

추진계획 공고안내서

「2026년도 국가유산 연구개발사업 신규과제」

2026. 1. 15.

☐☐ 목 차 ☐☐

1. 사업개요-----	1
2. 지원내용 및 규모-----	2
3. 사업추진체계-----	4
4. 신청자격 및 유의사항-----	5
5. 신청방법 및 제출서류-----	8
6. 신청기간 및 신청 시 유의사항-----	12
7. 선정평가-----	13
8. 기타 유의사항-----	16
9. 2026년도 과제제안요구서-----	17

2026년도 국가유산 연구개발(R&D)사업 신규과제 공모

‘26년도 국가유산청 국가유산 연구개발사업 신규과제 추진계획을 다음과 같이 공고하오니, 과제를 지원하고자 하시는 해당분야 연구자께서는 **2026.02.25.(수) 15:00**까지 신청하여 주시기 바랍니다.

2026년 1월 15일

국가유산청

추진계획 공고

※ 동 사업은 범부처통합연구지원시스템(<http://www.iris.go.kr>)을 통해 접수·관리 시행

1. 사업개요

□ 추진목적

- 본 사업은 디지털 전환과 기후변화 심화에 따라 고도화되고 있는 국가유산의 훼손·열화·재난 위험에 대응하기 위하여, 지능형 첨단 기술과 기후적응형 보존관리 기술을 융합한 국가유산 보존·관리 기술개발을 추진하는 것을 목적으로 함.
- 인공지능, 데이터, 디지털트윈 등 첨단 기술을 활용하여 국가유산 보존·활용 체계를 지능화·고도화하는 한편, 기후변화로 인한 재난·환경 위험에 선제적으로 대응하고 피해 발생 시 신속한 회복이 가능한 과학기반 보존관리 기술을 개발·실증함으로써, 기존의 사후 복구 중심 관리체계에서 예측·예방·대응·회복 중심의 선제적 보존관리 체계로의 전환을 도모함.
- 이를 통해 국가유산 보존·관리 전 주기를 포괄하는 확산 가능한 기술 모델과 표준을 구축하고, 국가 및 지자체의 현장 적용성과 정책 활용성을 제고하여, 기후위기 시대 국가유산의 안전성·지속가능성 확보에 기여하고자 함.

□ 사업내용

사업명		주요 내용	과제수
국가유산 지능형 첨단 보존 기술 개발	국가유산 스마트 보존 활용 고도화 사업	인공지능로봇센서영상탐사비파괴 진단 등 첨단 기술을 활용하여 국가유산 조사·진단·복원관리 전 과정의 의사결정·실행 체계를 지능화·자동화하고, 현장 적용 및 표준화를 통해 스마트 보존·활용 기술을 고도화	5
	국가유산 디지털 보존 영역 확대 및 표준화	국가유산의 위치·소유·형상·이력 정보를 디지털 자산으로 전환하고, 디지털 복원·재현·관리 기술의 데이터 구조·모델·절차를 표준화하여 확산 가능한 디지털 보존관리 기반 구축	3
기후변화 대응 국가유산 보존관리 기술개발	국가유산 피해회복 기술개발	기후변화 및 재난으로 피해를 입은 국가유산을 대상으로 손상 진단·복원 설계·복구 실행을 연계한 과학적·디지털 기반 피해 회복 기술을 개발하여 신속하고 체계적인 복구·회복 체계 구축	4
	국가유산 적응관리 기술개발	극한기상, 침수, 고온·고습, 재난 위험 등 기후변화 환경에 대응하여 예측경보, 모니터링, 예방·보강, 운영인프라(전력·에너지·배수 등)를 통합한 현장 적용형 적응·예방 중심 보존관리 기술 개발	8
합계			20

2. 지원내용 및 규모

□ 선정 규모 : 20개 연구과제 / 총 91억 원 내외('26년)

□ 지원 분야 및 규모

번호	사업명 (내역사업명)	연구개발과제명	공모 방식	기간 (단계별)	총 연구개발비 ('26년 연구개발비)	3책 5공*	페이지
1	국가유산 지능형 첨단보존 기술개발 (국가유산 스마트 보존·활용 고도화 사업)	건축유산 복원 설계 에이전트 기술 개발	지정	4년 이내 (2년+2년)	총 61억 원 내외 ('26년 15억 원 내외)	적용	18p
2		문화유산 해충 생태 맵핑 및 확산 예측 AI 시스템 개발	지정	4년 이내 (2년+2년)	총 20억 원 내외 ('26년 3.3억 원 내외)	적용	24p
3		국가유산 지능형 이미지영상 통합 프레임워크 기술 개발 및 표준화	지정	4년 이내 (2년+2년)	총 20억 원 내외 ('26년 3.3억 원 내외)	적용	31p
4		무인자율 군집운행 기반 수중 문화유산 탐사 기술개발 및 표준화	지정	4년 이내 (2년+2년)	총 24억 원 내외 ('26년 3.3억 원 내외)	적용	35p
5		문화유산 비파괴 정밀 진단과 맞춤형 보존기술 개발 및 표준화	지정	4년 이내 (2년+2년)	총 25억 원 내외 ('26년 4.3억 원 내외)	적용	42p
6	국가유산 지능형 첨단보존 기술개발 (국가유산 디지털 보존·영역 확대 및 표준화)	국가유산 실물자산 고정밀 위치·관리 기술개발 및 표준화	지정	4년 이내 (2년+2년)	총 20억 원 내외 ('26년 4.2억 원 내외)	적용	48p
7		국가유산 소유권 블록체인·디지털 트윈 기반 정밀관리 기술개발	지정	4년 이내 (2년+2년)	총 20억 원 내외 ('26년 4억 원 내외)	적용	53p
8		동산 문화유산 초정밀 디지털 복원·재현 통합기술 개발	지정	4년 이내 (2년+2년)	총 30억 원 내외 ('26년 5억 원 내외)	적용	59p

번호	사업명 (내역사업명)	연구개발과제명	공모 방식	기간 (단계별)	총 연구개발비 ('26년 연구개발비)	3책 5공*	페이지
9	기후변화 대응 국가유산 보존관리 기술개발 (국가유산 피해회복 기술개발)	기후피해 회복을 위한 건축유산정보모델 통합연계 복원 프로세스 자동화 시스템 개발 및 실증	지정	3년 이내 (2년+1년)	총 18억 원 내외 ('26년 5억 원 내외)	적용	64p
10		전통건축물 및 문화유산 적용형 비접촉성 발포 임시 방염액 기술 개발	지정	3년 이내 (2년+1년)	총 16억 원 내외 ('26년 4억 원 내외)	적용	70p
11		목조 건축유산 친환경 방충 표면처리 나노융합기술개발 및 실증	지정	3년 이내 (2년+1년)	총 16억 원 내외 ('26년 4억 원 내외)	적용	76p
12		문화유산 보존공간의 곰팡이 발생 예측을 위한 AI 센서 융합형 모니터링 시스템 개발	지정	3년 이내 (2년+1년)	총 16억 원 내외 ('26년 4억 원 내외)	적용	80p
13		극한온도 대응 민속마을 온습도 모니터링 및 위험진단 시스템 개발	지정	3년 이내 (2년+1년)	총 13.5억 원 내외 ('26년 3.5억 원 내외)	적용	85p
14		지능형 클라우드 기반 국가 유산 손상함수 추정 모델과 통합관제 플랫폼 개발 및 실증	지정	3년 이내 (2년+1년)	총 33.6억 원 내외 ('26년 8억 원 내외)	적용	88p
15		위성정보를 활용한 국가유산 재난예방 경보시스템 개발	지정	3년 이내 (2년+1년)	총 15.5억 원 내외 ('26년 3.5억 원 내외)	적용	92p
16		기후변화 대응 근대 벽돌조 건축유산의 기후적응형 통합 보존관리 기술 개발	지정	3년 이내 (2년+1년)	총 15.5억 원 내외 ('26년 3.5억 원 내외)	적용	97p
17		스마트 에너지 관리 시스템을 활용한 건축문화유산 에너지 효율화 기술개발	지정	3년 이내 (2년+1년)	총 15.5억 원 내외 ('26년 3.5억 원 내외)	적용	101p
18		기후재난 대응형 성벽 스마트 보강 및 예측기술 개발	지정	3년 이내 (2년+1년)	총 15.5억 원 내외 ('26년 3.5억 원 내외)	적용	106p
19		기후재해 대응형 문화유산 현장용 스마트 자가발전 시스템 개발	지정	3년 이내 (2년+1년)	총 15.5억 원 내외 ('26년 3.5억 원 내외)	적용	110p
20		침수 기록기반 건축문화유산 내부 습도 변화 패턴 예측 및 하루 배수 최적화 기술개발	지정	3년 이내 (2년+1년)	총 13.5억 원 내외 ('26년 2.5억 원 내외)	적용	115p

* 「국가연구개발혁신법」 시행령 제64조(연구개발과제 수의 제한) 참고

※ 연구기간 및 연구개발비는 평가결과 및 향후 예산 상황 등에 따라 변경될 수 있음

※ '26년도 과제제안요구서 참조(과제제안요구서(RFP) 내용상 보완이 필요한 부분은 일부 제한 조정 가능)

※ 단계평가 결과에 따라 연구개발과제 보완·변경·중단 또는 연구개발비 조정 가능

3. 사업 추진 체계



□ 사업 시행 주체

- (사업 총괄) 국가유산청 국가유산인공지능전략팀
- (사업 관리) 국립문화유산연구원 연구기획과
 - ※ '26년도 국가연구개발사업 신규과제의 표준화 성과를 체계적으로 고도화하기 위하여 한국정보통신기술협회(ITA)와의 표준화 관련 협업을 통해 컨설팅 지원 및 표준화 성과 관리 예정
- 필요에 따라 주관연구개발기관, 공동연구개발기관, 위탁연구개발기관 및 참여기업으로 편성된 컨소시엄으로 신청 가능
 - 주관연구개발기관: 연구개발과제를 주관하여 수행하는 기관
 - 공동연구개발기관: 협약으로 정하는 바에 따라 연구개발과제를 주관연구개발기관과 분담하여 공동으로 수행하는 연구개발기관
 - 위탁연구개발기관: 협약으로 정하는 바에 따라 특수한 전문지식 및 기술이 필요한 경우, 국가유산청장의 승인을 받아 주관연구개발기관으로부터 연구개발과제 일부를 위탁받아 수행하는 기관
 - 참여기업: 연구개발사업의 성과를 실시할 목적으로 해당 연구개발과제에 필요한 연구개발비 일부를 부담하는 기업

4. 신청자격 및 유의사항

□ 신청 자격

- 「국가연구개발혁신법」 제2조 제3호에 해당하는 연구개발기관
 - ※ 공모 기간 내 「국가연구개발혁신법 시행령」 개정 시 개정사항 적용 가능

□ 신청·수행 제한

- 국가연구개발사업으로 추진하였거나 추진 중인 과제와 중복되는 경우
 - ※ 국가과학기술지식정보서비스(<http://www.ntis.go.kr>)를 활용하여 기 추진 연구과제 검색가능
 - 접수마감일 기준 주관연구개발기관, 공동연구개발기관, 연구책임자 등이 접수마감일 현재 의무사항(각종 보고서 제출, 기술료 납부, 회수금 납부)을 불이행하고 있는 경우
 - 접수마감일 기준 연구개발기관(주관·공동·위탁), 연구개발기관의 장, 연구책임자 및 참여연구자 등이 국가연구개발사업에 참여제한을 받고 있는 경우
 - 접수마감일 기준 연구자가 동시에 수행할 수 있는 과제수가 최대 5개, 연구책임자로서 최대 3개를 초과한 경우
 - 다만, 다음에 해당하는 연구개발과제는 그 수에 포함하지 않고 산정 가능
1. 접수 마감일 기준 6개월 이내에 수행이 종료되는 연구개발과제
 2. 사전 조사, 기획·평가연구 또는 시험·검사·분석에 관한 연구개발과제
 3. 연구개발과제의 조정 및 관리를 목적으로 하는 연구개발과제
 4. 연구개발을 주목적으로 하지 않는 기반 구축 사업, 고등교육재정지원사업, 인력양성 사업 및 학술활동사업 관련 연구개발과제
 5. 혁신법 제4조 단서의 기본사업 관련 연구개발과제
 6. 중앙행정기관(소속 기관을 포함한다)이 소관 업무를 위하여 직접 수행하는 사업 관련 연구개발과제
 7. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 연구개발기관이 중소기업과 공동으로 수행하는 연구개발과제로서 과학기술정보통신부장관이 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 그 연구개발비를 별도로 정하는 연구개발과제
 - 가. 혁신법 제2조제3호 나목부터 바목까지의 규정에 해당하는 연구개발기관
 - 나. 「산업기술혁신 촉진법」 제42조에 따른 전문생산기술연구소
 8. 그 밖에 연구개발 촉진 등을 위하여 연구개발과제 수에 포함하지 않고 산정할

필요가 있어 국가과학기술자문회의의 심의를 거친 연구개발과제

- 접수 마감일 기준 부도 상태인 경우
- 접수 마감일 기준 세무당국에 의해 국세, 지방세 등의 강제징수가 시작된 경우
(단, 중소벤처기업진흥공단 또는 신용회복위원회 등으로부터 재창업자금을 지원 받은 기업, 신용보증기금 또는 기술보증기금으로부터 제도전 기업주 재기지원 보증을 받은 기업은 예외)
- 접수 마감일 기준 민사집행법에 기하여 채무불이행자명부에 등재되거나, 은행연합회 등 신용정보 집중기관에 채무불이행자로 등록된 경우(단, 중소벤처기업진흥공단 또는 신용회복위원회 등으로부터 재창업자금을 지원받은 기업, 신용보증기금 또는 기술보증기금으로부터 제도전기업주 재기지원보증을 받은 기업은 예외)
- 접수 마감일 기준 파산, 회생절차, 개인회생절차의 개시 신청이 이루어진 경우
(단, 법원의 인가를 받은 회생계획 또는 변제계획에 따른 채무변제를 정상적으로 이행하고 있는 경우는 예외)
- 최근 결산기준 자본전액잠식 상태인 경우
- 외부감사 기업의 경우 최근 결산 감사의견이 “의견거절” 또는 “부적정”인 경우
- 주관연구개발기관으로서 접수마감일 기준 창업한지 1년 이내의 기업
 - 다만, 벤처기업 확인서가 있거나 상호변경 등의 사유로 제한대상기업에 해당되는 경우(사업자등록증 또는 법인등기부상 기준 기업을 승계한 증빙자료 제시) 제외 가능
- 결산 기준 사업개시일 또는 법인설립일이 3년 이상이고 최근 2년 결산 재무제표 상 부채비율이 연속 500% 이상인 기업 또는 유동비율이 연속 50% 이하인 기업
 - 다만, 기업신용평가등급 중 종합신용등급이 ‘BBB’ 이상인 경우, 금융위원회에서 지정한 기술신용평가기관(TCB)의 기술신용평가 등급이 “BBB” 이상인 경우, 「외국인투자 촉진법」에 따른 외국인투자기업 중 외국인투자비율이 50% 이상이며, 기업설립일로부터 5년이 경과되지 않은 외국인투자기업인 경우, 사업개시일로부터 접수마감일까지 3년 미만인 기업의 경우는 제외

□ 연구개발비 산정 기준

- 연구개발비는 공고 시 제공되는 ‘국가연구개발사업 연구개발비 사용 기준’을 참고하여 계상하여야 함

- 신청한 연구개발비는 조정될 수 있음
- **정부지원 연구개발비 지급 시 이행(지급)보증보험을 제출해야 함**(대학, 정부출연기관, 국공립연구기관 등 비영리법인은 지급각서로 대체)
- 연구개발비는 범부처 연구비통합관리시스템(통합EZbaro)을 이용하여 자금의 집행, 사용 내역을 입력 및 관리하여야 함
- 현금으로 부담하는 기관부담연구개발비는 연도별 연구개발기간이 종료되기 3개월 전까지 부담을 완료해야함

- 기관부담연구개발비 부담 비율
 - 연구개발기관은 기관유형에 따라 일정 비율 이상 기관부담연구개발비(현금, 현물)를 차등 부담하여야 함

연구개발기관 유형	기관부담연구개발비 비율	기관부담연구개발비 현금부담 비율
비영리기관 (대학, 출연연, 공공연 등)	원칙적 기관부담 없음	해당 없음
중소기업	해당 기업 연구개발비의 25% 이상	기관부담연구개발비(현금+현물)의 10% 이상
중견기업	해당 기업 연구개발비의 30% 이상	기관부담연구개발비(현금+현물)의 13% 이상
대기업·공기업	해당 기업 연구개발비의 50% 이상	기관부담연구개발비(현금+현물)의 15% 이상

- 기관부담연구개발비 중 현물로 인정 가능한 비용 범위
 - 기관부담연구개발비가 아닌 비용으로 고용한 소속 연구자가 과제를 수행한 경우 그 연구자의 인건비
 - 보유하고 있는 연구시설·장비비, 연구활동비 내 기술도입비, 연구재료비
- 영리기관 소속 참여연구자의 인건비는 현물계상이 원칙이나 아래의 경우 현금 산정이 가능함
 - 중소·중견기업인 연구개발기관이 해당 과제의 수행을 위해 신규로 채용하는 연구자의 인건비
 - ※ 신규채용 연구자는 사업공고일 기준 6개월 이전부터 과제 종료 시까지 채용한 인력임
 - 연구개발비 사용기준 제65조 제4항 제2호에 따른 전문연구사업자로 신고한 연구개발기관 소속 참여연구자의 인건비
 - ※ 단, 신청 시 전문연구사업자 신고증을 제출한 경우에 한함
 - 지식서비스분야, S/W 또는 설계기술 과제를 수행하는 연구개발기관 소속 연구자의 인건비
 - ※ 해당 분야로 신청된 경우라 하더라도 평가위원회에서 인정하지 않는 경우에는 인건비 현금산정 불가
 - 창업초기 중소기업 기존인력 인건비
 - ※ 사업 개시 후 7년 이내 등 ‘창업기업확인서’를 제출한 경우에 한함

□ 기술료 등의 납부(국가연구개발혁신법 제18조 및 동법 시행령 제38조, 제39조)

- 연구개발성과는 연구개발과제의 결과로서 연구개발기관이 소유하는 것을 원칙으로 하며, 연구개발성과소유기관(이하 “기술료등납부의무기관”)은 연구개발성과 활용을 위한 조치를 하여야 하며, 실시를 허락하는 경우 기술료를 징수하여야 함
- “기술료등납부의무기관”은 관련 근거에 규정된 바에 따라 산정한 기술료 또는 수익의 일부를 중앙행정기관의 장에게(전문기관에서 징수 대행) 납부 하여야 함
- 기술료 등의 산정방법과 납부기한은 협약시 협의를 통해 결정

□ 유의 사항

- 동일 기관·단체(주관·공동)가 하나의 연구개발과제 내에서는 중복 참여가 불가하나, 타 연구개발과제에 참여는 가능
- 선의의 경쟁을 유도하고 선정평가의 공정성 평가를 위해 하나의 연구개발과제에 대하여 동일 기관·단체가 서로 경쟁관계에 있는 컨소시엄에 주관 또는 공동연구개발기관으로 동시 참여 불가
 - ※ 경쟁기관에 소속된 연구자를 전문가(자문위원)로 활용하는 것 가능
- 연구개발과제 신청 시, 참여기관·단체 수 과다편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고 반드시 필요한 기관·단체로만 구성, 연구 추진의 효율성을 도모할 것

5. 신청방법 및 제출서류

□ 신청방법 및 절차

▶ 한국과학기술기획평가원(KISTEP)이 운영하는 범부처통합연구지원시스템(IRIS)*를 통해 과제 접수, 평가 및 관리 시행

* IRIS(Integrated R&D Information System): 각 부처 및 전문기관별로 운영하고 있던 시스템을 하나로 통합한 범부처통합연구지원시스템

- (공고방식) 사업별 추진일정에 따라 국가유산청, 국립문화유산연구원 누리집, 범부처통합연구지원시스템(IRIS) 등에 공고
- (신청방법) 범부처통합연구지원시스템(iris.go.kr)을 통한 온라인 접수

접수 방식	접속 경로
온라인 접수	· 범부처통합연구지원시스템(iris.go.kr) : 사업정보 → 사업공지 → 사업공고 메뉴

※ 마감시한까지 [정보입력], [저장], [최종확인] 완료 후 [제출] 버튼 클릭해야 접수됨

※ 사전 준비사항 ※
○ 범부처 통합연구지원시스템 사업 공고문 확인 및 첨부자료 다운로드
○ 온라인 접수 시 참여하는 모든 연구개발기관(주관, 공동, 위탁)과 각 책임자는 범부처통합연구지원시스템(iris.go.kr)에 회원으로 사전 가입 필요
➔ 국가연구자번호 발급 및 IRIS 회원가입 정보 업데이트 필요
○ 신청기관 대표자의 국가연구자 번호를 미발급 시 과제 신청 및 접수 불가

- 계획서 업로드 시 작성 오류가 빈번하므로(유효성검증 오류 등) 신청 마감 최소 3일 전까지 업로드를 권장하며 신청 후 등록된 파일 오류가 없는지 확인
- 전산시스템 접수 중 문의 사항은 IRIS 고객센터(☎1877-2041/09:00~18:00) 또는 IRIS 홈페이지 사용게시판 활용

□ 제출서류 (온라인 입력사항은 IRIS 별도입력)

서 류 명	부수	제출기관	비 고
신청 공문	1부	주관연구개발기관	신청 기관장 직인 날인
연구개발계획서	[붙임 1]	2부	주관연구개발기관 연구개발계획서(전자서식 일반서식) ※ 연구개발계획서-PART1(표지)-웹입력 수정불가 ※ 연구개발계획서-PART2(본문1)-작성서식 ※ 연구개발계획서-PART3(본문2)-웹입력 수정불가 ※ 신청 기관장 및 연구책임자 직인 날인(PDF) ※ 직인이 날인되지 않은 원본(hwp)
연구개발계획서 요약서	[별첨 1]	1부	주관연구개발기관 ※ 평가위원 전자서면 평가 시 활용될 예정
신청자격 적정성 확인서	[별첨 2]	1부	주관·공동·위탁 연구개발기관 신청 기관장 직인 날인(PDF) * 확인서 작성 시 모든 기관·공동·위탁의 지원제 외조건 해당여부 확인
연구개발과제 참여 확인서	[별첨 3]	1부	주관·공동·위탁 연구개발기관 신청 및 참여 기관장 직인, 주관·공동·위탁·개발기관 연구책임자 날인(PDF)
개인정보 및 과세정보 제공활용동의서	[별첨 4]	1부	주관연구개발기관 연구책임자 및 과제에 참여하는 모든 연구자 연구지원인력이 작성해야함

연구시설장비 심의요청서	[별첨 5]	2부	(해당 시)	PDF 스캔 및 원본(hwp) 각 1부											
이해관계자 총괄표	[별첨 6]	1부	주관·공동·위탁 연구개발기관	신청 및 참여 기관 제출											
가감점 신청서 및 가감점 부여 증빙서류	[별첨 7]	1부	주관연구개발기관 (해당 시)	증빙서류 포함(PDF) * 기술료 증빙 시 원본(조필) 날인하여 통장사본 제출 * 서류접수 시 제출하지 않은 실적은 인정되지 않음											
사업자등록증		1부	주관·공동·위탁 연구개발기관	원본대조필 날인 * 공모 신청 모든 기관 제출 필수											
중소/중견기업 증빙서류		1부	기업의 경우	원본대조필 날인 * 중소기업현황정보시스템 및 한국중견기업연합회에서 발 급한 서류											
납세(국세) 완납 증명서		1부	기업의 경우	온라인 업로드(PDF로 스캔)											
기업신용평가등급 확인서		1부	기업의 경우	온라인 업로드(PDF로 스캔) * 접수마감일 기준 유효한 서류. 최근 2년간의 주요 재무 현황 포함. 직전년도 확인이 불가한 경우 아래의 대체 증빙 포함 * 신생기업일 경우 아래의 대체 증빙 서류 필수											
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>증빙기준</th> <th>증빙종류</th> <th>제출기한</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>기본증빙 (국세청 발급)</td> <td>표준재무제표증명원</td> <td>신청마감일까지</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">대체증빙</td> <td>1차 재무제표확인원 (세무대리인 발급) 및 법인등기부등본</td> <td>신청마감일까지</td> </tr> <tr> <td>2차 회계감사보고서 (회계법인 발급)</td> <td>서면평가 통과과제 대상 별도 안내 예정</td> </tr> </tbody> </table>	증빙기준	증빙종류	제출기한	기본증빙 (국세청 발급)	표준재무제표증명원	신청마감일까지	대체증빙	1차 재무제표확인원 (세무대리인 발급) 및 법인등기부등본	신청마감일까지	2차 회계감사보고서 (회계법인 발급)	서면평가 통과과제 대상 별도 안내 예정
				증빙기준	증빙종류	제출기한									
기본증빙 (국세청 발급)	표준재무제표증명원	신청마감일까지													
대체증빙	1차 재무제표확인원 (세무대리인 발급) 및 법인등기부등본	신청마감일까지													
	2차 회계감사보고서 (회계법인 발급)	서면평가 통과과제 대상 별도 안내 예정													
연구개발서비스업 신고증		1부	(해당 시)	원본대조필 날인 * 인건비를 현금으로 계상하고자 하는 경우 대상 기관 제출											
창업기업 증빙서류		1부	(해당 시)	원본대조필 날인 * 창업기업확인시스템 홈페이지에서 발급한 서류											

○ 신청서식 : <붙임자료> 참조

- 전자서식 : 아래 제출서류 중 ‘전자서식’ 이라고 기입되어 있는 서류는 IRIS에서 제공하는 전자서식으로 작성·제출
- 일반서식 : 아래 제출서류 중 ‘일반서식’ 이라고 기입되어 있는 서류는 붙임의 서식을 참고하여 작성 후 pdf로 제출(압축과일 업로드 불가)

※ ‘(전자서식, 일반서식)’ 모두 표기되어 있는 서류는 일부는 전자서식, 일부는 일반서식(pdf파일) 제출이 필요하므로 아래 ※표시사항 확인

※ 붙임의 일반서식과 시스템 상 전자서식이 일부 상이할 경우, 시스템 상의 서식을 우선시

- 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 부합하도록 작성
- 연구개발계획서 등 첨부된 서식 외의 서류는 자체양식을 활용하여 작성
- 연구개발계획서는 [양식 1]의 서식으로 작성하되, 본문 I 은 50쪽 이내로 작성
- 기타사항
 - 가점 증빙서류는 신규과제 신청자가 제출한 증빙에 한해서만 검토하여 인정
 - 기업이 수행하는 과제의 경우, 관련 규정*에 따라 민간부담금을 부담함
 - * 「연구개발혁신법 시행령」 제19조 제3항 및 동 시행령 [별표1 ; 정부지원연구개발비의 지원기준 및 기관부담연구개발비의 부담기준]
 - 3천만원 이상 1억원 미만의 연구 장비 구입 계획 시 ‘연구장비 도입 심의요청서’ 제출필수(양식 5 참조)
 - ※ 1억원 이상 연구 장비는 ‘국가연구시설장비심의위원회’별도 심의 필수

□ 제안서 보완요구

- 제출된 제안서에 필요한 서류가 첨부되어있지 않거나, 제출된 제안이 불명확하여 인지하기 곤란한 사실을 발견한 경우, 경미한 사항에 한하여 관리기관(국립문화유산연구원)이 기한을 정하여 보완을 요구할 수 있음
- 제안서 보완 요구에 대해 기한 내 보완을 완료하지 않은 경우, 관리기관(국립문화유산연구원)은 당초 제출된 서류만으로 평가를 시행하고, 제출된 내용이 불명확하여 평가가 불가능한 경우에는 평가에서 제외함

□ 제안서 관련 제출자료 반환, 평가 및 연구관리 목적 사용

- 제출된 제안서와 관련된 모든 서류들은 전문기관(국립문화유산연구원)의 재산으로 귀속되며, 반환을 요구할 수 없음
- 관리기관(국립문화유산연구원)은 이들을 평가와 관련된 기관이나 개인에게 공개할 수 있으나 평가 및 연구관리 이외의 목적으로는 사용하지 않음

6. 신청기간 및 신청 시 유의사항

□ 신청기간

공고기간	신청서류 접수
'26. 1. 15.(목) ~ '26. 2. 25(수)	'26. 1. 19.(월) ~ '26. 2. 25.(수) 15:00까지

- 상기 기간 내에 신청이 완료되지 않은 과제에 대한 구제는 불가하며, 연구개발계획서 업로드 등 접수 시 오류가 빈번할 것으로 예상되므로 과제 신청자는 **신청마감 최소 3일 전까지 업로드 권장**
- 문의처 : 국가유산청 국립문화유산연구원 연구기획과 R&D 담당자(☎042-860-9133, 9134)

□ 신청 시 유의사항

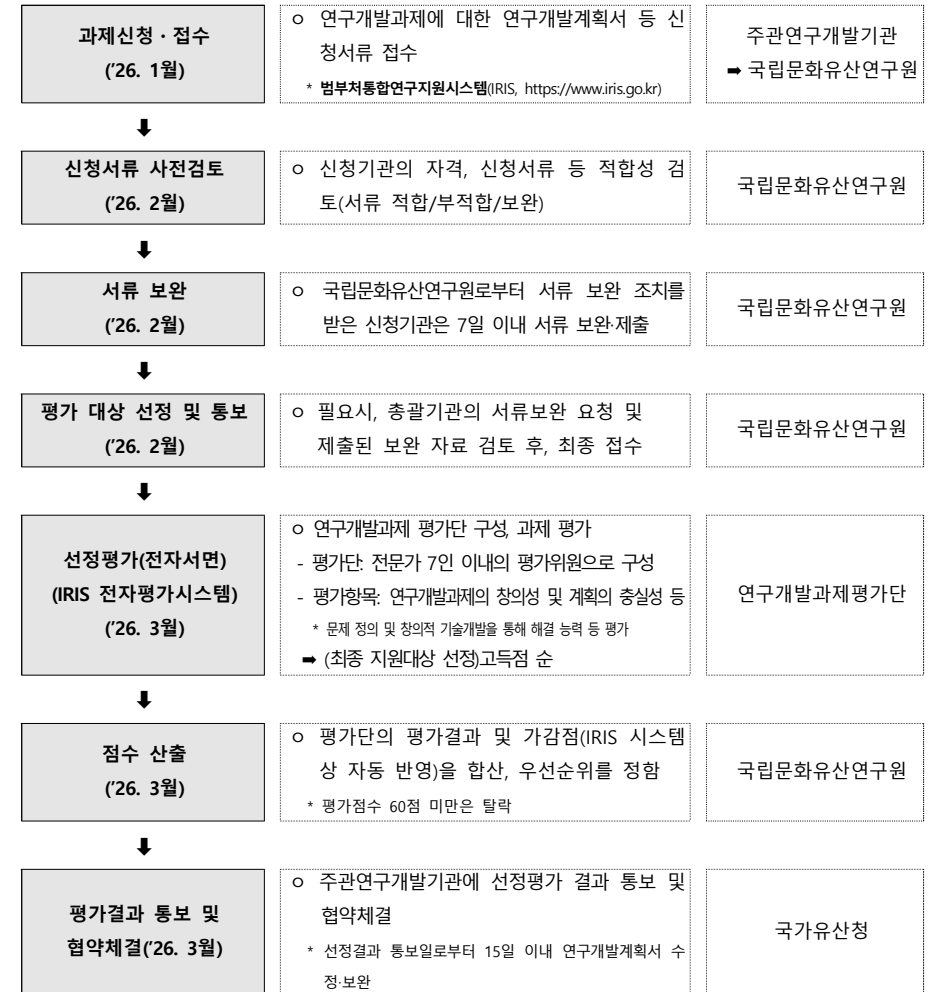
- RFP별 신청자가 없거나 단독으로 접수된 경우, **제공모 예정**
- 선정평가는 **IRIS 전자평가 시스템으로 진행될 예정**
- 과제제안요구서 등을 충족하는 과제가 없을 경우에 선정하지 않을 수 있음
- 마감일 이후 신청서 제출, 제출서류 미비, 타 과제와의 연구내용 중복, 신청 자격 미적격 등의 경우에 평가에서 제외 가능
- 기획추진단, 연구과제평가단 의견 등에 따라서 과제 목표 및 내용, 과제 구성, 연구비, 연구기간 등 조정 가능
- 각종 증빙자료의 기산일은 공고일 기준임(단, 참여제한의 경우 신청마감일 전일을 기준으로 함)
※ 사실과 다른 내용을 연구계획서 및 기타증빙자료 등에 기재한 경우 제재(선정 취소 등) 가능
- IRIS 접수매뉴얼 확인 방법 : **범부처통합연구지원시스템**(<https://www.iris.go.kr>) → 알림/고객 → 자료실 → IRIS 사용 매뉴얼 '접수매뉴얼' 다운로드
- 본 공고문에서 정하지 않은 사항은 관련 법령 및 규정에 의함
- 본 공고문은 추후 공고 기간 내 수정사항이 발생할 수 있으며 수정사항이 발생할 경우, 별도 공지 예정

7. 선정평가

□ 평가 기본방향

- 사업의 추진 목적에 부합하고, 연구 목표 달성 가능성이 높은 우수한 신규과제를 선정

□ 과제 접수 및 선정평가 절차



□ 선정평가 방법

○ 전자서면평가(IRIS 전자평가시스템)

- 위원장 1인을 포함, 7인의 산학연 전문가로 연구개발과제평가단 구성
- 평가는 주관연구개발기관 연구책임자의 발표평가와 질의-응답으로 진행하며, 연구책임자가 발표하는 것을 원칙으로 함
- 평가단의 평가점수는 평가위원의 최고·최저점 각 1개를 제외한 합산의 평균점수로 결정 (소수점 셋째자리에서 반올림)
- ※ 평가에 참여한 위원이 6명 이하인 경우 최고·최저점수를 제외하지 않음
- 평균점수가 60점 미만인 과제는 탈락, 60점 이상 과제를 대상으로 선정시 가감점을 반영하여 우선순위 결정
- 제공모 이후 단독 응모과제인 경우, 평가단의 평가점수 70점 이상인 경우 대상과제 선정

평가항목		평가배점				
가. 연구개발 목표 및 내용(35점)	① 최종 연구개발목표/성과목표의 명확성, 타당성 및 창의성	10	8	6	4	2
	② 단계별 연차별 연구개발목표/성과목표(지표) 설정의 적절성 및 구체성, 연구개발비 편성의 적절성	15	12	9	6	3
	③ 최신 기술동향 분석 및 사전계획의 충실성	10	8	6	4	2
나. 추진전략 및 방법 (30점)	① 연구개발 추진전략 및 방법의 적정성, 구체성 및 타당성	10	8	6	4	2
	② 연구수행체계 구성(적정기관수, 산학연 구성 등) 및 역할의 타당성	10	8	6	4	2
	③ 목표 달성을 위한 연구개발내용·성과의 적절성 및 실현가능성	10	8	6	4	2
다. 활용방안 및 실용화 가능성(30점)	① 연구개발성과 활용시나리오의 적절성 및 구체성	10	8	6	4	2
	② 연구개발성과 실용화 및 정책제안 가능성	10	8	6	4	2
	③ 개발기술의 기대성과(기술적/경제적) 및 파급효과	10	8	6	4	2
라. 연구책임자의 연구 수행능력(5점)	① 연구책임자의 전문성, 연구역량(관련분야 연구 경험) 및 관리능력	5	4	3	2	1
계		100				

[가점 및 감점 기준]

구분	적용기간	가감률	적용대상	적용기산일	
가점	최종/추적평가 우수 연구자	3년	3% 이하	최근 3년 이내 최종/추적평가 최우수등급(상대평가시 최상위10%, 절대평가시 만점의 90%) 이상인 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우	최종평가 결과 통보일
	연구성과 우수자	3년	3% 이하	최근 3년 이내에 국가연구개발 우수성과100선에 선정되거나 주요 국제학술지(네이처 및 사이언스) 등재 실적이 있는 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우	포상일
	보안과제	3년	3% 이하	최근 3년 이내에 협약한 연구개발과제로서 협약 시 보안과제로 분류된 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우	협약종료일
	실용화기술 연구자	3년	3% 이하	최근 3년 이내에 기술실시계약을 체결하여 징수한 기술료 총액이 2천만원 이상 이거나, 같은 기간 내에 2건(건당 500만원 이상) 이상의 기술이전 및 제품화 실적이 있는 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우	기술실시계약 체결일
	과학기술분야 훈장, 포상 등 수상 경력	3년	3% 이하	최근 3년 이내에 과학기술 분야의 훈장, 포상, 대통령 표창 또는 대통령상 을 수상한 연구자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우	포상일
감점	연구부정 행위	3년	10% 이하	최근 3년 이내에 연구부정행위로 판단되어 협약이 해약된 연구개발과제의 주관연구책임자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우	협약 해약일
	협약포기	3년	5% 이하	최근 3년 이내에 연구개발과제 선정 후 정당한 사유 없이 협약을 포기한 경력이 있는 주관연구책임자나 기업의 경우	협약 포기 또는 연구포기 통보일
	연구포기	3년	5% 이하	최근 3년 이내에 연구개발과제의 연구수행 중 연구를 포기한 경력이 있는 주관연구책임자나 기업의 경우	

- ※ 근거 「국가연구개발혁신법 시행령」 제12조 4항, 「국가유산청 소관 국가유산 연구개발사업 관리 규정」 제11조 3항
- ※ 가·감점 부여 원칙
 - 연구개발과제평가단의 **종합평가점수를 기준으로 가·감점 부여**
 - 가점 및 감점은 접수 마감일까지 제출된 증빙자료를 근거로 종합점수에 합산하되, **60점 미만인 연구개발과제에 대해서는 부여하지 않음**
 - 가·감점은 각각 **최대 10점 이내로 부여**
 - 참여제한기간과 감점 부여기간이 중복되는 경우, 해당 감점이 적용되는 기산일은 참여제한기간이 종료되는 날의 다음날로 함
 - 적용기간은 접수마감일 기준

8. 기타 유의사항

- 접수된 문서는 일체 반환하지 않으며, 평가결과는 개별 통지 예정
- 신청서의 해당부분 날인이 없는 경우는 무효로 하며, 신청서 내용의 오류는 신청인에게 책임이 있음
- 연구개발계획서 등 신청서류에 허위사실을 기재하거나 각종 증빙자료를 조작한 경우, 연구책임자 및 기관의 참여제한 조치 실시
 - ※ 선정 이후 이러한 사항이 발견되면 선정 취소 및 정부출연금 환수조치
- 선정평가에서의 우선 순위는 연구개발기관 선정 시의 우선 순위를 의미하며, 선 순위자가 국가유산청 및 국립문화유산연구원에 보완한 연구개발계획서를 제출하지 않은 경우 연구 수행 의사가 없는 것으로 간주하여 차 순위자와 협약 체결
- 기타 자세한 사항은 공고문과 함께 「국가연구개발혁신법」, 「국가연구개발혁신법 시행령」, 「국가연구개발사업 연구개발비 사용 기준」 등을 참고
 - ※ 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr>) 참고
- 상기 법령, 규정 및 지침에 명기되어 있지 않은 사항은 국가유산청의 유권해석에 따름

□ 2026년도 과제제안요구서(RFP)


- 사업공통

〈유의사항〉

- 과제제안요구서(RFP)의 「세부개발대상 기술」 내용에 해당되는 연구개발과제만 신청 가능함
- 과제명, 세부개발대상기술 등을 참고하여 **반드시 실제 수행내용을 조정하여 구체적*으로 제시 할 것**
 - * 문제 해결을 위한 창의적 내용으로 제시 및 기존 기술/방법 대비 차별화된 '혁신적 요소 등' 명확한 제시
- 과제제안요구서 내 연구성과물, 성과목표는 연구기간 내 달성하여야 할 목표로 그 이상을 연구계획서에 반영하여야 하며, 향후 주요사항으로 평가할 예정임
- 11가지 유형의 연구성과에 해당하는 연구개발성과물*은 연구자원을 국민들이 쉽게 이용할 수 있도록 정보를 개방·공유하기 위하여 전담기관에 등록 또는 기탁하여야 함.
 - * 등록대상: 논문, 특허, 보고서 원문(전자원문 포함), 기술요약 정보, 연구시설·장비, SW, 생명정보, 신물질(정보)
 - 기탁대상: 화합물, 생물자원, 신물질(실물)
- 기술 실증 현장(해당 과제에 한함)을 연구개발계획서에 제시해야 하며, 2차년도 이내에 유관 기관(지자체, 국가유산청, 국립문화유산연구원, 관할기관 등)과 현장 실증 추진 관련 문서(공문, MOU, 업무협약서 등)를 통한 협약체결 필요(정책활용을 위한 관련부서와의 협의 병행)
- 지침서, 가이드라인, DB 구축*, 표준화 등 연구성과 관련 수요기관(국가유산청, 국립문화유산연구원, 한국정보통신기술협회(TTA_표준화 위탁기관) 등)과의 주기적인 협의 진행을 통해 활용 가능 여부에 대한 검토 필요
 - * 연구데이터 관리계획(DMP : Data Management Plan) 작성 제출(협약 후 3개월 내)
- 단계평가 후 계속지원 여부를 결정하고, 연구기간, 연구예산 및 연구내용은 변경될 수 있음

사업명 국가유산 지능형 첨단보존 기술개발

1						지정 공모	
국가과학기술 표준분류	대분류	EE 정보/통신	중분류	EE01 정보이론	소분류①	EE0108 인공지능	
					소분류②	EE0106 소프트웨어 공학	
국가유산 기술분류	대분류	국가유산 보존기술	중분류	국가유산 실측 설계기술 국가유산 분석 기술	소분류①	국가유산 설계 기술	
					소분류②	분석데이터 통계기술	
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구	<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구			기술성숙도(TRL) (3) ~ (6)
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형	<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	<input type="checkbox"/> 공공증진형		
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정	<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 경쟁공모		
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제	
과제명		(한글명) 건축유산 복원 설계 에이전트 기술개발					
		(영문명) Development of AI Agent Technology for Architectural Heritage Restoration Design					
추진배경 및 필요성	<p>○ 건축유산 손상 가속화에 따른 AI 기술을 활용한 건축 유산의 객관적, 효율적 분석, 설계 기술 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기후변화, 자연재해, 환경 요인 등으로 건축유산의 손상이 가속화되고 있으며, 기존 복원 방식은 전문가의 경험에 의존하고 있어 객관적 데이터 기반의 효율적이고 자동화된 복원 지원 기술 필요 · 경남 산청과 경북 의성 대형 산불 사례로 고운사 등 유명 문화유산 전소 (연합뉴스 25년 4월) · 문화유산 화재피해 최근 증가 추세, 목조 피해 최다 하회마을은 5번 화재 (세계일보 25년 5월) <p>○ AI의 활용 및 협업을 통한 건축유산 분석 및 설계 분야 고도화 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI 기술 활용 이미지 기반 고속 CAD 모델링이 가능함에 따라 건축유산 분석 및 설계 활용 가능성 확대 - AI 기반 건축유산 분석 및 설계 지원을 통해 건축유산 복원 설계의 다양한 가설 검증 및 보존 연구에 활용 필요 · 국내에서는 AI 기반 중심포 공모 모델링 및 5량가 이하 목구조 가상 설계 연구 진행 · 국외에서는 Fusion 360과 LLM을 연계한 AI 기반 설계 도구 연구 진행 <p>○ AI Agent 기반 목조 건축유산 복원 설계·관리 체계 확립을 통한 지속 가능한 보호 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 건축유산 복원 설계·수리 특화 AI Agent를 활용해 목조 건축 유산을 체계적으로 관리 필요 						

개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 축적된 데이터 기반 맞춤형 보존 전략 수립으로 국가 유산 관리 효율성 증대 및 비용 효율화 - 건축유산의 복원은 정밀한 구조 해석과 고도의 경험과 기술이 필요한 전문 영역으로 복원 결과의 일관성과 재현성 확보를 위해 지능형 복원 설계 체계 구축 필요 <p>○ 디지털 아카이빙 및 H-BIM 연계 건축유산 보존 및 복원 설계 지능적 설계 체계 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 이미지, 3D 스캐닝, LiDAR 등 문화유산의 기록 중심의 아카이빙에서 지식의 활용이 가능한 지능형 기술로 고도화 정확성, 효율성, 과학적 신뢰성을 높일 필요가 있음 - 건축유산 분석 및 설계 에이전트 기술과 H-BIM 기술을 연동하여 건축유산의 데이터를 지능적으로 구축 효율화 지능적 지원 필요 <p>○ 국가유산 보존·활용 정책 지원 및 국민 활용 확대</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI 및 디지털 기반 건축유산 복원 정책 수립을 위한 데이터 기반 연구 지원 - 국가유산 보존·활용 기술의 활용도 증대 및 건축유산 관광 콘텐츠 개발 지원 <p>○ 표준화 및 연계기반 구축 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사진·도면·3D 스캔·H-BIM·수리이력 등 복원 설계에 활용되는 디지털 데이터를 과제 간 상호운용 가능하도록 통합·표준화하고, 설계·검토·승인·이력관리 절차를 일관되게 정의할 수 있는 디지털 복원 설계 체계 구축이 필요함. - 이를 위해 복원 설계 프로세스, H-BIM 구조, 디지털 모델 품질에 대한 표준 모델과 운영 가이드라인(안)을 정리하고, 향후 후속 과제를 통해 단체표준(TTA)·국가표준(KS) 등 공식 표준화로 연계 가능한 기반을 마련할 필요가 있음
	<p>○ 최종 목표 : 건축유산 복원 설계*를 위한 건축유산 분석 및 설계 과정을 지능화·자동화하는 에이전트 AI 기반 지능형 설계지원 기술 개발 및 실증하고, 이 과정에서 활용되는 디지털 데이터 구조와 설계·검토·승인·이력관리 절차에 대한 표준 모델 및 운영 가이드라인(안)을 제시함</p> <p>* 본 과제에서는 목조 건축물을 대상으로 AI 기반 분석 및 생성형 AI 기술을 활용하여 건축유산 복원 설계를 위한 목구조 가상 설계안 도출을 목적으로 함</p> <div style="text-align: center;">  <p>문화유산 분석 및 설계를 위한 학습 데이터</p> <p>전문 건축 분석 에이전트 전용 건축 설계 에이전트 문화유산 전문가 협업을 통한 분석 및 관리</p> <p>[건축유산 복원 설계 에이전트 기술 개발 개요도]</p> </div>

	○ 단계목표 [TRL(3) ~ (6)] 및 주요 연구개발내용			
	<table border="1"> <tr> <td>1단계 (26~27)</td> <td> <p>(단계 목표) 전통 목조 건축유산의 구성요소를 디지털로 분석하고, 도면·이미지·문헌 등 멀티모달 정보를 통합하여 설계 및 복원 설계를 자동화하는 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 목조 건축유산 분석 및 설계 지능화 요소 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 멀티모달 정보 기반 건축유산 구성요소 분석 기술 - 텍스트 기반 건축유산 CAD 설계 자동화 기술 ○ 목조 건축유산 복원 설계를 위한 설계 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 건축 유산 설계 자동 변환 및 설계 최적화 기술 </td> </tr> <tr> <td>2단계 (28~29)</td> <td> <p>(단계 목표) AI Agent 기반의 전통 목조 건축 설계 기술을 확보하고, H-BIM 연동을 통한 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 목조 건축유산 AI 설계 Agent 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 대화형 전통 목조 공포부 및 목구조 설계 기술 - AI 기반 전통 목조 건축 유산 설계 가이드 검색 기술 ○ 목조 건축 유산 복원 설계 H-BIM 변환 기술 및 실증 <ul style="list-style-type: none"> - 목조 건축 설계 데이터 연동 및 활용 기술 </td> </tr> </table>	1단계 (26~27)	<p>(단계 목표) 전통 목조 건축유산의 구성요소를 디지털로 분석하고, 도면·이미지·문헌 등 멀티모달 정보를 통합하여 설계 및 복원 설계를 자동화하는 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 목조 건축유산 분석 및 설계 지능화 요소 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 멀티모달 정보 기반 건축유산 구성요소 분석 기술 - 텍스트 기반 건축유산 CAD 설계 자동화 기술 ○ 목조 건축유산 복원 설계를 위한 설계 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 건축 유산 설계 자동 변환 및 설계 최적화 기술 	2단계 (28~29)
1단계 (26~27)	<p>(단계 목표) 전통 목조 건축유산의 구성요소를 디지털로 분석하고, 도면·이미지·문헌 등 멀티모달 정보를 통합하여 설계 및 복원 설계를 자동화하는 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 목조 건축유산 분석 및 설계 지능화 요소 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 멀티모달 정보 기반 건축유산 구성요소 분석 기술 - 텍스트 기반 건축유산 CAD 설계 자동화 기술 ○ 목조 건축유산 복원 설계를 위한 설계 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 건축 유산 설계 자동 변환 및 설계 최적화 기술 			
2단계 (28~29)	<p>(단계 목표) AI Agent 기반의 전통 목조 건축 설계 기술을 확보하고, H-BIM 연동을 통한 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 목조 건축유산 AI 설계 Agent 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 대화형 전통 목조 공포부 및 목구조 설계 기술 - AI 기반 전통 목조 건축 유산 설계 가이드 검색 기술 ○ 목조 건축 유산 복원 설계 H-BIM 변환 기술 및 실증 <ul style="list-style-type: none"> - 목조 건축 설계 데이터 연동 및 활용 기술 			
핵심 개발 내용	<p>□ 본 과제의 핵심 개발 내용은 전통 목조 건축유산의 복원 설계를 위해 멀티모달 데이터를 통합 분석하고, 건축 규정 및 H-BIM과 연계되는 에이전틱 AI 기반 복원 설계 지능화 워크플로우를 구현하기 위한 (1) 요소 기술, (2) AI 설계 Agent 통합 기술, (3) H-BIM 연계 및 실증, (4) 복원 설계 데이터·워크플로우 표준화 및 운영 가이드라인으로 구성됨</p> <p>(1) 요소 기술 영역</p> <p>○ 목조 건축유산 분석 및 설계 지능화 요소 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 멀티모달 정보 기반 건축유산 구성요소 분석 기술 - 도면 이미지 기반 5량가 초과 목구조 데이터 구축 및 분석 기술 - 도면/사진/문헌자료 기반 복합 건축물 데이터 구축 및 분석 기술 - 생성형 AI 기반 비파괴 공포부 내부 구조 분석 기술 - 이미지/3차원 데이터 기반 공포부 분석 및 구조 추론 기술 - 텍스트 기반 건축유산 CAD 설계 자동화 기술 - 자연어-건축유산 부재 CAD 명령어 연관 데이터 구축 - 사용자 수준별 설계 입력 지원을 위한 설계 인터페이스 기술 - 도면 이미지 기반 구조 부재 형태 설명 생성 및 CAD 명령 자동 생성 기술 <p>○ 목조 건축유산 복원 설계를 위한 설계 자동화 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 건축 유산 설계 자동 변환 및 설계 최적화 기술 - 도면 이미지 인식 기반 5량가 초과 건축 도면 부재 인식 및 자동 CAD 변환 기술 - 건축유산 가상 설계를 위한 구조 추론 및 CAD 변환 지원 기술 - 건축유산 가상 설계를 위한 파라미터 관리 및 최적화 기술 - 불완전데이터 기반 레퍼런스 건축물 설계 기술 <p>(2) 통합(AI 설계 Agent) 영역</p>			

	<p>○ 목조 건축유산 AI 설계 Agent 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 대화형 전통 목조 공포부 및 목구조 설계 기술 - 목조 건축물 정보 분석 및 설계를 위한 키워드 추출 기술 - 건축 유산 대화형 설계 도구 연동 인터페이스 설계 및 학습 데이터 구축 - 대화형 전통 목조 건축물 설계를 위한 맞춤형 모델 학습 기술 - AI 기반 전통 목조 건축 유산 설계 가이드 검색 기술 - 건축 유산 관련 규정 학습을 위한 데이터 구축 및 가공 기술 - 건축 유산 설계 관련 가공 데이터 기반 건축 유산 규정 검색 기술 <p>(3) H-BIM 연계 및 실증 영역</p> <p>○ 목조 건축 유산 복원 설계 H-BIM 변환 기술 및 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> - 목조 건축 설계 데이터 연동 및 활용 기술 - 건축유산 목구조 변환 결과를 H-BIM 적용을 위한 인터페이스 설계 - H-BIM 연동을 위한 객체 형상 및 구축 목구조 기반 결합 기술 - 건축유산 복원 설계 도구와 H-BIM 연동을 위한 가이드 라인 - 문화유산 수리이력 DB 및 H-BIM 구축 사업 연계 데이터 검증 - 건축 목구조 변환 및 H-BIM 적용을 위한 컨버팅 기술 실증 - 아시아 건축유산 관련 기술 교류회 및 전시 <p>(4) 표준화 및 운영 프로세스 영역</p> <p>○ 건축유산 복원 설계 데이터·메타데이터 표준화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공포부 이미지·부재·손상 유형 분류체계 및 용어 사전 정의 - 촬영 조건(각도, 거리, 조도, 위치, 시간 등)과 AI 학습·추론 결과(신뢰도, 모델 버전, 근거 문헌)의 메타데이터 스키마 설계 <p>○ 복원 설계 워크플로우 및 Human-in-the-loop 기준 정립</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI 설계안 생성 → 전문가 검토·수정 → 승인 → 이력관리로 이어지는 복원 설계 절차 모델 정의 - AI-전문가 협업 범위, 책임 분장, 검증·승인 기준에 대한 운영 가이드라인 수립(ISO/IEC 12207, ISO 9001, ISO/IEC 42001 등 관련 국제표준의 절차·개념을 참고하여 정합성 고려) 											
개발 단계 및 일정 (총 4년/45개월)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>단계</th> <th>연차</th> <th>개발 목표</th> <th>주요 개발 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1 단계</td> <td>1 차년도</td> <td>목조 건축유산 분석 및 설계 지능화 요소 기술</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 목조 건축 도면 데이터셋 구축 및 분석 • 복합 건축물을 위한 멀티모달 건축유산 데이터 구축 및 분석 • 이미지 기반 건축 구성요소 분석 기술 개발 • 자연어-CAD 명령어 매핑 초기 연구 • 생성형 AI 기반 비파괴 내부 구조 분석 기초 연구 </td> </tr> <tr> <td>2 차년도</td> <td>목조 건축유산 복원 설계를 위한 설계 자동화 기술</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 복합 구조물 데이터 및 구조추론 기술 고도화 • 이미지/3차원 데이터 기반 공포부 분석 및 구조 추론 기술 • 자연어 기반 설계 자동화 및 CAD 연동 기술 • 도면 이미지 기반 구조 부재 형태 설명 생성 및 CAD 명령 </td> </tr> </tbody> </table>	단계	연차	개발 목표	주요 개발 내용	1 단계	1 차년도	목조 건축유산 분석 및 설계 지능화 요소 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 목조 건축 도면 데이터셋 구축 및 분석 • 복합 건축물을 위한 멀티모달 건축유산 데이터 구축 및 분석 • 이미지 기반 건축 구성요소 분석 기술 개발 • 자연어-CAD 명령어 매핑 초기 연구 • 생성형 AI 기반 비파괴 내부 구조 분석 기초 연구 	2 차년도	목조 건축유산 복원 설계를 위한 설계 자동화 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 복합 구조물 데이터 및 구조추론 기술 고도화 • 이미지/3차원 데이터 기반 공포부 분석 및 구조 추론 기술 • 자연어 기반 설계 자동화 및 CAD 연동 기술 • 도면 이미지 기반 구조 부재 형태 설명 생성 및 CAD 명령
	단계	연차	개발 목표	주요 개발 내용								
1 단계	1 차년도	목조 건축유산 분석 및 설계 지능화 요소 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 목조 건축 도면 데이터셋 구축 및 분석 • 복합 건축물을 위한 멀티모달 건축유산 데이터 구축 및 분석 • 이미지 기반 건축 구성요소 분석 기술 개발 • 자연어-CAD 명령어 매핑 초기 연구 • 생성형 AI 기반 비파괴 내부 구조 분석 기초 연구 									
	2 차년도	목조 건축유산 복원 설계를 위한 설계 자동화 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 복합 구조물 데이터 및 구조추론 기술 고도화 • 이미지/3차원 데이터 기반 공포부 분석 및 구조 추론 기술 • 자연어 기반 설계 자동화 및 CAD 연동 기술 • 도면 이미지 기반 구조 부재 형태 설명 생성 및 CAD 명령 									

단 계	연 차	개발 목표	주요 개발 내용			
			2 단 계	3 차 년 도	개발	<ul style="list-style-type: none"> 자동 생성 기술 건축유산 가상 설계를 위한 구조 추론 및 CAD 변환 지원 기술 불완전데이터 기반 레퍼런스 건축물 설계 기술 목조 건축 유산 가상 설계 시스템 통합
					AI 설계 Agent 프로토타입 및 설계 및 구현	<ul style="list-style-type: none"> 목조 건축물 정보 분석 및 설계를 위한 키워드 추출 기술 건축 유산 대화형 설계 도구 연동 인터페이스 설계 및 학습 데이터 구축 대화형 전통 목조 건축물 설계를 위한 맞춤형 모델 학습 기술 건축 유산 관련 규정 학습을 위한 데이터 구축 및 가공기술 건축 유산 설계 관련 가공 데이터 기반 건축 유산 규정 검색 기술 건축유산 목구조 변환 결과물 H-BIM 적용을 위한 인터페이스 설계 H-BIM 연동을 위한 객체 형상 및 구축 목구조 기반 결합 기술 복원 설계 데이터-메타데이터 구조 및 워크플로우 표준(권고안) 초안 도출
4 차 년 도	AI 설계 Agent 고도화 및 H-BIM 연동	<ul style="list-style-type: none"> AI 설계 Agent 고도화 및 검증 건축유산 복원 설계 도구와 H-BIM 연동을 위한 가이드 라인 건축 목구조 변환 및 H-BIM 적용을 위한 컨버팅 기술 실증 아시아 건축유산 관련 기술 교류회 및 전시 단체표준(TTA) 제정 추진 및 국가표준(KS)·국제표준(ISO 19650 계열 등) 연계 로드맵 수립 				

항목	목표 수치	기준/근거
전통 부재 인식 정확도	95 ≤	<ul style="list-style-type: none"> (국내최고수준) 94.7, ETRI, 한국, 도면 내 공포 부재 데이터 개발 목표치는 사진 및 도면에서 건축 부재 인식 정확도
건축 구조 생성 정확도	90 ≤	<ul style="list-style-type: none"> (국내최소수준) 80.0, ETRI, 한국, 자동 설계된 5량기 이하 주심포 건축물의 공포부/가구부 부재 수량일치도 개발 목표치는 복합 건축을 포함하여 평가
분석설계 소요시간 단축률	80 ≤	<ul style="list-style-type: none"> 기존 수작업 대비 AI 기반 시간 절감 비율 (전문가 평균 작업 시간 대비)
건축 유산 규정 검색 정확도	90 ≤	<ul style="list-style-type: none"> 사용자의 건축 유산 규정 질의 검색에 대한 정확도
3D 부재 분류 정확도	0.941 ≤	<ul style="list-style-type: none"> (세계최고수준) 0.941, Accuracy, Salseforce Research, 미국, 3차원 부재 분류 정확도
H-BIM 연동 실증 건수	2 ≤	<ul style="list-style-type: none"> 건축 문화유산 대상 실증 건수
설계 결과물 H-BIM 변환 지원 타입	5 ≤	<ul style="list-style-type: none"> 설계 에이전트 설계 결과물 (맞배, 팔작, 주심포, 다포 등) 형태 따른 H-BIM 변환 가능 타입의 수

○ 성과 창출 및 성과 활용·확산지표 및 목표치

1 단 계 (‘26~‘27)	<ul style="list-style-type: none"> (과학적 성과) SCIE 논문 1건 (JCR 분야별 상위 50% 이내), 국내저널 1건 (KCI) (기술적 성과) 특허 출원 2건, SW등록 1건 												
	<ul style="list-style-type: none"> (과학적 성과) SCIE 논문 1건 (JCR 분야별 상위 50% 이내), 국내저널 1건 (KCI) (기술적 성과) SW 등록 1건, 특허 출원 2건, 특허 등록 1건 (SMART BBB 이상) (경제적 성과) 기술이전 및 사업화 1건 (인프라 성과) H-BIM 연계 건축유산 실증 2건 (표준화 성과) AI 기반 건축유산 복원 설계 데이터.워크플로우 관련 단체표준(TTA) 1건 H-BIM 연계 가이드라인 1건 												
2 단 계 (‘28~‘29)	<ul style="list-style-type: none"> (경제적 성과) 기술이전 및 사업화 1건 (인프라 성과) H-BIM 연계 건축유산 실증 2건 (표준화 성과) AI 기반 건축유산 복원 설계 데이터.워크플로우 관련 단체표준(TTA) 1건 H-BIM 연계 가이드라인 1건 												
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학 · 기술적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 건축유산 분석 및 설계 기술 혁신을 통한 보존 기술 고도화 - AI 기반 건축유산 구조 분석 및 설계 최적화 및 효율화 달성 - AI 기반 건축유산 설계연계 H-BIM 모델 구축을 통한 복원 비용 절감 및 신속한 보존 전략 수립 ○ 경제 · 산업적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 건축유산 보존복원 관련 첨단 산업 활성화 및 AI 기반 신기술 창출 - 디지털 기반 건축유산 복원 기술을 활용한 글로벌 시장 진출 - 복원 비용 절감 및 유지보수 공정 자동화를 통한 산업 경쟁력 강화 ○ 정책 · 사회적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - AI 및 디지털 기반 건축유산 복원 정책 수립을 위한 기반 연구 지원 - 건축유산 활용 콘텐츠 및 서비스와 관광 - 건축유산 복원 설계 데이터.워크플로우에 대한 표준 모델 및 운영 가이드라인(안)을 통해 국내 건축유산 복원 설계 기준-지침 고도화에 기여하고, 관련 기술-데이터 모델의 국제 공조-기술 교류 기반을 마련함. 												
연구개발기간 및 연구개발비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : ‘26 ~ ‘29 (4개년) - 총 연구기간은 4년(2+2)이며, 1차년도 연구기간은 9개월임. ○ 연구개발비 : 61억원 <table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>계</th> <th>1차년도</th> <th>2차년도</th> <th>3차년도</th> <th>4차년도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>정부출연금</td> <td>61억원 이내</td> <td>15억원 이내</td> <td>20억원 이내</td> <td>16억원 이내</td> <td>10억원 이내</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> - 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음 ○ 선정 과제 수 : 1개과제 	구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	정부출연금	61억원 이내	15억원 이내	20억원 이내	16억원 이내	10억원 이내
	구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도							
정부출연금	61억원 이내	15억원 이내	20억원 이내	16억원 이내	10억원 이내								

2						지정 공모	
국가과학기술 표준분류		대분류	EE 정보/통신	중분류	EE01 정보이론 EH09 환경보건	소분류①	EE0108 인공지능
국가유산 기술분류		대분류	국가유산 보존기술	중분류	국가유산 진단 및 평가기술 국가유산 재료개발	소분류②	EH0901 환경보건 모니터링기술
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구	<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구		기술성숙도(TRL)	
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형	<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	<input type="checkbox"/> 공공증진형		
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정	<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 경쟁공모		
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제	
과제명		(한글명) 문화유산 해충 생태 맵핑 및 확산 예측 AI 시스템 개발					
		(영문명) AI System for Ecological Mapping and Spread Prediction of Cultural Heritage Pests					
추진배경 및 필요성		<p>○ 기후변화로 인한 해충 서식지 확산 및 문화유산 피해 심화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국내 건축문화유산 810건 중 국보와 보물로 지정된 목조건축문화유산은 236건으로 약 29.1%이고, 국가민속 문화유산으로 지정된 전통가옥이 144건, 오래된 전통가옥들이 잘 보존되어 마을 단위로 지정된 곳이 8곳으로 전국에 분포되어 있음(Cultural Heritage Administration, 2022). - 목조건축물의 경우는 외부 환경에 그대로 노출되어 있어 다양한 환경적 요인에 의해 손상되기 쉬우며, 온난화, 습도 변화 등으로 인해 문화유산을 훼손하는 곤충류(흰개미, 벌, 나무좀, 곰팡이균 등)의 개체 수 증가에 따른 피해 심화 - 미생물이나 곤충 등과 같은 생물종에 의한 피해 및 손상은 건축물의 형태 변화와 구조적 문제를 야기할 수 있어 이에 대한 대응 필요 - 기존 물리적·화학적 방제 방식은 제한적이며, 실시간 탐지 및 예측 기능이 부족 <p>○ AI 기반 해충 확산 예측 및 실시간 모니터링 체계 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존 해충 감시는 수동 조사 방식으로 진행되며, 다음과 같은 한계가 있음 <ul style="list-style-type: none"> · 객관성 부족: 육안 조사는 조사자의 경험과 숙련도에 따라 동일 상황도 다르게 판정되어 위험도 평가의 일관성 확보 곤란 · 조사 주기의 한계: 월 1-2회 정기 조사로는 빠른 해충 집단 증식(흰개미 군체는 3-4주에 수십배 증식 가능)을 조기 탐지하기 어려움 · 의사결정 근거 부족: 해충 탐지 후 피해 정도 판정, 확산 추세 예측, 최적 방제 시점 결정 등이 경험적 판단에 의존하여 과도한 방제 또는 방제 지연 등 비효율 발생 · 광역 추적 불가: 각 문화유산이 독립적으로 관리되어 해충의 문화유산 간 확산 경로 추적 불가능 					

<p>○ 문화유산 해충 관리 표준화 및 체계적인 대응 전략 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 문화유산 해충 관리 데이터를 센서·영상·기상·공간정보와 통합하여 관리할 수 있도록, 국가 차원의 표준화된 데이터 구조와 대응 시스템 구축이 필요함 - 해충 탐지·예측 결과, 위험도 등급·지수, 경보 단계 및 대응 프로토콜을 공통 지표와 구조로 정의하여, 지역·유형별 시스템 간 상호운용성을 확보할 필요가 있음 - (센서 데이터의 상호 호환 불가) IoT 센서에서 수집된 온습도·기압 데이터도 표준화된 메타데이터 형식이 없어 전국 센서 데이터를 통합·분석할 수 없음 - (정부 재난 시스템과의 미연계) 문화유산 해충 피해 정보가 국가재난안전관리 시스템과 연계되지 않아 재난으로 확대되는 상황에 대응 불가 <p>○ 국가유산 보호 차원의 해충 생태 빅데이터 구축 및 표준화 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 해충 피해 데이터 및 생태 모니터링 데이터를 공통 코드체제와 메타데이터 스키마로 표준화하여 관리할 필요성이 증대되고 있음 - 문화유산별 해충 피해 유형·발생 패턴과 기후·환경 데이터를 연계한 해충 생태 빅데이터 구축을 통해, 유형별·지역별 맞춤형 대응 전략을 수립할 수 있는 기반 마련 필요 <p>○ 국제 표준화 및 글로벌 협력 네트워크 확대 전략 강화</p> <ul style="list-style-type: none"> - ICOMOS(국제기념물유적협의회), CIPA Heritage Documentation 등과의 기술교류 활성화 - 유네스코 산하 세계유산센터와 AI 기반 복원 협력 로드맵 공동 개발 사례 추진→ 글로벌 문화유산 복원 기술 협업을 통한 기술 경쟁력 확보 흐름 <p>○ 세계 각국에서 기후 변화 대응 문화유산 관리 방안이 지속적으로 논의 중</p> <ul style="list-style-type: none"> - 흰개미와 같은 충류와 부후균 등 군류에 의한 목조문화유산의 생물피해가 전국적으로 확산됨에 따라 문화유산 보존관리를 위한 종합적인 대책 마련→ 목조건축문화유산의 생물피해 패턴 분석 및 환경 모니터링을 통해 환경인자에 기반한 예측 모델 연구 진행 <p>○ 파편적 기초 연구 집중에서 통합적 선제대응에 필요한 통합관리 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 목조문화유산 가해 생물종에는 흰개미를 비롯하여 빗살수염벌레, 넓적나무좀과 같은 딱정벌레목, 벌목 등의 곤충과 표면오염균 및 부후균 등에 대한 방제 대책 연구 됨 - 목조문화유산 방제를 위해 가해 상태와 주변 환경에 따라 방충방부제 도포, 토양처리제 처리, 군체제거시스템 설치 및 모니터링 등의 방법을 적용 관리 등 기존연구와 연계 필요 <p>○ 본 시스템 개발은 기술 성숙도와 적용 환경의 복잡도를 고려하여 단계적으로 추진하고자 함</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1단계에서는 실내·반실외 환경(박물관 수장고, 보호각 내 전통건축물, 실내 전시 공간 등)에 AI 기반 해충 탐지 및 모니터링 시스템을 집중 적용하여 기술의 신뢰성을 확보함 - 2단계에서는 축적된 데이터와 검증된 알고리즘을 바탕으로 실외 목조문화유산으로 단계적 확대 적용하고 이를 통해 현장 환경 변수(조도, 강수, 온습도 변화 등)에 강건한 시스템을 구축하고, 최종적으로는 국가 차원의 표준화된 해충 관리 체계를 정립하고자 함 	
---	--

개발 목표	<p>○ 최종 목표 : 기후 정보, 기상정보 데이터, 해충 숙주의 이동방향 등의 데이터를 통합하여 ① 문화유산 해충 발생 탐지 및 맵핑, ② 확산예측(경로 포함), ③ 해충 위험도 평가 및 방제·관리 의사결정을 지원하는 AI 기반 통합 위험관리 시스템 및 솔루션 개발·실증</p> <p>○ 단계별 목표</p>	
	1단계	<p>기술 신뢰성 확보 및 기초 데이터 구축</p> <p>실내·반실외 환경에 설치된 목조문화유산(박물관 수장고 소장 목조유물, 보호각 내 건축물, 실내 전시 공간)을 대상으로 AI 기반 해충 탐지·분류 시스템의 신뢰성을 입증하고, 실외 환경 확대 적용을 위한 고품질 학습데이터 및 기초 알고리즘 확보</p>
	2단계	<p>실외 환경 적응 및 확산 예측 시스템 완성</p> <p>1단계에서 축적한 학습데이터와 검증된 알고리즘을 바탕으로, 실외 환경에 적용한 AI 탐지 시스템을 개발하고, 기후·환경 데이터 기반 해충 확산 예측 알고리즘을 완성하여, 국가 차원의 통합 플랫폼에서 운영 가능한 수준으로 고도화</p>
핵심 개발 내용	<p>○ (Step 1) 기초 데이터 확보 및 생태 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> - 생태 데이터 확보 * 흰개미, 빗살수염벌레, 넓적나무좀과 같은 딱정벌레목, 벌목 등의 곤충과 표면오염균 및 부후균 등 - 온·습도별 성장률, 부화율, 번식 주기 정량화 - 목재 종류별 피해 패턴 분석 - 센서 신호 특성 규명 (음향, 열화상, 습도) - 현장 모니터링 - 30~40개소 월 1회 트랩 설치 - 500건 이상 피해 사례 DB - 12개월 연속 환경 센서 데이터 <p>○ (Step 2) AI 및 빅데이터 기반 동정 및 대응 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI 탐지·분류 모델 - 50,000장 학습데이터 - YOLOv8 + CBAM 등 - 95% 정확도(실내) / 85%(실외) - 데이터 생산 체계 - 수집→정제→가공→검수 표준 프로세스 - 곤충학 분야 전문가 + 기술 전문가 검수 (일치도 95%) - 실시간 학습 모니터링 대시보드 - 확산 예측 + 방제 최적화 - 기후 데이터 기반 생물위험도 (0~100점) - 30일/계절 확산 경로 시뮬레이션 (80%) 	

개발 단계 및 일정 (총 4년)	<ul style="list-style-type: none"> - 방제 시점방법 추천 (4단계 의사결정) ○ (Step 3) 국가 차원의 관리 시스템 구축 - 표준화 - TTA 단체표준 1건 이상 - 메타데이터 스키마 + AI 모델 평가 기준 - CAP 경보 체계 (4단계: 관심→주의→경계→심각) - 품질 가시화 대시보드 - 통합 플랫폼 - 클라우드 기반 웹 대시보드 - 실시간 GIS 맵핑 + 확산 예측 시각화 - REST API (지자체 연구기관 연계) - 모바일 앱 (iOS/Android) - 국가·국제 연계 - 국가재난안전관리 시스템 연동 - ICOMOS, UNESCO, ITU 협력 MOU 등 	
	연차	<p>개발 목표</p> <p>주요 개발 내용</p>
1차년도	<p>기초 기반 구축</p> <p>(실내·반실외 환경 중심, 기술 타당성 검증)</p>	<p>① 생태 특성 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> - 온습도별 성장률, 부화율, 번식 주기 측정 - 5개소 현장 모니터링 (월 1회 트랩) - 8개월 환경 센서 데이터 <p>② 데이터 수집 및 라벨링</p> <ul style="list-style-type: none"> - 15,000장 이미지 (현장 5K + 박물관 3K + 실험실 7K) - 500건 이상 피해 사례 DB - 전문가 감수 라벨링 체계 <p>③ IoT 센서 네트워크</p> <ul style="list-style-type: none"> - 57개소 센서 설치 - 실시간 대시보드 프로토타입 - AI 모델 v1 학습 (80%)
2차년도	<p>AI 고도화 + 시범 시스템</p> <p>(AI 정확도 95% 달성, 실시간 시스템 신뢰성 입증)</p>	<p>① 데이터 확대 및 품질 관리</p> <ul style="list-style-type: none"> - 50,000장 완성 (개체 7K + 피해 31.5K + 정상 20K) - 2단계 검수 (자동 + 전문가 감수) - 신뢰도 95% 이상 선별 <p>② AI 모델 고도화</p> <ul style="list-style-type: none"> - YOLOv8 + CBAM 적용 - 정확도: 85% → 90% → 95% - 오탐율: 10% → 5% - Semantic Segmentation + ResNet <p>③ 실시간 시스템 시범</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3개소 (전통건축문화유산 등) - 3개월 운영 (4~6월) - 사용자 피드백 수집 <p>④ 확산 예측 초기 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 생물위험도 점수화 (0~100) - 정확도 목표 75% 이상
3차년도	<p>실외 확대 + 디지털트윈</p>	<p>① 실외 모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10개소 현장 데이터 수집

연차	개발 목표	주요 개발 내용
	(실외 정확도 85%, 확산 예측 완성, 다자 협력)	<ul style="list-style-type: none"> - 도메인 적응 기술 (실내-실외) - 정확도: 75% → 80% → 85% - 오탐율 12% 이하 - 경량화 모델 (엣지 디바이스) <p>② 멀티모달 센서 융합</p> <ul style="list-style-type: none"> - 음향 + 열화상 + 습도 - 오탐율 50% 감소 - 야간·약천후 대응 <p>③ 확산 예측 완성</p> <ul style="list-style-type: none"> - GIS 공간 데이터 통합 - Social Force Model 응용 - 30일/계절별 예측 - 정확도 80% 이상 <p>④ 디지털트윈 (3개소)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3D 건축물 모델 - 시뮬레이션 + 방재 전략 검증 <p>⑤ 대기관 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국가유산청 및 지자체 등 - 각 1개월 운영
4차년도	표준화 + 플랫폼 완성 (국가 시스템 완성, 국제 협력, 전국 보급 기반)	<p>① 표준화</p> <ul style="list-style-type: none"> - TTA 단체표준 1건 이상 * 데이터 표준 + 모델 평가 기준 * CAP 경보 체계 + 운영 가이드라인 <p>② 통합 플랫폼</p> <ul style="list-style-type: none"> - 웹 대시보드 (GIS 맵핑, 경보) - REST API (10개 엔드포인트) - 모바일 앱 (iOS/Android) - CAP 자동 경보 생성 <p>③ 국가재난 연계</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국가유산청 등 <p>④ 국제 협력</p> <ul style="list-style-type: none"> - ICOMOS/UNESCO/ITU MOU 1건 이상 - 유럽 라이선싱 협상 <p>⑤ 기술 이전</p>
항목	목표 수치	기준/근거
해충탐지 정확도	95% 이상	<ul style="list-style-type: none"> • AI가 문화유산 내 해충 존재 여부를 정확히 탐지한 비율(%) 측정 • Detection Accuracy
종(種) 식별 정확도	95% 이상	<ul style="list-style-type: none"> • AI 시스템이 탐지된 해충을 종 단위로 정확히 분류한 비율(%) 측정 • Classification Accuracy
해충탐지 오탐율	5% 이하	<ul style="list-style-type: none"> • AI가 정상 데이터를 해충으로 잘못 탐지한 비율 측정 • False Positive Rate
확산예측 알고리즘 정확도	90% 이상	<ul style="list-style-type: none"> • 실제 확산결과와 AI 기반 확산예측 알고리즘 결과값 비교 (Prediction Accuracy)

항목	목표 수치	기준/근거
해충생태 맵핑 정확도	95% 이상	<ul style="list-style-type: none"> • 실제 맵핑결과와 AI 기반 건축물 모델링 맵핑 결과값 비교 (accuracy 기준)
확산예측 시뮬레이션 소요시간 단축율	70% 이상	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 수작업 대비 AI 기반 시간 절감 비율 (전문가 평균 작업 시간 대비)
데이터 실시간성	10분 이내	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 수집 후 분석 결과까지 소요되는 시간(분) 측정
시스템 가동률	99% 이상	<ul style="list-style-type: none"> • AI 기반 해충 예측 시스템의 안정적 작동 비율(%) 측정
알림 및 대응 정확도	95% 이상	<ul style="list-style-type: none"> • AI가 제공한 경고 및 대응 조치가 실제 현장 상황과 일치하는 비율(%) 측정
학습데이터 품질 적합율	95% 이상	<ul style="list-style-type: none"> • 라벨링 데이터의 학습목적 적합도 및 정확성 기준(NIA 인공지능학습용 데이터 품질관리 가이드라인 기준)
표준화 성과(데이터·모델·경보 체계)	<ul style="list-style-type: none"> • 단체표준 1건 이상 • 표준 모델 가이드라인 1건 이상 	<ul style="list-style-type: none"> • 문화유산 해충 관리용 데이터·메타데이터·위험도·경보 체계에 대한 표준·가이드라인 제정 및 공공기관·지자체 적용 가능 수준
기대 효과	<p>○ 과학·기술적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - Edge AI 센서 및 IoT 기반 해충 탐지 및 피해 분석 기술 고도화 - 기후변화 및 환경 변화에 따른 해충 확산 예측 기술 개발 및 대응 체계 마련 - AI 및 디지털트윈을 활용한 문화유산 해충 피해 복원 시뮬레이션 기술 	
	<p>○ 경제·산업적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 축적된 해충 데이터에 AI 기술을 융합·활용하여, 해충 판독·확산 판단 시간 단축 및 정확도 개선을 통해 목조건축물 해충 방제 효과 제고 가능 - 문화유산 보호를 위한 AI 및 IoT 기반 스마트 방제 기술 산업 활성화 - AI 기반 문화유산 해충 관리 기술을 활용한 글로벌 해충 방제 시장 진출 가능 - 해충 피해 최소화 및 유지보수 비용 절감을 통한 문화유산 관리 효율성 향상 <p>○ 정책·사회적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국가 차원의 문화유산 해충 방제 정책 수립을 위한 데이터 기반 연구 지원 - AI 및 빅데이터 분석을 활용한 실시간 해충 피해 대응 정책 강화 - 글로벌 문화유산 보호 네트워크와 협력하여 국제 해충 방제 기술 연구 - AI 기반 해충 데이터·경보 체계의 단계·국가·국제 표준화를 통해, 국가유산 안전관리 정책과 재난대응 체계의 연계를 강화하고, 국제 해충 관리 협력의 기반을 마련함. 	

연구개발기간 및 연구개발비	○ 총 연구기간 : '26 ~ '29 (4개년) - 총 연구기간은 4년(2+2)이며, 1차년도 연구기간은 9개월임.					
	○ 연구개발비 : 20억원					
	구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
정부출연금	20억원 이내	3.3억원 이내	6.7억원 이내	6억원 이내	4억원 이내	
- 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음						
○ 선정 과제 수 : 1개과제						

3		지정 공모					
국가과학기술 표준분류	대분류	EE 정보/통신	중분류	EE08 정보통신 융합 서비스 EE01 정보이론	소분류①	EE0805 정보통신 융합 컴퓨팅 플랫폼 기술	
					소분류②	EE0108 인공지능	
국가유산 기술분류	대분류	국가유산 보존기술	중분류	국가유산 기록 기술 국가유산 진단 및 평가기술	소분류①	국가유산 기록 기술	
					소분류②	국가유산 보존 상태판단 기술	
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구	<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구			기술성숙도(TRL) (4) ~ (6)
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형	<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	<input type="checkbox"/> 공공증진형		
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정	<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 경쟁공모		
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제	
과제명		(한글명) 국가유산 지능형 이미지영상 통합 프레임워크 기술 개발 및 표준화					
		(영문명) Development and Standardization of Integrated Intelligent Image and Video Framework for National Heritage					
추진배경 및 필요성	○ 국가유산 보존에 활용할 수 있는 지능형 영상 분석 기술 개발 필요 - 국가유산(왕릉·사적지·자연유산 등)의 훼손 방지 및 구조 안전성을 실시간 모니터링하기 위해 AI 기반 이미지/영상 분석 기술 도입이 요구됨 - 전통적인 국가유산 모니터링 방식은 수동적이고, 실시간성이 낮고, 데이터 표준화가 부족하여 효율적인 관리가 어려운 상황						
	○ 디지털 트윈 및 AI 기술을 활용한 통합 영상 분석 시스템 필요 - 다양한 유형의 국가유산의 보존 및 분석을 위해 AI 기반 영상 데이터 처리 및 통합 관리 기술이 필요 - 디지털 트윈 기술을 활용하여 국가유산 예측 가능성을 극대화						
○ 영상 기반 국가유산 보호 기술의 표준화 및 국제화 필요 - 국가유산 대상 CCTV·드론·정지영상 등 다양한 영상·센서 데이터를 공통 구조와 메타데이터 스키마로 통합할 수 있는 국가 차원의 지능형 영상 데이터 표준 프레임워크 구축이 필요함. - 이상상황·손상·변위 등 위험 이벤트 유형과 경보 메시지 구조(CAP 등)를 표준화하여, 디지털트윈·관제 시스템·재난안전 시스템 간 상호운용성을 확보하고, 향후 단체표준(TTA)·국가표준(KS) 및 OGC·ISO/IEC 등 국제표준으로 확장 가능한 기반을 마련할 필요가 있음.							

개발 목표	<p>○ 최종목표 : AI 기반 국가유산 영상 분석 및 예측을 통해 이상 상황·훼손·변위를 탐지·예측하고, 디지털트윈과 연계된 지능형 통합관제 프레임워크와 영상·센서 데이터·위험 이벤트·CAP 기반 알림 체계에 대한 표준 모델을 제시하여, 국가유산 지능형 영상 통합 프레임워크의 참조 아키텍처 및 단체표준(TTA) 후보 규격을 개발·실증함.</p>
핵심 개발 내용	<p>○ AI 기반 국가유산 대상 영상 분석 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 실시간 영상 데이터 분석 및 예측 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 국가유산 훼손 방지를 위한 이상상황(침입, 위험행동 등) 탐지 · AI 기반 영상 내 손상변위 탐지 및 인식 기술을 통해 손상 자동 감지 · 드론 및 다중 CCTV 영상(RGB, 적외선 등) 기반 실시간 유산 모니터링 시스템 구축 - AI 기반 국가유산 손상 영상 데이터 수집 및 표준화 고도화 <ul style="list-style-type: none"> · 국가유산 손상 유형별 영상 데이터를 수집 및 자동 분류 데이터 처리 표준 개발 · CCTV드론고정형 카메라 등 수집 채널별로 공통 메타데이터 항목(위치, 시간, 촬영 조건, 센서 종류, 해상도 등)을 정의한 국가유산 영상 데이터 모델 설계 · AI 기반 손상 데이터 정제 및 표준화를 통해 국가유산 영상 보존 연구 적용 · 주요 이상상황손상변위 유형에 대한 표준 위험 패턴 정의 및 라벨링 체계 구축 <p>○ 국가유산 안전관리·방재를 위한 디지털트윈 기반 통합 관제 플랫폼 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 실시간 영상·센서 데이터를 디지털트윈과 연동하여 국가유산 상태를 미러링(재현)·모니터링하고, 시나리오별 시뮬레이션이 가능한 안전·방재 예측 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> · 수집된 영상·센서 데이터를 활용한 국가유산 보존을 위한 정밀 예측 모델 구축 · 손상 유형 및 영역을 시각화한 3D 훼손 지도 구축 · AI 기반 시뮬레이션을 활용한 문화유산 보존 전략 및 유지보수 최적화 · CAP 기반 이상상황 및 국가유산 손상 알람 기술 개발(손상 알람 센서CCTV드론 등 이벤트 데이터를 CAP 메시지로 통합 연계하는 기술) <ul style="list-style-type: none"> * CAP (Common Alerting Protocol) : 공통 경보 프로토콜 - 영상 데이터를 활용한 국가유산 보존 및 복구 지원 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> · AI 기반 영상 분석 및 시뮬레이션을 통한 문화유산 복구 지원 서비스 제공 · AI 기반 영상 데이터를 활용한 문화유산 구조 이상 탐지 기술 개발 · 스마트 기기 기반의 이상상황 및 유산 손상 알람 수신 서비스 기술 개발 <p>○ 국가유산 지능형 영상 통합 프레임워크 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현장 적용성 및 기술 안정화 검증을 위한 국가유산 대상 실증 <ul style="list-style-type: none"> · 국가유산 총 4건에서의 현장 적용성 테스트 및 개발 기술 1건 실증 · 실증 현장에서의 3개월 이상 실시간 데이터 취득(CCTV 설치, 드론 촬영 등) 및 분석 실시 · 제정된 손상·재난 분류 체계 및 손상 모니터링 지표에 따른 국내외 표준 현장 적용

	<p>○ AI 기반 영상 데이터 표준화 및 국제 협력 강화</p> <ul style="list-style-type: none"> · 국가유산 데이터의 표준 제정 및 국가유산 관리체계 적용 · AI 기반 국가유산 영상 데이터의 정제, 변환 및 스키마인터페이스 표준화 연구 추진(예: OGC SensorThings API, OGC API-Features 등과의 정합성 검토) · 국제 표준화 기구(예: ISO/TC 211, OGC, ITU-T 등) 및 해외 연구기관과 협력하여 표준안 공동 제안 및 기술 발전 추진 · AI 기반 문화유산 영상 분석 기술의 국제 연구 협력을 통한 지속적 기술 공유 및 확산 																								
개발 단계 및 일정 (총 4년)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>연차</th> <th>개발 목표</th> <th>주요 개발 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1 단계</td> <td>1 차년도</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> · AI 영상 분석 기반 유산 훼손 방지 및 진단 알고리즘 개발 · 손상 알람 시스템 사용자 및 시스템 요구사항 정의 · 국내 표준 과제 제안 및 과제 채택(영상 데이터 모델·손상 분류 체계 권고안 중시) </td> </tr> <tr> <td>2 차년도</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> · 사적지 내 이상상황 및 훼손 탐지를 위한 실가상 학습 DB구축 · AI 영상 분석 기반 이상상황 및 유산 훼손 탐지 기술 고도화 · 디지털트윈 기반 통합 모니터링 시스템 프로토타입 개발 · 국제 표준 과제 제안 및 과제 채택(CAP 기반 경보, 디지털트윈 연계 영상 데이터 프레임워크 등) </td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2 단계</td> <td>3 차년도</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> · 자연유산 내 이상상황 및 훼손 탐지를 위한 실가상 학습 DB구축 · AI 영상 분석 기반 이상상황 및 유산 훼손 탐지 기술 안정화 · 국내 표준 규격 초안 작성 완료 및 제출 </td> </tr> <tr> <td>4 차년도</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> · 통합 모니터링 SW 개발 및 지능형 모니터링 현장 실증·검증 · 디지털트윈 통합 관제 시스템 개발 · 시스템 운용 및 현장 적용 · 국내단체·국가·국제 표준 제정 </td> </tr> </tbody> </table>	연차	개발 목표	주요 개발 내용	1 단계	1 차년도	<ul style="list-style-type: none"> · AI 영상 분석 기반 유산 훼손 방지 및 진단 알고리즘 개발 · 손상 알람 시스템 사용자 및 시스템 요구사항 정의 · 국내 표준 과제 제안 및 과제 채택(영상 데이터 모델·손상 분류 체계 권고안 중시) 	2 차년도	<ul style="list-style-type: none"> · 사적지 내 이상상황 및 훼손 탐지를 위한 실가상 학습 DB구축 · AI 영상 분석 기반 이상상황 및 유산 훼손 탐지 기술 고도화 · 디지털트윈 기반 통합 모니터링 시스템 프로토타입 개발 · 국제 표준 과제 제안 및 과제 채택(CAP 기반 경보, 디지털트윈 연계 영상 데이터 프레임워크 등) 	2 단계	3 차년도	<ul style="list-style-type: none"> · 자연유산 내 이상상황 및 훼손 탐지를 위한 실가상 학습 DB구축 · AI 영상 분석 기반 이상상황 및 유산 훼손 탐지 기술 안정화 · 국내 표준 규격 초안 작성 완료 및 제출 	4 차년도	<ul style="list-style-type: none"> · 통합 모니터링 SW 개발 및 지능형 모니터링 현장 실증·검증 · 디지털트윈 통합 관제 시스템 개발 · 시스템 운용 및 현장 적용 · 국내단체·국가·국제 표준 제정 											
연차	개발 목표	주요 개발 내용																							
1 단계	1 차년도	<ul style="list-style-type: none"> · AI 영상 분석 기반 유산 훼손 방지 및 진단 알고리즘 개발 · 손상 알람 시스템 사용자 및 시스템 요구사항 정의 · 국내 표준 과제 제안 및 과제 채택(영상 데이터 모델·손상 분류 체계 권고안 중시) 																							
	2 차년도	<ul style="list-style-type: none"> · 사적지 내 이상상황 및 훼손 탐지를 위한 실가상 학습 DB구축 · AI 영상 분석 기반 이상상황 및 유산 훼손 탐지 기술 고도화 · 디지털트윈 기반 통합 모니터링 시스템 프로토타입 개발 · 국제 표준 과제 제안 및 과제 채택(CAP 기반 경보, 디지털트윈 연계 영상 데이터 프레임워크 등) 																							
2 단계	3 차년도	<ul style="list-style-type: none"> · 자연유산 내 이상상황 및 훼손 탐지를 위한 실가상 학습 DB구축 · AI 영상 분석 기반 이상상황 및 유산 훼손 탐지 기술 안정화 · 국내 표준 규격 초안 작성 완료 및 제출 																							
	4 차년도	<ul style="list-style-type: none"> · 통합 모니터링 SW 개발 및 지능형 모니터링 현장 실증·검증 · 디지털트윈 통합 관제 시스템 개발 · 시스템 운용 및 현장 적용 · 국내단체·국가·국제 표준 제정 																							
성능지표	<p>○ 요소기술 성능지표</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>항목</th> <th>목표 수치</th> <th>기준/근거</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AI 기반 이상상황(침입, 이상행동) 탐지</td> <td>95% 이상</td> <td>· 침입, 이상행동 탐지/현재 기술 수준(85%)</td> </tr> <tr> <td>AI 기반 유산 표면손상 탐지 정확도</td> <td>0.9mAP 이상</td> <td>· 유산 표면 손상유형 탐지 정확도 /현재 기술 수준(0.85 mAP)</td> </tr> <tr> <td>AI 기반 유산 표면손상 분류 정확도</td> <td>95% 이상</td> <td>· 유산 표면 손상유형 분류 정확도 /현재 기술 수준(90%)</td> </tr> <tr> <td>AI 기반 유산 변위 탐지 정확도</td> <td>95% 이상</td> <td>· 유산 변위 탐지 정확도 /현재 기술 수준(90%)</td> </tr> <tr> <td>AI 기반 유산 훼손 예측</td> <td>90% 이상</td> <td>· AI기반 시뮬레이션 및 영상 분석을 통한 유산 훼손 예측 정확도/현재 기술 수준(50%)</td> </tr> </tbody> </table> <p>○ 통합 프레임워크 및 관제 성능지표</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>항목</th> <th>목표 수치</th> <th>기준/근거</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CAP기반 상황 전파 시간</td> <td>5초 이내</td> <td>· 손상 발생 시 상황 전파 시간 /현재 기술 수준(10초)</td> </tr> </tbody> </table>	항목	목표 수치	기준/근거	AI 기반 이상상황(침입, 이상행동) 탐지	95% 이상	· 침입, 이상행동 탐지/현재 기술 수준(85%)	AI 기반 유산 표면손상 탐지 정확도	0.9mAP 이상	· 유산 표면 손상유형 탐지 정확도 /현재 기술 수준(0.85 mAP)	AI 기반 유산 표면손상 분류 정확도	95% 이상	· 유산 표면 손상유형 분류 정확도 /현재 기술 수준(90%)	AI 기반 유산 변위 탐지 정확도	95% 이상	· 유산 변위 탐지 정확도 /현재 기술 수준(90%)	AI 기반 유산 훼손 예측	90% 이상	· AI기반 시뮬레이션 및 영상 분석을 통한 유산 훼손 예측 정확도/현재 기술 수준(50%)	항목	목표 수치	기준/근거	CAP기반 상황 전파 시간	5초 이내	· 손상 발생 시 상황 전파 시간 /현재 기술 수준(10초)
항목	목표 수치	기준/근거																							
AI 기반 이상상황(침입, 이상행동) 탐지	95% 이상	· 침입, 이상행동 탐지/현재 기술 수준(85%)																							
AI 기반 유산 표면손상 탐지 정확도	0.9mAP 이상	· 유산 표면 손상유형 탐지 정확도 /현재 기술 수준(0.85 mAP)																							
AI 기반 유산 표면손상 분류 정확도	95% 이상	· 유산 표면 손상유형 분류 정확도 /현재 기술 수준(90%)																							
AI 기반 유산 변위 탐지 정확도	95% 이상	· 유산 변위 탐지 정확도 /현재 기술 수준(90%)																							
AI 기반 유산 훼손 예측	90% 이상	· AI기반 시뮬레이션 및 영상 분석을 통한 유산 훼손 예측 정확도/현재 기술 수준(50%)																							
항목	목표 수치	기준/근거																							
CAP기반 상황 전파 시간	5초 이내	· 손상 발생 시 상황 전파 시간 /현재 기술 수준(10초)																							

○ 성과 지표		
항목	목표 수치	기준/근거
국내외 표준	5건 이상	• 국내 단체 표준 제정 2건 이상, 국제 표준 제정 2건 이상, 국가표준 제정 1건 이상
국제심포지엄	2건 이상	• 국제 연구협력 및 성과 교류를 위한 심포지엄 개최
국가유산 유형 수	4건	• 왕릉사적지자연유산 등
실증 유형 수	1건	• 왕릉사적지자연유산 등
논문	4건 이상	• SCI(E) 2건 이상 • 국제학술대회 2건 이상
특허	3건 이상	• 국내 2건 (출원 또는 등록) • 국제 1건 (출원 또는 등록)

기대 효과	○ 과학·기술적 기대효과
	<ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 국가유산 자동 영상 분석 및 보존 기술 개발을 통한 연구 성과 도출 - 디지털 트윈 및 영상 분석 기술을 활용한 국가유산 보존 연구 고도화 - AI 기반 국가유산 영상 데이터 표준화를 통한 국가유산 보호 기술의 확산 및 활용성 증가
기대 효과	○ 경제·산업적 기대효과
	<ul style="list-style-type: none"> - 국가유산 보존·복원 관련 AI 기반 신산업 및 기술 개발 활성화 - 디지털 기반 국가유산 영상 보호 기술을 활용한 글로벌 연구 협력 확대 및 시장 개척 - 국가유산 보존 기술을 활용한 AI 영상 분석 응용 분야 확장 및 산업 경쟁력 강화
기대 효과	○ 정책·사회적 기대효과
	<ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 국가유산 보호 기술 개발을 통한 정책 수립 및 공공 연구 지원 - AI 및 영상 기반 국가유산 보존 기술의 대국민 활용성 증대 및 문화유산관광 콘텐츠 확장 - 국가유산 지능형 영상 통합 프레임워크 및 데이터 모델의 국제 표준화 추진을 통해 글로벌 연구 협력 및 기술 경쟁력 강화

연구개발기간 및 연구개발비	○ 총 연구기간 : '26 ~ '29 (4개년)											
	- 총 연구기간은 4년(2+2)이며, 1차년도 연구기간은 9개월임.											
연구개발기간 및 연구개발비	○ 연구개발비 : 20억원											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>계</th> <th>1차년도</th> <th>2차년도</th> <th>3차년도</th> <th>4차년도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>정부출연금</td> <td>20억원 이내</td> <td>3.3억원 이내</td> <td>6.7억원 이내</td> <td>6억원 이내</td> <td>4억원 이내</td> </tr> </tbody> </table>	구분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	정부출연금	20억원 이내	3.3억원 이내	6.7억원 이내	6억원 이내
구분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도							
정부출연금	20억원 이내	3.3억원 이내	6.7억원 이내	6억원 이내	4억원 이내							
연구개발기간 및 연구개발비	- 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음											
	○ 선정 과제 수 : 1개과제											

4					지정 공모	
국가과학기술 표준분류	대분류	EA 기계	중분류	EA14 재난안전기계	소분류①	EA1408 위험감지/ 모니터링 장비
		EE 정보/통신		EE01 정보이론	소분류②	EE0108 인공지능
국가유산 기술분류	대분류	국가유산 보존기술	중분류	매장국가유산 조사 기술	소분류①	수중조사기술
					소분류②	물리탐사기술
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구	<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구	기술성숙도(TRL)	
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형	<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	(4) ~ (7)	
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정	<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 공공증진형	
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제
과제명		(한글명) 무인자율 군집운항 기반 수중문화유산 탐사 기술개발 및 표준화				
		(영문명) Development and Standardization of Autonomous Swarm Underwater Exploration Technology for Underwater Cultural Heritage				
신규과제 예비후보	15	무인자율 군집운항 기반 수중문화유산 탐사 기술 개발 및 표준화				
추진배경 및 필요성	○ 수중문화유산 탐사 효율성 저하 및 관리 한계 심화					
	<ul style="list-style-type: none"> - 단독 플랫폼 의존성이 강한 기존의 수중문화유산 탐사기법은 소수 전문가에 의하여 제한적인 기술과 자원을 활용하여 이루어지므로 통상적으로 발생하는 탐사조건의 변화에서 효과적이고 안정적인 성과를 기대하기에는 많은 한계 - 특히, 탐사 과정에서 필연적으로 발생하는 시간과 인력의 과다 소모, 안전사고 위험성, 전문가 개인 숙련도에 따른 결과 편차 등 구조적 한계는 수중문화유산의 체계적 관리 및 장기 모니터링의 성과와 품질을 크게 저하시키는 대표적인 요인 - 개별 드론(ROV/AUV)에 의존하는 단일 플랫폼 탐사기법과 운용방식은 이러한 요인들에 크게 영향을 받아 광역적 조사 및 유물의 정밀 탐지·분류·보존 상태 파악에 제약 					
추진배경 및 필요성	○ 수중문화유산의 효율적 관리 및 보존을 위한 기술 고도화 필요					
	<ul style="list-style-type: none"> - 최근 GPS, LiDAR, 카메라, 음향센서 등 요소기술들의 급속한 발전과 효율적인 융합으로 수중문화유산의 보다 효과적 탐지와 관리를 위한 다중센서 기반의 무인자율이동체(ASV) 군집화 실현이 가시화되고 있고 AI·머신러닝 기반의 의사결정 시스템 및 실시간 데이터 분석 기술의 접목이 보편적인 필수 요구사항 					

	<ul style="list-style-type: none"> - 이를 통해 ① 단일 장비 탐사 한계 극복(군집 운항 및 복합 탐사 기술 구현), ② 탐사 데이터 정합성 향상(다중 센서 융합 기술 적용을 통한 실시간 판독), ③ 실시간 제어 강화 (실시간 자료 처리와 군집 제어 알고리즘 개발), ④ 수중 탐사 및 데이터 표준화 (군집운항 절차, 센서 설정, 다중센서 데이터 구조·메타데이터·품질지표를 공통 기준으로 정의하여 과제·기관 간 비교·재활용이 가능하도록 하는 표준 체계 마련) 등을 통해 수중문화유산 탐사의 범용성과 객관성을 확보할 필요가 있음 <p>○ ASV 다중자료 판독의 한계와 AI 자동 탐지 기술의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존 ASV를 이용한 수중문화유산 탐사는 다중 센서(MBES, SBP, SSS 등)를 활용한 복합탐사 기술을 통해 정밀한 해저 지층 및 유물 분포 정보를 획득하고 있으나, 현업 판독 과정은 대부분 전문가의 수작업에 의존하여 분석 시간이 과다하게 지연되거나 주관적 오류가 발생할 우려 - 해양 환경(수심, 탁도, 조류 등)에 따라 신호 특성이 불규칙하게 변해 이상체의 실시간 판별이 어렵고 탐사 효율이 낮음 - 특히 이상체(매물 유물, 인공 구조물, 암반 등)의 형태는 센서별로 반응 패턴이 다르기 때문에 음향·자력·영상 등 복합 데이터의 통합 분석이 필수적임 - 복합탐사 기술이 실증 단계에 도달한 현재, AI를 이용한 실시간 이상체 자동 탐지 및 분석 기술을 적용하면 현장에서 즉시 이상체를 인식하고 재탐사 지점을 제시할 수 있어 탐사 정확도와 효율성의 혁신적 향상이 가능 <p>○ 기존 연구의 한계 및 후속 R&D 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 그간의 선행 연구를 통해 자율운항과 탐사 기술의 단일 운항 중심의 기초 기술 축적은 이루어졌으나, 군집운항 기반 복합탐사 기술, 데이터 정합성 확보, 표준화 및 현장 실증 부분은 아직 미비 - 향후에는 군집 자율운항 알고리즘, 다중 센서 데이터 융합 기술, 탐사 데이터의 표준화 및 실증 기반 검증 등으로 연구 방향 확장이 필요 <p>○ 국내외 기술 동향</p> <ul style="list-style-type: none"> - (국내) 방위사업청, 해양경찰청, 한화시스템, LIG넥스원 등에서 군집 수색 및 자율운항 기술을 접목한 무인수상정(USV/ASV) 개발과 시현이 활발히 진행 중이며, 자율운항과 위험물 회피 기능을 포함한 복합탐사용 단일운항 자율이동체(ASV) 개발 및 현장 실증 연구가 선행됨. 또한 수중 센서 정합 및 시간 동기화 기술의 고도화 연구가 병행 중임 - (국외) 미국, 영국, 프랑스, 독일 등 해양 선진국에서는 다양한 형태의 무인자율이동체(ASV) 개발이 활발하며, EU Horizon, IOC 등에서 수중 로봇 협력 프로젝트 및 표준화 논의가
--	--

	<p>확산 중임. 다만, 대부분이 단일 탐사장비 기반의 ASV 개발에 머물러 있으며, 복합탐사형 군집운항 플랫폼은 미개발 상태임</p> <p>○ 기획 주안점</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 연구과제에서는 군집 자율운항 및 AI 기반 복합탐사 기술을 적용한 수중문화유산 탐사 체계를 구축하고, 탐사·분석·표준화 공정의 통합 플랫폼을 개발하여 “지속가능한 수중문화유산 관리 및 탐사체계 고도화”를 실현하고자 함 				
	<p>○ 최종 목표 : 수중문화유산의 효율적·정밀한 탐사·조사를 위하여 ① 무인자율 군집운항 기반 통합 탐사 운영체계, ② AI 기반 실시간 이상체 탐지·판별 기술, ③ 다중센서 탐사 데이터 및 탐사 절차 표준화 체계(데이터 모델·메타데이터·품질지표·운영 프로토콜)를 개발·실증하여, 향후 단체표준(TTA) 및 OGC·ISO/TC 211 등 국제표준으로 확장 가능한 수중문화유산 탐사 참조모델을 제시함.</p> <p>○ 단계 목표[TRL(3) ~ (7)] 및 주요 연구개발내용</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">1단계 (26~27)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 복합탐사 데이터 확보와 이상체 학습 기반 및 자동 탐지 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 복합탐사 가능한 무인자율이동체(ASV) 1대 제작 - 무인자율이동체(ASV) 운항 및 자율항법 정밀도 검증으로 실증 기반 확보 - 군집운항(2대 이상 선체 운항 기술) 알고리즘 개발 - MBES, SBP, SSS 등 복합데이터 수집 및 AI 학습용 데이터셋 구축 - 연산 속도를 고려한 다중 탐사 자료의 전처리 체계 구축 및 실시간 그리딩 기술 개발 - 다중센서 융합 기반 이상체 탐지 및 3D 인식 모델 개발, 실시간 재구성 기술 확보 - 실시간 3D 그리딩 및 시각화 기능을 통한 탐사 중 이상체 위치형태 확인 기술 개발 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2단계 (28~29)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 분석 시스템 고도화와 데이터 표준화 및 신뢰도 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 2대 이상 선체를 이용한 군집운항 및 실해역 데이터 취득(1km²) - 실시간 스트리밍 기반 데이터 처리엔진과 자동 시각화 기능 구현 - 3D 모델링·그리딩 체계 구축 및 원격 탐사체계 운영 - 실제 해역 실증을 통한 탐지 정확도·처리속도 목표 달성 및 데이터 품질 검증 - 탐지 신뢰도 평가 및 실시간 AI 탐지를 이용한 경보 및 재탐사 위치 제안 </td> </tr> </table>	1단계 (26~27)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 복합탐사 데이터 확보와 이상체 학습 기반 및 자동 탐지 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 복합탐사 가능한 무인자율이동체(ASV) 1대 제작 - 무인자율이동체(ASV) 운항 및 자율항법 정밀도 검증으로 실증 기반 확보 - 군집운항(2대 이상 선체 운항 기술) 알고리즘 개발 - MBES, SBP, SSS 등 복합데이터 수집 및 AI 학습용 데이터셋 구축 - 연산 속도를 고려한 다중 탐사 자료의 전처리 체계 구축 및 실시간 그리딩 기술 개발 - 다중센서 융합 기반 이상체 탐지 및 3D 인식 모델 개발, 실시간 재구성 기술 확보 - 실시간 3D 그리딩 및 시각화 기능을 통한 탐사 중 이상체 위치형태 확인 기술 개발 	2단계 (28~29)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 분석 시스템 고도화와 데이터 표준화 및 신뢰도 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 2대 이상 선체를 이용한 군집운항 및 실해역 데이터 취득(1km²) - 실시간 스트리밍 기반 데이터 처리엔진과 자동 시각화 기능 구현 - 3D 모델링·그리딩 체계 구축 및 원격 탐사체계 운영 - 실제 해역 실증을 통한 탐지 정확도·처리속도 목표 달성 및 데이터 품질 검증 - 탐지 신뢰도 평가 및 실시간 AI 탐지를 이용한 경보 및 재탐사 위치 제안
1단계 (26~27)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 복합탐사 데이터 확보와 이상체 학습 기반 및 자동 탐지 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 복합탐사 가능한 무인자율이동체(ASV) 1대 제작 - 무인자율이동체(ASV) 운항 및 자율항법 정밀도 검증으로 실증 기반 확보 - 군집운항(2대 이상 선체 운항 기술) 알고리즘 개발 - MBES, SBP, SSS 등 복합데이터 수집 및 AI 학습용 데이터셋 구축 - 연산 속도를 고려한 다중 탐사 자료의 전처리 체계 구축 및 실시간 그리딩 기술 개발 - 다중센서 융합 기반 이상체 탐지 및 3D 인식 모델 개발, 실시간 재구성 기술 확보 - 실시간 3D 그리딩 및 시각화 기능을 통한 탐사 중 이상체 위치형태 확인 기술 개발 				
2단계 (28~29)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 분석 시스템 고도화와 데이터 표준화 및 신뢰도 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 2대 이상 선체를 이용한 군집운항 및 실해역 데이터 취득(1km²) - 실시간 스트리밍 기반 데이터 처리엔진과 자동 시각화 기능 구현 - 3D 모델링·그리딩 체계 구축 및 원격 탐사체계 운영 - 실제 해역 실증을 통한 탐지 정확도·처리속도 목표 달성 및 데이터 품질 검증 - 탐지 신뢰도 평가 및 실시간 AI 탐지를 이용한 경보 및 재탐사 위치 제안 				
개발 목표					
핵심 개발 내용	<p>○ 수중문화유산 탐사 효율성을 높이기 위한 군집운항 및 자율탐사 기반 운영모델 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 다중 무인장비 운용·관리 절차 및 데이터 관리기준 수립 - 탐사결과와 통합 관리 및 데이터 품질 확보를 위한 검증체계 정립 - 대표 해역을 중심으로 탐사 실증을 수행하고, 운영지침을 제시 - 다중 ASV 협업: 복수의 무인선이 탐사 구역을 분할·배정하여 자동 임무 수행 - 효율성 극대화: 조사 면적 확대, 탐사 시간 단축, 동일 조건의 자료 확보 - 단일 탐사체 대비 탐사 면적·시간·탐지율 향상 효과를 정량 분석·모델링하는 군집운항 전략 설계 				

<p>○ 복합 탐사 데이터 융합 및 정합 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 다중센서 융합: 다중 탐사 취득 자료의 시공간 정합 및 동기화 - 데이터 전처리: 주파수, 반사강도, 자력 이상 등 신호 특성 기반 통합 스케일링 - 실시간 파이프라인: 실시간 데이터 스트리밍 및 융합 처리 프레임워크 구축 - 정확도 향상: 복수 센서 데이터 융합을 통한 공간 정밀도 개선 및 잡음 제거 - 수심·좌표·시간 정보 기반 다중센서 데이터 정합 기준 및 품질 관리 절차 정의 <p>○ 실시간 3D 그리딩 및 표준화 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3D 모델링: 다중센서 데이터를 실시간으로 자동 그리딩 및 시각화 - 즉시성 확보: 탐사 중 이상체의 위치·형태를 실시간 확인 및 재탐사 위치 제안 - 비균등비정형 탐사 데이터의 공간 연속성 확보 및 효율적 연산 속도 설계 - 신뢰도 검증 및 표준화: 전문가 판독 결과와의 일치율(Precision, Recall, IoU) 기반 성능 평가 - 실시간 데이터 품질관리(QC) 및 이상치 자동 검출 알고리즘 개발 - 표준화: 수중문화유산 탐사 표준화 및 데이터 관리 표준화, AI분석 데이터 표준 확립 - 탐사 경로, 탐사 속도, 센서 설정 등 탐사 절차의 최소 표준 프로토콜 정의 - 다중센서 통합 데이터의 파일 포맷·메타데이터·품질 기준에 대한 표준(안) 마련 - 수중 탐사 데이터 모델·파일 포맷·좌표계가 OGC·ISO/TC 211 등 기존 공간정보 국제 표준과 정합성을 갖도록 설계하고, 단체표준(TTA) 제정 후보 규격 도출 <p>○ AI 기반 이상체 자동 탐지 및 판별 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 딥러닝 모델 개발: CNN·Transformer 기반 2D/3D 특징 추출 및 이상 패턴 학습 - 이상체 분류: 매물 유물·인공 구조물·암반 등 유형별 특징 분류 모델 구축 - 데이터 불균형 대응: 합성·증강·자가지도학습·도메인 적용 기법 적용 - 실시간 추론: 스트리밍 데이터 입력 시 5분(근접 측선 조사 후) 이내 자동 판별 및 경보 - 시각화: 히트맵·3D voxel 기반 탐지 결과 시각화 및 자동 재탐사 위치 제안 - 수중환경 난이도(수심, 조류, 탁도, 노이즈 수준)에 따른 AI 모델 적용 범위 및 한계 조건 정의 - 단독(단일) 탐사체 대비 군집 탐사 시 이상체 탐지율·오탐률·분석 시간 개선 효과를 정량 비교 - 이상체 탐지율·오탐률·분석시간 등 AI 성능지표의 정의·평가 방법을 표준화하여, 타 과제·기관과 비교·재활용이 가능한 AI 탐지 성능 평가 프레임워크를 마련

개발 단계 및 일정 (총 4년/2단계)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>단계</th> <th>연차</th> <th>개발 목표</th> <th>주요 개발 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">1단계 (26~27)</td> <td style="text-align: center;">1차년도</td> <td>자율운항선 체적화 복합탐사 데이터 구조 확립 및 이상체 학습 기반 구축</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • MBES, SBP, SSS 등 복합 데이터 수집 및 전처리 • AI 학습용 데이터셋 구축 • 이상 패턴 분석 및 기본 베이스 모델 설계 • 천수심(2m) 운항 및 환경 인식·장애물 회피 알고리즘 개발 • 자율운항 성능 및 복합 데이터 수집 안정성 검증 • 실시간 3D 그리딩을 위한 다중센서 데이터 융합 기반 구조 설계 • 3D 모델링 자동화 및 초기 시각화 알고리즘 프로토타입 구축 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2차년도</td> <td>군집운항 선체 제작 연산 효율성을 통한 3D 엔진 구현 이상체 자동 탐지 알고리즘 개발</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 복합탐사 가능한 무인자율이동체(ASV) 1대 제작 • 다중센서 융합 기반 이상체 탐지 알고리즘 고도화 • SOTA 알고리즘 기반 3D 이상체 인식 모델 개발 • 복합탐사 장비 연동 실험 및 자율항법 정밀도 향상 • 고속 데이터처리 기반 실시간 3D 재구성 기술 개발 • 자율운항 4시간 이상 실증 운항시험 수행 • 실시간 3D 그리딩 및 이상체 위치·형태 시각화 기능 통합 • 탐사 중 즉시성 확보를 위한 이상체 실시간 확인 및 재탐사 위치 제안 알고리즘 개발 </td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">2단계 (28~29)</td> <td style="text-align: center;">3차년도</td> <td>군집운항 현장 실증 실시간 분석 시스템 및 스트리밍 구조 구현</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 실시간 데이터 스트리밍 처리엔진 구축 • 이상체 탐지 결과의 자동 시각화 및 재탐사 위치 제안 기능 개발 • 온라인 분석 프로토타입 구현 • 데이터 품질 진단(QC) 및 이상체 탐지 알고리즘 설계 및 적용 • 3D 모델링·그리딩 처리 체계 구현 • ASV 2대 이상 군집 운항 탐사 알고리즘 실증 • 원격 관제·협업형 탐사체계 현장 실증 운영 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4차년도</td> <td>현장 실증 및 성능 검증 표준화 모델 확립</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 실시간 데이터 공유·제어 기술 및 탐사 제어 체계 구축 • 실제 해역 실증(ASV 연동 실시간 탐지 검증) 수행 • 실시간 품질관리 및 이상체 검출 모듈의 현장 검증 및 신뢰도 평가 • 탐지 정확도 ≥95%, 분석 시간 ≤3분 목표 달성 • 현장 실증 탐사 수행 및 데이터 품질 검증 • 수중데이터 표준화 및 신뢰도 평가 체계 수립 • 자율이동체를 이용한 수중문화유산 탐사 및 데이터 관리 표준화 및 탐사 지침서 작성 • 수중 탐사 데이터-운영 프로토콜 관련 단체표준(TTA) 제정 추진 및 OGC-ISO/TC 211 등 국제표준 연계 로드맵 수립 </td> </tr> </tbody> </table>	단계	연차	개발 목표	주요 개발 내용	1단계 (26~27)	1차년도	자율운항선 체적화 복합탐사 데이터 구조 확립 및 이상체 학습 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> • MBES, SBP, SSS 등 복합 데이터 수집 및 전처리 • AI 학습용 데이터셋 구축 • 이상 패턴 분석 및 기본 베이스 모델 설계 • 천수심(2m) 운항 및 환경 인식·장애물 회피 알고리즘 개발 • 자율운항 성능 및 복합 데이터 수집 안정성 검증 • 실시간 3D 그리딩을 위한 다중센서 데이터 융합 기반 구조 설계 • 3D 모델링 자동화 및 초기 시각화 알고리즘 프로토타입 구축 	2차년도	군집운항 선체 제작 연산 효율성을 통한 3D 엔진 구현 이상체 자동 탐지 알고리즘 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 복합탐사 가능한 무인자율이동체(ASV) 1대 제작 • 다중센서 융합 기반 이상체 탐지 알고리즘 고도화 • SOTA 알고리즘 기반 3D 이상체 인식 모델 개발 • 복합탐사 장비 연동 실험 및 자율항법 정밀도 향상 • 고속 데이터처리 기반 실시간 3D 재구성 기술 개발 • 자율운항 4시간 이상 실증 운항시험 수행 • 실시간 3D 그리딩 및 이상체 위치·형태 시각화 기능 통합 • 탐사 중 즉시성 확보를 위한 이상체 실시간 확인 및 재탐사 위치 제안 알고리즘 개발 	2단계 (28~29)	3차년도	군집운항 현장 실증 실시간 분석 시스템 및 스트리밍 구조 구현	<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 데이터 스트리밍 처리엔진 구축 • 이상체 탐지 결과의 자동 시각화 및 재탐사 위치 제안 기능 개발 • 온라인 분석 프로토타입 구현 • 데이터 품질 진단(QC) 및 이상체 탐지 알고리즘 설계 및 적용 • 3D 모델링·그리딩 처리 체계 구현 • ASV 2대 이상 군집 운항 탐사 알고리즘 실증 • 원격 관제·협업형 탐사체계 현장 실증 운영 	4차년도	현장 실증 및 성능 검증 표준화 모델 확립	<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 데이터 공유·제어 기술 및 탐사 제어 체계 구축 • 실제 해역 실증(ASV 연동 실시간 탐지 검증) 수행 • 실시간 품질관리 및 이상체 검출 모듈의 현장 검증 및 신뢰도 평가 • 탐지 정확도 ≥95%, 분석 시간 ≤3분 목표 달성 • 현장 실증 탐사 수행 및 데이터 품질 검증 • 수중데이터 표준화 및 신뢰도 평가 체계 수립 • 자율이동체를 이용한 수중문화유산 탐사 및 데이터 관리 표준화 및 탐사 지침서 작성 • 수중 탐사 데이터-운영 프로토콜 관련 단체표준(TTA) 제정 추진 및 OGC-ISO/TC 211 등 국제표준 연계 로드맵 수립
	단계	연차	개발 목표	주요 개발 내용															
	1단계 (26~27)	1차년도	자율운항선 체적화 복합탐사 데이터 구조 확립 및 이상체 학습 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> • MBES, SBP, SSS 등 복합 데이터 수집 및 전처리 • AI 학습용 데이터셋 구축 • 이상 패턴 분석 및 기본 베이스 모델 설계 • 천수심(2m) 운항 및 환경 인식·장애물 회피 알고리즘 개발 • 자율운항 성능 및 복합 데이터 수집 안정성 검증 • 실시간 3D 그리딩을 위한 다중센서 데이터 융합 기반 구조 설계 • 3D 모델링 자동화 및 초기 시각화 알고리즘 프로토타입 구축 															
		2차년도	군집운항 선체 제작 연산 효율성을 통한 3D 엔진 구현 이상체 자동 탐지 알고리즘 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 복합탐사 가능한 무인자율이동체(ASV) 1대 제작 • 다중센서 융합 기반 이상체 탐지 알고리즘 고도화 • SOTA 알고리즘 기반 3D 이상체 인식 모델 개발 • 복합탐사 장비 연동 실험 및 자율항법 정밀도 향상 • 고속 데이터처리 기반 실시간 3D 재구성 기술 개발 • 자율운항 4시간 이상 실증 운항시험 수행 • 실시간 3D 그리딩 및 이상체 위치·형태 시각화 기능 통합 • 탐사 중 즉시성 확보를 위한 이상체 실시간 확인 및 재탐사 위치 제안 알고리즘 개발 															
2단계 (28~29)	3차년도	군집운항 현장 실증 실시간 분석 시스템 및 스트리밍 구조 구현	<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 데이터 스트리밍 처리엔진 구축 • 이상체 탐지 결과의 자동 시각화 및 재탐사 위치 제안 기능 개발 • 온라인 분석 프로토타입 구현 • 데이터 품질 진단(QC) 및 이상체 탐지 알고리즘 설계 및 적용 • 3D 모델링·그리딩 처리 체계 구현 • ASV 2대 이상 군집 운항 탐사 알고리즘 실증 • 원격 관제·협업형 탐사체계 현장 실증 운영 																
	4차년도	현장 실증 및 성능 검증 표준화 모델 확립	<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 데이터 공유·제어 기술 및 탐사 제어 체계 구축 • 실제 해역 실증(ASV 연동 실시간 탐지 검증) 수행 • 실시간 품질관리 및 이상체 검출 모듈의 현장 검증 및 신뢰도 평가 • 탐지 정확도 ≥95%, 분석 시간 ≤3분 목표 달성 • 현장 실증 탐사 수행 및 데이터 품질 검증 • 수중데이터 표준화 및 신뢰도 평가 체계 수립 • 자율이동체를 이용한 수중문화유산 탐사 및 데이터 관리 표준화 및 탐사 지침서 작성 • 수중 탐사 데이터-운영 프로토콜 관련 단체표준(TTA) 제정 추진 및 OGC-ISO/TC 211 등 국제표준 연계 로드맵 수립 																

성능 지표	○ 군집운항 및 탐사 시스템 성능지표		
	항목	개발 목표치	목표치 산출근거
	자율운항선체 제작	1건	<ul style="list-style-type: none"> ICT 기반 경로 탐색 및 자동 회피 동시 군집운항
	자율운항선체 크기	3.0x2.2x2.0m	<ul style="list-style-type: none"> 컨테이너 탑재 크기
자율운항선체 무게	1.5톤 이하	<ul style="list-style-type: none"> 장비 이동 및 크레인 조작 안정성 	
선체운항속도	최대 4노트	<ul style="list-style-type: none"> 국내 최대 조류 속도 극복 	
선체운영시간	최대 4시간	<ul style="list-style-type: none"> 기존 제품 운용시간 대비 2배 1일 최적 작업시간 	
운항축선간격	최소 5m	<ul style="list-style-type: none"> 3차원 자료 생성을 위한 조사폭 	
실시간 3D 최소 그리드	0.2m	<ul style="list-style-type: none"> 최소 탐지 이상체 크기 1m 	
군집운항기술	동시 운영	<ul style="list-style-type: none"> 2대 이상 동시 운영 	
군집운항 효율 향상도	탐사 면적 1.5배 이상 탐사 시간 30% 이상 단축	<ul style="list-style-type: none"> 기존 단일 자율운항선체 운항 대비 동일 작업 시간 기준 탐사 면적 증가율 및 작업 완료 시간 단축률 	
위험요소 및 대응 계획	○ AI·데이터 요소 기술 성능지표		
	항목	개발 목표치	목표치 산출근거
	이상체 탐지 정확도	≥ 60%	<ul style="list-style-type: none"> 전문가 판독 대비 일치율(Precision, Recall, mIoU 등)
	이상체 판별 시간	≤ 5분	<ul style="list-style-type: none"> ASV 단일 운항 기준 실시간 처리 시간
데이터 융합 오차	≤ 1.0m	<ul style="list-style-type: none"> 해상용 GPS 위치 오차 	
○ 표준화 성과 지표			
항목	개발 목표치	목표치 산출근거	
수중 탐사 데이터운영 표준화 성과	수중문화유산 탐사 데이터운영 지침 표준(안) 1건 이상, 단체표준(TTA) 제정 1건 이상	<ul style="list-style-type: none"> 수중문화유산 탐사데이터 관리에 활용 가능한 데이터 모델-메타데이터-품질지표-운영 프로토콜에 대한 표준(안) 작성 및 TTA 표준 과제 채택제정 실적 	
<p>○ 군집운항 제어 실패·통신 장애 : 군집 제어 알고리즘 안정성 검증, 시뮬레이션·수조 시험 → 현장 적용 순 단계적 검증 체계 마련</p> <p>○ 센서 오작동·데이터 결측 : 센서 이중화·자기진단, 데이터 결측 시 보간·대체 알고리즘 설계</p> <p>○ 수중환경 난이도(조류·탁도·수심) 변동 : 난이도 시나리오별 시험 계획 수립 및 AI 모델 적용 범위·한계 조건 명시</p>			

기대 효과	○ 기술적 효과																
	<ul style="list-style-type: none"> 군집운항 탐사 기반의 지능형 수중문화유산 탐사 기술 확보 다중센서 융합 및 실시간 3D 그리딩 기술을 통한 품질관리(QC) 및 신뢰성 확보 AI 기반 이상체 탐지 및 예측 기술을 통한 탐사 신뢰도 향상 탐사 효율 혁신: 후처리 중심 탐사에서 실시간 자동 분석으로 전환 → 분석 소요시간 단축, 현장 작업 효율성 향상 객관적 관측 체계 확립: AI 기반 자동 탐지로 인간 관독자의 주관성 배제 실시간 대응성 향상: 현장 이상체 탐지 즉시 정보 및 재탐사 위치 자동 제안 																
	○ 정책적·사회적 효과																
	<ul style="list-style-type: none"> 국가 차원의 수중문화유산 관리 효율성 제고 수중유산 탐사 표준화 및 관리지침 마련으로 정책 활용성 증대 수중문화유산의 체계적 보존 및 지속 가능한 관리체계 확립 위험환경(수심, 시야, 조류 등)에서의 수중유산 조사인력 안전 확보 																
연구개발 기간 및 연구 개발비	○ 산업적·경제적 효과																
	<ul style="list-style-type: none"> 무인자율운항·센서융합·AI탐사 등 첨단 융합산업 기술 파급효과 창출 민간 탐사·해양환경 모니터링·국방 수색 등 타 산업 분야 확산 가능성 확보 실시간 처리 기술과 3D 그리딩 및 영상화 기술을 통한 해양 탐사 기술 범용성 표준화된 탐사모델 기반 서비스 산업 창출 및 해외 진출 기반 마련 AI 융합탐사 선도 기술 확보: 기존 복합탐사 기술에 AI 분석을 결합한 세계 최초의 통합형 지능탐사 체계 구축 																
	○ 학문적·국제협력 효과																
	<ul style="list-style-type: none"> 다중센서 융합, 자율군집 운항, 데이터 표준화 등 융합 연구 분야의 학문적 확장 해외 수중문화유산 탐지 협력을 통한 기술력 확산 및 기술 교류 																
○ 총 연구기간 : '26 ~ '29 (4개년)																	
<ul style="list-style-type: none"> 총 연구기간은 4년(2+2)이며, 1차년도 연구기간은 9개월임. 																	
○ 연구개발비 : 24억원																	
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>구 분</th> <th>계</th> <th>1차년도</th> <th>2차년도</th> <th>3차년도</th> <th>4차년도</th> </tr> <tr> <td>정부출연금</td> <td>24억원 이내</td> <td>3.3억원 이내</td> <td>8.7억원 이내</td> <td>7억원 이내</td> <td>5억원 이내</td> </tr> </table>						구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	정부출연금	24억원 이내	3.3억원 이내	8.7억원 이내	7억원 이내	5억원 이내
구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도												
정부출연금	24억원 이내	3.3억원 이내	8.7억원 이내	7억원 이내	5억원 이내												
<ul style="list-style-type: none"> 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음 																	
○ 선정 과제 수 : 1개과제																	

5							지정 공모	
국가과학기술 표준분류		대분류	NB 원자력 EE 정보/통신	중분류	NB06 방사선 이용 및 기기 EE01 정보이론	소분류①	NB0601 방사선 계측기기	
국가유산 기술분류		대분류	국가유산 보존기술	중분류	국가유산 진단 및 평가기술	소분류①	국가유산 보존 상태진단 기술	
						소분류②	-	
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구	<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구		기술성숙도(TRL) (5) ~ (7)		
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형	<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	<input type="checkbox"/> 공공증진형			
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정	<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 경쟁공모			
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제		
과제명		(한글명) 문화유산 비파괴 정밀 진단과 맞춤형 보존기술 개발 및 표준화						
		(영문명) Development and Standardization of Non-Destructive Precision Diagnosis and Customized Conservation Technology for Cultural Heritage						
추진배경 및 필요성	<p>○ 문화유산 내재 손상 누적 문제</p> <ul style="list-style-type: none"> - 문화유산은 기후변화, 대기오염, 생물·화학, 실내 미시환경 및 보존·관리 요인 등 복합적인 환경 스트레스에 장기간 노출되면서, 외관 관찰만으로는 파악하기 어려운 내재 손상과 열화가 누적되고 있음 <p>○ 현행 진단 방식의 한계 (정량평가·예측 불가)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 문화유산 진단은 육안 관찰이나 제한적인 물리·화학 분석, 일부 침습적 샘플링에 의존하는 경우가 많아, 2차 훼손 위험과 함께 손상 상태를 정량적으로 평가하고 장기 열화 경향을 예측하는 데 한계가 큼 <p>○ 타 분야 기술의 한계 및 문화유산 맞춤형 기술 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 교량·터널 등 사회기반시설에서는 X선 CT, 초음파, 레이더, 디지털트윈, AI 기반 열화 예측을 결합한 장기 유지관리 체계가 이미 구축·운영되고 있으나, 이러한 모델은 균질 재료·규격화 구조를 전제로 설계되어 문화유산의 이질적 재질·다층 구조·전통 제작기법을 그대로 반영하기 어려우며, 문화유산의 특성을 반영한 전용 비파괴 진단·예측·표준 체계와 이에 따른 맞춤형 보존처리 표준화가 필요함 <p>○ 방사선·AI·디지털트윈 기술의 패러다임 전환 잠재력</p> <ul style="list-style-type: none"> - 방사선 영상과 AI·디지털트윈 기술은 내·외부 구조와 열화 특성을 3차원·시계 							

	<p>열로 통합 분석하고 시뮬레이션 할 수 있는 잠재력을 갖고 있어, 문화유산 보존 분야의 진단·예측 방식 자체를 “정성적·경험 중심”에서 “정량적·데이터 기반”으로 전환할 수 있는 핵심 도구로 부상</p> <p>○ 선제적 표준화를 통한 글로벌 리더십 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국제적으로도 문화유산 보존의 과학화·표준화 요구가 높아지는 가운데, 방사선·AI·디지털트윈을 결합한 문화유산 전용 진단·보존예측 기술을 선제적으로 개발하고 IAEA·ISO 등과 연계한 표준화를 추진할 경우, 우리나라가 관련 분야 글로벌 표준과 시장을 주도할 수 있는 전략적 기회를 확보할 수 있음
개발 목표	<p>○ 최종 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> - 복합 방사선·AI 기반 비파괴 정밀 진단과 표준화된 맞춤형 보존기술 One-Stop 플랫폼 개발 - 문화유산의 내·외부 구조와 열화 상태를 비접촉·비파괴 방식으로 정량 평가하고, 디지털트윈·AI를 통해 손상 진단 및 보존처리 효과를 예측·시뮬레이션 통합 플랫폼을 구축하며, 이를 국내·국제 표준으로 정립하여 현장 실무자가 사용 가능한 실용적 시스템 완성
핵심 개발 내용	<p>○ (Step 1) 비파괴 정밀 진단 및 디지털트윈 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - (목표) X선·중성자 등 복합 방사선을 활용하여 문화유산의 내·외부 구조를 비접촉·비파괴 방식으로 고해상도(≤100μm) 진단하고, 멀티모달 데이터를 융합하여 3D 디지털트윈 모델(오차율 ≤5%)을 생성하는 기술 개발 - 복합 방사선(X선, 중성자) 고해상도 영상 진단 시스템 - GPR, 열화상, 초음파, 형광/IR 등 보조센서 통합(제질별에 따라 선택 가능) - 멀티모달 데이터 융합 및 좌표계 정합 알고리즘 - 3D 디지털트윈 모델 생성 및 클라우드 기반 관리 <p>○ (Step 2) AI 기반 손상 평가 및 열화 예측</p> <ul style="list-style-type: none"> - (목표) 디지털트윈을 기반으로 AI가 손상을 자동 탐지·분류하고(정확도 ≥85%), 환경·보존처리 데이터를 활용하여 미래 손상 예측($R^2 \geq 0.85$)하며, 시나리오 시뮬레이션을 통해 최적의 보존전략을 도출(정확도 ≥90%)하는 AI 기반 의사결정 지원 시스템 개발 - CNN 기반 손상 탐지·분류 알고리즘 (U-Net, Mask R-CNN 등) - 손상 정량 평가 및 위험도 점수화 - LSTM/GRU 기반 시계열 열화 예측 모델 - 보존처리 시나리오 시뮬레이션 엔진

	<ul style="list-style-type: none"> - 손상맵·열화맵·시물레이션 결과 다중 시각화 <p>○ (Step 3) One-Stop 플랫폼 구축 및 표준화 체계 확립</p> <ul style="list-style-type: none"> - (목표) 진단부터 의사결정까지 전체 과정을 통합하는 사용자 친화적 플랫폼을 구축하고, 센서·시스템의 장기 운용 신뢰성을 평가하며, 개발 기술을 절차화·메뉴얼화하여 국내·국제 표준(TTA·IAEA·ISO)으로 정립하고 현장 실증(3건 이상)을 통해 실용화 - 웹 기반 One-Stop 통합 플랫폼 (대시보드, 모바일 앱, API) - 사용자 권한별 접근제어 및 실시간 데이터 처리 - 센서·시스템 수명·신뢰성 분석 및 QA/QC 프로토콜 - 표준처리절차(SOP) 메뉴얼화 (진단, 안전관리, 데이터처리) - TTA 단체표준 제정 및 IAEA·ISO 국제표준 제안 - 실물 문화유산 3건 이상 실증 적용 및 검증
<p>기술개발 위험요인 및 대응 방안</p>	<p>○ 방사선 안전 및 인허가 지연</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위험요인 : X선·중성자 등 방사선 사용에 따른 안전관리, 장비 설치·운영 인허가 절차 지연 가능성 - 대응방안 : 관련 법·규정(원자력안전위원회, 원자력안전법 등)에 부합하는 안전관리 계획 수립, 사전 인허가 협의 및 단계별 장비 도입·시험 계획 수립 <p>○ 데이터 부족 및 품질 편차</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위험요인 : 문화유산 대상의 수량·형태 제약으로 인해 학습·검증용 데이터 확보가 제한적이며, 재질·층위·열화상태에 따른 품질 편차가 클 수 있음 - 대응방안 : 모형 시편 및 유사 재질 시험편을 활용한 데이터 확충, 데이터 증강(augmentation) 기법 적용, 계층적 학습·전이학습(transfer learning)을 통한 일반화 성능 확보 <p>○ AI 모델 과적합 및 일반화 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위험요인 : 특정 유형·재질·촬영 조건에만 특화된 모델이 학습되어 실제 현장 적용 시 성능 저하 가능성 - 대응방안 : 교차 검증 및 외부 검증 데이터셋 활용, 과적합 방지 기법(정규화, 드롭아웃 등) 적용, 다양한 조건의 데이터셋을 반영한 학습·검증 설계 <p>○ 디지털트윈-실측 데이터 불일치</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위험요인 : 디지털트윈 상의 모사 결과와 실측 진단 데이터 간 오차 발생으로 보존 예측·시물레이션 신뢰도 저하 가능성

	<ul style="list-style-type: none"> - 대응방안 : 초기·중간·최종 단계별 정합성 검증 프로세스 설계, 오차 요인 분석 및 모델 파라미터 재조정, 기준 시편·레퍼런스 데이터를 활용한 주기적 모델 보정 <p>○ 센서 및 시스템 장기 운용 리스크</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위험요인 : 방사선원·검출기 성능 저하, 시스템 고장, 유지보수 지연 등으로 인한 장기 운용 리스크 - 대응방안 : 부품 단위 수명·신뢰성 분석, 예방정비(PM) 계획 수립, 핵심 부품 이중화 및 고장 진단 알고리즘 도입, 장비 제조사와의 협력 체계 구축 																
<p>개발 단계 및 일정 (총 4년)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>연차</th> <th>개발 목표</th> <th>주요 개발 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1차년도</td> <td>기초 기술 개발 완료 및 데이터 기반 마련</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • X선·중성자·보조센서를 활용한 비파괴 진단 프로토타입 개발(분해능 $\leq 200\mu\text{m}$) • 석조·목재·금속 표준 시험편 6종 제작 및 기초 진단 데이터 100건 이상 확보 • AI 영상 처리 알고리즘과 3D 재구성 기초 모델 개발 • 방사선 안전 인허가 취득 및 KAERI-KRISS·박물관 등과 협력 체계 확립 </td> </tr> <tr> <td>2차년도</td> <td>진단 고도화 및 AI 모델 개발</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • X선 분해능 향상($\leq 150\mu\text{m}$), 멀티모달 데이터 융합 알고리즘, 3D 디지털트윈 플랫폼 v1.0 개발(5건 모델) • U-Net 기반 손상 탐지 모델(정확도 80%) 및 LSTM 열화 예측 모델($R^2=0.80$) 개발 • 누적 300건 이상의 학습 데이터셋 확보 • TTA 표준화 신청 및 시각화 모듈 구현 </td> </tr> <tr> <td>3차년도</td> <td>AI 모델 최종화 및 플랫폼 통합</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • X선 분해능 추가 향상($\leq 120\mu\text{m}$), 손상 평가 모델 최종화(정확도 85%), 열화 예측 모델 완성($R^2 \geq 0.85$), 보존처리 시물레이션 엔진 개발(정확도 85%) • 웹 기반 One-Stop 대시보드 β 버전 개발, 권한 관리·클라우드 인프라 구축 • 재질별 유사 유물 2건 현장 실증 및 IAEA CRP 참여 신청 </td> </tr> <tr> <td>4차년도</td> <td>플랫폼 완성 및 표준화실용화</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • X선 분해능 최종 달성($\leq 100\mu\text{m}$), 손상·열화 모델 실물 검증(손상 85-90%, 열화 $R^2 \geq 0.85$), 시물레이션 정확도 90% 달성 • 웹·모바일 통합 플랫폼 최종 완성, 외부 API 제공, 사용자 교육(30명+) 시행 • TTA 표준 제정, IAEA TECDOC 기고, ISO/TC 346 NP 제안, SOP 3종 발간 • 석조·목재·금속 유물 3건 현장 실증 완료 및 기술 패키지 배포 </td> </tr> </tbody> </table>	연차	개발 목표	주요 개발 내용	1차년도	기초 기술 개발 완료 및 데이터 기반 마련	<ul style="list-style-type: none"> • X선·중성자·보조센서를 활용한 비파괴 진단 프로토타입 개발(분해능 $\leq 200\mu\text{m}$) • 석조·목재·금속 표준 시험편 6종 제작 및 기초 진단 데이터 100건 이상 확보 • AI 영상 처리 알고리즘과 3D 재구성 기초 모델 개발 • 방사선 안전 인허가 취득 및 KAERI-KRISS·박물관 등과 협력 체계 확립 	2차년도	진단 고도화 및 AI 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> • X선 분해능 향상($\leq 150\mu\text{m}$), 멀티모달 데이터 융합 알고리즘, 3D 디지털트윈 플랫폼 v1.0 개발(5건 모델) • U-Net 기반 손상 탐지 모델(정확도 80%) 및 LSTM 열화 예측 모델($R^2=0.80$) 개발 • 누적 300건 이상의 학습 데이터셋 확보 • TTA 표준화 신청 및 시각화 모듈 구현 	3차년도	AI 모델 최종화 및 플랫폼 통합	<ul style="list-style-type: none"> • X선 분해능 추가 향상($\leq 120\mu\text{m}$), 손상 평가 모델 최종화(정확도 85%), 열화 예측 모델 완성($R^2 \geq 0.85$), 보존처리 시물레이션 엔진 개발(정확도 85%) • 웹 기반 One-Stop 대시보드 β 버전 개발, 권한 관리·클라우드 인프라 구축 • 재질별 유사 유물 2건 현장 실증 및 IAEA CRP 참여 신청 	4차년도	플랫폼 완성 및 표준화실용화	<ul style="list-style-type: none"> • X선 분해능 최종 달성($\leq 100\mu\text{m}$), 손상·열화 모델 실물 검증(손상 85-90%, 열화 $R^2 \geq 0.85$), 시물레이션 정확도 90% 달성 • 웹·모바일 통합 플랫폼 최종 완성, 외부 API 제공, 사용자 교육(30명+) 시행 • TTA 표준 제정, IAEA TECDOC 기고, ISO/TC 346 NP 제안, SOP 3종 발간 • 석조·목재·금속 유물 3건 현장 실증 완료 및 기술 패키지 배포 	
연차	개발 목표	주요 개발 내용															
1차년도	기초 기술 개발 완료 및 데이터 기반 마련	<ul style="list-style-type: none"> • X선·중성자·보조센서를 활용한 비파괴 진단 프로토타입 개발(분해능 $\leq 200\mu\text{m}$) • 석조·목재·금속 표준 시험편 6종 제작 및 기초 진단 데이터 100건 이상 확보 • AI 영상 처리 알고리즘과 3D 재구성 기초 모델 개발 • 방사선 안전 인허가 취득 및 KAERI-KRISS·박물관 등과 협력 체계 확립 															
2차년도	진단 고도화 및 AI 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> • X선 분해능 향상($\leq 150\mu\text{m}$), 멀티모달 데이터 융합 알고리즘, 3D 디지털트윈 플랫폼 v1.0 개발(5건 모델) • U-Net 기반 손상 탐지 모델(정확도 80%) 및 LSTM 열화 예측 모델($R^2=0.80$) 개발 • 누적 300건 이상의 학습 데이터셋 확보 • TTA 표준화 신청 및 시각화 모듈 구현 															
3차년도	AI 모델 최종화 및 플랫폼 통합	<ul style="list-style-type: none"> • X선 분해능 추가 향상($\leq 120\mu\text{m}$), 손상 평가 모델 최종화(정확도 85%), 열화 예측 모델 완성($R^2 \geq 0.85$), 보존처리 시물레이션 엔진 개발(정확도 85%) • 웹 기반 One-Stop 대시보드 β 버전 개발, 권한 관리·클라우드 인프라 구축 • 재질별 유사 유물 2건 현장 실증 및 IAEA CRP 참여 신청 															
4차년도	플랫폼 완성 및 표준화실용화	<ul style="list-style-type: none"> • X선 분해능 최종 달성($\leq 100\mu\text{m}$), 손상·열화 모델 실물 검증(손상 85-90%, 열화 $R^2 \geq 0.85$), 시물레이션 정확도 90% 달성 • 웹·모바일 통합 플랫폼 최종 완성, 외부 API 제공, 사용자 교육(30명+) 시행 • TTA 표준 제정, IAEA TECDOC 기고, ISO/TC 346 NP 제안, SOP 3종 발간 • 석조·목재·금속 유물 3건 현장 실증 완료 및 기술 패키지 배포 															
<p>성능지표</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>항목</th> <th>목표 수치</th> <th>기준/근거</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>방사선 기반 내부 구조 진단 분해능</td> <td>$\leq 100 \mu\text{m}$</td> <td>• 상용 대형 구조물 비파괴검사장치 기술 수준($100 \mu\text{m}$) 반영</td> </tr> <tr> <td>디지털트윈 기반 정량 손상 평가 정확도</td> <td>$\geq 90\%$</td> <td>• 해외 SVM 기반 3D 포인트 클라우드 손상 분류 정확도 (90% 이상) 성능 기준 반영</td> </tr> <tr> <td>AI 기반 열화 예측 정확도</td> <td>$\geq 85\%$</td> <td>• 문화유산 유기색소의 열화 예측 AI 모델(GWOAD-LSTM, $R^2=0.9$ 이상) 성능 기준 반영</td> </tr> </tbody> </table>			항목	목표 수치	기준/근거	방사선 기반 내부 구조 진단 분해능	$\leq 100 \mu\text{m}$	• 상용 대형 구조물 비파괴검사장치 기술 수준($100 \mu\text{m}$) 반영	디지털트윈 기반 정량 손상 평가 정확도	$\geq 90\%$	• 해외 SVM 기반 3D 포인트 클라우드 손상 분류 정확도 (90% 이상) 성능 기준 반영	AI 기반 열화 예측 정확도	$\geq 85\%$	• 문화유산 유기색소의 열화 예측 AI 모델(GWOAD-LSTM, $R^2=0.9$ 이상) 성능 기준 반영		
항목	목표 수치	기준/근거															
방사선 기반 내부 구조 진단 분해능	$\leq 100 \mu\text{m}$	• 상용 대형 구조물 비파괴검사장치 기술 수준($100 \mu\text{m}$) 반영															
디지털트윈 기반 정량 손상 평가 정확도	$\geq 90\%$	• 해외 SVM 기반 3D 포인트 클라우드 손상 분류 정확도 (90% 이상) 성능 기준 반영															
AI 기반 열화 예측 정확도	$\geq 85\%$	• 문화유산 유기색소의 열화 예측 AI 모델(GWOAD-LSTM, $R^2=0.9$ 이상) 성능 기준 반영															

보존 시물레이션 예측 정확도	≥ 90%	• Angjeliu et al. (2020) 디지털트윈 구조 시물레이션 실증 사례 기반 적용 정확도 기준 설정
기술 실증 및 표준화 추진	100%	• 문화유산 적용 실증 및 성능지표 시험편 검증 프로토콜-센서 시스템 신뢰성 기준 표준처리절차(SOP) 등을 포함한 표준 지침 문서화 완료 기준(KAERI 등 협업 계획)

기대 효과	<p>○ 과학·기술적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - (비파괴 진단 기술의 고도화) 고해상도(≤100μm) 방사선 진단으로 문화유산의 내부 구조와 열화 상태를 과학적으로 정밀 파악. 정량적 손상 평가로 보존 의사결정의 과학적 근거 제공 - (AI·디지털트윈 통합 시스템 실용화) 손상 탐지(정확도 85-90%), 열화 예측($R^2 \geq 0.85$), 보존처리 시물레이션(정확도 90%)이 통합된 One-Stop 플랫폼으로 보존 진단을 “경험 중심”에서 “데이터 기반”으로 전환 - (문화유산 맞춤형 AI 모델 개발) 타 분야 기술의 단순 전이를 넘어 문화유산의 특성을 반영한 고유의 AI 모델 확보. 고고학, 보존학, 재료과학 등 학제 간 융합 연구 촉진 - (센서·시스템 신뢰성 기준 확립) 장기 운용 신뢰성, 측정 재현성, QA/QC 프로토콜 체계화로 진단 기술의 신뢰성 향상
	<p>○ 경제·산업적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - (문화유산 보존 산업의 고부가가치화) One-Stop 플랫폼의 상용화로 기존 수작업 중심 업계의 기술 고도화 및 경쟁력 강화. 방사선 장비, AI 소프트웨어, 시물레이션 솔루션 등 신규 시장 창출 - (국제 시장 진출 기반 마련) IAEA·ISO 국제 표준화로 선진국 수준의 기술 신뢰성 입증. 표준 기반 기술 수출 및 개발도상국 시장 진출 전략 수립 - (새로운 고부가가치 시장 창출) 디지털 기반 보존 기술의 국제 경쟁력 확보로 글로벌 시장에서의 한국 기술 입지 강화. 기술·서비스 수출, 국제 컨설팅 등 경제 가치 창출 <p>○ 정책·사회적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - (보존 정책의 과학화·자동화) 정밀 진단과 AI 예측으로 국가유산 보호정책의 실효성 및 신뢰성 향상. 현장 실무자의 의사결정 지원으로 보존 정책의 과학적 근거 강화 - (문화유산 정보의 디지털 전환) 방사선 영상, 3D 디지털트윈, 손상·열화 데이터의 체계적 축적으로 국가 문화유산 데이터베이스 고도화. 국민의 문화유산 접근성·활용성 제고 - (글로벌 리더십 확보) 복합 방사선·AI·디지털트윈 기술의 선제적 개발과 국제 표준 주도로 대한민국이 글로벌 문화유산 보존 기술 선도국으로 자리매김

	<ul style="list-style-type: none"> - (국제 협력 강화) IAEA CRP, ISO 국제 표준 개발 참여를 통한 국제적 위상 제고 및 한국 기술의 국제적 신뢰성 확보. 국제 유네스코 사업, 양국간 문화유산 복원 프로젝트에서 주도적 역할 수행 가능. - (현장 효율성 향상 및 국민 인식 제고) 사용자 친화적 플랫폼으로 실무자들의 기술 활용 편의성 극대화. 보존 의사결정의 신속성·정확성 향상 및 문화유산 보존의 중요성 홍보로 국민 공감대 확산 												
연구개발기간 및 연구개발비	<p>○ 총 연구기간 : ‘26 ~ ‘29 (4개년)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 총 연구기간은 4년(2+2)이며, 1차년도 연구기간은 9개월임. <p>○ 연구개발비 : 25억원</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>계</th> <th>1차년도</th> <th>2차년도</th> <th>3차년도</th> <th>4차년도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>정부출연금</td> <td>25억원 이내</td> <td>4.39억원 이내</td> <td>8.61억원 이내</td> <td>7억원 이내</td> <td>5억원 이내</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> - 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음 <p>○ 선정 과제 수 : 1개과제</p>	구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	정부출연금	25억원 이내	4.39억원 이내	8.61억원 이내	7억원 이내	5억원 이내
구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도								
정부출연금	25억원 이내	4.39억원 이내	8.61억원 이내	7억원 이내	5억원 이내								

6		지정 공모					
국가과학기술 표준분류	대분류	EE 정보/통신	중분류	EE12 정보통신 융합 디바이스	소분류①	EE1208 사물인터넷 기술	
				EE08 정보통신 융합 서비스	소분류②	EE0811 블록체인	
국가유산 기술분류	대분류	국가유산 보존기술	중분류	국가유산 기록 기술	소분류①	국가유산 실측 기술	
				국가유산 진단 및 평가기술	소분류②	국가유산 모니터링 기술	
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구	<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구			기술성숙도(TRL) (5) ~ (7)
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형	<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	<input type="checkbox"/> 공공증진형		
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정	<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 경쟁공모		
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	<input checked="" type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제	
과제명		(한글명) 국가유산 실물자산 고정밀 위치·관리 기술개발 및 표준화					
		(영문명) Development and Standardization of High-Precision Positioning and Asset Management Technology for National Heritage Objects					
추진배경 및 필요성		<p>○ 유형 국가유산 및 실물자산의 도난·훼손 방지 및 안전 관리 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 문화유산, 유물, 미술품 등 실물자산은 도난 및 훼손 위험이 높으며, 실시간 위치 파악이 어려움 - 기존의 위치 추적 방식은 정밀도가 낮거나, 실시간 감시 기능이 부족하여 효과적 인 보호 어려움 <p>○ 인공지능(AI)·블록체인 기반의 신뢰기반 실물자산 관리 기술 개발 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초광대역(UWB) 통신 기술을 활용하여 미술품 등 고가 실물 자산의 위치 정보 및 상태 데이터를 실시간으로 추적하고, 블록체인 기반 변조 방지 및 데이터 신뢰성을 확보하는 신뢰 기반 실시간 자산 추적 관리 기술을 통해 문화유산 보호·관리가 필요 - 인공지능(AI) 기술 기반 고신뢰 위변조 방지 기술을 통한 이상 탐지 시스템을 적용하여 도난 및 위치 이탈 시 즉각적인 대응 가능 <p>○ 실물자산 보호 및 관리 기술의 국제표준화 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국가유산 보호 기술의 글로벌 경쟁력 확보를 위한 신뢰기반 지능형 실시간 실물자산 추적 관리 서비스 국제표준(ITU-T SG20) 개발 및 국제표준특허 확보 필요 - 실물자산 위치·상태·이력·이상 이벤트 데이터에 대한 데이터 모델·메타데이터·품질지표·보안·인터페이스(알림 메시지 등) 의 정량적·객관적 기준을 마련하여, 국내 단체표준(TTA) 및 국제표준(ITU-T 등)으로 연계할 수 있는 기반이 필요 					


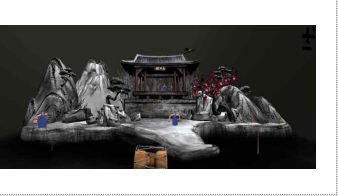
개발 목표	<p>○ 최종목표 : 국가유산 실물자산의 위치·상태·이력을 정밀하게 식별하고, 실시간으로 통합 관리할 수 있는 데이터·메타데이터·서비스·인터페이스 표준 모델을 포함한 “고정밀 실물자산관리 표준체계” 구축하여, 국내 단체표준(TTA) 및 국제표준(ITU-T SG20 등)으로 연계 가능한 참조 아키텍처를 제시함.</p>						
핵심 개발 내용	<p>○ 국가유산 실물자산*의 지능형 실내의 복합 고정밀 위치·이력 관리 기술을 확보하고, 표준화·실증을 통해 안전관리의 신뢰성과 효율성 강화</p> <p>* 본 과제에서 ‘국가유산 실물자산’은 국보보물중요유물 등 지정문화유산 및 국가유산 관련기관이 관리하는 고가고위험 실물자산을 중심으로 정의하며, 실증 대상과 범위(전시품, 수장고 보관품 등)는 과제 초기에 명확히 설정함</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국가유산 실물자산의 ‘위치-상태-이력’ 정보를 통합 관리할 수 있는 관리체계의 기본 구조 설계 및 국내(TTA)/국제(ITU-T SG20) 표준 개발 - 다양한 공간 환경(수장고·전시실·보존시설 등)에서 실물자산의 정밀 위치 식별 및 변동 관리 절차 구체화 - 위치정보·환경정보·보안정보를 통합적으로 기록·검증할 수 있는 관리 프로세스 설계 - 실물자산 메타데이터 항목 및 관리 수준별 품질기준(정확도, 갱신주기 등) 정의 <ul style="list-style-type: none"> · 실물자산 식별자 체계(예: 자산 ID, 태그 ID, 위치 ID), 이상 이벤트알림 유형, API 및 메시지 포맷(예: 경보상태 변경 알림 등)에 대한 참조 아키텍처 및 표준(안) 을 설계하고, 국내 단체표준(TTA) 및 국제표준(ITU-T SG20)과의 정합성 확보 - UWB 기반 위치 데이터, 환경·보안 센서 데이터, 운영 로그 등을 통합 분석하여 도난·위치 이탈·비인가 개방 등 이상상황을 탐지하고 경보·대응 시나리오를 자동 실행하는 AI 기반 실물자산 보호·관리 플랫폼 설계 - 실시간 측위 시계열, 환경센서, 운영 로그 등 데이터 특성에 적합한 이상 징후 탐지모델 구조(시계열 모델, 그래프 기반 모델 등) 선정 기준 및 적용 방안 정리 - 대표 기관(박물관·수장고 등)을 대상으로 통합관리체계의 운영성·확장성 검증을 위한 시험 모델 <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>단계</th> <th>주요 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1단계 (26~27)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국가유산 실물자산 ‘위치-상태-이력’ 정보 관리 체계 설계 및 표준 제안 <ul style="list-style-type: none"> - 초광대역(UWB) 및 블록체인 기반 실시간 실물자산 관리 핵심기술 개발 - AI 기반 실물자산 상태 변화 분석 및 추적 관리 기술 개발 </td> </tr> <tr> <td>2단계 (28~29)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 실물자산 통합 위치관리 시스템 고도화, 현장 실증, 표준안 발간 <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 실시간 실물자산 보호·관리 자동 대응 관리 플랫폼 개발 - 지능형 실물자산 관리 서비스 국제표준(ITU-T SG20) 제정 - 국제표준 기술 기반 실물자산 대상 실증(PoC) 수행 </td> </tr> </tbody> </table>	단계	주요 내용	1단계 (26~27)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국가유산 실물자산 ‘위치-상태-이력’ 정보 관리 체계 설계 및 표준 제안 <ul style="list-style-type: none"> - 초광대역(UWB) 및 블록체인 기반 실시간 실물자산 관리 핵심기술 개발 - AI 기반 실물자산 상태 변화 분석 및 추적 관리 기술 개발 	2단계 (28~29)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실물자산 통합 위치관리 시스템 고도화, 현장 실증, 표준안 발간 <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 실시간 실물자산 보호·관리 자동 대응 관리 플랫폼 개발 - 지능형 실물자산 관리 서비스 국제표준(ITU-T SG20) 제정 - 국제표준 기술 기반 실물자산 대상 실증(PoC) 수행
단계	주요 내용						
1단계 (26~27)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국가유산 실물자산 ‘위치-상태-이력’ 정보 관리 체계 설계 및 표준 제안 <ul style="list-style-type: none"> - 초광대역(UWB) 및 블록체인 기반 실시간 실물자산 관리 핵심기술 개발 - AI 기반 실물자산 상태 변화 분석 및 추적 관리 기술 개발 						
2단계 (28~29)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실물자산 통합 위치관리 시스템 고도화, 현장 실증, 표준안 발간 <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 실시간 실물자산 보호·관리 자동 대응 관리 플랫폼 개발 - 지능형 실물자산 관리 서비스 국제표준(ITU-T SG20) 제정 - 국제표준 기술 기반 실물자산 대상 실증(PoC) 수행 						

개발 단계 및 일정 (총 4년)	연차	개발 목표	주요 개발 내용
	1차년도	신뢰 기반 실시간 실물자산 관리 핵심 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 초광대역(UWB) 기술 기반 고정밀 실물자산 실시간 위치 추적 시스템 기술 개발 블록체인 기술 활용 신뢰기반 실물자산 관리 시스템 프로토타입 개발 지능형 실물자산 관리 서비스 국내(TTA) 및 국제(ITU-T) 신규 표준화 과제 채택
	2차년도	AX 기반 지능형 실시간 실물자산 관리 분석	<ul style="list-style-type: none"> 실내외 환경 고정밀 측위를 위한 복합 다중 센서 기반 실시간 실물자산 관리 융합 기술 개발 인공지능(AI) 기반 실물자산 상태 변화 분석 및 추적 관리 기술 프로토타입 개발 지능형 실물자산 관리 서비스 국내(TTA) 표준 제정 및 국제(ITU-T) 표준 개발
	3차년도	지능형 실시간 실물자산 관리 서비스 AX 기술 및 표준 고도화	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능(AI) 기반 실시간 실물자산 보호·관리 자동 대응 관리 플랫폼 개발 지능형 실시간 실물자산 관리 서비스 메타데이터 국내표준(TTA) 개발 지능형 실물자산 관리 서비스 국제표준(ITU-T) 개선
	4차년도	지능형 실물자산 관리 서비스 실증 및 국제표준 발간	<ul style="list-style-type: none"> 국제표준 기술 현장 적용성 및 기술 안정화 검증을 위한 실물자산 대상 실증(PoC) 수행 실데이터 기반 AI 모델 개선 및 실시간 실물자산 보호·관리 제어 기술 최적화 지능형 실물자산 관리 서비스 국제표준(ITU-T) 제정
성능지표	항목	목표 수치	기준/근거
	실물자산 측위 기술	• (실내측위 정확도) ≤ 0.1m	• IEEE 802.15.4z 적용
	AI 기반 이상상황 탐지 성능	• 재현율(Recall) ≥ 90% • 오경보율(False Alarm Rate) ≤ 5%	• 실물자산 도난위치 이탈비인가 개발 등 이탐지 성능 기준 • 유산 분야 이상탐지 시스템 및 파일럿 시범운영 참고하여 설정
	SW	• SW 등록 2건	• AI 모델 및 실물자산 관리 플랫폼 SW
	현장 실증(PoC)	• 2건	• 국내 박물관 또는, 관리기관
	논문	• SCI 1건	• SCI 논문(JCR 분야별 상위 20% 이내)
	국내표준(TTA)	• 국내 단체표준 2건	• 국내 단체표준(TTA) 신규과제 채택 및 권고 승인
	국제표준(ITU-T)	• 국제표준 권고안 1건	• 국제표준(ITU-T) 신규과제 채택 및 권고 승인
특허 출원 및 국제표준특허 확보	• 국제특허 2건 이상 (국제표준특허 1건 포함)	• 국제표준 연계 표준 특허 선언	

기술개발 위험요인 및 대응방안	<p>○ UWB 전파 간섭 및 신호 감쇠</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위험요인 : 수장고· 전시실의 금속 구조, 철제 진열장, 벽체 구조 등으로 인한 UWB 신호 반사·감쇠로 측위 정확도 저하 가능 - 대응방안 : 실측 기반 전파 환경 분석 및 Ray Tracing 기반 앵커 최적 배치, 다중 경로 보정 알고리즘 적용 <p>○ 실물자산 환경 및 데이터 부족</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위험요인 : 실물자산 수, 이동 패턴, 이상 이벤트 발생 빈도 등이 제한적이라 AI 이상탐지 모델 학습 데이터 부족 가능 - 대응방안 : 시나리오 기반 가상 이상이벤트 데이터 증강, 유사 도메인 데이터의 전이학습 활용, 장기 PoC를 통한 데이터 축적 계획 수립 <p>○ 블록체인 트랜잭션 지연 및 시스템 부하</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위험요인 : 블록체인 기반 이력 관리 시 트랜잭션 지연 및 처리 비용 증가로 실시간성을 저해할 가능성 - 대응방안 : 온체인·오프체인 데이터 분리 전략, 이벤트 우선순위 기반 처리, 경량화된 합의 알고리즘 채택 등으로 시스템 부하 최소화 <p>○ PoC 실증기관 확보 및 일정 지연</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위험요인 : 박물관·수장고 등 실제 실증기관 확보와 현장 테스트 일정 조정이 지연 될 가능성 - 대응방안 : 과제 초기 단계에서 실증기관과의 협약 체결, 단계별(파일럿 → 본 실증) 로드맵 수립, 실증 범위와 역할 분담을 명확히 정의
	<p>○ 과학·기술적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초광대역(UWB) 통신 기술 기반 실시간 측위 기술을 활용한 실물자산 보호 기술 혁신 - AI 및 디지털트윈을 활용한 정밀 위치 추적 및 환경 변화 감지 기술을 통한 문화유산 보호 강화 - 실물자산의 실시간 위치 모니터링 및 이상 감지 자동화 시스템 구축 <p>○ 경제·산업적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI·IoT 기반 실물자산 보호 및 측위 기술을 활용한 신산업 창출 및 연구개발 활성화 - 실물자산 보존 비용 절감 및 자동화 시스템을 통한 관리 효율성 향상 - 초광대역(UWB) 통신 기반 측위·추적 기술을 활용한 스마트 문화유산 관리 산업 육성 <p>○ 정책·사회적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 실물자산 보호 및 위치 추적 기술을 적용한 국가 문화유산 보호 정책 지원 - 국가유산 관리 체계의 디지털 전환 및 실물자산 보호 기술의 공공 활용 증대 - 실물자산 보호 기술의 국제 표준화를 통한 글로벌 연구 협력 및 기술 경쟁력 강화

연구개발기간 및 연구개발비	○ 총 연구기간 : '26 ~ '29 (4개년) - 총 연구기간은 4년(2+2)이며, 1차년도 연구기간은 9개월임.					
	○ 연구개발비 : 20억원					
	구분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
	정부출연금	20억원 이내	4.21억원 이내	6억원 이내	5.79억원 이내	4억원 이내
- 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음						
○ 선정 과제 수 : 1개과제						

7		지정 공모					
국가과학기술 표준분류		대분류	EE 정보/통신	중분류	EE08 정보통신 융합 서비스	소분류①	EE0811 블록체인
국가유산 기술분류		대분류	국가유산 활용기술	중분류	디지털·AI·지 기(융합)기술 디지털 아카이브 (정보) 기술	소분류①	디지털·국가유산 콘텐츠 기술
						소분류②	시스템(DB)의 구축 기술
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구 <input type="checkbox"/> 응용연구 <input checked="" type="checkbox"/> 개발연구		기술성숙도(TRL) (4) ~ (6)			
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형 <input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형 <input type="checkbox"/> 혁신형		<input type="checkbox"/> 공공증진형			
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정 <input type="checkbox"/> 정책지정 <input type="checkbox"/> 자율공모		<input type="checkbox"/> 경쟁공모			
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당 <input checked="" type="checkbox"/> 비해당		<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제		<input type="checkbox"/> 보안과제
과제명		(한글명) 국가유산 소유권 블록체인·디지털 트윈 기반 정밀관리 기술개발 (영문명) Development of Blockchain and Digital Twin-Based Precise Management Technology for National Heritage Ownership					
추진배경 및 필요성		<p>○ 국가유산 디지털화 가속에 따른 기존 관리체계의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> - 무형유산을 포함한 국가유산의 디지털화가 급속히 진행되면서 기존의 기록·아카이빙 방식의 이질성, 기관별 정보 분산, 중앙집중식 관리구조의 신뢰성 한계 등 복합적인 문제가 동시에 나타남 - 특히 국가무형유산의 경우 보유자의 고령화로 인해 전승 지식·기술의 긴급한 디지털 보존이 요구되고 있으나, 이에 따라 생성되는 대량의 디지털 자료에 대한 이력 추적, 관리의 투명성 확보, 보유자 권리 보호가 어려움 <p>○ 디지털 원본성 입증 및 소유·이력 관리 R&D·표준의 부재</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현재 국가유산 보존·관리 연구는 주로 기록·아카이빙 및 디지털 복원 수준에 머물러 있으며, 디지털 원본성·소유권·이력 관리를 전제로 한 전용 R&D는 사실상 부재한 상태 - 특히 무형유산의 경우, 보유자의 기술·지식·행위 자체가 원본성의 핵심이므로, 보유자의 표현물과 이를 활용한 창작물·기록물에 대한 소유·활용 권리를 명확하게 구분·관리할 수 있는 체계가 시급히 요구되고 있음. 나아가 보유자와 공동체의 관습적·도덕적 권리를 존중하면서도, 디지털 환경에서 이를 기술적으로 표현·관리할 수 있는 표준도 개발되지 않음 					

	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>[국가유산 NFT(해원전신첩)]</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>[무형유산 불류메트릭 콘텐츠]</p> </div> </div> <p>○ 국제규범 및 국내 정책 환경의 변화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 유네스코는 디지털 형식의 문화자산도 보호 대상으로 명시하고, 디지털 유산의 보존을 국제사회의 공동책임으로 강조 - 「국가유산법」 등에 따라 국가와 지방자치단체는 국가유산의 원형 보존과 관리 의무를 부담하고 있으며, 국가무형유산 디지털 전환 정책에 부합하는 첨단기술 기반 관리 체계의 구축이 정책적으로 요구되고 있음 <p>○ 디지털 소유권·이력·활용권 표준화 및 거버넌스의 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국가유산 원본성·소유권·활용권을 디지털 환경에서 일관되게 관리하기 위해서는, 소유·이용·공동저작 등 권리 유형과 당사자(보유자, 국가, 지자체, 민간 등)를 명확히 정의한 개념모델과 데이터 구조(식별자, 권리관계, 이력 정보 등)의 표준화가 필수임 - 분산원장, 디지털트윈, 기존 국가유산 관리시스템 간 연계를 고려할 때, 데이터모델·메타데이터·권한·인증·감사(로그) 등에 대한 국내 단체표준(TTA) 및 국제표준(ISO/TC 307, OGC 등)과 연계 가능한 거버넌스 기준과 운영 가이드라인 마련이 긴급하게 요구 <p>○ 이러한 배경 하에, 국가유산의 실물 및 디지털 원형데이터와 그로부터 파생되는 디지털 애셋(3D 모델, 이미지, 영상, 음원, 메타데이터 등)에 대해, 블록체인과 디지털 트윈 기술을 결합한 국가유산 디지털 원본성 입증 및 소유권·이력 정밀관리 기술과 표준을 개발할 필요가 있음</p>
<p>기술 대상 범위</p>	<p>○ 대상 국가유산</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기념물(사적지류)을 제외한 문화유산(유형문화유산, 민속문화유산), 무형유산, 자연유산 등 법령상 국가유산 전 범주를 포괄한다. 다만 기술적 개발 우선순위는 무형유산의 전송·보유자 권리 관리를 중점으로 고려함 <p>○ 디지털 자산의 범위</p> <ul style="list-style-type: none"> - 디지털 원형데이터 · 3D 정밀스캔 데이터

	<ul style="list-style-type: none"> · 고해상도 이미지 · 영상, 음원 · 위치정보, 메타데이터 - 파생 디지털 콘텐츠 · 3D 모델 가공본 · VR/AR 콘텐츠 · 불류메트릭 콘텐츠 · 모션 데이터 - 무형유산 기록물 · 공연·의식·전승 기술의 영상·음성 · 약보, 채보 · 구술기록 · 전송계보도 <p>○ (기술적 중점) 메타데이터 및 권리·이력 정보</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 과제는 실물에 대한 디지털 표현 및 메타데이터, 그리고 소유·이용·이력 정보의 구조화·표준화에 우선 초점을 맞춤 <p>○ “국가유산 소유권”의 기술적 정의</p> <ul style="list-style-type: none"> - “국가유산 소유권”은 민법·저작권법상의 권리관계 자체를 재정의하거나 분쟁을 해결하는 것을 의미하지 않으며 본 과제에서의 소유권 관리는 현행 법·제도 하에서 확정된 소유·이용·활용 권리를 디지털 환경에서 일관되게 증명·기록·연계할 수 있도록 하는 기술 인프라를 의미함 - 즉, 기존 법령(국가유산기본법, 저작권법, 상표법, 무형유산 보호규정 등)에서 정의된 권리 관계를 분산원장과 디지털트윈 시스템 상에서 기계가 읽을 수 있는 구조로 변환하고, 이를 안전하고 투명하게 관리·추적하는 것이 핵심
<p>개발 목표</p>	<p>○ 최종목표 : 국가유산의 소유·이력·보존정보를 디지털 환경에서 신뢰성 있게 검증·관리할 수 있는 데이터·메타데이터·권리·인증·운영 프로세스 표준모델을 포함한 “분산원장 기반 국가유산 소유권 정합 관리 체계”를 구축하고, 해당 체계가 국내 단체표준 및 국제표준(ISO/TC 307, OGC 등)과 연계 가능하도록 표준 및 인증체계를 마련함으로써, 국가 차원의 국가유산 디지털 원본성 입증 및 소유권 관리 인프라를 확립함</p>

핵심 개발 내용	<p style="text-align: center;"><분산원장 기반 국가유산 소유권 정합관리 체계 기술 개념(안)></p>		
	<p>○ (1단계) 국가유산 소유권 이력 데이터셋 구축 및 디지털트윈 객체 매핑 등 분산원장 기반 프로토타입 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 분산원장 기반 소유권·이력 관리 프로토타입 설계 및 구현 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hyperledger Fabric 기반 블록체인 네트워크 설계 및 구현 ▪ 스마트계약(Chaincode) 기반 소유권이력 관리 로직 구현 ▪ PBFT/PoA 합의 알고리즘 적용 경량 원장 프로토타입 구축 ▪ RESTful API 기반 등록조회검증 인터페이스 개발 - 소유권·이력 데이터셋 및 메타데이터 표준모델 구축 - 고정밀 블루메트릭 기반 실감형 연동 기술개발 - 국제표준 정합성 검토 및 초기 거버넌스 기준 설계 <p>○ (2단계) 현장 실증 기반 소유권·디지털트윈 통합관리시스템 고도화 및 표준안</p> <ul style="list-style-type: none"> · 운영 가이드라인 개발 - 현장 실증 기반 소유권·디지털트윈 통합관리시스템 고도화 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 관리자, 연구자, 일반 이용자 등 사용자 그룹별로 소유권이력디지털트윈 정보를 직관적으로 조회검증 활용할 수 있는 UI/UX 및 역할 기반 권한 체계 설계 ▪ 네트워크 장애·지연 등 통신 품질 저하 상황에서의 데이터 보존복구 및 자동 동기화 메커니즘, 네트워크 상태(지연시간, 장애 횟수 등) 모니터링 지표대시보드 설계 - 지속 가능한 검증과 보존을 위한 분산원장 기반 소유권 정합관리 체계 표준·인증 및 운영 가이드라인 개발 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 분산원장·디지털트윈 데이터 모델 및 인터페이스가 블록체인(ISO/TC 307)과 공간정보·디지털트윈(OGC 등) 국제표준과 정합성을 확보할 수 있도록 국내·국제 표준 연계 방안 마련 ▪ 국가유산 소유·이용·전승·활용 등 권리 유형별로 권리 객체(디지털트윈·콘텐츠 등), 당사자, 권한·제한, 유효기간, 이력(양도·변경·말소 등) 을 표현하는 데이터·메타데이터 항목과 스마트계약 템플릿을 정의하고, 이를 기반으로 한 표준 운영 절차(SOP) 및 인증감사 프로세스 를 설계 		
개발 단계 및 일정 (총 4년)	연차	개발 목표	주요 개발 내용
	1차년도	국가유산의 소유이력 관리 및 실감형 연동을 위한 핵심 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 분산원장 기반 소유권이력 관리 구조 설계 및 개발 • PBFT/PoA 합의 알고리즘 적용 경량 원장 프로토타입 구축 • RESTful API 기반 등록조회검증 모듈 개발

		<ul style="list-style-type: none"> • 주요 엔티티(Entity) 구조 및 메타데이터 표준 초안 수립 • 블루메트릭 캡처 기반 디지털트윈 행위공간 매핑 1차 시연모델 개발 																					
2차년도	분산원장·데이터셋·디지털트윈 기술의 정합성 검증 및 연동 구조 확립	<ul style="list-style-type: none"> • 분산원장·데이터셋 연동 시나리오 구현 • 온톨로지 모델 정교화 및 ISO TC307(블록체인) 호환 검증 • 디지털트윈 매핑 데이터와 이력 정보 간 연동 프로토콜 개발 • 해시 기반 무결성 검증 성능 평가(정확도 목표 95%) • 기술 정합성 및 안정성 검증 																					
3차년도	소유권·디지털트윈 통합관리시스템 구축 및 현장 실증	<ul style="list-style-type: none"> • 분산원장·데이터셋·디지털트윈 객체 통합 운영관리 플랫폼 개발 • 디지털/원본 인증 발급 및 이력 추적 통합 대시보드 구현 • API 기반 외부기관(국가유산청 등) 연계 구조 마련 • 실증 대상(유형·무형유산) 선정 및 시나리오 기반 적용 																					
4차년도	현장 실증 고도화 및 표준·가이드라인 수립을 통한 기술 확산 기반 마련	<ul style="list-style-type: none"> • 블록체인 기반 검증·보존 데이터·메타데이터·스마트계약·운영 절차 표준 및 인증 체계 제정 • 국가유산 관리·보안·권한 정책 가이드라인 발간 • 관계 및 개발 기술의 국제표준(ISO/TC 307, OGC, W3C DID 등) 호환성 검증 및 국제 확산 전략 수립 • TTA 단체표준 제안 																					
성능지표	<p>○ 논문, 특허 등 목표 성과 지표</p> <ul style="list-style-type: none"> - SCI(E) 논문 2건 이상, 특허 2건 이상, SW등록 1건 이상 - 국가유산 소유권 실증 1건 이상 - 국내 표준안 및 가이드라인 2건 이상 및 국내표준 제안 1건 이상 - 국제 표준(ISO/TC 307, OGC, W3C 등) 제안 1건 및 정책 반영 1건 이상 <p>○ 기술 성능지표</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">항목</th> <th style="text-align: center;">목표 수치</th> <th style="text-align: center;">기준/근거</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>콘텐츠 무결성 검증 정확도</td> <td style="text-align: center;">≥ 95%</td> <td>• 콘텐츠 등록 시 해시 기반 검증 성공률로 SHA256 기준 완전한 검증 가능성 확보</td> </tr> <tr> <td>권한 없는 접근 탐지율</td> <td style="text-align: center;">≥ 95%</td> <td>• 미인가 사용자 접근 차단 성공률로 Chaincode 기반 접근 제어로 고수준 보안 달성</td> </tr> <tr> <td>등록 자산 수</td> <td style="text-align: center;">100%</td> <td>• 블록체인에 등록된 신 단위 자산 수>300쌍으로 모든 필요 콘텐츠 등록 가능</td> </tr> <tr> <td>인증서 발급 성공률</td> <td style="text-align: center;">≥ 98%</td> <td>• 스마트 계약 기반 디지털 인증 발급 요청·응답 성공률</td> </tr> <tr> <td>시스템 연동 호환성</td> <td style="text-align: center;">≥ 95%</td> <td>• 외부 API를 통한 메타데이터 연동 테스트 성공률 (실증 환경 기준)</td> </tr> <tr> <td>사용자 만족도</td> <td style="text-align: center;">≥ 90%</td> <td>• 시스템 사용자(관리자, 보유자, 연구자) 대상 만족도 조사 결과</td> </tr> </tbody> </table>		항목	목표 수치	기준/근거	콘텐츠 무결성 검증 정확도	≥ 95%	• 콘텐츠 등록 시 해시 기반 검증 성공률로 SHA256 기준 완전한 검증 가능성 확보	권한 없는 접근 탐지율	≥ 95%	• 미인가 사용자 접근 차단 성공률로 Chaincode 기반 접근 제어로 고수준 보안 달성	등록 자산 수	100%	• 블록체인에 등록된 신 단위 자산 수>300쌍으로 모든 필요 콘텐츠 등록 가능	인증서 발급 성공률	≥ 98%	• 스마트 계약 기반 디지털 인증 발급 요청·응답 성공률	시스템 연동 호환성	≥ 95%	• 외부 API를 통한 메타데이터 연동 테스트 성공률 (실증 환경 기준)	사용자 만족도	≥ 90%	• 시스템 사용자(관리자, 보유자, 연구자) 대상 만족도 조사 결과
항목	목표 수치	기준/근거																					
콘텐츠 무결성 검증 정확도	≥ 95%	• 콘텐츠 등록 시 해시 기반 검증 성공률로 SHA256 기준 완전한 검증 가능성 확보																					
권한 없는 접근 탐지율	≥ 95%	• 미인가 사용자 접근 차단 성공률로 Chaincode 기반 접근 제어로 고수준 보안 달성																					
등록 자산 수	100%	• 블록체인에 등록된 신 단위 자산 수>300쌍으로 모든 필요 콘텐츠 등록 가능																					
인증서 발급 성공률	≥ 98%	• 스마트 계약 기반 디지털 인증 발급 요청·응답 성공률																					
시스템 연동 호환성	≥ 95%	• 외부 API를 통한 메타데이터 연동 테스트 성공률 (실증 환경 기준)																					
사용자 만족도	≥ 90%	• 시스템 사용자(관리자, 보유자, 연구자) 대상 만족도 조사 결과																					
기대 효과	<p>○ (과학·기술적) 국가유산의 디지털 정밀관리를 위한 현대 기술의 적용으로 국가유산 보존 및 관리 기술 고도화 및 표준을 촉진</p> <ul style="list-style-type: none"> - 블록체인, 디지털 트윈 기술의 융합을 통한 새로운 응용 분야 개척 																						

	<ul style="list-style-type: none"> - 국가무형유산 디지털화 및 보존 기술의 고도화 - 비파괴 검사 및 모니터링 기술 발전 - ब्ल्यू메트릭 콘텐츠 관리 기술 혁신 및 표준화 <p>○ (경제·산업적) 국가유산의 디지털 전환을 기반으로 새로운 산업 생태계 창출 및 관련 시장 성장 도모</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국가유산 디지털 관리 시장 창출 (2028년 기준 약 5,000억원 규모 예상) - 문화유산 보험, 인증, 평가 등 연관 산업 활성화 - ब्ल록체인 기반 문화유산 거래 플랫폼 활성화로 투명한 시장 형성 <p>○ (정책·사회적) 디지털화된 국가유산의 투명한 관리 체계를 구축함으로써 정책 신뢰성 제고 및 지속 가능한 생태계 조성 기대</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국가유산의 체계적 보존 및 관리 강화 - 국가유산 소유권 분쟁 및 불법거래 감소 - 국가유산에 대한 접근성 향상 및 활용 확대 - 국가유산 디지털 아카이브 구축을 통한 문화 콘텐츠 산업 발전 - 국제적 문화유산 보호 노력에 기여 												
<p>연구개발기간 및 연구개발비</p>	<p>○ 총 연구기간 : '26 ~ '29 (4개년)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 총 연구기간은 4년(2+2)이며, 1차년도 연구기간은 9개월임. <p>○ 연구개발비 : 20억원</p> <table border="1" data-bbox="219 933 981 1007"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>계</th> <th>1차년도</th> <th>2차년도</th> <th>3차년도</th> <th>4차년도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>정부출연금</td> <td>20억원 이내</td> <td>4억원 이내</td> <td>6억원 이내</td> <td>6억원 이내</td> <td>4억원 이내</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> - 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음 <p>○ 선정 과제 수 : 1개과제</p>	구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	정부출연금	20억원 이내	4억원 이내	6억원 이내	6억원 이내	4억원 이내
구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도								
정부출연금	20억원 이내	4억원 이내	6억원 이내	6억원 이내	4억원 이내								

8					지정 공모	
국가과학기술 표준분류	대분류	HH 문화/예술/체육 EE 정보/통신	중분류	HH11 콘텐츠 EE01 정보이론	소분류①	HH1104 디지털 영상
					소분류②	EE0108 인공지능
국가유산 기술분류	대분류	국가유산 보존기술	중분류	국가유산 정비 및 복원 기술 국가유산 기록 기술	소분류①	역사유적 복원기술
					소분류②	국가유산 기록 기술
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구	<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구	기술성속도(TRL)	
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형	<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	(4) ~ (6)	
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정	<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 공공증진형	
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제
과제명		(한글명) 동산 문화유산 초정밀 디지털 복원·재현 통합기술 개발				
		(영문명) Development and Standardization of Ultra-Precision Digital Restoration and Reproduction Technology for Movable Cultural Heritage				
추진배경 및 필요성	○ 기존 동산 문화유산 보존·복원 기술의 한계를 극복하고, 보존의 정밀도와 예측성을 향상시키는 기술이 필요					
	<ul style="list-style-type: none"> - 문화유산은 원형의 물리적 특성(재료, 색상, 질감 등)이 중요한 요소로, 기존 복원 방식은 시간이 많이 소요되고, 원형의 손상을 유발할 가능성이 있음 - 고전적인 화학적·물리적 복원 방법은 복원 결과의 예측이 어려우며, 장기적인 보존이 어려운 경우가 많음 - 기존 보존·복원 방식은 수작업 중심으로 진행되며, 보존 처리의 정밀도 및 예측성에 한계가 있음 - 본 과제에서 중점적으로 다루는 동산 문화유산은 회화·판화·조각·공예품 등 유형 문화유산으로 한정하며, 서적·문헌·기타 유기물 자료는 향후에 확장 또는 시범 적용 대상으로 고려함 <p>○ AI 및 데이터 분석을 활용한 보존 최적화 및 디지털 복원 기술 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI를 활용하여 회화·조각·공예품의 손상 및 훼손 정도를 정량적으로 분석하고 보존·복원이 필요한 위치와 방법을 자동으로 추천하여 효율적이고 객관적인 보존 방법을 제시할 필요가 있음 - 기존의 화학적·물리적 보존 복원 기법을 AI 기술과 융합하여 보존 처리 및 복원 수행의 효율성 및 정확도 향상 가능 - AI 및 기계학습을 활용한 문화유산 손상 예측 및 디지털 복원 가능 - AI 모델을 활용한 문화유산 색상·재질·화학적 특성 분석을 통한 정밀 복원 가능 					

	<p>○ 초고해상도 기술을 활용한 디지털 복원 및 3차원 문화유산 데이터 보호 기술 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존의 복원 기술은 육안 분석 및 저해상도 이미지를 활용하여 복원 결과의 신뢰도가 낮아, 초고해상도 스캔 및 3D 디지털 모델을 활용한 정밀한 복원 및 원본과 유사한 복원 기능 제공 필요 - 3차원 형상의 문화유산 원형 데이터는 온라인 유통 과정에서 저작권 보호와 출처 증명, 활용 이력 관리 등이 중요하므로, 본 과제에서 구축되는 디지털 복원 데이터는 향후 위변조 방지·접근권한 관리 등 신뢰성 확보 체계와 연계될 수 있도록 메타데이터 구조와 관리 기준을 함께 고려할 필요가 있음 <p>○ 디지털 기반의 문화유산 보존 연구 및 국제 표준화 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국가유산 관리체계와 연계하여 보존된 문화유산 데이터를 체계적으로 관리하고, 디지털 기술을 활용한 원본 기록 및 분석을 통해 지속 가능한 보존 체계 구축 필요 - 디지털 복원된 문화유산 데이터를 국제 표준과 연계하여 글로벌 연구 협력 기반 필요 - 특히, 기기픽셀 이미지·3D 스캔·분광(UV, VIS, IR 등) 데이터와 AI 기반 복원 결과로 구성되는 디지털 복원 데이터를, 데이터 구조·메타데이터·품질지표·프로세스·상호운용성·신뢰·인증 관점에서 표준화하여 기관·플랫폼 간 공동 활용이 가능한 “동산 문화유산 디지털 복원 데이터 자산”으로 관리할 필요가 있음 - 이를 위해 스캔·분석·복원·검증·보존에 이르는 워크플로와 해상도·색재현·복원정확도 등의 품질 기준, 위변조 방지 및 접근권한 관리 체계를 규격화하고, 단체표준(TTA) → 국가표준(KS) → 국제표준(ISO/TC 46, ISO/TC 42, CEN/TC 346, ICCROM 권고안 등)으로 단계적 확장을 추진할 수 있는 표준화 로드맵을 마련할 필요가 있음
개발 목표	<p>○ 최종 목표 : AI 및 초고해상도 기술을 활용하여 회화·조각·공예 등 문화유산을 중심으로 한 디지털 복원하고, 국제표준화를 연계한 보존·복원 의사결정 지원 시스템 및 솔루션을 개발·실증함</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 자동 손상 예측 및 복원 공정의 정확성 및 효율성 향상 - 초고해상도 디지털 분석을 통해 원본 색상, 재질, 질감 복원 최적화 - 디지털 복원된 데이터를 국제 표준과 연계하여 연구·보존 체계 구축 - AI 및 열화 DB 구축을 활용한 보존 최적화 및 복원 기술 개발 - AI 기반 복원의 신뢰성 및 정밀도 향상 기술개발 및 실증
핵심 개발 내용	<p>○ AI 기반 문화유산 손상 분석 및 자동 복원 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 딥러닝 기반 미술품 손상 예측 및 분류, 자동 복원 알고리즘 개발 - AI 및 머신러닝을 활용하여 미술품의 손상 패턴을 분석하고 복원 가능성 평가

	<ul style="list-style-type: none"> - AI 모델을 활용한 문화유산 색상·재질·화학적 특성 분석을 통한 복원 자동화 기술 개발 - AI 기반 문화유산 복원 시뮬레이션 기술 개발 - 문화유산의 색상·질감·구조 정보를 AI 모델에 학습하여 자동 복원 가능 - 복원 과정의 예측 및 최적화 알고리즘을 활용한 실시간 시뮬레이션 구축 <p>○ 초고해상도 스캔 및 디지털 데이터 기반 복원 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초고해상도 스캔 및 이미지 분석 기술 개발 - 기기픽셀 해상도의 문화유산 디지털 스캔 기술 적용 - 적외선·자외선·리만 분광 분석을 활용한 문화유산 원본의 물리·화학적 특성 분석 - 3차원 문화유산 고유 질감 모사 및 편집 기술 개발 - 비균질 질감 텍스처 생성을 위한 고유 색상 취득 및 샘플링 기술 개발 - 질감 텍스처 광택 편집 및 매칭 기술 개발 - 원형과 취득된 형상, 색·질감 정보를 비교하기 위한 비교 분석 기술 개발 - 디지털 기반 원본 기록 및 데이터 표준화 기술 개발 - 초고해상도 데이터를 활용한 문화유산 디지털 복원 아카이빙 시스템 구축 - AI 기반 색채·질감 복원 모델을 학습하여 디지털 원본과 비교 분석 가능 <p>○ 구축 시스템 및 솔루션에 대한 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현장 적용성 및 기술 안정화를 위한 대표 문화유산에 대한 실증 진행 - 국공립 및 사립 박물관 등 실증 업무 협력을 통한 대표 문화유산 선정 및 실증 환경 마련 - 선정된 문화유산에 대한 실시간 데이터 취득 및 분석 실시 - 실증된 AI 알고리즘 기반으로 문화유산에 대한 자동복원 시스템 실증 - 실증을 통한 복원 결과물 결과 제시 - 실제 문화유산과 복원된 결과물간의 비교 분석을 통한 기술 고도화 - 디지털 복원된 문화유산을 가상 전시 및 교육 콘텐츠로 활용 가능 <p>○ 디지털 복원 데이터 표준화 및 품질·신뢰성 관리 체계 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 복원 데이터의 형식·해상도·색·질감 표현에 대한 표준 요구사항 및 메타데이터 스키마 설계 - 복원 프로세스·알고리즘 버전·변경 이력 등을 추적할 수 있는 품질·이력 관리 체계 설계 - 국제 문화유산 보존·복원 표준(ISO, ICCROM 등)과 연계한 데이터 표준화 및 상호운용성 연구
--	--

개발 단계 및 일정 (총 4년)	연차	개발 목표	주요 개발 내용
	1차년도	초정밀 디지털 복원 대상 문화유산 데이터 수집 및 알고리즘 검증	<ul style="list-style-type: none"> 국공립 및 사립 박물관 등 실증 업무 협력을 통한 대표 문화유산(유사품 대치 가능) 선정 AI 및 머신러닝을 활용하여 문화유산의 손상 패턴을 분석하고 복원 가능성 평가
	2차년도	초정밀 인공지능 기반 디지털 복원 기반 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> AI 모델을 활용한 문화유산의 색상·재질·화학적 특성 분석을 통한 복원 자동화 기술 개발 비균질 질감 텍스처 생성을 위한 고유 색상 취득 및 샘플링 기술 개발
	3차년도	초정밀 디지털 복원기술 최적화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> AI 학습 데이터를 구축 후 손상 문화유산의 복원 가능성 평가 및 최적 보존 방법 추천 초고해상도 데이터를 활용한 문화유산 디지털 복원 아카이빙 시스템 구축
	4차년도	구축 시스템 실증 및 표준화	<ul style="list-style-type: none"> 문화유산 디지털 복원 데이터 표준(안) 및 품질·이력 관리 가이드라인 도출 AI 기반 문화유산 복원 기술의 국제 연구기관 및 보존 기관 연계 연구 추진 실증된 AI 알고리즘 기반 문화유산 자동복원 시스템 실증
성능지표	항목	목표 수치	기준/근거
	이미지해상도	10억 픽셀	• 디지털화된 문화유산 이미지의 해상도(픽셀 단위)
	공간해상도	50 μ m	• 문화유산 표면의 물리적 미세구조를 디지털화된 데이터의 최소 측정 단위
	색재현 정확도	$\Delta E \leq 2.0$	• 원본 작품 색상과 디지털화된 이미지 색상 간 차이(ΔE)
	서적·문헌 (손상) 진단 정밀도	100단계	• 손상 단계별 상태 데이터셋
	서적·문헌 상태 매핑 정밀도	0.5 mm	• 상태와 손상 정도를 나타낼 수 있는 최소 픽셀 크기
	복원정확도	95%	• 시가 손상 부위를 복원한 결과와 실제 원본 간 유사성 (Structural Similarity, SSIM 등 활용)
	복원완성도 (결손 복구율)	95%	• 작품 내 결손 영역 복원 성공률(%)
	노이즈 제거율	95%	• 초고해상도 이미지 생성 과정에서 발생한 노이즈 제거 수준 (Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR)
	안료·재질 분류 정확도	90%	• AI 기반 안료 및 재질 분류 정확도(%)
	육안 미확인 영역 탐지율	90%	• 육안으로 식별 불가능한 손상이나 복원 필요한 부분 탐지 정확도(%)
	3D 모델 정확도 (형상 오차율)	1%	• 원본 문화유산과 3D 디지털 모델 간 형상 오차율(%)
	텍스처(질감) 재현도	95%	• 원작 표면 질감의 디지털 모델링 재현 정확성
복원 처리 속도(효율성)	1hr	• AI 기반 디지털 복원 프로세스의 평균 소요시간	

기대 효과	<p>○ 과학·기술적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI 기반 자동 복원 기술을 활용하여 문화유산 손상 분석 및 복원 정밀도 향상 - 초고해상도 데이터 분석을 통해 원본 문화유산의 색상, 질감, 재질을 정밀하게 복원 가능 - 디지털 기반 복원 기술을 활용한 동산 문화유산 보존 연구의 과학적 데이터 축적 - 첨단기술을 활용한 정밀하고 신속한 복원 작업 실현 - 복원 기술 경쟁력 제고 및 글로벌 복원사업 진출 가능성 확대 <p>○ 경제·산업적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 동산 문화유산의 원형보존으로 국가적 문화유산 손실 방지 - 관리 효율성과 보존정책 수립의 과학적 근거 확보 - AI 및 디지털 복원 기술을 활용한 동산 문화유산 복원 산업의 첨단화 및 연구개발 활성화 - 디지털 아카이빙 및 가상 전시를 통한 글로벌 접근성 증가 - 디지털 복원된 동산 문화유산을 활용한 글로벌 문화 콘텐츠 산업 및 가상 전시확대 - 기존 복원 공정의 시간·비용 절감 및 복원 신뢰성 확보를 통한 산업경쟁력 강화 - 초고해상도 디지털 콘텐츠 제작으로 글로벌 콘텐츠 경쟁력 강화 - 디지털 트윈 및 디지털 복원 콘텐츠를 활용한 신사업·교육·전시 서비스 확장 가능성 제고 											
	<p>○ 총 연구기간 : '26 ~ '29 (4개년)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 총 연구기간은 4년(2+2)이며, 1차년도 연구기간은 9개월임. <p>○ 연구개발비 : 30억원</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>계</th> <th>1차년도</th> <th>2차년도</th> <th>3차년도</th> <th>4차년도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>정부출연금</td> <td>30억원 이내</td> <td>5억원 이내</td> <td>10억원 이내</td> <td>8억원 이내</td> <td>7억원 이내</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> - 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음 <p>○ 선정 과제 수 : 1개과제</p>	구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	정부출연금	30억원 이내	5억원 이내	10억원 이내	8억원 이내
구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도							
정부출연금	30억원 이내	5억원 이내	10억원 이내	8억원 이내	7억원 이내							

사업명 기후변화 대응 국가유산 보존관리 기술개발

9		지정 공모					
국가과학기술 표준분류	대분류	EE 정보/통신	중분류	EE08 정보통신 융합 서비스 EE01 정보이론	소분류①	EE0805 정보통신 융합 컴퓨팅 플랫폼 기술	
					소분류②	EE0108 인공지능	
국가유산 기술분류	대분류	국가유산 보존기술	중분류	국가유산 실측 설계기술 국가유산 정비 및 복원 기술	소분류①	국가유산 설계 기술	
					소분류②	역사유적 복원기술	
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구		<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구		
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형		<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	<input type="checkbox"/> 공공증진형	
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정		<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 경쟁공모	
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제	
과제명		(한글명) 기후피해 회복을 위한 건축유산정보모델 통합연계 복원 프로세스 자동화 시스템 개발 및 실증 (영문명) Development and Demonstration of an Automated Restoration Process System Linked with Heritage Building Information Modeling for Climate Damage Recovery					
추진배경 및 필요성		<p>○ 기후변화로 인해 건축 유산의 구조적 열화가 급격하게 진행되나, 현행 복원 프로세스는 시간, 인력, 비용의 부담이 과중함</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전문 분석 인력 부족, 예산 제약으로 인해 손상 정도를 외관 관찰에만 의존하고 있으며, 실제 해체 수리 과정에서 계획 변경 및 복원 비용 증가 - 효율적인 복원 프로세스를 구축하기 위해 고가 장비 의존과 반복적인 시뮬레이션 및 검증의 한계를 보완하고, 건축물 단위 효율적인 모니터링 및 예측 기술 필요 - 고가 장비 의존을 최소화하면서도 현장 적용이 가능한 사진 기반 점검·분석 자동화 기술의 필요성이 증대됨 <p>○ HBIM 모델의 부재 인식 및 분석 기술과 AI 기반 통합 연계하여 개별 부재를 모니터링 및 훼손을 탐지, 예측하여 수리 복원 비용 및 기간 단축 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 건축유산정보모델과 건축유산의 외관 촬영을 통한 부재의 동기화, 변화과정과 손상을 예측 필요 - 해체 수리 준비 전단계에서 비가시 영역에 대한 분석과 훼손 가능성 및 시계열 변화 확인을 통해서 복원 프로세스 지원 - 촬영환경(조도·거리·각도·접근성)과 지역별 공포부 형태 차이에 따른 데이터 품질 					

개발 목표	변동을 흡수할 수 있도록, 데이터 수집·품질관리 전략의 선행 확보가 필요함 ○ 디지털 아카이빙 및 HBIM을 연계하여 기록 관리 중심의 예측 가능하고 편리한 복원 프로세스로 연계 필요 - 문화유산의 기록과 관리 중심의 건축유산체계를 HBIM 연계 복원 프로세스 연계를 통해 복원 수리계획을 효율화 및 신뢰성 향상 - 장기적 확산과 타 시스템 연계를 위해, 건축유산정보모델 연계는 국제표준(예: 산업기반구조 ISO 16739(IFC), ISO 19650 등) 및 표준 데이터 형식·응용프로그램 인터페이스 기반으로 상호운용성을 확보할 필요가 있음 - 기후피해 진단 및 복원 과정에서 생성되는 공포부 사진·시계열 변화 정보·손상 라벨·위험도·HBIM 객체 속성 간의 연계, 공통 메타데이터·품질지표·변경 이력 관리 기준으로 표준화하여, 다른 기후대응·디지털트윈 과제와의 데이터 공유 및 정책 연계가 가능하도록 할 필요가 있음. - 전문적 이해가 부족한 일반 사용자도 활용 가능한 기술 개발을 통해 건축유산 정보 모델의 활용성과 복원 프로세스의 편의성 증대 필요 - 현장 실증 및 장기 운영을 고려하여, 클라우드/엣지 역할 분담, 네트워크 신뢰성, 확장성(대규모 이미지·건축유산정보모델 데이터 처리) 및 접근통제 등 보안 요구를 함께 반영할 필요가 있음
	○ 목표 : 목조 건축유산 공포부 사진 입력 기반 시계열 데이터 축적, 부재 검출 기반 주기적 모니터링 및 손상 분석·진단, AI 기반 부재 손상 위험 사전 예측 기술 및 건축유산정보 모델 연계 정보 제공을 위한 표준 데이터·메타데이터·인터페이스 모델을 설계·실증하는 것임

	<p>○ 단계목표 [TRL(3) ~ (6)] 및 주요 연구개발내용</p> <table border="1"> <tr> <th>구분</th> <th>주요 연구개발 내용</th> </tr> <tr> <td>1단계 (26~27)</td> <td> <p>AI 기반 공포부 사진 부재 인식, 훼손 분석 기술과 H-BIM 연계 정보 제공을 위한 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공포부 외관 사진 기반 부재 인식 및 훼손 검출 기술 개발 - AI 기반 부재 손상 위험 예측 모델 개발 - 전통 건축 공포부 부재 특화 sLLM 챗봇 개발 - 공포부 사진 기반 H-BIM 연계 정보 검색 기술 </td> </tr> <tr> <td>2단계 (28)</td> <td> <p>실제 건축문화유산 현장과 H-BIM 연계 정보 제공 및 AI 기반 공포부 부재 인식, 훼손 분석 기술 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사진 기반 공포부 부재 인식, 훼손 분석 실증 - 사진 기반 공포부 sLLM 모델 설명 및 보고서 생성 실증 - H-BIM 연계 정보 검색 및 현장 실무적용성 평가 </td> </tr> </table>	구분	주요 연구개발 내용	1단계 (26~27)	<p>AI 기반 공포부 사진 부재 인식, 훼손 분석 기술과 H-BIM 연계 정보 제공을 위한 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공포부 외관 사진 기반 부재 인식 및 훼손 검출 기술 개발 - AI 기반 부재 손상 위험 예측 모델 개발 - 전통 건축 공포부 부재 특화 sLLM 챗봇 개발 - 공포부 사진 기반 H-BIM 연계 정보 검색 기술 	2단계 (28)	<p>실제 건축문화유산 현장과 H-BIM 연계 정보 제공 및 AI 기반 공포부 부재 인식, 훼손 분석 기술 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사진 기반 공포부 부재 인식, 훼손 분석 실증 - 사진 기반 공포부 sLLM 모델 설명 및 보고서 생성 실증 - H-BIM 연계 정보 검색 및 현장 실무적용성 평가
구분	주요 연구개발 내용						
1단계 (26~27)	<p>AI 기반 공포부 사진 부재 인식, 훼손 분석 기술과 H-BIM 연계 정보 제공을 위한 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공포부 외관 사진 기반 부재 인식 및 훼손 검출 기술 개발 - AI 기반 부재 손상 위험 예측 모델 개발 - 전통 건축 공포부 부재 특화 sLLM 챗봇 개발 - 공포부 사진 기반 H-BIM 연계 정보 검색 기술 						
2단계 (28)	<p>실제 건축문화유산 현장과 H-BIM 연계 정보 제공 및 AI 기반 공포부 부재 인식, 훼손 분석 기술 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사진 기반 공포부 부재 인식, 훼손 분석 실증 - 사진 기반 공포부 sLLM 모델 설명 및 보고서 생성 실증 - H-BIM 연계 정보 검색 및 현장 실무적용성 평가 						
핵심 개발 내용	<p>(1단계) 공포부 사진 입력을 통한 AI 부재 인식, 훼손 분석 기술과 H-BIM 연계 정보 제공을 위한 기술 개발</p> <p>○ 공포부 외관 사진 기반 부재 인식 및 훼손 검출 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 주기적 촬영을 통한 목조 건축 유산 공포부 이미지 시계열 데이터 구축 - 촬영환경(조도·거리·각도·접근성) 변동 및 지역별 공포부 형태 차이를 반영한 촬영 가이드·품질관리(품질지표/결측·노이즈 처리) 체계를 포함 - 공포부 이미지 수집 및 전문가 기반 부재, 손상 유형 데이터 구축 - 부재·손상 라벨 정의(용어/분류체계)와 메타데이터(촬영일시·기상·부재ID·위치 등) 규격을 함께 구축 - 객체 검출 및 시계열 분석 기반 부재 인식 모델 및 훼손 부위 검출 모델 개발 - 손상 유형 자동 검출 및 정량화 알고리즘 개발 <p>○ AI 기반 부재 손상 위험 예측 모델 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공포부 시계열 이미지 및 열화 패턴 분석을 위한 데이터 동기화 기술 - 부재 인식 결과(부재ID·위치)→손상 정량화 결과→환경데이터 결합→위험 예측으로 이어지는 입력/출력·모델 구분(데이터 유형별)을 명시 - 환경 데이터와 결합한 부재 위험도 예측 모델 개발 - 가시 및 비가시 부재 영역 추론 및 내부 손상 가능 추론 모델 개발 <p>○ 전통 건축 공포부 부재 특화 sLLM 챗봇 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 문화유산 수리 시방 및 수리이력, 법령 기반 전문 지식 데이터 베이스 구축 - 부재의 기능, 손상 분석을 위한 sLLM 에이전트 학습 기술 - 전통 목조 건축 공포부 소형 대규모 언어모델(sLLM) 기반 H-BIM 데이터(부재 ID·속성·손상 정보 등) 분류 및 설명 기술 개발 - 문화유산 취약 부위 손상 사전 경보 및 사후 모니터링 시스템 구축 						

	<p>○ 공포부 사진 기반 H-BIM 연계 정보 검색 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 이미지 인식 기반 공포부 부재 IFC 인터페이스 구축 및 상호 호환 모듈 개발 - H-BIM 연계는 IFC(ISO 16739), ISO 19650 등 BIM 국제표준(및 OGC 준수 포함) 기반으로 데이터 구조·교환 규격을 정의하고, 표준 API·데이터 포맷(JSON-LD, IFC-JSON 등) 적용 방안을 포함 - H-BIM 데이터 연계 손상 위치 및 위험도 표시 기능 설계 - AI 분석결과 → H-BIM 객체 속성 갱신을 위한 변환·매핑 규칙(인터페이스 표준화 및 변환 방안)을 제시 <p>○ 시스템 운영·배포 아키텍처 및 안정성 확보 방안</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현장 단말/엣지/클라우드 역할 분담 및 비용 최적화 전략 - 현장 실증 중 통신장애·데이터 손실 방지 등 운영 안정성 확보 방안 - 대규모 이미지·H-BIM 데이터 처리 확장성 및 접근통제 등 보안 요구 반영 - 핵심 기능 및 서비스가 어떤 컴퓨팅 시스템에서 수행되는지(구성) 명시 <p>(2단계) 실제 건축문화유산 현장과 H-BIM 연계 정보 제공 및 AI 기반 공포부 부재 인식, 훼손 분석 기술 실증</p> <p>○ 사진 기반 공포부 부재 인식, 훼손 분석 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> - 실증 대상 현장 사진 데이터 기반 부재인식 및 분석 프로세스 실증 - 손상 분석, 예측 신뢰 및 위험도 판단 검증 <p>○ 사진 기반 공포부 sLLM 모델 설명 및 보고서 생성 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> - 실증 대상 현장 사진 데이터 기반 공포부 구조 설명 실증 - 수리 관련 보고서 자동 생성 기능 실증 <p>○ H-BIM 연계 정보 검색 및 현장 실무적용성 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> - H-BIM 연계 정보 검색 시스템 구축 및 실증 - 사용자 만족도 조사 및 실무 활용도 조사 														
개발 단계 및 일정 (총 3년)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>단계</th> <th>연차</th> <th>개발 목표</th> <th>주요 개발 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1단계</td> <td>1차 연도</td> <td>공포부 부재 인식/훼손 검출 기반 데이터 구축</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ 공포부 이미지 수집 및 전문가 라벨링 기반 부재-손상 DB 구축 ■ 객체 검출 기반 부재 인식 모델 개발 ■ 균열/탈락 등 손상 유형 자동 검출 알고리즘 기초 개발 ■ H-BIM 연계를 위한 부재 ID-이미지 매핑 규칙 정의 ■ 촬영환경(조도·거리·각도·접근성) 변동 및 지역별 공포부 형태 차이를 반영한 데이터 수집 가이드·품질관리 기준과 메타데이터(라벨·부재·손상·촬영조건) 체계를 함께 마련 </td> </tr> <tr> <td>2차 연도</td> <td>손상 정량화/위험도 예측 및 비가시 영역 추론 기술</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ 시계열 이미지/환경데이터 기반 열화 패턴 분석 ■ 가시영역 부재 위험도 예측 AI 모델 개발 ■ 비가시(내부) 부재 손상 가능성 추론 모델 개발 ■ 공포부 전용 지식 베이스 구축 및 LLM 학습 준비 ■ 국제표준 기반 건축유산정보모델 연계(예: IFC(ISO 16739), ISO 19650 등) 및 표준 데이터 형식-응용프로그램 인터페이스 설계와 함께, 클라우드/엣지 구성·확장성·접근통제 등 운영·보안 요구를 반영 </td> </tr> <tr> <td></td> <td>전통 공포부 LLM 에이전트</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ■ 문화유산 수리 기반 전문 지식 데이터베이스 구축 ■ 부재 설명이 가능한 전통 공포부 특화 LLM 에이전트 개발 </td> </tr> </tbody> </table>	단계	연차	개발 목표	주요 개발 내용	1단계	1차 연도	공포부 부재 인식/훼손 검출 기반 데이터 구축	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공포부 이미지 수집 및 전문가 라벨링 기반 부재-손상 DB 구축 ■ 객체 검출 기반 부재 인식 모델 개발 ■ 균열/탈락 등 손상 유형 자동 검출 알고리즘 기초 개발 ■ H-BIM 연계를 위한 부재 ID-이미지 매핑 규칙 정의 ■ 촬영환경(조도·거리·각도·접근성) 변동 및 지역별 공포부 형태 차이를 반영한 데이터 수집 가이드·품질관리 기준과 메타데이터(라벨·부재·손상·촬영조건) 체계를 함께 마련 	2차 연도	손상 정량화/위험도 예측 및 비가시 영역 추론 기술	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시계열 이미지/환경데이터 기반 열화 패턴 분석 ■ 가시영역 부재 위험도 예측 AI 모델 개발 ■ 비가시(내부) 부재 손상 가능성 추론 모델 개발 ■ 공포부 전용 지식 베이스 구축 및 LLM 학습 준비 ■ 국제표준 기반 건축유산정보모델 연계(예: IFC(ISO 16739), ISO 19650 등) 및 표준 데이터 형식-응용프로그램 인터페이스 설계와 함께, 클라우드/엣지 구성·확장성·접근통제 등 운영·보안 요구를 반영 		전통 공포부 LLM 에이전트	<ul style="list-style-type: none"> ■ 문화유산 수리 기반 전문 지식 데이터베이스 구축 ■ 부재 설명이 가능한 전통 공포부 특화 LLM 에이전트 개발
단계	연차	개발 목표	주요 개발 내용												
1단계	1차 연도	공포부 부재 인식/훼손 검출 기반 데이터 구축	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공포부 이미지 수집 및 전문가 라벨링 기반 부재-손상 DB 구축 ■ 객체 검출 기반 부재 인식 모델 개발 ■ 균열/탈락 등 손상 유형 자동 검출 알고리즘 기초 개발 ■ H-BIM 연계를 위한 부재 ID-이미지 매핑 규칙 정의 ■ 촬영환경(조도·거리·각도·접근성) 변동 및 지역별 공포부 형태 차이를 반영한 데이터 수집 가이드·품질관리 기준과 메타데이터(라벨·부재·손상·촬영조건) 체계를 함께 마련 												
	2차 연도	손상 정량화/위험도 예측 및 비가시 영역 추론 기술	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시계열 이미지/환경데이터 기반 열화 패턴 분석 ■ 가시영역 부재 위험도 예측 AI 모델 개발 ■ 비가시(내부) 부재 손상 가능성 추론 모델 개발 ■ 공포부 전용 지식 베이스 구축 및 LLM 학습 준비 ■ 국제표준 기반 건축유산정보모델 연계(예: IFC(ISO 16739), ISO 19650 등) 및 표준 데이터 형식-응용프로그램 인터페이스 설계와 함께, 클라우드/엣지 구성·확장성·접근통제 등 운영·보안 요구를 반영 												
		전통 공포부 LLM 에이전트	<ul style="list-style-type: none"> ■ 문화유산 수리 기반 전문 지식 데이터베이스 구축 ■ 부재 설명이 가능한 전통 공포부 특화 LLM 에이전트 개발 												

		및 H-BIM 연동 정보 제공 기술	<ul style="list-style-type: none"> 전통 목조 건축 공포부 소형 대규모 언어모델(sLLM) 기반 H-BIM 데이터 분류설명 기능 구현 이미지 인식 기반 공포부 부재 IFC 인터페이스 구축 및 상호 호환 모듈 구현 H-BIM 기반 손상 위치위험도 시각화 기능 개발
연계	3차년도	현장 실증 및 H-BIM 연계 의사결정 지원 플랫폼 검증	<ul style="list-style-type: none"> 실제 문화유산 현장 사진 기반 부재 인식훼손 분석위험도 예측 실증 공포부 sLLM 모델 기반 구조 설명손상 설명 보고서 자동 생성 실증 H-BIM 연계 부재 정보 탐색 기능 실증 실무자 대상 사용성 평가만족도 조사적용성 검증 현장 실증 과정에서 운영 안정성(통신장애 데이터 손실 방지) 검증을 포함하고, 개발 완료 이후에도 이미지 분석 인공지능대규모 언어모델 고도화를 건축유산정보모델 연계에 끊임 없이 반영하는 업데이트 체계를 제시

○ 정량적 지표

항목	목표 수치	기준/근거
외관 훼손 검출 정확도	≤ 95% 이상	• 목조 부분 훼손 부분 검출 성능 (사진내 크랙 검출 86%, 교통대)
사진 기반 부재 검출 정확도	≤ 90% 이상	• 공포부 부재 단위 검출 성능 (도면 내 검출, 94.7% ETRI)
시계열 부재 변화 정보 제공 여부	시계열 분석 제공	• 공포부 및 부재에 대한 건축물 공포별 시계열 변화 데이터 제공
부재 손상 위험도 예측 성능	분류 성능 목표치 제시	• 1차년도 데이터로 기준모델(베이스라인) 설정 → 2차년도 개선 목표로 제시
부재 훼손 부위 해설 및 보고서 제공	보고서 제공	• 입력 사진에 대한 부재 훼손 탐지 정보 및 보고서 작성 여부
H-BIM 연계 정보 업데이트	사진 기반 분석 정보 제공	• H-BIM 데이터베이스와 연계 하여 사진 기반의 정보 제공 여부
H-BIM 연계 표준 상호운용성 검증	표준 기반 연계 시험 통과(적합/부적합)	• H-BIM 연계는 국제표준 기반 데이터 구조 및 표준 API 데이터 포맷 등 구체적 표준화 계획을 요구
지원 시범 건축물 개수	10동 이상	• 중심포 목조 건축물 국보, 보물 기준내 정의하며, 10동 이상의 실증을 목표로 함

○ 성과 창출 및 성과 활용·확산지표 및 목표치

구분	목표 내용
1단계('26~'27)	(과학적 성과) SCI 논문 2건 (기술적 성과) 특허 출원 2건, SW등록 1건
2단계('28)	(기술적 성과) SW 등록 1건, 특허 등록 1건 (SMART BBB 이상) (경제적 성과) 사업화 1건 (인프라 성과) 건축유산 공포부 부재 및 훼손 모니터링 시스템 H-BIM 연계 정보 검색 서비스

기대 효과

- 기술적 효과
- 사진 기반 훼손 검토를 통해 건축 문화유산의 지속적인 모니터링과 복원 전 단계의

불필요한 해체·조사 절감

- 공포부 부재 단위 훼손 탐지 및 비가시 영역을 고려한 시계열 분석 및 손상 분석을 사전 파악하여 복원비용 최소화
- H-BIM 연계되어 사진 기반 정보 검색 및 상세 정보 제공 가능

○ 경제적 효과

- 전통 건축 목조 건축물에 대한 훼손 전수 조사 및 현장 투입 인력 비용 감소
- 문화유산 해체 수리 전후 데이터 활용을 통한 전체 복원 프로세스에 필요한 비용 절감 기대 및 복원비용 예측기술의 서비스

○ 산업·사회적 효과

- 문화유산 수리 실무자가 복원비용을 과학적으로 산정할 수 있는 체계 마련
- 국내 문화유산 복원 기술 선도 및 복원산업 자동화 선도를 통한 해외 문화유산 수리, 복원 프로세스 수출

연구개발기간 및 연구개발비

○ 총 연구기간 : '26 ~ '28 (3개년)
- 총 연구기간은 3년이며, 1차년도 연구기간은 9개월임.

○ 연구개발비 : 18억원

구분	계	1차년도	2차년도	3차년도
정부출연금	18억원 이내	5억원 이내	7억원 이내	6억원 이내

- 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음

○ 선정 과제 수 : 1개과제

10		지정 공모					
국가과학기술 표준분류		대분류	EB 재료	중분류	EB03 고분자재료 EB08 국방소재	소분류①	EB0308 특수기능성 소재기술
국가유산 기술분류		대분류	국가유산 보존기술	중분류	국가유산 재료개발 국가유산 예방기술	소분류①	국가유산 보존재료 개발
						소분류②	국가유산 재해 대응 기술
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구 <input type="checkbox"/> 응용연구 <input checked="" type="checkbox"/> 개발연구		기술성숙도(TRL)			
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형 <input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형 <input type="checkbox"/> 혁신형		(4) ~ (7)			
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정 <input type="checkbox"/> 정책지정 <input type="checkbox"/> 자율공모		<input type="checkbox"/> 공공증진형			
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당 <input checked="" type="checkbox"/> 비해당		<input type="checkbox"/> 자율공모 <input type="checkbox"/> 경쟁공모		<input type="checkbox"/> 경정공모	
과제명		(한글명) 전통건축물 및 문화유산 적용형 비접착성 발포 임시 방염액 기술 개발					
		(영문명) Development of Non-Adhesive Foaming Temporary Fire-Retardant Solution for Traditional and Cultural Heritage Buildings					
추진배경 및 필요성		<p>○ 추진배경</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기후변화에 따른 고온·건조 일수 증가 및 산불·도시형 화재 위험 확대에 의해, 목조 건축 위주의 전통건축물·사찰·향교·서원 등 문화유산의 화재 취약성이 심화되고 있음. - 현재 사용 중인 다수의 방염기술은 영구 도포·침투형 방염제에 기반하고 있으며, 목재·도료·직물 등의 색 변화, 표면 및 재료의 장기적 물성 변화, 잔류물 축적에 따른 문화유산 훼손 우려가 지속적으로 제기되어 왔음. - 문화유산 현장에서는 특정 행사·공사·공사 중 가설 구조물 설치 등 일시적인 화재 위험이 높아지는 기간에만 방염을 강화하였다가, 해당 기간 종료 후 문화유산의 원형을 온전히 회복하기를 요구하고 있음. - 이에 따라, 전통건축물 및 문화유산에 대해 화재 위험이 높은 기간 동안에는 충분한 방염 성능을 제공하고, 해당 기간 이후에는 표면에 손상과 잔류 없이 물 세척 또는 저독성 용매로 손쉽게 제거할 수 있는 비접착성 발포 임시 방염액 기술 개발이 시급함. 					

개발 목표	<p>○ 과제의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 문화유산 친화형 임시 방염 기술 부재 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 기존 방염제는 건축물 마감재 중심의 상용제품이 대부분으로, 문화유산 재질(전통 목재, 전통 도료, 일부 금속 부재 등)을 전제로 설계된 임시 방염제품은 거의 전무함. - “임시적·저침투성·저손상” 을 동시에 만족하는 기술의 부재 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 현재 임시 방염 제품은 일정 기간 후 자연 열화노출에 의한 성능 저하만을 전제로 하거나, 제거 과정에서 별도의 물리·화학적 처리가 필요하나, 문화유산 표면을 전제로 한 제거 용이성·안전성 검증은 미흡함. - 국제 기준 및 규제 대응을 고려한 소재·공정 설계 필요 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 방염 성능, 인체·환경 안전성, 휘발성 유기화합물(VOC) 등은 NFPA 703(미국 방염 처리 건축재, 직물 성능 기준), EN 13501(유럽 건축자재 화재 성능 등급 분류 기준), ASTM E84(미국 건축자재 표면 연소 특성 시험 기준) 등 화재방염 관련 국제 기준과, REACH(유럽 화학물질 등록·평가 허가제) 제도, TSCA(미국 유해화학물질 관리법) 및 국내 SDS(안전보건자료) 가이드 에 부합하는 수준으로 설계·검증할 필요가 있음. ▪ 아울러 ‘임시 방염(Temporary Fire Retardancy)’, ‘비접착성 방염층(Non-adhesive Fire Retardant Layer)’, ‘제거 가능 방염(Removable Fire Protection)’, ‘문화유산 친화형 방염(Cultural Heritage-Compatible Fire Protection)’ 등의 개념과, 방염 성능·발포층 유지성·제거성·무손상성에 대한 시험방법 및 현장 적용·제거 프로토콜을 표준화하여, 향후 단체표준(TTA) → 국가표준(KS F/M/S) → ISO/ASTM 등 국제표준으로 확장 가능한 기반을 마련할 필요가 있음.
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전통 목조건축물 및 문화유산(목재·금속 부재)에 적용 가능한 비접착성 고발포형 임시 방염액 개발 ○ 물 세척 및 문화유산 재질에 무해한 특정 용매를 활용한 제거율 99% 이상 확보 ○ 도포 후 최소 1주간 방염 성능 유지, 7일 경과 후 재시험 시 방염 성능 90% 이상 유지 ○ 전통건축물·문화유산 적용 시 표면 색 변화(ΔE 0.5 이하), 표면 물성 변화 5% 이내, 잔류 고형분 1중량% 이하 등 저손상·무잔류 수준의 적용·제거 성능 검증 ○ 상기 요구성능을 충족하는 비접착성 임시 방염 처리의 요구사항·시험방법·적용·제거 프로토콜을 체계화하고, 「문화유산 보호를 위한 비접착성 임시 방염 처리 기술 요구사항 및 시험방법」(가칭) 단체표준(TTA) 초안 수준의 표준(안)을 도출함

개발 대상 및 내용	○ 개발 대상 - 전통 목조건축물 및 문화유산(목재 및 금속 부재)을 대상으로 하는 비접착성 고발포형 임시 방염액 - 해당 방염액의 적용·건조·대기·제거 전 주기 프로토콜 및 소방·방재 현장에서 활용 가능한 도포 장비 시스템	
	○ 핵심 개발 기술	
	기술구분	기술내용
	임시 방염 요구조건 정의	전통건축물문화유산 화재 사례 및 재질 특성 분석 방염 지속 기간(1주), 제거성무손상성, 안전환경 기준 등 임시 방염 요구조건 정립
	고발포 방염제 원액	수계 기반 폴리머 복합물, 난연 첨가제, 발포제 조합을 통한 고발포성난연성 저접착성 임시 방염 조성 설계
	표면 침투 처리 기술	목재금속 등 문화유산 표면에 침투를 최소화하면서도 균일한 발포층을 형성 하는 고분자 겔막 또는 무접착성 막 형성 기술
	물리적 제거 용이성	도포 후 일정 기간(1주) 경과 후 물 세척 및 저독성 용매 세척을 통해 제거율 99% 이상, 잔류 고형분 1중량% 이하, 표면 색 변화물성 변화 최소화 (허용 기준 이내)
	열 차단 성능 확보	발포층 내 공기층 형성에 의한 단열 성능 확보 (600~800°C 차단)
	안전성환경성규제 대응 기술	무독성무금속계(VOC-free) 설계를 기반으로 인체 위해성생태독성 평가 및 REACH(유럽), TSCA(미국), 국내 SDS 등 관련 규제지침을 충족하는 안전 환경성 확보
	적용 장비	휴대형 수동 분무기/소화기 형태 도포 장비 개발
성능 시험평가 프로토콜	방염 성능(시험체 구성, 화원 조건, 시험 시간), 발포층 유지성, 제거 시험수 압세정 시간-온도 조건, 색차(ΔE), 물성 변화, 반복 도포제거 내구성 등에 대한 시험 프로토콜 및 평가 절차 정립(표준 시험방법 초안 수준)	
적용운용 프로토콜 및 이력 메타데이터	도포 전 사전 점검, 도포 두께발포비 기준, 방염 유지 기간 중 관리 방법, 제거 및 잔류물 처리폐기 절차 등 현장 적용운용 프로토콜 수립 "문화유산 명·적용일자·제품·조성·도포두께·유효기간·담당자" 등 보존처리 이력 메타데이터 구조 정의	
○ 적용 대상 - 전통 목조건축물의 기와 및 목재 부재(기둥, 대들보, 처마 등) - 전통 사찰, 문화유산 지정(또는 지정 예정) 가옥 및 관련 시설 - 행사·공사·가설 구조물 설치 등으로 일시적으로 화재 위험이 증가하는 구역의 임시 방염 처리 - 그 밖에 국가유산 관련 기관·소방청 등에서 화재 대비를 위해 임시 방염 조치가 필요한 문화유산 현장		

개발 단계 및 일정 (총 3년)	○ 1차년도 : 임시 방염 요구조건 정의 및 기초 조성 설계 - 전통건축물·문화유산(목재·금속 부재) 대상 임시 방염 요구조건 정립(방염 지속 기간(1주), 제거 용이성, 표면 호환성, 안전성·환경성 기준 설정) - 가수분해성·저접착성 고분자, 난연 첨가제, 발포제 등을 활용한 비접착성 고발포수계 방염 조성 후보군 설계 - 발포성, 난연성, 기초 제거성(물·용매 세척 가능성) 등 기본 물성 평가 - 목재·금속 모사 시험체를 활용한 무손상성 1차 검증 및 23차년도 최적화·실증 단계 설계를 위한 기초 데이터 확보		
	○ 2차년도 - 성능 최적화 및 제거성·무손상성 검증 - 1차년도 후보 조성에 대한 방염 성능-지속 기간-제거 용이성-표면 영향 통합 스크리닝(도포 후 1주 경과 시 방염 성능 유지, 제거율 99% 이상, 잔류·색 변화·물성 변화 허용 기준 충족 여부 검증) - 물 세척 및 저독성 특수 용매를 활용한 제거 프로토콜 최적화(세척 조건(유량, 시간, 온도 등)별 제거 성능 및 문화유산 재질 영향 분석) - 발포층 구조(발포비, 공기층 구조 등)와 열 차단 성능(고온 환경에서 시험체 내부 온도 상승 억제) 간 상관관계 분석 - 최적 조성·공정 조건 도출 및 시제품 설계 사양(조성, 점도, 포장 형태 등) 확정		
	○ 3차년도 - 시제품 개발, 문화유산 현장 실증 및 표준·규제 대응 - 2차년도 설계를 기반으로 한 시제품(발포 임시 방염액 및 도포 장비) 제작 <ul style="list-style-type: none"> ■ 휴대형 수동 분무기, 소화기형 카트리지 등 현장 대응형 도포 시스템 구현 - 전통건축물(실물 또는 모형 포함)을 대상으로 한 파일럿·현장 실증 시험 <ul style="list-style-type: none"> ■ 실제 화재고온 환경 모사 시험을 통해 방염 지속성(1주), 제거성(제거율 99% 이상), 무손상성(색물 성잔류 기준 충족) 검증 - 국제·국내 기준 및 규제 대응 검토 <ul style="list-style-type: none"> ■ 방염 성능: NFPA 703, EN 13501, ASTM E84 등과의 정합성 검토 ■ 화학물질 규제: REACH, TSCA, 국내 SDS 등 관련 규제지침 준수 여부 검토 - 핵심 조성, 제조 공정, 적용·제거 프로세스에 대한 <ul style="list-style-type: none"> ■ 지식재산 및 표준화 전략 수립 「문화유산 보호를 위한 비접착성 임시 방염 처리 기술 요구사항 및 시험방법」(가칭) TTA 단체표준(안) 작성, KS F/M/S 및 ISO/ASTM(ISO/TC 92, ISO/TC 61, ISO/TC 46/SC 10 등) 연계 가능 항목 정리 ■ 국가유산 관련 기관, 소방청, 소방장비 기업 등을 대상으로 한 제품화기술이전 기반 마련 		
	연차	개발 목표	세부 내용
	1차년도	임시 방염 요구조건 정의 및 기초 조성 설계	전통건축물문화유산 대상 임시 방염 요구조건(1주 지속 제거무손상안전 기준) 정립 비접착성 고발포수계 방염 조성물 설계 발포난연무손상성 기준 평가
	2차년도	성능 최적화 및 제거 테스트	방염 성능-지속 기간-제거 용이성-표면 영향 통합 시험 물저독성 용매 기반 제거 프로토콜 최적화 발포층 구조열 차단 성능 분석 및 최적 조성공정 도출
	3차년도	실증 및 현장 적용	시제품(방염액도포장비) 제작 문화유산 현장(또는 모사체) 실증 국내국제 성능안전 기준 부합성 검증 규제(화학물질 표준)사표준(시험) 전략 수립

성능지표	지표명	목표 수치	근거
	방염지속기간	도포 후 7일(168시간)까지 방염 성능 유지	행사공사 등 임시 방염 적용기간(약 1주) 동안 화재 위험에 대응하기 위한 최소 요구 조건
	열차단 성능	600-800°C 열원 조건에서 시험체 내부 온도 200°C 이하 유지	목조건축문화유산 등 고가연성 소재의 구조 내부 손상을 방지하기 위한 단열열차단 기준
	제거율	물 세척 및 저독성 용매 세척 후 방염층 제거율 ≥ 99%	문화유산 표면에 방염층이 거의 남지 않는 수준의 제거성 확보(임시 방염의 기본 전제)
	표면 잔류 고형분	도포 전 대비 잔류 고형분 ≤ 1중량%	문화유산 재질 표면에 잔류물 축적을 최소화하여 장기적 변색/열화 가능성 차단
	표면 색 변화도(ΔE)	ΔE ≤ 0.5	육안으로 인지하기 어려운 수준의 색 변화만 허용(원형 훼손 최소화)
	표면 물성 변화 (경도/거칠기 등)	도포 전 대비 ±5% 이내	목재 금속 등 문화유산 재질의 기계적 물리적 특성 변화를 허용 오차 이내로 제한
	친환경성	무독성 인체 위해성 0등급	인체 및 환경 위해성 최소화, 국내 SDS 기준 및 REACH(유럽), TSCA(미국) 등 국제 화학물질 규제 수준을 고려한 설계평가
	표준화 성과	단체표준(TTA) 제정 또는 표준안 1건 이상	임시 방염 요구사항 시험방법 운용 프로토콜을 문서화하여 문화유산 보존처리 및 소방방재 분야에서 공유 가능한 최소 성능 운용 기준 마련

기대 효과
<ul style="list-style-type: none"> ○ 문화유산 화재 대비 ‘비상 방염 조치’ 수단 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 행사·공사·가설 구조물 설치 등 일시적으로 화재 위험이 증가하는 기간에 적용 가능한 임시 방염 기술 확보를 통해, 전통 목조건축물 및 문화유산의 실질적인 화재 위험도 저감 ○ 현장 대응형 저손상 방염 기술 확보 → 소방/방재 현장 적용성 제고 <ul style="list-style-type: none"> - 비접촉성 고발포 수계 방염액 + 도포 장비 패키지를 통해 소방·방재 인력이 위험 구역을 신속히 임시 방염구역으로 전환할 수 있는 현장 대응 수단 제공 ○ 기존 지속형 방염처리 기술의 한계 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 영구 도포·침투형 방염제에서 발생하는 색 변화, 표면 물성 변화, 잔류 문제를 보완하는 문화유산 친화형 임시 방염 플랫폼 기술 확보 ○ 기술이전 및 제품화 가능성: 국가유산 관련 기관, 소방청, 소방장비 기업 대상 <ul style="list-style-type: none"> - 국가유산 관련 기관, 소방청, 소방장비 기업 등을 대상으로 한 기술이전·제품화 가능성이 크며, NFPA 703, EN 13501, ASTM E84 및 REACH, TSCA 등 국제 기준·규제 대응을 통해 해외 문화유산·특수 건축물 방재 시장 진출 기반 마련 ○ 임시 방염 처리의 표준화 및 공공조달·현장 확산 기반 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 「문화유산 보호를 위한 비접촉성 임시 방염 처리 기술 요구사항 및 시험방법」 등 단체표준(TTA) 및 향후 KS·ISO·ASTM 표준화 연계를 통해, 문화유산 보존처리·소방·방재 분야에서 임시 방염 제품·공정의 성능·안전 기준을 명확히 하고 공공조달·인증체계와 연계할 수 있는 기반을 마련함.

기술 로드맵 (3단계)	○ 기술 성숙도 기준 TRL 5 → TRL 7 도달 목표			
	단계	기술개발 목표	기간	주요 기술
	1단계	임시 방염 요구조건 정립 및 비접촉성 고발포 수계 조성 설계	1년차	<ul style="list-style-type: none"> - 임시 방염 요구조건 정(1주 지속, 제거율, 무손상 안전환경 기준) - 비접촉성 고발포 수계 방염제 조성 설계 및 발포 특성(발포비 10배 이상) 평가 - 목재 금속 시험체 대상 기초 난연무손상성 1차 평가 - 착수 기술 수준을 TRL 5로 설정하고 문화유산 적용 관점에서 후보 기술 정리
	2단계	방염 성능 및 제거성 확보	2년차	<ul style="list-style-type: none"> - 방염 성능(1주), 제거율(≥99%), 표면 영향(ΔE, 물성 잔류) 통합 최적화 - 물 세척 또는 저독성 용매 기반 제거 프로토콜 조건 설정 - 발포층 구조-열차단 성능 연계 설계 - 최적 조성공정 도출 및 시제품 설계 사양 확정(TRL 6 목표)
3단계	시제품 개발 및 문화유산 적용 실증	3년차	<ul style="list-style-type: none"> - 도포기기 설계, 실제 전통건축물(모형 포함) 대상 실증, 공인 성능 시험 통과 	

연구개발기간 및 연구개발비	○ 총 연구기간 : '26 ~ '28 (3개년)				
	- 총 연구기간은 3년이며, 1차년도 연구기간은 9개월임.				
	○ 연구개발비 : 16억원				
	구분	계	1차년도	2차년도	3차년도
	정부출연금	16억원 이내	4억원 이내	6억원 이내	6억원 이내
	- 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음				
	○ 선정 과제 수 : 1개과제				

11		지정 공모					
국가과학기술 표준분류		대분류	EB 재료	중분류	EB03 고분자재료 EH11 친환경 소재/제품	소분류①	EB0311 나노소재기술
국가유산 기술분류		대분류	국가유산 보존기술	중분류	국가유산 재료개발 국가유산 수리 기술	소분류①	국가유산 보존재료 개발
						소분류②	국가유산 보존처리 기술
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구		<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구		
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형		<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	<input type="checkbox"/> 공공증진형	
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정		<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 경쟁공모	
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제	
과제명		(한글명) 목조 건축유산 친환경 방충 표면처리 나노융합기술개발 및 실증 (영문명) Development and Validation of Eco-Friendly Nano-Composite Surface Treatment Technology for Anti-Insect Protection of Wooden Heritage Buildings					
신규과제 예비후보	1-9	목조 건축유산 친환경 방충 표면처리 나노융합기술개발 및 실증					
추진배경 및 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 목조 건축 유산의 생물 피해를 사전에 근본적으로 방지하기 위해 방충과 함께 목재의 항균 기능을 강화하고 수분 침투를 차단하는 복합적인 표면처리를 할 수 있는 선진국형 첨단 나노기술 개발이 시급 ○ 기존 방충·방부 기술은 화학독성, 재도포 필요성, 환경유해성 등의 문제로 지속 가능한 보존에 부적합함 ○ 선진국(일본, 유럽 등)은 나노소재 기반의 다기능 표면처리 기술을 활용해 비파괴·친환경적 보존기술을 고도화 중임 ○ 이에 따라 항균·방충·발수 기능을 동시에 구현할 수 있는 친환경 나노융합 기술의 개발과 현장 실증이 시급함 ○ 아울러 ‘문화유산 친화적 나노표면처리’, ‘가역적 보존’, ‘비가역성 최소화’ 등의 개념과 적용 대상(목조건축, 목조 조형물, 실내외 등) 분류, 도포 전 처리-도포-양생-사후 점검에 이르는 공정, 실내·현장 시험조건, 장기 유지 관리 기준 등을 표준화하여, 「목조건축문화유산용 친환경 나노표면처리 기술 요구사항」, 「문화유산 목재 보호용 나노코팅 성능 시험 방법」(가칭) 등 단체표준(TTA) → KS(화학·건축) → ISO/ASTM 국제표준으로 확장 가능한 기반을 마련할 필요가 있음. 						
개발 목표	○ 목표 : 국내 최초로 기후변화에 대응하여 방충·방균·항균·수분차단의 4중 복합 기능을 가지며, 문화유산에 무해한 친환경 나노융합 표면처리제를 개발하고, 이를 실제 목조건축유산에 적용·실증하여 현장적용성을 확보하는 세계 최고 수준의 보존관리기술을 확립						

핵심 개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심 개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> - 기능성 나노소재 설계 및 합성 <ul style="list-style-type: none"> · 천연 유래 물질 또는 저독성 무기/유기 나노소재(예 실리카, 은 아연 구리계 나노입자 등) 기반 · 다기능성 항균 방충 방균 수분차단 동시 구현 · 나노소재 크기 제어 및 안정성 확보 - 목재 친화적 도포 메커니즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 나노소재의 목재 표면 및 내부 확산성 분석 · 투명성, 색상 변화 최소화, 기공 차단 효과 연구 - 환경안전성 및 문화유산 적합성 평가 <ul style="list-style-type: none"> · 문화유산 보존 기준에 적합한 무해성비변색성 확보 · 가속노화시험, VOC 측정 등 실시 - 실증 적용 및 성능 검증 <ul style="list-style-type: none"> · 국가 지정 목조건축유산 2건 이상 실증 (예 사찰, 누각 등) · 계절별/기후별 환경 대응 효과 평가 - 표준화 및 적용·운용 가이드라인 수립 <ul style="list-style-type: none"> · 목조건축목재문화유산용 친환경 나노표면처리 관련 용어정의(문화유산 친화적 나노표면처리, 가역적 보존, 비가역성 등) 및 적용 대상 분류체계(건축물/실내외/노출환경 등) 정립 · 도포 전 표면 정리 → 도포(방법/두께/횟수) → 양생 → 사후 점검재사공에 이르는 공정 표준 및 현장 적용 프로토콜 수립 · 방충항균방균수분차단 성능, VOC/중금속 등 안전성 기준에 대한 시험평가 방법과 최소 성능기준(예 KS M 1015, JIS K 1571, ASTM/ISO 관련 시험 규격 준용 및 보완) 정립 · 보존처리 이력 메타데이터(문화유산명, 처리일자, 제품/조성, 도포두께, 시공 방법, 담당자, 재점검재시공 주기 등) 구조 설계 및 국가 보존처리 DB 연계 방안 마련 	
	개발 단계 및 일정 (총 3년)	연차
	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 나노소재 설계 및 복합처리제 원천기술 확보 - 항균/방충 소재별 성능 평가 및 배합 기술 개발 - 방충항균방균수분차단 성능 및 안전성 시험조건(실내현장)의 조사분석, 관련 KS/JIS/ISO/ASTM 시험 표준 검토 및 제품공정시험적용지침 등 표준화 범위(안) 설정
	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 목재 적용 최적화 공정 개발 - 친환경성 및 문화유산 적용 적합성 시험 - 현장 실증 계획 수립 - 실험 및 모의현장 데이터를 기반으로 성능/안전성 최소 기준(안)과 시험평가 프로토콜(안) 설계, 보존처리 이력 메타데이터 항목 정의 및 파일럿 적용
	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 실증 대상 문화유산 현장 적용 - 계절별 성능 평가 및 기술 보완 - 성능지표 달성 검증 및 상용화 전략 수립과 함께 「목조건축문화유산용 친환경 나노표면처리 기술 요구사항」, 「문화유산 목재 보호용 나노코팅 성능 시험 방법(가칭) 등 단체표준(안)을 작성하고, KS(화학·건축) 및 ISO/ASTM(도료나노기술문화유산 보존 관련) 국제표준과의 연계 방안을 마련

성능지표	○ 정량적 지표				
	구분	세부 성능지표	목표치	기준시험방법	국내/세계 수준
	방충 성능	황기미 및 곰팡이에 피해 억제율	95% 이상	KS M 1015 또는 JIS K 1571 기준 해충 실험	국내 민간목재처리제 평균 70~80% 수준
	항균 성능	대장균(Escherichia coli), 황색포도상구균(Staphylococcus aureus) 억제율	99.9% 이상	ASTM E2180 또는 ISO 22196	WHO 기준 국제 항균제 요구 조건
	방균 성능	곰팡이균(Aspergillus niger, Penicillium sp.) 성장 억제율	90% 이상	ASTM D3273 또는 KS M ISO 846	세계적 수준의 곰팡이 나노코팅 기술 대비
	수분침투 차단율	침투 수분 저감률	90% 이상	KS F 4922 (수분투습시험), 정량적 무게 변화 측정	국내 방수 도료 평균 75~85% 수준
	VOC 방출량	휘발성유기화합물 방출량	TVOC ≤ 0.5 mg/m ² ·h	환풍부 인증기준, ISO 16000-6	친환경 인증기준 충족 (국내 유럽)
	투명성	투명성(가시광선 투과율)	85% 이상	UV-Vis 분광광도계 측정	문화유산 적용 시 원색 유지 필요
	접착력	표면 도포 접착력	Grade 5B (ASTM D3359 기준)	Cross Hatch Tape Test	고내구성 코팅 기준
	내구성(내후성)	노화 후 성능 유지율 (6개월 자연노출 후)	85% 이상 성능 유지	실외 노출 + 가속노화 시험	실증을 통한 장기 성능 검증 목적
실증 적용률	실증 현장 적용 원료 유산 수	2건 이상	주요 국가유산 실증 적용	기술 현장성 검증 척도	
표준화성과	단체표준 또는 KS 표준(안) 도출	1건 이상	「목조건축문화유산용 친환경 나노표면처리 기술 요구 사항」, 「문화유산 목재 보호용 나노코팅 성능 시험 방법(가칭) 등 표준 초안 작성 및 관련 기관(TTA, 국가유산청 등에 제안	문화유산 보존처리용 나노표면처리제에 대한 성능·안전성·적용지침을 체계적으로 제시하는 선도적 표준(국내 최초 국제 연계 가능 수준)	
○ 정성적 지표					
항목	내용		정성 목표		
문화유산 적합성	색상 변화, 표면 광택, 질감 유지 여부		원형 보존률 95% 이상 (변색 無)		
시공성	도포 공정의 간편성, 기존 코팅과의 병용성		시공 2단계 이내, 현장 1일 시공 가능		
기술 통합성	나노소재 합성 → 도포 → 보존관리까지 통합 설계		기술 간 연계모듈화 확보		
지속가능성	반복 시공 가능성 및 환경부하 최소화		VOC 저감 + 생분해성 or 재시공 용이성		
확산 가능성	전통한옥, 목재문화유산 등 유사 분야로의 기술 확장 가능성		파생 기술이전 가능성 확보		

기대 효과	○ 기술적 효과													
	<ul style="list-style-type: none"> - 세계 최고 수준의 4중 복합기능 표면처리기술 확보 - 친환경/무독성 기반의 유산 보존 나노기술 개발 													
연구개발기간 및 연구개발비	○ 정책적 효과													
	<ul style="list-style-type: none"> - 기후변화 적응형 유산 보존정책 기반기술 확보 - 국가유산청의 현장 보존관리 역량 제고 - 문화유산 목조건축 방충·항균 표면처리의 성능·안전성·적용지침을 표준화함으로써, 국가 차원의 보존처리 기준 및 공공조달·인증체계 마련에 기여 													
연구개발기간 및 연구개발비	○ 산업적 효과													
	<ul style="list-style-type: none"> - 친환경 기능성 나노도료 산업 육성 - 유산뿐 아니라 전통 건축/친환경 건축 소재로 확장 가능 - 단체표준·KS 및 ISO/ASTM 등 국제표준 연계 가능성을 확보하여, 국내 친환경 나노표면처리·보존소재 산업의 글로벌 시장 진출 기반 강화 													
연구개발기간 및 연구개발비	○ 총 연구기간 : '26 ~ '28 (3개년)													
	- 총 연구기간은 3년이며, 1차년도 연구기간은 9개월임.													
연구개발기간 및 연구개발비	○ 연구개발비 : 16억원													
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">구분</th> <th style="width: 15%;">계</th> <th style="width: 15%;">1차년도</th> <th style="width: 15%;">2차년도</th> <th style="width: 15%;">3차년도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>정부출연금</td> <td>16억원 이내</td> <td>4억원 이내</td> <td>6억원 이내</td> <td>6억원 이내</td> </tr> </tbody> </table>					구분	계	1차년도	2차년도	3차년도	정부출연금	16억원 이내	4억원 이내	6억원 이내
구분	계	1차년도	2차년도	3차년도										
정부출연금	16억원 이내	4억원 이내	6억원 이내	6억원 이내										
연구개발기간 및 연구개발비	- 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음													
	○ 선정 과제 수 : 1개과제													

12		지정 공모					
국가과학기술 표준분류		대분류	EH 환경 EE 정보/통신	중분류	EH09 환경보건 EE12 정보통신 융합 디바이스	소분류①	EH0901 환경보건 모니터링기술
국가유산 기술분류		대분류	국가유산 보존기술	중분류	국가유산 진단 및 평가기술 국가유산 예방기술	소분류①	국가유산 모니터링 기술
						소분류②	국가유산 재해 예측 기술
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구 <input type="checkbox"/> 응용연구 <input checked="" type="checkbox"/> 개발연구		기술성숙도(TRL)			
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형 <input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형 <input type="checkbox"/> 혁신형		(5) ~ (8)			
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정 <input type="checkbox"/> 정책지정 <input type="checkbox"/> 자율공모 <input type="checkbox"/> 경쟁공모					
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당 <input checked="" type="checkbox"/> 비해당	<input type="checkbox"/> 보안과제 <input checked="" type="checkbox"/> 일반과제 <input type="checkbox"/> 보안과제				
과제명		(한글명) 문화유산 보존공간의 곰팡이 발생 예측을 위한 AI 센서 융합형 모니터링 시스템 개발					
		(영문명) Development of AI Sensor Fusion Monitoring System for Predicting Mold Growth in Cultural Heritage Preservation Spaces					
추진배경 및 필요성		<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화와 고온다습한 환경의 확산으로 인해 문화유산 보존공간(전통건축물, 수장고 등)에서 곰팡이 발생 빈도 증가 ○ 곰팡이는 목재, 한지, 고서 등 유기질 기반 문화유산에 구조적 손상을 유발하고, 복원 불가능한 문화적·학술적 가치 손실 초래 ○ 기존 곰팡이 대응은 사후 제거 중심으로, 고비용/고위험/불완전한 복구 방식에 의존 ○ 동일한 온·습도 조건이라도 보존공간의 구조, 마감 재료, 수장 방식, 환기 조건 등 공간 특성에 따라 곰팡이 발생 양상과 성장 속도가 크게 달라지므로, 단순 환경센서 임계값 기반 관리만으로는 정밀한 발생 예측과 공간별 맞춤형 대응에 한계가 있음 ○ 이에 따라, 사전예측 기반의 지능형 곰팡이 경고 시스템 개발이 시급하며, AI 기술과 환경센서를 융합한 조기 예측 솔루션 필요 ○ 문화유산 훼손 선제 대응 <ul style="list-style-type: none"> - 문화유산 보존공간의 곰팡이 피해는 한 번 발생하면 복원이 어렵고, 장기적으로 누적되는 특성 때문에 사후 대응만으로는 한계가 크다. 이 과제는 곰팡이가 눈에 보이기 전에 환경·가스 신호를 포착해 “예측-경보-대응”의 선제적 관리 체계를 마련함으로써, 문화유산 훼손을 최소화하고 보존 안전성을 근본적으로 끌어올리는 것을 목표로 기획됨 					

개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI·센서 융합을 통한 과학적 보존 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 환경관리 방식은 온·습도 임계값 위주의 단순 모니터링에 머물러, 공간 구조·재질·노후도 등 복합 요인을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있었음. 이에 따라 다양한 환경 센서(VOCs, CO₂, 조도 등)와 공간 특성 메타데이터를 AI 모델에 융합해, 곰팡이 발생 가능성을 정량적으로 예측하고, 어떤 요인이 위험을 키우는지까지 설명할 수 있는 과학 기반 의사결정 도구를 확보하는 것을 핵심 의도로 삼음 ○ 현장 친화적·지속 가능한 운영 체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 문화유산 현장은 두꺼운 벽체·지하 공간·전통건축 등 통신·전력·유지보수 여건이 열악한 경우가 많다. 이 과제는 저전력·고신뢰 센서 노드, 현장단(엣지)-클라우드 협업 구조, 데이터 결측·센서 고장에 강한인 소프트웨어 설계를 통해, 보존기관이 장기간 안정적으로 운영할 수 있는 현실적인 시스템 모델을 제시하고자 함 ○ 더불어 본 과제는 곰팡이 발생 예측을 위한 AI·센서 융합 시스템을 개발하는 데 그치지 않고, 센서·환경·위험도 데이터 구조, 경보 기준·위험등급, 운영·유지관리 및 성능 평가 절차를 체계적으로 표준화하여, 향후 단체표준(TTA)을 시작으로 국가표준(KS) 및 국제표준(ISO/TC 46, ISO/IEC JTC 1, OGC SensorThings 등)으로 확장 가능한 문화유산 보존환경 관리 모델을 제시하고자 함.
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 목표 : 국내 최초로 문화유산 보존공간에서 곰팡이 발생을 다중 환경센서 데이터와 보존공간 특성 메타데이터를 융합한 AI 모델로 조기 예측하고, XGBoost 기반 AI 모델을 적용하여 예측 정확도 95%, 조기경보 민감도 90% 이상을 달성하는 세계 최고 수준의 지능형 보존환경 경고 시스템을 개발 ○ 세부 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 문화유산 환경에 적합한 다중 환경센서 모듈 개발 - 센서 데이터 기반 곰팡이 발생 예측 AI 모델(XGBoost) 개발 - 실시간 모니터링 + 조기경보 + 관리자 알림 시스템 구축 - 전통건축물 및 수장고에서 현장 실증 및 성능 검증 - SHAP 등 설명 가능한 AI 기법 적용 - 데이터 스키마·국제표준(ISO, OGC 등)과의 정합성 확보 - “실시간”을 수치로 정의(예: 경보까지 평균 1분 이내)
개발 내용 및 차별성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심 개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> - AI 곰팡이 예측 모델 개발 - 센서 융합·고감도 계측 플랫폼 - 저전력·고신뢰 IoT 통신 및 엣지-클라우드 아키텍처

	<ul style="list-style-type: none"> - 데이터·인터페이스·운영 절차 표준화(센서·환경·위험도 데이터 스키마, OGC SensorThings API 등과 정합성 있는 플랫폼 인터페이스, 경보 등급·임계값 및 시험·평가 절차 표준화) - 곰팡이 발생 조기경보·운영 소프트웨어 - 문화유산 보존공간 특화 적용·가이드라인 <p>○ 기존 기술과의 차별성</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>항목</th> <th>기존 기술</th> <th>본 개발 기술</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>예측방식</td> <td>정적 임계값 기반</td> <td>AI 기반 동적 예측 (XGBoost)</td> </tr> <tr> <td>대응방식</td> <td>사후 제거 중심</td> <td>사전예측 + 조기경보</td> </tr> <tr> <td>적용환경</td> <td>일반 실내환경</td> <td>문화유산 특화 (전통건축, 수장고 등)</td> </tr> <tr> <td>설명성</td> <td>불가능</td> <td>SHAP 기반 설명형 AI 도입</td> </tr> <tr> <td>실증여부</td> <td>미흡</td> <td>전통건축 실현형 실증 예정</td> </tr> </tbody> </table>	항목	기존 기술	본 개발 기술	예측방식	정적 임계값 기반	AI 기반 동적 예측 (XGBoost)	대응방식	사후 제거 중심	사전예측 + 조기경보	적용환경	일반 실내환경	문화유산 특화 (전통건축, 수장고 등)	설명성	불가능	SHAP 기반 설명형 AI 도입	실증여부	미흡	전통건축 실현형 실증 예정
항목	기존 기술	본 개발 기술																	
예측방식	정적 임계값 기반	AI 기반 동적 예측 (XGBoost)																	
대응방식	사후 제거 중심	사전예측 + 조기경보																	
적용환경	일반 실내환경	문화유산 특화 (전통건축, 수장고 등)																	
설명성	불가능	SHAP 기반 설명형 AI 도입																	
실증여부	미흡	전통건축 실현형 실증 예정																	
개발 단계 및 일정 (총 3년)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>연차</th> <th>주요 개발 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1차년도</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 요구사항 분석 및 대상 공간 선정 <ul style="list-style-type: none"> - 수장고·전통건축자하공간 등 대표 유형별 시범 대상 공간을 선정, 곰팡이 발생 이력환경 특성·운영 조건을 분석하여 기능·성능 요구사항과 정량 지표(정확도·민감도·오탐율·경보 시간)를 확정 - 공간 구조, 자재 유형, 노후도, 평균계절별 습도, 환기 조건 등 메타데이터 항목을 정의 해 표준 수집 양식 마련 ○ 센서공간 메타데이터 수집 체계 및 기초 예측 모델 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 온습도, VOCs(ppb 분해능 목표), CO₂, 조도 센서를 융합한 1차 센서 노드 시제품을 제작, 전력 소모·정밀도·내환경성(방진·방습) 기본 성능 검증 - 센서 원시데이터, 메타데이터, 예비 예측값 저장을 위한 기본 데이터베이스 구조를 설계, 국제표준(ISO, OGC 등)을 참조한 공통 스키마 초안 마련 ○ AI 베이스라인 모델 및 네트워크 구조 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 초기 수집 데이터와 과거 기록 데이터를 활용하여 XGBoost 기반 베이스라인 곰팡이 예측 모델을 개발, 주요 영향변수 도출 및 SHAP 기반 설명가능성 분석 수행 - Wi-Fi, BLE, LoRaWAN, Zigbee Mesh 등 후보 IoT 통신 방식을 비교 검토하여 공간 유형 별 네트워크 아키텍처와 엣지-클라우드 역할 분담(전처리·저장·학습) 설계 </td> </tr> <tr> <td>2차년도</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 현장 실증 및 모델 고도화 <ul style="list-style-type: none"> - 선정된 문화유산 보존공간에 센서 노드를 설치·운영하여 계절을 포함한 장기 데이터를 확보, 공간 유형·재질·별시간대별 곰팡이 발생 패턴 정량 분석 - 공간 특성 메타데이터를 모델 입력에 통합하여 XGBoost+SHAP 예측 모델을 고도화 </td> </tr> </tbody> </table>	연차	주요 개발 내용	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 요구사항 분석 및 대상 공간 선정 <ul style="list-style-type: none"> - 수장고·전통건축자하공간 등 대표 유형별 시범 대상 공간을 선정, 곰팡이 발생 이력환경 특성·운영 조건을 분석하여 기능·성능 요구사항과 정량 지표(정확도·민감도·오탐율·경보 시간)를 확정 - 공간 구조, 자재 유형, 노후도, 평균계절별 습도, 환기 조건 등 메타데이터 항목을 정의 해 표준 수집 양식 마련 ○ 센서공간 메타데이터 수집 체계 및 기초 예측 모델 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 온습도, VOCs(ppb 분해능 목표), CO₂, 조도 센서를 융합한 1차 센서 노드 시제품을 제작, 전력 소모·정밀도·내환경성(방진·방습) 기본 성능 검증 - 센서 원시데이터, 메타데이터, 예비 예측값 저장을 위한 기본 데이터베이스 구조를 설계, 국제표준(ISO, OGC 등)을 참조한 공통 스키마 초안 마련 ○ AI 베이스라인 모델 및 네트워크 구조 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 초기 수집 데이터와 과거 기록 데이터를 활용하여 XGBoost 기반 베이스라인 곰팡이 예측 모델을 개발, 주요 영향변수 도출 및 SHAP 기반 설명가능성 분석 수행 - Wi-Fi, BLE, LoRaWAN, Zigbee Mesh 등 후보 IoT 통신 방식을 비교 검토하여 공간 유형 별 네트워크 아키텍처와 엣지-클라우드 역할 분담(전처리·저장·학습) 설계 	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장 실증 및 모델 고도화 <ul style="list-style-type: none"> - 선정된 문화유산 보존공간에 센서 노드를 설치·운영하여 계절을 포함한 장기 데이터를 확보, 공간 유형·재질·별시간대별 곰팡이 발생 패턴 정량 분석 - 공간 특성 메타데이터를 모델 입력에 통합하여 XGBoost+SHAP 예측 모델을 고도화 												
	연차	주요 개발 내용																	
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 요구사항 분석 및 대상 공간 선정 <ul style="list-style-type: none"> - 수장고·전통건축자하공간 등 대표 유형별 시범 대상 공간을 선정, 곰팡이 발생 이력환경 특성·운영 조건을 분석하여 기능·성능 요구사항과 정량 지표(정확도·민감도·오탐율·경보 시간)를 확정 - 공간 구조, 자재 유형, 노후도, 평균계절별 습도, 환기 조건 등 메타데이터 항목을 정의 해 표준 수집 양식 마련 ○ 센서공간 메타데이터 수집 체계 및 기초 예측 모델 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 온습도, VOCs(ppb 분해능 목표), CO₂, 조도 센서를 융합한 1차 센서 노드 시제품을 제작, 전력 소모·정밀도·내환경성(방진·방습) 기본 성능 검증 - 센서 원시데이터, 메타데이터, 예비 예측값 저장을 위한 기본 데이터베이스 구조를 설계, 국제표준(ISO, OGC 등)을 참조한 공통 스키마 초안 마련 ○ AI 베이스라인 모델 및 네트워크 구조 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 초기 수집 데이터와 과거 기록 데이터를 활용하여 XGBoost 기반 베이스라인 곰팡이 예측 모델을 개발, 주요 영향변수 도출 및 SHAP 기반 설명가능성 분석 수행 - Wi-Fi, BLE, LoRaWAN, Zigbee Mesh 등 후보 IoT 통신 방식을 비교 검토하여 공간 유형 별 네트워크 아키텍처와 엣지-클라우드 역할 분담(전처리·저장·학습) 설계 																		
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장 실증 및 모델 고도화 <ul style="list-style-type: none"> - 선정된 문화유산 보존공간에 센서 노드를 설치·운영하여 계절을 포함한 장기 데이터를 확보, 공간 유형·재질·별시간대별 곰팡이 발생 패턴 정량 분석 - 공간 특성 메타데이터를 모델 입력에 통합하여 XGBoost+SHAP 예측 모델을 고도화 																		

	<p>정확도·민감도·오탐율뿐 아니라 공간·재질별 세부 성능지표를 산출·보정</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 저전력·신뢰성·결측 대응 기능 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 0.2Wh/day 이하 전력 소모를 목표로, 위험도 기반 측정·전송 주기 제어 알고리즘과 에너지 하베스팅(소형 태양광·실내 조명 활용) 기능을 탑재한 2차 센서 노드 개발 - 센서 드리프트·고장, 통신 장애를 고려한 데이터 품질 모니터링 및 결측치 보정 (인접 센서·과거 패턴 기반) 알고리즘을 구현, 원격 디바이스 상태 모니터링(배터리, 신호 세기, 오작동) 연동 ○ 데이터 표준화 및 경보 모듈 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 데이터 예측 결과, 경보 이력, 공간·재질 메타데이터에 대한 표준화된 스키마와 메타데이터 규격을 확정, 타 시스템 연계를 고려한 API 규격 정의 - "센서 데이터 수집 후 1분 이내 경보 발령"을 목표로 하는 경보 엔진과 대시보드 프로토타입을 개발, 정오탐 사례를 수집해 경보 임계값·규칙 조정 																
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통합 시스템 완성 및 확대 실증 <ul style="list-style-type: none"> - 고도화된 센서 노드, AI 예측 모델, 데이터 플랫폼, 경보·운영 소프트웨어를 통합한 최종 시스템을 구축, 수장고·전통건축자하공간 등 다양한 유형의 문화유산 보존공간에서 확대 실증 - 네트워크 이중화, 보안(접근통제·암호화), 장애 복구 절차 등을 포함한 운영 환경을 검증, 실제 운영 데이터를 기반으로 성능 목표(정확도 95%, 민감도 90%, 오탐율 5% 이하, 1분 이내 경보)를 최종 확인 ○ 피드백 학습·운영 지표 체계 확립 <ul style="list-style-type: none"> - 실제 곰팡이 포자 농도 측정값 및 현장 발생 사례와 AI 예측 결과를 연계한 피드백 루프를 구축, 모델 자동 재학습·주기적 성능 점검 프로세스 마련 - 공간·재질·시간 기준별 성능지표, 경보 리드타임, 운영유지관리 비용 등을 통합 관리하는 지표 체계를 정립하고, 장기 운영 시나리오에 따른 TCO 평가를 수행 ○ 가이드라인·확산 패키지 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 설치·배치, 통신·전력 설계, 모델 운영·튜닝, 경보 대응, 유지관리 절차를 포함한 "문화유산 보존공간 곰팡이 예측·조기경보 시스템 구축·운영 가이드라인"을 작성 - 다른 기관·사업으로의 확산을 위한 표준 데이터 모델, 인터페이스 사양, 레퍼런스 아키텍처, 교육·매뉴얼 자료를 패키징하여 보급 가능한 형태로 정리 																
성능지표	<table border="1"> <thead> <tr> <th>항목</th> <th>목표치</th> <th>기준/근거</th> <th>비교 수준</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>곰팡이 예측 정확도</td> <td>≥ 95%</td> <td>XGBoost 학습 기반 곰팡이 발생 여부 예측 정확도</td> <td>세계 최고 수준</td> </tr> <tr> <td>조기경보 민감도</td> <td>≥ 90%</td> <td>실제 곰팡이 발생 24-48시간 전</td> <td>국내 최초 수준</td> </tr> <tr> <td>오탐율</td> <td>≤ 5%</td> <td>False Alarm 비율</td> <td>상용 제품 대비 우수</td> </tr> </tbody> </table>	항목	목표치	기준/근거	비교 수준	곰팡이 예측 정확도	≥ 95%	XGBoost 학습 기반 곰팡이 발생 여부 예측 정확도	세계 최고 수준	조기경보 민감도	≥ 90%	실제 곰팡이 발생 24-48시간 전	국내 최초 수준	오탐율	≤ 5%	False Alarm 비율	상용 제품 대비 우수
항목	목표치	기준/근거	비교 수준														
곰팡이 예측 정확도	≥ 95%	XGBoost 학습 기반 곰팡이 발생 여부 예측 정확도	세계 최고 수준														
조기경보 민감도	≥ 90%	실제 곰팡이 발생 24-48시간 전	국내 최초 수준														
오탐율	≤ 5%	False Alarm 비율	상용 제품 대비 우수														

	전력소모량	≤ 0.2Wh/day	저전력 센서 모듈 일일 소비전력(평균)	소형 실내 센서 대비 우수										
	실증 정확도	≥ 90%	수장고/전통건축 실증	국내 유일 실증 가능										
	경보 발생 지연 시간	≤ 1분	센서 데이터 수집 시점부터 위험도 판단경보 발령까지	일반 실내 공기질 모니터링										
	유효 데이터 수집률	≥ 95%	센서 고장통신 장애 등을 제외하고 실제 저장분석에 활용 가능한 데이터 비율(결측오류 제외)	장기 운용 신뢰성 확보										
	VOC 센서 분해능	≤ 10 ppb	공명이 포자 발아초기 생육 단계에서 방출 되는 MVOCs 감지에 필요한 최소 감지 농도	일반 가정용 VOC 센서 대비 고분해능										
기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (기술적) 국내 최초 문화유산 곰팡이 예측 AI 센서 시스템 확보(XAI 기반 + 고 정밀 예측 기능 포함) ○ (정책적) 국가유산청, 지자체 등 문화유산 관리기관의 예방적 보존 정책 고도화 기여 ○ (경제적) 곰팡이로 인한 문화유산 손상 복구비용 감소 (건당 수 천만 원 절감 가능) ○ (산업적) 전통건축, 박물관, 고문서 보존 등으로의 확장 → 보존 환경 산업 활성화 ○ (국제적) 국제 기준에 부합하는 예방보존 체계 수립 → 유네스코 등재유산 보존 능력 강화 													
연구개발기간 및 연구개발비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : '26 ~ '28 (3개년) - 총 연구기간은 3년이며, 1차년도 연구기간은 9개월임. ○ 연구개발비 : 16억원 <table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>계</th> <th>1차년도</th> <th>2차년도</th> <th>3차년도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>정부출연금</td> <td>16억원 이내</td> <td>4억원 이내</td> <td>6억원 이내</td> <td>6억원 이내</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> - 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음 ○ 선정 과제 수 : 1개과제 				구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	정부출연금	16억원 이내	4억원 이내	6억원 이내	6억원 이내
구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도										
정부출연금	16억원 이내	4억원 이내	6억원 이내	6억원 이내										

13		지정 공모					
국가과학기술 표준분류	대분류	EH 환경 EA 기계	중분류	EH09 환경보건 EA14 재난안전기계	소분류①	EH0907 기후변화 환경보건 대응기술	
					소분류②	EA1408 위험감지/모니터링 장비	
국가유산 기술분류	대분류	국가유산 관리기술	중분류	국가유산 예방기술	소분류①	국가유산 재해 예측 기술	
					소분류②	국가유산 안전관리 기술	
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구	<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구	기술성숙도(TRL)		
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형	<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	(5) ~ (7)		
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정	<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 공공증진형	<input type="checkbox"/> 경쟁공모	
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제	
과제명		(한글명) 극한온도 대응 민속마을 온습도 모니터링 및 위험진단 시스템 개발 (영문명) Development of Temperature and Humidity Monitoring and Risk Diagnosis System for Folk Villages under Extreme Temperature Conditions					
추진배경 및 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 민속마을은 전통건축 환경과 미기후가 복잡하게 상호작용하는 공간으로, 가옥별 사용자가 있어 일상 관리와 위험 진단이 상당히 제한적입니다. 최근 이상기후로 인한 극한 온도폭염, 한파 상황이 반복되고 있으며, 이는 전통 건축물의 구조적 안정성 약화와 곰팡이, 해충 등 생물학적 피해 증가, 주민 불편 및 안전사고 위험 증가로 직결됨 ○ 현재 관리 방식은 가옥별 제한적 점검, 수동적 문제 발견에 그치고 있어, 실시간 환경 변화(온도·습도·기류 등)에 대한 선제적 파악과 최적 대응이 어렵습니다. 전통 한옥 및 민속가옥은 온·습도 변화에 민감해 곰팡이나 목재 부식이 빈번히 발생하고, 이는 문화유산 및 주민 생활환경 모두의 보존·안전에 위협 요인으로 대두 ○ 특히 극한온도 환경에서는 센서 오작동·정밀도 저하가 발생할 수 있으므로, 영하 20도 이하에서도 안정 동작하는 센서 사양과 검교정·보정 절차를 포함한 장기운영 계획을 과제 초기부터 명확히 할 필요가 있음 ○ 최근 ICT와 IoT 융합기술, AI 기반 위험진단 및 CFD 미기후 해석기법의 발전으로, 마을 전체 혹은 개별 가옥 단위에서 실시간 융합센서 및 지능형 위험진단 체계를 구축하면 예측 기반의 과학적 문제해결, 효율적인 관리, 피해 확산 방지 등 다양한 솔루션을 제공 할 것으로 판단됨 						

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 민속마을은 전과 장애물로 통신 음영이 발생하고 악천후 시 전과 감쇄로 데이터 유실이 생길 수 있으므로, 전과 음영 시뮬레이션 기반 통신망 설계와 단말 로깅(최소 1주)·통신 복구 시 자동 재전송 등 데이터 연속성 확보 방안을 포함할 필요가 있음. ○ 따라서, 본 과제는 ‘민속마을’ 입지 전체와 개별 건축물의 온·습도 등 환경정보 실시간 확보, AI·CFD 기반 선제적 위험 진단, 현장 맞춤형 관리 의사결정 체계 도입을 통해 보존·안전·거주환경 개선의 새로운 패러다임을 제시하는 데 매우 필요. ○ 본 개발을 통해 개별 가옥관리, 단순 점검방식을 넘어 마을-건축물-사용자 통합 실시간 모니터링·진단·예측이 가능한 최첨단 융합 솔루션으로, 민속마을과 같은 복합 문화유산 공간에 특화되어 차별적 경쟁력을 구축하고자 함 ○ 아울러 민속마을 온·습도 및 위험진단 시스템은 단일 사업에 그치지 않고, 센서·환경·위험도 데이터 구조와 메타데이터, 극한온도 및 곰팡이·해충 위험등급, 경보 임계값·메시지 형식, 운영·유지관리·성능평가 절차를 표준화하여, 향후 단체표준(TTA)을 시작으로 국가표준(KS) 및 국제표준(예: OGC SensorThings, ISO/IEC JTC 1, ISO 37123 등)으로 확장 가능한 ** “민속마을형 보존환경 관리 표준 모델” **을 제시할 필요가 있음
개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 극한기온(한파, 폭염 등) 상황 하에서 민속마을의 미기후·건축물 상태에 대한 실시간 분석·위험진단 솔루션 제공 - IoT/ICT 기반 실시간 온습도 및 구조변위 센서 데이터, 멀티모달 AI, CFD 해석 결합 통한 현장 문제 진단, 위험 예측 및 대응 지원 - 전통건축물 보존과 거주민 안전을 위한 데이터 기반 과학적 의사결정 지원체계 구축 - 민속마을 온·습도 및 위험진단 데이터 구조·메타데이터·위험등급·경보 프로토콜·운영·평가 절차에 대한 표준 데이터·인터페이스·운영 모델을 제시하고, 이를 기반으로 향후 단체표준(TTA)·KS·국제표준과 연계 가능한 참조 아키텍처를 구축함
핵심 개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심 개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> - 마을 단위 IoT 기반 온습도·환경 센서 네트워크 구축 ※ 단속 온습도계가 아닌 건축물별환경별 맞춤형 IoT 센서망을 마을 단위로 조밀하게 구축해 미기후 변화를 실시간 감지하고 대규모 전통주거지 환경의 구조적 특성 반영 - 멀티모달 데이터 융합 및 AI 기반 위험진단 ※ 온습도, 변위, 미세먼지, 영상 등 다양한 환경건축 데이터 실시간 수집 및 통합 분석, 이미지센서 데이터기상정보를 AI로 융합해 이상/위험 상태를 고도 예측하고, 각 가옥별 사용자에게 맞춤 진단 정보 제공 - CFD 해석(전산유체역학) 활용 미기후·건물 영향 평가 ※ 건축물마을 전체의 미기후공기 흐름, 온열 분포 등을 CFD 해석으로 시뮬레이션하여 실제 환경 변화와 극한온도 상황에서 구조적환경적 위험요인을 정량적 평가 - 스마트 경보·의사결정 지원 플랫폼 제공 ※ 위험감지 시 사용자(관리인, 주민)에게 지능 경보 문자를 전송하거나 서비스 대시보드로 실시간 대응 안내 수집 데이터 기반으

	<ul style="list-style-type: none"> 로 열분포, 취약기후 리스트 등 선제적 대응 사나리오 제시 - 클라우드 및 모바일 연동, 현장 특화 서비스 구조 ※ 모든 데이터를 클라우드 기반으로 통합 관리, 모바일웹 기반 실시간 모니터링 및 상황별 대응 서비스를 구현하여 현장 상황별 즉시 활용 - 데이터·인터페이스·운영·평가 표준화 및 가이드라인 수립 ※ 온습도·구조변위·미기후·위험도 등 센서해석·진단 데이터를 통합 관리하기 위한 데이터 스키마·메타데이터 구조 및 품질지표 표준화 ※ 민속마을 관리 시스템·지자체 기타 대응 플랫폼과 연계를 고려한 API·메시지 포맷·경보 인터페이스 규격 설계(OGC SensorThings 등)의 정합성 검토 포함 ※ 극한온도에 따른 위험등급 정의, 경보 임계값(단계·주의경계·심각) 등 설정 AI/CFD 성능 검증 및 센서 교정·보정 절차를 포함한 운영평가 지침 및 현장 매뉴얼 마련 								
개발 단계 및 일정 (총 3년)	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1328 539 1422 582">연차</th> <th data-bbox="1422 539 2166 582">주요 개발 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1328 582 1422 906">1차년도</td> <td data-bbox="1422 582 2166 906"> <ul style="list-style-type: none"> 현장 IoT 센서 설치기초 데이터베이스 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 마을 단위 IoT 온습도·구조변위 센서 네트워크 구축 - 개별 가옥별 환경정보 실시간 데이터 수집체계 마련 - 통합관리 플랫폼(클라우드) 설계 및 프로토타입 구현 - 기초 환경지도 작성, 데이터 표준화 작업(민속마을 온습도·구조변위·미기후·위험도 등 공통 데이터 항목 및 메타데이터 틀 설계) - 전파 음영 시뮬레이션 및 통신 프로토콜 선정·중계기 배치(안) 수립 - 데이터 표준(표준 데이터 형식·메타데이터) 및 보안 요구사항(암호화·인증·접근통제) 설계, OGC SensorThings 등 국제 표준과의 정합성 검토 착수 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1328 906 1422 1150">2차년도</td> <td data-bbox="1422 906 2166 1150"> <ul style="list-style-type: none"> AI·CFD 기반 위험진단 알고리즘 개발 및 시스템 통합 <ul style="list-style-type: none"> - 실시간 데이터 기반 AI 이상징후 탐지 알고리즘 개발 - 마을 및 건축물 단위 CFD 미기후환경 시뮬레이션 및 극한온도 영향평가 - 센서영상·AI 분석 융합형 플랫폼 기능 확장 - 위험진단 예측, 시각화 및 알람 서비스 구현 - 현장 데이터 기반 인공지능·전산유체역학 모델 검증(교차검증/계절조건 반영) 및 성능 튜닝 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1328 1150 1422 1452">3차년도</td> <td data-bbox="1422 1150 2166 1452"> <ul style="list-style-type: none"> 현장 실증 서비스 고도화 및 최종 제품화 <ul style="list-style-type: none"> - 민속마을 현장 적용, 실증평가 및 운영 안정화 - 사용자(관리인) 중심 실시간 위험관리 서비스 제공 - 최종 통합 시스템(데이터 연동, 의사결정 지원) 고도화 및 제품화 - 확산·적용 전략 제언(유사 문화유산·주거환경 대상 확산 방안) - 민속마을 온습도 모니터링 및 위험진단 시스템의 데이터 구조·위험등급·경보 규칙·운영 평가 절차에 대한 표준(안) 및 운영 가이드라인을 정리하고, 관련 단체표준(TTA) 제안 및 KS 국제표준(ISO/OGC 등) 연계 방안을 마련 </td> </tr> </tbody> </table>	연차	주요 개발 내용	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> 현장 IoT 센서 설치기초 데이터베이스 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 마을 단위 IoT 온습도·구조변위 센서 네트워크 구축 - 개별 가옥별 환경정보 실시간 데이터 수집체계 마련 - 통합관리 플랫폼(클라우드) 설계 및 프로토타입 구현 - 기초 환경지도 작성, 데이터 표준화 작업(민속마을 온습도·구조변위·미기후·위험도 등 공통 데이터 항목 및 메타데이터 틀 설계) - 전파 음영 시뮬레이션 및 통신 프로토콜 선정·중계기 배치(안) 수립 - 데이터 표준(표준 데이터 형식·메타데이터) 및 보안 요구사항(암호화·인증·접근통제) 설계, OGC SensorThings 등 국제 표준과의 정합성 검토 착수 	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> AI·CFD 기반 위험진단 알고리즘 개발 및 시스템 통합 <ul style="list-style-type: none"> - 실시간 데이터 기반 AI 이상징후 탐지 알고리즘 개발 - 마을 및 건축물 단위 CFD 미기후환경 시뮬레이션 및 극한온도 영향평가 - 센서영상·AI 분석 융합형 플랫폼 기능 확장 - 위험진단 예측, 시각화 및 알람 서비스 구현 - 현장 데이터 기반 인공지능·전산유체역학 모델 검증(교차검증/계절조건 반영) 및 성능 튜닝 	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> 현장 실증 서비스 고도화 및 최종 제품화 <ul style="list-style-type: none"> - 민속마을 현장 적용, 실증평가 및 운영 안정화 - 사용자(관리인) 중심 실시간 위험관리 서비스 제공 - 최종 통합 시스템(데이터 연동, 의사결정 지원) 고도화 및 제품화 - 확산·적용 전략 제언(유사 문화유산·주거환경 대상 확산 방안) - 민속마을 온습도 모니터링 및 위험진단 시스템의 데이터 구조·위험등급·경보 규칙·운영 평가 절차에 대한 표준(안) 및 운영 가이드라인을 정리하고, 관련 단체표준(TTA) 제안 및 KS 국제표준(ISO/OGC 등) 연계 방안을 마련
연차	주요 개발 내용								
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> 현장 IoT 센서 설치기초 데이터베이스 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 마을 단위 IoT 온습도·구조변위 센서 네트워크 구축 - 개별 가옥별 환경정보 실시간 데이터 수집체계 마련 - 통합관리 플랫폼(클라우드) 설계 및 프로토타입 구현 - 기초 환경지도 작성, 데이터 표준화 작업(민속마을 온습도·구조변위·미기후·위험도 등 공통 데이터 항목 및 메타데이터 틀 설계) - 전파 음영 시뮬레이션 및 통신 프로토콜 선정·중계기 배치(안) 수립 - 데이터 표준(표준 데이터 형식·메타데이터) 및 보안 요구사항(암호화·인증·접근통제) 설계, OGC SensorThings 등 국제 표준과의 정합성 검토 착수 								
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> AI·CFD 기반 위험진단 알고리즘 개발 및 시스템 통합 <ul style="list-style-type: none"> - 실시간 데이터 기반 AI 이상징후 탐지 알고리즘 개발 - 마을 및 건축물 단위 CFD 미기후환경 시뮬레이션 및 극한온도 영향평가 - 센서영상·AI 분석 융합형 플랫폼 기능 확장 - 위험진단 예측, 시각화 및 알람 서비스 구현 - 현장 데이터 기반 인공지능·전산유체역학 모델 검증(교차검증/계절조건 반영) 및 성능 튜닝 								
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> 현장 실증 서비스 고도화 및 최종 제품화 <ul style="list-style-type: none"> - 민속마을 현장 적용, 실증평가 및 운영 안정화 - 사용자(관리인) 중심 실시간 위험관리 서비스 제공 - 최종 통합 시스템(데이터 연동, 의사결정 지원) 고도화 및 제품화 - 확산·적용 전략 제언(유사 문화유산·주거환경 대상 확산 방안) - 민속마을 온습도 모니터링 및 위험진단 시스템의 데이터 구조·위험등급·경보 규칙·운영 평가 절차에 대한 표준(안) 및 운영 가이드라인을 정리하고, 관련 단체표준(TTA) 제안 및 KS 국제표준(ISO/OGC 등) 연계 방안을 마련 								

성능지표	○ 정량적 지표				
	성능지표	정의 및 달성기준	목표치		
	온습도 환경 데이터 정확도	온도(±0.5°C), 습도(±2% RH) 측정 오차 이내	95% 이상		
	위험 상황 탐지 신뢰도	AI 이상환경 탐지 민감도/특이도	민감도 95% 특이도 90% 이상		
	CFD 기반 해석 적합도	CFD 현장 측정치 적합 상관계수	0.85 이상		
	실시간 데이터 전송 성공률	통합 데이터 누락률	누락률 2% 이하 성공률 90% 이상		
	데이터 결측 복구율	단발 로깅 및 통신 복구 시 자동 재전송으로 결측 복구	95% 이상		
	사용자 서비스(알람) 만족도	현장관리인주민 만족도 (설문평균 기준)	80점(100점 만점) 이상		
	사이버 보안 적용	데이터 전송저장 암호화 사용자 인증, 접근 통제 기능 구현	적용(필수)		
표준화성과	· 민속마을 온습도구조변위위험도 데이터 구조, 위험등급경보 규칙 운영평가 절차에 대한 표준안/가이드라인 문서화 · 관련 단체표준(TTA) 신규 제안 또는 TTA/KS 표준안 1건 이상 도출	표준안/가이드라인 1건 이상 TTA 등 표준 제안 1건 이상			
기대 효과	○ 기존 제한적 모니터링 한계 극복, 실질적 위험예측 및 민속마을 건축물·주민 보호 기반 마련				
	○ 데이터 기반(실시간 관리, AI진단, CFD 시뮬레이션) 융합형 문화유산 보존관리 혁신				
연구개발기간 및 연구개발비	○ 민간·공공·주민 협업 가능 스마트 지속관리 플랫폼 기술확립				
	○ 민속마을 온·습도·미기후 모니터링 및 위험진단에 대한 데이터·위험등급·경보·운영·평가 기준을 표준화함으로써, 다른 민속마을·한옥마을·전통주거지 등 유사 문화유산 공간으로의 확산과 지자체·국가 차원의 기후변화 대응 정책 연계를 촉진				
연구개발기간 및 연구개발비	○ 총 연구기간 : '26 ~ '28 (3개년) - 총 연구기간은 3년이며, 1차년도 연구기간은 9개월임.				
	○ 연구개발비 : 13.5억원				
	구분	계	1차년도	2차년도	3차년도
	정부출연금	13.5억원 이내	3.5억원 이내	5억원 이내	5억원 이내
	- 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음				
	○ 선정 과제 수 : 1개과제				

14		지정 공모					
국가과학기술 표준분류	대분류	EE 정보/통신	중분류	EE13 재난정보통신 EE01 정보이론	소분류①	EE1301 재난정보관리체계	
					소분류②	EE0108 인공지능	
국가유산 기술분류	대분류	국가유산 관리기술	중분류	국가유산 예방기술 국가유산 진단 및 평가기술	소분류①	국가유산 재해 예측 기술	
					소분류②	국가유산 구조 안전진단 기술	
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구	<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구			
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형	<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	<input type="checkbox"/> 공공증진형		
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정		<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 경쟁공모	
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제	
과제명		(한글명) 지능형 클라우드 기반 국가 유산 손상합수 추정 모델과 통합관제 플랫폼 개발 및 실증					
		(영문명) Development and Demonstration of Cloud-Based Intelligent Damage Function Estimation Model and Integrated Control Platform for National Heritage					
추진배경 및 필요성	○ 기후변화·극한기후, 집중강수로 인해 목재·석재·벽돌 등 주요 건축유산의 손상 빈도·규모가 증가하고 있으나, 현장에서는 개별 센서 기반 모니터링과 전문가 육안 점검에 의존하는 한계가 있음						
	○ 객관적·정량적 손상 진단 및 미래 피해 예측을 위한 AI 기반 통합시스템 및 국가 단위 관제플랫폼의 실증적 구축·운영 경험은 부재함.						
○ 손상합수 추정과 예측모델 개발의 성패는 데이터에 좌우되므로, 데이터 종류·수집범위(기간·대상·규모)와 품질관리(결측·노이즈·라벨 신뢰도) 전략을 과업 초기에 명확히 요구할 필요가 있음							
○ 국제 표준(DIGITAL ASSET 표준, TTA 지침 등)과 국내 연구 동향(답러닝, IoT 기반 진단·관제, 디지털트윈 연계 등)을 반영, 예방보존 정책과 연계되는 실질적 플랫폼 구축이 요구됨.							
○ 국가 단위 관제플랫폼 구축 시 데이터 암호화·사용자 인증·접근 통제·플랫폼 보호 등 사이버 보안 요구사항을 함께 반영하여 실증 단계의 운영 리스크를 최소화해야 함							
○ 또한 국가유산 손상합수와 예측모델 위험등급 및 경보 기준, 클라우드 관제플랫폼의 데이터·인터페이스·성능지표를 체계적으로 표준화하여, 디지털 자산(Digital Asset) 관련 국제 표준과 TTA 지침 등과 정합성을 확보하고, 향후 단체표준(TTA) 및 KS 국가표준으로 확장 가능한 국가유산 손상예측·관제 참조 모델을 제시할 필요가 있음.							

개발 목표

- 목표
 - 건축유산 재질(목재·석재·벽돌 등)·환경(기후, 수분, 미세먼지 등) 복합 데이터를 융합해 손상합수 모형(예측 알고리즘) 개발
 - 실시간 IoT 데이터 + 영상데이터 + 공공환경DB 등 다중 데이터 기반 딥러닝 손상예측 엔진 구현
 - 국내외 표준데이터·모델·성능 기반 클라우드 관계플랫폼 및 현장 실증(대표 문화유산 대상)
 - 손상합수 및 예측 결과를 위험등급 산정과 예방정비 우선순위(조치 권고)까지 연계하여 현장 의사결정에 즉시 활용 가능한 형태로 제공
 - 디지털트윈·정책데이터와 연동되는 관리체계 구축 및 TRL 7 수준 기술고도화 목표
 - 손상합수 정의, 위험등급 산출 방식, 데이터·모델·성능지표를 포괄하는 표준 데이터·모델·평가 프레임워크를 제시하고, 이를 기반으로 국내외 표준(TTA, KS, 국제표준)과 연계 가능한 국가유산 손상예측·관계 참조 모델을 구축함.

핵심 개발 내용

- 핵심 개발 내용
 - 다중 IoT·환경센서, 영상 데이터 수집 및 표준화, 정량 빅데이터 구축
 - 환경-재질 반응 기반 손상합수 정의, 다중 리스크 요인 해석 및 데이터 기반 주요 파라미터 도출
 - CNN·LSTM 등 딥러닝 모델을 활용한 예측·진단 엔진 설계 및 신뢰성 평가
 - 상황·위험등급 산정, 임계치 자동 경보 구현, 정책 연계(위험지도·예방지침 등) 포함
 - 클라우드 기반 실시간 관계플랫폼 및 API 서비스화, 현장(지자체·국가유산청 등) 실증 적용
 - 기술 표준화(손상합수 정의, 데이터 형식, 예측모델 성능기준, 위험등급, 경보 규칙 등) 및 현장 활용 적용성 평가(정확도, 지속성, 상호운용성 등), TTA 디지털 자산·관계 관련 지침 및 국제표준과의 정합성 검토를 통한 표준안 마련

연차	주요 개발 내용
1차년도	데이터 구축 및 기초 모델 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 다중 IoT 센서(온습도, 미세먼지, 변위 등), 영상 데이터 수집 및 표준화 작업 수행 - 목재/석재/벽돌 재질별 환경반응 특성 실험 및 손상 원인 데이터베이스 구축 - 손상합수 개념 정의 및 기본 모델 설계 (환경 변수와 손상도 관계 모델링) - 기초 AI 모델(CNN, LSTM) 프로토타입 개발 및 기초 학습 - 클라우드 인프라 및 데이터 처리 기본구조 설계 - 데이터 수집범위(기간·대상·규모) 및 품질관리 기준(결측/노이즈/라벨 신뢰도) 정의
2차년도	AI 모델 고도화 및 통합 플랫폼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 다중 데이터 융합 딥러닝 모델 학습 및 정확도 개선 - 손상 예측 및 위험 등급 산출 알고리즘 개발 - 실시간 데이터 스트리밍 및 경보 시스템 설계 - 데이터 처리량 목표 달성을 위한 통신 방식/프로토콜 선정 및 데이터 손실 방지(재전송, 버퍼링 등) 매커니즘 설계 - 지능형 클라우드 통합관계 플랫폼 프로토타입 구현 - 대표 문화유산 현장 실증 시작 및 초기 성능 평가
3차년도	시스템 고도화 및 현장 실증 <ul style="list-style-type: none"> - 모델 고도화 및 예측 신뢰성 강화 - 통합관계 플랫폼 완성 및 UI/UX 최적화 - 디지털·다양형 문화유산 실증 확대 - 데이터·모델·손상합수·위험등급·경보 기준에 대한 표준화 및 정책연계 지침 마련(TTA 단체 표준(안) 작성 및 KS 국제표준 연계 방안 포함) - 예방보존 활용 가이드라인 개발 및 국가유산청 활용 지원

○ 정량적 지표

성능지표	정의 및 산출기준	설정 목표	주요 근거
손상예측 정확도	현장 실측 또는 레퍼런스 데이터 대비 손상 예측 모델의 정당률	90% 이상	AI 적용 사례 및 실증 논문
실시간 경보 속도	위험 감지 후 플랫폼 관리자 전달까지의 최대 소요 시간	30~40분 이내	실증 플랫폼 요구조건
데이터 융합처리량	통합 플랫폼이 일평균 실시간 처리 및 저장하는 데이터 규모	10GB/일 이상	대규모 IoT·영상 실증사례
모델 재학습 주기	최신 데이터 기반 AI 모델 재학습의 최대 간격	3개월 이내	실시간 환경 적응 기준
적용 문화유산 다양성	실증 적용 대상 유형 및 현장수(재질/형식별 구분)	3종 이상 현장 실증	국가유산청 실증 기준
데이터·모델 성능 표준화 성과	· 국가유산 손상합수, 위험등급·경보 기준, 데이터·모델 성능지표에 대한 표준(안) 또는 가이드라인 도출 · 관련 표준기구(TTA 등)에 표준(안) 제안 여부	· 표준(안) 운영 가이드라인 1건 이상 · TTA 등 표준 제안 1건 이상	실증 결과를 바탕으로 한 손상예측관계 데이터·모델 성능지표 정리 및 표준화 추진 계획

기대 효과

- 기술적 효과
 - AI 기반 자동 손상 진단 및 예측 기능 도입으로 현장 전문가의 판단을 데이터 중심의 정량 평가로 혁신
 - 다양한 센서 및 영상 데이터 활용, 디지털트윈 연계로 건축유산 손상 실시간 진단 및 통합 관리 능력 향상
- 정책적 효과
 - 실시간 위험 예측 및 피해 경보 체계 마련으로 문화유산 재난·손상 대응 정책의 과학적 기반 확립
 - 예방적 보존 정책의 객관적 데이터 근거 제공, 효율적 유지관리 지침과 예산 집행의 체계화 가능
 - 실증 결과를 바탕으로 손상합수·위험등급·경보 기준과 데이터·인터페이스 표준 확산 및 국제표준 준수기여 로드맵을 제시하여, 지자체·기관 단위 확산 기반을 마련
- 산업적 효과
 - AI, IoT, 클라우드 기반 문화유산 관리 플랫폼·서비스 산업 활성화로 관련 기술 국산화 및 산업 생태계 경쟁력 향상
 - 빅데이터 활용 문화유산 기록, 복원 활용 분야와 VR/AR 기반 실감형 전시·체험 서비스 신규 시장 창출

연구개발기간 및 연구개발비

○ 총 연구기간 : '26 ~ '28 (3개년)
- 총 연구기간은 3년이며, 1차년도 연구기간은 9개월임.

○ 연구개발비 : 33.6억원

구분	계	1차년도	2차년도	3차년도
정부출연금	33.6억원 이내	8억원 이내	12.8억원 이내	12.8억원 이내

- 정부 예산 상향 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음

○ 선정 과제 수 : 1개과제

15		지정 공모					
국가과학기술 표준분류	대분류	EE 정보/통신 ND 지구과학	중분류	EE13 재난정보통신 ND05 지구물리	소분류①	EE1304 예경보 발령/ 전달체계	
					소분류②	ND0505 원격탐사 기술	
국가유산 기술분류	대분류	국가유산 관리기술	중분류	국가유산 예방기술	소분류①	국가유산 재해 예측 기술	
					소분류②	국가유산 안전관리 기술	
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구 <input type="checkbox"/> 응용연구 <input checked="" type="checkbox"/> 개발연구		기술성숙도(TRL)			
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형 <input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형 <input type="checkbox"/> 혁신형		(4) ~ (6)			
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정 <input type="checkbox"/> 정책지정 <input type="checkbox"/> 자율공모		<input type="checkbox"/> 공공증진형			
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당 <input checked="" type="checkbox"/> 비해당		<input checked="" type="checkbox"/> 보안과제		<input type="checkbox"/> 일반과제 <input type="checkbox"/> 보안과제	
과제명		(한글명) 위성정보를 활용한 국가유산 재난예방 경보시스템 개발					
		(영문명) Development of Satellite Information-Based Disaster Prevention and Early Warning System for National Heritage					
추진배경 및 필요성		<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화에 따른 풍수해 위험 증가 <ul style="list-style-type: none"> - 기후변화로 인해 국지성 집중호우, 태풍, 기습폭우 등 기상이변이 빈번해지면서, 국가유산은 구조적 피해와 훼손 위험에 지속적으로 노출되고 있음. ○ 현재 재난 대응의 한계 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 재난 대응은 기상청 광역 특보에 의존하고 있어, 개별 국가유산의 지형·입지·구조적 취약성을 반영한 정밀 경보 체계가 부재한 상황임 ○ 위성정보 기반 경보의 필요성 <ul style="list-style-type: none"> - 위성·레이더 기반 정밀 기상예측과 실시간 모니터링 기술을 활용해, 특정 국가유산 또는 유적지 단위로 위험을 예측·감시하는 핀셋형 재난 경보 체계 도입이 절실함 ○ 디지털 기반 선제적 재난* 예방 기술 부재 <ul style="list-style-type: none"> - 문화유산 보존관리가 여전히 수리·보수 중심에 머물러 있어, 집중호우·태풍·폭설·강풍 등 기상 기반 재난과 산사태·침수·사면 붕괴 등 2차 재난을 사전에 예측하고 경보·대응할 수 있는 디지털 기반 선제적 재난 예방 기술 개발이 시급함 <p>* 본 과제에서 다루는 재난 유형은 집중호우태풍폭설강풍 등 기상기반 재난과 산사태침수사면 붕괴 등 2차 재난으로 정의함</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 이에 위성·레이더·지상 기상자료와 국가유산 GIS 위치 데이터, 지형·토양 정보 등을 통합한 재난 위험 데이터 인프라를 구축하고, 재난 유형별 인공지능 예측 모델을 개발하여 특정 국가유산 단위의 ‘핀셋형’ 위험 예측과 단계 					

개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 별 조기경보를 가능하게 하는 것이 본 과제의 핵심 기획 의도임 ○ 나아가 지자체와 문화유산 관리기관이 실제로 활용할 수 있는 사용자 중심 플랫폼을 통해 실시간 위험지도, 경보 알림, 대응 메뉴얼을 연계함으로써, 수리·보수 중심이었던 문화유산 재난 대응 체계를 디지털 기반 선제적 재난 예방·관리 체계로 전환하는 것을 목표로 함 ○ 나아가 위성·레이더·지상 관측 데이터 유형, 재난 유형 분류, 국가유산별 위험지수 및 단계별(주의·경계·심각 등) 경보 기준, 경보 메시지 포맷과 전파 절차를 표준화하여, 기상청·위성정보센터·지방자치단체·문화유산 관리기관 간 데이터 연계성과 상호운용성을 확보하고, CAP(Common Alerting Protocol), OGC SensorThings, ISO/IEC JTC 1 등 국제표준과 정합성을 갖는 국가유산 재난예방 경보 표준 모델을 마련할 필요가 있음.
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재난 유형별 인공지능 예측 모델과 핀셋형 경보 알고리즘을 고도화하여, 국가유산 단위 조기경보 탐지율 90% 이상·오경보율 10% 이하를 달성하고, 기상청 광역 특보 중심의 현행 체계를 ‘디지털 기반 선제적 재난 예방·대응 체계’로 전환 ○ 위성·레이더·지상 관측과 국가유산 GIS·지형 정보를 결합한 재난 위험 데이터 구조, 위험지수 및 단계별 경보 기준, 경보 메시지·운영 절차에 대한 표준 데이터·경보 프레임워크를 제시하고, 이를 기반으로 단계표준(TTA) 및 KS·국제표준과 연계 가능한 국가유산 재난예방 경보 참조 모델을 구축함.
개발 내용 및 차별성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기술 개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> - 위성·레이더·지상 관측을 활용한 실시간 기상정보 수집과 지역별(국가유산 인근) 위험지수 분석 기술 개발 - 국가유산별 GIS 위치 데이터와 지형·토양·이용 현황 정보를 연동하여, 재난 유형별(집중호우·태풍·침수·산사태·사면붕괴 등) 위험도를 예측하는 인공지능 기반 알고리즘 구축 - 국지성 호우·태풍 등 기상재해 유형별로 과거 피해 사례와 피해 유형을 매칭한 재난 영향 데이터베이스를 구축하고, 재난별 예측·경보 기준 설정 활용 - 국가유산별 위험 수준에 따라 단계별(주의·경계·심각 등)로 자동 경보를 발령하는 실시간 경보 시스템과, 관리자·담당자를 대상으로 하는 모바일 알림 인터페이스 설계·구현 - 지자체와 문화유산 관리기관이 현장에서 활용할 수 있는 사용자 중심 재난예방 플랫폼

품을 개발하여, 위험지도 시각화, 경보 이력 조회, 대응 매뉴얼 연계 등 기능을 통합 제공

- 재난 유형·위험지수·경보 단계·경보 메시지 포맷·경보 전파 절차를 포함하는 데이터·인터페이스·운영 표준(안) 및 지침 수립, 기상청·위성정보센터·지방자치단체·문화유산 관리기관 시스템과의 상호운용성을 확보하기 위한 API·메시지 규격 정의

○ 기존 기술과의 차별성

구분	기존 연구/기술	본 과제의 차별성
적용 대상	일반 도시 인프라 시설물 교통망 중심	국가유산 및 그 주변 지역에 특화 (유적 건축 문화경관 등)
경보 수준	읍면동 단위 또는 사군 단위의 광역 경보	10~100m급 공간해상도 기반 핀셋형 경보 (유산 단위)
데이터 활용	기상청 기상 정보, 일부 RADAR 기반	위성영상 + 현장센서 + 유산위치(GS)융합
시스템 특성	단순 알림 또는 관제에 국한	예측 분석 경보 대응 모니터링 통합 플랫폼
대응 방식	수동 매뉴얼 대응, 사람 중심 판단	위험도 기반 자동 알림 + 대응 매뉴얼 자동 연동
기술 범위	기상 또는 보전 분야 개별 기술	기상·위성·AI 분석·문화유산보존기술 융합형 R&D
표준화 확산 기반	개별 기관개별 시스템 중심 재난 알림 국가 유산 특화 표준모델 및 운영 가이드라인 부재	위성레이더지상 기상자료와 국가유산 위험지수경보 기준을 통합한 국가유산 재난예방 경보 표준 모델 및 운영 가이드라인을 제시하여 타 지역 타 유형 국가유산으로의 확산과 정책 연계를 용이하게 함

개발 단계 및 일정 (총 3년)	연차	세부 내용
	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기반 구축 모델 설계 - 재난 유형·집중호우·태풍·폭설·강풍·침수·산사태·사면붕괴 등) 국가유산별 취약 요인(지형·토양·입자·구조)을 분석, 재난 영향 요인 체계 정립 - 위성레이더지상 관측 등 기상정보 유형과 수집 해상도·주기를 확정, 국가유산별 GS 위치 데이터 지형정보와 연계 가능한 데이터 구조·DB 스키마 설계 - 재난 유형별 위험 예측 인공지능 모델의 입력 변수·출력 지표·학습 전략을 포함한 모델 아키텍처를 설계, 과거 재난 피해 사례를 수집하여 기초 학습 데이터셋 구축 - 기상정보·센서·위성자료의 결측·이상치에 대한 품질 관리·보정·보간 절차를 정의, 표준 운영 프로토콜(초안) 마련
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 예측경보 엔진 및 플랫폼 통합 - 1차년도 데이터셋을 활용해 재난 유형별 위험 예측 인공지능 모델을 구현, 예측 정확도·재현율·오경보율 등 성능지표를 도출·개선 - 위성레이더지상센서·기상자료와 국가유산 GS 정보를 통합하는 데이터 처리 파이프라인을 구축, 지역유산 단위 위험지수 산정 모듈을 개발 - 국지성 호우·태풍 등 기상재해 유형별 과거 피해 유형·피해 규모를 매칭한 재난 영향 DB를 구축, 위험등급·주요경계·심각·별 경보 임계값 설정 	

	<ul style="list-style-type: none"> - 실시간 경보 발령 엔진과 관리자용 웹/모바일 인터페이스를 포함한 1차 버전 사용자 플랫폼을 구현, 지자체·관리기관 대상 파일럿 테스트를 통해 사용성·요구사항 수집 - 재난 유형별 위험지수 산정 로직과 위험등급·주요경계·심각·별 경보 임계값·경보 메시지 포맷·전파 절차를 표준 운영 프로토콜(초안)에 반영하고, 파일럿 테스트를 통해 표준(안)의 적정성·운영 가능성을 검증·보완
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실증·고도화·확산 기반 마련 - 선정된 국가유산·지자체 시범 지역에서 통합 재난예방 경보 시스템을 실제 운영, 재난 유형별·조기경보·탐지율·오경보율·리드타임·사전 경보 시간을 검증·개선 - 실운영 결과를 바탕으로 재난별 인공지능 모델·위험지수 산정 로직·경보 임계값을 고도화, 데이터 품질 관리·결측 대응 절차의 효과를 평가·보정 - 지자체·문화유산 관리기관 업무 흐름과 연계한 사용자 중심 플랫폼 기능을 완성, 위험지도 시각화·경보 이력·피해 이력 조회·대응 매뉴얼 연계 등을 포함한 통합 서비스를 제공 - 시스템 적용 효과(재난 조기경보 성능, 피해 저감 가능성, 운영 편익)를 정량·정성 평가, 향후 타 지역 타 유형 국가유산으로 확산 가능한 표준 모델 및 운영 가이드라인을 마련·하되, 위성레이더·지상 관측 데이터 구조, 재난 유형·위험지수·경보 단계·경보 메시지, 데이터 품질 관리·운영 평가 절차를 통합한 국가유산 재난예방 경보 표준(안)으로 정리하고, 단체표준(TTA)·KS·국제표준(예: CAP, OGC, ISO/IEC JTC 1 등)과의 연계 방안을 제시·함

구분	세부 항목	목표치	기준/근거
위성기반 위험 예측 정확도	강우량 예측 정확도	±15% 이내	국내 정밀강우 모델 수준
경보 시스템 반응 시간	위험 탐지 후 알림 시간	5분 이내	실시간 수치예보 시스템 기반
공간 분해능	위성 영상 해상도	10m 이내	KOMPSAT, Sentinel-2 등 활용
시스템 적용률	시범 유산지 적용	3개 이상 지역	주요 문화유산청 관리구역
표준화 성과	국가유산 재난예방 경보 표준 모델 운영 가이드라인	표준(안)·운영 가이드라인 1건 이상, 관련 단체표준(TTA) 신규 제안 1건 이상	실증 결과를 기반으로 재난 유형·위험지수·경보 단계·경보 메시지·운영 평가 절차를 문서화한 표준 모델 및 운영 가이드라인 도출, 표준기구(TTA 등)에 제안

○ 정밀 재난 대응 시스템 확보

- 국가유산별 특화된 대응이 가능해짐으로써, 문화유산의 선제적 보호 실현

○ 문화유산 디지털 전환 기반 마련

- 위성, GIS, 경보 등 융합형 디지털 재난관리 체계를 통한 보존 패러다임 전환

○ 공공기관 협업 기반 마련

- 기상청, 위성정보센터, 지방자치단체와의 정보 연계 및 실효성 있는 협력모델 수립

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기술 수출 가능성 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 유네스코 등록 유산, 세계문화유산 보존관리 시스템으로 확대 시 해외 적용 가능성 ○ 위성·레이더·지상 관측과 국가유산 GIS를 결합한 재난예방 정보 데이터·정보 기준·운영 절차에 대한 표준 모델과 운영 가이드라인을 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 향후 다른 기후·재난 대응 사업 및 국제협력 사업과의 연계, 국내외 표준화(단체표준·KS·국제표준) 및 기술 수출·확산의 기반을 마련함 										
연구개발기간 및 연구개발비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : '26 ~ '28 (3개년) <ul style="list-style-type: none"> - 총 연구기간은 3년이며, 1차년도 연구기간은 9개월임. ○ 연구개발비 : 15.5억원 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>계</th> <th>1차년도</th> <th>2차년도</th> <th>3차년도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>정부출연금</td> <td>15.5억원 이내</td> <td>3.5억원 이내</td> <td>6억원 이내</td> <td>6억원 이내</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> - 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음 ○ 선정 과제 수 : 1개과제 	구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	정부출연금	15.5억원 이내	3.5억원 이내	6억원 이내	6억원 이내
구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도							
정부출연금	15.5억원 이내	3.5억원 이내	6억원 이내	6억원 이내							

16		지정 공모				
국가과학기술 표준분류	대분류	ED 건설/교통	중분류	ED04 건축 ED01 지반/구조	소분류①	ED0408 건축환경설비
					소분류②	ED0102 건축구조
국가유산 기술분류	대분류	국가유산 보존기술	중분류	국가유산 진단 및 평가기술	소분류①	국가유산 구조 안전진단 기술
					소분류②	국가유산 보존 상태진단 기술
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구	<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구	기술성숙도(TRL) (4) ~ (7)	
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형	<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	<input type="checkbox"/> 공공증진형	
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정	<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 경쟁공모	
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제
과제명		(한글명) 기후변화 대응 근대 벽돌조 건축유산의 기후적응형 통합 보존관리 기술 개발 (영문명) Development of Climate-Adaptive Integrated Conservation Management Technology for Modern Brick Heritage Buildings				
추진배경 및 필요성		<ul style="list-style-type: none"> ○ 근대 벽돌조 건축유산은 우리나라 19-20세기 산업·종교·교육시설 등 역사성을 지닌 주요 유산이지만, 기후변화에 따른 급격한 환경 스트레스(집중호우, 동결융해, 장기 고습)에 매우 취약함 ○ 벽돌조 구조는 투수성, 열팽창성, 내부 철물 존재 등의 특성으로 인해 미세균열 → 수분 침투 → 내부 부식 및 곰팡이 발생 → 구조피로 누적이라는 악순환을 겪음 ○ 현재까지는 외관조사·보수위주 대응에 그쳐 구조적 열화의 조기 예측이나 통합적 보존관리는 어려운 상황 ○ 기후적응형 보존기술 및 종합 관리체계 개발은 문화유산 보존의 패러다임 전환과 함께, 향후 보존 정책의 핵심 인프라로 작용할 것으로 기대 ○ 다만 문화유산 현장 적용형 나노코팅·보강제는 발수·방균·보강 등 기능 확보에 더해, 색상·광택·질감·투습성 변화와 장기 UV 노출에 따른 황변, 투습 저하로 인한 내부 수분 축적 위험을 정량 지표와 허용 기준으로 사전에 설정하고 가속·현장 시험을 통해 체계적으로 검증할 필요가 있음. 또한 나노입자 비산·침출 등 안전성·환경성 평가와 관련 규제(화평법·화관법·나노안전성 가이드라인) 및 문화유산 현장 허가·원형성 심사 절차를 고려한 적용 로드맵이 요구됨 ○ 이에 기후 변화 및 도시 환경 악화로 복합 열화가 가속되는 벽돌조 건축유산 				

	<p>에 대해, 나노코팅·보강재 등 신소재의 성능뿐 아니라 원형성(색상·광택·질감·투습성) 변화, 장기 UV 노출에 따른 황변, 투습 저하로 인한 내부 수분 축적 위험을 정량 지표와 허용 기준으로 설정·검증하는 진단·평가 기술을 함께 개발하고자 한다. 더 나아가 비파괴 진단과 기후·환경 데이터를 통합한 데이터 기반을 구축하고, AI·IoT 기술을 활용한 열화 예측 및 통합 보존관리 시스템을 구현함으로써, 벽돌조 건축유산의 기후적응형 보존·관리 패러다임을 확립하고자 함</p> <p>○ 아울러 근대 벽돌조 건축유산에 적용되는 비파괴 진단 지표, 열화 등급·위험도 분류, 나노코팅·보강재의 적용·비적용 기준과 시공·모니터링·사후평가 절차를 표준화하여, 향후 단체표준(TTA)을 시작으로 KS(건축·재료·보존 분야) 및 ISO·ASTM 등 국제표준으로 확장 가능한 “기후적응형 벽돌조 건축유산 통합 보존관리 표준 모델”을 제시할 필요가 있음.</p>
개발 목표	<p>○ 벽돌조 건축유산의 복합 열화를 정밀 진단·예측하고, 비파괴 진단·기후 데이터 기반 손상 예측 모델을 통해 열화 단계별 보존·보수 개입 시점을 제시하는 통합 관리 기술 개발</p> <p>○ 기존·타 과제에서 확보된 보수재료·공법을 대상 벽돌조 건축유산에 시험 적용하여 손상 등급·기후 시나리오별 적합성과 장기 성능을 검증하고, 적용 기준을 포함한 과학적 보존관리 의사결정 체계 확립</p> <p>○ 벽돌조 건축유산에 특화된 비파괴 진단 지표·열화 등급·보수·보강 개입 기준과 나노코팅·보강재의 적용·비적용 기준, 시공·모니터링·사후평가 절차를 통합한 보존관리 표준(안) 및 가이드라인을 제시하고, 이를 기반으로 단체표준(TTA) 및 KS·국제표준과 연계 가능한 기후적응형 통합 보존관리 참조 모델을 구축함.</p>
핵심 개발 내용	<p>○ 벽돌조 특화 비파괴 진단·열화 데이터베이스 구축 및 열화 메커니즘 정량화 기술</p> <p>○ 비파괴·기후·환경·재료 데이터를 통합한 AI 기반 벽돌조 열화 예측 및 위험도 평가 기술</p> <p>○ 온·습도·수분·염분·균열 등을 상시 계측하는 IoT 기반 모니터링과 연계된 디지털 보존관리 시스템 기술</p> <p>○ 나노코팅·보강재의 원형성·내구성·나노안전성을 정량 평가하고, 규제·허가 절차와 연계한 현장 적용 로드맵·가이드라인 기술</p> <p>○ 통합 보존관리 표준화 및 가이드라인 수립</p> <p>- 벽돌·몰탈·조적 구조에 대한 비파괴 진단 지표(열화 유형·등급·취약 조건), AI 예측 성능·위험도 등급, IoT 센서 배치·검교정·품질관리 절차에 대한 기준·지표·시험방법을 체계화</p>

	<p>- 진단·분석·보수·보강 설계·시공·모니터링·사후평가로 이어지는 벽돌조 건축유산 보존관리 프로세스에 대해 단계별 역할·검증 항목·기록 항목을 포함한 표준 운영 매뉴얼(조안) 마련</p> <p>- 나노코팅·보강재의 적용·비적용 기준, 원형성 허용 변화 범위, 나노안전성·환경성 평가 절차를 정리하고, 화평법·화관법·나노안전성 가이드라인 및 문화유산 허가·원형성 심사 절차와 연계되는 적용 로드맵·가이드라인을 표준(안) 수준으로 정립</p>								
개발 단계 및 일정 (총 3년)	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1328 359 1422 406">연차</th> <th data-bbox="1422 359 2166 406">주요 개발 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1328 406 1422 774">1차년도</td> <td data-bbox="1422 406 2166 774"> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기반 구축진단 체계 정립 - 벽돌·몰탈조적 구조의 재료구조 특성 조사 - 동결융해염 결정생물열화 등 복합 손상 메커니즘을 정량적으로 규명하여 열화 평가 지표(손상 유형·원인·취약 조건) 정립 - 적외선 열화상, 초음파, 지중레이더 등 다중 비파괴 진단 프로토콜을 개발하고, 대표 벽돌조 건축유산을 대상으로 기초 진단 데이터를 수집하여 열화 데이터베이스와 기후환경 데이터 연계 구조 구축 - 나노코팅보강재의 기본 물성 및 기능(발수방균제염보강) 확인 원형성(색상·광택·질감·투습성) 변화 지표와 장기 UV·열화 가속시험 조건 나노안전성·환경성 시험 항목(비산·침출·생태독성) 등 설계 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1328 774 1422 1061">2차년도</td> <td data-bbox="1422 774 2166 1061"> <ul style="list-style-type: none"> ○ AI·IoT 예측관리 기술 시범 구현 - 1차년도 DB 활용 비파괴 진단 결과 기후환경 데이터 재료시공 이력 신소재 적용 정보를 통합한 학습 데이터셋 구축 - 온습도, 표면내부 수분, 염분농도, 균열 변위 등을 모니터링하는 IoT 센서 네트워크를 시범 대상에 설치, 센서기상 데이터를 실시간 수집·저장하는 디지털 보존관리 프로토타입(DB) 구현 - 나노코팅보강재에 대해 1차년도에 설계한 조건으로 원형성(색·광택·투습성 등) 및 장기 성능, 나노입자 비산·침출·독성 시험 수행 기초 성능·안전성 평가 결과와 규제 연계 초안 도출 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1328 1061 1422 1449">3차년도</td> <td data-bbox="1422 1061 2166 1449"> <ul style="list-style-type: none"> ○ 통합 보존관리 시스템 실증·고도화 - 열화 예측모델과 IoT 모니터링 데이터를 원천 연동한 디지털 보존관리 시스템 구축 - 2~3개 벽돌조 건축유산 현장 실증운영 예측·정확도·운영 안정성 검증·보정 - 나노코팅보강재 적용 전후의 열화 속도 변화, 원형성 영향, 안전성·환경성 평가 결과를 통합 분석하여 문화유산 현장 적용·비적용 기준과 시공·모니터링·사후평가 절차를 포함한 단계별 적용 로드맵 제시 - 기후 시나리오(평년·극한기상)에 따른 장기 열화 시뮬레이션과 현장 실증 결과를 종합하여 벽돌조 건축유산의 기후적응형 통합 보존관리 가이드라인과 정책·규제 연계 활용 방안 제시 - 이를 기반으로 비파괴 진단 지표·열화 등급·개입 기준·나노코팅보강재 적용 기준·모니터링·사후평가 절차 등을 포함한 단체표준(TTA)·KS·국제표준(ISO/ASTM 등) 연계 가능 항목을 정리 </td> </tr> </tbody> </table>	연차	주요 개발 내용	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기반 구축진단 체계 정립 - 벽돌·몰탈조적 구조의 재료구조 특성 조사 - 동결융해염 결정생물열화 등 복합 손상 메커니즘을 정량적으로 규명하여 열화 평가 지표(손상 유형·원인·취약 조건) 정립 - 적외선 열화상, 초음파, 지중레이더 등 다중 비파괴 진단 프로토콜을 개발하고, 대표 벽돌조 건축유산을 대상으로 기초 진단 데이터를 수집하여 열화 데이터베이스와 기후환경 데이터 연계 구조 구축 - 나노코팅보강재의 기본 물성 및 기능(발수방균제염보강) 확인 원형성(색상·광택·질감·투습성) 변화 지표와 장기 UV·열화 가속시험 조건 나노안전성·환경성 시험 항목(비산·침출·생태독성) 등 설계 	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI·IoT 예측관리 기술 시범 구현 - 1차년도 DB 활용 비파괴 진단 결과 기후환경 데이터 재료시공 이력 신소재 적용 정보를 통합한 학습 데이터셋 구축 - 온습도, 표면내부 수분, 염분농도, 균열 변위 등을 모니터링하는 IoT 센서 네트워크를 시범 대상에 설치, 센서기상 데이터를 실시간 수집·저장하는 디지털 보존관리 프로토타입(DB) 구현 - 나노코팅보강재에 대해 1차년도에 설계한 조건으로 원형성(색·광택·투습성 등) 및 장기 성능, 나노입자 비산·침출·독성 시험 수행 기초 성능·안전성 평가 결과와 규제 연계 초안 도출 	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통합 보존관리 시스템 실증·고도화 - 열화 예측모델과 IoT 모니터링 데이터를 원천 연동한 디지털 보존관리 시스템 구축 - 2~3개 벽돌조 건축유산 현장 실증운영 예측·정확도·운영 안정성 검증·보정 - 나노코팅보강재 적용 전후의 열화 속도 변화, 원형성 영향, 안전성·환경성 평가 결과를 통합 분석하여 문화유산 현장 적용·비적용 기준과 시공·모니터링·사후평가 절차를 포함한 단계별 적용 로드맵 제시 - 기후 시나리오(평년·극한기상)에 따른 장기 열화 시뮬레이션과 현장 실증 결과를 종합하여 벽돌조 건축유산의 기후적응형 통합 보존관리 가이드라인과 정책·규제 연계 활용 방안 제시 - 이를 기반으로 비파괴 진단 지표·열화 등급·개입 기준·나노코팅보강재 적용 기준·모니터링·사후평가 절차 등을 포함한 단체표준(TTA)·KS·국제표준(ISO/ASTM 등) 연계 가능 항목을 정리
연차	주요 개발 내용								
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기반 구축진단 체계 정립 - 벽돌·몰탈조적 구조의 재료구조 특성 조사 - 동결융해염 결정생물열화 등 복합 손상 메커니즘을 정량적으로 규명하여 열화 평가 지표(손상 유형·원인·취약 조건) 정립 - 적외선 열화상, 초음파, 지중레이더 등 다중 비파괴 진단 프로토콜을 개발하고, 대표 벽돌조 건축유산을 대상으로 기초 진단 데이터를 수집하여 열화 데이터베이스와 기후환경 데이터 연계 구조 구축 - 나노코팅보강재의 기본 물성 및 기능(발수방균제염보강) 확인 원형성(색상·광택·질감·투습성) 변화 지표와 장기 UV·열화 가속시험 조건 나노안전성·환경성 시험 항목(비산·침출·생태독성) 등 설계 								
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ AI·IoT 예측관리 기술 시범 구현 - 1차년도 DB 활용 비파괴 진단 결과 기후환경 데이터 재료시공 이력 신소재 적용 정보를 통합한 학습 데이터셋 구축 - 온습도, 표면내부 수분, 염분농도, 균열 변위 등을 모니터링하는 IoT 센서 네트워크를 시범 대상에 설치, 센서기상 데이터를 실시간 수집·저장하는 디지털 보존관리 프로토타입(DB) 구현 - 나노코팅보강재에 대해 1차년도에 설계한 조건으로 원형성(색·광택·투습성 등) 및 장기 성능, 나노입자 비산·침출·독성 시험 수행 기초 성능·안전성 평가 결과와 규제 연계 초안 도출 								
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통합 보존관리 시스템 실증·고도화 - 열화 예측모델과 IoT 모니터링 데이터를 원천 연동한 디지털 보존관리 시스템 구축 - 2~3개 벽돌조 건축유산 현장 실증운영 예측·정확도·운영 안정성 검증·보정 - 나노코팅보강재 적용 전후의 열화 속도 변화, 원형성 영향, 안전성·환경성 평가 결과를 통합 분석하여 문화유산 현장 적용·비적용 기준과 시공·모니터링·사후평가 절차를 포함한 단계별 적용 로드맵 제시 - 기후 시나리오(평년·극한기상)에 따른 장기 열화 시뮬레이션과 현장 실증 결과를 종합하여 벽돌조 건축유산의 기후적응형 통합 보존관리 가이드라인과 정책·규제 연계 활용 방안 제시 - 이를 기반으로 비파괴 진단 지표·열화 등급·개입 기준·나노코팅보강재 적용 기준·모니터링·사후평가 절차 등을 포함한 단체표준(TTA)·KS·국제표준(ISO/ASTM 등) 연계 가능 항목을 정리 								

성능지표	성능 항목	목표치	시험 기준	비고
	열화 진단 정확도	≥ 85%	현장 조사서면 분석 결과 대비 손상 유형등급 판정	진단데이터모델
	AI 예측 정확도	≥ 85%	RMSE, F1 Score	
	센서 신뢰성	연간 무중단 가동률(Uptime) ≥ 95%	연간 가동 로그 기반 Uptime (가동 시간/총 시간) 산정	IoT 플랫폼
	시스템 가용성	디지털 보존관리 시스템 서비스 가동률 ≥ 98%	서버/서비스 모니터링 로그를 활용한 월별 서비스 가동률 측정	
	원형성 변화율	CE Lab* 기준 ΔE ≤ 3	분광학계 이용 ΔE 측정	나노 산소재원형성 기능안전성
	방균방곰팡이제율	90%이상	ASTM G21, ISO 846 등 규격에 따른 곰팡이 성장 억제율 평가	
	현장 전문가(관리자/기술자) 만족도	평균 4.0/5.0 이상	설문조사 결과	의사결정 지원도
표준화 가이드라인 성과	· 벽돌조 건축유산 기후적응형 통합 보존관리 가이드라인 표준안 1건 이상 도출 · 나노코팅보강재 적용 기준 원형성/나노안전성 평가 절차/모니터링 사후평가 프로세스를 포함한 운영 매뉴얼 또는 단체표준(TA) 제안 1건 이상	· 연구 결과를 반영한 가이드라인 표준안 문서화 여부, 관련 기관(TTA, 국가유산청) 등에 제안 여부를 정량 지표로 활용		

기대 효과

- 근대 벽돌조 건축유산에 특화된 비파괴 진단·AI 예측·IoT 모니터링 기반 통합 보존관리 체계가 구축되어, 기후변화에 따른 열화·붕괴 위험을 사전에 파악하고 선제적으로 개입할 수 있는 과학적 인프라 마련
- 나노코팅·보강재의 원형성·내구성·나노안전성을 정량 평가하고 규제·허가 절차와 연계한 적용 기준·로드맵을 제시함으로써, 안전하고 책임 있는 신소재 활용 기반을 확보하고 향후 유사 문화유산·다른 재료(석재, 콘크리트 등)로의 기술 확산 촉진
- 근대 벽돌조 건축유산의 비파괴 진단 지표·열화 등급·개입 기준과 나노코팅·보강재 적용 기준·평가·모니터링·사후평가 절차를 통합한 기후적응형 보존·관리 표준 모델과 가이드라인을 제시함으로써, 유사 재료(석재·콘크리트 등) 및 다른 건축유산 유형으로의 확산, 국가 차원의 보존관리 기준 및 공공조달·인증체계 연계, 국제협력·표준화 추진의 기반을 마련

연구개발기간 및 연구개발비

- 총 연구기간 : '26 ~ '28 (3개년)
- 총 연구기간은 3년이며, 1차년도 연구기간은 9개월임.
- 연구개발비 : 15.5억원

구분	계	1차년도	2차년도	3차년도
정부출연금	15.5억원 이내	3.5억원 이내	6억원 이내	6억원 이내

- 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음
- 선정 과제 수 : 1개과제

17		지정 공모					
국가과학기술 표준분류	대분류	ED 건설/교통 EE 정보/통신	중분류	ED04 건축 EE08 정보통신 융합 서비스	소분류①	ED0408 건축환경설비	
					소분류②	EE0809 스마트시티 응용서비스	
국가유산 기술분류	대분류	국가유산 유지관리 기술	중분류	국가유산 유지관리 기술	소분류①	국가유산의 유지 관리 기술	
					소분류②	-	
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구	<input type="checkbox"/> 응용연구	<input checked="" type="checkbox"/> 개발연구	기술성숙도(TRL) (5) ~ (8)		
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형	<input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형	<input type="checkbox"/> 혁신형	<input type="checkbox"/> 공공증진형		
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정	<input type="checkbox"/> 정책지정	<input type="checkbox"/> 자율공모	<input type="checkbox"/> 경쟁공모		
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제	
과제명		(한글명) 스마트 에너지 관리 시스템을 활용한 건축문화유산 에너지 효율화 기술 개발 (영문명) Development of Energy Efficiency Enhancement Technology for Architectural Cultural Heritage Using Smart Energy Management Systems					
추진배경 및 필요성		<ul style="list-style-type: none"> ○ (건축문화유산 에너지 관리비용 급증) 최근 기후변화로 인한 혹서·혹한 등 극한기상이 잦아지고 에너지 단가가 상승함에 따라, 다수의 건축문화유산에서 냉·난방 및 설비 운영비 등 에너지 관련 관리비용이 지속적으로 증가하고 있음, 특히 노후 목조건축과 대형 전통건축물은 단열 및 설비 효율이 낮아 에너지 사용량이 상대적으로 크며, 이에 따른 관리·유지비 부담이 갈수록 가중되고 있어 체계적인 에너지 관리 및 효율화 대책이 요구됨 ○ (일반 BEMS의 문화유산 적용 한계) 상용 빌딩에너지관리시스템(BEMS)은 쾌적도 중심 설계로, 유물 손상 방지 등 문화유산 특수 요구사항 미반영. 오히려 과도한 냉난방으로 에너지 낭비 및 유물 손상 위험 ○ (전통재료 특성 이해 부족) 목재·한지·황토 등 전통재료는 흡습·방습 특성과 열용량이 현대 건축재료와 상이하나, 이를 고려한 에너지 관리 기술 부재. 전통재료 물성 기반 에너지 시뮬레이션 국내외 선행 연구 전무 ○ (보존환경 vs 에너지 효율 상충 문제) <ul style="list-style-type: none"> - 목재 유물: 습도 변화율 5%/h 이내 (급격한 변화 시 갈라짐) - 지류 유물: 절대습도 9g/m³ ±1 (곰팡이 발생 방지) - 금속 유물: 습도 40% 이하 (부식 방지) → 유물별 상이한 보존 기준을 충족하면서 에너지를 절감하는 최적화 기술 부재 ○ (문화유산 특화 스마트 시스템 공백) 센서-데이터 분석-자동 제어를 통합한 					

	<p>지능형 에너지 관리 시스템이 필요하다, 문화유산 특성을 반영한 통합 솔루션은 국내외에 부재</p> <p>○ 이에 전통재료 물성 DB와 유물 보존환경 제약 조건을 반영한 문화유산 특화 스마트 에너지 관리 시스템을 개발하여, 유물 보존환경 기준 충족률 99%를 유지하면서 연간 에너지 비용 45% 이상을 절감하는 통합 에너지 최적화 플랫폼을 구축하고 이를 통해 문화유산 건축물의 보존성과 에너지 효율성을 동시에 달성하는 세계 최초 수준의 스마트 에너지 관리 모델을 제시하고자 함.</p> <p>○ 아울러 건축문화유산 스마트 에너지 관리 시스템은 개별 현장용 솔루션을 넘어, 센서·에너지·환경 데이터 구조와 메타데이터, 보존환경 기준·에너지 절감 목표에 따른 운전 시나리오, 제어 로직·성능지표, 설치·운영·유지관리·성능평가 절차를 표준화하여, 향후 단체표준(TTA)을 시작으로 KS(건축·에너지·설비) 및 ISO 50001 계열 등 국제표준과 연계 가능한 “문화유산형 스마트 에너지 관리 표준 모델”을 제시할 필요가 있음.</p>
<p>개발 목표</p>	<p>○ 목표 : 전통재료 물성 DB 및 유물 보존환경 제약 조건을 반영한 문화유산 특화 스마트 에너지 관리 시스템을 개발하여, 유물 보존환경 기준 충족률 99% 유지와 동시에 연간 에너지 비용 45% 이상 절감하는 세계 최초의 통합 에너지 최적화 플랫폼 구축</p> <p>○ 세부 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> - 문화유산 건축물의 보존성과 효율성을 동시에 고려한 스마트 에너지 관리 시스템 개발 - 실시간 환경·에너지 데이터 기반의 지능형 에너지 모니터링 및 자동 제어 플랫폼 구축 - 비파괴 설치 가능한 센서 및 제어 장비, 고전력 비사용 상태에서도 작동 가능한 자가 발전형 IoT 기반 시스템 실증 - 문화유산 훼손 없이 적용 가능한 에너지 절감 기술의 요구사항·성능지표·설치·운영·평가 절차를 표준화하고, 표준(안)을 시범 적용하여 향후 단체표준(TTA) 및 KS·국제표준 연계 가능성을 검증
<p>개발 내용 및 차별성</p>	<p>○ 핵심 개발 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 건축문화유산에 특화된 센싱-분석-제어 일체형 통합 에너지 관리 플랫폼 개발 - 전통재료의 열·습 거동을 모사하는 시뮬레이션 엔진을 구축하고, 실측 데이터 대비 예측 오차 ±5% 이내의 성능 달성 - 유물 보존환경 제약 조건을 반영한 AI 기반 에너지 최적화 알고리즘을 개발하여 보존환경 기준 충족률 99%와 연간 에너지 비용 45% 이상 절감을 동시 달성

	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 진단 결과를 자동으로 산출하는 非전문가용 진단 모듈을 통합하고, 진단 정확도 85% 이상과 기존 대비 진단 비용 1/10 수준 달성 - 관람객 밀집도·체류 시간 예측을 기반으로 실시간 설비 운전 조건을 조정하는 선제적 제어 시스템을 구현하여, 보존환경 기준 유지와 에너지 사용 최소화를 동시 지원 - 문화유산 스마트 에너지 관리 데이터·인터페이스·운영·평가 표준(안) 및 가이드라인 수립 <ul style="list-style-type: none"> · 센서·에너지 사용량·환경(온·습도 등)·보존환경 기준·제어 상태에 대한 데이터 스키마·메타데이터 구조 및 공통 지표 정의 · 외부 BEMS/EMS, 지자체·기관 시스템과의 연계를 고려한 API·메시지 포맷·데이터 교환 규격 설계 · 보존환경 기준·에너지 목표에 따른 운전 시나리오, 제어 로직, 성능평가 절차를 포함한 설치·운영·유지관리 매뉴얼(초안) 및 표준화 항목 정리 		
<p>개발 단계 및 일정 (총 3년)</p>	<p>연차</p>	<p>주요 개발 내용</p>	
<p>1차년도</p>	<p>시스템 기반 기술 개발</p>	<p>요소 기술 개발 및DB 구축</p>	<p>[센싱 레이어]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 전통재료 흡수를 센서 프로토타입 개발 (비파괴 설치 검증) · 유물 미세환경 센서 선정 및 비가시형 설계 · 센서 데이터 수집 프로토콜 개발 (1분 주기) <p>[분석 엔진 - DB 구축]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 전통재료 물성 측정 (목재 10종, 한지 5종, 황토 3종) - 열전도율, 비열, 투습저항, 흡수율 특성 · 실제 건축문화유산 50개소 열습 환경 실측 (1년간) · 유물 손상 사례 DB 구축 (목재/지류/금속 각 20종) · 문화유산 방문 빅데이터 수집 (100개소 × 3년 기록) · 전통건축 열화상 이미지 1만장 수집 및 라벨링 <p>[분석 엔진 - 알고리즘]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 전통재료 열습 거동 예측 모델 1차 개발 (CFD 연계) · 유물 보존환경 손상 함수 모델링(플랫폼) · 시스템 요구사항 정의 및 아키텍처 설계 · 플랫폼 UI/UX 프로토타입
<p>2차년도</p>	<p>통합 시스템 구현</p>	<p>센싱-분석-제어통합 및 시뮬레이션</p>	<p>[센싱 레이어 고도화]</p> <ul style="list-style-type: none"> · 전체 센서망 통합 테스트 (무선 통신 안정성 검증) · 데이터 수집 주기 최적화 (배터리 수명 vs 정확도)[분석 엔진 고도화] · 전통재료 예측 모델 검증 (실측 vs 예측 오차 ±5% 달성) · 유물 보존환경 제약 최적화 AI 개발 - 다목적 최적화 (보존 기준 99% + 에너지 20% 절감) - 강화학습 기반 적응형 제어 전략 · 관람객 행동 예측 모델 개발 (±10% 오차) · AI 에너지 진단 모듈 개발 (정확도 1차 목표 80%) <p>[제어 레이어 구현]</p>

				<ul style="list-style-type: none"> 멀티존 독립 제어 로직 개발 HVAC-환기-조명-가습 통합 제어 알고리즘 관람객 동선 추적 선제적 제어 프로토콜(통합 플랫폼) 센싱-분석-제어 통합 플랫폼 1차 구축 실시간 데이터 시각화 대시보드 모바일 앱 프로토타입(시범 적용) 시범현장 2개소 선정 (사찰 1, 서원 1) 센서 설치 및 6개월 데이터 수집 시뮬레이션 기반 에너지 절감 효과 예측 	
	3차년도	실증 및 최적화	현장 실증 및 성능 검증	<p>[통합 시스템 최종 구현]</p> <ul style="list-style-type: none"> 4개 핵심 모듈 완전 통합 (센싱-분석-제어-플랫폼) AI 모델 고도화 (실증 데이터 재학습) 에너지 진단 모듈 정확도 향상 (85% 달성) <p>[현장 실증]</p> <ul style="list-style-type: none"> 시범현장 2개소 전체 시스템 가동 (1년간) 에너지 절감을 실증 (설치 전후 비교) <ul style="list-style-type: none"> - 외기 조건 보정 (온도, 습도, 일조량) - 월별/계절별 절감률 분석 유물 보존환경 모니터링 (기준 충족률 검증) 관리자 사용성 평가 (만족도 90점 목표) <p>[성능 최적화]</p> <ul style="list-style-type: none"> 실증 데이터 기반 알고리즘 튜닝 센서 배치 최적화 (최소 수량으로 최대 효과) 제어 로직 세밀 조정 (에너지 절감 극대화) <p>[표준화 및 확산]</p> <ul style="list-style-type: none"> 문화유산 스마트 에너지 관리 기술 표준안 개발 시스템 설치운영 매뉴얼 작성 보급형 패키지 개발 (소규모 문화유산용) 관리자 교육 프로그램 개발 	
성능지표	구분	세부 성능지표	목표치	기준/근거	국내/세계 수준
	시스템 통합	센싱-분석-제어 통합률	100%	4개 레이어 완전 연동	
	예측 정확도	전통재료 열습 거동 예측 오차	±5% 이내	실측 데이터 대비 (기준 범용 ±20%)	세계 최초 전통재료 특화 모델
	에너지 절감	연간 에너지 비용 절감률	45% 이상	설치 전후 1년 실측 (외기 보정)	국내 문화유산 최고 수준
	진단 정확도	AI 자동 진단 vs 전문가	85% 이상	전문가 열화상 진단 대조	비전문가 접근 가능

	제어 반응	센서 감지 → 제어 실행	5분 이내	실시간 제어 성능	적응형 시스템										
	시스템 안정성	연속 운영 시간	365일 무정지	1년간 실증 운영	상용화 수준										
	보존환경 유지	유물 보존환경 기준 충족률	99% 이상	유물 보존환경온습도 등 기준 충족률 실증 검증	문화유산 특화 보존 에너지 동시 최적화										
	표준화 성과	문화유산 스마트 에너지 관리 기술 표준안 운영 매뉴얼 도출 및 표준 제안	· 기술 표준안 및 설치운영평가 매뉴얼 1건 이상 작성 · 관련 단체표준 (ITA) 신규 제안 1건 이상	· 통합 시스템 실증 결과를 기반으로 데이터상지표 운전 시뮬레이션평가 자료를 문화유산 표기 KITA 등에 공식 제안 실적											
기대 효과	<p>○ 온실가스 감축 및 기후위기 대응</p> <ul style="list-style-type: none"> - 건물 에너지 효율화와 사용량 저감을 통해 온실가스 배출을 감축하고, 국가 온실가스 감축목표 및 건축물 부문 에너지효율 정책과 연계된 시범사례로 활용 가능함 - 건축문화유산이 ‘저탄소·친환경 운영 모델’로 전환되면서, 문화유산 분야의 기후위기 대응 정책 추진과 국제협력(유네스코 등)에서 모범 사례로 제시될 수 있음 <p>○ 관리역량 제고 및 데이터 기반 의사결정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 센서·BEMS를 통해 축적된 장기 데이터를 기반으로 시설별 에너지 사용 패턴과 보존환경 특성을 분석하여, 향후 보수·정비·리모델링 계획 수립 시 근거 자료로 활용 가능 - 현장 관리자와 정책 담당자가 동일한 데이터 기반에서 의사결정을 내릴 수 있어, 유지관리 전략의 표준화 및 효율적 예산 집행 체계 구축에 기여하고, 문화유산 건축물에 특화된 스마트 에너지 관리 표준 모델을 통해 타 문화시설·공공건축물로의 확산 및 국가 차원의 에너지·보존정책 연계를 촉진함. 														
연구개발기간 및 연구개발비	<p>○ 총 연구기간 : ‘26 ~ ‘28 (3개년)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 총 연구기간은 3년이며, 1차년도 연구기간은 9개월임. <p>○ 연구개발비 : 15.5억원</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>계</th> <th>1차년도</th> <th>2차년도</th> <th>3차년도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>정부출연금</td> <td>15.5억원 이내</td> <td>3.5억원 이내</td> <td>6억원 이내</td> <td>6억원 이내</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> - 정부 예산 상향 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음 <p>○ 선정 과제 수 : 1개과제</p>					구분	계	1차년도	2차년도	3차년도	정부출연금	15.5억원 이내	3.5억원 이내	6억원 이내	6억원 이내
구분	계	1차년도	2차년도	3차년도											
정부출연금	15.5억원 이내	3.5억원 이내	6억원 이내	6억원 이내											

18		지정 공모					
국가과학기술 표준분류	대분류	ED 건설/교통	중분류	ED01 지반/구조	소분류①	ED0106 구조물 유지관리	
					소분류②	ED0101 지반공학	
국가유산 기술분류		대분류	국가유산 보존기술	중분류	국가유산 수리 기술 국가유산 예방기술	소분류①	국가유산 보수기술
						소분류②	국가유산 재해 예측 기술
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구 <input type="checkbox"/> 응용연구 <input checked="" type="checkbox"/> 개발연구		기술성숙도(TRL)			
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형 <input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형 <input type="checkbox"/> 혁신형		<input type="checkbox"/> 공공증진형			
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정 <input type="checkbox"/> 정책지정 <input type="checkbox"/> 자율공모		<input type="checkbox"/> 경쟁공모			
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당 <input checked="" type="checkbox"/> 비해당		<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제 <input type="checkbox"/> 보안과제		
과제명		(한글명) 기후재난 대응형 성벽 스마트 보강 및 예측기술 개발					
		(영문명) Development of Smart Reinforcement and Predictive Technology for Fortress Walls against Climate Disasters					
추진배경 및 필요성		<p>○ 기후변화로 인해 집중호우, 국지성 폭우, 장마 지속일 수 증가 등 기상이변이 빈발하고 있으며, 이로 인해 공산성(사적 제12호)을 비롯한 전국의 석축 성벽 문화유산이 붕괴 위협에 지속적으로 노출되고 있음.</p> <p>○ 특히 공산성 성벽은 연평균 3건 이상의 붕괴 및 침하 사고가 보고되고 있으며, 이는 단순 보수 중심의 대응으로는 근본적인 예방이 어려운 상황임.</p> <p>○ 현재 문화유산 보존기술은 보수·복원 중심의 수동적 대응체계에 머무르고 있으며, 기후재난을 사전에 예측하고 전통성을 해치지 않는 스마트 대응기술의 부재가 심각한 기술공백으로 지적됨.</p> <p>○ 이에 따라 디지털·AI·환경공학을 융합한 과학기반 문화유산 보호기술 개발이 시급히 요구됨</p> <p>○ 아울러 성벽 안전진단 지표, 기후재난 위험등급·경보 기준, 센서·비파괴·시물레이션·보강 공법 간 연계 절차, 현장 점검·운영·유지관리·성능평가 프로세스를 표준화하여, 향후 단체표준(TTA)을 시작으로 KS(토목·건축·지반·방재 등) 및 ISO/ASTM 등 국제표준과 연계 가능한 “기후재난 대응형 성벽 보존·보강 통합 표준 모델”을 마련할 필요가 있음.</p>					
개발 목표		<p>○ 성벽 구조물의 기후재난 위험을 조기에 예측·경보하는 AI 기반 모니터링·디지털트윈 기술과, 전통 경관을 훼손하지 않는 스마트 배수·친환경 보강 시스템을 개발한다. 이를 실증지 시범구간에 적용하여 붕괴 예방 효과를 정량적으로 검증하고, 붕괴·침하·변위 이력과 기상·센서·비파괴 진단을 연계한 학습 데이터셋을 통해 성과 보존·관리를 위한 표준모델 및 고도화 가능한 AI 예측 체계 확립</p>					

<p>○ 성과 보존·관리를 위한 표준모델에는 성벽 비파괴 진단 지표·위험도 등급·경보 임계값, 스마트 모니터링·보강·예측 SW 간 데이터 연계 구조, 운영·유지관리·성능평가 절차를 포함하도록 설계하고, 이를 기반으로 단체표준(TTA) 및 KS·국제표준과 연계 가능한 참조 표준(안)을 도출함.</p> <p>○ 핵심 개발 내용</p>			
	구분	핵심 내용	비고
핵심 개발 내용	비파괴 기반 성벽 구조 안정성 진단기술	- GPR(Ground Penetrating Radar), 전기저항 탐사, 초음파 CT 등 활용 - 성벽 내 공동, 박리, 균열, 수분 포화도 파악	- GPR은 0.1~3 GHz 대역 전파 사용, 수분공동 감지 가능 - 전기저항법은 수분 포화 및 재료 분포를 정량 분석 - 초음파 CT는 재료 내부 연속성/균열 특성 분석
	기후재난 예측 및 위험 경보 시스템	- 기상 관측자료 + AI 기반 예측모델(XGBoost 등) - 토양 수분/성벽 응력 변화를 실시간 수집, 붕괴 가능성 조기 경보 - 조기경보 이벤트 리벨(정당) 정의 및 검증 기준 수립(변위/침하/수분포화 일계치 + 전문가 판정 기반)	- XGBoost 기반 모델은 이상 기후 조건에서 예측 정확도 향상 - 습도강우량기은 변화와 붕괴 시간 간 인과 모델링
	스마트 모니터링 시스템 (IoT 융합)	- 사물인터넷(IoT) 기반 계측망 구축 - 지반 침하, 토양 수분, 온습도, 변위계 등 실시간 연동 - 정밀 비파괴 탐사는 '주기, 사물인터넷 센서'는 '상시로 운용 역할을 구분하고 센서 배치 간격밀도 기준을 설정	- 광섬유 변형센서, 전기저항식 수분센서, GNSS 연동 위치 센서 등 사용 - LoRa/5G 기반 저전력 장거리 통신망 연계 - 통신 음영지역 내 환경성별 수반진 내릴(내한) 고려 및 데이터 결측 이상치 탐지/보정 절차 포함
	기후재난 대응형 모듈화 보강 공법 개발	- 투수배수 성능이 강화된 친환경 소재 기반 경량 보강재 개발 - 모듈형 보강판, 흙막이벽, 부식포청 드레인 매트 등(예측경보 결과 기반 위험구간 우선최소개입 적용)	- 바이오필리머 혼합재 흡수유 복합 매트, 비구속 배수층 설계 - 기존 시멘트계 대비 탄소저감 (30% 이상), 재시공성 우수
	시물레이션 기반 성벽 붕괴 예측 SW 개발	- 구조-수문-지반 연계 해석 모델 - 시나리오별 붕괴 진행 예측 (1시간~24시간 단위) - 현장 계측비파괴 진단 데이터로 모델 보정검증(연차별 업데이트)	- PLAXIS, FLAC3D 등 연계 FEM/DEM 해석모델 활용 - 구조물 응력변형을 해석과 강우량 시계열 입력 통한 위험도 예측
	성벽 보존보강 표준화 및 가이드라인 수립	- 성벽 비파괴 진단 결과(공동박리 균열 수분포화도 등에 대한 공통 지표 열화 등급위험지수 정의 및 데이터 형식메타데이터 구조 표준화) - 기후재난 위험 예측, 조기경보를 위한 기상·지반·수분·변위 등 센서·예측시물레이션 데이터 연계 구조 및 인터페이스(API·메시지 포맷 등) 규격 정립 - 성벽 위험등급·경보 단계에 주의경계·심각 등 및 경보 임계값 설정 기준, 경보 전파·조치 절차에 대한 표준 운영 프로토콜(표준) 마련 - 비가역 스마트 보강 공법 적용·비적용 기준, 보수보강 시기·방법·모니터링·사후평가 절차를 포함한 성벽 보존보강 통합 가이드라인(표준안) 수립	- TTA 단체표준 KS 및 ISO/ASTM(토목·지반·방재 문화유산 분야) 등과 연계 가능한 표준 항목 도출

개발 단계 및 일정 (총 3년)	연차	주요 개발 내용		
	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 센서시 예측 모델 개발 - 배수 및 보강재 시제품 개발 - 디지털 모델링 및 가상실험 - 데이터 수집리벨링 기준 수립 및 기초 예측모델(베이스라인) 성능 도출 		
	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 통합 운영 플랫폼 구현 - 자동 방수 시스템 시제품 완성 - 시뮬레이션 검증 - 데이터 결측이상치 탐지/보정 절차 적용 및 통신 품질 현장시험(음영 포함) 		
	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 공산성 시범구간 실증 적용 - 성능 검증 및 안정성 평가 - 성벽 비파괴 진단 지표위험등급경보 기준, 센서보강예측 SW 연계 구조, 운영유지관리성능평가 절차에 대한 기술표준화(매뉴얼화) 추진(단체표준(TTA)·KS 표준(안) 및 국제표준 연계 항목 정리 포함) - 장기 운용 신뢰성 검증(방수방진내열내한) 시험 및 운영 매뉴얼 반영 		
성능지표	구분	항목	성능 목표	검증 방법
	1	성벽 내 공동/균열 탐지 정확도	90% 이상	GPR, 초음파 CT와 물리 검측 비교분석
	2	기후재난 조기 경보 정확도	95% 이상	XGBoost 기반 모델 ROC-AUC 기준 평가
	3	지반 침하수분 실시간 센싱 오차율	±3% 이내	실험환경 비교 센서 보정 테스트
	4	모듈형 보강 시스템 설치 시간	30% 이상 단축 (기준 대비)	현장 시공 시간 비교 평가
	5	붕괴 예측 정확도 (24시간 전 기준)	90% 이상	실제 사례 시나리오 기반 FEM 시뮬레이션 검증
	6	탄소저감 효과	30% 이상 (시멘트계 대비)	LCA(전과정평가) 기준 환경성 분석
	7	IoT 기반 센서 통신 안정성	95% 이상 데이터 수집률	30일 이상 이피 모니터링 테스트
	8	시스템 통합 플랫폼 활용도	80% 이상 사용자 만족도	시범운영 후 사용자 평가 조사
	9	데이터 결측률(센서별)	5% 이하	30일 이상 현장 로그 기반 산정결측이상치보정/대체 처리 기록 포함
10	표준화 성과성벽 보존보강 표준 모델 및 운영 가이드라인 도출	<ul style="list-style-type: none"> · 성벽 비파괴 진단위험등급경보 기준 모듈형 보강 공법운영평가 절차를 포함한 기술 표준(안) 및 운영 매뉴얼 1건 이상 작성 · 관련 단체표준(TTA) 신규 제안 또는 KS 표준(안) 1건 이상 	표준(안) 운영 매뉴얼 문서화 여부 및 표준규구(TTA 등)에 공식 제안한 증빙(제안서회의록공문 등) 확인	
기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후재난에 의한 문화유산 피해 사전예방 체계 실현 → 문화유산 긴급 복구 비용 감소 ○ 기존 점검-보수 중심에서 벗어나, 예측-진단-대응 기반의 과학적 보존관리 체계 전환 ○ 국가유산청, 지자체의 문화유산 관리 효율성 제고 및 유형별 적용모델 확산 			

연구개발기간 및 연구개발비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 향후 세계유산 보호기술 수출 및 국제 협력 기반 기술력 확보 ○ 성벽 비파괴 진단 지표·위험등급·경보 기준, 스마트 모니터링·보강·예측 기술 연계 구조, 운영·유지관리·평가 절차를 통합한 기후재난 대응형 성벽 보존·보강 표준 모델과 운영 가이드라인을 제시함으로써, 국내 다른 성곽·산성·옹벽 등 유사 구조물로의 확산과 국가 차원의 방재·보존정책 연계, 단체표준·KS·국제표준 및 세계유산 보호기술 표준화·수출의 기반을 마련함 				
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : '26 ~ '28 (3개년) <ul style="list-style-type: none"> - 총 연구기간은 3년이며, 1차년도 연구기간은 9개월임. ○ 연구개발비 : 15.5억원 				
	구분	계	1차년도	2차년도	3차년도
정부출연금	15.5억원 이내	3.5억원 이내	6억원 이내	6억원 이내	
<ul style="list-style-type: none"> - 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음 ○ 선정 과제 수 : 1개과제 					

19		지정 공모					
국가과학기술 표준분류		대분류	ET 에너지/자원	중분류	ET01 신재생에너지	소분류①	ET0101 태양광발전
국가유산 기술분류		대분류	국가유산 관리기술	중분류	국가유산 예방기술	소분류②	ET0102 풍력발전
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구 <input type="checkbox"/> 응용연구 <input checked="" type="checkbox"/> 개발연구		기술성숙도(TRL)			
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형 <input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형 <input type="checkbox"/> 혁신형		<input type="checkbox"/> 공공증진형			
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정 <input type="checkbox"/> 정책지정 <input type="checkbox"/> 자율공모		<input type="checkbox"/> 경쟁공모			
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당	<input checked="" type="checkbox"/> 비해당	<input type="checkbox"/> 보안과제	<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제	<input type="checkbox"/> 보안과제	
과제명		(한글명) 기후재해 대응형 문화유산 현장용 스마트 자가발전 시스템 개발					
		(영문명) Development of Smart Self-Powered Energy System for On-Site Cultural Heritage under Climate Disasters					
추진배경 및 필요성		<p>○ (무인 문화유산의 전력 인프라 부재) 전국 문화유산 중 42%가 산간 오지에 위치하여 전력망 미연결 또는 불안정. 상시 모니터링 및 보존환경 유지에 필요한 안정적 전력 공급 불가</p> <p>○ (기후재해 시 전력 차단 심각성) 산불·침수·태풍 발생 시 전력 차단으로 감시·경보·제어 시스템 전체 마비. 2023년 강원 산불 당시 3개 사찰 방재 시스템 정전으로 무력화</p> <p>○ (기존 자가발전 시스템의 한계)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 일반 태양광 시스템: 적설·분진 시 효율 50% 이하, 야간우천 시 작동 불가 - 디젤 발전기: 소음·진동으로 문화유산 적용 불가, 연료 보급 어려움 - 상용 ESS: 고비용(5천만원 이상), 대형 설비로 문화유산 환경 부적합 <p>○ (스마트 에너지 관리 기술 부재) 제한된 발전량을 효율적으로 활용하는 지능형 전력 배분 및 최적화 기술 없음. 평상시와 재해 시 전력 수요가 10배 이상 차이나는데 적응형 운영 불가</p> <p>○ (기술 공백) 무인 산간 환경에서 자가발전-저장-배분-유지보수를 통합한 자립형 전력 시스템은 국내외 선행 사례 없음</p> <p>○ (지속 가능한 문화유산 관리) 문화유산의 보존과 관리는 에너지 효율화와 환경 보호가 동시에 이루어져야 하며, 이를 실현하기 위해서는 스마트 에너지 관리 시스템을 통해 최적화된 에너지 공급과 관리가 이루어져야 함</p> <p>○ 기존 기술 및 상용화 기술 개요</p>					

개발 목표	구분	주요 기술 내용	한계점
	기존 휴대용 자가발전기	휴대용 태양광 충전기, 휴대용 풍력 터빈 수동 충전 장치 (핸드 크랭크 등)	낮은 출력, 장시간 충전에 비효율, 환경변화에 취약
	산업용 자가발전 솔루션	마이크로그리드, 고정형 태양광 패널 기반 자가발전 시스템	고정형 기반 유연성 부족, 유물 주변 환경에 설치 어려움
	문화유산용 전력공급 시스템	외부 전원 공급 또는 배터리 사용 중심	전원 차단 시 대응 어려움, 긴급 상황에서 자가충전 불가
핵심 개발 내용	<p>○ 문화유산 현장용 자가발전 시스템은 개별 장비 개발을 넘어, △발전 모듈·ESS·전력분배 장치의 설치 기준(출력 용량, 배치·고정 방식, 구조·방수·방염·접지 기준 등), △성능 규격(출력 밀도, 자립 운전 시간, 효율·가용도, 극한 온도·습도·충격 내구성 등), △안전·환경 기준(소음·진동·전자파·화재·누전 등) 및 △시험·평가·유지보수 절차를 표준화하여, 향후 단계 표준(TTA)을 시작으로 KS 및 관련 국제표준과 연계 가능한 「문화유산용 스마트 자가발전 시스템 표준 모델」을 제시할 필요가 있음.</p>		
	<p>○ 목표 : 복합 에너지 하베스팅(태양광+풍력+열전) 기반 평상시 100W급, 재해 시 500W급 가변 출력 자가발전 시스템을 개발하고, 극저전력 센서망과 샘플링·전송 주기 제어를 포함한 지능형 전력 할당 알고리즘을 통해, 발전·저장 용량과 센서·통신·재해 대응 설비 소비전력의 전력 수치를 정량 설계하여 평상시 70일, 재해 시 7일간 완전 자립 운영 가능한 세계 최초의 문화유산 특화 스마트 전력 인프라 구축</p>		
<p>○ 핵심 개발 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 복합 에너지 하베스팅 고효율 발전 모듈 개발 (출력 밀도 50W/m² 이상, 기존 대비 2배) - 극한 환경 대응 장기 수명 ESS 개발 (-30℃~70℃, 5년 이상 무고체) - 적응형 전력 관리 시스템 구현 (평상시 저전력 센서 모드에서 샘플링·전송 주기를 늘려 약 0.05W 수준으로 운용하다가, 재해 징후 감지 시 재해 모드로 전환하여 최대 500W까지 자동 할당) - 무인 자가 유지보수 기술 개발 (발전 효율 연중 90% 유지) - 재해 조기감지 및 자동 대응 연계 시스템 구축 (자가발전 전력을 활용하여 재해 조기감지 센서의 범위·정확도·반응속도·임계값을 충족하고, 통신 장애 시 로컬 저장·복구·재전송 및 위성 등 이중 통신망을 통한 경보 전파 기능 포함) - 문화유산 현장용 자가발전 시스템 표준(안) 및 설치·운영·유지보수 가이드라인 수립 · 태양광·풍력·열전 모듈, ESS, 전력 분배·제어장치, 통신 장비에 대한 최소·권장 성능 규격(출력 밀도, 자립 시간, 효율, 가용도, 극한 온도·습도·충격 내구성 등) 정의 · 문화유산 현장 제약(지형·경관·원형성·접근성 등)을 고려한 설치 위치·배치·구조·방 			

수·방역·접지·배선 기준 및 안전·환경 기준 정립
 · 평상시/재해 모드별 전력 우선순위, 전환 조건, 데이터 로깅·복구·재진송, 유지보수·점검 주기 및 성능 평가 항목을 포함한 운영·유지보수 절차 표준화, 단체표준(TTA)·KS 제안에 활용 가능한 형태로 문서화

개발 단계 및 일정 (총 3년)	연차	개발 목표	주요 개발 내용
	1차년도	발전 모듈 요소 기술 개발 및 성능 검증	<ul style="list-style-type: none"> 태양광 패널 최적 배치 설계 (음영 최소화, 적설 대응 경사각) 소형 풍력 터빈 저소음 설계 (40dB 이하, 문화유산 소음 기준 충족) 열전 모듈 최적 온도차 구간 선정 (실외-실내 온도차 활용) 하이브리드 MPPT 제어기 개발 (3개 전원 동시 최적화) 극한 온도 대응 배터리 셀 선정 및 열관리 시스템 설계 문화유산 설치 환경 분석 (30개소 일조량, 풍속, 온도 등을 장기 측정하여 발전 잠재량 및 평상시/재해 시 전력 수치 산정의 기초 데이터 확보) 발전 모듈별 개발 성능 테스트(출력 효율, 내구성 및 재해 조그감지 센서통신 부하를 고려한 실제 운전 조건에서의 성능 검증)
	2차년도	통합 자가발전 시스템 구현 및 전력 관리 알고리즘 개발	<ul style="list-style-type: none"> 복합 에너지 허브시스템 통합 플랫폼 제작 (총 출력 100W급, 태양광/풍력/열전 발전량과 센서통신/재해 대응 설비 소비전력의 전력 수지를 반영한 용량 설계) 극한 환경 ESS 프로토타입 제작 (용량 5kWh, -30~70°C 테스트, 평상시 70일 재해 모드 7일 연속 운용을 목표로 한 저장용량 검증) 적용형 전력 관리 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> 날씨 예측 기반 사전 충전 (구름 예보 연동) 배터리 잔량별 부하 우선순위 자동 조정 평상시에는 센서 샘플링전송 주기를 늘려 저전력약 0.05W 수준 운용, 재해 징후 감지 시 재해 모드로 전환하여 샘플링전송 주기 단축 및 재해 시나리오별 비상 전력 할당 무인 자가 유지보수 시스템 프로토타입 <ul style="list-style-type: none"> 진동 재설 모드 발수 코팅 적용 패널 각도 조절 액추에이터 극저전력 센서망 설계 및 연동 테스트(재해 조그감지 센서의 범위정확도반응속도임계값을 만족하도록 센서 사양배치통신 주기 설계, 통신 장애 시 로컬 저장재전송 기능 포함) 1차 현장 테스트 (유사 환경 3개월 운영 전력 수치 검증모드 전환 로직통신결측 대응 절차 검증 포함)
	3차년도	실환경 실증 및 재해 대응 시스템 통합	<ul style="list-style-type: none"> 산간 문화유산 3개소 실증 설치 (사찰 2, 서원 1) <ul style="list-style-type: none"> 평상시 모드에서 센서 샘플링전송 주기를 확대하여 약 0.05W 수준의 저전력 운용으로 70일 무인 운영을 검증, 센서 데이터 수집률통신 커버리지전력 수치 포함 ※ 평상시 70일 검증은 '평상시 모드(센서 데이터 중심)'의 장기 자립운영 확인을 위한 실증 항목이며, 성능지표 표에는 '재해 모드(7일 연속 자율작동 시간)을 대표 지표로 제시함 7일 재해 모드 모의 테스트 <ul style="list-style-type: none"> 모든 센서 + 수막 시스템 가동 배터리 완전 방전까지 지속 시간 및 재해 모드 소비전력 프로파일 측정

		<ul style="list-style-type: none"> 극한 환경 시험 (겨울 적설 여름 폭염 대응 확인) 자가 유지보수 효과 검증 (발전 효율 계절별 측정) 재해 조그감지 및 자동 대응 장치 연동 실증 위성 통신 긴급 알림 시스템 실전 테스트 보급형 프로토타입 제작 실차운영 매뉴얼 및 유지보수 가이드 작성 자가발전 시스템 설치 기준 성능 규격안전환경운영평가 절차를 통합한 표준(안을 정리하고, 단체표준(TTA)·KS 등 표준 제안에 활용 가능한 형태로 문서화)
--	--	--

성능지표	항목	목표 수치	기준/근거
	자가발전 출력	≥ 50W/m ²	세계 최고 수준의 에너지 효율 (기준 압전 2배 이상)
에너지 자립율	98% 이상	전력망 의존도 최소화 (자율 운영 기준)	
에너지 절감율	≥ 15%	기준 에너지 소비 대비 절감	
시스템 안정성	연속 운영 365일	1년 이상 무정지 운영	
AI 예측 정확도	90% 이상	온도, 습도, 연기, 미세먼지 예측 정확도	
운영 만족도	90% 이상	사용자 및 관리자 만족도 조사 기준	
자율 작동 시간	168시간 (7일 이상)	1회 충전 후 지속적 작동 시간	
표준화 성과	<ul style="list-style-type: none"> 문화유산 현장용 자가발전 시스템 설치 기준 및 성능 규격을 포함한 기술 표준(안) 및 실차운영 유지보수 가이드라인 1건 이상 도출 관련 단체표준(TTA) 또는 KS 표준안 제안 1건 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 개발된 시스템 실증 결과를 바탕으로, 발전 모듈/ESS/전력 관리통신유지보수에 대한 설치 기준 성능 규격운영평가 절차를 문서화하고, 표준규격(TTA 등)에 공식 제안한 실적 	
기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ (전력 인프라 구축) 전력망 미연결 산간 국가유산에 독립 전력 공급 체계 구축 ○ (경제적 효과) <ul style="list-style-type: none"> - 개소당 연간 관리비 500만원 절감 (유인 순찰 → 무인 모니터링) - 전국 확산 시 연간 52억원 관리비 절감 ○ (재해 대응 능력 향상) <ul style="list-style-type: none"> - 화재 조기 경보로 목조문화유산 전소 확률 90%~92% 감소 - 재해 발생 시에도 7일간 독립 작동 보장 ○ (기술 파급) <ul style="list-style-type: none"> - 산간 관측소, 기상 관측점, 등산로 비상 시설 등 유사 환경 적용 가능 - 개도국 무전원 지역 문화유산 보호 기술 수출 ○ (표준화) 문화유산 자가발전 시스템 설치 기준 및 성능 규격 제정을 통해, 향후 단체표준(TTA)과 KS 등 국가표준, 관련 국제표준과 연계 가능한 참조 모델을 마련하고, 유사 환경(산간 관측소, 기상 관측점, 등산로 비상 시설 등) 및 개도국 무전원 지역 문화유산 보호 기술로의 확산 기반을 구축 		

연구개발기간 및 연구개발비	○ 총 연구기간 : '26 ~ '28 (3개년) - 총 연구기간은 3년이며, 1차년도 연구기간은 9개월임.				
	○ 연구개발비 : 15.5억원				
	구분	계	1차년도	2차년도	3차년도
	정부출연금	15.5억원 이내	3.5억원 이내	6억원 이내	6억원 이내
- 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음					
○ 선정 과제 수 : 1개과제					

20				지정 공모			
국가과학기술 표준분류		대분류	ED 건설/교통	중분류	ED03 수자원 ED04 건축	소분류①	ED0303 도시/지하공간 홍수방어
						소분류②	ED0408 건축환경설비
국가유산 기술분류		대분류	국가유산 관리기술	중분류	국가유산 예방기술	소분류①	국가유산 재해 예측 기술
						소분류②	국가유산 재해 대응 기술
과제유형	연구단계	<input type="checkbox"/> 기초연구 <input type="checkbox"/> 응용연구 <input checked="" type="checkbox"/> 개발연구		기술성숙도(TRL)			
	추진방향	<input type="checkbox"/> 창의도전형 <input checked="" type="checkbox"/> 성과창출형 <input type="checkbox"/> 혁신형		(3) ~ (6)			
	공모유형	<input checked="" type="checkbox"/> 일반지정 <input type="checkbox"/> 정책지정 <input type="checkbox"/> 자율공모		<input type="checkbox"/> 공공증진형			
	국제공동연구	<input type="checkbox"/> 해당 <input checked="" type="checkbox"/> 비해당		보안과제		<input checked="" type="checkbox"/> 일반과제 <input type="checkbox"/> 보안과제	
과제명		(한글명) 침수 기록기반 건축문화유산 내부 습도 변화 패턴 예측 및 하부 배수 최적화 기술개발					
		(영문명) Development of Flood Record-Based Prediction Technology for Indoor Humidity Variation Patterns and Optimization of Subsurface Drainage in Architectural Cultural Heritage					
추진배경 및 필요성		<ul style="list-style-type: none"> ○ 최근 기후변화의 가속화로 인해 우리나라를 비롯한 전 세계의 건축문화유산이 극한 기상현상—예를 들어 홍수(10m 이상), 폭염(연간 40회 이상), 폭설(2-4회 이상)—에 반복적으로 노출되고 있음. 실제로 2024년 9월 기준 UNESCO 및 국제기구 보고서에 따르면, 전 세계 8,000여 건의 문화유산에 대한 기후영향 평가가 진행되었고, 이 중 100건 이상이 심각한 위협에 처한 것으로 밝혀짐 [UNESCO, 2024] ○ 국내 문화유산의 환경 조건을 살펴보면, 최근 기준평균 온도는 25-30℃, 습도는 24.8%로 나타났으며, 강수량 및 습도 변화가 문화유산의 물리·화학적 훼손을 가속화하고 있음. 2022년, 국내에서 연강수량 141mm, 침수 피해는 115건에 달하는 등 훼손 사례가 급증하고 있음[국내 기후통계, 2022]. ○ 이에 따라, 해외(유럽 CollectionCare H2020 등) 및 국내에서도 IoT, AI, 빅데이터 기반의 실시간 환경모니터링—예측 및 위험진단 기술 개발이 연구되고 있음. 대표적으로 LoRaWAN, LSTM(Long Short-Term Memory), Random Forest 등의 방법론이 활용되고 있으며, 측정 정확도와 적용사례가 계속 증가하고 있음 [CollectionCare, 2022]. ○ 이러한 상황에서 고도화된 IoT 및 AI 활용 환경기상 감지·진단·예측 기술의 국산화 및 현장 적용은 건축문화유산의 체계적 보호와 유지관리, 국제 표준 대응을 위한 맞춤형 연구가 필요함. 					

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특히 침수·습도·온도 등 환경·배수 데이터를 수집·저장·교환하기 위한 데이터 구조와 메타데이터, 침수·습도 위험지수 및 경보 기준, HBIM·3D 모델과 환경 데이터의 연계 방식, 배수 설계·운영·평가 절차 등을 표준화하여, CIDOC CRM, EN 15758, ISO 21127, ISO 27001 등 기존 국제표준과 정합성을 확보하고, 향후 단체표준(TTA) 및 KS로 확장 가능한 「침수 기록 기반 습도 예측·배수 최적화 통합 표준 모델」을 마련할 필요가 있음. ○ 이에 본 연구 개발을 통해 침수 기록 및 환경 데이터를 기반으로 건축문화유산의 내부 습도 변화를 예측하고, 하부 배수 시스템을 최적화하여 선제적 보존관리 체계를 구축하고자 함.
<p>개발 목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최종 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 건축문화유산의 침수·습도 위험을 장기 데이터와 AI·디지털 해석기술로 예측·분석하여, 하부 배수 시스템과 운영지표를 최적화하고 전국 확산이 가능한 실증 기반 배수·관리 솔루션을 제시 - 이 과정에서 침수 기록·환경데이터·AI 예측모델·HBIM·배수 설계·운영지표를 통합한 데이터·모델·운영 표준(안)과 가이드라인을 제시하고, 단체표준(TTA) 및 KS·국제표준과 연계 가능한 참조 모델을 구축함.
<p>핵심 개발 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건축문화유산 실내·외 환경 실시간 모니터링 <ul style="list-style-type: none"> - LoRaWAN 기반 무선 센서 네트워크 구축 (최대 15km 커버리지, IP67 방수 등급) - Azure IoT Hub 등 클라우드 플랫폼 연계 데이터 수집 및 관리 - ISO 21127:2014, CIDOC CRM 등 국제 표준 데이터 형식 적용 - 실시간 데이터 전송 주기: 10분 간격, 이상 감지 시 1분 간격 자동 전환 ※ IoT 센서(온도 정확도 ±0.1°C, 습도 ±1.5% RH)와 LoRaWAN 등 저전력 장거리 통신기술을 활용해1mm 단위의 미세 환경 변화까지 실측 가능하도록 구현합니다. 실제 국내외 적용사례(CollectionCare, EN 15758:2010 등 기준)에서 장기간 안정적으로 운영되는 데이터 수집 인프라(MTBF 기준 8,760시간 이상)를 구축할 수 있음을 근거로 함(CollectionCare Project. (2022). EU H2020 CollectionCare Final Report: LoRaWAN-based Monitoring System for Heritage Conservation), [European Committee for Standardization. (2010). EN 15758:2010 Conservation of Cultural Property - Procedures and instruments for measuring temperatures of the air and the surfaces of objects.] ○ AI 기반 위험 진단 및 예측 모델 <ul style="list-style-type: none"> - 침수·습도·온도 등 주요 위험요인을 24-48시간 선제 예측하고, 예측 결과를 기반으로 실시간 위험도 3단계(주의/경계/심각) 자동 분류·알림이 가능한 AI 기반 위험 진단 모델 구축 - 예측 성능은 현장 실측 데이터로 검증하며, 홍수·습도·온도 등 핵심 변수에 대해

	<p>예측 성능지표(예: $R^2 \geq 0.90$, MAPE 10% 이하)를 확보하고, 센서 데이터 수집률·전송 주기·커버리지 등 운영지표와 연계하여 관리</p> <ul style="list-style-type: none"> - LSTM 기반 시계열 예측과 Random Forest 등 머신러닝 기법을 병행 적용하고, IWOA 등 최적화 기법으로 하이퍼파라미터를 조정해 예측 신뢰도와 안정성을 향상 ※ IPCC SSP1-2.6, SSP5-8.5 시나리오를 반영하여 장기 기후변화에 따른 침수습도 위험 변화를 분석하고, Google Flood Hub, EU CollectionCare 등 선행연구에서 활용된 RMSE, MAE, R, MAPE 성능평가 체계를 도입해 모델 성능을 정량적으로 검증 <ul style="list-style-type: none"> ○ 3D 모델링 및 HBIM(유산정보모델) 연계환경 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 정밀 3D 레이저 스캐닝 (정확도 1mm 이내) - HBIM (Heritage Building Information Modeling) 기반 디지털 트윈 구축 - CFD 해석을 통한 수분 이동 경로 및 배수 효율 시뮬레이션 - 환경 데이터와 3D 모델 실시간 연동 시각화 인터페이스 개발 ※ Leica HDS-6200 등 상용 3D 센서와 CFD(유동 해석) 툴을 연계하여, 건축물 손상, 환경 변화 패턴의 시각화와 분석이 가능하도록 함. EN, ISO 21127(2014) 등 국제표준에 부합하는 데이터 형식 및 운영체계를 적용하여 현장 활용성을 높임 <ul style="list-style-type: none"> ○ 하부 배수 시스템 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - 지하수위, 토양 수분·수리전도도 등 토양 특성, 강수량 및 배수시설 운전 데이터(펌프 가동, 배수량 등)를 통합 분석하여 배수 성능을 정량 평가 - DRAINMOD 등 수문·배수모델과 AI 기반 최적화 기법을 연계한 배수로 설계·운영 최적화 알고리즘 개발 - 문화유산 현장에 적용 가능한 배수 공법(투수성 포장, 배수관·집수정 설치, 배수로 단면·경사 개선 등)과 시공·유지관리 기준 제안 - 비용-효과 분석을 통해 침수·과포화 감소 효과, 유지관리 비용, 문화유산 영향 등을 종합 평가하고, 우선순위 배수 개선 대상과 단계별 실행계획 도출 ※ DRAINMOD 등 배수 모델링 소프트웨어와 현장 실측 데이터를 결합하여, 유산별 최적 배수 경로 및 시설 설계안 도출. 침수습도 상관관계 분석을 통해 배수 효율을 극대화하는 공법 제시 ○ 물리·기상환경 통합 데이터베이스 및 인터페이스 <ul style="list-style-type: none"> - PostgreSQL 기반 시계열 데이터베이스 구축 - RESTful API를 통한 외부 시스템 연계 - 웹 기반 관리자 대시보드 및 모바일 앱 개발 - 데이터 보안 및 백업 체계 구축 (ISO 27001 준수) ※ 국제표준(CIDOC CRM, EN 15758)과 연계되는 API 및 운영 플랜(데이터 관리주기, 활용주체 등)을 개발 연구개발단계에서 15개소 이상 건축문화유산 사례 파일럿 데이터 수집 및 분석 실적을 바탕으로 실현 가능성 입증 ○ 침수·습도 예측 및 하부 배수 최적화를 위한 표준(안) 및 운영 가이드라인 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 침수 기록·환경·배수 데이터의 수집·저장·교환을 위한 데이터 스키마·메타데이
--	---

터 구조 및 품질관리 절차를 정리하고, CIDOC CRM, EN 15758, ISO 21127, ISO 27001 등과의 정합성 확보

- 건축문화유산별 침수·습도 위험지수, 경보 단계(예: 주의/경계/심각), AI 예측 성능지표(R^2 , MAPE 등), 배수 효율 지표(침수·과포화 감소율, 배수 시간 등)를 통합한 평가·운영 지표 체계 정립
- 침수 위험 진단→습도 예측→배수 설계·운영→효과 평가에 이르는 단계별 의사결정 절차, 배수 공법(투수성 포장, 배수관·집수정, 단면·경사 개선 등) 선택 기준 및 유지관리·사후평가 방법을 포함하는 운영 매뉴얼(초안) 및 표준(안) 도출

개발 단계 및 일정 (총 3년)	연차	주요 개발 내용
	1차년도	<ul style="list-style-type: none"> - IoT 센서네트워크 시제품 설계 및 환경 적합성 평가(온도 ± 0.1°C 습도 RH 등 정밀기준 적용) - LoRaWAN 등 저전력 장거리 무선통신 기반 모니터링 인프라 설치(2~5개 시범 유산 최대15km 커버리지) - 파일럿 대상(2~5곳) 실시간 환경 데이터(온습도, 미세먼위) 수집 및 기초 DB화 - AI 기반 환경 변화 및 리스크 진단 알고리즘(LSTM, Random Forest 등) 1차 개발 및 검증 데이터 확보 - 3D 정밀 스캐닝(HBIM) 및 유산 구조 모델(Leica HDS-6200 등 활용) 도입시험 - 국제표준(EN, ISO, CIDOC CRM) 시스템 분석 및 데이터 연계 방안 설계 - 침수 이력 데이터 수집 및 분류 체계 구축
	2차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 시제품 고도화 및 검증유산(10곳 이상) 확대 적용, 센서네트워크 최적화 및 유지보수체계 수립 - AI 예측 모델 고도화(24~48시간 예측을 통해 배수보존 의사결정 지원) 센서 데이터 수집물 전송주기 커버리지 등 운영지표와 배수 효율 개선율을 핵심 성능지표로 관리, 실시간 경보 대응 프로토콜 도입 - 3D 데이터와 환경 DB 결합 디지털 환경 지도 및 시각화 인터페이스 개발 - CFD 기반 수분 이동 경로 분석 및 하부 배수 최적화 알고리즘 1차 개발 - 통합환경 관리를 위한 DB 및 API 설계개발 국제표준(CIDOC CRM, EN 15758, ISO 21127, ISO 27001 등) 적합성 시범평가 및 침수·습도·배수 데이터·모델·운영 절차에 대한 표준(안) 초안 도출 - 유산 보존 실무진 참여 실용성·운영성 현장 평가 실시 - 침수·습도 상관관계 패턴 분석 및 모델 검증
	3차년도	<ul style="list-style-type: none"> - 전국 주요 건축문화유산(최소 15곳, 신규 유산 포함)에서 환경 모니터링 AI 예보배수 솔루션을 통합 적용하는 실증운영 - AI 기반 리스크 예보 및 이상감지 시스템의 24시간 실시간 서비스와 현장 자동경보 운용을 통해 실효성 검증 - HBIM/3D 모델과 환경 이력 데이터를 연계한 통합 플랫폼 구축 및 현장 적용성 검증 - 하부 배수 최적화 솔루션의 현장 적용을 통해 배수 효율 20% 이상 개선을 정량적으로 입증 - UNESCO, ICOMOS 등 국제 표준에 부합하는 데이터시스템 검증과 이를 활용한 국제 협력·활용 성과 고도화·침수 기록 기반 습도 예측·배수 최적화 통합 표준 모델의 국제적 정합성 검증 - 정책제도 연계와 전국 확대 적용 로드맵 활용 매뉴얼 유형별 파급사례집 제작을 통한 현장 확산 기반 마련과 함께 데이터·모델·운영지표·배수 설계·운영평가 절차를 통합한 표준(안) 및 가이드라인을 정리하고 국제표준(ITA)-KS 등 표준 제안에 활용 가능한 형태로 문서화 - 기술이전 및 상용화 방안 수립으로 후속 사업민간 확산 가능성 확보

성능지표	○ 정량적 지표		
	항목	목표값	비고
	IoT 센서 정확도 (온도)	±0.1°C	EN 15758:2010 준용 (측정·기록 절차/운영 방법) + 정확도 수치는 센서 사양서·현장 교정(보정) 결과로 검증
	IoT 센서 정확도 (습도)	실내(전시실 등) 보존환경 감시용 센서 ±1.5% RH	EN 15758:2010 준용 (측정·기록 절차/운영 방법) + 정확도 수치는 센서 사양서·현장 교정(보정) 결과로 검증
		외부·지중 환경 감시는 ±2.5~3.0%RH	
	AI 예측 정확도 (R^2)	0.9 이상	시계열 예측 모델 기반(연구자가 최신 모델 선택·최적화)
	AI 예측 오차 (MAPE)	10% 이하	24-48시간 예측
	모니터링 적용 유산 수	15개소 이상	3차년도 말 기준
	시스템 운영 안정성 (평균무고장시간, MTBF)	8,760시간 이상	연간 기준
	표준화 성과(표준(안)·가이드라인)	<ul style="list-style-type: none"> · 침수 기록 기반 습도 변화 예측·배수 최적화를 위한 데이터 · 구조·위험지수·성능지표·운영 절차를 통합한 기술 표준(안) 및 운영 가이드라인 1건 이상 도출 · 관련 단체표준(TTA) 또는 KS 표준(안) 제안 1건 이상 	· 도출된 표준(안)·가이드라인 문서 및 표준기구(TTA 등)에 공식 제안한 실적(제안서, 회의록 등)을 증빙으로 활용
기대 효과	○ 학술적 기대효과		
	<ul style="list-style-type: none"> - 침수 기록 기반 습도 변화 예측 모델의 학술적 체계화 및 국제 학술지 게재 - 문화유산 보존 분야 AI/IoT 융합 기술의 선도적 연구 성과 도출 - 국제 표준(EN, ISO, CIDOC CRM) 기반 데이터 관리 방법론 정립 		
	○ 기술적 기대효과		
<ul style="list-style-type: none"> - 문화유산 환경 모니터링 및 예측 기술의 국산화 및 기술 자립도 향상 - 실시간 위험 진단 및 선제적 대응 체계 구축을 통한 유산 보존 효율성 제고 - 하부 배수 최적화 기술을 통한 침수 피해 저감 (목표: 20% 이상) 			
○ 경제·산업적 기대효과			
<ul style="list-style-type: none"> - 문화유산 보존 관리 비용 절감 (선제적 대응을 통한 복구 비용 감소) - IoT/AI 기반 문화유산 관리 솔루션의 국내외 시장 진출 기반 마련 			

	<ul style="list-style-type: none"> - 관련 산업 (센서, 통신, 소프트웨어) 생태계 활성화 및 일자리 창출 ○ 사회·정책적 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> - 국가 문화유산의 체계적 보호 및 지속가능한 관리 기반 구축 - 기후변화 대응 문화유산 보존 정책의 과학적 근거 제공과 함께, 침수 기록 기반 습도 예측·하부 배수 최적화 통합 표준 모델과 운영 가이드라인을 제시하여, 국가 차원의 침수·습도 위험 관리 기준 및 관련 법·제도·표준화 정책 수립의 기반을 마련 - 국제 협력 및 UNESCO 등 국제기구와의 협업 강화 - 국민의 문화유산 보존 인식 제고 및 참여 확대 - 침수 기록 기반 습도 예측·하부 배수 최적화 통합 표준 모델과 운영 가이드라인을 통해, 건축문화유산의 침수·습도 위험 관리 기준 및 배수 설계·운영 기준의 표준화와 전국 단위 확산, 국제협력·표준화 정책 연계를 촉진 										
연구개발기간 및 연구개발비	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 연구기간 : '26 ~ '28 (3개년) <ul style="list-style-type: none"> - 총 연구기간은 3년이며, 1차년도 연구기간은 9개월임. ○ 연구개발비 : 13.5억원 <table border="1" data-bbox="220 741 979 815" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">구 분</th> <th style="width: 15%;">계</th> <th style="width: 15%;">1차년도</th> <th style="width: 15%;">2차년도</th> <th style="width: 15%;">3차년도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>정부출연금</td> <td>13.5억원 이내</td> <td>2.5억원 이내</td> <td>5.5억원 이내</td> <td>5.5억원 이내</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> - 정부 예산 상황 및 예산집행률이 저조할 경우 차년도 연구비가 변경될 수 있음 ○ 선정 과제 수 : 1개과제 	구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도	정부출연금	13.5억원 이내	2.5억원 이내	5.5억원 이내	5.5억원 이내
구 분	계	1차년도	2차년도	3차년도							
정부출연금	13.5억원 이내	2.5억원 이내	5.5억원 이내	5.5억원 이내							