주변 해빙역의 세부적인 공간 분포를 보다 정확하게 재현하였다. 다만 해빙 가장자리 위치에 대한 성능 향상은 리드타임 5-6 개월에서 제한적이었다. 평균 상태 폐색 실험을 통해 입력변수의 기여를 분석한 결과, 해빙 농도 이외의 대기-해양 변수에 대한 모델 민감도는 지역, 예측 리드타임 및 ENSO 상태에 따라 달라졌다. 평년 조건에서는 다변수의 기여가 주로 지속적으로 결빙되는 해역에 집중된 반면, 엘니뇨와 라니냐 조건에서는 계절적 해빙 변동성이 큰 해역으로 확대되었다. 이러한 결과는 대기와 해양 정보가 남극 계절 해빙 예측에 일률적으로 기여하는 것이 아니라, 지역적 해빙 특성과 기후 상태에 따라 선택적으로 예측 가치를 제공함을 보여준다.

참고문헌

1. Hobbs, W. R., Massom, R., Stammerjohn, S., Reid, P., Williams, G. D., & Meier, W. N. (2016). A review of recent changes in Southern Ocean sea ice, their drivers and forcings. *Global and Planetary Change*, 143, 228-250. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.06.008>
2. Libera, S., Hobbs, W., Klocker, A., Meyer, A., & Matear, R. (2022). Ocean-sea ice processes and their role in multi-month predictability of Antarctic sea ice. *Geophysical Research Letters*, 49, e2021GL097047. <https://doi.org/10.1029/2021GL097047>
3. Purich, A., & Doddridge, E. W. (2023). Record low Antarctic sea ice coverage indicates a new sea ice state. *Communications Earth & Environment*, 4, 314. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00961-9>
4. Wang, Y., Yuan, X., Ren, Y., Bushuk, M., Shu, Q., Li, C., & Li, X. (2023). Subseasonal prediction of regional Antarctic sea ice by a deep learning model. *Geophysical Research Letters*, 50(17), e2023GL104347. <https://doi.org/10.1029/2023GL104347>

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 콘스텔라홀 A | 10:30-12:15

[일반세션]

학생발표세션 - 박사

좌장: 최경아(국토연구원)



초분광 위성자료와 딥러닝을 활용한 온실가스 플룸 통합 탐지 및 정량화

양세영^{1,*}, 김예진¹, 황수민¹, 임정호^{1,#}

¹울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

#교신저자: ersgis@unist.ac.kr

메탄(CH₄)과 이산화탄소(CO₂)는 기후변화에 중요한 영향을 미치는 온실가스로, 점 배출원에서 발생하는 플룸의 위치와 배출 규모를 정확하게 파악하는 것은 온실가스 배출을 모니터링하고 저감 전략을 수립하는 데 중요하다. 초분광 위성 관측은 기체별 흡수 특성을 활용하여 개별 배출 플룸을 탐지하고 정량화할 수 있는 가능성을 제공한다 (Thorpe et al., 2023). 최근에는 플룸 탐지에 필요한 분광 특성을 학습 과정에서 최적화하는 Learnable Matched Filter (LMF)가 제안되었다 (De Araújo & Zortea, 2025). 본 연구에서는 Earth Surface Mineral Dust Source Investigation (EMIT) 초분광 위성자료를 활용하여 CH₄와 CO₂ 플룸의 탐지, column enhancement (ENH) 추정 및 배출률 산정을 통합적으로 수행하는 딥러닝 프레임워크를 구축하였다. 기체별 LMF를 통해 플룸 탐지에 유용한 분광 특성을 학습하고, 이를 1922–2493 nm 범위의 초분광 복사휘도 자료와 결합하여 SegFormer 기반 모델로 기체별 플룸 영역을 탐지하였다. 이후 convolutional neural network 기반 회귀 모델을 통해 ENH를 추정하고, 예측된 플룸 영역과 ENH를 ERA5-Land 풍속 및 plume fetch와 결합하여 Simple Integrated Mass Enhancement 기반 배출률을 산정하였다. 학습된 CH₄와 CO₂ LMF는 서로 구별되는 분광 패턴을 나타냈으며, 상대적으로 큰 가중치를 보인 일부 밴드는 각 기체의 주요 흡수 영역과 연관되었다. 플룸 탐지 성능은 두 기체 모두 중·대형 플룸에서 소형 플룸보다 높은 경향을 보였으며, ENH 추정에서는 CO₂가 CH₄보다 큰 불확실성을 나타냈다. 모델 예측을 이용한 end-to-end 배출률은 CH₄와 CO₂에서 각각 $R^2 = 0.73$ 과 0.48 을 보였으며, 두 기체 모두 배출률이 높은 플룸에서 과소 추정되는 경향이 확인되었다. 본 연구는 초분광 위성자료로부터 기체별 분광 특성을 학습하고 플룸 탐지부터 배출률 산정까지 연계함으로써 온실가스 집중 배출원을 자동으로 탐지하고 정량화할 수 있는 가능성을 제시한다.

사사

본 논문은 환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIER-2026-04-02-076).

참고문헌

1. Thorpe, A. K., Green, R. O., Thompson, D. R., Brodrick, P. G., Chapman, J. W., Elder, C. D., ... & Miller, C. E. (2023). Attribution of individual methane and carbon dioxide emission sources using EMIT observations from space. *Science advances*, 9(46), eadh2391.
2. De Araújo, R. A., & Zortea, M. (2025). Learnable matched filter for methane plume segmentation in hyperspectral imagery. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 22, 1–5.

딥러닝을 활용한 위성 기반 인위적 CO₂ 배출 모니터링 향상

황수민^{1,*}, 최현영¹, 양세영¹, 배세정¹, 임정호^{1,#}

¹ 울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

#교신저자: ersgis@unist.ac.kr

이산화탄소(CO₂)는 대기 중 체류 시간이 길어 장기간 잔류하는 특성이 있으며, 인위적 배출 지속으로 인해 지구온난화를 심각하게 유발한다 (Li et al., 2025). 이러한 온난화 연쇄 반응을 통제하고 배출량을 효과적으로 관리하기 위해서는 인위적 배출원에 대한 정밀한 모니터링이 필수적이다. 위성 기반 XCO₂ 관측은 인위적 CO₂ 배출에 따른 농도의 증가분(XCO_{2en}) 감시에 유용한 정보를 제공하지만, 시공간적 결측이 크고 장기간 누적된 배경 농도(XCO_{2bg})와 국지적 배출 신호를 분리하기 어렵다는 한계가 있다 (Hu et al., 2024). 기존의 단순 통계 기반 XCO_{2bg} 산정 방식은 불균일한 위성 관측 사례에 대한 분석으로 이루어지고 있으며, 대기 수송에 따른 공간적 변동성을 충분히 반영하기 어렵다. 본 연구에서는 OCO-2/3 위성자료와 다종 환경변수를 통합한 딥러닝 기반 프레임워크를 구축하여 고배출 지역이 집중되어 있는 미국, 유럽 및 동아시아의 일별 2 km XCO₂를 시공간적으로 복원하고 XCO_{2en}을 정량화하였다. 제안된 TabM 모델은 무작위 교차검증에서 R²=0.96, RMSE=0.86–0.91 ppm의 높은 성능을 보였으며, 시공간 교차검증에서도 안정적인 성능과 고농도 XCO₂ 사례에 대해서도 우수한 복원 성능을 나타냈다. 또한 독립적인 TCCON 관측자료와도 높은 일치도(R²=0.83–0.92)를 보였다. 복원된 XCO₂를 OCO-3 Snapshot Area Mapping(SAM)의 사전 정의된 화석연료 배출 타겟 지역에 적용하고, 바람장을 기반으로 풍상 영역의 XCO₂를 이용하여 XCO_{2bg}를 산정하였다. 이를 통해 산출된 XCO_{2en}은 TROPOMI 미량기체 및 상향식 화석연료 배출 인벤토리와 공간적으로 일관된 특성을 보였다. 본 연구는 딥러닝을 활용하여 시공간 결측이 다수 존재하는 위성 XCO₂의 결측 복원을 통해 물리적으로 일관된 XCO_{2bg} 산정 기법을 개선함으로써, 고해상도 인위적 CO₂ 배출 모니터링을 위한 활용 가능성을 제시한다.

사사

본 논문은 환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIER-2026-04-02-076).

참고문헌

1. Hu, K., Zhang, Q., Gong, S., Zhang, F., Weng, L., Jiang, S., & Xia, M. (2024). A review of anthropogenic ground-level carbon emissions based on satellite data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 17, 8339–8357.
2. Li, H., Qiu, J., Zhang, K., & Zheng, B. (2025). Monitoring fossil fuel CO₂ emissions from co-emitted NO₂ observed from space: progress, challenges, and future perspectives. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 19(1), 2.

공간정보 파운데이션 모델 기반 산사태 탐지

배세정^{1,*}, 임정호^{1,#}, 윤서현¹

¹ 울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

#교신저자: ersgis@unist.ac.kr

효과적인 재난 대응을 위해서는 지구 관측 데이터를 활용한 자동화된 산사태 피해 평가 기술이 필수적이다. 그러나 기존의 딥러닝(Deep Learning) 모델들은 학습용 자료 부족 문제와 다중 자료를 고려하기 위한 구조적 한계가 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 연구에서는 지형 공간 도메인에 특화된 파운데이션 모델(GFM, Geospatial Foundation Model)과 범용 비전 파운데이션 모델(VFM, Vision Foundation Model)을 비교하여 산사태 피해지 분할 작업에 대한 파운데이션 모델의 효용성을 종합적으로 평가하였다. 또한, 모델의 특징 복원 성능을 향상시키고자 전통적인 딥러닝 모델에 파운데이션 모델을 결합하는 두 가지 통합 전략을 적용 및 비교하였다. 단일 경로 기반의 순차적 통합 방식인 Translator 방식과 이중 분기(dual-branch) 기반의 cross-attention 통합 방식인 Injector mode 를 활용하였다. Sentinel-2 의 광학 밴드와 위성 기반 지형 정보를 제공하는 데이터셋을 활용하여 실험을 수행한 결과, 이중 분기 기반의 Injector 방식이 기존 단일 경로 기법을 일관되게 능가하는 성능을 보였다. 특히, Injector 방식으로 통합된 GFM 이 가장 좋은 성능을 보였으며, 서로 다른 지리적 특성을 가진 다양한 지형에서도 뛰어난 일반화 능력을 입증하였다. GFM 과 Injector 방식의 결합은 전체 가용 데이터의 단 1%만을 학습에 사용한 극심한 데이터 부족 조건에서도 안정적인 성능을 보였으며, 고차원 위성 데이터를 제한된 채널로 압축시켜 필수적인 지형적 정보의 왜곡을 초래하는 VFM 과 달리, 다중 모달 입력값을 왜곡 없이 처리함을 보였다. 결론적으로, 다중 모달 GFM 과 이중 분기 기반의 특징 주입 방식인 Injector 구조의 결합은 부족한 훈련 자료에서도 활용될 수 있어 실무적인 재난 위험 관리에 적용할 수 있는 실효성 있는 해결 방안이 될 수 있음을 시사한다.

전 지구 담수의 분광 특성 기반 기후대 분류 및 Chlorophyll-a 농도 예측

이신우^{1,*}, 유재형^{1,2,#}

¹충남대학교 지구환경·우주융합학과, ²충남대학교 지질환경과학과

#교신저자: jaeyu@cnu.ac.kr

담수에서 Chlorophyll-a(Chl-a)는 조류 생물량과 수질 변화를 파악하는 주요 지표로, 원격탐사를 활용한 Chl-a 농도 추정 연구가 활발히 수행되고 있다. 그러나 담수의 Chl-a 농도 분포와 분광 특성은 기후 및 주변 환경 조건에 따라 다르게 나타날 수 있어, 이러한 차이가 Chl-a 예측에 미치는 영향을 함께 고려할 필요가 있다. 본 연구는 담수 수체의 분광 특성이 기후에 따라 어떻게 달라지는지를 분석하고, 이를 기반으로 분광곡선을 이용한 기후대 분류와 Chl-a 예측을 수행하였다. 이를 위해 전 지구 담수 수체의 초분광 자료를 기후대별로 구분하고, 반사도 스펙트럼과 1 차 미분 및 연속체 제거(continuum-removed) 스펙트럼을 이용하여 기후대별 Chl-a 농도 분포와 분광 특성을 비교하였다. 또한 Random Forest 기반 분류 모델을 구축하여 분광 특성만으로 기후대를 구분할 수 있는지 평가하고, 기후대별 Chl-a 예측 모델과 전체 자료를 통합한 모델의 성능을 비교하였다. 분석 결과, Chl-a 농도 분포와 농도 변화에 따른 분광 반응은 기후대에 따라 차이를 보였으며, 주요 흡수 및 반사 특성이 나타나는 파장 영역에서도 기후대 간 차이가 확인되었다. 이러한 분광 특성을 이용한 기후대 구분이 가능하였고, 기후대별 Chl-a 예측 모델은 통합 모델보다 전반적으로 높은 예측 성능을 보였다. 이는 전 지구 담수의 Chl-a 관련 분광 특성이 기후대에 따라 달라질 수 있으며, 원격탐사 기반 Chl-a 예측에서 기후대별 분광 특성을 반영한 접근이 필요함을 시사한다.

정지궤도 위성영상의 Global-Local 정보 융합을 통한 강수 초단기예측

이창희^{1,*}, 한유경^{2,#}

¹ 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 박사과정, ² 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 정교수

#교신저자: han602@seoultech.ac.kr

최근 기상이변으로 인해 급진적인 기상현상이 다수 발생하고 있으며, 극한 강수로 인한 피해를 줄이기 위해 정확한 강수 초단기예측의 중요성이 커지고 있다. 이러한 흐름에 따라 학계에서는 정지궤도 위성영상과 딥러닝을 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다.

정지궤도위성은 넓은 영역을 높은 시간해상도로 관측하므로, 구름의 이동과 발달을 분석하고 미래 강수장을 예측하는 데 활용될 수 있다. 그러나 국지(local) 영역에 한정된 위성영상만 입력으로 사용하는 경우, 영역 내부에서 대류(convection) 현상에 의해 생성되는 강수장은 정상적으로 예측이 가능하지만, 이류(advection) 현상에 의해 영역 외부에서 접근하는 구름대의 정보를 충분히 반영하기 어렵다. 예측시간이 길어질수록 주변 구름대의 이동과 유입을 고려하는 것이 중요하므로, 광역(global) 관측 정보와 국지적인 구름 구조를 함께 활용하는 접근이 필요하다. 이에 본 연구는 GK-2A 위성영상의 광역, 국지 시계열 정보를 결합하여 구름대의 이류와 시간적 변화를 효율적으로 추정할 수 있는 강수 초단기예측(nowcasting) 모델 개발을 목표로 하였다. 모델의 학습에는 과거시점의 GEO-KOMPSAT-2A (GK-2A)의 L1B 자료를 활용하였으며, Hybrid Surface Rainfall (HSR) 자료를 기반으로 산출된 강수강도 추정치인 Hybrid Surface Precipitation (HSP)를 정답자료로 활용하여 미래 강수장을 예측하도록 모델을 학습하였다. 또한, 학습자료는 학습, 검증, 시험 자료집합 간 시간적 중복이 발생하지 않도록 분리하여 구성하였다. 제안기법의 성능 검증을 목표로 국지 입력만 사용하는 모델과 비교하고, HSP 유효 관측 영역에서 강수의 발생, 강도 및 공간 분포를 평가하여 광역 정보의 기여도를 분석하였다.

본 연구를 통해 주변 구름의 분포와 이동 정보가 국지 강수 예측에 미치는 영향을 확인하였으며, 위성영상 기반 강수 초단기예측의 정확도 향상과 재해 대응을 위한 활용 가능성 확대에 기여할 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 2026 년도 국가유산청 및 국립문화연구원의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호: RS-2026-25536647). 본 연구는 2026 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 사업임 (과제번호: RS-2026-25559880).

다중 시간해상도 북극 해빙농도 표현학습을 위한 시공간 마스크 오토인코더

김보람^{1,*}, 지준화^{2,#}

¹국립부경대학교 데이터공학과, ²국립부경대학교 정보융합대학 데이터정보과학부 빅데이터융합전공

#교신저자: jchi@pknu.ac.kr

항로 운항을 위한 북극 해빙 예측은 일 단위의 단기 예측부터 주·월 단위의 중장기 예측까지 다양한 시간 규모에서 요구된다. 그러나 기존 해빙 예측 모델은 대부분 단일 시간해상도의 자료로 학습되어 특정 규모의 예측에 한정되는 한계를 지닌다. 본 연구는 다양한 시간 규모의 예측 과제에 공통으로 활용할 수 있는 표현을 학습하기 위해, CMIP6 ACCESS-CM2 자료의 11 개 기후·해양 변수를 입력으로 일별, 주별, 월별 해빙 정보를 통합적으로 학습하는 다중 시간해상도 마스크 사전학습 방법을 제안한다. 제안 방법은 공간과 시간 표현을 분리하여 학습하는 시공간 마스크 오토인코더를 기반으로 하며, 시간해상도별 마스크 민감도를 정량화하여 해상도에 따라 마스크 강도를 달리 부여하는 해상도 인식 시간 마스크와, 일별에서 주별, 주별에서 월별로 계층적으로 적용되어 해상도 간 해빙농도의 집계 관계를 보존하는 교차 규모 일관성(cross-scale consistency, CSC) 제약을 도입한다. 마스크 민감도 분석 결과, 동일한 마스크 조건에서도 시간해상도가 거칠수록 복원 오차가 급격히 증가하는 비대칭성이 확인되었으며, 월별 오차는 일별의 약 7 배에 달하였다. 이를 바탕으로 시간해상도별로 서로 다른 개수를 마스크하는 방식이 효과적임을 확인하고, 일별, 주별, 월별에 각각 5 개, 2 개, 1 개의 프레임을 마스크하는 비율을 채택하였다. 이 설정에서 다중 시간해상도 통합 사전학습은 고정 인코더 기반 선형 평가에서 일별 단독 사전학습에 비해 세 시간해상도 평균 RMSE 를 0.1655 에서 0.1588 로 약 4.0% 낮추었으며, 주·월 단위 표현에서 전이 효과가 두드러지게 나타났다. 또한 계층형 CSC 는 CSC 미적용에 비해 전 해역 평가와 해빙 변동 영역 평가 모두에서 95% 신뢰구간 기준의 유의한 향상을 보여 유효성이 검증되었다. 이는 다중 시간해상도 해빙 사전학습에서 시간해상도별 마스크 민감도와 해상도 간 집계 일관성을 함께 고려하는 것이 효과적인 표현학습에 필수적임을 시사하며, 향후 다양한 시간 규모의 해빙 예측 과제에 공통 표현으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 해양수산부의 재원으로 극지연구소(과제번호: PE26911)와 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단(과제번호: RS-2023-00242528)의 지원을 받아 수행되었습니다.

계절 대기 예측장을 활용한 전지구 해양·해빙 예측 AI 에뮬레이터

추민기^{1,*}, 정인채¹, 김소현¹, 정시훈¹, 임정호^{1,#}

¹울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

#교신저자: ersgis@unist.ac.kr

계절 해양 예측에는 느리게 변화하는 해양의 기억을 유지하면서 불확실한 대기 강제력에 반응할 수 있는 모델이 필요하다. 본 연구에서는 계층적 순환 잠재상태 갱신과 자기회귀적 물리 상태 변화를 결합하여 6 개월에 걸친 3 차원 해양장과 해빙 상태의 전지구 일별 궤적을 생성하는 계층적 해양 예측 에뮬레이터(Hierarchical Ocean Prediction Emulator, HOPE)를 제시한다. 2020–2024 년의 60 개 월별 초기화 사례에서 HOPE 는 재분석, 계절예보 및 기후값 강제력하에서 수치적으로 안정적인 6 개월 예측 궤적을 생성하였다. 재분석 강제력하에서는 2020 년 라니냐와 2023 년 엘니뇨에 동반된 해수면고도 및 수온약층의 조정 과정과 북극 해빙의 계절 변화를 재현하였다. 51 개 멤버로 구성된 Seasonal Forecasting System 5(SEAS5)의 대기 앙상블로 구동했을 때, HOPE 는 예측 6 개월째 Niño3.4 아노말리 상관계수 0.87 을 유지하여 SEAS5 자체 예측과 유사한 성능을 보였다. 대기 강제력 교체 실험에서는 서로 다른 민감도가 확인되었으며, 적도 상층 해양의 예측오차는 역학적 강제력에, 해빙농도는 복사 강제력에, 해빙두께는 역학적 강제력에 가장 크게 반응하였다. 이러한 결과는 HOPE 가 계절 예측 기간에 걸친 일별 해양-해빙 예측과 대기 강제력 오차가 지역별 예측 성능에 미치는 영향의 진단을 위한 계산 효율적인 프레임워크임을 보여준다.

사사

This research was supported by the Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion (KIMST), funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, under grant number RS-2025-02219198 and by the Korea Polar Research Institute (KOPRI) under grant number PE26040.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 콘스텔라홀 A | 13:30-15:00

[일반세션]

GeoAI데이터 활용 - 극지, 기상, 생태, 환경

좌장: 최종국(한국해양과학기술원)

SAM3-Adapter 를 활용한 해빙 구조 정량화 및 해빙 파편화 지수 산출

김우혁^{1,*}, 이가령¹, 정인채¹, 조하늘¹, 구유정¹, 임정호^{1,#}

¹울산과학기술원

#교신저자: ersgis@unist.ac.kr

북극의 해빙은 지구의 열순환 및 온난화와 매우 밀접하게 관련되어 있어, 해빙을 모니터링하는 다수의 연구가 수행되어 왔다. 직접 탐사하기 어려운 극지의 특성상 원격탐사를 통해 해빙의 현재 상태를 모니터링하고 있으며, 관측 자료를 통해 해빙 면적, 해빙 농도, 해빙 파편화 지수와 같은 다양한 해빙을 진단하는 인자들이 개발되었다. 그러한 인자들의 정확한 산출을 위해서는 원격탐사 관측 자료로부터 바다와 해빙을 정확하게 구분해야 하지만, 대용량의 자료를 일괄적이고 자동화하여 분류하는 연구는 아직 부족할 실정이다. 이에 본 연구에서는 관측 자료 내의 바다와 해빙 객체들을 분리하는 데에 segment anything model 3 (SAM3)-Adapter 모델을 사용하였다. SAM3-Adapter 는 자연 영상을 통해 학습되었기 때문에 Sentinel-2 광학위성 영상과 해빙 파편화 지수 참조 자료를 활용하여 Adapter 의 학습을 진행하였다. Dice score 와 정밀도-재현율 곡선은 픽셀 단위에서 바다와 해빙이 잘 구분된 것을 나타냈으며, 해빙 객체들이 집적되어 뭉치거나, 한 해빙 객체가 여러 개로 분리되는 경우 또한 거의 나타나지 않았다. 조정된 SAM3-Adapter 모델을 2022 년부터 2026 년까지 북극 전지역에서 취득된 232 장의 Sentinel-2 광학위성 영상에 적용하였으며, 다양한 해빙 농도, 해빙 객체 수, 해빙 파편화 지수의 공간 분포를 확보하였다. 따라서 본 연구는 대용량 위성영상에서 해빙 객체를 자동으로 추출하여 북극 전역의 해빙 상태를 일관된 기준으로 분석할 수 있는 방법을 제시하였다. 이는 해빙 면적과 농도뿐만 아니라 개별 해빙 객체의 분포와 파편화 특성을 장기간 모니터링하는 데 활용될 수 있다. 이러한 자동화된 분석 체계는 수작업에 대한 의존도를 줄이고, 서로 다른 시기와 해역에서 나타나는 해빙 구조의 변화를 지속적으로 비교·관측하는 데 활용될 수 있다.

사사

본 연구는 극지연구소의 원격탐사 기반 북극해 개빙해역 변동 특성 이해(PE26040) 과제의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Chen, T., Cao, R., Yu, X., Zhu, L., Ding, C., Ji, D., ... & Zang, Y. (2025). Sam3-adapter: Efficient adaptation of segment anything 3 for camouflage object segmentation, shadow detection, and medical image segmentation. *arXiv preprint arXiv:2511.19425*.
2. Kim, W., Sim, S., Lee, S., Stroeve, J., Han, D., & Im, J. (2025). A novel sea ice floe fragmentation index using Sentinel-2 and AMSR2 satellite data based on machine learning. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 144, 104911.

딥러닝 기반 장기간 북극 해빙 농도 예측

정인채^{1,*}, 김우혁¹, 추민기¹, 이가령¹, 이상균², 임정호^{1,#}

¹울산과학기술원, ²환경보건연구그룹

#교신저자: ersgis@unist.ac.kr

북극 해빙은 높은 알베도와 대기과 해양 간 열 및 수분 교환을 제한하는 특성으로 인해 전 지구 기후시스템의 변동성을 조절하는 핵심 요소이다. 최근 수십 년간 지구온난화의 영향으로 북극 해빙의 면적과 두께는 지속적으로 감소해 왔으며, 빠른 온난화가 나타나는 북극 증폭 현상에 따라 여름철을 중심으로 해빙 감소가 가속화되고 있다. 이러한 북극 해빙의 변화는 북반구 중위도 지역의 기상 및 기후 변동성에도 영향을 미친다. 따라서 북극 해빙 상태를 정밀하게 진단하고 예측하기 위한 연구의 필요성이 지속적으로 제기되고 있다.

북극 해빙 상태를 관측하고 정량화하기 위한 다양한 시도가 이루어져 왔으나, 북극 지역은 극한 환경과 제한된 관측 인프라로 인해 현장 관측 자료의 확보에 한계가 있다. 이러한 한계를 보완하기 위해 넓은 지역을 반복적으로 관측할 수 있는 위성 원격탐사 자료가 북극 해빙 연구의 주요 자료원으로 활용되고 있다. 그중 해빙 농도는 해빙의 공간 분포와 면적 변화를 직접적으로 나타내는 대표적 지표로서 해빙 변동성 진단 및 예측에 널리 쓰인다. 따라서 북극 해빙을 정밀하게 예측하기 위해서는 이러한 복합적인 시공간 구조를 효과적으로 반영할 수 있는 접근이 필요하다.

최근 대규모 위성 데이터로부터 비선형 관계를 효과적으로 학습하는 딥러닝 기법이 활발히 도입되고 있으며, 북극 해빙 예측 분야에서도 그 적용 가능성이 주목받고 있다. 본 연구에서는 위성 기반 해빙 자료와 대기 및 해양 환경 변수를 통합 활용하여 월별 북극 SIC 를 최대 12 개월 선행 예측하는 딥러닝 기반 예측 시스템을 구축하였다. 이를 통해 북극 해빙 변동에 내재된 복잡한 시공간적 구조에 대한 이해를 확장하고, 향후 사회 경제적 의사결정을 지원하기 위한 대안적 예측 기반을 제공하고자 한다.

사사

본 연구는 극지연구소의 원격탐사 기반 북극해 개빙해역 변동 특성 이해(PE26040) 과제의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kwok, R. (2018). Arctic sea ice thickness, volume, and multiyear ice coverage: losses and coupled variability (1958–2018). *Environmental research letters*, 13(10), 105005.
2. Lisaeter, K. A., Rosanova, J., & Evensen, G. (2003). Assimilation of ice concentration in a coupled ice-ocean model, using the Ensemble Kalman filter. *Ocean Dynamics*, 53(4), 368–388
3. Meier, W. N., & Stroeve, J. (2022). An updated assessment of the changing Arctic sea ice cover. *Oceanography*, 35(3/4), 10–19.

4. Rodriguez Solis, J. L., Turrent, C., & Gross, M. (2022). Regional responses of the Northern Hemisphere subtropical jet stream to reduced arctic sea ice extent. *Climate*, 10(7), 108.
5. Stroeve, J., & Notz, D. (2018). Changing state of Arctic sea ice across all seasons. *Environmental Research Letters*, 13(10), 103001.
6. Tang, S., Li, C., Zhang, P., & Tang, R. (2023, October). SwinIstm: Improving spatiotemporal prediction accuracy using swin transformer and lstm. In *2023 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)* (pp. 13424–13433). IEEE.

딥러닝 기반 한반도 대류운 전조 탐지

구유정^{1,*}, 이시현¹, 조하늘¹, 정인채¹, 추민기¹, 임정호^{1,#}

¹울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

#교신저자: ersgis@unist.ac.kr

대류운은 집중호우, 우박, 돌풍, 뇌우와 같은 위험기상을 동반하는 경우가 많으므로, 대류 개시(Convective Initiation, CI)의 전조를 탐지하는 것은 기상재해 대응을 위한 선행시간 확보 측면에서 매우 중요하다. 특히 대류가 본격적으로 발달하기 이전 단계에서 전조 구름을 식별하는 것은 위험기상 예측의 정확도를 높이는 핵심 요소이다. 기존의 CI 전조 신호 탐지는 위성자료의 운정 높이, 밝기온도 차이 등의 변수에 임계값을 적용하는 방식에 의존했으나, 다양한 계절 및 지역의 대기 환경에 유연하게 대응하지 못하여 오경보가 발생하는 한계가 있다. 최근에는 딥러닝 기반 기법이 도입되어 대류운의 특성을 효과적으로 표현할 수 있게 되었으나, 대부분의 연구는 픽셀 기반 정보에 초점을 두거나 공간적 특징 학습에 치중하여 미성숙 구름의 시간적인 변화를 충분히 반영하지 못하였다.

본 연구에서는 천리안위성 2A 호(GK-2A) Advanced Meteorological Imager (AMI)의 10 분 간격 위성영상을 활용하여 CI 전조 신호를 탐지하기 위한 시공간 딥러닝 모델을 제안한다. 제안된 모델은 시공간 정보 고려가 가능한 모듈을 사용하여 대류로 발달할 가능성이 있는 전조 신호를 포함한 미성숙 구름을 식별한다. 또한 CI 의 전조 위치를 학습하기 위해 객체 기반 역추적 기법을 이용하여, 미성숙 구름에서 성숙 대류로 발달하는 과정을 시간적으로 연속된 라벨로 구축하였다. 이를 통해 모델이 구름의 형태적 특징과 시간적 연속성을 동시에 학습하도록 하여 물리적 일관성을 확보하고자 하였다. 모델 성능을 평가한 결과, 최대 CSI 는 0.26 이었으며, 이때 POD 와 FAR 은 각각 0.61 과 0.68 로 나타났다.

본 연구에서 제안하는 딥러닝 모델은 시공간 특징 학습과 객체 기반 전조 라벨링을 결합하여, 구름의 시간적 발달 특성을 반영함으로써 현재 존재하는 미성숙 구름 중 향후 대류로 발달할 가능성이 높은 구름을 조기에 탐지하도록 설계되었다. 본 연구는 기존 임계값 기반 기법과 공간 특징 중심의 딥러닝 기법의 한계를 보완하고, 위험기상의 조기 탐지 정확도 향상에 기여할 것으로 기대된다.

CO₂ 반응 제약 딥러닝을 이용한 미래 전지구 GPP 예측

윤서현^{1,*}, 배세정¹, 이가령¹, 임정호^{1,#}

¹울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

#교신저자: ersgis@unist.ac.kr

총일차생산량(GPP)은 식생이 광합성을 통해 흡수한 탄소량을 나타내는 지표로, 대기 중 CO₂ 농도 증가에 따라 광합성이 촉진되는 CO₂ 시비 효과로 인해 지속적인 증가 추세를 보여왔다. 그러나 최근 관측 자료 분석에 따르면 GPP 증가율이 둔화되고 있어 CO₂ 시비 효과의 포화 가능성이 제기되고 있으며, 이는 미래 탄소 순환 예측의 불확실성을 야기한다. Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6)에 참여한 기후 모델들은 모델 간 구조적 차이와 서로 다른 가정으로 인해 고배출 시나리오 하에서 2100 년 전지구 GPP 예측값이 연간 139–256 Pg C 에 달하는 편차를 보였다. 관측 자료로 학습된 데이터 기반 모델은 기후 모델의 구조적 편향을 완화할 수 있으나, CO₂ 농도와 기후 변수의 공변 관계로 인해 학습 범위를 벗어난 미래 CO₂ 조건에서는 예측이 불안정해지는 한계를 가진다. 본 연구에서는 CO₂ 가 포화형 경로를 통해서만 GPP 에 영향을 미치도록 반응 함수를 구조적으로 제약하고, 위성 기반 GPP 자료로 학습한 딥러닝 모델의 외삽 신뢰성을 확보하였다. 제약 모델은 고배출 시나리오 하에서 2091–2100 년 전지구 GPP 를 160 ± 8 Pg C yr⁻¹ 로 예측하였다. 학습에서 제외한 관측 기간에 대한 평가에서, 제약 모델의 탈계절화 이상치 기준 전지구 상관계수는 0.89로 나타났다. 외삽 성능 검증을 위해 다른 영양염 순환 체계를 가진 세 지구 시스템 모델의 시뮬레이션 세계 내부에서 학습 및 추론 과정을 반복하였다. 제약 모델은 항상 과소 추정하는 일관된 오차를 보인 반면, 물리적 제약을 제거한 비제약 모델은 오차의 방향이 예측 불가능하게 달라졌다. 이러한 결과는 물리적 제약을 통해 딥러닝 모델의 외삽 불확실성을 구조적으로 제어할 수 있음을 보여준다. 또한 본 연구의 GPP 예측치는 관측에 기반한 생리학적으로 보수적인 하한 추정값으로서, 미래 육상 탄소 흡수원의 수용 한계 평가에 기여할 수 있다.

Nationwide Analysis of Long-term Spatial Distribution Shifts in Korean Odonata

배미정^{1,*,#}, 이대성², 이다영², 김서하¹, 박영석²

¹국립낙동강생물자원관 다양성예측평가부, ²경희대학교 생물학과

#교신저자: mjbae@nnibr.re.kr

Long-term biodiversity observations provide valuable information on spatiotemporal changes in species distributions, but direct comparisons among time periods can be biased by uneven sampling intensity and spatial coverage. We standardized nationwide occurrence records of Odonata in South Korea and quantified species-specific shifts in distribution centroids between the earliest period with sufficient data and the most recent period. To reduce temporal and spatial sampling imbalance, we applied spatial matching and repeated resampling, and classified centroid shifts based on the consistency of movement direction and associated uncertainty across repeated analyses. A total of 65 species were analyzed. Of these, 12 species (18.5%) showed northward shifts, 11 species (16.9%) showed southward shifts, and 42 species (64.6%) showed no clear directional change. Northward centroid shifts ranged from 25.6 to 98.7 km, whereas southward shifts ranged from 29.8 to 130.0 km. By combining spatial standardization with repeated comparative analyses, this study provides a quantitative assessment of long-term, species-specific distributional change in Korean Odonata using nationwide observation data. The framework can support future assessments linking species distribution changes with climate and habitat variables and contribute to long-term monitoring of biodiversity responses to environmental change.

사사

This research was supported by the Nakdonggang National Institute of Biological Resources (NNIBR; grant No. NNIBR20262104) funded by the Ministry of Climate, Energy and Environment (MCEE)

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 콘스텔라홀 A | 15:15-16:45

[일반세션]

GeoAI데이터 활용 - 해양

좌장: 백원경(한국해양과학기술원)



시야각 조건화를 통한 해상객체 탐지용 선박 이미지 생성 연구

박지민^{1,*}, 황혜린¹, 이정석¹, 한현경¹, 이형탁^{1,#}

¹ 한국해양과학기술원

#교신저자: htleee@kiost.ac.kr

해상 환경에서 촬영된 선박 영상은 촬영 시야각과 같은 촬영 조건에 따라 동일한 객체라도 외형이 크게 달라진다. 드론과 같은 무인 이동체를 활용한 촬영에서는 수면에 가까운 시점과 상공에서 내려다보는 시점 사이의 외형 차이가 크며, 이와 같이 데이터셋 수량이 부족하다. 이러한 조건별 데이터 불균형은 딥러닝 기반 객체 탐지 모델의 특정 시야각이나 촬영 조건에서 모델의 성능을 저하시키는 원인이 된다. 기존의 데이터 증강 기법은 회전이나 색상 변형, 자르기와 같은 단순한 변환을 통해 데이터 양을 늘리는 데 그쳐 있어, 원본 데이터셋에 존재하지 않는 시야각과 같은 새로운 촬영 조건의 데이터를 다양하게 만들어내지 못한다. 본 연구는 이러한 한계를 해결하기 위해 해상 객체 생성모델인 Neptune-X 를 활용하여 새로운 시야각의 선박 이미지를 합성하는 방법을 제안한다. 구체적으로, 해상 자율운항 멀티모달 데이터셋인 PoLaRIS 의 선박 영상으로 생성모델을 조건화하여, 드론 시점과 정면 시점을 기반으로 데이터가 부족한 조건에 대해 선박 이미지를 생성한다. 생성된 이미지는 YOLO-World 모델을 활용하여 자동으로 레이블링을 수행하며, 이를 통해 학습 데이터셋으로서의 품질을 검증한다.

사사

본 연구는 2026 년 해양수산부의 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(민군경 AI 기반 해양영상 융복합 분석기술개발(RS-2026-25522425))

KOMPSAT-3/3A 광학위성영상의 선박 점 레이블과 SAM 을 활용한 의사 회전 경계상자 생성 가능성 평가

이창현^{1,*}, 한현경¹, 이정석¹, 이형탁^{1,#}

¹ 한국해양과학기술원

#교신저자: htleee@kiost.ac.kr

위성영상 기반 선박 탐지는 해상교통 관리, 수색구조, 불법조업 감시, 해양안보에 중요하다. 그러나 회전 경계상자(OBB)를 만들려면 사람이 선박의 경계와 방향을 직접 그리고 검수해야 하므로, 대규모 학습데이터 구축에 많은 시간과 비용이 든다. 본 연구는 비용이 적게 드는 점 레이블만으로 Segment Anything Model(SAM)을 이용해 선박 의사 OBB 를 만들 수 있는지 평가하였다. 데이터는 한국항공우주연구원이 구축하고 DataON 에서 공개한 KOMPSAT-3/3A 선박 탐지 AI 학습데이터를 사용하였고, 세부 선종은 단일 선박 클래스로 통합하였다. 원본 OBB는 객체별 중심점을 모사하는 데에만 쓰고 SAM에는 입력하지 않았다. 각 중심점을 SAM 2.1 의 양성 프롬프트로 넣어 마스크를 만들고, 이를 최소면적 회전사각형으로 바꿔 의사 OBB 를 생성하였다. 비교 조건은 추가 필터링 없이 모든 의사 OBB 를 쓰는 Basic Point-SAM 과, 자기 점은 포함하고 다른 선박의 점은 포함하지 않는 의사 OBB 만 남기는 Point-Consistency Filtering 이다. 두 조건과 원본 OBB 조건에서 동일한 설정으로 YOLOv8n-OBB 를 학습해 성능을 비교하였다. 실험 결과, Basic Point-SAM 은 대부분의 학습 객체에서 의사 OBB 를 생성하였다. 다만 밀집한 장면에서는 하나의 마스크가 여러 선박을 포함하는 병합 오류가 나타났고, 탐지 성능도 원본 OBB 기준 모델보다 크게 낮았다. Point-Consistency Filtering 을 적용하자 학습에 쓰인 의사 OBB 는 크게 줄었지만 성능은 오히려 향상되었으며, 원본 OBB 와의 기하학적 일치도 역시 유지된 의사 OBB 가 제거된 것보다 뚜렷하게 높았다. 한편 유지된 객체는 제거된 객체보다 크고 주변 선박과의 거리가 멀어, 필터링이 쉬운 객체 쪽으로 편향되었음을 뜻한다. 따라서 성능 향상은 필터링 규칙 자체의 효과라기보다 규모는 작지만 기하학적으로 더 신뢰할 수 있는 데이터로 학습한 결과로 해석하는 것이 적절하다. 이상의 결과로 볼 때, 제안 방법은 수작업 OBB 레이블링을 대체하기보다 선별적 검수와 결합한 반자동 사전 레이블링으로 활용하기에 적합하다.

사사

본 연구는 2026 년 해양수산부의 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(민군경 AI 기반 해양영상 융복합 분석기술개발(RS-2026-25522425))

참고문헌

1. Kirillov, A., Mintun, E., Ravi, N., Mao, H., Rolland, C., Gustafson, L., Xiao, T., Whitehead, S., Berg, A. C., Lo, W.-Y., Dollár, P., & Girshick, R. (2023). Segment anything. In 2023 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV) (pp.3992–4003). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCV51070.2023.00371>
2. Oh, H. (2024). KOMPSAT-3/3A image-based AI training dataset for ship detection [Data set]. DataON. <https://doi.org/10.22711/idr/1021>

광학위성영상 선박 세그멘테이션을 위한 자동 임계값 보정 기법

김정아^{1,2,*}, 이형탁^{1,#}

¹ 한국해양과학기술원, ² 국립한국해양대학교

#교신저자: htlee@kiost.ac.kr

광학위성영상 기반 세그멘테이션은 광범위한 해역의 선박 모니터링에 활용될 수 있으나, 해수면 및 대기 조건에 따른 영상별 밝기 차이로 인해 일관된 임계값 설정에 한계가 있다. 기존 연구에서 장파장 밴드가 해수와 물체에서 다르게 반응하는 점을 활용하여 Sentinel-2 영상의 Red 및 Near-Infrared 밴드를 이용한 선박분할지수(Vessel Segmentation Index, VSI)를 제시하고 경험적 임계값과 자동임계값 기법을 비교하였다. 그 결과 Triangle 기법이 높은 recall 과 안정적인 성능을 보였다. 그러나 VSI 는 픽셀 단위로 산출되어 공간적 정보를 반영하지 않으므로 해수면의 넓은 반사 영역이 선박으로 과대 추정되거나 sunglint 등이 선박으로 분류되는 오탐 문제가 확인되었다. 본 연구에서는 이러한 한계를 개선하기 위해 Triangle 기법으로 산출된 임계값에 보정값을 적용하여 보수적으로 임계값을 설정하고 잡음성 오탐을 최소화하였으며, 선박의 최대 크기를 기준으로 하는 크기 필터를 적용하여 과대 추정된 영역을 추가로 제거하였다. 성능 검을 위해 각 씬에서 수동 라벨링으로 구축한 정답 자료(GT)를 기준으로 precision 과 recall 을 산출하였다. 해수면 밝기 특성이 상이한 장면에 제안 방법을 적용한 결과, 객체 단위 recall 을 유지하면서 precision 이 향상되는 결과를 확인하였다. 장면별 밝기 특성에 따라 최적의 보정값과 크기 기준은 달라질 수 있으나, 본 연구는 자동 임계값 기법만으로도 별도의 수동 개입 없이 선박 분할을 안정적으로 자동화할 수 있음을 확인하였다. 향후 수동 라벨링에 의존하지 않는 GT 자동 구축 및 해양상황인식(MDA) 체계 활용의 기초가 될 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 2026 년 해양수산부의 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(민군경 AI 기반 해양영상 융복합 분석기술개발(RS-2026-25522425))

참고문헌

1. 김정아, & 이형탁. (2026). 해양영역인식을 위한 자동 임계값 설정 기반 광학위성영상 선박 분할. *한국항해항만학회지*, 50(4), 520-532.
2. Liu, Y., Zhang, R., Deng, R., & Zhao, J. (2023). Ship detection and classification based on cascaded detection of hull and wake from optical satellite remote sensing imagery. *GIScience & Remote Sensing*, 60(1), 2196159.

해양영역인식을 위한 해상객체탐지 상대거리 분류 기초연구

김정현^{1,*}, 이창현¹, 이형탁^{1,#}

¹ 한국해양과학기술원

#교신저자: htlee@kiost.ac.kr

해양영역인식(MDA)은 광역해양감시체계를 통해 수집된 해양정보를 융합·분석하여 미리 예측하고 조기 대응하는 선제적 감시체계로, 그 수단의 하나로 광학영상 기반 객체탐지가 활용되고 있다. 선제적 대응은 조기탐지를 전제로 하며, 조기탐지는 곧 원거리 탐지를 의미한다. 원거리 객체탐지 성능을 개선하려면 어느 거리에서 성능이 저하되는지를 먼저 알아야 한다. 그러나 해상 영상에는 육상과 달리 거리를 가늠할 지형지물이 없으며, 배경이 수면과 하늘로만 구성되어 원근 단서가 희박한 특성이 있다. 공개 데이터셋 또한 거리 정답 값을 제공하지 않는다. 그 결과 탐지 성능은 객체의 픽셀 크기에 의존해 왔으며, 이는 근거리 소형선과 원거리 대형선을 같은 구간으로 묶으므로 성능 개선에 앞서 객체를 거리별로 분할하는 방법이 요구된다. 본 연구는 그 방법의 하나로 수평선을 기준선으로 사용하는 거리 분할을 적용한다. 해상 영상 분할 데이터셋 LaRS 로 사전학습된 Mask2Former 모델로 수면 영역을 추출하고, 수면 영역의 상단 경계점에 RANSAC 2 차 다항 적합을 적용하여 영상별 수평선을 산출하였다. 이어 객체 경계상자 하단 중앙점과 수평선 사이의 수직 픽셀 거리를 거리 지표로 정의하였다. 공개 데이터셋은 카메라 파라미터를 알 수 없어 절대 거리로 환산할 수는 없으나, 동일 촬영 조건 내에서 거리의 순서 관계는 보존된다. 이 지표를 이용해 KOLOMVERSE 데이터셋으로 학습된 YOLOv11s 모델의 추론 결과를 분석하였다. 분석 대상은 AIHub 의 해상 객체 탐지 공개 데이터셋에서 외해 영상을 선별하여 구성하였다. Recall, Confidence, IoU 를 구간별로 관측하였으며, 그 결과 성능 변화가 뚜렷하게 나타나는 지점을 확인하여 원거리·중거리·근거리 세 구간의 경계를 제시하고자 한다.

사사

본 연구는 2026 년 해양수산부의 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(민군경 AI 기반 해양영상 융복합 분석기술개발(RS-2026-25522425))

참고문헌

1. Nanda, A., Cho, S. W., Lee, H., & Park, J. H. (2024). KOLOMVERSE: Korea open large-scale image dataset for object detection in the maritime universe. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 25(12), 20832–20840.
2. Žust, L., Perš, J., & Kristan, M. (2023). LaRS: A diverse panoptic maritime obstacle detection dataset and benchmark. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision* (pp. 20304–20314).
3. Gladstone, R., Moshe, Y., Barel, A., & Shenhav, E. (2016). Distance estimation for marine vehicles using a monocular video camera. In *2016 24th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)* (pp. 2405–2409). IEEE.

포인트 기반 딥러닝을 활용한 해상 어구 부이 탐지 연구

한현경^{1,3,*}, 이창현², 이형탁², 황혜린¹, 이정석^{1,#}

¹ 한국해양과학기술원 해양빅데이터·AI 센터, ² 한국해양과학기술원 해양위성센터,

³ 부경대학교 공간정보시스템공학

#교신저자: jslee90@kiost.ac.kr

해상에서 사용되는 어구 부이는 크기가 작고 다수의 객체가 밀집하거나 해수면 반사, 파랑 및 원거리 촬영 조건에 의해 외형이 불명확하게 나타나는 경우가 많아 안정적인 탐지 및 개수 추정이 어렵다. 기존 객체 탐지 방법은 바운딩 박스를 기반으로 객체를 탐지하지만, 소형 객체의 경우 정확한 경계 추정이 어려울 수 있다. 이러한 한계를 보완하기 위해 객체 중심 위치를 활용하는 포인트 기반 학습 방법을 적용할 수 있다. 본 연구에서는 군중 계수 및 위치 추정을 위해 제안된 Point-Query Transformer(PET)를 해상 어구 부이 탐지에 적용하였다. 기존 객체 탐지 데이터셋의 바운딩 박스 중심좌표를 포인트 주석으로 변환하여 PET 모델을 학습하였으며, 이를 통해 해상 영상에서 어구 부이 탐지에 대한 적용 가능성을 검토하였다. 이를 위해 YOLO 형식으로 구축된 어구 부이 데이터셋에서 바운딩 박스 중심좌표를 추출하고, 이를 영상 좌표계의 포인트 주석으로 변환하여 PET 학습에 활용하였다. 사람 군중 데이터로 사전학습된 PET 가중치를 초기값으로 사용하여 해상 어구 부이 데이터에 맞게 파인튜닝을 수행하였으며, 검증 및 테스트 데이터를 통해 계수 성능과 예측 위치를 확인하였다. 실험 결과, 기존 바운딩 박스 기반 주석을 별도의 재주석 과정 없이 중심점 기반 포인트 주석으로 변환하여 군중 계수 모델을 해상 소형 객체에 적용할 수 있음을 확인하였다. 본 연구는 객체 탐지 중심으로 수행되어 온 해상 어구 부이 인식 문제에 포인트 기반 계수 및 위치 추정 방법을 적용한 사례로서, 향후 객체 크기, 밀집도 및 촬영 조건에 따른 성능 분석을 통해 해상 소형 객체의 계수 및 위치 추정 연구로 확장할 수 있는 가능성을 제시한다.

사사

본 연구는 2026 년 해양수산부의 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(민군경 AI 기반 해양영상 융복합 분석기술개발(RS-2026-25522425))

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 콘스텔라홀 B | 09:00-10:30

[특별세션]

빅데이터 융합 기반 AI 활용 신산업 개발

좌장: 김태호(주)유에스티21)

해양 현장관측자료를 활용한 SVP 기반 수심별 수온 추정

박민경^{1,*}, 류한솔¹, 조혜연¹, 양선미¹, 이나현¹, 김태호^{1,#}

¹(주)유에스티 21

#교신저자: thkim@ust21.co.kr

전지구적 기후변화에 따른 수온 모니터링과 수산·해양생물의 서식환경 변화를 파악하기 위해서는 해수면뿐만 아니라 수심에 따른 수온구조를 이해하는 것이 중요하다. 그러나 수심별 수온 정보는 주로 현장관측을 통해 획득되기 때문에 충분한 시·공간적 자료를 지속적으로 확보하는데 한계가 있다. 현장관측자료 중 CTD(Conductivity-temperature-depth instrument)는 수심별 수온을 직접 관측할 수 있으나 관측 빈도와 공간적 분포가 제한적이다. 반면, 상대적으로 관측 빈도가 높은 SVP(Sound Velocity Profiler sensor)는 수심별 음속 정보를 제공하며, 해수 중 음속은 수온, 염분 및 압력에 의해 결정되므로 수온과 밀접한 관계를 갖는다. 따라서 SVP 음속자료로부터 수심별 수온 정보를 추정할 수 있다면 보다 광범위한 수온의 수직적 구조를 파악할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 수온과 음속의 상관관계를 착안하여, 음속정보를 포함한 CTD 자료를 학습자료로 사용해 MLP(Multi-Layer Perceptron) 기반 모델을 구축하고 SVP 음속정보로부터 수심별 수온을 추정하였다. 모델의 입력변수는 관측 위치, 수심, 음속과 계절성을 반영한 DOY(Day-of-Year) 변수로 구성하였으며 수온을 목표변수로 설정하였다. 구축된 모델의 성능은 RMSE, MAE 및 R^2 를 이용하여 평가하고, SVP 자료를 적용하여 수심별 수온 프로파일을 산출한다. 이를 통해 기존에 축적된 SVP 관측자료의 활용 범위를 확대하고, 직접적인 수온 관측자료가 부족한 해역에서도 수온의 수직분포 정보를 생산할 수 있을 것으로 기대된다. 향후에는 추정된 수심별 수온자료를 위성 해수면온도(SST) 산출물과 연계하여 공간적으로 확장함으로써 격자 및 수층별 3 차원 수온 정보를 산출하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

사사

이 초록은 한국산업기술진흥원의 ‘수산생물 생태계 변화, 분석, 예측 시각화 플랫폼 구축(RS-2026-25500919)’ 연구사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

GeoAI 기반 수산생물 생태계 시계열 예측 시스템

임동현 ^{1,*}, 김태호 ^{2,#}

¹(주)에쓰지마, ²(주)유에스티 21

#교신저자: thkim@ust21.co.kr

기후변화와 해양환경 변동에 대응하기 위해 수산생물 생태계의 변화를 지속적으로 파악하고 예측하는 기술이 요구되고 있다. 본 발표에서는 공간정보와 인공지능 기술을 활용한 수산생물 생태계 예측 및 서비스 시스템을 소개한다. 이 시스템은 해양환경 및 수산생물 관측자료의 시공간적 특성과 상호 연관성을 분석하여 생태계의 변화 경향을 예측하는 것을 목적으로 한다. 또한, 분석·예측 결과를 지도와 시계열 정보로 시각화하여 사용자의 이해와 활용을 지원한다. 이를 통해 수산자원 관리, 양식어장 운영 및 해양레저 활동 등 다양한 분야의 의사결정을 지원할 수 있을 것으로 기대한다.

다중 위성영상과 AI를 활용한 그린인프라 모니터링 플랫폼

권동재^{1,2,*,#}, 석민¹, 윤용선¹, 고유경¹, 김지희¹, 신유정¹, 신지민¹

¹(주)카탈로닉스, ²연세대학교 지구시스템과학과

#교신저자: dkwon@catalonix.com

골프장, 운동장, 공원 등 그린인프라는 기상 조건, 이용 강도, 관리 활동에 따라 식생 상태가 달라지므로 지속적인 관찰과 공간적 특성을 고려한 관리가 필요하다. 위성영상은 넓은 지역을 반복적으로 관측할 수 있다는 장점이 있으나, 상대적으로 작은 관리 구역의 변화를 파악하기 위해서는 관측 시기와 센서에 따른 특성 차이를 고려해야 한다. 특히 다중 위성영상을 시계열로 활용하는 경우, 영상 간 공간적 불일치는 실제 식생 변화의 해석에 불확실성을 유발할 수 있다.

본 발표에서는 다중 위성영상과 AI 기반 영상 처리 기술을 활용한 그린인프라 모니터링 플랫폼을 소개한다. 본 플랫폼은 서로 다른 시기와 센서에서 취득된 영상의 공간적 일관성을 높이고, 공간적·시간적·분광적 특성이 상이한 위성자료를 상호보완적으로 활용하여 식생 상태와 주변 환경의 변화를 함께 살펴볼 수 있도록 구성하였다. 이를 통해 개별 관측 시점의 상태뿐 아니라 관리 구역별 변화 양상과 시계열적 특성을 파악하고, 현장 관리에 활용할 수 있는 정보를 제공하고자 한다.

골프장 등 관리형 녹지의 적용 사례를 중심으로 플랫폼의 구성과 활용 방식을 제시하고, 식생 상태의 공간적 차이와 시간적 변화에 대한 해석 가능성을 살펴본다. 아울러 다중 위성자료와 AI 기술을 연계하여 그린인프라의 지속적인 상태 파악과 데이터 기반 관리 의사결정을 지원하는 방안을 소개한다.

사사

본 연구는 중소벤처기업부 창업성장기술개발사업의 딥테크 팁스(TIPS) 지원을 받아 수행되었음(과제번호: RS-2024-00437493).

위성영상 및 공간정보의 통합 활용을 위한 지능형 분석 기술과 플랫폼

이수암^{1,*,#}, 정성우¹, 서원우¹

¹(주)쓰리디랩스

#교신저자: ahmkun@3dlabs.co.kr

본 발표에서는 위성영상 처리, 사진측량 및 공간정보 분석 분야에서 개발하고 있는 주요 기술과 플랫폼을 소개한다. 정밀 위성영상 처리와 대규모 공간정보 분석 기술은 환경 모니터링, 인프라 관리 및 디지털 매핑 등 다양한 분야에 활용될 수 있다. 또한 드론 기반 초분광영상을 활용하여 지표 물질과 환경 상태를 정밀하게 분석하고, 위성·항공·드론 등 다중 출처 영상의 융합을 통해 3 차원 공간정보를 복원하고 디지털 트윈을 구축하는 기술을 개발하고 있다.

주요 개발 플랫폼은 위성정보 빅데이터 플랫폼과 QueryGIS 이다. 위성정보 빅데이터 플랫폼은 대규모 위성영상과 공간정보를 통합적으로 관리·분석할 수 있는 환경을 제공한다. QueryGIS 는 QGIS 와 연계된 공간정보 분석 지원 도구로, 사용자가 자연어 명령을 통해 다양한 공간분석을 수행할 수 있도록 지원한다. 이를 통해 복잡한 GIS 작업 절차를 단순화하고 공간정보 분석의 접근성과 활용성을 향상시킬 수 있다.

이러한 기술개발은 우주와 지상에서 수집되는 다양한 데이터를 연계하고, 현실과 가상, 2 차원과 3 차원 공간정보를 통합적으로 활용하는 데 목적이 있다. 궁극적으로 공간정보 분석의 효율성을 높이고 환경·산업·공공 분야에서의 실질적인 활용 범위를 확대하고자 한다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 콘스텔라홀 B | 10:45-12:15

[일반세션]

GeoAI데이터 활용 - 해양, 수자원

좌장: 남기범(K-water연구원)

사이드 스캔 소나 영상 합성을 위한 환경 및 객체 음향 특성 제어 생성

황혜린^{1,*}, 박지민¹, 이정석¹, 한현경¹, 이형탁^{1,#}

¹ 한국해양과학기술원

#교신저자: htleee@kiost.ac.kr

사이드 스캔 소나 영상은 해저면의 반사 특성과 주변 환경, 객체 주변에서 발생하는 음향 현상에 따라 배경 밝기, 스펙클, 텍스처, 하이라이트 및 음향 그림자의 형태가 크게 달라진다. 그러나 실제 해양 환경에서 다양한 조건의 데이터를 반복적으로 획득하고 정밀하게 주석화하는 데에는 많은 시간과 비용이 요구되므로, 충분한 학습데이터 확보에 한계가 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 환경 특성과 객체 연관 음향 현상을 독립적으로 표현하는 이중 코드북 기반 사이드 스캔 소나 영상 생성 방법을 제안한다. 환경 코드북은 객체와 음향 그림자 영역을 제외한 배경 영역을 기반으로 밝기, 스펙클 및 텍스처 특성을 학습하고, 선택된 코드를 의사 토큰으로 변환하여 확산모델의 의미 조건으로 활용한다. 음향 현상 코드북은 객체와 음향 그림자의 공간적 관계, 하이라이트 및 형상 특성을 표현하며, 선택된 코드와 객체 마스크를 이용하여 확산모델의 공간 조건을 생성한다. 이를 통해 환경 조건과 객체 관련 음향 조건을 서로 독립적으로 선택하고 조합할 수 있다. 실험 결과, 두 코드북은 서로 다른 영상 특성에 대한 구분된 표현을 형성하였으며, 환경 코드의 변화에 따라 생성 영상의 배경 밝기와 스펙클 특성이 순차적으로 변화하는 제어 가능성을 확인하였다. 본 연구는 제한된 공개 데이터셋을 활용하는 환경에서도 다양한 환경 및 음향 조건을 조합한 합성 사이드 스캔 소나 영상을 생성할 수 있는 가능성을 제시한다.

사사

본 연구는 2026 년 해양수산부의 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(민군경 AI 기반 해양영상 융복합 분석기술개발(RS-2026-25522425))

이종 공간정보를 활용한 항공수심 LiDAR 표고 편차 보정

류재욱^{1,*}, 이재왕², 오재홍^{3,#}

¹ 한국해양대학교 해양신재생에너지융합전공 박사과정, ² 한국해양대학교 해양신재생에너지융합전공 학사과정,

³ 한국해양대학교 토목공학과 교수

#교신저자: jhoh@kmou.ac.kr

항공수심 LiDAR(Airborne Bathymetric LiDAR, ABL)는 조간대의 노출 지면과 얇은 수중 지형을 연속적으로 관측할 수 있으나, 촬영 당시 지표면이 물에 잠겨 있는지 또는 수면 위로 드러나 있는지에 따라 표고 편차가 공간적으로 다르게 나타날 수 있다. 이러한 오차는 스트립 전체에 일정한 이동량을 적용하는 기존 조정 방법만으로 충분히 제거하기 어렵다. 본 연구에서는 점군에서 계산한 높이와 분포 특성, Sentinel-2 영상으로 파악한 물의 분포와 침수 빈도, 그리고 인접 스트립이 같은 위치를 관측한 결과를 함께 입력하여 표고 오차를 예측하고 보정하는 학습 모델을 구성하였다. 각 스트립을 일정한 간격의 격자로 변환하고 패치 단위의 학습자료로 구성한 뒤, 일부 영역의 Terrain Mapper 참조자료와 여러 스트립이 동일한 지점을 관측한 결과를 이용하여 U-Net 기반 표고 보정 모델을 학습하였다. 모델의 성능은 참조자료가 학습에 사용되지 않은 영역을 포함하여 평가하였으며, 보정 후 전반적인 표고 오차가 감소하는 것을 확인하였다. 종단면 비교에서도 보정된 자료가 국부적인 지형 기복과 경사 변화를 유지하면서 참조자료에 근접하였다. 이를 통해 제안한 방법이 제한된 참조자료만으로도 ABL 자료의 공간적으로 변화하는 표고 편차를 완화할 수 있음을 확인하였다.

사사

이 논문은 2023 년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00254717, 갯벌 공간정보 변화 모니터링 기술개발)

CorrDiff 기반 확산모델을 이용한 동아시아 해역 고해상도 해수면온도 다운스케일링

제갈선^{1,*}, 김소현¹, 정시훈¹, Yuwei Kong¹, 임정호^{1,#}

¹울산과학기술원

#교신저자: ersgis@unist.ac.kr

해수면온도(Sea Surface Temperature, SST)는 해양 열수지와 대기-해양 상호작용을 반영하는 핵심 변수로, 이상고온 감시, 어장 및 양식 피해 예측, 태풍 강도 변화 이해 등 다양한 해양·기상 응용에서 중요하다. 그러나 해양은 대기에 비해 변화가 일어나는 공간 규모가 작아 촘촘한 관측이 요구되는 반면, 실제 가용한 저해상도 재분석 자료와 고비용의 고해상도 위성·현장관측 자료 사이에는 뚜렷한 해상도 격차가 존재한다. 특히 전 지구 재분석 자료인 ERA5는 시간적으로 안정적이고 장기간 자료를 제공하지만 공간해상도가 약 25 km 수준에 그쳐, 한반도 주변 해역과 같이 해양전선·중규모 소용돌이 등 국지적 변동이 활발한 지역의 세밀한 SST 구조를 포착하는 데 한계가 있다.

이에 본 연구는 딥러닝 기법을 활용하여, 저해상도 ERA5 재분석 SST 자료(25 km, 64×64)로부터 고해상도 OSTIA SST 자료(5 km, 320×320)를 정답자료로 활용하여 동아시아 해역의 SST 를 5 배 공간 다운스케일링하는 CorrDiff 기반 모델을 구축하였다. 본 연구에서 사용된 Corrdiff (Residual Corrective Diffusion Modeling)는 회귀 모델이 고해상도 SST 의 조건부 평균장을 추정하고, 생성 확산 모델이 평균장과 목표장 사이의 잔차 분포를 학습하여 세부 공간 구조를 보정하는 2 단계 구조이다.

본 연구에서 제안하는 기법을 통해 저해상도 재분석 자료만으로도 해양전선, 중규모 소용돌이 등 세부 열구조를 실제 관측 수준으로 복원할 수 있을 것으로 기대된다. 이는 시공간적으로 연속적인 장기 재분석 자료의 시간적 안정성과, 관측 기반 고해상도 자료의 공간적 정밀성을 동시에 확보하는 접근으로서, 향후 한반도 주변 해역의 고해상도 SST 산출 및 이상수온·해양열파 조기 탐지 연구에 실질적인 기초자료를 제공할 수 있을 것이다.

사사

이 논문은 2025 년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2025-02304432, 아열대 해양환경 적응 시나리오 개발, 대응책 및 활용체계 구축)

다중 공간정보 융합을 이용한 금강유역 대수층 투수량계수 정량 추정

김정철^{1,*,#}, 유진우², 정형섭²

¹국립생태원 지능생태정보실 생태빅데이터팀, ²서울시립대학교 공간정보공학과

#교신저자: jckim@nie.re.kr

대수층의 투수량계수는 지하수 개발과 굴착·배수 설계에 활용되는 주요 수리상수이나, 양수시험 등 현장자료가 제한된 지점에서만 확보되기 때문에 유역 규모의 공간적 분포를 파악하는 데 한계가 있다. 본 연구에서는 금강유역을 대상으로 지질, 토양, 지형, 토지피복, 부계중력이상 등 다중원천 공간정보를 융합하여 투수량계수의 공간분포를 90 m 격자로 추정하고, 예측 성능과 주요 기여 변수를 평가하였다.

국가지하수정보센터, 환경빅데이터플랫폼을 통해 확보한 실측자료 3,618 공과 비양수량을 이용한 환산자료 705 공(환산식 $R^2=0.94$)을 통합하여 총 4,323 공의 참조자료를 구축하였다. 이후 학습에 사용되지 않은 표본의 예측잔차를 이용한 반복적 합의 판정을 통해 이상치 22.1%를 제외하고, 최종 3,368 공을 분석에 활용하였다. 예측에는 특징 수준과 예측 수준을 결합한 계층적 융합모형을 적용하였다. 먼저 SE-CNN 을 이용하여 19 채널 공간정보 패치에서 특징을 추출한 후, 35 개 물리특성 변수와 크리깅 예측값을 결합하여 XGBoost 모형을 구축하였다. 이 결과를 잔차 크리깅으로 보정하고 물리특성 변수 기반 모형과 앙상블하여 최종 예측값을 산출하였다.

동일한 모형과 검증절차에서 자료 정제 전후를 비교한 결과, $\log_{10}(T)$ 의 결정계수(R^2)는 0.360 에서 0.636 으로 향상되었다. 정제자료를 이용한 최종 융합모형의 R^2 는 0.662 로 보통 크리깅의 0.468 보다 높았으며, 공간적 균형을 추가로 고려한 이중층화 검증에서도 $R^2=0.660$ 으로 유사한 성능을 나타냈다. 지역별 성능은 $R^2=0.418-0.755$ 로 공간적 차이를 보였으며, 미고결 총적층에서는 $R^2=0.780$ 으로 상대적으로 높은 예측력을 나타냈다. 또한 SHAP 분석, 입력 채널 제거 실험 및 SE 채널 가중치 분석에서 지형습윤지수, 표고, 배수밀도, 하천까지의 거리 및 수리지질단위가 공통적으로 주요 예측변수로 확인되었다. 최종적으로 금강유역의 투수량계수 공간분포를 나타내는 90 m 지도를 구축하였다. 다만 높은 투수량계수 구간에서 $-0.301 \log_{10}$ 단위의 과소추정 편향이 확인되었다. 따라서 구축된 지도는 현장조사를 대체하기보다 광역적인 투수량계수 분포 파악과 현장조사 대상지 및 조사 우선순위 선정을 지원하는 공간정보로 활용하는 것이 적절하며, 실제 지하수 개발과 굴착·배수 설계에는 현장 양수시험에 기반한 검증이 필요하다.

Sentinel-2 와 PlanetScope 를 연계한 하천 클로로필-a 추정: 센서 간 일관성과 현장 적용성 평가

남기범 ^{1,*,#}, 윤동현 ¹, 김영준 ¹, 강기묵 ¹, 장진우 ¹, 김화영 ¹, 황의호 ¹

¹K-water 연구원 수자원위성연구소

#교신저자: gbnam@kwater.or.kr

하천 녹조는 수일 이내에도 급변하지만, 단일 광학위성은 재방문 주기와 구름의 영향으로 발생·확산 과정을 연속적으로 관측하기 어렵다. 따라서 분광 특성이 안정적인 Sentinel-2(Sen2)와 관측 빈도 및 공간해상도가 높은 PlanetScope(PS)의 연계 활용이 필요하다. 본 연구에서는 제한된 현장자료를 보완하기 위해 글로벌 수체 분광자료인 GLORIA 를 이용하여 두 센서에 공통 적용 가능한 클로로필-a(Chl-a) 추정 기법을 개발하고, 센서 간 일관성과 하천 적용성을 평가하였다.

Chl-a 500 mg/m³ 이하의 GLORIA 자료 1,779건을 센서별 분광응답함수에 따라 모의하였다. 원시 반사도, 밴드비 및 스펙트럼 형태 특징을 조합하여 8 개 회귀모델을 중첩 교차검증과 Optuna 로 최적화하였다. 현장 성능은 2021-2025 년 낙동강 8 개 보의 Sen2-현장 매칭 자료 258 건과 2025 년 8 월 18 일 Sen2·PS 동일일 영상을 이용하여 평가하였다.

GLORIA 교차검증에서 밴드비와 형태 특징을 추가하자 주요 비선형 모델의 log R²는 0.73-0.79 에서 0.81-0.82 로 향상되었다. 두 센서의 예측값도 높은 일관성을 보였다(CCC≥0.99). 현장 적용에서는 log RMSE 가 0.36-0.50 에서 0.28-0.33 으로 감소했으며, 연도별 현지 재보정 후에는 log RMSE 0.18-0.20 과 log R² 0.68-0.73 을 나타냈다. 동일일 비교에서 Sen2 의 편향은 +10~+30%였다. PS 는 865 nm 기반 형태 특징을 포함할 때 -29~-80%의 과소추정을 보였으나, 해당 특징을 제외하면 편향이 -21~+3%로 완화되었다.

GLORIA 기반 분광 모의와 공통 특징 설계는 제한된 현장자료에서도 Sen2 와 PS 의 Chl-a 추정 결과를 연계할 수 있음을 보여주었다. 다만 절대 농도 산출에는 분광 품질관리와 현지 재보정이 필요하며, PS 에는 근적외선 잔차 보정 또는 근적외선 비의존적 특징 설계가 요구된다. 향후 다양한 수계와 다일자 동시 관측 자료를 기반으로 센서 간 보정체계를 확립하면, 이질적인 광학위성 자료를 일관된 Chl-a 시계열로 통합하여 광역 녹조 감시의 관측 공백을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 과학기술정보통신부(정보통신기획평가원)의 지원을 받아 수행된 연구(RS-2024-00397964, 초소형 위성영상 기반 주요 지역 분석 및 실감화 지능 기술 개발)이며, 이에 감사드립니다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 콘스텔라홀 B | 13:30-15:00

[일반세션]

GeoAI모델 개발 및 분석 - 데이터 분할, 분석, 기타

좌장: 백지연(한국해양과학기술원)

원격탐사 단일영상 초해상화를 위한 센서 일관 전방열화모델 개발

윤동현^{1,*,#}, 고수정¹, 김영준¹, 남기범¹, 강기묵¹, 황의호¹

¹K-water 연구원 수자원위성연구소

#교신저자: dhyoon@kwater.or.kr

광학위성의 단일영상 초해상화(Single-Image Super-Resolution, SISR)는 저해상도 영상으로부터 고해상도 영상을 복원하는 기술로, 학습에 사용되는 영상 열화(degradation) 모델과 실제 센서의 관측 특성 간 일관성이 복원 성능에 중요한 영향을 미친다. 일반적으로 사용되는 bicubic 기반 열화는 실제 광학계의 공간주파수 응답, 검출기 샘플링 및 밴드별 특성을 충분히 반영하지 못하며, 이로 인해 복원영상에서 과도한 고주파 성분이 생성되거나 영상이 지나치게 평활화될 수 있다. 특히 Sentinel-2 와 같이 밴드별 공간해상도가 서로 다른 원격탐사 영상은 목표 해상도의 참값(Ground Truth)을 직접 확보하기 어렵기 때문에, 복원된 고해상도 영상을 다시 센서 관측조건으로 열화하였을 때 원본 저해상도 영상과 얼마나 일치하는지가 중요한 학습 및 검증 기준이 된다. 본 연구에서는 원격탐사 SISR 에서 이러한 센서 관측 일관성을 확보하기 위해 MTF(Modulation Transfer Function)와 PSF(Point Spread Function)를 기반으로 전방 열화 모델을 구성하고, Airy 및 Gaussian PSF 와 기존 bicubic 열화 방법의 특성을 비교하였다. 전방 모델은 고해상도 영상에 PSF 기반 공간 확산을 적용한 후 초해상화 배율에 따라 샘플링하는 구조로 구성하였다. Airy PSF 는 원형 개구를 갖는 회절 한계 광학계를 가정하여 주파수 영역에서 해석적 MTF 를 정의한 후 이를 공간 영역으로 변환하여 생성하였다. Sentinel-2 SWIR Band 11 영상에 3 배 열화를 적용한 결과, Airy PSF 는 Gaussian PSF 와 서로 다른 에너지 확산 및 저역통과 특성을 나타냈으며, PSF 형태와 cutoff 설정에 따라 공간주파수 열화 강도를 조절할 수 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 전방 열화 모델이 단순히 학습용 저해상도 영상을 생성하는 과정이 아니라, 초해상화 영상에서 복원 가능한 공간주파수 범위와 원본 관측영상과의 일관성을 결정하는 중요한 요소임을 보여준다. 향후 실제 탑재체의 밴드별 MTF·PSF 및 방사 노이즈 특성을 반영하고, 제안한 전방 모델을 self-supervised 학습의 forward consistency loss 와 결합하여 payload-aware, sensor-consistent SISR 모델로 확장하고자 한다.

참고문헌

1. Aybar, C., Contreras, J., Donike, S., Portalés-Julià, E., Mateo-García, G., and Gómez-Chova, L., "A Radiometrically and Spatially Consistent Super-Resolution Framework for Sentinel-2," Remote Sensing of Environment, Vol. 334, 2026, Art. no. 115222.
2. Vasilescu, V., Datcu, M., and Faur, D., "A CNN-Based Sentinel-2 Image Super-Resolution Method Using Multiobjective Training," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 61, 2023, pp. 1–14.

3. Zhang, K., Liang, J., Van Gool, L., and Timofte, R., “Designing a Practical Degradation Model for Deep Blind Image Super-Resolution,” Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), 2021, pp. 4771–4780.
4. Xiao, J., Yong, H., and Zhang, L., “Degradation Model Learning for Real-World Single Image Super-Resolution,” Computer Vision – ACCV 2020, 2020, pp. 84–101.
5. Qi, Y., Lou, M., Liu, Y., Li, L., Yang, Z., and Nie, W., “Advancing Image Super-Resolution Techniques in Remote Sensing: A Comprehensive Survey,” ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 231, 2026, pp. 68–100.

다중시기 특징 융합을 위한 Temporal Symmetric Transformer 적용 변화탐지 성능 평가

김상화^{1,*}, 이창희², Aisha Javed³, 한유경^{4,#}

¹서울과학기술대학교 건설시스템공학과 학사과정, ²서울과학기술대학교 건설시스템공학과 박사과정,

³서울과학기술대학교 건설미래인재연구소 선임연구원, ⁴서울과학기술대학교 건설시스템공학과 정교수

#교신저자: han602@seoultech.ac.kr

변화탐지는 다중시기(multi-temporal) 원격탐사 영상으로부터 지표면의 변화를 자동으로 식별하는 과업으로, 도시 개발 모니터링, 재해 피해 평가, 토지 이용 변화 분석 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 변화탐지 모델에서는 서로 다른 시점에서 획득된 영상으로부터 추출된 특징 간의 관계를 효과적으로 학습하고, 이를 융합하는 것이 중요하다. 기존 변화탐지 모델에서는 Siamese 구조의 인코더(encoder)를 통해 두 시점의 특징을 채널 방향으로 결합(concatenation)하거나 차분하는 방식이 주로 활용되지만, 이러한 방식은 입력 영상의 시간적 순서에 따른 특징 융합의 영향을 충분히 고려하기 어려우며, 시공간적 상호작용(spatio-temporal interaction)을 명시적으로 모델링하는 데 한계가 있다.

한편, ChangeMask 에서 제안된 Temporal Symmetric Transformer (TST)는 이러한 이중시기 특징 간의 관계를 효과적으로 모델링하기 위해, 두 시점의 특징을 $[t_1, t_2]$ 순서와 $[t_2, t_1]$ 순서로 각각 결합하여 두 개의 입력을 생성하고, 이를 각각 3D convolution 을 통해 시공간적 상호작용을 통한 변화 양상을 동시에 학습한다. 이후 두 방향에서 생성된 특징을 element-wise multiplication 기반 대칭 융합(symmetric fusion)하여 변화 표현을 생성한다. 이를 통해 TST 는 단순 결합이나 차분 방식으로는 포착하기 어려운 이중시기 간의 변화 패턴을 효과적으로 반영함으로써 변화탐지 성능 향상에 기여할 수 있다. 또한 이러한 구조는 입력 시점의 순서가 변경되더라도 동일한 변화 표현을 생성하도록 한다.

이에 본 연구에서는 Siamese 구조에서 이중시기 영상을 기반으로 특징을 단순 결합하는 변화탐지 모델을 대상으로, TST 기반 시공간 특징 융합 기법이 변화탐지 성능 향상에 실질적으로 기여하는지를 평가하고자 하였다. 이를 위해 Siamese 구조 인코더를 가진 다양한 변화탐지 모델의 결합 부분에 TST 기반 융합 방식을 적용하고, 기존 특징 융합 방식과의 변화탐지 성능을 비교·분석함으로써 TST 도입에 따른 성능 향상 효과를 검증하였다. 또한, 입력 영상의 시간적 순서를 변경하는 실험을 추가로 수행하여 TST 의 대칭적 특징 융합 특성이 입력 순서와 무관하게 안정적인 성능을 나타내는 것을 확인하였다.

사사

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2026-25601793).

포인트 정제를 통한 산사태 변화탐지

조환희^{1,*}, 임정호^{1,#}

¹ 울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

#교신저자: ersgis@unist.ac.kr

본 연구는 Sentinel-2 위성영상 기반 산사태 변화탐지를 위한 경계 인식 프레임워크인 PointMama 를 제안한다. PointMama 는 양시기 Tasseled Cap Transformation, 지형(terrain), Δ TCT 입력을 다중스케일 시각적 상태공간 인코더, ChangeDecoder, 그리고 불확실성 기반 PointRend 감독학습과 통합한 구조를 갖는다. 저해상도 출력 구성인 PR-Coarse 는 매칭된 ChangeMamba 파라미터 수의 0.25%에 불과한 포인트 헤드만을 추가함으로써, 데이터 지원이 높은 4 개 지역에서 평균 95 번째 백분위수 하우스도르프 거리(HD95)를 12.2~26.9% 감소시켰다. 또한 이들 지역에서 평균 최대 하우스도르프 거리가 가장 낮았으며, 실측 경계 대역 내 F1 점수도 더 높게 나타나, 경계 완전성과 위치 정확도 측면에서의 개선을 확인하였다. PR-Final 은 동일한 64×64 저해상도 격자를 128×128 및 256×256 해상도로 정제하는 단계이다. 동일 체크포인트 기준 PR-Coarse 와 비교했을 때, PR-Final 은 GT-band 정밀도는 향상시켰으나 재현율, 중첩도, 그리고 소규모 객체 탐지 성능은 오히려 저하시켰다. 지형 및 Δ TCT 를 포함한 PR-Coarse 는 TCT 기반 입력만을 사용한 경우 대비 지원이 높은 4 개 지역에서 GT-band F1 값이 0.0017~0.0053 더 높게 나타났으며, HD95 변화 양상은 지역별로 상이하였다. 이러한 결과는 PointMama 의 경계 중심 학습 설계의 타당성을 뒷받침하며, 평가된 지역별 과제에서 탐지된 객체(mapped components)의 보존이라는 관점에서 PR-Final 보다 PR-Coarse 를 선택하는 것이 타당함을 시사한다.

사사

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(RS-2025-02213492)의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

참고문헌

1. Monopoli, T., Montello, F., Rossi, C., 2024. Landslide mapping from Sentinel-2 imagery through change detection. In: IGARSS 2024—2024 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 3030–3035. <https://doi.org/10.1109/IGARSS53475.2024.10641224>.
2. Chen, H., Song, J., Han, C., Xia, J., Yokoya, N., 2024. ChangeMamba: Remote sensing change detection with spatiotemporal state space model. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 62, 1–20. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2024.3417253>.

낙동강 표층관측자료 연계 Sentinel-2 분광반사도 기반 탁도 추정

장진우^{1,*}, 남기범^{1,#}, 김영준¹, 황의호¹

¹K-water 연구원 수자원위성연구소

#교신저자: gbnam@kwater.or.kr

탁도(NTU, Nephelometric Turbidity Unit)는 수질 상태와 수생태계 건강성을 판단하는 중요한 지표이며, 미래 수질 환경 관리를 위한 의사결정 지원에 필수 요소이다. 탁도 감시는 국가 통합물관리정보 플랫폼에서 제공하는 자동측정망 자료를 통해 수행되고 있으나, 시·공간적 감시 범위가 제한적인 한계가 있다. 반면, 위성 기반 공간자료와 머신러닝(Machine Learning) 모델을 활용한 관측은 넓은 지역을 대상으로 정기적인 관측이 가능한 장점이 있으며 탁도의 공간적 분포를 시각적으로 파악하는데 강점이 있다.

본 연구에서는 Sentinel-2 위성의 분광반사도와 머신러닝 모델을 활용하여 탁도 추정 알고리즘을 개발하고 정량적으로 검증하였다. 2021~2026 년 낙동강유역 조류관찰지점(8 개 지점)에서 수집된 좌·중·우 표층 혼합 탁도 자료 3,956 건을 확보하였다. 동일 날짜의 Sentinel-2 L2A 분광반사도(BOA)을 추출하여 정량화 계수를 적용해 변환한 뒤, 탁도 자료와 시·공간적으로 매칭되는 342 개의 학습데이터셋을 구축하였다. 입력변수로는 개별 밴드 및 밴드비(band Ratio) 조합 등 총 19 개 변수를 구성하였다.

7 개의 머신러닝 모델의 하이퍼파라미터를 최적화하여 비교한 결과, 트리 기반 앙상블 계열 모델들이 전반적으로 우수한 성능을 보였다. 이 중 탁도 농도의 비선형적 경향을 안정적으로 반영하고 입력자료가 축적될수록 유리한 GBM(Gradient Boosting Model)을 최종 모델로 채택하였다. 공간적 일반화 성능 검증을 위한 LOSO(Leave-one-site-out) 검증에서 $R^2 = 0.7$, RMSE = 4.0 NTU 의 성능을 나타냈다. 모델은 NTU 20 이하 구간에서 높은 재현성을 보인 반면, NTU 40 이상의 고탁도 구간은 데이터 표본이 부족하여 학습에 반영된 정보가 제한적이었다. GBM 모델의 변수 중요도 분석 결과, 단일 밴드 중에서는 B5(Red-Edge)의 기여도가 가장 높게 나타났으며, 밴드비 변수인 B8/B4(NIR/Red)와 B5/B4(Red-edge/Red)가 탁도를 설명하는데 가장 유의미한 상관성을 보였다. B11(SWIR)은 단독 상관성은 낮았으나 다른 변수와의 상호작용을 통해 조건부로 기여함을 확인하였다.

향후 고탁도 자료의 지속적 확보와 기상, 계절적 요인 등 이질적 반응패턴을 고려하여 알고리즘을 보완한다면, 본 기술은 위성과 AI 를 융합한 수질관리 의사결정 지원 도구로서 적극 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 기후에너지환경부의 「수자원위성 지상운용체계 구축사업」의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

기후변화 시나리오에 따른 우리나라 호소의 봄철 총유기탄소 변화 분석

김영준^{1,*,#}, 남기범¹, 강기묵¹, 손찬영¹, 황의호¹

¹K-water 연구원 수자원위성센터

#교신저자: kimyjun@kwater.or.kr

총유기탄소(TOC, total organic carbon)는 유역에서 유입되는 유기물과 수체 내 생물·물리적 과정의 영향을 함께 반영하는 주요 수질지표이다. 본 연구에서는 우리나라 호소의 봄철 TOC 를 대상으로 유역 특성과 기후조건을 함께 고려한 머신러닝 모델을 구축하고, 미래 기후변화에 따른 TOC 변화를 분석하였다. 2009-2019 년 152 개 수질측정지점의 봄철 관측자료 3,848 건을 활용하였으며, 토지피복 및 지형 변수와 기온, 강수, 건조일수, 풍속 등의 기후 변수를 입력자료로 사용하였다. Random Forest 와 Support Vector Regression 을 결합한 모델은 leave-one-year-out 검증에서 $R^2=0.736$, $RMSE=0.859$ mg/L 의 성능을 나타내어 전국 단위의 봄철 TOC 변동성을 비교적 안정적으로 재현하였다. 변수 민감도 분석 결과, TOC 의 공간적 차이를 설명하는 데에는 유역의 토지피복과 지형 특성이 상대적으로 크게 작용하였으며, 기후 변수 역시 추가적인 변동 정보를 제공하는 것으로 나타났다. 특히 기후 변수에 대한 민감도는 유역 및 개별 지점에 따라 서로 다른 공간적 특성을 보였다. 미래 분석에서는 현재의 토지피복과 지형조건을 고정하고 SSP126, SSP245, SSP370, SSP585 기후자료를 적용하여 기후조건 변화에 따른 TOC 변화를 평가하였다. 그 결과 시나리오 간 차이는 가까운 미래에는 크지 않았으나 세기 후반으로 갈수록 증가하였으며, 2081-2100 년 평균 TOC 는 최근 관측기간 대비 SSP126 에서 3.6%, SSP585 에서 22.0% 증가하였다. 또한 SSP126에서는 30 개, SSP585에서는 91 개 지점에서 현재보다 낮은 수질등급으로 변화하는 것으로 나타나 미래 기후조건에 따른 영향이 지역별로 상이할 가능성을 확인하였다. 본 연구는 현재의 유역조건을 유지한 상태에서 미래 기후변화에 따라 봄철 TOC 가 증가할 가능성이 높은 지역을 선별하고, 향후 수질 모니터링과 기후변화 대응이 필요한 지점을 파악하는 데 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 과학기술정보통신부(정보통신기획평가원)의 지원을 받아 수행된 연구 (RS-2024-00397964, 초소형 위성영상 기반 주요 지역 분석 및 실감화 지능 기술 개발)이며, 이에 감사드립니다.

전 지구 3 차원 입자성 유기탄소 산출을 위한 Fine-tuning 기반 딥러닝 위성 자료 활용 재구성 프레임워크

조하늘^{1,*}, Tobias Rogelio Ruzcko², 임정호^{1,3,#}

¹울산과학기술원 탄소중립대학원, ²디아이랩 주식회사 기후 인텔리전스 연구실 인텔리전스 개발팀,

³울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

#교신저자: ersgis@unist.ac.kr

입자성 유기탄소(Particulate Organic Carbon, POC)는 해양 생물학적 탄소펌프의 주요 운반체로서, 표층 해양에서 고정된 탄소를 심층으로 수송하는 데 핵심적인 역할을 한다. 따라서 POC 의 시공간적 변동성을 규명하는 것은 전 지구 탄소순환의 역학을 이해하는 데 필수적이다. 그러나 기존의 해석 기반 POC 산출 알고리즘은 해양 생물학적 특성과 광학적 특성 간 관계가 공간적으로 복잡하게 변화한다는 제약이 있으며, 주로 표층 관측자료에 의존하기 때문에 이를 수심 방향으로 외삽할 경우 불확실성이 증폭될 수 있다. 따라서 POC 분포를 정확하게 평가하기 위해서는 표층 추정에만 의존하는 접근을 넘어 아표층 탄소의 수직적 변동성을 직접적으로 규명할 필요가 있다. 본 연구에서는 위성 관측자료와 3 차원 물리·생지화학 환경장을 통합하여 전 지구 상층 해양의 3 차원 POC 분포를 복원하는 위성 기반 수중 복원 프레임워크를 제안한다. 특히 본 프레임워크는 엽록소-a(Chlorophyll-a) 및 기타 환경 인자와 함께 입자 후방산란계수(particulate backscattering coefficient)의 전 지구 수직 분포장을 핵심 생지화학 프록시로 활용한다. 모델은 두 단계로 학습된다. 먼저 다중 관측 기반 해양 생지화학 자료에서 제공하는 전 지구 3 차원 입자 후방산란계수장을 이용하여 사전학습한 후, 희소한 현장 관측 POC 자료를 이용하여 미세조정(fine-tuning)을 수행한다. 모델 성능은 수심 300 m 이내의 독립적인 전 지구 현장 관측 POC 테스트 자료를 이용하여 검증하였다. 테스트 자료에서 2 단계 학습 모델은, POC 자료만을 이용하여 처음부터 학습한 scratch baseline 모델보다 우수한 성능을 보였다. 또한 해양 분지와 계절별로 구분한 성능 평가에서도 기준 모델 대비 일관된 성능 향상이 확인되었다. 이러한 결과는 위성 관측자료와 3 차원 물리·생 지화학 환경장을 통합함으로써 수심별 구조가 명시적으로 표현된 고해상도 상층 해양 POC 분포를 효과적으로 복원할 수 있음을 보여준다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 콘스텔라홀 B | 15:15-16:45

[일반세션]

GeoAI데이터 활용 - 공간정보, 생태

좌장: 김기동(국립생태원)

생성형 AI를 활용한 항공 경사영상 기반 3D 건물 벽면 텍스처 복원 및 자동화 기법

박다정^{1,*}, 김용현¹, 박진솔¹, 김혜성¹, 김지환¹, 김승훈¹, 박준규¹, 장세진¹, 김장욱^{1,#}

¹(주)올포랜드

#교신저자: jango@all4land.com

항공 경사영상(Oblique Image)을 활용한 3 차원 건물 모델 제작 과정에서 건물 벽면 텍스처는 촬영각, 그림자, 수목 및 인접 건물에 의한 폐색으로 인해 품질 저하가 발생할 수 있다. 특히 주변 건물이나 옥상 구조물이 벽면 영상에 중첩되는 경우 대상 건물의 벽면을 연속적이고 자연스럽게 표현하는 데 한계가 있다. 본 연구에서는 생성형 AI 기반 이미지 편집 모델인 Black Forest Labs 사의 FLUX.2-klein-4B 를 활용하여 3 차원 건물의 벽면 텍스처를 자동으로 재구성하는 기법을 제안하였다. 제안 기법은 기존 벽면 텍스처의 정면 입면 구조를 유지하면서 비정면으로 포함된 주변 건물 및 구조물과 폐색 영역을 제거하고, 주변 벽면의 창호, 패널 및 반복 패턴을 참조하여 해당 영역을 자연스럽게 재구성할 수 있다. 또한 텍스처 파일명에 포함된 건물 식별정보를 활용하여 동일 건물에 속하는 벽면 텍스처를 자동으로 분류하고, 다수 건물의 벽면 텍스처를 일괄 처리할 수 있는 자동화 프로세스를 구성하였다.

실험 결과, 제안 기법을 통해 기존 텍스처의 주요 구조적 특징을 유지하면서 비정면 구조물 및 폐색 영역을 제거하고, 벽면의 연속성과 시각적 품질이 향상된 텍스처를 생성할 수 있음을 확인하였다. 또한 생성된 텍스처를 기존 3 차원 건물 객체에 재매핑하여 실감형 3 차원 건물 모델 제작 공정에 대한 적용 가능성을 검토하였다. 향후 다양한 유형 및 규모의 건축물을 대상으로 적용 범위를 확대하고, 구조 보존성, 색상 일관성 및 시각적 품질에 대한 정량적 평가를 통해 제안 기법의 활용성을 검증할 수 있을 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 “국토정보 고도화를 위한 입체 격자체계 적용 및 활용 기술개발 사업(RS-2025-02317649)” 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

1. Cheng, J., Huang, X., Chen, G., Wang, T., Wang, J., Tan, X., Jiang, A., & Zhang, X. (2026). **FACTS: Training-free zero-shot diffusion framework for facade texture restoration in 3D urban models.** *Advanced Engineering Informatics*, 71(B), 104385.
2. Dai, D., Riemenschneider, H., Schmitt, G., & Van Gool, L. (2013). **Example-Based Facade Texture Synthesis.** *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 1065–1072.
3. Waechter, M., Moehrle, N., & Goesele, M. (2014). **Let There Be Color! Large-Scale Texturing of 3D Reconstructions.** *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 836–850.
4. Lugmayr, A., Danelljan, M., Romero, A., Yu, F., Timofte, R., & Van Gool, L. (2022). **RePaint: Inpainting Using Denoising Diffusion Probabilistic Models.** *Proceedings of CVPR*, 11461–11471.

입체격자체계 응용데이터큐브 구축 자동화를 위한 AI 기반 다중 클래스 복셀 분류

김용현^{1,2,*}, 박다정¹, 김혜성¹, 김지환¹, 김승훈¹, 박진솔¹, 장세진¹, 김장욱^{1,#}

¹(주)올포랜드, ²연세대학교 공학대학원 건설환경및방재안전공학과 석사과정

#교신저자: jango@all4land.com

현행 국가공간정보는 경위도 좌표계 위의 2 차원 객체를 기준으로 구축·관리되어, 높이를 갖는 정보는 개별 데이터의 속성으로만 존재하고 지상·공중·지하를 관통하는 일관된 위치 참조 체계를 갖추지 못하고 있다. 그러나 앞으로의 공간정보 수요는 높이 방향을 포함한 3 차원 공간 단위에서 서로 다른 데이터를 결합하고 갱신하는 것을 요구한다. 입체격자체계는 이를 위해 지구 공간을 최상위 36 도 격자에서 레벨별로 Octree 방식으로 분할한 규격 격자로 정의하고, 공중 및 지하 10km 범위의 인간 활동 공간을 단일 체계로 참조하는 위치관리 기반이다. 공간데이터큐브는 이 격자를 단위로 점유 여부와 속성을 저장하여 다차원 시·공간정보를 가공·저장·배포하는 데이터 형식으로, 점유 여부만을 담는 기본 공간데이터큐브와 여기에 응용 속성을 결합한 응용 공간데이터큐브로 구분된다.

기본 공간데이터큐브에는 점유 여부만 저장되므로 각 클래스의 응용 속성은 별도의 공간정보 레이어를 중첩하여 부여해야 하며, 이는 참조 레이어가 없는 지물이나 갱신 시점이 다른 지역에서는 적용이 어렵다. 본 연구는 원본 점군 없이 점유 정보만으로 복셀 단위 지형지물 속성을 자동 부여하여 응용데이터큐브를 구축하는 AI 기반 방법을 제안한다. 항공 LiDAR 를 복셀라이저로 공간데이터큐브로 변환하고, 분류된 점군을 클래스별로 동일 격자에 복셀화하여 다중 클래스 정답 라벨을 구축한다. 학습·시험 구역을 공간적으로 분리한 동일 조건에서 다양한 알고리즘을 비교하고, 격자 레벨에 따른 클래스별 정확도와 오분류가 집중되는 공간 구조를 분석한다. 건물 클래스 대상 실험에서 규칙 기반 방법은 수목과 건물을 구분하지 못한 반면, 점유 형태 특징을 학습한 모델은 학습에 사용하지 않은 구역에서도 건물 복셀을 안정적으로 식별하여 형태 맥락 학습의 유효성을 확인하였다.

본 연구는 이미 구축된 점유 큐브로부터 응용데이터큐브의 속성 필드를 자동 생성함으로써 입체격자체계 기반 공중정밀지도 구축·갱신 자동화의 기초 자료를 제공한다. 또한 점유 정보만을 입력으로 하는 AI 모델은 용량이 작고 점유 복셀에서만 연산이 이루어져, 향후 양자화를 통한 UAM·드론 탑재 온디바이스 추론과 실시간 정보 갱신에 적용 가능성이 높다.

사사

본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 “국토정보 고도화를 위한 입체 격자체계 적용 및 활용기술 개발 사업(RS-2025-02304408)” 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

1. 유지송, 민경주, 김민경, 안종욱 (2017). 3 차원 입체격자체계 개발의 필요성과 방향에 관한 연구. 대한공간정보학회 학술대회

2. 윤준희 (2018). 무인비행체 운항 지원을 위한 3 차원 격자지도 구축기술 동향. 한국측량학회 학술대회자료집.
3. Graham, B., Engelcke, M., & van der Maaten, L. (2018). 3D Semantic Segmentation with Submanifold Sparse Convolutional Networks. CVPR.
4. Choy, C., Gwak, J., & Savarese, S. (2019). 4D Spatio-Temporal ConvNets: Minkowski Convolutional Neural Networks. CVPR.

공간·네트워크 특징 기반 머신러닝을 이용한 실내 이동네트워크 연결 보완 후보 탐지 연구

김혜성^{1,*}, 박진솔¹, 박다정¹, 박준규¹, 장세진¹, 김용현¹, 김지환¹, 김승훈¹, 김장욱^{1,#}

¹(주)올포랜드

#교신저자: jango@all4land.com

복도, 개방공간, 출입구, 기둥 및 다양한 이동가능 공간이 혼재하는 실내환경에서는 기존 노드·링크 구조만으로 실제 이동경로를 충분히 표현하지 못하거나, 직접 이동이 가능한 지점 간 연결이 누락되어 불필요한 우회경로가 발생할 수 있다. 이러한 연결 보완 여부는 현재 구축자의 공간 해석과 경험에 의존하여 판단되는 경우가 많아, 구축 결과의 일관성과 작업 효율성을 확보하기 위한 자동화된 의사결정 지원기술이 요구된다.

본 연구는 실내 이동 네트워크 전체를 자동 생성하는 것을 목적으로 하지 않고, 기존 네트워크에서 보완 가능성이 높은 연결 후보를 자동으로 선별하여 전문가의 검토 우선순위를 지원하는 것을 목적으로 한다. 제안 방법은 주소기반 실내 이동 네트워크의 구축 및 품질관리 과정에서 반복적인 연결성 검토 업무를 줄이고, 작업자별 판단 편차를 완화하기 위한 의사결정 지원기법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 기존 실내 이동 네트워크의 연결 보완 후보를 식별하기 위하여 공간·네트워크 특징을 활용한 머신러닝 기반 방법을 제안한다. 입력 데이터는 실내 노드(Point), 링크(LineString), 출입구 정보 및 보행가능영역(Polygon)으로 구성한다. 동일 건물 및 동일 층에 존재하는 노드 중 일정 거리 이내의 노드 쌍을 대상으로 후보 연결선을 생성하고, 후보선이 보행가능영역 내에서 유효한지를 공간관계 연산을 통해 판정한다. 분류모델은 Random Forest 를 적용하며, 산출된 공간·네트워크 특징을 입력변수로 사용한다. 공간적으로 인접한 데이터가 학습자료와 평가자료에 동시에 포함되는 것을 방지하기 위해 실증지역을 공간 단위로 구분하고, 학습에 사용되지 않은 별도의 공간을 독립 테스트 데이터로 활용한다. 학습된 모델은 미사용 공간에서 생성된 후보 연결에 대해 보완 필요 여부와 예측확률을 산출하며, 전문가 판정 결과와 비교하여 Accuracy, Precision, Recall 및 F1-score 를 평가한다. 실험 결과, 기존 실내 이동네트워크를 대상으로 노드 간 직선거리, 네트워크 이동거리, 우회율, 노드 연결차수 및 출입구 여부 등의 공간·네트워크 특징을 산출하고, 이를 기반으로 연결 보완 후보별 머신러닝 예측 결과를 생성할 수 있을 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 “국토정보 고도화를 위한 입체 격자체계 적용 및 활용 기술개발 사업(RS-2025-02317649)” 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

1. Taneja, S., Akinci, B., Garrett, J. H., & Soibelman, L. (2016). “Algorithms for automated generation of navigation models from building information models to support indoor map-matching.” *Automation in Construction*, 61, 24-41.

2. Boguslawski, P., Mahdjoubi, L., Zverovich, V., & Fadli, F. (2016). "Automated construction of variable density navigable networks in a 3D indoor environment for emergency response." *Automation in Construction*, 72, 115–128.
3. Fu, M., Liu, R., Qi, B., & Issa, R. R. A. (2020). "Generating straight skeleton-based navigation networks with Industry Foundation Classes for indoor way-finding." *Automation in Construction*, 112, 103057.

「생태계 기후대응 통합정보관리시스템」 운영방안 및 시스템 소개

원호연^{1,*,#}, 홍승범¹, 이경은¹, 김민희¹, 오민우¹, 김성현¹

¹국립생태원 생태계기후통합정보팀

#교신저자: hywon84@nie.re.kr

2025 년 12 월, 제 4 차 기후위기 적응대책이 “국가 기후위기 적극 대응 대책”이라는 이름으로 수립되었다. 적극 대응대책에서는 13 개의 기후리스크 목록이 제시되었으나, 이러한 리스크에 대응하기 위한 정책정보 생산에 필요한 자료들이 산재되어 있어 국가 차원의 정책수립 및 실행에 한계를 보이고 있다. 또한 이러한 정보들을 통합하고 관리하기 위한 시스템이 절실히 필요한 실정이다.

이에, 기후에너지환경부와 국립생태원에서는 산재된 생태·기후 자료의 연계·통합을 통한 생태계의 기후위기에 대한 영향을 분석/예측하기 위한 “생태계 기후대응 통합정보관리시스템 구축” 사업을 추진 중이다.

1~3 차 구축('23.3.~'26.8.)에서는 유관기관 데이터의 연계·통합 및 표준화를 기반으로 시스템의 주요 사용자를 대상으로 한 직접적인 적응대책 보고서 작성 등 정책수립에 활용할 수 있는 분석 정보를 생산하는 기능을 개발하였으며, 다양한 연구자들을 위한 기초데이터를 제공 할 수 있는 시스템을 구축하였다. 추진 예정인 4 차 사업에 앞서, 현 구축된 시스템을 소개하여 연구자들의 다양한 의견을 수렴하고자 한다.

본 시스템 구축 완료 후 정식 운영 단계에서는, 연계·통합된 데이터를 활용하여 기후위기에 대응하기 위한 ①중앙정부 및 지자체 기후변화 적응대책 수립 및 의사 결정 지원②직접 활용이 가능한 기후변화 보고서 및 정책결정 보고서 제공③기후변화 대응 절멸 위험 생물 종 및 서식지 소멸 위험지역 정보 등의 서비스를 지원하고자 한다.

사사

이 연구는 “NIE-B-2025-35(전국 생물종 및 서식지에 대한 정량적 기후변화 리스크 평가 연구)”의 지원으로 수행되었습니다.

국가 생물다양성 정보의 통합 관리기반 구축과 생물다양성 주제도 활용 방향

최성호^{1,*,#}, 이대경², 손승훈³, 김민하³

¹(주)코아아이티, ²(주)넥사이트, ³국립생물자원관 국가생물다양성센터

#교신저자: 1865@coreit.co.kr

국내 생물다양성 정보는 다수의 부처와 기관에서 분산되어 생산·관리되고 있으며, 기관별 분류체계와 표준이 상이하여 국가 단위의 통합 활용에 제약이 있다. 기존 정보공유 체계는 보유 현황과 자료 소재 안내에 중점을 두어 원천 자료의 연계와 축적이 충분히 이루어지지 않았고, 이에 따라 공간 분석이나 인공지능 학습에 바로 투입할 수 있는 인공지능 준비(AI-Ready) 형태의 자료 기반이 마련되지 못하였다. 특히 종 출현 기록의 위치정보가 표준화된 형태로 제공되지 않아 환경영향평가, 보호지역 관리, 기후변화 적응 등 공간 의사결정 과정에서의 활용에 한계가 있다.

본 연구는 국가 생물다양성 정보를 생물종·유전자·생태·보호위협·지식활용 등 주요 도메인을 기준으로 정의하고, 공통 표준에 따라 수집·검증하여 국가 정보자산으로 축적하기 위한 통합 관리기반의 구축 방향을 검토하였다. 정보의 범위와 분류·메타데이터 표준을 정립하고, 부처·기관 간 연계와 등록을 통해 자료를 집적하며, 품질관리와 보안 체계를 함께 마련하는 접근을 제시하였다. 아울러 축적된 자료를 생물다양성 주제도, AI-Ready 데이터셋, 생태 관련 지표 산정의 기초자료 형태로 가공·제공하는 활용 체계를 함께 설계하였다.

GeoAI 관점에서는 종 출현 기록의 위치와 조사 맥락, 자료의 신뢰수준을 속성으로 포함하는 주제도를 자료 출처에 따라 구분하여 제공하고, 민감도에 따른 공간 일반화와 표준 인터페이스를 통해 분석 가능한 형태로 개방하는 방안을 검토하였다. 이와 함께 품질·구조·메타데이터·접근권한 요건을 정비함으로써 공간 인공지능 모형에 바로 투입될 수 있는 자료 상태를 확보하는 방향을 제시하였다. 이는 종분포 모형, 기후 시나리오 연계 예측, 이종 자료 융합 등 공간 인공지능 모형의 입력 자료 기반으로 활용될 수 있다.

향후에는 표준 협의 체계를 통해 기관 간 공동활용을 정착시키고, 축적된 자료를 바탕으로 예측·분석 서비스로 확장하며, 국제 자료 표준과의 정합성을 확보하여 국제 공유로 연계하는 방향을 검토할 필요가 있다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 폴라리스홀 | 09:00-10:30

[특별세션]

위성정보 빅데이터 활용 I

좌장: 이광재(한국항공우주연구원)



KOMPSAT-5 SAR 변화탐지 통합 분석을 위한 SNAP 플러그인 개발

이성민^{1,*}, 채성호^{2,#}

¹문소프트(주), ²한국항공우주연구원

#교신저자: shchae90@kari.re.kr

위성 합성개구레이더(Synthetic Aperture Radar, SAR) 영상을 이용한 지표 변화 분석에는 전처리부터 변화 판정과 결과 판독까지 여러 단계가 필요하며, 단계별 처리 조건 설정과 산출물 관리에 전문지식과 반복적인 작업이 요구된다. 본 연구에서는 다목적실용위성 5 호(KOMPSAT-5) 영상의 변화분석 절차를 통합하고 활용 편의성을 높이기 위해 오픈소스 위성영상 처리 소프트웨어 SNAP(Sentinel Application Platform) 12.0 기반의 변화탐지 플러그인을 개발하였다. 개발한 플러그인은 2 시기 변화탐지와 시계열 변화탐지를 지원하며, 각각 두 시기 간 변화와 다중시기 영상의 변화 양상 및 발생 시점을 분석한다. SNAP의 방사보정, 기하보정 및 스펙클 잡음 저감 등의 전처리 기능을 변화 판정 및 결과 표출 기능과 연계하여 하나의 실행 절차로 구성하였다. 사용자는 통합 설정 화면에서 권장 설정으로 분석을 실행하거나 단계별 세부 조건을 조정할 수 있으며, 변화유형별 프리셋을 통해 사전에 정의된 설정값을 일괄 적용할 수 있다. 2 시기 변화탐지에서는 색조·채도·명도(Hue-Saturation-Intensity, HSI) 기반 합성영상으로 변화 영역과 변화 정도를 표출하고, Image Compare를 통해 두 시기 영상을 커튼 방식으로 비교할 수 있도록 하였다. 시계열 변화탐지에서는 TimeSeries Chart를 통해 선택 지점의 촬영일별 후방산란계수(Gamma0)와 누적합(CUSUM)을 표출하여 변화의 시간적 양상과 발생 시점의 분석을 지원한다. 산출물은 사용자의 선택에 따라 GeoTIFF, KMZ 및 PNG 형식으로 저장하며, 실행에 사용한 설정값을 함께 기록하여 분석 조건의 추적과 재현을 지원한다. 본 연구에서는 KOMPSAT-5 영상을 이용한 2 시기 및 시계열 변화탐지 적용 사례를 제시한다. 개발한 플러그인은 전처리, 변화 판정 및 결과 판독을 하나의 분석 환경으로 연결하고 설정과 실행 절차를 간소화함으로써 SAR 영상처리 경험이 적은 사용자의 KOMPSAT-5 영상 활용을 지원할 것으로 기대된다.

사사

이 연구는 한국항공우주연구원 "정부 위성정보활용협의체 지원(FR26K00)" 기본사업의 일환으로 수행되었습니다.

Joint InSAR and Pixel Offset Tracking from Sentinel-1, ALOS-2, and Sentinel-2 for 3D Deformation of the 2026 Kumamoto Earthquake

박성재^{1,*}, Arief Rizqiyanto Achmad², 이창욱^{1,3,#}

¹ 강원대학교 스마트지역혁신학과, ² 강원대학교 지구환경시스템융합학과, ³ 강원대학교 과학교육학부

#교신저자: cwlee@kangwon.ac.kr

On 28 July 2026, a Mw 6.8 (Mj 7.1) earthquake struck southern Kumamoto Prefecture, Kyushu, Japan, rupturing the southern Hinagu Fault within the Futagawa–Hinagu Fault Zone, the same fault system responsible for the destructive 2016 Kumamoto earthquake sequence. Because the shallow event produced complex, high-gradient deformation that cannot be fully resolved by sparse GNSS observations, we combined Differential InSAR (DInSAR) and pixel offset tracking from Sentinel-1, ALOS-2, and Sentinel-2 imagery acquired before and after the mainshock. Wrapped and unwrapped interferograms from Sentinel-1 and ALOS-2 ascending and descending geometries showed consistent fringe convergence near Kumamoto and Uto, with line-of-sight displacements of approximately 20–60 cm. ALOS-2 maintained higher coherence over vegetated terrain because of its longer L-band wavelength. Pixel offset tracking captured larger near-fault displacements of 1–2 m, particularly in the azimuth direction, consistent with dominant strike-slip motion. Sentinel-2 optical offsets, although noisier, provided complementary constraints on the north–south component that is poorly resolved by near-polar SAR viewing geometries. A weighted least-squares inversion integrating all measurements produced a joint three-dimensional displacement field dominated by north–south motion of up to about 1 m, while vertical displacement remained mostly within ± 0.2 m. Residual RMSE was generally below 0.1 m across the study area. The results demonstrate that integrating multi-band SAR InSAR, SAR offset tracking, and optical offset tracking provides a spatially continuous and cross-validated three-dimensional representation of coseismic deformation, offering a robust basis for subsequent fault-slip inversion and earthquake hazard assessment.

Deep Learning-Based GNSS-InSAR Integration for Urban Land Subsidence Monitoring in Houston, Texas

이창욱 ^{1,*,#}, 와후 루쿠마눌 하킴 ²

¹강원대학교 과학교육학부, ²강원대학교 지구자원연구소

#교신저자: cwlee@kangwon.ac.kr

Urban land subsidence caused by groundwater withdrawal poses persistent risks to infrastructure and hazard management in low-lying coastal cities. This study develops a deep learning-based framework for integrating Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) and Global Navigation Satellite System (GNSS) observations for subsidence monitoring in the Houston metropolitan area, Texas. The framework builds on the ICOPS hybrid scatterer detection method and applies a two-stage correction strategy. First, a one-dimensional Convolutional Neural Network (1D-CNN) suppresses high-frequency noise in GNSS displacement time series while preserving meaningful deformation signals. Second, a feedforward Deep Neural Network (DNN), with its architecture optimized using the Grey Wolf Optimizer (GWO), learns spatially and temporally varying corrections from residual differences between InSAR and GNSS observations. The method is evaluated using Sentinel-1 and COSMO-SkyMed datasets acquired over Harris County from 2016 to 2023. Leave-one-out cross-validation across the GNSS network demonstrates consistent improvement over uncorrected InSAR results, with substantially reduced station-level RMSE compared with classical spatial interpolation methods. The corrected deformation fields reveal spatially heterogeneous subsidence concentrated in areas historically associated with groundwater extraction, while relatively stable zones correspond to groundwater conservation districts. These results demonstrate that metaheuristic optimization can enhance the generalization of data-driven InSAR-GNSS correction models and highlight the importance of GNSS network density for reliable urban subsidence monitoring.

KOMPSAT-5 SAR 장기 시계열 데이터의 정합 품질 분석

채성호^{1,*,#}, 오관영¹, 이광재¹

¹ 한국항공우주연구원

#교신저자: shchae90@kari.re.kr

위성 합성개구레이더(Synthetic Aperture Radar, SAR) 자료를 장기 시계열 데이터로 활용하기 위해서는 개별 영상의 위치 정확도뿐만 아니라 반복 관측 영상 사이의 위치 일관성을 확인해야 한다. 촬영 시기 사이의 위치 불일치는 실제 지표 변화와 혼재될 수 있으며, 전체 시계열을 하나의 대표 오차로 요약할 경우 특정 시기나 지역에서 나타나는 불안정성과 실제로 분석 가능한 자료의 범위가 충분히 드러나지 않을 수 있다. 본 연구에서는 동일 지역에서 다년간 반복 취득된 KOMPSAT-5 SAR 영상을 대상으로 장기 시계열 데이터의 정합 품질을 분석하였다. 영상 간 상대적인 위치 차이를 영상쌍, 촬영 시기 및 공간 영역에 따라 살펴보고, 각 평가에서 유효하게 측정된 자료의 범위를 함께 검토하였다. 또한 시계열 내부에서 영상 간 위치가 일관되게 유지되는 정도와 지도좌표상 위치 정확도를 서로 다른 품질 항목으로 구분하여 분석하였다. 정합 품질은 개별 영상에 고정된 하나의 속성이라기보다 비교 대상과 공간 범위에 따라 정의되는 시계열 데이터의 관계적 특성이다. 따라서 서로 다른 기준과 유효 범위에서 산출된 결과를 하나의 수치로 직접 비교하거나, 전체 대표값만으로 시계열의 품질을 판단하기는 어렵다. 장기 SAR 시계열 데이터의 정합 품질을 해석할 때에는 오차의 크기와 함께 해당 오차가 산출된 시기·지역, 유효 관측 범위, 상대 정합과 지도좌표상 위치 정확도의 차이를 명확히 제시해야 한다. 본 연구는 이러한 관점에서 KOMPSAT-5 SAR 장기 시계열 데이터의 정합 상태와 실제 활용 가능한 자료 범위를 설명하기 위한 분석 방향을 제시한다.

사사

이 연구는 한국항공우주연구원 "정부 위성정보활용협업체 지원(FR26K00)" 기본사업의 일환으로 수행되었습니다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 폴라리스홀 | 10:45-12:15

[특별세션]

위성정보 빅데이터 활용 II

좌장: 이광재(한국항공우주연구원)

KOMPSAT-3A 중적외선 및 광학 융합분석 영상 제작을 통한 수체 내 국부적 복사 이상 영역 탐지

한유경^{1,*,#}, 이진민¹, 이광재², 김예슬²

¹서울과학기술대학교, ²한국항공우주연구원

#교신저자: han6025@gmail.com

수체 영역 내 국부적 복사 이상은 기름 유출, 냉각수 및 온배수 배출 등 다양한 자연적 및 인위적 요인에 의해 발생할 수 있으며, 이러한 이상 영역을 신속하게 탐지하는 기술은 재난 대응, 안보 등 다양한 분야에서 필수적이다. KOMPSAT-3A 위성의 중적외선(mid-infrared) 센서는 열적 특성 관측에 적합한 3.3 ~ 5.2 범위의 파장에 대한 고해상도 영상을 취득할 수 있어, 수체의 열적 특성을 효과적으로 분석할 수 있다. 그러나 KOMPSAT-3A 위성의 중적외선 영상은 표면 온도, 대기 상태 등에 의해 수체와 육지의 복사 대비가 낮게 나타날 수 있어 단일 중적외선 영상만을 활용한 분석에 제약이 존재하며, 중적외선 영상만으로는 광학(electro-optical) 영상과 유사 수준의 고해상도 공간정보와 시각적 단서를 확보하기 어려워 범용적 분석자료로서의 활용에 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 수체 영역 내 국부적 복사 이상 영역을 탐지하고, 광학 영상의 분광 및 공간 특성과 중적외선 영상의 열 정보 표현을 결합하는 중적외선 및 광학 융합분석 영상 방법론을 제안한다. 먼저, 주·야간 중적외선·광학영상 및 야간 중적외선 영상을 상호등록(image registration)하여 영상 간 상대기하오차를 최소화하였다. 이후 중적외선 영상 내 수체 영역만을 추출하기 위해, 상호등록된 광학 영상의 정규수분지수(normalized difference water index)를 기반으로 수체 마스크를 생성하였다. 다음으로 중적외선 영상 내 국부적인 영역에서 현저히 다른 화소값을 갖는 구간을 국부적 복사 이상 영역으로 정의하였으며, 수체 영역을 패치(patch) 단위로 특징 벡터를 구성하고 주성분분석(principal component analysis)을 적용하여 주요 복사 변동 영역을 추출하였다. 마지막으로, 추출된 이상 영역을 광학 영상에 중첩하여 복사 이상 정보와 주변 공간정보를 단일 영상에 시각화하였다. 호주 및 한국에서 취득된 중적외선 및 광학 영상을 활용하여 융합분석 영상을 제작한 결과, 제안 방법을 통해 국부적 복사 이상 영역을 효과적으로 강조하고, 주변 공간적 특성을 직관적으로 표현할 수 있음을 확인하였다.

사사

본 연구는 우주항공청의 "위성정보빅데이터활용자원체계개발사업(RS-2022-00165154)" 지원을 받아 수행하였습니다.

한반도 맞춤형 K-Sat 파운데이션 초기 시범 모델 구축

최윤정^{1,*,#}

¹ 한국항공우주연구원

#교신저자: choiyunj@kari.re.kr

지구관측용 파운데이션 모델(Geospatial Foundation Model, GFM)은 대체로 전지구에서 표본화된 중해상도 영상으로 학습되어 왔으며, 한반도와 같이 좁은 지역의 세밀한 지구관측에 대한 실질적 유용성은 아직 충분히 검증되지 않았다. 본 연구는 서버미터급 KOMPSAT-3/3A 광학영상을 중심으로 한 한반도 특화 GFM의 초기 시범 모델 구축 과정과, 현재까지 수행한 실험의 중간 결과를 보고한다.

대규모 KOMPSAT 사전학습에 앞서, OpenEarthMap의 고해상도 RGB 영상과 9개 토지피복 클래스 라벨을 이용하여 학습 및 전이 파이프라인을 사전 점검하였다. 모델에 대한 성능 검증은 자기지도학습으로 사전학습한 인코더(Swin-Large)를 세 가지 조건의 시멘틱 분할을 통해 평가하였다: (1) 인코더 고정 + 단순 FCN 헤드, (2) 인코더 고정 + 다중스케일 UPerHead, (3) 인코더 전체 미세조정 + UPerHead. 각각의 검증 mIoU는 약 41.4%, 67.6%, 74.1%로 나타났다. 인코더를 고정한 상태에서도 UPerHead 조건이 상대적으로 높은 성능을 보인 점은 사전학습된 특징이 다중스케일 정보를 일부 담고 있을 가능성을 시사하며, 전체 미세조정에서 가장 높은 정확도가 관찰되었다. 정성적으로는 복잡한 장면에서도 건물·도로·식생·수역의 주요 경계가 대체로 보존되었으나, 좁은 객체와 클래스 혼재 경계에서 오차가 집중되는 경향이 남아있다.

이러한 예비 검증을 토대로, 현재 KOMPSAT 기반 사전학습 모델을 구축하고 있다. 서버미터급 KOMPSAT-3/3A 영상을 타일링·표본화하였으며, Swin-Large 인코더를 이용한 자기지도 사전학습을 진행하였다. 본 연구의 결과는 완성된 파운데이션 모델이 아니라 전 과정을 관통하는 초기 개념 검증 단계에 해당한다. 향후에는 KOMPSAT 기반 모델을 사전학습·평가하고, 무작위 초기화 및 공개 GFM과 비교함으로써, 토지피복 분류·변화탐지·구름탐지·객체인식에 재사용 가능한 파운데이션 모델로 발전시키는 것을 목표로 한다.

사사

본 연구는 우주항공청의 "위성정보 빅데이터 활용지원체계 개발사업(RS-2022-00165154)" 지원을 받아 수행되었습니다.

KOMPSAT-3A 광학 및 중적외선 영상 융합을 위한 이중센서 정밀영상정합

김태헌^{1,*}, 한유경², 이광재^{3,#}

¹ 한국항공우주연구원 국가위성정보활용지원센터 선임연구원, ² 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 교수,

³ 한국항공우주연구원 국가위성정보활용지원센터 책임연구원

#교신저자: kjlee@kari.re.kr

본 연구에서는 KOMPSAT-3A 광학 (Electro-optical, EO) 및 중적외선(Mid-wave Infrared, MIR) 영상 융합활용을 위해 이중 센서 영상 간 존재하는 기하 오차를 보정하는 영상정합 기법을 제안한다. 각 영상의 제품군별 처리 레벨에 따라 메타데이터 혹은 Rational polynomial coefficients (RPC)를 이용하여 중첩영역을 탐색한다. 중첩영역을 중심으로 MIR 영상 해상도부터 EO 영상 해상도까지 구성된 피라미드 영상을 제작한다. Difference of Gaussian 기법을 이용하여 해상도가 낮은 피라미드 EO 영상 내 응답값이 높은 위치를 중심으로 특징점을 추출하고 Kernel density estimation 을 통해 밀도를 균등하게 정규화한다. EO 에서 추출된 특징점을 피라미드 MIR 영상 좌표로 변환한 후 Tempalte 을 생성하여 Phase correlation 기법을 통해 정합점(Matching point, MP)을 추출한다. RANSAC (Random Sample consensus) 기법을 통해 오정합점(Outlier)을 제거한 후 Affine 변환 모델을 추정하여 기하오차를 최소화한다. 해당 과정을 피라미드 영상에 단계적으로 적용하면서 기하오차를 보정한 후 EO 해상도와 동일한 피라미드 영상에서 추출된 최종 정합점을 기반으로 추정된 Affine 변환 모델을 이용하여 정밀영상정합을 수행한다. 본 연구에서 개발한 방법은 서로 다른 지역에서 취득된 총 10 쌍의 EO-MIR 영상을 이용하여 정확도 및 성능을 검증하였다. 그 결과, 본 연구에서 제안한 이중센서 정밀영상정합 기법은 이중센서 영상 간 동일한 위치에 정합점을 균등하게 추출하였으며, 이를 통해 Sub-pixel 단위로 영상좌표를 통일하였다.

사사

본 연구는 우주항공청의 "위성정보 빅데이터 활용지원체계 개발사업(RS-2022-00165154)" 지원을 받아 수행되었습니다.

형태학적 SMRF 필터를 이용한 고해상도 위성영상 DSM 의 DTM 추출과 검사점 기반 정확도 평가

김덕인^{1,*,#}, 노진관¹, 이광재²

¹(주)지오스토리, ²한국항공우주연구원 위성활용부

#교신저자: kdikkk@naver.com

본 연구는 고해상도 스테레오 위성영상으로 생성된 DSM(Digital Surface Model)으로부터 건물·수목 등 비지면 객체를 자동으로 제거하여 DTM(Digital Terrain Model)을 제작하고 그 정확도를 평가하는 방법을 제시한다. 기존의 지면 분류 연구는 주로 항공 LiDAR 포인트클라우드를 대상으로 수행된 반면, 본 연구는 영상정합 기반 DSM 이 가지는 스파이크·결측(NODATA)·매칭 잡음 등의 특성을 고려하여 SMRF(Simple Morphological Filter)를 래스터 DSM 에 직접 적용할 수 있도록 전처리-필터링-후처리로 구성된 DTM 제작 파이프라인을 개발하는 데 중점을 두었다. 전처리 단계에서는 중앙값 필터 기반 스파이크 제거와 결측 셀 보간을 수행하고, 필터링 단계에서는 셀 크기, 경사 임계값, 초기 높이 임계값, 최대 윈도우 크기 및 윈도우 증가율을 매개변수로 하는 점진적 형태학적 필터(Progressive Morphological Filter)를 적용하여 윈도우 반경에 비례하는 높이 임계값으로 지면/비지면 화소를 반복 분류하였다. 후처리 단계에서는 연결요소 분석을 통한 소규모 고립 패치 제거, DSM-DTM 차분 임계값 기반 지면 재분류 및 DTM 공백 보간을 수행하여 최종 DTM 과 지면 마스크, 차분 래스터를 산출하였다. 특히 평탄 농경지, 도시지역, 산림/구릉지, 급경사 산악, 잡음 DSM 등 지형 유형별 매개변수 프리셋을 정의하여 사용자가 지역 특성에 맞는 설정을 선택할 수 있도록 하였고, 대용량 DSM 처리를 위해 형태학적 연산을 GPU(CUDA)로 가속하여 처리 시간을 단축하였다. 정확도 평가는 실측 3 차원 검사점(SHP)의 위치에서 DTM 표고를 양선형 보간으로 추출하고 검사점 표고와의 차이로부터 평균오차, 표준편차, RMSE, MAE 및 LE90 을 산출하는 방식으로 수행하였. KOMPSAT-3 / 3A 스테레오 영상으로 제작한 샌프란시스코 지역의 DSM 에 위의 알고리즘을 적용한 결과, 20 개 검사점에 대한 DTM 수직 RMSE 는 각각 0.32m , 0.53m 로 나타났으며, 지형 유형별 프리셋 적용 시 원본 DSM 대비 건물·수목 지역이 90% 이상 감소함을 확인하였다.

사사

본 연구는 우주항공청의 "위성정보빅데이터활용자원체계개발사업(RS-2022-00165154)" 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

1. Pingel, T.J., Clarke, K.C., McBride, W.A. (2013), An improved simple morphological filter for the terrain classification of airborne LIDAR data, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 77, pp. 21-30.

2. Zhang, K., Chen, S.C., Whitman, D., Shyu, M.L., Yan, J., Zhang, C. (2003), A progressive morphological filter for removing nonground measurements from airborne LIDAR data, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 41, No. 4, pp. 872–882.
3. Sithole, G., Vosselman, G. (2004), Experimental comparison of filter algorithms for bare-Earth extraction from airborne laser scanning point clouds, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 59, pp. 85–101.
4. Meng, X., Currit, N., Zhao, K. (2010), Ground filtering algorithms for airborne LiDAR data: A review of critical issues, Remote Sensing, Vol. 2, No. 3, pp. 833–860.
5. PDAL Contributors, PDAL: Point Data Abstraction Library – filters.smrf, <https://pdal.io/>
- Höhle, J., Höhle, M. (2009), Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 64, pp. 398–406.
6. ASPRS (2023), ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, Edition 2, Version 1.0.
7. 서두천, 정재현, 김상일, 이동한 (2017), 다목적실용위성 2/3/3A 정상운영기간 영상 품질, 한국측량학회, pp. 79–81.
8. 이광재, 김은선, 문정예, 김윤수 (2014), 위성영상 부가처리시스템(VAPS) 개선 및 성능평가, 항공우주기술학회지, 제 13 권 1 호, pp. 174–183.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 폴라리스홀 | 13:30-15:00

[특별세션]

GEMS위성자료의 AI 활용

좌장: 이원진(국립환경과학원)



딥러닝 기반 정지궤도 환경위성(GEMS) 영상분할의 입력자료 및 모델 구성에 따른 고농도 PM fine 에어로졸 탐지 성능 분석

공성현^{1,*}, 이원진², 김덕래², 정형섭^{1,#}

¹서울시립대학교 공간정보공학과, ²국립환경과학원 환경위성센터

#교신저자: hsjung@uos.ac.kr

정지궤도 환경위성(GEMS)은 높은 시간해상도의 관측을 통해 동아시아 지역의 에어로졸 분포와 이동 특성을 연속적으로 감시할 수 있는 장점을 가진다. 그러나 구름, 지표 반사도, 황사 및 고농도 미세먼지가 혼재하는 복잡한 관측환경에서는 기존 임계값 기반 산출 알고리즘의 탐지 성능이 저하될 수 있으며, 일부 고농도 사례가 미탐지되거나 불확실한 영역으로 분류되는 한계가 존재한다. 이에 본 연구에서는 GEMS 관측정보와 딥러닝 기반 영상분할 기법을 결합하여 고농도 PM fine 에어로졸 영역을 탐지하고, 그 성능에 기여하는 요인을 분석하고자 하였다.

학습자료는 고농도 사례일에 한정하지 않고 계절관리제 전 기간의 GEMS 관측장면으로 구축범위를 확대하였으며, 위성 산출물과 지상관측 및 대기질 예보모델 자료를 함께 참조하여 PM fine 영역을 화소 단위의 기준자료로 제작하였다. 또한 동일 지역을 하루 여러 차례 관측하는 정지궤도의 특성을 고려하여, 학습에 사용되지 않은 기간을 시험자료로 분리하는 평가 설계를 적용하였다.

본 연구에서는 이러한 공통 평가 체계 위에서 입력자료와 모델 구성에 대한 ablation study 를 수행하였다. 입력자료는 GEMS 기본산출물 기반 구성과 초분광 관측자료를 압축·선별한 구성을 비교하였으며, 모델은 U-Net 계열의 서로 다른 구조를 동일한 조건에서 평가하였다. 아울러 보조 입력자료의 추가가 탐지 결과에 미치는 영향도 함께 검토하였다.

이러한 분석을 통해 PM fine 에어로졸 탐지 성능의 개선이 입력자료의 구성에서 비롯된 것인지 모델 구조의 변경에서 비롯된 것인지를 구분하여 제시하고자 하였다. 본 연구의 결과는 정지궤도 환경위성 기반 에어로졸 산출물 개선과 고농도 대기오염 감시 기술 고도화를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

GEMS 초분광 자료 및 LiDAR 자료를 활용한 딥러닝 기반 에어로졸 유효고도 추정

유진우^{1,*}, 이용미², 이원진², 정형섭^{1,#}

¹서울시립대학교 공간정보공학과, ²국립환경과학원 환경위성센터

#교신저자: hsjung@uos.ac.kr

에어로졸의 수직 분포 및 고도 정보는 위성 기반 대기환경 산출물의 정확도에 영향을 미치는 주요 인자로, 정확한 에어로졸 고도 추정은 에어로졸 광학 특성 및 관련 대기 산출물의 신뢰도 향상을 위해 중요하다. 정지궤도 환경위성 GEMS 는 자외선-가시광 영역의 초분광 관측자료를 제공하지만, 에어로졸의 광학적 특성과 지표면 반사도, 구름 등의 영향으로 인해 에어로졸 고도 산출에 불확실성이 발생할 수 있다. 본 연구에서는 GEMS 초분광 자료와 지상 LiDAR 관측자료를 활용하여 딥러닝 기반 에어로졸 유효고도 추정 모델을 구축하고, 입력자료 구성 및 모델 구조에 따른 추정 성능을 분석하였다.

GEMS L1C 의 300-500 nm 영역 1,033 개 분광밴드로 구성된 11×11 화소 패치와 동아시아 AD-Net LiDAR 관측자료를 시공간적으로 정합하여 총 3,390 개의 자료를 구축하였다. LiDAR 관측자료로부터 에어로졸 층의 수직 분포를 고려한 유효고도를 산출하여 모델 학습을 위한 기준자료로 활용하였다. 입력자료의 공간 집계, 분광 평활화, 차원 축소 및 Whitening 을 비롯하여 신경망 구조, 정규화, 자료 증강 및 보조자료 활용에 따른 영향을 비교·분석하였다. 분석 결과, 주변 화소의 분광정보를 집계하고 PCA 기반 차원 축소와 Whitening 을 적용하는 것이 에어로졸 고도 추정에 효과적인 것으로 나타났으며, Pixel-set 기반 신경망은 제한된 학습자료에서도 안정적인 성능을 보였다.

최종적으로 서로 다른 학습 특성을 갖는 모델을 결합하여 에어로졸 유효고도를 추정한 결과, RMSE 0.330 km, 결정계수(R^2) 0.51 의 성능을 보였으며, 평균절대오차(MAE)는 0.219 km, 편향은 0.001 km 로 나타났다. 본 연구는 GEMS 초분광 관측자료와 LiDAR 기반 에어로졸 고도 정보를 결합하여 에어로졸 유효고도를 추정할 수 있음을 보여주며, 향후 GEMS 관측영역에 대한 공간적으로 연속적인 에어로졸 고도 산출을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 논문은 기후에너지환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIER-2026-04-02-018).

자연어 질의 기반 정지궤도 환경위성(GEMS) 자료 분석 AI 에이전트 개발

김정수 ^{1,*,#}

¹ 위데이터랩(주)

#교신저자: andy@wedatalab.com

정지궤도 환경위성(GEMS) 자료는 전문 지식과 전용 도구가 필요해 활용이 제한적이다. 본 연구는 L2, L4 18 개 변수를 전국 5km 격자로 표준화하는 자동 파이프라인을 구축하고, 자연어 질의를 이해해 분석 도구를 실행하여 통계, 차트, 지도를 산출하는 AI 에이전트를 개발하였다. 선행연구의 검증된 분석 알고리즘을 도구로 내재화하고, 국토환경계획 등 실제 사례에 적용해 검증을 진행 중이다.

후속 환경위성 개발 계획

이원진^{1,*,#}, 이용미¹, 신혜정¹

¹국립환경과학원

#교신저자: wjleeleo@korea.kr

정지궤도 환경위성(GEMS)의 성공적인 운영과 활용 경험을 바탕으로 대기환경 관측의 연속성을 확보하고 보다 정밀한 환경정보를 제공하기 위한 후속 정지궤도 환경위성 GEMS-2 개발이 추진되고 있다. GEMS-2는 천리안위성 6호에 탑재될 예정으로, 기존 GEMS의 300–500 nm 관측영역에 540–740 nm 가시광 영역을 추가하고, 공간해상도를 약 7 km × 8 km에서 약 4.5 km × 5.0 km 수준으로 향상하여 보다 세밀한 지역 규모의 대기환경 정보를 생산하는 것을 목표로 한다. 또한 기존과 같은 시간 단위의 반복관측 능력을 유지하면서 관측영역 및 산출물의 정확도를 향상하고, 신규 파장대 활용을 통한 추가 대기환경 정보와 야간 환경정보 생산 가능성을 확대할 계획이다. 이러한 성능 고도화를 통해 GEMS-2는 GEMS에서 구축된 장기간 정지궤도 대기환경 관측자료의 연속성을 유지하는 동시에, 지역 단위 대기오염 감시, 배출원 분석, 대기질 예측 및 기후·환경정책 지원을 위한 핵심 원격탐사 관측수단으로 활용될 것으로 기대된다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

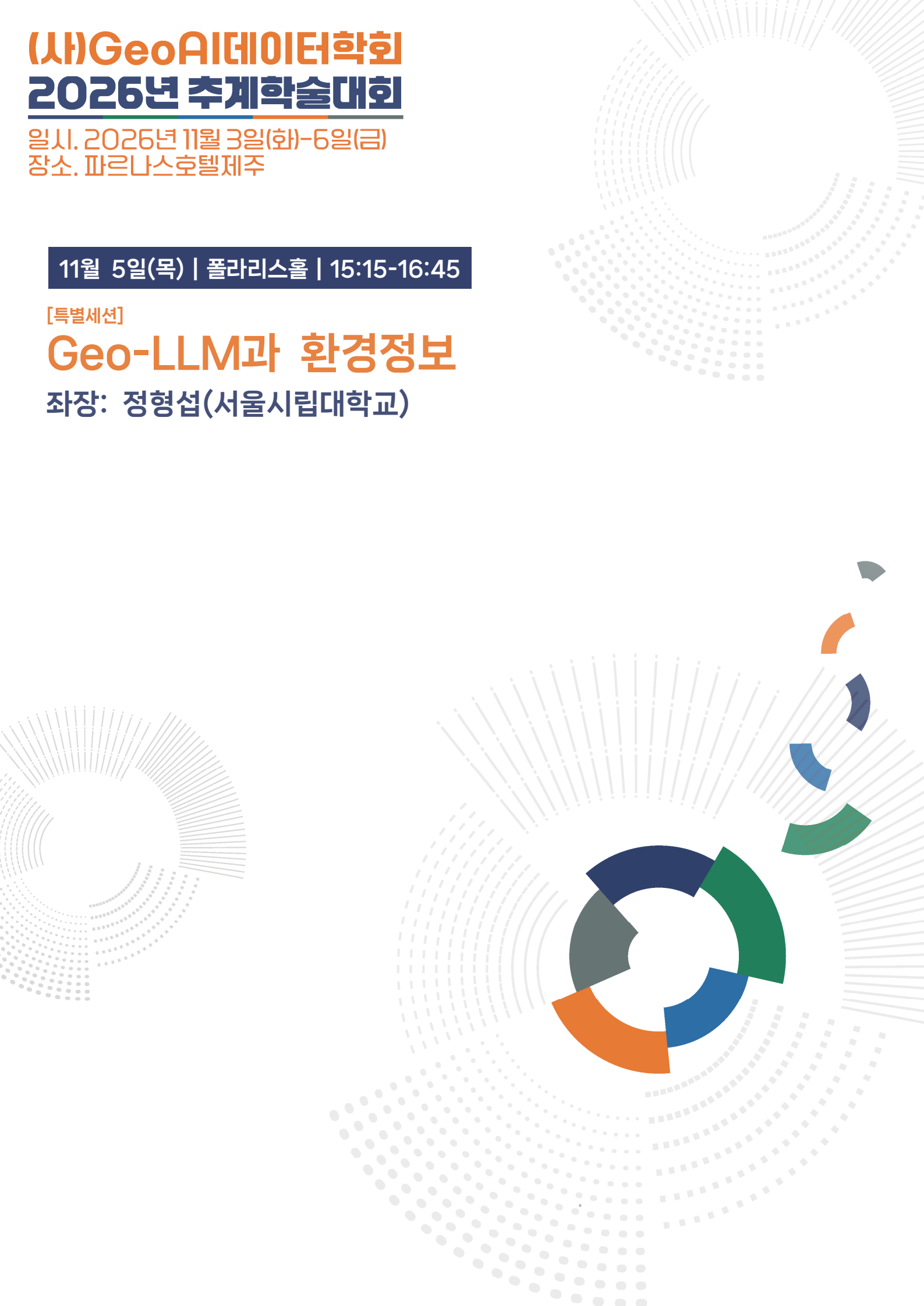
일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 폴라리스홀 | 15:15-16:45

[특별세션]

Geo-LLM과 환경정보

좌장: 정형섭(서울시립대학교)



AI 에이전트 기반 공간자료 분석과 근거 추적형 의사결정지원의 운영 구조

박은규^{1,2,*,#}

¹주식회사 지오에이아이얼라인먼트, ²경북대학교 지구시스템과학부

#교신저자: egpark@knu.ac.kr

공간자료를 다루는 업무에서는 관측 자료, 공간정보, 조사 기록과 관련 규정을 함께 검토하여 판단을 내린다. 자료와 분석 도구는 분야마다 계속 늘고 있으나, 필요한 자료를 찾아 같은 기준으로 맞추고 규정을 적용하여 근거를 정리하는 과정은 여전히 사람의 시간에 의존하며, 이 준비 과정이 판단 자체보다 오래 걸리는 경우가 많다.

이에 본 연구에서는 자연어 요청을 분석 계획, 도구 실행, 근거 정리 단계로 연결하는 에이전트 기반 공간자료 분석 구조를 구축하였다. 언어모델은 요청을 해석하여 분석 순서를 정하고 결과를 해석하는 역할을 맡고, 자료 조회와 수치 계산, 문서 작성은 검증된 분석 프로그램이 수행한다. 분야의 개념과 자료, 도구의 관계는 온톨로지로 정리하여 에이전트가 요청에 맞는 도구와 순서를 고르도록 하였으며, 사용한 자료와 조건, 도구의 버전과 적용한 규정을 기록으로 남겨 같은 계산을 다시 실행하고 결론의 출처를 원문에서 확인할 수 있게 하였다. 사람의 관리·감독은 에이전트에 맡길 작업의 범위와 사람이 판단할 지점을 운영 구조 안에 미리 정하는 방식으로 설계하였다.

구축한 구조를 성격이 다른 여러 분야의 업무와 유역·부지 단위의 자율 감시에 적용한 사례를 소개하고, 분야가 바뀔 때 자료와 도구, 규정 외에 무엇이 달라지는지, 이 구조를 다른 분야에 옮길 때 어떤 조건을 검토해야 하는지 논의한다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 카노푸스홀 | 09:00-10:30

[특별세션]

정지궤도 해색위성 알고리즘 개발

좌장: 안재현(한국해양과학기술원)

GOCI-II On-orbit Solar Radiometric Calibration by Integrating SD and DAMD

김민상^{1,2,*}, 박명숙^{1,#}, 안재현¹, 최종국¹

¹ 한국해양과학기술원, ² 과학기술연합대학원대학교

#교신저자: mspark@kiost.ac.kr

Geostationary Ocean Color Imager-II (GOCI-II)의 궤도상 태양 복사보정 안정성을 향상시키기 위해 Solar Diffuser (SD)와 Diffuser Aging Monitoring Device (DAMD) 관측자료를 통합한 pseudo-gain trend 산출 및 예측 모델을 개발하였다. 본 연구에서는 2020년 6월부터 2026년 3월까지 축적된 SD와 DAMD 자료를 대상으로 normalized inverse gain 시계열을 구성하고, 평균 제거와 Gaussian low-pass filter를 이용한 장기 추세 성분을 분리하였다. 이후 Principal Component Analysis (PCA)를 적용하여 밴드별 공통 변동 모드를 추출하고, 태양 방위각에 따른 Fourier 함수 기반 보정 성분을 반복적으로 추정함으로써 SD와 DAMD 자료에 포함된 방향성, 주기성 오차를 완화하였다. 보정된 시계열로부터 밴드별 최적 차수(최대 4차)의 다항 추세를 산출하였으며, DAMD의 제한적인 관측 기간 및 자료를 보완하기 위해 Holt damped trend 기반의 pseudo-DAMD (p-DAMD)을 계산하였다. 최종적으로 SD와 DAMD의 변화율을 결합하고, hat-shape weighting function을 적용하여 초기 및 예측 구간의 불안정성을 낮추는 combined pseudo-gain trend를 생성하였다. 제안한 방법은 SD의 장기 안정성과 DAMD의 diffuser aging 모니터링 정보를 함께 활용하여 12개 밴드의 연속적인 보정 추세를 제공하며, 최근 1년 hold-out 검증 및 forward prediction을 통해 GOCI-II 태양 복사보정 계수의 단기 예측 가능성을 평가하는 데 활용될 수 있다.

사사

이 논문은 2022년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2022-KS221660, 천리안 2B호 산출물 정확도 향상 연구)

Optimization-Based Atmospheric Correction for GOCI-II: Simulation Validation and Application to Korean Waters

Septian Fakhrolwahid Masykur^{1,2,*,#}, Jae-hyun Ahn^{1,2}, Jeong-Eon Moon², Kyeong-Sang Lee², Jong-kuk Choi^{1,2}

¹University of Science and Technology (UST), Daejeon, Republic of Korea,

²Korea Ocean Satellite Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST), Busan, Republic of Korea

#교신저자: septianfm@kiost.ac.kr

Atmospheric correction remains a major source of uncertainty in ocean-color remote sensing, particularly in optically complex coastal waters where atmospheric and water-leaving signals are difficult to separate. This study evaluates an optimization-based atmospheric correction framework developed for the Geostationary Ocean Color Imager-II (GOCI-II). The framework separates Rayleigh-corrected reflectance into residual atmospheric-path and water-leaving components using a POLYMER-inspired three-term atmospheric model, a GIOP-based water model, and an internally retrieved effective aerosol transmission. The method was first evaluated using 1,000 simulated atmosphere-ocean cases across eight visible bands from 412 to 680 nm. The retrieved remote-sensing reflectance (R_{rs}) showed strong overall agreement with the simulated observations, although performance varied spectrally. The lowest agreement occurred at 412 nm ($R^2 = 0.689$; $RMSE = 2.03 \times 10^{-3} sr^{-1}$), indicating greater uncertainty in separating atmospheric and water contributions at the shortest wavelength. Performance improved substantially toward the green and red wavelengths, with R^2 values of 0.928 and 0.952 at 490 and 510 nm, respectively, and reached 0.980–0.984 at 660–680 nm. Most bands showed relatively small biases, while larger underestimation was observed at 555 and 620 nm. Following simulation validation, the framework will be applied to GOCI-II observations over Korean waters. Satellite retrievals will be evaluated using coincident in situ R_{rs} measurements and compared with the standard GOCI-II baseline atmospheric-correction product to assess whether the simulation-validated optimization approach can improve R_{rs} retrieval under real atmospheric and coastal-water conditions and support further development of GOCI-II ocean-color products.

참고문헌

1. Steinmetz, F., Deschamps, P.-Y., & Ramon, D. (2011). *Atmospheric correction in presence of sun glint: Application to MERIS*. **Optics Express**.
2. Karthick, S. et al. (2024). *Enhanced POLYMER atmospheric correction for inland and coastal waters*.

3. Werdell, P. J. et al. (2013). *Generalized ocean color inversion model for retrieving marine inherent optical properties*. **Applied Optics**.
4. Lee, Z. et al. (2002); Lee, Z. (2014). *Quasi-Analytical Algorithm (QAA) and QAA-v6 for retrieval of inherent optical properties from ocean-color remote sensing reflectance*.
5. Ruddick, K. G. et al. (2000, 2006). *Near-infrared similarity spectrum and atmospheric correction approaches for turbid coastal waters*.
6. Ahn, J.-H. et al. (2021). *GOCI-II atmospheric correction algorithm and initial validation*.
7. Gordon, H. R., & Wang, M. (1994). *Retrieval of water-leaving radiance and aerosol optical thickness over the oceans with SeaWiFS: A preliminary algorithm*. **Applied Optics**.
8. Ibrahim, A. et al. (2022). *Optimal-estimation atmospheric correction for ocean color remote sensing and pixel-level uncertainty assessment*.
9. Bailey, S. W., & Werdell, P. J. (2006). *A multi-sensor approach for the on-orbit validation of ocean color satellite data products*. **Remote Sensing of Environment**.

Regional Transferability and Satellite Performance of Empirical a_{DOM} (440) Retrieval Models in Korean Coastal Waters

Bau Ashary Nasir^{1,2,*}, Eunna Jang¹, Jong-Kuk Choi^{1,2,#}, Jeong-Eon Moon¹

¹ 한국해양과학기술원(KIOST), ²UST 과학기술연합대학원대학교

#교신저자: jkchoi@kiost.ac.kr

Satellite retrieval of the absorption coefficient of colored dissolved organic matter at 440 nm, a_{DOM} (440), remains challenging in optically complex coastal waters influenced by river discharge, suspended particles, and phytoplankton. This study evaluated the regional transferability and satellite performance of eight empirical algorithms across the South Sea, West Sea, East Sea, and northern East China Sea. Using 203 paired in situ a_{DOM} (440) and remote-sensing reflectance observations, five formulations were recalibrated in logarithmic space with Huber regression, while three established algorithms retained their published coefficients. All outputs were harmonized to 440 nm. HYB1 achieved the strongest calibration performance ($R^2 = 0.427$; RMSE = 0.028 m^{-1}), whereas HYB2 and MR4B produced the highest validation accuracy ($R^2 = 0.536$; RMSE = 0.020 m^{-1}). The retained SHA formulation substantially overestimated a_{DOM} (440), indicating limited regional transferability. Bootstrap resampling and leave-one-region-out cross-validation supported the stability of HYB2 and MR4B, although performance varied geographically. Accuracy was generally higher in the South and West Seas and lower in the East Sea and sparsely sampled East China Sea. This contrast highlighted the importance of evaluating models beyond aggregate performance statistics. Applied to GOCI-II imagery, the algorithms reproduced major coastal plume structures but differed in retrieval magnitude and spatial smoothness. HYB1 emphasized plume contrast, whereas MR4B generated more conservative and spatially coherent fields. Overall, MR4B provided the strongest balance among quantitative accuracy, regional robustness, and satellite-derived spatial consistency, while HYB1 remained useful for plume visualization in heterogeneous waters.

사사

This research was supported by the GK-2B project through the Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion (KIMST), funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, Republic of Korea (grant number RS-2022-KS221660).

A Physically Grounded Red–NIR Algorithm for Retrieving Particulate Organic Carbon from GOCI–I in Optically Complex Coastal Waters

MD Rakesur Rahman^{1,2,*}, Deuk–Jae Hwang², Eunna Jang², Young Baek Son^{1,3}, Taehee Lee³, Jong–Kuk Choi^{1,2,#}

¹Major of Ocean Science, University of Science and Technology (UST), Daejeon, Republic of Korea,

²Korea Ocean Satellite Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST), Busan, Republic of Korea,

³Tropical & Subtropical Research Center, KIOST, Jeju Island, Republic of Korea

#교신저자: jkchoi@kiost.ac.kr

Satellite–based monitoring of particulate organic carbon (POC) is essential for quantifying coastal Blue Carbon reservoirs, yet the blue–green reflectance ratios used by conventional ocean–color algorithms break down over optically complex (Case–2) shelf waters, where colored dissolved organic matter (CDOM) and non–algal particles decouple blue–band signals from particulate scattering. We introduce the Curvature–Red Normalized Difference Index (CRNDI), a three–predictor red–near–infrared retrieval algorithm built and independently tested for GOCI–I over Korea's Yellow and South Seas, with preliminary transferability to its successor, GOCI–II. A band–sensitivity screen ($n = 213$) identified a sign reversal in the $R_{rs}(660)/R_{rs}(555)$ –POC relationship between clear and turbid water types, and a separate $a_{CDOM}(440)$ test ($n = 202$) showed red–NIR bands remain unaffected by CDOM absorption where blue–green ratios stay biased, motivating CRNDI's curvature, normalized–difference, and NIR–interaction terms. Calibrated on 213 pooled matchups ($R^2 = 0.649$) and evaluated against 91 independently withheld pairs, CRNDI exceeded six established baseline algorithms under both in–situ ($R^2 = 0.605$, MAPE = 24.4%) and GOCI–I satellite ($R^2 = 0.452$, MAPE = 28.6%) reflectance, ranking first in three of four turbidity classes and performing best in clear water ($R^2 = 0.806$); the one shortfall, a sparsely populated medium–turbidity stratum ($R^2 = -0.225$), appears to reflect limited calibration coverage rather than an algorithmic weakness. Across three coincident overlap scenes, CRNDI retrievals from GOCI–I agreed closely with GOCI–II in the low–to–medium turbidity regime ($R^2 = 0.32$ – 0.38 , MAPE = 16–23%, bias within 1.5%), demonstrating preliminary transferability from GOCI–I to GOCI–II across the sensor transition.

사사

This research is supported by Korea Institute of Marine Science and Technology promotion (KIMST), funded by the Ministry of Oceans and Fisheries (RS–2022–KS221660).

참고문헌

1. Ahn, J.–H., Park, Y.–J., Ryu, J.–H., Lee, B., and Oh, I.S.: Development of atmospheric correction algorithm for Geostationary Ocean Color Imager (GOCI), Ocean Sci. J., 47, 247–259, <https://doi.org/10.1007/s12601-012-0025-y>, 2012.

2. Ahn, J.-H., Park, Y.-J., Kim, W., and Lee, B.: Vicarious calibration of the Geostationary Ocean Color Imager, *Opt. Express*, 23, 23236–23258, <https://doi.org/10.1364/OE.23.023236>, 2015.
3. Ahn, J.-H., Park, Y.-J., Kim, W., and Lee, B.: Simple aerosol correction technique based on the spectral relationships of the aerosol multiple-scattering reflectances for atmospheric correction over the oceans, *Opt. Express*, 24, 29659–29669, <https://doi.org/10.1364/OE.24.029659>, 2016.
4. Ahn, J.-H. and Park, Y.-J.: Estimating water reflectance at near-infrared wavelengths for turbid water atmospheric correction: A preliminary study for GOCI-II, *Remote Sens.*, 12, 3791, <https://doi.org/10.3390/rs12223791>, 2020.
5. Ahn, J.-H., Kim, K.-S., Lee, E.-K., Bae, S.-J., Lee, K.-S., Moon, J.-E., Han, T.-H., and Park, Y.-J.: Introduction of GOCI-II atmospheric correction algorithm and its initial validations, *Korean J. Remote Sens.*, 37, 1259–1268, <https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.2.4>, 2021.
6. Babin, M., Morel, A., Fournier-Sicre, V., Fell, F., and Stramski, D.: Light scattering properties of marine particles in coastal and open ocean waters as related to the particle mass concentration, *Limnol. Oceanogr.*, 48, 843–859, 2003a.
7. Babin, M., Stramski, D., Ferrari, G.M., Claustre, H., Bricaud, A., Obolensky, G., and Hoepffner, N.: Variations in the light absorption coefficients of phytoplankton, nonalgal particles, and dissolved organic matter in coastal waters around Europe, *J. Geophys. Res. Oceans*, 108, 3211, 2003b.
8. Bailey, S.W. and Werdell, P.J.: A multi-sensor approach for the on-orbit validation of ocean color satellite data products, *Remote Sens. Environ.*, 102, 12–23, 2006.
9. Bauer, J.E., Cai, W.-J., Raymond, P.A., Bianchi, T.S., Hopkinson, C.S., and Regnier, P.A.: The changing carbon cycle of the coastal ocean, *Nature*, 504, 61–70, 2013.
10. Bricaud, A., Morel, A., and Prieur, L.: Absorption by dissolved organic matter of the sea (yellow substance) in the UV and visible domains, *Limnol. Oceanogr.*, 26, 43–53, 1981.
11. Chen, C. T. A., Liu, K. K., and Macdonald, R.: Continental margin exchanges, in: *Ocean Biogeochemistry*, edited by: Fasham, M. J. R., Springer, Berlin, Germany, 53–97, 2003.
12. Chen, S., Fang, L., Zhang, L., and Huang, W.: Remote sensing of turbidity in seawater intrusion reaches of Pearl River Estuary -- A case study in Modaomen waterway, China, *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 82, 119–127, 2009.
13. Choi, J.-K., Park, Y.J., Ahn, J.H., Lim, H.-S., Eom, J., and Ryu, J.-H.: GOCI, the world's first geostationary ocean color observation satellite, for the monitoring of temporal variability in coastal water turbidity, *J. Geophys. Res. Oceans*, 117, C09004, 2012.
14. Choi, J., Min, J., Noh, J.H., Han, T., Yoon, S., Park, Y.J., Moon, J., Ahn, J., Ahn, S.M., and Park, J.: Harmful algal bloom (HAB) in the East Sea identified by the Geostationary Ocean Color Imager (GOCI), *Harmful Algae*, 39, 295–302, 2014.
15. Choi, J.-K., Park, M.-S., Han, K.-S., Kim, H.-C., and Im, J.: One year of GOCI-II launch: present and future, *Korean J. Remote Sens.*, 37, 1229–1234, 2021.

16. Choi, W. and Yang, C.: Development of a satellite-based sea surface temperature algorithm for detecting coastal cold water zones in the East Sea, *Korean J. Remote Sens.*, 39, 1235–1243, 2023.
17. Choi, J.-K., Park, M.-S., Ahn, J.-H., Lee, K.-S., Jang, E., Han, H.-J., Lee, S.-J., Hwang, D.-J., Moon, J.-E., Lee, E., Bae, S., Hong, H.G., Park, H.Y., and Min, J.-E.: Current status of the algorithm development and improvement for GOCI-II ocean color products, *Korean J. Remote Sens.*, 42, 343–357, <https://doi.org/10.7780/kjrs.2026.42.3.4>, 2026.
18. Dogliotti, A.I., Ruddick, K.G., Nechad, B., Doxaran, D., and Knaeps, E.: A single algorithm to retrieve turbidity from remotely-sensed data in all coastal and estuarine waters, *Remote Sens. Environ.*, 156, 157–168, 2015.
19. Doxaran, D., Froidefond, J.M., Lavender, S., and Castaing, P.: Spectral signature of highly turbid waters, *Remote Sens. Environ.*, 81, 149–161, 2002.
20. Doxaran, D., Froidefond, J.M., Castaing, P., and Babin, M.: Dynamics of the turbidity maximum zone in a macrotidal estuary (the Gironde, France): Observations from field and MODIS satellite data, *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 81, 321–332, 2009.
21. Draper, N. R. and Smith, H.: *Applied Regression Analysis*, 3rd edn., John Wiley and Sons, New York, NY, USA, 1998.
22. Efron, B. and Tibshirani, R. J.: *An Introduction to the Bootstrap*, Chapman and Hall/CRC, New York, NY, USA, 1993.
23. Falkowski, P., Scholes, R.J., Boyle, E., Canadell, J., Canfield, D., Elser, J., Gruber, N., Hibbard, K., Hogberg, P., and Linder, S.: The global carbon cycle: A test of our knowledge of earth as a system, *Science*, 290, 291–296, 1998.
24. Franz, B.A., Bailey, S.W., Werdell, P.J., and McClain, C.R.: Sensor-independent approach to the vicarious calibration of satellite ocean color radiometry, *Appl. Opt.*, 46, 5068–5082, 2007.
25. Frouin, R.J., Franz, B.A., Ibrahim, A., Knobelspiesse, K., Ahmad, Z., and Cairns, B.: Atmospheric correction of satellite ocean-color imagery during the PACE era, *Front. Earth Sci.*, 7, 145, 2019.
26. Gardner, W.D., Mishonov, A.V., and Richardson, M.J.: Global POC concentrations from in-situ and satellite data, *Deep Sea Res. Part II*, 53, 718–740, 2006.
27. Gitelson, A.A., Schalles, J.F., and Hladik, C.M.: Remote chlorophyll-a retrieval in turbid, productive estuaries: Chesapeake Bay case study, *Remote Sens. Environ.*, 109, 464–472, 2007.
28. Gordon, H. R. and Morel, A. Y.: *Remote Assessment of Ocean Color for Interpretation of Satellite Visible Imagery: A Review*, Springer, New York, NY, USA, 1983.
29. Gordon, H.R. and Wang, M.: Retrieval of water-leaving radiance and aerosol optical thickness over the oceans with SeaWiFS: A preliminary algorithm, *Appl. Opt.*, 33, 443–452, 1994.
30. Gower, J.F.R., Doerffer, R., and Borstad, G.A.: Interpretation of the 685 nm peak in water-leaving radiance spectra in terms of fluorescence, absorption and scattering, and its observation by MERIS, *Int. J. Remote Sens.*, 20, 1771–1786, 1999.

31. Hu, C., Lee, Z., and Franz, B.: Chlorophyll a algorithms for oligotrophic oceans: A novel approach based on three-band reflectance difference, *J. Geophys. Res. Oceans*, 117, C01011, 2012.
32. Intergovernmental Panel on Climate Change: The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2022.
33. IOCCG: Remote Sensing of Inherent Optical Properties: Fundamentals, Tests of Algorithms, and Applications, IOCCG Report 5, International Ocean-Colour Coordinating Group, Dartmouth, NS, Canada, 2006.
34. IOCCG: Ocean Optics and Biogeochemistry Protocols for Satellite Ocean Colour Sensor Validation, Volume 6.0: Particulate Organic Matter Sampling and Measurement Protocols: Consensus Towards Future Ocean Color Missions, International Ocean-Colour Coordinating Group, Dartmouth, NS, Canada, 2021.
35. Jang, E., Im, J., Park, G.H., and Park, Y.G.: Estimation of fugacity of carbon dioxide in the East Sea using in situ measurements and Geostationary Ocean Color Imager satellite data, *Remote Sens.*, 9, 821, 2017.
36. Kim, W., Moon, J.-E., Park, Y.-J., and Ishizaka, J.: Evaluation of chlorophyll retrievals from Geostationary Ocean Color Imager (GOCI) for the North-East Asian region, *Remote Sens. Environ.*, 184, 482-495, 2016.
37. Krause-Jensen, D. and Duarte, C.M.: Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration, *Nat. Geosci.*, 9, 737-742, 2016.
38. Lee, Z., Carder, K.L., and Arnone, R.A.: Deriving inherent optical properties from water color: A multiband quasi-analytical algorithm for optically deep waters, *Appl. Opt.*, 41, 5755-5772, 2002.
39. Lee, K.-S., Park, M.-S., Choi, J.-K., and Ahn, J.-H.: Improvement of GOCI-II water vapor absorption correction through fusion with GK-2A/AMI data, *Remote Sens.*, 15, 2124, <https://doi.org/10.3390/rs15082124>, 2023.
40. Legendre, L., Rivkin, R.B., Weinbauer, M.G., Guidi, L., and Uitz, J.: The microbial carbon pump concept: Potential biogeochemical significance in the globally changing ocean, *Prog. Oceanogr.*, 134, 432-450, 2015.
41. Liu, K. K., Atkinson, L., Quinones, R., and Talaue-McManus, L.: Carbon and Nutrient Fluxes in Continental Margins, Springer, Berlin, Germany, 2007.
42. Loisel, H., Vantrepotte, V., Jamet, C., and Dat, D. N.: Challenges and new advances in ocean color remote sensing of coastal waters, in: *Topics in Oceanography*, edited by: Zambianchi, E., IntechOpen, London, UK, 89-122, 2018.
43. Longhurst, A.R.: Role of the marine biosphere in the global carbon cycle, *Limnol. Oceanogr.*, 36, 1507-1526, 1991.

44. Mannino, A., Russ, M.E., and Hooker, S.B.: Algorithm development and validation for satellite-derived distributions of DOC and CDOM in the U.S. Middle Atlantic Bight, *J. Geophys. Res. Oceans*, 113, C07051, 2008.
45. McClain, C.R.: A decade of satellite ocean color observations, *Annu. Rev. Mar. Sci.*, 1, 19–42, 2009.
46. Mobley, C. D.: *Light and Water: Radiative Transfer in Natural Waters*, Academic Press, San Diego, CA, USA, ISBN 978-0-12-502750-2, 1994.
47. Mobley, C.D.: Estimation of the remote-sensing reflectance from above-surface measurements, *Appl. Opt.*, 38, 7442–7455, 1999.
48. Morel, A. and Prieur, L.: Analysis of variations in ocean color, *Limnol. Oceanogr.*, 22, 709–722, 1977.
49. Morel, A.: Optical modeling of the upper ocean in relation to its biogenous matter content (case I waters), *J. Geophys. Res. Oceans*, 93, 10749–10768, 1988.
50. Morel, A. and Maritorena, S.: Bio-optical properties of oceanic waters: A reappraisal, *J. Geophys. Res. Oceans*, 106, 7163–7180, 2001.
51. Moses, W.J., Gitelson, A.A., Berdnikov, S., and Povazhnyy, V.: Satellite estimation of chlorophyll-a concentration using the red and NIR bands of MERIS: The Azov Sea case study, *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, 6, 845–849, 2009.
52. Mueller, J. L., Fargion, G. S., and McClain, C. R.: *Ocean Optics Protocols for Satellite Ocean Color Sensor Validation*, Revision 4, NASA TM-2003-211621, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA, 2003.
53. Muller-Karger, F.E., Varela, R., Thunell, R., Luerssen, R., Hu, C., and Walsh, J.J.: The importance of continental margins in the global carbon cycle, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L01602, 2005.
54. Najjar, R.G., Herrmann, M., Alexander, R., Boyer, E.W., Burdige, D.J., and Butman, D.: Carbon budget of tidal wetlands, estuaries, and shelf waters of Eastern North America, *Glob. Biogeochem. Cycles*, 32, 389–416, 2018.
55. O'Reilly, J.E., Maritorena, S., Mitchell, B.G., Siegel, D.A., Carder, K.L., and Garver, S.A.: Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS, *J. Geophys. Res. Oceans*, 103, 24937–24953, 1998.
56. Parsons, T. R., Maita, Y., and Lalli, C. M.: *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*, Pergamon Press, Oxford, UK, ISBN 978-0-08-030287-4, 1984.
57. Pope, R.M. and Fry, E.S.: Absorption spectrum (380–700 nm) of pure water. II. Integrating cavity measurements, *Appl. Opt.*, 36, 8710–8723, 1997.
58. Rahman, M.R., Hwang, D.-J., Jang, E., Son, Y.B., Lee, T., and Choi, J.-K.: Preliminary assessment of GOCI-II band-ratio algorithms for retrieving particulate organic carbon in the optically complex waters of Jeju Island, *Korean J. Remote Sens.*, 42, 417–433, 2026.

59. Rahman, M. R., Ahn, J.-H., Hwang, D.-J., Jang, E., and Choi, J.-K.: Physically Interpretable Stacking Ensemble (PISE) for GOCI-II TSM Retrieval Beyond Sensor Saturation over Korean Coastal Waters, *Remote Sens.*, submitted, 2026.
60. Ruddick, K.G., De Cauwer, V., Park, Y.J., and Moore, G.: Seaborne measurements of near infrared water-leaving reflectance: The similarity spectrum for turbid waters, *Limnol. Oceanogr.*, 51, 1167–1179, 2006.
61. Ryu, J.-H., Han, H.-J., Cho, S., Park, Y.-J., and Ahn, Y.-H.: Overview of geostationary ocean color imager (GOCI) and GOCI data processing system (GDPS), *Ocean Sci. J.*, 47, 223–233, 2012.
62. Ryu, J.-H., Lee, D., and Kim, M.: Progress in current research and applications of the geostationary ocean color imager series (GOCI and GOCI-II): A bibliometric analysis, *Korean J. Remote Sens.*, 40, 727–739, 2023.
63. Sarmiento, J. L. and Siegenthaler, U.: New production and the global carbon cycle, in: *Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea*, edited by: Falkowski, P. G., Woodhead, A. D., and Vivirito, K., Springer, Boston, MA, USA, 317–332, 1992.
64. Seegers, B.N., Stumpf, R.P., Schaeffer, B.A., Loftin, K.A., and Werdell, P.J.: Performance metrics for the assessment of satellite data products: An ocean color case study, *Opt. Express*, 26, 7404–7422, 2018.
65. Siegel, D.A., Maritorena, S., Nelson, N.B., Hansell, D.A., and Lorenzi-Kayser, M.: Global distribution and dynamics of colored dissolved and detrital organic materials, *J. Geophys. Res. Oceans*, 107, 3228, 2002.
66. Siegel, D.A., Buesseler, K.O., Doney, S.C., Sailley, S.F., Behrenfeld, M.J., and Boyd, P.W.: Global assessment of ocean carbon export by combining satellite observations and food-web models, *Glob. Biogeochem. Cycles*, 28, 181–196, 2014.
67. Siswanto, E., Tang, J., Yamaguchi, H., Ahn, Y.-H., Ishizaka, J., and Yoo, S.: Empirical ocean-color algorithms to retrieve chlorophyll-a, total suspended matter, and colored dissolved organic matter absorption coefficient in the Yellow and East China Seas, *J. Oceanogr.*, 67, 627–650, 2011.
68. Son, Y.B., Gardner, W.D., Mishonov, A.V., and Richardson, M.J.: Multispectral remote sensing algorithms for particulate organic carbon (POC): The Gulf of Mexico, *Remote Sens. Environ.*, 113, 50–61, 2009.
69. Stramski, D. and Kiefer, D.A.: Light scattering by microorganisms in the open ocean, *Prog. Oceanogr.*, 28, 343–383, 1991.
70. Stramski, D., Reynolds, R.A., Babin, M., Kaczmarek, S., Lewis, M.R., Rottgers, R., Sciandra, A., Stramska, M., Twardowski, M.S., and Franz, B.A.: Relationships between the surface concentration of particulate organic carbon and optical properties in the eastern South Pacific and eastern Atlantic Oceans, *Biogeosciences*, 5, 171–201, 2008.

71. Taylor, K.E.: Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 106, 7183–7192, 2001.
72. Twardowski, M.S., Boss, E., Macdonald, J.B., Pegau, W.S., Barnard, A.H., and Zaneveld, J.R.V.: A model for estimating bulk refractive index from the optical backscattering ratio and the implications for understanding particle composition in case I and case II waters, *J. Geophys. Res. Oceans*, 106, 14129–14142, 2001.
73. Umeyama, S.: Least-squares estimation of transformation parameters between two point patterns, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 13, 376–380, <https://doi.org/10.1109/34.88573>, 1991.
74. Vantrepotte, V. and Melin, F.: Inter-annual variations in the SeaWiFS global chlorophyll a concentration (1997–2007), *Deep Sea Res. Part I*, 58, 429–441, 2011.
75. Volk, T. and Hoffert, M. I.: Ocean carbon pumps: Analysis of relative strengths and efficiencies in ocean-driven atmospheric CO₂ changes, in: *The Carbon Cycle and Atmospheric CO₂: Natural Variations Archean to Present*, edited by: Sundquist, E. T. and Broecker, W. S., American Geophysical Union, Washington, DC, USA, 99–110, 1985.
76. Wang, M. and Shi, W.: The NIR–SWIR combined atmospheric correction approach for MODIS ocean color data processing, *Opt. Express*, 15, 15722–15733, 2007.
77. Wang, M., Shi, W., Jiang, L., and Voss, K.: NIR- and SWIR-based on-orbit vicarious calibrations for satellite ocean color sensors, *Opt. Express*, 24, 20437–20453, 2012.
78. Wei, X., Shen, F., Pan, Y., Chen, S., Sun, X., and Wang, Y.: Satellite observations of the diurnal dynamics of particulate organic carbon in optically complex coastal oceans: The continental shelf seas of China, *J. Geophys. Res. Oceans*, 124, 4710–4726, 2019.
79. Werdell, P.J. and Bailey, S.W.: An improved in-situ bio-optical data set for ocean color algorithm development and satellite data product validation, *Remote Sens. Environ.*, 98, 122–140, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.07.001>, 2005.
80. Werdell, P.J., Franz, B.A., Bailey, S.W., Feldman, G.C., Boss, E., and Brando, V.E.: Generalized ocean color inversion model for retrieving marine inherent optical properties, *Appl. Opt.*, 52, 2019–2037, 2013.
81. Yamaguchi, H., Kim, H.-C., Son, Y.B., Kim, S.W., Okamura, K., Kiyomoto, Y., and Ishizaka, J.: Seasonal and summer interannual variations of SeaWiFS chlorophyll a in the Yellow Sea and East China Sea, *Prog. Oceanogr.*, 105, 22–29, 2012.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 카노푸스홀 | 10:45-12:15

[특별세션]

정지궤도 해색위성 활용

좌장: 최종국(한국해양과학기술원)



Diurnal to Inter-annual Variability of Ocean Color from Geostationary Satellite Observations: Insights from GOCI-II

백지연^{1,*}, 박명숙^{1,#}, 안재현¹, 김민상¹, 최종국¹, 백원경¹, 배수정¹, 문정연¹

¹ 한국해양과학기술원 위성센터

#교신저자: jy_baek@kiost.ac.kr

표층 해양의 생지화학적 특성은 하루 이내의 짧은 시간 규모부터 계절 및 연간 규모까지 다양하게 변화한다. 그러나 극궤도 해색위성은 동일 해역을 하루 한 차례 정도만 관측하기 때문에 엽록소-a(Chl-a)의 일변동을 충분히 포착하기 어렵다. 본 연구에서는 하루 여러 차례 관측이 가능한 정지궤도 해색위성 GOCI-II 자료를 이용하여 황해, 동해, 북태평양 외해에서 2021-2026 년 Chl-a 변동성을 일변동, 일간, 계절, 연간의 네 시간 규모로 구분하고 각 규모의 상대적 기여도를 평가하였다. 이를 위해 분석 순서에 영향을 받지 않는 분산 분해 방법을 적용하였으며, MODIS 와 VIIRS 자료를 이용하여 일간 이상의 시간 변동 특성을 비교하였다. 본 연구는 정지궤도 해색위성의 고빈도 관측을 활용하여 기존 극궤도 위성으로는 충분히 관측하기 어려운 일변동을 장기 시간 규모의 변동성과 함께 정량적으로 평가하고, 표층 해양 Chl-a 변동성에 대한 보다 포괄적인 이해를 제공하고자 한다.

사사

이 논문은 2022 년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2022-KS221660, 천리안 2B 호 산출물 정확도 향상 연구)

Evaluation of Phytoplankton Size Class Estimates Derived from Multi-Generation Geostationary Ocean Color Satellites in Korean Waters

Doni Nurdiansah^{1,2,3,*}, Myung Jin Hyun¹, Jae-Hoon Noh¹, Deuk Jae Hwang¹, Jong-Kuk Choi^{1,2,#}

¹Korea Ocean Satellite Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST), Busan, Republic of Korea,

²Major of Ocean Science, Korea National University Science and Technology (UST), Daejeon, Republic of Korea,

³Research Center for Oceanography, National Research and Innovation Agency, Jakarta, Indonesia

#교신저자: jkchoi@kiost.ac.kr

Phytoplankton size structure plays an important role in marine primary production, food-web dynamics, and biogeochemical processes. This study evaluated satellite-derived phytoplankton size classes (PSCs) in Korean waters using observations from the Geostationary Ocean Color Imager (GOCI-I) and its successor, GOCI-II. In situ chlorophyll-a (Chl-a) and PSC observations collected in 2014, 2015, 2017, and 2023–2025 from the Yellow Sea and East Sea were used to tune a three-component model and validate satellite-derived PSC estimates. Model tuning using the combined dataset yielded parameters of $\alpha = 0.66$, $\beta = 0.07$, $\gamma = 0.73$, and $\delta = 0.96$, indicating distinct partitioning characteristics of micro-, nano-, and picophytoplankton across the observed Chl-a range. A total of 77 satellite-in situ matchups were obtained, comprising 6 GOCI-I and 71 GOCI-II observations. Validation using R^2 , RMSE, MAE, bias, and Spearman rank correlation showed that the fractional PSC estimates generally exhibited stronger correspondence with in situ observations than the concentration-based estimates. For the combined dataset, picophytoplankton fraction (F-Pico) showed the strongest relationship ($R^2 = 0.300$, $\rho = 0.642$, $p < 0.001$), followed by microphytoplankton fraction (F-Micro; $R^2 = 0.269$, $\rho = 0.516$, $p < 0.001$), whereas nanophytoplankton fraction showed weak agreement ($R^2 = 0.007$, $\rho = 0.142$, $p = 0.217$). For GOCI-II alone, F-Pico exhibited improved agreement ($R^2 = 0.436$, $\rho = 0.645$, $p < 0.001$). These results demonstrate the applicability of the tuned three-component model to geostationary ocean-color observations and highlight the potential of GOCI-I and GOCI-II for monitoring variations in phytoplankton community size structure in Korean waters.

GOCI-II 고빈도 관측을 이용한 한빛원전 온배수의 수질 영향 분석

박성재^{1,*}, 이창욱^{1,2,#}

¹강원대학교 스마트지역혁신학과, ²강원대학교 과학교육학부

#교신저자: cwlee@kangwon.ac.kr

연안 발전소의 온배수는 국지적인 인위적 교란이지만, 조석과 바람이 지배하는 역동적 연안 환경에서는 그 영향을 분리해내기 어렵다. 본 연구는 한빛원자력발전소 주변 해역을 대상으로, 온배수가 위성 기반 수질 변수에 검출 가능한 신호를 남기는지를 검증하였다. 2021년부터 2025년까지 5년간의 GOCI-II 시간별 클로로필-a 및 부유물질 산출물에 발전소 취수·배수 실측 수온, 조위 관측 자료, 바람 관측 자료를 결합하였다. 근해역과 외해 기준역의 차분지표를 산출하고 조위상과 풍향 조건별로 총화하여 분석하였으며, 각 구동 요인의 상대적 기여도는 경사부스팅 모델과 SHAP 기법으로 정량화하였다.

해수면온도는 배수구 인근에서 국지적인 고온 이상이 나타나고 거리에 따라 감소하였으나, 연안을 따라 수행한 위약검정(placebo test)에서는 이 대비를 자연적인 해안 지형 효과와 구분할 수 없었다. 클로로필-a와 부유물질은 온배수 강도와 약한 상관만을 보였으며, 기계학습 모델에서 나타난 온배수의 예측 기여도 역시 구동 변수와 반응 변수가 공유하는 시간 자기상관을 보존하는 순열검정에서는 유의성을 유지하지 못하였다. 반면 풍속과 조위 변화율은 모든 순열 방식에서 유의성을 유지하였고, 픽셀 단위 분석에서도 근해역의 변동을 지배하였다. 검출한계 분석 결과, 온배수와 연관된 효과의 크기는 클로로필-a의 경우 1°C 당 1.4%, 부유물질의 경우 3.0% 미만으로 제한되었다.

이러한 결과는 위성 기반 수질 변수를 조석·바람 조건을 고려하지 않은 채 온배수의 직접적인 대리지표로 사용해서는 안 된다는 점을 시사하며, 아울러 신호가 검출되지 않은 결과를 정량적 상한값으로 표현하는 접근법을 제시한다.

GOCI-II 를 활용한 연소 면적의 일중 탐지 시간대 추정

신경환^{1,*}, 정한철^{1,#}, 황도현², 김서진¹, 이경상³, 최종국³, 이보람²

¹ 연세대학교 지구시스템학과, ² 연세대학교 지속가능미래과학연구원, ³ 한국해양과학기술원 해양위성센터

#교신저자: glgl8515@yonsei.ac.kr

연소 면적은 화재로 인해 피해받은 지표면의 공간적 범위를 의미한다. 최근 기후 변화에 의해 대형 산불의 빈도 및 강도가 증가하면서 연소 면적을 신속하게 탐지하기 위한 위성 원격탐사 기반 연구가 활발히 이루어지고 있다. 일반적으로 연소 면적은 주로 극궤도 위성 관측을 기반으로 획득된 식생지수의 시계열 변화 탐지를 통해 탐지된다. 그러나 광학영상은 구름 및 에어로졸의 영향을 크게 받으며 특히, 화재 발생 시 동반되는 연기는 변화 신호의 관측을 지연시킬 수 있다. 이러한 관측 지연은 변화 탐지에 필요한 시간적 관측 밀도를 제한하며, 연소 면적 탐지 성능을 저하시키고 시간적 불확실성을 증가시킬 수 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 본 연구는 Geostationary Ocean Color Imager-II (GOCI-II)의 높은 시간해상도를 활용한 연소 면적 탐지 방법을 제안했다. 시간대별 변화 탐지 기법과 시간 일관성 평가 방법을 통해 연소 면적의 탐지율 향상과 탐지 시간대의 일중 추정이 가능함을 확인하였다. 본 연구는 화재 모니터링에 정지궤도 위성의 새로운 활용 가능성을 제시하며, 재해 감시 및 대응 연구로 확장될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 대한민국 정부의 재원으로 한국연구재단(RS-2026-25483027), 교육부의 재원으로 한국연구재단 글로벌 석·박사·박사후연구원 인재양성(LAMP) 사업(RS-2024-00442483), 농림축산식품부의 재원으로 농촌진흥청(RS-2026-25515531)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 카노푸스홀 | 13:30-15:00

[특별세션]

AI·멀티센서 기반 북극 해빙 관측·예측 및 지능형 운항지원 I

좌장: 김현철(극지연구소)

Sea-Ice Lead Detection in the Arctic Ocean using SWOT KaRIn Observations

우혜진 ^{1,*}, 김현철 ^{1,#}, 하선용 ¹, 민준오 ¹, 김지수 ¹

¹한국해양과학기술원 부설 극지연구소 해양대기연구본부

#교신저자: kimhc@kopri.re.kr

This study proposes a method for detecting Arctic sea-ice leads using high-resolution two-dimensional sea surface height anomaly (SSHA) observations from the Ka-band Radar Interferometer (KaRIn) onboard the Surface Water and Ocean Topography (SWOT) satellite. The study area covers 120°E–120°W and 60°–80°N, including the East Siberian, Chukchi, and Beaufort Seas. We used the 250-m SWOT Level-3 Unsmoothed product acquired during the Calibration/Validation phase from April to June 2023. To enhance localized low-SSHA signatures associated with leads, broad-scale spatial background variations were removed, after which a robust statistical threshold based on the median absolute deviation (MAD) and shape-based filtering were applied to identify leads. The detected leads generally agreed with the locations and spatial patterns of major leads observed in NOAA-21/VIIRS, Sentinel-1A SAR, and ICESat-2 data. Quantitative evaluation using 10 scenes spatially and temporally collocated with VIIRS yielded F1-scores ranging from 0.365 to 0.660, with mean precision, recall, and F1-score values of 0.528, 0.574, and 0.533, respectively. Repeated SWOT observations were also used to characterize spatial variations in lead fraction within the observed swaths. The results demonstrate that two-dimensional SWOT KaRIn SSHA alone, without incorporating additional observables such as radar backscatter, can be used to detect the locations and spatial structures of sea-ice leads. Such two-dimensional lead information may also provide a basis for future estimation of local sea-surface reference levels and retrievals of sea-ice freeboard and thickness.

사사

이 연구는 2026 년도 산업통상부 및 한국산업기술기획평가원의 "북극항로 개척을 위한 극지 운항 선박 핵심기술개발" 사업(RS-2026-25548497, AI 이기종 센서 정보 기반 유빙 탐지·예측·위험도 평가 및 최적항 산출 ICE Navigation 개발)의 지원을 받아 수행되었습니다.

미래 바람 정보 결합을 통한 북극 해빙 표류의 다중 시점 예측

지준화^{1,*,#}, 문기영¹, 김보람¹

¹국립부경대학교

#교신저자: jchi@pknu.ac.kr

북극 해빙 표류는 해빙의 수송과 변형을 결정하는 핵심 역학 과정으로, 북극 항로 운항과 해양 활동의 안전 확보에 중요한 정보이다. 해빙 표류는 속력과 방향을 동시에 예측해야 하는 벡터 예측 문제이며, 바람의 영향을 크게 받는다. 따라서 미래 표류를 정확히 예측하기 위해서는 예측 시점의 바람 정보가 중요하지만, 과거 관측 기반 시공간 예측에서는 미래 바람을 직접 활용할 수 없어 리드타임이 증가할수록 예측 성능이 저하될 수 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 개선하기 위해 예측 시점의 미래 바람 정보를 결합하는 다중 시점 해빙 표류 예측 방법을 제안하였다. NSIDC 해빙 표류와 ERA5 바람 자료의 과거 5 일 시퀀스로부터 향후 5 일의 해빙 표류 벡터를 예측하고, 각 예측 시점의 미래 ERA5 바람장을 교차 어텐션을 통해 시공간 모델의 잠재 표현과 결합하였다. 이를 통해 리드타임별 예측에 해당 시점의 바람 조건을 직접 반영하였다. 제안 방법의 효과가 특정 모델 구조에 의존하는지를 검증하기 위해 OpenSTL의 ConvRNN, CNN 및 MetaFormer 계열 12 개 시공간 예측 모델을 동일한 조건에서 비교하였다. 실험 결과, 미래 바람 정보를 결합한 모델은 과거 정보만을 이용한 모델보다 벡터 RMSE 가 1 일 예측에서 24.5%, 5 일 예측에서 40.3% 감소하였으며, 방향 RMSE 는 각각 24.7%와 45.5% 감소하였다. 특히 리드타임이 증가할수록 미래 바람 결합에 따른 성능 개선 폭이 확대되어, 중기 해빙 표류 예측에서 미래 대기 강제력 정보의 중요성을 확인하였다. 또한 모델별 성능 우위는 해역과 계절에 따라 달라, 조건별 최적 모델을 활용한 앙상블로 확장할 수 있다. 본 연구는 ERA5 재분석 바람을 미래 시점의 이상적인 바람 정보로 활용하여 미래 바람 정보가 해빙 표류 예측에 제공할 수 있는 잠재적 성능 향상을 정량화하였다. 향후 실제 수치예보 또는 AI 기반 바람 예보장을 결합하여 운영 환경에서의 다중 시점 해빙 표류 예측 가능성을 검증할 예정이다.

사사

이 연구는 2026 년도 산업통상부 및 한국산업기술기획평가원의 "북극항로 개척을 위한 극지 운항 선박 핵심기술개발" 사업(RS-2026-25548497, AI 이기종 센서 정보 기반 유빙 탐지·예측·위험도 평가 및 최적항 산출 ICE Navigation 개발)의 지원을 받아 수행되었습니다.

다중플랫폼 기반 북극항로 최적화 해양/기상 자료 산출 기술 개발

손영백^{1,*,#}, Fahim Ahmad¹, 최선경¹, 고성길¹

¹ 한국해양과학기술원 제주연구소 열대·아열대연구센터

#교신저자: sonyb@kiost.ac.kr

기후변화로 인한 북극 해빙 감소로 북극항로(NSR)의 상업적 활용 가능성이 증가함에 따라, 선박의 안전 운항과 항로 최적화를 지원할 수 있는 고정밀 해양·기상 정보의 수요가 급증하고 있다. 그러나 북극해는 극심한 구름 차폐, 백야 및 극야 현상, 잦은 기상 악천후 등으로 인해 단일 플랫폼 위성 관측만으로는 연속적이고 신뢰도 높은 자료 확보에 한계가 있다. 본 연구에서는 광학, 열적외선, 마이크로파, 재분석자료 등 상이한 물리적 특성을 가진 다중플랫폼 산출물을 융합하여 북극항로에 최적화된 고정밀 해양·기상 통합 자료를 산출하는 기술을 개발하였다.

연구의 공간적 범위는 북극항로를 포함한 북극해 전역이며, 최근 10 년 이상의 시계열 데이터를 기반으로 해상풍, 유의파고, 해수면높이(SSH), 해수면온도(SST), 해수면기압(SLP), 기온 등의 주요 인자를 선정하여 통합 DB 를 구축하였다. 서로 다른 관측 궤도와 재방문 주기를 갖는 이종 위성 데이터의 시계열 정합성을 확보하기 위해, 상이한 원천 규격을 단일 표준 격자 체계로 변환하고 시·공간 해상도를 표준화하였다. 아울러 북극해 특유의 광학적 노이즈와 구름 차폐, 대기 산란 및 굴절에 의한 신호 왜곡을 보정하는 정밀 오차 제거 알고리즘을 적용하여, 북극해 전역에서 오차율 10% 이내를 만족하는 고품질 표준 좌표 기반의 통합 디지털 환경장을 구현하였다.

구축된 10 년 이상의 장기 다중위성 통합 DB 는 극지 환경의 시공간적 변동성을 파악하는 기초자료로 활용될 뿐만 아니라, 북극항로를 통항하는 선박의 경제적·안전적 최적 항로 의사결정 지원 시스템의 핵심 입력 자료로 기여할 것으로 기대된다.

사사

이 연구는 2026 년도 산업통상부 및 한국산업기술기획평가원의 "북극항로 개척을 위한 극지 운항 선박 핵심기술개발" 사업(RS-2026-25548497, AI 이기종 센서 정보 기반 유빙 탐지·예측·위험도 평가 및 최적항 산출 ICE Navigation 개발)의 지원을 받아 수행되었습니다.

Sentinel-1·Sentinel-2·Landsat 8/9 통합 기반 북극 해빙 분류용 분석 준비형 다중센서 데이터셋 구축

박성재 ^{1,*}, 이창욱 ^{2,#}

¹ 강원대학교 스마트지역혁신학과, ² 강원대학교 과학교육학부

#교신저자: tres13@kangwon.ac.kr

북극 해빙은 기후변화를 나타내는 핵심 지표이지만, 극야·구름·표면상태 변화로 인해 단일 위성센서만으로는 연속적인 관측이 어렵다. 본 연구는 2025 년 1 월부터 12 월까지 범북극권(북위 65.8~81.6 도)에서 수집한 Sentinel-1 SAR, Sentinel-2 다중분광, Landsat 8/9 광학 영상을 통합하여, 하나의 좌표계(EPSSG:3995)와 형식(Float32 GeoTIFF)으로 표준화한 분석 준비형 다중센서 데이터셋을 구축하였다. 데이터셋은 총 283 장면(Sentinel-1 120 장면, Sentinel-2 78 장면, Landsat 8/9 85 장면, 약 207GB)으로 구성되며, 각 장면에는 좌표기반 해안선마스크와 비지도 K-means 군집화(k=3)를 이용해 자동 생성한 4 클래스(개방수역·해빙·육지·무효값) 의사라벨이 함께 제공된다. 서로 다른 관측 특성을 가진 세 센서를 동일한 분석기반 위에서 함께 제공함으로써, 후속 연구자가 다중센서·센서융합 기반 해빙 분류 모델을 개발할 때 반복적인 전처리 부담을 줄일 수 있다. 본 발표에서는 데이터 구축 절차, 의사라벨 생성 방법과 그 한계, 그리고 향후 활용 방향을 소개한다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 카노푸스홀 | 15:15-16:45

[특별세션]

AI·멀티센서 기반 북극 해빙 관측·예측 및 지능형 운항지원 II

좌장: 김현철(극지연구소)

D* Lite 기반 국부 유빙 환경에서의 극지 운항 선박 동적 경로 재계획 기초 연구

김병모 ^{1,*}, 하승현 ^{1,#}

¹ 국립한국해양대학교 해양공학과

#교신저자: shha@kmou.ac.kr

북극항로의 안전한 운항을 위해서는 선박 주변 유빙의 위치 및 분포 정보를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 그러나 극야, 해무 등 극지 특유의 환경조건으로 인해 북극해의 유빙을 안정적으로 탐지하는 데 어려움이 있다. 이를 극복하기 위해 위성, 선박 및 드론 등에서 획득되는 이기종 센서 데이터를 융합하여 북극 실패역의 유빙을 탐지하기 위한 기술이 개발되고 있다. 이와 같이 시간에 따라 변화하는 유빙 정보가 제공될 경우, 이를 반영한 동적 경로계획을 통해 선박의 안전한 운항을 지원할 수 있다.

현재 단계에서는 실제 센서 기반 유빙 탐지정보의 활용이 제한되므로, 본 연구에서는 정적 및 동적 유빙이 혼재하는 가상의 국부 유빙 분포 격자맵을 구성하고 이를 기반으로 수치 시뮬레이션 환경을 구축하였다. 유빙 회피를 위한 동적 경로계획 기법의 적용 가능성을 검토하기 위해 동적 환경에서의 경로 재계획에 활용되는 D* Lite 알고리즘을 적용하였으며, 예시 유빙 환경에서 유빙 위치 변화에 따른 경로 갱신 과정을 확인하였다. 이를 통해 D* Lite 기반 동적 경로 재계획의 적용 가능성을 검토하였으며, 향후에는 선박과 유빙의 상대운동을 고려할 수 있도록 속도 정보를 포함한 동적 경로계획 기법으로 확장할 예정이다.

사사

이 연구는 2026 년도 산업통상부 및 한국산업기술기획평가원의 "북극항로 개척을 위한 극지 운항 선박 핵심기술개발" 사업(RS-2026-25548497, AI 이기종 센서 정보 기반 유빙 탐지·예측·위험도 평가 및 최적항 산출 ICE Navigation 개발)의 지원을 받아 수행되었습니다.

AI-Based Detection, Segmentation, and Waterline Measurement of White Floating Marine Debris

전광길^{1,*,#}, 왕진¹

¹인천대학교 임베디드시스템공학과

#교신저자: gjeon@inu.ac.kr

White floating debris can resemble bright reflections and wave foam, and its visible boundary may include an apparent extension below the waterline. We propose HPSG-SAM2, which transfers Highlight-Prior Semantic Gating from the companion detection manuscript into the shared image features of a promptable video segmentation model. A brightness and saturation prior conditions the balance between local and contextual features without suppressing white pixels directly. Only the stride-16 map is gated, so the gate reaches video memory attention while the finer feature paths remain available for mask decoding, and a small learned residual scale adapts the gated output to the pretrained feature distribution. A separate head estimates the visible physical waterline, its visibility and a calibrated uncertainty. A frozen maritime teacher supplies three-class temporal semantic supervision during training through a lightweight student head, and is absent at inference. Calibrated rays, synchronised attitude and camera height then recover waterline coordinates and visible span; freeboard is estimated only where a valid top-to-base correspondence exists. Detection and precise measurement run at separate rates under a bounded processing budget, and the added gate is accounted for at 0.599 GMAC and 147,458 parameters at the stated placement. The protocol fixes the camera at its installed height and evaluates white-target recall, reflection false positives, waterline error, metric accuracy, measurement coverage and latency; the effect of a different installed height is given as analysis rather than claimed as experiment. The proposed integration and its performance remain to be tested.

사사

이 연구는 2026 년도 산업통상부 및 한국산업기술기획평가원의 "북극항로 개척을 위한 극지 운항 선박 핵심기술개발" 사업(RS-2026-25548497, AI 이기종 센서 정보 기반 유빙 탐지·예측·위험도 평가 및 최적항 산출 ICE Navigation 개발)의 지원을 받아 수행되었습니다.

극지 연구선 탑재형 테더드 무인기 기반 유빙 상시 감시 시스템

이준화^{1,*}, 강현승¹, 양준효^{1,#}

¹주식회사 에이엠피

#교신저자: jhyang@ampkorea.kr

북극항로를 운항하는 쇄빙선과 극지 연구선에서 선체 주변의 유빙과 압력능선은 충돌 및 항로 폐쇄를 유발하는 주요 위험요인이다. 그러나 SAR·광학 위성은 재방문 주기와 극야·해무 등의 제약으로 선박 근접 해역의 실시간 빙 상황을 파악하는 데 한계가 있다.

본 연구는 이러한 시공간적 관측 공백을 보완하기 위해 극지 연구선에 탑재하여 운항 중 상시 운용할 수 있는 테더드 무인기 기반 유빙 감시 시스템을 개발하고, 시스템 아키텍처와 요구사항 및 1 차 시제품 설계 결과를 제시한다.

시스템은 무인기, 테더, 전원, 원치, GCS 및 통신장치를 통합하고, 갑판 공간과 기상 노출을 고려한 박스형 스테이션에 주요 장비를 수납하도록 설계하였다. 무인기는 축간거리 1,000 mm 이하, 최대이륙중량 25 kg 이하의 쿼드콥터에 EO/IR 카메라, RTK 및 안정화 짐벌을 탑재하며, 선박 전원을 이용한 테더 전력공급으로 최대 100 m 고도에서 3 시간 이상 연속 체공을 목표로 한다. 또한 에어로젤 단열, 내부 열순환, 프로펠러 착빙 방지 및 결로 대응 기술을 적용하고, 선체 운동에 대응하는 항법 추종 및 정밀 착함 기술을 개발한다.

획득 영상은 선박 레이더 및 위성 SAR·광학자료와 연계하여 유빙 탐지·추적, 상대두께 추정 및 위험정보 산출에 활용한다. 향후 저온·풍동·이동 플랫폼·해상시험을 통해 환경 적응성, 비행 및 착함 성능, 영상전송 품질과 운용 안전성을 검증하고, 최종적으로 쇄빙 연구선을 이용한 극지 실험역 실증을 수행한다.

사사

이 연구는 2026 년도 산업통상부 및 한국산업기술기획평가원의 "북극항로 개척을 위한 극지 운항 선박 핵심기술개발" 사업(RS-2026-25548497, AI 이기종 센서 정보 기반 유빙 탐지·예측·위험도 평가 및 최적항 산출 ICE Navigation 개발)의 지원을 받아 수행되었습니다.

아이스 내비게이션(ICE Navigation)을 위한 데이터 허브 구성 및 ECDIS·대시보드 표출 체계 설계

김상용^{1,*,#}, 이선호², 정유준¹, 김태완¹

¹마린전자상사, ²마린웍스

#교신저자: sangyong.kim@marineworks.co.kr

본 연구는 북극항로 운항 선박이 유빙을 회피하고 안전한 항로를 선정할 수 있도록 지원하는 아이스 내비게이션(ICE Navigation) 시스템 개발을 목적으로 한다. 위성, 레이더 및 드론 등 이종 센서로부터 수집·분석된 유빙의 위치와 두께, 이동 예측정보, 해역 위험도 및 추천항로를 선내에 통합 제공함으로써 항해사의 상황인식과 의사결정을 지원하고자 한다. 본 연구에서는 여러 기관에서 산출한 정보를 선박으로 수집하고 표출하기 위한 데이터 연계체계를 설계하였다. 기관별 산출정보의 항목, 데이터 형식, 좌표계, 갱신주기 및 선내 전송시한을 정의하고, 데이터 허브의 수집·배포·저장 구조를 수립하였다. 또한 통합정보를 ECDIS에 중첩 표출할 수 있는 항목과 별도의 대시보드에서 제공해야 하는 항목으로 구분하여 표출 범위를 정립하였다. 이를 통해 여러 기관에 분산된 해빙·공간정보를 향해 현장에서 통합적으로 활용하기 위한 데이터 연계 및 표출 기준을 제시하였다.

사사

이 연구는 2026년도 산업통상부 및 한국산업기술기획평가원의 "북극항로 개척을 위한 극지 운항 선박 핵심기술개발" 사업(RS-2026-25548497, AI 이기종 센서 정보 기반 유빙 탐지·예측·위험도 평가 및 최적항 산출 ICE Navigation 개발)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. P. M. Wagner, N. Hughes, P. Bourbonnais, J. Stroeve, L. Rabenstein, U. Bhatt, J. Little, H. Wiggins, and A. Fleming, "Sea-ice information and forecast needs for industry maritime stakeholders," *Polar Geography*, vol. 43, nos. 2-3, pp. 160-187, 2020, doi: 10.1080/1088937X.2020.1766592.
2. International Hydrographic Organization (IHO), S-100: Universal Hydrographic Data Model, Edition 5.2.0, Monaco: International Hydrographic Organization, 2024.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 미팅룸 B | 10:45-12:15

[특별세션]

갯벌 생태계 조사체계 고도화 및 정책과제 마련

좌장: 김근용(한국해양과학기술원)

한국 갯벌퇴적물 유기물과 금속류 농도의 시공간적 분포 특성

김찬국^{1,*,#}, 박준형¹, 박창욱¹, 김근용², 정희수²

¹(주)오서닉, ²한국해양과학기술원

#교신저자: kimchnkk@gmail.com

본 연구는 우리나라 갯벌퇴적물에서 지화학 인자 농도의 시공간적 분포 특성을 파악하기 위하여 2016년부터 2024년까지 우리나라 갯벌 195개 지선(585 정점)에서 분석된 총 3,628개 갯벌 퇴적물 자료를 검토하였다. 퇴적물 입도는 전 조사기간 동안 전라남도 남서해안~남해안, 경기만에서 세립하였고, 남동해안~동해안은 조립하였다. LOI와 TOC는 남서해안~남해에서 높았다. Al, Fe, Li 농도는 입도가 세립한 지역에서 높았고, 반대로 동해안에서는 낮은 특성을 보였다. As는 2018년부터 거제, 통영, 여수, 전라도 일대 일부 갯벌에서 주의기준 이상이였다. Cd, Cr, Hg의 농도는 시공간적으로 대부분 주의기준 미만이였고, 남해안 내 일부 지점에서 한두 번 시기에 주의기준을 초과하였다. Ni은 2024년에만 인천, 창원, 순천만 일대에서 관리기준을 초과하였다. Pb은 고성리 일대 일부 갯벌에서 여러 해 동안 주의기준 이상이였다. Zn는 2016년부터 주로 경기만, 남서해안, 남해안 일대 일부 갯벌에서 주의기준을 초과하며 이중 주로 남해안 일부 갯벌에서는 관리기준을 초과하였다. Cu도 Zn와 유사하나 주로 거제도와 진해만 일대 일부 갯벌에서 관리기준을 초과하였다. 주성분분석과 변수군집분석에 의하면 유기물과 금속류의 분포는 대부분 퇴적물의 크기에 의해 영향을 받고 있으며, As, Hg, Pb, Cd, Cu, Zn 등은 다양한 인위적 오염 영향을 받은 것을 확인하였다. 같은 지점에서 최소 4개 년도에 해당하는 자료로부터 입도영향을 배제(Li 보정)하여 연간 농도의 변화성을 파악해 보았다. 그 결과 금속류 중 수은의 농도 변이가 가장 컸으며, 충남과 강원 지역 일부에서 여러 원소들의 변이성이 다른 지역에 비해 높게 나타났다. 이런 결과로부터 퇴적환경 측면에서 금속류 농도가 높거나 변화성 큰 지점의 환경특성과 이후 관심지점을 선정하여 정기 모니터링에 포함하는 방안 등을 토의하였다.

현장 입도와 위성 저조 수변선의 교차 진단으로 본 웅진 장봉도 갯벌의 10 년간 표층퇴적물 재분배

정주봉^{1,*}, 장석¹, 이승용¹, 임동길¹, 금병철^{1,#}

¹ 한국해양과학기술원

#교신저자: bckum@kiost.ac.kr

조간대 갯벌의 표층퇴적물 조직은 퇴적물 공급과 조류·파랑 에너지의 변화에 따라 재편되며, 조립화는 그 대표적 지표이다. 그러나 조립화는 조립 퇴적물의 순유입에 동반될 수도 있고 퇴적 없이 세립분만 제거된 결과일 수도 있어, 입도 자료만으로는 그 성격을 판별할 수 없다. 본 연구는 2003 년 습지보호지역으로 지정되었으나 퇴적환경 변화가 연구된 바 없는 웅진 장봉도 갯벌에서 지난 10 년간 진행된 조립화의 성격을 규명하기 위하여, 2012 년과 2021 년 2 월 116 개 대응 정점의 입도 자료를 경험적 베이저안 크리깅(EBK)으로 100 m 격자에 보간·차분하고, 2011-2022 년 동계 저조시 위성영상 13 장면에서 저조 수변선을 추출하여 노출면적과 수변선 변화율을 산출하였다. 퇴적물 정점 평균에서 평균입도는 2.71 ϕ 에서 2.43 ϕ 로 조립화하였으나 실트 함량은 9.28 %에서 13.51 %로 증가하였다. 유효 면적 125.8 km² 가운데서 중앙부의 니질퇴적물 감소 지역은 15.2 km²(12.0 %)를 차지한 반면, 동측부의 니질퇴적물 증가 지역은 35.1 km²(27.9 %)에 달하였으며, 나머지 60.1 %는 변화가 미미하였다. 조위 효과를 제거한 노출면적은 연 1.23 km²의 비율로 증가하였고(Mann-Kendall $p = 0.034$), 저조 수변선 변화율의 중앙값은 니질퇴적물 감소 지역에서 +34.83 m/yr, 니질퇴적물 증가 지역에서 +1.28 m/yr 로 나타났다. 따라서 장봉도 갯벌의 조립화는 침식성 세립분 제거보다는 순퇴적 환경에서 진행된 구역별 재분배로 해석된다. 본 연구는 표층퇴적물의 조직 변화와 위성 기반 수변선 거동을 교차하여 조립화의 성격을 판별하는 절차를 제안한다.

사사

The authors would also like to acknowledge the contributions of data from the National Marine Ecosystem Monitoring Program, funded by the Ministry of Oceans and Fisheries (MOF) of the Republic of Korea

우리나라 갯벌의 대형저서동물 군집 기반 생태학적 취약성 평가

유재원^{1,*,#}, 김성태¹, 이채린¹, 안동식¹, 이태현^{1,2}, 장민성¹, 정수영¹, 김창수¹

¹(주)한국연안환경생태연구소, ²이화여자대학교 에코과학부

#교신저자: jaewonyoo23@gmail.com

갯벌은 생물 다양성에 기반한 생태계 서비스를 통해 인간에게 다양한 혜택을 제공한다. 갯벌은 연안 개발, 화학적 오염 물질, 기후 변화에 따른 온도와 해수면 상승 등 다양한 위협 요인에 노출되며 그 영향은 점차 강화되고 있다. 효율적인 갯벌 보전은 생태학적 특성에 따른 관리 우선순위와 적응정책을 요구하며, 이는 생태학적 취약성 정보를 필요로 한다. 우리는 추후 개발될 환경적 취약성 및 강도/빈도/공간적 스케일이 반영된 위협 요인과 결합 가능한 갯벌 대형저서동물 군집 기반 생태학적 취약성을 고안하였다. 취약성 평가 지수의 패러미터는 민감도를 반영하는 생물 다양성과 회복력을 반영하는 생체량이었다. 이는 (1) 위협 요인 유형에 따라 분류군별 차이는 있으나, 같은 크기의 충격에서 다양성이 높은 수준일수록 큰 폭으로, 낮은 수준일수록 작게 감소하는 변화가 일관되며, (2) 생체량은 몸체가 큰 K -전략자의 기여를 반영하고, 이들은 몸체가 클수록 세대 기간과 배가 시간(doubling time)이 늘어나 회복에 더 긴 시간이 걸린다는 점을 고려한 것이다. 기존 갯벌 연구 자료를 활용하여 개체군, 군집, 생태계 수준의 취약성 평가 지수를 개발하였다. 개체군 수준에서는 대형저서동물 종별 개체당 생체량(per capita weight, PCW)으로 회복력 관점의 종 서열과 취약종 목록을 제시하였다. 군집 수준에서는 0.1 g/개체 이상 종의 PCW 를 로그 급간별로 구분하고 급간별 중앙값을 대표값으로 하여, 출현종별 대표값의 합으로 취약성을 산정하였다. 생태계 수준에서는 정선 내 전체 종 다양성과 평균 생체량을 전국 기준으로 등급화하고 (종다양성등급+생체량등급)/2 로 지수를 산정하였다. 2024-2025 년 자료에 적용한 결과, 경기/인천 영흥도 내리, 전남 완도 신학리와 금당도 가학리 갯벌이 높은 생물 다양성과 생체량으로 취약성이 높았다. 본 평가는 (1) 전국 갯벌의 우선관리 및 보전 지역 파악과 (2) 정밀 평가 후속 연구를 통한 갯벌 생태계 변동 이해 제고에 기여할 것으로 기대한다.

장기 시계열 자료를 이용한 갯벌 및 연안 생태계의 종다양성 변동과 환경 민감성 비교

김세희^{1,*}, 김근용^{1,#}, 정희수², 유주형³

¹ 한국해양과학기술원 해양위성센터, ² 한국해양과학기술원 해양력강화·방위연구부, ³ 한국해양과학기술원 대외협력본부

#교신저자: keunyong@kiost.ac.kr

갯벌과 연안 생태계는 높은 생산성과 생물다양성을 지닌 대표적인 해양생태계로, 동일 연안역 내 지리적으로 연속된 수계에 공존하면서도 서식 기반과 생물 군집 구조 및 환경 반응 특성이 상이하다. 본 연구는 국가해양생태계종합조사 자료(2015~2023)를 활용하여 갯벌 저서환경과 연안 부유생태환경의 종다양성 장기 변동 패턴을 비교 분석하고, 두 생태계의 환경 민감성 차이를 규명하고자 하였다. 생태지수 산출 후 Mann-Kendall 검정을 적용하여 장기 경향을 분석하였다. 군집 구조 변동은 Bray-Curtis 비유사도 기반 nMDS 와 PERMANOVA 를 통해 검토하였으며, 환경인자와의 관계는 Spearman 상관분석 및 환경벡터 분석으로 정량화하였다.

분석 결과, 갯벌 저서동물의 출현 종수와 종 풍부도는 유의하게 감소한 반면($\tau = -0.56$, $p = 0.048$), 연안 플랑크톤의 생태지수는 증가 경향이었으나 유의하지 않았다. 세 생물분류군(갯벌 저서동물/연안 동물플랑크톤/연안 식물플랑크톤) 모두 연도 간 군집 구조가 유의하게 차별화되었으나, 각 분류군에 따른 기여율은 상이한 결과를 보였다. 생태지수와 환경인자의 상관성은 시·공간적 요인에 대한 뚜렷한 유의성을 확인할 수 없었으며, 환경 민감성은 생태지수가 아닌 생물 군집 수준에서 평가되어야 함을 확인하였다. 이러한 결과는 갯벌 생태계가 퇴적물 특성이라는 느리게 변화하는 변수에, 연안 생태계는 수온·용존산소 등 빠르게 변동하는 수괴 특성에 반응하는 구조적 차이를 반영한다. 따라서 갯벌은 장기 누적된 서식환경의 평가에, 연안은 수환경 변동의 조기 탐지에 적합하며, 생태계 유형별로 차별화된 조사 주기와 장기 모니터링 전략이 필요함을 시사한다.

사사

본 연구는 해양수산부의 ODA 용역 사업(탄자니아 해양수산 위성활용센터 설립 지원) 지원을 받아 수행되었습니다.

습지보호구역 관리 정책의 공간적 진단과 효과 평가

서세교^{1,*}, 김근용^{1,#}, 이진교¹, 유주형¹

¹ 한국해양과학기술원

#교신저자: keunyong@kiost.ac.kr

서해안 갯벌은 대규모 간척과 연안 개발로 지속적으로 감소해 왔으며, 이를 보전하기 위한 주요 정책수단으로 연안 습지보호지역 지정이 확대되어 왔다. 그러나 보호지역의 성과를 단순한 지정 전후 변화로 평가할 경우 입지 편의와 환경변화를 보호효과로 오인할 수 있다. 본 연구는 보호지역의 성과를 지정 입지의 적절성, 갯벌 보전의 추가 효과, 경계 밖 개발압력, 보호구역 내부 생태 상태의 네 측면에서 공간적으로 진단하였다. 웅진 장봉도, 부안 줄포만, 안산 대부도, 화성 매항리를 대상으로 GHSL 자료로 인접 육지의 개발압력과 방향성을 산정하고, Murray 전지구 조간대 자료로 지정 전 갯벌의 지속성과 지정 후 갯벌의 잔존율을 추적하였다. 지정 입지는 전국 비보호 갯벌 253 곳 및 연안 습지보호지역 18 곳과 비교하였으며, 줄포만은 유사한 비보호 갯벌로 합성대조군을 구성해 플라시보 검정으로 추가성을 평가하였다. 또한 경계 1km 이내 개발압력 변화를 비보호 갯벌과 비교하고, 2025 년 RICOF 주요 갯벌 관찰조사 결과로 생태 상태를 진단하였다. 분석 결과, 지정 직전 주변 육지 개발압력은 장봉도 1.7%에서 매항리 10.5%까지 약 6 배 차이를 보였으나, 전국 비교에서는 습지보호지역이 비보호 갯벌과 구분되는 개발압력 특성은 식별되지 않았다. 장봉도는 기준시점 대비 순면적이 약 12% 증가했으나 기존 갯벌의 약 18%가 다른 위치의 갯벌로 교체되었다. 줄포만의 2014-2016 년 잔존율은 반사실보다 약 2.1%p 높았으나 플라시보 검정 분포 내에 위치하여 뚜렷한 추가적 보전효과는 확인되지 않았다. 경계 밖 개발압력도 비보호 갯벌 주변과 유의한 차이 없이 증가하였으며, RICOF 정점자료에서는 네 사례 중 세 곳에서 염생식물 군락 감소, 유해종 출현, 낮은 저서생태계 건강도 또는 퇴적물 오염이 확인되었다. 이러한 결과는 보호구역 지정이 공간 보전, 경계 밖 개발압력 관리, 생태 상태 유지를 보장하지 않는다는 점을 시사한다. 따라서 보호지역의 성과 평가는 순면적 중심에서 생태 상태와 공간적 잔존성 중심으로 확대하고, 원격탐사·현장조사 및 주변 육지 토지이용 관리수단의 연계를 강화할 필요가 있다.

사사

이 연구는 해양수산부의 재원으로 수행된 "국가해양생태계종합조사" 사업의 일부 자료를 해양환경공단으로부터 제공받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. Abadie, A., Diamond, A., Hainmueller, J. (2010). Synthetic control methods for comparative case studies. JASA, 105(490), 493-505.
2. Andam, K.S. et al. (2008). Measuring the effectiveness of protected area networks in reducing deforestation. PNAS, 105(42), 16089-16094.

3. Edgar, G.J. et al. (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 506(7487), 216–220.
4. Ferraro, P.J., Pattanayak, S.K. (2006). Money for nothing? *PLoS Biology*, 4(4), e105.
5. Geldmann, J. et al. (2019). A global-level assessment of the effectiveness of protected areas at resisting anthropogenic pressures. *PNAS*, 116(46), 23209–23215.
6. Hill, N.K. et al. (2021). Global protected-area coverage and human pressure on tidal flats. *Conservation Biology*, 35(3), 933–943.
7. Jia, K. et al. (2024). Persistent yet limited impact of protected areas on coastal wetland restoration in megacity cores. *Global Ecology and Conservation*, 56, e03270.
8. Joppa, L.N., Pfaff, A. (2009). High and far: Biases in the location of protected areas. *PLoS ONE*, 4(12), e8273.
9. Koh, C.-H., Khim, J.S. (2014). The Korean tidal flat of the Yellow Sea. *Ocean & Coastal Management*, 102, 398–414.
10. Li, G. et al. (2024). Mixed effectiveness of global protected areas in resisting habitat loss. *Nature Communications*, 15, 8389.
11. Murray, N.J. et al. (2014). Tracking the rapid loss of tidal wetlands in the Yellow Sea. *Front. Ecol. Environ.*, 12(5), 267–272.
12. Murray, N.J. et al. (2019). The global distribution and trajectory of tidal flats. *Nature*, 565(7738), 222–225.
13. Murray, N.J. et al. (2022). High-resolution mapping of losses and gains of Earth's tidal wetlands. *Science*, 376(6594), 744–749.
14. Pressey, R.L. et al. (2015). Making parks make a difference. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 370(1681), 20140280.
15. Ren, J. et al. (2021). An invasive species erodes the performance of coastal wetland protected areas. *Science Advances*, 7(42), eabi8943.
16. Wittemyer, G. et al. (2008). Accelerated human population growth at protected area edges. *Science*, 321(5885), 123–126.
17. 육근형 (2013). 국내 연안습지 보전 정책의 법제도적 한계와 개선방향 고찰. *한국습지학회지*, 15(4), 477–484.
18. 해양수산부·갯벌연구센터(RICOF) (2025). 중요 갯벌 관찰 조사 체계 구축.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 미팅룸 A | 10:45-12:15

[특별세션]

정지궤도위성-GeoAI기술 개발

좌장: 이선민(한국환경연구원)

GEMS 위성의 성과(사회-경제적 편익 분석)

이원진^{1,*,#}, 이용미¹, 신혜정¹

¹ 국립환경과학원

#교신저자: wjleeleo@korea.kr

천리안위성 2B 호에 탑재된 Geostationary Environment Monitoring Spectrometer(GEMS)는 2020 년부터 동아시아 지역의 대기환경을 정지궤도에서 관측하고 있는 세계 최초의 정지궤도 환경위성 탑재체이다. GEMS 는 동일 지역을 하루 동안 반복 관측함으로써 기존 저궤도 위성관측의 한계였던 대기오염물질의 일변화와 단시간 변화에 대한 관측 능력을 크게 향상시켰으며, 에어로졸, 오존(O₃), 이산화질소(NO₂), 이산화황(SO₂), 포름알데히드(HCHO), 구름 등 다양한 대기환경 정보를 생산하고 있다. 이러한 관측자료는 동아시아 대기오염의 시공간 분포와 장거리 이동 특성 분석뿐만 아니라 대기질 예보, 고농도 미세먼지 및 산불 등 재난·재해 감시, 배출량 추정, 기후변화 관련 연구 등에 활용되고 있다. 또한 지상관측자료 및 인공지능 기술과의 융합을 통해 지상 미세먼지 농도 추정, 초단기 대기질 예측, 에어로졸 산출영역 확대 및 고해상도 배출량 추정 등 위성자료의 활용 영역도 지속적으로 확대되고 있다. GEMS 자료는 한반도를 포함한 아시아 약 20 개 국가를 대상으로 제공되고 있으며, 대기질 관측 사각지대 해소와 대기오염의 국가 간 이동 분석, 판도라(Pandora) 네트워크를 활용한 국제 검증체계 구축 등 국제 공동 활용 기반을 마련하는 데에도 기여하고 있다. 또한, GEMS 의 사회경제적 편익 분석을 바탕으로 후속 환경위성(GEMS-2)의 사회경제적분석에 관한 연구 결과를 공유하고자 한다.

자기지도학습 기반 GOCI-II 다중분광 영상의 적설 및 구름 탐지

유진우 ^{1,*}, 정형섭 ^{1,#}

¹ 서울시립대학교 공간정보공학과

#교신저자: hsjung@uos.ac.kr

정지궤도 해색위성 GOCI-II(Geostationary Ocean Color Imager-II)는 높은 시간해상도를 기반으로 한반도 및 동북아시아 지역을 지속적으로 관측할 수 있으며, 해양뿐만 아니라 대기 및 지표 환경 모니터링에도 활용 가능성이 높다. 그러나 GOCI-II 는 일반적인 적설 및 구름 탐지에 효과적으로 활용되는 단파적외 및 열적외 밴드를 제공하지 않으며, 가시-근적외 영역에서 구름과 적설이 유사한 분광 특성을 나타내기 때문에 두 영역을 효과적으로 구분하는 데 어려움이 있다. 특히 제한된 분광정보로부터 구름과 적설을 구분하기 위해서는 개별 밴드의 반사 특성뿐만 아니라 다중분광 영상에 포함된 공간적·분광적 특징을 효과적으로 학습하는 과정이 중요하다.

본 연구에서는 GOCI-II 다중분광 영상의 특징을 효과적으로 활용하기 위해 자기지도학습(Self-Supervised Learning, SSL)을 기반으로 한 구름 및 적설 탐지 방법을 적용하였다. 자기지도학습을 통해 별도의 정답 레이블에 의존하지 않고 GOCI-II 관측영상 자체로부터 공간적·분광적 표현을 사전학습하고, 학습된 특징 표현을 구름, 적설 및 청천 영역을 구분하는 영상 분할 과정에 활용하였다. 또한 GOCI-II 관측자료를 기반으로 구축한 학습자료를 이용하여 딥러닝 모델을 학습하고, 구름과 적설의 공간적 분포 및 경계 영역에 대한 탐지 특성을 분석하였다.

이를 통해 제한된 분광 밴드를 제공하는 GOCI-II 영상에서도 자기지도학습을 통해 위성영상 자체에 내재된 특징을 사전학습하고 이를 구름 및 적설 탐지에 활용할 수 있는 가능성을 검토하였다. 본 연구는 레이블 구축에 많은 비용이 요구되는 위성영상 분석에서 대규모 비레이블 자료를 활용할 수 있는 자기지도학습의 적용 가능성을 제시하며, 향후 GOCI-II 기반 지표 환경 모니터링 및 다양한 GeoAI 응용을 위한 기초 연구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 대한민국 정부의 재원으로 민군협력진흥원에서 수행하는 민군겸용기술개발사업 (과제명 : SAR 영상기반 정밀 지상기준점 생성 시스템 개발 사업('22-'26))의 연구비 지원으로 수행되었습니다 (No. 22-CM-EO-02)

Geolocation Accuracy of Airborne Hyperspectral L1 Data for GEMS Validation: Attitude-Bias Correction and Decomposition of Residual Error Sources

김연준 ^{1,*}, 정준혁 ¹, 정형섭 ^{1,#}

¹ 서울시립대학교

#교신저자: hsjung@uos.ac.kr

EMSA, an airborne hyperspectral spectrometer, provides observations for validating Geostationary Environment Monitoring Spectrometer (GEMS) retrievals over the Korean Peninsula. Reliable validation requires quantifying EMSA Level-1 geolocation accuracy and identifying its error sources. We applied a Check Point (CP)-based correction of the dominant attitude bias — principally a pitch offset, estimated for each channel and mounting session — to the direct georeferencing of four campaigns flown in January and June 2025. Evaluated against Sentinel-2 references, post-correction CP RMSE was 42–68 m for VIS and 30–43 m for UV (10 CPs per date); the pooled summer VIS value was 54.7 m, or 0.98 of the 55.6 m grid cell. This corrects the dominant bias but is not a rigorous three-axis boresight determination.

We then decomposed the residual. Roughly two thirds of its variance is attributable not to the product but to the validation method: the EMSA ground sampling interval — about 54 m across-track, set by $30\times$ binning of the 6.283×10^{-4} rad IFOV, and 50 m along-track, set by the 0.505 s line interval — limits how precisely a feature can be located. Within the remaining error, we identified two previously unaccounted contributions that no constant boresight can absorb: navigation supplied at 1 Hz while lines are acquired at approximately 2 Hz, causing half the scan lines to share coordinates and injecting 22–26 m of alternating scatter; and the flat-earth assumption, producing 23.9 m RMS terrain displacement.

사사

본 논문은 기후에너지환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIER-2026-04-02-018).

GEMS UV-VIS 기반 구름 탐지 불확실 영역 및 관측기하 영향 분석

주희수^{1,*}, 정형섭^{1,#}

¹ 서울시립대학교 공간정보공학과

#교신저자: hsjung@uos.ac.kr

GEMS 대기 산출물의 신뢰도 향상을 위해서는 구름과 청천을 이진 형태로 구분하는 것뿐 아니라, 두 상태 사이의 예측 불확실성을 함께 파악할 필요가 있다. 특히 얇은 구름, 구름 경계부, 혼합 화소와 같은 전이 영역은 Clear/Cloud 이진 정보만으로 충분히 표현하기 어렵다. 본 연구에서는 GEMS UV-VIS 관측자료를 이용하여 구름 탐지 모델을 구축하고, 예측 확률을 활용해 불확실 구름 영역을 분리한 뒤 관측기하 조건과의 공간적 연관성을 분석하였다. GEMS L1C Radiance 를 Irradiance 로 정규화하고 5 km 격자로 정합한 후, PCA 로 1,033 개 분광 밴드를 4 개 주성분으로 축소하였다. False Color 영상과 GEMS ECF, AMI 및 Himawari 자료를 참고하여 라벨을 구성하고, Attention U-Net 기반 Clear/Cloud 이진 분류 모델을 학습하였다. 모델의 예측 확률에는 Multi-Otsu 를 적용하여 Clear 와 Cloud 사이의 중간 확률 영역을 Probably Cloud 후보 영역으로 분리하였다. 이진 구름 탐지 결과 Cloud 클래스의 F1-score 는 0.905, IoU 는 0.826 으로 나타났으며 주요 구름 분포를 전반적으로 재현하였다. 다만 얇은 구름과 경계부에서는 예측 확률이 낮아졌고, 고반사 지표에서는 Cloud 가 상대적으로 과대 추정되는 사례가 확인되었다. 3-class 결과를 False Color, AMI 및 Himawari Cloud Mask 와 비교한 결과 주요 구름대는 대체로 일치하였으나, 얇은 구름과 경계 영역에서는 센서 간 차이가 나타났다. 특히 연구 영역의 좌측 상단에서 GEMS 의 Cloud 판단이 상대적으로 증가하는 공간적 편향이 확인되었다. 동일 시점의 태양천정각(Sun Zenith Angle; SZA) 분포를 비교한 결과, 센서 간 구름 판정 차이가 큰 방향과 SZA 증가 방향이 공간적으로 유사하였다. 또한 여름보다 SZA 가 크게 증가하는 가을 사례에서 Cloud 과대 추정과 False Color 대비 불일치가 더 뚜렷했다. 이는 GEMS UV-VIS 구름 탐지 결과가 관측기하 조건에 민감할 가능성을 보여준다. 향후 3-class 직접 학습과 SZA·VZA 등 관측기하 변수의 ablation 분석을 통해 영향을 정량적으로 검증할 예정이다.

사사

본 논문은 기후에너지환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIER-2026-04-02-018)

Spectral Dimensionality Reduction and Heterogeneous Geospatial Data Fusion for GeoAI-Based Snow Detection Using GEMS Hyperspectral Observations

김연준 ^{1,*}, 유진우 ¹, 정형섭 ^{1,#}

¹ 서울시립대학교

#교신저자: hsjung@uos.ac.kr

The Geostationary Environment Monitoring Spectrometer (GEMS) provides high-frequency observations of East Asia with 1,033 contiguous ultraviolet-visible spectral channels. However, its lack of shortwave infrared bands limits the use of conventional Normalized Difference Snow Index methods, while the large data volume poses substantial computational challenges. This study evaluates efficient spectral representations and the integration of heterogeneous geospatial information for GeoAI-based snow detection using GEMS observations. A total of 655 scenes were divided into 531 training scenes and 124 test scenes. Five spectral compression methods—binning, principal component analysis (PCA), segmented PCA, partial least squares, and learned projection—were compared under four- and eight-channel configurations. We also assessed the contributions of seven auxiliary data categories, including observation geometry, prior cloud information, water and coastline information, topography, forest cover, observation time, and geographic location, as well as the effectiveness of a multi-branch fusion architecture. Across three random seeds, four-channel PCA achieved a snow intersection over union (IoU) of 0.6186 ± 0.0005 , demonstrating a favorable balance among detection performance, reproducibility, and data efficiency. Expanding the spectral representation to eight channels provided limited improvement. Based on the auxiliary-data contribution analysis, 12 channels from five categories—observation geometry, cloud information, water and coastline information, topography, and forest cover—were selected. A multi-branch model that separately processed dynamic and static auxiliary information achieved an IoU of 0.6424, improving the spectral-only baseline by 0.0238. These results indicate that structurally integrating compact spectral representations with task-relevant geospatial context is more effective for GEMS-based snow detection than simply increasing the number of spectral channels.

사사

본 논문은 기후에너지환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIER-2026-04-02-018).

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 로비 | 09:00-10:50

[일반세션] 포스터-발표 I

GeoAI데이터 활용 - 공간정보, 기상, 농업, 해양, 환경

좌장: 지준화(국립부경대학교)

GK-2A 위성관측, 재분석 및 지표정보를 활용한 지표 부근 다변수 기상장 공동 산출

김수환^{1,*}, 염종민^{1,2,3,#}

¹전북대학교 기후환경에너지융합학과, ²전북대학교 지구환경과학과, ³전북대학교 물질에너지 기초과학연구소

#교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr

열스트레스 평가는 기온, 상대습도, 풍속, 태양복사 등 다양한 기상요소가 동일한 시공간 격자에서 함께 제공될 때 보다 일관된 평가가 가능하다. 그러나 지상 관측은 공간적 범위가 제한적이며, 재분석자료는 국지적 특성과 단시간 변화를 충분히 반영하는 데 한계가 있다. 본 연구에서는 GEO-KOMPSAT-2A 위성 관측, ERA5 재분석자료, 지형 및 지표 특성 등 이질적인 지리공간 자료를 통합하는 LocalQueryNet 을 개발하여 지표 부근의 기온, 상대습도, 풍속 및 태양복사를 동시에 산출하였다. 이 모델은 위성의 시공간 관측정보, 재분석의 대기 배경장, 지표면 특성을 통합적으로 학습함으로써 지상 관측이 없는 지역에서도 연속적인 기상장을 생성할 수 있도록 설계되었다. 독립 관측자료를 활용한 검증 결과, 제안된 방법은 기존 재분석 및 수치예보 자료보다 전반적으로 높은 정확도를 보였다. 위성 관측의 추가 정보는 태양복사의 공간 및 시간 변화에서 가장 뚜렷하게 나타났으며, 기온과 상대습도에서도 국지적 변동 표현이 개선되었다. 반면 풍속에서는 위성 관측의 기여가 제한적으로 나타났다. 산출된 기상변수는 별도의 재학습 없이 WBGT 와 wind chill 등 다양한 열스트레스 지수 계산에 활용할 수 있었으며, 고온 및 저온의 극한 조건을 기존 자료보다 효과적으로 표현하였다. 본 연구는 단순한 공간 해상도 향상과 실제 정보량의 증가가 동일하지 않음을 보여준다. 또한 정지궤도 위성 관측이 재분석자료에 추가하는 정보를 변수별로 규명하고, 이를 열스트레스 평가로 연계하는 공동 산출 체계를 제시한다. 이를 통해 지상 관측이 제한된 지역에서도 열스트레스의 공간적 분포를 보다 세밀하게 평가할 수 있을 것으로 기대된다.

사사

이 연구는 기상청 「기상위성 융합 활용 기술개발 사업」(RS-2025-02219688)의 지원으로 수행되었습니다. This research was supported by Global - Learning & Academic research institution for Master's ·PhD students, and Postdocs (LAMP) Program of the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Education (No. RS-2024-00443714).

참고문헌

1. 엄태윤, 김광년, 조용한, 송근용, 이윤정, 이윤곤 (2023). 심층신경망과 천리안위성 2A 호를 활용한 지상기온 추정에 관한 연구. *대한원격탐사학회지*, 39(2), 207-221. <https://doi.org/10.7780/kjrs.2023.39.2.7>
2. Ha, J., Jeong, S., Min, S., Lee, K.-H., & Yeom, J.-M. (2026). Utilizing deep learning techniques in operational system of GEO-KOMPSAT-2A satellite for estimating solar radiation and aerosol

- optical depth. *GIScience & Remote Sensing*, 63(1), 2658318. <https://doi.org/10.1080/15481603.2026.2658318>
3. Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., et al. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146, 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
 4. Zhang, W., Xu, Z., Gan, Y., Jin, Z., & Zhang, X. (2026). Integrating cloud motion information: A deep learning approach for real-time wind field retrieval using geostationary satellite imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 239, 477–491. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2026.05.029>
 5. Zhang, Z., & Du, Q. (2022). Hourly mapping of surface air temperature by blending geostationary datasets from the two-satellite system of GOES-R series. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 183, 111–128. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.10.022>

지상 기상관측 자료의 이산 변수 변환과 규칙-생성형 AI 분리 구조를 적용한 과학 탐구 시스템 개발

송유담 ^{1,*}, 염종민 ^{1,2,3,#}

¹전북대학교 지구환경과학과, ²전북대학교 기후환경에너지융합학과, ³전북대학교 물질에너지 기초과학연구소

#교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr

기상관측 자료의 공개 범위가 확대되면서 다양한 분야에서 활용 가능성이 커지고 있다. 그러나 초등 과학에서는 관측 자료가 주로 그래프나 통계값 형태로 제시되어, 학습자가 기상요소를 직접 조절하며 현상 변화를 탐색하기에는 한계가 있다. 특히 초등학교 5 학년 과학 「날씨와 우리 생활」에서 다루는 응결, 기압, 기단 등은 변화 과정을 직접 관찰하거나 반복적으로 재현하기 어렵다. 이에 본 연구에서는 지상 기상관측 자료를 이산 변수 체계로 변환하고, 규칙 기반 판정과 생성형 AI 의 설명 기능을 분리한 초등 과학 탐구 시스템을 개발하였다. 분석에는 기상청 기후평년값(1991~2020)과 종관기상관측(ASOS) 지점 자료를 활용하였다. 계절, 온도, 습도, 강수량, 바람, 햇빛의 여섯 기상요소를 4~6 단계 이산 구간으로 변환하고, 폭염, 한파, 집중호우, 태풍 발생 당시의 지점 관측값과 비교하여 구간의 적정성을 검토하였다. 기상현상은 사용자가 선택한 여섯 변수 조합을 사전에 정의한 조건과 비교하는 결정론적 규칙 기반 방식으로 판정하며, 생성형 AI는 판정에 관여하지 않고 결과와 관련 기상 원리를 설명하도록 구성하였다. 여섯 기상요소의 단계별 값을 조합해 총 20,736 개의 변수 조합 공간을 구성하였으며, 실제 기상·기후 현상 56 종과 성립하기 어려운 조합의 오류 유형 8 종을 포함해 총 64 종의 판정 조건을 구축하였다. 동일한 입력에는 항상 동일한 결과가 산출되도록 설계하였으며, 생성형 AI 를 판정 로직과 분리해 언어모델의 응답 변동성이 최종 판정에 영향을 미치지 않도록 하였다. 탐구 과정은 6 단계 튜토리얼과 기억·활용·심화·발견의 네 수준으로 구성하였고, 시스템은 별도 설치 없이 웹 브라우저에서 실행되는 단일 파일 형태로 구현하였다. 본 연구는 지상 기상관측 자료의 이산 변수 변환과 결정론적 규칙 판정, 생성형 AI 설명 기능을 결합한 지능형 기상정보 활용 시스템의 구현 가능성을 제시하였다. 향후 실시간 지상관측 자료와 연계할 경우 지역별 실제 기상상태를 동일한 변수 체계에서 탐구할 수 있어, 지역 기반 기상정보와 초등 과학 탐구 활동을 연결하는 방향으로 확장할 수 있을 것으로 기대된다.

사사

This research was supported by Global - Learning & Academic research institution for Master's ·PhD students, and Postdocs (LAMP) Program of the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Education (No. RS-2024-00443714)

참고문헌

1. 기상청, 2021, 우리나라 기후평년값(1991~2020).
2. 기상청 기상자료개방포털, 종관기상관측(ASOS) 지점 자료, <https://data.kma.go.kr>
3. 교육부, 2022, 초등학교 과학과 교육과정, 교육부 고시 제 2022-33 호.

대표 패치 선택을 통한 데이터 효율적 구름·구름그림자 분할 연구

김도원^{1,*}, 염종민^{1,2,3,#}

¹ 전북대학교 기후환경에너지융합학과, ² 전북대학교 지구환경과학과, ³ 전북대학교 물질에너지 기초과학연구소

#교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr

구름 탐지는 광학 위성자료의 필수적인 전처리 단계이나, 정답 라벨 구축에 전문가의 판독이 요구되어 학습자료 확보에 큰 비용이 든다. 그림에도 딥러닝 분할은 자료를 늘릴수록 성능이 오른다는 전체 위에서 발전해 왔으며, 이러한 방식은 중복 표본과 잡음, 편향까지 함께 늘린다. 최근 토지피복 분할에서는 일부만 선별한 부분집합이 전량 학습과 대등하거나 이를 상회한다는 결과가 보고되었으나, 구름 및 구름 그림자 분할에서는 아직 검증되지 않았다. 본 연구에서는 부분집합 선택 기법을 구름 탐지에 적용하고, 선별 기준에 따라 성능이 실제로 달라지는지를 분석하였다. 연구자료는 국내 및 전세계의 PlanetScope 표면반사율 영상을 사용하였으며, 청천·질은 구름·열은 구름·구름 그림자의 네 개 클래스로 라벨을 구축하였다. 촬영 궤도에 따라 영상이 회전된 상태로 저장되면서 생기는 무효 관측 영역은 유효 관측 마스크로 분리하여 손실 계산에서 제외하였다. 영상은 격자 패치로 분할하되 넓은 장면에서 패치가 과도하게 추출되지 않도록 장면당 개수에 상한을 두었고, 같은 장면의 패치가 학습과 평가에 나뉘어 성능이 과대평가되는 것을 막기 위해 자료는 장면 단위로 분할하였다. 각 패치는 동결한 Prithvi-EO-2.0 인코더를 통해 특징 벡터로 변환하되 유효 영역의 토큰만 집계하였으며, 부분집합 선택은 이 특징공간에서 수행하였다. 선별 기법으로는 무작위 표집, 층화 무작위 표집, k-means, 최원점 표집, 시설 입지, 라벨 복잡도, 클래스 균형, 특징공간 다양성을 여러 표본 규모에서 동일한 자료 분할과 학습 설정으로 비교하였다. 성능은 전체 클래스에 대한 평균 교차합집합비(mIoU)와 클래스별 IoU 로 평가하였다. 그 결과 전체 자료의 일부만으로도 전량 학습에 근접한 mIoU 에 도달하였으며, 같은 규모의 표본이라도 선별 기법에 따라 성능 차이가 나타났다. 본 연구는 학습자료의 양을 늘리는 것과 학습에 유효한 정보를 늘리는 것이 동일하지 않음을 보여준다. 향후 라벨 구축 비용이 제한된 조건에서 학습자료를 구성하는 기준으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 성과물(논문, 산업재산권 등)은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: RS-2026-25509582)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

1. Nogueira, K., Zaytar, A., Ma, W., Roscher, R., Hänsch, R., Robinson, C., Ortiz, A., Nsutezo, S., Dodhia, R., Lavista Ferres, J. M., Karakuş, O., & Rosin, P. L. (2026). Core-Set Selection for Data-Efficient Land Cover Segmentation. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2026.3659734>

2. Szwarcman, D., Roy, S., Fraccaro, P., Gíslason, Þ. E., Blumenstiel, B., Ghosal, R., et al. (2024). Prithvi-EO-2.0: A Versatile Multi-Temporal Foundation Model for Earth Observation Applications. *arXiv preprint arXiv:2412.02732*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.02732>
3. Sener, O., & Savarese, S. (2018). Active Learning for Convolutional Neural Networks: A Core-Set Approach. *International Conference on Learning Representations (ICLR)*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1708.00489>

기계학습 기반 GK-2B/GOCI-II 와 GK-2A/AMI 자료를 활용한 250 m 전천일사량 산출 연구

정대성^{1,*}, 염종민^{1,2,#}

¹ 전북대학교 물질에너지기초과학연구소, ² 전북대학교 지구환경과학과

#교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr

전천일사량은 태양광 발전량 예측, 작물 생육 모의, 증발산 산정의 직접적인 입력 변수이다. 그러나 국내 지상 일사계는 종관기상관측소(Automated Synoptic Observing System, ASOS) 일부에만 설치되어 있어 관측 지점 사이의 값은 확인할 수 없으며, 수 km 떨어진 관측소 간에도 상당한 차이가 나타나 인접 관측값으로 대체하기도 어렵다. 위성 관측이 이 공백을 메워야 하나, 현재 운영 중인 정지궤도 전천일사량 산출물은 수 km 격자에 머물러 있어 발전 단지나 경작 필지 규모의 공간 변동은 반영하지 못한다. 천리안위성 2B 호의 해색센서 GOCI-II와 2A 호의 기상센서 AMI는 모두 정지궤도에서 한반도를 지속적으로 관측하므로 동일 지역에 대한 자료 융합이 가능하다. 두 탑재체는 관측 시각과 규격이 서로 다르나 전자는 공간·분광 해상도가, 후자는 시간 해상도가 우수하여 상호 보완적으로 활용할 수 있다. 다만 두 자료를 함께 사용할 때 각 자료가 산출 정확도에 기여하는 정도에 대한 정량적 평가는 부족하다. 본 연구에서는 GK-2B/GOCI-II의 250 m 관측에 GK-2A/AMI의 시간 정보와 재분석 자료(ECMWF Reanalysis v5, ERA5)를 결합하여 250 m 시간별 전천일사량을 산출하였다. 대기 밖 일사량으로 정규화한 청천지수를 목표 변수로 하여 기계학습 모델을 학습하였으며, 시험 연도 자료는 모델 선정 과정에서 사용하지 않고 최종 평가에만 적용하였다. 2025 년 ASOS 63 지점 검증에서 Root Mean Square Error (RMSE) 41.9 W/m²를 보였고, 동일 자료·동일 기간에 적용한 물리 기반 모델 및 인접 관측값 대체 방식보다 정확하였다. 입력 자료원별 기여도를 평가한 결과, 두 탑재체의 기여는 서로 다른 축에서 나타났다.

사사

이 논문은 2026 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 G-램프(LAMP) 사업 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2024-00443714).

ECMWF 아계절 예측과 기후값의 선행시간 적응형 융합을 통한 동아시아 1-4 주 일사량 및 태양광 발전량 예측

이예진^{1,*}, 염종민^{1,2,3,#}

¹ 전북대학교 기후환경에너지융합학과, ² 전북대학교 지구환경과학과, ³ 전북대학교 물질에너지기초과학연구소

#교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr

태양광 발전 비중이 커지면서 발전기 정비 일정, 예비력 확보, 발전 계획 수립에 활용할 수 있는 1-4 주 단위의 아계절 발전량 예측이 중요해지고 있다. 그러나 ECMWF 와 같은 수치예보는 단기 선행시간에서는 강점을 보이지만 선행시간이 길어질수록 오차가 빠르게 증가한다. 또한 몬순, 장마전선, 태풍, 블로킹 고기압, 황사 및 에어로졸이 복합적으로 작용하는 동아시아에서는 아계절 일사량 예측이 특히 어렵다. 본 연구는 ECMWF 아계절 예측과 과거 ERA5 지표면 일사량(SSRD)으로 구성된 조화 기후값을 선행일별 가중치로 결합하는 선행시간 적응형 융합 기법을 제안하였다. 동아시아 영역(15-50°N, 100-150°E)을 0.25° 격자로 구성하고 D+1-D+28 일별 일사량을 예측하였으며, 예측 결과를 지역별 태양광 이용률로 변환하여 전력거래소 실측 발전량과 비교하였다. 평가는 2019-2021 년 연도별 순환 검증과 학습에서 제외한 2022 년 및 2024 년 독립기간 검증으로 수행하였다. 그 결과 한반도 일사량 RMSE 는 ECMWF 대비 1-4 주차에 각각 4.2%, 14.6%, 21.4%, 25.8% 감소하였고, 기상청 ASOS 39 개 관측지점 모두에서 개선이 확인되었다. 모든 선행시간에 단일 가중치를 적용한 비교 실험에서는 1 주차 오차가 22.9% 증가하여, 선행시간별 가중치 조정이 성능 향상의 핵심 요소임을 확인하였다. 또한 11 개 양상별 평균을 입력으로 사용한 민감도 실험에서도 유사한 결과를 얻어 융합 효과의 강건성을 확인하였다. 태양광 이용률 RMSE 는 순환 검증에서 2.2-2.8%, 독립기간 2-4 주차에서 3.9-4.4% 감소하였으며, 이는 설비용량 100 MW 당 하루 약 4.9-6.0 MWh 의 예측오차 저감에 해당한다. 기후값 대비 추가 예측력은 1-2 주차에 집중되었으며, 3-4 주차에는 기후값 수준으로 안정적으로 수렴하였다. 본 연구 결과는 수치예보와 기후 정보를 선행시간에 따라 결합하는 방법이 수 주 단위 태양광 발전 전망에 실용적으로 활용될 수 있음을 보여준다.

사사

This research was supported by Global - Learning & Academic research institution for Master's·PhD students, and Postdocs(LAMP) Program of the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Ministry of Education (No. RS-2024-00443714). 본 학술발표는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: RS-2026-25509582)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

1. H. Hersbach et al., The ERA5 global reanalysis, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 146 (2020) 1999-2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>

2. F. Vitart et al., The Subseasonal to Seasonal (S2S) Prediction Project Database, *Bulletin of the American Meteorological Society* 98 (2017) 163–173. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0017.1>
3. H.C. Bloomfield, D.J. Brayshaw, P.L.M. Gonzalez, A. Charlton-Perez, Sub-seasonal forecasts of demand and wind power and solar power generation for 28 European countries, *Earth System Science Data* 13 (2021) 2259–2274. <https://doi.org/10.5194/essd-13-2259-2021>
4. J. Choi, S.-W. Son, S. Lee, S. Park, Advancing global solar photovoltaic power forecasting with sub-seasonal climate outlooks, *Renewable Energy* 237 (2024) 121803. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.121803>
5. D. Yang et al., A review of solar forecasting, its dependence on atmospheric sciences and implications for grid integration: Towards carbon neutrality, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 161 (2022) 112348. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112348>

Sentinel-2 기반 국내 주요 하천 Chlorophyll-a 농도 추정 및 공간분포 분석

박소련^{1,*}, 손상훈¹, 배재구¹, 이성혁¹, 이도이¹, 이채안¹, 김진수^{1,#}

¹국립부경대학교

#교신저자: jinsookim@pknu.ac.kr

국내 주요 하천에서 녹조 발생이 반복됨에 따라, 지속적인 수질 모니터링의 필요성이 증가하고 있다. 현장 수질 관측은 제한된 지점을 중심으로 수행되어 하천 내 수질의 공간적 변화를 파악하는데 한계가 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 보완하기 위해 Sentinel-2 L2A 위성영상과 물환경정보시스템의 수질측정망 자료를 활용하여 국내 주요 하천의 chlorophyll-a (chl-a) 농도 추정 가능성을 분석하였다. 2021-2025 년 한강, 낙동강, 금강 및 영산강을 대상으로 현장 chl-a 관측 자료와 Sentinel-2 위성 영상을 시공간적으로 매칭하였으며, Sentinel-2 의 분광 밴드, 밴드비 및 수질 관련 분광지수를 입력변수로 구성하였다. Random Forest, XGBoost 기반 회귀 모델을 구축하고, R2, RMSE, MAE 를 이용하여 모델별 Chl-a 추정 성능을 비교하였다. 분석 결과, Sentinel-2 의 다중분광 정보를 이용한 chl-a 농도 추정 가능성을 확인하였으며, 자료 구성과 모델에 따라 추정 성능에 차이가 났다. 또한, 대표 수계에 학습 모델을 적용하여 지점 관측 자료만으로 파악하기 어려운 chl-a 의 공간적 분포를 시각화하였다. 본 연구는 Sentinel-2 와 현장 수질관측자료를 연계한 chl-a 공간분포 분석의 가능성을 제시하며, 향후 국내 주요 하천의 광역 수질 모니터링에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 과제(결과물)는 2023 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 G-램프(LAMP) 사업 지원을 받아 수행된 연구이며(No. RS-2023-0031702), 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2026-25473849). 또한, 2026 년도 교육부 및 부산시의 재원으로 부산 RISE 혁신원의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과임(2026-RISE(앵커)-02-001-035).

오버샘플링 및 데이터증강 기법 활용 AI 기반 해저면 피복 분류 성능평가

이성혁^{1,*}, 배재구¹, 이도이¹, 손상훈¹, 박소련¹, 이채안¹, 김진수^{1,#}

¹국립부경대학교

#교신저자: jinsookim@pknu.ac.kr

해양 생태계는 식량, 자원, 기후 조절 등 다양한 분야에서 인간에게 광범위한 서비스를 제공하고 있으며, 이에 따라 연안 및 해양 관리·계획의 중요성이 점차 증대되고 있다. 이 중 해저 퇴적물 자료는 해양생태계 보전, 해양 서식지 매핑, 연안 개발 등에 필수적인 기초자료로 활용된다. 해저 퇴적물의 공간적 분포를 모래, 자갈, 진흙 등으로 분류하여 체계적으로 표현한 해저면 피복지도는 Multi-beam Echo Sounder(MBES) 자료와 해저 퇴적물 시추자료를 기반으로 제작된다. 그러나 시추자료는 공간적 제약, 높은 조사 비용, 불안정한 해상 조건 등으로 인해 수량이 적고 클래스 간 불균형이 심한 한계를 가진다.

기존 연구들은 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 방법론을 제시해 왔으나, 대부분 단일 기법에 의존하는 한계가 있었다. 본 연구는 적은 데이터 수와 클래스 불균형 문제를 동시에 고려하기 위해 Oversampling 기법과 Pseudo labeling 을 결합하여 그 성능을 평가하고자 하였다. 입력 자료로는 MBES 기반 Bathymetry, Backscatter 및 Gray Level Co-occurrence Matrix(GLCM)에서 파생된 23 개 변수와, 4 개 클래스(gravel, sand, mud, mixed sediment)로 구성된 해저 퇴적물 시추자료를 활용하였다. 데이터셋은 기존 데이터셋, Oversampling 적용 데이터셋, Pseudo labeling 적용 데이터셋, 그리고 두 기법을 함께 적용한 데이터셋으로 구분하여 비교하였으며, 알고리즘으로는 머신러닝 기반의 Random Forest 및 NGBoost 와 딥러닝 기반의 DNN 및 BNN 을 적용하였다.

분석 결과, Oversampling 과 Pseudo labeling 을 각각 적용한 경우 기존 데이터셋 대비 Balanced Accuracy 가 향상되었으며, 두 기법을 함께 적용했을 때 가장 높은 성능 개선을 보였다. 클래스별로는 특히 모래(sand) 클래스의 정확도가 50% 미만에서 약 75%이상까지 크게 향상되었다. 이를 통해 조사 비용이 높은 자료를 활용하는 연구에서 데이터 증강 기법과 샘플링 기법을 함께 적용하는 것이 분류 성능 개선에 효과적임을 확인하였다.

사사

이 연구는 2023 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 G-램프(LAMP) 사업 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-0031702).

참고문헌

1. Anokye, Michael, Xiaodong Cui, Fanlin Yang, Ping Wang, Yuewen Sun, Hadong Ma, and Emmanuel Oduro Amoako. 2024. "Optimizing Multi-Classifer Fusion for Seabed Sediment Classification Using Machine Learning." *International Journal of Digital Earth* 17(1).
2. Lee, Changhoon, Sujung Park, Daeung Yoon, Bo Yeon Yi, and Moonsoo Lim. 2025. "Enhancing Seabed Sediment Classification with Multibeam Echo-Sounding and Self-Training: A Case Study

- from the East Sea of South Korea.” *Frontiers in Earth Science* 13. doi: 10.3389/feart.2025.1550244.
3. Lim, Moonsoo, Jeongwon Kang, Sunhee Hwang, Eunho Jung, Byung Cheol Kum, and Jongsin Kim. 2025. “Multifrequency Backscatter Classification of Seabed Sediments Using MBES: An Integrated Approach with Ground-Truth Validation.” *Frontiers in Marine Science* 12. doi: 10.3389/fmars.2025.1631686.
 4. Ntouskos, Valsamis, Panagiotis Mertikas, Angelos Mallios, and Konstantinos Karantzas. 2023. “Seabed Classification From Multispectral Multibeam Data.” *IEEE Journal of Oceanic Engineering* 48(3):874–87. doi: 10.1109/JOE.2023.3267795.
 5. Syariz, Muhammad Aldila, and Miftakhul Fauzy. 2023. “Seabed Sediment Classification Using Multifrequency Backscatter.” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 1276. Institute of Physics.
 6. Uchaev, Denis, and Dmitry Uchaev. 2023. “Small Sample Hyperspectral Image Classification Based on the Random Patches Network and Recursive Filtering.” *Sensors* 23(5). doi: 10.3390/s23052499.
 7. Wan, Jiaxin, Zhiliang Qin, Xiaodong Cui, Fanlin Yang, and Benjun Ma. 2024. “Application of Sample Enhancement Method Combining Superpixel Segmentation and Active Learning in MBES Seafloor Sediment Classification.” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 62. doi: 10.1109/TGRS.2024.3391251.
 8. Wan, Jiaxin, Zhiliang Qin, Xiaodong Cui, Fanlin Yang, Muhammad Yasir, Benjun Ma, and Xueqin Liu. 2022. “MBES Seabed Sediment Classification Based on a Decision Fusion Method Using Deep Learning Model.” *Remote Sensing* 14(15). doi: 10.3390/rs14153708.
 9. Wang, Han, Qingjie Zhou, Shuo Wei, Xiangyang Xue, Xinghua Zhou, and Xiaobo Zhang. 2023. “Research on Seabed Sediment Classification Based on the MSC-Transformer and Sub-Bottom Profiler.” *Journal of Marine Science and Engineering* 11(5). doi: 10.3390/jmse11051074.
 10. Wang, Mingwei, Ziyin Wu, Kai Zhang, Dineng Zhao, Jieqiong Zhou, Xiaowen Luo, Jihong Shang, Yang Liu, and Kai Sun. 2023. “Mixed Seabed Sediment Classification Based on Transferred Convolutional Neural Network: A Case Study in the Ancient River Valley.” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 61. doi: 10.1109/TGRS.2023.3280243.
 11. Xu, Yonghao, Bo Du, Fan Zhang, and Liangpei Zhang. 2018. “Hyperspectral Image Classification via a Random Patches Network.” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 142:344–57. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2018.05.014.

초고해상도 드론 영상과 YOLOv11 기반 남극 소형 관속식물 탐지 성능 분석

강민경^{1,*}, 이형석^{2,3}, 김지희², 강승현², 민경원², Syahril Sulaiman^{2,3}, 현창욱^{1,#}

¹ 동아대학교 대학원 에너지·자원공학과, ² 극지연구소 생명과학연구본부, ³ 과학기술연합대학원대학교 극지과학 전공

#교신저자: cuhyun@dau.ac.kr

이미지 내에서 딥러닝 모델 기반으로 소형 객체를 자동 탐지할 경우 객체의 크기, 영상 해상도, 경계의 명확성 및 주변 배경과의 구분 정도에 따라 탐지 성능에 차이가 발생할 수 있다. 원격탐사 영상 자료에서도 소형 객체와 배경 사이의 약한 경계 정보는 객체 탐지의 주요 어려움 중 하나로 보고되고 있다. 이 연구에서는 남극 킹조지섬 바톤반도에 분포하는 소형 관속식물인 남극좁새풀(*Deschampsia antarctica*)과 남극개미자리(*Colobanthus quitensis*)를 대상으로 YOLOv11x 모델 기반 객체 탐지 성능을 비교하였다. 이를 위해 2020 년, 2025 년 및 2026 년에 획득한 드론 영상으로 정사모자이크 영상을 구축하고 연도별 위치를 정합한 후, 남극좁새풀 영상은 1.0 mm/pixel, 남극개미자리 영상은 0.6 mm/pixel 로 공간해상도를 표준화하였다. 정사모자이크 영상을 640 × 640 pixel 타일로 분할하고 영상에서 독립적으로 식별 가능한 식생 단위를 bounding box 로 레이블링하여 종별 YOLOv11x 모델을 학습하였다. 학습 모델의 분류 성능(f1-score)은 남극좁새풀이 남극개미자리 대비 약 12% 우수하게 평가되었다. 연구에 사용된 드론 영상에서 남극개미자리는 크기가 상대적으로 작고 지표면에 밀착되어 나타나 주변 식생 및 토양과의 경계를 구분하기 어려운 경우가 많았다. 이러한 영상 내 객체와 배경 간 분리도 차이는 소형 식생 객체의 탐지 성능을 해석하는 데 함께 고려되어야 하며, 객체 크기와 공간해상도가 탐지 성능에 미치는 영향은 향후 추가적인 정량 분석을 통해 평가할 필요가 있다.

사사

본 연구는 해양수산부 극지연구소 기관고유사업(PE26130, PE26170)의 지원을 받아 수행되었습니다.

차세대중형위성 4 호(CAS500-4) 적용을 위한 Sentinel-2·6S 기반 광합성유효복사(PAR) 산출체계 구축

김윤지^{1,2,*}, 염종민^{1,3,4,#}

¹ 전북대학교 지구환경과학과, ² 전북대학교 생물산업기계공학과,
³ 전북대학교 기후환경에너지융합학과, ⁴ 전북대학교 물질에너지 기초과학연구소

#교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr

광합성유효복사(Photosynthetically Active Radiation, PAR)는 식생의 광합성에 이용되는 파장영역의 복사에너지로, FAPAR 및 APAR 산출과 농작물 생육상태 평가에 필요한 주요 변수이다. 향후 차세대중형위성 4 호(CAS500-4)를 활용한 농업지역 생물리모수 공간정보 생산을 위해서는 위성 관측조건과 대기상태를 반영한 PAR 산출기법의 선행 개발과 검증이 필요하다. 본 연구에서는 CAS500-4 적용에 앞서 Sentinel-2 를 대체자료(proxy)로 활용하여 6S 복사전달모델 기반의 PAR 산출 및 검증체계를 구축하였다. 연구지역은 전라남도 나주 농업관측지역으로 설정하였으며, Sentinel-2 L2A 자료에서 획득한 태양기하정보와 에어로졸 광학두께(AOT), 수증기량(WVP) 등의 대기정보를 6S 에 입력하였다. 위성 관측시점의 지표 도달 분광복사량을 모의하고 광합성유효 파장영역을 적분하여 청천 조건의 PAR 을 산출하였다. 산출된 PAR 은 Sentinel-2 통과시각에 맞추어 나주 FloX 지상관측자료와 매치업하여 정확도를 검증하였으며, 청천 조건에서 높은 상관성을 확인하는 한편 태양천정각에 따른 계통적인 차이가 나타남을 확인하였다. 이를 바탕으로 태양천정각에 따른 보정을 적용하고, 지상관측 PAR 과 청천 PAR 의 관계를 이용하여 구름에 의한 복사 감쇄 특성을 분석하였다. 또한 Sentinel-2 의 구름 및 분광정보를 활용하여 구름 조건을 포함한 PAR 산출 가능성을 평가하였다. 본 연구를 통해 위성자료와 복사전달모델을 이용한 청천 PAR 산출부터 지상관측 검증 및 구름 영향 보정까지의 일련의 PAR 산출체계를 구축하였다. 아울러 위성 기반 PAR 산출의 적용성과 활용 가능성을 검토하고, 농경지역의 복사환경을 공간적으로 파악하기 위한 기초 분석체계를 마련하였다. 특히 대기조건과 관측기하 변화에 따른 PAR 산출 특성을 함께 고려함으로써 향후 다양한 시기와 지역에 적용 가능한 확장성을 확보하고자 하였다. 향후 CAS500-4 의 분광반응함수(SRF), 관측기하 및 센서 특성을 반영하여 농림위성 기반 PAR 산출기법으로 확장하고, FAPAR 와 결합한 APAR 산출 및 농작물 생육 모니터링 연구로 연계하고자 한다.

사사

본 학술발표는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: RS-2026-25509582)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

1. Vermote, E. F., Tanré, D., Deuzé, J. L., Herman, M., & Morcrette, J.-J. (1997). Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: An overview. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 35(3), 675–686. <https://doi.org/10.1109/36.581987>

2. Liang, S., Zheng, T., Liu, R., Fang, H., Tsay, S.-C., & Running, S. (2006). Estimation of incident photosynthetically active radiation from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111, D15208.
<https://doi.org/10.1029/2005JD006730>
3. Zhang, H., Dong, X., Xi, B., Xin, X., Liu, Q., He, H., Xie, X., Li, L., & Yu, S. (2021). Retrieving high-resolution surface photosynthetically active radiation from the MODIS and GOES-16 ABI data. *Remote Sensing of Environment*, 260, 112436. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112436>
4. Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, 120, 25-36. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026>
5. Main-Knorn, M., Pflug, B., Louis, J., Debaecker, V., Müller-Wilm, U., & Gascon, F. (2017). Sen2Cor for Sentinel-2. In *Image and Signal Processing for Remote Sensing XXIII* (Vol. 10427, Article 1042704). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2278218>
6. Obregón, M. Á., Rodrigues, G., Costa, M. J., Potes, M., & Silva, A. M. (2019). Validation of ESA Sentinel-2 L2A aerosol optical thickness and columnar water vapour during 2017-2018. *Remote Sensing*, 11(14), 1649. <https://doi.org/10.3390/rs11141649>

다중위성 관측을 이용한 조위 변화에 따른 서해안 갯벌의 시공간 변동 분석

현지현^{1,*}, 박경애^{2,#}, 김종성³, 주승세⁴

¹서울대학교 과학교육과, ²서울대학교 지구과학교육과, ³서울대학교 지구환경과학부, ⁴서울대학교 교육융합연구원

#교신저자: kapark@snu.ac.kr

블루카본을 포함한 연안 생태계의 기능을 정량적으로 평가하기 위해서는 갯벌이 차지하는 공간적 범위와 그 변동을 정확하게 파악하는 것이 중요하다. 조간대에서 위성으로 관측되는 갯벌의 범위는 촬영 당시의 조석 조건에 따라 달라질 수 있으므로, 갯벌 면적을 정량적으로 활용하기 위해서는 이러한 시간적 변동을 함께 파악할 필요가 있다. 본 연구는 서로 다른 관측 주기를 갖는 다중위성 자료를 이용하여 줄포만에서 조위 변화에 따른 노출 갯벌 면적의 시공간적 변동을 분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 Landsat 8/9, Sentinel-2, GOCI-II 영상을 활용하였다. Landsat 8/9와 Sentinel-2에서는 상대적으로 높은 공간해상도를 바탕으로 노출 갯벌의 분포와 경계를 산출하였으며, GOCI-II에서는 하루 중 반복적으로 획득되는 영상을 이용하여 시간에 따른 갯벌 경계와 면적의 변화 양상을 분석하였다. 분석 결과, 조위가 상승함에 따라 노출 갯벌 면적이 감소하는 뚜렷한 관계가 확인되었으며, 동일한 지역이라도 관측 당시의 조석 조건에 따라 위성에서 산정되는 갯벌 면적에 상당한 차이가 나타났다. 특히 GOCI-II의 연속 관측에서는 하루 동안 조위 변화에 따라 갯벌이 단계적으로 침수되고 다시 노출되는 과정이 확인되었다. 또한 극궤도 위성의 상세한 공간정보와 정지궤도 위성의 연속적인 시간정보를 함께 활용함으로써, 개별 센서만으로는 제한적이었던 갯벌의 공간적 분포와 일중 변화를 상호보완적으로 파악할 수 있었다. 아울러 향후 갯벌 영역을 보다 일관되게 식별하기 위한 방안으로 AI 기반 영상 분석 기법의 적용 가능성을 함께 검토하였다. 본 연구는 위성 기반 갯벌 면적을 해석할 때 고정된 값이 아니라, 관측 당시의 조위와 시간적 변동을 함께 고려해야 함을 보여주며, 향후 갯벌 면적 산정과 연안 환경의 장기 모니터링을 위한 다중위성 활용의 기초자료로 활용될 수 있다.

(사)GeoAI데이터학회 2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 로비 | 13:30-15:10

[일반세션] 포스터-발표 II

GeoAI데이터 활용 - 수자원, 재해, 지질, 항공우주, 환경
GeoAI모델 개발 및 분석 - 데이터 분석, 데이터 퓨전

좌장: 이태희(한국해양과학기술원)

EarthCARE 라이다 기반 GK-2A/AMI 인공지능 구름탐지의 관측 조건·구름 유형 통합 성능 평가

유종원^{1,*}, 임규리², 이윤곤^{2,#}

¹충남대학교 지구환경·우주융합학과, ²충남대학교 천문우주학과

#교신저자: yglee2@cnu.ac.kr

정지궤도 위성 구름탐지에 인공지능을 적용한 연구가 늘고 있으나, 성능은 대체로 전체 정확도 하나로 보고된다. 구름탐지의 난이도는 관측 조건과 구름의 연직 구조에 따라 크게 다르므로, 단일 평균값은 개선이 어느 구간에서 발생하는지, 반대로 어느 구간이 나빠지는지를 함께 가린다. 본 연구는 차세대 능동센서 EarthCARE 의 대기 라이다 ATLID 와 천리안위성 2A 호(GK-2A) AMI 관측을 결합하여 XGBoost 기반 인공지능 구름탐지 모델을 구축하고, 그 성능을 관측 조건과 구름의 연직 구조 유형을 아우르는 틀에서 평가하였다. 자료는 EarthCARE 정상 관측 개시 이후의 ATLID 산출물과 GK-2A L1B 를 거리·시간차·관측천정각 기준으로 매칭하여 구축하였다. 입력은 적외와 수증기 채널의 밝기온도, 가시·근적외 채널의 반사도, 채널 간 밝기온도차, 경도와 시간의 주기 변수, 관측 기하이다. 학습·평가는 궤도 단위로 분할하고, 시드 평균 확률을 isotonic 회귀로 보정하였으며, 평가는 현업 산출물이 유효한 화소에서 균형정확도와 탐지율을 기준으로 수행하였다. 조건별로 분해하면 개선은 균질하지 않았다. 여명·황혼 구간과 관측천정각이 큰 영상 가장자리, 그리고 육지에서 개선폭이 가장 컸던 반면, 야간과 해양, 그리고 중·저위도대에서는 개선이 뚜렷하게 작았다. 구름의 연직 구조 유형별로 보면 개선의 방향 자체가 반대로 나타났다. 빙정운과 상층운에서는 탐지율이 큰 폭으로 올랐지만, 하층 수적운과 구름 상부가 액체 또는 과냉각 액체인 화소에서는 오히려 현업 산출물보다 낮았다. 적외 임계값에 기반한 현업 알고리즘은 지표와의 온도 대비가 작은 따뜻하고 얇은 하층운을 계통적으로 놓치며, 인공지능 모델은 다채널 밝기온도차 조합으로 이 가운데 상당 부분과 빙정운을 탐지해 낸다. 반면 여러 분광시험으로 나뉘어 있던 판단이 하나의 확률로 통합되면서, 현업이 비교적 잘 탐지하던 해양 하층 수적운에서는 판정이 보수적으로 바뀌었다. 본 연구는 인공지능 개선을 단일 평균 지표로 보고하는 관행이 개선 구간과 그에 따른 손실을 함께 가린다는 점을 보이며, 본 평가 체계는 인공지능 기반 위성 산출물 전반의 검증으로 확장할 수 있다.

GOCI-II 기반 딥러닝 및 물리 모델을 활용한 다중위성 융합 지표반사도 산출

한도희^{1,*}, 정승택⁴, 하종성⁴, 염종민^{1,2,3,#}

¹전북대학교 기후환경에너지융합학과, ²전북대학교 지구환경과학과,

³전북대학교 물질에너지 기초과학연구소, ⁴한국항공우주연구원 위성활용부

#교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr

작물 생육의 시계열 변화를 정밀하게 관측하기 위해서는 높은 공간해상도와 시간해상도를 동시에 갖춘 위성자료가 요구된다. 그러나 저궤도 위성은 공간해상도가 높은 반면 재방문주기가 길고, 정지궤도 위성은 관측 빈도가 높은 대신 공간해상도가 상대적으로 낮아 단일 위성만으로 두 조건을 동시에 확보하는 데 한계가 있다. 또한 국내에서는 주요 작물의 생육 기간이 장마철과 겹치고 구름 발생 빈도도 높아 생육기 동안 활용 가능한 고해상도 광학영상이 제한적이다. 본 연구에서는 한반도를 하루 10 회 관측하는 정지궤도 해색위성 GOCI-II(250 m)의 높은 관측 빈도와 Landsat-8(30 m), Sentinel-2(10 m), PlanetScope(3 m)의 공간정보를 결합하여 농경지의 일별 3 m 급 지표반사도를 산출하는 다중해상도 융합 체계를 구축하였다. 연구 지역은 지상 관측 타워가 위치한 전라남도 나주시로 선정하였다. 분석에는 2021 년부터 2025 년까지 총 5 개년간 수집한 위성자료 중 작물 생육기인 4 월부터 11 월까지의 영상을 이용하였다. 각 위성영상에는 대기보정과 양방향반사도분포함수(BRDF) 정규화를 적용하였으며, 딥러닝 기반 구름 탐지 결과를 이용하여 구름 및 구름 그림자 화소를 제거하였다. 기존 구름 탐지에서 누락되기 쉬운 얇은 구름과 박무는 별도의 품질 판정 기준을 적용하여 추가로 식별하였다. 이후 모든 영상을 공통 좌표체계로 재투영하고, 영상 간 기하학적 위치 편차와 센서별 분광 특성의 차이를 보정하였다. 전처리의 마지막 단계에서는 지상 관측 타워를 포함하도록 설정한 관심영역(ROI)을 기준으로 영상을 추출하였다. 융합 단계에서는 GOCI-II의 높은 시간해상도를 유지하면서 Landsat-8, Sentinel-2, PlanetScope의 공간정보를 해상도 순으로 결합하는 단계적 접근법을 적용하였다. 최종 산출 영상의 정확도 평가는 밴드별 지표반사도와 지상 관측 타워의 분광 자료로부터 산출한 반사도를 비교하는 방식으로 수행하며, 결정계수(R^2)와 평균제곱근오차(RMSE)를 정량적 평가 지표로 활용한다. 본 연구에서 구축한 융합 체계는 고해상도 광학위성의 관측 공백을 보완한 일별 지표반사도 시계열을 제공함으로써, 향후 작물 생육 및 생물계절 분석, 농경지 변화 모니터링, 정밀농업 등 다양한 농업 원격탐사 분야에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

This research was supported by Global - Learning & Academic research institution for Master's ·PhD students, and Postdocs (LAMP) Program of the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Education (No. RS-2024-00443714). 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2025-00515357).

참고문헌

1. Wright, N., Duncan, J. M. A., Callow, J. N., Thompson, S. E., and George, R. J., "Training sensor-agnostic deep learning models for remote sensing: Achieving state-of-the-art cloud and cloud

- shadow identification with OmniCloudMask,” *Remote Sensing of Environment*, vol. 322, Art. no. 114694, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2025.114694>
2. Yeom, J. M., Roujean, J. L., Han, K. S., Lee, K. S., and Kim, H. W., “Thin cloud detection over land using background surface reflectance based on the BRDF model applied to Geostationary Ocean Color Imager (GOCI) satellite data sets,” *Remote Sensing of Environment*, vol. 239, Art. no. 111610, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111610>
3. Zhu, X., Helmer, E. H., Gao, F., Liu, D., Chen, J., and Lefsky, M. A., “A flexible spatiotemporal method for fusing satellite images with different resolutions,” *Remote Sensing of Environment*, vol. 172, pp. 165–177, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.11.016>

KOMPSAT-3 와 Sentinel-2A/B 간 지표반사도 일관성 향상을 위한 교차보정 기법 개발

송시은^{1,*}, 이정호², 이선구², 정승택², 염종민^{1,3,4,#}

¹전북대학교 기후환경에너지융합학과, ²한국항공우주연구원 위성활용부,

³전북대학교 지구환경과학과, ⁴전북대학교 물질에너지 기초과학연구소

#교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr

다목적실용위성 3 호(KOMPSAT-3)와 Sentinel-2 를 포함한 다중위성 자료는 장기 시계열 분석과 융합 활용을 위한 핵심 자료원이다. 그러나 센서별 복사보정계수, 분광응답함수(SRF), 관측기하 및 대기보정 방식의 차이로 동일 지역에서도 반사도 편차가 발생할 수 있다. 특히 KOMPSAT-3/AEISS 는 탑재형 복사보정 체계의 제약으로 외부 교차보정에 의존하지만, Sentinel-2 와의 체계적인 반사도 보정 연구는 제한적이다(Yeom et al., 2018). 본 연구에서는 KOMPSAT-3 의 대기상단 반사도를 Sentinel-2 L1C 기준으로 보정하고, 이를 지표반사도로 변환하여 센서 간 일관성을 평가하였다. 다양한 표면 특성과 반사도 범위를 포괄하는 검보정 지점을 활용했으며, 중첩 화소를 기반으로 영상을 매칭하고 소규모 인공표적에는 영상별 기하 정합을 적용하였다. 또한 구름, 태양광 반사, 극단적 관측기하와 센서별 시계열 이탈을 검토하여 이상치를 제거하였다.

KOMPSAT-3 대기상단 반사도는 기본 복사보정계수와 선행 교차보정계수를 각각 적용해 산출하였다. 보정 방법으로 선형 gain-bias, Random Forest(RF) 및 Gaussian Process Regression(GPR)을 비교하고, 반사도와 관측기하, 대기정보를 입력 변수로 사용하였다. 동일 장면의 자료가 학습과 평가에 동시에 포함되지 않도록 장면 단위 교차검증을 수행했으며, 새로운 지점에 대한 일반화 성능을 확인하기 위해 미관측 지점 검증도 병행하였다.

분석 결과, 지점과 관측조건에 따라 달라지는 센서 간 관계는 단일 선형식만으로 충분히 설명되지 않았으며, 비선형 모델이 다양한 표면과 관측기하를 효과적으로 반영하였다. GPR 은 전반적으로 안정적인 성능을 보인 반면, RF 는 학습자료의 반사도 범위를 벗어난 조건에서 예측 안정성이 저하되는 경향을 보였다. 서로 다른 복사보정계수로 산출된 KOMPSAT-3 반사도는 학습 기반 보정 후 Sentinel-2 반사도에 가까워졌으며, 계수 선택에 따른 차이도 감소하였다. 보정된 반사도를 6S로 대기보정한 후 Sentinel-2 L2A와 비교한 결과, 지표반사도 단계에서도 센서 간 일관성이 향상되었다. 다만 6S 와 Sen2Cor 의 처리 방식 차이가 결과에 함께 반영되므로 복사보정 오차와 대기보정 오차를 분리하여 해석하기는 어렵다. 또한 학습 범위를 벗어난 밝기와 관측조건에 대해서는 추가 검증이 필요하다.

사사

This research was supported by Global - Learning & Academic research institution for Master's ·PhD students, and Postdocs (LAMP) Program of the National Research Foundation of Korea (NRF)

grant funded by the Ministry of Education (No. RS-2024-00443714). 본 연구는 한국항공우주연구원 “위성정보활용(과제번호: FR26J00)” 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. Yeom, J.-M., Ko, J., Hwang, J., Lee, C.-S., Choi, C.-U., Jeong, S. (2018), Updating Absolute Radiometric Characteristics for KOMPSAT-3 and KOMPSAT-3A Multispectral Imaging Sensors Using Well-Characterized Pseudo-Invariant Tarps and Microtops II, **Remote Sensing**, MDPI, 제 10 권, pp. 697.
2. Pahlevan, N., Chittimalli, S.K., Balasubramanian, S.V., (2019). Sentinel-2/Landsat-8 product consistency and implications for monitoring aquatic systems. *Remote Sensing of Environment*, 220, 19-29.
3. Roman, M.O., Justice, C., et al., (2024). Continuity between NASA MODIS collection 6.1 and VIIRS collection 2 land products. *Remote Sensing of Environment*, 302, 113963.
4. Shang, R., Zhu, Z, (2019). Harmonizing Landsat 8 and Sentinel-2: A time-series-based reflectance adjustment approach. *Remote Sensing of Environment*, 235, 111439.
5. Zhang, Q., Wang, D., Fu, D., Gong, F., He, X., Wang, Y., (2025). Characterization of Landsat-8 and Landsat-9 Reflectivity and NDVI Continuity Based on Google Earth Engine, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing*, 18, pp. 621-641.
6. Choi, J.-H.; Jin, K.-W.; Cha, D.-H.; Choi, K.-B.; Jo, Y.-H.; Kim, K.-N.; Kang, G.; Shin, H.-Y.; Lee, J.-Y.; Kim, E.; et al. Radiometric Cross-Calibration and Validation of KOMPSAT-3/AEISS Using Sentinel-2A/MSI. *Remote Sens.* 2025, 17, 3280.

위성 기반 LST 를 활용한 남한 지역의 고온가뭄 복합재해 시공간적 분석

이채안^{1,*}, 이성혁¹, 배재구¹, 박소련¹, 이도이¹, 손상훈¹, 김진수^{2,#}

¹국립부경대학교 공간정보시스템공학전공, ²국립부경대학교 지구환경시스템과학부 위성정보융합공학전공

#교신저자: jinsookim@pknu.ac.kr

기후변화의 영향으로 고온과 가뭄이 동시에 발생하는 고온·가뭄 복합재해(Compound Drought and Heatwave Events, CDHEs)가 전 세계적으로 증가하고 있으며, 단일 기상재해에 비해 농업, 산림, 생태계 전반에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 그러나 기존 국내 CDHEs 연구는 주로 지상관측자료(ASOS)과 ERA5-Land 기반으로 진행되어 특정 계절 분석이나 위험도 평가에 집중되어 있으며, 위성 자료를 활용한 고해상도 시공간 분석 연구는 부족한 실정이다. 또한 고온과 가뭄을 단일 자료로 정의하는 경우가 많아 각 재해가 지닌 물리적 특성을 충분히 반영하지 못하는 한계가 존재한다.

본 연구에서는 2003 년부터 2024 년까지 남한 전역을 대상으로 MODIS Terra/Aqua Land Surface Temperature (MOD11A1/MYD11A1)와 ERA5-Land 기반 Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)를 활용하였다. 우선 MODIS LST 의 연속적인 시계열 구축을 위해 결측 복원을 수행하였다. 고온의 경우 LST 시계열 기반의 이상온도를 산출한 뒤, 일별 90 번째 백분위수를 초과하는 상태가 3 일 이상 지속되는 경우를 사건으로 정의하였다. 가뭄은 강수량과 잠재증발산량을 활용해 30 일 누적 수분수지(Water Balance)를 산출한 뒤, 최대우도추정법(MLE)과 Shapiro-Wilk 검정을 통해 최적 확률분포를 선정하고 표준화하여 SPEI 가 -1 이하인 경우를 사건으로 정의하였다. 두 사건을 이진화하여 동시 발생한 날을 CDHEs 로 정의하고 시공간적 변화를 분석하였다. 시계열의 유의미한 추세를 파악하기 위해 Mann-Kendall 검정과 Sen's slope 추정(유의수준은 $P < 0.1$)을 수행하였다.

본 연구는 위성 기반 LST 와 SPEI 를 융합한 고해상도 분석 체계를 제시한다는 점에서 의의가 있다. 또한 남한 전역의 고온·가뭄 복합재해 발생을 시공간적으로 평가함으로써, 향후 기후변화 적응정책 수립과 산림·농업 분야의 재해관리 의사결정을 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

사사

본 과제(결과물)는 2026 년도 교육부 및 부산시의 재원으로 부산 RISE 혁신원의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다.(2026-RISE(앵커)-02-001-035), 이 논문은 2023 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 G-램프(LAMP) 사업 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-0031702), 본 연구는 2026 년도 동남권 이공계 여성인재 양성사업단의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Sung, K., & Jung, H. (2025). Spatio-temporal analysis of compound drought-heatwave events in Korea reveals summer intensification trends. Journal of Korea Water Resources Association.

2. Kim, Y.-J., Yeh, S.-W., Choi, Y.-S., Son, S.-W., Oh, S.-G., Yang, Y.-M., & Kim, J. (2025). The Need for Climate Risk Assessment in Response to the Increasing Occurrence of Compound Drought-Heatwave Events in Republic of Korea. *Atmosphere*.
3. Jee, J., Lee, K.-T., & Choi, Y.-J. (2014). Analysis of Land Surface Temperature from MODIS and Landsat Satellites using by AWS Temperature in Capital Area.
4. Zhang, T., Zhou, Y., Li, X., & Asrar, G. (2021). A global seamless 1 km resolution daily land surface temperature dataset (2003 – 2020).
5. Karinou, F., Agathangelidis, I., & Cartalis, C. (2025). Assessing the Combined Impact of Land Surface Temperature and Droughts to Heatwaves over Europe Between 2003 and 2023. *Remote Sensing*.
6. Mukherjee, S., & Mishra, A. K. (2021). Increase in compound drought and heatwaves in a warming world. *Geophysical Research Letters*, 48(1), e2020GL090617.
7. Lee, B., & Seo, E. (2024). Evaluation of Soil Moisture Reanalysis Datasets over East Asia Using In-situ Measurements. *Atmosphere*.
8. Lee, S., Lee, S.-J., Jang, K., & Chun, J. (2021). Drought Monitoring Based on Vegetation Type and Reanalysis Data in Korea. *Atmosphere*.
9. Oh, B., Son, J., Hwang, S., & Hur, S. (2022). Drought Assessment Using Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, Standardized Precipitation Index and Soil Available Water Content. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*.
10. Wang, Q., Zeng, J., Qi, J., Zhang, X., Zeng, Y., Shui, W., ... & Wu, X. (2020). A multi-scale daily SPEI dataset for drought monitoring at observation stations over the mainland China from 1961 to 2018. *Earth System Science Data Discussions*, 2020, 1–33.
11. Mazdidasni, O., & AghaKouchak, A. (2015). Substantial increase in concurrent droughts and heatwaves in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(37), 11484–11489.

다목적실용위성 3/3A 영상 의미론적 분할의 정확도-처리속도 간 최적화

김강민^{1,*}, 김동진², 김도원², 염종민^{1,2,3,#}

¹ 전북대학교 지구환경과학과, ² 전북대학교 기후환경에너지융합학과, ³ 전북대학교 물질에너지 기초과학연구소

#교신저자: jmyeom@jbnu.ac.kr

최근 위성으로부터 획득되는 영상 데이터의 대용량화 및 고해상도화가 진행됨에 따라, 지상에서의 처리 지연을 감소시키기 위한 준실시간급 처리기술의 필요성이 증가하고 있다. 또한 글로벌 위성 수의 증가와 함께 위성영상 데이터 및 활용 시장의 지속적인 성장이 전망됨에 따라, 대용량 위성영상을 효율적으로 처리·분석하고 필요한 의미정보를 신속하게 구축할 수 있는 기술의 중요성도 높아지고 있다. 특히 다수의 고해상도 위성영상을 연속적으로 처리해야 하는 환경에서는 의미분할 모델의 정확도뿐만 아니라 영상 입력, 타일 분할, 추론 및 저장 과정에서 발생하는 처리비용까지 함께 고려할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 KOMPSAT 고해상도 위성영상을 대상으로 딥러닝 기반 의미분할 모델을 구축하고, 대용량 영상 처리 과정에서 의미분할 정확도와 처리효율 간의 관계를 분석하였다. 의미분할 모델은 SegFormer-B5 를 기반으로 건물 이진 분할 모델과 도로 분할 모델을 각각 독립적으로 구성하였으며, 건물과 도로의 특성에 맞는 학습 및 평가가 가능하도록 하였다. 특히 도로 모델의 경우 도로 클래스 간 불균형과 선형 객체의 형태적 특성을 고려하여 회전 및 수직반전 기반 데이터 증강과 클래스 가중치 적용 등 다양한 학습 조건을 비교하고, 학습조건 변화에 따른 분할 성능의 차이를 검토하였다. 또한 의미분할 모델의 실제 대용량 위성영상 적용 가능성을 확인하기 위해 검증자료를 이용한 정확도 평가와 실제 KOMPSAT 영상에 대한 처리시간 측정을 병행하였다. 처리효율 최적화 실험에서는 입력영상의 다운샘플링을 통한 해상도 조정, 타일 간 중첩(overlap) 영역 조정, Cloud Optimized GeoTIFF(COG) 적용을 주요 실험 변수로 설정하고, 각 조건 변화에 따른 의미분할 정확도와 처리 소요시간의 변화를 비교·분석하였다. 이를 통해 단순히 모델의 분할 정확도를 최대화하는 데 그치지 않고, 실제 대용량 위성영상 처리환경에서 정확도 손실을 제한하면서 처리시간을 단축할 수 있는 속도-정확도 trade-off 와 의미정보 구축 과정의 최적화 방향을 검토하고자 하였다.

사사

This research was supported by Global - Learning & Academic research institution for Master's ·PhD students, and Postdocs (LAMP) Program of the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Education (No. RS-2024-00443714). 본 연구(과제)는 한국항공우주연구원 위성임무관제 사업(2800001089)에서 수행되었다.

참고문헌

1. 한국항공우주연구원. (2024). 광학위성영상 자료처리 기반 고속처리기술 설계. 한국항공우주연구원.

2. Xie, E., Wang, W., Yu, Z., Anandkumar, A., Alvarez, J. M., & Luo, P. (2021). SegFormer: Simple and efficient design for semantic segmentation with transformers. *Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, 34, 12077–12090.
3. Neupane, B., Horanont, T., & Aryal, J. (2021). Deep learning-based semantic segmentation of urban features in satellite images: A review and meta-analysis. *Remote Sens.*, 13(4), 808.
4. Yang, X., Fan, X., Peng, M., Guan, Q., & Tang, L. (2022). Semantic segmentation for remote sensing images based on an AD-HRNet model. *Int. J. Digit. Earth*, 15(1), 2376–2399.
5. Open Geospatial Consortium. (2023). OGC Cloud Optimized GeoTIFF Standard, Version 1.0. OGC 21-026.
6. Lee, D., Lee, H., & Oh, H. (2022). Introduction of deep-learning based building segmentation research. *Proc. KSAS Spring Conf.*, 368–369

Sentinel-2 다중지수를 이용한 낙동강 하구언 수환경의 계절별 등급화 및 공간변화 분석 (2016–2025)

문지민^{1,*}, 이신우², 최진², 배미정³, 유재형^{1,2,#}

¹충남대학교 지질환경과학과, ²충남대학교 지구환경·우주융합과학과, ³국립낙동강생물자원관 다양성예측평가부

#교신저자: jaeyu@cnu.ac.kr

본 연구는 2016 년부터 2025 년까지 취득된 Sentinel-2 위성영상을 활용하여 낙동강 하구언 수환경의 계절적 특성과 장기 변화를 분석하고, 다중지수 기반 등급화를 통해 그 공간적 분포를 평가하였다. 위성영상으로부터 수체·수분, 식생, 조류, 부유물질 특성을 각각 반영하는 NDWI, NDVI, NDCI, NDSSI 를 산출하고, 봄철과 가을철을 구분하여 지수별 공간분포와 약 10 년간의 변화 양상을 비교하였다. 또한 각 지수의 통계적 분포를 기준으로 점수를 부여하고 이를 통합하여 수환경을 5 단계로 등급화함으로써, 개별 요소가 아닌 종합적 관점에서 수환경 상태를 평가하였다. 분석 결과, 본류와 정체수역에서는 비교적 안정적인 공간분포가 유지된 반면, 지류와 합류부 및 수변지역에서는 계절에 따른 차이가 뚜렷하게 나타났다. 다중지수 등급화에서는 수분, 식생, 조류, 부유물질 관련 정보가 통합되어 단일 지수만으로는 구분되지 않던 계절별 수환경의 공간적 특성이 식별되었다. 본 연구는 장기 Sentinel-2 자료를 기반으로 개별 수환경 요소의 계절적 공간특성을 분석하고 이를 통합 등급으로 제시하였다는 점에서 의의가 있으며, 연구 결과는 위성 원격탐사 기반 하천 및 하구 수환경 모니터링의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

편마암의 SWIR 분광특징을 활용한 기계학습 기반 일축압축강도 등급 분류

조혜원^{1,*}, 이경은², 유재형^{1,2,#}

¹충남대학교 지질환경과학과, ²충남대학교 지구환경·우주융합과학과

#교신저자: jaeyu@cnu.ac.kr

일축압축강도는 암반의 역학적 특성 평가와 분류, 지반 구조물 설계에 활용되는 대표적인 물성 지표이다. 그러나 기존 시험법은 규격화된 시편 제작과 파괴시험을 전제로 하므로 시간과 비용이 많이 소요되며, 이에 따라 다수의 시료를 신속히 평가할 수 있는 비파괴 분석기법의 필요성이 제기되어 왔다. 단파적외선(SWIR) 초분광 자료는 풍화작용으로 형성되는 함수광물의 흡수특징을 비접촉·비파괴적으로 관측할 수 있어 이러한 목적에 적합하다. 본 연구에서는 일축압축강도가 측정된 편마암 시료를 대상으로 실내 초분광 촬영을 수행하고, 분광정보를 이용한 강도 등급 분류 가능성을 평가하였다. 엽리면에 수직한 절단면을 관측면으로 선정하여 초분광 영상을 취득하였으며, 대표 스펙트럼에 연속체 제거를 적용하여 Al-OH 및 Mg-OH 흡수대의 분광특징을 추출하였다. 추출된 변수를 이용해 기계학습 기반 강도 등급 분류모형을 구축하고, 교차검증을 통해 분류 성능과 변수 중요도를 분석하였다. 그 결과 강도 등급에 따라 흡수대의 깊이가 달라지는 경향이 나타났으며, 분광정보를 활용한 편마암의 강도 등급 분류 가능성을 확인하였다. 오분류는 대부분 인접 등급 사이에서 발생하여, 비파괴 강도 평가의 가능성과 세부 등급 구분의 한계를 함께 보여준다. 본 연구 결과는 초분광 자료의 암석 강도 평가 활용 잠재력을 제시하며, 향후 비파괴 암석 물성 평가기법 개발의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

대전·세종 지역의 GIS 및 통계분석을 이용한 지반함몰 위험성 예측

반수민^{1,*}, 이예빈¹, 최한나^{1,#}

¹ 한국지질자원연구원

#교신저자: pythagoras84@kigam.re.kr

도시화와 지하공간 이용이 확대되면서 상·하수도관, 통신·가스·배전관로, 지하철 등 다양한 지하시설물이 지속적으로 확충되고 있다. 지하시설물의 부적절한 매설과 노후화에 따른 손상은 지반함몰의 주요 원인으로 지목된다. 최근에는 지하시설물의 증가와 극한강우가 복합적으로 작용하면서 인구밀집 지역의 지반함몰이 시민의 안전을 위협하는 주요 도시재해로 부상하고 있다. 지반함몰 위험을 효과적으로 관리하기 위해서는 자연적·인위적 요인을 통합적으로 고려한 평가가 필요하다. 이 연구는 개발과 도시화가 활발한 대전광역시와 세종특별자치시를 대상으로 지반함몰의 시공간적 발생 특성과 위험도를 분석하였다. 강수량, 기온 변화, 지하수 이용량, 유출지하수량 등 지하환경 관련 공공데이터를 수집하고 영향 요인별 가중치를 적용하여 누적 위험도를 산정하였다. 또한 GIS 기반 공간분석을 통해 산정 결과를 시각화하고 지반함몰 위험지역의 공간적 분포를 파악하였다. 분석 결과, 일반적으로 지반함몰은 6~8 월에 집중되고 8 월에 가장 많이 발생하는 것으로 알려져 있으나, 대전·세종 지역에서는 5 월의 발생 빈도가 가장 높았고 4 월과 7 월이 그 뒤를 이었다. 기후변화에 따른 강수 특성의 장기 변화를 살펴보기 위해 1950 년대부터 2000 년대 초반까지의 강수 자료를 비교한 결과, 강수량의 변화 폭과 시점뿐만 아니라 장마철과 장마 이후의 강수 지속기간도 지역별로 다르게 나타났다. 이러한 결과는 연구지역을 포함한 한반도의 여름철 강수 특성이 장기적으로 변화해 왔으며, 계절별 강수량만으로 개별 지역의 지반함몰 발생 양상을 설명하는 데 한계가 있음을 보여준다. 따라서 대전·세종 지역의 지반함몰은 강우와 같은 기후 요인과 더불어 지하시설물, 지하수 이용 및 도시개발 등의 인위적 요인이 복합적으로 작용한 결과로 해석할 필요가 있다. 자연적·인위적 요인을 통합하여 도출한 위험도 평가 결과는 도시개발과 지하시설물 유지관리 과정에서 우선 관리지역을 선정하고 지반함몰 예방대책을 마련하기 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

Key words: climate change, urban area, public safety, GIS, statistical analysis

사사

본 연구는 2026 년도 과학기술정보통신부 (지속가능한 지하수 최적활용·보전관리 고도화 기술개발, 26-3411)의 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

1. Cees J. van Westen, Enrique Castellanos, Sekhar L. Kuriakose, Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview, Engineering Geology, Volume 102, Issues 3-4, 112-131, Engineering Geology(2008)
2. Chai, L., Wei, L., Cai, P. et al. Risk assessment of land subsidence based on GIS in the Yongqiao area, Suzhou City, China. Sci Rep 14, 11377, Scientific Reports(2024)
3. 박창용, 문자연, 차은정, 윤원태, & 최영은. (2008). 최근 한반도 여름철 강수특성의 변화. 대한지리학회지, 43(3), 324-336.

침수흔적도와 위성영상 기반 침수영역의 공간적 일치성 분석

이건우^{1,*}, 한대현^{1,#}

¹국립순천대학교 인공지능공학전공

#교신저자: daehyeon@scnu.ac.kr

행정안전부 재해지도 작성 기준 등에 관한 지침에서는 침수흔적도를 자연재해로 인한 침수피해 지역의 침수구역, 침수위, 침수심, 침수시간 등을 조사·측량하여 지도에 표시한 자료로 정의하고 있으며, 신속한 피해복구와 과학적인 재해관리 및 방재대책 수립을 위해 침수흔적 조사를 실시하도록 하고 있다. 그러나 현장조사에는 인력과 비용이 필요하며, 광범위하고 동시다발적으로 발생하는 침수피해를 신속하게 조사하는 데에는 공간적·시간적 한계가 존재한다. 이에 따라 넓은 지역을 신속하게 관측할 수 있는 위성자료의 활용이 증가하고 있으나, 침수흔적도와 위성 기반 침수영역 간의 공간적 일치·불일치 특성을 정량적으로 비교한 연구는 제한적이다. 본 연구에서는 2020년 8월 침수피해가 발생한 경상남도 합천군을 대상으로 Sentinel-1 SAR 기반 침수 후보영역과 침수흔적도의 공간적 일치성 및 토지피복 특성을 분석하였다. 분석에는 2020년 8월 9일 06:24 KST에 촬영된 Sentinel-1 SAR 영상을 활용하였으며, 비지도 분류기법인 Otsu 임계법을 적용하여 침수 후보영역을 분류하였다. 분석 결과, 침수흔적도 전체 영역 중 약 70%가 SAR 기반 침수 후보영역과 중첩되었다. 중첩된 영역의 토지피복은 농경지 약 85%, 나지 약 5% 순으로 나타났다. 침수흔적도 미기록 영역에서 탐지된 SAR 침수 후보영역의 토지피복은 산림 약 62%, 농경지 약 18%, 초지 약 8% 순으로 나타났다. 이러한 결과는 침수흔적도가 피해가 확인·조사된 지역을 중심으로 작성되는 자료의 특성을 반영한 것으로 판단되며, 중첩 영역에서 농경지의 비율이 높게 나타난 결과가 이를 뒷받침한다. 반면, 침수흔적도 미기록 영역의 SAR 침수 후보영역에서는 산림의 비율이 높게 나타나, 토지피복 유형에 따라 두 자료 간 공간적 차이가 나타날 가능성을 확인하였다. 향후 피해검증자료를 활용하여 SAR 기반 침수 후보영역과 침수흔적도의 일치·불일치 영역을 검증하고, 토지피복 유형에 따른 공간적 특성을 비교·분석할 예정이다.

사사

본 연구는 2026년도 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW 중심대학사업 지원을 받아 수행되었음 (2023-0-00028)

참고문헌

1. 박정하, Dao Duc Ahn, 김수현, 김동균 (2019). 「Sentinel-1 위성영상을 활용한 침수지역판별 및 적용성 평가」. 한국방재학회논문집, 19(6), 53-61. 김수현, 이상구, 김태웅, 김동균 (2019).
2. 「인공위성영상과 지형자료를 동시에 활용한 침수지역 판별」. 한국방재학회논문집, 19(7), 471-483. 이성우, 김완엽, 이슬찬, 정하규, 박종수, 최민하 (2024).
3. 「Sentinel-1 위성 영상을 활용한 침수 탐지 기법 방법론 비교 연구」. 한국수자원학회 논문집, 57(3), 181-193.
4. 행정안전부 (2024). 「재해지도 작성 기준 등에 관한 지침」, 행정안전부 고시 제 2024-35 호

물리정보 신경망을 활용한 한반도 주변 해수면온도 예측 성능 분석

주승세 ^{1,*}, 박경애 ^{2,#}

¹ 서울대학교 교육융합연구원, ² 서울대학교 지구과학교육과

#교신저자: kapark@snu.ac.kr

해수면온도(Sea Surface Temperature, SST)는 해양-대기 상호작용과 해양환경 변화를 이해하기 위한 주요 변수이며, 최근에는 표층 열교환, 수평 이류 및 수직 혼합과 같은 물리 과정을 결합한 물리 정보 신경망(Physics-Informed Neural Network, PINN) 기반 예측기법이 제안되고 있다. 하지만, 각 물리 과정의 상대적 기여와 물리 제약의 적용 효과는 해역의 해양환경 및 시·공간적 수온 변동 특성에 따라 달라질 수 있으므로, 지역 특성을 고려한 적용성 검토가 필요하다. 본 연구는 한반도 주변 해역을 대상으로 서로 다른 물리 과정을 반영한 PINN 기반 SST 예측모델의 성능과 적용 특성을 비교·분석하고자 한다. 한반도 주변 해역은 계절적 수온 변화와 해류 변동 등 다양한 해양-대기 요인의 영향을 받는 해역으로, 수온 변동에 관여하는 물리 과정의 영향도 시·공간적 조건에 따라 달라질 수 있다. 이에, 서로 다른 물리 정보를 반영한 PINN 기반 SST 예측모델을 구성하고, 해양환경 조건 및 예측시계에 따른 모델별 예측 특성을 비교·평가한다. 이를 통해 한반도 주변 해역의 SST 예측에 효과적인 물리 정보의 활용 가능성을 검토하고자 한다.

(사)GeoAI데이터학회

2026년 추계학술대회

일시. 2026년 11월 3일(화)-6일(금)
장소. 파르나스호텔제주

11월 5일(목) | 로비 | 09:00-17:00

[일반세션] 포스터-송출

GeoAI데이터 제작 및 공유 - 데이터 포맷, 기타

GeoAI모델 개발 및 분석 - 데이터 분석, 데이터 분할, 기타

GeoAI데이터 활용 - 공간정보, 극지, 재해, 항공우주, 해양, 수자원

좌장: 손영백(한국해양과학기술원)

저고도용 다중대역 SAR 기반 실시간 영상화 시스템

김용민^{1,*,#}, 이재석², 문효이²

¹ 국방과학연구소, ² 한화시스템

#교신저자: lovefortajo@gmail.com

본 논문은 미래도전국방기술 산학연 과제에서 진행하고 있는 '저고도용 다중대역 SAR 기반 실시간 영상화 시스템 연구'의 성과 홍보를 목적으로 한다. 기 운용 SAR 체계의 '비실시간', '국부지역', '운용자 판독 의존성' 등 한계 극복을 위해 편대 기반의 미래형 드론 SAR 시스템 개발을 목적으로 하며, 5년간 2 단계로 구분하여 27년 종료를 목표로 진행되고 있다.

1 단계 연구 목표는 저고도 편대비행 기반 Temporal SAR 영상 형성, 실시간 SAR 영상 생성, 다중대역 기반 작전 경계 지역 은폐/엄폐 표적 탐지로, M&S 를 통해 BPA frame time, 수폴투과 SAR 센서 표적 SNR, 수폴투과 SAR 센서 해상도 항목에서 정량 연구목표의 성능 충족을 확인하였다. 2 단계에서는 1 단계에서 개발한 드론 및 SAR 장비를 통합하여 비행시험을 통해 실데이터를 취득하고, 개발 알고리즘을 적용 및 검증한다. 또한, 드론에 장착된 통신장비를 통해 취득 데이터를 실시간 전송하여 작전지역 정보를 최신화하는 데 초점을 맞추고 있다.

1 차적으로 수행한 차량 시험에서는 야외에 코너 리플렉터를 배치하여 고해상도 및 수폴투과 SAR 센서 데이터를 취득하였고, 영상 처리를 수행하는 과정에서 항법 데이터 영향 및 열화 등의 문제를 식별하였다. 현재 비행시험을 통해 데이터 연동, 취득, 영상화 등에 대한 통합 테스트를 진행 중이며, 다수의 테스트를 통해 적절한 운용 고도 및 시간, 작전 반경 등 세부 운용 규격을 확정할 예정이다.

본 연구 성과는 향후 개발 예정인 드론 기반 무기체계 연구의 중요한 가능자 역할을 할 것으로 예상하며, 군 상륙작전 지원, 주야간 및 악천후 상황에서의 감시, 정찰 지원, 조난자 탐색 등 다양한 분야로 확장하여 활용할 수 있을 것으로 예상된다.

사사

이 논문은 2026년 정부의 재원으로 수행된 연구 결과임

과거 LULUCF 부문의 MRV 체계 구축을 위한 시계열 데이터 파이프라인 구성

조영철^{1,*}, 정봉석¹, 이명진^{1,#}

¹ 한국환경연구원

#교신저자: leemj@kei.re.kr

파리협정의 ETF(Enhanced Transparency Framework)에 따라 LULUCF(Land Use, Land Use Change and Forestry) 부문은 NDC(Nationally Determined Contribution) 이행을 위한 국가 온실가스 인벤토리에서 흡수량을 직접 산정할 수 있는 유일한 분야로 그 역할이 확대되고 있다. 기후에너지환경부는 2022 년 말부터 전 국토를 대상으로 LULUCF 부문의 MRV(Measurement, Reporting and Verification) 체계 구축 사업을 3 차 시기에 걸쳐 수행하였다. 그러나 ETF 지침에 따라서 MRV 체계의 시계열 일관성을 확보하기 위해서는 과거 현황이 함께 요구되는데, 1 차, 2 차 및 3 차 연구는 비교적 최근 연도의 토지이용현황지도 제작에 중점을 두었기 때문에 4 차 연구에서는 LULUCF 부문의 과거 MRV 체계 구축을 세부 목표로 지정하여 수행되고 있다. 본 연구는 이러한 4 차 연구 사업의 일환으로, 공신력 있는 통계를 기반으로 1990 년부터 2020 년까지의 과거 MRV 체계를 구축하고 이를 지속적으로 갱신할 수 있는 데이터 파이프라인 형태로 구성하는 것을 목적으로 한다. 구체적으로 산림지, 농경지, 초지, 내륙습지, 연안습지, 정주지의 6 개 토지이용유형에 대하여 광역시도 및 시, 군 단위로 토지면적의 시계열 데이터베이스를 구축하는 데이터 파이프라인을 구성한다. 파이프라인은 원자료 수집, 표준화, 결측 처리, 검증의 네 단계로 구성되는데, 먼저 원자료 수집은 산림기본통계, 농업면적조사, 지적통계연보, 연안습지면적현황으로부터 수행하였다. 다음으로 표준화에서는 형식이 다른 여러 원자료를 공통 스키마로 정리하고 행정구역 명칭을 통일하였다. 결측 처리에서는 산림기본통계가 공표되지 않은 기간의 산림지 면적을 지적통계연보의 임야 면적으로 대체하고 대체 구간을 데이터베이스에 명시하였다. 검증 단계에서는 데이터베이스 구축 기간의 행정구역 변경 이력을 정리하고 원자료별 세부지목을 6 개 토지이용유형에 대응하는 규칙을 적용한 뒤 내적 검증과 외적 검증을 수행하였다. 본 연구의 데이터 파이프라인은 재실행 가능한 스크립트로 구현되어 원자료가 갱신되면 동일한 기준으로 데이터베이스를 연장할 수 있으며, LULUCF 유형별 과거 현황을 정리하여 이질적인 산정기관의 통계를 하나의 일관된 시계열로 통합할 때 참고할 수 있는 가이드라인으로 활용될 수 있다.

사사

This paper is based on the results of the research work “Study on the establishment of a land use and land-use change MRV system (4th phase)” (2026-068), conducted by the Korea Environment Institute (KEI) upon the request of the Korea Ministry of Climate, Energy and Environment.

참고문헌

1. Bae JS (2009) Forest transition in Korea: Trends, characteristics and implications. J Korean For Soc 98(6):659-668

2. Baik CY, Kim DH (2024) Time series analysis and estimation of changes in land categories. *J Korean Soc Cadastre* 40(2):55–69. doi:10.22988/ksc.2024.40.2.005
3. Fotheringham AS, Wong DWS (1991) The modifiable areal unit problem in multivariate statistical analysis. *Environ Plan A* 23(7):1025–1044. doi:10.1068/a231025
4. Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea (GIR) (2025) National greenhouse gas inventory document of Republic of Korea 2024. GIR, Cheongju
5. Hwang JH, Jang RI, Jeon SW (2018) Analysis of spatial information characteristics for establishing land use, land-use change and forestry matrix. *J Korean Assoc Geogr Inf Stud* 21(2):44–55. doi:10.11108/kagis.2018.21.2.044
6. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006) 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (eds). IGES, Hayama
7. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019) 2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Calvo Buendia E, Tanabe K, Kranjc A, Baasansuren J, Fukuda M, Ngarize S, Osako A, Pyrozhenko Y, Shermanau P, Federici S (eds). IPCC, Geneva
8. Korea Forest Service (KFS) (2016) Forest basic statistics: Forest area by forest type and si, gun, gu, 1995–2010 (KOSIS table DT_IMUPADM006, updated 29 Nov 2016). Korean Statistical Information Service. <https://kosis.kr> Accessed 24 Jul 2026
9. Korea Forest Service (KFS) (2022a) Forest basic statistics: Forest area and growing stock by administrative district and forest type, 2020 (KOSIS table DT_136001_9643, updated 6 Sep 2022). Korean Statistical Information Service. <https://kosis.kr> Accessed 24 Jul 2026
10. Korea Forest Service (KFS) (2022b) Forest type map (1:5,000), 2021 and 2022 editions. Forest Spatial Information Service. <https://map.forest.go.kr> Accessed 12 Aug 2026
11. Korea Forest Service (KFS) (2023) Forest basic statistics: Forest area and growing stock by administrative district and forest type, 2015 (KOSIS table DT_13601_A004, updated 20 Jun 2023). Korean Statistical Information Service. <https://kosis.kr> Accessed 24 Jul 2026
12. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2022) Smart farm map (Farm Map), 2021 and 2022 editions. Korea Agency of Education, Promotion and Information Service in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. <https://agis.epis.or.kr> Accessed 10 Aug 2026
13. Ministry of Environment (ME) (2023) Study on the establishment of a land use and land-use change MRV system. ME, Sejong, ME report
14. Ministry of Environment (ME) (2025) Study on the establishment of a land use and land-use change MRV system (2nd phase). ME, Sejong, ME report
15. Ministry of Government Legislation (2001) Cadastral Act, Act No. 6389 (wholly amended 26 Jan 2001). Korea Law Information Center. <https://www.law.go.kr> Accessed 23 Jul 2026

16. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2026) Cadastral statistical yearbook: Registered land area by land category and si, gun, gu, 1990–2020. MOLIT Statistics Portal. <https://stat.molit.go.kr> Accessed 23 Jul 2026
17. Ministry of Oceans and Fisheries (2026) Coastal wetland area status: Coastal wetland area by administrative district, 1998–2018. Ministry of Oceans and Fisheries. <https://www.mof.go.kr> Accessed 5 Aug 2026
18. Munappy AR, Bosch J, Olsson HH (2020) Data pipeline management in practice: Challenges and opportunities. In: Morisio M, Torchiano M, Jedlitschka A (eds) Product-focused software process improvement, Lecture notes in computer science, vol 12562. Springer, Cham, pp 168–184. doi:10.1007/978-3-030-64148-1_11
19. Sandve GK, Nekrutenko A, Taylor J, Hovig E (2013) Ten simple rules for reproducible computational research. PLoS Comput Biol 9(10):e1003285. doi:10.1371/journal.pcbi.1003285
20. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2015) Paris Agreement. UNFCCC, Bonn
21. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2018) Decision 18/CMA.1: Modalities, procedures and guidelines for the transparency framework for action and support referred to in Article 13 of the Paris Agreement. UNFCCC, Bonn
22. World Meteorological Organization (WMO) (2017) WMO guidelines on the calculation of climate normals. WMO, Geneva

원격탐사 및 GIS 코딩 에이전트의 정확성 평가를 위한 실행 기반 벤치마크 설계

박강현^{1,*}, 이동호¹, 이선구^{1,#}

¹ 한국항공우주연구원 위성활용연구팀

#교신저자: leesg@kari.re.kr

언어모델 기반 코딩 에이전트의 성능은 주로 프로그래밍 과제의 테스트 통과 여부나 소프트웨어 수정 과제의 해결 여부를 통해 평가되어 왔다. 이러한 벤치마크는 코드의 기능적 정확성을 검증하는 데 유용하지만, 원격탐사 및 지리정보시스템 분석에 요구되는 공간적, 수치적 조건을 체계적으로 평가하는 데에는 한계가 있다. 특히 좌표계, 픽셀 격자, 결측값 및 센서별 보정 계수를 잘못 처리하면 코드가 정상적으로 실행되더라도 분석 결과의 위치, 범위 또는 물리량이 달라질 수 있다. 이에 본 연구는 실행 기반 코드 평가를 공간정보 분석으로 확장하여, 코딩 에이전트가 생성한 분석 산출물의 정확성을 검증하는 벤치마크를 설계한다. 벤치마크는 공개 위성영상과 공간정보를 활용한 164 개의 과제로 구성하였으며, 벡터 공간 연산, 좌표계 변환, 시계열 변화를 포함한 래스터 분석, 래스터-벡터 통합 분석 및 이들을 결합한 다단계 분석을 포함한다. 각 과제에는 자연어 지시문, 입력 데이터, 참조 구현 및 정답 산출물을 제공한다. 에이전트가 작성 및 실행한 코드의 산출물은 결과 유형별 평가 기준에 따라 정답 산출물과 비교하며, 공간 형상, 속성값 및 래스터 수치 등 필수 조건을 허용오차 내에서 충족하는지 판정한다. 이를 바탕으로 과제 통과율을 산출하고, 실행 효율과 오류 복구는 별도 지표로 평가하도록 설계한다. 또한 고정된 입력 데이터와 공통 실행 및 평가 절차를 통해 에이전트 간 비교의 재현성을 확보하고자 한다. 설계한 벤치마크는 상용 API 및 로컬 언어모델 기반의 복수 에이전트에 시범 적용하여 에이전트 간 성능 차이를 비교 평가하였다. 본 연구는 원격탐사 및 GIS 도메인 특성을 반영한 산출물 중심의 평가 체계를 제시하여 코딩 에이전트의 분석 수행 능력과 오류 양상을 체계적으로 진단하기 위한 기반을 마련한다.

사사

이 연구는 한국항공우주연구원 ‘위성정보활용(FR26J00)’의 지원을 받아 수행되었음.

딥러닝 기반 특징 매칭 및 초해상도 기법을 이용한 다중해상도 위성영상 상호등록

임윤교 ^{1,*}, 이양원 ^{2,#}

¹국립부경대학교 지구환경시스템과학부, ²국립부경대학교 지구환경시스템과학부 위성정보융합공학전공

#교신저자: modconfi@pknu.ac.kr

정확한 영상 정합은 서로 다른 센서에서 취득되고 공간해상도 및 계절 조건이 상이한 광학 위성영상을 통합하여 활용하기 위해 필수적이다. 본 연구에서는 구조적 특성이 뚜렷한 도심 지역을 대상으로 전통적 희소 매칭, 학습 기반 희소 매칭, 학습 기반 밀집 매칭 패러다임을 비교하고, 확산 모델 기반 초해상도 기법에 대한 각 방법의 반응을 평가하였다. 연구에는 대한민국 오산시 청학동의 CAS500-1, KOMPSAT-3A, KOMPSAT-3 영상을 사용하였으며, 이후 ResShift 를 적용하여 영상을 4 배 초해상화하였다. SIFT 와 ORB 는 전통적 특징 기반 방법으로, SuperPoint 와 SuperGlue 또는 LightGlue 의 조합은 학습 기반 희소 매칭 파이프라인으로, RoMa 는 coarse-to-fine 방식의 밀집 매칭 방법으로 구성하였다. 호모그래피 변환과 일관성을 갖는 대응점과 변환 후 잔차는 원래 해상도 격자에서 평가하였다. 초해상도 적용 후 SuperPoint-SuperGlue 의 일관된 대응점 수는 약 30-74 배, SuperPoint-LightGlue 는 약 2.6-3.3 배 증가하였으나, 잔차가 항상 감소한 것은 아니었다. RoMa 는 가장 넓은 공간적 대응 범위와 가장 낮은 잔차를 유지했으며, 초해상도 적용 후 일관된 대응점 수는 36-46% 감소한 반면 잔차는 15-20% 개선되었다. 또한 계절별 RGB 히스토그램 분석을 통해 여름과 겨울 간의 방사 특성 차이가 영상 매칭에 활용되는 특징 정보에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 본 연구의 핵심 결과는 초해상도 기법이 구조적 도심 지역의 다중센서 위성영상 정합 성능을 향상시킬 수 있으나, 그 효과의 형태와 크기는 모델 구조에 따라 달라진다는 점이다. 이에 따라 본 연구에서는 대응점 수, 공간적 분포, 잔차 특성, 장면의 텍스처 및 모델 구조를 종합적으로 고려하는 아키텍처 인지형 평가 관점을 제시하며, 단일 지표만을 이용하는 것보다 영상 정합 성능을 보다 적절하게 평가할 수 있는 기준을 제공한다.

사사

This research was supported by the AI-Based Advancement of Aerospace R&D Projects funded by the Korea AeroSpace Administration (KASA) (Grant No. RS-2026-25582411).

산불위험지수 개선을 위한 위성 자료 활용 방안 연구: 계절 편향의 영향을 중심으로

안지혜^{1,*}, 손은하^{1,#}

¹국가기상위성센터 위성분석과

#교신저자: soneh0431@korea.kr

기후변화로 봄철 대기 건조화와 국지적 강수 변동성이 심화되면서 산불 발생의 불확실성이 커지고 있어, 기상 요소뿐 아니라 지표의 실제 건조 특성까지 반영하는 정밀한 산불위험지수가 요구되고 있다. 그러나 Forest Fire Danger Index(FFDI) 등 기존 산불위험지수는 기상 요소에 의존하여 지표면의 건조 상태를 반영하는 데 한계가 있다. 이를 보완할 수 있는 토양수분(Soil Moisture, SM)과 잠재증발산량(Potential Evapotranspiration, PET) 등 위성 자료는 각 변수마다 계절에 따른 변동 폭이 달라, 하나의 지수로 결합할 때 각각의 특성을 어떻게 반영할지에 대한 고려가 필요하다.

본 연구에서는 천리안위성 2A 호 AI 기반 산출물인 SM, PET 과 FFDI 를 다변향으로써 결합한 로지스틱 회귀 기반 산불위험지수 개발 과정에서, 각 변수별 계절 편향이 정확도에 미치는 영향을 비교하였다. 학습 표본은 2021 년부터 2026 년까지의 산림청 산불피해대장에서 식별한 발화 지점과 산림 지역 내 무작위 지점으로 구성하였으며, 변수는 Empirical Cumulative Distribution Function(ECDF) 기반으로 정규화하고 기준 분포를 달리한 네 가지 실험(전 변수 연 단위·전 변수 월 단위·PET 만 월 단위·PET 만 연 단위)을 수행하였다. 모델 학습과 검증은 2024 년까지와 2025 년 이후로 기간을 분리하여 진행하였다.

실험 결과, 기존 FFDI 의 Area Under the Receiver Operating Characteristic curve(AUROC)가 0.52 수준인데 비하여, SM·PET 을 결합하고 PET 에만 월 단위 정규화를 적용한 실험은 0.78 로 가장 우수하였다. 전 변수 월 단위는 0.75, 전 변수 연 단위는 0.69, PET 에만 연 단위는 0.66 이었으며, Critical Success Index(CSI) 기준에서도 같은 순서를 보였다. 이는 PET 가 기온의 영향으로 여름철에 특히 높은 값을 보이기 때문으로, 연 단위 정규화에서는 여름철이 고위험으로 분류되며 실제 산불이 집중되는 봄철의 위험도가 과소평가된다. 전 변수를 월 단위로 처리한 경우 오히려 성능이 낮아져, 계절 변동이 큰 변수에 한하여 월 단위 정규화를 적용하는 것이 효과적임을 확인하였다. 향후 이러한 결과를 반영하여 산불위험지수 산출 체계를 개선할 계획이다.

사사

본 연구는 기상청 국가기상위성센터 "기상위성 운영 및 활용 기술개발" 사업의 "위성기반 극한기후·기후변화 범부처 활용 기술개발"(KMA2025-00122) 과제의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Youn, Y., Kim, S., Choi, S., Park, G. & Kang, J., Kim, G., Kwon, C., Seo, K., Lee, Y. Regional Optimization of Forest Fire Danger Index (FFDI) and its Application to 2022 North Korea Wildfires. *Korean Journal of Remote Sensing*, 38(6), 1847–1859. <https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.6.3.9>

물리량 보존 제약에 기반한 해양 기후 모델 초해상화 인공지능 모델의 성능 향상

백원경^{1,*,#}, 장은나¹, 진현근², 박균도², 이은경¹

¹한국해양과학기술원 해양위성센터, ²한국해양과학기술원 해양순환기후연구부

#교신저자: wk.baek@kiost.ac.kr

해양기후 모델의 역학적 상세화는 고해상도 장을 제공하지만 계산 비용이 크다. 이를 대체하는 심층학습 초해상화는 저해상 입력의 물리량이 출력에서 보존되지 않는 문제가 있다. 저해상 격자 블록의 평균값이 초해상 전후에 보존되도록 하는 하드 제약층을 설계하고, 이를 백본 구조와 독립된 모듈로 구현하였다. 실험 자료는 MOM5-WRF4 결합 모델의 $1/12^\circ$ 해양 일평균 출력(해면고도·수온·염분·동서·남북 유속, 1985-1989)이며, 마스크·면적 가중 블록 평균 연산자로 $\times 3$ 배율의 저해상 입력을 생성하였다. 보존 제약의 효과는 세 가지 사례(제약없음, 학습 후 적용, 학습 중 적용)로 구분하여 비교하였고, 백본으로 합성곱 신경망과 푸리에 신경 연산자 두 종을 사용하였다. 학습 후 적용은 제약이 없는 경우와 유사하거나 조금 더 나은 수준을 나타냈으며, 두 백본 모두에서 학습 중 제약을 통과시키는 방식이 학습 후 적용보다 5.5-7.9% 낮은 오차를 나타냈고, 블록 평균은 정밀도 한계 내에서 보존되었다. 보존 제약을 유지한 채 합성곱 신경망의 크기를 키우고 모델 일관 수심·해안거리·코리올리 매개변수를 정적 조건으로 추가하면 오차는 확대 이전 기준 모델 대비 27% 감소하였으며, 보존 제약을 적용한 bicubic 보간 대비로는 약 1/4 수준이었다. 초해상화 모델에 대한 세 가지 사례 비교는 진행 중이다. 확대 모델은 저해상 입력이 결정하는 고해상도 구조를 대부분 복원하였으나, 나이퀴스트 이상의 미세구조는 픽셀·기울기·스펙트럼 손실의 어떤 조합으로도 추가 회수가 3% 이하에 그쳐 현재 손실함수만으로는 한계가 있었다. 푸리에 신경 연산자는 미세구조를 흐리는 대신 존재하지 않는 소규모 에너지를 생성하는 경향이 있어 별도의 스펙트럼 진단이 필요하였다. 이 결과는 해양 기후 상세화용 초해상화에서 보존 제약을 학습 과정 안에 두는 것이 정확도와 물리 정합성을 동시에 개선하는 실용적 선택임을 시사한다. 후속 연구로 물리량 보존 제약 모듈을 적용한 생성형 모델로 미세구조 사실성을 높이는 방향과, 역학 모델과 동일한 강제장을 입력으로 하는 실제 저해상 자료 기반 검증을 진행할 예정이다.

사사

이 연구는 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2026-25543619, 차세대 해양·극지의 환경 및 생태계에 관한 기후예측시스템 개발)

Regional Assessment of Groundwater Hydrochemistry and Quality in the Chungcheong Region, South Korea

한수연 ^{1,*}, 한종규 ¹, 최한나 ^{1,2,#}

¹한국지질자원연구원, ²UST 과학기술연합대학원대학교

#교신저자: pythagoras84@kigam.re.kr

Groundwater provides an accessible and dependable source of water for regional development, particularly where existing water supplies are constrained by natural and anthropogenic factors. Accordingly, this study investigates the hydrochemical characteristics and quality of groundwater from 128 sites in the Chungcheong region of South Korea using field and chemical data collected during the 2020 dry season. The hydrochemical data showed acceptable analytical consistency, with a mean ionic charge balance error of -3.6%. Ca-HCO₃ was the predominant hydrochemical facies, accounting for 89% of the samples and indicating the dominant influence of water-rock interactions. Pearson correlation analysis, principal component analysis, and hierarchical clustering were used to identify major hydrochemical relationships. Gibbs and Schoeller diagrams, ion-exchange indices, and PHREEQC saturation-index calculations indicated that silicate weathering and cation exchange were the dominant geochemical processes, with localized salinity inputs also influencing groundwater chemistry. Coastal groundwater had significantly higher concentrations of NO₃⁻, Cl⁻, Na⁺, and TDS than inland groundwater (Mann-Whitney U test, $p < 0.05$). According to the water quality index, most samples were classified as Excellent, while the irrigation indices indicated that most samples were suitable for agricultural use. However, the non-carcinogenic health-risk assessment identified hazard index values exceeding 1 for children at 26 sites, primarily because of elevated nitrate concentrations. These results demonstrate the value of integrating the field dataset with additional chemical measurements. This integrated approach can support hydrochemical interpretation, spatial analysis, groundwater quality and health-risk assessments, and future machine-learning applications.

사사

This work was supported by the Basic Research Project, "Development of an Integrated Research Data Repository and Smart Geo-big Data Open Platform (26-3131, GP2025-014)," and the "Development of Advanced Technologies for Sustainable and Optimal Groundwater Management and Conservation (26-3411, GP2025-011)" of the Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT).

Stumpf 밴드비와 NDTI 를 활용한 Sentinel-2 기반 SDB 정확도 개선

이호승^{1,*}, 이기훈¹, 김태호¹, 김계림^{1,#}

¹(주)유에스티 21

#교신저자: klkim@ust21.co.kr

위성 영상 수심 추정(Satellite Derived Bathymetry, SDB)은 광학 위성영상으로 천해역의 수심을 추정하는 기술로 랜덤포레스트(Random Forest, RF) 등 기계학습 기반 접근이 널리 활용되고 있다. 기존 RF 기반 SDB 연구를 진행한 Kwon *et al.*, 2024 는 Sentinel-2 의 다분광 밴드 B2, B3, B4, B5, B8 만을 입력 자료로 사용하여, 부유사 농도가 높은 해역에서 탁도에 의한 반사율 왜곡을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있다. 특히 부유사 농도가 높고 조차가 큰 서해 연안에서는 이러한 한계가 수심 추정 정확도를 저하시킨다. 본 연구는 RF 모델로 고정한 상태에서, 5 개 밴드 반사도만을 사용하던 기존 입력자료에 물리기반 수심, 탁도 특성을 추가로 학습시켰을 때 정확도 개선 효과를 정량적으로 분석한다. 추가 학습에 사용한 물리기반 수심자료는 Stumpf *et al.*, 2003 이 제안한 밴드비율 모델을 이용해 산출하였다. 이 모델은 청색(490 nm) 대역과 녹색(560 nm) 대역의 원격반사도(Rrs) 비율을 활용하며, 최대 25 m 깊이에서 높은 성능을 입증하였다. 탁도 자료는 청정수는 녹색파장, 고탁도수는 적색 파장의 반사도가 우세하다는 반사 특성 차이를 반영하는 정규탁도지수(NDTI)를 입력자료로 활용하였다. 또한 탁도가 심한 해역인 서해에서 학습을 수행하였다. 이후 기존 5 밴드 학습 RF 모델과 수심, 탁도를 추가한 RF 모델을 각각 현장측심자료와 수심 구간별 정확도(RMSE, MAE, , bias) 분석을 통해 각 모델의 비교 분석하여 평가하고자한다. 본 연구는 탁도 정보의 학습이 실제 고탁도 연안 해역에서 SDB 정확도와 모델 성능 향상에 미치는 영향을 평가하며 추후 현장 관측 자료가 제한된 연안 해역으로의 적용 확대에도 기여할 수 있을것으로 기대된다.

참고문헌

1. Kwon, J. Y., Shin, H. K., Kim, D. H., Lee, H. G., Bouk, J. K., Kim, J. H., & Kim, T. H. (2024). Estimation of shallow bathymetry using Sentinel-2 satellite data and random forest machine learning: a case study for Cheonsuman, Hallim, and Samcheok Coastal Seas. *Journal of Applied Remote Sensing*, 18(1), 014522–014522.
2. Stumpf, R. P., Holderied, K., & Sinclair, M. (2003). Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limnology and Oceanography*, 48(1, part 2), 547–556.
3. Lacaux, J. P., Tourre, Y. M., Vignolles, C., Ndione, J. A., & Lafaye, M. (2007). Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal. *Remote sensing of environment*, 106(1), 66–74.

클래스 구성과 다중속성 조합에 따른 갯벌 항공수심라이다 점군 분류 특성 분석

송아람 ^{1,*,#}

¹ 경북대학교

#교신저자: ars@knu.ac.kr

항공수심라이다는 육상과 수중의 지형정보를 연속적으로 취득할 수 있어 갯벌 해저지형 공간정보 구축에 효과적으로 활용될 수 있다. 본 연구에서는 Leica Geosystems 의 Chiroptera-5 항공수심라이다 센서로 황도 갯벌에서 최근 신규 취득한 점군을 대상으로 클래스 구성과 입력속성에 따른 분류 특성을 분석하고자 한다. 해당 자료에는 해수면과 해저면뿐만 아니라 식생이나 수중·수상 객체 등에 해당할 가능성이 있는 해상 비지면점과 노이즈가 함께 분류되어 있다. 그러나 해상 비지면과 해저면은 공간적 위치와 관측 특성이 유사하여 두 클래스를 안정적으로 구분하기 어렵고, 해상 비지면을 독립된 클래스로 유지하는 것이 갯벌 공간정보 구축에 실질적으로 유의미한지 검토할 필요가 있다.

먼저 해수면, 해상 비지면, 해저면 및 노이즈 클래스의 공간적 분포와 단면 특성을 분석하여 해상 비지면점이 나타나는 위치와 주변 지형과의 관계를 확인한다. 다음으로 해상 비지면과 해저면을 각각 유지한 분류체계와 두 클래스를 통합한 분류체계를 구성하고, 동일한 분류모델을 적용하여 클래스 통합 전후의 전체 및 클래스별 분류 성능과 혼동 양상을 비교한다. 또한 기본 좌표정보에 반사강도, 반사순서, 주사각 및 RGB 등 Chiroptera-5 점군에 포함된 속성을 단계적으로 추가하여 입력속성 확장에 따른 분류 성능 변화를 분석한다. 필요한 경우 주변 점군의 분포와 표면 형태를 나타내는 국소 기하 특성도 함께 고려한다.

분류 결과는 전체 정확도와 클래스별 정밀도, 재현율 및 F1-score 를 이용하여 평가하며, 특히 해상 비지면과 해저면 사이의 혼동 변화에 중점을 둔다. 이를 통해 Chiroptera-5 로 신규 취득한 갯벌 항공수심라이다 점군에서 해상 비지면 클래스를 독립적으로 구분할 필요가 있는지를 검토하고, 클래스 구분에 유효한 입력속성과 적절한 분류체계를 제시하고자 한다. 본 연구의 결과는 향후 갯벌 해저지형 공간정보 구축을 위한 항공수심라이다 점군의 라벨 체계 정립과 AI 분류모델의 입력자료 선정에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

이 논문은 2026 년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00254717, 갯벌 공간정보 변화 모니터링 기술개발)

다지역 항공영상과 대규모 사전학습 백본을 활용한 토지피복 분할 성능 개선

김동연^{1,*}, 임동현¹, 채규열^{1,#}

¹주식회사 마인드포지

#교신저자: kychoe@mindforge.kr

항공영상 기반 토지피복 분할(segmentation)은 지역별 촬영 환경, 지형적 특성 및 공간적 분포의 차이로 인해 학습 지역과 다른 지역에서 성능이 저하되는 domain shift 문제를 갖는다. 특히 기존 수도권 중심의 토지피복 데이터로 학습된 모델은 경상, 전라, 제주 등 서로 다른 지역에 적용할 경우 충분한 분할 성능을 확보하기 어렵다. 본 연구에서는 이러한 한계를 완화하기 위해 다양한 지역의 항공영상 및 토지피복 데이터를 통합하여 대규모 다지역 학습 데이터셋을 구성하고, 데이터 규모 증가에 따른 모델 용량과 표현력의 영향을 분석하였다. 분석 결과, 기존 소형 backbone 은 대규모 다지역 데이터셋에서 충분한 분할 성능을 확보하는 데 한계를 보였다. 이에 본 연구에서는 DINOv3 기반의 다양한 크기의 사전학습 backbone 에 ASPP 기반 디코더를 결합하고, 7B 규모의 대형 backbone 을 포함하여 모델 규모에 따른 토지피복 분할 성능을 비교하였다. 실험 결과, 다지역 데이터 통합과 대규모 사전학습 backbone 의 활용을 통해 지역 간 domain shift 에 대한 일반화 성능이 향상되었다. 이를 통해 대규모 다지역 토지피복 데이터 환경에서는 학습 데이터의 구성과 이에 대응하는 backbone 의 모델 용량이 토지피복 분할 성능 및 지역 일반화에 중요한 요소임을 확인하였다.

지리공간 이질 데이터 관리를 위한 데이터 티어링 전략의 실데이터 기반 비교 평가

이수연^{1,*}, 하가연¹, 정연홍^{1,#}

¹ 한국원자력통제기술원

#교신저자: jyh1404@kinac.re.kr

위성영상과 텍스트·메타데이터가 함께 활용되는 지리공간 데이터 환경은 데이터 유형과 크기의 이질성이 크며, 대용량 영상을 효율적으로 저장·관리할 필요가 있다. 실제 모니터링 플랫폼에서는 위성영상 원본을 오프라인에 두고 경량 데이터를 온라인에 적재하여 필요 시 호출하는 방식이 활용된다. 데이터 티어링은 데이터 특성과 접근 빈도에 따라 저장 계층을 구분하여 이러한 문제를 완화할 수 있으나, 다인자 점수나 강화학습 등 정교한 배치 기법이 실제 이질 데이터에서도 단순 정책보다 효과적인지는 충분히 검증되지 않았다.

본 연구는 실제 지식그래프에서 추출한 1,441 개 항목을 대상으로 티어링 전략을 비교하였다. 데이터는 텍스트 1,278 건과 위성영상 캡처 163 건으로 구성되며, 평균 크기는 각각 594 바이트와 1.14 메가바이트로 약 1,900 배의 차이를 보였다. 시간·신뢰도·연결성 등의 메타데이터와 실제 그래프 구조를 활용해 접근 워크로드와 티어별 지연·비용 모델을 구성하고, 다인자·강화학습 기반 배치, 단순 순위 정책, 그래프 구조 기반 배치를 온라인 저장 용량 2~20% 조건에서 비교하였다.

실험 결과, 티어링의 효과는 알고리즘의 복잡도보다 데이터 크기에 따른 용량 압박에 크게 좌우되었다. 용량이 제한된 조건에서 순위 기반 배치는 균일 저장 대비 접근 지연을 크게 줄였으며, 용량 예산 5%에서 평균 접근 지연은 약 4,766ms 에서 1,493ms 로 감소하였다. 이는 텍스트보다 약 1,900 배 큰 위성영상이 제한된 저장 용량을 크게 점유한 영향이었다. 반면 다인자·강화학습 기반 배치는 단순 순위 정책보다 일관된 향상을 보이지 않았고, 그래프 구조 기반 배치 역시 뚜렷한 이점이 없었다. 특히 군집 단위 배치는 대용량 영상이 포함된 군집과 용량 제약이 충돌하면서 오히려 불리하였다.

본 연구는 대용량 영상이 포함된 지리공간 데이터 환경에서 데이터 크기와 저장 용량 제약이 티어링 성능에 큰 영향을 미침을 확인하였다. 이는 GeoAI 데이터 관리에서 복잡한 배치 기법에 앞서 데이터 크기와 저장 용량을 우선 고려할 필요가 있음을 시사한다. 향후 실제 접근 로그와 다단계 저장 구조를 활용해 검증 범위를 확장할 계획이다.

사사

본 연구는 한국원자력안전재단의 지원으로 수행된 「주변국 원자력활동 대응기술 개발」(과제번호: RS-2024-00409134) 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Li, S. et al. (2016). Geospatial big data handling theory and methods: A review and research challenges. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 115, 119–133.
2. Pang, L. et al. (2023). Adaptive Intelligent Tiering for modern storage systems. Performance Evaluation, 160, 102332.
3. Chi, M. et al. (2016). Big Data for Remote Sensing: Challenges and Opportunities. Proceedings of the IEEE, 104(11), 2207–2219.

비접근지역 지형 모니터링을 위한 국토위성 입체시 성능 평가

오재홍^{1,*}, 류재욱¹, 이창노^{2,#}

¹국립한국해양대학교, ²서울과학기술대학교

#교신저자: changno@seoultech.ac.kr

국토위성은 동일 지역을 상이한 촬영 시점과 관측 기하조건에서 반복적으로 촬영할 수 있어, 두 영상 간의 시차 정보를 이용한 입체 영상 생성 및 3 차원 지형정보 추출이 가능하다. 이러한 3 차원 지형정보 생성은 접근이 어려운 해외지역이나 갯벌 지형 등에도 활용이 가능하다. 위성 입체영상으로부터 정확한 3 차원 정보를 얻기 위해서는 서로 다른 시점에서 취득된 영상의 기하학적 관계를 정밀하게 보정하고, 동일한 지형점이 동일한 영상 라인상에 위치하도록 에피폴라 영상을 구축하는 과정이 중요하다. 이에 본 연구에서는 여러 지역에 대한 국토 위성 중복 촬영 영상을 이용하여 에피폴라 영상을 생성하고 그 종시차를 평가해보았다. 타이포인트를 이용하여 중복 촬영 영상을 상호 표정하여 두 영상의 기하학적 일관성을 향상시킨 RPC 를 생성하고, 이를 에피폴라 영상 생성에 활용하였다. 실험 결과 0.5 픽셀 수준의 종시차를 가진 정밀도 있는 입체 처리가 가능하였다.

사사

이 논문은 항공우주연구원 및 2023 년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00254717, 갯벌 공간정보 변화 모니터링 기술개발).

위성영상 분석으로 본 공동주택 건설의 사회경제 현상

정의천^{1,*}, 김윤수¹, 김은선¹, 이광재^{1,#}

¹ 한국항공우주연구원

#교신저자: kjlee@kari.re.kr

국가가 조사하고 관리하는 공식 통계는 사회경제 현상을 파악하는 기본 수단이나, 통계는 제도가 정한 시점에 기록되므로 현장에서 일이 진행된 시점까지 담지는 못한다. 본 연구는 Sentinel 위성영상 시계열로 공동주택 단지의 공사 진행을 관측하고, 국토교통부 주택인허가 자료의 착공일과 대조하여 제도적 기록과 물리적 실행의 시점 차이를 측정한다. 공사가 없는 인접 지점에 같은 절차를 적용해 관측의 타당성을 검증한 뒤, 그 차이가 지역과 시기, 착공 이전 부지 상태에 따라 어떻게 달라지는지 분석함으로써 주택 공급이 진행되는 속도의 격차와 그 배경 요인을 검토한다. 나아가 통계에 아직 기록되지 않은 현장으로 관측을 확장하여 그 의미와 한계를 논의한다.

사사

본 연구는 우주항공청의 "위성정보빅데이터활용지원체계개발사업(RS-2022-00165154)" 지원을 받아 수행하였습니다.

드론 실감정사영상과 인공지능을 활용한 경로당 접근경로의 보행환경 안전성 평가

김지환^{1,*}, 김용현¹, 김혜성¹, 박다정¹, 김승훈¹, 박진솔¹, 장세진¹, 김장욱^{1,#}

¹(주)올포랜드

#교신저자: jango@all4land.com

양산시 2026년 6월 기준 65세 이상 인구 비율이 19.9%로 초고령사회 진입을 앞두고 있으며, 읍면동별 고령화 수준에도 큰 차이를 보인다. 본 연구는 드론 실감정사영상과 인공지능을 활용하여 주거지에서 경로당까지의 보행환경을 분석하고 개선 우선구간을 도출하고자 한다. 일반 항공정사영상에서 발생할 수 있는 기복변위와 건물 가림에 따른 도로·보도 경계 왜곡을 완화하기 위해 드론 기반 실감정사영상을 활용한다.

연구 대상은 영상이 확보된 경로당 반경 500m 이내의 주택으로 설정하며, 주택과 경로당의 출입구를 도로망에 연결하여 잠재적 보행경로와 이동거리를 산정한다. 딥러닝 기반 영상분할과 객체탐지를 통해 보도, 차도, 횡단보도, 과속방지턱 및 노인보호구역 노면표시를 추출하고 표준화된 공간데이터로 구축한다. 이를 보행경로와 중첩하여 보도의 연속성과 폭, 보행·차량 공간의 분리 여부, 횡단시설의 연결성 및 안전시설 설치 현황을 평가한다.

AI 추출 결과는 수치지도와 로드뷰 등을 참조하여 구축한 ground truth와 비교해 정확도를 검증한다. 이후 평가항목별 점수와 가중치를 적용하여 경로별 보행안전 취약도를 산정하고, 경로당별 취약구간과 안전등급 및 정비 우선순위를 공간정보로 제시한다. 연구 결과는 보행공간 확보, 제한속도 관리, 과속방지시설 및 노면표시 정비가 필요한 구간을 선정하고 고령친화 보행환경 개선과 정비 예산의 합리적 배분을 지원하는 기초자료로 활용될 수 있다.

키워드: 드론 실감정사영상, GeoAI, 고령자 보행안전, 경로당 접근경로, 보행환경 취약구간, 정비 우선순위

사사

본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 “국토정보 고도화를 위한 입체 격자체계 적용 및 활용 기술개발 사업(RS-2025-02317649)” 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

1. 이휘호, 김지현. (2025). 노인의 보행을 위한 물리적 환경 지표 적용 및 평가 연구. 한국지리정보학회지, 28(3), 64-84.
2. Susanta, F. F., Kuo, P.-F., & Putra, I. G. B. (2026). Modeling Dynamic Walkability to Support Time-Based Route Planning for Older Adults. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIX-B4-2026, 569-576.
3. Xie, E., Wang, W., Yu, Z., Anandkumar, A., Alvarez, J. M., & Luo, P. (2021). SegFormer: Simple and Efficient Design for Semantic Segmentation with Transformers. Advances in Neural Information Processing Systems, 34.

4. Oliveira, H. C., & Galo, M. (2013). Occlusion Detection by Height Gradient for True Orthophoto Generation, Using LiDAR Data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-1/W1, 275-280.

위성 SAR 자료를 활용한 TomoSAR 기법 기반 3차원 산란원 추출 실험

이승재^{1,*,#}, 오관영¹

¹ 한국항공우주연구원 위성활용지원팀

#교신저자: jelline15@kari.re.kr

SAR 단층영상(SAR Tomography: TomoSAR) 기법은 동일 지역을 다중 궤도에서 관측한 SAR 자료들을 이용하여 고도(elevation) 방향의 산란 신호를 분해함으로써 3차원 구조를 복원하는 기술이다. 기존 SAR 영상은 거리-아지무스(range-azimuth) 평면에 투영된 2차원 정보만 제공하는 반면, TomoSAR 기법을 적용할 시 관심영역에 대한 3차원 정보까지 추출 가능하다. 특히, 고층 건물이 다수 분포하는 도시 환경의 경우, SAR 관측 기하에 의해 다수의 구조물에 대한 산란정보가 하나의 픽셀에 겹치는 레이오버(layover) 현상이 발생하여 3차원 공간정보 확보에 한계가 존재하지만, TomoSAR 기법은 각 구조물에 대한 산란 정보를 분리하여 정밀한 정보 추출이 가능하다. 또한, 위성 SAR 자료를 활용할 시에는 광범위한 영역에 대한 3차원 정보를 주기적으로 확보 가능하기에 그 가치가 높다. 본 연구에서는 위성 SAR 자료를 활용하여 TomoSAR 기법 기반 3차원 산란원 추출 실험을 수행하고 가능성을 분석한다.

시공간 및 사용자 맥락을 반영한 LLM 기반 관광 경로 추천 시스템

윤형섭^{1,*}, 안용근^{1,#}, 노원준¹, 최근호¹

¹(주)올포랜드

#교신저자: anferry@all4land.com

개인 맞춤형 관광 경로 추천은 사용자의 복합적인 선호 및 요구사항과 공간적 제약을 동시에 고려해야 하는 과제이다. 최근 대규모 언어모델(LLM)과 검색 증강 생성을 활용해 관광 일정을 생성하려는 시도가 이루어지고 있으나, 단순 의미 유사도 기반 검색만으로는 장소에 대한 지리적 공간 관계를 충분히 반영하지 못하며, LLM 은 공간적 맥락과 실제 도로망 제약을 인지하는 데 한계가 있어 비현실적인 동선을 생성하는 문제가 있다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 후보군 선정, LLM 판단, 최적 경로 생성의 세 단계로 구성된 개인 맞춤형 관광 경로 추천 시스템을 제안한다. 후보군 선정 단계에서는 먼저 공간 질의를 통해 지리적 탐색 범위를 필터링한다. 이후 사용자 질의와 장소 설명 간 텍스트 의미 유사도 검색, 여행 로그 데이터셋으로 파인튜닝한 임베딩 모델 기반의 공간 유사도 검색, 그리고 다중 분류 모델 기반의 사용자 맞춤형 방문 확률 예측을 병렬로 수행하고 그 결과를 종합하여 최종 후보군을 선별한다. LLM 판단 단계에서는 선별된 후보군 내에서 사용자 요구사항과 일정 제약을 고려해 최적의 방문지와 체류시간을 결정하고 추천 근거를 자연어로 생성한다. 최적 경로 생성 단계에서는 실제 도로망 기반의 이동시간 행렬을 구축하고 경로 최적화 알고리즘을 적용하여 시간 및 이동 제약을 만족하는 최적의 방문 순서와 세부 경로를 산출한다.

제안하는 시스템은 시공간 맥락이 반영된 후보군 선정, LLM 판단, 그리고 최적 경로 생성의 역할을 명확하게 분리함으로써 LLM 의 시공간 추론 한계를 보완하고 복합적인 사용자 자연어 질의에 유연하게 대응한다. 실험 결과, 실제 여행 로그 데이터셋으로 평가한 후보군 선정 방법은 베이스라인 대비 높은 후보 재현율을 보였으며, 다양한 유형의 자연어 질의에 대해서는 도로망 이동시간과 일정 제약을 충족하는 실행 가능한 경로가 생성됨을 확인하였다. 본 시스템은 관광 외에도 다양한 목적의 장소 추천 및 경로 계획이 필요한 서비스에 범용적으로 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신산업진흥원(NIPA)의 재원으로 지원을 받아 수행되었습니다(과제번호: PJT-26-030646, 과업명: (국가유산분과) AI 기반 국가유산 해설 솔루션 개발 및 실증).

참고문헌

1. Zheng, H., Xu, Z., Pan, Q., Zhao, Z., & Kong, X. (2025). Plugging Small Models in Large Language Models for POI Recommendation in Smart Tourism. *Algorithms*, 18(7), 376.
2. Wang, F., Lin, H., Yuan, Y., Wang, S., Zhou, X., Yang, S., & Wang, P. (2026). GeoGR: A Generative Retrieval Framework for Spatio-Temporal Aware POI Recommendation. *arXiv preprint arXiv:2602.10411*.

지시문 추상화 및 도구 호출 기록 합성을 활용한 관광 서비스 코드 에이전트 학습 데이터 구축

노원준 ^{1,*}, 안용근 ^{1,#}, 최근호 ¹

¹(주)올포랜드

#교신저자: anferry@all4land.com

관광 코스 추천 서비스는 국가 문화유산과 주변 관광지 및 편의시설 정보, 사용자 특성, 이동 제약 등을 종합적으로 고려해야 하므로, 데이터 전처리, 추천 후보 생성, 경로 최적화 및 외부 서비스 연동 등 다양한 기능이 요구된다. 이러한 기능의 개발과 고도화에는 대규모 언어모델(Large Language Model, LLM) 기반 코드 에이전트를 활용하여 기존 사내 프로젝트의 코드 자산을 재활용할 수 있다. 그러나 범용 LLM 은 사내 코드 자산의 구조와 개발 관례를 충분히 반영하지 못해 존재하지 않는 인터페이스를 호출하거나 기존 개발 패턴과 일치하지 않는 코드를 생성할 수 있다. 이에 본 연구에서는 운영 중인 사내 프로젝트의 코드 자산을 직접 탐색하여 확보한 구현 근거를 바탕으로 코드를 생성하는 코드 에이전트의 학습 데이터 구축 방법을 제안한다.

제안 방법에서는 프로젝트 내 코드의 의존 관계를 수집하고, 각 파일의 역할과 사용처를 LLM 으로 기술한 설명 사전을 구축한다. 이를 바탕으로 코드 생성 지시문을 작성하고, 구현 조건을 구체적으로 제시하는 기본, 일부 조건만 제시하는 중간, 구현 의도만 서술하는 심화의 세 단계로 구분한다. 각 단계에는 구현에 필요한 추론 과정을 포함하여, 에이전트가 지시문의 추상화 수준에 따라 사용자 의도와 구현 대상을 추론하도록 한다. 또한 모델이 실제 저장소를 탐색하며 구현 근거를 수집하는 과정을 도구 호출 기록으로 변환하고, 이를 목표 코드와 결합하여 근거 기반 학습 데이터를 구축한다.

본 연구에서는 Gemma 4 를 기반으로 학습한 모델의 코드 구현 성능을 LLM 으로 평가하였다. 실험 결과, 원본 모델 대비 근거 파일 탐색 및 코드 구현 성능이 향상되었다. 또한 제안 방법을 바탕으로 데이터 전처리, POI 관리, RAG 기반 후보 검색, 경로 계산, API 연동 등 문화유산 관광 코스 추천 서비스의 다양한 기능 개발에 활용할 가능성을 제시하였으며, 향후에는 관광 분야를 넘어 다양한 프로젝트를 지원하는 실무형 코드 에이전트로 확장하고자 한다.

사사

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신산업진흥원(NIPA)의 재원으로 지원을 받아 수행되었습니다(과제번호: PJT-26-030646, 과업명: (국가유산분과) AI 기반 국가유산 해설 솔루션 개발 및 실증).

위성 스테레오 DSM 을 이용한 남극 정착빙 표면 변형의 기하학적 분해: 테라노바만 장보고과학기지 전면의 개빙 전 관측

정용식^{1,*,#}, 박진구¹, 박정원¹

¹극지연구소

#교신저자: yongsik@kopri.re.kr

남극 테라노바만 장보고과학기지 앞 정착빙은 이탈리아 기지와 공동 운용하는 해빙 활주로의 기반이며, 2022/23 시즌에는 얼음이 충분히 두꺼워지지 않아 기지 개소 이래 처음으로 활주로를 조성하지 못했다. 그러나 개빙 시점은 해마다 두 달 넘게 다르고, 그 시기의 빙체 표면이 면 단위로 관측된 바는 거의 없다. 본 연구는 2 m 해상도 위성 스테레오 DSM 16 장을 공동정합하고, 기지 전면 8.87 km² 에서 정착빙 표면 변형을 국지 평탄면 대비 기복을 기준으로 능선(압축)·비선형 융기(파쇄)·균열(인장)·거칠기 네 성분으로 분해하였다. 개빙일은 Sentinel-2 235 장을 화소별 구름 마스킹하여 독립적으로 산출하고, 각 시즌의 관측을 자기 개빙일까지 남은 일수로 정렬하였다. 2016/17~2024/25 시즌에 걸쳐 네 성분이 함께 커진 것은 개빙이 가장 일렀던 2022/23 이었다. 이 시즌에서는 개빙 56 일 전부터 23 일 전 사이에 비선형 융기 면적비가 0.19 %에서 2.47 %, 균열밀도가 0.03에서 0.31 km/km², 능선밀도가 0.05에서 0.35 km/km²로 커졌다. 선형 융기·비선형 융기·선형 함몰이 함께 증가한 것으로, 압축·파쇄·인장이 동시에 진행된 상태와 부합한다. 이 시점에는 정착빙 구역에 얼음이 사라진 면적(개수면)이 0 %였고, 2 주 뒤 33 %, 개빙일에 84 %로 늘었다. 반면 개빙 27 일 전 관측을 가진 2020/21 은 네 성분이 모두 감소하여, 개빙까지 남은 일수만으로는 표면 상태가 설명되지 않았다. 위성 스테레오 DSM 이 개빙 전 정착빙의 표면 변형을 면 단위로 분해할 수 있음을 보인 것으로, 관측 빈도를 높이고 두께 자료와 결합하면 기지 운영에 필요한 정착빙 상태 진단으로 확장될 수 있을 것으로 기대된다. 나아가 연안 규모에서 해빙의 결빙·융해 양상이 해마다 어떻게 달라지는지를 지시하는 또 하나의 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 1) 산업통상자원부의 「산업기술혁신사업」의 지원을 받아 수행되었음(과제번호: RS-2025-25443338, KOPRI 과제번호: PN26150); 2) 해양수산부의 극지연구소 지원을 받아 수행되었음(KOPRI 과제번호: PE26040).

위성 기반 사면 취약성 모델을 통한 2026 년 빙하 토석류 피해 분석 - 네팔 트리술리 구역

유하은^{1,*}, 황의호¹, 최성화¹, 손찬영¹, 강기묵^{1,#}

¹K-water 연구원 수자원위성연구소

#교신저자: mook0416@kwater.or.kr

토석류 피해는 사면에서의 발생뿐 아니라 하도의 흐름에 영향을 받으므로, 산사태 인벤토리를 기반으로 구축된 기존 사면 취약성 모델의 적용성을 검토할 필요가 있다. 본 연구는 위성영상으로 구축된 2015 년 네팔 고르카 지진 유발 산사태 인벤토리로 학습한 취약성 모델을 트리술리 구역에 적용하여 2026 년 빙하 관여 토석류 피해 특성을 정량화하였다. 산사태 및 비산사태 지점 각 3,998 점에 Copernicus DEM 과 OpenStreetMap 에서 산출한 10 개 인자를 결합하였다. 5 km 공간 블록 교차검증에서 AUC 는 로지스틱 회귀 0.850, 랜덤 포레스트 0.897, XGBoost 0.898 이었다. 랜덤 포레스트를 2015 년 고르카 지진 피해지역의 별도 인벤토리에 적용한 결과, 파상 라무 고속도로와 라수와 지역에서 각각 AUC 0.875 와 0.794 를 보였으며, 1 km 격자 기반 산사태 면적밀도 자료에서는 0.744 였다. 다른 시기의 파상 라무 고속도로 강우 유발 산사태 인벤토리에서는 AUC 0.805 로 나타나, 인벤토리의 구축 방식과 유발 요인에 따라 모델 성능이 달라질 수 있음을 확인하였다.

2026 년 8 월 26 일 토석류·홍수 피해시설의 사면 취약성 점수는 본류 주변 경사 15° 이하 비교지점 기준 22-42 백분위에 분포하였다. 또한 하루 SAR 변화 화소 18,658 개는 연구지역 전체 화소와 비교하여 급경사($\geq 25^\circ$) 비율이 46.4%에서 9.2%로 감소하고, 하도 200 m 이내 비율은 33.2%에서 88.3%로 증가했으며, 경사 중앙값은 24.2°에서 6.5°로 낮아졌다. 이러한 결과는 피해가 높은 사면 취약성보다는 하도를 따라 전달된 토석류·홍수의 영향을 받았음을 시사하며, 사면 취약성만으로 장거리 하도 전달형 피해를 설명하는 데 한계가 있음을 보여준다. 또한 공개 벤치마크 자료를 이용한 분류에서 SAR 단독 F1 은 0.767 로 광학 단독 0.716 보다 높았으며, 2026 년 사건의 유효 관측률은 광학영상이 상류 18.1%, 하류 3.3%인 반면 SAR 은 47-73%로 나타나 산악지역에서 SAR 의 관측 이점을 확인하였다. 향후 시계열 SAR 과 다양한 토석류 인벤토리를 활용하여 모델의 전이성을 추가 검증하고, 하도 연결성과 전달경로를 결합한 연쇄재해 평가로 확장하고자 한다.

사사

본 연구는 기후에너지환경부 '수자원위성 지상운용체계 구축 사업'의 지원을 받아 수행하였으며, 이에 감사드립니다.

수자원 재해 대응을 위한 위성 GeoAI 기반 다중 탐지 기술 개발

고수정^{1,*,#}, 윤동현¹, 남기범¹, 김영준¹, 강기묵¹, 황의호¹

¹K-Water 연구원 수자원위성연구소

#교신저자: sgo1@kwater.or.kr

기후변화로 인해 홍수, 녹조 및 수환경 변화와 같은 수재해의 발생 빈도와 규모가 증가하면서, 위성자료와 인공지능을 활용한 신속한 수자원 재해정보 생산의 중요성이 커지고 있다. 기존 위성영상 활용체계는 촬영된 원시영상을 지상국으로 전송한 후 분석하는 방식으로 운영되어 재난정보 생산까지 상당한 시간이 소요되며, 긴급한 수재해 대응에 한계가 있다. 최근에는 위성영상과 AI 기술을 결합하여 관측자료로부터 필요한 정보를 신속하게 추출하고 활용하는 위성 GeoAI 기술이 주목받고 있으며, 초소형위성의 제한된 통신·연산환경을 고려한 효율적인 영상분석 기술의 필요성도 증가하고 있다.

본 연구에서는 수자원 초소형위성(K-waterSAT)의 수재해 관측자료 활용을 위한 GeoAI 기반 다중 탐지 기술을 개발하고자 한다. 주요 대상은 녹조, 홍수·수체 및 변화 탐지로 설정하였으며, PlanetScope, Sentinel-2, Landsat 등 다양한 위성자료를 활용하여 AI 학습자료 구축과 탐지 알고리즘의 사전 개발 및 검증을 수행하고자 한다. 개발 알고리즘은 향후 위성 온보드 영상처리 체계와의 연계를 고려하여 추론 속도, 메모리 사용량, 모델 크기 등 연산 효율성을 분석할 예정이다. 또한 GPU 기반 임베디드 환경에 적용 가능한 모델 경량화 및 최적화를 수행하고, 수재해별 탐지결과를 신속하게 생성할 수 있는 위성 GeoAI 산출물 생성 구조를 제안하고자 한다. 이를 통해 다양한 수재해 정보를 하나의 시스템에서 탐지·생산할 수 있는 통합 다중재해 분석 프레임워크를 구축하고자 한다.

본 연구는 수자원분야에서 위성 GeoAI 를 활용하여 수재해 관측자료를 신속한 의사결정 정보로 전환할 수 있는 기술적 기반을 제시한다는 점에서 의의가 있다. 개발된 프레임워크는 향후 HIL-DT(Hardware-in-the-Loop Digital Twin) 기반 검증체계와 연계하여 실제 위성 운용환경에서의 적용성을 검증하고, 차세대 수자원 초소형군집위성의 녹조·홍수 등 수재해 대응 및 지능형 위성정보 활용체계 구축에 활용될 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 ‘수자원 초소형위성 AI 온보드 핵심기술 및 수재해 긴급 대응기술 개발’의 지원을 받아 수행된 연구이며, 이에 감사드립니다.

A Spatial–Temporal Graph Transformer for Space Collision Risk Assessment and Decision Support in Space Situational Awareness

Birir Sospeter Kipchirchir^{1,*}, 김형주², 김판구^{3,#}

¹ 조선대학교 컴퓨터공학과, ² 조선대학교 AI 부트캠프사업단, ³ 조선대학교 AI.SW 학부(컴퓨터공학전공)

#교신저자: pkkim@chosun.ac.kr

Spacecraft conjunction assessment requires reliable risk estimation from heterogeneous observations that may be incomplete, uncertain, or degraded. This study presents an adaptive multi-modal temporal framework for spacecraft conjunction risk estimation that integrates heterogeneous conjunction evidence while explicitly modeling predictive uncertainty and evidence sufficiency. The proposed approach represents each conjunction as a variable-length temporal sequence comprising temporal-risk, geometric, orbital, uncertainty, environmental, and observation/object information. Modality-specific temporal encoders are followed by cross-modal attention, reliability and conflict estimation, and a soft adaptive routing mechanism that dynamically weights predictive, reweighting, and refinement pathways. The framework jointly predicts continuous conjunction risk, high-risk probability, predictive uncertainty, and evidence sufficiency. A controlled evidence-degradation procedure is further introduced to evaluate model behavior under systematic perturbations of modalities, timesteps, and features. Experiments are conducted on a fixed event-level split containing 11,942 conjunction events, with 1,792 events reserved for final testing. On the test set, the proposed framework achieves a mean absolute error of 3.181 and root mean squared error of 5.623 for continuous risk estimation, with a Gaussian negative log-likelihood of 2.821. The high-risk classification head achieves an F2-score of 0.662, precision of 0.377, recall of 0.816, and PR-AUC of 0.558. Predictive uncertainty exhibits positive association with observed absolute error, with Pearson and Spearman correlations of 0.651 and 0.732, respectively. Under controlled evidence degradation, MAE increases from 3.181 to 7.092, while evidence sufficiency decreases by 0.488. These results demonstrate the potential of adaptive multi-modal temporal modeling for risk estimation under uncertain and incomplete conjunction evidence.

사사

This work was supported by the Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. RS-2026-25580620, CSU AX Deep Tech Bridge Center)

해양데이터 기반 스마트오션빌리지 플랫폼: 교육·관광·산업·지속가능성의 연계

윤가람^{1,*}, 이철용^{1,#}, 한현경¹, 채기영²

¹한국해양과학기술원 해양빅데이터·AI 센터, ²한국해양과학기술원 해양정책연구센터

#교신저자: cylee82@kiost.ac.kr

기후변화와 해양오염의 심화로 인해 해양환경에 대한 과학적 관리와 데이터 기반 의사결정의 중요성이 증가하고 있다. 이에 한국해양과학기술원(KIOST)과 부산광역시는 다양한 해양환경 데이터를 통합적으로 수집·분석·활용하고 지역 해양환경 현안에 대응하기 위한 스마트오션빌리지(Smart Ocean Village, SOV) 플랫폼을 구축하였다.

스마트오션빌리지 플랫폼은 위성영상, 드론(UAV), CCTV, IoT 센서 및 현장 관측자료와 공공데이터를 통합하여 해양환경 정보를 제공한다. 현재 플랫폼은 해양 부유쓰레기 관리, 해양미세먼지 모니터링, 해양산업 이슈분석 서비스를 운영하고 있으며, 공간정보 기반 데이터 시각화와 AI 기반 분석기술을 통해 해양환경 현황 파악과 정책 의사결정을 지원하고 있다. 또한 클라우드소싱과 플로깅 등 시민참여 활동을 통해 환경보전과 데이터 수집을 연계하고, 시민이 직접 해양환경 관리에 참여할 수 있는 기반을 마련하고 있다.

향후 스마트오션빌리지 플랫폼은 기존 해양환경 관리서비스를 고도화하고 교육, 관광, 산업 및 지속가능성 분야로 활용범위를 확대할 예정이다. 해양환경 데이터를 활용한 교육 콘텐츠와 해양 리터러시 프로그램을 제공하고, 실시간 환경정보와 지역 관광자원을 연계한 스마트 해양관광 서비스를 지원할 수 있다. 또한 축적된 해양 빅데이터와 AI 기술을 활용하여 환경변화에 대한 분석·예측 역량을 강화하고, 새로운 해양산업 서비스와 비즈니스 모델 창출을 지원하고자 한다. 나아가 지자체, 연구기관, 산업계 및 시민사회 간 협력을 통해 지속가능한 해양환경 관리체계를 구축하고 UN 지속가능발전목표(SDGs) 달성에 기여하는 플랫폼으로 발전할 것으로 기대된다.

본 연구는 스마트오션빌리지 플랫폼의 구축 및 운영 사례와 주요 서비스를 소개하고, 해양 데이터를 기반으로 교육·관광·산업·지속가능성을 유기적으로 연결하는 플랫폼의 활용 가능성과 미래 발전 방향을 제시한다.

위성영상 기반 해양감시를 위한 Task-Driven 초해상화 기반 소형선박 분류 기법

심혜지^{1,*,#}

¹ 한국항공우주연구원

#교신저자: havewisdom@kari.re.kr

위성영상을 활용한 선박 탐지 및 식별은 불법 어업 활동 감시와 광역 해양 상황인식을 위해 중요하다. 특히 불법어선 식별을 위해서는 소형 선박을 탐지하고 어선 및 기타 선종을 정확하게 분류하는 것이 필요하다. 그러나 약 0.7 m 급 공간해상도의 KOMPSAT-3 광학위성영상에서는 소형 선박이 제한된 픽셀로 표현되어 세부 형상과 특징을 충분히 식별하기 어렵고, 이는 선종 분류 성능을 제한하는 요인이 된다.

본 연구에서는 이러한 한계를 보완하기 위해 초해상화(Super-Resolution, SR) 기법을 적용하고 소형 선박 분류 성능 향상 효과를 분석하였다. 기존 초해상화 기법 적용 시 원본 영상 대비 F1-score 가 약 3-6% 상대적으로 향상되었으나, PSNR 과 SSIM 등 영상 복원 품질 중심의 최적화가 실제 선종 분류에 필요한 특징의 복원으로 직접 연결되는 데에는 한계가 있었다.

이에 본 연구에서는 영상 복원 손실과 선박 분류 손실(classification loss)을 함께 고려하는 Task-Driven Super-Resolution 기법을 제안하였다. 제안 방법은 초해상화 과정에서 선종 분류에 유효한 특징이 보존·강화되도록 네트워크를 최적화하였다. 실험 결과, 제안 기법은 원본 영상 대비 F1-score 를 상대적으로 13.4% 향상시켜 기존 초해상화 기법보다 높은 분류 성능 개선을 보였다.

이는 영상 복원 품질뿐만 아니라 최종 분석 목적을 초해상화 학습에 직접 반영하는 것이 소형 선박 분류에 효과적임을 보여준다. 제안 기법은 향후 위성영상 기반 불법어선 탐지·식별 및 광역 해양감시 성능 향상에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 해양경찰청의 재원으로 해양수산과학기술진흥원(KIMST)의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00238652, 해양경찰 위성활용 기반 기술개발).

지형 공간 특성을 활용한 머신러닝 기반 부유식 태양광발전 시스템 입지 수계 분류

김소연^{1,*}, 박시원¹, 이준현¹, 강민경², 현창욱^{1,#}

¹동아대학교 환경·에너지공학부 미래에너지공학전공, ²동아대학교 대학원 에너지·자원공학과

#교신저자: cuhyun@dau.ac.kr

부유식 태양광발전(floating photovoltaic) 시스템의 입지 선정을 위해서는 수위 및 면적이 안정적인 저수지 및 호소를 식별해야 한다. 그러나 위성 원격탐사 기반의 수계 자료는 교량 등 인공 구조물에 의해 단절된 하천 조각을 소규모 저수지로 오분류할 가능성을 내포하고 있다. 이러한 오류를 방지하기 위해 수계 폴리곤 자체의 물리적 특성만을 활용한 머신러닝 기반 자동 분류 기법을 제안하였다. 이를 위해 유럽연합 집행위원회 공동연구센터(European Commission's Joint Research Centre)의 Global Surface Water 데이터셋을 기반으로 수계 폴리곤의 형태 지표를 추출하여 단절된 하천 고유의 기하학적 특성을 수치화하였으며, 고해상도 수치표고모델을 융합해 구역 통계(zonal statistics) 분석을 통해 수면 고도 편차를 산출하였다. 이를 바탕으로 수계 흐름에 따른 지형적 기울기가 존재하는 하천과 수면이 평탄한 저수지를 구분하는 변수를 구성하고, 랜덤 포레스트(random forest) 알고리즘에 적용하여 모델 학습 및 분류를 수행하였다. 연구 결과, 형태 및 지형 특성을 결합한 모델은 단절된 하천의 오분류를 효과적으로 통제하여 저수지 및 호소에 대한 분류 결과를 도출하였으며, 공간정보 기반의 자동화된 부유식 태양광발전 잠재지 평가가 가능함을 확인하였다. 향후 광역 단위의 수자원 관리 및 공간 의사결정 지원 시스템에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

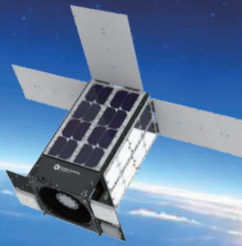
본 과제(결과물)는 2026 년도 교육부 및 부산광역시의 재원으로 부산앵커센터의 지원을 받아 수행된 지역성장 인재양성체계(앵커)의 결과입니다(2026-ANCHOR-02-003).



AI반도체 탑재 장비-위성 간 안전 실증을 위한

고성능 큐브위성 개발사업

위성 관측 데이터 기반 공간지능 플랫폼 개발



GEOSTORY

#공간지능 #AI플랫폼 #위성실증 #큐브위성

위성 탑재체 항공실증 수행 기관

위성·항공영상의 AI 융합분석을 통해

의사결정을 지원하는 공간지능 AI 플랫폼을 개발합니다.



GEOSTORY

하늘, 땅, 바다 모든 움직임을 기록하고 미래를 연결합니다

지오스토리는 정밀한 위치 데이터를 기반으로 한
통합 기술 서비스를 사용자에게 제공하며,
축적된 항공·위성 기술력과 풍부한 현장 경험을 바탕으로
디지털트윈 및 미래 모빌리티(UAM, 자율주행) 산업을
선도하는 핵심 파트너로 성장하고 있습니다.

GEOSTORY

GEO·LABS

ATSL

디지털트윈·모빌리티
기술 서비스

블루카본 생태계 조성
기술 서비스

플랫폼 개발
기술 서비스



서울시강서구 화곡로 68길 82 (등촌동) 강서IT밸리 406호 T. 1800-7453 F. 070-5228-4731

AEGIS

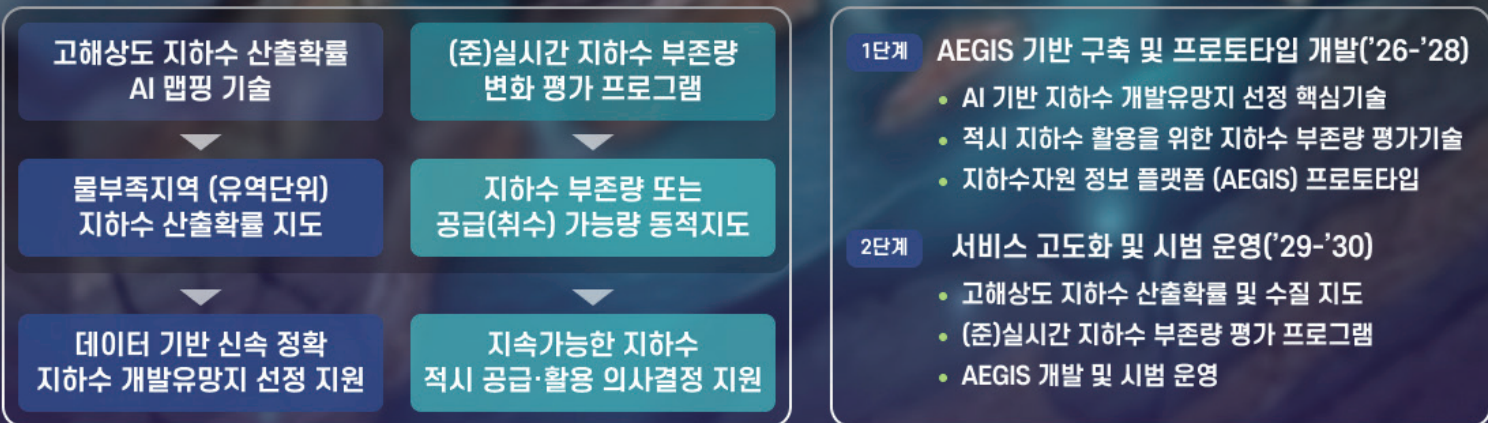
AI
Enhanced
Groundwater
Interactive Mapping
System

인공지능형 지하수 인터랙티브 맵 개발



지하수자원 정보 플랫폼 (AEGIS)

AI 분석 및 전문가 해석 정보 제공



최종 목표

기후위기 대응 지하수자원의 적시 공급 및 적정 활용을 위한 디지털 전환 (DX) 기술 기반
'지하수 물공급유망지 평가' 및 '지속가능한 물공급 의사결정' 지원 플랫폼 (AEGIS) 개발

“지오빅데이터 오픈플랫폼”

데이터 기반 연구협력 생태계 조성 및 지질자원분야 오픈사이언스 선도



소개

국민 누구나 쉽게 활용할 수 있도록 신뢰성 높은 지질자원 정보를 제공하는 글로벌 K-지오사이언스 데이터 허브

목적

- 국가 사회 현안 대응을 위한 양질의 지질자원 연구데이터 제공
- 연구자가 보유한 연구데이터를 등록하고 공유·활용하여 지질자원 분야 오픈 사이언스 생태계 선도



지오빅데이터 오픈플랫폼 기능

GDR 연구데이터 리포지터리(연구데이터 관리 및 보존)

실험/관측 데이터

Raw Data

보고서

이미지/동영상 데이터

Processed Data

논문

주요 정보서비스

데이터셋 검색

주제별

- 국토지질
- 광물자원
- 석유해저
- 지질환경

방법별

- 조사·탐사
- 시료·분석
- 지도(주제도)
- 보고서, 논문, 논문데이터

활용갤러리

My데이터

- 데이터셋 등록
- 논문데이터 등록
- 자료요청
- 활용갤러리
- OpenAPI 신청

플랫폼 소개

- 이용안내
- 공지사항

My데이터

- 지질자원주제도 OpenAPI(WMS)
- 데이터셋 검색/조회 OpenAPI
- 데이터 파일 다운로드 OpenAPI

주제별 정보서비스

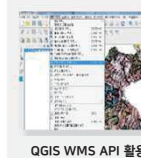
지질자원주제도 통합검색 서비스

CesiumJS 기반 지질주제도 3D 가시화

기대효과

- 국민안전
- 국토개발
- 자원개발
- 지구환경
- 국가 차원의 지질자원 연구데이터 관리, 보존체계 구축을 통한 연구데이터 자산화
- 공유·활용 체계 구축을 통한 데이터 활용 연구생태계 조성 및 데이터 기반 R&D 촉진
- 국토균형개발, 국민안전, 생활문제 등 국가 사회 현안 대응
- 데이터 기반 AI, IoT 등 ICT기술과의 융·복합을 통해 신산업 창출과 신기술 개발
- 수요자 중심 지질자원 정보 지능화로 맞춤형 정보 제공

사용자

연구기관
공공기관
산업체학생
일반인

QGIS WMS API 활용

시스템 연계

data.on

국가연구데이터플랫폼

doi 한국DOI센터

DOI등록관리시스템

“지오빅데이터 오픈플랫폼”

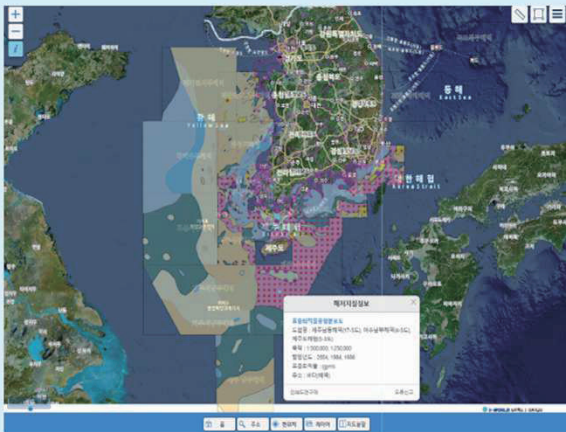
데이터 기반 연구협력 생태계 조성 및 지질자원분야 오픈사이언스 선도



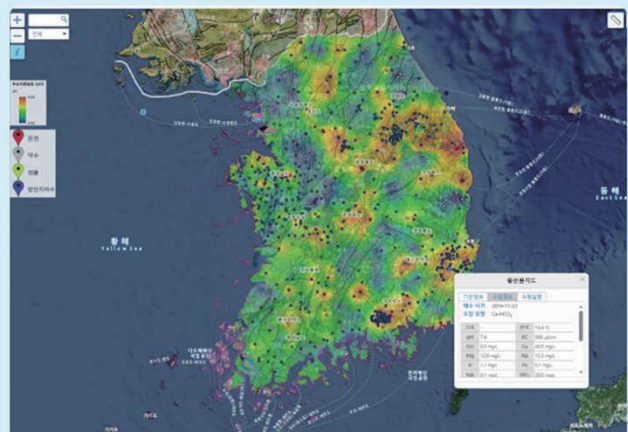
지질도



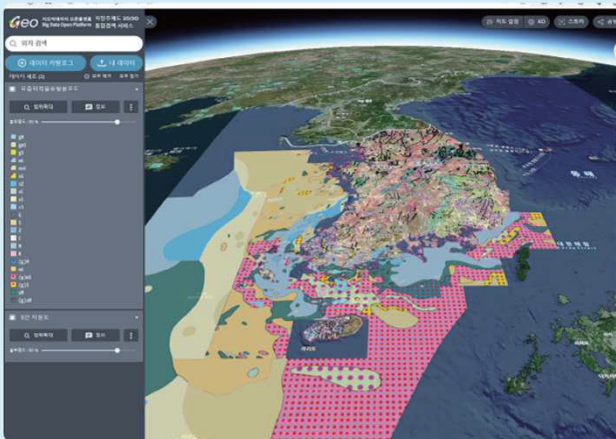
부게중력이상도



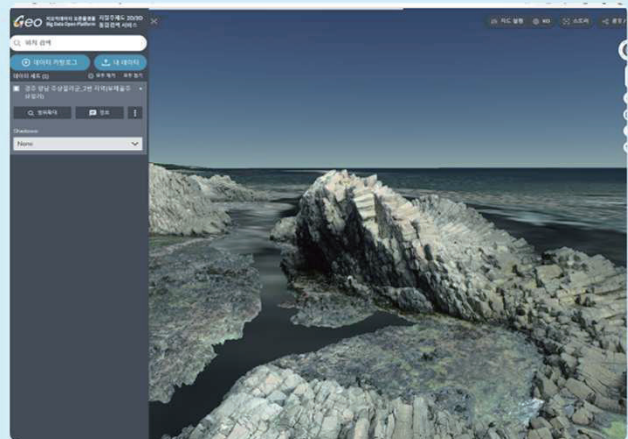
해저지질도



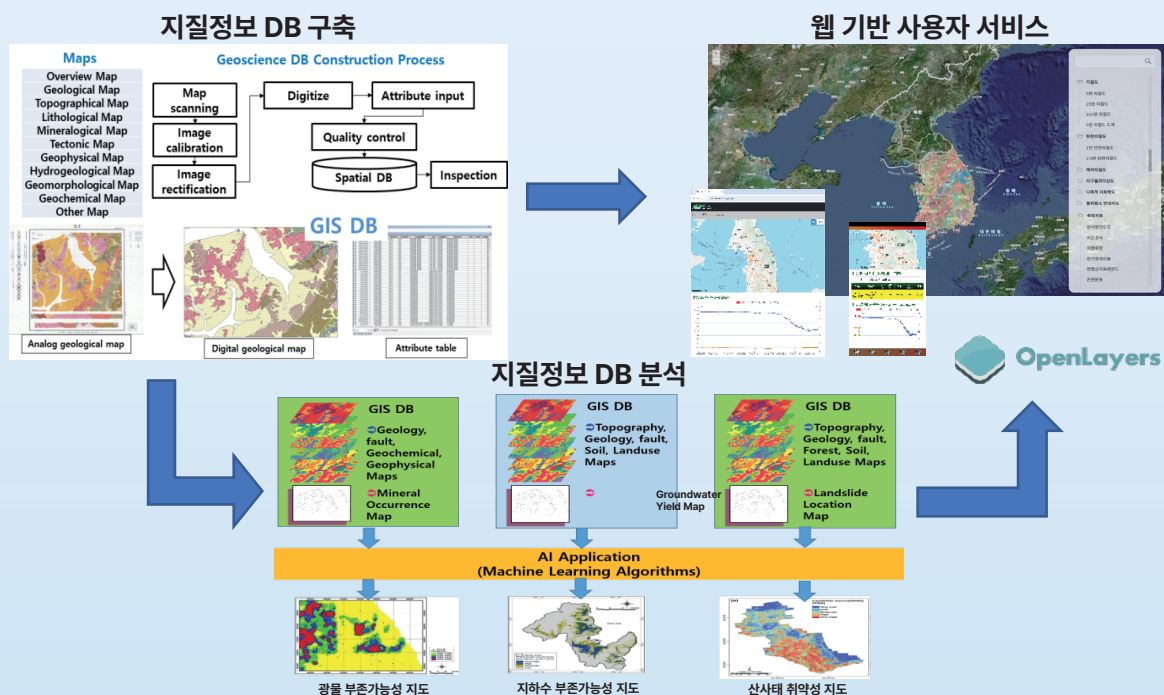
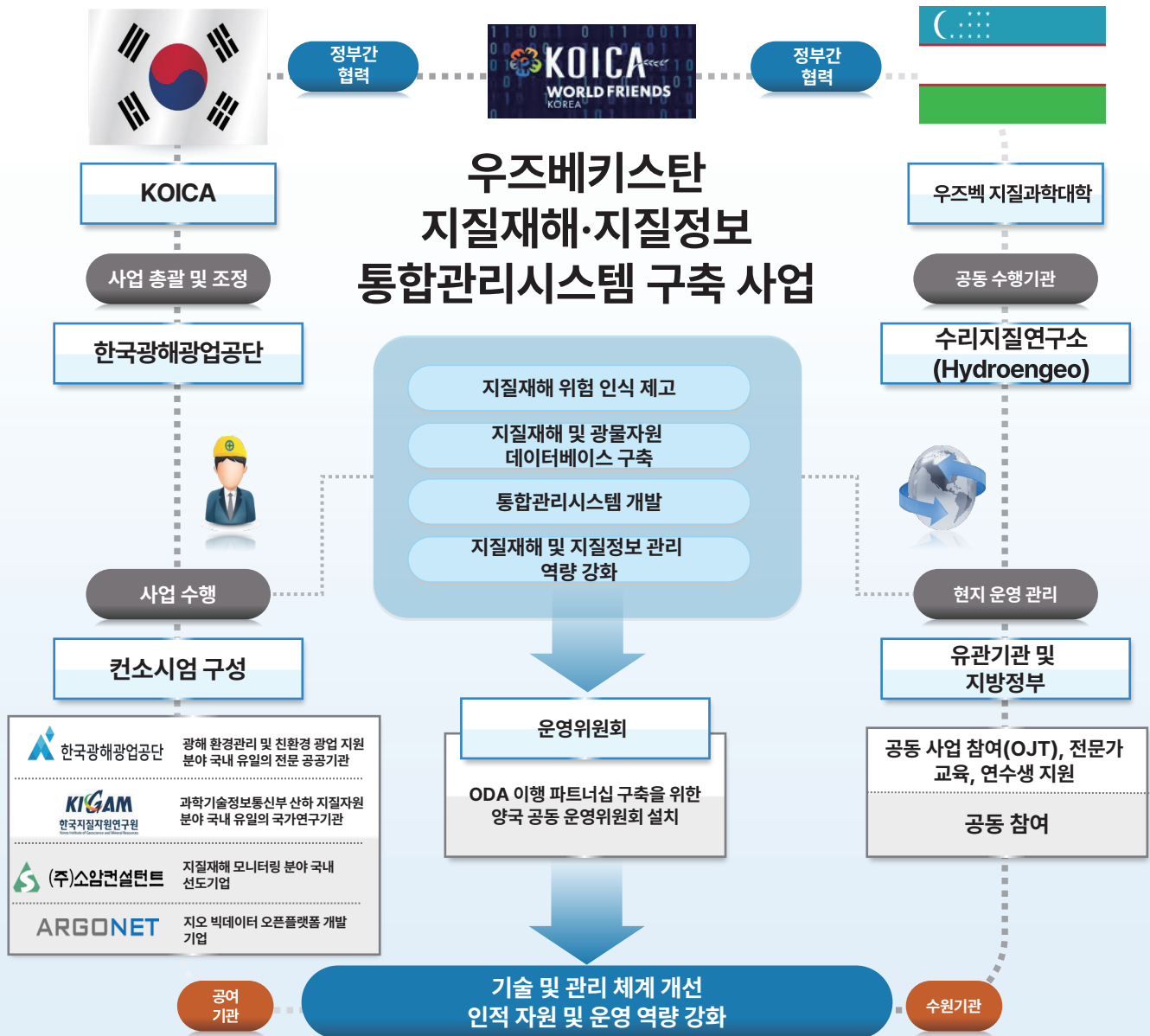
좋은물지도



2D/3D 지질자원주제도



3D 지질노두(드론영상)



주관 기관



국립생태원 National Institute of Ecology
(33657) 충남 서천군 마서면 금강로 1210
Tel. 041-950-5300



국립환경과학원 National Institute of Environmental Research
(22689) 인천 서구 환경로 42(종합환경연구단지)
Tel. 032-560-7114



극지연구소 Korea Polar Research Institute
(21990) 인천광역시 연수구 송도미래로 24
Tel. 032-770-8400



한국지질자원연구원 Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources
(34132) 대전광역시 유성구 과학로 124
Tel. 042-868-3114



한국항공우주연구원 Korea Aerospace Research Institute
(34133) 대전광역시 유성구 과학로 169-84
Tel. 042-860-2114



한국해양과학기술원 Korea Institute of Ocean Science and Technology
(49111) 부산광역시 영도구 해양로 385
Tel. 051-664-3000



한국환경연구원 Korea Environment Institute
(30147) 세종시 시청대로 370 세종국책연구단지 B동 (과학·인프라동) 8-11층
Tel. 044-415-7777

후원사



(06373)서울특별시 강남구 자곡로 202(강남힐스테이트에코) 1049호
T. 02-6677-5682 E. gaidas@gaidas.org H. www.gaidas.org