2025년도 사업계획 적정성 검토 보고서

인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업

2026. 8.

KISTEP 한국과학기술기획평가원
Korea Institute of S&T Evaluation and Planning

제 출 문

과학기술정보통신부 장관 귀하

본 보고서를 「인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업」의 사업계획 적정성 검토 최종보고서로 제출합니다.

2026 8.

주관연구기관명 : 한국과학기술기획평가원(KISTEP)

내 부 연 구 진 : 정정규 KISTEP 연구위원
임승혁 KISTEP 연구위원
김수진 KISTEP 연구원

외 부 자 문 단 : 윤일용 상무(포스코DX)
이상욱 교수(한양대학교)
임화섭 단장(한국과학기술연구원)
장하영 대표(써로마인드)
최재식 교수(한국과학기술원)

목 차

요 약 ····· 1

제 1 장 사업 개요 및 조사 방법 ····· 1

제 1 절 사업 개요 ····· 1
1. 사업 추진배경 및 목적 ····· 4

제 2 절 조사 방법 ····· 14
1. 과학기술적 타당성 분석 ····· 14
2. 정책적 타당성 분석 ····· 15
3. 경제적 타당성 분석 ····· 15

제 2 장 기초자료 분석 ····· 16

제 1 절 Physical AI 정의 및 특징 ····· 16
1. 피지컬 AI (Physical AI) 개요 ····· 16
2. 피지컬 AI의 개념 ····· 16
3. 기존 AI와의 차이 ····· 17
4. 피지컬 AI를 위한 필요 요소 ····· 18
5. 피지컬 AI 기술 현황 ····· 19

제 2 절 물리정보신경망(PINN)의 개념 ····· 21
1. 개요 ····· 21
2. 전망 ····· 23

제 3 절 대규모 행동 모델(LAM)의 개념 ····· 26

제 4 절 인공지능 관련 국내 동향 ····· 27
1. 국내 정책 동향 ····· 27

2. 국내 투자 동향 ····· 31

제 3 장 과학기술적 타당성 분석 ····· 34

제 1 절 문제 및 이슈 도출의 적절성 ····· 34
1. 식별된 문제/이슈의 적절성 ····· 34
2. 과학기술기반 문제해결의 중요성·필요성 ····· 35

제 2 절 사업목표의 적절성 ····· 40
1. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성 ····· 41
2. 사업목표 설정의 적절성 ····· 42
3. 성과지표의 적절성 ····· 44
4. 수혜자 표적화의 적절성 ····· 47

제 3 절 세부활동 및 추진전략의 적절성 ····· 49
1. 세부활동과 사업목표와의 연계성 ····· 49
2. 세부활동 도출의 적절성 ····· 50
3. 세부활동 성과지표의 적절성 ····· 71
4. 세부활동 간 연계와 시간적 선후관계의 적절성 ····· 73
5. 사업 추진전략의 적절성 ····· 77
6. 사업 추진체계의 적절성 ····· 84

제 4 장 정책적 타당성 분석 ····· 89

제 1 절 정책의 일관성 및 추진체제 ····· 89
1. 상위계획과의 부합성 ····· 89
2. 사업 추진체제 및 추진의지 ····· 97

제 2 절 사업 추진상의 위험요인 ····· 108
1. 재원조달 가능성 ····· 108
2. 법·제도적 위험요인 ····· 111
3. 사업특수항목 ····· 118

제 5 장 경제적 타당성 분석 ····· 120

제 1 절 총사업비 구성 ····· 120

제 2 절 총사업비 검토 ····· 122

제 6 장 종합분석 및 결론 ····· 135

제 1 절 사업계획 원안에 대한 조사결과 ····· 135

제 2 절 주관부처 소명자료에 대한 검토 결과 ····· 141

제 3 절 주관부처 2차 소명자료에 대한 검토 결과 ····· 160

제 4 절 연구진 대안 도출 ····· 187

제 5 절 결론 및 정책제언 ····· 191

참 고 문 헌 ····· 194

표 목 차

<표 1-1> 총사업비 구성 상세 내역 ····· 11

<표 2-1> 피지컬AI 정의 ····· 17
<표 2-2> 기존 AI와의 비교 ····· 17
<표 2-3> 부품설계 최적화 과정 내 PINN 활용 방안 ····· 22
<표 2-4> 분석 주도 설계 과정 내 PINN 활용 방안 ····· 23
<표 2-5> PINN의 응용 분야 ····· 24
<표 2-6> 주요 구성 요소 ····· 26

<표 3-1> 글로벌 제조 융합 SW개발 및 실증 사업의 주요내용 ····· 46
<표 3-2> 동 사업 글로벌 표준화 확보 전략 ····· 47
<표 3-3> 사업계획서의 동 사업 수혜자 ····· 48
<표 3-4> 1세부사업 관련 유사과제 검색 결과(예시) ····· 55
<표 3-5> 2세부사업 관련 유사과제 검색 결과(예시) ····· 56
<표 3-6> 주요 산업분야의 TRL 단계별 평가지표 ····· 78
<표 3-7> 사업추진체계별 역할 및 기능 ····· 85

<표 4-1> 상위계획과의 부합성 조사 결과 ····· 90
<표 4-2> 상위계획과의 부합성 평점 ····· 90
<표 4-3> 본 조사에서의 중복 가능성 검토 대상 사업 ····· 98
<표 4-4> 글로벌제조융합SW개발및실증(과기부) 개요 ····· 99
<표 4-5> 복합지능자율행동체SW핵심기술개발(R&D) 개요 ····· 100
<표 4-6> 차세대생성AI기술개발(R&D) 개요 ····· 101
<표 4-7> AI자율제조SDM플랫폼기술개발(산업부) 개요 ····· 102
<표 4-8> 기계장비산업기술개발사업(산업부) 개요 ····· 103
<표 4-9> 산업AI용데이터전처리자동화기술개발(R&D)(산업부) 개요 ····· 104
<표 4-10> 스마트 제조혁신 기술개발사업(R&D)(중기부) 개요 ····· 105
<표 4-11> 한국형 ARPA-H 프로젝트(복지부) 개요 ····· 106
<표 4-12> 주관부처 제시 재원조달 가능성 설명 표 ····· 108
<표 4-13> 사업비 항목별 국고/지방비/민자 비중 ····· 109
<표 4-14> 민간부담금 중 현물 및 현금 비중 ····· 110

<표 4-15> 법·제도적 위험요인 평가 결과 112
<표 4-16> 주관부처 제시 WTO 보조금 협정 위배사항 검토 117

<표 5-1> 세부사업별 사업비 내역 120
<표 5-2> 연구개발비와 장비비 구분 120
<표 5-3> 총사업비 상세내역(세부과제별) 121
<표 5-4> 장비 검토 결과(안) 130
<표 5-5> 장비(3천만 원 이상) 품목 검토 결과 132
<표 5-6> 종합 수량 조정 결과(분석대상 장비) 132
<표 5-7> 종합 비용 조정 결과(분석 대상 장비) 132
<표 5-8> 본 조사의 종합 비용 조정 결과(분석 대상 장비) 133
<표 5-9> 본 조사의 종합 비용 조정 결과(분석 대상 장비) 133

<표 6-1> 국내 연구개발 역량 141
<표 6-2> 원안 대비 수정된 PI-LAM 개발 시나리오 142
<표 6-3> 기존 인력양성 체계와 동 사업 인력양성 비교 147
<표 6-4> 성능목표 수정 내역 152
<표 6-5> 한국형 ARPA-H와 동 사업 비교 157
<표 6-6> 2차 소명자료에서의 세부과제 통합 160
<표 6-7> 2차 소명자료에서의 세부과제 내역 조정 161
<표 6-8> 2차 소명자료에서의 세부과제 내 소과제 추가 161
<표 6-9> 2차 소명자료에서의 세부과제 추가 162
<표 6-10> 2차 소명자료에서의 세부과제 내 소과제 추가 162
<표 6-11> 2차 소명자료에서의 세부과제 조정 내역 164
<표 6-12> 물리지능행동모델 세부과제의 인건비 내역 165
<표 6-13> 당초 글로벌 하이퍼스케일러 예상 현물 내역 165
<표 6-14> GPU 사용료 산정 내역 166
<표 6-15> 국가프로젝트 내 수요반영 GPU 및 연간 수집 데이터량 167
<표 6-16> 단계별 구축전략 168
<표 6-17> NPU-GPU 규모 산정 내역 168
<표 6-18> 세부과제 통합 관련 본 조사 검토 171
<표 6-19> 세부과제 내역 조정 관련 본 조사 검토 172
<표 6-20> 2차 소명자료에서의 세부과제 추가 174
<표 6-21> 세부과제 내 소과제 추가 관련 본 조사 검토 175
<표 6-22> 세부과제 RFP 수정 관련 본 조사 검토 176

<표 6-23> 세부과제 내 소과제 추가 관련 본 조사 검토····· 183
<표 6-24> 조사진 검토 세부과제 조정(안)····· 191
<표 6-25> 인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업 사업비 조정 결과(안)····· 192
<표 6-26> 인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업 사업비 조정 결과(안)····· 192

그 림 목 차

[그림 1-1] 동 사업 논리모형 ····· 10

[그림 2-1] 일반적인 신경망과 물리신경망(PINN)의 학습 방법 ····· 21
[그림 2-2] PINN의 학습 우수성 ····· 24
[그림 2-3] 연도별 인공지는 분야 정부R&D 투자 ····· 33

[그림 3-1] 동 사업 제시 문제/이슈 및 해결방안 ····· 35
[그림 3-2] 동 사업 논리모형 ····· 40
[그림 3-3] 동 사업 제시 문제/이슈 및 사업목표 ····· 41
[그림 3-4] 동 사업 성과목표 및 성과지표 ····· 44
[그림 3-5] 동 사업 구조도 ····· 49
[그림 3-6] 세부기술 도출 프로세스 ····· 50
[그림 3-7] 동 사업 로드맵(1세부사업) ····· 75
[그림 3-8] 사업 로드맵(2, 3세부사업) ····· 76
[그림 3-9] 동 사업 추진체계 ····· 84
[그림 3-10] 지역AX 전담조직 신설 계획(NIPA) ····· 88

[그림 4-1] 과학기술 기본계획 비전 및 추진과제 ····· 91
[그림 4-2] 과학기술 기본계획 중점 육성기술(전략기술) ····· 92
[그림 4-3] 국정과제 체계도 ····· 93
[그림 4-4] 비전 및 추진과제 ····· 94
[그림 4-5] 추진전략 및 과제 ····· 95
[그림 4-6] 군역별 기존 주력산업 경쟁력 강화 ····· 96
[그림 4-7] 국제무역기구(WTO) 조치가능보조금 분석틀 ····· 117

[그림 5-1] 연구장비 검토 흐름도 ····· 128
[그림 5-2] 장비운영유지비 추정 산식 ····· 134

[그림 6-1] 사업추진체계 변경 ····· 157
[그림 6-2] 해외 서비스별 H200 사용료 ····· 166

[그림 6-3] PINN-World Model-LAM 통합 구조 및 역할 정의····· 169
[그림 6-4] PI-LAM 작동 프로세스····· 169
[그림 6-5] LAM 작동 시나리오 – 금속 용접 공정····· 185

요 약

요 약

Ⅰ. 과학기술적 타당성 분석

1. 문제/이슈 도출의 적절성

가. 문제/이슈 식별의 적절성

□ 동 사업으로 해결하고자 하는 문제/이슈를 제시하고 있으나, 해당 문제/이슈의 정의, 근본적인 발생 원인 및 분석 근거 등이 명확하게 설명되지 않음

○ 정밀 제어를 위해 필요한 멀티모달 인지데이터가 산업현장에서 실시간으로 수집되어야 하나, 현재까지 공개된 산업 데이터셋이 극히 제한적(비공개)이므로 범용 학습모델에서 이를 재현하기 어렵다는 문제/이슈 제시

- 그러나 해당 문제/이슈에 대한 설명은 직접적 원인 분석이 부족하여, 동 사업 추진으로 문제/이슈의 어떤 원인을 근본적으로 해소하게 되는지 파악하기 어려움
- 제조데이터 수집 제한으로 인한 기존 AI 모델의 한계를 문제/이슈로 제시하였으나, PINN에 필수인 고품질 융합데이터가 필요하다는 유사 이슈(다층적 제약 中)가 다시 제기됨

□ 사업계획서에서 제시한 문제/이슈 중 동 사업으로 대응이 어려운 부분이 존재

○ 주관부처는 다층적 제약을 구조적 병목으로 설명하고, 이에 대한 발생 원인을 '물리지능 역량 부족', '데이터 인프라 미흡', '산업 생태계 취약*'으로 설명

* 중소기업 설비 노후 및 인력 부족, 실제 운영에서의 파급효과 제한적, 해외 플랫폼 종속 등

- '산업 생태계 취약'의 경우 동 사업으로의 대응 전략이 불분명하여, 결국 '구조적 병목'으로의 대응은 제한적일 것으로 판단됨

나. 과학기술 기반 문제/이슈 해결의 중요성·필요성

□ AI 역량 강화를 위한 국가의 적극적인 정책추진등 제반 상황으로 볼 때 정부R&D 사업 추진의 필요성은 존재

□ 그러나 사업계획서에 제시된 문제/이슈의 대응 관점에서, 동 사업이 국고(정부 R&D) 지원의 당위성을 충분히 확보하였다고 보기 어려운 부분이 식별됨

○ 사업계획서에는 기술 고도화 및 글로벌 경쟁 첨예화에 대한 실질적 대응과 기술 주도권 확보를 위해 '범용 물리지능(Physical AI)' 원천기술에 대한 선제적 투자가 필수적이라고 설명

- 이러한 필요성 주장은 타 분야에도 적용될 수 있는 일반적인 내용으로, 동 사업이 대응하고자 하는 문제/이슈가 동 사업 부문에 대한 정부투자 부족으로 발생하였고, 예타 규모 이상의 정부투자만이 이를 해소할 수 있다는 논거로 보기 어려움

○ 동 사업은 기존 AI의 한계 극복을 위해 PINN 기술을 초정밀제어 AI의 필요 기술로 제시하고, 피지컬 AI 개발을 위한 문제/이슈 해소 방안으로 PINN을 동 사업 전반에 지배적으로 적용

- 그러나 동 사업이 정부R&D 투자 당위성을 확보하기 위해서는 이미 진행되고 있는 피지컬 AI 연구에 어떤 문제가 있는지, PINN을 내세우는 동 사업과 기존 연구 간 어떤 명백히 차별화된 연구성과(효율성 및 효과성)가 존재하는지에 대해 논거에 기반한 명확한 설명이 제시되었어야 함

○ 글로벌 플랫폼 의존에서 벗어나 Sovereign AI 기반을 강화(AI 내재화)하기 위한 정부투자 필요성 주장은 인정될 수 있으나, 수월한 연구개발을 위해 글로벌 빅테크의 플랫폼을 활용/의존한다는 전략은 정부R&D 투자 당위성을 인정받기 어려움

○ 글로벌 실증이 문제/이슈 중 어떤 부분을 해소하기 위해 필요한지 확인되지 않고, 동 사업의 글로벌 실증 내용이 정부R&D투자로 이루어져야 하는 사유에 대한 논리적 설명이 부재

- 충분한 국내 제조환경 기반 PI-LAM 실증 후 글로벌 실증이 이루어지는지 불분명하고, 국내 기반 PI-LAM 실증 대비 어떤 새로운 연구개발 요소가 존재하는지 확인이 어려움

○ 인력양성 및 물리지능행동모델 거버넌스 운영을 통해 해소하고자 하는 문제/이슈가 구체적으로 제시되지 않았고, 해당 세부 활동이 정부R&D로 지원되어야 한다는 당위성도 논거에 기반하여 설명되지 못함

- 동 사업 인력양성 내용이 구체적이지 않고, 기존 인력양성체계와의 차별성이 확인되지 않으며, 동 사업 개발 모델 수를 기준으로 인력양성 목표를 설정한 것은 국가 차원의 문제/이슈 해결을 논리적으로 설명해주지 못함

- 동 사업 사업단이 존재하는 상황에서 물리지능행동모델 거버넌스의 직접적인 역할이 불분명하고, 이를 통해 해결하고자 하는 문제/이슈도 확인되지 않음

2. 사업목표의 적절성

가. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

□ 사업목표 및 성과목표 달성을 통해 관련 문제/이슈가 직접적이고 충분하게 해소되는지 파악하기 어려운 부분이 있음

○ 사업목표 달성을 통해 문제/이슈를 해소하게 되는 직접적이고 구체적인 작동 논리가 확인되지 않음

- 동 사업이 외산 플랫폼 종속 문제를 어떻게 해소할 수 있는지 파악하기 어려움
- PINN이 기존 AI 모델의 문제점을 모두 해소하여 초정밀 제어 부문에 최적화로 적용될 수 있는지에 대해 명확한 근거 및 사례로 설명되지 않음
- 동 사업 인력양성을 통해 기존 인력양성 체계의 어떠한 구체적 문제점을 해소할 수 있는지에 대한 분석 내용이 부재함

나. 사업목표 설정의 적절성

□ 사업목표가 구체적으로 정의되지 않아, 사업목표의 달성 수준을 객관적으로 정량화하는 데에 한계가 존재할 것으로 판단

○ 사업목표 중 '초정밀 제어'의 정의가 구체적이지 않고, 정량적 목표치 설정 근거가 불분명하여, 사업목표 달성 수준을 객관적으로 파악하는 데 한계 존재

- 초정밀 제어 관련 지표로 제시한 '정밀도'는 공장(공정) 최적화 목적의 고가 정밀 장비 구매로도 달성할 수 있는 부분이므로, PINN/LAM의 고유성과로 보기 어려움

※ 실제 도메인별 데이터 수집 세부과제에는 상당 규모의 자동화 관련 설비·장치를 구축

○ '초정밀 제어'와 '인간-AI 협업'이 기존 숙련 기술자의 노하우를 AI가 학습함으로써 의존을 탈피하는 것이라면, 먼저 PINN으로 현장 숙련 기술자의 노하우를 미분방정식으로 내재화할 수 있음이 논리적 근거에 기반하여 설명되어야 함

○ 숙련 기술자의 노하우를 공정변수 형태로 수집하여 동 사업 PINN-LAM 모델이 학습한다면 더 이상 숙련 기술자가 필요없는, 즉 사업 주제인 '인간-AI 협업'이 필요없는 상황이 도래할 수도 있음

○ 주관부처의 ‘특화’에 대한 설명(범용이 아닌 특정 공정 목표에 최적화 지향)은 범용 파운데이션 모델(foundation model) 확보로 개별 공정마다 AI 모델을 개발하는 비효율성을 개선한다는 세부활동 목표와 상충하는 부분이 존재

다. 사업 성과지표의 적절성

□ 성과목표/지표는 사업목표 달성도를 객관적으로 계량화하기에 부족함이 존재하고, 성과목표 달성이 관련 문제/이슈 해소에 직접적으로 기여하는 정도를 파악하기 어려움

○ 사업계획서등에서는 동 사업 목표인 ‘자율 지능화’ 달성도를 정량적 및 직접적으로 측정할 수 있는 성과지표가 확인되지 않음

- 주관부처가 제시한 정밀도, 불량률, 응답속도, 감지율, 비용 절감 등의 성능지표는 Physical AI 모델 적용 결과에 의한 고유지표로 볼 수 있는 근거가 부족하고, 스마트팩토리 사업과의 차별성도 불분명하며, 해당 지표의 목표치는 예시 수준으로 제시되어 있고 명확한 설정 근거는 확인되지 않음

※ 제시된 정밀도, 자동화율, 불량률 등의 수준을 달성하면, ‘자율 지능화’ 상태로 인정될 수 있다는 근거가 부재

- 공정 자동화율은 PINN-LAM 기술에만 영향을 받는 것이 아니고, 정비 고장 조기 감지율은 PI-LAM 모델과의 연관성을 확인하기 어려움

○ 사업계획서에 제시된 성과목표(성과지표 및 목표치)를 달성하면 동 사업 관련 이슈/문제가 얼마나, 어떻게 해소되는지에 대한 논리적 설명을 확인하기 어려움

- PINN 모델 개발 건수, Agent 모델 개발 건수, 실증 건수 등의 성과지표는 동 사업 수행 결과물이고, Agent 모델 개발 건수와 실증 건수는 동일 결과물 대상 지표임
- 동 사업 추진 필요성(문제/이슈 해소)으로 기술주권 확보 및 독자 생태계 기반 마련을 제시하였으나, 해당 문제/이슈의 해소 수준을 파악하기 위한 성과지표 미흡

○ 사업계획서 등에 성과지표의 정량적 목표치가 ‘도전적 수준’임을 확인할 수 있는 근거가 충분히 제시되지 않음

□ 사업구조 관점에서 동 사업 수혜자가 적절하게 제시된 것으로 보이나, 직접적·간접적 수혜자가 구분 설정될 필요가 있음

○ 주관부처는 동 사업 수혜자로 정부, 제조기업(수요기업), 개발기업(AI, 센서, 제어시스템, 시뮬레이션 기업), 국민·연구기관 및 대학을 제시

3. 세부활동 및 추진전략의 적절성

가. 세부활동과 사업목표간 연계성

□ 사업계획서는 세부사업별 성과목표를 제시하고 있으나, 각 세부사업 수행을 통해 직접적으로 도출되는 성과목표로 보기 어려운 항목이 존재

○ 1세부사업과 글로벌 실증, 2세부사업과 개별 PINN 모델 개발, 3세부사업과 인증 등의 활동과 결과에 대해 명확한 인과관계가 설명될 필요가 있음

나. 세부활동 도출의 적절성

□ 동 사업의 수요조사는 기획위원회 내에서 폐쇄적으로 이루어졌고 최종 세부기술 확정 절차는 타당성이 부족하여, 이를 통해 도출된 세부활동이 우리나라 정밀제어 부문의 AI 수요를 대표할 수 있다고 보기 어려움

○ 동 사업의 직접적인 이해관계자가 총 수요조사 44건 중 43건(98%) 제출

- 기획위원 28건(64%), 기획위원 소속 기관 5건(11%)으로 기획위원회에서 33건(75%)을 제출하고, 동 사업 참여 주체가 10건(23%)을 제출
- 최종 세부과제 선정을 위한 평가자도 기획위원으로 구성되어 있어 기획위원회에서 제출한 수요조사를 다시 기획위원회에서 스스로 평가하는 구조

○ 정밀 제어 특화 PI-LAM 모델 수요, 동 사업 구축 장비 선정을 위한 수요, 현장 인력 양성 수요 등에 대한 조사 부재

○ 동 사업 추진을 위해서는 수요조사 대상 및 절차, 세부과제 확정 절차 등 세부활동 구성 절차의 타당성 및 결과의 합리성이 명확하게 확보되어야 함

□ 1, 2 세부사업 내 세부활동 중 사업목표/PINN/정밀제어와 부합성이 높지 않은 세부활동, 기존 과제(또는 민간) 및 타 세부활동과 유사한 내용이 확인되는 세부활동, 연구개발보다 시설 보급·장비도입 성격이 높은 세부활동 등이 식별됨

○ PINN 적용 논리가 충분하지 않거나, 정밀제어를 설명할 수 없는 성능지표가 제시된 세부과제, 정밀제어와의 연계성을 확인하기 어려운 성능지표가 제시된 세부과제 등이 존재

○ 1세부사업 내 도메인별 과제는 데이터 수집부터 파이프라인 구축, 배포, 디지털 트

윈 등에 이르기까지 전주기를 포괄하는 데이터 아키텍처 설계 및 자동화 플랫폼 구축 내용을 포함하고 있어, 세부과제별 중복 연구 영역이 존재

- 세부과제별로 데이터 스페이스, KG Registry, 데이터 플랫폼 등 서로 다른 용어로 표현되고 있으나, 개념 및 기능적 측면에서 중복되는 연구내용이 존재

○ 공정 품질 예측 및 예방보전, 생산 스케줄링 최적화, 디지털트윈 기반 공정 시뮬레이션, 데이터 연동 및 공유 체계 구축, 에너지 최적화, 탄소 관리 플랫폼, 수술보조로봇 등은 기존 정부R&D 주제로 수행되었거나 민간 기술이 존재하는 부문이나, 차별성이 분명하지 않은 세부과제 존재

○ 1세부사업은 현장 실증 기반의 데이터 수집 - 활용 일체형 체계를 통해 산업 적용 가능한 수준(TRL 6~7)까지 기술성숙도를 확보한다고 설명하였으나, 실제 다수의 세부과제 목표 수준이 TRL4로 설정되어 있어 해당 기술의 현장 실증 가능성, LAM으로의 통합 가능성 등에 불확실성이 존재

□ 3세부사업은 동 사업 문제/이슈 해소 및 사업목표 달성에 대한 직접적 기여도가 확인되지 않는 활동, 정부R&D 투자 당위성을 확보하지 못하거나 R&D로 분류되기 어려운 활동, 구체적인 목적 및 내용이 부재하여 적정성 판단이 제한되는 활동 등을 포함

○ 표준교육과정, 학생인건비*와 TA 장학금 등, 물리지능행동모델 거버넌스 운영 등은 동 사업 R&D(사업목표 달성, 문제/이슈 해소 포함 등)와 직접적 관련성 부족

* 해당 세부과제는 표준화 과제로서 학생이 R&D에 참여하는 부분이 존재하지 않음

다. 세부활동 성과(성능)지표의 적절성

□ 성능목표가 현 해외 최고수준 대비 낮은 기술개발과제가 다수 존재하여, 연구개발목표의 도전성을 인정하기 어렵고, 동 사업 전략목표(글로벌 B2B 시장 진출)에도 부합하지 않은 것으로 판단됨

○ 동 사업 종료 시점(5년 후)의 성능수준이 현재의 해외 최고 수준 대비 낮게 설정된 세부활동들이 다수 존재하고(13건/25건), 현 국내수준과 동일하게 제시한 세부과제도 존재

○ 동 사업 종료 후에도 해외 최고수준과의 격차가 일정수준 유지될 것이므로, ‘AI 역량 세계 3위 수준 달성’이라는 국가 AI 정책 방향과의 부합성도 부족

□ 초정밀 제어와 부합한다고 보기 어려운 성능지표가 제시된 세부활동 존재

○ 행동 분류 정확도 88%(세부과제 1-1-2), 과업 성공률 85%(세부과제 3-3-1), 최소 응동 시간 1초(세부과제 2-2-2), 제어 성공률 95%(세부과제 1-1-1), 추론속도 500ms(세부과제 3-5-1), 예측 레이턴시 100ms(세부과제 1-1-5) 등과 초정밀 제어와의 부합성 부족

라. 세부활동 기간 추정과 시간적 선후관계의 적절성

□ 세부사업 간 세부과제는 개념적 측면(데이터→개별 모델→LAM)에서 연계성이 존재할 수 있으나, 세부사업 內 세부과제 간 연계성 및 시간적 선후관계는 분명하지 않고, 사업기간 및 세부활동 기간추정에 대해서는 재검토 필요

○ 동 사업의 시급성 주장, 글로벌 AI 기술개발 속도, 개발 기술의 글로벌 적용 가능성(특히 표준화), 개발과 실증이 동시 진행되는 사업구조 등에도 불구하고 일괄적으로 5년(의료 제외) 설정

□ 하나의 대형 사업(동 사업)에 포함되어 동시에 진행해야 하는 당위성이 부족한 세부과제가 식별됨

○ 세부과제 나열 형태인 동 사업 로드맵, 세부활동에 대한 연차별 예산 투입 현황 등으로는 시간적 선후관계 측면에서의 상호 연계성 파악이 어려움

- 각 세부사업의 세부과제인 데이터 취합, 모델 원천기술 개발, 실증이 거의 동시에 착수되고, 데이터 취합은 도메인별/공장별로 수행되는 형태로서, 각 세부활동은 시간적 선후관계 측면에서 상호 연관성을 파악하기 어려운 개별적·독립적 성격을 보유한 것으로 판단됨

마. 추진전략의 적절성

□ 동 사업 결과물은 물리지능행동모델의 원천기술(소스코드 형태) 확보까지로, 사업목표 'PI-LAM 모델 실현'을 통한 '제조산업 자율지능화'의 달성에는 동 사업 범위 밖의 추가적인 단계가 존재하므로, PI-LAM 모델 완성에는 불확실성 존재하는 것으로 판단

○ 주관부처는 제조업은 단일 산업이 아니고 동 사업 예산(1조 원)으로는 초정밀제어를 위한 PI-LAM 범용 '모델' 개발이 어려우므로, 동 사업으로는 소스코드 형태의 원천기술을 개발하고 국제 표준화와 'Federated Learning'을 통해 모델을 완성한다고 설명

- 그러나 PI-LAM 원천기술 개발 후 오픈된 소스코드를 어떻게 국내외 현장에 활용 및 확산시켜 학습을 수행하는지에 대한 구체적인 운영 계획이 부재하고, PI-LAM에 대한 국내 현장 수요도 명확히 확인되지 않음

※ 'Federated Learning'은 동 사업 범위에 포함되지 않으므로 결국 동 사업으로는 '제조특화' '모델'이 완성되지 못하는 상황으로 판단됨

○ 원천기술로 설명되는 소스코드가 '모델의 아키텍처까지 포괄하는 형태(추론)'인지 설명되어야 하며, 해당 소스코드로 물리지능행동모델 운영 및 확산을 통한 기술이전 수입 달성이 가능한지, 국내외 현장 실증이 가능한지 등에 대해서도 근거 기반 설명 필요

□ 글로벌 실증과 문제/이슈 및 사업목표와의 직접적 연관성과 PI-LAM 국내 실증과의 기술적 차별성 및 시간적 선후관계가 불분명하다는 점과 현 TRL 수준 및 동 사업 결과물 형태(소스코드) 고려 시, 글로벌 실증 추진 전략의 타당성이 부족

○ 동 사업은 PI-LAM 기술을 TRL3으로 제시하였으나, PINN의 범용적 재사용 논거 부족, 정밀도 향상을 위한 PINN-LAM 연동 근거 부재, 상용화 가능 시점 불분명(사업계획서), 취합전 개별 모델 기술도 TRL2~3 수준 등으로 볼 때, 실제 TRL2 이상으로 판단하기는 어려움

- 국내 제조 기반으로 구현된 PI-LAM이 우선 국내 실증을 충분히 수행하고 그 성과를 기반으로 글로벌 실증을 추진하는 것인지, 글로벌 실증 내용에 국내 실증에 비해 어떠한 추가적인 기술개발 요소가 존재하는지 등이 파악되지 않음

□ 글로벌 빅테크에 의존 하는 공동연구 형태는 추진 타당성을 인정받기 어렵고, 국내 제조 산업(데이터) 보호 측면에서 위험성이 존재하며, 실현 가능성 측면에서도 불확실성이 존재

○ 동 사업은 PI-LAM 개발을 위해 글로벌 하이퍼스케일러의 컴퓨팅 서비스를 사용하고, 관련 기술인력(30명)이 PI-LAM 개발에 투입되며, 개발된 PI-LAM은 해당 클라우드에 탑재한 후 투자규모에 따라 지분이 분배된다는 설명

- 이는 동 사업에서 강조하는 글로벌 빅테크 의존성 탈피, 국내기술로 개발한 40개의 PINN 모형들 사이의 연합 학습을 통한 범용 LAM 개발 논리 등과 상충됨

※ 주관부처가 제시한 글로벌 하이퍼스케일러가 동 사업에서 개발하고자 하는 '초정밀 제어를 위한 LAM 개발' 성과를 보유하고 있는지는 확인되지 않음

○ 범용 PI-LAM 개발을 위한 기술력이 부족하고 LAM 자체가 완성될 수 없다는 상황임에도 불구하고, 글로벌 빅테크에 의존해서도라도 5년 내 소스코드라도 개발해야 한다는 상위계획 및 시급성 요인은 확인되지 않음

○ 경남 지역 제조 공장을 기반으로 구현된 PI-LAM이 어떤 방식으로 국내 제조 현장

대상의 실증을 수행하는지 불분명하고, 한국형 모델로 완성되기 위한 LAM(소스코드)의 운영 계획이 구체적으로 제시되지 않음

○ 글로벌 빅테크 의존을 탈피(소버린 AI)하고, 국내 제조현장(초정밀 제어)에 적합함을 충분히 입증할 수 있는 PI-LAM 자체의 개발 계획이 명확하게 수립되어야 함

□ 동 사업은 제한적인 제조 현장 데이터에 기반하는 AI 모델의 한계를 극복하고자 물리모델 방법론을 도입하였으나, 여전히 데이터 수집 관련 과제를 상당부분 포함하면서, PINN 모델 개발까지 수행하게 되는 구조를 보임

○ 제조기업으로부터 모든 데이터셋을 제공받는 동 사업 형태는 기존에 범용 학습모델을 어렵게 한 멀티모달 인지데이터셋의 비공개 문제를 구조적으로 해소하는 전략으로 보이나, 주관부처는 데이터 확보만으로 제조공정의 신뢰성과 일반화 한계를 해결할 수 없어 상기 전략에도 불구하고 PINN 적용은 필수라고 설명

- 상기 전략으로 확보된 데이터는 개별 기업, 개별 공정, 개별 설비에 종속되어 일반화가 어려워 동일 공정을 다른 환경에 적용하기 위해 PINN이 필요하다는 주장이나, 주관부처는 범용 모델에 적용하기 위해 9개사 대상으로 모든 공정과 모든 설비, 모든 활동을 대상으로 40개 모델을 위한 데이터를 취합한다고 설명하였음

- 현장 데이터를 아무리 확보해도 일반화가 어려워 PINN이 필요하다는 설명은 어떤 상황이든 상당한 비용과 시간을 투입하여 막대한 데이터를 취합해야 하는 것이 불가피한 것으로 이해되므로, 경남지역 제조공장의 데이터 우수성 주장 및 PINN 도입 목적과 상충되는 논리로 판단됨

□ 개별 모델(PINN) 통합을 통한 거대 모델(LAM) 개발, 정밀제조를 위한 PINN과 LAM 연동 등 동 사업의 핵심 연구 방식이 근거(사례, 논문)에 기반하지 않아 연구 과정에서의 불확실성을 배제할 수 없음

○ 8개 제조 부문의 '개별 PINN 모델의 통합'으로 정밀 제조 프로세스 전체를 아우르는 '정밀제조 특화 행동 파운데이션 모델(PI-LAM)'을 완성한다는 계획의 논리적 근거가 부족함

- PINN 모델과 LAM 모델을 연동하여 제어 정밀도를 높인다는 동 사업의 연구 계획은 이를 뒷받침할 수 있는 국내외 사례나 논문이 부족

- 1차 추가제출자료에 제시된 레퍼런스에는 PI-LAM과 직접적으로 연관된 레퍼런스가 부족하고, LAM 관련 논문은 정밀제조 관련 사례가 제시되어 있지 않으며, 글로벌 빅테크의

로보틱스 특화 체화형 추론모델을 PI-LAM 아키텍처로 제시하였으나, 해당 모델은 물리법칙을 영상과 센서만을 통해서 학습하려는 시도로서 동 사업과 연관성이 부족

□ 문제/이슈 해소 및 사업목표 달성을 위해 동 사업이 반드시 지역사업으로 추진되어야 하는 사유, 지역사업 형태가 보다 효과적임을 입증할 수 있는 설명 등이 충분히 확인되지 않음

○ 주관부처는 특정 지역의 풍부한 제조 데이터를 위해 지역사업 형태를 갖게 되었다는 논리이나, 제조업 분포가 압도적인 수도권지역 대상 사업 형태와 비교할 경우 어떠한 차별성을 갖게 되는지 파악이 어려움

바. 사업추진체계의 적절성

□ 동 사업은 사업단과 세부사업별 주요 주관기관 및 참여기업(기관)을 사전 선정된 형태로 추진체계를 구성하고 있으나, 사전 공모 또는 지정에 대한 구체적인 사유 및 관련 법·제도적 규정, 선정 절차 및 평가 내용 등 타당성을 인정받기 위한 근거가 부재

○ 사업계획서에는 경남도내 연구기관에 사업단을 구성하고, 사업단장도 주관부처가 지정한다고 제시

- 동 사업으로 확보되는 데이터의 취합·관리 포함 사업관리는 사업단 소재 대학(모델 개발은 공동기관 수행), LAM 탑재는 글로벌 하이퍼스케일러의 클라우드, ActionGPT 서비스는 국내·외 클라우드, 글로벌 표준은 디지털트윈 기반으로 국내 연구기관, 보안은 국내 참여기관, 제조 데이터 취합·실증 8개사, 장비구축(예정) 5개 기관 및 해당 과제 주관기관, 기획위원회 자체 수요 조사 및 세부과제 확정 등의 형태를 구축

○ 현 사업계획서의 내용으로는 사업주체 선정만 공모형태로 변경한다는 답변은 단순 형식만 변경될 우려가 상당하므로, 실질적인 전국 공모의 의미를 가질 수 있도록 동 사업 추진 방식의 확실한 보완이 필요함

□ 동 사업은 지방에 장비 및 실증체계를 구축하는 지역균형발전특별회계 소관 사업이나, 추진체계 등 공식적이고 명시적인 내용으로는 해당 지자체의 추진의지를 확인하기 어려움

○ 기획보고서에는 경남(창원)을 동 사업의 전략적 입지로 제시하였으나, 해당 지자체가 공식적으로 동 사업에 기여(지방비 등)하거나 책임지는 내용(관리 등), 역할 등이 확인되지 않음

□ 동 사업 공동연구 주체인 글로벌 하이퍼스케일러, 해외 연구소의 참여(매칭 포함) 여부 및 구체적인 역할을 확인하기 어렵고, 기획 과정에서 글로벌 참여 주체 및 공동연구에 대한 주관부처 및 전문기관의 역할이 매우 불분명함

○ 현 상황에서는 동 사업 핵심인 PI-LAM 모델 공동 개발 주체로 제시한 글로벌 하이퍼스케일러의 참여 확정 여부(매칭 투자 포함), 연구 참여 범위 및 역할과 책임, 연구결과물의 소유권 범위 등에 대한 명확하고 구체적인 내용이 확인되지 않음

- 국익 차원의 중요성으로 글로벌 하이퍼스케일러와 협상이 진행 중이라는 설명이므로, 주관부처의 주도적인 역할이 필요하다고 판단되나 관련 내용은 확인되지 않음

○ 3세부사업의 공동연구, 인턴쉽 등의 대상인 국내·외 연구소의 역할이 구체적이지 않고 참여 여부도 확인하기 어려움

Ⅱ. 정책적 타당성 분석

1. 정책의 일관성 및 추진체제

가. 상위계획과의 부합성

□ 필수계획인 「제5차 과학기술기본계획('23~'27)」, 선택군 계획 중 「이재명 정부 123대 국정과제」, 「제4차 지능형 로봇 기본계획('24~'28)」 등과의 부합성이 확인됨

<표 1> 상위계획과의 부합성

선택군 계획 \ 필수계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	**대체로 적절**
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

나. 사업추진체제 및 추진의지

□ 검토 대상 사업과의 차별성 확보 및 연계 방안에 대한 구체적인 전략이 요구됨

○ '글로벌제조융합SW개발및실증', '복합지능자율행동체SW핵심기술개발', '차세대생성AI

기술개발', '자율제조SDM플랫폼기술개발', '산업AI용데이터전처리자동화기술개발', '스마트 제조혁신 기술개발사업'등과의 분명한 차별점 확보 및 결과물의 적극적인 연계를 위한 전략 필요

□ 중복 가능성이 우려되는 대상 사업이 식별됨

○ '한국형 ARPA-H 프로젝트'등과의 중복 가능성 존재

2. 사업 추진상의 위험요인

가. 재원조달 가능성

□ 신규 R&D 예산을 고려한 가용 예산, 소관 지특회계의 가용 예산 등을 토대로 볼 때, 동 사업 규모의 신규 사업 추진에 대한 국고 조달 위험성은 높지 않을 것으로 보임

○ 동 사업은 '26년 국비 예산으로 계획(715.5억 원) 대비 다소 부족한 667억 원 확보

□ 민간부담 조달 가능성에 불확실성 존재

○ 동 사업에서 제시한 주요 참여 주체들의 동 사업 참여 여부 및 민간부담 의지 등을 분명하게 확인할 수 있는 명확한 근거자료 부재

- 사업계획서 상의 과제 수 대비 참여의향 제시 기업 수 비교는 민자 조달 가능성을 직접적으로 확인할 수 있는 근거가 될 수 없음
- 약 20여 개 기업이 투자의사금액을 24.5억 원으로 기재하는 등 사업계획서에 첨부된 참여의향서의 투자의사금액을 신뢰하기 어려움
- 1차 추가제출자료를 통해 민간부담 중 현물/현금을 제시하였으나, 이를 확인할 수 있는 근거자료가 부재하고 사업계획서의 투자의향서와 불일치하는 사례가 다수 존재
- 글로벌 빅테크의 민간 부담(2,000억 원) 여부를 포함한 참여 여부 자체가 불확실함

나. 법·제도적 위험요인

□ 사업 추진상의 법·제도적 위험요인에 대해 전문적 방식의 면밀한 검토가 미흡하여, 해당 위험요인에 대한 적절한 대응방안이 수립되어 있다고 보기 어려움

○ 해외 기업과의 공동연구와 관련된 법·제도적 요인(국내외 정보보호/보안 및 산업보호 관련 법, 정보 제공주체와의 책임·권한 관계 등)에 대한 전문 검토가 미흡

○ 동 사업은 주요 참여주체를 사전에 정하는 형태로 기획이 되어 있으나, 해당 형태의 정당성을 확인하기 위한 법·제도적 근거가 전혀 제시되어 있지 않음

○ 글로벌 하이퍼스케일러, 해외 연구소와의 국제공동연구 참여, 역할, 책임 등에 대한 공식 문건이 부재하여 확인 불가함

○ 동 사업 실증참여 기업들이 동 사업 참여 과정에서 발생하는 모든 필요 데이터셋을 제공하고 동 사업목적으로 제한없이 활용(수익활동 포함)하는 것에 동의하였는지 확인할 수 있는 근거 자료 부재

□ 관련 위험요인 해소 후 사업주체를 선정 및 해외 공동연구 추진을 진행하는 것이 타당

Ⅲ. 종합분석 및 결론

1. 사업계획 원안에 대한 조사 결과

□ 국가 차원의 적극적인 AI 역량 강화 정책 측면에서 동 사업의 추진 필요성은 인정될 수 있으나, 정부 R&D지원 당위성을 충분히 확보하였다고 보기 어려운 부분이 식별됨

○ 사업계획서에 제시된 문제/이슈 및 기존 피지컬 AI 연구의 한계가 정부투자 부족으로 발생하였고, PINN 연구로 예타 규모 이상의 정부투자가 이를 해소할 수 있다는 논거(사례 분석 포함)가 함께 제시되었어야 함

- 문제/이슈 해결 및 사업목표 달성을 위해 동 사업이 반드시 지역사업으로 추진되어야 하는 사유, 지역사업 형태가 상재적으로 효과적임을 입증할 수 있는 설명 등이 충분하지 않음

※ 주관부처는 경남 제조 현장의 AX 수요, 장치산업 중심의 제조현장이 다수 위치 등을 설명하였으나, 제조업 분포가 압도적인 수도권 대상 사업 형태와 비교 시 어떠한 차별성을 갖게 되는지 파악이 어려움

○ 글로벌 플랫폼 의존에서 벗어나 Sovereign AI 기반을 강화(AI 내재화)한다는 정부투자 필요성 주장에 반해, 수월한 연구개발을 위해 글로벌 빅테크의 플랫폼을 활용/의존한다는 설명은 정부R&D 투자 당위성을 인정받기 어려움

○ 글로벌 실증, 인력양성, 물리지능행동모델 거버넌스 운영 등으로 해소하고자 하는 문제/이슈가 구체적이지 못하고, 정부 R&D지원의 당위성에 대해서도 논거에 기반하여 설명되지 못함

□ 동 사업으로 해소하고자 제시된 문제/이슈의 정의, 도출 근거 및 근본적인 발생 원인 등이 명확하지 않고, 동 사업으로 대응이 어려운 부분이 존재

○ 제조데이터 제한으로 인한 기존 AI 모델의 한계를 문제/이슈로 제시하였으나, PINN에 필수인 고품질 융합제조데이터가 필요하다는 유사 이슈(다층적 제약 中)가 다시 제기됨

- 현장 데이터를 아무리 확보하더라도 일반화가 어려워 PINN이 있어야 한다는 답변은 경남지역 제조공장 데이터의 우수성 주장 및 PINN 도입 목적과 상충되는 부분이 존재

○ 다층적 제약 문제의 원인으로 제시한 산업 생태계 취약 부문*에 대한 전략이 불분명하여, 동 사업으로 해소하기 어려울 것으로 판단됨

* 중소기업 설비 노후 및 인력 부족, 실제 운영에서의 파급효과 제한적, 해외 플랫폼 종속 등

□ 동 사업이 타당한 구조적 형태를 갖추고 추진되기 위해서는 세부활동 구성 절차 및 결과의 합리성, 참여주체(사업단, 주관기관, 참여기관 등) 선정의 절차 및 근거에 대한 당위성 등이 명확하게 확보되어야 함

○ 수요조사 대상이 동 사업 기획위원회 및 참여 기관으로 한정되어 있고, 최종 세부과제 선정을 위한 평가도 기획위원회에서 불분명한 방식(채점표 오류 등)으로 수행되는 폐쇄적 구조를 보임

- 동 사업 상기의 수요조사 방식으로 도출된 세부활동이 우리나라 정밀제어 부문의 AI 수요를 대표한다고 보기 어렵고, 동 사업 세부활동 구성의 절차적 타당성도 인정받기 어려움

○ 정밀 제어 특화 PI-LAM 모델 수요, 동 사업 구축 장비 선정을 위한 수요, 인력양성 수요 등에 대한 현장 조사가 부재함

○ 사업단과 세부사업별 주요 주관기관 및 참여기업(기관)을 사전 선정한 형태로 추진체계를 구성하고 있으나, 사전 공모 또는 지정에 대한 타당한 사유 및 관련 법·제도적 규정, 구체적 선정 절차 및 평가 내용 등 당위성 확보를 위한 근거가 부재

- 추가제출자료에서 사업주체 선정 형식을 공모형태로 변경한다는 주관부처의 답변은 현 사업계획서 내용으로 볼 때 단순 형식만 변경될 우려가 상당하므로, 실질적인 전국 공모로서 의미를 갖도록 동 사업 기획 내용이 근본적으로 보완되어야 함

※ 기획위원회 및 참여(예정) 기관 등 직접적인 이해관계자가 동 사업 세부활동을 구성한 상황임

□ PI-LAM 개발의 당위성 확보를 위해서는 글로벌 빅테크 의존성을 극복하는 LAM 자체에 대한 개발 가능성과 국내 초정밀 제어 LAM 수요에 기반한 필요성 및 시급

성 등이 명확하고 객관적인 근거로 입증되어야 하고, 국내 제조현장을 대상으로 한 실증 계획 및 모델 완성을 위한 운영 계획이 구체적으로 마련되어야 하며, 개발·운영 과정에서의 법·제도적 위험성 및 불확실성이 해소되어야 함

○ 글로벌 빅테크에 의존(핵심연구인력, 컴퓨팅 등)하는 공동연구 형태는 정부R&D로의 추진 타당성을 인정받기 어렵고, 세계수준의 AI 역량을 확보(Sovereign AI)한다는 정부 정책방향과도 부합하지 않으며, 국내 제조 산업(데이터) 보호 측면에서 위험성을 배제하기 어려움

- 범용 PI-LAM 개발을 위한 기술력이 부족하고 LAM 자체가 완성될 수는 없는 설명에도 불구하고, 글로벌 빅테크에 의존해서도라도 5년 내 소스코드부터 개발해야 한다는 상위계획 내용 및 시급성 요인은 확인되지 않음
- 동 사업에서 강조하는 글로벌 빅테크 의존성 탈피, 경남 지역 제조 공장의 데이터 우수성, 국내기술로 개발한 40개의 PINN 모형들 사이의 연합 학습을 통한 범용 LAM 개발 논리 등과 상충됨
- 국내 클라우드사 또는 국가 컴퓨팅 자원 활용을 공식적으로 검토한 절차는 확인되지 않고, 국내 업체를 고려하지 않은 사유의 설득력이 부족함*
  * 국내는 국산 LLM 개발에 집중하고 있고 PI-LAM 개발은 초기 단계이며 국내 업체와의 협업에는 추가 개발이 필요하다는 설명이나, 동 사업은 글로벌 AI 플랫폼 사업자 등과 협의한 내역이 있으며 PI-LAM 개발 초기단계는 국내에만 한정되었다고 보기 어렵고, 글로벌 하이퍼스케일러의 '초정밀 제어 부문 LAM 개발' 성과는 확인되지 않음
- 국내 제조 현장(데이터)을 대상으로 하는 해외 공동연구를 계획하고 있으나, 데이터 수집, 활용, 제공 등 관련 법·제도적 요인*에 대한 전문 검토가 미흡
  * 해외 공동연구와 국내외 정보보호/보안 및 산업보호 관련 법, 정보 제공 형태/방식에 따른 법 적용, 정보 제공주체와의 책임·권한 관계 등
- 추후 Sovereign AI를 위해 동 사업 협력체계가 국내주체로 재구성될 경우, '독자모델*'로서의 LAM 개발 전략을 명확하게 제시하여야 함
  * 해외 모델 미세조정 등으로 만든 파생형이 아니라 모델 설계부터 사전학습까지 수행한 국산 모델로 타사 모델에 대한 라이선싱 이슈가 없는 것을 의미(국가 독자 파운데이션 모델 프로젝트)

○ 1세부사업은 현장 실증 기반의 데이터 수집 - 활용 일체형 체계를 통해 산업 적용 가능한 수준(TRL 6~7)까지 기술성숙도를 확보한다고 설명하였으나, 실제 다수 세부과제 목표 수준이 TRL4로 설정되어 있어 해당 기술의 제조현장 실증 가능성, LAM으로의 통합 가능성 등에 불확실성이 존재

○ 경남 지역 제조 공장을 기반으로 구현된 PI-LAM이 어떤 방식으로 국내 제조 현장 대상의 실증을 수행하는지 불분명하고, 한국형 모델로 완성되기 위한 LAM(소스코드)의 운영 계획이 구체적으로 제시되지 않음

○ 해외 공동연구 주체로 제시한 글로벌 하이퍼스케일러, 해외 연구소의 공식적 참여 여부와 조건, 동 사업 실증참여 기업들의 모든 데이터셋 제공 및 활용 동의 여부 등이 문건으로 확인되지 않아, 관련 불확실성이 높은 상황임

- 국익 차원의 중요성으로 글로벌 하이퍼스케일러와 협상이 진행 중이라는 설명이므로, 주관부처의 주도적인 역할이 필요하다고 판단되나 관련 내용은 확인되지 않음

※ 상기 사유로 민간부담 조달 가능성(글로벌 빅테크)에 대한 불확실성도 매우 높아짐

□ 사업목표인 초정밀 제어, 특화, 자율 지능화, 인간-AI 협업 등의 정의가 명확하지 않고 정량적 목표치 설정 근거도 불분명하여, 문제/이슈 해소 및 사업목표 달성 수준을 객관적으로 파악하기 어려움

○ 주관부처가 초정밀 제어와 자율지능화 관련 지표로 제시한 정밀도, 속도, 자동화율 등은 공장 최적화/자동화 목적의 고가 정밀 장비 구매로도 달성 가능한 부분이므로, Physical AI 및 PINN/LAM의 고유성과로 보기 어려움

※ 실제 도메인별 데이터 수집 세부과제에는 상당 규모의 자동화 관련 설비·장치를 구축

○ 주관부처의 특화에 대한 설명(범용이 아닌 특정 공정 목표에 최적화 지향)은 범용 파운데이션 모델(foundation model) 확보로 개별 공정마다 AI 모델을 개발하는 비효율성을 개선한다는 세부활동 목표와 상충

○ 동 사업의 초정밀 제어와 인간-AI 협업이 기존 숙련 기술자의 노하우를 AI가 학습하여 의존을 탈피하는 것이라면, 먼저 PINN으로 현장 숙련 기술자의 노하우를 미분방정식으로 내재화할 수 있음이 논리적 근거에 기반하여 설명되어야 함

- 숙련 기술자의 노하우를 공정변수 형태로 수집하여 동 사업 PINN-LAM 모델이 학습한다면 더 이상 숙련 기술자가 필요없는, 즉 인간-AI 협업이 필요없는 상황이 도래할 수도 있음

□ 사업목표 및 PINN/정밀제어와 부합성이 낮은 세부활동, 기존 과제(또는 민간) 및 타 세부활동과 유사한 내용이 확인되는 세부활동, 정부R&D 투자 당위성을 확보하지 못하거나 비R&D 성격(설비 운영 등)이 강한 세부활동 등이 식별됨

○ 동 사업 결과물은 물리지능행동모델의 원천기술(소스코드 형태) 확보까지로, 사업목표인 PI-LAM 모델 실현을 통한 제조산업 자율지능화 달성에는 동 사업 종료 후 추가

단계를 거쳐야 하므로 PI-LAM 모델 완성에는 불확실성이 존재

※ 오픈된 소스코드를 어떻게 국내외 현장에 활용 및 확산시켜 학습을 수행하는지에 대한 구체적인 운영 계획이 확인되지 않고, 주관부처가 설명한 'Federated Learning'은 추상적인 내용이며 동 사업 범위에도 포함되지 않음

- 원천기술로 설명되는 소스코드가 모델의 아키텍처까지 포괄하는 형태(추론)인지 설명되어야 하며, 해당 소스코드로 물리지능행동모델 운영 및 확산을 통한 기술이전 수입 달성이 가능한지, 국내외 제조 현장 실증이 가능한지 등에 대한 근거 기반 설명 필요

○ PINN 적용 논리가 충분히 설명되지 않거나 정밀제어로 보기 어려운 성능지표가 제시된 세부과제, 초정밀 제어와 부합하지 않는 성능지표를 제시한 세부과제*, 보급/지원/운영 사업 비중이 매우 높거나 기술개발 요소가 두드러지지 않아 비 R&D 성격이 강한 세부과제가 식별됨

* 행동 분류 정확도 88%(1-1-2), 과업 성공률 85%(3-3-1), 최소 응동시간 1초(2-2-2), 제어 성공률 95%(1-1-1), 추론속도 500ms(3-5-1), 예측 레이턴시 100ms(1-1-5) 등

○ 성능목표가 현 해외 최고수준 대비 낮은 기술개발과제*가 다수 존재하여, 연구개발 목표의 도전성을 인정하기 어렵고 동 사업 전략목표 및 AI 역량 세계 3위 수준 달성이라는 국가 AI 정책 방향과도 부합하지 않음

* 1-1-1, 1-1-2, 1-1-3, 1-1-4, 1-1-7, 1-1-8, 2-1-1, 2-3-1, 3-2-1, 3-4-1, 3-5-1, 4-1-1, 4-3-1

○ 공정 품질 예측 및 예방보전, 생산 스케줄링 최적화, 디지털트윈 기반 공정 시뮬레이션, 데이터 연동 및 공유 체계 구축, 에너지 최적화, 탄소 관리 플랫폼, 수술보조로봇 등은 기존 정부R&D 주제로 수행되었거나 민간 기술이 존재하는 부문이나, 차별성이 불분명한 세부과제 존재

○ 데이터 수집 대상 도메인/공장별로 구조화한 1세부사업의 세부과제는 데이터 수집부터 파이프라인 구축, 배포, 디지털 트윈 등에 이르기까지 전주기를 포괄하는 데이터 아키텍쳐 설계 및 자동화 플랫폼 구축을 포함하고 있어, 세부과제 간 중복 연구 영역 존재

□ PI-LAM 개발 과정에서의 비효율성 및 불확실성 요인이 존재하고, 글로벌 빅테크에 의존하는 공동연구 및 필수성이 설명되지 않은 글로벌 실증, R&D활동과 부합도가 낮은 인력양성 및 거버넌스 운영 등의 세부활동은 추진 당위성 부족

○ 동 사업은 제조 현장의 제한적인 데이터에 기반하는 AI 모델의 한계를 극복하고자 물리모델 방법론을 도입하였으나, 여전히 데이터 수집 관련 과제를 상당부분 포함하면서 PINN 모델 개발까지 수행하는 구조를 보임

- 주관부처는 범용 모델에 적용하기 위해 9개사 대상으로 모든 공정과 설비, 활동을 대상으로 40개 모델을 위한 데이터를 취합한다고 설명한 반면, 데이터 확보만으로 제조공정의 신뢰성과 일반화 한계를 해결할 수 없어 이상의 데이터 수집에도 불구하고 PINN 적용은 필수라고도 답변

○ 개별 모델(PINN) 통합을 통한 거대 모델(LAM) 구성, 정밀제어를 위한 PINN과 LAM 연동 등의 동 사업 핵심 연구 방식이 명확한 근거(사례, 논문)에 기반하지 않아 연구 과정에서의 불확실성을 배제할 수 없음

○ PI-LAM의 국내 실증 성과를 기반으로 글로벌 실증을 추진하는 것인지, 구체적인 목적은 무엇이며 국내 실증 대비 글로벌 실증 내용에 어떤 추가적인 기술개발 요소가 존재하는지 등이 파악되지 않음

○ 표준교육과정, 학생인건비*와 TA 장학금 등, 물리지능행동모델 거버넌스 운영 등은 동 사업 R&D(사업목표 달성, 문제/이슈 해소 포함 등)와 직접적 관련성 부족

* 해당 세부과제는 표준화 과제로서 학생이 R&D에 참여하는 부분이 존재하지 않음

□ 중복 가능 사업이 식별되고, 동 사업 민간부담 조달 가능성에 불확실성 존재

○ 동 사업 의료 부문과 한국형 ARPA-H 프로젝트와의 중복 가능성 존재(추진 주체 포함)

○ 동 사업이 제시한 주요 참여 주체들의 동 사업 참여 의지 및 투자의향금액 등을 확인할 수 있는 신뢰할 수 있는 근거자료 부재

- 사업계획서 상의 과제 수 대비 참여의향 제시 기업 수 비교로는 민자 조달 가능성의 직접적 확인 불가하고, 관련 자료 간 수치가 상이하며, 참여의향서에는 신뢰성이 부족한 수치가 다수 식별

□ 본 조사 결과를 세부과제별로 적용하여 사업비 및 사업기간 조정 예정

○ 사업목표 및 문제/이슈와의 정합성이 부족한 세부과제, 기존 사업과 중복되는 세부과제, 세부사업 간 중복 영역이 상당한 세부과제, 비R&D 성격이 강한 세부과제 등의 사업비는 불인정하고, 세부과제 간 기술개발 범위가 유사한 세부과제 사업비는 통합

○ PoC의 데이터 수집 플랫폼과 중복되는 도메인별 데이터 수집 부문의 사업비 상당액 및 사업기간 조정, 5년 후 성능목표 수준이 현 해외 및 국내 수준인 세부과제는 상기에 준하여 추가 조정

○ 대규모 비용 계획을 제시하였으나 조달 가능성이 매우 불확실한 내역 삭제, 사용 계획

및 산정 근거가 불분명하여 과다 계상(중복 계상 포함)이 우려되는 부문 조정

- 글로벌 빅테크의 참여 가능성 확인 자료가 부재하므로, 이와 직접적으로 관련된 비용 불인정

※ 단, 동 세부사업 협력 체계가 재구성되거나 국가 컴퓨팅 자원 활용 등 계획 변경이 있을 경우, 해당 상황을 반영한 소요 예산 재설계 필요(반드시 공식적인 산정 근거 포함)

- 대규모 연구인력을 제시하고 있으나, 해당 규모로 산정된 사유(소속 기관, 인력 수, 역할 등)가 불분명한 과제는 해당 세부사업 평균 인건비를 비율로 적용하여 조정
- 국가 정책 방향에 부합하지 않은 대규모 GPU 구매, 명확한 사용 목적이 제시되지 않은 비용 항목, 동 사업 내 유사 목적의 비용이 기 계상된 비용 항목, 참여기업 현물로 계상해야 하는 비용 항목 등에 대해 조정

2. 주관부처 소명자료에 대한 검토 결과

□ 본 조사의 주요 쟁점인 글로벌 빅테크 의존 문제는 해당 업체의 미참여로 일시적으로 해소된 것으로 보이나, 수정안으로 제시한 PI-LAM 개발 추진구조가 모호하여 해당 쟁점 및 PI-LAM 개발 가능성에 관련된 위험을 배제할 수 없음

○ PoC 과제는 제조 데이터 수집을 위한 기반구축으로 PINN 모델 개념설계 7건을 성과로 제시하고 있고, LAM 관련 개발 내용 및 구체적인 성과는 확인되지 않음

- 참여의향서를 제출한 AI 관련 기업들이 동 사업과 직접적 관련이 있는 Physical AI 내지는 LAM 관련 역량을 보유하고 있는지 설명되지 않음(관련 레퍼런스 부재)

○ 글로벌 빅테크 컴퓨팅 서비스를 국가 컴퓨팅 센터 활용 대체로 소명하고 있으나, 동 사업 필요 GPU 수량, 국가 확보 GPU 수요 신청 수량 등이 설명되지 않아 적절성 판단이 제한됨

○ 동 사업이 정부 R&D투자 당위성 확보를 위해서는 소버린 AI 정책에 부합해야 하고, 사업계획서에도 완전 자체 개발로 설명되어 있으며, 국내 기관 중심의 개발이 충분히 가능하다고 소명하였으므로, 동 사업은 독자 파운데이션 모델 프로젝트에서의 개념을 준용하여 PI-LAM 개발 전략을 수립하는 것이 타당함

※ 추후 해외 업체가 참여한 공동연구 추진 시, 국내 제조데이터 제공이 전제가 되어서는 안되며 데이터 접근 가능성도 동 사업 연구 내용 및 기간이 내로 한정되어야 함

□ 사업단 및 주요 추진 주체의 사전 선정에 대한 쟁점 해소를 위해 해당 주체를 경쟁공모(대학, 연구소, 기업 등 모든 형태에 적용)를 통해 선정한다는 소명이 인정되기

위해서는 사업계획서(RFP 포함)에 내포된 특정성을 완전히 배제할 수 있도록 공모 형식 및 내용이 구성되어야 함

○ 공모 형태로의 변경 소명 외 사업단을 총괄 과제 형태로 변경한다는 소명을 검토하고자 하였으나 해당 재점 해소와 연계된 설명이 제시되지 않아 인정 여부를 판단할 수 있음

- 소명자료에는 해당 쟁점의 해소를 위해 사업추진 프로세스를 변경해야 하는 이유와 사업단 구조 대비 총괄 과제 형태 도입의 효과 등에 대한 설명이 부재함

※ 총괄과제 형태를 도입한다고 하더라도 동 사업계획서에 내포된 특정성이 완전히 배제되지 않는 한 관련 쟁점을 해소하기 어려움

○ 사후적인 추가 보완 조사로 기존 수요 조사의 절차적 타당성 문제를 해소하기 어려움

□ 숙련자 노하우의 물리방정식화 가능성 소명은 일부 인정 가능하나 한계가 존재하는 것으로 판단되고, 동 사업에서 정의하는 특화 및 범용 개념이 적용된 PINN/Agent/LAM의 역할과 파운데이션모델로서의 기능 등은 여전히 불명확함

○ 인간-AI 협업에 대한 소명은 동 사업이 숙련자의 노하우를 충분히 고려하지 못하고 이를 미분방정식으로 설정 가능하다고 설명한 것으로 판단됨

※ 장비 노후화, 원자재 성분 변화, 기후 변화, 기계의 소음과 진동 냄새 등을 기반으로 내리는 의사결정은 숙련자 노하우의 주요 요소로 판단되나, 소명자료는 이를 PINN의 환경요인으로 설명

○ 사업계획서등은 PI-LAM의 초정밀 제어 부분 '특화'와 초정밀 제어 부분 '범용'을 각각 상황에서의 PI-LAM 기능으로 설명하고 있으나, 동 사업 개발 PI-LAM이 타 거대모델 사례에서 정의하는 'Large'의 특성이 있는지, physical AI 측면에서 어떤 'Action'을 수행하는지, 파운데이션모델로 정의되기 위해 어떤 기능을 수행하는지 불명확함

※ 사업계획서, PoC 등에서는 동 사업 LAM의 Action을 확인할 수 있는 vision data 내용은 거의 언급되지 않음

○ 소명에서는 제조 특화 데이터셋으로 범용모델의 현장 적용을 설명하고 있으나, 동 사업 PoC에서 범용성을 검증한 내용은 확인되지 않음

※ PoC 과정에서 타 공정/공장에 적용한 사례가 존재하는지 문의를 하였으나, 설명되지 않음(PoC 발표회)

- PoC 연구와 같이 특정 단위작업에 가까운 공정에 특화된 40개 PINN으로 범용 파운데이션 모델이 만들어질 수 있는지에 대해서는 여전히 설득력 있는 근거가 제시되지 않음

○ 동 사업으로 소스코드의 적용 가능성을 검증한다는 소명과 '소스코드의 운영 및 확산'

을 통해 기술이전 및 현장 실증이 가능하다는 소명으로는 본 조사에서 제기한 '동 사업으로 PI-LAM 자체의 완성이 어렵다는 쟁점'을 해소하기 어려움

- 본 조사에서의 운영 계획 부재 관련 쟁점은 PI-LAM에 대한 국내외 수요가 확인되지 않은 상태에서 LAM 완성을 위한 소스코드의 운영/피드백을 어떤 주체를 대상으로 어떻게 수행할 것인가 임

※ PoC 참여기업은 PINN 적용 간의 오류를 찾는 기능으로의 LAM 수요를 설명(PoC 설명회)

□ PINN 개발에 필요한 데이터를 선별 취합하기 위해 기존 AI 모델처럼 막대한 시간과 비용이 투입되어야 하는 상황, 기존 AI모델 및 스마트팩토리 대비 PINN의 고유성과 등에 대한 소명은 쟁점 해소에 부족한 부분이 존재

○ 주관부처는 기존 AI 모델과 PINN 모델의 활용 데이터 형태가 상이함을 지속 설명하고 있으나, 본 조사 쟁점은 제조 데이터 제한의 극복을 위해 도입하는 PINN도 실제 모델 개발을 위해서는 필요 데이터 취합을 위해 막대한 사업비 및 사업기간이 소요된다는 측면임

※ PINN이 추구한다는 고품질 융합데이터 설명은 모든 AI 모델의 성능을 결정짓는 핵심 요인으로 판단됨

○ PoC를 통한 개별 연구단위의 PINN 적용 성과를 제시한 소명자료는 확인하였으나, 비교 대상과 관련한 내용이 부재하므로 기존 AI모델 및 스마트팩토리 대비 PINN의 고유 성과로 볼 수 있는 근거가 되기는 어려움

※ 본 조사의 쟁점은 PINN이 기존 AI 모델의 문제점을 해소하고 초정밀 제어 부분에 최적으로 적용된 사례 부재이나, 소명은 PINN이 기존 AI의 한계를 극복할 수 있다는 기존의 이론적 설명과 PINN 자체의 적용 가능성 검토 사례를 제시하고, PoC 사업 참여 주체는 PoC로 공장의 DX를 함께 추진한 것으로 설명(PoC 발표회)

□ 글로벌 실증, 학생 인건비 및 TA 장학금, 수술보조로봇, 물리지능행동모델 거버넌스 등에 대한 소명은 논리적 근거가 부족하여 인정하기 어려움

○ 개별 모델/핵심기술을 확보해야 하는 1~3차년도에 어떤 방법으로 PI-LAM 개발을 완료하고 국내 실증 및 검증을 마칠 수 있는지, 초정밀 제어 부문 '범용 파운데이션 모델'인 PI-LAM의 글로벌 실증 시 필수라고 언급한 R&D 요소가 무엇인지, 제시된 해외 실증 기업이 현지 바이어가 요구하는 공장인지 등에 대한 설득력 있는 소명 부족

※ 글로벌 실증 건수는 단순 결과지표이므로, 소명자료에서 설명하는 취지의 글로벌 실증 추진 시 실질적인 성과(해외 매출, 해외 점유율 등)가 성과목표로 설정되어야 함

○ 본 조사에서 준용하는 예비타당성조사의 중복 정의는 '중앙행정기관에서 의도하는 효과를 얻기 위하여 국가연구개발사업의 수혜자에게 실질적인 지원체계(전달체계)가 갖추어진 유사한 구조가 존재하는지 여부'를 의미하므로, 동 사업 '수술보조로봇' 부문은 사업의 효과 및 지원대상 측면에서 한국형 ARPA-H 사업과 중복이 존재하는 것으로 판단

- 동 사업 의료부문과 ARPA-H 사업 및 현존 기술 간 '수술보조로봇' 개발, '의료진 소통 및 업무 부하 경감' 기대효과, '미세떨림 정밀 제어' 및 '자동 봉합', '디지털 트윈' 기능 등 공통된 사항이 식별됨
- 소명자료에서 자율수술로봇을 설명하고 있으나, 세부과제에서 '자율수술' 관련 성과지표가 확인되지 않고, 5년 후 제품화 가능성에 대한 인허가 분석 등이 부재하며, 초정밀 제어 부문 범용 PI-LAM과 이질적임을 설명

○ 연구개발을 포함하지 않은 세부과제에 계상된 학생 인건비등이 연구개발에 참여하는 학생의 인건비라고 주장하는 소명을 인정할 수 없음

- 3세부사업의 인력양성 및 장학금 등의 비용 지급 형태는 R&D 참여 인건비와의 중복 지급 문제가 발생할 수 있는 구조적 문제점도 보유
- 동 사업에서 설명하는 인력양성 내용은 인공지능융합혁신대학원* 등 기존 인력양성 체계에서도 확인

  * AI 기술을 산업 전반에 적용하여 현장의 복합적인 과제를 해결하는 실무형 융합 전문가 양성을 목표로 제시하고, 산업현장 지향적 문제해결형 AI융합 전문인재 집중양성, 대학-기업 공동 AI융합 프로젝트 추진, 지역 및 산업 수요 기반의 산학교차 인턴십 운영 등 추진

○ 소명자료에서 설명된 물리지능행동모델 거버넌스의 역할은 전문기관 및 사업단 임무임

□ 자율 지능화 및 국산화 관련 성능지표 추가, 미흡한 성능지표 목표 수준 보완 등의 소명은 일부 인정될 수 있으나 추가 보완이 필요한 부분이 있고, 본 조사 쟁점에서 벗어나거나 설득력 있는 근거가 제시되지 않은 소명은 인정하지 않음

○ (1-1-2)는 본 조사 결과를 수용하여 연구목표를 physical AI Agent로 수정한다는 소명이나, agent 개발 내용은 동 사업에 이미 존재하는 세부활동이고 구체적 개발 내용도 부재하여 적절성 검토가 불가능함

○ (2-2-1), (2-2-2), (3-4-1) 세부과제는 기술적 분업화로 소명하고 있으나, 데이터 스페이스 자체가 통합적 관리를 통한 효율성 추구를 목적으로 함

○ (4-3-1)의 소명으로 사업계획서에 언급되지 않았던 보안 레이어 'PAS-PINN'을 제시하고 기존 보안 솔루션의 layer 적용 제한을 설명하고 있으나, 신경망의 특정 레이어에

보안 레이어를 통합해야 하는 이유, PI-LAM 보안에 어떤 새로운 기능이 필요한지와 5년 후 완성되는 AI 모델 아키텍처에 동 세부과제 결과물이 적용 가능한지 불분명하며, 'PAS-PINN' 관련 성과지표도 제시되어 있지 않음

3. 주관부처 2차 소명자료에 대한 검토 결과

□ 본 조사의 쟁점을 직접적으로 해소할 수 있는 보완 내역을 제시한 세부과제에 한하여 소명을 수용함

○ 본 조사 쟁점을 반영하여 연구내용을 전면적으로 수정 보완한 세부과제의 소명을 인정

○ 5년 후 성능목표가 현 해외 수준 대비 낮게 제시되었던 세부과제의 보완(대체) 소명을 수용하되, 일부 과제*는 추가적인 보완이 필요

* 1-1-4(사업계획서 원안의 성능목표 유지 전제), 3-4-1(테스트 커버리지 성과항목 90% 이상으로 추가 보완 전제)

- 그러나 AI 기술의 글로벌 기술 개발 속도를 고려할 때, 대다수 세부과제의 5년 후 성과목표가 현재 해외 최고수준으로 설정·보완된 형태는 여전히 부족한 부분이 존재하고, 주관부처(3차 점검회의)가 세계 최초의 PI-LAM 개발을 강조하는 상황과 3위 수준의 국내 AI 연구 역량을 기반으로 독자 모델개발의 설명, 특히 세계 3위의 AI 역량을 확보한다는 국가 목표와도 부합한다고 보기 어려움

- 따라서 5년 후 성과목표 수준이 현재 해외 최고 수준으로 설정·보완된 세부과제들은 진화적 ROC(성능목표) 개념을 도입하여 글로벌 기술개발 수준에 대응하는 적극적인 전략을 수립할 필요가 있음

※ 세부과제 개발 모델 개발 완료를 설명한 3차년도 시점을 기준으로 글로벌 기술개발 수준과 동 세부사업 성능목표를 종합적으로 비교·검토하여, 동 사업 세부과제의 진화적 ROC 설정 및 적용 필요성에 대해 독립적 전문가 집단을 통한 검증 필요

○ 제조 AI 솔루션 확산 프로그램(100억 원)은 필요 근거, 현장 수요, 성과 목표, 상세 내용 등이 전혀 제시되어 있지 않아 적절성 판단에 제한이 있으나, 해당 프로그램이 참여 기업 대상 PI-LAM의 범용성 현장 검증을 목적으로 할 경우 동 사업목표 측면에서 의미를 가질 수 있다고 판단되어, 조건부 인정

※ PI-LAM의 산업현장 범용성을 확인할 수 있는 수준의 성과목표 설정 후 검증 필요

- 강화 센서 개발로 지속적으로 데이터를 수집해야 한다는 소명은 기존 AI 모델에서의 데이터 제한을 극복한다는 PINN 도입 취지 및 이와 관련한 본 조사의 쟁점과 크게 상충되며, 모델 개발이 아닌 학습을 위한 강화 센서의 당위성 설명도 부재하므로 인정하기 어려움

○ 이와함께 세부과제의 완전공모형태 전환 및 도메인별 개발 PINN의 범용성 확인을 위한 국내 실증 수행을 전제로, PoC로 데이터 수집 플랫폼 부분이 수행된 8개 도메인별 세부과제의 사업비 조정(30% 삭감) 및 사업기간 조정(1년 감소) 미적용

※ PoC 대상 공정이 특정 단위 공정에 한정된 것으로 보이고(PoC 설명회), 공모형태 전환 시 PoC와 다른 주체가 선정될 수 있음을 고려

- 동 사업 목표인 범용 모델의 개발을 위해서는 개별 PINN 개발 후 특정 공장의 특정 단위 공정 대상 실증에 한정된 것이 아닌 타 공장의 해당 공정 대상의 실증이 중요하므로, 공정별로 개발된 PINN 모델들의 범용성을 충분히 입증할 수 있는 수준의 성과목표 설정 후 검증을 전제로 조정

○ 합성데이터 생성 세부과제(3-2-1)는 낮은 성능목표와 인건비 과다 계상이 본 조사의 쟁점으로, 2차 소명의 성과목표 수준 및 과제규모의 대폭 삭감 내역을 반영함

○ 표준화 부문을 별도 세부과제(6-1-1)로 추진하는 소명에 대해서는 표준화 대상에 국내 산업계 실증 표준(공장들끼리 호환할 수 있는 표준) 포함 후 성과지표 반영, 사업단 과제 내 표준화 지원 부문 제외 등을 전제로, 표준화와 직접적으로 관련있는 비용 인정

- 해외 행사와 다수의 출장비가 상당 부분을 차지하고 있는 미국 및 유럽과의 글로벌 협력에 대해서는 추진 타당성을 입증할 수 있는 소명(근거)이 확인되지 않으므로 수용하기 어려움

○ 수술로봇 관련 3개 과제(1,355억 원)* 및 탄소 관리·추적·인증 과제(30억 원) 제외

* 1-1-9(의료로봇 융합데이터 수집 기술개발, 108억 원), 5-1-1(초정밀 의료로봇 기술개발, 960.2억 원), 5-1-2(의료특화 핵심원천 기술개발, 267억 원)

○ 재정 투입의 효율성을 위해 유사 내용을 포함한 세부과제 간 통합·조정 쟁점에 대해 단순히 세부과제를 합한 형태를 제시한 소명은 수용하기 어려움

※ 2차 소명자료의 세부과제 2-2-1 및 4-2-1, 세부과제 2-2-2, 3-1-1, 3-4-1, 4-3-1

□ 사업계획 원안에서의 글로벌 빅테크 미참여 상황(글로벌 하이퍼스케일러의 컴퓨팅 서비스 비용 현물 미부담[1]), 국가 컴퓨팅 자원 수요 배정의 불확실성 등을 고려, 2차 소명자료에서의 클라우드 컴퓨팅 민자 부문(1천억 원) 대체를 조건부[2]로 수용함

○ 단 동 사업에서 직접적이고 필수적으로 사용하여야 하는 컴퓨팅 자원의 규모를 연차별로 명확한 근거와 산정 방식을 통해 산출하여야 하며, 매해 관련 예산 신청 또는 집행

---

1) 사업계획서 원안의 세부과제별 RFP에서는 클라우드 컴퓨팅 사용료로 약 1,300억 원 이상이 계상된 것으로 확인됨(추가자료에서는 글로벌 빅테크의 민간 부담을 현물 1천억 원, 현금 1천억 원으로 설명)

2) 사업 수행 중 국가 컴퓨팅 자원이 배정될 경우, 동 사업의 컴퓨팅 자원 수요 중 배정 자원에 해당하는 비용(국비 60% 부문)은 국고에 반납되어야 함

시 국가 컴퓨팅 자원 활용 가능성을 적극적으로 확인하여야 함[3)]

- PoC 사업을 통해 수집한 총데이터(노멀데이터)를 기준으로 GPU 자원을 산정하였다는 설명이나, GPU 수량 산정을 위해서는 학습량 및 추론 계산량에 기반한 학습용 및 추론용 필요 수량, 필요 연산량, 필요 연산성능, 학습시간, 모델 규모, 학습곡선 등의 파라미터가 필수적으로 제시되어야 함
- 또한 원천데이터의 40~60% 수준이 고품질 데이터라는 설명이나, PoC 사업 수행 결과가 근거인지 불분명하고, 일반적인 레퍼런스(20% 수준)[4)]와의 차이도 존재하며, 본 조사진의 현장 방문 시 PoC 현장에서의 데이터 수집 중 동 사업(초정밀 제어)에 직접적으로 활용된다고 보기 어려운(향후 필요성에 대비하여 수집되는) 작업자의 행동 데이터가 수집되었음을 확인함

○ 국내 클라우드에서 제시한 협력 제안서의 내용이 동 사업 취지에 적합한지, 동 사업 범위를 벗어나는 부분이 존재하지 않는지, 실질적으로 실현 가능한지, 공공부문 사업으로서 법적 문제가 없는지 등을 면밀하게 검토할 필요

- 대규모 연산 플랫폼을 국내와 글로벌 동시 추진 체계로 대체해 나간다는 제안은 2차 소명에서의 독자개발과 상충될 수 있음
- 국내 투자 시설은 해당 기업 주도 컨소시엄이 소유한다는 계획이므로, 공공투자가 이루어지는 인프라를 민간 소유로 하는 것이 적절한지에 대한 법적 검토 필요

※ 제시한 투자 협력 제안서는 단순 메일 형태로서 제안 수준의 내용이므로, 동 사업 대상 구속력은 없는 것으로 판단(민간부담금 확보 가능성 측면에서의 불확실성 요소임)

○ 상기 클라우드 컴퓨팅 자원 예산을 인정함에 따라, 본 조사에서 계상 목적이 중복되고 명확한 근거가 제시되지 않은 비용 항목*은 추가 인정하지 아니함

* 채굴플랫폼 인프라 구축: 제조 LAM 구축 및 처리를 위한 GPU/CPU 기반 고성능 컴퓨팅 인프라 구축 목적 등

□ 물리지능행동모델 개발 세부과제 원안에서의 글로벌 하이퍼스케일러의 인력 파견이 없어진 상태로서, 해외연구자유치비(직접비)[5)] 지급 대상 및 필요가 사라졌으므로 이와 관련한 2차 소명을 인정하기 어려움

---

3) 국가 AI 프로젝트 과제(안): 인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증(R&D) B200 32장, 국가 인공지능 혁신의 마중물, 국가 인공지능 사업 52개 과제 선정(과학기술정보통신부 보도자료, 2026.4.1.)

4) 수집된 데이터 중 분석적 가치가 있는 데이터는 약 10~20% 수준(Industrial AI: Application and case study, 2020), 수집된 데이터 중 80%가 noisy, incomplete 상태(Crowdsourcing Research)

5) 사업계획서 원안 RFP에는 총 500억 원이 계상되어 있음(1차 추가제출자료에서는 글로벌 하이퍼스케일러의 민자 부담 중 현금 예정액 1,000억 원 내 해당 비용이 포함되어 있음을 설명, 구체적 내역은 제시되지 않음)

○ 사업계획서 원안은 국내 연구인력의 LAM 개발 역량 부족을 이유로 해당 세부과제 인건비 외 글로벌 하이퍼스케일러 소속 해외인력의 유치비(코어 인력 2인, 5백억 원)를 직접비로 계상하였으나, 1, 2차 소명자료는 현시점에서 국내 연구역량만으로도 LAM 개발이 가능하다고 설명하고 있으므로, 당초의 해외인력 유치 필요성이 사라짐

- 상기 해외인력유치비(직접비)는 글로벌 하이퍼스케일러의 민간 부담 현금으로 지급한다고 설명하였으므로(1차 추가자료, 2차 주관부처 실무회의, 1차 소명자료), 해당 민간 부담 현금과 해외인력유치비는 사업계획서 원안에서 동시에 삭제되어야 함이 논리적으로 타당함
- 2차 소명에서는 글로벌 빅테크 미참여에 따른 민자조달방안으로 물리지능행동모델 개발과제를 위한 총인건비에 대해 국내 AI기업·연구기관 등의 법적 부담액을 통하여 민자조달을 한다는 설명이나, 사업계획서의 글로벌 빅테크 소속 해외인력 유치비용은 예산 구조상 상기 인건비와 별도인 직접비(연구활동비)로 책정되어 있음
- 글로벌 빅테크 인력 없이 국내 인력으로 LAM 개발이 가능하다는 소명이므로, 사업계획서 원안의 인건비 책정 대상인 기존 국내 참여 인력이 LAM 개발 역량을 확보하게 된 상황이 되었다고 판단하거나, 개발역량이 부족한 기존 인건비 책정 대상 국내 인력을 개발역량이 확보된 신규 인력으로 대체하는 형태로 전환시키는 것이 타당함

□ 2차 소명으로 뿌리공정 중심의 신규 세부과제 5건을 추가한 부분은 확인하였으나, 해당 소명은 본 조사진이 수용하기 어려운 것으로 판단

○ 신규 과제를 추가한다는 소명은 본 조사의 쟁점에 부합하지 않음

- 본 조사는 동 사업 수요조사 및 세부과제 선정과정에서의 폐쇄성(절차적 타당성 부족)을 매우 중대한 쟁점으로 제시하고 있으나, 추가소명으로 제시한 5개 과제의 선정 과정을 파악할 수 없어 해당 쟁점을 더욱 심화시킴

○ 신규 과제의 추가가 동 사업 목표 달성을 위해 필수불가결한 누락분의 보완으로 보기 어려움

- 기존의 사업계획 원안으로 사업목표를 달성할 수 있음을 설명하고 있으므로, 신규 세부과제 추가는 사업목표 달성 및 재정 운영의 효율성 관점에서 설득력을 갖기 어려움

※ 기존 사업 내용으로는 사업목표(범용 파운데이션 모델 개발, 제조 산업 자율화) 달성이 불가하여, 다수의 제조 공정 중 해당 부분 5개 공정이 반드시 추가되어야 사업목표를 달성할 수 있음이 근거 기반으로 설명되지 않음

- 동 사업은 PoC 사업을 통해 8개 공장의 데이터를 수집하여 PINN 모델을 도출하였고, PI-LAM 개발 이후에도 지속적 데이터 수집·학습을 통한 모델 개선을 사업 내용으로 포

함하고 있으며, 범용적 활용을 위해 적용 부문 대상 플러그인 형태의 데이터 수집·PINN 개발이 지속적으로 필요함을 설명하고 있음

- 모델 완성도를 높이기 위해 데이터 수집 범위를 넓히고 다수의 세부 모델 개발이 필요하다는 설명은 기존 AI 모델도 동일하게 적용될 수 있는 내용으로, 기존 AI 모델의 한계를 극복하고 PINN을 도입한다는 동 사업 취지에 부합하지 않음

※ PINN, PI-LAM을 위한 고유의 필요성 주장으로 보기 어려움

- 2차 소명자료에서의 수요 대비 데이터 부족이 사유라면 비R&D 내지는 지역지원자금으로 추진하고, 외산 장비가 문제라면 장비개발·국산화 사업을 추진하는 것이 바람직

○ 2차 소명의 신규 과제로 추가되는 비용 규모가 1,268억 원(기존 예비타당성조사 대상 규모 이상)으로, 내역사업 규모 이상의 대규모 예산 투입이므로 단순 효율화·구체화 수준으로 보기 어려움[6)]

□ 2차 소명의 NPU-GPU 혼성 클러스터 및 로봇 테스트베드 구축을 위한 신규 인프라(2건) 반영 건은 본 조사진이 수용하기 어려움

○ 동 사업목표 달성을 위해 신규 인프라 2건 추가가 필수적 요건으로 보기 어려움

- 사업계획서 원안은 상기 인프라 없이 사업목표 달성을 설명하고 있으며, 동 사업이 전주기 AI 인프라 체계 구축을 목표로 한다는 추가소명은 동 사업을 순수 R&D로 구성한 취지에 부합하지 않음
- 공정쉘 및 로봇 테스트베드를 구축한다는 소명은 동 사업 목표 달성인 범용성 확보를 위한 산업 현장 실증의 중요성과 상충
- 함수가 고정되는 NPU의 특성상 5년 후 신규 기술 개발 시 해당 NPU의 지원 가능성이 불분명하므로, 이러한 이슈가 반영된 NPU 대량 구매의 타당성이 설명되어야 함
- 신규 인프라 추가가 사업목표 달성 가능성에 직접적으로 미치는 영향을 확인하기 어려우며, 성과목표도 제시되어 있지 않음

○ 2차 소명 내용이 본 조사에서 언급한 쟁점에 직접적으로 부합하지 않음

- 본 조사 쟁점으로 클라우드 컴퓨팅과 GPU 구매 및 채굴 클라우드 컴퓨팅 비용을 명확한 사용 근거가 부재한 중복 목적 계상을 제시하였으나, NPU-GPU 클러스터는 해당 쟁점의 해소 없이 여전히 명확한 산정 근거가 부족한 형태로 제시되고 있음

○ 해당 인프라의 구축 계획 및 필요 시설 및 장비 산정 근거 등에 대한 상세 정보가 부

6) 예비타당성조사, 적정성검토 등 사례로 볼 때, 타당성 부족 사유로 불인정된 부문의 사업비를 신규 과제로 대체한다는 추가소명은 타 사업 조사와의 형평성 관점에서 검토될 필요가 있음

재하여 본 조사의 적절성 판단이 제한됨

- 2차 소명은 개념적인 필요성 설명 외 NPU-GPU 클러스터와 로봇 테스트베드의 명확한 구축 규모 및 필요 시설 요건, 수요 대상(조사 내역), 구체적인 규모 산정 근거 및 구축 계획 등이 전혀 제시되지 않음

○ 신규 인프라 구축을 완전공모대상인 순수R&D 세부과제 내 연구내용으로 포함하는 구조에서 해당 인프라의 입지를 경남TP로 설명하는 것은 동 사업에 대한 주요 쟁점인 특정성을 다시 부각할 수 있음

※ 조사진의 인프라의 구축 입지에 대한 문의에 주관부처는 경남 TP의 연구공간을 후보지로 설명하고, NPU+GPU 장비 설치를 위한 요구조건을 경남인공지능혁신본부 건물이 충족한다는 자료 제시

○ 2차 소명의 신규 인프라 구축은 순수R&D 세부과제 내에 포함되는 형태이나, 경남TP를 입지 후보지로 제시하고 있고 대형연구개발사업 수준(예타 규모)의 규모이며 전주기 AI 인프라 구축을 목적으로 하므로, 예비타당성조사의 시설구축 검토 측면에서의 소명이 필요한 상황으로 판단됨

- 이를 위해서는 전주기 AI 인프라 구축을 위한 타당한 입지가 선정 근거와 함께 제시되어야 하고, 구축 계획의 적절성을 검토하기 위해 필수적인 시설구축계획서, 장비구축계획서 등이 제시되었어야 함

□ PI-LAM 작동 과정 등에 대해 수정된 내용을 제시한 부분은 확인하였으나, 동 사업으로 개발될 수 있는 결과물의 적용 목적, 범위, 역할 등과 PI-LAM에 대한 개념적 설명 간 차이가 여전히 존재하는 것으로 판단되므로, 추가적인 보완 필요

○ 기존 제출 자료에서 동 사업 PI-LAM을 구성한다고 제시해 온 PINN, World model, AI agent, VLA, LAM 등의 요소들이 Physical AI 아키텍쳐 관점에서 동 사업 범위인 초정밀 제어 부문 범용 및 특화를 대상으로 한 기술적 작동 논리 명확화

※ 2차 소명의 PI-LAM은 PINN과 LAM이 각 단계에서 각각의 역할을 수행하는 개별적 형태로 설명

- 동 사업 개발 PI-LAM이 산업용 로봇(공작 기계)을 대상의 Action 모델을 추구한다면, World model을 기반으로 설정한 기술적 근거 설명

- Vision 모델을 추구한다면, PI-LAM이 주변 상황을 인지(perception)하여 행동을 결정(VLA)할 수 있음을 설명해 줄 수 있는 기술적 근거

○ 동 사업 개발 초정밀 제어 특화 PI-LAM을 통해 사업목표인 제조 산업 자율 지능화를 달성하는 기술적 작동 논리(기술적 근거 기반)

※ 동 사업 개발 결과물을 통해 다크 팩토리 구현이 가능한지에 대한 내용 포함(불가하다

면, 불가한 사유 제시)

○ 2차소명에서 설명되지 않은 PINN - World model - LAM 구조에서의 Mission/Input 투입 방법, Input의 profile 형태, output 형태, 아키텍쳐, error detection 기능, 파운데이션 모델 대상 등에 대한 기술 기반의 개념 정립

○ 2차소명 PI-LAM 작동 프로세스에서의 제어 주체 및 LAM의 아웃풋을 명확하게 정의 (각 공정별 LAM의 정확한 출력 형식과 출력 주기 설정·제시)

□ 동 사업 관련 직간접적으로 관련된 기존 연구사례를 추가한 부분은 확인함

○ 추가소명자료는 국내 유수 대학을 협력 대상으로 설명하고 있으나, 관련 자료는 부재

○ 국내 대기업의 참여희망 의향서(MOU)는 주관부처가 아닌 국내 유수 대학 연구소 간 협약서이고, 대기업 참여에 따른 민간 부담 내용(현금 및 현물)은 언급되지 않음

※ 현 시점 기준, 해당 대학 연구소는 동 사업 추진 주체가 아님

4. 사업계획 적정성 검토 결론

□ 예비타당성조사 절차를 준용한 본 사업계획 적정성 검토 결과, 동 사업은 범용 파운데이션모델로서의 PI-LAM 개발 및 실증이라는 목표 구현 및 사업의 구조적·기술적 필요 요건 측면에서 사업계획서 원안등에 대한 주요 쟁점이 충분히 해소되지는 않음

○ 그러나 동 사업이 예비타당성조사 면제 대상으로 이미 사업이 착수된 상황임을 정책적으로 고려할 필요가 제기되므로, 현재 타당성이 부족한 부분을 사업 착수 시 및 사업 추진 간 명확히 확보하여 객관적으로 사전 검증되어야 한다는 전제(조건부) 하에 본 조사의 결론을 대안 형태로 도출함

□ 아래 필요사항 추가 보완 및 이에 대한 독립된 전문가 집단의 사전 검증을 동 사업의 필수 전제 조건으로 제시함

① 동 사업 착수년도에 동 사업 목표를 구현하기 위한 결과물로서의 PI-LAM 비전 구체화, 이에 따른 초정밀 제어 분야의 Physical AI 측면에서 기존의 제출 자료에서 언급해 온 PINN, AI Agent(PA Agent), World model, VLA, LAM 각각(모두)의 역할 및 범위, 상호 관계 등 구체화, 범용 및 특화 환경에서의 각각의 역할 범위 명확화 후 검증, 이후 2차년도 사업 착수

- 동 사업 개발 '초정밀 제어 특화 PI-LAM'을 통해 '제조 부문 자율 지능화'를 달성하기 위한 기술적 작동 논리와 다크 팩토리 구현 가능성에 대한 기술적 근거기반 설명

※ 동 사업 개발 결과물의 특화 대상을 사업계획서의 '초정밀 제어'로 할 것인지, 2차 소명자료의 '제조 공정'으로 할 것인지 명확화

- 동 사업 개발 PI-LAM이 산업용 로봇(공작 기계)을 대상의 Action 모델을 추구한

다면 World model을 기반으로 설정한 기술적 근거 설명, Vision 모델을 대상으로 한다면 PI-LAM이 주변 상황을 인지(perception)하여 행동을 결정할 수 있음에 대한 기술적 근거 설명

- 2차 소명자료에서 설명되지 않은 PINN – World model – LAM 구조에서의 Mission/Input 투입 방법, Input의 profile 형태, 아키텍쳐, error detection 기능, 파운데이션 모델 대상 등에 대한 기술 기반의 개념 정립
- 2차 소명자료에서의 PI-LAM 작동 프로세스에 대한 기술적 논거 보완 제어 주체 및 LAM의 output 명확 정의(상세 내용은 본문 참조)

② 동 사업 착수와 동시에 동 사업으로 범용 파운데이션 모델로서 PI-LAM을 개발한다는 목적과 각각 13개(도메인 수량)의 World model 및 LAM을 개발한다는 주관부처의 설명(3차 점검회의) 간 기술적 및 논리적 연계성 입증·검증 후 2세부사업(전체) 착수

- '범용 파운데이션모델로서의 PI-LAM 구현'을 위해 초정밀 제어 부문 도메인별(13개)로 World model과 LAM이 개발되어야 하는 사유와 근거, 해당 수량(13개)으로 산정한 정량적 분석 근거, 사업계획서 원안에서는 이에 대한 설명 및 성과목표를 제시하지 않은 사유, 범용 파운데이션모델 하에서 13개 각각의 World model과 LAM 작동의 기술적 논리(레퍼런스) 등에 대해 명확한 개념적 및 기술적 논거 등 제시 후 검증

③ 2세부사업의 1차년도 연구를 통해 '초정밀 제어 부문 범용 파운데이션 모델로서의 PI-LAM 개발 가능성(아래 내용 포함)'에 대한 기술적 검증 후, 후속(2세부사업의 2차년도 이후) 연구 수행

- PINN이 LAM을 유기적으로 연결하여 초정밀 제어가 가능함을 기술적 결과물로 입증
- 제어 부문 도메인 및 개별 작업단위 대상 40개 PINN 모델들의 범용성, 40개 개별 PINN 모델로 '초정밀 제어 부문 범용 파운데이션 모델로서의 하나의 거대행동모델(LAM) 구현 가능성' 등을 입증할 수 있는 기술적 결과물 검증

※ PINN 모델의 범용성, 단일 PINN으로 다양한 물리법칙 학습이 가능한지 여부 등 포함

- 자체 개발 역량에 기반한 독자 파운데이션 모델로서의 PI-LAM 개발 가능성의 기술적 입증(LAM 개발 가능성의 기술적 입증 포함), 이에 기반한 연구개발(단계) 계획 구체화 및 관련 성과목표 추가 반영 후 검증

※ PINN, World model, LAM 모두 기존 보유 모델(일부 보완)의 동 사업 제조 현장 적용이 아닌 신규 모델이 개발되어야 함

- 기존 AI 모델 대비/DX 대비 동 사업 개발 PINN/PI-LAM 적용 실적의 정량적 비교를 통한 상대적 우수성 입증
- 동 사업 개발 결과물을 공장 양산 현장의 제어 공정에 적용 시, 발생 가능한 할루시네이션(hallucination) 문제 대응 방안(기술적 대응 전략)

④ 동 사업 사업단 및 세부과제 주관·참여기관 등 참여 주체 선정 착수 전, 동 사업계획서(RFP 포함)에 내포된 '특정성을 완전히 배제'하고, 동 사업 개발 내용에 역량을 보유한 불특정 다수가 실질적인 공정 경쟁을 통한 참여가 가능하도록 상세 공모 및 선정 계획 수립 후 검증

- 특히 개발 과정에서의 산재한 불확실성의 최소화를 위해 'LAM의 자체 개발 역량 보유'를 객관적으로 확인할 수 있는 국내 주체를 사업단 공모 대상으로 할 필요가 있음

※ 사후적으로 공모 결과와 당초 선정 계획 간 부합 여부 확인 필요

⑤ 동 사업과 직접적으로 관련된 컴퓨팅 자원 수요를 일반적으로 인정되는 도출식에 근거하여 연차별(착수년도 포함)로 명확히 산정하고 검증, 이를 근거로 예산 집행

- 매해 컴퓨팅 자원 관련 예산 신청 또는 집행 시 국가 컴퓨팅 자원 활용 가능성을 적극적으로 확인하여야 하고, 사업 수행 중 국가 컴퓨팅 자원이 배정될 경우 동 사업의 컴퓨팅 자원 수요 중 배정 자원에 해당하는 비용은 국고에 반납하여야 함
- 이와 함께 국내 클라우드에서 제시한 협력 제안서의 내용이 동 사업 취지에 적합한지, 동 사업 범위를 벗어나는 부분이 존재하는지, 실질적으로 실현 가능한지, 공공부문 사업으로서 법적 문제가 없는지 등을 면밀하게 검토 후 검증

⑥ 표준화 부문을 별도 세부과제로 추진한다는 2차 소명은 표준화 대상에 국내 산업계 실증 표준(공장들끼리 호환할 수 있는 표준)을 포함하고, 사업단 과제 내 표준화 지원 부문을 제외하는 것을 전제로 착수 가능

⑦ 1세부사업의 도메인별 개발 모델의 범용성 확인을 위한 국내 실증 수행을 조건으로, PoC로 데이터 수집 플랫폼 부분이 수행된 세부과제(8개 도메인별)의 사업비 조정 및 사업기간 조정 제외

- 개별 PINN 개발 후 특정 공장의 특정 단위 공정 대상 실증에 한정된 것이 아닌, 타 공장의 해당 공정을 대상으로 실증
- 사업 착수년도에 공정별로 개발된 PINN 모델들의 범용성을 충분히 입증할 수 있는 수준으로 성과목표를 재설정하고 범용성 입증을 위한 구체적인 실증 계획 수립 후 검증, 이후 2차년도 사업 착수

⑧ 제조AI 솔루션 확산 프로그램은 해당 프로그램 참여 기업을 대상으로 PI-LAM의 범용성을 현장에서 실제 검증하는 목적으로 설계하고, 산업 현장에서의 범용성을 충분히 확인할 수 있는 수준으로 성과목표를 설정 후 검증 전제로 추진 가능

⑨ 5년 후 성과목표 수준을 현 해외 최고 대비 낮은 수준으로 설정했던 세부과제의 보완은, 동 사업 착수와 동시에 진화적 ROC(성능목표) 개념을 도입하여 글로벌 기술개발 수준(속도)에 대응한다는 적극적인 전략 수립 및 해당 전략의 검증을 전제로 수용

※ 세부과제 모델 개발 완료를 설명한 3차년도 기준, 글로벌 기술개발 수준과 동 세부사업 성능목표를 종합적으로 검토 후 진화적 ROC 설정 및 적용 필요성에 대해 독립적 전문가 집단을 통한 검증 필요

□ 실무조정위원회 결과[7], 사업계획 원안의 총사업비 1조 원을 6,763.5억 원(△3,236.5억, 사업계획 원안의 67.6%)으로 조정하였으며 국가연구개발사업평가 총괄위원회 의결을 통해 이를 동 사업 사업계획 적정성 검토의 사업비로 확정[8]

<표 2> 인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업 사업비 조정 결과

(단위 : 억 원)

구분	사업계획서	실무조정위 조정안				비고
			국고	지방비	민자	
1. 융합데이터 수집	1,703.6	1,939.9	1,163.9	-	776.0	
2. 원천기술 개발	7,705.6	4,640.3	2,784.2	-	1,856.1	
3. 글로벌 표준화·사업화	590.8	183.3	110.0	-	73.3	
합계	10,000	6,763.5	4,058.1	-	2,705.4	

※ 국가연구개발사업평가 총괄위원회를 통해 실무조정위원회 조정 결과가 동 사업 사업계획 적정성 검토의 최종 결과로 의결됨

※ 실무조정위원회 조정안은 연구진 검토안과 주관부처 의견이 대립하는 쟁점사항을 바탕으로 총사업비 및 내역·내내역 수준에서 조정된 결과

※ 국고 및 지방비 등 재원별 규모와 비율은 사업계획서 및 주관부처 제출 자료를 따른 것으로, 예산편성 과정에서 변경될 수 있음

<표 3> 인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업 사업비 조정 결과(연도별·재원별)

단위 : 억 원

재원	2026	2027	2028	2029	2030	계
국고	677.0	975.7	984.0	806.6	614.7	4,058.1
민자	451.3	650.3	656.0	538.0	409.8	2,705.4
합계	1,128.3	1,626.1	1,640.0	1,344.7	1,024.5	6,763.5

<표 4> 인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업 사업비 조정 결과(연도별·내역별)

단위 : 억 원

내역	2026	2027	2028	2029	2030	계
1. 융합데이터 수집	454.4	487.5	486.9	336.2	174.8	1,939.9
2. 원천기술 개발	645.3	1,098.0	1,112.3	970.2	814.5	4,640.3
3. 글로벌 표준화·사업화	28.6	40.5	40.8	38.2	35.2	183.3
합계	1,128.3	1,626.1	1,640.0	1,344.7	1,024.5	6,763.5

7) 사업계획 적정성 검토 연구진 검토안에 대한 주관부처 이견이 해소되지 않은 일부 기술개발 및 기반구축 항목에 대해,「국가연구개발사업 예비타당성조사 운용지침」제10조에 따른 실무조정위원회가 심의·조정을 실시하고 조정안을 마련

8) 실무조정위 조정안은 개별 세부과제별 과업범위, 장비별 사양·수량 및 기반구축 세부 집행계획을 새롭게 확정한 결과가 아니므로, 해당 세부사항은 총괄위원회 의결 금액 범위 내에서 후속 예산편성, 장비심의, 실시설계 및 사업관리 절차를 통해 구체화될 필요가 있음

인간-AI 협업형 LAM 개발 · 글로벌 실증 사업

제 1 장 사업 개요 및 조사방법

제 2 장 기초자료 분석

제 3 장 과학기술적 타당성 분석

제 4 장 정책적 타당성 분석

제 5 장 경제적 타당성 분석

제 6 장 종합분석 및 결론

제 1 장 사업 개요 및 조사 방법

제 1 절 사업 개요

<table>
<tr><td colspan="2">총사업비</td><td>10,000억 원
(국고: 6,000, 지방비: 0, 민자: 4,000)</td><td>사업기간</td><td>’26년～’30년
(2단계, 5년)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">추진
주체</td><td>주관부처</td><td colspan="3">과학기술정보통신부 / 정보통신산업정책과</td></tr>
<tr><td>지자체・기관</td><td colspan="3">정보통신산업진흥원</td></tr>
<tr><td colspan="2">사업목표</td><td colspan="3">○ 제조 산업의 초정밀 제어 및 실환경 기반 지능화를 실현하기 위해 현장 기반 멀티모달 데이터를 수집·활용하고 물리법칙을 내재한 정밀 예측 모델(PINN)을 개발하며 이를 기반으로 실시간 행동 생성과 실행이 가능한 물리지능행동모델(Physical-Informed LAM) 기술을 확보
- 제조 공정, 설비, 작업자 등에서 발생하는 멀티모달 데이터를 통합 수집·정제하는 기술을 개발하고 해당 데이터를 기반으로 한 해석 가능한 물리모델(PINN)을 통해 제조 현장의 오차 및 리스크를 정밀 예측

<table>
<tr><td>비전</td><td>물리지능행동모델 기반 Physical AI(PA) 글로벌 B2B시장 진출 및 인간-AI협업형 물리모델 시대 구현</td></tr>
<tr><td>⇑</td><td></td></tr>
<tr><td>사업 목표</td><td>초정밀 제어 특화 물리지능행동모델 실현을 통한 제조·의료 산업의 자율지능화</td></tr>
<tr><td>⇑</td><td></td></tr>
<tr><td>성과 목표</td><td>
<table>
<tr><th>물리지능행동모델 기반 물리모델 고도화</th><th>인간-AI 협업 기반 핵심 기술 확보</th><th>물리지능행동모델 국제화 기반 확보</th><th>글로벌 실증 및 수출 기반 마련</th><th>물리지능행동모델 생태계 거점 운영</th></tr>
<tr><td>초정밀제어 특화 PINN 모델 40개 & 물리지능행동모델 개발</td><td>자율 의사결정·제어 기반 PA Agent 기술 9종 개발</td><td>DTC 기반 디지털 시뮬레이션 검증 인증 8건 획득, 글로벌 표준화 (DIS/CDV) 4건</td><td>물리지능행동 모델기반 글로벌 실증 2건 완료</td><td>물리지능행동 모델 AI-X 운영 및 확산을 통한 기술이전 수입액 10억원 당 0.17억 원</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>⇑</td><td></td></tr>
<tr><td>단계별 목표</td><td>
<table>
<tr><th>1단계 (2026～2028)</th><th>2단계 (2029～2030)</th></tr>
<tr><td>(기반 구축) 고품질 데이터 기반 PINN 모델과 물리지능행동모델 개발 및 PA Agent 기술 고도화로 Physical AI 실증 기반 마련</td><td>(실증 및 확산) 물리지능행동모델 실증 확산 및 글로벌 인증·협력 성과 창출</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>⇑</td><td></td></tr>
<tr><td>추진 사업</td><td>
<table>
<tr><th>(1세부)
물리지능행동모델 융합데이터 수집 활용 체계 구축 기술 개발</th><th>(2세부)
초정밀제어를 위한 물리지능행동모델 원천기술개발</th><th>(3세부)
물리지능행동모델 글로벌 표준화 및 확산을 통한 글로벌 사업화 추진</th></tr>
<tr><td>산업 현장 데이터 기반 멀티모달 융합 데이터셋을 구축하고 이를 활용한 인간-AI 협업형 물리모델 실증 및 친환경 규제 대응 기술 개발 및 적용</td><td>물리지능행동모델 기반 도메인-물리 융합 모델 개발 및 산업 시나리오 실증을 통한 인간-AI 협업형 자율 제어 기술 구현</td><td>국제 표준화, 글로벌 실증 협력, 물리지능행동모델 거버넌스를 통해 물리지능행동모델 기술의 표준화, 인력 양성, 확산 기반을 체계적으로 구축</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>⇑</td><td></td></tr>
<tr><td>추진 전략</td><td>
<table>
<tr><td>(추진전략1)
물리지능행동 모델 개발을 위한 융합 데이터 수집 및 활용 체계 구축</td><td>(추진전략2)
프로세스 최적화 및 행동에 초점을 맞춘 물리 기반 제조 데이터 확보</td><td>(추진전략3)
PINN 모델과 물리지능행동모델 개발을 위한 해외 빅테크 및 우수 대학과의 협력</td><td>(추진전략4)
물리지능행동 모델 개발을 위한 글로벌 오픈 이노베이션</td><td>(추진전략5)
글로벌 표준화를 통한 개발 비용 절감 및 시장 선점 추진</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

2 인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업 사업계획 적정성 검토 : 주요 이슈분석결과(안)

<table>
<tr>
<td>추진체계
및 추진전략</td>
<td>○ 사업추진주체

<table>
<tr><th>역할</th><th>역할 및 기능</th></tr>
<tr><td>과학기술정보
통신부</td><td>• 사업추진 총괄
• 정책적 주요 의사결정 및 예산 총괄</td></tr>
<tr><td>정보통신산업
진흥원</td><td>• 사업 추진을 위한 과제 기획-평가-관리, 예산 운영계획 및 사업 추진계획 수립 지원, 사업 선정·관리, 성과확산 등 추진</td></tr>
<tr><td>사업단</td><td>• 경남도내 대학 내 사업단 구성
• 사업단 세부과제 시행계획 수립 및 사업단 성과목표 관리
• 과제 및 성과 관리 · 지원, 대외협력업무, R&D 사업화 업무 등</td></tr>
<tr><td>세부사업별
주관기관</td><td>• 세부사업 내 세부과제별로 분담하여 수행
• 글로벌 빅테크 기업, 해외 연구기관 및 대학, 국내 연구기관 및 대학, 전문기업 등과의 연계를 통한 공동 수행 체계 구축</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>주요 내용</td>
<td>○ 사업 내용
- (1세부) 물리지능행동모델 융합데이터 수집 활용 체계 구축 기술 개발(15개): 초정밀 제어 특화 PINN 모델 개발을 위한 물리 법칙 내재 멀티모달 고품질 융합 데이터셋을 확보하고, 이를 지속 활용 가능한 플랫폼으로 구축
· 초정밀 제어에 특화된 물리 기반 데이터셋을 확보하여 범용 PINN 모델의 한계를 보완하고 디지털트윈과 연계한 실시간 시뮬레이션 환경을 통해 물리지능행동모델 개발의 연계성과 효율성을 강화
· 작업자, 설비, 공정 간 실시간 데이터 흐름을 통합하여 인간-AI 간 의사결정 협업이 가능한 데이터 인터페이스 체계를 구현
- (2세부) 초정밀제어를 위한 물리지능행동모델(PI-LAM) 원천 기술 개발(10개): 물리 법칙과 실제 산업 도메인 지식을 통합한 대규모 행동 모델을 개발함으로써, 복잡한 산업 환경에서 정밀하고 신뢰성 있는 AI 기반 자율 제어를 실현
· 실환경 오차와 비정형 상황에 대응 가능한 공정별 도메인 기반 정밀 행동예측형 제어 모델을 구축하여 재사용 가능한 정밀 제어 프레임 워크를 확보하고 제조·로봇·의료 등 고신뢰 제어가 요구되는 분야에 실시간 적용 가능한 기술을 실현
· 작업자와 AI가 상호 피드백을 주고받으며 공정 최적화를 공동 수행하는 '협력형 자율제어 알고리즘' 구현으로 인간-AI 공동 판단 기반 제어 역량 확보
- (3세부) 물리지능행동모델 글로벌 표준화 및 확산을 통한 글로벌 사업화 추진(2개): 물리지능행동모델 기술 및 데이터 모델의 국제 표준화와 글로벌 산학연 협력 생태계 구축을 통해, 국내 기술의 세계적 확산과 시장 주도권 확보를 병행</td>
</tr>
</table>

· 개방형 오픈소스 생태계 구축과 글로벌 벤치마크 플랫폼 운영을 통해 DeepMind, Fraunhofer 등 해외 선도 연구기관과의 공동 연구를 확대하고 국제 표준기구와의 연계를 통해 물리지능행동모델 모델의 글로벌 호환성과 기술 신뢰성을 확보
· 국제 협력 연구 및 테스트베드에 작업자-AI 협업 사례를 반영하여, 인간 중심의 피지컬 AI 실증과 제어 표준화까지 연계

<세부사업별 예산구조>

(단위: 억 원)

세부사업	국고	지방비	민자	계
1. 물리지능행동모델 융합데이터 수집 활용 체계 구축 기술 개발(15개)	1,022.1	-	681.5	1,703.6
2. 초정밀제어를 위한 물리지능행동모델(PI-LAM) 원천 기술 개발(10개)	4,623.4	-	3,082.2	7,705.6
3. 물리지능행동모델 글로벌 표준화 및 확산을 통한 글로벌 사업화 추진(2개)	354.5	-	236.3	590.8
소계	6,000.0	-	4,000.0	10,000.0

<항목별 예산구조>

(단위: 억 원)

구분	국고	지방비	민자	계
연구개발(90.8%)	5,449.0	-	3,632.6	9,081.6
장비비(9.2% 일반장비)	551.0	-	367.4	918.4
시설비(0%)	-	-	-	-
기 타(0%)	-	-	-	-
기획평가비(0%)	-	-	-	-
합 계	**6,000.0**	**-**	**4,000.0**	**10,000.0**

기대효과

○ (과학기술적) 시계열·제어·환경 데이터를 자국 중심으로 수집·정제하여 정밀 제어 등 산업 AI 정확도와 범용성을 강화
- PI-LAM 기반의 독자 모델로 국방·우주·의료 등 핵심 산업의 플랫폼 종속을 줄이고 자율적 운영·유지보수 체계를 확보
- 클라우드-온프레미스 환경을 고려한 유연한 구조 설계를 통해 다양한 운영 조건에서의 활용성을 높이고 자국 기술 중심의 생태계 기반 마련

○ (사회경제적) 예측 제어 기반의 고신뢰 AI 기술로 도입 부담, 성능 불확실성 등을 줄이고, 실증 기반 검증으로 중소기업의 수용성 증대
- SaaS[9] 전환, 기술 수출, 국제표준 제안 등을 통해 PI-LAM 기술을 글로벌 제조AI 시장의 대표 플랫폼으로 확장 가능
- 전문인력 유입과 고급 일자리 창출을 촉진하며, 지역 산업의 스마트화와 창업 확산을 견인

9) SaaS(Software as a Service)는 클라우드 기반의 소프트웨어 제공 모델로, 사용자가 별도의 소프트웨어 설치나 유지 관리 없이 인터넷을 통해 소프트웨어를 구독·이용할 수 있도록 하는 서비스

1. 사업 추진배경 및 목적

가. 추진 배경 및 필요성

□ 추진배경

○ (Physical AI 기술의 전략적 중요성) 최근 인공지능 기술은 디지털 정보 기반 분석·생성 중심에서 물리적 환경을 실시간으로 인지·판단·제어하는 복합 지능체계로 진화 중이며, 이 과정에서 '피지컬 AI(Physical AI)'는 산업 전반의 구조 혁신을 이끄는 핵심 기술로 부상

○ (글로벌 주요국의 Physical AI 주도권 경쟁 가속화) Physical AI는 첨단산업 혁신의 핵심 인프라로 부상함에 따라 글로벌 빅테크와 주요국은 물리 기반 AI 주도권 확보 경쟁에 돌입하였으며 우리나라 또한 산업 전주기적 지원 정책을 본격화하는 추세

○ (국내 AI 생태계의 기술적 병목과 구조적 한계) 차세대 AI 기술이 첨단산업 혁신의 핵심 인프라로 자리잡는 글로벌 기술환경 변화에도 불구하고, 국내는 AI 내재화 및 활용 측면에서 구조적 병목을 겪고 있으며 차세대 AI 기반의 초정밀제어 생태계로의 본격적 전환에 있어 다층적인 제약이 지속되는 상황

○ (국가 차원의 결단 필요 시점 도래) AI 기술이 산업 경쟁력의 기반 인프라로 재편되는 전환기에, 기존 AI 내재화의 정체를 돌파하고 주권을 확보하기 위해서는 '범용 물리지능(Physical AI)' 원천기술 확보에 대한 국가적 전략 수립과 투자가 시급히 요구되는 상황

□ 사업 추진 필요성

○ (기술적) 초정밀 제어 등 차세대 AI 기술 주권을 확보하기 위해서는 물리기반 AI 원천기술 확보가 절대적으로 필요하며, 우리나라는 정량화된 고정밀 데이터를 다수 산업에서 확보할 수 있다는 강점이 있으므로, 이를 활용한 국가 주도의 PINN 모델 확보 전략이 절실

○ (산업적) 주력산업 경쟁력 회복을 위해 산업 현장의 DX-AX를 동시에 추진하는 혁신 전략과 이를 견인하기 위한 초정밀제어 대응형 물리기반 AI 도입이 필수

○ (사업적) 글로벌 플랫폼 종속을 탈피하고 데이터 주권을 확보하기 위해 국내 주도의 초정밀 제어 특화 물리기반 AI 기술개발과 글로벌 공동표준 선점이 절실

○ (전략적 입지 필요성) 경남 창원은 Physical AI 실증과 산업화가 동시에 가능한 최적 입지로, 지역 주도형 AI 생태계 조성의 핵심 거점이 될 수 있는 잠재력을 보유

□ 정부지원의 필요성

○ 선진국은 기반 기술 고도화를 선행해왔으나, 국내 대응은 부처별·정책별로 분절화되어 기술 고도화 및 글로벌 경쟁 첨예화에 대한 실질적 대응책은 미비한 상황

○ AI 기술이 산업 경쟁력의 기반 인프라로 재편되는 전환기에, AI 내재화의 한계를 넘어 기술 주도권 확보를 위해 '범용 물리지능(Physical AI)' 원천기술에 대한 국가적 전략 마련과 선제적 투자가 필수적

나. 사업 구조

□ 사업 유형

○ 중장기산업 기술개발: 중·장기적(3년 이상) 상용화를 목표로 추진 중인 응용·개발 연구사업

○ 지역연구개발: 지역 대학과 연계한 산학연협력 사업, 지역클러스터 육성사업, 특정 지역에 특정기술 개발 기반구축 사업

○ 성과확산: 사업목적이 각각 기술사업화, 표준화, 인증, 성과물 관리/확산, 정책지원 등인 사업

□ 동 사업 제시 문제/이슈 및 해결방안

핵심 문제 이슈			해결방안
고정밀·고반응 제조공정에 범용 AI 적용 한계	고수준의 물리 제어 특성을 요구하며, 기존 범용 AI로는 실공정 대응이 어려움	▶	공정 특성 내재화 가능한 PINN 기반 정밀 제어 모델 개발
글로벌 빅테크 중심의 PINN 기술 주도 가속	NVIDIA, Google 등은 물리기반 AI 선도 중이며, 고비용·종속 구조와 데이터 유출 우려 존재	▶	국산 물리지능행동모델 원천기술 확보 및 범용 정밀제어AI 플랫폼 구축
자발적 원천경쟁력 확보를 위한 데이터 격차와 구조적 인프라 미비	대기업 일부를 제외하고 중소·중견 제조기업은 AI 학습용 데이터 수집·정제 기반이 부족	▶	공정 특화형 융합 데이터셋 수집 및 산업용 AI 데이터 플랫폼 구축
제조AI 기술 적용이 PoC 수준	개별기업 중심 PoC만 수행되어 확산 불가; 산업 전반에 실효성·접근성 부족	▶	사전탑재형(Pre-installed) LAM 서비스 모델 및 범용 솔루션 개발
산업 데이터의 외부 종속 및 국제 확장 한계	외산 플랫폼 종속 시 국내 제조데이터 해외 유출 및 기술 독립성 위협	▶	글로벌 표준 연계 데이터 구조 및 국제 확장 가능한 플랫폼 설계
물리지능행동모델 기술에 대한 실증 기반과 테스트베드 부재	실제 공정 기반 테스트 및 전주기 실증이 가능한 생태계 미형성	▶	실공정 중심 지역 거점 기반 실증체계 조성 및 전국 확산 전략 수립
기술 거버넌스 및 인력 기반 미흡	제조AI 특화 전문인력 양성체계 및 사업 총괄 운영조직 부재	▶	체계적인 운영 거버넌스 마련 및 전주기 운영 인력양성 병행 추진

□ 동 사업 영역 및 범위

사업 배경	사업 필요성
• 대한민국은 반도체·조선·자동차 등 세계적 경쟁력과 ICT 인프라를 기반으로 AI 융합 혁신을 선도할 전략적 기반을 보유 • AI 기술이 산업혁신의 핵심 인프라로 부상하면서, 글로벌은 물리기반 AI 주도권 확보 경쟁 본격화 • 그러나 국내 산업 현장은 AI 적용을 위한 고정밀 공정 데이터 확보, 실증 등 핵심 기반이 미흡하여 기술 내재화와 확산 모두에 구조적 병목 상태	• 정밀제어 특성상 1mm 이하 정밀도, 100ms 이하 반응속도 등 고물리 제어 조건은 기존 범용 AI로는 한계 • Google, NVIDIA 등 글로벌 빅테크가 물리기반 AI를 주도하며 기술 및 데이터 종속 우려 증대 • 국내는 양질의 공정데이터 자산을 보유하나, 실공정 기반 PINN 모델화 및 실증 확산 체계는 부재 • 국가 차원의 기술 내재화·표준화·산업 확산 전략이 필요한 시점

AI 산업주권 확보의 핵심 고리,
정밀제어 대응형 물리기반 AI 원천기술의 선제적 내재화가 반드시 필요한 시점

관련 주요 문제/이슈의 해결방안에 따른 사업 추진 필요 영역(안) 도출

주요 문제/이슈의 해결방안(안)	사업 추진 필요 영역(안)
공정 특성 내재화 가능한 PINN 기반 정밀 제어 모델 개발	멀티모달데이터 기반 PINN 모델 확보 (AI-Guided LAM)
국산 물리지능행동모델원천기술 확보 및 범용 초정밀제어 AI 플랫폼 구축	
공정 특화형 융합 데이터셋 수집 및 산업용 AI 데이터 플랫폼 구축	PINN 기반 거대행동모델 (물리지능행동모델) 확보 (AI-Embodied LAM)
사전탑재형(Pre-installed) LAM 서비스 모델 및 범용 솔루션 개발	
글로벌 표준 연계 데이터 구조 및 국제 확장 가능한 플랫폼 설계	Physical AI 생태계 조성 및 글로벌 확산 기반 구축
실공정 중심 지역 거점 기반 실증체계 조성 및 전국 확산 전략 수립	
체계적인 운영 거버넌스 마련 및 전주기 운영 인력양성 병행 추진	

인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업		
사업의 범위	기술적 범위	• 제조공정의 물리적 특성을 반영한 PINN 기반 AI 모델 개발 • 고정밀·고신뢰 제어가 가능한 초정밀제어형 LAM 기술 개발 • 산업별 응용 가능한 사전탑재형 정밀제어AI 플랫폼 및 서비스 기술 확보
	시간적 범위	• 2026.01.~2030.12.(60개월)
	지역적 범위	• 경남 창원을 실증 거점으로 설정하여 단계별 확산 전략 추진

□ 추진 전략

○ (추진전략1) 물리지능행동모델 개발을 위한 융합 데이터 수집 및 활용 체계 구축
- 물리지능행동모델 개발을 위해서는 글로벌 빅테크들의 Top-Down 방식이 아닌 글로벌 표준 기반 Bottom-Up 개발을 통한 예산 및 시간 절감 필요
- 물리지능행동모델 특화 데이터스페이스와 AAS를 통한 기업 데이터 주권 확보
- 물리지능행동모델 개발을 위한 실시간 시뮬레이션 및 적용이 가능한 디지털트윈 기술 개발 및 적용을 위한 디지털 새도우 기술 개발

○ (추진전략2) 프로세스 최적화 및 행동에 초점을 맞춘 물리 기반 제조 데이터 확보
- 프로세스/장비별 물리적 제약과 원리를 내재화할 수 있는 인공지능 모델을 개발하고 합성 데이터 생성 시 물리 기반 인공지능 모델을 적용하여 검증
- 물리적 검증이 완료된 합성 데이터뿐만 아니라 대규모 산업단지 실 공정, 행동 데이터 확보를 통해 데이터 정확도 및 신뢰성 확보

○ (추진전략3) PINN 모델과 물리지능행동모델 개발을 위한 해외 빅테크 및 우수 대학과의 협력
- 초정밀 제어 타겟 도메인 특화 글로벌 빅테크 및 우수 연구기관과 공동 연구 및 오픈 소스 생태계 공동 구축 추진

○ (추진전략4) 물리지능행동모델 모델 개발을 위한 글로벌 오픈 이노베이션
- 글로벌 선도 기술 기반 핵심 모델 아키텍처 확보
- 초정밀 제어를 위한 데이터 중심의 학습 생태계 조성
- 글로벌-로컬 협력 기반 통합 실증 및 개방형 혁신

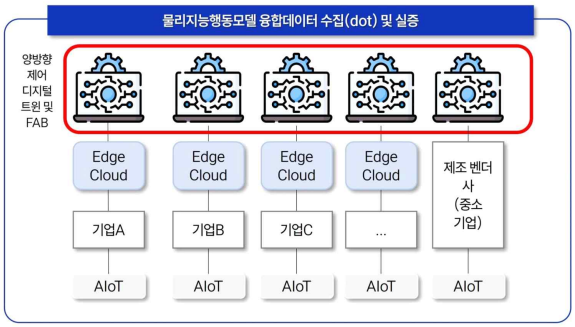
○ (추진전략5) 글로벌 표준화를 통한 개발 비용 절감 및 시장 선점 추진
- 물리지능행동모델 사업단이 주도하는 PINN모델 & 물리지능행동모델 기술 글로벌 표준화 선도
- 모든 프로세스에 따른 PINN모델 개발이 어렵고 개발 비용이 많이 소요되기 때문에 사업 시작 단계에서부터 범용 PINN모델을 개발하고 사용자 참여를 유도해서 지원하는 공정을 확대하는 방식으로 물리지능행동모델을 확장
- 한국형 K-LAM 확산을 위한 글로벌 표준화 기관 협력 기반 글로벌 벤치마킹 플랫폼 구축
- 차세대 PINN 및 물리지능행동모델 산업 육성을 위한 지원 체계 개발 및 성과 확산 고도화

□ 동 사업 구조

1세부 물리지능행동모델 융합데이터 수집 활용 체계 구축 기술 개발

1-1. 물리지능행동모델 현장 융합데이터 수집 체계 구축(10개 과제)

1-2. 물리지능행동모델 융합데이터 제어 기술 개발(5개 과제)



핵심 1 기업데이터 연계 초정밀 제어 현장 중심의 공정 및 액션 데이터 수집·활용 체계 구축

핵심 2 물리지능행동모델 양방향제어 디지털 트윈 기반 인간-AI 협업 물리모델 실증 및 운영 플랫폼 구현

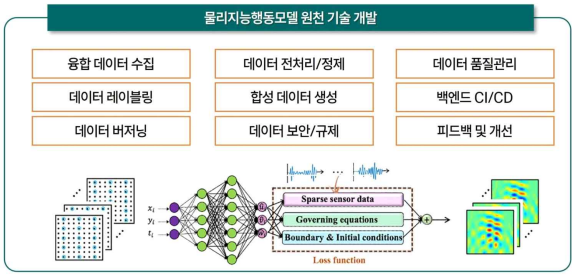
국내 현장 실증 완료 9건 / 글로벌 현장 실증 완료 2건

2세부 초정밀제어를 위한 물리지능행동모델 원천 기술 개발

2-1. 초정밀제어 물리지능행동모델 원천기술 개발(5개 과제)

2-2. 물리지능행동모델 학습 플랫폼 및 테스트베드 구축(3개 과제)

2-3. 의료특화 물리지능행동 원천기술개발(2개 과제)



핵심 1 Co-Working 테스트베드, OT/IT/기업정보 데이터 파이프라인, 실시간 스트리밍 기반 운영 플랫폼 구축

핵심 2 PINN, 월드모델, 행동 생성 모델 등을 포함한 물리지능 내재화 핵심 모델 및 통합 프레임워크 개발

물리지능행동모델 1개, PINN 모델 개발 40개 / PA Agent 기술 개발 9건

3세부 물리지능행동모델 글로벌 표준화 및 확산을 통한 글로벌 사업화 추진

3-1. 물리지능행동모델 글로벌 협업 생태계 조성 및 확산 지원(3개 과제)

핵심 1 미국·유럽 중심의 협력 조직 운영을 통한 표준화 추진 및 국제 네트워크 기반 확산

핵심 2 사업단 중심의 물리지능행동모델 기술 확산 거버넌스 및 연구 조직 운영

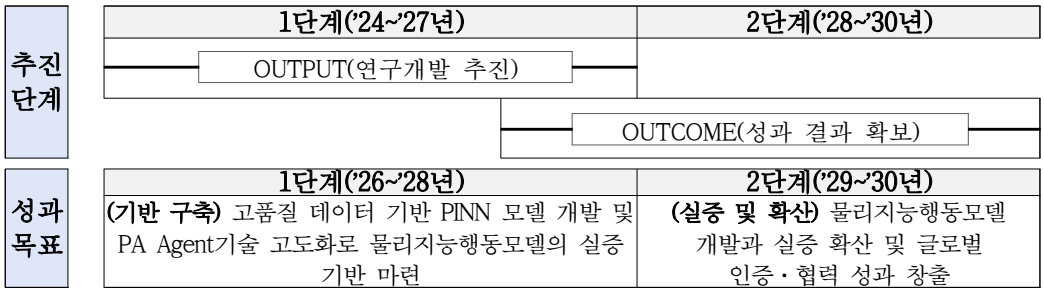
핵심 3 테스트베드(제조·의료·스마트공장) 데이터 통합 관리 및 성과 확산 체계 구축

DTC 기반 인증 8건 및 글로벌 표준화 4건 / 글로벌 현장 사업화 2건 / 기술이전 수입액 10억원 당 0.17억 원

출처 : 사업계획서

□ 동 사업 목표

○ 단계별 성과목표



○ 사업목표 총괄

구분	내용					
전략목표	물리지능행동모델 기반 Physical AI(PA) 글로벌 B2B시장 진출 및 인간-AI협업형 물리모델 시대 구현					
사업 목표	초정밀 제어 특화 물리지능행동모델 실현을 통한 제조·의료 산업의 자율지능화					
성과목표	• 복잡한 물리 현상 예측 성능을 고도화하고 실환경 적용 가능성을 향상하기 위해 제조공정 및 의료에 특화된 물리 기반 신경망(PINN) 모델(40종) 및 물리지능행동모델 개발 • AI가 공정 상황을 인지하고 스스로 의사결정·제어할 수 있는 Agent 기술 개발을 통해 인간-AI 협업형 제조 제어 기술의 핵심 기반을 확보(PA Agent 기술 9종 개발) • 물리지능행동모델 기반 기술의 국제적 통용성을 확보하고 글로벌 생태계 진입 기반 마련(DTC 기반 인증 확보 8건, 글로벌 표준화(DIS/CDV) 4건) • 제조 및 의료 현장 중심의 물리지능행동모델 적용 실증으로 실 사용성 검증 및 기술 수출 기반 확보 (물리지능행동모델 기반 현장 실증 2건) • 물리지능행동모델 생태계 운영 거점(AI-X)을 통한 기술 확산, 협력 강화, 지식 공유 체계 정착 (기술이전 수입액 10억 원 당 0.17억 원)					
단계별 성과목표	1단계 (2026~2028)			2단계 (2029~2030)		
	(기반 구축) 고품질 데이터 기반 PINN 모델과 물리지능행동모델 개발 및 PA Agent 기술 고도화로 Physical AI 실증 기반 마련			(실증 및 확산) 물리지능행동모델 실증 확산 및 글로벌 인증·협력 성과 창출		
성과지표	지표명	목표치	비고	지표명	목표치	비고
	특허등급(SMART) 지수	4.60	질적	특허등급(SMART) 지수	4.88	질적
	SCI급 논문 게재 수	171	양적	SCI급 논문 게재 수	171	양적
	국내외 특허 출원 건수	260	양적	국내외 특허 출원 건수	247	양적
	PINN 모델 개발 건수	40개	양적	DTC 기반 인증 확보 건수	8건	양적
	PA Agent 기술 개발 건수	9종	양적	글로벌 표준화(DIS/CDV) 건수	4건	양적
	국내 현장 실증 완료 건수	9건	양적	글로벌 현장 실증 완료 건수	2건	양적
	-			기술이전 수입액(10억 원 당)	0.17	질적

다. 사업 구성 논리

1. 이슈 / 문제

- 제조 산업의 고정밀 예측 및 자율 제어 기술 수요는 급증하나, 기존 AI는 데이터 기반 패턴 인식에 치우쳐 물리기반 해석력과 실제 제어력 부족
- 산업 현장 중심의 실증형 데이터 수집 및 활용 인프라 미흡, 데이타-모델-제어 간 통합 부족으로 물리 기반 AI(PINN) 및 행동 AI(LAM)의 국내 기술 내재화 수준은 미흡
- 글로벌 제조 강국은 이미 물리+데이터 기반 지능화에 주목하며 PINN·LAM 기술 개발 및 오픈소스 확산 경쟁 중이나, 우리나라는 관련 원천기술과 플랫폼 기술 모두 선진국에 의존
- 과학기술 기반의 산업 디지털전환 가속화가 국가 핵심 과제로 부상하고 있음에도, 제조업 기반 중소·중견기업은 AI 기술의 적용·확산에 구조적 제약 존재

2. 목표

- 한국형 피지컬 AI 원천기술 확보
- 산업 현장에서 실증 가능한 AI-Embodied 자율제어 시스템과 데이터 기반 생태계 조성
- 제조강국 대한민국의 디지털 주권 확보 및 글로벌 기술표준 주도국으로의 도약

3. 수혜자

- (정부) AI 기반 국가전략기술 내재화, 제조업 스마트 전환 및 디지털 주권 확보
- (제조기업) 정밀 제어·탄소저감·생산성 향상 기반 자율화 기술 도입
- (AI·센서·제어 시스템 기업) PINN, LAM, 디지털트윈 기술 기반 신규 솔루션 개발 및 수출
- (국민) 제조업의 경쟁력 강화로 인한 산업 기반 안정 및 양질의 일자리 확대

4. 투입

- 정부출연금 6,000억 원
- 민간 매칭자금 4,000억 원
- 사업기간 5년
- 기술개발 수행을 위한 연구인력 및 인프라
- 기업, 출연연, 대학 등 참여기관

5. 활동

- 세부사업별 세부기술 수행
- 개발성과물의 실증
- 사업운영 및 관리
- 글로벌 표준화 제안
- 인력양성 프로그램 운영 등

6. 산출

- 특허질적지수
- 인간-AI 협업형 물리모델 실증
- PINN모델용 멀티모달 데이터
- 물리지능행동모델 글로벌표준
- 기술이전 수입 등

7. 성과 / 영향

- 현장 실증 기반의 물리지능행동모델 기술 확산 및 고도화
- 글로벌 표준화 및 기술수출 기반 마련
- PI-LAM 생태계 기반 조성과 전문인력 양성

8. 가정(동 사업이 추진되지 않을 시)

- (정밀 제조현장에 특화된 AI 기술 확보 실패로 산업 적용성 한계) 현재 범용 AI 기술로는 복잡한 물리 기반 제조공정의 정밀 제어 및 예측이 어려우며 물리지능행동모델 기반 피지컬 AI 기술이 부재할 경우 디지털 전환의 현장 적용성과 신뢰도 저하가 불가피
- (중소·중견 제조업의 기술 양극화 및 스마트제조 도입 정체) 대기업 중심의 AI 도입이 확산되는 반면, LAM 데이터 수집·활용 기반이 부족한 중소 제조업은 자율제어 및 최적화 기술에서 소외되어 생산성과 품질 격차가 확대
- (글로벌 기술패권 경쟁에서 주도권 상실 및 국제표준 선점 실패) 주요국은 물리기반 AI 기술과 데이터 플랫폼, 행동 생성형 AI(LAM) 분야에서 표준화와 실증을 선도하고 있으나 한국이 기술 선도 및 국제 협력 구조에 참여하지 못할 경우 후발 추종국으로 전락할 위험 존재

[그림 1-1] 동 사업 논리모형

출처 : 사업계획서

라. 사업 내용 및 예산

□ 총사업비 구성

<표 1-1> 총사업비 구성 상세 내역[10)]

(단위: 억 원)

구분			총사업비			
대항목	소항목		합계	국고	지방비	민자
연구개발 (90.8%)			9,081.6	5,449.0	-	3,632.6
연구시설 및 장비 (9.2%)	시설	공사비	-	-	-	-
		시설부대비	-	-	-	-
		부지매입비	-	-	-	-
		기타	-	-	-	-
		합계	-	-	-	-
	장비	일반 장비	918.4	551.0	-	367.4
		특수 장비	-	-	-	-
		합계	-	-	-	-
	합 계		918.4	551.0	-	367.4
기 타 (%)			-	-	-	-
기획평가비			-	-	-	-
합 계			10,000 (100%)	6,000.0 (60.0%)	-	4,000.0 (40.0%)

※ 시설구축비는 제시되지 않음

※ 장비비는 관련 세부과제별로 분산적으로 설정되어 있으며, 장비 관리 관련 비용(관리비, 유지비 등)은 계상되어 있지 않음

10) 추가 제출자료(2025.9.26)

□ 세부사업 내용 및 예산

1세부사업 물리지능 행동모델 융합데이터 수집 활용 체계 구축 기술 개발

(단위: 억 원)

세부기술	국고	민자	계
❶ 물리지능행동모델 현장 융합데이터 수집 체계 구축			
1-1. 물리지능행동모델 AI 융합데이터 수집·활용 플랫폼 기술 개발			
1-1-1. CNC 초정밀 가공/조립 공정 지능형 융합 데이터 수집 및 절삭가공 이상 예측/검지 기술 (CETAI) 개발 및 실증	58.8	39.2	98.0
1-1-2. EWP조립 융합데이터 수집 및 용접 연계 초정밀복합공정 최적화 및 PdM기술 개발	58.8	39.2	98.0
1-1-3. 고무압출 사출성형 공정 융합데이터 수집 및 초정밀 압출 사출 공정 개선 및 품질 최적화 기술 개발	58.8	39.2	98.0
1-1-4. 자동차 부품 경량화 제조를 위한 융합데이터 수집 및 용접&절삭&사출 공정용 능동형 생산체계 구축 기술개발	58.8	39.2	98.0
1-1-5. 플라스틱 사출 연계공정 융합데이터 수집 및 초정밀 생산예측 기술개발	58.5	39.0	97.5
1-1-6. 안전벨트 제조공정 품질예측 및 예방보전 융합데이터 수집 및 생산스케쥴링 최적화 기술 개발	58.8	39.2	98.0
1-1-7. 스마트액츄에이터 초정밀 제조 융합데이터 수집 및 표면실장 공정 기반 정밀 제어 기술 개발	58.9	39.2	98.1
1-1-8. Cooler + WCAC 핵심 연결 공정 융합데이터 수집 및 프레스&용접 복합 공정 최적화 기술 개발	58.7	39.2	97.9
1-1-9. 물리지능행동모델 기반 의료로봇 초정밀 제어를 위한 융합데이터 수집 기술 개발	64.8	43.2	108.0
1-2. 초정밀 제어 물리지능행동모델 기반 양방향 제어 디지털 트윈 기술 개발 및 FAB센터 구축			
1-2-1. 초정밀제어 물리지능행동모델 기반 양방향 제어 디지털트윈 기술 개발 및 FAB센터 구축	215.9	144.0	359.9
❷ 물리지능행동모델 융합데이터 제어 기술 개발			
2-1. 물리지능행동모델 기반 Edge AIoT기술 개발			
2-1-1. 물리지능행동모델을 위한 Edge AIoT기술 개발	103.8	69.2	173.0
2-2. 데이터 연동·공유 스페이스 기술개발			
2-2-1. 물리지능행동모델을 위한 밸류체인 내 제조벤더사 데이터연동 체계 구축 기술 개발	92.4	61.6	154.0
2-2-2. 물리지능행동모델 데이터 연동●공유용 데이터스페이스 기술개발	13.3	8.8	22.1
2-3. 물리지능행동모델 기반 초정밀 제조공정 연계 에너지 최적화 기술 개발			
2-3-1. 물리지능행동모델 기반 초정밀 제조공정 연계 에너지 최적화 기술 개발	43.8	29.2	73.0
2-4. 물리지능행동모델 기반 탄소중립 규제 대응을 위한 탄소 관리·추적·인증 플랫폼 기술 개발			
2-4-1. 물리지능행동모델 기반 탄소중립 규제 대응을 위한 탄소 관리·추적·인증 플랫폼 기술 개발	18.0	12.0	30.0

2세부사업 초정밀제어를 위한 물리지능 행동모델 원천기술 개발

(단위: 억 원)

세부기술	국고	민자	계
3 초정밀제어 물리지능행동모델 원천기술 개발			
3-1. 고정밀 멀티모달 데이터 생성·수집·관리를 위한 실-가상환경 오차 최소화 및 품질관리 기술 개발			
3-1-1. 고정밀 멀티모달 데이터 생성, 수집, 관리를 위한 실-가상환경 오차 최소화 및 품질 관리 기술 개발	496.9	331.2	828.1
3-2. 물리지능행동모델을 위한 적응형 물리상호작용 합성 데이터 생성 기술 개발			
3-2-1. 물리지능행동모델을 위한 적응형 물리상호작용 합성데이터 생성 기술 개발	345.1	230.0	575.1
3-3. 물리지능행동모델 및 프레임워크 개발			
3-3-1. 물리지능행동모델 및 프레임워크 개발	2,090.4	1,393.7	3,484.1
3-4. 실시간 다차원 데이터 파이프라인 구축을 통한 물리지능행동모델 데이터 통합 운영 플랫폼 기술 개발			
3-4-1. 실시간 다차원 데이터 파이프라인 구축을 통한 물리지능행동모델 데이터 통합 운영 플랫폼 기술 개발	168.1	112.1	280.2
3-5. 물리지능행동모델을 위한 KG Registry & Repository 기술 개발			
3-5-1. 물리지능행동모델을 위한 KG Registry & Repository 기술 개발	248.4	165.6	414.0
4 물리지능행동모델 학습 플랫폼 및 테스트베드 구축			
4-1. 물리지능행동모델을 위한 Co-Working 테스트베드 기술개발·실증 및 초정밀 제어용 학습 데이터 플랫폼 구축			
4-1-1. 물리지능행동모델을 위한 Co-Working 테스트베드 기술개발 및 실증 - 초정밀 제어용 학습데이터 플랫폼 구축	372.0	248.0	620.0
4-2. 엣지클라우드와 하이브리드 클라우드 간 데이터 파이프라인 기술 (IT/OT데이터)			
4-2-1. 엣지클라우드와 하이브리드 클라우드 간 데이터 파이프라인 기술 (IT/OT)	127.3	84.8	212.1
4-3. 물리지능행동모델을 위한 보안 및 기술 체계 구축			
4-3-1. 물리지능행동모델을 위한 보안 및 기술 체계 구축	38.9	26.0	64.9
5 의료 특화 물리지능행동모델 원천 핵심 기술 개발			
5-1-1. 물리지능행동모델 초정밀의료 로봇 개발	576.1	384.0	960.1
5-2-2. 의료특화 물리지능행동모델 원천 핵심 기술 개발	160.2	106.8	267.0

※ '세부기술 5'는 예타 신청 시 '4-3'의 하부 과제였으나, 최종 기획보고서에 별도 세부기술로 수정 제시

3세부사업 물리지능행동모델 글로벌 표준화 및 확산을 통한 글로벌 사업화 추진

(단위: 억 원)

세부기술	국고	민자	계
6 물리지능행동모델 글로벌 협업 생태계 조성 및 확산 지원			
6-1. 물리지능행동모델 글로벌 표준화 및 확산 체계 구축			
6-1-1. 물리지능행동모델 글로벌 표준화 및 확산 체계 구축	206.9	138.0	344.9
6-2. 물리지능행동모델 거버넌스 구축 및 사업단 운영			
6-2-1. 물리지능행동모델(PI-LAM) 사업단 운영	147.6	98.3	245.9

제 2 절 조사 방법

1. 과학기술적 타당성 분석

가. 문제 및 이슈 도출의 적절성

○ 주관부처 제시 문제/이슈의 적절성 검토

○ 동 사업에서 제시하는 문제/이슈의 해결 방안의 적절성 및 관련 근거 검토

나. 사업목표의 적절성

○ 동 사업 목적 및 목표(특허, 논문, 모델 개발, 인증, 실증 등 건 수)가 신정부 목표(AI 3대 강국)를 실질적·직접적으로 반영하고 있는지 검토

○ 문제/이슈 해결을 위한 사업목표 설정의 적절성 검토

○ 사업목표와 성과목표의 적절성, 도전성 검토

○ 문제/이슈, 사업목표 등 설정 시 수혜자가 적절히 표적화되었는지 검토

다. 세부활동 및 추진전략의 적절성

○ 수요조사의 적절성 검토

○ 주관부처에서 제시한 시급성을 고려, 사업기간/세부과제의 연구기간의 적정성 검토

○ 세부사업들이 하나의 대형 사업에 포함되어 동시에 진행되어야 할 당위성 검토 (세부활동이 모두 수행되어야 사업목표를 달성할 수 있는 것인지)

○ 동 사업 세부과제 간 중복성 검토

○ 동 사업에 필요한 데이터 취합을 위한 전략이 적절히 수립되어 있는지 검토

○ 동 사업은 특정 지역을 대상으로 장비구축 및 실증사업을 추진하므로, 예비타당성 조사 관점에서의 형식 요건 검토

2. 정책적 타당성 분석

가. 정책의 일관성 및 추진체제

○ 최근 발표된 정부 정책의 추진과제와 동 사업 내용과의 부합성 검토

○ 사업주체 역할의 적절성 검토

- 동 사업의 전략적 입지로 제시한 지역(경남 창원)의 추진 의지 검토
- 장비 구축 대상 지역(기관) 및 장비 운영 기관 선정의 적절성 검토

나. 사업 추진상의 위험요인

○ 민간 재원 조달 계획의 타당성 검토

○ 추진체계 및 추진전략 구성에 있어 법·제도적 위험 요인 검토

3. 경제적 타당성 분석

가. 비용 검토

○ 세부사업별/세부과제별 소요예산 산출 내용 및 근거의 적절성 검토

○ 장비·기자재 등 비용 규모, 비용 항목 및 근거의 적절성 검토

제 2 장 기초자료[11] 분석

제 1 절 Physical AI 정의 및 특징

1. 피지컬 AI (Physical AI) 개요

○ (등장 배경) CES 2025에서 미국 엔비디아의 최고경영자(CEO) 젠슨 황이 차세대 미래 먹거리로 피지컬 AI (Physical AI)를 언급

- (개념) 물리적 형태를 가진 디바이스(로봇, 자율주행차 등)에 AI를 탑재하여 실제 세계와 상호 작용하는 기술 및 시스템을 의미
- (기존 문제) 실제 세계와 상호 작용하는 AI 개발의 어려움 존재. 예를 들어, 공장에 설치된 작업용 AI 로봇이 어느 강도로 물건을 쥐어야 하는지를 학습하려면 실제 환경에서 수집한 방대한 양의 데이터와 수많은 테스트가 필요하기 때문에 AI 개발이 쉽지 않음
- (제안 방법) 엔비디아는 피지컬 AI 개발 플랫폼인 코스모스를 공개. 코스모스는 현실을 모사한 가상 시뮬레이션 공간(디지털 트윈)에서 무수한 시나리오를 발생시키면서 데이터 수집·AI 학습·테스트를 수행하면서 실제 환경의 디바이스(로봇, 자율주행차 등)에서도 문제없이 동작할 수 있는 AI 개발을 돕는 개발 플랫폼(도구)임

2. 피지컬 AI의 개념[12]

○ 생성형 AI와 AI 에이전트를 잇는 차세대 AI 기술 트렌드로 AI 기반모델, 로봇공학, 고성능 센서 등의 융합을 통해 지능의 물리적 구현을 가능하게 한 기술 진화의 집약체

- AI가 물리적 실체 안에 구현되어 센서와 액추에이터 등을 통해 현실 세계를 인식하고, 자율적으로 판단·행동함으로써 환경과 유기적으로 상호작용할 수 있는 시스템

○ 물리적 환경과 상호작용 하며 이 과정에서 발생한 정보의 모호성(ambiguity), 불완전성(incompleteness), 불확실성(uncertainty) 등을 처리하는 능력이 핵심 역량으로 요구

---

11) 기획보고서 등을 참조하여 재구성

12) “피지컬 AI의 현황과 시사점”, 소프트웨어정책연구소, 2025.5.13.

○ 관련 기술 발전과 함께 전통적 로봇공학을 넘는 개념으로 확장되며 특히 과학 및 공학 연구 분야 전반의 AI의 응용 가능성을 입증해 산업 분야로의 확장 가능성에 주목

- 전통적인 딥러닝 기법에 편미분 방정식(PDE) 등 물리 법칙을 내재화하여 학습하는 물리 정보 신경망(PINN, Physics-Informed Neural Networks) 기술이 개발되며 데이터 부족 상황에서도 물리적 정합성과 예측 신뢰성을 확보할 수 있는 방향으로 진화

<표 2-1> 피지컬AI 정의

구분		정의
학계	Miriyec&Kovac (2020)	지능형 유기체와 관련된 작업을 수행할 수 있는 물리적 시스템을 만드는 이론과 실제
	Yingbo Li(2021)	센서·액추에이터·AI 알고리즘이 통합된 시스템으로 물리적 세계에서 자율적으로 작동하는 지능형 시스템
	Yang Liu(2024); SJ Oks(2024); Zikai Zhao (2024)	기존의 임바디드 AI, 소프트 로보틱스, 사이버물리시스템(CPS), 적응형 AI 등 개념들과 밀접하게 연결
연구계	AI4EU(2020)	물리적 환경과의 직접적인 상호작용이 수반되는 문제를 해결하기 위해 AI 기술을 활용
	WEF(2025)	기계공학, AI, 센서, 연결성의 융합을 통해 현실 세계에서 자율적으로 작동하는 시스템
산업계	Nvidia(2025)	현실 세계에서 복잡한 행동을 인신, 이해 및 수행할 수 있는 자율 시스템
	Google Deepmind(2025)	AI가 인간처럼 물리 환경에서 안전하고 유연하게 상호작용할 수 있도록 진화해야 한다는 관점
	USAII(2025)	AI가 데이터 처리를 넘어 실제 세계에서 물리적 상호작용을 지능적으로 수행하는 기술

출처 : 「피지컬 AI의 현황과 시사점」, 소프트웨어정책연구소, 2025.5.

3. 기존 AI와의 차이

○ 피지컬 AI는 기존 AI에 물리적 제어까지 추가되는 확장된 개념

<표 2-2> 기존 AI와의 비교

구분	기존 AI	피지컬 AI
형태	소프트웨어	로봇, 차량 등 물리적 실체 존재
입력/출력	디지털 데이터 ↔ 정보 결과	센서 데이터 ↔ 물리적 제어(행동)
주요 목적	인지적 작업(예측, 분석, 생성)	현실 세계와 상호 작용
예시	언어모델, 추천 시스템	자율주행차, 로봇 팔, 드론

○ (예시) 자율주행 AI 분야

- (기존 AI) 자율주행차 안에서 판단·예측만 하는 소프트웨어
  예) 신호등 인식: “빨간불이다”라고 판단

- (피지컬 AI) 판단·예측 + 물리적 제어까지 수행하는 운전하는 지능
  예) 신호등 인식: 빨간불 인식 후, 브레이크를 밟아 멈춤

4. 피지컬 AI를 위한 필요 요소

○ 가상 시뮬레이션 환경

- AI 모델의 학습 및 테스트를 수행할 수 있는 가상의 공간
- 기존의 디지털 트윈, CPS(Cyber-Physical System)과 유사한 개념
- 실제 세계(real world)를 모사해놓았기 때문에 가상 환경에서 학습된 AI 모델은 실제 환경의 디바이스(로봇,자율자동차 등)에 적용 가능
- 엔비디아의 코스모스 플랫폼에는 물리 법칙과 공간적 특성을 이해하는 월드 파운데이션 모델(WFM)이 탑재되어 있어서 실제 세계의 환경을 정확하게 시뮬레이션하는 것이 가능하다고 함
- 코스모스의 핵심인 WFM은 9,000조 개의 토큰 데이터로 학습됨. 여기에는 자율주행, 로보틱스 등에서 수집한 2,000만 시간 분량의 데이터가 포함되어 있다고 함
- 결국, 피지컬 AI의 핵심은 가상 시뮬레이션 환경을 실제 세계와 얼마나 가깝게 구성하느냐. 여기에는 엄청난 비용이 소요될 수 있음

○ AI 모델

- 실제 환경에서 물리적 상황을 인식하여 판단 및 의사 결정을 수행
- 가상 시뮬레이션 환경에서 학습되는 것을 가정하고 있으나 실제 환경의 데이터가 충분하다면 실제 세계에서 학습하는 것도 가능
- 월드 파운데이션 모델(WFM)과 같이 물리 세계를 이해하는 모델과 AI가 실제 수행까지 수행하는 LAM(Large Action Mode)까지 포함하기도 함

○ 센서(Sensor)

- 실제 물리 환경의 데이터를 수집할 수 있는 카메라, 라이다, 레이더, 마이크, 촉각 센서, IMU(Inertial Measurement Unit) 등

○ 구동 장치(Actuators)

- AI 모델의 결정을 실제 물리적 행동으로 변환하는 기계 장치

○ 디바이스: 하드웨어 형태의 로봇(팔), 자율주행차, 드론, 웨어러블 등

○ 그 외: 컴퓨팅 인프라, 네트워크/통신, 전력/에너지 시스템

5. 피지컬 AI 기술 현황

○ 피지컬 AI는 주요 기술 수준과 형태에 따라 휴머노이드형, 자율주행차형, 드론형, AGV·AMR형으로 분류되며, 각각의 기술 통합 방식과 구현 목표에 따라 서비스, 물류, 제조, 돌봄, 국방 등 다양한 산업 환경에 특화된 형태로 개발 및 활용 중

○ (휴머노이드형) 인간형 로봇 구현을 목표로 하는 피지컬 AI 관련 대표적 기술 분야로 AI 기술 발전 및 하드웨어 생태계 성숙화에 따라 고도화 추세

- 미국은 해당 분야의 혁신을 선도하며 급속히 발전하는 로봇 기술과 함께 비전-언어 모델(VLM), 자율 제어 알고리즘 등 혁신 AI 기술로 휴머노이드형 피지컬 AI를 개발
- 중국은 로봇 핵심 부품 공급국이자 제조기반 강국으로서, 산업용 로봇 기술을 기반으로 휴머노이드형 피지컬 AI의 상용화를 빠르게 진전시키는 추세

○ (자율주행차형) 피지컬 AI의 대표적인 응용 분야로 센서, 하드웨어, 소프트웨어, AI 등이 복합적으로 통합되며 고도화되는 중

- 미국과 중국은 자율주행차형 피지컬 AI의 하드웨어·소프트웨어 전 영역에서 지속적인 진화를 이끌고 있으며, 완전 자율주행 구현을 위한 학습 알고리즘, 센서 데이터 융합, 경로 계획 기술 등이 핵심으로 부상

○ (드론형) AI 및 자율비행 기술, 고성능 정밀 센서, 통신 인프라(5G/6G), 클라우드 기반 제어 시스템의 발전을 토대로 군사용, 상업용, 소비자용 등 활용 범위가 확장

- 기업들은 AI 자율비행, LiDAR 센서, 5G 통신, 고해상도 카메라 등 첨단 기술을 적용해 드론의 활용 범위를 넓히고 있으며, 농업, 건설, 물류, 공공안전, 환경 모니터링, 군사· 안보 등 다양한 산업 분야에서 드론의 활용이 더욱 확대

○ (AGV[13]·AMR[14]형) AI·센서·통신 인프라 고도화에 따라 기술적으로 발전하고 있으며 산업 자동화를 주도하는 핵심 피지컬 AI 솔루션으로 주목

- AGV는 정형화된 공정 환경에 적합하며 제한적 AI 기능이 결합되고 있으며, AMR은 비정형 환경에서 자율 판단 및 이동이 가능한 고도화된 피지컬 AI로 발전

---

13) AGV(Automated Guided Vehicle): 자기유도선, QR, 마그네틱 등 사전 정의된 경로를 따라 자재를 운반하는 자동화 차량으로 정형화된 공정 환경에 특화되어 있으며, 최근에는 제한적 AI 기능을 갖춘 지능형 AGV로 진화

14) AMR(Autonomous Mobile Robot): SLAM(Simultaneous Localization and Mapping), 컴퓨터 비전, LiDAR 기반 자율 경로 생성 및 장애물 회피 기능을 갖춘 피지컬 AI로, 비정형 환경에서도 동적 판단과 자율 이동이 가능

□ 글로벌 특화 파운데이션 모델 동향

○ 기상 및 기후

- Microsoft Aurora: 날씨, 대기오염, 싸이클론 경로 등 예측
- Huawei Pangu-Weather: AI 기상모델. 전지구예보 1.4초
- Google GraphCast: 그래프신경망 기반 모델. 유럽 ECMWF 수치해석 모델 능가

○ Physical AI

- Google RT: 로봇공학 파운데이션 모델, 로봇 제어 VLA
- NVIDIA Cosmos: 2만시간의 인간 상호작용, 환경, 산업, 로봇, 운전데이터 학습

○ 헬스케어 및 생명과학

- DeepMind AlphaFold: 단백질 구조 예측
- Meta ESM-2: 그래프 신경망 기반 단백질 기능 예측
- 유전체학: DNABERT-2(1.2B), Nucleotide Transformer(2.5B), GENERator(1.2B)
- Google HAI-DEF(Health AI Developer Foundations): 의료 이미지 오픈소스 모델

○ 화학 및 재료과학

- IBM FM4M: SMILES, SELFIES, 분자그래프, 3D 원자 위치 표현 지원

○ 금융

- BloombergGPT(시장 분석 특화), FinBERT(금융 분석 특화)

○ 과학 연구

- NASA Foundation Models: 우주과학 데이터 중심 LLM
- SciFMS(Scientific Foundation Models): 과학분야 중심 LLM

○ 법률

- SaulLM: 영문 법률 데이터 300억토큰 학습, LawGPT-zh: 중국 법률 데이터 학습

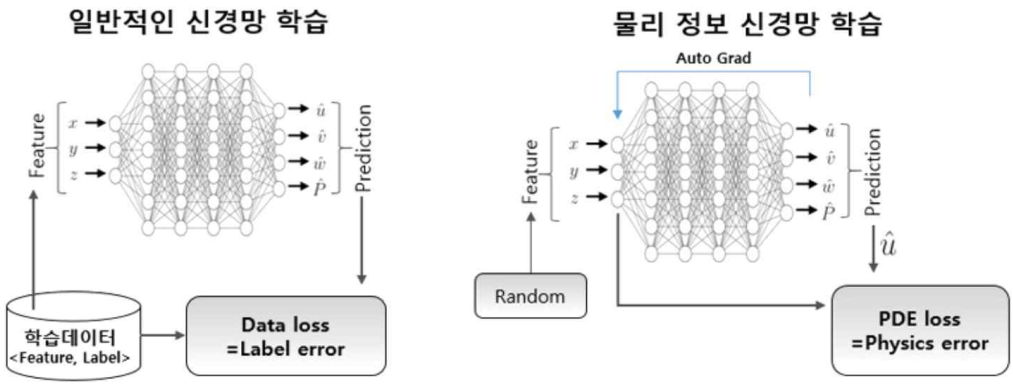
제 2 절 물리정보신경망(PINN)의 개념

1. 개요

□ AI의 학습 과정에서 물리 기반 방정식을 손실 함수에 통합함으로써, 기존 데이터 기반 모델의 한계(데이터 편향, 물리 부정합 등)를 극복할 수 있는 신뢰 기반 학습 기술

○ 일반적인 신경망은 학습 데이터만을 사용하여 학습하며 손실 함수는 원본 데이터와 학습 모델에서 예측한 데이터에서의 레이블의 불일치 정도를 최소화하도록 학습

○ 반면, 물리 정보 신경망은 물리 방정식 자체를 손실 함수에 사용하여 샘플링한 데이터가 물리 법칙을 만족하도록 학습을 진행[15)]



[그림 2-1] 일반적인 신경망과 물리신경망(PINN)의 학습 방법

출처 : 「AI 기반 물리 정보 신경망을 이용한 시뮬레이션」, SAMSUNG SDS, 2023.1.

○ AI가 '경험 데이터에 의존'하는 방식이라면 PINN은 '물리 법칙을 알고 있는 AI'로, 극한 상황이나 실험 불가능한 조건, 복합 물리 현상이 중첩되는 상황에서 설명 가능한 예측을 제공

○ 특히 제조업에서 온도, 압력, 유동 등 서로 얽힌 물리 현상의 해석이 필요한 공정이 존재하며 이때 PINN을 적용하면 공정 간 정합성 확보와 예측 정확도 향상이 가능

- 제조업 내에서도 PINN(물리정보 신경망)을 활용한 부품 설계 최적화는 유망한 접근 방식으로 부품 설계에서 발생하는 복잡한 물리적 문제를 효율적으로 해결 가능하며, 설계 변수와 물리적 제약 조건을 동시에 고려할 수 있어 설계 효율을 향상 가능

15) "AI 기반 물리 정보 신경망을 이용한 시뮬레이션", SAMSUNG SDS, 2023.1.18.

<표 2-3> 부품설계 최적화 과정 내 PINN 활용 방안

구분		주요내용
적합성	물리 기반 제약 조건 포함	· PINN은 구조강도, 열전달, 유체역학 등 설계와 직결된 물리 방정식(PDE)을 학습 손실 함수에 직접 통합함으로써, 설계 과정에서 발생하는 물리적 요구사항을 자연스럽게 반영 가능
	복잡한 설계 공간 탐색	· 기존 최적화 방식은 설계 변수 간 상호작용이 비선형일 경우 계산 비용이 급증하나, PINN은 물리법칙에 기반해 효율적으로 해를 탐색
	데이터 부족 문제 해결	· 초기 설계 단계에서 실험 데이터가 부족해도, 물리 방정식을 통해 예측이 가능하므로 적은 데이터로도 높은 신뢰성 확보
	다분야 설계 최적화(MDO)	· 구조, 열, 유체 등 복수의 물리 영역을 통합하여 학습 가능하며, 열응력 문제 등 복합 해석에도 적용 가능
최적화 절차	문제 정의	· 최적화하려는 설계 변수(예: 부품 두께, 형상, 소재)를 설정 · 물리적 제약 조건(예: 최대 응력, 열전달 효율, 유체 흐름 특성)을 정의
	물리 방정식 통합	· 설계 문제에 해당하는 물리 방정식(예: 구조 해석을 위한 탄성 방정식, 열전달 방정식, 나비에-스토크 방정식 등)을 PINN에 통합
	목적 함수 설정	· 설계 목표를 정의(예: 강성 최대화, 무게 최소화, 열전달 효율 최적화 등) · PINN의 손실 함수에 데이터 손실(실험 데이터)과 물리 손실(물리 방정식)을 포함
	학습 및 최적화	· PINN 모델을 학습하여 최적 설계 값을 도출 · 최적화 도구와 결합하여 설계 변수를 반복적으로 조정
	결과 검증	· 도출된 설계가 실제 물리적 제약 조건을 만족하는지 시뮬레이션이나 실험으로 검증
활용사례	자동차 부품 설계	· 서스펜션, 섀시, 엔진 부품 등 경량화·강도 동시 고려함으로써 공력·강도 정합설계 기반 설계기간 단축
	항공우주	· 날개 구조물의 공기역학 성능 및 응력 해석 통합을 통해 공력-구조 최적화 설계
	전자기 부품	· 히트 싱크 등 열 방출 구조 최적화르 통한 소형화·고출력 부품의 발열설계 향상
	3D 프린팅 설계	· 프린팅 경로·재료 분포 설계 최적화를 통한 적층 구조물의 성능-재료 활용 동시 개선

출처 : 기획보고서

- PINN은 '분석 주도 설계(Analysis-Led Design)' 접근을 구현할 수 있는 기반 기술로, 설계와 물리 해석의 통합을 통해 고차원 복합 최적화 문제에 효율적인 대응 가능

<표 2-4> 분석 주도 설계 과정 내 PINN 활용 방안

구분		주요내용
적합성	물리 기반 모델링	· PINN은 물리 방정식을 신경망 학습에 통합하므로, 설계와 분석을 하나의 프레임워크에서 수행 가능 · 설계 변화가 물리적 제약과 어떻게 상호작용하는지 실시간으로 분석하여 반영 가능
	하이브리드 설계 학습	· PINN은 데이터 기반 설계 방식과 물리 방정식 기반 모델링을 통합하여, 실측 데이터가 부족한 초기 단계에서도 물리적 정합성과 신뢰성을 확보하며 설계 가능
	속도와 효율성	· 기존의 반복적인 시뮬레이션 기반 설계 최적화에 비해 계산 효율성이 높아 설계 주기를 단축 가능 · 설계 변경 시 즉각적으로 물리적 영향을 평가 가능
	다분야 통합 분석	· PINN은 구조, 열, 유체, 전자기 등의 여러 물리적 현상을 동시에 고려할 수 있어 다분야 설계 최적화(Multidisciplinary Design Optimization, MDO)에 적합
최적화 절차	문제 정의	· 설계 목표를 명확히 정의 · 물리적 제약 조건과 설계 변수를 명시
	물리 모델 통합	· 물리적 제약 조건과 설계 목표를 손실 함수에 반영 · 데이터 기반 손실 + 물리 기반 손실을 함께 최적화
	손실 함수 구성	· PINN을 학습시켜 설계 공간에서 최적의 해를 탐색 · 설계 변화에 따른 물리적 성능을 평가하여 반복적으로 개선
	모델 학습 및 설계 최적화	· PINN 모델을 학습하여 최적 설계 값을 도출 · 최적화 도구와 결합하여 설계 변수를 반복적으로 조정
	결과 해석 및 검증	· 설계 결과가 물리적 제약 조건을 만족하는지 시뮬레이션 또는 실험으로 검증 가능하며, 필요 시 추가 설계 반복 수행
활용사례	자동차 산업	· 경량화를 목표로 하면서 충격 흡수 성능을 유지하는 설계 가능
	항공우주	· 공기역학 성능과 구조 강성을 동시에 최적화한 날개 설계 가능
	전자기 부품	· 히트 싱크의 열 방출 효율 극대화와 제조 비용 절감이 가능한 설계
	3D 프린팅	· 형상 최적화 설계를 통해 재료 사용량을 줄이면서도 강도를 유지

출처 : 기획보고서

2. 전망

□ PINN은 유연한 구조와 강력한 모델링 능력을 바탕으로, 디지털 트윈, 자율 시스템, 스마트 센서 등 다양한 분야로의 확장 가능성이 주목

○ 복잡한 물리 현장을 대상으로 물리법칙 기반의 정합성 있는 예측이 가능하다는 점에서 데이터 부족이나 기존 해석의 한계를 극복하는 혁신 기술로 부상

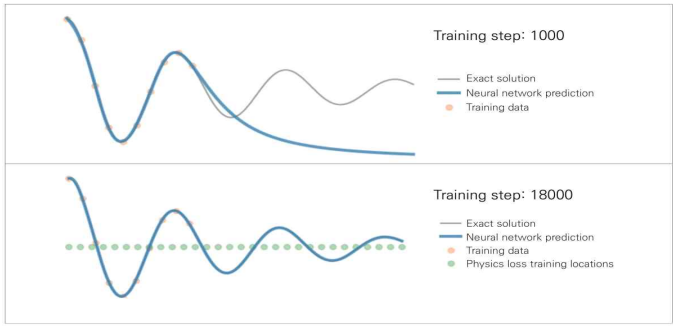
<표 2-5> PINN의 응용 분야

구분	주요내용
혈류역학	· Navier-Stokes 방정식을 PINN에 적용하여 의료 영상 기반의 혈류 속도 및 압력 예측을 수행. 비침습적 방식으로 환자 상태 변화에 빠르게 대응 가능하며, MRI 흐름 데이터 기반의 정합성 높은 시뮬레이션 가능
난류해석	· 자화 충돌 상황의 플라즈마 난류장 해석에 PINN을 적용하여 관측되지 않은 운동 물리량을 추론. 기존 분석법으로 어려웠던 난류 모델 검증을 가능하게 하며, 추진 엔진 및 천체물리학 분야에 적용 중
분자 동역학	· 극소 수의 분자를 기반으로 나노유체의 점도 예측, 산란 이미지로 나노 클러스터의 형상·방향 재구성. 실험 산란 데이터의 정합 예측 및 새로운 기하학적 구조 도출 가능
산업 응용	· 풍력터빈 윤활유 열화 진단에 PINN을 적용해 육안검사에서 수집된 노이즈가 많은 데이터를 바탕으로 손상 누적을 학습하고 신뢰도 높은 예측 모델을 구축. 설비 상태 예지 및 예방 정비 시스템에 효과적으로 활용 가능

출처 : 「물리정보 신경망과 응용 연구」논문 발췌, 이상민, 2022.12.

○ 엑사스케일 컴퓨팅[16] 시대에 AI 딥러닝 기술 기반의 시공간 정보의 학습 데이터와 물리 모델의 통합으로 숨겨진 과학 발견 및 고차원 문제 해결 기술 필요[17]

- AI, 기계학습 및 대규모 시뮬레이션에서 실제 대규모 데이터 소스의 복잡한 처리 및 분석에 요구되는 핵심기술이 필요하며, PINN은 물리 법칙을 신경망의 일부로 인코딩하여 문제를 해결하는 새로운 컴퓨팅 시대의 선도적 수치해법
- 엑사스케일 컴퓨팅에서 PINN은 최소한의 데이터 입력으로 복잡한 물리적 시스템을 효율적으로 시뮬레이션하는 방법을 제공



[그림 2-2] PINN의 학습 우수성

출처 : 「물리정보 신경망(Physics Informed Neural Networks, PINN)의 현황과 전망」, KISTI, 2024.9.

16) 엑사스케일 컴퓨팅: 엑사스케일 컴퓨팅은 초당 1엑사플롭 이상의 부동 소수점 연산이 가능한 새로운 수준의 슈퍼컴퓨팅으로 컨버지드 모델링, 시뮬레이션, AI, 분석 등 광범위한 워크로드를 지원

17) "물리정보 신경망(Physics Informed Neural Networks, PINN)의 현황과 전망", KISTI, 2024.9.27.

- 전반적으로 PINN은 복잡한 물리적 시스템을 정확하고 효율적으로 시뮬레이션하는 방법으로 실제 현상을 더 빠르고 보다 정확하게 예측하고 더 잘 이해할 수 있도록 함으로써 엑사스케일 컴퓨팅에서 과학·공학 연구에 중요한 역할을 할 것

○ 향후 PINN은 단일 목적의 정적 모델을 넘어, 멀티물리·멀티도메인 해석과 실시간 제어까지 연계되는 피지컬 AI의 코어 기술로 자리 잡을 전망

- 디지털 트윈, 예측 정비(PHM), 공정 최적화, 적응제어 등에서 기존 모델의 한계를 극복하며, 고신뢰 예측과 자율 제어를 통합하는 엔진 기술로 자리잡는 추세
- 제조 LAM(대규모 행동 모델)과 연계될 경우, 시뮬레이션 기반 의사결정, 복잡한 실험 설계 자동화 등 물리 세계 기반의 '인지적 추론' 기능으로 고도화될 것으로 기대

제 3 절 대규모 행동 모델(LAM)의 개념

□ 복잡한 물리 지식을 언어적 방식으로 이해하고 설명할 수 있는 AI 모델로, 시뮬레이션 해석, 제어 조건 설명, 실험 계획 수립 등에서 피지컬 AI의 인지적 추론 능력을 강화

○ 방대한 데이터에만 의존하는 LLM과 달리, LAM은 순환신경망(RNN, Recurrent Neural Network)[18]과 신경 기호 프로그래밍을 결합한 하이브리드 접근법을 활용

○ 인간의 지각 - 이해 - 판단 - 행동을 통합적으로 모사하기 위한 차세대 AI 프레임워크로, 기존 LLM·LMM과 차별화되는 실행 중심(Execution-centric) 아키텍처를 채택

<표 2-6> 주요 구성 요소

구분	주요내용
입력 처리 모듈 (Input Parsing & Perception Layer)	· 텍스트, 음성, 시각 정보 등 멀티모달 입력을 처리하며, 사용자 목적/명령을 파악하기 위한 프롬프트 디코딩, 자연어 명령 분해, 의도 인식(intent recognition) 수행 · 컴퓨터 비전, 음성 인식, 위치/상태 센서 등의 입력을 통합하여 상황 지각(Contextual Awareness) 능력을 확보
의사결정 및 계획 모듈 (Planning & Reasoning Engine)	· 인식된 상황에 따라 구체적인 행동 목표와 수행 단계를 설정하는 계층적 계획수립(Hierarchical Task Planning) 기능을 수행 · 주로 강화학습(RL), 트리 기반 탐색 알고리즘, 확률적 추론(POMDP), 신경 기호 통합 기법(Neuro-symbolic) 등이 활용 · LLM과 RNN 또는 Transformer 기반 순환 구조를 결합해, 과거 경험 기반 상태-행동 연속성 유지 및 장기 전략 수립을 지원
실행 제어 모듈 (Action Controller & Actuator Bridge)	· 계획된 행동을 실제 환경에서 수행하기 위해, 동작 시퀀스 생성, 제어 신호 전환, 실행 모니터링 등 기능 보유 · 특히 로봇, 디지털 UI, IoT 디바이스 등 다양한 물리적·가상 인터페이스와의 연동을 위해 API 호출, GUI 조작, 음성 명령 전송 등 멀티 채널 실행 구조로 설계
피드백 루프 및 학습 모듈 (Feedback & Adaptation Layer)	· 실행 결과를 실시간으로 수집하여, 성공/실패 여부, 효율성, 사용자 반응 등을 평가함으로써 지속적 성능 개선 가능 · Reinforcement Learning, Imitation Learning, Meta-Learning 등이 적용되어, 경험 기반 학습과 맥락 적응 능력 확보 · 일부 LAM은 시뮬레이션 기반 자기 학습(Sim-to-Real) 구조를 적용하여 현실 환경 적용 전 학습 완료 가능

출처 : 「Large Action Models (LAMs) With Examples and Challenges」, Analytics Viddhya, 2025.4.

18) 순환신경망: 시간의 흐름에 따라 변하는 시계열 데이터를 효과적으로 학습하기 위한 인공신경망으로, 과거의 출력 결과를 반복적으로 참조하여 현재 출력에 반영함으로써 연속적인 데이터 처리의 한계를 극복

제 4 절 인공지능 관련 국내 동향

1. 국내 정책 동향

□ 국가 AI 전략

독자적 AI 모델	AI+X	AI 인프라	법·제도
국가대표AI 선발(5개팀) 풀스택R&D('26년 2.3조원)	인공지능 대전환 AI팩토리 1,000곳 육성	AI 고속도로 구축 GPU확보+국가AIDC	국가AI전략위원회 강화 인재육성 특별법 발의
'AI 3대 강국 도약'을 위한 전방위적 투자, 독자적 AI 생태계와 AI 인프라 구축 추진			

○ 독자적 AI 모델 개발

- (국가대표AI) 독자 AI 파운데이션 모델 프로젝트 (GPU 4,500억원, 데이터 800억원 지원)
- 5개 컨소시엄* 선정, 6개월 단위로 성과를 측정하며 2027년까지 2개 팀으로 압축

  * (주관사) 네이버클라우드, 업스테이지, SK텔레콤, NC AI, LG AI 연구원

○ 산업별 특화 파운데이션 모델 개발

- '인공지능 대전환'(AI+X)을 위한 산업별 특화 전략 및 주권 확보
- "사회 전 분야 AI 대전환 추진" (새정부 경제성장전략 관련 당정협의, '25.8.20)
- (새정부 경제성장전략) 기업 중심 7대 선도프로젝트*로 Physical AI 1등 도약

  * AI로봇, AI자동차, AI선박, AI가전, AI드론, AI팩토리, AI반도체
- 우리나라 주력 산업인 제조현장에 AI가 접목된 'AI 팩토리' 1,000곳 육성(~'30년)

○ AI 인프라 구축

- (GPU) 세계적 AI 역량 확보를 위해 GPU 5만장 조기 확보 추진
- 현재 3개 기관*을 선정하여 GPU 1.3만장 확보 중

  * NHN클라우드(B200 7,656장), 카카오(B200 2,424장), 네이버클라우드(H200 3,056장)
- (데이터센터) GPU 1.5만장 규모의 국가 AI컴퓨팅센터 구축
- 상반기 두 차례 유찰되었으나 민간 사업조건 개선을 통해 하반기 재공고 예정

  ※ AI·AX 대학원 육성, 해외 우수인재 유치 등 인력양성 및 확보 전략 추진

○ AI 생태계 조성을 위한 법·제도

- 국가 AI 컨트롤 타워 역할 '국가AI전략위원회'(현 국가AI위원회) 출범 예정(9월)
- '대한민국 AI 액션플랜' 발표 예정
- 'AI기본법' 하위법령(시행령·고시 등)을 규제 최소화 원칙 하에 마련할 계획

- ‘인공지능 인재 육성 및 활용에 관한 특별법’ 여야 공동발의(8.20.)

□ AI 등 신산업 집중육성

○ AI 3대 강국 진입을 목표로 혁신 생태계 구축과 미래 전략산업 육성에 초점을 맞추어 강화된 AI 개발 및 투자부터 인프라 구축, 법·제도 마련 등을 제시

○ 인공지능 대전환(AX)을 통한 AI 3강 도약

- 인공지능 대전환(AX)으로 혁신 생태계 구축 및 일자리 창출
- 인공지능 생태계의 핵심기술 및 기반 확보
  · 거대언어모델(LLM)·소규모언어모델 연구개발 사업화 지원
  · 산업 및 서비스 분야 Physical AI 산업 육성
- 인공지능 기술 중심의 스타트업 활성화 및 인공지능 활용 격차 해소
- 아태 지역(APAC) NO.1 AI Hub 구축
- 글로벌 AI 협력 체계 구축
- 세계 최고의 AI 인재 양성체계 마련

○ AI 시대, 차세대첨단기술 개발 투자강화

- AI 혁명의 핵심 인프라 기술 지원 강화
- 차세대 AI 반도체 기술개발 및 산업생태계 육성

○ 세계 최강 AI 인프라 구축

- AI 데이터센터 건설을 통한 ‘AI 고속도로’ 구축
- 국가 인공지능 혁신 거점 육성
- AI 데이터센터를 ‘차세대 국가 SOC’로 규정 후 지원 총력 체계 마련

○ 손쉽고 안전한 데이터 활용을 위한 법·제도 마련

- 제2차 디지털 뉴딜로 인공일반지능 학습 데이터 개발 및 확보 지원

○ 국민 누구나 AI를 쉽고 편리하게 사용할 수 있는 나라 구현

- 인공지능을 가장 잘 사용하는 국민, AI Testbed Korea 건설
- 전 국민 AI 접근권 보장 및 AI 리터러시 역량 강화

□ 인공지능 일상화 및 산업 고도화 계획

○ 대한민국 디지털 전략과 신성장 4.0전략의 실행계획으로, 초거대AI·AI 반도체·글로벌 협력을 통해 AI의 일상화·산업 고도화·글로벌화를 동시에 실현하며 국민과 산

업의 디지털 혜택 공유와 혁신을 추진

○ 초거대·차세대 AI로 진화하며 AI 일상화, 산업 고도화, 글로벌화를 달성해 세계 최고수준의 AI 강국으로 도약하기 위한 추진 목표 수립

○ 대형 수요 창출로 AI 산업성장 견인

- (전국민 AI 일상화 프로젝트) 전국민 AI 일상화 추진, 국민생활 밀접 분야 사전 실증
- (공공·산업 AI 전면융합 프로젝트) 공공부문 AI 융합 확대 및 AI 기반 全산업 디지털 전환
- (AI기업 성장 지원 프로젝트) AI 新제품·서비스 창출을 학습용데이터, 데이터 바우처, 데이터 활용 기반 사업으로 지속하고, 정책금융 등 AI 제품·서비스 판로 확대를 위한 사업 재설계
- (인공지능 글로벌화 프로젝트) 글로벌 타겟 AI 개발·실증하고 해외 거점 기반 진출과 마케팅을 지원하여 글로벌 시장 점유율 확대 목표

○ AI 기술·인프라 선도로 국가 AI 역량 혁신

- (AI 기술 초격차 프로젝트) AI 기초기술·반도체·응용기술 등 기술을 사용하고 있는 여러 산업들에서 발생하는 한계를 극복하여 산업·공공 전반의 혁신 가속화
- (AI 연구거점 프로젝트) 대학을 중심으로 AI 연구센터와 융합센터를 구축하여 지역 산업에 AI를 접목하는 거점을 조성하여 R&D 과제 기획·평가 강화
- (K-클라우드 프로젝트) 1단계부터 3단계까지 단계별로 SW개발, AI 반도체 SW의 경우 국산 AI반도체에서 AI 알고리즘을 초고속·극저전력으로 실행하기 위한 라이브러리와 운영체계 등을 개발

○ 새로운 디지털 질서 모범 모델 제시

- (디지털 新질서 정립 프로젝트) 뉴욕 구상의 핵심가치를 구현을 목표로 디지털사회기본법 제정, 관련 개별법률 제·개정을 추진하여 질서 정립
- (법·제도·규제 정비 2.0 프로젝트) 범용 인공지능 등 인공지능 고도화로 인한 대비책의 법·제도· 규제를 기존 추진된 로드맵들에서 구체화하거나 보완하는 등 정비 실행
- (AI 신뢰성·윤리 선도 프로젝트) 고위험 인공지능에 대한 위험관리, 윤리기준 준수 여부 등에 평가 체계를 마련·평가하고 인공지능 교육 등이 활발히 이루어 질 수 있도록 체계를 도입하여 글로벌 선도

□ 대한민국 디지털 전략

○ 뉴욕구상 철학을 반영하여 디지털 기술을 기반으로 정치· 경제·사회 전반의 구조적 혁신을 추진하고, 디지털 시대 선도국가 도약을 목표로 수립된 국가 디지털 정책의

종합계획 수립

○ 인공지능을 포함한 6대 디지털 혁신기술 역량 확보와 초격차 기술 개발, AI·데이터 기반 공공·산업 전반의 디지털 전환 촉진을 통해 민간 주도의 혁신문화를 조성하고 디지털 선도국가 도약을 위한 전략 마련

○ (세계 최고의 디지털 역량) AI 기술혁신

○ (확장하는 디지털 경제) AI 역동경제 실현을 위한 전산업 AI 대전환 가속화

○ (포용하는 디지털 사회) 국민 일상에 선도적 AI 도입 추진

□ AI 컴퓨팅 인프라 확충을 통한 국가 AI 역량 강화방안

○ 글로벌 AI 경쟁 격화 속에서 AI 컴퓨팅 인프라, 차세대 AI 모델, 고급 AI 인재 확보, 선도 프로젝트 등을 통해 국가 AI 역량을 강화하고 AI G3 도약 실현을 목표로 마련된 범정부 차원의 종합 추진방안 수립

○ 국산 AI 반도체와 대규모 데이터센터를 기반으로 AI 컴퓨팅 인프라를 고도화하여 고성능 연산과 실시간 처리를 지원, 이를 통해 피지컬 AI 시스템의 자율적 판단과 고속 연산 기반 행동 실행을 뒷받침하며 국가 AI 경쟁력과 산업 전반의 AI 전환을 가속화

□ K-휴머노이드 연합

○ 2030년 글로벌 휴머노이드 최강국 도약을 목표로 로봇, AI, 핵심부품, 인재 양성, 기업협력 등 5대 전략 과제를 중심으로 기술·산업 생태계 경쟁력 강화 추진

○ 로봇 AI 파운데이션 모델 개발, 온디바이스 AI 반도체, AI 기반 자율 이동·작업 데이터 수집 등 AI 융합 기술을 통해 고성능·고효율 휴머노이드 시스템 구축

□ 새로운 디지털 질서 정립 추진계획

○ 디지털 권리장전의 철학과 5대 원칙을 토대로 법·제도 개선, 연구개발, 공론화 등을 통해 20대 정책과제를 추진하며, AI·디지털 규범 선도를 통해 글로벌 디지털 모범국가로 도약하는 것을 목표

○ 디지털 심화 시대에 따른 쟁점을 신속히 해결하고 새로운 디지털 질서를 정립하기 위해 마련되었으며, 국민 참여·글로벌 협력·공론화를 기반으로 전방위 대응과 국제규범 논의를 주도 목표

2. 국내 투자 동향

□ 인공지능 분야 정부 투자 현황

○ AI 관련 R&D 예산은 지역별로는 서울특별시가 가장 큰 비중을 차지하고, 연구단계별로는 응용연구분야, 부처별로는 과학기술정보통신부가 주도하여 매년 준수한 규모로 성장 중에 있으며, 연구수행주체별로는 주로 대학 및 중소기업이 연구를 주도

○ AI 관련 R&D 예산은 규모를 지속적으로 확대하며 2019년 1,654억 원에서 연평균 31.2%씩 급성장하여 2023년 4,897억 원으로 증가

○ (지역별) AI 관련 R&D의 최근 5개년 예산은 서울특별시, 대전광역시, 경기도 순으로 큰 비중을 차지하며, 경남의 비중은 낮은 것으로 분석

- 경남 지역 경우, '19년 기준 5억원에서 '23년 21억 원으로 연평균 43.16%의 성장률을 보이며 점진적으로 증가했으나 타 지역 대비 비중은 '23년 기준 0.43%로 매우 낮음
- 서울특별시는 '19년 기준 5,200억 원(31.44%)에서 '23년 1,782억 원(36.39%)으로, 지속 증가하여 점차 역할 확장하는 반면, 대전광역시는 '19년 608억 원(36.76%)에서 '23년 1,179억 원 (24.08%)으로 비중이 감소하는 추세

○ (부처별) AI 관련 R&D의 최근 5개년 예산은 과학기술정보통신부, 산업통산자원부, 방위 사업청 순으로 큰 비중을 차지

- 과학기술정보통신부의 경우, '19년 기준 1,298억 원에서 '23년 3,227억 원으로 연평균 25.57%씩 증가해왔으나, 비중은 '19년 기준 78.48%에서 '23년 65.90%로 감소
- 산업통상자원부의 경우, '19년 기준 94억 원에서 '23년 356억 원으로 연평균 39.50%씩 증가했으며, 비중으로 보았을 때 '19년 기준 5.68%에서 '23년 21.52%로 증가

○ (연구개발단계별) AI 관련 R&D의 최근 5개년 예산은 응용연구, 개발연구, 기초연구 순으로 큰 비중을 차지

- '19년 기준 응용연구 비중은 26.06%(431억 원)이었으며, 연평균 40.30%씩 증가하여, '23년 기준 34.10%(1,670억 원) 비중으로 성장
- 개발연구는 '19년 기준 520억 원(31.44%)으로 규모가 큰 편이었으며, 연평균 31.27%씩 증가하여 '23년 1,544억 원(31.53%)으로 확대
- 기초연구의 경우, '19년 기준 33.31%(551억 원)으로 타 단계 대비 비중이 가장 큰 편이었으나, 연평균 23.67%씩 증가하여 '23년 23.67%(1,159억 원)으로 비중이 감소

○ (연구수행주체별) AI 관련 R&D의 최근 5개년 예산은 대학, 중소기업, 국공립·출연연구소 순으로 큰 비중을 차지

- 해당 분야는 대학이 주도적으로 연구개발을 추진해 왔으며 '19년 기준 699억 원에서 '23년 기준 2,082억 원으로 연평균 31.37%씩 증가
- 중소기업의 경우, '19년 기준 16.93% 비중에서 '23년 기준 28.41% 비중으로 증가하며, 점차 역할을 확장

□ 투자방향

○ (AI 기술) 민·관 협력으로 미래 AI의 판도를 흔들 차세대 고위험·고수익 AI 기술에 도전하여 글로벌 경쟁을 이끌 '독자적 AI 역량' 강화

※ 신규인간인지기반AI핵심원천기술개발, 신규경량저전력AI한계극복기술개발, 신규경량저전력AI한계극복기술개발등

- (차세대AI) 인간 수준 사고를 구현하는 범용인공지능(AGI)과 초거대 AI의 한계를 극복하는 경량·저전력 AI 원천기술 확보
- (응용확장) AI가 실세계의 다양한 환경에서 최적화되어 응용될 수 있도록 피지컬 AI, 온디바이스 AI 등 핵심기술 고도화

※ 신규자율행동체온디바이스응용지원핵심기술개발, 신규실세계능동행동형에이전틱AI기술개발, 신규피지컬AI선도기술개발 등

○ (AI 인프라) 전국 AI 인프라를 고속도로망처럼 연결하여 모든 영역에서 AI를 효율적으로 활용할 수 있도록 독자적 AI 인프라 생태계 강화

- (컴퓨팅 자원) 급증하는 연구 수요에 대응하여 고성능 GPU 지원(민간 클라우드社 협업), 분산된 GPU 자원의 집적·공동 활용 체계 구축

※ AI연구용컴퓨팅지원프로젝트, 신규컴퓨팅자원집중형인공지능응용기술개발 등

- (데이터센터) 대형·중소 데이터센터 간 고성능 네트워크 연동 기술과 산업별 특화 마이크로데이터센터 개발로 '전국망 AI 고속도로' 실현

※ 신규데이터센터네트워크인프라기술선도, 국산AI반도체기반마이크로데이터센터 등

○ (AX전환) 연구·산업·공공 등 모든 분야에 AI를 연결·융합하여 생산성을 높이고, 온 국민이 AI를 일상적으로 활용하는 'AI 기본사회' 가속화

- (지역연계) 지역 특화산업과 연계한 대규모 AI R&D로 지역 활력 제고

※ 신규AX실증밸리조성(광주, 예타면제추진) 240억, 신규지역거점AX혁신기술(대구, 예타면제추진) 198억, 신규협업지능피지컬AI기반SW플랫폼(전북, 예타면제추진) 400억,

신규인간-AI협업형LAM개발(경남, 예타면제추진) 400억 등

- (AI+산업) 제조·바이오·모빌리티 등 주요 산업 전반의 AI 내재화로 생산성 혁신과 신산업 창출 촉진

※ 신규산업현장문제해결형AI에이전트, K-AI신약개발전임상임상모델, 신규문화공간AX 전환을위한차세대CultureTech등

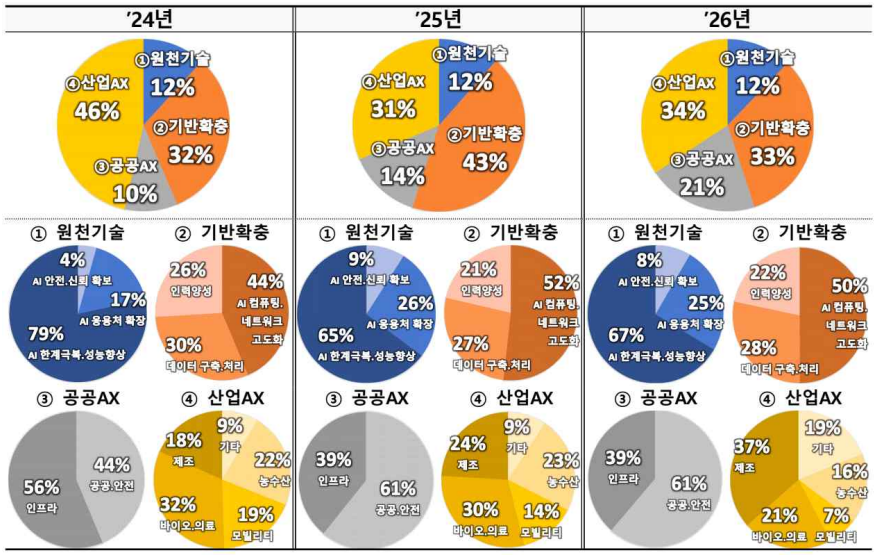
- (AI+공공) 행정·보건·국방 등 정부가 책임지는 공공 영역 전반의 AI 도입으로 국민체감 중심의 공공서비스 혁신

※ 대형산불대응지능형솔루션 193억, AI기반안전신고분석서비스 28억, 신규초연결지능도시 40억 등

- 인공지능 분야 정부R&D 투자는 ①원천기술, ②기반확충, ③산업AX, ④공공AX 등 4대 중점 분야로 구분, 연차별 투자 총량의 증액과 함께 일부 비중 변화가 존재

※ (원천기술)한계극복·성능향상, 응용처확장, 안전·신뢰확보, (AI기반확충)컴퓨팅·워크고도화, 데이터 구축·처리, 인력양성, (공공AX)사회인프라, 공공·안전, (산업AX)바이오·의료, 농수산, 모빌리티, 제조, 기타 등으로 세부 구성

- ①원천기술, ②기반확충은 매년 약 12%, 33% 비중으로 안정적으로 지원 중이며, AX 분야는 산업AX에 중점 지원 중이나, 공공AX 비중이 점차 확대되는 추세(('24)10%→('26)21%)



[그림 2-3] 연도별 인공지는 분야 정부R&D 투자[19]

19) KISTEP 내부자료(우리나라의 AI 정책 현황분석 및 중점추진방향 등)

제 3 장 과학기술적 타당성 분석

제 1 절 문제/이슈 도출의 적절성

1. 식별된 문제/이슈의 적절성

□ 동 사업으로 해결하고자 하는 문제/이슈가 제시되어 있으나, 해당 문제/이슈의 정의, 근본적인 발생 원인 및 분석 근거 등이 명확하게 설명되지 않음

○ 정밀 제어를 위해 필요한 멀티모달 인지데이터가 산업현장에서 실시간으로 수집되어야 하나, 현재까지 공개된 산업 데이터셋이 극히 제한적(비공개)이므로 범용 학습모델에서 이를 재현하기 어렵다는 문제/이슈를 사업계획서에 제시

- 이와 함께 현실 환경과 연동된 피지컬 AI[20]의 통합 구현 기술, 실증 인프라&시뮬레이션 역량이 매우 부족하다는 문제점을 제시
- 그러나 사업계획서에 제시된 문제/이슈에 대한 설명은 연구투자 및 시장 동향 중심으로 명확한 근거로 뒷받침되지 않았고, 직접적 원인 분석도 부족하며, 상호 상충적인 내용도 존재함
- 제조데이터 제한으로 인한 기존 AI 모델의 한계를 문제/이슈로 제시하였으나, PINN에 필수인 고품질 융합데이터가 필요하다는 유사 이슈(다층적 제약 中)가 다시 제기됨

※ 동 사업 세부활동으로 데이터 취합 가공 분석을 위한 다수의 과제와 사업비 설정

○ 사업계획서에 제시된 '초정밀 생태계로 전환에 다층적인 제약', 'AI 내재화 정체', '기술 내재화 및 활용에 있어 구조적 병목' 등에 대한 구체적 내용 및 근거의 확인이 어려워, 이에 대한 추가 설명을 요청

- 주관부처는 'AI 내재화'를 글로벌 기술(글로벌 플랫폼, 해외 솔루션) 의존에서 벗어나 Sovereign AI 기반이 강화되고, AI 기술이 제조현장에 통합되는 상황으로 설명(1차 추가제출자료)

---

20) 물리적 형태를 가진 디바이스(로봇, 자율주행차 등)에 AI를 탑재하여 실제 세계와 상호 작용하는 기술 및 시스템

구분	기존 AI	피지컬 AI
형태	소프트웨어	로봇, 차량 등 물리적 실체 존재
입력/출력	디지털 데이터 ↔ 정보 결과	센서 데이터 ↔ 물리적 제어(행동)
주요 목적	인지적 작업(예측, 분석, 생성)	현실 세계와 상호 작용
예시	언어모델, 추천 시스템	자율주행차, 로봇 팔, 드론

○ 사업계획서에서 제시한 문제/이슈 중 동 사업으로 대응이 어려운 부분이 존재

- 주관부처는 다층적 제약을 구조적 병목으로 설명하고, 이에 대한 발생 원인을 '물리지능 역량 부족', '데이터 인프라 미흡', '산업 생태계 취약'*으로 제시(1차 추가제출자료)
  * 중소기업 설비 노후 및 인력 부족, 실제 운영에서의 파급효과 제한적, 해외 플랫폼 종속 등을 직접적인 발생원인으로 제시
- '산업 생태계 취약'의 경우 동 사업으로의 대응 전략이 불분명하여, 결국 '구조적 병목'으로의 대응은 제한적일 것으로 판단됨

핵심 문제 이슈			해결방안
고정밀·고반응 제조공정에 범용 AI 적용 한계	고수준의 물리 제어 특성을 요구하며, 기존 범용 AI로는 실공정 대응이 어려움	▶	공정 특성 내재화 가능한 PINN 기반 정밀 제어 모델 개발
글로벌 빅테크 중심의 PINN 기술 주도 가속	NVIDIA, Google 등은 물리기반 AI 선도 중이며, 고비용·종속 구조와 데이터 유출 우려 존재	▶	국산 물리지능행동모델 원천기술 확보 및 범용 정밀제어 AI 플랫폼 구축
자발적 원천경쟁력 확보를 위한 데이터 격차와 구조적 인프라 미비	대기업 일부를 제외하고 중소·중견 제조기업은 AI 학습용 데이터 수집·정제 기반이 부족	▶	공정 특화형 융합 데이터셋 수집 및 산업용 AI 데이터 플랫폼 구축
제조AI 기술 적용이 PoC 수준	개별기업 중심 PoC만 수행되어 확산 불가, 산업 전반에 실효성·접근성 부족	▶	사전탑재형(Pre-installed) LAM 서비스 모델 및 범용 솔루션 개발
산업 데이터의 외부 종속 및 국제 확장 한계	외산 플랫폼 종속 시 국내 제조데이터 해외 유출 및 기술 독립성 위협	▶	글로벌 표준 연계 데이터 구조 및 국제 확장 가능한 플랫폼 설계
물리지능행동모델 기술에 대한 실증 기반과 테스트베드 부재	실제 공정 기반 테스트 및 전주기 실증이 가능한 생태계 미형성	▶	실공정 중심 지역 거점 기반 실증체계 조성 및 전국 확산 전략 수립
기술 거버넌스 및 인력 기반 미흡	제조AI 특화 전문인력 양성체계 및 사업 총괄 운영조직 부재	▶	체계적인 운영 거버넌스 마련 및 전주기 운영 인력양성 병행 추진

[그림 3-1] 동 사업 제시 문제/이슈 및 해결방안

출처: 사업계획서

2. 과학기술기반 문제해결의 중요성·필요성

□ AI 역량 강화를 위한 국가의 적극적인 정책추진등 제반 상황으로 볼 때 정부R&D 사업 추진의 필요성은 존재하나, 사업계획서에는 문제/이슈 해소를 위한 정부R&D 투자 당위성이 명확히 설명되지 않음

○ 선진국 대비 국내는 부처별·정책별로 분절화되어 기술 고도화 및 글로벌 경쟁 첨예화에

대한 실질적 대응책이 미비하여, 기술 주도권 확보를 위해 '범용 물리지능(Physical AI)' 원천기술에 대한 선제적 투자가 필수적이라고 설명

- 그러나 이러한 필요성 주장은 타 분야에도 적용될 수 있는 일반적인 내용이므로, 동 사업이 대응하고자 하는 문제/이슈가 동 사업 부문에 대한 정부투자 부족으로 발생하였고, 예타 규모 이상의 정부투자만이 이를 해소할 수 있다는 논거로 보기 어려움

○ 동 사업은 기존 AI의 한계를 극복하기 위해 물리법칙을 AI에 내재화한 PINN 기술을 초정밀제어 AI의 필요 기술로 제시하고, 피지컬 AI 개발을 위한 문제/이슈 해소 방안으로 PINN[21] 기반 방법론을 동 사업 전반에 지배적으로 적용

- 그러나 현재 Physical AI는 물리기반예측(PINN), 자율 계획·제어(LAM), 멀티모달 상호작용 기술을 '통합'한 차세대 지능형 시스템으로 진화되고 있는 상황임
- 따라서 동 사업이 정부R&D 투자 당위성을 확보하기 위해서는 이미 진행되고 있는 피지컬 AI 연구에 어떤 문제가 있는지, PINN을 내세우는 동 사업과 기존 연구 간 어떤 명백히 차별화된 연구성과(효율성 포함)가 존재하는지 있는지에 대해 논거에 기반한 명확한 설명이 제시되었어야 함

○ 동 사업 PoC 과제[22]에서 대규모 정부 R&D 투자 필요성에 대한 연구가 이루어졌는지 확인하기 어려움

- 단, 상기 과제는 비R&D과제이므로 PoC 포함 연구내용이라는 사유만으로 동 사업이 정부R&D로 추진되어야 한다는 당위성을 확보할 수는 없음

□ 그러나 사업계획서에 제시된 문제/이슈의 대응 관점에서, 동 사업이 국고(정부 R&D) 지원의 당위성을 충분히 확보하였다고 보기 어려운 부분이 존재

○ 글로벌 플랫폼 의존에서 벗어나 Sovereign AI[23] 기반을 강화(AI 내재화)한다는 부분의 정부투자 필요성은 인정될 수 있으나, 수월한 연구개발 과정을 위해 글로벌 빅테크의 플랫폼을 활용/의존한다는 내용은 정부R&D 투자 당위성을 인정받기 어려움

- 동 사업이 대응하고자 하는 주요 문제/이슈로 '글로벌 플랫폼 의존'을 명시하고 이를

---

21) Raissi, M., Perdikaris, P., & Karniadakis, G. E. (2019). Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. *Journal of Computational Physics*, 378: 686-707

22) 산업 특화형 피지컬 AI 본사업 추진을 위한 PoC 기반 기획·설계 지원비 (2025년 「PINN 모델 제조 융합데이터 수집·실증」 사업 공모 안내서, 2025.7. 과학기술정보통신부) PINN 모델 제조 융합데이터 수집·실증(경남대, 경남지능화혁신사업단, 192억 원)

23) 해외 기술·모델 의존을 최소화하고, 개발·운영·통제 권한을 자국이 확보하는 AI(국가 AI 파운데이션모델 프로젝트)

극복하기 위해 동 사업이 필요함을 주장하였으나, 클라우드 컴퓨팅, 글로벌 빅테크 연구인력 등 LAM 개발을 위한 중요 부분을 글로벌 빅테크에 의존하는 구조를 보임

- 범용 PI-LAM 개발을 위한 기술력이 부족하고 범용 LAM 자체가 완성될 수 없다는 상황임에도 불구하고, 글로벌 빅테크에 의존해서도라도 5년 내 소스코드를 개발해야 한다는 상위계획 및 시급성 요인은 확인되지 않음
- 본 조사에서는 글로벌 빅테크 선택 전 국내 주체가 해당 역할을 수행하는 방안을 검토하였는지 문의하였으나, 사업주관부처주체는 국내는 국산 LLM 개발에 집중하고 있고 PI-LAM 개발은 초기 단계이며(1차 추가제출자료), 연구개발 과정에서 국내 업체와의 협업에는 추가 개발이 필요하므로 글로벌 하이퍼스케일러의 컴퓨팅 서비스를 선택했다고 답변(2차 실무회의)

※ 국내 클라우드 컴퓨팅 업체와 협의가 있었는지 확인되지 않음(근거자료 미제출)

- 그러나 PI-LAM에 대한 레퍼런스 요청에 대해 아직 연구 초기 단계라는 사유로 제출되지 않았으므로(1차 추가제출자료) 초기개발 단계 상황은 국내에만 한정된 것은 아니라고 판단되며, 글로벌 하이퍼스케일러의 초정밀 제어 부문 LAM 개발 실적은 확인되지 않음

※ 상기와 함께 국내 수준을 LLM 개발에 집중하는 단계로 설명하였으나, 글로벌 AI 플랫폼 사업자 등 LLM 기반 글로벌 빅테크와의 협상 내역이 제시되어 있음

- 글로벌 빅테크에 의존하여 LAM 모델을 개발하는 동 사업 방식이 '글로벌 3위의 AI 역량'을 달성하여 AI 주권을 확보하겠다는 국가 정책방향 및 정부R&D 투자 취지에 적합한 전략으로 보기 어려움

※ 주관부처가 글로벌 빅테크를 활용하여 거대 AI 모델을 개발하였다고 제시한 기존 사례는 영리를 추구하는 민간업체임(2차 실무회의)

※ 국가 '독자 AI 파운데이션 모델' 프로젝트는 기술적 자립을 강조[24)]

- 동 사업 PI-LAM 개발의 당위성 확보를 위해서는 글로벌 빅테크 의존성을 극복하는 LAM 자체에 대한 개발 가능성, 국내 초정밀 제어 LAM 수요에 기반한 필요성 및 시급성 등이 명확하고 객관적인 근거와 함께 입증되어야 하고, 우선 국내 제조현장을 대상으로 한 실증 계획 및 모델 완성을 위한 운영 계획이 구체적으로 마련되어야 하며, 개발 과정에서의 법·제도적 위험성 및 불확실성이 해소되어야 함

○ 동 사업의 글로벌 실증 부문으로 해소하고자 하는 문제/이슈가 명확하지 않으므로, 단순 글로벌 사업화 목적이라면 정부R&D 투자 당위성에 대한 면밀한 설명이 필요함

- 글로벌 실증이 사업계획서에 제기된 문제/이슈 중 어떤 부분을 해소하기 위해 필요한지 확인되지 않고, 동 사업의 글로벌 실증 내용이 정부R&D투자로 이루어져야 하

24) https://www.khan.co.kr/article/202601240900011#ENT (경향신문 2026.01.24)

는 사유에 대한 논리적 설명이 부재하므로, 본 조사는 글로벌 실증을 통해서만 해소될 수 있는 문제/이슈 및 관련 근거를 요청

- 이에 대해 주관부처는 동 사업의 핵심 목표가 글로벌 사업화라고 설명하고, 관련 문제/이슈 등에 대한 설명은 제시하지 않음(1차 추가제출자료)
- 그러나 사업계획서는 국내 중소 제조의 경쟁력 상실 문제를 강조했고, 동 사업이 해외 시장 진출을 기대하나 내수 시장을 중심으로 한다고 설명되어 있음(사업계획서)

※ '글로벌 B2B시장 진출'은 '물리모델 시대 구현'과 같이 동 사업 비전으로 제시되어 있음

- 경남 지역 제조 공장을 기반으로 구현된 PI-LAM이 어떤 방식으로 국내 제조 현장 대상의 실증을 수행하는지 불분명하고, 한국형 모델로 완성되기 위한 LAM(소스코드)의 운영 계획이 구체적으로 제시되지 않음
- 국내 제조환경 기반 PI-LAM 충분한 실증 후 그 결과를 기반으로 글로벌 실증이 이루어지는지 확인이 어렵고, 국내 기반 PI-LAM 실증 대비 글로벌 실증이 어떤 새로운 연구개발 요소가 존재하는지 구체적으로 제시되지 않음
- 이로 인해 상기의 글로벌 실증이 R&D활동[25]에 포함되는지 판단이 제한되며, 동 사업 목표 달성에 필수적인 요소인지 판단할 수 있는 근거도 부족

○ 인력양성 및 거버넌스 운영(3세부사업 내)을 통해 해소하고자 하는 문제/이슈가 구체적이지 않고, 해당 세부 활동이 정부R&D로 지원되어야 한다는 당위성도 설명되지 못함

- '거버넌스 및 인력기반 미흡'이라는 문제/이슈가 제시되어 있으나, 해당 문제/이슈의 구체적 의미, 근본적인 발생 원인, 기존 인력양성체계(AI 대학원 등 고등 교육*, R&D 참여, 장학 사업 등) 등으로 해소되지 않는 사유 등에 대한 분석이 제시되지 않음

* 기존 대학원 등의 커리큘럼에 PINN 내지는 피지컬 AI를 추가하는 방식 포함

---

25) 산업활동과 연구개발 비교

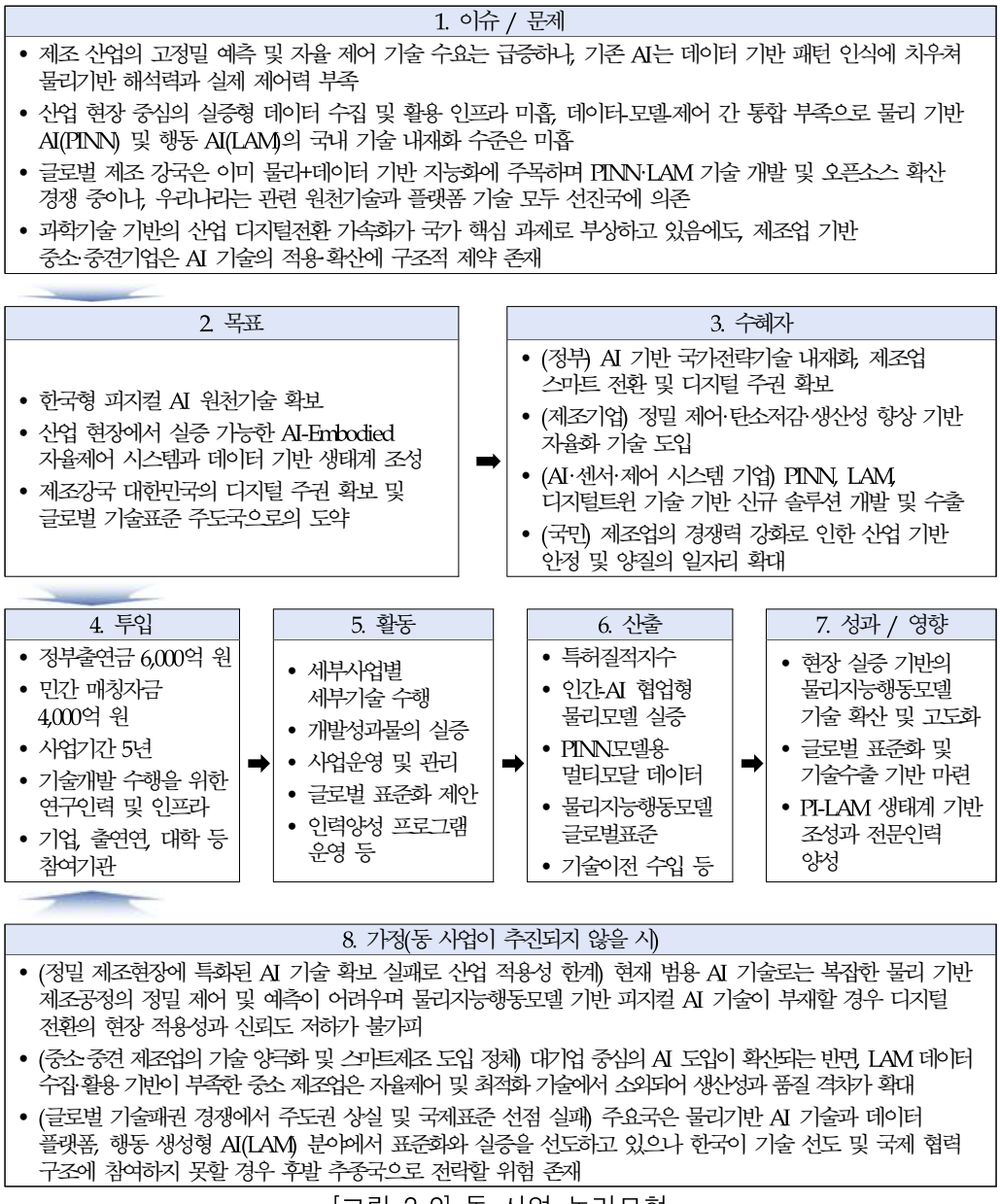
구분	산업활동에 포함	연구개발에 포함
시제품	- 개발된 시제품을 단순하게 복사 제조하는 활동	- 시제품의 설계 시험 제작
실증플랜트	- 시험단계가 끝나고 상업적 생산단계로 전환	- 생산품이나 생산공정에 대한 기술자료, 경험획득이 주목적
시험생산	- 대량생산을 위한 목적	- 추가적인 새로운 설계 및 엔지니어링 활동 포함
개량연구개발	- 단순 제품결함 색출, 표준화된 장비를 사소하게 개선	- 개량을 위한 기술개발활동
엔지니어링 및 설비의 설치	- 대량생산을 위한 생산설비의 설치, 증설 등	- 새로운 표준 개발, 현저한 생산성 증대 및 품질향상을 위한 변화
설계업무	- 일상적인 설계업무	- 신제품 신공정을 위한 기획, 설계 및 기술적 사양 작성

출처: 2026년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침(기획재정부, 2025.5.)

- 본 조사에서는 3세부사업의 인력양성 및 거버넌스/생태계 구축을 통해 '직접적'으로 해소하고자 하는 문제/이슈, 해당 문제/이슈를 해소하는 작동 논리와 양성하고자 하는 인력 수준, 인력 규모 등에 대한 분석 내용을 요청
- 이에 대해 주관부처는 사업추진 모델 수를 기준으로 100명의 전문인력을 양성한다는 목표와 일반적인 내용의 인력 필요성(AI 분야 외에도 적용될 수 있는) 외 별도의 구체적인 조사자료나 구체적인 설명을 제시하지 않음(1차 추가제출자료)
- 동 사업 인력양성 내용은 구체적이지 않고, 기존 인력양성체계와의 차별성이 확인되지 않으며, 동 사업 개발 모델 수를 기준으로 양성할 인력 수를 도출하는 형태는 국가 차원의 문제/이슈 해결에 적합하지 않으므로 정부투자 필요성을 논하기 어려움
- 또한 동 사업에서 물리지능행동모델 거버넌스의 직접적인 역할이 불분명하고, 이를 통해 해결하고자 하는 문제/이슈도 확인되지 않으므로, 동 사업의 PI-LAM 사업단 외 물리지능행동모델 거버넌스를 동 사업 정부R&D로 지원할 당위성이 부족한 것으로 판단

※ 추진전략의 적절성 항목에서 동 사업의 인력양성 및 거버넌스 구축 내용이 R&D 활동으로 분류될 수 있는지 검토

제 2 절 사업목표[26]의 적절성



[그림 3-2] 동 사업 논리모형

출처 : 사업계획서

26) SMART(문제와의 연관성(relevant), 구체성(specific), 시간제약성(time-bound), 측정가능성(measurable), 달성가능성(achievable))가 구비되어야 목표가 적절히 설정된 것으로 볼 수 있음(KISTEP, 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, 2024)

1. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

□ 사업계획서는 동 사업이 대응하고자 하는 문제/이슈 해소를 위한 사업 목표 및 성과 목표를 제시

○ 동 사업이 해소하고자 하는 이슈로 '기존 범용 AI로 제조공정 적용 한계', '글로벌 빅테크 중심 기술 주도' & '외산 플랫폼 종속 우려' & '데이터 유출 및 기술 독립성 위협', '전주기 실증 기반 부족', '중소중견 AI 데이터 기반 부족', '전문인력 양성 체계 부재' 등을 제시

○ 상기 문제/이슈를 해소하기 위하여 '초정밀 제어 특화 물리지능행동모델 실현을 통한 제조·의료 산업의 자율지능화'라는 사업목표를 설정

- 동 사업 대응 문제/이슈와 사업목표 간의 관계를 논리모형을 통해 개괄적으로 제시

핵심 문제 이슈	
고정밀・고반응 제조공정에 범용 AI 적용 한계	고수준의 물리 제어 특성을 요구하며, 기존 범용 AI로는 실공정 대응이 어려움
글로벌 빅테크 중심의 PINN 기술 주도 가속	NVIDIA, Google 등은 물리기반 AI 선도 중이며, 고비용・종속 구조와 데이터 유출 우려 존재
자발적 원천경쟁력 확보를 위한 데이터 격차와 구조적 인프라 미비	대기업 일부를 제외하고 중소・중견 제조기업은 AI 학습용 데이터 수집・정제 기반이 부족
제조AI 기술 적용이 PoC 수준	개별기업 중심 PoC만 수행되어 확산 불가, 산업 전반에 실효성・접근성 부족
산업 데이터의 외부 종속 및 국제 확장 한계	외산 플랫폼 종속 시 국내 제조데이터 해외 유출 및 기술 독립성 위협
물리지능행동모델 기술에 대한 실증 기반과 테스트베드 부재	실제 공정 기반 테스트 및 전주기 실증이 가능한 생태계 미형성
기술 거버넌스 및 인력 기반 미흡	제조AI 특화 전문인력 양성체계 및 사업 총괄 운영조직 부재

전략목표

물리지능행동모델 기반 Physical AI(PA) 글로벌 B2B시장 진출 및 인간-AI 협업형 물리모델 시대 구현

사업목표

초정밀 제어 특화 물리지능행동모델 실현을 통한 제조•의료 산업의 자율지능화

성과목표

- 초정밀제어 특화 PINN 모델 40개 및 물리지능행동모델 개발
- 자율 의사결정・제어 기반 PA Agent 기술 9종 개발
- DTC 기반 디지털 시뮬레이션 검증 인증 8건, 글로벌 표준화 (DIS/CDV) 4건 획득
- 물리지능행동모델기반 국내 실증 9건, 글로벌 실증 2건
- 기술이전 수입액 10억 원 당 0.17억

[그림 3-3] 동 사업 제시 문제/이슈 및 사업목표

출처: 사업계획서 재구성

□ 그러나 사업목표 및 성과목표 달성을 통해 제시된 문제/이슈가 직접적이고 충분하게 해소될 수 있는지 파악하기 어려운 부분이 있음

○ 사업계획서에는 문제/이슈의 해결을 위해 동 사업 연구내용이 필요하다는 일반적 내용이 제시되어 있고, 사업목표 달성을 통해 문제/이슈를 해소하게 되는 직접적이고 구체적인 작동 논리가 설명되지 않음

- 동 사업이 외산 플랫폼 종속 문제를 어떻게 해소할 수 있는지 파악하기 어려움
- PINN 모델이 기존 AI 모델을 대체함으로써, 기존 AI 모델의 문제점을 모두 해소하여 제조공정에 최적화로 적용될 수 있는지 확인하기 위한 근거(사례 등 레퍼런스)가 충분히 제시되지 않음
- 동 사업 인력양성을 통해 기존 인력양성 체계의 어떤 구체적 문제점을 해소할 수 있는지 분석된 내용은 확인되지 않음

○ 동 사업만으로 해소할 수 있다고 보기 어려운 문제/이슈가 존재하여, 해당 문제/이슈 해소를 위해 동 사업 외 다른 활동이 필요할 수 있음

- 사업계획서는 EU 등 AI와 관련한 법제화를 얘기하면서 국내 Physical AI 분야에 대한 세부 규정과 실행방안이 부족하다는 이슈를 제기하였으나, 이와 관련한 동 사업의 역할은 확인되지 않음

2. 사업목표 설정의 적절성

□ 사업목표가 구체적으로 정의되지 않아, 사업목표의 달성 수준을 객관적으로 정량화하는 데에 한계가 존재

○ 본 조사에서는 사업목표인 '초정밀 제어'의 명확한 정의와 기술범위, 'PI/LAM'의 명확한 정의, '특화'의 구체적인 대상과 의미, '인간-AI 협업형'의 명확한 정의와 기술적 구현내용 등의 설명을 요청

○ 이에 대해 주관부처는 '초정밀 제어'는 기존 AI 모델이 가진 한계와 데이터 의존성을 극복하는 것으로 설명하고 제조현장 의견에 기반한 정량적 수준(정밀도)을 지표로 제시하였으며, '특화'는 범용이 아닌 특정 공정 목표에 최적화를 지향하는 것으로 설명(1차 추가제출자료)

- 동 사업 주제인 '인간-AI 협업형'에 대해서는 기술개발 과정과 제조현장 모두 적용되는 상황으로 제시

○ 그러나 상기의 '초정밀 제어'의 정의는 구체적이지 않고, 정량적 목표치 설정 근거도 불분명하여, 사업목표 달성 수준을 정량적으로 파악하는 데 한계가 있음

- 초정밀 제어 관련 지표로 제시한 '정밀도'는 공장 최적화(자동화) 목적의 고가 정밀 장비 구매로도 달성할 수 있을 것으로 판단되므로, 동 사업 PINN/LAM의 고유성과로 보기 어려움

※ 실제 도메인별 데이터 수집 세부과제에는 상당 규모의 자동화 관련 설비·장치를 구축

○ '초정밀 제어'와 '인간-AI 협업'이 기존 숙련 기술자의 노하우를 AI가 학습함으로써 의존을 탈피하는 것이라면(1차 추가제출자료), 먼저 PINN으로 현장 숙련 기술자의 노하우를 단순 미분방정식으로 내재화할 수 있음이 논리적 근거에 기반하여 설명되어야 함

○ 숙련 기술자의 노하우를 공정변수 형태로 수집하여 동 사업 PINN-LAM 모델이 학습한다면 더 이상 숙련 기술자가 필요없는, 즉 사업 주제인 '인간-AI 협업'이 필요없는 상황이 도래할 수 있음

- 사업계획서에는 동 사업 기술개발 과정에 적용할 수 있는 AI 모델 설명이 부재하므로, '인간-AI 협업형'은 인간-AI가 운영하는 제조 현장이 대상인 것으로 보임

○ 사업설명회 자료에서 PI-LAM(행동파운데이션모델)으로 도식화된 구조의 Output인 이미지(IMG)와 정밀 제어와의 관계가 불분명하여, 본 조사에서는 관련 설명을 요청

- 이에 대해 주관부처는 상기 도식이 최종 LAM 모델이 아닌 Genie2 기반 구조라는 설명은 제시하였으나(1차 추가제출자료), 최종 LAM 모델의 구조 및 정의가 무엇인지 명확하게 제시하지 않음

- 또한 해당 자료에는 LAM과 VLA이 다르다는 설명을 하고 있으나, 1차 추가제출자료에서는 LAM 관련 reference로 VLA 논문들을 제시

- 사업설명회 자료에는 동 사업 개발 PI-LAM으로 글로벌 빅테크 기업들의 월드파운데이션 모델에 내재화 혹은 상호 연동, 국산 범용 Physical AI 파운데이션 모델과 협력 등이 가능하다고 설명되어 있으나, 이에 대한 가능성을 확인할 수 있는 자료는 부재함

○ 주관부처의 '특화'에 대한 설명은 범용 파운데이션 모델(foundation model)[27] 확보로 개별 공정마다 AI 모델[28]을 개발하는 비효율성을 개선한다는 세부활동 목표와 상충하는 부분이 존재

---

27) 파운데이션 모델(foundation model)은 다양한 응용 분야에 적용될 수 있어 범용 AI 모델로도 불리며, 파인튜닝(fine tuning)을 거쳐 다른 AI 모델이나 시스템에 통합되기도 함(과학기술&ICT 정책·기술 동향. 2025.9.12., No294)

28) AI가 다루는 외부 환경의 전체 혹은 일부(예: 프로세스, 사물, 개념, 사람, 상호작용 등)를 실행 가능한 형태로 표현하는 역할

3. 성과지표의 적절성

□ 성과목표[29]/지표가 사업목표 달성도를 객관적으로 계량화하기에는 부족함이 존재하고, 성과목표 달성이 관련 문제/이슈 해소에 직접적으로 기여하는 정도를 파악하기 어려움

○ 사업계획서는 동 사업목표의 달성도를 측정하기 위한 성과지표로 PINN 모델 및 Agent 개발 건수, 실증 건수, 인증 및 표준화 건수, 기술이전 수입액 등을 제시

- 성과지표로 특허등급 지수, 논문 및 특허 수 등을 추가 포함

사업목표	초정밀 제어 특화 물리지능행동모델 실현을 통한 제조•의료 산업의 자율지능화					
성과목표	• 초정밀제어 특화 PINN 모델 40개 및 물리지능행동모델 개발 • 자율 의사결정・제어 기반 PA Agent 기술 9종 개발			• DTC 기반 디지털 시뮬레이션 검증 인증 8건, 글로벌 표준화 (DIS/CDV) 4건 획득 • 물리지능행동모델기반 국내 실증 9건, 글로벌 실증 2건 • 기술이전 수입액 10억 원 당 0.17억		
성과지표	지표명	목표치	비고	지표명	목표치	비고
	특허등급(SMART) 지수	4.60	질적	특허등급(SMART) 지수	4.88	질적
	SCI급 논문 게재 수	171	양적	SCI급 논문 게재 수	171	양적
	국내외 특허 출원 건수	260	양적	국내외 특허 출원 건수	247	양적
	PINN 모델 개발 건수	40개	양적	DTC 기반 인증 확보 건수	8건	양적
	PA Agent 기술 개발 건수	9종	양적	글로벌 표준화(DIS/CDV) 건수	4건	양적
	국내 현장 실증 완료 건수	9건	양적	현장 실증 완료 건수	2건	양적
	-			기술이전 수입액(10억 원 당)	0.17	질적

[그림 3-4] 동 사업 성과목표 및 성과지표

출처: 사업계획서

○ 사업계획서등에서는 동 사업 목표인 '자율 지능화' 달성도를 정량적 및 직접적으로 측정할 수 있는 성과지표가 확인되지 않음

- 본 조사에서는 사업계획서의 성과목표 및 성과지표의 목표치 수준 달성으로 동 사업 제시 사업목표인 '제조・의료 산업 자율지능화'를 '직접적'으로 '충분히' 달성할 수 있음(또는 기여도 수준)을 설명해 줄 수 있는 자료를 요청
- 이에 주관부처는 '자율 지능화'는 AI가 인간의 개입 없이 스스로 상황을 판단하고 행동을 실행하는 것으로 정밀도, 불량률, 응답속도, 감지율, 비용 절감 등의 지표로 측정한다고 설명(1차 추가제출자료)

---

29) ①전략목표: 상위계획, 부처 미션 등을 통하여 파악하며, 부처가 추진하는 궁극적 목표로 중장기적 정책을 의미
②성과목표: 사업 종료시점에서 사업을 통해 직접 달성코자 하는 최종목표
③성과지표: 성과목표의 달성도를 객관적으로 측정할 수 있는 지표로 성과목표와의 연계성, 사업 유형, 사업의 이력·수명주기를 고려하여 결과지표 중심으로 설정(국가연구개발사업 표준 성과지표(5차))

- 그러나 정밀도, 자동화율, 불량률, 응답속도 등의 지표를 Physical AI 모델 적용 상태에 대한 고유지표로 볼 수 있는 근거가 부재하고, 스마트팩토리 사업과의 차별성도 불분명하며, 해당 지표의 목표치는 예시 수준으로 목표치 설정 근거도 확인되지 않음

※ 즉, 제시된 정밀도, 자동화율, 불량률 등의 수준을 달성하면, '자율 지능화' 상태로 인정될 수 있다는 근거가 부재

- 공정 자동화율은 PINN-LAM 기술에만 영향을 받는 것이 아니고, 정비 고장 조기 감지율은 PI-LAM 모델과의 연관성을 확인하기 어려움
- 또한 사업목표인 '자율 지능화'를 측정할 수 있다고 제시된 상기의 지표들은 동 사업 성과목표에 반영되어 있지 않음
- 모델 개발 49건(AI 40건, Agent 9건), 실증 건수(국내 9건, 해외 2건), 인증 건수(8건) 등의 성과지표 및 목표치가 사업목표 달성 관점에서 어떤 의미가 있는지(설정 사유) 근거에 기반한 설명이 제시되어야 함

○ 사업계획서에 제시된 성과목표(성과지표 및 목표치)를 달성하면 동 사업 관련 이슈/문제가 얼마나, 어떻게 해소되는지에 대한 논리적 설명이 확인되지 않음

- 동 사업에서 제시된 PINN 모델 개발 건수, Agent 모델 개발 건수, 실증 건수 등의 성과지표는 동 사업 수행 결과물이므로, 사업목표 달성도 및 문제/이슈 해소 기여도를 질적으로 확인할 수 있는 성과지표로는 적절하지 않아 보완이 필요함

※ 가령 실증 완료는 단순 결과지표로서, 글로벌 진출 목적이라면 글로벌 실증 결과의 질적 성과를 설명해줄 수 있는 지표가 필요

- 동 사업 추진 필요성(문제/이슈 해소)으로 기술주권 확보 및 독자 생태계 기반 마련을 제시하였으나, 제시된 성과지표로는 이에 대한 달성 수준을 직접적으로 파악하기 어려움
- 인력기반 미흡 문제/이슈에 대응하고자 3세부사업에 인력양성을 포함하고 있으나, 이와 관련한 성과지표는 제시되지 않음

※ 세부과제 단위에서는 결과지표인 인력배출 수를 지표로 제시하고 있으나, 설정 근거가 모호함

○ 사람이 포함된 다양한 상황에서의 숙련자 역할을 Physical AI를 통해 범용적으로 구현한다는 것이 동 사업 목표이므로, 주요 성과목표 항목 및 측정 방식에는 관련 '환경요건'이 포함되어야 함

□ 사업계획서 등에 성과지표의 정량적 목표치가 '도전적 수준'임을 확인할 수 있는 근거가 확인되지 않음

○ 사업계획서는 특허, 논문, 인증, 실증 등의 성과지표 항목에 대한 목표 수치를 관련 근거와 함께 제시

○ 그러나 사업목표 및 사업규모(1조 원) 고려, 성과목표 수준이 도전적임을 입증할 수 있는 설정 근거는 확인되지 않음

- 가령 특허 항목의 성과목표 설정 기준으로 제시한 스마트제조혁신기술개발사업(지수 4.6)이 우수 사례인지, 기술이전 수입(사업비 10억 원 당 0.17억 원)이 도전적 수준인지 등을 확인할 수 있는 근거 부재
- 이에 대해 주관부처는 성과지표의 도전적 수준을 확인할 수 있는 근거자료라기 보다는 해당 성과지표의 일반적인 설명과 함께 세부과제 수준의 일부 성능지표에 대한 설명, 유사사업 성과지표와의 상대적 비교 자료 등을 제시(1차 추가제출자료)

※ 유사사업 성과지표 단순 비교 시, 사업 규모가 30배에 달하는 동 사업의 인증 목표치는 4배, 실증은 유사한 수준으로 제시됨

<표 3-1> 글로벌 제조 융합 SW개발 및 실증 사업의 주요내용

부처	사업명	총사업비(억 원)	성과지표
과기부	글로벌 제조 융합 SW개발 및 실증	300	• OS 인증 2건 이상 • OLP 통합 실증 2건, 서비스 실증 6건 • (수출 관련) 국제 전시회 8회, 해외 실증·제휴 7건, 공급계약 5건
	인간-AI 협업형 LAM 개발 글로벌 실증	10,000	• INN·PA Agent 등 원천기술 확보 • 국제 인증 8건·국제표준 4건

출처 : 1차 추가제출자료 재구성

○ 성과지표 중 PA Agent 기술개발 9건과 모델 실증 9건은 동일 기술개발 결과물 대상이므로, 중복 지표임

□ 물리지능행동모델 대상 표준화 성과목표는 동 사업 기간 내 달성 여부에 위험성을 배제할 수 없음

○ 물리지능행동모델 개발과 함께 표준화를 추진하다는 계획이라면, 개발 기술의 결과물 실체가 파악되기 전에 PWI 제안이 가능한지 사례를 통한 설명이 필요함

- 1차년도는 물리지능행동모델에 포함되는 개별 모델 개발을 위한 데이터 수집되는 상황이므로, 해당 표준이 동 사업 개발 기술을 직접적인 대상으로 하는 것인지, 사업착수 1~2차년도에 물리지능행동모델 기술에 대한 표준핵심특허 선점이 가능한지 등에 대해 근거에 기반한 설명 필요

※ 사업계획서는 동 사업 기간 및 예산으로 PI-LAM 개발을 완료할 수 없다고 설명

○ 상기와 함께 동 사업 3차년도에 NP 제안을 할 수 있고, 이후 2년 내 DIS/FDIS 단계의 달성이 가능한지 사례를 통한 입증이 필요함

※ 주관부처는 디지털트윈 범주에서 시작한다는 설명이나(2차 실무회의), 가능성에 대한 근거 필요

<표 3-2> 동 사업 글로벌 표준화 확보 전략

연차	핵심활동	핵심 산출물
(1차년도) PWI 준비 단계 (Pre-Work)	• PI-LAM + FL 관련 핵심 특허(SEP 후보) 발굴 • 표준화 대상 기술 도출 • 국제 표준기구(ISO/IEC/ITU-T) 분석 • 초기 표준 구조 구상	• 특허 포트폴리오 기초 • PWI 제출 초안 • 표준화 대상 기술 목록 • PI-LAM × FL 기술 매핑
(2차년도) PWI 제안 및 확정 단계	• 공식 PWI 제안·등록 • 특허 발굴 지속 • 기술 명세서 구체화 • 표준화 구조(Structure) 가시화	• PWI 승인 문서 • 기술 명세서(Pre-TS) • 특허-표준 연계 구조
(2-3차년도) NP 제안 및 승인 단계 (Form 4 제출)	• NP(Form 4) 작성·회원국 투표 • 표준의 Scope/개발 일정 확정 • 표준문서의 전체 구조(Outline) 설계	• NP 승인 • 표준 문서 아웃라인 • 18/24/36개월 개발 트랙 설정
(3-4차년도) WD / CD 작업 단계	• WD 작성(기술 상세화) 예시: • 회원국 의견 반영(CD)	• WD → CD 전환 문서
(4-5차년도) DIS → IS 발간 단계	• DIS 초안 작성·회원국 투표 • 최종 기술 조정 • 국제표준(IS) 발간	• DIS → IS 발간 • PI-LAM × FL 국제표준 제정

출처 : 1차 추가제출자료

4. 수혜자[30] 표적화의 적절성

□ 사업구조 관점에서 동 사업 수혜자가 적절하게 제시된 것으로 보이나, 직접적·간접적 수혜자가 구분 설정될 필요가 있음

○ 사업계획서는 동 사업 수혜자로 정부, 제조기업(수요기업), 개발기업(AI, 센서, 제어시스템, 시뮬레이션 기업), 국민·연구기관 및 대학을 제시

○ 예비타당성조사에서의 수혜자는 직접적인 편익의 산출 대상을 의미하며, 동 사업은 직접적 수혜자를 공급기업(솔루션 기업)으로 하고 가치창출 편익을 계상한 것으로 보임

○ 만약 동 사업이 수요기업(제조기업)의 자율지능화 사업목표를 통해 효율성(비용 절감) 성과를 도출할 수 있다면, 수요기업이 직접적 수혜자로 정의될 수 있음

- 단, 동 사업에서의 제조기업은 일반적인 정밀제조기업이 아닌 'AI 수요 제조기업'으로서, AI 전환이 어느 정도 준비된(DX가 AI를 도입할 수 있는 수준 이상인) 기업에 한정될 것으로 보임

30) 연구개발부문 예비타당성조사에서 수혜자는 '사업비를 통해 금전적 지원을 받는 주체가 아니라, 사업성과의 활용과 확산을 통해 직접적인 경제적 혜택을 받을 것으로 예상되는 주체'로 정의하고 있음

<표 3-3> 사업계획서의 동 사업 수혜자

정부	• 전략산업(우주항공, 방산, 의료기기 등)의 기술 자립도 제고와 핵심기술 국산화 성과 확보 • 물리지능행동모델 기술을 기반으로 한 초정밀제어 AI 플랫폼 구축을 통해 디지털전환 국가정책의 실현 기반 마련
국내 초정밀제어 AI 수요기업	• 정밀제어가 필요한 고난도 제조공정에 물리지능행동모델 기반의 물리-지능 융합 기술을 적용함으로써 생산 품질 향상, 불량률 저감, 공정 최적화 등 실질적 성과를 확보 • 외산 디지털트윈 및 제어솔루션 의존도를 낮추고 국산 기술을 통한 초정밀제어 공정의 자율화 기반 확보
AI 및 시뮬레이션 기업	• 물리 기반 멀티모달 데이터셋 활용을 통해 고성능 학습모델 개발 기회를 확보하고 제조 특화형 AI 솔루션 시장 진입 확대 • 물리지능행동모델 국제 표준화 및 생태계 확산에 따라 B2B 대상 글로벌 기술 수출 기반 마련
연구기관 및 대학	• 첨단 융합 R&D 수행을 통해 물리 기반 AI 분야의 선도 기술 확보 및 전문인력 양성 기회 확대 • 도메인 지식 기반 연구와 산업 현장 연계를 통해 기술 상용화 및 기술이전 성과 도출

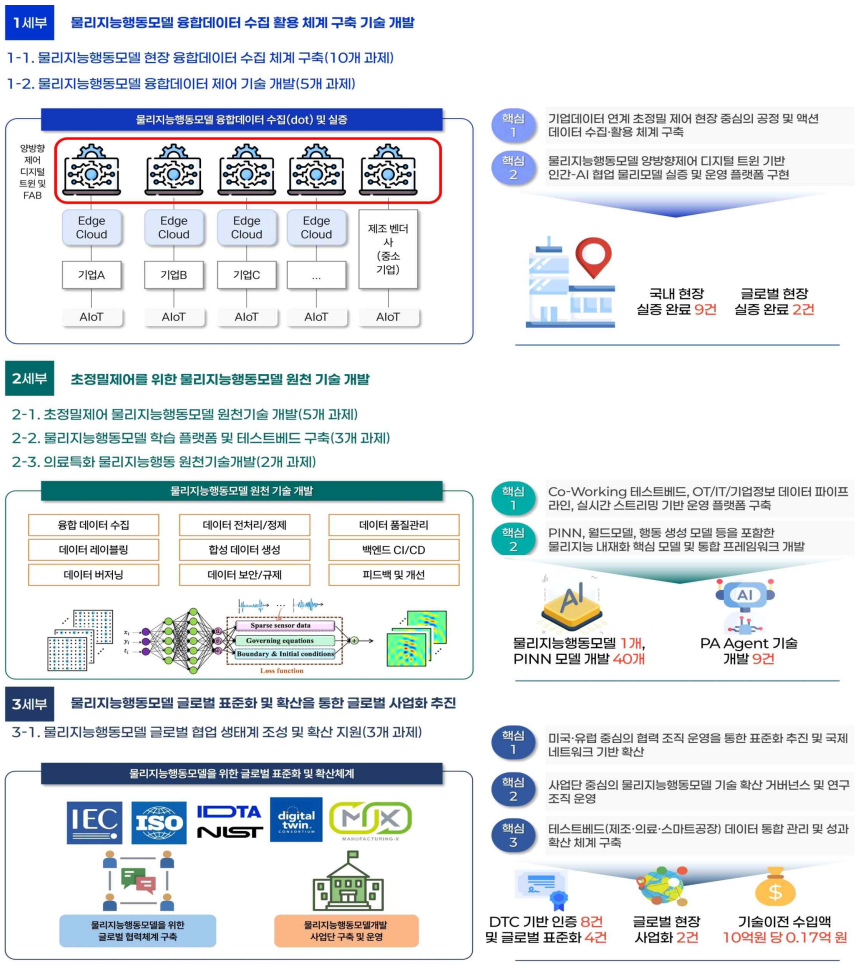
출처 : 사업계획서

제 3 절 세부활동 및 추진전략의 적절성

1. 세부활동과 사업목표와의 연계성

□ 사업계획서는 세부사업별 성과목표를 제시하고 있으나, 각 세부사업 수행을 통해 직접적으로 도출되는 성과목표로 보기 어려운 항목이 존재

○ 1세부사업과 글로벌 실증, 2세부사업과 개별 PINN 모델 개발, 3세부사업과 인증 등의 활동과 결과에 대해 명확한 인과관계가 설명될 필요가 있음



[그림 3-5] 동 사업 구조도

출처 : 사업계획서

2. 세부활동 도출의 적절성

가. 연구개발 수요조사 및 우선순위 설정과정의 적절성

□ 동 사업의 수요조사는 기획위원회 내에서 폐쇄적으로 이루어졌고, 최종 세부기술 확정 절차의 타당성이 부족하여, 연구개발 수요조사 및 우선순위 설정과정이 적절하게 이루어진 것으로 보기 어려움

○ 동 사업은 산학연 수요조사(총 44건)를 통해 수렴된 세부과제별 후보군을 기반으로 전문가 검토 및 내부 논의를 통해 최종 세부기술(25건)을 확정

- 기술개발을 수행하는 세부사업 1, 2는 수요조사를 통해 과제를 발굴하고, 표준화, 인력양성, 사업단 운영 등의 세부사업 3은 주요 역할에 따라 세부기술 구성

○ 그러나 사업계획서에는 수요조사 과정 및 결과에 대한 구체적인 내용이 부재하고, 전문가 검토로 우선순위가 높은 세부기술을 최종 확정하였다는 설명의 절차적 타당성 확인을 위한 상세 내용은 미제시

※ 동 사업은 1조 원 규모이나, 세부과제 후보군 도출을 위한 44건의 수요조사만 수행 (그 외 조사 내역은 확인되지 않음)

- 본 조사에서는 수요조사 및 세부기술 확정 과정의 적정성 검토를 위해, 수요조사 상세내역(raw data 포함)과 전문가 검토 상세 내역을 요청

구분	수요조사	⇒	전문가 검토	⇒	세부기술 확정
	수요조사 기반 세부기술 후보군 발굴		세부기술 후보군별 기획위원회 평가 수행		평가 결과 기반 세부기술 확정
세부사업1	28건		15건		15건
세부사업2	16건		10건		10건
세부사업3	-		-		2건

[그림 3-6] 세부기술 도출 프로세스

출처 : 사업계획서

○ 동 사업의 직접적인 이해관계자가 총 수요조사 44건 중 43건(98%)을 제출하여, 해당 수요조사 결과가 우리나라 정밀제어 분야의 AI 수요를 대표할 수 있다고 보기 어려움

- 기획위원 28건(64%), 기획위원 소속 기관 5건(11%)으로 기획위원회에서 33건(75%)을 제출하고, 동 사업 참여 주체가 10건(23%)을 제출

- 지역을 구분하면 경남 40건(91%), 서울 4건(9%)이며, 그 외 지역 조사는 전무함

○ 최종 세부과제 선정을 위한 평가자도 기획위원으로 구성되어 있어 기획위원회에서 제출한 수요조사를 다시 기획위원회에서 스스로 평가하는 구조

- 평가항목별 점수 한도를 넘는 평가표가 다수 존재하고, 평가항목별 평가점수의 합이 오류인 평가표도 확인됨

○ 사업계획서에는 상기 방식의 타당성을 설명하는 내용이 확인되지 않으므로, 본 조사에서는 동 사업 수요조사 및 우선순위 설정과정이 적절하다고 보기 어려움

□ 동 사업을 수행하기 위해서는 수요조사 대상 및 절차, 세부과제 확정 절차 및 결과 등에 대해 합리성 및 타당성이 명확하게 확보되어야 함

○ 동 사업이 국가 차원의 문제/이슈 해소를 지향하고 있으므로(1차 추가제출자료), 이에 적합한 합리적인 형태의 수요조사가 이루어져야 함

○ 최종 세부기술 확정 과정은 공정성과 객관성이 분명히 확보되어야 함

□ 정밀 제어 특화 PI-LAM 모델 수요, 동 사업 구축 장비 선정을 위한 수요, 현장 인력양성 수요 등에 대한 조사가 수행되지 않음

○ 사업계획서는 국내 제조 현장에서 정밀제어 특화 PINN 기반의 LAM 모델에 대한 수요가 존재하는지 설명되지 않음

- 동 사업 수요조사 대상 중 최종 사용자는 모두 중소기업이고, 실제 중소 제조 현장의 수요는 개별 Physical AI 모델 활용으로도 대응이 가능할 것으로 보이므로, 본 조사에서는 LAM 개발과 관련한 수요에 대하여 문의
- 이에 대해 주관부처는 중견기업의 경우 LAM을 필요로 할 수 있다고 설명하였으나(2차 실무회의), 현장의 수요 기업들을 대상으로 조사·분석한 결과는 제시되지 않음

※ 관련 세부과제 수요는 대학 소속 기획위원이 제출

○ 동 사업 구축 장비 선정을 위한 수요조사는 확인되지 않음

- 동 사업 구축 장비의 모델 및 스펙이 개별 연구개발 과제 내에 포함되어 있는 형태로, 사업계획서에는 구축 대상 장비 선정 과정에 대한 설명이 확인되지 않음
- 본 조사에서는 구축 장비 대상 수요조사가 이루어졌는지 문의하였으나, 기획위원회에서 정하였다고 설명(1차 추가제출자료)
- 이에 사업목표 달성, 현장 수요충족 등을 위한 필수 장비가 아니라 사업기획 주체의 의도에 맞춰진 장비가 구축될 수 있다는 우려가 존재함

○ 동 사업 인력양성 부분 관련, 필요 인력 수준, 인력 규모 등의 도출을 위한 별도의

현장 수요조사는 수행하지 않음

- 주관부처는 경남도가 수행한 설문조사를 활용하였다는 설명이나(1차 추가제출자료), 단순 전문인력 부족, 기술부족 등은 동 사업과 직접적으로 연관된 내용으로 보기 어려움

나. 세부활동의 적절성

□ 세부활동 RFP를 토대로 1, 2 세부사업을 검토할 경우, PINN 및 정밀제어와 부합성이 높지 않은 세부활동, 사업목표 달성 측면에서 부적절한 성능지표를 제시한 세부활동, 기존 과제(또는 민간) 및 타 세부활동과 유사한 내용이 확인되는 세부활동, 연구개발보다 시설 보급·장비도입 성격이 높은 세부활동 등이 존재

○ 물리법칙을 인공지능 모델에 내재화하겠다는 방향성은 제시되어 있으나, 도메인별 공정에 대해 현재까지 알려진 물리법칙이 무엇인지, 그리고 이를 어떻게 모델에 반영할 것인지에 대한 구체적인 논거 부족

- 다수의 세부과제는 PINN 기술을 활용한다는 내용 외에 PINN과 LAM을 어떻게 결합할 것인지, 행동이나 조치에 대한 피드백과 개선은 어떻게 하는지 등에 대한 설명이 제시되지 않음
- 초정밀제어라면 kHz 급의 제어주기를 가져야 하나 다수의 세부과제에서 PINN과 LAM 모두 이러한 레이턴시를 어떻게 달성하겠다는 기술개발 내용이 부재

○ PINN 적용 논리가 충분히 제시되지 않거나, 정밀제어를 설명할 수 없는 성능지표가 제시된 세부과제, 정밀제어와의 연계성을 확인하기 어려운 성능지표가 제시된 세부과제 등이 존재

- EWP조립 융합데이터(1-1-2), 자동차 부품 경량화(1-1-4), 플라스틱 사출(1-1-5), 안전벨트 제조공정(1-1-6), 의료로봇 융합데이터(1-1-9), 데이터스페이스 기술개발(2-2-2), 에너지 최적화(2-3-1), 탄소 인증 플랫폼(2-4-1), KG Registry & Repository(3-5-1), 보안 및 기술체계(4-3-1) 등
- 해당 세부과제의 삭제 검토 또는 세부과제의 구조(기간, 규모 등) 재검토

○ 세부사업1의 '1-1. 현장 융합데이터 수집 체계 구축' 내 도메인별 세부과제에서는 데이터 수집부터 파이프라인 구축, 배포, 디지털 트윈 등에 이르기까지 전주기를 포괄하는 데이터 아키텍처 설계 및 자동화 플랫폼 구축 내용을 포함하고 있어, 세부과제별 중복 연구 영역이 존재

- 이는 데이터 수집 도메인/공장을 기준으로 세부과제가 구조화되었기 때문으로 판단됨
- 학습 플랫폼 및 테스트베드 세부과제(4-1-1), 데이터 처리를 위한 연동 체계 세부과제(2-2-1), 디지털 트윈 세부과제(1-2-1), 합성데이터 생성(3-2-1) 등도 별도 존재하는 상황

- 도메인별 특정 공정, 장비, 상황 등을 대상으로 수집되는 데이터들이 '범용성을 확보'하고 대형 파운데이션모델 개발로 이어지도록 하는 분명한 기술개발 전략이 수립되어야 함
- 해당 세부과제의 삭제 또는 세부과제 구조(기간, 규모, 추진 방식 등) 재검토

○ 세부과제별로 데이터 스페이스, KG Registry, 데이터 플랫폼 등 서로 다른 용어로 표현되고 있으나, 개념 및 기능적 측면에서 중복되는 연구내용이 존재

- 세부사업1의 '2. 융합데이터 제어 기술개발' 부문의 '제조벤더사 데이터연동 체계 구축(2-2-1)'과 '데이터 연동·공유용 데이터스페이스(2-2-2)'은 세부사업2의 '데이터 파이프라인 구축을 통한 물리지능행동모델 데이터 통합 운영 플랫폼(3-4-1)', 'KG Registry & Repository(3-5-1)', 'Co-Working 테스트베드 기술개발 및 실증 - 학습데이터 플랫폼 구축(4-1-1)', '데이터 파이프라인(4-2-1)' 등과 유사 연구영역 존재
- 해당 세부과제 간 통합 검토 또는 세부과제의 구조(기간, 규모 등) 재검토

○ EWP조립 융합데이터(1-1-2), 고무압출 사출성형(1-1-3), 제조 벤더사 데이터 연동(2-2-1), 데이터 연동·공유용 데이터스페이스(2-2-2), 탄소 관리·추적·인증 플랫폼(2-4-1), 보안 기술 체계(4-3-1), 글로벌 표준화 및 확산(6-1-1) 등은 보급/지원/운영 사업 비중이 매우 높거나, 기술개발 요소가 식별되지 않아 비R&D 성격이 강함

- Co-working 테스트베드(4-1-1), 데이터 파이프라인(4-2-1) 등은 연구개발(R&D) 보다 시설·장비 도입, 시스템구축, 시설 지원 등의 비중이 높음
- 상기의 세부과제들의 성과목표 달성도 측정 시, 장비 및 시설 신규 구축으로 인한 개선효과를 제외한, 즉 순수 PINN 도입으로 인한 성과 수준을 제시하여야 함
- 해당 세부과제의 삭제 검토 또는 세부과제의 구조(기간, 규모 등) 재검토

○ 세부사업1의 도메인별 데이터 수집 및 모델개발 과제는 PoC 과제와 데이터 수집 부문 중복 영역(동일 제공 주체, 동일 공정, 동일 수집 주체)이 존재

- CNC 초정밀 가공/조립(1-1-1), EWP조립 융합데이터(1-1-2), 고무압출 사출성형(1-1-3), 자동차 부품 경량화 (1-1-4.), 플라스틱 사출(1-1-5), 안전벨트 제조공정(1-1-6), 스마트 액츄에이터(1-1-7), Cooler+WCAC(1-1-8) 등 대상
- 해당 세부과제의 구조(기간, 규모, 추진 방식 등) 재검토

○ 세부과제의 성능목표(5년 후)가 현 해외 최고수준 대비 낮거나, 현 국내 수준과 동일한 과제가 다수 존재[31)]

31) 본 조사 '세부활동 성과지표의 적절성' 항목에서 상세 검토

- CNC 초정밀 가공/조립(1-1-1), EWP조립 융합데이터(1-1-2), 고무압출 사출성형(1-1-3), 자동차 부품 경량화(1-1-4.), 스마트액츄에이터(1-1-7), Cooler+WCAC(1-1-8), Edge AIoT(2-1-1), 에너지 최적화(2-3-1), 물리상호작용 합성데이터 생성(3-2-1), 데이터 파이프라인 구축을 통한 물리지능행동모델 데이터 통합 운영 플랫폼(3-4-1), KG Registry & Repository(3-5-1), Co-Working 테스트베드 기술개발 및 실증 - 학습데이터 플랫폼 구축(4-1-1), 보안 및 기술 체계(4-3-1) 등 대상

※ 사업계획서에는 해외 사례가 특정 태스크에 최적화되어 있다고 설명되어 있으나, 글로벌 빅테크의 사례가 범용성이 부재하다고 볼 수 있는 근거가 없음

- 해당 세부과제의 삭제 검토 또는 세부과제의 구조(기간, 규모 등) 재검토

○ 사업계획서에는 1세부사업은 현장 실증 기반의 데이터 수집 - 활용 일체형 체계를 통해 산업 적용 가능한 수준(TRL 6~7)까지 기술성숙도를 확보한다고 되어 있으나, 실제 다수의 세부과제 목표 수준이 TRL4로 설정되어 있어 해당 기술의 현장 실증 가능성, LAM으로의 통합 가능성 등에 불확실성이 존재하는 것으로 판단됨

- TRL2(착수) → TRL4(종료): CNC 초정밀 가공/조립(1-1-1), 고무압출 사출성형(1-1-3), 자동차 부품 경량화(1-1-4.), Cooler+WCAC(1-1-8), 의료로봇 융합데이터(1-1-9), 디지털트윈 기술개발 및 FAB센터 구축(1-2-1), 제조벤더사 데이터연동 체계 구축(2-2-1), 에너지 최적화 기술(2-3-1), 탄소 추적 플랫폼 기술(2-4-1) 등

- 해당 세부과제의 삭제 검토 또는 세부과제의 구조(기간, 규모 등) 재검토

○ 제조 데이터 수집 및 통합 플랫폼, 공정 품질 예측 및 예방보전, 생산 스케줄링 최적화, 디지털트윈 기반 공정 시뮬레이션, 데이터 연동 및 공유 체계 구축, 에너지 최적화, 탄소 관리 플랫폼 등은 기존 정부R&D(스마트제조, 디지털트윈, 산업 AI 등) 주제로 수행되었거나 민간 기술이 존재하는 부문이나, 차별성이 분명하지 않은 세부과제 존재

- EWP조립 융합데이터(1-1-2), Edge AIoT(2-2-1), KG Registry & Repository(3-5-1) 등

- 동 사업 세부과제별 연구주제 및 연구목적을 주요 키워드로 최근 3년 간 정부 R&D 수행 현황을 검색(조사분석데이터)한 결과, 해당 키워드를 공유하는 다수의 유사과제들이 확인됨

※ 동 사업의 PINN 방식 적용이 해당 유사과제들과 구분이 될 수 있는 주요 요인으로 보임

- 해당 세부과제의 삭제 검토 또는 세부과제의 구조(기간, 규모 등) 재검토

<표 3-4> 1세부사업 관련 유사과제 검색 결과(예시)

동 사업 세부과제	키워드 검색 결과(예시)	
	과제명	사업명
1-1-1. CNC 초정밀 가공/조립 공정 자능형 융합 데이터 수집 및 절삭가공 이상 예측/검지 기술(CETAI) 개발 및 실증	절삭가공 산업의 AI 자율제조 고도화를 위한 핵심 기술 개발	기계장비산업기술개발
	절삭가공 전주기 데이터 기반 공정 최적화 기술 개발	기계장비산업기술개발
1-1-3. 고무압출 사출성형 공정 융합데이터 수집 및 초정밀 압출 사출 공정 개선 및 품질 최적화 기술 개발	클라우드/엣지컴퓨팅 기반 고무성형 공정 박데이터 무선통신 수집 및 자능형 분석 솔루션 개발	중소기업기술혁신개발
	고무 플라스틱 제품 오류 검출과 개선을 위한 산업용 IoT와 자능 시스템 개발 및 실증	전자부품산업기술개발(R&D)
	인공자능 기반 IIoT 융합장치를 활용한 고무성형산업 자율제어 시스템 개발	산학연Collabo R&D(R&D)
1-1-4. 자동차 부품 경량화 제조를 위한 융합데이터 수집 및 용접&절삭&사출 공정용 능동형 생산체계 구축 기술개발	고강도강 적용 테일게이트 부품의 프로젝션 용접 자동화 및 인공자능 기반 용접품질 모니터링 시스템 개발	산학연Collabo R&D(R&D)
	프론트 에이프런 모듈 30% 경량화를 위한 경량금속 기반 일체화 기술 및 AI 분석 기반 접합공정 고도화 기술 개발	자동차산업기술개발
	자동차 부품 사출 산업의 디지털 혁신을 위한 AI 기반 사출 공정 DX 플랫폼 개발	DX한걸음프로젝트
1-1-7. 스마트액츄에이터 초정밀 제조 융합데이터 수집 및 표면살장 공정 기반 정밀 제어 기술 개발	작업자와 로봇의 안전성 확보 및 정밀 제어가 가능한 자기식 동력 전달 기반 고효율 액추에이터 기술 개발	로봇산업기술개발(R&D)
	고속/고정확 통합시스템 모델링 기반 정밀생산/계측 장비용 고성능 목적특화형 액추에이터 설계 및 제어 연구	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
1-1-9. 물리자능행동모델 기반 의료로봇 초정밀 제어를 위한 융합데이터 수집 기술 개발	의료 수술 보조 작업을 위한 일반화된 로봇 제어 시스템	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
	AI 기반 수술 환경 적응형 수술보조로봇 플랫폼의 개발	한국형 ARPA-H 프로젝트
	유연관절경 및 유연수술도구를 활용한 AI기반 정형외과 수술보조 로봇시스템 개발	범부처전주기의료기기연구개발사업(산업부,복지부,과기부)
1-2-1. 초정밀제어 물리자능행동모델 기반 양방향 제어 디지털트윈 기술 개발 및 FAB센터 구축	디지털트윈 기반의 공정관리 가능을 갖춘, 자능형 현장 분석/예측 기술을 기반으로 하는, 생산계획의 수립 및 이에 따른 설비배치 시스템 개발	스마트 제조혁신 기술개발사업(R&D)
	자동차 부품 생산공정의 산업AI 및 디지털 트윈 기반 DX 시스템 기술개발	전사적DX촉진기술개발
	반도체 제조공정 최적화를 위한 실시간 IoT와 디지털트윈 융합시스템 기술개발 및 실증	전자부품산업기술개발(R&D)
	디지털 트윈/디지털 스레드 기반 공작기계 자능화 및 공정 최적화 기술 개발	기계장비산업기술개발
2-1-1. 물리자능행동모델을 위한 Edge AIoT 기술 개발	스마트시티 Edge AIoT 플랫폼 및 네트워크 인프라 기술 개발	스마트시티인프라(AIoT핵심기술개발(R&D)
	회전체 설비 진단 AIoT 기반 자능형 공정 효율화 플랫폼 기술 개발	한국생산기술연구원
2-2-1. 물리자능행동모델을 위한 밸류체인 내 제조밴더사 데이터연동 체계 구축 기술 개발	자동차산업미래기술혁신을위한오픈플랫폼생태계구축	자동차산업기술개발
2-2-2. 물리자능행동모델 데이터 연동 공유용 데이터스페이스 기술개발	제조 공정을 위한 온디바이스 AI 및 데이터스페이스 통합 기술 개발	산업기술국제협력
2-3-1. 물리자능행동모델 기반 초정밀 제조공정 연계 에너지 최적화 기술 개발	IoT 기반 단조공장 에너지 효율화를 위한 공정 데이터 분석 및 상황적응적 운영 최적화 기술 개발	에너지수요관리핵심기술개발(에특)(R&D)

동 사업 세부과제	키워드 검색 결과(예시)	
	과제명	사업명
2-4-1. 물리자능행동모델 기반 탄소중립 규제 대응을 위한 탄소 관리·추적·인증 플랫폼 기술 개발	배터리·자동차 산업 대상 제품 전주기 탄소발자국 플랫폼(MCF) 개발 및 AI 기술 기반 탄소 저감 기술 개발	제조데이터표준인공지능활용·제품전주기탄소중립지원기술개발(R&D)
	전기·전자 산업 대상 제품 전주기 탄소발자국 플랫폼(MCF) 개발 및 AI 기술 기반 탄소 저감 기술 개발	
	글로벌 탄소규제 대응과 친환경 제조 밸류체인 최적화를 위한 디지털 탄소발자국 관리/운영 AI 플랫폼 개발 및 현장 실증	지식서비스산업기술개발(R&D)
	자능형 탄소배출 관리 및 예측제어를 위한 하이브리드 재생장치 기반의 모니터링 인증 플랫폼 개발	중소기업기술혁신개발(R&D)

<표 3-5> 2세부사업 관련 유사과제 검색 결과(예시)

동 사업 세부과제	키워드 검색 결과(예시)	
	과제명	사업명
3-1-1. 고정밀 멀티모달 데이터 생성, 수집, 관리를 위한 실-가상환경 오차 최소화 및 품질관리 기술 개발	멀티모달AI 에이전트플랫폼	중소기업기술혁신개발(R&D)
3-3-1. 물리자능행동모델 및 프레임워크 개발	실세계의 실생활 문제를 실시간에 해결하는 신체자능에이전트를 위한 초거대 행동 파운데이션 모델 연구	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
3-4-1. 실시간 다차원 데이터 파이프라인 구축을 통한 물리자능행동모델 데이터 통합 운영 플랫폼 기술 개발	다중 데이터 파이프라인 기반 인공자능 개발 및 서비스 자동화 플랫폼 개발	민관협력구축(ICT스타트업육성)
	공정 시계열 데이터 파이프라인(수집, 전처리, 분석 등) 디지털 트윈 플랫폼 개발	제조데이터공동활용플랫폼기술개발
	엣지 로봇과 클라우드 데이터 센터간 기계학습 파이프라인 구성 자동화 플랫폼 개발	지역특화산업육성사
3-5-1. 물리자능행동모델을 위한 KG Registry & Repository 기술 개발	WisdeKB 빅데이터 이해 기반 자기학습형 지식베이스 및 추론 기술 개발	주식회사솔트룩스
	대용량 지식그래프 자동완성을 위한 시맨틱 분석 추론기술 개발	숭실대학교 산학협력단
4-1-1. 물리자능행동모델을 위한 Co-Working 테스트베드 기술개발 및 실증 -초정밀제어용 학습데이터 플랫폼 구축	하이브리드 클라우드 기반 자능형 MLOps 워크로드 관리도구 기술 개발	월드클래스플러스프로젝트지원(R&D)
	엣지 브레인 프레임워크 기반 장비 로봇 협업 기술 개발	스마트 제조혁신 기술개발(R&D)
4-2-1. 엣지클라우드와 하이브리드 클라우드 간 데이터 파이프라인 기술(IT/OT)	클라우드 및 엣지 내 PaaS 기반 서비스 실행을 위한 실시간 데이터파이프라인 개발	창업성장기술개발
	반도체 장비 자능화를 위한 공정 데이터 플랫폼 기술 개발	차세대자능형반도체기술개발(설계제조)(R&D)
4-3-1. 물리자능행동모델을 위한 보안 및 기술체계 구축	멀티 및 하이브리드 클라우드를 위한 인공자능 보안 위험관리 및 대응 솔루션	창업성장기술개발
5-1-1. 물리자능행동모델 초정밀의료 로봇 개발 5-2-1. 의료특화 물리자능행동모델 원천 핵심기술 개발	AI 파운데이션 모델 기반 가정 및 의료 환경 특화 휴머노이드 로봇 개발	로봇산업기술개발(R&D)
	실시간 수술 상황과 의료진의 의도에 기반한 휴머노이드 수술 보조 로봇(SARAM-H, Surgical Assistant Robot using AI and Modular-Humanoid) 개발 및 임상 실증	한국형 ARPA-H 프로젝트
	(참여)수술 환경 인지기반 반능동형 정밀 수술로봇 플랫폼 개발	범부처전주기의료기기연구개발사업(R&D)(과기정통부, 복지부, 산업부)
	AI 기반 수술 환경 적응형 수술보조로봇 플랫폼의 개발	한국형 ARPA-H 프로젝트

□ 1, 2 세부사업 내 세부과제별 검토

○ 1-1-1. CNC 초정밀 가공/조립 공정 지능형 융합 데이터 수집 및 절삭가공 이상 예측/검지 기술 (CETAI) 개발 및 실증

- 절삭가공은 열변형, 진동 등 물리적 해석이 필수적이므로 PINN 적용이 타당할 수 있으며, 기존 AI 모델 대비 차별성 확보 가능
- 초정시성을 강조하고 있으나, 기존 모델로 가능한 부분 외 물리행동모델으로 수행하고자 하는 부분에 대한 설명이 부족
- 동 세부과제의 TRL4 목표는 동 사업의 AI모델 개발·실증·인증 등과의 정합성 부족
- 성능지표 중 제어 성공률 95%가 실제 상용화 가능 수준인지 논거에 기반한 설명이 필요하고(소명을 통해 보완됨), '예측 정확도 90%'는 데이터셋 의존적이므로 가공 오차(㎛), 연산 지연시간(ms) 등 절대 지표 필요
- 'CNC 가공 장비 데이터 수집 소프트웨어(WAS)' 구매 예정으로, 자체 기술개발이 아닌 상용 프로그램 활용으로 데이터 수집이 수행될 것으로 판단됨
- AI 자율제조 선도프로젝트(산업부) 등에 유사 연구목적 및 연구내용의 과제 존재
- 세부과제 구조(기간, 규모) 조정

○ 1-1-2. EWP조립 융합데이터 수집 및 용접 연계 초정밀복합공정 최적화 및 PdM기술 개발

- 조립 공정은 기구학적 로직 영역으로 PINN 적용 논리가 빈약하고, 기존 자동화 라인 구축 및 디지털 트윈 활용과 차별성이 부족하며, 산업 도메인에 특화된 내용도 확인되지 않음
- 세부활동 대부분이 AI 모델 개발보다는 데이터 수집 체계 구축, 데이터 플랫폼 개발, 디지털 트윈 구축에 집중되어 있고, 데이터 수집을 위한 IoT 기반 인프라 및 관리 체계[32], 학습용 데이터 전처리 체계[33], 하이브리드클라우드 기반 데이터 통합 관리 플랫폼[34] 등은 기존 연구 및 상용 기술 활용이 가능할 것으로 판단됨

---

32) 데이터 수집 목적의 IoT 기반 인프라 구축 및 관리는 EWP 조립 공정에 특화된 기술이 아니므로 기존 기술의 활용이 충분히 가능. 사업계획서의 Mitsubishi Electric의'e-F@ctory'와 한국기계연구원의'스마트 제조공정을 위한 AI 기반 고장 예지 및 품질 이상 감지 시스템 개발'사례에서도 IoT 기반 데이터 수집 및 데이터 관리 기능은 기반 기술로 기 확보되어 있음. 또한, OPC-UA, MQTT 등 표준화된 데이터 수집 프로토콜이 이미 존재함

33) 학습용 데이터 전처리 기술도 기반 기술로 Siemens의 Opcenter 및 포스코 DX의 PosMaster 등 주요 상용 MES(Manufacturing Execution System)에는 정형/비정형 데이터에 대한 수집, 정합성 검증, 필터링, 구조화 등 데이터 전처리 기능이 대부분 구현되어 있음. 또한, 유사 사업으로는 산업통상자원부에서 추진 중인 '산업 AI 데이터 전처리 자동화 플랫폼'사업이 존재
- PosMaster : https://www.poscodx.com/kor/solution/posMaster
- Opcenter : https://plm.sw.siemens.com/ko-KR/opcenter
- 산업 AI 데이터 전처리 자동화 플랫폼 : https://www.etnews.com/20250904000109

- PdM 및 용접 품질 AI는 민간 솔루션과 기존 정부 R&D에서도 이미 다루어져 온 영역으로, 기존 연구 및 상용 기술과 구분되는 구체적인 차별적 요소 부족
- 성능지표 중 행동 분류 정확도로 88% 수준으로 정밀 제어가 가능한지 논거에 기반한 설명 필요
- 고온/흄 등 용접 환경에서의 센서 데이터 신뢰성 확보 방안 필요
- AI 기반 자율제조 서비스(AI-SEPO)가 특정 수요기업의 전기 워터펌프 조립 공정에 국한되지 않고 유사 전기 워터펌프 조립 공정에도 적용 가능한지(범용성) 논거에 기반한 설명 필요
- 예산 편성이 이송로봇, 웨어러블 카메라, 태그 시스템 등 공장 자동화를 위한 생산 시스템 구축에 집중되어 있어, 동 사업을 통한 해당 공장의 DX 수준 확보가 우선 진행되는 것으로 보임
- 세부과제 삭제

○ 1-1-3. 고무압출 사출성형 공정 융합데이터 수집 및 초정밀 압출 사출 공정 개선 및 품질 최적화 기술 개발

- 고무의 비선형적 물성과 유체 역학 특성은 기존 해석이 어려워 PINN 도입으로 효과를 기대할 수 있는 부문
- 기존 QC 기술과의 차별점 설명 필요

※ 이에 대해 QC와 PINN은 '사후 판정 vs 물리 기반 예측·제어'이고, QC가 '불량을 걸러내는 기술'이라면 PINN은 '불량이 발생하지 않게 하는 기술'이라고 소명하였으나, 본 조사에서 제가한 쟁점은 결과물의 차별성에 관한 사항임

- 예산 내역 상 자체 기술개발보다 전통적인 AI/ML 기법을 적용한 상용 AI 라이선스 구매 중심의 시설구축을 추진하는 계획으로 판단됨
- 세부과제 구조(기간, 규모) 조정

○ 1-1-4. 자동차 부품 경량화 제조를 위한 융합데이터 수집 및 용접&절삭&사출 공정용 능동형 생산체계 구축 기술개발

- 스마트팩토리와 같은 매크로한 주제에서 사출 등 각각의 PINN 모델을 어떻게 결합하는지 구체적으로 설명되지 않았고, 기존 스마트공장 구축 사업이나 일반적인 AI 기반 검사 기술과 비교했을 때 기술적 차별성이 분명하게 확인되지 않음
- 생산체계 구축 및 설비가동률(성능지표)과 정밀 제어와의 연계성을 파악하기 어려움

34) 기업 정보 데이터(IT)와 설비 센서 기반 운영 기술(OT) 데이터를 통합하여 처리하는 데이터 파이프라인 구축, 그리고 클라우드 - 로컬 서버 간 연동 체계는 기존 스마트공장 고도화 사업에서 공통적으로 다루어져 온 기술 영역이라 하이브리드 클라우드 기반의 데이터 통합 관리 플랫폼 자체에 대해서는 기술적 차별성 부족

- 예지 보전 및 전력(FEMS) 데이터 분석, 전력 AI 모델 개발 등과 PINN/LAM과의 관련성을 확인하기 어려움
- 고무압출 사출 성형(1-1-3) 및 플라스틱 사출(1-1-5)과 중복되는 가공 방식 존재
- 이기종 설비 간 데이터 표준화 및 통신 프로토콜 정립 선행 필요.
- 예산 구조가 공장 시설 개선 관련 성격의 설비 투자(케이블링, 서버룸 공사, 키오스크 구매 등)에 집중하고 있고, 핵심 기술 개발은 위탁연구에 의존하는 형태로 되어 있어, 동 세부과제 자체의 주요 연구개발 요소는 드러나지 않음

※ 네트워크 공사 및 키오스크 구매 등 시설구축비는 국비 지원 불가

- 세부과제 구조(기간, 규모) 조정

○ 1-1-5. 플라스틱 사출 연계공정 융합데이터 수집 및 초정밀 생산예측 기술개발

- 상용 해석 SW(Moldflow 등)와의 차별점, PINN 모델을 적용해야 할 필요성 등이 충분히 설명되지 않음
- 정밀제어를 위해 예측 레이턴시(지연시간)가 10ms는 되어야 한다는 설명(사업계획서)에 반하여, 동 세부과제 성능목표는 정밀제어가 불가능한 수준인 100ms로 설정되어 있어 재검토가 되어야 함(소명을 통해 보완됨)
- 성능지표인 설비가동률과 동 세부과제의 정밀 제어 간의 연관성이 확인되지 않음
- 현 TRL2에서 사업종료 시점에 TRL8을 달성한다는 계획에 대해, 근거에 기반한 설명 필요
- 세부과제 구조(기간, 규모) 조정

○ 1-1-6. 안전벨트 제조공정 품질예측 및 예방보전 융합데이터 수집 및 생산스케쥴링 최적화 기술 개발

- ML기반 품질예측과 PINN/LAM/정밀제어와의 관련성을 확인하기 어렵고, 생산 스케줄링(APS)은 수학적 조합 최적화 문제로 물리 모델과의 관련성을 파악하기 어려움
- 성능지표 중 '품질예측 및 이상탐지'와 '제어를 하는 LAM' 간에 어떠한 관련성이 존재하는지 불분명함
- PINN 및 LAM 모델 적용 시 기존 AI 방식 대비 어느 정도의 성능 개선이 이루어지는지 확인하기 어려움
- 탄소 센서 도입 등 장비 구매 위주로 구성되었고 실제 내용은 상용 APS(스케줄링) 도입과 유사하여, 동 세부과제 자체의 주요 연구개발 요소는 드러나지 않음

※ APS는 이미 민간의 상용 솔루션이 다수 존재하여 별도의 원천기술 개발 필요성이 낮음

- 세부과제 삭제

○ 1-1-7. 스마트액츄에이터 초정밀 제조 융합데이터 수집 및 표면실장 공정 기반 정밀 제어기술 개발

- 스마트액츄에이터 자체를 개발하는 과제로 설명하고 있으나, 스마트액츄에이터와 PINN/LAM과의 관련성을 찾기 어렵고 액츄에이터의 용도도 불분명함

※ 상세기획 내용에 데이터수집, 물리지능행동모델개발, 스마트액추에이터 개발 등이 혼재되어 세부과제 목적이 불분명함

- 고속 공정에서의 실시간 데이터 처리 지연 최소화 기술 확보 필요.
- 세부과제 구조(기간, 규모) 조정

○ 1-1-8. Cooler + WCAC 핵심 연결 공정 융합데이터 수집 및 프레스&용접 복합 공정 최적화 기술 개발

- 프레스와 용접은 물리 해석이 필요한 영역으로, 복합 공정 간의 데이터 동기화 기술 개발은 의미가 있음
- 그러나 2차년도 공장 운영 서비스와 PINN/LAM과의 관련성을 확인하기 어렵고 (PINN을 무슨 공정에 적용하겠다는 것인지 불분명), knowledge graph와 정밀제어와의 연계성을 파악하기 어려움
- 세부과제 구조(기간, 규모) 조정

○ 1-1-9. 물리지능행동모델 기반 의료로봇 초정밀 제어를 위한 융합데이터 수집 기술 개발

- PINN/LAM/로봇정밀제어와 상관없는 환자의 진료기록을 수집하는 이유가 불분명하고, 이를 처리하기 위해 PINN과 관련 없는 기계학습(ML), 강화학습(RL), 단순 회귀 분석 등이 필요한 사유 등이 확인되지 않음
- 연구내용이 기존 의료 데이터 수집 자동화 수준으로, PINN 모델 학습을 위한 데이터 수집이 파악되지 않음

※ 의료로봇 초정밀 제어에서 환자의 진료데이터는 의료로봇의 물리제어와 관계가 없음

- ARPA-H 프로젝트 내 수술보조로봇 과제와 연구목적 및 연구내용, 참여주체 중복 가능성이 높음 (5-1-1, 5-1-2 동일)
- 세부과제 삭제

○ 1-2-1. 초정밀 제어 물리지능행동모델 기반 양방향 제어 디지털 트윈 기술 개발 및 FAB센터 구축

- 1세부사업의 도메인별 세부과제에 디지털트윈과 PINN 모델 개발을 포함하고 있어, 중복 영역 존재

※ PoC 과제에도 디지털 트윈 실증(2건, 16.66억 원)을 포함

- 국제 공동연구가 기타직접비 비목으로 계상되어 있으나, 이에 대한 구체적인 내용이 부재하여 적절성 판단이 제한됨(글로벌 실증 관련 비용으로 추정됨)
- 추진 타당성이 충분히 확보되지 않은 글로벌 실증 부문 제외
- 다양한 이기종 설비와의 호환성 확보 방안, 통합 아키텍처 성능 등의 구체성 부족
- 세부과제 삭제

○ 2-1-1. 물리지능행동모델을 위한 Edge AIoT기술 개발

- 물리지능행동모델에 특화된 기술적 특징이 명확히 제시되지 않아 기존 Edge AIoT 기술 대비 차별성 및 우수성을 구체적으로 확인하기 어렵고, 동 세부사업에서 설명되는 기능을 구현할 수 있는 기존 기술이 존재하는 것으로 판단[35)]

※ 주관부처가 차별성으로 제시한 데이터 정합성은 AIoT 기술의 기본 방향임

- 엣지AI와 초정밀 제어와의 연관성이 부족하고, 엣지AI의 성능이 높아지면 정밀제어가 잘된다는 설명의 논거 부족
- 세부사업1(물리지능행동모델 AI 융합데이터 수집·활용 플랫폼 기술 개발)의 도메인별 과제에서도 데이터 수집을 위해 AIoT 기술을 개발하거나 기존 기술을 활용
- 데이터 수집을 위해 과제 착수 시점부터 Edge AIoT 기술의 활용이 전제되어야 하므로, 동 세부사업을 별도로 추진해야 할 당위성 부족
- CNC 절삭, 사출, 조립 등 다양한 제조 공정에 적용 가능하다고 기술되어 있으나 구체적인 적용 대상 공정에 대한 선정 근거 및 실증 계획이 부족
- 경량화 알고리즘 개발 없이 상용 디바이스를 구매하는 형태
- 동 과제에 포함된 데이터 전처리 기술은 산업AI용 데이터 전처리 자동화 기술개발(산업부)과 유사하고, 해당 기능을 수행할 수 있는 기술을 동 사업 참여업체도 기보유한 상황(POC 설명회)
- 세부과제 삭제

○ 2-2-1. 물리지능행동모델을 위한 밸류체인 내 제조벤더사 데이터연동 체계 구축 기술 개발

- 이상치, 결측치 제거 등 데이터 처리는 도메인별 세부과제의 데이터 취득 과정에서 당연히 수행해야 하는 내용으로, 기존 공개 데이터 공유 모델 활용으로 가능할 것으로 보이므로 별도 과제로의 추진 당위성이 높지 않음

35) 1-1-2 과제에서 언급한 Mitsubishi Electric의 e-F@ctory와 한국기계연구원의 스마트 제조공정을 위한 AI 기반 고장 예지 및 품질 이상 감지 시스템의 데이터 수집 및 데이터 관리 기술이 센서 데이터 수집, 장비 간 연계, PdM 기능을 수행하고 있어서 유사한 측면 존재. Siemens의 Opcenter와 포스코DX의 PosMaster 등 주요 상용 MES의 데이터 전처리 기술이 유사성 존재

- 1세부사업 도메인별 과제 내용과 중복되는 산업용 AI 데이터 수집 및 전처리(8개사)를 매년 위탁연구개발비(총비용의 68%)로 계상하고 있고, 해당 비용은 연구개발비보다는 운영비(비R&D) 성격이 강한 것으로 보임
- 데이터 수집 SI 과제 구조이나, PINN 데이터 표준화에 대한 내용은 부재함

※ 이에 대해 자산관리쉘(AAS) 표준을 기반으로 PINN/ LAM 연동·공유 데이터의 시맨틱을 일관되게 표준화하고, Semantic Hub를 통해 해당 모델을 버전관리·배포하여 호환성을 검증한다고 소명

- 성능지표 설정근거로 ISO를 제시하고 있으나, 목표 수치 설정 내역이 확인되지 않음
- (3-4-1) 세부과제에 통합

○ 2-2-2. 물리지능행동모델 데이터 연동·공유용 데이터스페이스 기술개발

- 동 세부과제 성능지표인 '최소 응동시간 1초'로 정밀제어가 가능한지에 대해 논거에 기반한 설명 필요
- 데이터 스페이스 연동에도 PINN/LAM 데이터의 표준화 관련 내용은 부재
- 동 세부과제에서 언급하는 대부분의 기술이 오픈소스 또는 기개발된 민간 기술을 바탕으로 하고 있어, 별도의 개발 필요성이 높지 않은 것으로 보임
- 물리지능행동모델 특화 데이터스페이스 설계·구축을 1차년도에 완료한다는 계획에 대하여, 근거에 기반한 설명 필요
- (3-4-1) 세부과제에 통합

○ 2-3-1. 물리지능행동모델 기반 초정밀 제조공정 연계 에너지 최적화 기술개발

- 공장 에너지 관리는 시계열 통계 분석으로 PINN 적용 실효성이 높지 않으므로, 동 세부과제는 PI-LAM과 관련성이 낮음
- 사업 목표 달성 관점에서 정부R&D 비용으로 동 세부과제를 위해 외산 모델을 도입해야 하는 사유 및 근거가 설명되지 않음
- 성능지표가 데이터 수집/분석 중심으로, 에너지 최적화 관련 성능지표 부족
- 탄소 관리·추적·인증 플랫폼 기술(2-4-1)과 탄소배출 관련 중복 영역 존재

※ PoC 과제에도 에너지 통합관리 플랫폼(1개소 5억 원)을 포함

- 세부과제 삭제

○ 2-4-1. 물리지능행동모델 기반 탄소중립 규제 대응을 위한 탄소 관리·추적·인증 플랫폼 기술개발

- 탄소배출량은 '정밀제어 특화, 제조산업 자율지능화', 'PINN' 등과의 정합성이 낮으므로 동 사업으로의 추진 당위성 부족
- 동 사업 관련 기술개발 요소가 식별되지 않으며(비R&D 성격), ESG 지원 과제 성격에 가까움
- 물리지능행동모델 글로벌 표준화 과제(6-1-1)와 간접적으로 연결된 세부활동으로 보임
- 에너지 최적화 기술 과제(2-3-1)와 탄소배출 부분의 중복 내용 존재
- 세부과제 삭제

○ 3-1-1. 고정밀 멀티모달 데이터 생성, 수집, 관리를 위한 실-가상환경 오차 최소화 및 품질관리 기술 개발

- 멀티모달 데이터 수집 자체는 필수 요소이나, 멀티모달 데이터 수집에서 가장 중요한 부분인 '서로 다른 모달리티를 갖는 데이터를 어떻게 연계시켜 수집하고 이를 align할 것인가'를 파악할 수 있는 내용이 사업계획서에서 확인되지 않음
- 동 세부과제의 '해석모델이 아닌 PINN 모델을 사용하여 가상환경과 실환경 사이의 오차를 줄인다'는 기술개발 목표 설정 근거의 논거(레퍼런스) 부족
- sim2real 문제는 가상환경에서 사용되는 물리엔진의 오차로 인해서 발생하는 것이 아니라 가상환경이 시각적으로 실환경과 다르기 때문에 발생하는 것으로, PINN 모델 등을 이용하여 물리엔진의 오차를 줄인다고 해서 sim2real 문제가 해결되기는 어려을 것으로 판단됨

※ sim2real 문제를 해결하기 위해 photo-realistic simulation이나 domain radomization 등의 기법이 사용되는 점에서 확인 가능

- 사업계획서의 수집데이터 상세명세 5종의 데이터가 서로 다른 상황에서 서로 다른 수량으로 수집되고 있으므로, 서로 관련된 멀티모달 데이터로 판단하기 어려움

※ 이 경우, 학습에 사용이 불가할 것으로 판단

- 동 사업의 비전데이터 수집 양(누적 1,000시간)이 사업규모(약 828억 원)를 고려, 적절한 수준인지에 대해 근거에 기반한 설명 필요
- 성능지표 중 자동 생성 가상 자원 정합성을 평가하기 위해 사용하는 AAS 메타모델은 디지털트윈의 데이터 교환을 위한 표준 데이터 포맷으로, 인공지능 데이터 포맷으로 부적합(LAM 학습을 위한 데이터 포맷으로는 활용이 불가능)
- 기초 학습 모델에 적합한 메타데이터에 대한 분석, 멀티모달 데이터 이상치 검출 및 자동 보정 알고리즘 필요성, FID 및 MAE[36] 뿐만 아니라 언어/제어 데이터에 대한 품질 메트릭 고안 등 보완 필요
- 세부과제 규모 조정

36) FID(Frechet Inception Score)와 MAE(Mean Absolute Error)는 각각 생성형 AI 모델의 품질 평가에 사용되는 지표

○ 3-2-1. 물리지능행동모델을 위한 적응형 물리상호작용 합성데이터 생성 기술 개발

- PINN모델 학습시 당연히 시뮬레이션 데이터를 사용하게 되어 도메인별 세부과제에서도 필요한 영역이므로, 별도의 합성데이터 생성 과제를 구성한 사유에 대해 근거에 기반한 설명 필요
- Sim2Real, 도메인 적응 기술 등은 기존 활발하게 수행되고 있는 분야로서, 동 세부과제와 기존 강화학습 또는 로봇학습 과제 간 차별성이 불분명
- 동 세부과제는 sim2real gap을 줄일 수 있는 높은 수준의 시뮬레이션 데이터를 다량으로 생산할 수 있는 기술 개발이 목표이므로, sim2real gap을 줄이기 위한 domain radomization이나 domain adaptation은 성능목표로서 적합성이 부족
- 동 세부과제로의 투입(75억 원/년, 인력 170여 명) 대비 성과목표 수준(논문 5건, 특허 출원 5건, 등록 5건)이 적적한 수준인지에 대해 재검토 필요
- 합성데이터 생성 기술은 적용 대상 물리 시스템과 상호작용 유형에 따라 연구 난도가 크게 달라질 수 있으므로, 초기 단계에서 적용 범위와 대상 시나리오를 명확히 한정하지 않을 경우 연구 범위가 과도하게 확장될 위험
- 세부과제 규모 조정

○ 3-3-1. 물리지능행동모델 및 프레임워크 개발

- 동 세부과제에서는 PINN 기반의 월드모델과 행동모델을 모두 개발하고자 하므로, 연구개발의 의미가 인정될 수 있음
- 그러나 PINN, 물리지능행동모델의 정의 및 적용범위가 모호(모델 아키텍처, 크기, 입출력, 방법론 등)하고, 평가지표나 개발내용상으로는 월드모델과 행동모델의 최종 산출물이 어떤 형태로 나오는지 불명확함
- 성능목표 중 과업 성공률 85%로 정밀제어가 가능한지 논거에 기반한 설명이 필요하고, 학습속도 관련 성능지표는 소프트웨어 개발이 주목적인 동 세부사업에는 중요도가 높지 않음
- 기존 RT 계열 모델 대비 다양한 과업에 대한 성능 향상 정도에 대한 수치가 성능목표로 제시되어야 함
- 모델 경량화 및 추론 속도 최적화 기술의 병행 개발, 5단계에서 벤치마크나 시나리오 검증이 아닌 실제 현업 검증 등이 필요
- AI 가속기는 가격대비 성능, 최근의 모형까지 지원하는 범용성 등의 장점이 있지만, GPU와 호환성 측면에서의 근본적인 한계로 인해 활용도의 제약에 대한 우려가 존재할 수 있으나[37], 이에 대한 검토가 이루어지지 않음

- 도메인별 데이터 수집 및 모델 개발, 학습플랫폼 및 테스트베드 등 연관된 타 세부과제가 5년 동안 수행되고, 개별 모델 통합으로 LAM을 개발한다는 논리, 글로벌 빅테크의 기술 및 인력 지원[38]* 등에도 불구하고, 연 500여 명의 연구인력이 필요한 사유가 명확히 설명되지 않음(동 세부과제 주관기관의 역할, 연구인력의 소속 기관, 연구인력 수 및 역할 등 설명 부재)

※ 이에 대해 주관부처는 인원별/직위별 역할표를 제시하였으나(1차 추가제출자료), 산정 근거가 없는 단순 설명자료임

- 사업계획서에는 현재 TRL3으로 제시하였으나, PINN의 범용적 재사용 논거 부족, 정밀도 향상을 위한 PINN-LAM 연동 근거 부재(1차 추가제출자료), 상용화 가능 시점 불분명(사업계획서) 등 고려 시 실질적으로는 TRL2 이상으로 설명되기는 어려울 것으로 판단됨
- 컴퓨팅 자원 확보를 위해 국내 클라우드 사업자와 협력하고 최적화 등 기술을 개발하겠다는 세부과제 계획과 달리 사업설명회 이후 글로벌 하이퍼스케일러와 협력 계획을 제시

※ 국내 클라우드 사업자와의 공식적인 협상 내용은 확인되지 않음(1차 추가제출자료)

- 현 시점에서 글로벌 빅테크의 참여 가능성을 확인할 수 없으므로, 이와 직접 연계된 국제 공동연구 내용 및 관련 비용을 인정하기 어려움
- 단, 동 세부과제는 클라우드 컴퓨팅, 거대모델 개발 등을 위해 계획고 있는 글로벌 빅테크가 주요 주체로 참여하여야 하나, 현시점에서 불확실성이 매우 높아 이와 직접 연계된 국제공동연구 내용 및 관련 비용을 인정하기 어려우므로, 관련 불확실성을 명확하게 해소한 후 착수하여야 함
- 세부과제 규모 조정 및 추진 방식 조정(불확실한 글로벌 빅테크 참여 제외)

○ 3-4-1. 실시간 다차원 데이터 파이프라인 구축을 통한 물리지능행동모델 데이터 통합 운영 플랫폼 기술 개발

- 학습 데이터를 종합적으로 관리하기 위한 운영기술과 DataOps 기반 기술은 필요
- 그러나 사업계획서에서 정의한 DataOps의 세부 기능들은 물리지능행동모델의 특수성을 반영하기보다는 일반적인 데이터 관리 프로세스를 나열하는 형태로, 기존 DataOps 기술[39](민간, 오픈소스 등) 대비 기술적·기능적 차별성이 충분히 확인되지 않음

---

37) https://cloud.google.com/blog/ko/products/ai-machine-learning/samsung-bixby-training-gets-speed-boost-with-cloud-tpu

38) 글로벌 빅테크의 핵심 기술자 30여 명을 상주인력으로 파견받는다는 계획을 제시

39) 유사 목적을 위한 상용 솔루션
- 구글 Dataflow: 데이터 처리와 분석을 위한 서비스로 실시간 스트리밍과 배치 처리에 적합한 분산 처리

※ 물리지능행동모델 개발을 지원한다는 목적으로 제시한 DataOps 기술개발 과제의 핵심 기술들은 이미 업계에서 범용적으로 사용되는 데이터 처리 기술에 의존하는 형태임

- 동 사업으로 월드모델이나 행동모델의 자동 개발 및 운영을 위한 MLOps 시스템이 개발되고 있지 않으므로, DataOps 기능의 별도 개발은 필요성이 높지 않음

※ 인공지능 모델의 개발 및 운영을 자동화해주는 MLOps 시스템의 구축없이 DataOps 기술만 개발이 되는 것은 기술개발로서 의미가 부족

- 실시간 다차원 데이터 파이프라인 및 통합 운영 플랫폼이 물리지능행동모델(PI-LAM) 학습·행동 실행과 직접 결합되는 구조가 명확하지 않음
- 제조벤더사 데이터연동 체계 구축 기술 개발(2-2-1) 및 물리지능행동모델 데이터 연동·공유용 데이터스페이스 기술개발(2-2-2)의 연구내용과 일부 중복 가능성 존재
- 기존 제조 AI 데이터 플랫폼간 이종 데이터로 상호 교류가 제한될 수 있는 문제에 대한 대응 방안 필요(표준화된 데이터 관리 등)
- 세부과제 규모 조정 후 유사 세부과제(2-2-1, 2-2-2) 병합

○ 3-5-1. 물리지능행동모델을 위한 KG Registry & Repository 기술 개발

- 인공지능 분야에서 온톨로지나 KG(Knowledge Graph)는 전통적으로 효과를 보여온 기술로서 의미가 있을 수 있음
- 그러나 본 과제에서 reference로 삼고 있는 RoboBrain은 2014년에 발표된 연구로 현재의 연구경향과 거리가 있으며, 동 사업 내 타 세부과제에서 관련 내용을 찾아볼 수 없어 동 사업 내에서 활용도를 확인할 수 없음[40]

※ 2014년에는 LLM과 같은 deep lerarning 기반의 생성형 AI 기술이 보편화되지 않던 시기이므로 해당 연구가 중요했으나, 2025년에 발표된 RoboBrain 2.0에서는 이러한 KG 기반의 접근 방식을 다루지 않는 것을 확인할 수 있음[41]. Scene graph를 일부 사용하고는 있으나 이는 ontology 기반의 접근과는 차이가 있는 방식임

시스템 (https://cloud.google.com/products/dataflow)

- Azure Data Factory: 클라우드 기반 데이터 통합 서비스로 데이터 파이프라인의 개발, 모니터링, 관리 및 자동화를 지원 (https://azure.microsoft.com/ko-kr/products/data-factory)

NTIS 유사과제 검색

- 고품질 데이터셋의 적시·적소 활용을 지원하는 데이터옵스 프레임워크(DataOps Framework) 기술 개발(한국전자통신연구원)
- 중소기업용 제조 데이터 플랫폼 기반의 셀프 서비스형 데이터 파이프라인으로 데이터 처리 프로세스를 자동화한 의사결정지원 통합관리 기술 개발(마크로버(주))
- 공정 시계열 데이터 파이프라인(수집, 전처리, 분석 등) 디지털 트윈 플랫폼 개발((주)인타운)

40) https://www.technologyreview.com/2014/12/12/12081/robobrain-the-worlds-first-knowledge-engine-for-robots/

41) https://arxiv.org/pdf/2507.02029

- 대규모 물리지능행동모델 지식 그래프를 구축하는 것 자체는 기존 연구들과 차별화 될 수 있으나, 지식 그래프 구축에 필요한 분산형 레지스트리 시스템, 표준 리포지토리, KG 구축 파이프라인, 검색/추론 엔진 기술 등은 물리지능행동모델에 특화된 차별성이 두드러지지 않으므로, 기존 기술의 활용으로도 동 세부사업에서 언급되는 기능이 가능할 것으로 판단[42)]
- 동 세부사업 내용과 기존의 온톨로지 기반 또는 지식 그래프의 내용 간 뚜렷한 차별점이 확인되지 않음
- 온톨로지와 정밀제어가 어떤 관련이 있는지 명확하지 않고, 초정밀 제어와 KG 접목은 실시간성을 저하할 우려가 존재
- 성능목표로 제시된 추론속도 500ms는 고속제어에 부적합하고, 500만 노드는 제어 성능 향상과 관련성이 높지 않음
- 세부과제 삭제

○ 4-1-1. 물리지능행동모델을 위한 Co-Working 테스트베드 기술개발 및 실증 - 초정밀제어용 학습데이터 플랫폼 구축

- '인프라 측면'에서 동 사업을 위해 필요한 인프라로 보이나, 성능지표도 인프라 구축 중심으로 제시되는 등 동 세부사업은 연구개발보다 시설장비구축의 비중이 높음
- '기술개발 측면'에서 세부사업1의 도메인별 데이터 수집 과제에서 다수의 데이터 수집 및 저장 기술들이 개발되어 동 세부과제의 연구내용이 중복 수행으로 보이므로, 별도 연구개발 추진이 필요하다면 논거에 기반한 설명이 제시어야 함
- 사업계획서의 '데이터 채굴 플랫폼'의 정의가 불분명하고, 이에 대한 주관부처의 설명도 명확하지 않으나(2차 실무회의), 상세기획 내용 및 주관부처의 설명을 토대로 할 때 데이터 수집과 차별성이 없는 것으로 보임
- 동 사업은 물리지능행동모델 및 프레임워크개발(3-3-1)에서 1,100억 원이 넘는 클라우드 컴퓨팅(AI가속기)를 사용함에도 불구하고, 동 세부과제에서 데이터 수집 및 처리를 위한 H200 GPU를 320장 구매(약 250억 원)하는 것은 관련 정부 정책 방향[43)]과의

---

42) 지식 그래프를 구축 및 활용하는 상용 솔루션들이 존재
- Altair Graph Studio: 데이터 시각화 및 분석 플랫폼의 일부로, 그래프 기반의 데이터를 분석하고 시각화 기능 제공 (https://altair.co.kr/altair-graph-studio)
- 솔트룩스 knowledge studio: 데이터 분석과 AI 모델링을 위한 통합 개발 환경(IDE)을 제공하는 플랫폼으로 대규모의 지식 그래프 구축 및 관리 기능을 지원 (https://www.saltlux.com/kor/contents/view.do?mId=48)

NTIS 유사과제 검색
- 빅데이터 이해 기반 자가학습형 지식베이스 및 추론 기술 개발(솔트룩스)
- 대용량 지식그래프 자동완성을 위한 시맨틱 분석 추론기술 개발(숭실대학교 산학협력단)

상충 및 중복 투자가 우려되므로, 이에 대해 근거에 기반한 명확한 설명* 필요

* 정부 정책에도 불구하고 동 사업에서 H200 320장을 구입해야만 하는 사유, 연도별 구입 계획(정부의 구입 규제 반영) 및 연도별 사용 상세 계획, 구체적 학습데이터 수요 및 연산량 등에 대한 설명 및 근거, 국가 컴퓨팅 자원 활용에 대한 공식 검토 여부 등

- 컴퓨팅 팜 구축에 5년이 걸리는 이유에 대한 설명이 필요함
- 단순 시설구축비는 관련 규정에 따라 정부R&D로 지원 불가함
- 세부과제 규모 조정

○ 4-2-1. 엣지클라우드와 하이브리드 클라우드 간 데이터 파이프라인 기술 (IT/OT)

- 동 사업에 특화된 기술개발 보다는 레거시 시스템 간의 데이터 연동을 위한 기술로 구성되어, 동 사업으로 추진될 당위성 부족
- 더불어 학습데이터 플랫폼 구축(4-1-1) 3차년도 수행 내용에 "데이터 파이프라인(IT/OT)과 테스트베드 간 통합 연동 시험"이 포함되어 있어, IT/OT 데이터 파이프라인 기술 및 자동화 플랫폼의 중복 개발 우려
- 세부과제 '데이터 연동·공유 스페이스 기술개발(2-2-1, 2-2-2)', '양방향 제어 디지털 트윈 기술 개발 및 FAB센터 구축'(1-2-1) 과제와 중복 영역 존재
- 스마트팩토리 사업에서도 이미 다수의 기술개발*이 진행되어 상용화된 도구들과의 중복 가능성 존재

* 실시간 데이터 파이프라인 개발(창업성장기술개발) 등

- 제조기업의 레거시에 저장된 데이터를 학습데이터 플랫폼 구축 과제(4-1-1)와 연결하기 위한 내용으로 해당 과제와 통합 수행하는 방안도 검토 필요
- 세부과제 삭제

○ 4-3-1. 물리지능행동모델을 위한 보안 및 기술 체계 구축

- 이미 민간의 상용 솔루션이 다수 존재하므로, 기존 상용 보안 솔루션으로 대응할 수 없음을 입증하지 않는 한 별도의 원천기술 개발 필요성이 낮음
- 동 사업에 특화된 기술개발이 아닌 일반적인 보안기술이므로, 보안 적용이 필요한 세부기술에서 외부 기술을 활용하여 적용하는 것이 타당하고, 동 사업으로의 추진 당위성은 부족

---

43) ① '정부는 모든 영역에서 AI를 효율적으로 활용할 수 있도록 연구 수요에 대응하여 고성능 GPU를 지원(민간 클라우드사 협업)하고, GPU 자원의 집적·공동 활용 체계 구축을 추진중이며, 대규모 GPU 구매는 비R&D를 통해 구축하고, R&D는 클라우드 서비스를 통한 자원 제공 및 공동활용 중심의 지원을 강화하고 있음(2026년도 국가연구개발사업 예산 배분·조정(안), 과학기술정보통신부 과학기술혁신본부, 2025.8))
② AI R&D, 공공 · 민간 AX, 모두의 AI 등을 위한 GPU 구매 또는 임대가 포함된 정부 재정사업 추진 시 국가 AI컴퓨팅 센터(SPC) 이용을 우선 검토하도록 권고하고 있음(2026년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침(기획재정부, 25.05), AI 고속도로 구축을 위한「국가 AI컴퓨팅 센터 추진 방안(안)」(과학기술정보통신부, 25.09))

- '제조벤더사 데이터 연동체계 개발'(2-2-1), '데이터스페이스 기술개발'(2-2-2) 등 과제에도 보안 관련 영역 포함
- 5년 후 개발 목표 수준*이 현 국내 및 해외 최고수준과 동일하여, 개발 목표 가치가 낮음(소명을 통해 보완됨)
  * 평균 탐지시간: 동 사업 30분 이내 vs 현 국내 최고수준: 30분 이내, 오탐율: 동 사업 10% 이하 vs 국내 최고수준 10% 미만 등
- 세부과제 삭제

○ 5-1-1. 물리지능행동모델 초정밀의료 로봇 개발

- ARPA-H 프로젝트 내 수술보조로봇 과제와 연구목적 및 연구내용, 참여주체 등의 중복 가능성이 높음(1-1-9, 5-1-2 동일)
- 떨림과 피로로 인한 오차, 숙련도에 따른 품질 편차 등은 기존 수술로봇으로 대응 중으로, 동 사업 피지컬 AI의 차별성 부족
- 동 세부과제 목표인 '환자의 고유 생리적 반응과 해부학적 특징'을 '수학적 모델링에 반영'의 달성 가능성에 대해 근거에 기반한 설명 필요
- '의료로봇이 자율적으로 판단하여 작업을 수행하는 수준'을 '의료산업 자율지능화'라는 사업목표로 정의하였으므로, 현행 법규상 동 사업 목표가 실현 가능한지에 대해 근거에 기반한 설명 필요

※ 상기와 함께 사업기간 내 로봇제작, AI모델 개발, 임상, 의료기기 인허가(GMP, 식약처 승인 등) 등이 모두 완료될 수 있음에 대해서도 근거에 기반한 설명 필요

- PINN 모델 개발이나 LAM 모델 학습관련 연구개발을 확인할 수 있는 평가지표나 산출물 부재
- '의료데이터 수집 인프라 구축(2차년도)' 및 '실시간 데이터 연동 구조 정립(3차년도)'은 의료로봇 초정밀 제어를 위한 융합데이터 수집 기술 개발(1-1-9)과 중복 가능

※ 1~4차년도에 걸쳐 데이터 수집을 위해 동일한 인프라를 지속적으로 구축

- 동 세부사업에 수술보조로봇 실체에 대한 기술개발 내용은 서술이 부족하고, 4차년도에 수술보조로봇을 연구재료비로 계상하고 있어, 기 개발된 로봇 실체를 구매하는 형태로 보임
- 세부과제 삭제

○ 5-2-1. 의료특화 물리지능행동모델 원천 핵심 기술 개발

- ARPA-H 프로젝트 내 수술보조로봇 과제와 연구목적 및 연구내용, 참여주체 등의 중복 가능성이 높음(1-1-9, 5-1-1 동일)
- 떨림과 피로로 인한 오차, 숙련도에 따른 품질 편차 등은 기존 수술로봇으로 대응

중으로, 동 사업 피지컬 AI의 차별성 부족

- 회피 정확도나 해석정확도가 의료 분야에서 상용화하기 어려운 수준으로 최종 목표가 6단계 TRL에 이르지 못하는 것으로 보임
- PINN 모델 개발이나 LAM 모델 학습관련 연구개발을 확인할 수 있는 평가지표나 산출물 부재
- 세부과제 삭제

□ 3세부사업은 동 사업 문제/이슈 해소 및 사업목표 달성에 대한 직접적 기여도가 확인되지 않는 활동, 정부R&D 투자 당위성을 확보하지 못하거나 R&D로 분류되기 어려운 활동, 구체적인 목적 및 내용이 부재하여 적정성 판단이 제한되는 활동 등을 포함

○ 6-1-1. 물리지능행동모델 글로벌 표준화 및 확산 체계 구축

- 인력양성 부문의 추진 타당성 부족으로 삭제
  · 기존 인력양성체계의 문제점, 기존 인력양성체계와의 차별적 내용, 필요 인력 규모 및 필요 역량 수준, 필요 교육 등에 대한 구체적 정의 및 체계적 조사 부재
  · 동 세부사업 인력양성 내용의 구체성 부족, 성과목표 설정의 근거 미흡, 문제/이슈 해소에 직접적 기여 여부 불분명 등으로 인해 적절성 판단 제한
  · 동 세부사업은 연구개발을 포함하지 않으므로, 연구개발 참여를 통한 석박사 고급 인력을 양성한다는 주관부처의 설명(1차 추가제출자료)은 인정하기 어려움
  · 장학금(등록금) 지급, TA/RA 지원금 지급, 교육과정 개발 등은 R&D활동[44]에 부합하지 않음
  · 현 구조는 참여인력 인건비와 장학금 내지는 지원금이 중복 지급될 우려 존재
- 글로벌 표준화 부문의 추진 구조 및 연구 규모 조정

44) 연구개발의 개념 및 범위

대분류	소분류	내용	예시 사업
과학기술 활동	연구개발 (R&D)	사물·현상·기능에 대한 새로운 지식을 얻거나, 이미 얻은 지식을 이용해 응용하는 체계적이고 창조적인 활동	· 연구개발 과제 지원 · 연구기관 지원 · 고급인력양성 · 연구시설·장비 구축 등
	과학기술 교육훈련	과학기술 관련한 단순 교육훈련·연수 활동 (고급인력 양성사업 제외)	· 이공계 장학사업 · 교육과정개발 · 강의·연수지원 · 초중등교육지원
	과학기술 서 비 스	연구개발과 직접적인 관련이 없으나 과학기술활동을 지원하는 서비스 활동	· 엔지니어링기술자 경력관리 서비스

출처: 2026년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침(기획재정부, 2025.5.)

· 급속도로 지속적 발전이 진행되고 있는 AI 분야는 기술이 표준을 주도하게 되므로 기술과 면밀하게 연계된 표준의 개발이 필요하나, 동 세부사업은 기술개발 이전부터* 표준화를 위한 활동 자체를 강조하고 있는 형태임

* 사업착수 시점에 개별 PINN 모델 개발을 위한 도메인별 융합데이터 수집 관련 기술이 TRL2 수준인 상황

· 동 세부과제의 표준화 사전 활동은 비R&D인 PoC 과제(국제표준 및 기술현황 분석, 국제 표준화 활동 등)*에도 포함되어 있는 내용임

* PINN 모델 및 데이터 표준화를 위한 국제표준 및 기술 현황 분석(60백만 원), PAI관련 표준화의 필요성을 제시를 위한 국제 표준화 활동(30백만 원, 10백만 원)

· 참여인력 100명/연 등 연구 규모의 적정성이 논리적 근거에 의해 설명되지 않으므로, 수행 기관의 실제 소요인력 및 필요 연구 내용을 기반으로 연구 규모 재구성 필요

※ 동 사업 글로벌 표준화는 국내 출연연에서 기존에 수행해 오던 디지털트윈 기반으로 추진될 계획 제시(2차 실무회의)

○ 6-2-1. 물리지능행동모델(PI-LAM) 사업단 운영

- 동 사업 사업단 외 물리지능행동모델 거버넌스를 정부 R&D자금으로 지원해야 하는 타당성 부족으로 삭제 검토

· 동 사업은 PI-LAM 사업단이 동 사업의 목표 달성을 위한 거버넌스 역할을 수행

· 사업계획서의 역할 설명이 모호하여, 물리지능행동모델 거버넌스가 어떤 R&D활동으로 동 사업 목표달성에 직접적 기여를 하는지 확인하기 어려움

· 동 사업 착수 전 비R&D사업을 통해 구축된 물리지능행동모델 거버넌스*의 운영비를 동 사업 정부R&D로 지원해야 하는 당위성 부족

* 사업계획서에는 물리지능행동모델 거버넌스가 지재권 수익사업을 영위하는 것으로 설명

- 동 사업의 효율적·효과적 운영을 위해 동 세부사업 표준화 관련 활동과 세부과제 6-1-1의 표준화 활동을 통합(6-2-1 기준 세부과제 통합)

· 동 세부사업은 현재 표준화 전문가 자문단 구성 및 정기 운영, 글로벌 표준화 기구 협력, 글로벌 표준화 활동 지원 등 6-1-1의 표준화 활동의 주요 부분을 공유

3. 세부활동 성과지표의 적절성

□ 세부활동의 성능목표가 현 해외 최고수준 대비 낮은 기술개발과제가 다수 존재하여, 연구개발 목표의 도전성을 인정하기 어렵고, 동 사업 전략목표에도 부합하지 않은 것으로 판단됨

○ 사업계획서에는 세부과제별 기술개발 상세내용에는 기술개발 목표, 연차별 기술개발 내용 및 예산, 기술개발 성능목표, 목표수준 설정근거(현재 국내외 수준), 측정방법 등을 제시하고 있음

○ 동 사업 종료 시점(5년 후)의 성능수준이 현재의 해외 최고 수준 대비 낮게 설정된 세부활동들이 다수 존재함(13건/25건)

- 5년 후 성능목표 수준을 현 국내수준과 동일하게 제시한 세부과제도 존재

○ 본 조사에서는 동 사업 종료 후 성능수준이 현재 해외 최고수준에 미치지 못하는 세부과제의 수행 필요성에 대한 설명을 요청

- 이에 대해 주관부처는 한국의 제조환경이 해외와 다르다는 점, 해외 최고수준이 외부에서 재현 불가하다는 점, 동 사업은 해외 최고수준 달성이 목표가 아니라는 점, 정확한 공정 데이터 기반 PINN 모델 개발이 더 중요하다는 점을 설명(1차 추가제출자료)
- 그러나 해외 주요 기술국의 기술개발 속도, 글로벌 빅테크 종속 문제 등을 동 사업 추진 필요성으로 제시되어 있고, 해외 기업의 성능 수준이 적용 국가별로 상이하고 재현도 불가능하다는 설명은 근거가 확인되지 않음
- 5년 후 동 사업 개발 결과물 수준(현 해외 최고수준보다 낮은 수준)이 글로벌 B2B 시장에서 선택될지 불확실하고, 이로 인해 동 사업 전략목표인 글로벌 진출이 효과적으로 이루어질 수 있을지 불분명하므로, 해당 세부과제의 성능목표 수준은 타당성이 부족함
- 동 사업 목표가 '해외 최고 수준 목표 달성'이 아닌 '국내 제조사 구현 가능한 최적 AI 기반 정밀제조 체계 구축'이라고 답변은, 동 사업이 추구하는 해외 실증을 통해 범용 LAM의 국제 판로를 개척한다는 답변(1차 추가제출자료 3-15)과도 상충

○ 상기 세부과제의 성능지표 수준으로는 동 사업 종료 후에도 해외 최고수준과의 격차가 일정수준 유지될 것이므로, 동 사업이 도전적이라는 설명은 인정하기 어려움

- 동 사업 종료 시점에 글로벌 B2B 시장 진출이라는 전략목표 달성과 'AI 역량 세계 3위 수준 달성'이라는 국가 AI 정책 방향과의 정합성도 부족

※ 상기의 세부과제 성능목표 관련 사항을 동 사업 비용 추정 단계에서 반영 예정

□ 초정밀 제어와 부합한다고 보기 어려운 성능지표가 제시된 세부활동 존재

○ 행동 분류 정확도 88%(세부과제 1-1-2), 과업 성공률 85%(세부과제 3-3-1), 최소 응동시간 1초(세부과제 2-2-2), 제어 성공률 95%(세부과제 1-1-1), 추론속도 500ms(세부과제 3-5-1), 예측 레이턴시 100ms(세부과제 1-1-5) 등[45]

45) 상세 내역은 '세부활동의 적절성' 항목에서 검토

4. 세부활동 간 연계와 시간적 선후관계의 적절성

가. 세부활동 간 연계성 및 기간 추정의 논리성

□ 세부사업 간 세부과제는 개념적 측면(데이터→개별 모델→LAM)에서 연계성이 존재할 수 있으나, 세부사업 內 세부과제 간 연계성 및 시간적 선후관계는 분명하지 않고, 사업기간 및 세부활동 기간추정에 대해서는 재검토 필요

○ 동 사업의 시급성 주장, 글로벌 AI 기술개발 속도, 개발 기술의 글로벌 적용 가능성(특히 표준화), 개발과 실증이 동시 진행되는 사업구조, PoC 과제[46]의 결과 활용 등을 고려, 일괄적으로 5년(의료, Edge cloud 제외)이 설정되어 있는 세부활동 기간에 대한 재검토 필요

- 동 사업의 PoC 과제로 현재 'PINN 모델 제조융합데이터 수집·실증'[47]이 추진 중이며, 동 사업의 1세부사업 융합데이터 수집 및 디지털트윈기술개발 부문, 3세부사업 물리지능행동모델 거버넌스 구축 부문 등과 영역을 같이 함
- 이에 대해 주관부처는 8개 제조기업에 기 투자된 데이터 수집 플랫폼은 제외하고 동 사업계획을 수립하였다고 설명(1차 추가제출자료)하였으나, 사업계획서의 1세부사업 내 융합데이터 관련 과제에는 대상 제조기업의 데이터 수집, 데이터 채굴 등의 내용을 포함하고 있음
- 또한 본 조사의 동 사업기간(5년) 내 LAM 모델 개발과 표준화가 가능한지에 대한 질의에, 주관부처는 개별 모델의 개발은 3년 내 완료하고 후속 작업을 진행한다고 답변(2차 실무회의)

※ 본 조사는 AI 기술의 발전 속도를 고려하여 세부활동 기간(5년)의 필수성을 문의하였으나, 주관부처는 AI 기술 발전은 디지털 세계에 한정되었고 현장 적용 속도는 느리다는 모호한 답변을 제시(1차 추가제출자료)

- 따라서 상기의 사항을 반영하여, 관련 세부활동의 연구기간 재검토 필요성이 존재

---

46) 8개 데이터 공급기업 대상 엣지 클라우드, AIoT, 데이터 파이프라인, 품질검증 가상환경 구축(40억 원) + 데이터 수집(240억 원) + 디지털 트윈 실증 2개소(21억 원)

47) 사업목적: 글로벌 빅테크와 협업을 기반으로 국내 제조 현장 융합 데이터 수집 체계 구축 및 실증으로 글로벌 제조 피지컬AI 시장 선도(2025.8~2025.12, 국비 192억 원, 민간 128억 원)
- (융합데이터 수집) 각 제조 공정별 특성을 반영하여 PINN 모델 학습을 위한 8개 제조기업 184 공정의 AIoT 기반의 융합데이터 수집
- (디지털트윈 실증) 2개 제조기업 핵심 제조공정 대상 디지털 트윈을 구현하고, 가상시뮬레이션을 통한 생산공정 예측 등 실증 추진
- (협력체계 구축) 글로벌 빅테크기업-국내·미국·유럽 대학(연구기관) - 제조 데이터 제공기업과 협력네트워크 구축을 통해 제조 산업 글로벌 PINN 모델 기반 기술 마련을 위한 국제협력 등 추진
- (K-PINN 거버넌스) 제조특화 PINN 모델 융합데이터 전주기 관리 기술개발·실증 추진 로드맵 및 플랫폼 설계·구축

하는 것으로 판단됨(연구비 부분은 비용 추정 항목에서 검토)

○ 세부활동 간 연계성 및 시간적 선후관계 측면에서, 하나의 대형 사업에 포함되어 동시에 진행[48]되어야 하는 당위성이 부족한 세부과제가 존재

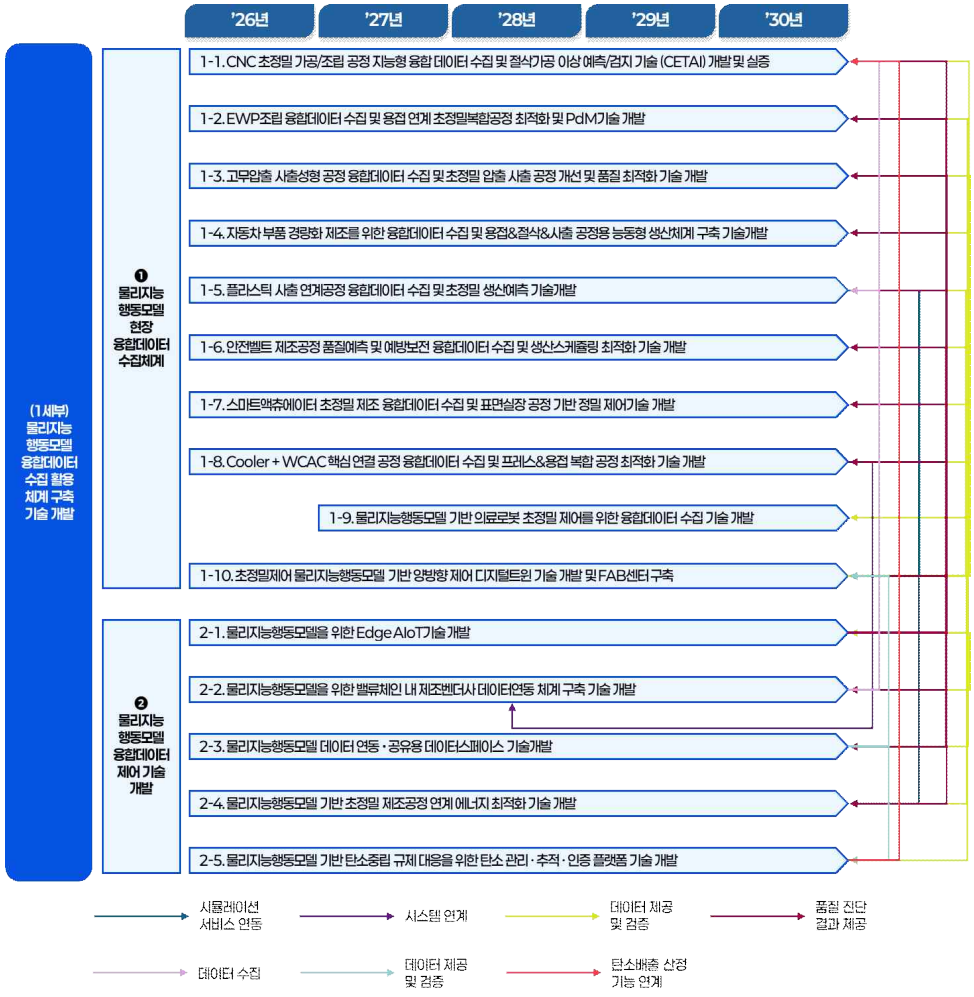
- '의료로봇 개발' 부문은 비록 사업목표에는 포함되어 있으나, 해당 세부활동은 수술보조로봇 자체(H/W 포함)를 개발하는 과제로서 모델개발 중심인 동 사업과는 이질적인 성격이며, 정밀제조 공정 대상의 LAM에 포함될 당위성도 부족
- 이에 대해 주관부처는 동 사업 성과의 확산 차원으로 구성하였다고 설명하였으나(사업설명회), 동 사업 성과 확산은 동 사업 결과물 기반으로 논의되어야 할 사안임
- '에너지 최적화', '탄소 관리·추적·인증 플랫폼' 등은 동 사업목표인 '정밀 제조, 자율 지능화'와 직접적인 부합성이 부족하고, 전략목표 '글로벌 B2B 시장 진출, 글로벌 실증'에 연계된 내용으로 보임

○ 동 사업 로드맵(1차 추가제출자료), 세부활동에 대한 연차별 예산 투입 현황(모두 5년, 일부 의료, Edge cloud 제외) 등으로는 시간적 선후관계 측면에서의 상호 연계성 파악이 어려우므로, 주관부처의 선후관계 설명이 명확히 반영되도록 세부과제 추진 구조(기간)의 재설정 검토 필요

- 주관부처는 3개 세부사업이 시간적으로 명확한 선후관계가 존재한다고 설명하였으나, 1세부사업의 데이터셋이 2세부사업 모델 개발에 쓰이고 세부사업 내 세부과제 간 산출물이 제공된다는 개괄적인 내용임
- 동 사업은 실제 데이터 취합, 모델 원천기술 개발, 실증이 각 세부사업의 세부과제로 거의 동시에 착수되는 형태로, 각 세부활동은 시간적 선후관계 측면에서 상호 연관성을 파악하기 어려운 개별적·독립적 성격을 가진 것으로 판단됨
- 세부사업 상세 로드맵이 제시(1차 추가제출자료)되었으나, 세부과제가 나열된 단순 표 형태로 세부 관계를 파악할 수 없으며, 모두 5년(일부 의료, 데이터파이프라인 제외*)을 기간으로 하여 시간적 선후관계를 명백하게 확인하기 어려움

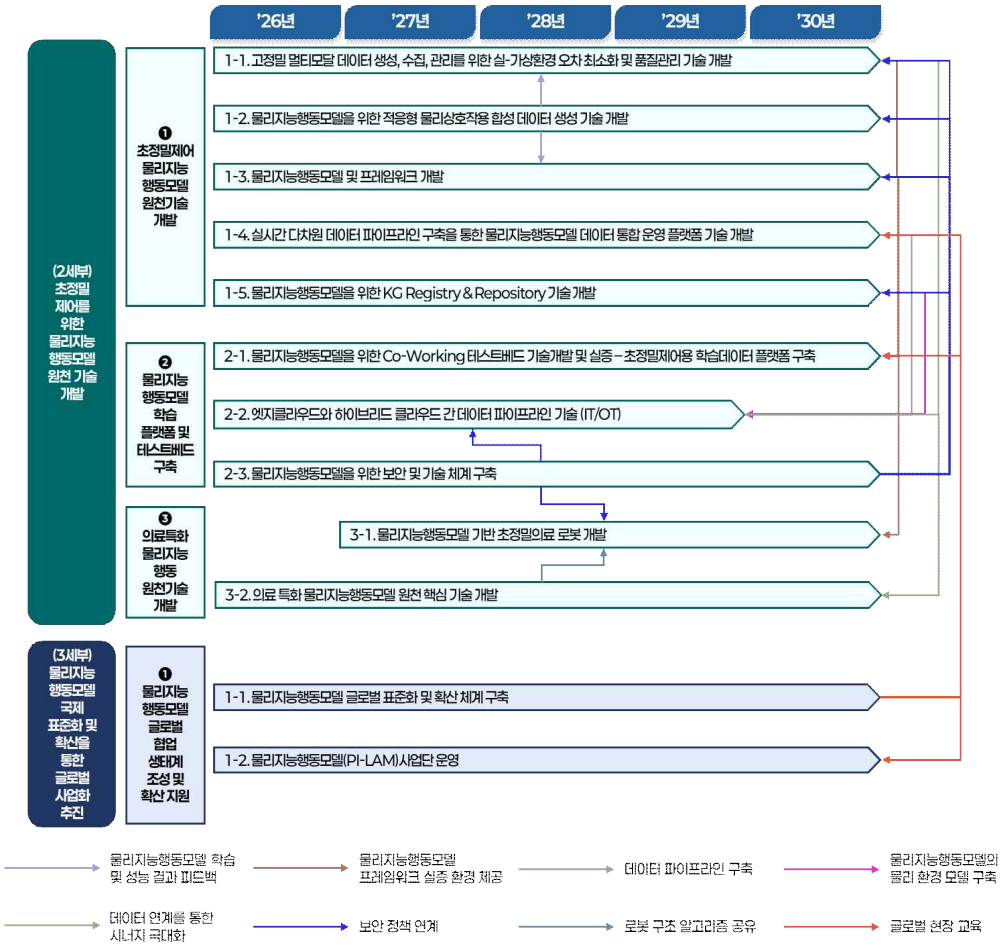
* 의료특화 물리지능행동모델 원천기술개발의 경우, 이를 위한 융합데이터 수집('26년)보다 먼저 착수('25년)하는 형태임

48) 세부활동이 상호 연계되어 있어 모두 함께 수행되어야 사업목표를 달성할 수 있는지 여부



[그림 3-7] 동 사업 로드맵(1세부사업)

출처 : 1차 추가제출자료



[그림 3-8] 동 사업 로드맵(2, 3세부사업)

출처 : 1차 추가제출자료

나. 시설장비가 연구개발활동과 연계하여 구축되는지 여부

□ 동 사업 구축 장비는 장비구축계획서를 통해 도입 필요성을 설명하고 있으나, 도입 타당성을 충분히 갖추지 못한 장비도 일부 존재

○ 장비구축계획 검토 시 연구개발 목적 및 용도 대비 과다 계상된 스펙, 물량 등과 중복적인 단순 증설 장비, 도입타당성을 충분히 설명하지 못한 장비, 증빙이 부재한 장비 등을 조정함

5. 사업 추진전략의 적절성

□ 동 사업 결과물은 물리지능행동모델의 원천기술(소스코드 형태) 확보까지로, 'PI-LAM 모델 실현'을 통한 '제조산업 자율지능화' 사업목표 달성에는 동 사업 범위 밖의 추가적인 단계가 존재하는 것으로 판단됨

○ 동 사업 예산(1조 원)으로는 초정밀제어를 위한 PI-LAM '범용 모델'을 개발하기 어렵다는 사업계획서 내용 관련, 본 조사에서는 동 사업 결과물이 초정밀 제어 특화 'PI-LAM' '범용 모델'인지 아니면 이를 위한 '원천 기술'인지에 대한 명확한 설명을 요청

○ 이에 대해 주관부처는 제조업은 단일 사업이 아니므로, 이번 사업으로 모든 제조업에 적용 가능한 범용 모델 개발은 어려운 상황이므로, 동 사업 목표는 원천기술 개발이라고 설명(1차 추가제출자료)

- 주관부처는 글로벌 빅테크의 범용 모델에는 천문학적인 비용이 소요되었다고 설명하고(2차 실무회의), 국제 표준화를 통한 'Federated Learning'을 통해 모델을 완성할 수 있다고 답변(1차 추가제출자료)
- 그러나 동 사업은 모든 제조업이 아닌 '초정밀 제어' 부문에 '특화'된 모델 개발에 1조 원이 투입되는 사업이고, 제조업만 단일 사업이 아니라고 볼 수 있는 근거가 없음

○ 동 사업으로는 '제조특화 PI-LAM 모델' 자체는 완성되지 못하는 상황이고, 동 사업 이후 모델의 완성 여부도 불확실한 상황으로 판단됨

- PI-LAM에 대한 원천기술 개발 후 오픈된 소스코드를 어떻게 국내외 현장에 활용 및 확산시켜 학습을 수행하는지에 대한 구체적인 운영 계획이 제시되지 않았고, PI-LAM에 대한 국내 현장 수요도 명확히 확인되지 않음
- 추후 국제 표준화 및 'Federated Learning'을 통해 PI-LAM을 완성한다는 설명이나, 주관부처가 설명한 'Federated Learning'은 소스코드 공개를 통해 학습하게 한다는 추상적인 내용이고 동 사업 범위에도 포함되지 않음

○ 동 사업 결과물인 물리지능행동모델 원천기술(소스코드 형태, 오픈소스)로 동 사업 목표인 'PI-LAM 모델 실현', '제조산업 자율지능화'를 직접적으로 달성할 수 있는지 근거에 기반한 설명이 제시되어야 함

- 주관부처가 원천기술로 설명하고 있는 소스코드의 형태가 단순 학습용이 아닌, '모델의 아키텍처까지 포괄하는 형태(추론)'임이 근거에 기반하여 설명이 되어야 함
- 상기의 동 사업 결과물(소스코드)로 성과목표 중 물리지능행동모델 '운영' 및 '확산'을 통한 기술이전 수입 달성이 가능한지, 국내외 현장 실증이 가능한지 등에 대해서도 근거 또는 사례에 기반한 설명이 필요함

□ 문제/이슈 및 사업목표와의 직접적 연관성, PI-LAM 국내 실증과의 기술적 차별성 및 시간적 선후관계 여부 등이 불분명하다는 점과 현 TRL 수준 및 동 사업 결과물 형태(소스코드)를 고려하면, 글로벌 실증 추진 전략의 타당성이 부족한 것으로 판단됨

○ 사업계획서에는 PI-LAM 기술을 TRL3으로 제시하였으나, PINN의 범용적 재사용 논거 부족, 정밀도 향상을 위한 PINN-LAM 연동 근거 부재(1차 추가제출자료), 상용화 가능 시점 불분명(사업계획서), 취합전 개별 모델 기술도 TRL2~3 수준 등으로 볼 때, 실제 TRL2 이상으로 판단하기는 어려움

- PI-LAM에 대한 글로벌 실증 계획의 불확실성을 해소하기 위해서는 우선 사업기간(5년) 내 TRL2 정도에서 TRL8을 달성(실제 환경에서의 글로벌 실증 완료)할 수 있음을 명확한 근거와 함께 설명이 되어야 함

<표 3-6> 주요 산업분야의 TRL 단계별 평가지표[49]

단계	TRL정의	산업 분야별 정의	
		기계·로봇, 전기전자, 정보통신 산업	S/W 산업
1	기초실험	과학적 연구단계 (기초논문, 기초연구 수준)	기초이론/실험
2	개념정립	기본원리가 응용기술개발로 전이되는 단계 (응용논문, 특허 수준)	실용목적의 아이디어, 논문 등 개념 정립
3	기본 성능검증	모델링/설계	SW 모델링(분석/설계)
4	부품/시스템 성능검증	핵심요소기술	연구시제품(프로토타입) 구현
5	부품/시스템, 시제품 제작	제작기술확보	서브시스템 개발 (분석/설계/구현)
6	시제품 성능평가	시제품 성능	서브시스템 시험/유효성 확인
7	시제품 신뢰성 평가	신뢰성 평가	시스템 통합/검증
8	시제품 인증	KS/ISO 인증	(실제 환경에서의) 시스템 시험/검증
9	사업화	-	사업화

출처 : 산업분야별 TRL 평가지표 개발 및 적용에 관한 연구(한국산업기술평가관리원) 재구성

○ 국내 제조 기반으로 구현된 PI-LAM이 우선 국내 실증을 충분히 수행하고 그 성과를 기반으로 글로벌 실증을 추진하는 것인지, 글로벌 실증 내용에 국내 실증에 비해 어떠한 추가적인 기술개발 요소가 존재하는지 등이 확인되지 않음

49) 기술성숙도(TRL)1단계와 9단계는 원칙적으로 정부 R&D의 직접적인 지원 범위에서 제외되는 영역이나, 8단계는 사업의 성격(순수 R&D vs 실증 사업)에 따라 지원 범위에 포함될 수 있음

○ 소스코드로 구현되는 동 사업 결과물(원천기술)로, 모델 완성보다 먼저 글로벌 실증을 해야 하는 필요성 및 시급성, 기술적 가능성, 소스코드 실증 시 추후 개발되는 모델에 대해서는 별도 실증없이 국제 인증 및 판매가 가능한지에 대해 근거에 기반한 설명 필요

○ 글로벌 실증 기업을 선정한 내역[50]은 제시되었으나(1차 추가제출자료) 기존(PoC 과제) 이해관계 외국기업의 소개 업체(파트너사)들을 대상으로 검토한 것으로서(2차 실무회의), 해당 지역(국가)로 결정한 근거, 실증 후 판매 등 협의 내용은 확인되지 않음

※ 1차 추가제출자료의 판매 계획은 자체 계획으로 실제 협의된 내용은 부재

- 글로벌 실증 대상 기관으로 정해진 외국기업에 대해 협력사들을 대상으로 검토한 내역은 있으나(1차 추가제출자료), 특정 협력사들을 대상으로 검토해야 하는 사유, 당사로의 판매와 직접 연결되는 실증인지 여부(협약서 등 증빙) 등 필요 내용이 충분히 제시되지 않음

□ 글로벌 빅테크에 의존하는 공동연구 형태는 추진 타당성을 인정받기 어렵고, 국내 제조 산업(데이터) 보호 측면에서 위험성이 존재하며, 수행 가능성 측면에서도 불확실성이 존재

○ 동 사업은 PI-LAM 개발을 위해 글로벌 하이퍼스케일러의 컴퓨팅 서비스를 사용하고, 소속 기술인력(30명)이 PI-LAM 개발에 투입되며, 개발된 PI-LAM은 글로벌 하이퍼스케일러에 탑재한다는 계획 제시(1차 추가제출자료)

- 개발된 PI-LAM은 투자규모에 따라 지분이 분배된다는 설명(1차 추가제출자료)이나, 현재 확정[51]된 사항은 부재함

○ 이와 같이 글로벌 빅테크의 서비스에 의존하는 전략은 동 사업 추진 필요성에 대한 사업계획서 상의 주장과 상충

- 결국 기술력이 부족하여 PI-LAM 개발을 위해 글로벌 빅테크의 기술력에 의존해야 한다는 설명은(1차 추가제출자료), 동 사업에서 강조하는 글로벌 빅테크 의존성 탈피 필요성, 경남 지역 제조 공장의 데이터 우수성, 국내기술로 개발한 40개의 PINN 모형들 사이의 연합 학습을 통한 범용 LAM 개발 논리 등을 약화시킴

- 이와 함께 글로벌 하이퍼스케일러가 동 사업에서 개발하고자 하는 '초정밀 제어를 위한 LAM 개발' 성과를 보유하고 있는지는 확인되지 않음

---

50) 글로벌 실증 대상 기관 중 한 곳인 외국기업의 경우, 협력사들을 대상으로 검토(1차 추가제출자료)

51) 2025. 12월 말까지 글로벌 빅테크와의 합의 내역을 제출한다고 하였으나, 2026. 1. 7 현재 미제출 상황임

○ 글로벌 빅테크 의존 상황을 극복하고, 동 사업 제시 문제/이슈인 '글로벌 빅테크 의존'을 해소하기 위한 전략이 확인되지 않음

- 공동연구 형식을 통해 동 사업 참여인력이 글로벌 빅테크의 Phycial AI, 범용 파운데이션 모델, 거대 모델 등과 관련한 주요 기술을 습득하거나 동 사업이 기술이전을 받는 등의 전략은 제시되지 않음

○ 다른 한편으로는 글로벌 빅테크들이 LAM 모델을 공개하지 않음에도 불구하고, '공동연구' 형태로 이를 깊이 활용할 수 있는지 불분명함

- 공동 연구를 위해서는 깊은 수준의 파운데이션 모델의 접근권이 필요하나(1차 추가제출자료), 주관부처가 글로벌 하이퍼스케일러 측에 제시한 협상 자료[52]에는 이와 관련한 내용은 확인되지 않음

※ 모델의 사고 구조를 알 수 없으면 통제가 어렵고 오류 발생 시 원인을 추적·수정하기도 어려움

- 주관부처는 국내 주체는 LLM밖에 없기 때문에 사용이 불가능하다고 설명한 반면, 글로벌 빅테크의 LLM 활용을 검토한 내역이 제시되고 있음(1차 추가제출자료)

- Gemini, GPT 등의 빅테크 API[53]를 활용하는 계획 관련, 해당 LLM 모델은 LAM 모델과 모델 구조 자체가 다르기 때문에 API 형태로 활용이 불가능할 것으로 보임

○ 자체 연구개발 능력을 벗어나는 PI-LAM 개발 목표를 세우고 이를 위해 국가 정책 방향과 상충되는 글로벌 빅테크에 의존하는 전략을 추진함에도 불구하고, 사업종료 시점에 현 해외수준보다 낮은 결과물이 나오는 상황임

- 'PINN 기반 LAM'을 5년 내 개발해야 한다는 국가 상위계획 부재, LAM 기술에 대한 TRL 수준, 개별 PINN 통합 LAM 생성 논거 부족 등으로 볼 때, 당장의 글로벌 빅테크 의존 전략의 필수성을 이해하기 어려움

- 반도체 산업의 사례로 외국 기업과의 협력 당위성을 강조하고 있으나(1차 추가제출자료), 단일 기술개발을 통한 압축적 추격이 가능했던 반도체 산업과 데이터 의존성 및 모델 종속성이 큰 인공지능 산업을 단순 비교하는 것은 부적절함

○ 동 사업 참여 중 발생하는 모든 데이터셋 제공, 글로벌 빅테크의 접근 및 공유(토큰 형태, 오픈소스) 등에 대하여, 데이터 제공 주체에게 설명하고 합의하였는지 확인되지 않음(1차 추가자료 요청 시 합의 관련 자료 미제출)

- 동 사업 의료 부문 수행 주체의 현황으로 볼 때, 관련 PINN 모델 및 PI-LAM을 글로벌 하이퍼스케일러 컴퓨팅 기반으로 수행할 수 있을지 불분명함[54]

---

52) Proposal_for_Collaboration_on_the_Physical_AI_Budget_Initiative (주관부처 제공)

53) API(Application Programming Interface): 서로 다른 소프트웨어가 대화할 수 있게 해주는 '연결 고리' 또는 '규격'

○ 동 사업의 글로벌 빅테크와의 공동연구 전략이 추진 타당성을 확보하기 위해서는 상기의 불확실성 및 관련 문제/이슈의 해소가 전제되어야 함

- 만약 Sovereign AI에 기여하기 위해 동 사업 협력체계가 국내주체로 재구성될 경우, '독자모델[55]'로서의 LAM 개발 전략을 명확하게 제시하여야 함

□ 지역사업으로의 추진 필요성에 대하여 타당한 논거에 기반한 설명이 제시되지 않았고, 전국사업 형태와의 차별점이 불분명함

○ 동 사업 문제/이슈 해소 및 사업목표 달성을 위해 동 사업이 반드시 지역사업으로 추진되어야 하는 사유, 국가(전국) R&D 보다 지역사업 형태가 보다 효과적임을 입증할 수 있는 설명 등이 충분히 확인되지 않음

- 이에 대해 주관부처는 경남 제조 현장의 AX 수요, 장치산업 중심의 제조현장이 다수 위치 등의 사유를 제시하고 국가 차원의 문제/이슈에 대응한다고 설명(1차 추가제출자료)
- 이와 함께 동 사업은 경남 중심의 데이터 수집 수요기업을 선정·실증할 계획이며, 주관기관 및 참여기관에 대해서는 별도 지역 소재지 요건을 두지 않는다고 설명

※ 동 사업은 지방비 매칭이 없음

○ 주관부처의 설명이 특정 지역의 풍부한 제조 데이터를 위해 지역사업 형태를 갖게 되었다는 논리라면, 제조업 분포가 압도적인 수도권지역 대상 사업 형태와 비교할 경우 어떠한 차별성을 갖게 되는지 파악이 어려움

□ 동 사업은 제한적인 제조 현장 데이터에 기반하는 AI 모델의 한계를 극복하고자 물리모델 방법론을 도입하였으나, 여전히 데이터 수집 관련 과제를 상당부분 포함하면서, PINN 모델 개발까지 수행하게 되는 구조를 보임

○ 제조기업으로부터 모든 데이터셋을 제공받는 형태는 기존 범용 학습모델이 어렵다고 한 원인을 구조적으로 해소하고자 하는 전략으로 보임(즉 학습모델 적용 AI 모델에 필요한 제조데이터 확보 가능)

- 사업계획서에는 범용 학습모델이 어려운 이유로 정밀 제어를 위해 필요한 멀티모달 인지데이터셋이 극히 제한적(비공개)이기 때문이라고 설명하고, 동 사업은 제조부문 실증 데이터 확보를 위해 사전에 9개 업체를 선정하였음

---

54) 의료 부분 수행 주체인 국내 연구원은 글로벌 하이퍼스케일러의 클라우드 상에 임상연구 플랫폼을 구축하고(디지털타임즈, 2021.7.4.), 해당 하이퍼스케일러의 지원을 바탕으로 클라우드 자원 및 서비스를 안정적으로 자동화, 헬스케어 업계 최초로 HIMSS(미국보건의료정보관리시스템협회) IT 인프라 최고 등급 인증 획득하였으며(서울경제, 2022.8.16.), 한국형 ARPA-H 프로젝트에서는 국내 클라우드 기업과 컨소시엄을 구성

55) "독자모델은 해외 모델 미세조정 등으로 만든 파생형이 아니라 모델 설계부터 사전학습까지 수행한 국산 모델로 타사 모델에 대한 라이선싱 이슈가 없는 것을 의미" (국가 독자 파운데이션 모델 프로젝트 공고문)

○ 그러나 데이터 확보만으로 제조공정의 신뢰성과 일반화 한계를 해결할 수 없어 PINN 적용이 필수라는 주관부처의 설명은(1차 추가제출자료), 동 사업의 데이터 확보 전략과 상충되는 부분이 존재

- 확보된 데이터는 개별 기업, 개별 공정, 개별 설비에 종속되어 일반화가 어렵고, 동일 공정을 다른 환경에 적용하기 위해서는 PINN이 필요하다고 주장
- 현장 데이터를 아무리 확보해도 일반화가 어려워 PINN이 있어야 한다는 설명은 어떠한 상황이더라도 상당한 비용과 시간을 투입하여 막대한 데이터를 취합해야 하는 것은 불가피하다는 것으로 이해될 수 있으므로, 경남지역 제조공장의 데이터 우수성 주장 및 PINN 도입 목적과 상충되는 논리로 판단됨
- 또한 주관부처는 9개사 대상으로 모든 공정과 모든 설비, 모든 활동을 대상으로 40개 모델을 위한 데이터를 취합한다고 설명하였으므로(2차 실무회의), 확보된 데이터가 특정 환경에 종속된다는 설명과는 상충되는 부분이 있음
- PI-LAM도 현장의 지속적인 사용 데이터 축척으로 완성되고(사업계획서), PINN을 다른 환경에 적용하는데 있어 고객화(customized)가 필요함을 설명함(2차 실무회의)

○ 제조데이터 수집의 제한 상황을 극복하고자 PINN 방식을 도입하였음에도 불구하고, 동 사업은 1세부사업 전부 및 2세부사업 일부에 데이터 수집 등을 위한 과제를 상당 규모 포함하고 있어, 기술도입의 효율성 측면에서의 추가적인 설명이 필요함

- 동 사업은 PINN 도입을 하더라도 결과적으로 막대한 데이터 수집이 여전히 필요하고, 합성데이터 생성, 데이터 통합 운영 플랫폼, 보안 등 물리모델을 위한 데이터 관련 과제가 필요한 상황이며, 추가적으로 모델 개발에 관련한 과제도 수행되어야 하는 형태임

□ 동 사업의 개별 모델(PINN) 통합을 통한 거대 모델(LAM) 개발, 정밀제조를 위한 PINN과 LAM 연동 등의 핵심 연구 방식이 근거(사례, 논문)에 기반하지 않아 연구 과정에서의 불확실성을 배제할 수 없음

○ 동 사업은 PINN 모델 개발에 집중하므로 하드웨어와 소프트웨어 기술이 모두 중요한 정밀제조 부문에서의 역할이 제한될 수 있음

- 이에 대해 주관부처는 하드웨어에 AI 소프트웨어를 통합하는 형태로 하드웨어의 오차 감소, 응답성 향상 등에 기여하는 방식으로 정밀제조 부문에 적용할 수 있음을 설명하고(1차 추가제출자료), PINN/PI-LAM이 초정밀 H/W인 CNC와 같은 복잡 기계에 적합한 모델인지에 대한 설명 요청에도 유사한 답변을 제시
- 그러나 1차 추가제출자료에 제시된 레퍼런스에는 PI-LAM 관련 논문이 부재하고, LAM 관련 논문은 정밀제조 관련 사례가 제시되어 있지 않으며, PI-LAM 아키텍

처로 제시한 로보틱스 특화 체화형 추론 모델은 물리법칙을 영상과 센서만을 통해서 학습하려는 시도로서 동 사업과 연관성이 부족함

- 또한 1차 추가제출자료에서 제시된 CNC 모델은 전체 CNC 설비보다는 작업공간의 국소적 모델로 보이며, 타 공정들도 이와 같으므로 동 사업 제어 범위가 전체 설비의 모델링이 아니라 상위 제어만을 지시하는 것인지 불분명함

○ 사업계획서의 사출, 절삭, 용접 등 8개 제조 부문의 '개별 PINN 모델의 통합'으로 정밀 제조 프로세스 전체를 아우르는 '정밀제조 특화 행동 파운데이션 모델(PI-LAM)'을 완성한다는 계획은 논리적 근거가 부족함

- 40개의 PINN 모형을 기본 공정에 대한 라이브러리로 구축하여 전이학습을 통해 새로운 공장 환경에 맞는 PINN 모형을 만들 수 있다는 설명은 의미를 가질 수 있으나, 어떠한 새로운 공정 상황에도 적용가능한 범용 모형을 40개 특수 모형의 '조합'만으로 얻어낼 수 있다는 전제는 논거에 기반하지 않음
- 이에 대해 주관부처는 관련 설명과 함께 레퍼런스를 제시하였으나(1차 추가제출자료), 해당 설명은 PINN과 LAM에 대한 일반적인 기술내용 및 통합으로 인한 기대효과이고, 개별 모델 및 LAM의 적용 사례로써 개별 PINN 통합으로 LAM이 완성된다는 기술적 근거로 보기는 어려움
- PINN/LAM이 다양한 제조 환경에 공통 적용 가능한 범용 솔루션임을 주장하며 전이학습을 근거로 들었으나(1차 추가제출자료 p68), 다른 한편으로는 제조 산업의 이질성으로 인해 '범용 모델 전체' 개발은 어렵다는 상충되는 답변 제시(1차 추가제출자료 p128)

○ PINN 모델과 LAM 모델을 연동하여 제어 정밀도를 높인다는 동 사업의 연구논리는 이를 뒷받침할 수 있는 국내외 사례나 논문이 부재하여(글로벌 빅테크의 사례도 부재), 불확실성이 존재할 것으로 판단

- 주관부처가 제시한 공정 간 연동 사례는(1차 추가제출자료) PINN과 LAM의 연동 사례로 보기 어려움
- 1차 추가제출자료(p113)는 PINN과 LAM 통합 시 ①실시간성과 정확성 트레이드오프, ②아키텍처 이질성 등의 명시적 한계가 존재함을 인정하면서도 해결할 구체적인 방안보다는 개념적인 아키텍처 제안에 그치고 있어, 기술적 장벽 극복 가능성이 불분명함
- 제시된 레퍼런스 중 NVIDIA의 PhysicsNeMo는 기존의 해석 솔루션을 학습을 통한 인공지능 모델로 대체할 수 있는 프레임워크라는 점에서 PINN과 일부 유사한 개념이지만, LAM과 연동하거나 제어 정밀도 개선에 사용된 사례는 확인되지 않음

○ PINN 출력값이 단지 LAM에 입력되는 형태라면, 해당 입력의 가중치가 낮게 설정될 경우 LAM이 결과적으로 이를 무시할 수 있으므로 이를 통해 물리제약을 만족시키겠다는 목적에서 벗어날 수 있음

- MPC(model predictive control)와 같이 iteration을 수행하여 최적화하는 것이 아니므로, PINN 출력값이 단순 참고용으로 쓰일 가능성 존재[56]
- 또한 PINN 모델이 인풋이라고 하는 디지털트윈과 실제 공장과의 동기화에는 레이턴시(지연시간)가 존재하여, 동 사업이 추구하는 초정밀 제어에 부합하지 않을 수 있음[57]

○ 동 사업은 8개 정밀제조 부문에 모두에 PINN 방법론을 일괄 적용하는 형태이고, PINN 및 LAM 모델 통합에 대한 연구기반이 부족한 상황이므로, 추후 연구과정에서 특정 제조부문 대상 PINN 방법론이 최적의 솔루션을 제공하지 못하는 상황(PINN 외 다른 방법론 적용이 필요한 상황)의 발생 가능 위험에 대해 사전적으로 대안을 마련할 필요가 있음

6. 사업 추진체계의 적절성

□ 사업계획서에는 사업총괄, 과제 관리, 성과확산, 사업관리, 사업수행 등을 위한 사업 추진체계 제시

○ 과학기술정보통신부가 사업 총괄, 과제 관리 및 사업 관리를 수행하는 정보통신산업진흥원(전문기관), 과제 관리 및 성과 관리와 대외협력업무 등을 위한 물리지능행동모델사업단, 세부사업 내 세부과제별 주관기관 등으로 추진체계를 구성

[그림 3-9] 동 사업 추진체계

출처 : 사업계획서

56) MPC는 매 시점 최적화 문제를 풀어 수렴성을 확인하지만, 일반적인 신경망 추론은 단일 통과(Forward Pass)로 끝나기 때문에 물리적 정합성이 100% 보장되지 않을 수 있음

57) '데이터 수집 → 디지털 트윈 → PINN/LAM 추론 → 제어 명령 하달' 과정에서 발생하는 레이턴시가 공정의 Time Constant보다 길어질 경우, 제어 불능 상태나 Overshoot 발생

<표 3-7> 사업추진체계별 역할 및 기능

역할	역할 및 기능
과학기술정보통신부	• 사업추진 총괄 • 정책적 주요 의사결정 및 예산 총괄
정보통신산업진흥원	• 사업 추진을 위한 과제 기획-평가-관리, 예산 운영계획 및 사업 추진계획 수립 지원, 사업 선정·관리, 성과확산 등 추진
사업단	• 경남도내 대학 내 사업단 구성 • 사업단 세부과제 시행계획 수립 및 사업단 성과목표 관리 • 과제 및 성과 관리 · 지원, 대외협력업무, R&D 사업화 업무 등
세부사업별 주관기관	• 세부사업 내 세부과제별로 분담하여 수행 • 글로벌 빅테크 기업, 해외 연구기관 및 대학, 국내 연구기관 및 대학, 전문기업 등과의 연계를 통한 공동 수행 체계 구축

출처 : 사업계획서

□ 동 사업은 사업단과 세부사업별 주요 주관기관 및 참여기업(기관)을 사전 선정된 형태로 추진체계를 구성하고 있으나, 사전 공모 또는 지정에 대한 구체적인 사유 및 관련 법·제도적 규정, 선정 절차 및 평가 내용 등 타당성을 인정받기 위한 근거가 부재함

○ 사업계획서에는 경남도내 대학 내 사업단을 구성하고, 사업단장은 주관부처가 지정한다고 제시

- 본 조사에서는 사업단 선정 근거가 공모 또는 지정인지 여부, 상세 공모/지정 과정과 선정 사유, 사전 공모/지정을 통한 사업단 선정 방식의 정당성, 사업단장 내정 방식의 당위성 등을 확인할 수 있는 근거자료 등을 요청함
- 이에 대해 주관부처는 별도의 설명없이 사업단은 공모예정이라는 사업계획서와 상이한 답변을 제시하고(1차 추가제출자료), 사업추진체계에 대한 사업계획 변경을 문의(2차 실무회의)

○ 동 사업은 각 세부사업별 참여기업 및 연구기관 명, 공동연구 및 사업화를 위한 대상 기업 명 등을 명시하고 있으며, 사업계획서에는 동 사업 취득 데이터를 경남도내 대학이 관리·운영하는 것으로 기재

- 본 조사에서는 다수의 주요 참여주체(주관기관, 데이터 제공 기업 및 매칭된 실증기업)를 사전에 정하는 추진 방식의 타당성 및 선정 절차를 설명할 수 있는 근거자료를 요청
- 이에 대해 주관부처는 사전 참여주체 선정에 대해서는 기술지정 형식의 공모를 한다는 사업계획서와 상이한 답변을 제시(1차 추가제출자료)
- 또한 데이터 소유 주체와의 협약을 통해 모든 데이터가 물리적으로 위치하는 공간을 경남도내 대학으로 하고, 비상업적 연구와 기술개발 목적에 한해 공동 활용한

다고 설명(1차 추가제출자료)

※ 해당 연구기관의 데이터 센터는 글로벌 하이퍼스케일러와 공동 운영 시설임

- 그러나 경남도내 대학이 동 사업 데이터를 독점 관리한다는 계획의 타당성을 설명해줄 수 있는 절차상 및 법·제도상 근거가 부재하고 소유주체와의 협약서도 확인되지 않으며, 동 사업은 해당 데이터로 라이브러리 및 행동모델을 만들어 Action GPT 형태로 상업적 목적으로 활용할 계획을 제시(사업설명회 자료)

○ 동 사업 장비구축계획서에는 2세부사업의 세부과제별로 구입하는 장비의 구축(예정) 장소를 명기하고 있으므로, 관련 규정[58]상 해당 세부과제의 주관기관이 정해진 것으로 추정할 수 있음

- 장비 구축 예정 장소에 대한 타당한 선정 사유 및 선정 절차는 확인되지 않아, 본 조사에서는 주관기관, R&D과제로 구입하는 장비의 구축 장소, 장비의 소유·관리·운영 주체 간 관계에 대해 주관부처 소관 규정에 근거한 설명을 요청하였으나, 별도의 답변을 제시하지 않음(1차 추가제출자료)

□ 현 사업계획서의 내용으로는 사업주체 선정만 공모형태로 변경한다는 답변은 단순히 형식만 변경될 우려가 상당하므로, 실질적인 전국 공모의 의미를 가질 수 있도록 동 사업 추진 방식의 확실한 보완이 필요함

○ 현 사업계획서는 주요 수행주체가 명기되어 있을 뿐만 아니라, 사업추진방법 및 내용의 많은 부분이 해당 수행주체를 전제로 작성되어 있어 강한 특정성을 보유하고 있음

- 동 사업으로 확보되는 데이터의 취합·관리 포함 사업관리는 경남도내 대학, 모델 개발은 국내 대학, LAM 탑재는 글로벌 하이퍼스케일러, ActionGPT 서비스는 국내·외 클라우드, 글로벌 표준은 디지털트윈 기반으로 국내 연구기관, 제조 데이터 취합 8개사, 장비구축(예정) 장소 및 해당 과제 주관기관, 폐쇄된 수요 조사를 통한 세부과제 도출 등이 사업계획서에 기재되어 있음

○ 따라서 단순히 공모 절차만 도입하는 형태로의 변경은 여전히 기존의 지역 사업(PoC 포함) 등을 통해 형성된 폐쇄적인 이해관계자들 중심으로 국가 차원의 대형연구개발사업이 추진될 우려가 상당함

○ 만약 실질적으로 동 사업 수행을 위해 제시된 사업주체 참여가 필수인 상황이라면, 해당 주체가 참여해야만 하는 정당한 논리와 명백한 선정 근거, 그리고 일반 공모(전국 공모) 방식 대비 사업목적 달성의 효과성 및 효율성을 입증하여야 함

58) R&D사업을 통해 구축된 장비는 사업 주관기관에 설치·운영하고, 해당 기관의 장이 관리 주체가 되도록 규정

□ 동 사업은 지방에 장비 및 실증체계를 구축하며, 지역균형발전특별회계에 속하는 사업이나, 추진체계 상에서 해당 지자체의 공식적이고 명시적인 책임과 역할이 확인되지 않음

○ 기획보고서에는 경남(창원)을 동 사업의 전략적 입지로 제시하였으나, 해당 지자체가 동 사업에 기여(지방비 등)하거나 책임지는 내용(관리 등)이 제시되지 않아 추진의지를 확인하기 어려움

○ 이에 대해 주관부처는 동 사업이 국가정책이 필요한 연구개발사업이고, 경남은 비재정적 지원 역할로 사업추진체계에는 포함하지 않으며, 실무 TF 구성(10.27)과 경남도 인프라 연계 등 전략적 추진방안을 고려하고 있다고 설명(1차 추가제출자료)

○ 그러나 추진체계에 역할을 명시하는 것이 재정적 지원을 요건으로 한다고 볼 수 없고, 1차 추가제출자료 상의 추진방안은 구체성이 부족하며 구속력이 있다고 보기 어려움

○ 소명자료를 통해 경남도에서 동 사업을 위해 실증 연구공간 제공(현물)과 행정·제도적 지원체계를 구축·운영하겠다는 의지를 표명하였으나, 추가적인 지자체의 '현물' 투자는 사업계획 변경 측면에서 검토되어야 하는 사안임을 설명함

□ 동 사업 공동연구 주체인 글로벌 하이퍼스케일러와 해외 연구소의 참여확정(매칭 포함) 여부 및 구체적인 역할을 확인하기 어렵고, 기획 과정에서 글로벌 참여 주체 및 공동연구에 대한 주관부처 및 전문기관의 역할이 매우 불분명함

○ 현 상황에서는 동 사업 핵심인 PI-LAM 모델 공동 개발 주체인 글로벌 하이퍼스케일러의 참여 확정 여부(매칭 투자 포함), 연구 참여 범위 및 역할과 책임, 연구결과물의 소유권 범위 등에 대한 명확하고 구체적인 내용이 확인되지 않음

- 본 조사는 글로벌 하이퍼스케일러를 공동 연구 대상으로 선정한 사유, 글로벌 하이퍼스케일러의 투자 확약서, 글로벌 하이퍼스케일러에 제공하는 것과 제공받는 것에 대한 설명을 요청
- 이에 대해 협상 과정에 대한 개괄적인 내용과 함께 이르면 올해 12월 말까지 글로벌 하이퍼스케일러 측의 투자 확약서를 제출하겠다고 답변(1차 추가제출자료)하였으나. 현재까지 미제출 상황임
- 본 조사는 상기 사항에 대한 실질적인 내용을 파악하고자 주관부처 및 전문기관 측에 글로벌 하이퍼스케일러측 협상 담당자와의 연락처를 수차례[59] 요청하였으나, 불분명한 사유(협상력 영향, 탑다운 방식 등)로 제공하지 아니함

※ 여전히 글로벌 하이퍼스케일러 협상 실무 담당자의 연락처는 미제공하고, 추후 실

59) 주관부처(2025.12.10., 2025.12.11., 2025.12.12.), 전문기관(2025.12.12., 2025.12.13) 등 유선 및 이메일 요청

무협상팀이 꾸려진 후 제공하겠다고 답변[60]

- 국익 차원의 중요성으로 글로벌 하이퍼스케일러 본사 차원의 협상이 진행 중이라는 설명이나, 이에 주도적인 역할을 해야 한다고 판단되는 주관부처의 역할은 미확인

○ 3세부사업의 공동연구, 인턴쉽 등의 대상인 국내·외 연구소의 역할이 구체적이지 않고 참여 여부도 확인하기 어려움

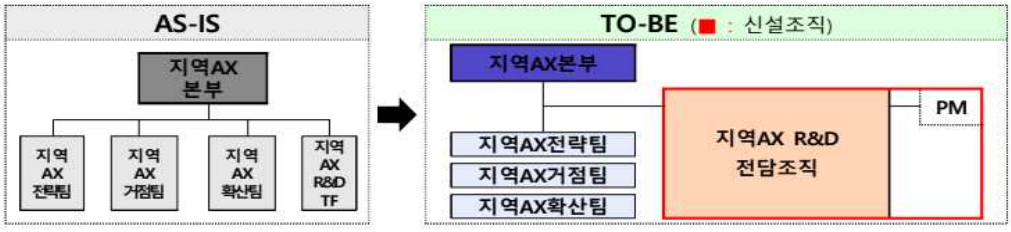
- 상기 기관과의 합의 내용 관련 문의에 대해, 주관부처는 별도 합의된 내용이 없다고 답변(1차 추가제출자료)

○ 현 시점 기준, 동 사업 공동연구 주요 주체인 글로벌 하이퍼스케일러의 참여 및 투자 여부, 공동연구에서의 역할과 책임, 해외 대학 연구소의 참여 여부 및 역할 등이 매우 불확실한 상황임

□ 동 사업의 효율적 관리를 위해 사업단과 전문기관 간 역할 분담을 명확히 하고, 전문기관은 동 사업 등 관련 신규사업의 관리 역량을 확보할 필요

○ 정보통신산업진흥원(관리기관)은 세부과제 기획·선정·평가·관리, 추진계획, 사업 선정, 성과확산 등을 담당하고, 사업단은 세부과제 계획 수립, 과제 관리, 성과관리 등을 수행하여 유사 영역이 존재

○ 동 사업 전문기관인 정보통신산업진흥원은 지역AX R&D 전문기관으로 신규 지정됨에 따라, 별도의 연구관리 조직구성 등 지원체계 마련 계획을 제시(1차 추가제출자료)



[그림 3-10] 지역AX 전담조직 신설 계획(NIPA)

출처: 1차 추가제출자료

60) 관련 답변 송부(2025.12.16)

제 4 장 정책적 타당성 분석

제 1 절 정책의 일관성 및 추진체제

1. 상위계획과의 부합성

□ 동 사업을 신규 대형 정부R&D로 추진해야 하는 당위성의 근거로 제시된 법정·비법정 상위 계획 등을 검토

○ 사업계획서는 '이재명 정부 123대 국정과제', 법정 계획인 제5차 과학기술기본계획 등을 통해 상위계획과 부합함을 설명

○ 본 조사는 제5차 과학기술기본계획을 포함한 법정·비법정 상위 중장기계획과 동 사업 대상인 AI/AX뿐만 아니라 주요 내용으로 제시된 '물리모델(PINN) 적용', 거대물리행동모델(PI-LAM) 개발, 동 사업 입지(경남) 등과의 직·간접적 부합 여부를 검토

□ 필수계획과 선택군 계획의 부합성 조사내용을 종합한 결과, 상위계획과의 부합성은 '보통' 수준으로 존재하는 것으로 판단

○ 인공지능(AI) 부문 사업으로서 필수 계획인 과학기술기본계획(법정), 선택군 계획인 제4차 지능형 로봇 기본계획(법정)등 상위계획과의 부합성은 확인됨

- 단, 동 사업의 주요 특징적 내용인 PINN 적용, LAM 개발 등과 직간접적으로 부합하는 상위계획은 확인되지 않음

- 주관부처는 인공지능 일상화 및 산업 고도화 계획, 산업 AI 내재화 전략 등을 근거자료로 제시하였으나(1차 추가제출자료), 이는 해당 계획에 따른 사업 중 일부과제에 경남/자동차부품이 선정되었다는 내용임

- 동 사업 관련 5극3특 국가균형성장 추진전략 설계도 상의 내용을 추가소명 형태로 제시하였으나, 해당 내용이 경남도 입지 선정 근거로 보기는 어려움

<표 4-1> 상위계획과의 부합성 조사 결과

구분	중장기계획	부합성		
		낮음	보통	높음
필수 계획	제5차 과학기술기본계획(법정)			V
선택군 계획	이재명 정부 123대 국정과제			V
	제4차 지능형 로봇 기본계획(법정)		V	
	국가연구개발 중장기 투자전략		V	
	5극3특 국가균형성장 추진전략 설계도		V	

<표 4-2> 상위계획과의 부합성 평점

선택군계획** \ 필수계획*	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	**대체로 적절**
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

* 필수계획 : 과학기술기본계획

** 선택군계획 : 국정과제, 나머지 계획 중 사업의 부합성을 판단할 수 있는 계획

가. 제5차 과학기술기본계획('23～'27)

□ 동 계획은 「과학기술기본법」 제7조에 근거하여 과학기술발전에 관한 '중·장기 정책목표와 기본방향'을 제시하기 위해 수립된 최상위 법정계획임

○ 「제5차 과학기술기본계획」은 '과학기술혁신이 선도하는 담대한 미래 - 행복한 국민, 역동적 경제, 강한나라' 비전 달성을 위한 과학기술혁신 및 문제해결 분야에 대한 3대 전략, 17개 추진과제 및 12대 국가전략기술 분야를 제시

[그림 4-1] 과학기술 기본계획 비전 및 추진과제

출처 : 관계부처 합동, 「제5차 과학기술기본계획」, 2022

□ 동 사업 대상인 AI 부문은 과학기술기본계획의 전략 및 12대 전략기술과 부합성 존재

○ 동 사업은 '전략3 중 디지털 전환기 선도적 대응을 통한 경제 재도약', '전략기술 9. 인공지능'과 부합

- '전략기술 11. 첨단로봇·제조'와도 부합성은 확인되고, 동 사업은 수술보조로봇에 대한 연구내용을 포함하고 있음

- 단 동 사업의 특징적인 내용인 PINN 기반 방법론, PI-LAM, 입지로서의 경남 선정 등과 관련된 내용은 확인되지 않음

[그림 4-2] 과학기술 기본계획 중점 육성기술(전략기술)

출처 : 관계부처 합동, 「제5차 과학기술기본계획」, 2022

나. 이재명 정부 123대 국정과제

□ 대통령과 정부가 임기 동안 반드시 추진해야 할 국가 운영의 핵심 실행 과제를 의미

○ 이를 위한 5개 국정목표를 부처별·분야별로 세분화한 실행계획을 123개의 국정과제 형태로 제시

[그림 4-3] 국정과제 체계도

출처 : 대한민국정부(2025), 이재명정부 123대 국정과제

□ 동 사업 내용은 국정목표 2.의 '추진전략 1. AI 3대 강국 도약'과의 부합성이 높음

○ 동 사업은 국정과제 '21. 세계에서 AI를 가장 잘 쓰는 나라 구현' 중 '독자 AI모델 개발 지원', '산업AI 전환 촉진', '지역AI 전환 지원' 등의 내용과 부합함

○ 또한 국정과제 '22. 초격차 AI 선도기술·인재 확보' 중 '차세대 AI 원천기술 확보'와도 부합성이 존재

- 단, 상기 과제에서는 동 사업에서 한계를 언급하고 있는 LLM을 원천기술 확보 대상의 예로 제시하고 있음
- 동 사업의 특징적인 내용인 PINN 기반 방법론에 대한 내용은 확인되지 않음
- 입지로서의 경남 선정 등과 관련된 내용도 확인되지 않으나, AI 3대 강국의 비전을 이루기 위한 4대 원칙 중 하나로 '전 국토가 과실을 고루 나누는 AI 균형 발전'을 제시

다. 제4차 지능형 로봇 기본계획(2024~2028, 관계부처 합동)

□ 지능형 로봇 기본계획은 '지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법'에 의거해 로봇산업의 지속적 발전을 위해 산업부가 5년 단위로 수립·시행하는 구체적 추진계획

○ 핵심 경쟁력 강화를 위한 8대 핵심 기술, AI·SW 핵심 인력양성, 로봇 기업 육성 등으로 정책 방향성 설정

[그림 4-4] 비전 및 추진과제

출처 : 「제4차 지능형 로봇 기본계획」, 2024

□ 동 사업은 '추진과제 1. 로봇 3대 핵심 경쟁력 강화'의 '전략 1. 로봇 3대(기술, 인력, 기업) 핵심 경쟁력 강화' 내 추진 과제와 일부 부합성이 존재

○ 동 사업은 '8대 핵심기술 확보' 중 로봇 S/W 내용과 S/W 개발, S/W 플랫폼 등 측면에서 부합성이 존재

○ 그러나 상기 계획에서도 PINN 기반 방법론, PI-LAM 개발 필요성, 입지로서의 경남 선정 근거 등의 내용은 확인되지 않음

라. 국가연구개발 중장기 투자전략(2023～2027, 과기부)

□ 「과학기술기본법」 제7조의2에 따라, 국가연구개발사업 예산의 전략적 투자를 위하여 5년간의 투자 목표와 방향을 담은 「제1차 국가연구개발 중장기 투자전략(2023~2027)(안)」을 수립·추진

○ 민관협업 기반 임무중심 투자 강화, 선택과 집중으로 혁신역량강화, 미래대응 과학기술기반확충, 투자시스템 혁신으로 효율성 제고 등 4대 전략과 국가전략기술 육성, 탄소중립 이행, 기업지원방식 혁신, 기술 스케일업 등 23대 과제 추진

[그림 4-5] 추진전략 및 과제

출처 : 「국가연구개발 중장기 투자전략(2023～2027)」, 2023

□ 동 사업과 '전략 2. 선택과 집중으로 혁신역량 강화' 중 '디지털 혁신'과 일정부분 부합성이 존재

○ 동 사업 내용과 'AI·통신 등 혁신기술 기반 디지털 전환' 중 '인공지능 기반 플랫폼 핵심기술 확보 및 생태계 강화'와 부합

○ 상기 계획에서도 PINN 기반 방법론, PI-LAM 개발 필요성, 입지로서의 경남 선정 근거 등의 내용은 확인되지 않음

마. 5극3특 국가균형성장 추진전략 설계도('25.9.30.)

□ 지방시대위원회는 국정과제 중 중점과제 10번 '자치분권 기반의 국가균형성장'에 대한 실천방안으로, 경제·생활·행재정 3대분야 11개 전략과제, 144개 세부과제 마련

○ 전략과제 '2. 권역별 기존 주력산업 경쟁력 강화' 내 세부과제 '권역별 지역주력산업 공정혁신 지원'에 경남도를 포함한 4대 권역에 지역 특화산업과 연계한 대규모 AX 연구실증 거점을 우선 조성한다는 내용 포함

- 단, 해당 내용은 동 사업의 예타 면제 의결 후 설정된 것이므로, 경남도를 동 사업 입지로 선정한 근거로는 보기 어려움

2 권역별 기존 주력산업 경쟁력 강화

◆ **권역별 AI혁신거점의 조성, 지역산업 AX전환 생태계 구축 및 지역 중소·중견기업 사업 재편 등을 통한 기존 주력산업 고도화**

[❶ 권역별 지역주력산업 공정혁신 지원]

○ **(권역별 AI혁신거점 조성)** 광주·대구·전북·경남 **4대 권역**에 지역 특화산업과 연계하여 **대규모 AX 연구·실증 거점 우선 조성*** 추진

- **타 권역**의 경우 AX 준비현황, 지역 특화산업 등 고려하여 **순차적 조성 검토**

* 총 3.1조 규모 예타면제 의결(과기정통부, 최종 사업규모는 적정성 검토후 확정, '26.上)

지역	주무부처	구분	사업개요
광주	과기,산업	AX 실증밸리	도시생활혁신, 모빌리티·에너지 AX R&D·실증
대구	과기,산업,복지	AX R&D 허브	로봇·바이오 AX R&D
전북	과기	AI팩토리 테스트베드	피지컬AI 기반 AI팩토리 핵심기술 개발 (협업지능 K-AI팩토리 SW플랫폼 기술개발 및 제조공장 실증)
경남	과기	정밀제조 연구거점	제조특화 피지컬AI 핵심기술 개발 (초정밀 피지컬AI 핵심기술 개발 및 글로벌 표준협력 체계 구축)

- **(권역별 TechHub* 조성방안) 5극3특 별 구축(실증, R&D 지원) 및 기술지원 기관간 연계를**** 통해 주력산업 고도화 실증테스트베드 지원

* (TechHub) 미국의 '메뉴팩쳐링USA'에서 첨단산업 집적지 인근에 산학연 연계거점(장비지원, 실증거점)을 설치하고, 산업현장의 혁신생태계 강화 지원

** 기존 정부출연연 지역분소(63개)와 다양한 기술지원기관(약500여개)들의 장비/조직/인력을 연계할 수 있도록 컨소시움 형태로 관련사업을 지원

[그림 4-6] 군역별 기존 주력산업 경쟁력 강화

출처 : 5극3특 국가균형성장 추진전략 설계도('25.9.30.)

2. 사업 추진체제 및 추진의지

가. 관련 정부사업과의 차별성

□ 사업계획서에는 유사사업과의 중복성 및 차별성을 검토하고, 동 사업 추진이 적절함을 설명하고 연계·협력방안을 제시

○ 'AI자율제조SDM플랫폼 기술개발(산업부)'의 경우, 플랫폼 기반 자율 제조 인프라 구축을 지향하고 전 공정협업을 위한 데이터 연계 구조에 중점을 두므로 동 사업과 차별성을 보유하는 것으로 설명

※ 사업계획서에 제시된 '인공지능중심산업융합집적단지조성(과기부)'은 종료된 사업이므로, 본 사업계획 적정성 검토에서는 중복가능성 검토 대상이 아님

□ 동 사업의 사업단위의 목표, 지원대상(수혜자 포함), 지원분야 등을 기준으로 볼 때, 중복가능성[61] 검토 대상이 될 수 있는 기존 사업들이 존재함

○ 사업계획서의 차별성 검토는 제한된 수의 기존 사업을 대상으로 연구내용 중 차별적인 부분의 설명임

○ 본 사업계획 적정성 검토에서는 사업목표, 지원대상, 지원분야, 지원내용 등을 종합적으로 검토하여 중복 가능성을 조사

- 사업단위에서의 중복가능성[62]은 차별적인 연구내용 및 연구방법론의 검토가 아니라, 지원대상, 지원 목적, 지원 기술 분야 등을 종합적으로 고려하여 판단

○ 따라서 제조 부문 AI 적용을 사업목적으로 포함하는 다수의 대형 정부연구개발사업이 추진되고 있으므로, 연구내용의 부분적 차별점이 아닌 동 사업 분야로의 지원(자금 흐름)이 불가능한 구조인지, 분명한 차별성이 존재하여 별도 사업 추진이 적절한지 등에 대해 검토[63]

---

61) 예비타당성조사에서의 중복은 중앙행정기관에서 의도하는 효과를 얻기 위하여 국가연구개발사업의 수혜자에게 실질적인 지원체계(전달체계)가 갖추어진 유사한 구조가 존재하는지 여부를 의미(국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, 2018)

평가항목	의의	검토사항
사업의 효과	사업의 세부 목표	세부목표의 지향점, 대상기간, 사업 산출물의 수혜집단 등에 대한 동일·유사성
지원대상	주관연구기관	예상되는 주관기관의 범위 특정, 지원자격 및 선정기준의 구체화

62) 세부과제 수준의 중복가능성은 '과학기술적 타당성' 내 세부활동의 구체성에서 검토하고 정책적 타당성 부문에서는 사업 단위의 중복가능성 위주로 검토하되, 사업단위의 중복가능성은 유사 과제의 포함여부가 아니라, 지원대상, 지원 목적, 지원 기술 분야 등을 종합적으로 고려하여 판단

63) 예산요구서, NTIS 등에서 제공하는 국가연구개발 사업 및 과제 정보 활용

○ 단, 인력양성의 경우, R&D를 통한 인력양성을 추구한다고 설명하고 있으나(1차 추가 제출자료), 해당 세부사업에는 R&D를 포함하지 않았고 필요 인력 및 양성방법에 대한 분석이 부재하여 중복 가능성 검토에 한계가 존재하므로, 검토 대상에서 제외

<표 4-3> 본 조사에서의 중복 가능성 검토 대상 사업[64]

부처	사업명	사업 기간	예산(백만 원)	
			'24	'25(요구)
과기부	글로벌제조융합SW개발및실증	2024～2028	1,500	500 (한도외 7,000)
	복합지능자율행동체SW핵심기술개발(R&D)	2024～2027	3,000	6,000 (한도외 1,100)
	차세대생성AI기술개발(R&D)	2024～2027	4,000	4,000 (한도외 2,000)
산업부	AI자율제조SDM플랫폼기술개발	2025～2027	-	9,200
	기계장비산업기술개발사업	2009~계속	158,854	158,244
	산업AI용데이터전처리자동화기술개발(R&D)	2025～2027	-	3,000
복지부	한국형 ARPA-H 프로젝트	2024~2032	-	6,000 (1차 신규)
중기부	스마트 제조혁신 기술개발사업(R&D)	2022～2026	43,665	51,690

□ 조사 결과 동 사업 부문과 검토대상 사업 간 사업 효과(목표, 수혜자), 추진 내용 및 범위(특히 데이터 부문), 지원 대상 등 측면에서 중복 가능성이 식별되므로, 이를 고려한 중복 가능성 대상 사업과의 차별성 확보 및 연계 방안에 대한 구체적인 전략이 요구됨

○ 동 사업은 사업 목적, 추진 내용(지원 내용), 지원 대상 등 측면에서 글로벌제조융합 SW개발 및 실증사업과 중복 가능성이 확인됨

- 해당 사업은 제조공정(CNC가공, 사출성형, 단조, 프레스, 전자부품조립) 현장 데이터 기반 생산공정 모의실험을 위한 가상 시운전 플랫폼 개발, 실증 및 글로벌 확산을 목적으로 제시하여, 동 사업의 사업목적 및 추진내용과 유사한 부분이 확인됨
- 사업계획서는 동 사업이 고난이도 산업 도메인을 대상으로 물리기반 정밀제어 AI 원천기술 확보를 목적이므로 기술범위와 목적이 상이하다고 설명

64) '밸류체인 내 기업별 생성 데이터, 공정 프로세스 등 분석을 거쳐 디지털 협업공장 전략 수립 및 산업데이터 플랫폼 구축'을 목적으로 하는 '대·중견·중소디지털협업공장구축기술개발'(398억 원, '23~'25 산업부)과 사업내용 측면에서 중복 검토 필요성은 존재하나, 해당 사업이 '25년에 종료하므로 본 조사에서는 과제단위 검토시 고려

- 그러나 검토대상 사업도 동 사업에서의 정밀제조 분야들을 포함하고 있고, 제조공정의 현장 데이터 수집, 디지털 트윈을 통한 검증, 라이브러리 구축 등의 연구 내용 및 지원 범위를 포함

<표 4-4> 글로벌제조융합SW개발및실증(과기부) 개요

<table>
<tr><td>사업명</td><td colspan="4">글로벌제조융합SW개발및실증</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td colspan="3">2024년 ~ 2028년</td><td>사업유형</td><td>개발연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">정부연구비
(백만 원)</td><td>2023년</td><td>2024년</td><td>2025년(요구)</td><td rowspan="2">총사업비</td><td rowspan="2">해당없음</td></tr>
<tr><td>-</td><td>1,500</td><td>500
(한도외 7,000)</td></tr>
<tr><td>사업목적
및
내용</td><td colspan="5">(목적)
○ 제조공정(CNC가공, 사출성형, 단조, 프레스, 전자부품조립) 현장 데이터 기반 생산공정 모의실험을 위한 개방형 가상 시운전 플랫폼 개발, 실증 및 글로벌 확산
(내용)
○ 실제 공장과 연결되어 모의실험이 가능한 디지털트윈 구축을 통해 오류를 사전에 검증하고, 물리적 시운전 비용을 절감하고, 생산 과정에서의 효율을 최적화
○ 가상 시운전 플랫폼 기술의 국산화와 글로벌 확대를 통해 첨단 제조 기술의 SW 경쟁력 강화와 SW기술 글로벌 진출 가속화 촉진
○ 해외 공장 보유 및 글로벌 협력 네트워크가 기구축된 중견기업을 수요(실증)기업으로 선정, 글로벌 판로개척 및 확산 효과를 극대화
(지원필요성)
○ 첨단제조 국가전략기술 육성(가상제조, SW자립도 향상) 및 글로벌 진출 가속화를 위한 전략SW 기술개발의 시급성 측면에서 예산 반영 필요
(성과물)
○ 제조 산업에 공통 적용 가능한 데이터 상호연동 가상 시운전 플랫폼을 개발하고, 5대 공정 대상 실증 및 5건 이상 해외 수출로 글로벌 진출 확산
- 현장 데이터 상호연동 가상 시운전 플랫폼
- 생산공정 내 개별 장비의 데이터를 저장·공유할 수 있도록 제조 산업 분야 대표 공정설비 200여 종 유형화 (라이브러리)
- 가상 시운전 기반 공정 개선 및 최적화를 통해 제조 기업의 생산성·품질 향상 등 제조기업 글로벌 경쟁력 확보 및 해외 시장 개척</td></tr>
<tr><td>주관부처</td><td colspan="5">과학기술정통부</td></tr>
<tr><td>연구관리전문기관</td><td colspan="5">정보통신기획평가원</td></tr>
<tr><td>수행기관</td><td colspan="5">(주관기관) 한국전자통신연구원, (참여기관) 공급기업(SW기업 등), 수요기업(제조기업, 제조서비스 기업 등), 대학, 지역산업진흥기관 등</td></tr>
<tr><td>사업규모</td><td colspan="5">해당없음</td></tr>
<tr><td>지원조건</td><td colspan="5">출연(국비 : 지방비 = 7 : 3)</td></tr>
</table>

출처 : 예산요구서

○ 동 사업과 복합지능자율행동체 SW핵심기술개발사업 간 사업 목적, 지원 내용 및 지원 분야 등 측면에서 중복 가능성이 존재하는 것으로 판단됨

- 사업계획서는 동 사업이 정밀 제조 부문을 대상으로 하고, 제어 AI 기술 확보를 주목적으로 하므로 차별성이 존재한다고 설명
- 그러나 검토 대상사업의 범위가 생활 공간에만 한정된다는 내용은 확인되지 않고(예산요구서), 인간 작업 보조·협력 AI 기술개발에 제어 부문이 배제되었다고 보기 어려움
- 또한 검토 대상 사업과 S/W 플랫폼 기술에 있어 지원분야 측면의 유사성 존재

<표 4-5> 복합지능자율행동체SW핵심기술개발(R&D) 개요

<table>
<tr><td>사업명</td><td colspan="5">복합지능자율행동체SW핵심기술개발(R&D)</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td colspan="3">2024년 ~ 2027년</td><td>사업유형</td><td>응용·개발연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">정부연구비
(백만 원)</td><td>2023년</td><td>2024년</td><td>2025년(요구)</td><td rowspan="2">총사업비</td><td rowspan="2">해당없음</td></tr>
<tr><td>-</td><td>3,000</td><td>6,000
(한도외 1,100)</td></tr>
<tr><td>사업목적
및
내용</td><td colspan="5">(목적)
○ 클라우드-엣지-디바이스 구조 기반으로 다양한 분야에서 사람의 작업 보조가 가능한 자율행동체(로봇) 핵심기술 개발
(내용)
○ (로봇인공지능SW) 인간 작업 보조 협력·운동지능 기술개발
- (협력지능SW) 로봇의 능동 탐색으로 주변 상황을 이해하고 상황변화 및 작업 능력을 반영하여 인간-로봇 협력 수행 절차를 자율적으로 판단·생성하는 기술
○ (SW플랫폼) 엣지-클라우드 자율행동 지능 SW플랫폼 기술개발
- (엣지AISW) 인간-로봇간 상호작용과 작업환경 정보 수집을 위해 유·무선 통신의 상호운영성 및 데이터 전송 공통 인터페이스를 지원하며 복합작업 지능실행 성능을 보장하는 기술
- (시스템SW) 상황에 따라 조합되는 복합작업 스킬의 수행에 필요한 자율운동지능의 실시간 응답성과 안정성, 다수 지능모델 실행 호환성을 제공하는 기술
(지원필요성)
○ 미국 주도의 로봇 복합작업 기술개발이 빠르게 진행 중으로 기술격차를 극복하고 세계 주도권을 확보하기 위해 복합작업 로봇 지능플랫폼 핵심기술 확보 시급
○ 세계 로봇산업 성장의 축이 산업로봇에서 서비스 로봇으로 이동 중으로 서비스로봇 시장 규모는 산업로봇 대비 매우 클 것으로 예상
○ 초기 투자 비용과 전문인력이 부족한 중소기업 중심의 국내 로봇산업에서는 정부 주도 선도 개발을 통한 핵심기술 확보 필요
(성과물)
○ 자율로봇 AI(협력지능, 운동지능) 핵심기술, 엣지 AI 플랫폼 기술, 시스템SW 등</td></tr>
<tr><td>주관부처</td><td colspan="5">과학기술정보통신부</td></tr>
<tr><td>연구관리전문기관</td><td colspan="5">정보통신기획평가원</td></tr>
<tr><td>수행기관</td><td colspan="5">(주관기관) 대학, 기업, 출연연 등 (참여기관) 대학, 기업, 출연연 등</td></tr>
<tr><td>사업규모</td><td colspan="5">해당없음</td></tr>
<tr><td>지원조건</td><td colspan="5">출연(정부출연금 100%, 기업 참여시 민간부담금 매칭)</td></tr>
</table>

출처 : 예산요구서

○ 동 사업은 사업(세부사업) 목적, 추진 내용(지원 내용) 등 측면에서 차세대 생성AI 기술개발 사업과 일부 중복 가능성이 확인됨

- 사업계획서는 검토대상 사업은 초거대 언어 모델 기반인 반면, 동 사업은 수치기반 AI 기술 확보를 목적으로 하므로 기술 적용 대상과 범위가 상이하다고 설명
- 그러나 검토 대상 사업의 생성AI 모델 원천기술 확보라는 사업목적과 초거대 생성 AI 모델 관련 내용은 동 사업(특히 1세부사업)에서의 생성형 AI 모델 개발 목표와 거대 생성 AI 모델 개발 등 추진내용 측면에서 중복 가능성이 존재

<표 4-6> 차세대생성AI기술개발(R&D) 개요

<table>
<tr><td>사업명</td><td colspan="5">차세대생성AI기술개발(R&D)</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td colspan="3">2024년 ~ 2027년</td><td>사업유형</td><td>응용연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">정부연구비
(백만 원)</td><td>2023년</td><td>2024년</td><td>2025년(요구)</td><td rowspan="2">총사업비</td><td rowspan="2">해당없음</td></tr>
<tr><td>-</td><td>4,000</td><td>4,000
(한도외 2,000)</td></tr>
<tr><td>사업목적
및
내용</td><td colspan="5">(목적)
○ 생성AI모델 핵심원천기술 확보 및 現 초거대 생성AI의 한계 극복을 통한 신뢰성 있는 차세대 생성 AI 기술개발 추진
(내용)
○ 현 초거대 생성AI 기초기술의 선제적 대응을 위한 알고리즘 및 성능 최적화/검증 기술개발
○ 초거대 생성AI의 사용성 확장을 위한 신뢰성 확보 등 한계극복 기술개발
(지원필요성)
○ 초거대 생성AI 선제적 대응을 위한 기초기술 및 현재 생성AI가 갖는 편향성·환각현상 등 한계극복을 위한 차세대 생성AI 기술개발
- 현 초거대 생성AI 기초기술의 선제적 대응을 위한 알고리즘 및 성능 최적화/검증 기술개발을 위해 6백만 원 요구
(성과물)
○ 초거대 생성 AI 성능 최적화 및 정보 최신화 기술, 자가검증 가능한 AI 기술, 생성AI 성능검증을 위한 벤치마크 데이터 및 지표연구 등</td></tr>
<tr><td>주관부처</td><td colspan="5">과학기술정보통신부</td></tr>
<tr><td>연구관리전문기관</td><td colspan="5">정보통신기획평가원</td></tr>
<tr><td>수행기관</td><td colspan="5">(주관/참여기관) 기업, 대학, 연구기관 등</td></tr>
<tr><td>사업규모</td><td colspan="5">해당없음</td></tr>
<tr><td>지원조건</td><td colspan="5">출연(100% 이내)</td></tr>
</table>

출처 : 예산요구서

○ 동 사업은 사업 목적, 추진 내용(지원 내용), 지원 대상 등 측면에서 AI자율제조 SDM플랫폼 기술개발사업과 일부 중복 가능성이 확인됨

- 사업계획서는 검토대상 사업이 제조 과정에서 로봇·장비·시스템 간 협업을 위한 데이터 연계 구조를 중점적으로 다루고 있어 동 사업의 PINN 개발 및 LAM 개발 목적과 적용 범위에서의 차별성을 설명

- 그러나 동 사업(특히 1세부사업)은 검토대상 사업의 제조 全 과정에서 산업 AI 기반의 로봇·장비·시스템 등이 자율적으로 협업하기 위해 기업 내 혹은 기업 간 이기종 IT·OT 제조데이터 연계 목적과 가상시스템 연계 등 추진 내용 측면에서 중복 가능성 존재

<표 4-7> AI자율제조SDM플랫폼기술개발(산업부) 개요

<table>
<tr><td>사업명</td><td colspan="5">AI자율제조SDM플랫폼기술개발</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td colspan="3">2025년 ~ 2027년</td><td>사업유형</td><td>개발연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">정부연구비
(백만 원)</td><td>2023년</td><td>2024년</td><td>2025년(요구)</td><td rowspan="2">총사업비</td><td rowspan="2">383억 원
(국고 : 292억원)</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>9,200</td></tr>
<tr><td>사업목적
및
내용</td><td colspan="5">(목적)
○ 제조 全 과정에서 산업 AI 기반의 로봇·장비·시스템 등이 자율적으로 협업하기 위해 기업 내 혹은 기업 간 이기종 IT·OT 제조데이터를 연계하는 「자율제조 SDM 플랫폼」 기술개발
(내용)
○ AI 자율제조 생태계 조성을 위한 3대 핵심기술 포트폴리오(기계·장비, 산업 AI, 통합 시스템·솔루션 등)에서 장비, 시스템, 작업자를 연결하는 SDM(Software Defined Manufacturing) 플랫폼이 최우선 필요
-「SDM 플랫폼」 공통기술 개발 : 작업장 내 장비·로봇과 제조 솔루션(가상제조시스템 등) 간 데이터 연계, 맞춤형 작업지시, 작업별 장비·로봇 재구성, 장비·로봇 원격 업데이트 등 공통 기술
- 공통기술 기반 업종 특화 플랫폼 개발 : 기계 산업군(차, 조선, 기계 등), 소재 산업군(철강, 정유, 석화), IT 산업군(반도체, 디스플레이, 이차전지 등)으로 구분하여 각 공정 특성별 특화된 플랫폼 개발
- 기능·성능 검증 기술개발 : 플랫폼의 데이터 처리 속도, 장비·로봇 동시접속 수, 데이터 무결성 등 성능 검증
(지원필요성)
○ 제조업 패러다임 대응, 노동력 부족, 공급망 불안 등 제조업 난제 해결의 핵심 수단으로 전 세계적인 「AI 자율제조」 패러다임 부상 중으로 우리나라도 자율제조를 위한 정부 지원 필요
- 제조업의 트렌드는 대량효율 생산에서 유연·신속 생산으로 변화 중이며 글로벌 선도기업들은 이러한 변화에 대응하고자 투자 확대 중
- 미국, EU, 중국 등 제조업 분야의 선도국들은 정부 주도의 자율제조 구현을 위한 기술개발을 국가 차원에서 추진 중
(성과물)
○ 제조 기능의 구성/재구성을 지원하는 공통 업종 표준 플랫폼
○ 업종별 데이터 연계 및 공동 활용을 위한 테스트환경 구축</td></tr>
<tr><td>주관부처</td><td colspan="5">산업통상자원부</td></tr>
<tr><td>연구관리전문기관</td><td colspan="5">한국산업기술기획평가원</td></tr>
<tr><td>수행기관</td><td colspan="5">기업, 대학, 연구소 등</td></tr>
<tr><td>사업규모</td><td colspan="5">해당없음</td></tr>
<tr><td>지원조건</td><td colspan="5">출연(연구개발기관 유형별 민간매칭)</td></tr>
</table>

출처 : 예산요구서

○ 동 사업은 사업 목적, 추진 내용(지원 내용), 지원 대상 등 측면에서 기계장비산업 기술개발사업과의 중복 가능성이 확인됨

- 사업계획서는 동 사업은 물리기반 AI 제어 모델의 원천기술 확보를 목적으로 하고 있으므로, 제조장비 전반의 기술자립과 성능고도화를 목표로 하는 검토 대상 사업과 차별성이 존재한다고 설명
- 그러나 검토 대상 사업은 AI·DX 등 선제적 첨단기계제조 기술 활용을 통한 제조 생태계 강화 필요성 필요성을 제시한 점, AI·빅데이터·IoT 기술을 융합한 스마트 장비시스템 원천기술과 제조장비시스템 스마트제어기 기술개발 등 추진 내용(지원 내용) 측면에서 중복 가능성이 확인됨
- 또한 제조 고도화를 위한 데이터 수집(정제), 분석, 활용 체계 구축 등 측면에서도 동 사업과의 중복 가능성 존재

<표 4-8> 기계장비산업기술개발사업(산업부) 개요

<table>
<tr><td>사업명</td><td colspan="5">기계장비산업기술개발사업</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td colspan="3">2009년 ~ 계속</td><td>사업유형</td><td>개발연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">정부연구비
(백만 원)</td><td>2023년</td><td>2024년</td><td>2025년(요구)</td><td rowspan="2">총사업비</td><td rowspan="2">기투자액 : 14,877억 원</td></tr>
<tr><td>153,854</td><td>158,854</td><td>158,244</td></tr>
<tr><td>사업목적
및
내용</td><td colspan="5">(목적)
○ 주력산업 생산활동의 기반인 제조장비와 산업용기계 관련 핵심기술개발 및 실증 지원을 통해 주력산업의 자립화와 고부가가치화 도모
(내용)
○ 주력산업의 부품·제품 생산활동에 기반을 제공하는 생산장비 및 산업용 기계·시스템을 위한 핵심기술개발 지원
- (제조기반생산시스템) 주력산업의 부품·제품 생산을 뒷받침하는 산업용 기계·시스템의 고도화를 위해, AI·빅데이터·IoT 기술을 융합한 스마트 장비시스템과 3D프린팅·로봇 등 이종 기술의 결합을 통한 융복합 기계시스템의 핵심 원천기술 개발을 지원
- (제조장비실증) 해외의존도가 높은 분야의 기계장비와 핵심부품을 중심으로 기개발된 R&D 성과물 실증을 통한 Track-record 확보 및 고도화 지원
- (제조장비시스템 스마트제어기 기술개발) 스마트 제어기(CNC)의 국산화를 통해 국내 제조장비 산업 및 제조업 전반의 안정적 생산기반을 확보하고 성능의 고도화를 통해 제조장비 시스템의 스마트 혁신을 선도
- (제조장비산업 전주기기술개발) 제조장비·부품 전략품목 대상 로드맵 수립 및 설계에서 신뢰성, 장비 사업화에 이르는 전주기 기업지원
- (스마트금형 제조데이터활용혁신 기반구축) 스마트금형 제조 고도화를 위해 제조데이터 수집(정제), 분석, 활용 체계 구축 및 제조 데이터 표준화, 기업 맞춤형 솔루션 지원
(지원필요성)
○ 디지털 전환, 탄소중립 등 정부정책을 위한 산업기계·생산장비 핵심기술개발을 지원하는 전 부처 유일의 첨단 기계·장비 지원 사업
- 기계·장비산업은 소재/부품 및 주력산업 고부가가치화를 위한 제조산업 혁신의 기반으로, 제조업 전반으로의 파급성 뿐 아니라 산업 자체의 수출 및 고용효과도 상당</td></tr>
</table>

	- AI·DX 등 선제적 첨단기계제조 기술 활용을 통한 제조 생태계 강화 시급 (성과물) ○ 제조산업의 기반이 되는 기계·시스템 및 생산장비 관련 핵심기술
주관부처	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술기획평가원, 한국산업기술진흥원
수행기관	기업, 대학, 연구소 등
사업규모	해당없음
지원조건	출연(총 사업비 100% 이내 정부 매칭)

출처 : 예산요구서, 사업계획서

○ 동 사업은 추진 내용(지원 내용), 지원 대상 등 측면에서 산업AI용 데이터 전처리 자동화 기술개발사업과 일부 중복 가능성이 확인됨

- 사업계획서에는 동 사업은 물리기반 제어모델을 구축이 목적이고, 검토대상 사업의 목적은 데이터 전처리 자동화 플랫폼과 공정별 라이브러리 개발이므로 차별성이 존재한다고 설명
- 그러나 동 사업 1세부사업의 추진내용에는 제조공정별/수요기업별 데이터 선별·전처리 등이 포함되어 있고, 라이브러리 구축도 동 사업 추진내용에 포함

<표 4-9> 산업AI용데이터전처리자동화기술개발(R&D)(산업부) 개요

사업명	산업AI용데이터전처리자동화기술개발(R&D)				
사업기간	2025년 ~ 2027년			사업유형	개발연구
정부연구비 (백만 원)	2023년	2024년	2025년(요구)	총사업비	430억원 (국고 : 288억원)
	-	-	3,000		
사업목적 및 내용	(목적) ○ 공종별·유형별 산업데이터를 인공지능(AI)이 학습 가능하도록 가공하는 전처리 자동화 기술 강화를 통한 AI 내재화 촉진 (내용) ○ 산업데이터 관련 AI 모델 선정, 데이터 선별·수집, 라이브러리화 및 프레임워크 개발을 통한 전처리 자동화 솔루션 R&D 지원 - (방법론 수립) 수요기업에서 적용 가능한 AI 모델 선정 및 이와 연계할 산업데이터를 선별·수집하여 산업데이터 전처리 방법론 수립 - (라이브러리화) 수립된 방법론을 기반으로 라이브러리화하고, 로우코드·노코드 등 디지털 기술을 활용한 산업데이터 전처리 자동화 R&D 추진 - (실증 및 확산) 산업데이터 전처리 자동화 솔루션을 신규 데이터를 통해 실증하고 유사 분야 AI를 필요로 하는 기업에 확산 (지원필요성) ○ 주력 산업 분야의 기업들이 산업 AI 솔루션을 적용하기 위해 산업데이터 전처리가 필요하나 상당한 비용이 소요되며 전문기업도 부재 - 수요기업의 AI 활용을 용이하게 하고, 공급기업의 AI 기술 역량 강화를 위해서 산업데이터 전처리의 기술 활용이 필수적 - 데이터 전처리는 AI의 성능에 매우 큰 영향을 미치나, 중소·중견기업에서는 기술력·인력 부족 등으로 전처리 및 AI 활용조차 포기하는 상황 (성과물) ○ 산업 AI 활용을 위한 라이브러리를 지속적으로 관리하고, 동일 업종 內 유사 분야 AI를 필요로 하는 기업이 활용하도록 확산				

주관부처	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술진흥원
수행기관	(총괄 주관) 해당업종의 전문성을 보유한 비영리기관 (세부 주관·공동) 산업데이터를 보유하고 AI 내재화가 필요한 수요기업 및 산업데이터 전처리 및 AI 기술을 보유하고 있는 공급기업 등
사업규모	해당없음
지원조건	출연(총사업비의 67% 이내 정부매칭)

출처 : 예산요구서

○ 동 사업은 사업 목적, 추진 내용(지원 내용), 지원 대상 등 측면에서 스마트 제조혁신 기술개발사업과의 중복 가능성이 확인됨

- 검토 대상 사업은 동 사업 범위인 Data 취합, 밸류체인 데이터 연동 체제, Network 기반 연계, AI 기술 적용 등을 사업범위로 포함하고 있고, 제조혁신 고도화를 위한 첨단 제조 부문을 지원 대상으로 하고 있음

<표 4-10> 스마트 제조혁신 기술개발사업(R&D)(중기부) 개요

<table>
<tr><td>사업명</td><td colspan="5">스마트 제조혁신 기술개발사업(R&D)</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td colspan="3">2022년 ~ 2026년</td><td>사업유형</td><td>개발연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">정부연구비
(백만 원)</td><td>2023년</td><td>2024년</td><td>2025년(요구)</td><td rowspan="2">총사업비</td><td rowspan="2">2,452억원
(국고 : 1,839억원)</td></tr>
<tr><td>32,176</td><td>43,665</td><td>51,690</td></tr>
<tr><td>사업목적
및
내용</td><td colspan="5">(목적)
○ D.N.A(Data, Network, AI) 기술 기반의 스마트 제조혁신 고도화와 스마트공장 공급기업의 경쟁력 제고
(내용)
○ 선도기술(첨단제조, 유연생산)과 현장적용기술 등 스마트제조핵심기술 분야별 연계·구성을 통해 스마트공장 공급기술 고도화 실현
- 국내 스마트 제조혁신을 고도화하고, 국내 공급기업 육성을 위해 제조혁신 3대분야 R&D 지원을 통한 기술경쟁력 제고
- (첨단제조) 대·중소기업 간 데이터와 기술을 공유하는 “한국형 미래/첨단 스마트공장 모델” 구현을 위한 기술개발
- (유연생산) 고객 수요를 충족시키는 맞춤형 제품 생산을 위해 공장內 제조자원을 탄력적으로 구성하는 유연생산기술 확보
- (현장적용) 제조현장 노하우의 디지털 전환 및 근로환경 개선을 위해 공정전문가를 활용한 현장적용기술 개발
(지원필요성)
○ 국정과제 31-3(초일류 제조강국 도약) 목표달성을 위해 스마트 제조혁신 고도화를 안정적으로 뒷받침할 공급기술 확보 및 육성 필요
- 국내 스마트공장의 80%가 “기초”수준에 머물러 고도화 필요성이 증대되고 있으나, 스마트공장 수준과 직결되는 국내 공급기술 수준 분석 결과, 5G, MES 등 일부 분야를 제외하고 추격 수준으로 기술 고도화 지원 시급
- 국내 공급기업의 대부분은 MES, SI 등에 편중되어 있어 균형적인 기업 육성 긴요
(성과물)
○ 고도화된 선도형 스마트공장 구축을 지원하는 스마트 제조혁신 공급기술</td></tr>
</table>

주관부처	중소벤처기업부
연구관리전문기관	중소기업기술정보진흥원
수행기관	(주관기관) 중소기업, (참여기관) 중소기업, 대학, 연구기관 등
사업규모	해당없음
지원조건	출연(총사업비의 75% 이내 정부매칭)

출처 : 예산요구서

○ 동 사업은 사업 목적, 추진 내용(지원 내용), 지원 대상 등 측면에서 한국형 ARPA-H 프로젝트와의 중복 가능성이 상당 수준 존재하는 것으로 확인됨

- 검토 대상 사업 內 '효율적 수술환경 조성을 위한 휴머노이드형 Physical AI 수술보조 로봇 개발'은 AI 기반 수술보조로봇 개발을 목표로, 의료진과 협업 가능한 물리적 구조 개발 및 AI 기반 제어 알고리즘 개발 등 동 사업과의 중복 가능성이 확인됨
- 특히 검토 대상 사업에 신규 선정(2025년)된 3개 병원[65] 중에는 동 사업 참여 병원(장비 구축 예정)으로도 되어 있어 지원 대상 중복 이슈도 존재하는 병원이 포함되어 있음

<표 4-11> 한국형 ARPA-H 프로젝트(복지부) 개요

<table>
<tr><td>사업명</td><td colspan="5">한국형 ARPA-H 프로젝트</td></tr>
<tr><td>사업기간</td><td colspan="3">2024년 ~ 2032년</td><td>사업유형</td><td>개발연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">정부연구비
(백만 원)</td><td>2023년</td><td>2024년</td><td>2025년(요구)</td><td rowspan="2">총사업비</td><td rowspan="2">11,628억 원</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>6000(1차 신규)</td></tr>
<tr><td>사업목적
및
내용</td><td colspan="5">(프로젝트 목적)
○ 공종별·유형별 산업데이터를 인공지능(AI)이 학습 가능하도록 가공하는 전처리 자동화 기술 강화를 통한 AI 내재화 촉진
(프로젝트 內,
효율적 수술환경 조성을 위한 휴머노이드형 Physical AI 수술보조 로봇 개발)
○ 목적
- 수술실 환경에서 의료진의 반복적 작업을 대행하고, 수술 상황에 따라 맞춤형 보조 행위를 자율적으로 수행하며, 의료진의 명령을 지능적으로 이해·반응하는 휴머노이드형 수술 보조 로봇 시스템 개발
○ 목표
- 반복적 수술 보조작업을 수행하는 AI 기반 수술보조로봇(AI 알고리즘, 하드웨어 메커니즘) 개발
* 일반외과, 흉부외과, 이비인후과, 산부인과 등 중규모 진료과 실증연구 포함
○ 필요성
- 수술실 내 의료인력 부족 및 지역별 수술 자원 불균형으로 인한 문제 해결을 위하여 휴머노이드형 수술보조 로봇을 통해 수술과정에서 의사 보조 및 효율적 수</td></tr>
</table>

65) 전국 15개 이상 컨소시엄이 지원한 1단계에서는 삼성서울병원, 서울대병원, 부산대병원 컨소시엄이 선정(연합뉴스, 2025.10.27.)

	술환경 조성 필요 ○ 성과물 - 반복적 수술 보조작업(스크럽, 석션, 리트랙션 등) 수행가능한 모듈형 다기능·다관절 암(arm), 그리퍼, 이동형 플랫폼 등의 로봇 메커니즘 - 수술실 공간 제약을 고려한 크기, 관절 자유도, 이동성 등을 갖춘 하드웨어 설계 및 의료진과 안전하게 협업 가능한 물리적 구조 - 음성, 동작, 수술환경 데이터 등을 기반으로 의료진의 명령·의도를 이해하고, 수술 단계별 맥락에따라 적절한 보조행위를 판단·수행하는 AI 기반 제어 알고리즘 - 의료진과의 직관적 상호작용을 가능하게 하는 사용자 인터페이스 및 피드백 시스템, 작업전환이 용이한 UI/UX 설계
주관부처	보건복지부
연구관리전문기관	한국보건산업진흥원, 한국형 ARPA-H 프로젝트 추진단
수행기관	(휴머노이드형 Physical AI 수술보조로봇 시스템 개발) 주관기관은 의료기관으로 한정 공동연구기관은 산·학·연·병 모두 가능 컨소시엄 내 1개 이상의 권역·지역 책임의료기관 참여 필수 공동연구기관 중 1개 이상의 국내 로봇기업 참여 필수
사업규모	(휴머노이드형 Physical AI 수술보조로봇 시스템 개발)) '25~'29, 175억 원('25년 15억 원)
지원조건	출연(총사업비의 67% 이내 정부매칭)

출처 : 한국형 ARPA-H 2025년도 신규 프로젝트 공고, 한국형 ARPA 프로젝트 설명서[66]

나. 사업 추진의지

□ 동 사업 추진주체(주관부처, 전담기관, 사업단(경남도내 대학))는 동 사업 관련 다양한 기획활동을 수행하였으며, 본 조사 과정에 적극 대응하고 있어 사업 추진의지가 존재하는 것으로 판단됨

○ 기획위원회 구성·운영, 수요조사, 유관기관(기업)과의 협의회 및 업무협약 등 사업기획 활동 수행

○ 동 사업에 대한 사업계획 적정성 검토 과정에서 사업설명회, 추가자료 제출 등의 과정에서 적극적으로 대응

○ 70여 개 민간기업 및 기관에서 제출한 동 사업 참여의향서 확인

○ 단, 동 사업이 경남을 입지로 하는 지역사업임에도 불구, 지자체의 사업주체로서의 공식적인 참여(역할과 책임) 및 지방비 매칭 등이 제시되지 않

- 추가제출자료, 소명자료 등을 통해 해당 지자체의 추진의지를 설명

66) 2025년도 제1차 한국형 ARPA-H 프로젝트 신규지원 대상과제 통합공고 안내(2025.5.9., 보건복지부)

제 2 절 사업 추진상의 위험요인

1. 재원조달 가능성

가. 국고 조달 가능성

□ 사업계획서는 가용 예산 등을 근거로 동 사업 국비는 충분히 수용 가능하다고 설명

○ 총사업비 중 국고는 6,000억 원으로, 과학기술정보통신부의 향후 5년간 R&D 예산 추정액(496,100억 원) 대비 1.2% 수준으로 제시

※ 과기부 '25년 R&D 예산 최종 확정액에 국가재정운용계획의 연도별 증가율을 적용하여 향후 R&D 예산을 추정

<표 4-12> 주관부처 제시 재원조달 가능성 설명 표*

(단위 : 억 원)

구분	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년	합계
향후 R&D 예산 추정액	97,733	98,515	99,205	99,949	100,698	496,100
본 사업 소요 국비	715.5	1,453.0	1,466.1	1,287.8	1,077.6	6,000
과기부 R&D 가용예산 대비 본 사업 국비 비율(D/C)	0.7%	1.5%	1.5%	1.3%	1.1%	1.2%

* 과기부 연도별 가용 예산[67] 대비 본 사업 소요 예산 비율

출처: 사업계획서

□ 주관부처의 신규 R&D 예산을 고려한 가용 예산, 소관 지특회계의 가용 예산 등을 토대로 볼 때, 동 사업 규모 수준의 신규 사업 추진에 대한 국고 조달 위험성은 높지 않을 것으로 보임

○ 주관부처는 '26년 국비 예산으로 계획(715.5억 원) 대비 다소 부족한 667억 원 확보

○ 본 조사에서는 추가적으로 주관부처의 향후 신규사업을 대상으로 한 재원(계속 사

67) 사업계획서의 재원조달 가능성 설명 표와 소요 예산 부분의 연차별 예산 내역이 차이를 보임

(단위 : 억 원)

구분	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년	합계
국고	812.8	1,404.5	1,414.5	1,271.0	1,097.2	6,000.0
민자	541.8	936.2	943.0	847.4	731.6	4,000.0
합계	1,354.6	2,340.7	2,357.5	2,118.4	1,828.8	10,000.0

출처: 사업계획서 소요 예산 부분

업 제외), 신규예산 투자 계획 등을 포함한 가용재원 산출 내역 확인

○ 동 사업은 지특회계 소관[68]으로, 본 조사에서 주관부처 소관 지특회계 R&D 예산 측면에서 재원조달 가능성 검토한 결과, 주관부처의 신규 지특예산 규모가 동 사업 연도별 예산 규모와 유사하여 지속적인 모니터링과 관리가 필요할 것으로 판단됨

※ 동 사업 중기사업계획서[69]를 요청하였으나, 차년도 반영 예정으로 답변(1차 추가제출자료)

나. 지방비 조달 가능성

□ 동 사업은 지방비 매칭이 없음

다. 민간부담금 조달 가능성

□ 사업계획서에는 민간 참여 의향 조사 결과를 총 73개 기관으로부터 참여의사를 확보하여 민자조달의 가능성이 확인되었다고 설명

○ 동 사업 민간부담금은 4,000억 원(총사업비의 40%)으로 연구개발 3,632.6억 원, 장비비 367.4억 원으로 구성

<표 4-13> 사업비 항목별 국고/지방비/민자 비중

(단위: 억 원)

구분		총사업비			
		합계	국고	지방비	민자
연구개발(90.8%)		9,081.6	5,449.0	-	3,632.6
연구시설 및 장비 (9.2%)	시설비	-	-	-	-
	장비비(일반 장비)	918.4	551.0	-	367.4
합 계		10,000.0	6,000.0	-	4,000.0

※ 장비비는 2세부사업 내 과제별로 분산적으로 설정되어 있고, 시설비는 계상되지 않음

출처: 추가 요청 자료

68) 동 사업은 지특회계 소관이고, 지특회계 예산안 편성 지침(2025.4, 기재부)의 '예산안 작성요령'에는 부처 직접편성 사업의 예산 신청 주체는 각 시·도로 기재되어 있으나, 동 사업은 별도의 지자체 신청없이 부처가 편성한 것으로 답변(2025.2차 실무회의)

69) 국가재정법 제28조에 따라 매년 1월31일까지 중기사업계획서를 기획재정부로 제출하고 있으며, 동 사업은 2026년 신규사업임에 따라 2026~2030년 중기사업계획서에 반영할 예정(1차 추가제출자료)

□ 동 사업 민간부담금 조달 가능성을 확인할 수 있는 자료들이 매우 불분명하여, 민간부담 조달 가능성에 상당한 불확실성이 존재하는 것으로 판단

○ 민간부담금 조달 가능성 확인을 위해서는 참여기업의 투자의지, 투자여력(투자의사 금액, 재무상태 등)을 확인할 수 있는 근거자료가 필요

- 사업계획서 상의 과제 수 대비 참여의향 제시 기업 수 비교는 민자 조달 가능성을 직접적으로 확인할 수 있는 근거가 될 수 없음

○ 사업계획서에 첨부된 참여의향서의 투자의사금액을 신뢰하기 어려움

- 약 20여 개 기업이 투자의향금액을 24.5억 원으로 동일하게 기재하였고, 주관부처는 이에 대해 중소중견기업의 적정 수준의 투자 의지 및 실행 역량이라고 설명
- 매출액 50억 미만&종업원 20명 미만(2024년 기준)으로 분류된 기업(선도솔루션)이 90억 원의 투자 의향을 기재한 사례에 대해, 재무정보 상 투자금액 조달에 어려움이 있을 수 있으나 이는 단지 투자파급효과 산출을 위한 설문이라고 답변(1차 추가제출자료)

○ 1차 추가제출자료를 통해 민간부담 중 현물/현금을 제시하였으나, 이를 확인할 수 있는 근거자료가 부재하고 사업계획서의 투자의향서와 불일치하는 사례가 다수 존재하여 자료의 신뢰도가 떨어짐

- 주관부처는 참여기관별 출자 규모 산출*을 통해 동 사업 민간부담금 중 현물은 2,800억 원, 현금은 1,200억 원(30%)으로 설명(1차 추가제출자료)

* 국가연구개발혁신법 참여기업 연구개발비 부담기준을 준용한 결과로 제시

- 그러나 글로벌 하이퍼스케일러와 국내 연구기관 등 민간부담금 대상 기관 중 투자확약서 내지는 참여의향서가 확인되지 않는 기관이 다수 존재하고, 국내 클라우드 기업, 경남 TP 등 기관은 참여의향서의 투자의사금액과 큰 차이가 존재

<표 4-14> 민간부담금 중 현물 및 현금 비중

(단위 : 억 원)

구분	수행역할	출자		
		현물	현금	합계
글로벌 하이퍼스케일러	피지컬AI 특화 PINN 모델 최적화 및 물리자능행동모델 공동 개발, 고성능 컴퓨팅 자원(AI 가속기 등), 글로벌 탑티어 연구인력 투입 지원 등	1,000* (협의중)	1,000** (협의중)	2,000
국내 클라우드	엣지-하이브리드 클라우드 구축을 위한 인력 자원 지원	223.2	24.8	248.0
중견기업 및 13개 제조 벤더사 등	제조 현장 데이터 공급 수집을 위한 장비·인력 지원	185.8	20.6	206.4

구분	수행역할	출자		
		현물	현금	합계
국내연구기관	물리지능행동모델 연계 에너지 최적화 기술 개발을 위한 연구 인력 지원	26.3	2.9	29.2
국내연구기관	물리지능행동모델 기반 초정밀 의료로봇 개발·실증을 위한 연구 장비 및 인력 지원	345.6	38.4	384.0
국내연구기관	융합데이터 기반 PINN모델 개발 및 적응형 물리상호작용 합성데이터 생성 기술 개발 연구인력 지원	207.0	23.0	230.0
국내연구기관	물리지능행동모델을 위한 지식그래프 기술 개발을 위한 연구 인력 및 장비 지원	228.2	25.4	253.6
국내연구기관	엣지 AIoT기술 개발 및 실증을 위한 연구인력 지원	62.3	6.9	69.2
국내연구기관	멀티모달 데이터 실-가상환경 오차 최소화 및 품질관리 기술 개발 인력 지원	298.1	33.1	331.2
국내연구기관	물리지능행동모델 기반 초정밀 수술로봇용 PINN모델 개발을 위한 연구인력 지원	96.1	10.7	106.8
국내기업	DTC, NIST와 연계한 글로벌테스트베드 실증 및 확산 체계 구축을 위한 연구인력 지원	72.0	8.0	80.0
경남IIP	제조벤더사(중소기업) 융합데이터 수집 및 실증을 위한 연구인력 지원	55.4	6.2	61.6
계		2,800	1,200	4,000

* AI 가속기 사용료(당시 최고성능 기준) 3.24USD × 440.9만 chip-hour × 5년 = 1,000억 원[70)]

** 글로벌 탑티어 연구인력 유치 등 : 14.3mUSD × 5년 = 1000억 원

출처: 추가 제출자료

○ 동 사업에서 제시한 주요 참여 주체들의 동 사업 참여 여부 및 민간부담 의지 등을 분명하게 확인할 수 있는 명확한 근거자료가 제시되어야 함

- 본 조사에서는 동 사업 참여 주체에 명기된 특정 기관들과 역할권리 등의 내용이 담긴 합의서가 존재하는지 문의하였으나, 주관부처는 초거대제조AI사업과 경남디지털혁신거점 조성사업 등에 대한 업무 협약서를 제출(1차 추가제출자료)

※ 제시된 참여 주체 중 동 사업 참여의향서가 제출되지 않은 기관 다수 존재

2. 법·제도적 위험요인

□ 동 사업은 사업 추진상의 법·제도적 위험요인에 대해 전문적 방식의 면밀한 검토가 미흡하여, 해당 위험요인에 대한 적절한 대응방안이 수립되어 있다고 보기 어려움

70) 다양한 범용 병렬 연산에 적합한 GPU와 딥러닝 행렬 연산에 특화된 AI 가속기 자원을 본 과제에 동시 지원

○ 사업계획서에는 법·제도적 위험요인이 없는 것으로 제시

- 데이터와 관련한 법규제 관련 위험요인이 있으나 비식별화 조치 및 데이터 관리 지침 마련을 통해 대응 가능하다고 설명

<표 4-15> 법·제도적 위험요인 평가 결과

평가항목	평가결과		
	위험	일부 위험	위험 없음
사업추진 근거 법령의 적절성			○
법・제도적 위험요인		○	
국가연구개발사업 절차의 누락 가능성			○
국제적 분쟁 발생 가능성			○

출처: 사업계획서

○ 그러나 동 사업 분야에서는 기술개발 외 운영 환경(정보보호 관련 법·제도, 실증 데이터의 가용성, 사회적 수용성 등)의 전제 조건에 대한 면밀한 검토가 필요함

※ AI 기술력을 갖추더라도 정보보호, 데이터센터 인허가 등 법적 규제[71]와 같은 '데이터 장벽' 문제로 산업화가 좌초될 위험이 있다는 우려[72]도 존재

□ 글로벌 빅테크 참여에 대한 사전 법·제도적 준비 및 전문적 검토가 미비하여, 이와 관련한 불확실성이 상당 수준 존재할 것으로 판단

○ 동 사업에 주요 참여주체로 글로벌 하이퍼스케일러가 명기되어 있음에도 불구하고 참여 여부와 조건 등을 공식적으로 확인할 수 있는 문건이 부재하여, 현시점 기준 참여 여부에 상당한 불확실성이 존재

- 본 조사에서는 글로벌 하이퍼스케일러의 참여 여부, 민감부담 매칭 여부, 동 사업 참여로 제공받는 것과 제공하는 것 등을 포함한 공식적인 합의 문건을 요청

○ 이에 대해 주관부처는 글로벌 하이퍼스케일러와의 협상 과정을 설명하였으나 동 사업 참여 관련 합의 문건은 존재하지 않는 상황임(2025. 12월 말 제출 예정으로 답변, 1차 추가제출자료)

○ 이와 함께 주관부처가 글로벌 하이퍼스케일러와의 협상 문건으로 제시한 자료[73] 상의 국내 제조 데이터 관련 내용이 상당히 불분명하나, 해당 내용이 국내 제조 데

71) 한국인공지능・소프트웨어산업협회 보고서(한국경제, 2025.9.9.)

72) 아시아투데이, 2025.9.22 (https://www.asiatoday.co.kr/kn/view.php?key=20250921010011360)

73) Proposal_for_Collaboration_on_the_Physical_AI_Budget_Initiative (추가제출자료, 2025.12.05.)

이터 보호와 관련된 법·제도적 검토가 전문적으로 수행된 결과인지 확인되지 않음

- 글로벌 하이퍼스케일러와의 협상 문건에는 제공하는 협업의 기대 가치로 실질 제조 데이터 취합[74]으로 제시한 반면, 주석에는 한국 법상 핵심 제조 데이터는 국외 반출할 수 없다는 모호한 내용이 기재되어 있음

○ 글로벌 하이퍼스케일러와의 협상 책임과 권한을 누가 보유하고 있는지 불분명함

- 주관부처는 글로벌 하이퍼스케일러와의 협상을 동 사업 참여 기관 중 하나인 국내 클라우드 기업으로 협상 거버넌스(법무 포함)를 구성한다고 설명(2차 실무회의)
- 현재 주관부처, 전문기관 등 동 사업 주요 수행 주체가 글로벌 하이퍼스케일러와의 협상을 책임지는 상황인지 확인되지 않음

○ 사업계획서에는 글로벌 하이퍼스케일러와의 공동연구와 관련된 외부 환경적 요인의 법률 검토가 거의 제시되지 않음

- 본 조사에서는 국내 제조데이터의 글로벌 빅테크 제공 관련, 해당 기업 소재 국가(미국)의 해외정보감시법 및 클라우드법, 국내 제조 데이터의 토큰 형태 제공과 국내 정보보호/보안 및 산업보호 관련 법 등에 대해 전문적 검토를 사전에 수행하였는지 문의
- 이에 대해 주관부처는 한국 제조기업의 공정 데이터를 미국이 국가안보 목적으로 수집할 필요는 거의 없다는 답변을 제시하였으나(1차 추가제출자료), 해당 답변이 전문 검토 기관에 의뢰한 결과로 설명되지는 않음
- 현재와 같은 기술패권 무한 경쟁 상황에서 (특히 트럼프 2기 정부에서) 미국의 이익과 국가 안보는 상당히 광범위하게 해석될 여지가 있고, 범용 LAM과 같은 첨단 기술에 대해 미국의 여러 법률이 적용될 여지가 없다는 주관부처의 판단은 위험성을 배제할 수 없음
- 또한 토큰 형태는 원본 데이터와 법적 성격이 달라 기술유출로 해석될 수 없다는 답변을 제시하였으나, 본 조사의 문의는 주관부처가 공동연구 과정에서 해외 업체에 토큰 형태의 국내 제조 데이터를 '제공'*하는 형태 자체에 대한 전문적 법률 해석임

  * 주관부처는 토큰 제공이 기술 유출로 해석되지 않기 위해 데이터 비가역성 기술적 통제, 계약적 통제 등의 조건을 언급(1차 추가제출자료)

□ 동 사업은 주요 참여주체를 사전에 정하는 형태로 기획이 되어 있으나, 해당 형태의 정당성을 확인하기 위한 법·제도적 근거가 전혀 제시되어 있지 않음

---

74) Expected Value of Collaboration: Accumulation of real manufacturing data
Note: Under Korean law, core manufacturing data cannot be taken abroad.

○ 동 사업은 사업단(도내대학), 실증데이터 취합 기관(9개사)과 실증 수행 기관(9개사 매칭), 클라우드 컴퓨팅 서비스 기관(국내·외 클라우드 기업), 글로벌 실증대상[75] (외국기업) 등의 주요 참여주체를 사전에 정하여 제시(사업설명회자료 등)

○ 그러나 해당 주체의 선정(공모 또는 지정) 절차와 선정 사유, 사전 선정 형태의 정당성을 인정할 수 있는 법·규정상 근거 등이 명확하게 제시되지 않아, 본 조사는 관련 내용을 추가제출자료로 요청

○ 이에 대해 주관부처는 법규정상 근거 등을 포함한 설명을 거의 제시하지 않고, 별도의 설명없이 추후 공모 예정이라는 사업계획서와 상이한 내용으로 답변(1차 추가제출자료)

- 주관부처는 기존 PoC 사업의 연장선상에서 동 사업이 기획되었다고 설명하였으나(2차 실무회의), 해당 설명이 동 사업 주요 추진주체의 사전 선정의 법·제도적 근거가 되기는 어려움

□ 동 사업의 장비구축(예정) 장소 및 동 사업 취합 데이터의 보관·운영 장소 등에 대한 물리적 적합성 판단 자료가 미흡하여, 적절성 판단이 제한됨

○ 동 사업은 별도의 시설구축 없이 연구 및 실증 장비를 세부과제별 연구비로 구입하는 형태로 관련 규정을 토대로 해당 세부과제의 주관기관에 장비가 설치될 것으로 예상되나, 장비별/구축공간별 적절한 공간이 확보되어 있는지 확인할 수 없음

- 특정 기관에서 장비구축 장소를 제공하기로 정한 경우, 해당 기관으로 정한 사유와 합의 내용(증빙 자료), 운영 인력 및 운영비 부담 능력 등에 대한 설명이 필요함
- 참여의사확인서도 제출하지 않은 참여기관이 포함되어 있음

○ 이에 대해 주관부처는 도내 소재 연구소는 기존 유관 장비구축 시설의 여유 공간을 활용하고, 국내 클라우드 제공 장비의 설치 기관(경남도내 대학)은 추후 별도 공간을 확보할 예정이라고 설명(1차 추가제출자료)

○ 그러나 동 사업 주요 연구 및 실증장비 다수가 구축될 예정 장소 정보가 전무하여, 장비 구축 장소로서의 적절성 판단을 할 수 없음

- 참여기관의 장비 설치 예정 장소의 환경 요건 설명은 제공되었으나, 제공된 내용 및 사진으로는 해당 환경 요건이 구입 장비에 부합하는지, 장비별 설치 가능 공간은 확보되었는지 등의 확인에 제한이 있음

※ 국내 연구기관은 추후 15평 수준의 외부 임대 공간을 확보할 예정으로 설명

75) 그 외 글로벌 실증 대상 1곳은 북미지역 파트너社 대상으로 협의 후 확정 예정(1차 추가제출자료)

(자료 제한으로 적절성 판단 불가)

○ 동 사업을 통해 취득한 데이터의 수집·활용 주체가 도내 대학으로 되어 있으나, 해당 주체가 법적·물리적·인적 정보보안 체계, 장비 설치를 위한 인프라 구축 계획(공간, 전력, 네트워크, 공조 등) 등에 대한 정보가 불분명하여, 해당 주체가 필요 역량을 갖추었는지 확인하기 어려움

- 주관부처가 제시한 장비는 기 구축 연구센터[76]에 설치될 계획으로 보이나, 장비 구축 환경 요건의 적절성을 확인할 수 있는 내용은 제시되지 않음[77]

※ 동 사업 실증 데이터 제공 주체들이 해당 데이터를 어디에서 보관하는 것으로 합의한 것인지 여부도 확인이 되지 않음

□ 제조데이터 확보 가능성 측면에서 위험성을 배제하기 어려움

○ 동 사업은 9개 기관으로부터 제조데이터를 공급받는다는 계획을 제시하였으므로, 본 조사에서는 해당 기업들이 동 사업 참여 과정에서 발생하는 모든 필요 데이터셋을 제공하고 사업목적으로 활용하는 것에 동의하였는지 확인할 수 있는 자료를 요청

○ 이에 대해 주관부처는 별도의 합의 문건이나 설명을 제시하지 않음

- 9개 기관 중 4개 기관은 참여의향서도 확인되지 않음

□ 사업계획서 등에서 설명된 연구인력 확보 방안의 구체성이 부족하여, 동 사업을 위한 전문연구인력 확보 가능성에 불확실성이 존재함

○ 동 사업은 연간 1,350여 명의 전문연구인력(박사급 200여 명)이 투입될 예정이라고 하였으나, 인력확보 가능성 분석 및 인력확보 방안이 적절히 제시되지 않음

- 사업계획서에는 공공연구기관 및 기업체의 공학분야 연구개발인력 추이로 고급연구인력의 지속적 확충이 기대되어 연구인력을 충분히 확보할 수 있다고 설명하였으나, 동 사업에서 필요한 전문연구인력이 공학분야 인력으로 설명되기는 한계가 있는 것으로 판단됨

- 이에 대해 주관부처는 인공지능 유관학과 졸업자 수를 근거로 제시하고 동 사업에 필요한 전문인력*을 정의하였으나, 해당 학과 졸업자가 정의된 전문인력에 부합하는지는 확인할 수 없음

* 인공지능 기술과 기계·전기·제어·로봇 등 공학 역량을 융합하여, 시스템 설계·구현·운영 전 과정을 수행할 수 있는 인력

- 3세부사업을 통해 물리기반 AI 융합 전문인재 양성 체계를 구축한다는 설명이나,

---

76) 제조산업 특화 초거대 제조AI 서비스 개발 및 실증사업(2024~2026, 227억 원, 산업부)을 통해 기 구축된 센터임

77) 규모: 561.3㎡(약 169.8평), 글로벌 하이퍼스케일러와 공동운영 (추가제출자료, 2026.1.15.)

'물리기반 AI 융합 전문인재'의 정의(구체적 필요 요건)가 불분명하고, 이를 위한 구체적인 양성계획도 제시되어 있지 않음

- 또한 국내·외 연구중심 대학 등과의 인턴쉽 운영으로 핵심 인력을 단계적으로 확보한다는 계획이 제시되어 있으나, 해당 기관과의 사전 협의 내용이 존재하지 않고 구체적인 인턴쉽 운영 계획도 제시되지 않음

□ 동 사업은 상기 위험요인의 해소 후 해외 공동연구 추진 및 사업주체 선정을 진행하는 것이 타당할 것으로 판단됨

□ 동 사업 착수와 함께, '인공지능 발전과 신뢰 기반 조성 등에 관한 기본법(2026. 1. 22. 시행)'이 동 사업 전반에 미치는 영향에 대해 엄격하고 전문적인 검토가 이루어질 필요가 있음

○ 특히 '의료 부분(수술보조로봇)' 세부과제의 연구개발 결과물이 동 법에서 정의하는 '고영향 인공지능[78]'에 해당하는지 사전적으로 확인[79]할 필요가 있고, 해당될 경우 관련 규정에 따른 면밀한 준비[80]가 함께 진행되어야 함

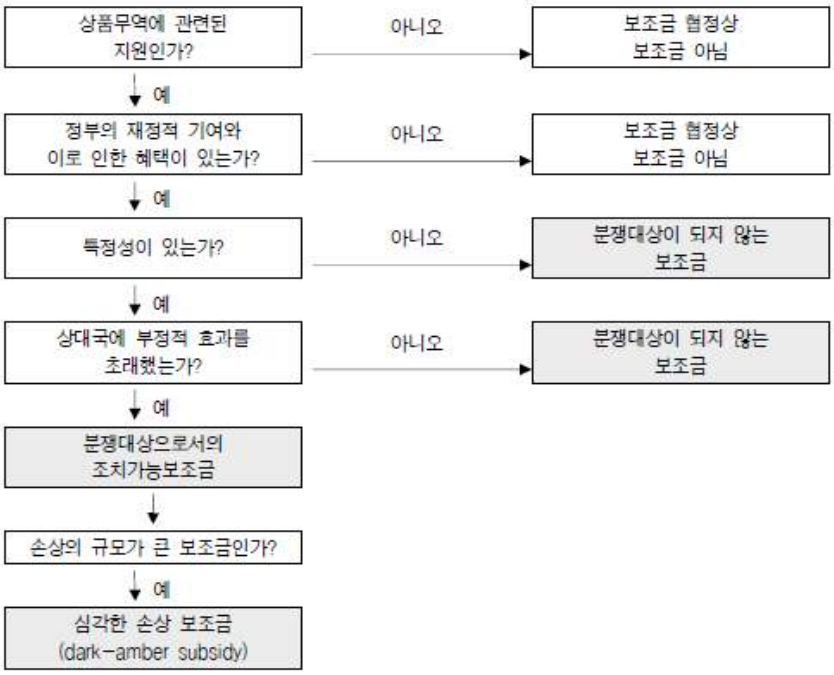
□ WTO 보조금 분쟁, 지식재산권 관련 다툼이 발생하지 않도록 사업관리 차원에서 선제적으로 모니터링하고 관련 분석활동을 수행할 필요가 있음

○ 동 사업은 글로벌 B2B 시장 진출을 비전으로 제시하고, 수출기반 마련 및 국제화 성과지표를 제시

78) 인공지능법 제2조(정의) "고영향인공지능"이란 사람의 생명, 신체의 안전 및 기본권에 중대한 영향을 미치거나 위험을 초래할 우려가 있는 인공지능시스템으로서 다음 각 목의 어느 하나의 영역에서 활용되는 것을 말한다.
라.「의료기기법」 제2조 제1항에 따른 의료기기 및「디지털의료제품법」 제2조 제2호에 따른 디지털의료기기의 개발 및 이용

79) 동법 제33조(고영향인공지능의 확인)

80) 동법 제30조(인공지능 안전성 · 신뢰성 검 · 인증등 지원), 제34조(고영향인공지능과 관련한 사업자의 책무), 제35조(고영향인공지능 영향평가)



[그림 4-6] 국제무역기구(WTO) 조치가능보조금 분석틀

출처 : 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침

<표 4-16> 주관부처 제시 WTO 보조금 협정 위배사항 검토

WTO 보조금협정 항목		규정 위배 여부	내용
금지 보조금	수출보조금	×	기업의 수출증진 또는 수입대체 실적 등과 직접 연계되지 않음
	수입대체보조금	×	
조치 가능 보조금	정부의 재정적 기여	×	R&D 보조금이 연구개발 비용의 75%를 넘지 않으므로 규정을 위배하지 않음
	경제적 혜택 여부	×	기술개발 및 실증지원을 위한 자금 이전으로 혜택 발생
	보조금 특정성	×	기업의 시장 퇴출 지연 또는 수출가격 지지 등과 같은 무역 왜곡성이 없으므로 분쟁 가능성 없음

출처 : 사업계획서

3. 사업특수항목

가. 지역균형발전[81]

□ 동 사업은 예타 신청 시 입지 적정성 검토 자료를 제출[82]하지 않아 절차적 요건[83]을 위반했으나, 본 적검 과정에서 사후적으로 지방시대위원회의 입지 적정성 관련 검토의견 제시

국가R&D 예비타당성조사 요구사업 입지적정성 검토의견서

검토과제번호		2025-4	검토일	2025. 11. 28.
사업명(과제명)		인간-AI협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업		
총사업비		10,000억원(국비 6,000억원, 민간 4,000억원)		
사업기간		2026년 ~ 2030년(5년)		
주관부처		과학기술정보통신부(정보통신산업정책과)		
지자체·참여기관		정보통신산업진흥원		
검토항목		검토의견		
1. 지역균형발전	가. 지역낙후도 개선	경남, 특히 창원 지역은 낙후도가 나쁘지 않아, 지역낙후도 개선 효과는 크지 않으나, 경남, 창원 제조업 경제활동 여건 개선과 균형발전 지표 중 인구유입 측면에서는 사업 추진 필요성 존재		
	나. 지역(중소)기업 지원	원천기술개발, 글로벌 표준화·확산 등으로 구성된 사업내용과 성과를 비추어 볼 때 단기적으로 지역 중소기업 지원 효과를 기대하기 어렵지만, 향후 제조기업이 많은 지역적 특성을 고려할 때 동 사업을 통해 중·장기적으로 지역중소기업에 지원효과가 창출될 것으로 판단됨. 단 향유기업 효과 산출근거 제시 필요		
	다. 지역일자리 창출	동 사업 성과가 경남 지역 내 제조업 기업에 적용될 경우, 생산성 개선 등으로 기업성장, 일자리 창출효과가 있을 것으로 예상되고, 실증센터 구축 등으로 석박사급 인력 유입효과 또한 존재할 것으로 보임. 단 일자리 창출효과 산출근거에 대한 근거 제시 필요		
2. 사업내용	가. 지역정책과의 정합성	경남 차원의 측면(조례 제정, 전략산업의 디지털 전환 체계적 추진)에서 지역정책과 정합성이 있음. 연구센터 및 실증 연구기관과 시너지 효과를 통해 지역경제 발전에 기여할 것으로 판단됨		
	나. 지역 간 연계 협력 여부	정밀제어가 필요한 피지컬 AI 기술성과를 통해 (울산)자동차, (대구)의료로봇, (전북)바이오, 모빌리티 등에 확산 가능성이 있음. 경남지역이 국내 소부장 제조산업의 핵심지역으로, 향후 사업 성과를 타 지역으로 확산 가능성 존재. 단, 대규모 국비 투입 대비 지방비 투입 확보에 대한 노력이 필요할 것으로 보임		
종합의견		경남지역은 소부장 제조산업의 핵심지역으로 제조업 경제활동 여건 개선, 중장기적 지역 중소기업 지원효과가 있을 것으로 예상되고, 지역 내 일자리 창출과 인구유입 측면에서는 사업 추진 필요성 존재. 지역정책과의 정합성 측면에서 입지적정성이 있다고 판단됨.		

81) 광역자치단체 및 기초자치단체별 지역 낙후도 (예비타당성조사에서는 자동 계산되어 평가에 반영됨)

82) 지방비가 투자되거나, 특정지역을 대상으로 연구시설, 장비구축, 실증사업을 추진하는 경우, 주무 부처는 해당지역 선정을 위한 전문기관 용역결과 또는 공모결과 등 입지선정 관련 객관적인 검토 자료와 지방시대위원회 검토결과를 함께 제출하여야 함 (국가연구개발사업 예비타당성조사 운용지침 제25조)

83) 2025년 제4분기 국가연구개발사업 예타신청사업 입지적정성 검토 결과 회신(지방산업교육국-667, 2025.12.2.)

○ 그 외 해당지역 선정을 위한 전문기관 용역결과 또는 공모결과 등 입지선정 관련 객관적인 검토 자료는 제출되지 않음

○ 본 조사에서 동 사업 입지를 경남으로 지정하게 된 근거를 요청하였으나, 동 사업 예타면제 의결을 한 국무회의(2025.8.22) 자료를 제시(1차 추가제출자료)

- 상기 자료는 완료된 사업 계획에 대해 사후적으로 심의한 자료이므로, 동 사업 입지 선정 근거자료로 보기는 어려움

제 5 장 경제적 타당성 분석

제 1 절 총사업비 구성

1. 총사업비 개요

□ 사업계획서에는 '26년 이후 5년 간 총 10,000억 원의 투자 계획을 제시

○ 물리지능행동모델 융합데이터 수집 활용 체계 구축 기술 개발(1세부사업) 1,703.6억 원, 초정밀제어를 위한 물리지능 행동모델 원천기술개발(2세부사업) 7,707.6억 원, 물리지능 행동모델 글로벌 표준화 및 확산을 통한 글로벌 사업화 추진(3세부사업) 590.8억 원 제시

<표 5-1> 세부사업별 사업비 내역

(단위: 억 원)

세부사업	구분	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년	합계
1. 물리지능행동모델 융합데이터 수집 활용 체계 구축 기술 개발	국고	202.1	250.3	249.9	196.5	123.3	1,022.1
	민자	134.7	166.8	166.6	131.1	82.2	681.5
	합계	336.8	417.1	416.5	327.6	205.5	1,703.6
2. 초정밀제어를 위한 물리지능 행동모델 원천기술개발	국고	551.4	1,077.7	1,087.8	1,001.4	905.1	4,623.4
	민자	367.6	718.4	725.2	667.6	603.5	3,082.2
	합계	919.0	1,796.1	1,813.0	1,669.0	1,508.6	7,705.6
3. 물리지능행동모델 글로벌 표준화 및 확산을 통한 글로벌 사업화 추진	국고	59.3	76.5	76.8	73.1	68.8	354.5
	민자	39.5	51.0	51.2	48.8	45.9	236.3
	합계	98.8	127.5	128.0	121.9	114.7	590.8
합계	국고	812.8	1,404.5	1,414.5	1,271.0	1,097.2	6,000.0
	민자	541.8	936.2	943.0	847.4	731.6	4,000.0
	합계	1,354.6	2,340.7	2,357.5	2,118.4	1,828.8	10,000.0

○ 총사업비 10,000억 원은 국고 6,000억 원, 지방비 0원, 민자 4,000억 원으로 구성(국고:민간=6:4)

- 연구개발비 9,081.6억 원(90.8%), 장비비 918.4억 원(9.2%)

<표 5-2> 연구개발비와 장비비 구분

(단위: 억 원)

구분			총사업비			
			합계	국고	지방비	민자
연구개발 (90.8%)			9,081.6	5,449.0	-	3,632.6
연구시설 및 장비 (9.2%)	시설	-	-	-	-	-
	장비	일반 장비	918.4	551.0	-	367.4
		장비운영비	-	-	-	-
	합 계		918.4	551.0	-	367.4
합 계			10,000 (100%)	6,000 (60.0%)	-	4,000 (40.0%)

<표 5-3> 총사업비 상세내역(세부과제별)

(단위: 억 원)

	세부기술	국고	민자	계
1 세부	**1 물리지능행동모델 현장 융합데이터 수집 체계 구축**			
	1-1. 물리지능행동모델 AI 융합데이터 수집·활용 플랫폼 기술 개발			
	1-1-1. CNC 초정밀 가공/조립 공정 지능형 융합 데이터 수집 및 절삭가공 이상 예측/검지 기술 (CETAI) 개발 및 실증	58.8	39.2	98.0
	1-1-2. EWP조립 융합데이터 수집 및 용접 연계 초정밀복합공정 최적화 및 PdM기술 개발	58.8	39.2	98.0
	1-1-3. 고무압출 사출성형 공정 융합데이터 수집 및 초정밀 압출 사출 공정 개선 및 품질 최적화 기술 개발	58.8	39.2	98.0
	1-1-4. 자동차 부품 경량화 제조를 위한 융합데이터 수집 및 용접&절삭&사출 공정용 능동형 생산체계 구축 기술개발	58.8	39.2	98.0
	1-1-5. 플라스틱 사출 연계공정 융합데이터 수집 및 초정밀 생산예측 기술개발	58.5	39.0	97.5
	1-1-6. 안전벨트 제조공정 품질예측 및 예방보전 융합데이터 수집 및 생산스케줄링 최적화 기술 개발	58.8	39.2	98.0
	1-1-7. 스마트액츄에이터 초정밀 제조 융합데이터 수집 및 표면실장 공정 기반 정밀 제어기술 개발	58.9	39.2	98.1
	1-1-8. Cooler + WCAC 핵심 연결 공정 융합데이터 수집 및 프레스&용접 복합 공정 최적화 기술 개발	58.7	39.2	97.9
	1-1-9. 물리지능행동모델 기반 의료로봇 초정밀 제어를 위한 융합데이터 수집 기술 개발	64.8	43.2	108.0
	1-2. 초정밀 제어 물리지능행동모델 기반 양방향 제어 디지털 트윈 기술 개발 및 FAB센터 구축	215.9	144.0	359.9
	2 물리지능행동모델 융합데이터 제어 기술 개발			
	2-1. 물리지능행동모델 기반 Edge AIoT기술 개발	103.8	69.2	173.0
	2-2. 데이터 연동·공유 스페이스 기술개발			
	2-2-1. 물리지능행동모델을 위한 밸류체인 내 제조벤더사 데이터연동 체계 구축 기술 개발	92.4	61.6	154.0
	2-2-2. 물리지능행동모델 데이터 연동●공유용 데이터스페이스 기술개발	13.3	8.8	22.1
	2-3. 물리지능행동모델 기반 초정밀 제조공정 연계 에너지 최적화 기술 개발	43.8	29.2	73.0
	2-4. 물리지능행동모델 기반 탄소중립 규제 대응을 위한 탄소 관리·추적·인증 플랫폼 기술 개발	18.0	12.0	30.0
2 세부	**3 초정밀제어 물리지능행동모델 원천기술 개발**			
	3-1. 고정밀 멀티모달 데이터 생성·수집·관리를 위한 실가상환경 오차 최소화 및 품질관리 기술 개발	496.9	331.2	828.1
	3-2. 물리지능행동모델을 위한 적응형 물리상호작용 합성 데이터 생성 기술 개발	345.1	230.0	575.1
	3-3. 물리지능행동모델 및 프레임워크 개발	2,090.4	1,393.7	3,484.1
	3-4. 실시간 다차원 데이터 파이프라인 구축을 통한 물리지능행동모델 데이터 통합 운영 플랫폼 기술 개발	168.1	112.1	280.2
	3-5. 물리지능행동모델을 위한 KG Registry & Repository 기술 개발	248.4	165.6	414.0
	4 물리지능행동모델 학습 플랫폼 및 테스트베드 구축			
	4-1. 물리지능행동모델을 위한 Co-Working 테스트베드 기술개발·실증 및 초정밀 제어용 학습 데이터 플랫폼 구축	372.0	248.0	620.0
	4-2. 엣지클라우드와 하이브리드 클라우드 간 데이터 파이프라인 기술 (IT/OT데이터)	127.3	84.8	212.1
	4-3. 물리지능행동모델을 위한 보안 및 기술 체계 구축	38.9	26.0	64.9
	5 의료 특화 물리지능행동모델 원천 핵심 기술 개발			
	5-1-1. 물리지능행동모델 초정밀의료 로봇 개발	576.1	384.0	960.1
	5-2-2. 의료특화 물리지능행동모델 원천 핵심 기술 개발	160.2	106.8	267.0
3 세부	**6 물리지능행동모델 글로벌 협업 생태계 조성 및 확산 지원**			
	6-1. 물리지능행동모델 글로벌 표준화 및 확산 체계 구축	206.9	138.0	344.9
	6-2. 물리지능행동모델 거버넌스 구축 및 사업단 운영	147.6	98.3	245.9

출처: 사업계획서

제 2 절 총사업비 검토[84]

1. 총사업비

가. 연구개발 비용

□ 세부활동(세부기술)별 비목별 비용은 제시되어 있으나, 타당한 산정 근거에 기반한 구체적 비용 계획이 제시되지 않아, 비용 적정성에 대한 검토 및 판단 제한

○ 사업계획서에는 세부활동별 비용 규모 및 연차별 비용, 비목별 비용 등은 제시되어 있으나, 명확한 산출 근거가 확인되지 않아 비용 적정성에 대한 검토가 제한됨

○ 이에 조사진은 세부기술별 비용 규모의 적정성을 입증할 수 있는 근거자료를 요청하였으나, 사업계획서와 유사한 세부기술의 비목별 내역이 답변서로 제출됨

□ 사업목표(PINN, LAM 포함) 및 문제/이슈와의 정합성, 세부활동 간 및 기존 과제 간 중복 영역 존재 여부, 성능목표 수준, 기존 동일 주제(Physical AI) 과제 규모, 산정 근거 등 본 조사의 결과를 해당 세부활동에 개별적으로 적용하여 사업비 조정

○ 사업목표 및 문제/이슈와의 정합성이 부족한 세부과제, 기존 사업과 중복되는 세부과제, 세부사업 간 중복 영역이 상당한 세부과제, 비R&D 성격이 강한 세부과제, 정밀제어/PINN 과정의 정합성이 낮은 과제 등의 사업비 불인정

- EMP 조립(1-1-2), 안전벨트(1-1-6), 의료로봇 융합데이터 수집(1-1-9), 디지털 트윈 기술 개발 및 FAB센터 구축(1-2-1), Edge AIoT기술(2-1-1), 에너지 최적화(2-3-1), 탄소 관리·추적·인증 플랫폼(2-4-1), KG Registry & Repository(3-5-1), 데이터 파이프라인(4-2-1), 보안 및 기술 체계 구축(4-3-1), 초정밀의료 로봇(5-1-1), 의료특화 원천핵심기술(5-2-1)

○ 세부과제 간 기술개발 범위가 유사한 세부과제 사업비 통합

- 제조벤더사 데이터연동 체계 구축(2-2-1), 데이터 연동·공유용 데이터스페이스(2-2-2), 데이터 파이프라인 구축을 통한 물리지능행동모델 데이터 통합 운영 플랫폼(3-4-1) 대상 통합(3-4-1 기준)

○ PoC에[85]서 진행하는 수집 플랫폼을 동 사업에서 제외한다는 설명을 반영하여, 도메인별 데이터 수집 부문의 사업비 상당액(30%) 및 사업기간(1년) 조정

---

84) 동 사업에 대한 현 시점까지의 조사 내용을 반영한 검토(안)으로서, 향후 조사 과정에서 변경될 수 있음

85) 8개 데이터 공급기업 대상 엣지 클라우드, AIoT, 데이터 파이프라인, 품질검증 가상환경 구축(40억 원) + 데이터 수집(240억 원) + 디지털 트윈 실증 2개소(21억 원)

* PoC 과제 기술개발비용 237억 원/동 사업 도메인별 사업비 784억 원, PoC 연구기간 1년
- 1세부사업의 도메인별 데이터 취합 및 모델 개발 관련 과제 8건(1-1-1 ~ 1-1-8)

○ 5년 후 성능목표 수준이 현 해외 및 국내 수준인 세부과제의 과제 규모 및 기간 조정 (기존 기술이 존재함을 전제하여 PoC 사례에 준하여 규모를 조정) (소명 반영)
- CNC 초정밀 가공(1-1-1), 고무압출 사출성형(1-1-3), 자동차 부품 경량화(1-1-4), 플라스틱 사출(1-1-5), 스마트액츄에이터(1-1-7), 물리상호작용 합성데이터 생성(3-2-1), 학습데이터 플랫폼 구축(4-1-1) 등 대상[86]

○ 2세부사업 중 대규모 연구인력을 제시하고 있으나, 해당 규모로 산정된 사유(소속 기관, 인력 수, 역할 등 포함)가 불분명하여 과다 계상이 우려되는 세부과제의 경우, 2세부사업 평균 인건비 규모로 조정(상대적 배분)
- 주관부처가 참여연구원 규모를 설명하기 위해 제시한 사례는 RT-X 계열 VLM 모델[87]로서, 동 사업 PI-LAM 형태와의 비교 대상으로 보기 어려움
- 실-가상환경 오차 최소화(3-1-1, 연 220여 명), 합성데이터 생성(3-2-1, 연 170여 명), 물리지능행동모델 및 프레임워크(3-3-1, 연 520여 명) 등 세부과제 대상

○ '클라우드 컴퓨팅 서비스 활용비' 명목으로 계상된 비용[88]이 동 사업 참여 기업을 지급 대상으로 할 경우 관련 규정에 따라 정부R&D 비용으로 지급 불가[89]하고, 대규모 컴퓨팅 서비스 사용의 경우에는 국가 정책 방향과의 부합성을 검토할 필요가 있음
- CNC 초정밀 가공/조립(1-1-1), EWP조립(1-1-2), 안전벨트 제조공정(1-1-6), Cooler + WCAC(1-1-8.), 프레임워크(3-3-1), 데이터 통합운영 플랫폼(3-4-1) 등 세부과제 대상

※ 타社 현물인 경우, 해당 업체 및 용도에 대한 구체적 설명 필요

※ 타社 서비스 현금 지급인 경우, 해당 업체 및 물리지능행동모델과의 호환성에 대해 근거에 기반한 설명 필요

○ 동 사업의 인건비 산정 기준은 학술연구용역단가(2025)[90] 기준, 적정 수준으로 판단

---

86) 불인정 대상인 대상인 EWP조립 융합데이터(1-1-2), Edge AIoT(2-1-1), 에너지 최적화(2-3-1), KG Registry & Repository(3-5-1), 보안 및 기술 체계 구축(4-3-1), 실시간 다차원 데이터 파이프라인(3-4-1) 등 포함

87) RT-X 계열 모델(Robotics Transformer-X)은 구글 딥마인드(Google DeepMind)와 33개 글로벌 학술 연구 기관이 협력하여 개발한 범용 로봇 제어 파운데이션 모델로 22종 이상의 다양한 로봇과 100만 개 이상의 로봇 궤적(Trajectories), 500개 이상의 기술(Skills)을 통합한 대규모 데이터셋(Open X-Embodiment 데이터셋)을 기반으로 학습

88) 사업계획서에는 '엣지 클라우드 H/W, S/W', '클라우드 컴퓨팅 이용료', 라이센스료 등이 계상되어 있으나, 국내/국외 업체의 현물 대응인지 사업비 구매인지 설명되지 않음

89) 해당 과제에 참여 중인 기업이 직접 생산하거나 보유하고 있는 물품(시약, 재료, 제품 등)은 현금으로 구매할 수 없으며 현물로만 계상하는 것이 원칙(국가연구개발혁신법)

90) 학술연구용역단가(2025, 기획재정부)

○ 동 사업 세부과제의 적정 규모 검토 시, 국가과학기술정보서비스(NTIS) 동일 주제 키워드로 검색된 유사과제 연평균 비용 참고

□ 1세부사업 세부과제별 비목의 기타 검토 사항

○ 1-1-4. 자동차 부품 경량화 제조를 위한 융합데이터 수집 및 용접&절삭&사출 공정용 능동형 생산체계 구축 기술개발

- 네트워크 공사 및 키오스크 구매 등 단순 시설구축비는 관련 규정에 의거 국비 지원 불가
- 동 사업 내용과 관련성이 확인되지 않는 '스마트 모니터링' 비용 불인정

○ 1-2-1. 초정밀제어 물리지능행동모델 기반 양방향 제어 디지털트윈 기술 개발 및 FAB센터 구축

- 추진 타당성이 확보되지 않고, 국제 공동연구로서 구체적인 내용이 부재한 기타 직접비(글로벌 실증 부문) 불인정

○ 2-1-1. 물리지능행동모델을 위한 Edge AIoT기술 개발

- '연구활동비' 상세 내역 및 선정 근거 미제시로 사용 계획이 불분명하므로 해당 비용 불인정

○ 2-2-1. 밸류체인 내 제조벤더사 데이터연동 체계 구축 기술 개발

- 1세부사업 도메인별 세부과제 내용과 중복되는 산업용 AI 데이터 수집 및 전처리의 위탁 연구개발비 계상 불인정

○ 2-4-1. 물리지능행동모델 기반 탄소중립 규제 대응을 위한 탄소 관리·추적·인증 플랫폼

- 동 세부과제와의 관련성이 설명되지 않은 글로벌 실증 관련 비용(국외 출장비) 불인정

□ 2세부사업 세부과제별 비목의 기타 검토 사항

○ 3-3-1 물리지능행동모델 및 프레임워크 개발

- 도메인별 데이터 수집 및 모델 개발, 학습플랫폼 및 테스트베드 등 연관 세부과제가 5년 동안 수행되고, 글로벌 빅테크의 코어 연구인력이 투입되며, 개별 모델 통합으로 LAM을 개발한다는 논리에도 불구하고, 연 520여 명의 연구인력이 산정되었으나, 그 사유(주관기관, 인력의 소속 기관, 수, 역할 등 포함)가 불분명하여 과다 계상이 우려되므로, 2세부사업 평균 인력비 규모를 고려하여 조정

(단위: 원)

등 급	월 임금(50% 참여)	월 임금(50% 참여)	년 임금(100% 참여)
책임연구원	3,705,904	7,411,808	88,941,696
연구원	2,841,638	5,683,276	68,199,312
연구보조원	1,899,539	3,799,078	45,588,936
보조원	1,424,702	2,849,404	34,192,848

- 글로벌 하이퍼스케일러 서비스 AI가속기 사용료 외 추가로 클라우드 컴퓨팅 사용료를 계상하고 있으나, 사업계획서 상 해당 비용이 민자에 포함되는지 불분명하고 비용 항목 간 명확한 차별점이 식별되지 않으므로, 글로벌 하이퍼스케일러 출자 예정 규모(총 2천억 원)를 고려하여 별도 비용항목으로는 불인정하고 클라우드 서비스 사용료 민간 부담에 포함되는 비용(현금 지급 分)으로 판단
- 글로벌 하이퍼스케일러의 참여 가능성이 확인되지 않으므로, 이와 직접적으로 관련된 비용(직접비: 클라우드 서비스 사용료 및 해외 인력 유치비) 불인정

※ 단, 동 세부사업 참여 주체(협력 체계)가 재구성되거나 국가 컴퓨팅 자원 활용 등 계획 변경이 있을 경우, 해당 상황을 반영한 소요 예산 재설계 필요(반드시 공식적인 산정 근거 포함)

○ 3-5-1. 물리지능행동모델을 위한 KG Registry & Repository 기술 개발

- 성능목표에 모델개발을 제시하고 있지 않아 모델 개발용으로 구입하는 GPU 탑재 PC의 구입 타당성이 부족하므로, 해당 내역(30대, 2.4억 원) 불인정

○ 4-1-1. 물리지능행동모델을 위한 Co-Working 테스트베드 기술개발 및 실증 - 초정밀제어용 학습데이터 플랫폼

- 동 세부과제의 물리지능행동모델을 위한 H200 GPU를 320장 구매 건은 3-3-1 세부과제의 클라우드 컴퓨팅 서비스 사용(약 1천 3백억 원)과 중복 용도로 판단되나 구체적인 산정근거 및 차별성이 식별되지 않고, 국가 정책 방향[91]에도 부합할 필요가 있으므로 해당 비용 불인정
- 채굴플랫폼 인프라 클라우드 사용료와 데이터 채굴 전기요금 등과 같은 상기와 목적이 중복될 수 있는 비용 항목이 확인되나, 명확한 사용 목적과 구체적인 산정 근거가 제시되지 않았으므로 해당 비용 불인정
- 매년 반복되는 서버실 공사 및 증설 공사, 전기인프라 확장 공사 등이 국비 지원이 불가한 일반 시설공사비로 판단되므로, 해당 비용 불인정

○ 4-3-1. 물리지능행동모델을 위한 보안 및 기술 체계 구축

- 연구시설 임차비는 일반 시설구축비로서 국비 지원이 불가하므로, 현물 대응으로 설명되지 않을 경우 해당 비용 불인정

---

91) ① '정부는 모든 영역에서 AI를 효율적으로 활용할 수 있도록 연구 수요에 대응하여 고성능 GPU를 지원(민간 클라우드사 협업)하고, GPU 자원의 집적·공동 활용 체계 구축을 추진중이며, 대규모 GPU 구매는 비R&D를 통해 구축하고, R&D는 클라우드 서비스를 통한 자원 제공 및 공동활용 중심의 지원을 강화하고 있음(2026년도 국가연구개발사업 예산 배분·조정(안), 과학기술정보통신부 과학기술혁신본부, 2025.8)

② AI R&D, 공공 · 민간 AX, 모두의 AI 등을 위한 GPU 구매 또는 임대가 포함된 정부 재정사업 추진 시 국가 AI컴퓨팅 센터(SPC) 이용을 우선 검토하도록 권고하고 있음(2026년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침(기획재정부, 25.05), AI 고속도로 구축을 위한 「국가 AI컴퓨팅 센터 추진 방안(안)」(과학기술정보통신부, 25.09) 등)

※ 주관부처는 국내 연구기관에 장비 구축 시 15평 규모의 외부 공간을 별도 임차하여 GPU 서버를 운영하는 계획 제시(1차 추가제출자료)

○ 5-1-1. 물리지능행동모델 초정밀의료 로봇 개발

- 5차년도 연구재료비로 수술보조로봇을 계상하고 있으나, 로봇개발 기업이 동 세부사업 참여 기업으로 제시되어 있으므로, 해당 비용이 참여기업의 현물 투자로 설명되지 않을 경우 해당 비용 불인정

□ 3세부사업 세부과제별 비목의 기타 검토 사항

○ 타당성 미확보 세부활동, 선행 PoC 사업과의 중복 내용 등에 대한 비용 조정

- 표준화 및 확산체계 세부과제(6-1)에서 추진 타당성이 확보되지 않은 표준교육과정, 학생지원(인턴쉽, TA, 장학금 등), 지재권 수익사업 운영 등과 관련 비용 불인정
- 사업단 운영 세부과제(6-2)에서 선행 비R&D과제[92]에 포함되어 있는 물리지능행동모델 거버넌스 구축, 동 사업으로의 추진 타당성이 확보되지 않은 물리지능행동모델 거버넌스 운영 관련 비용 불인정

○ 표준화 및 확산체계(6-1) 과제의 산출 근거 미제시 및 과다 계상 추정되는 비목 조정

- 과제의 주요 성과물인 표준안 4건+실증보고서+기타 교육자료 등을 위해 사업비 344억(인력 100명)을 계상하였으나, 실증보고서는 관련 세부과제의 결과물이고, 교육 관련 사항은 동 사업으로의 추진 타당성이 인정되지 않았으므로, 참여 인력의 과다 계상으로 판단
- 또한 세부과제 내 4개 비목에서 매년 200여 명의 국외출장비 계상한 근거도 불분명하므로, 참여연구원 수(표준화 필수 인력 기준) 기준으로 초과 금액 불인정

○ 사업단 과제(6-2) 과제의 산출 근거 미제시 및 과다 계상 추정되는 비목 조정

- 사업단 운영 과제의 참여연구원 수(12명) 대비 연구 지원용 워크스테이션, 행정용 PC, 기획용 노트북, 매년 300여 명으로 계상되어 있는 국외출장비 등의 과다 계상이 우려되므로, 참여연구원 수 기준으로 초과금액 불인정
- 기존 사업단 시설(센터)의 행정실 및 회의실 구축 비용의 경우 단순 시설구축 건으로 판단되므로, 관련 규정[93]에 따라 국비로 계상 불가하므로, 현물로 확인되지 않을 경우 해당 비용 불인정

---

92) PINN 모델 제조 융합데이터 수집·실증(경남대, 192억)

93) 2026년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침(2025.4, 기획재정부)

○ 동 사업의 효율적·효과적 추진을 위해 표준화 및 확산체계(6-1)는 사업단 과제(6-2)에서 통합 수행하는 것이 타당한 것으로 판단

- 사업단 과제(6-2)에서도 표준화 활동(지원)을 포함하고 있고, 성과확산은 추진체계 상 전문기관 및 사업단의 역할임

○ 적정 사업단 비용 검토 시, 최근 3년간 예비타당성조사 결과 시행 사업 중 사업단을 포함한 사업의 사업단 비용(총사업비를 1조 원으로 환산)참고

나. 장비[94] 구축비용

(1) 장비구축비용 검토

□ 검토 대상

○ 단가 3천만 원 이하 장비를 제외한 총 34종 연구장비(총신청금액 53,801.7백만 원[95])

- 본 조사에서는 체계적인 검토를 위해 ZEUS 장비활용종합포털 등록 대상인 구축 비용 3천만 원 이상[96] 연구장비(단가 3천만 원 이상 50건 중 1억 원 이상 42종)를 대상으로 함

□ 검토 방법 및 내용

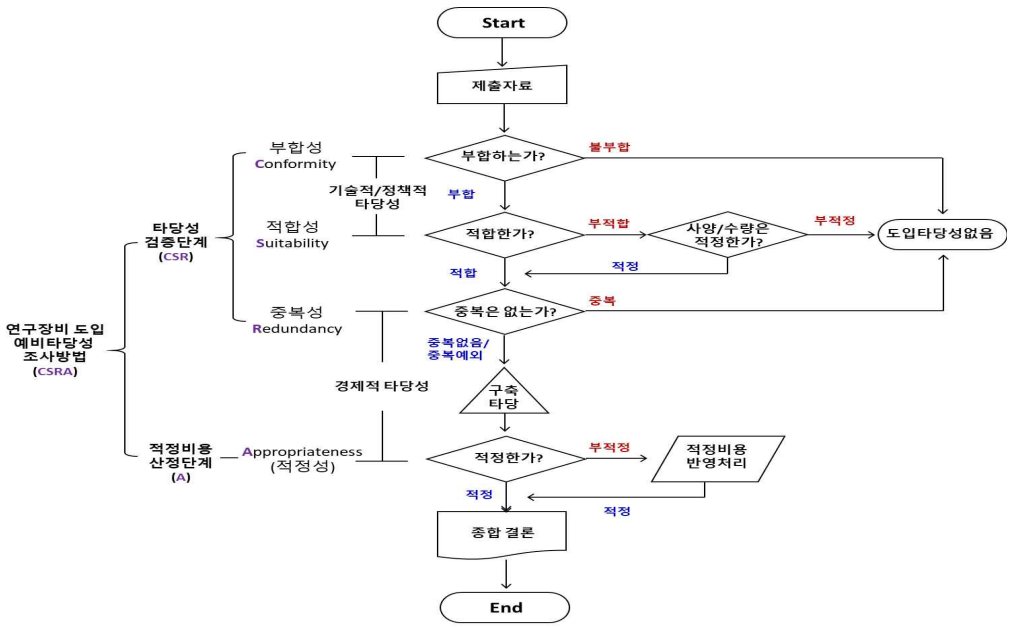
○ 검토 방법

94) 연구장비의 범주 (국가연구시설장비진흥센터)

구분	포함대상	제외대상
연구장비	- 시험, 분석, 계측, 생산, 교육(훈련) 등의 용도로 독립적인 연구개발 기능을 수행하는 장비(전자현미경, 질량분석기, 슈퍼컴퓨터 등) - 환경(진공, 진동, 압력, 냉동, 무균, 청정, 무향, 저온, 고온, 항온, 항습, 조파, 풍속, 주행, 충돌, 충격 등) 조성형 시설	- 장비의 운영과 관련 없는 소프트웨어 (office, Matlab 등) - 실제 연구개발 수행에 직접적 독점적으로 사용되지 않는 기자재 (컴퓨터, 복사기, 사무용 가구, 전선, 케이블, 레일, 전산용품 등)

95) 동 사업은 별도의 장비구축 사업 없이 개별 세부과제에서 필요 장비를 구입하는 형태로, 사업계획서에 첨부된 장비구축 계획서(538.017억 원, 2세부사업의 단가 3천만 원 이상 대상, 2025.9.24. 제출)를 대상으로 검토함
※ 사업계획서(918.4억 원), 2세부사업 장비비 자료(총 720.6억 원, 2025.9.26. 제출)와 수치가 상이하여, 설명자료 요청(2026.1.15)

96) ○ 구축비용이 100만 원 이상 되는 연구시설·장비는 기관별 자산관리 대상
○ 구축비용이 3천만 원 이상 되는 연구시설·장비는 'ZEUS 장비활용종합포털(zeus.go.kr)' DB등록 대상
○ 구축비용이 1억 원 이상 되는 연구시설·장비는 정부R&D예산 편성 및 집행 시 중점 구축 심의 대상
○ 구축비용이 500억 원 이상 되는 연구시설·장비는 국가대형연구시설구축지도(NFRM, National Large Research Facilities Roadmap) 수립 대상



[그림 5-1] 연구장비 검토 흐름도

출처 : 동 사업 연구장비 구축비용 분석 보고서(국가연구시설장비진흥센터)

○ 동 사업 장비구축비 계상 구조 검토

- 동 사업은 별도의 장비구축 과제없이, 관련 세부과제별로 장비구축 비용을 분산 계상하고, 세부과제별 순수 R&D를 위한 장비 구입이라는 사유로 국비 비중을 50%[97]가 아닌 60%로 설정하였다고 설명
- 주관부처는 이에 대해 동 사업이 순수R&D이므로 국가연구개발혁신법에 따라 75%까지 국비 지원이 가능하고, 본 사업에서 필요한 장비들은 실증장비가 아닌 주로 연구개발에 필요한 장비이며, 예비타당성조사의 사업 분류[98] 상 기반구축형 연구개발사업이 아님을 설명(1차 추가제출자료)
- 그러나 동 사업은 개발 모델의 실증을 성과목표에 포함하고 있고, 실증체계 조성을 주요 사업내용으로 제시하고 있으며, 관련 세부과제에 포함된 대다수 실증 장비 및 데이터 관리 장비들이 동 사업의 LAM 개발을 위해 경남도내 대학에 집중 설치(예정)되는 형태이고, 다수의 장비의 도입 필요성 및 용도에 '실증'을 제시(장비구축계획서)하고 있으므로 주관부처의 설명은 설득력이 부족한 것으로 판단됨

※ 기재부 지침이 예비타당성조사의 사업 분류를 준용한다는 내용은 확인되지 않음

97) 2025년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침(2024. 기획재정부)

98) 도전혁신형 사업, 성장형 사업, 기반조성형 사업(예비타당성조사 운용지침)

□ 검토 결과

○ 주요 검토 내용

- 세부 4-107(LAM AI 테스트 및 실증용 대용량 파일 스토리지): 장비구축계획서에 명시된 사양(F600 10식) 대비 구축비용 2백만 원은 과다하게 책정되어 있으며, 제출된 견적서의 세부내역 불일치로 신뢰성이 부족하여 계획서상 명시된 사양을 기준으로 적정금액을 1백만 원으로 조정
- 세부 4-108(세부 4-108 LAM AI 추론용 고성능 GPU 시스템): 2029년 동일한 사양의 장비 6식에 대한 추가 증설계획(세부 4-111)이 수립되어 있는바, 초기 단계(2008년)에 15식을 일괄 도입하는 것은 과도한 선투자로 판단. 2029년 증설 계획과 연계하여 2028년 도입 수량을 6식으로 조정하고 적정금액을 산정
- 세부 4-109(세부 4-109 LAM 서비스 실증 시스템): 장비구축계획서 2페이지의 주요 사양에 명시된 시스템 구성 4식을 초과하여 15식을 신청한 것은 과다한 것으로 판단. 적정수량을 4식으로 조정하여 적정금액을 2백만 원으로 산정
- 세부 4-110(LAM AI 테스트 및 실증용 대용량 파일 스토리지): 2027년 도입 예정인 '세부 4-107' 장비와 품명, 사양, 활용목적이 동일한 단순 증설 장비로 판단. 장비구축계획서 상에 1차년도 구축 장비(세부 4-107)의 용량 포화 시점이나 2028년도의 구체적인 데이터 증가량 예측 등 추가 도입을 정당화할 객관적인 근거가 제시되지 않음. 사업 내 중복 투자가 우려되므로 도입이 타당하지 않음
- 세부 4-112(LAM 서비스 실증 시스템): 장비구축계획서 2페이지의 주요 사양에 명시된 시스템 구성 4식을 초과하여 16식을 신청한 것은 과다한 것으로 판단. 선행 장비(세부 4-109)의 핵심 구성 단위와 연계하여 필수 증설 물량인 4식만을 인정하고 적정금액을 2백만 원으로 산정
- 세부 4-301(보안 특화 AI 모델 개발을 위한 연산 시스템(GPU)): 신청 단가 6백만 원은 기구축된 동일 모델(H200)의 최근 거래 실적 대비 다소 과다하게 책정된 것으로 판단. ZEUS 구축사례를 근거로 단가를 4천 5백만 원으로 현실화하여, 적정금액을 1백만 원으로 조정
- 세부 5-101(CDW 데이터 수집 운영서버): 병원당 10대(총 30대) 도입에 대한 구체적인 연산량 추정 근거가 부족하여 과도한 것으로 판단. CDW 핵심 기능(수집, 저장, 처리, 서비스) 수행을 위한 최소 단위인 병원당 4대(총 12대)로 수량을 조정하고, 이에 따라 적정금액을 5백만 원으로 산정
- 세부 5-104(CDW 데이터 수집 운영 소프트웨어): 신청 금액 9백만 원은 과다하게 산정되어, 제조사(삼성SDS)의 권장 기본 사양(36 Core) 및 공식 단가를 기준으로 재산정한

결과 총 1백만 원이 적정금액으로 판단. Brightics AI는 CDW 데이터 분석 도구에 활용이 가능하다고는 하나, 정형데이터를 다루는 소프트웨어로 알려져 있고 현재까지 실제 병원 시스템에 구축·납품된 사례가 전무

- 세부 5-107(CCTV 스토리지 서버): NVMe 기반 초고성능 사양이 실제 CCTV 저장에 필수인지 불명확. 수술실 CCTV는 연속적인 sequential writing 위주의 저장 방식이 요구될 것인데, 이때 고품질 NVMe IOPS가 과도할 수 있음. 필요 용량 산식, IOPS 요구량, 대역폭 산정, 4K 75채널의 실제 계산 근거가 제시되지 않음
- 세부 5-108(PINN 모델 데이터수집용 수술실영상저장전용 네트워크 방화벽): 제시된 사양(200Gbps FW, 50Gbps IPS, 40M 세션)은 수술실 CCTV 영상 전송이라는 목적대비 과도한 성능으로 보이며, 장비 가격(82.5백만 원 × 6대 = 4백만 원) 또한 동급 네트워크 보안 장비 대비 높게 책정되었을 가능성이 있음. NTIS 기구축 방화벽(TG10000P 5천 5백만 원)이 존재함에도, "기간계 시스템용"이라는 사유만으로 공동활용 가능성을 충분히 검토하지 않은 점도 개선 필요. 도입 필요성은 있으나, 사양·수량·비용의 재검토가 요구됨
- 세부 5-111(데이터수집용 수술실영상저장 전용 CCTV 백본스위치): 연구용 영상 백본 목적에는 사양 및 수량이 과도할 가능성. 비용 역시 대당 74 백만 원 × 총 6대로 488.4백만 원이며, 대안 장비 비교, TCO 분석·확장 필요성 근거가 부족하여 비용 적정성 재검토 필요
- 세부 5-113(통합운영관리 데이터 전송 S/W): IBM Aspera 단일 솔루션을 확정하기까지의 비교·타당성 분석이 부족. 장비구축에 관한 "최적의 솔루션인지" 판단하기 어려움. 전송 엔진의 성능·비용··수량 산정의 핵심지표가 공백 상태

<표 5-4> 장비 검토 결과(안)

(단위: 점, 백만 원)

연번	장비번호	장비명	수량적정성		비용 적정성		검토(안)	
			신청	조정	신청	조정	신청	조정
1	세부 3-101	가상환경 주요 자원 자동 생성을 위한 생성형 AI 모델 개발용 그래픽 카드	10	10	60	60	600	600
2	세부 3-102	멀티모달 데이터 증강 학습 개발용 워크스테이션	3	3	300	300	900	900
3	세부 3-103	멀티모달 데이터 후처리 및 고밀도 학습 지원 기술 개발용 그래픽 카드	10	10	60	60	600	600
4	세부 4-101	LAM AI 학습용 고성능 GPU 시스템	5	5	620	620	3,100	3,100
5	세부 4-102	LAM 서비스 실증 시스템	5	5	70	70	350	350
6	세부 4-103	대규모 AI용 고성능 네트워킹	1	1	500	500	500	500
7	세부 4-104	LAM AI 추론용 고성능 GPU 시스템	14	14	620	620	8,680	8,680
8	세부 4-105	LAM 서비스 실증 시스템	14	14	70	70	980	980

연번	장비번호	장비명	수량적정성		비용 적정성		검토(안)	
			신청	조정	신청	조정	신청	조정
9	세부 4-106	대규모 AI용 고성능 네트워킹	1	1	500	500	500	500
10	세부 4-107	LAM AI 테스트 및 실증용 대용량파일스토리지	1	1	2,000	1,400	2,000	1,400
11	세부 4-108	LAM AI 추론용 고성능 GPU 시스템	15	6	620	620	9,300	3,720
12	세부 4-109	LAM 서비스 실증 시스템	15	4	70	70	1,050	280
13	세부 4-110	LAM AI 테스트 및 실증용 대용량파일스토리지	1	1	2,000	0	2,000	0
14	세부 4-111	LAM AI 추론용 고성능 GPU 시스템	6	6	620	620	3,720	3,720
15	세부 4-112	LAM 서비스 실증 시스템	16	4	70	70	1,120	280
16	세부 4-301	보안 특화 AI 모델 개발을 위한 연산 시스템(GPU)	4	4	60	45	240	180
17	세부 4-302	연산 시스템(GPU) 운영을 위한 4Way 워크스테이션	1	1	50	50	50	50
18	세부 4-303	학습 데이터 저장용 대용량 스토리지	1	1	40	40	40	40
19	세부 5-101	CDW 데이터 수집 운영서버	30	12	48.4	48.3	1,452	580
20	세부 5-102	CDW 데이터 수집 운영 시스템	6	6	105.6	105.6	633.6	633.6
21	세부 5-103	CDW 데이터 수집 SAN 스위치 시스템	6	6	35.2	35.2	211.2	211.2
22	세부 5-104	CDW 데이터 수집 운영 소프트웨어	3	3	3,212	342	9,636	1,026
23	세부 5-106	PINN모델 데이터수집용 수술실 영상저장 인프라구축:CCTV영상저장서버	6	6	33	33	198	198
24	세부 5-107	CCTV 스토리지	6	6	105.6	75	633.6	450
25	세부 5-108	PINN 모델 데이터수집용 수술실 영상저장전용 네트워크 방화벽	6	6	82.5	35	495	210
26	세부 5-110	데이터수집용 수술실영상저장전용 CCTV 집선스위치	3	3	35.2	35.2	105.6	105.6
27	세부 5-111	데이터수집용 수술실영상저장 전용 CCTV 백본스위치	6	3	81.4	60	488.4	180
28	세부 5-113	통합운영관리 데이터 전송 S/W	3	3	63.8	판단불가	191.4	판단불가
29	세부 5-115	CDW 데이터 수집 통합운영관리 저장시스템	2	2	374	200	748	400
30	세부5-201	시뮬레이션 학습 서버	1	1	1,023	1,023	1,023	1,023
31	세부5-202	협동로봇	1	1	325.9	325.9	325.9	325.9
32	세부5-203	대용량 빅데이터 서버	1	1	930	930	930	930
33	세부5-204	PINN 물리학습을 위한 고성능 GPU 서버 시스템	1	1	600	600	600	600
34	세부5-205	의료용 금속 3D 프린터	1	1	400	400	400	400
총 계			205	152	15,785.6	9,963.2	53,801.7	33,153.3

○ 국가연구시설장비진흥센터(NFEC) 검토 결과

<표 5-5> 장비(3천만 원 이상) 품목 검토 결과

총 신청 장비	분류	결과
34종	단가 10억 원 이상 4종	도입타당 3종
	단가 1억 원 이상 10억 원 미만 14종	도입타당 14종
	단가 3천만 원 이상 1억 원 미만 16종	도입타당 16종

<표 5-6> 종합 수량 조정 결과(분석대상 장비)

신청 장비 수량(점)	조정 후 장비 수량(점)	비고
205	151	원안대비 26.34% 조정

<표 5-7> 종합 비용 조정 결과(분석 대상 장비)

신청 장비 비용(백만 원)	조정 후 장비 비용(백만 원)	비고
53,801.7	33,513.3	원안대비 37.7% 조정

○ 본 조사 과정에서 기 제출된 장비구축계획서에 누락된 장비비가 식별되었고, 수정된 장비구축계획서[99]를 접수[100]

- 본 사업계획 적정성 검토에서의 검토 대상 장비와 주관부처가 장비계획서 상의 일부 장비의 누락 사유로 제시한 국가연구개발 시설장비의 관리 등에 관한 표준지침은 관련이 없음
- 연구시설 구성요소 중 토지, 건물 및 부대시설로 제시한 비용(23.9억 원)은 국고 지원 대상으로 보기 어려움

99) 기획보고서 상 장비비 전체 내역 수정본

(단위: 백만 원)

구분	계	국 고	민 자
계	91,835	55,101	36,734
1세부	17,984	10,790.4	7,193.6
2세부	72,057	43,234.2	28,822.8
3세부	1,794	1,076.4	717.6

* 장비비 질의 답변(2026.1.14) 및 수정 장비구축계획서(2026.1.22.)

100) 본 조사 일정 및 수정 장비구축계획서 제출 일정을 고려, 기존 연구장비 검토 절차의 재진행이 제한되므로 기존 장비구축계획서를 대상으로 한 NFEC의 장비비 조정 비율을 누락 장비비에 적용함

- 본 조사 일정 상 별도 검토 절차를 진행이 제한되고 해당 비용도 상대적으로 작은 규모이므로, NFEC 검토 결과로 조정된 금액 비중을 누락 장비비에 일괄 적용하고, 각 세부사업 장비비 규모에 비례하여 차감 반영함

※ 기 제출 장비구축계획서에 누락된 380억 원 중 단가 3천만원 이하로 제시한 247.9억 원, 국고 지원 대상으로 보기 어려운 23.9억 원을 제외한 106.9억 원을 대상

<표 5-8> 본 조사의 종합 비용 조정 결과(분석 대상 장비)

(단위: 백만 원)

구분	신청 장비 비용	NFEC 조정 후 장비 비용	비고
기존 (2세부사업)	53,801.7	33,513.3	원안대비 37.7% 조정
추가 (모든 세부사업)	10,690.0	6,660.0	상기 비중 적용
계	64,491.70	40,173.30	

<표 5-9> 본 조사의 종합 비용 조정 결과(분석 대상 장비)

(단위: 백만 원)

구분	수정 후 신청 장비 비용	조정 비용	검토 결과
계	91,835	24318.4	67,517
1세부	17,984	1905.6	16,078
2세부	72,057	202,884+19,343	49,834
3세부	1,794	190.1	1,604

(2) 장비운영비 검토[101]

□ 사업계획서에는 장비운영비가 계상되지 않음

○ 주관부처는 국내 연구기관에 설치 예정인 장비에 대해서만 기관 운영비로 장비 유지보수에 소요되는 비용을 지출한다는 계획 제시(1차 추가제출자료)

□ 별도의 장비운영비 산정 기준이 없을 경우, 아래의 산식 및 유지보수요율[102]을 적용하여 장비운영비 추정 가능

○ 산출된 장비운영비는 소관 세부과제별 장비비 금액 비율로 배분한 뒤, 해당 세부과제 비용 계획을 재산정할 수 있음

101) 국가연구개발 시설·장비의 관리 등에 관한 표준지침('20.5.) 상 국가연구개발 시설·장비 운영유지비 범위

$$장비운영유지비 = 장비취득가액 \times 유지보수요율 \times 요율계수(2.5) \times \frac{예상활용시간}{2000시간}$$

[그림 5-2] 장비운영유지비 추정 산식

다. 시설비

□ 사업계획서에는 시설구축비 포함 관련 비용을 별도로 계상하지 않음

○ 단, 장비 설치를 위한 시설·설비 구축 비용을 관련 세부과제의 직접비로 계상한 세부과제가 확인되나, 이는 관련 규정[103]에 따라 장비비에 해당

○ 동 사업 수행 중 부지매입, 건축조성, 리모델링, 설계/감리 등 기반구축을 위한 건축비가 소요될 경우, 관련 규정에 따라 국비 지원 불가함

대분류	중분류	소분류
운영비	인건비	전담운영인력 인건비: 전담운영인력의 급여, 수당, 상여금, 퇴직금, 능률성과급 뿐만 아니라, 사회보험료의 기관부담액, 복리시설부담액, 후생비 등을 포함한 총 인건비
		전담지원인력 인건비: 운영관련 지원부서 인력의 급여, 수당, 상여금, 퇴직금, 능률성과급 뿐만 아니라, 사회보험료의 기관부담액, 복리시설부담액, 후생비 등을 포함한 총 인건비
	운용비	유류비: 시설 및 장비 운영시 직접 사용되는 연료비, 전기비, 가스비 등의 구입비용
		시약재료비: 시설 및 장비 운영시 직접 사용되는 시약, 재료의 구입비용
	관리비	교육훈련비: 전담운영인력 및 전담지원인력의 보충 교육 및 훈련
		공공요금 등: 상수도요금, 하수도요금, 폐기물 처리비용, 보험 등 시설 및 장비운영에 간접적으로 소요되는 비용
유지 보수비	유지비	수선유지비: 운영시설장비의 고장수리, 정비 등에 소요되는 비용
		연구시설장비유지비: 운영연구시설장비를 이상 없이 유지시키기 위한 점검 등에 소요되는 비용
	교체비	부품교체비: 수명을 초과하거나 본래의 기능을 상실한 장비부품의 교체비용
		시설교체비: 수명을 초과하거나 본래의 기능을 상실한 시설물의 교체비용

102) 한국과학기술기획평가원, 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침」, 2020.1.
국가연구시설장비진흥센터, 「연구장비 유지보수비 산정기준」, Manual No.16, 2014.2.

103) 2026년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부 지침(기획재정부, 2025.5.)

제 6 장 종합분석 및 결론

제 1 절 사업계획 원안에 대한 조사결과

□ 국가 차원의 적극적인 AI 역량 강화 정책 측면에서 동 사업의 추진 필요성은 인정될 수 있으나, 정부 R&D지원 당위성을 충분히 확보하였다고 보기 어려운 부분이 식별됨

○ 사업계획서에 제시된 문제/이슈 및 기존 피지컬 AI 연구의 한계가 정부투자 부족으로 발생하였고, PINN 연구로 예타 규모 이상의 정부투자가 이를 해소할 수 있다는 논거(사례 분석 포함)가 함께 제시되었어야 함

- 문제/이슈 해결 및 사업목표 달성을 위해 동 사업이 반드시 지역사업으로 추진되어야 하는 사유, 지역사업 형태가 상대적으로 효과적임을 입증할 수 있는 설명 등이 충분하지 않음

※ 주관부처는 경남 제조 현장의 AX 수요, 장치산업 중심의 제조현장이 다수 위치 등을 설명하였으나, 제조업 분포가 압도적인 수도권 대상 사업 형태와 비교 시 어떠한 차별성을 갖게 되는지 파악이 어려움

○ 글로벌 플랫폼 의존에서 벗어나 Sovereign AI 기반을 강화(AI 내재화)한다는 정부투자 필요성 주장에 반해, 수월한 연구개발을 위해 글로벌 빅테크의 플랫폼을 활용/의존한다는 설명은 정부R&D 투자 당위성을 인정받기 어려움

※ 국가 AI 파운데이션 모델 프로젝트에서도 '기술적 자립'을 강조

○ 글로벌 실증, 인력양성, 물리지능행동모델 거버넌스 운영 등으로 해소하고자 하는 문제/이슈가 구체적이지 못하고, 정부 R&D지원의 당위성에 대해서도 논거에 기반하여 설명되지 못함

□ 동 사업으로 해소하고자 제시된 문제/이슈의 정의, 도출 근거 및 근본적인 발생 원인 등이 명확하지 않고, 동 사업으로 대응이 어려운 부분이 존재

○ 제조데이터 제한으로 인한 기존 AI 모델의 한계를 문제/이슈로 제시하였으나, PINN에 필수인 고품질 융합제조데이터가 필요하다는 유사 이슈(다층적 제약 中)가 다시 제기됨

- 현장 데이터를 아무리 확보하더라도 일반화가 어려워 PINN이 있어야 한다는 답변은 경남지역 제조공장 데이터의 우수성 주장 및 PINN 도입 목적과 상충되는 부분이 존재

○ 다층적 제약 문제의 원인으로 제시한 산업 생태계 취약 부문*에 대한 전략이 불분명하여, 동 사업으로 해소하기 어려울 것으로 판단됨

* 중소기업 설비 노후 및 인력 부족, 실제 운영에서의 파급효과 제한적, 해외 플랫폼 종속 등

□ 동 사업이 타당한 구조적 형태를 갖추고 추진되기 위해서는 세부활동 구성 절차 및 결과의 합리성, 참여주체(사업단, 주관기관, 참여기관 등) 선정의 절차 및 근거에 대한 당위성 등이 명확하게 확보되어야 함

○ 수요조사 대상이 동 사업 기획위원회 및 참여 기관으로 한정되어 있고, 최종 세부과제 선정을 위한 평가도 기획위원회에서 불분명한 방식(채점표 오류 등)으로 수행되는 폐쇄적 구조를 보임

- 동 사업 상기의 수요조사 방식으로 도출된 세부활동이 우리나라 정밀제어 부문의 AI 수요를 대표한다고 보기 어렵고, 동 사업 세부활동 구성의 절차적 타당성도 인정받기 어려움

○ 정밀 제어 특화 PI-LAM 모델 수요, 동 사업 구축 장비 선정을 위한 수요, 인력양성 수요 등에 대한 현장 조사가 부재함

○ 사업단과 세부사업별 주요 주관기관 및 참여기업(기관)을 사전 선정한 형태로 추진체계를 구성하고 있으나, 사전 공모 또는 지정에 대한 타당한 사유 및 관련 법·제도적 규정, 구체적 선정 절차 및 평가 내용 등 당위성 확보를 위한 근거가 부재

- 추가제출자료에서 사업주체 선정 형식을 공모형태로 변경한다는 주관부처의 답변은 현 사업계획서 내용으로 볼 때 단순 형식만 변경될 우려가 상당하므로, 실질적인 전국 공모로서 의미를 갖도록 동 사업 기획 내용이 근본적으로 보완되어야 함

※ 기획위원회 및 참여(예정) 기관 등 직접적인 이해관계자가 동 사업 세부활동을 구성한 상황

□ PI-LAM 개발의 당위성 확보를 위해서는 글로벌 빅테크 의존성을 극복하는 LAM 자체에 대한 개발 가능성과 국내 초정밀 제어 LAM 수요에 기반한 필요성 및 시급성 등이 명확하고 객관적인 근거로 입증되어야 하고, 국내 제조현장을 대상으로 한 실증 계획 및 모델 완성을 위한 운영 계획이 구체적으로 마련되어야 하며, 개발·운영 과정에서의 법·제도적 위험성 및 불확실성이 해소되어야 함

○ 글로벌 빅테크에 의존(핵심연구인력, 컴퓨팅 등)하는 공동연구 형태는 정부R&D로의 추진 타당성을 인정받기 어렵고, 세계수준의 AI 역량을 확보(Sovereign AI)한다는 정부 정책방향과도 부합하지 않으며, 국내 제조 산업(데이터) 보호 측면에서 위험성을 배제하기 어려움

- 범용 PI-LAM 개발을 위한 기술력이 부족하고 LAM 자체가 완성될 수는 없는 설명에도 불구하고, 글로벌 빅테크에 의존해서도라도 5년 내 소스코드부터 개발해야 한다는 상위

계획 내용 및 시급성 요인은 확인되지 않음

- 동 사업에서 강조하는 글로벌 빅테크 의존성 탈피, 경남 지역 제조 공장의 데이터 우수성, 국내기술로 개발한 40개의 PINN 모형들 사이의 연합 학습을 통한 범용 LAM 개발 논리 등과 상충됨
- 국내 클라우드사 또는 국가 컴퓨팅 자원 활용을 공식적으로 검토한 절차는 확인되지 않고, 국내 업체를 고려하지 않은 사유의 설득력이 부족함*

  * 국내는 국산 LLM 개발에 집중하고 있고 PI-LAM 개발은 초기 단계이며 국내 업체와의 협업에는 추가 개발이 필요하다는 설명이나, 동 사업은 글로벌 AI 플랫폼 사업자 등과 협의한 내역이 있으며 PI-LAM 개발 초기단계는 국내에만 한정되었다고 보기 어렵고, 글로벌 하이퍼스케일러의 '초정밀 제어 부문 LAM 개발' 성과는 확인되지 않음

- 국내 제조 현장(데이터)을 대상으로 하는 해외 공동연구를 계획하고 있으나, 데이터 수집, 활용, 제공 등 관련 법·제도적 요인*에 대한 전문 검토가 미흡

  * 해외 공동연구와 국내외 정보보호/보안 및 산업보호 관련 법, 정보 제공 형태/방식에 따른 법 적용, 정보 제공주체와의 책임·권한 관계 등

- 추후 Sovereign AI를 위해 동 사업 협력체계가 국내주체로 재구성될 경우, '독자모델*'로서의 LAM 개발 전략을 명확하게 제시하여야 함

  * 해외 모델 미세조정 등으로 만든 파생형이 아니라 모델 설계부터 사전학습까지 수행한 국산 모델로 타사 모델에 대한 라이선싱 이슈가 없는 것을 의미(국가 독자 파운데이션 모델 프로젝트)

○ 1세부사업은 현장 실증 기반의 데이터 수집-활용 일체형 체계를 통해 산업 적용 가능한 수준(TRL 6~7)까지 기술성숙도를 확보한다고 설명하였으나, 실제 다수 세부과제 목표 수준이 TRL4로 설정되어 있어 해당 기술의 제조현장 실증 가능성, LAM으로의 통합 가능성 등에 불확실성이 존재

○ 경남 지역 제조 공장을 기반으로 구현된 PI-LAM이 어떤 방식으로 국내 제조 현장 대상의 실증을 수행하는지 불분명하고, 한국형 모델로 완성되기 위한 LAM(소스코드)의 운영 계획이 구체적으로 제시되지 않음

○ 해외 공동연구 주체로 제시한 글로벌 하이퍼스케일러와 외국 연구소의 공식적 참여 여부와 조건, 동 사업 실증참여 기업들의 모든 데이터셋 제공 및 활용 동의 여부 등이 문건으로 확인되지 않아, 관련 불확실성이 높은 상황임

- 국익 차원의 중요성으로 글로벌 하이퍼스케일러와 협상이 진행 중이라는 설명이므로, 주관부처의 주도적인 역할이 필요하다고 판단되나 관련 내용은 확인되지 않음

※ 상기 사유로 민간부담 조달 가능성(글로벌 빅테크)에 대한 불확실성도 매우 높아짐

□ 사업목표인 초정밀 제어, 특화, 자율 지능화, 인간-AI 협업 등의 정의가 명확하지 않고 정량적 목표치 설정 근거도 불분명하여, 문제/이슈 해소 및 사업목표 달성 수준

을 객관적으로 파악하기 어려움

○ 주관부처가 초정밀 제어와 자율지능화 관련 지표로 제시한 정밀도, 속도, 자동화율 등은 공장 최적화/자동화 목적의 고가 정밀 장비 구매로도 달성 가능한 부분이므로, Physical AI 및 PINN/LAM의 고유성과로 보기 어려움

※ 실제 도메인별 데이터 수집 세부과제에는 상당 규모의 자동화 관련 설비·장치를 구축

○ 주관부처의 특화에 대한 설명(범용이 아닌 특정 공정 목표에 최적화 지향)은 범용 파운데이션 모델(foundation model) 확보로 개별 공정마다 AI 모델을 개발하는 비효율성을 개선한다는 세부활동 목표와 상충

○ 동 사업의 초정밀 제어와 인간-AI 협업이 기존 숙련 기술자의 노하우를 AI가 학습하여 의존을 탈피하는 것이라면, 먼저 PINN으로 현장 숙련 기술자의 노하우를 미분방정식으로 내재화할 수 있음이 논리적 근거에 기반하여 설명되어야 함

- 숙련 기술자의 노하우를 공정변수 형태로 수집하여 동 사업 PINN-LAM 모델이 학습한다면 더 이상 숙련 기술자가 필요없는, 즉 인간-AI 협업이 필요없는 상황이 도래할 수도 있음

□ 사업목표 및 PINN/정밀제어와 부합성이 낮은 세부활동, 기존 과제(또는 민간) 및 타 세부활동과 유사한 내용이 확인되는 세부활동, 정부R&D 투자 당위성을 확보하지 못하거나 비R&D 성격(설비 운영 등)이 강한 세부활동 등이 식별됨

○ 동 사업 결과물은 물리지능행동모델의 원천기술(소스코드 형태) 확보까지로, 사업목표인 PI-LAM 모델 실현을 통한 제조산업 자율지능화 달성에는 동 사업 종료 후 추가 단계를 거쳐야 하므로 PI-LAM 모델 완성에는 불확실성이 존재

※ 오픈된 소스코드를 어떻게 국내외 현장에 활용 및 확산시켜 학습을 수행하는지에 대한 구체적인 운영 계획이 확인되지 않고, 주관부처가 설명한 'Federated Learning'은 추상적인 내용이며 동 사업 범위에도 포함되지 않음

- 원천기술로 설명되는 소스코드가 모델의 아키텍처까지 포괄하는 형태(추론)인지 설명되어야 하며, 해당 소스코드로 물리지능행동모델 운영 및 확산을 통한 기술이전 수입 달성이 가능한지, 국내외 제조 현장 실증이 가능한지 등에 대한 근거 기반 설명 필요

○ PINN 적용 논리가 충분히 설명되지 않거나 정밀제어로 보기 어려운 성능지표가 제시된 세부과제*, 초정밀 제어와 부합하지 않는 성능지표를 제시한 세부과제**, 보급/지원/운영 사업 비중이 매우 높거나 기술개발 요소가 두드러지지 않아 비 R&D 성격이 강한 세부과제***가 식별됨

* 1-1-2, 1-1-4, 1-1-5, 1-1-6, 1-1-9, 2-2-2, 2-3-1, 2-4-1, 3-5-1, 4-3-1 등

** 행동 분류 정확도 88%(1-1-2), 과업 성공률 85%(3-3-1), 최소 응동시간 1초(2-2-2), 제어 성공률 95%(1-1-1), 추론속도 500ms(3-5-1), 예측 레이턴시 100ms(1-1-5) 등

*** 1-1-2, 1-1-3, 2-2-1, 2-2-2, 2-4-1, 4-3-1, 6-1-1 등

○ 성능목표가 현 해외 최고수준 대비 낮은 기술개발과제*가 다수 존재하여, 연구개발 목표의 도전성을 인정하기 어렵고 동 사업 전략목표 및 AI 역량 세계 3위 수준 달성이라는 국가 AI 정책 방향과도 부합하지 않음

* 1-1-1, 1-1-2, 1-1-3, 1-1-4, 1-1-7, 1-1-8, 2-1-1, 2-3-1, 3-2-1, 3-4-1, 3-5-1, 4-1-1, 4-3-1

○ 공정 품질 예측 및 예방보전, 생산 스케줄링 최적화, 디지털트윈 기반 공정 시뮬레이션, 데이터 연동 및 공유 체계 구축, 에너지 최적화, 탄소 관리 플랫폼, 수술보조로봇 등은 기존 정부R&D 주제로 수행되었거나 민간 기술이 존재하는 부문이나, 차별성이 불분명한 세부과제 존재

○ 데이터 수집 대상 도메인/공장별로 구조화한 1세부사업의 세부과제는 데이터 수집부터 파이프라인 구축, 배포, 디지털 트윈 등에 이르기까지 전주기를 포괄하는 데이터 아키텍쳐 설계 및 자동화 플랫폼 구축을 포함하고 있어, 세부과제 간* 중복 연구 영역 존재

* 도메인별 데이터 수집과제 및 2-2-1, 2-2-2, 3-4-1, 3-5-1, 4-1-1, 4-2-1 등

□ PI-LAM 개발 과정에서의 비효율성 및 불확실성 요인이 존재하고, 글로벌 빅테크에 의존하는 공동연구 및 필수성이 설명되지 않은 글로벌 실증, R&D활동과 부합도가 낮은 인력양성 및 거버넌스 운영 등의 세부활동은 추진 당위성 부족

○ 동 사업은 제조 현장의 제한적인 데이터에 기반하는 AI 모델의 한계를 극복하고자 물리모델 방법론을 도입하였으나, 여전히 데이터 수집 관련 과제를 상당부분 포함하면서 PINN 모델 개발까지 수행하는 구조를 보임

- 주관부처는 범용 모델에 적용하기 위해 9개사 대상으로 모든 공정과 설비, 활동을 대상으로 40개 모델을 위한 데이터를 취합한다고 설명한 반면, 데이터 확보만으로 제조공정의 신뢰성과 일반화 한계를 해결할 수 없어 이상의 데이터 수집에도 불구하고 PINN 적용은 필수라고도 답변

○ 실증까지 수행하는 사업이나 개별 모델(PINN) 통합을 통한 거대 모델(LAM) 구성, 정밀제어를 위한 PINN과 LAM 연동 등의 동 사업 핵심 연구 방식이 명확한 근거(사례, 논문)에 기반하지 않아 연구 과정에서의 불확실성을 배제할 수 없음

○ PI-LAM의 국내 실증 성과를 기반으로 글로벌 실증을 추진하는 것인지, 구체적인 목적은 무엇이며 국내 실증 대비 글로벌 실증 내용에 어떤 추가적인 기술개발 요소가 존재하는지 등이 파악되지 않음

○ 표준교육과정, 학생인건비*와 TA 장학금 등, 물리지능행동모델 거버넌스 운영 등은 동 사업 R&D(사업목표 달성, 문제/이슈 해소 포함 등)와 직접적 관련성 부족

* 해당 세부과제는 표준화 과제로서 학생이 R&D에 참여하는 부분이 존재하지 않음

□ 중복 가능 사업이 식별되고, 동 사업 민간부담 조달 가능성에 불확실성 존재

○ 동 사업 의료 부문과 한국형 ARPA-H 프로젝트와의 중복 가능성 존재(추진 주체 포함)

○ 동 사업이 제시한 주요 참여 주체들의 동 사업 참여 의지 및 투자의향금액 등을 확인할 수 있는 신뢰할 수 있는 근거자료 부재

- 사업계획서 상의 과제 수 대비 참여의향 제시 기업 수 비교로는 민자 조달 가능성의 직접적 확인 불가하고, 관련 자료 간 수치가 상이하며, 참여의향서에는 신뢰성이 부족한 수치가 다수 식별

□ 본 조사 결과를 세부과제별로 적용하여 사업비 및 사업기간 조정 예정

○ 사업목표 및 문제/이슈와의 정합성이 부족한 세부과제, 기존 사업과 중복되는 세부과제, 세부사업 간 중복 영역이 상당한 세부과제, 비R&D 성격이 강한 세부과제 등의 사업비는 불인정하고, 세부과제 간 기술개발 범위가 유사한 세부과제 사업비는 통합

○ PoC의 데이터 수집 플랫폼과 중복되는 도메인별 데이터 수집 부문의 사업비 상당액 및 사업기간 조정, 5년 후 성능목표 수준이 현 해외 및 국내 수준인 세부과제는 상기에 준하여 추가 조정

○ 대규모 비용 계획을 제시하였으나 조달 가능성이 매우 불확실한 내역 삭제, 사용 계획 및 산정 근거가 불분명하여 과다 계상(중복 계상 포함)이 우려되는 부문 조정

- 글로벌 빅테크의 참여 가능성 확인 자료가 부재하므로, 이와 직접적으로 관련된 비용 불인정

※ 단, 동 세부사업 협력 체계가 재구성되거나 국가 컴퓨팅 자원 활용 등 계획 변경이 있을 경우, 해당 상황을 반영한 소요 예산 재설계 필요(반드시 공식적인 산정 근거 포함)

- 대규모 연구인력을 제시하고 있으나, 해당 규모로 산정된 사유(소속 기관, 인력 수, 역할 등)가 불분명한 과제는 해당 세부사업 평균 인건비를 비율로 적용하여 조정

- 국가 정책 방향에 부합하지 않은 대규모 GPU 구매, 명확한 사용 목적이 제시되지 않은 비용 항목, 동 사업 내 유사 목적의 비용이 기 계상된 비용 항목, 참여기업 현물로 계상해야 하는 비용 항목 등에 대해 조정

제 2 절 주관부처 소명자료에 대한 검토 결과[104)105)]

가. 문제/이슈 도출의 적절성

[주관부처 소명자료]

□ 막대한 양이 아닌 최소한의 고신뢰 융합데이터로 제조 특화 모델 학습 인프라를 확보할 계획이고, PoC를 통해 스마트팩토리 대비 PINN의 성과를 입증

○ 기존 AI 모델은 무작위 데이터 수집이고, PINN은 목적형 데이터 수집

○ PoC를 통해 융합데이터가 PINN의 예측 정확도를 높이고, 기존 스마트팩토리로 해결되지 않던 난제가 해결될 수 있음을 검증하였으며, 융합데이터 취합 가능한 후보 기업군을 확보

□ 동 사업으로 소버린 AI 및 구조적 병목(산업 생태계 취약) 대응 가능

○ 동 사업 핵심은 PI-LAM 개발 실증으로, 글로벌 빅테크와는 연산인프라, 고급인력 등을 수급하기 위한 전략이며, 국내 기관 중심의 연구개발 추진도 가능한 것으로 판단

- 글로벌 빅테크 기업 참여와 국내 연구역량 중심 추진 방안을 동시에 고려할 예정이며, 첨단 GPU의 국가 컴퓨팅 자원을 활용하기 위한 수요조사 제출(3월 중 선정 예정)

<표 6-1> 국내 연구개발 역량

국내 역량	내용
국내 대학	• PINN, 물리기반 학습, 행동모델, World Model 아키텍처 설계의 핵심 주관 • Multi Modal LLM, LLM 등의 From Scratch 설계 및 구현 능력
AI, Physical AI 전문 기업	• 실제 제조, 설비, 공정 데이터를 다뤄본 경험을 보유한 기업 중심 • 이들은 글로벌 빅테크가 보유하지 못한 제조 OT 이해와 현장 적용 경험을 강점으로 가짐
Engine 내재화 및 산업 적용	• 국내 대기업, 제조, 공공 영역 • ERP/MES 연계 및 OT-IT통합 • 산업용 AI시스템 구축 경험 축적
인프라 측면의 대체 가능성 (GPU/NPU, Edge, Cloud)	• PINN, World Physics Model, LAM 의 물리,행동중심 모델의 단계적 학습, 검증 • GPU/NPU 자원 관리 및 오케스트레이션 • NPU 생태계 • 서버, 엣지 인프라

출처: 소명자료

104) 주관부처 소명자료(2026.1.27.) 양식을 고려하여, 주요 쟁점 관련 내용 작성 (기타 사항은 안건 본문에 반영)

105) 이후 주관부처는 국내 유수 대학의 전문가와 간담회 결과 파일을 송부(2026.2.9.)하였으나, 이미 소명기간(2026.1.27.)이 경과하였고 추가 자료 제출과 관련한 별도의 사전 협의도 부재하였으므로, 당시 접수하지 아니함

<표 6-2> 원안 대비 수정된 PI-LAM 개발 시나리오

구분	원안 시나리오	수정 시나리오
추진구조	• 글로벌 빅테크 + 국내 기업·연구기관 혼합	• 국내 AI 기업·대학·연구기관 중심 + 글로벌 빅테크 부분 참여
연산자원 (AI 가속기)	• 대규모 GPU 등 AI가속기 확보 용이	• 국내 네트워크로 동일 수준의 연산 자원 확보 가능
AI 고급인력 확보	• 글로벌 LLM AI 개발 경험 인력 직접 참여	• 국내 연구진·기업 인력 중심 • 필요 시 국외 연구기관 전문가 자문·단기 협업
정책적 의미	• 글로벌 협력 기반 선도 사례 창출	• 국내 AI 생태계 자립 역량 강화
차이의 성격	• 성공 확률·속도 측면의 정성적 우위	• 추진 안정성·국내 역량 축적 측면의 장점

출처: 소명자료

□ 글로벌 실증은 국내에서 검증된 성공모델을 기반으로 해외 시장 진입 장벽을 낮추기 위한 필수 R&D 과정으로 설계

○ 글로벌 실증을 통해 한국과 다른 온도, 습도, 전력 안정성, 근로자 습관 등을 추가로 학습할 필요가 있고, 해외 수출을 위해서는 보수적인 제조업 B2B시장 바이어들이 요구하는 현지 공장에 적용한 트랙 레코드가 필수

□ 동 사업 사업단 외 물리지능행동모델 거버넌스에서는 세부과제 R&D 총괄관리, 글로벌 표준화 주도, 성과 홍보 및 확산 등 역할 수행

[소명자료 검토]

□ PINN이 고품질 융합 데이터를 선별 취합하기 위해서 기존 AI 모델에서처럼 막대한 시간과 비용이 투입되어야 하는 상황에 대한 소명, 기존 AI모델 및 스마트팩토리 대비 PINN의 고유 성과에 대한 소명 등은 본 조사의 쟁점을 해소하기 어려움

○ 주관부처는 기존 AI 모델과 PINN 모델의 활용 데이터 형태가 상이함을 지속 설명하고 있으나(1차 추가제출자료, 소명자료), 본 조사의 쟁점은 제조 데이터 제한을 극복하기 위해 도입한다는 PINN도 실제 모델 개발을 위한 필요 데이터 취합 과정에서 막대한 시간 및 비용(사업비 및 사업기간)이 소요된다는 측면에서의 이슈임

※ 소명자료(p4)의 표 내용은 physical AI의 설명으로 보기 어려움

- PINN은 이론적으로 데이터가 제한된 상황에서도 구현될 수 있는 모델로서, 소명에서 PINN이 추구한다는 고품질 융합데이터 설명은 모든 AI 모델의 성능을 결정짓는 핵심 요인으로 판단됨

○ 소명자료로 POC를 통한 개별 연구단위의 PINN 적용 성과를 제시하고 있으나, 비교 대상이 설명되지 않아 해당 성과가 기존 AI모델 및 스마트팩토리 대비 PINN의 고유 성과로 볼 수 있는 근거가 되기는 어려움

※ POC 사업 참여 주체는 해당 사업 지원으로 공장의 DX도 함께 추진된 것으로 설명함(PoC 발표회)

- 본 조사에서는 PINN이 기존 AI 모델의 문제점을 해소하고 초정밀 제어 부분에 최적으로 적용된 사례 부재를 쟁점으로 제시하였으나, 소명은 PINN이 기존 AI의 한계를 극복할 수 있다는 기존의 이론적 설명과 PINN 자체의 적용 가능성 검토 사례를 제시

○ 사업계획서는 기존 국내 현장에 'AI 내재화 및 활용'이 어렵다는 문제/이슈의 원인으로 '산업생태계 취약(인력부족 등)'을 제시하였으므로, 동 사업을 통한 숙련공 대체 및 고용 증가 가능성으로 이를 해소한다는 설명은 적용 순서 상 적절하지 않음

※ 중소기업 설비 노후화 문제를 센서 및 콘트롤러 부착으로 해소하기에는 한계가 있을 것으로 보임

○ 고신뢰 융합데이터 확보 가능 기업군에 대한 설명(대상, 규모)이 부재하여, 본 조사 주요 쟁점인 동 사업 수행 주체의 사전 선정 이슈가 해소될 수 있을지 불분명(공정 경쟁 가능성이 불분명)

○ 미·중과의 투자규모 차이에 대한 소명은 동 사업 분야만의 이슈로 보기 어렵고 동 사업 투자로 해당 이슈가 해소되는 정도의 확인도 제한되므로, 설득력 있는 논거가 되기는 어려움

□ 본 조사의 주요 쟁점인 글로벌 빅테크 의존 문제*는 해당 업체의 미참여로 부분적/일시적으로 해소된 것으로 보이나, 별도의 보완 없이 글로벌 빅테크 참여와 국내 기관 중심을 함께 고려한다는 소명을 하고 있고, 수정안으로 제시한 PI-LAM 개발 추진구조가 모호하여 상기 쟁점 및 PI-LAM 개발 가능성에 관련된 위험을 배제할 수 없음

* 핵심개발 인력, 컴퓨팅 자원 활용, 빅테크 클라우드 탑재, 국내 제조 데이터 제공 등

○ PI-LAM 개발 핵심 역량을 보유한 주체(핵심 인력)로 PoC에 참여한 국내 대학의 교수들을 제시하고 있으나 LAM 개발 경험(레퍼런스)은 확인되지 않고, 해당 대학 위주로 개발역량을 설명하고 있어[106] LAM의 개발 가능성 및 공모 사업으로서 공정 경쟁 가능성 등에 불확실성이 존재하는 것으로 판단됨

- 비록 계획했던 글로벌 빅테크의 참여가 무산된 상황이라고 하더라도, 단기간 내에 당초 설명과 달리 국내 역량으로 PI-LAM 개발이 가능하다고 주장하기 위해서는 보다 명확한 근거 자료를 통한 설득력 있는 소명이 제시되었어야 함

※ 소명으로 해외 대학의 참여 의향 문건을 제출하였으나, 사업계획서에 언급한 해당 해외 대학 산하 연구소의 문건은 아닌 것으로 보임

106) AI, Physical AI 역량을 가진 연구기관으로 타 연구중심 대학을 추가 제시하고 있으나, 동 사업 사업단으로 지정된 경남도내 대학에 대한 내용은 확인되지 않음

- 추후 글로벌 빅테크 등 해외 업체가 참여한 공동연구를 추진할 경우, 국내 제조데이터 제공이 전제가 되어서는 안되며, 데이터 접근 가능성도 동 사업 연구내용 및 기간 이내로 한정되어야 함

○ 소명자료는 PoC를 통해 PI-LAM 구축 기반을 마련했다는 설명이나, 다수의 PINN 모델의 학습 외 LAM과의 연계 가능성을 검증한 사례는 확인되지 않음

- 국내 유수 대학에서 수행한 PoC 과제는 '제조 데이터 수집을 위한 기반구축'으로서 PINN 모델 개념설계 7건을 성과로 제시하고 있고, LAM과 관련한 개발 내용 및 구체적인 성과는 확인되지 않음
- PoC에서 수행된 실험들은 초기 환경변수와 목적 값이 주어졌을 때 목적값 에 도달하기 위한 전체 제어 시퀀스를 만드는 것이기 때문에 환경의 변화에 따라 실시간으로 제어를 변화시킬 수 있는 LAM과는 다른 기술로 판단됨

※ 'PINN 모델을 적용하여 로봇의 액션 시퀀스를 생성하는 실험'[107]은 동 사업 개발 LAM과의 직접적인 관련성이 설명되지 않음

- 제조 특화 데이터셋으로 범용모델의 현장 적용을 설명하고 있으나, 동 사업 PoC에서 범용성을 검증한 내용은 확인되지 않음

※ PoC 과정에서 타 공정/공장에 적용한 사례가 존재하는지 문의를 하였으나, 존재하지 않는다고 답변(PoC 발표회)

- PoC의 PINN 모델을 위한 지식그래프의 사전설계는 phsycial AI의 학습을 위한 비정형 데이터가 아닌 정형데이터와 텍스트 데이터로 구성되어 있고, 에너지 최적화 관련 파일럿 실증은 PINN 모델이 아닌 CNN과 LSTM 등의 방법이 사용되었으며 PINN 모델 적용 방안 등은 제시되지 않음

○ 참여의향서를 제출한 AI 관련 기업들이 동 사업과 직접적 관련이 있는 Physical AI 내지는 LAM 관련 역량을 보유하고 있는지에 대한 구체적 설명이 부족함(관련 레퍼런스 부재)

※ 산업체 핵심인력의 경우 소속 기관, LAM 개발 등 구체적 경력, 동 사업 참여 의사 등에 대한 설명이 부재하므로 적절성 판단이 제한

○ 글로벌 빅테크 컴퓨팅 대체를 설명하고 있는 소명 자료에는 동 사업 필요 GPU 수량(글로벌 빅테크 대체, 대규모 GPU 구입 계획, 채굴 플랫폼 관련 수요 등), 국가 확보 GPU 수요 신청 수량 등이 설명되지 않아 적절성 판단이 제한됨

※ PINN 자체에 대규모 GPU 자원이 필요한지, PINN으로 LAM을 만드는 구조에서 어떤 기능을 위해 대규모 GPU 자원이 필요한지 등의 설명이 부족

107) 소명자료에서 국내 유수 대학의 LAM 모델 개발 진행을 설명하고 있으나, 본 조사진이 해당 교수에게 문의한 결과 LLM 개발에는 참여하였으나 LAM 개발 경험은 없는 것으로 답변

○ 주관부처는 관련 세부과제 착수 전, 국내 개발역량의 글로벌 하이퍼스케일러 대체 가능성 분석(근거 기반)을 통해 PI-LAM 자체 개발의 불확실성을 사전에 해소하고, 소명자료에서 언급한 '단계적 추진'에 대한 구체적 방안을 수립한 후 외부 전문가 집단의 검증을 받을 필요가 있음

○ 동 사업이 정부 R&D투자 당위성 확보를 위해서는 소버린 AI[108] 정책에 부합해야 하고, 사업계획서에도 완전 자체 개발로 설명되어 있으며, 국내 기관 중심의 개발이 충분히 가능하다고 소명하였으므로, 동 사업은 '독자 파운데이션 모델' 프로젝트에서의 개념[109]을 준용하여 PI-LAM 개발 전략을 수립하는 것이 타당함

□ 소명자료에는 여전히 PI-LAM의 국내 실증 및 검증에 대한 설명이 제시되지 않았고, 초정밀 제어 부문 '범용' 모델인 PI-LAM의 글로벌 실증에 있어 필수라고 언급한 R&D 요소도 충분히 설명되지 않음

○ 개별 모델/핵심기술을 확보해야 하는 1~3차년도에 어떠한 방법을 통해 PI-LAM 개발을 완료하고 국내 실증 및 검증을 마칠 수 있는지에 대한 논리적 설명이 제시되지 않음

○ 글로벌 실증 계획의 추진 당위성을 위해서는 대상 기술의 실체가 분명하게 확인되어야 하고, 글로벌 실증 대상 지역(기관), 실증 목적 및 목표 등을 포함한 구체적인 실증 계획이 제시되어야 하나, 여전히 불명확한 상태임

- 기존 AI 모델과 달리 PI-LAM은 특정 환경에 국한되지 않고 데이터 부족 환경에서 적용할 수 있다는 설명이나, 범용 PI-LAM이 글로벌 실증에 있어 기존 AI 모델과 다른 어떠한 연구개발 요소가 존재하는지는 여전히 불분명하고, Pilot 수준의 실증 패키지 형태가 해외 수출을 위한 해외 바이어들의 실증 요구를 충족하는지도 의문임

※ 사업계획서등에서 제시한 글로벌 실증 대상 지역 및 기업(국내 제조기업의 현지 법인[110] 포함)이 글로벌 실증 필요성으로 소명한 해외 바이어 요구사항을 반영한 결과인지 확인되지 않음

○ 글로벌 실증 건수는 단순 결과지표이므로, 소명자료에서 설명하는 취지의 글로벌 실증 추진 시 실질적인 성과(순수 해외 매출, 해외 점유율 등)가 성과목표로 설정되어야 함

□ 소명자료에서 설명된 물리지능행동모델 거버넌스의 역할은 동 사업 전문기관 및 사업단의 임무임

---

108) 해외 기술·모델 의존을 최소화하고, 개발·운영·통제 권한을 자국이 확보하는 AI(독파모 프로젝트 참조)

109) 해외 모델 미세조정 등으로 만든 파생형이 아니라 모델 설계부터 사전학습까지 수행한 국산 모델로 타사 모델에 대한 라이선싱 이슈가 없는 것(독파모 프로젝트 참조)

110) 국내 제조기업의 현지 법인 대상 실증은 사업계획서와 상이한 내용임

나. 사업목표의 적절성

[주관부처 소명자료]

□ 초정밀 제어의 정의 및 고가의 정밀 장비 구매와의 차별성, 숙련자 노하우의 미분방정식 내재화 가능성 및 인간-AI 협업의 개념, 동 사업 특화와 범용의 개념, 동 사업 결과물의 실증 및 기술이전 가능성 설명 등을 소명으로 제시

○ 동 사업은 PINN 기반 폐루프 제어(센서-제어-물리모델-피드백)로 제어 성능을 향상시키게 되며, 초정밀 제어에 대한 정량적 목표치는 도메인별로 baseline 대비 개선율을 설정

○ 숙련된 기술자의 감(가령 특정 시점에 온도를 낮추는 행위)은 수학적으로 임계치를 넘지 않도록 경계 조건을 조절하는 행위와 정확히 일치하며, PINN 및 PI-LAM의 오류를 최소하하기 위해서는 5~10년의 인간 개입(인간-AI 협업) 필요

○ 동 사업 목표는 '범용 물리 지식'을 학습한 단일 파운데이션 모델(PI-LAM)을 구축하여 개발 효율성을 확보하되, 'MoE(전문가 혼합) 아키텍처'를 통해 개별 공정에 최적화된 파라미터만 활성화하는 방식으로 범용성과 공정 특화 목표를 동시에 달성하는 구조

○ 동 사업은 소스코드 개발로 끝나는 것이 아니라, '표준 코어 + 현장 Pilot 실증으로 적용 가능성을 검증'하는 것이고, '업종 범용' 개념으로 "단일 모델"이 아니라 "표준 코어 + 업종 템플릿"로 실현하므로, 운영 및 확산을 통한 기술이전, 국내·외 현장 실증 가능

□ 기존 생산성 지표(불량률 등)의 한계를 인정하고, OOD(Out-of -Distribution) 일반화 정확도(90% 이상)와 물리 법칙 정합성(Physics Consistency Score, 99.9%)을 핵심 성과지표(KPI)로 신규 제시

○ 스마트팩토리와 달리 PI-LAM은 데이터가 없는 영역까지 추론한다는 점에서 근본적인 기술적 차별성 보유

□ 동 사업 필요성으로 제시한 '기술주권 확보 및 독자 생태계 기반 마련'의 달성 수준을 파악할 수 있는 성과목표로 PI-LAM을 통해 정밀제어 부문 11개 외산 의존 기술 중 3개 이상 대체(국산화)를 추가 설정

○ 외산 기술 없이 PINN-LAM 단독으로 기능 수행을 할 수 있거나, 외산 HW/플랫폼을 유지하더라도 핵심 통제권을 PINN-LAM이 확보할 수 있는 경우를 '국산화'로 정의

□ 동 사업의 인력양성은 기존 인력양성 체계의 구조적 한계(도메인 지식 부재, 실 데이터 접근 불가, 현장 괴리)를 극복한다는 점에서 차별성 소명

○ 실제 제조 데이터를 활용한 R&D 연계 실무 중심 교육으로 즉시 현장 투입 가능한 융합 인재를 양성

<표 6-3> 기존 인력양성 체계와 동 사업 인력양성 비교

구분	기존 인력양성 체계(AI대학원, SW아카데미 등)	동 사업(R&D연계형 실무 인재양성)
교육 내용	• (범용 AI중심) 이미지, 자연어 처리 등 IT/서비스, 바이코딩 분야 위주	• (제조특화 AI, Physics-AI) 물리법칙+AI가 PINN, LAM 등 고난도 기술
활용 데이터	• (오픈데이터) 정제된 공개 데이터셋을 주로 활용함으로 현장성 부족	• (실 데이터) 보안상 접근 불가능했던 기업의 실제 공정/설계 데이터 활용 • (데이터 처리 능력 고도화) 현장의 실 데이터를 활용함으로써 노이즈 제거, 불규칙한 데이터의 정제 역량 등을 확보 가능
학습 방식	• (이론/강의중심) 알고리즘 코딩 위주의 정형화된 교육	• (PBL/OJT중심) 실제 난제를 해결하는 R&D프로젝트 수행 과정이 곧 교육 • 실제 라인에 적용 가능한 알고리즘 개발 및 검증으로 오류 수정 능력 극대화
현장 투입	• 도메인 지식 부족으로 기업 입사 후 6개월~1년 재교육 필요	• 개발-실증-현장 적용 전체 주기를 경험한 경력직급 신입 배출

출처: 소명자료

[소명자료 검토]

□ 동 사업의 초정밀 제어 정의, 숙련자 작업의 부분적 물리방정식화 가능성 등의 측면에서 소명의 일부 인정은 가능하나, 동 사업에서 정의하는 특화 및 범용 개념이 적용된 LAM의 역할, 범위 등과 파운데이션모델로서의 기능 등은 여전히 불명확함

○ 초정밀 제어는 하드웨어의 정밀도로도 많은 영향을 받게 되므로 동 사업 '정밀도 성과 측정' 시 기준선은 'PINN 도입 유무만 반영'되어야 함

- 고가의 장비는 대부분 해외 상용 제어기이고 PINN은 제어지능을 물리적으로 이해한다는 소명을 제시하였으나, 동 사업 초정밀 관련 성과지표인 '정밀도 달성' 측면에서는 고가의 정밀 장비 구매를 통한 결과물과의 차별성은 명확하게 설명되지 않음

※ 소명자료(p39)에서 제시된 (1-1-1)의 성능지표는 제어가 아닌 장비의 health condition 예측과 관련된 지표이며, (1-1-4)는 데이터 수집 자동화와 관련된 지표임

○ 인간-AI 협업에 대한 소명은 동 사업이 숙련자의 노하우(소명자료에서의 '감')를 충분히 고려하지 못하고 이를 미분방정식으로 설정 가능하다고 설명한 것으로 판단됨

- 장비의 노후화, 원자재 성분 변화, 기후 변화, 기계의 소음과 진동 냄새 등을 기반으로 내리는 의사결정은 숙련자 노하우의 주요 요소로서 인공지능이 센싱으로 입력하기 어려

운 데이터로 판단되나, 소명자료는 이를 PINN의 환경 요인으로만 설명하고 있음

- 동 사업의 PI-LAM은 일반적인 physical AI와 달리 vision을 포함하지 않으므로, 숙련자의 노하우를 대신할 수 있다는 주장이 설득력을 갖기 위해서는 상기와 같은 환경 정보를 어떻게 활용/적용할 것인지에 대한 설명이 되어야 함
- 소명에서의 PINN 모델을 통한 MPC 제어는 아웃풋이 정해진 상태에서 인풋이 자동적으로 결정되므로 기술자의 결과물을 반영할 수 있는 시스템으로 보기 어렵고, 세이프티 및 임계치 부근의 판단을 숙련자가 한다는 소명은 PINN/PI-LAM으로 정밀제어를 한다는 동 사업의 목표와 상충될 수 있음

※ 미세조정값을 결정한다는 것도 매우 협소한 상황에서 가능하며, 물리방정식에 미세조정값이 있다는 것 자체가 물리모델에서 벗어날 수 있는 것으로 해석 가능

- PI-LAM의 zero-shot 기능을 언급하면서, 한편으로는 LAM의 환각 가능성 및 PINN으로 설명되지 않는 상황 발생 때문에 숙련자가 필요하다는 설명이 함께 제시됨

○ 사업계획서등은 PI-LAM의 초정밀 제어 부분 '특화'와 초정밀 제어 부분 '범용'을 각각 상황에서의 PI-LAM 기능을 설명하고 있으나, 동 사업 개발 PI-LAM이 타 거대모델 사례에서 정의하는 'Large'의 특성이 있는지, physical AI 측면에서 어떤 Action을 수행하는지, 파운데이션모델[111]로 정의(범위, 특성 등)될 수 있는지, 상황별로 PINN/Agent/LAM이 상호 어떤 역할을 수행하는지 등이 불명확함

- LAM에서의 'Large'를 설명하는 범용성(일반화) 개념은 '동일한 모델로 전혀 다른 성격의 작업을 모두 수행할 수 있는 작업의 다양성(Multi-tasking)', '공장뿐만이 아니라 낯선 환경에서도 주변을 인식하고 적절하게 해동하는 환경의 범용성(Cross-environment)', '특정 로봇의 데이터뿐만 아니라 다른 형태의 로봇이 수집한 데이터 내지는 인간의 행동 영상 데이터를 학습하여 행동의 원리를 깨우치는 데이터의 확장성(Data scaling)', '새로운 동작을 즉시 시행할 수 있는 능력(Zero-shot)' 등을 종합하여 정의[112]되고 있음

※ 국내 사례에서는 범용성을 특정 환경이나 특정 로봇 하드웨어에 종속되지 않고, 하나의 거대 모델이 제조·물류·서비스 등 다양한 산업 현장(Cross-domain)에 즉각 투입되어 임무를 수행하는 능력[113]으로 정의

- 그러나 동 사업에서의 '범용' 개념은 초정밀 제어로 특화된 업종 + 정의되어진 공정 프로세스 + 제한된 범위의 작업 단위 + 새로운 학습을 통한 모델의 '재활용성'을 의미하

---

111) 특정 목적을 위해 처음부터 학습된 모델이 아니라, 방대한 데이터를 바탕으로 사전 학습(Pre-trained)되어 다양한 하위 작업(Downstream Tasks)에 범용적으로 적용될 수 있는 거대 인공지능 모델 (주요 특징: Scale, Versatility, Adaptability, Emergence)
* Stanford Center for Research on Foundation Models (CRFM) 참조

112) 예를 들어, RT-2 모델 관련 구글 딥마인드(Google DeepMind)의 시각-언어-행동(VLA) 모델 웹페이지 참조

113) 독자 AI 파운데이션모델 개발 프로젝트 참조

는 것으로 보이므로(주관부처는 '업종 범용'이라는 단어 사용), 상기의 범용성 개념과 상당한 차이가 존재하는 것으로 판단됨

※ 소명자료에서 사례로 설명된 파운데이션 모델들은 주로 텍스트 기반 멀티모달 LLM 파운데이션 모델로 동 사업과 관련성이 없고, 동 사업 PI-LAM과 특화 및 범용 개념(범위)도 크게 상이하여 비교 대상이 되기 어려움

- 사업계획서에는 동 사업 개발 LAM의 Action을 설명해 줄 수 있는 vision data 수집·학습은 거의 언급되지 않고[114] PINN은 특정 제어 작업에 특화되어 있는 형태이므로, 다양한 환경을 인지하고 상호작용한다는 범용 파운데이션모델 개념 고려 시 동 사업에서 설명되는 PI-LAM에서의 Action이 어떻게 정의되는 것인지 파악이 어려움

※ LAM이 PINN에 어떤 데이터를 어떻게 입력하여 제어를 담당하게 하는 것인지 파악이 어려움

- 실제 제어는 PINN이 하고 LAM은 이를 관리·활용한다는 소명이나, 데이터 맥락의 PINN을 언어나 시각적 맥락의 LAM이 어떻게 관리하는지 불분명하고, 동 사업에서의 PINN 조율 역할에 오케스트레이션(Orchestration) 수준이 아닌 LAM이라는 거대모델이 필요한 사유가 충분히 설명되지 않음

※ 만약 LAM이 액션을 출력하는 역할을 하고, 이를 제어라고 판단될 경우 PINN 단독으로 제어를 하게 되는 것이라면 상호 중복되는 역할이 발생하게 됨

- 소명자료에서의 동 사업 PI-LAM은 초정밀 제어 도메인별 PINN 모델들과 이들을 현장과 연결하여 작업을 기능하게 해 주는 Agent[115]의 집합체로 보이나, LAM과 Agent의 역할을 파악·구분할 수 있는 구체적인 기술적 특징은 설명되지 않음

※ PoC 참여기업은 PINN 적용 간의 오류를 찾는 기능으로의 LAM 수요를 제시(POC 설명회[116], 2026.1.27.)

- MoE(Mixture of Experts)는 다양한 전문가가 있다는 의미가 아닌 대형모델에서 활성화 파라미터를 지정하는 라우팅의 의미이나, 소명의 MoE는 여러개의 PINN을 나열하고 하나씩 고르는 의미(단일 대형 모델로 보기 어려움)로 설명되고 있음

※ 소명자료에서의 LAM은 tool calling을 하는 LLM에 가까운 설명이며, 이 경우 현장에서는 현장 특화 모델 하나면 되는데 왜 LAM으로 호출되어야 하는지 불분명함(이에 대한 아키텍처가 제시되지 않음)

- PoC 연구와 같이 특정 단위작업에 가까운 공정에 특화된 40개 PINN으로 범용 파운데이션 모델이 만들어질 수 있는지에 대해서는 여전히 근거에 기반한 소명이 제시되지 않음

※ 주관부처는 개별 PINN 통합으로 PI-LAM을 구현한다고 설명하였으나(사업설명

114) 동 사업에서 vision data 수집이 언급된 세부활동은 '(1-1-2) EMP조립 융합데이터 수집, (3-1-1) 실-가상환경 오차 최소화'에 국한되며, PoC 과제 중 vision data 수집을 기반으로 수행된 과제는 확인되지 않음

115) 최소한의 인간 개입으로 목표 설정, 계획 수립, 작업 실행을 수행(자율적 의사결정), 추론-행동-관찰-계획-협업-자체조정 수행(https://cloud.google.com/discover/what-are-ai-agents)

116) PoC 설명회에서는 수요 기업인 공장에서의 PINN에 대한 수요를 설명하였으나, 실질적 내용은 AX나 DX, 더 나아가서는 AI에 대한 수요로 이해됨(PINN은 연구자/공급업체가 현장에 AI를 구현하기 위한 방법론)

회, 1차 추가제출자료), 이에 대한 근거나 사례, PoC 연구결과는 제시되지 않음

- 표준 코어는 범용성이 확보되지 않을 경우 업종 템플릿을 붙여서 현장 적응이 불가능하나, 소명에서는 이를 확인할 수 있는 표준 코어의 정의, 구조, 형태 등에 대한 구체적 설명이 제시되지 않음
- 동 사업 개발 결과물이 'LAM'으로 설명되기 위해서는 다양한 대규모 포맷화된 데이터와 스케일링 가능한 모델 아키텍처 제시가 필요

※ LAM이 계획(스케쥴링)하고 PINN이 액션(tool처럼 사용)을 한다는 소명이라면, LAM이 어떤 데이터를 써서 어떤 출력물을 내고, 개별 PINN에는 어떤 데이터를 입력하며, 해당 데이터를 어떻게 한번에 처리할 수 있는지에 대한 모델 아키텍처 제시 필요

○ 동 사업 개발 결과물(모델)이 프레임워크(=방법론)이고 이를 업종 템플릿으로 플러그인 하는 형태라는 소명 내용은 기존의 머신러닝 모델(최종 결과물) 개념과 부합하지 않는 부분이 존재함

- 소명처럼 '플러그인' 방식이 가능하려면 업종에 상관없이 데이터 구조가 동일해야 하지만 이에 대한 가능성은 확인되지 않으므로, 소명에서의 '재활용'은 결과적으로 데이터를 새로 모으고 학습을 새로 시켜 새로운 모델이 생성되는 형태의 표현으로 판단됨

※ 즉 재활용의 의미는 표준 코어는 공유하고 업종 테블릿인 개별 PINN은 계속 만들어야 하는 형태로 보임

○ 동 사업으로 소스코드의 적용 가능성을 검증한다는 소명과 '소스코드의 운영 및 확산'을 통해 기술이전 및 현장 실증이 가능하다는 소명으로는 본 조사에서 제기한 '동 사업으로 PI-LAM 자체의 완성이 어렵다는 쟁점'을 해소하기 어려움

- 본 조사에서 제기한 '운영 계획 부재' 쟁점은 PI-LAM에 대한 국내외 수요가 확인되지 않은 상태에서 LAM 완성을 위한 소스코드의 운영/피드백을 어떤 주체를 대상으로 어떤 방법으로 수행할 것인가에 대한 사항임

※ PI-LAM 완성을 위해 필요하다고 설명한 Federated Learning은 동 사업 범위가 아님

□ '자율 지능화' 달성도 측정을 위한 OOD 정확도 지표 및 물리법칙 정합성(relative error)지표[117]를 성과목표에 추가한다는 소명은 일부 인정될 수 있으나, 동 사업의 어떤 연구개발 내용/목표를 통해서 OOD 정확도를 높일 수 있는지에 대한 설명[118]이 우선 제시되어야 함

○ 동 사업 고유 성과목표로 OOD를 도입하기 위해서는 우선 PINN으로 이를 달성할 수 있음이 근거에 기반하여 설명되어야 함

---

117) 물리법칙 정합성 지표로의 relative error는 10^{-3} ~ 10^{-4} 수준에서 분포해야 할 필요(Raissi, M., Perdikaris, P., & Karniadakis, G. E., 2019)

118) 기존 분포와 그 분포 밖의 데이터는 어떻게 설정할 것인지, 물리 위배율을 계산하기 위한 물리법칙에 정확히 맞는 의사결정 데이터는 어떻게 만들 것인지 등

- 오류인지 및 복구(100%), 신뢰구간(99.9% 이상) 등도 함께 충족될 필요가 있으며, 분포의 확장 능력(학습 데이터 분포 성공률과 OOD 성공률 간 격차가 5% 이내)도 반영되어야 함[119]

○ 고장 감지율은 기존에 제시된 이상적 환경 하의 물리 방정식으로는 해결할 수 없으므로(가령, 회전축이 마모 되는 등의 더 디테일한 상황은 고려되지 않기 때문), 이를 해결할 수 있다는 소명이라면 관련 근거에 기반한 설명이 제시되었어야 함

○ 스마트팩토리와의 차별성 관련 소명은 동 사업 개발 PI-LAM이 범용성을 가지고 Zero-shot이 가능함을 설명해 줄 수 있는 근거나 사례, 관련 성과지표, 연구내용 등이 제시되지 않아 인정하기 어려움

□ 국산화 지표를 추가한다는 소명내용은 일부 의미를 가질 수 있으나, 이를 명확히 하고 기술주권 필요성에 적극 대응하기 위해서는 개발 대상 PINN 모델 및 PI-LAM 개발 과정에서 '독자 파운데이션 모델'의 '독자성' 개념을 준용할 필요가 있음

○ 사업계획서에서 PINN 모델, PI-LAM, 물리 기반 AI 디지털 트윈 플랫폼을 동 사업의 독창적 기술로 완전 자체 개발하는 것으로 설명하였고, AI 기술 주권 확보를 위한 핵심 기술의 국산화 및 내재화를 제시하고 있으므로, '독자성'을 보유한 기술개발이 타당할 것으로 판단됨

○ 소명자료에서 제시한 정밀제어분야 외산 종속 기술들은 독자 PINN 모델 또는 PI-LAM 개발 시 내재화(모델링에 내재화)되어야 하는 대상이며, 국산화 대상 3개 기술은 현시점에서 내재화가 가능한 기술로 판단됨

□ 연구개발을 포함하지 않은 세부과제에 계상된 학생 인건비등이 연구개발에 참여하는 학생의 인건비라고 주장하는 소명을 인정할 수 없음

○ 3세부사업의 인력양성 및 장학금 등의 비용 지급 형태는 R&D 참여 인건비와의 중복 지급 문제가 발생할 수 있는 구조적 문제점도 보유

○ 동 사업에서 제시하는 인력양성 내용은 인공지능융합혁신대학원 등 기존 인력양성 체계에서도 확인되는 사항으로, 동 사업 인력양성의 차별성을 주장하는 소명을 인정하기 어려움

- 인공지능(AI)융합혁신대학원[120]은 AI 기술을 산업 전반(의료, 제조, 물류 등)에 적용하여 현장의 복합적인 과제를 해결하는 실무형 융합 전문가 양성을 목표로 제시하고, 산업현장 지향적 문제해결형 AI융합 전문인재 집중양성, 대학-기업 공동 AI융합 프로젝트 추진, 지역 및 산업 수요 기반의 산학교차 인턴십 운영 등 추진

---

119) Open X-Embodiment: Robotic Learning at Scale (2023)

120) 인공지능대학원 협의회(https://aigs.kr/default/company/company_01.php?topmenu=1&left=1)

다. 세부활동 및 추진전략의 적절성

[주관부처 소명자료]

□ 사업목표/PINN/정밀제어와 부합성이 낮은 세부활동, 유사성이 확인되는 세부활동, 시설·장비 비중이 높은 세부활동 등에 대한 소명 제시

○ PINN/정밀제어와의 부합성이 불분명한 과제에 대해 physical AI 기반 R&D 구조로 재구성하고, 세부과제 간 데이터 수집·연동·플랫폼 기능 중복에 대해서는 계층형 데이터 아키텍처를 적용하여 역할을 분리

○ 세부과제 기술성숙도 목표를 TRL 6~7 수준으로 조정하여 실증 및 LAM 통합 가능성 강화

□ 5년 후 성능목표가 현재 국내외 최고수준보다 낮게 설정한 세부과제 13건 중 7건을 해외 최고수준으로 상향 조정

○ 기술개발 난이도, 기술환경, 기술특성 상 6건 미수정

<표 6-4> 성능목표 수정 내역

과제명	성능목표 수정	비고
(1-1-1) CNC 초정밀 가공/조립	미수정	• 통제된 환경이 아닌 실제 양산 공정에서 예측-판단-제어가 연계된 통합 시스템을 세계 최초로 실증하며, 이미 6시그마 수준인 초정밀 공정에서 불량률을 추가 저감하는 물리적 한계에 도전하는 것으로, 현장 적용 성공을 전제로 한 실현 가능한 최선의 도전적 목표를 설정한 것임
1-1-2 EWP 조립 융합데이터	• 융합데이터 정합률(92%→95%) • PINN 예측 오차율(8%→5%) • 시뮬레이션 응답속도(2초→1초), 불량 예측 정확도(AUC 0.92→0.95)	• 실시간 제어 및 AI 학습 신뢰성 확보를 위한 기술적 필수 요건 반영 • 다공정 복합 품질 확보 및 확장성 강화
1-1-3 고무압출 사출성형	미수정	• 제품외형공차, 불량률, 사출정밀도 등의 경우 해외 글로벌 표준과 동일 또는 그 이하 수준으로 설정함 • 에너지 사용량 절감률의 경우 글로벌 친환경 기준 충족을 위해 해외수준보다 높게 설정함
1-1-4 자동차 부품 경량화	미수정	• 본 과제는 글로벌 Tier 1 기업 수준의 데이터 신뢰성(결측률 1% 이하, 자동화율 95% 이상)과 PINN 기반 95% 이상의 예측 정확도를 확보하고, 품질 이상 대응시간 70% 단축 및 생산량 9% 증대

과제명	성능목표 수정	비고
1-1-7 스마트액츄에이터	미수정	• 초정밀 제조 공정의 핵심 지표를 목표로 설정, 이는 글로벌 첨단 제조 산업의 최고 수준을 벤치마킹한 결과
1-1-8 Cooler+WCAC	• PINN 모델 예측 정확도 (92→99%) • Digital Twin 동기화율 (90→99%) • 공정 설정시간 단축률 (60→76%)	• 연구개발 5년간의 투입을 통해 글로벌 해외수준으로 목표 향상
2-1-1 Edge AIoT	• 다중 데이터 시간 동기화 정확도(10ms → 5ms) • Edge AIoT 모듈 데이터 처리 속도(400 kbps → 800kbps)	• 연구개발 5년간의 투입을 통해 글로벌 해외수준으로 목표 향상
2-3-1 에너지 최적화	• 탄소배출 자동 산정 정확도(90% →95%) • 실시간 에너지 수집 항목 수(50개	• 연구개발 5년간의 투입을 통해 글로벌 해외수준으로 목표 향상
3-2-1 합성데이터 생성	• 합성 데이터 현실성(10% → 7%) • 데이터 생성 다양성(50종 미만 → 300종 이상)	• 세계 최고수준 목표에 맞춰, 대량생산・물리정합・전이・재현성 달성 목표 상향
3-4-1 데이터 통합 운영 플랫폼	• 실시간 데이터 처리 지연 시간 → 실시간 처리→일관성 • 다차원 데이터 통합 및 검색 정확도 → 멀티모달 정합성	• 글로벌 수준으로 성능목표 변경 • 사업 목적 부합성 및 세부과제 특성을 반영한 목표 변경
3-5-1 KG Registry & Repository	미수정	• 500ms 추론 시간은 고차원 인지・판단 영역에서 AI 환각을 저감하고 정확성을 담보하는 최적점이며, 500만 노드 규모의 지식그래프는 제조 밸류체인 전체를 포괄하는 글로벌 빅테크 수준
4-1-1 Co-Working 테스트베드	미수정	• 초정밀 제어를 위한 1ms 이하 데이터 동기화, 작업자 안전을 위한 50ms 이하 반응속도등 실제 스마트팩토리 양산 공정에 적용 가능한 고충실도 시스템 구현을 목표함
4-3-1 보안 기술 체계	• 평균 탐지시간(30분 이내 → 18분 이내) • 반응시간(4시간 이내 → 1.5시간 이내)	• 연구개발 5년간의 투입을 통해 글로벌 해외수준으로 목표 향상

출처: 소명자료

□ 초정밀 제어와 부합하지 않은 성능지표인 제어 성공률 95%(세부과제 1-1-1), 예측 레이턴시 100ms(세부과제 1-1-5) 수정

○ 행동 분류 정확도 88%(세부과제 1-1-2), 최소 응답시간 1초(세부과제2-2-2), 추론속도 500ms(세부과제 3-5-1)는 초정밀 제어 성능지표에 부합하도록 해당 지표 정의를 소명

[소명자료 검토]

□ 당초 부족한 설명을 보완한 세부과제에 대한 소명은 일부 인정될 수 있으나 추가

보완이 필요한 부분이 있으며, 그 외 소명 내용은 쟁점 해소에서 벗어남

○ (1-1-2)에 대한 검토 결과를 수용하고 해당 세부과제의 연구목표를 phsical AI Agent로 수정한다는 소명이나, agent 개발 내용은 동 사업에 이미 존재하는 세부활동이고 구체적 내용이 부재하여 적절성 검토가 불가능함

- (1-1-2)에서의 PdM은 생산성에 영향을 미치는 핵심요인이고 오랜 기간 연구에도 불구하고 성공적 상용화 사례가 없다는 소명이나, 동 세부사업은 데이터 플랫폼 및 디지털 트위 중심으로 구성되어 있어 있고 PINN으로 해당 문제를 해결할 수 있는지 확인하기 위한 근거가 부족하며, 기존의 한계[121]를 극복한 상용화 사례[122]도 확인이 가능함

○ (2-1-1)은 기존 Edge AIoT와의 차별성으로 데이터 정합성, 엣지-서버간 연계, 현장 제어 및 실행 등을 제시하고 있으나, 엣지-서버간 연계는 (4-2-1), 현장 제어 및 실행 등은 (4-1-1) 등의 연구개발 내용에 포함되어 있고, 데이터 정합성은 edge AIoT의 기본 방향으로서 (2-2-1)의 연구개발 내용에도 포함되어 있음

○ (2-2-1), (2-2-2), (3-4-1)은 기술적 분업화로 소명하고 있으나 데이터 스페이스 자체가 통합적 관리를 통한 종합적인 효율성 추구를 목적으로 하고 있고[123], (2-1-1)은 추가제출 자료 내용과 유사하여 기존 시스템과의 차별성이 드러나지 않음

- (2-2-1)의 밸류체인 전반을 관통하는 데이터 연동, 정합, 운영체계의 구축이 필요하다는 소명은 일부 인정될 수 있으나, 다수 제조벤더, 상이한 데이터 포맷 등의 통합과 같은 주요 문제[124]가 동 세부과제를 통해 어떻게 해결 가능한지에 대한 소명이 부족

※ 도메인별 세부과제에서는 단편적 데이터만을 수집하기 때문에 (2-2-1)이 실제로 모델 학습에 활용할 수 있는 수준의 데이터를 수집하는 과제라는 소명과 8개 공정의 데이터 수집이 독립 과제가 아닌 멀티도메인셋 구축과정이라는 소명(p132) 간 상충

※ 위탁개발에서 직접 개발로 변경한다는 소명은 본 조사에서의 쟁점과 거리가 있음

- (2-2-2)의 데이터스페이스는 데이터의 물리적인 저장소가 아닌 데이터의 공유를 통제하기 위한 인터페이스만을 제공하는 기술로서 보안 등의 관점에서 기술적 의미가 있을 수는 있으나, 동 세부사업 데이터스페이스의 핵심 기능(정책, 계약, 감사, 표준 검증)이 기존의 물리적 데이터 저장소에서 활용 가능한 기능을 사용하지 않고 별도로 개발되어야 하는 이유(전통적 데이터 공유 방식을 대체해야 하는 이유)에 대한 소명이 부족

---

121) 고장 데이터 부족, 낮은 정확도로 인한 신뢰성 부족, 높은 도입 비용 등

122) 항공 엔진 고장 전 정비 주기를 예측(Rolls-Royce), 반도체 공정 장비의 수율 하락을 사전에 방지(삼성전자 등), 풍력터빈의 예지 보전 수행(Siemens) 등

123) Data Space: A New Model for Integrating, Managing, and Sharing Heterogeneous Data from Multiple Sources, Xing Zhang et als. 09 May 2025

124) 가령 해외 장비 벤더의 데이터 자체를 장비 외부로 반출하지 못하는 상황 등

- (3-4-1)에서 데이터를 '플랫폼 수준에서 엔지니어링'하고 '실시간 운영'하는 기술이 별도의 R&D를 통해 개발해야 하는 필요성에 대해 충분한 소명이 제시되지 않음

※ Data Lake, Data Warehouse, Data Mart 솔루션들이 상용화되어 있는 상황임

○ (3-5-1)의 PINN-KG는 새로운 형태로 보이나 PINN 및 PI-LAM 가동을 위해 반드시 기존 기술로 구현 불가능한 새로운 KG가 필요한지, 동 사업에서 로봇 데이터를 위한 KG 정의가 어떤 의미가 있는지, Agent가 개발되는 상황에서 최적의 PINN을 찾아 매핑해 주는 역할이 KG에게도 요구되는 이유는 무엇인지 등에 대한 설명을 확인하기 어려움

- 로봇의 경험을 국가 표준자산으로 축적하는 것은 중요한 일이나, 동 사업에서 수집되는 대부분의 데이터가 장비 데이터이며 로봇 데이터가 부재하다는 점을 고려할 때 동 사업과의 연관성을 찾기 어려움

※ 3D Scene Graph나 Semantic Digital Twin 등과 physical AI에서의 학습 데이터와의 연관성, 지식 구조화를 위한 방법론인 MS의 GraphRAG가 physical AI 분야에서 활용된 글로벌 사례(글로벌 트렌드) 등이 확인되지 않음

○ (4-1-1) 및 (4-1-2)는 하드웨어 기반과 소프트웨어 기반으로 차이점을 설명하고 있으나 상호 공통되는 연구내용이 존재하며 동일 체계 하에서 연동·진행되어야 하는 구조이고 학습 프레임워크 및 파이프라인은 (3-3-1)에서도 다루고 있음

○ (4-3-1)의 소명으로 사업계획서에 언급되지 않았던 보안 레이어 'PAS-PINN'을 제시하고 기존 보안 솔루션의 layer 적용 제한을 설명하고 있으나, 신경망의 특정 레이어에 보안 레이어를 통합해야 하는 이유, PI-LAM 보안에 어떤 새로운 기능이 필요한지(기존 보안 솔루션의 적용이 불가능한 사유)와 5년 후 완성되는 AI 모델 아키텍쳐에 동 세부활동의 결과물이 적용 가능한지 불분명하며, 'PAS-PINN' 관련 성과지표도 제시되어 있지 않음

※ 세부과제들의 병렬적 수행 형태 고려 시, 동 세부과제의 개발 기술을 동 사업의 연구개발 초기부터 활용할 수 있는 방법이 불분명함

○ 세부과제의 기술 성숙도는 시스템 통합/검증, 실제 환경에서의 시스템 시험/검증이 가능한 수준인 TRL 7~8로 상향 조정하여야 함

□ 성능목표 수준을 최소 현재 해외 최고 수준 이상으로 보완한 세부과제 5건(1-1-2, 1-1-8, 2-1-1, 2-3-1, 4-3-1)에 대해서는 해당 쟁점에 대한 소명으로 인정함

○ 5년 후 성과물을 도출하는 R&D 사업으로서 본 조사 쟁점을 미반영(1-1-1, 1-1-3, 1-1-4, 1-1-7, 3-5-1, 4-1-1)하거나 쟁점과 관련성이 없는 성과지표 변경(3-2-1, 3-4-1) 소명은 불인정

□ 세부과제(1-1-5)의 성능목표 예측 레이턴시를 100ms에서 10ms로 수정하고 가동률 기여 지표를 보완(≥95%)하는 소명은 인정 가능하나, 그 외 소명은 충분한 근거가 제시

되지 않아 인정하기 어려움

○ 행동 분류 정확도 88%*(1-1-2)로 안정적인 운영이 가능하다는 소명은 단순 모니터링이 아닌 기계를 직접 움직이는 제어의 안정성 보장에는 적용되기 어려울 것으로 판단됨

* 8번 중 1번꼴로 AI가 행동을 잘못 판단하는 상태

- 소명의 인정 여부를 검토하기 위해서는 우선적으로 실제 인공지능이 처리하기 힘든 상황을 자동으로 판단하는 것이 가능한지에 대한 설명 필요(메타의 컨시어즈 서비스 운영 사례 등 고려)

○ 최소 응답시간 1초(2-2-2)의 대상을 '커넥터 계약 협상 응답 시간'으로 재정의하는 것은 단지 데이터 전달을 위한 절차에 한정될 뿐(데이터에 접근하는 시간) 전달되는 데이터가 실시간으로 정밀 제어하는 상태를 설명할 수는 없음

- 또한 동 사업에서 설명하는 PI-LAM은 학습된 모델이 환경에 따른 제어를 담당하는 구조로 활용되기 때문에 학습이 아닌 실제 운영 시 데이터 스페이스를 통해서 각각의 기관에 분산 저장된 데이터를 사용할 이유가 없는 것으로 보임
- 응답시간을 계약 협상으로 정의한다면 모든 제어 과제에 폐루프 제어에 대한 응답시간이 반드시 포함되어야 함

○ 추론속도 500ms(3-5-1)가 제어주기가 아닌 인지/판단 시간이라는 소명이나, 상위 인지판단에서 500ms가 소요되면 시스템의 전체 반응 속도는 결국 500ms에 종속되는 상황이 초래됨

○ 과업성공률 85%(3-3-1)이 업무자동화(무개입 완수율) 지표이고 초정밀 제어 타당성은 별도 검증한다는 소명이나, 초정밀 특화 물리지능행동모델의 복합 과업이 업무자동화로 보기 어렵고 별도 검증한다는 정밀오차, 제약위반율, 안정정지율 등은 성능목표로 설정되어 있지 않음

□ 순수R&D로 세부과제 구성을 설명하였음에도 연구개발 요소보다는 현지 공장의 DX, AX를 위한 시설 및 장비 보급 성격이 매우 높은 세부활동이나 기존 상용 기술 활용(상용 디바이스 구매)으로 해당 과제의 수행 목적이 달성 가능한 세부활동 등은 지역균형발전 목적의 비R&D과제를 통한 추진을 검토하는 것이 바람직함

라. 정책의 일관성 및 추진체제

[주관부처 소명자료]

□ 동 사업은 한국형 ARPA-H와 달리 기존의 수동적 보조에서 벗어나 경조직 수술을 직접 수행하는 초정밀 능동형 수술 실행이 목표

○ 실제 수술 상황을 인지하고 자율적으로 판단하는 지능형 피지컬 AI 체계를 구축한다는 점에서 차별화

<표 6-5> 한국형 ARPA-H와 동 사업 비교

구분	한국형 ARPA-H(PAIR-S 등)	동 사업 Physical AI기반 지율수술로봇
사업성격	• 고위험·고성과 탐색형 (실험/실패 허용)	• 임상 실증 중심 실행형 (현장 정착)
연구목적	• 휴머노이드 보조자(일손 돕기) 개발	• 초정밀 능동형 경조직 수술 시스템 확보
지원분야	• 연부 조직(장기 등) / 범용 플랫폼	• 경조직(뼈) 및 신경 접합부 특화
지원범위	• 기술 개념 실험 및 규제 가능성 탐색	• 임상 실증 및 현행 인허가 체계 연계
H/W형태	• 이동형 양팔 휴머노이드	• 고정밀/고강성 수술용 매니퓰레이터
핵심기술	• 맥락 파악 및 도구 전달(Vision AI)	• 물리지능(PINN) 기반 예후 예측/코칭
기대효과	• 의료진 소통 및 업무 부하 경감	• 수술 정밀도 향상 및 자율 수술 실현

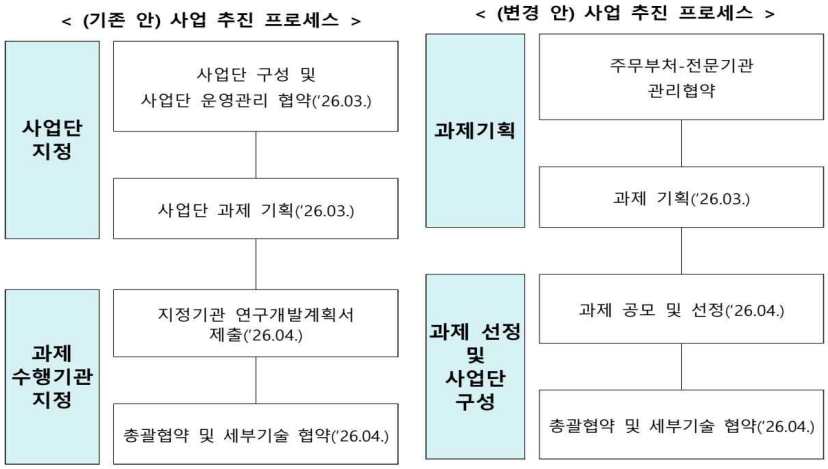
출처: 소명자료

□ 동 사업 세부기술이 우리나라 정밀제어 부분 AI 수요를 대표할 수 있는지 검증하기 위하여 기업 대상 수요 확인 조사 진행

○ 정밀제조 수요기업을 156개를 대상으로 동 사업 세부기술이 산업현장의 실질적 수요를 충족함을 확인

□ 사업단, 주요 추진주체 등의 사전 지정 형태는 총괄 과제 및 사업 추진이 가능한 기관을 공모로 선정하는 구조로 변경

○ 민간부담 조달 가능성을 높이기 위해 총 159개 기업으로부터 총 2,406.3억 원의 투자의사금액 추가 제시



[그림 6-1] 사업추진체계 변경

출처: 소명자료

[소명자료 검토]

□ 본 조사에서 준용하는 예비타당성조사의 중복 정의는 '중앙행정기관에서 의도하는 효과를 얻기 위하여 국가연구개발사업의 수혜자에게 실질적인 지원체계(전달체계)가 갖추어진 유사한 구조가 존재하는지 여부'를 의미[125]하므로, 동 사업 '수술보조로봇' 부문은 사업의 효과 및 지원대상 측면에서 한국형 ARPA-H 사업과 중복이 존재하는 것으로 판단

○ 그 외 소명자료 내용 중 동 사업 의료부문과 ARPA-H 사업 및 현존 기술 간 '수술보조로봇' 개발, '의료진 소통 및 업무 부하 경감' 기대효과, '미세떨림 정밀 제어' 및 '자동 봉합', '디지털 트윈' 기능 등 공통된 사항이 식별됨[126]

○ 소명자료에서 자율수술로봇을 설명하고 있으나, 세부과제에서 '자율수술' 관련 성과지표가 확인되지 않고, 5년 후 제품화 가능성에 대한 인허가 분석 등이 부재함

○ 초정밀 제어 부문 범용 PI-LAM과 이질적 내용임(2차 실무회의)

□ 사후적인 추가 보완 조사로 기존 수요 조사의 절차적 타당성이 확보될 수 없으므로, 해당 소명을 인정하기 어려움

○ 그 외 수행한 조사는 표본의 대표성 및 조사방법의 적절성을 판단할 수 있는 설명이 제시되지 않았고, 정밀제어 수요기업 대상 조사로 설명되었으나 다수의 솔루션 공급업체 및 대학이 조사대상에 포함

※ 156건 조사 중 모든 문항에 만점을 준 사례가 71개

□ 소명과 같이 사업단 및 주요 추진 주체를 경쟁 공모(대학, 연구소, 기업 등 모든 형태에 적용)를 통해 선정하기 위해서는 사업계획서 원안에 내포된 특정성을 완전히 배제할 수 있도록 공모 형식 및 내용을 구성하고 선정 평가 절차를 진행하여야 함

○ 역량을 갖춘 불특정 다수가 동 사업 공모 절차에 참여할 수 있도록 전국 단위의 충분한 홍보 및 공고가 진행되어야 하고, 공고 내용 및 세부과제 RFP가 특정성을 내포하지 않도록 세부과제 총괄 목표 및 주요 성능지표 중심으로 구성하여야 하며, 선정 평가 절차도 동일 맥락에서 진행이 되어야 함

125) 예비타당성조사의 중복 정의

평가항목	의의	검토사항
사업의 효과	사업의 세부 목표	세부목표의 지향점, 대상기간, 사업 산출물의 수혜집단 등에 대한 동일·유사성
지원대상	주관연구기관	예상되는 주관기관의 범위 특정, 지원자격 및 선정기준의 구체화

* 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, 2018

126) 2025년도 제1차 한국형 ARPA-H 프로젝트 신규지원 대상과제 통합 공고문, 통합공고 안내서, 대상과제 RFP, 프로젝트 개념 설명서 등과 Medical IP, 코어라인 소프트, MUSA, 다빈치 등 자료 참조

※ 사업계획서의 특정 주체 직접 언급을 포함, 공모 문구 및 선정 평가 절차에서 특정 주체를 추정할 수 있는 내용(특정 연구 실적, 특정 보유 기술 및 제품, 특정 시설 및 장비, 특정 국내외 업체와의 관계 등)을 완전하게 배제하여야 함

- 지역사업 취지 상 제조 데이터 취합 대상은 경남지역 소재 공장으로 한다는 계획은 인정하더라도, 이를 포함한 모든 사업 추진 주체의 선정은 복수의 주체를 대상으로 공정 경쟁에 기반한 공모(사업단 포함)가 이루어질 수 있도록 면밀한 계획을 수립하고 객관적 검증을 받아야 함
- 특히 사업계획서에서 언급한 PI-LAM 최초 개발 관점에서, 개발 과정에서의 불확실성을 최소화하기 위해서는 'LAM의 자체 개발 역량 보유'를 객관적으로 확인할 수 있는 국내 주체를 사업단 공모 대상으로 할 필요가 있음

※ 특수성을 완전히 배제한 공정 경쟁 절차를 통해 동 사업 세부과제 구성 과정에서의 폐쇄성으로 인한 문제가 부분적으로라도 보완될 필요가 있음

○ 공모 형태로의 변경 소명 외 사업단을 총괄 과제 형태로 변경한다는 소명을 검토하고자 하였으나 해당 쟁점 해소와 연계된 설명이 제시되지 않아 적절성 여부를 판단할 수 없음

- 소명자료에는 해당 쟁점의 해소를 위해 사업추진 프로세스를 변경해야 하는 이유와 사업단 구조 대비 총괄 과제 형태 도입의 효과 등에 대한 설명이 부재함
- 총괄과제 형태를 도입한다고 하더라도 동 사업계획서에 내포된 특정성이 완전히 배제되지 않는 한 관련 쟁점을 해소하기 어려울 것으로 판단됨

○ 민간의 추가 투자의사 자료는 사업계획서 원안의 민간부담 조달 가능성의 불확실성을 감소시킬 수 있는 소명으로 인정될 수 있음

제 3 절 주관부처 2차 소명자료에 대한 검토 결과[127]

[주관부처 2차 소명][128]

가. 과제조정 및 보완사항

□ (세부과제 제외) 의료로봇 초정밀 제어, 인력양성 등 4개 과제 (△1,365억 원)

○ 의료특화 초정밀 제어 관련 과제(3개) 제외(△1,335억 원)

○ 비R&D등으로 지적된 2-4-1(탄소 관리·추적·인증 기술개발 제외 (△30억 원)

□ (세부과제 통합) 세부과제 간 기술범위 경계 및 역할 구분 불분명 지적에 대하여 과제 간 연계 구조를 재검토하여 통합 조정 (6개 → 2개 과제)

○ ①대·중견·중소 제조기업內 제조현장 OT/IT 데이터 연동·수집기술 R&D와 ②클라우드 기반의 데이터 통합플랫폼 R&D과제로 통합

<표 6-6> 2차 소명자료에서의 세부과제 통합

현재		추가 소명	
세부과제	예산(억 원)	세부과제명	예산(억 원)
2.2.1 밸류체인 데이터 연동 * 기존 OPC-UA·MQTT표준대비 기술적 고유성 부족	154.0	2.2.1 공정데이터 파이프라인	366.1
4.2.1 공정데이터 파이프라인	212.1		
2.2.2 데이터 스페이스 * 과제 간 데이터 아키텍처·플랫폼 기술범위 경계 불분명	22.1	3.4.1 통합운영 플랫폼	1,195.3
3.1.1 데이터 품질관리 * 과제 간 데이터 아키텍처·플랫폼 기술범위 경계 불분명	828.1		
3.4.1 통합운영 플랫폼 * 과제 간 데이터 아키텍처·플랫폼 기술범위 경계 불분명	280.2		
4.3.1 보안기술체계	64.9		

출처: 2차 소명자료

127) 본 적정성검토 도출 대안과 직접적으로 관련이 있는 주요 2차 소명을 중심으로, 주관부처 제출 양식을 고려하여 작성

128) 사업계획 변경 여부에 대한 혁신본부 소관부서와의 협의가 완료되지 않은 2차 소명자료를 제출(2026.3.10)하였으나, 혁신본부 조정관실(타심팀, KISTEP 부원장실 등) 업무 협의 후 사업계획 변경에 해당하지 않는 것으로 해석(2026..4.6)하여 조사진에 통보

□ (세부과제 내역 조정) 타 과제와 중복 소지, 과다 예산 산정, 내역 필요성 불인정 등의 지적이 있는 세부과제에 대하여 해당 내역 감액 조정(△857.2억 원)

<표 6-7> 2차 소명자료에서의 세부과제 내역 조정

세부과제	예산(억 원)		조정사유 및 내역
	현행	조정	
1.2.1 양방향제어 DT * 3.3.1, 3.4.1과제 중복 소지	359.9	140.0 (△219.9)	○ 과제 중복내역 제거
3.2.1 합성데이터 생성 * 도전성 부족·비R&D 성격·인력투입 과다 불인정	575.1	75.0 (△500.1)	○ 과제 범위 축소 조정 (가상시나리오 생성 물량 조정) : 300종 → 40종
6.1.1 글로벌 표준화 * 인력양성 중복	344.9	207.7 (△137.2)	○ 인력양성 내역 삭제

출처: 2차 소명자료 수정

□ (세부과제 내 소과제 추가) 제조분야(뿌리공정) 중심으로 사업목적 달성을 위한 세부과제 내 소과제 추가 제시 (+2,068.5 억 원)

<표 6-8> 2차 소명자료에서의 세부과제 내 소과제 추가

(단위: 억 원)

세부과제	보완 내용	예산	과제 주요내용	KISTEP 지적 항목
4.1.1. Co-Working 테스트베드	AX모델 학습을 위한 NPU-GPU 혼성 클러스터 구축	300	학습은 GPU, 대규모 추론은 NPU로 분담하는 NPU-GPU 혼성 클러스터를 구축하여 경량화된 AI 파운데이션 모델의 확산, Sim-to-Real 격차를 구조적으로 최소화	①GPU 구매 부적절 ②Sovereign AI 모순 ③빅테크 의존 비용 불인정
	정밀제어 실증을 위한 공정 셀 및 로봇 테스트베드 구축	250	LAM의 정밀 제어 및 행동 생성 성능을 실제 제조 환경에서 검증하기 위해, '부품 제조 공정 셀+로봇+AMR'을 결합한 Sim2Real 검증 인프라 구축	①TRL 4→7~8 달성 ②고가장비 차별성 입증 ③글로벌 실증 대신 국내 완결 실증
2.1.1. Edge AIoT 기술 개발	PINN기반 제조솔루션 및 물리지능강화센서 개발	150	고노이즈 현장 데이터 한계를 극복하고 중소기업도 쉽게 접근 가능한 Small Data 기반 물리지능 강화 센서("메카노 인텔리전스") 개발	①고가장비 차별성 ②데이터 수집 비효율 ③산업 생태계 취약
2.2.1. 밸류체인내 제조사 연동 체계 구축	제조 AI 솔루션 확산 프로그램 추진	100	단일 데모를 넘어선 중소·중견기업 50개사 PINN-World Model-LAM 적용 확산 프로그램 운영	①인력양성 과제 대체 ②소스코드 운영 계획 ③산업 생태계 취약

출처: 2차 소명자료

□ (신규 세부과제 추가) 수요대비 데이터 부족(소성가공, 열처리, 표면처리, 첨단용접), 외산 의존(산업용 로봇) 뿌리공정을 중심으로 제조분야 PI-LAM 실증 수요 추가 보완

<표 6-9> 2차 소명자료에서의 세부과제 추가

세부사업명		세부과제명	예산	데이터 수집·실증 대상공정
1.1.1 데이터 수집·활용	현재	1.1.1. CNC초정밀가공	98.0	정밀가공(절삭), 조립(로봇) 공정
		1.1.2. EWP조립	98.0	프레스, 열처리, 조립·품질검사·이송/포장(로봇) 공정
		1.1.3. 고무 압출·사출	98.0	압출, 사출성형 공정
		1.1.4. 자동차부품 경량화	98.0	용접/접합, 사출, 절삭가공, 조립(로봇) 공정
		1.1.5. 플라스틱 사출	97.5	금형, 사출, 절삭, 조립(로봇) 공정
		1.1.6. 안전벨트 제조공정	98.0	소성가공(보더링), 절삭가공(압입), 조립·품질시험(로봇) 공정
		1.1.7. 스마트 액츄에이터	98.1	용접/접합, 표면살장, 정밀가공(절삭), 조립·품질검사(로봇) 공정
		1.1.8. Cooler+WCAC	97.9	용접/접합, 표면처리, 프레스, 절삭가공(압입)
	추가	1.1.9. 제강&압연공정	200.0	소성가공, 열처리 및 제강 공정
		1.1.10. 곡블럭 용접	175.0	첨단화·지능화 용접공정
		1.1.11. 중량물 용접&조립	193.0	중량물 용접, 조립(로봇) 공정
		1.1.12. 스탬핑&전해도금	88.5	소성가공(스탬핑), 표면처리(전해도금) 공정
		1.1.13. 산업용 로봇	125.0	산업용 로봇
3.3.1		3.3.1. 물리지능행동모델	487.0	세부과제 1.1.9~1.1.13에 대한 물리지능행동모델 R&D 수요 추가

출처: 2차 소명자료

□ (검토사항 내용 보완) 성과 목표, 기술개발수준(TRL), 과제내용 구체성 부족 등 세부과제별 지적 내용에 대하여 세부과제별 RFP를 수정·보완

<표 6-10> 2차 소명자료에서의 세부과제 내 소과제 추가

세부과제	KISTEP 검토 내용	RFP 보완내용
1-1-1. CNC 초정밀 가공	5년후 목표가 현 해외 수준 이하. 제어 성공률 95% 초정밀 제어 기준 부적합	TRL 조정 : (종료)4단계 → 7단계, PINN 동적 적응 제어 성공률 98% 이상목표 상향: “정적 정밀도” → “공정 변화 대응 동적 제어”지표 전환.
1-1-2. EWP 조립	행동 분류 정확도 88% → 제어 안정성 보장 불가	성능 목표를 해외 최고 수준 이상으로 구체적 수치와 함께 상향(융합데이터 정합률 92%→95%, PINN 예측 오차율 8%→5%, 응답속도 2초→1초), 테스트베드 EWP 공정 셀(65억 내 포함)에서 외란 주입 검증 계획 연계. 현장 데이터 파이프라인과 연동하여 지속학습 체계 구축
1-1-3. 고무 압출·사출	성능목표 도전성 미흡 R&D 요소 미흡. 보급·운영 비중 과다	TRL 조정 : (종료)4단계 → 7단계, 소량 데이터 (일반 AI 1/10) 학습 효율 목표신규 설정, 고무 공정 물리방정식 모델 신규 개발 요소 명시화. 물리지능 강화 센서와 연계하여 R&D 성격 강화

세부과제	KISTEP 검토 내용	RFP 보완내용
1-1-4. 자동차 부품 경량화	성능목표 도전성 미흡	TRL 조정 : (종료)4단계 → 7단계, 전이학습 성공률(타 소재·공정 적용) 80% 이상 신규 목표 추가. OOD 정확도 90% 이상 목표 추가
1-1-5. 플라스틱 사출	예측 레이턴시 100ms → 초정밀 제어에 부적합	레이턴시 100ms→10ms 수정, 가동률 지표 보완, NPU 혼성 클러스터의 엣지 추론으로 10ms 달성 기술적 근거 명시
1-1-6. 안전벨트 제조공정	핵심기술(PINN/LAM)과의 연관성 부족	소성가공(보더링), 절삭가공(압입) 등 적용대상공정에 대한 물리적 지배방정식(동역학적 마찰, 스프링 장력의 비선형적 변화 등) 적용 필요성 설명 및 성과지표 상향 등 전면개선
1-1-7. 스마트 액츄에이터	성능목표 해외 수준 이하	측정 정밀도 기존 대비 50% 향상목표 신규 설정. 센서 개발과 액츄에이터 제어 성능 연계 효과 수치화
1-1-8. Cooler+ WCAC	성능목표 도전성 부족	99% 수준으로 대폭 상향하여 해외 최고 수준 이상임을 입증(PINN 예측 정확도 92%→99%, 디지털트윈 동기화율 90%→99%)
2-1-1. Edge AIoT	성능목표 도전성 부족	처리 속도 2배, 동기화 정확도 2배 향상으로 해외 최고 수준 이상 달성 근거 제시(데이터 처리속도 400→800kbps, 시간 동기화 10ms→5ms), NPU 혼성 클러스터 엣지 서버와 연계하여 처리 속도 추가 향상 가능성 병기
2-2-1. 데이터 연동	기존 시스템 차별성 부족	OT-IT 통합 PINN 전용 데이터 프로토콜 신규 개발 과제로 재설계. 데이터 파이프라인 R&D 과제와 통합하여 기술 고유성 확보
2-2-2. 데이터 스페이스	응동시간 1초 → 정밀제어 부적합	지표 전면 교체 : “데이터 주권 보호 하 실시간 공유 처리속도 10ms 이내” 기술 직결 지표로 전환
2-3-1. 에너지 최적화	탄소 산정 정확도 낮음	탐지·반응 모두 대폭 단축하여 해외 최고 수준 이상으로의 명확한 수치 상향탐지시간 30분→18분, 반응시간 4시간→15분제조 OT 보안에 물리법칙 기반 이상탐지 알고리즘 연계. 제로트러스트 아키텍처 적용 계획 추가
3-2-1. 합성데이터 생성	도전성 부족·비R&D 성격	GAN 기반 합성 데이터 생성방식의 구조적 한계 제시, PINN 기반 물리 제약 합성 데이터 생성 알고리즘 개발을 통한 물리 정합성 및 성능확보
3-3-1. 학습 프레임워크	과업성공률 85% → 정밀제어 타당성 지표로 부족	PINN-World Model-LAM 의 통합 구조의 역할 정의 및 기술 정합성 제시, 과업의 세부 단계별 목표 (5단계 시점 성능 지표 99% 달성) 변경
3-4-1. 통합 플랫폼	지표 도전성 부족	3-4-1만의 고유기능(Drift-CT·주권공유·동기화등)을 ‘기술직결KPI’로 재설계 및 목표치 상향
3-5-1. KG Registry	추론속도 500ms → 시스템 병목 유발. 도전성 부족	NPU 온디바이스 추론 50ms 이내 목표 대폭 상향.
4-1-1. 테스트베드	성능목표 낮음. 기술개발 요소 부족	정밀제어 실증 테스트베드로 업그레이드 : 세계 최초 PINN-LAM 통합 검증 인프라로 재정의
6-1-1 글로벌 표준화	R&D 직접 관련성 낮음	“물리지능 행동 표준 모델(PhysLAM Standard) 개발” 과제로 재설계. ISO TC 184 기여 논문·특허 성과 의무화.

출처: 2차 소명자료

※ 2차 소명자료에서의 세부과제 보완사항 및 조정내역 종합

<표 6-11> 2차 소명자료에서의 세부과제 조정 내역

(단위: 억 원)

세부사업		현재		조정(안)			비고
		세부과제	예산	세부과제	예산	증감	
1. 데이터 수집 활용 체계 기술 개발	1.1 데이터 수집·활용	1.1.1. CNC 초정밀가공	98.0	1.1.1. CNC초정밀가공	98.0	0.0	
		1.1.2. EWP조립	98.0	1.1.2. EWP조립	98.0	0.0	
		1.1.3. 고무 압출·사출	98.0	1.1.3. 고무 압출·사출	98.0	0.0	
		1.1.4. 자동차부품 경량화	98.0	1.1.4. 자동차부품 경량화	98.0	0.0	
		1.1.5. 플라스틱 사출	97.5	1.1.5. 플라스틱 사출	97.5	0.0	
		1.1.6. 안전벨트 제조공정	98.0	1.1.6. 안전벨트 제조공정	98.0	0.0	
		1.1.7. 스마트 액츄에이터	98.1	1.1.7. 스마트 액츄에이터	98.1	0.0	
		1.1.8. Cooler+WCAC	97.9	1.1.8. Cooler+WCAC	97.9	0.0	
		1.1.9. 의료로봇 초정밀제어	108.0	(삭제)	-	△108.0	ARPA-H 중복
		(추가)		1.1.9. 제강&압연공정	200.0	200.0	다양한 제조공정 특성 반영을 위해 추가수요 제기
		(추가)		1.1.10. 곡블럭 용접	175.0	175.0	
		(추가)		1.1.11. 중량물 용접&조립	193.0	193.0	
		(추가)		1.1.12. 스탬핑&전해도금	88.5	88.5	
		(추가)		1.1.13. 공정로봇	125.0	125.0	
	1.2	1.2.1. 양방향제어 DT	359.9	1.2.1. 양방향제어 DT	140.0	△219.9	과제 중복성 제거 (3.3.1, 3.4.1)
	2.1	2.1.1. Edge AIoT	173.0	2.1.1. Edge AIoT	323.0	150.0	강화센서(150억 원)
	2.2 데이터 연동·공유	2.2.1. 밸류체인 연동	154.0	2.2.1. 공정데이터 파이프라인	466.1	312.1	과제 4.2.1 통합, 제조 확산과제 (+100억 원)
		2.2.2. 데이터 스페이스	22.1	(삭제)	-	△22.1	과제 3.4.1로 이관
	2.3	2.3.1. 에너지 최적화	73.0	2.3.1. 에너지 최적화	73.0	0.0	
	2.4	2.4.1. 탄소 추적·인증	30.0	(삭제)	-	△30.0	비R&D과제
1세부사업 소계			1,703.5		2,567.1	863.6	
2. 물리 지능 행동 모델 원천 기술 개발	3.1	3.1.1. 데이터 품질관리	828.1	(삭제)	0.0	△828.1	과제 3.4.1로 이관
	3.2	3.2.1. 합성데이터 생성	575.1	3.2.1. 합성데이터 생성	75.0	△500.1	시나리오 생성 : 300종 → 40종
	3.3	3.3.1. 물리지능행동모델	3,484.0	3.3.1. 물리지능행동모델	3,971.0	487.0	1세부 제조 추가수요에 대응한 기술수요 반영
	3.4	3.4.1. 데이터통합운영플랫폼	280.2	3.4.1 데이터통합운영플랫폼	1,195.3	915.1	과제 2.2.2, 3.1.1, 4.3.1 통합
	3.5	3.5.1. KG Registry	414.0	3.5.1. KG Registry	414.0	0.0	
	4.1	4.1.1. Co-Work테스트베드	620.0	4.1.1. Co-Work테스트베드	1,170.0	550.0	공정셀(+250억원) NPU-GPU(+300억원)
	4.2	4.2.1. 데이터 파이프라인	212.1	(삭제)	-	△212.1	과제 2-2-1로 이관
	4.3	4.3.1. 보안 기술체계	64.9	(삭제)	-	△64.9	과제 3.4.1로 이관
	5.1	5.1.1. 초정밀 의료로봇	960.2	(삭제)	-	△960.2	ARPA-H 중복
	5.2	5.2.1. 의료특화 핵심기술	267.0	(삭제)	-	△267.0	ARPA-H 중복
2세부사업 소계			7,705.6		6,825.3	△880.3	

세부사업		현재		조정(안)			비고
		세부과제	예산	세부과제	예산	증감	
3	6.1	6.1.1. 글로벌 표준화	344.9	6.1.1. 글로벌 표준화	207.7	△137.2	인력양성 삭제
	6.2	6.2.1. 사업단 운영	246.0	6.2.1. 사업단 운영	246.0	0.0	
3세부사업 소계			590.9		453.7	△137.2	
전체 합계			10,000		9,846.1	△153.9	

출처: 2차 소명자료

나. 글로벌 빅테크 미참여에 따른 민자조달방안

□ (인건비) 물리지능행동모델 개발과제를 위한 총인건비(1,231.8 억 원)에 대해 국내 AI기업·연구기관 등의 법적 부담액을 통하여 민자조달

<표 6-12> 물리지능행동모델 세부과제의 인건비 내역

(단위: 억 원)

연도	2026	2027	2028	2029	2030	합계
인건비	71.2	293.7	293.4	291.0	282.5	1,231.8

출처: 2차 소명자료

□ (AI 가속기 현물) 민간 클라우드사 참여를 통해 GPU 자원 부담*(연간 200억, 총 1천억 원)

* 사업참여희망 클라우드 기업의 참여의향서 기준, 글로벌 하이퍼스케일러 예상액 대비 100% 수준

<표 6-13> 당초 글로벌 하이퍼스케일러 예상 현물 내역

연도	글로벌 하이퍼스케일러 AI 가속기 사용료	H100 환산연산량 (GPU-Hour)	NVIDIA H100 사용료($)	예상금액(KRW, (환율 1,400원기준)	DGX B300 환산대수 (연간)
2026	3.24 USD × 543.4만chip-hour = 246.8억원	5,430,000 × 0.8 = 4,344,000	$13,888,000	194.4억	69대 (GPU 552개)
2027	3.24 USD × 474.7만chip-hour = 215.6억원	4,750,000 × 0.8 = 3,800,000	$12,160,000	170.2억	60대 (GPU 480개)
2028	3.24 USD × 472.9만chip-hour = 215.1억원	4,730,000 × 0.8 = 3,784,000	$12,096,000	169.3억	60대 (GPU 480개)
2029	3.24 USD × 485.7만chip-hour = 220.5억원	4,860,000 × 0.8 = 3,888,000	$12,448,000	174.3억	62대 (GPU 496개)
2030	3.24 USD × 497.3만chip-hour = 226.2억원	4,970,000 × 0.8 = 3,976,000	$12,736,000	178.3억	63대 (GPU 504개)

출처: 2차 소명자료

○ (AI 가속기 대체에 따른 GPU 사용량 산정 근거)

Provider	SKU / Instance	On-Demand $/GPU-hr*	Notes
AWS (p5e.48xlarge)	8× H200 141GB	$4.33 (1-day minimum)	Capacity-Blocks pricing is minimum of 1 day; divide $34.608 by 8 (Amazon Web Services, Inc.)
Azure (Standard ND96isr H200 v5)	8× H200	$10.60	Calculator price $84.8 /hr total (Public Cloud Reference)
Google Cloud	A3 H200 (on-demand)	TBA	Google lists H200 only as Spot for now; on-demand not yet published (Jarvislabs.ai Docs)
Oracle Cloud (BM.GPU.H200.8)	8× H200	$10.00	Bare-metal node, $80 /hr total (Oracle)
Lambda Cloud (HGX H200)	1× H200	$3.79	Minute-billed, no commitment (Lambda)
CoreWeave (8 × H200)	8× H200	$6.31	$50.44 /hr node / 8 GPUs (ionstream.ai)
RunPod (8 × H200)	8× H200	$3.99	$31.92 /hr node / 8 GPUs (ionstream.ai)
Jarvislabs	1× H200	$3.80	Single-GPU VM, pay-as-you-go (Jarvislabs.ai Docs)
Vast.ai	Marketplace	≈ $2.43	Lowest current host listing (GetDeploying)

[그림 6-2] 해외 서비스별 H200 사용료

출처: 2차 소명자료

<표 6-14> GPU 사용료 산정 내역

구분	GPU 수량 (H200 기준)	운영개월	계산식	연간비용 (한화 / 억 원)
1차년(7개월)	498	7	498*12*6,186,750	215.7
2차년(12개월)	290	12	290*12*6,186,750	215.3
3차년(12개월)	254	12	254*12*6,186,750	188.5
4차년(12개월)	253	12	253*12*6,186,750	187.8
5차년(12개월)	260	12	260*12*6,186,750	193.0
합계				1,000.3

* 6,186,750원 = (A) 시간당 단가 × (B) 월평균 가동 시간
* 시간당 단가: 8,475원(환율 1,500원/$적용)
  - NVIDIAH200클라우드 GPU 1장의 평균 임차료인 $5.65/hour를 기준으로 환산 ($5.65 x 1,500(원) = 8,475(원))
* 월평균 가동 시간:730시간
  - 1년(365일)을 24시간 가동한 후 12개월로 나눈 평균치 (365일x 24시간 ÷ 12개월 ≒730시간)
* (연산량) 연간 2.2M~2.5M GPU-Hour / 5개년 총 11.8M GPU-Hour 규모

출처: 2차 소명자료

다. GPU 예산 반영 요청

□ (국가 자원 우선 활용 리스크 대응) 국가 AI 컴퓨팅 인프라 활용 필요성과 중복 투자에 대한 적검 지적에 따라, 해당 수요 반영을 우선 고려하고 있으나, 이는 2026년에 한정한 수요이며 자원 배정규모, 장기 지속 투자 등 GPU 자원 배분 불안정성 해소 필요

○ 동 사업 예산 규모 내에서 데이터 수집·AI 모델 개발을 위한 GPU 자원 예산을 반영하되, 중복 투자 우려 해소를 위하여 **국가** AI 컴퓨팅 인프라에서 GPU 자원 확보 시 부처에서 해당 예산을 제외하고 집행토록 설계 요청

○ (GPU 자원 산정 근거) 본사업 전 PoC 사업(PINN 모델 제조 융합데이터 수집·실증('25년))을 기준*으로 26년 수집될 데이터양과 AI 모델 학습데이터를 산정하고, 필요 GPU 자원 배분

* PoC 사업 데이터 수집 기반 구축 후 2개월 간 수집된 총 데이터는 294TB이며, 월 147TB 수준(기업데이터 2TB, 공정데이터 36TB, 액션데이터 109TB)

- (데이터 수집·활용 데이터) 1.02PB(월 147TB × 7개월)

* 5개 수요공정 추가 시, 8개 공정 -> 13개 공정으로 62.5% 증가하여 데이터 수집·활용되는 데이터량을 산정

- (물리지능행동모델 구현) 600TB(1.02PB의 60% 수준*)

* 최근 대규모 멀티모달 학습 동향(LAION, WebLI 사례)에 따라 원천 데이터의 노이즈 제거 및 유사도 기반 필터링(Quality Filtering) 시 약 40~60%의 고품질 데이터 발생기준이며, 학습 효율 극대화를 위해 60%를 최종 학습셋으로 가정

<표 6-15> 국가프로젝트 내 수요반영 GPU 및 연간 수집 데이터량

연도	국가프로젝트 내 수요 반영(B200 기준)		개월	수집 데이터량(PB)	
	서버수	장수		기존	추가과제포함
2026	4	32	7	1.02	1.63
2027	16	128	12	2.28	3.08
2028	28	224	12	3	3.22
2029	33	264	12	3.2	3.36
2030	33	264	12	3.2	3.36
합계	33	264	55	12.7	14.65

출처: 2차 소명자료

라. NPU-GPU 혼성 클러스터 구축

□ (GPU-NPU 혼성 클러스터 구축 필요성) 제조산업에 적용하기 위한 특화 AI 모델 개발 시 효율적인 학습·추론 환경 구축 및 Sim-to-Real Gap을 최소화하고, 효과적인 대규모 확산 기반 마련을 위한'GPU-NPU 혼성 클러스터'구축 예산 반영 요청

○ (구축 방향) GB200 기반 대규모 사전학습 인프라와 RTX 기반 실험·강화학습 환경을 결합한 이종 클러스터를 구축하고, 이후 NPU를 통합하여 "학습(GB200) - 실험·튜닝(RTX) - 실시간 추론·엣지 배포(NPU)"로 역할을 분담하는 3계층 AI 인프라를 구축함으로써, 대규모 모델 학습부터 로봇·제조 현장 배포까지 연결되는 전주기 AI 인프라 체계 실현

<표 6-16> 단계별 구축전략

구분	1단계 GB200 - RTX 이종 클러스터 구축	2단계 GB200 - RTX - NPU 통합 클러스터 고도화
목표	GB200 기반 대규모 사전학습·풀파인튜닝 인프라와 RTX 기반 실험·강화학습·시뮬레이션 워크로드를 분리·연동하는 이종 클러스터 구축	기존 GPU 클러스터에 NPU(온디바이스·저전력 추론 가속)를 통합하여 학습 - 추론 - 배포까지 아우르는 전주기 AI 인프라 체계 구축
전략	Large Action Model(LLM/VLM/VLA) 학습은 GB200에서 수행하고, 강화학습·데이터 생성·경량 모델 실험은 RTX 풀에서 처리하여 비용·효율성과 자원 활용도 확보	대규모 사전학습은 GB200, 실험·튜닝·강화학습은 RTX, 실시간 추론·로봇 엣지 배포는 NPU로 역할을 분담하는 3계층 구조 확립
역할 구조	GB200: 대규모 사전학습 및 풀파인튜닝 RTX: 강화학습, 데이터 생성, 시뮬레이션 및 실험	GB200: 대규모 모델 학습 RTX: 실험·튜닝·강화학습 NPU: 실시간 추론 및 엣지 배포
기대 효과	대형 모델 연구 역량 확보와 동시에 PINN+RL·VLA 실험을 유연하게 운영할 수 있는 실전형 학습 인프라 기반 마련	RFM/VLA 모델의 대규모 학습부터 실시간 로봇 배포까지 연결되는 국가 수준의 휴머노이드 AI 데이터·모델 허브로 확장 가능

출처: 2차 소명자료

□ 구축 규모 산정 결과

○ 해당 인프라는 GPU-NPU 이기종 강화학습 클러스터 기반 AI 학습 인프라로 구축되며 World Model 학습, LAM 학습, 제조 로봇 행동 모델 개발, 엣지 AI 모델 실증을 동시에 지원하는 통합 AI 데이터센터형 인프라로 활용됨

<표 6-17> NPU-GPU 규모 산정 내역

구분	규모	비고
학습용 서버향 GPU (GB200)	80개 (서버 10대)	5랙 - 75kW
혼합형 롤아웃 GPU+NPU (RTX PRO 6000+NPU)	80개+160개=240개 (서버 40대)	14랙 - 210kW
실증 및 운영 예비 GPU+NPU (RTX PRO 6000+NPU)	12개+24개=36개 (서버 6대)	2랙 - 30kW (예비율 11.25%)
총 GPU+NPU	172+184개 (서버 56대)	21랙 (315kW)

출처: 2차 소명자료

마. PI-LAM 개발 가능성 : LAM 정의 및 작동시나리오, 구현전략

□ NVIDIA가 'GR00T'로 범용 로봇을 제어하듯, 동 사업은 '제조 공정'에 특화된 PI-LAM 개발이 목표

○ 1단계 (2026~2027) : 경남 실증 공장(압연, 용접, 사출 등)에서 PINN 모델 개발 및 데이터 수집 → 고품질 합성 데이터 생성

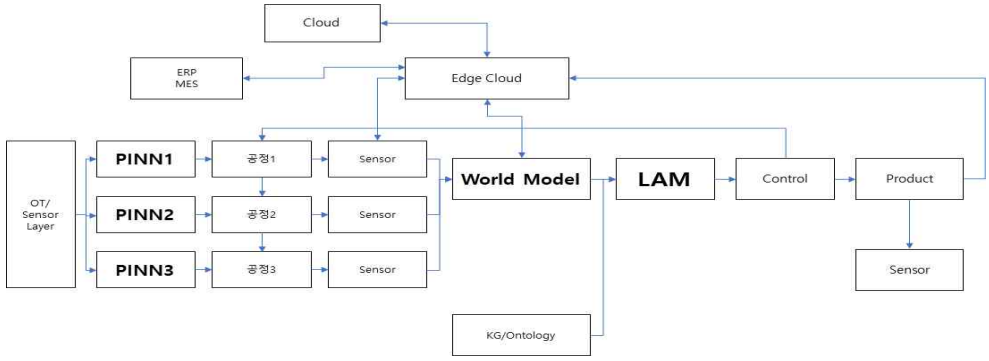
○ 2단계 (2028) : AI FM과 결합하여 World Model 및 LAM 프로토타입 개발

○ 3단계 (2029) : PI-LAM이 탑재된 지능형 장비(사출기, 압출기 등) 시제품 제작 및 현장 실증

○ 4단계 (2030) : 다공정 자율 제어가 가능한 PI-LAM 완성 및 글로벌 표준화 추진

[그림 6-3] PINN-World Model-LAM 통합 구조 및 역할 정의

출처: 2차 소명자료



[그림 6-4] PI-LAM 작동 프로세스

※ '현장 센서 → PINN(물리 해석) → World Model(미래 예측) → LAM(행동 결정) → 제품 생산 → 피드백'이라는 PI-LAM의 완전한 폐루프(Closed-loop) 지능화 흐름

※ 각 공정이 추가될수록 World Model의 예측 정밀도가 높아지고, LAM의 행동 판단도 더욱 정교해지는 구조

출처: 2차 소명자료

□ PINN으로 시작하여, World Model로 확장하고, LAM으로 완성하는 단계적 개발 전략 추진

○ 경남의 제조공장으로부터 PINN을 통해 뿌리공정(절삭, 사출, 압출, 용접, 도금, 압연 등)의 물리 법칙 기반 데이터를 확보

○ 이를 기반으로 실제 현장에서 수집하기 어려운 위험 상황까지 포함한 고품질 합성 데이터를 생성하여 World Model을 학습

○ 국산 파운데이션 모델의 접근방법과 유기적으로 결합하여 LAM 개발 추진

○ 완성된 지능은 국내 장비 기업의 기계에 탑재되어, '알아서 최적화하는 장비'로 상용화예정

[2차소명 검토[129]][130]

가. 과제조정 및 보완사항 관련

□ (세부과제 통합, 불인정) 추가소명은 단순히 세부과제를 합한 형태를 제시하고 있어, 본 조사 쟁점 해소에 부합하지 않음

○ 본 조사에서의 세부과제 통합은 재정 투입의 효율성을 위해 유사 내용이 포함된 세부과제 간 통합·조정을 쟁점으로 제시하였으나, 해당 세부과제들에 대한 본 조사의 쟁점이 해소되지 않은 상황에서, 세부과제 통합을 추가소명으로 제시함

<표 6-18> 세부과제 통합 관련 본 조사 검토

(단위: 억 원)

사업계획서		추가소명		본 조사 검토
세부과제명	예산	세부과제명	예산	
2.2.1 밸류체인 데이터 연동 * 기존 OPC-UA·MQTT표준대비 기술적 고유성 부족	154.0	2.2.1 공정 데이터 파이프라인 통합	366.1	• 당초 세부과제 간 중복, 데이터 스페이스 통합 관리 관점에서 통합 대상(2-2-1, 2-2-2, 3-4-1) • 세부과제 내용 보완 부분에서 검토
4.2.1 공정 데이터 파이프라인	212.1			• 세부과제 간 중복, 상용화 도구 존재 등 사유로 불인정 대상
2.2.2 데이터 스페이스 * 과제간 데이터 아키텍처·플랫폼 기술범위 경계 불분명	22.1	3.4.1 통합운영 플랫폼 통합	1,195.3	• 당초 세부과제 간 중복, 데이터 스페이스 통합 관리 관점에서 통합 대상(2-2-1, 2-2-2, 3-4-1) • 세부과제 내용 보완 부분에서 검토
3.1.1 데이터 품질관리 * 과제간 데이터 아키텍처·플랫폼 기술범위 경계 불분명	828.1			• 인건비 과다 계상 조정 대상 • 인건비 과다 계상 관련 추가소명은 기존 소명과 유사
3.4.1 통합운영 플랫폼 * 과제간 데이터 아키텍처·플랫폼 기술범위 경계 불분명	280.2			• 당초 세부과제 2-2-1과 2-2-2를 흡수 통합 • 세부과제 내용 보완 부분에서 검토
4.3.1 보안기술체계	64.9			• 민간 솔루션 존재, 레이어 보안 필요성 모호 사유로 세부과제 불인정 대상

출처: 2차소명자료 수정

129) 국가재정법 제38조제5항에서 예비타당성조사를 면제한 사업에 대하여 예비타당성조사 방식에 준하여 사업의 중장기 재정소요, 재원조달방안, 비용과 편익 등을 고려한 효율적 대안 등의 분석을 통하여 사업계획의 적정성을 검토하고, 그 결과를 예산편성에 반영하여야 한다고 규정하고 있으므로, 주관부처가 적정성 검토의 취지 및 의미를 명확히 이해하기 위해서는(3차 점검회의) 우선 국가연구개발사업 예비타당성조사 운용지침등 관련 규정을 면밀히 검토할 필요가 있음

130) 2차 소명자료에 대한 검토 결과를 이해하기 위해서는 사업계획서 원안에 대한 조사결과 및 1차 소명자료에 대한 검토결과를 면밀히 확인할 필요가 있음

□ (세부과제 제외, 인정) 본 조사에서의 쟁점에 대한 직접적인 보완이므로 이를 수용함

○ 수술로봇 관련 3개 과제(1,355억 원)* 및 탄소 관리·추적·인증 과제(30억 원) 제외

* 1-1-9(의료로봇 융합데이터 수집 기술개발, 108억 원), 5-1-1(초정밀 의료로봇 기술개발, 960.2억 원), 5-1-2(의료특화 핵심원천 기술개발, 267억 원)

□ (세부과제 내역 조정, 일부 인정) 2차 소명이 쟁점 해소에 부합하지 않은 부분이 존재함

○ 합성데이터 생성 세부과제(3-2-1)는 낮은 성능목표와 인건비 과다 계상이 본 조사의 쟁점이나, 2차 소명으로 세부과제 규모뿐만 아니라 성과목표 수준까지 대폭 하향시킨 부분을 고려, 2차 소명 규모로 세부과제 조정

○ 표준화 부문을 별도 세부과제로 추진한다는 2차 소명에 대해 표준화 대상으로 국내 산업계 실증 표준(공장들끼리 호환할 수 있는 표준)을 포함하고 성과지표에 반영, 사업단 과제 내 표준화 지원 부문을 제외 등을 전제로, 표준화와 직접적으로 관련있는 비용의 인정 가능

- 글로벌 표준화 과제(6-1-1)는 인력양성 중복문제가 아니라 연구개발 내용을 포함하지 않은 과제에 학생인건비를 계상한 구조적 문제가 본 조사의 쟁점임
- 해외 행사와 출장비가 상당 부분을 차지하고 있는 미국 및 유럽과의 글로벌 협력에 대해서는 추진 타당성을 입증할 수 있는 2차 소명(근거)이 식별되지 않음

<표 6-19> 세부과제 내역 조정 관련 본 조사 검토

세부과제	예산(억 원)		조정사유 및 내역	본 조사 검토
	원안	조정		
3.2.1 합성데이터 생성 * 도전성 부족 비R&D 성격 인력투입 과다 불인정	575.1	75.0 (△500.1)	○과제 범위 축소 조정 (가상시나리오 생성 물량 조정) : 300종 → 40종	• 현 해외 대비 낮은 성능목표, 인건비 과다 등 쟁점에 대한 소명으로, 성과목표 수준과 과제 규모를 대폭 삭감 제시, 수용
6.1.1 글로벌 표준화 * 인력양성 중복	344.9	207.7 (△137.2)	○인력양성 내역 삭제 ○글로벌 협력(미국, 유럽) 추가	• 학생인건비 및 글로벌 협력 비용 불인정 • 표준화 81억 원 조건부 인정

출처: 2차 소명자료 수정

□ (신규 세부과제 대체[131]·추가, 불인정) 뿌리공정 중심으로 신규 세부과제가 추가된 부분은 확인하였으나, 적정성 검토 관련 규정등을 종합적으로 고려, 신규 세부과제

131) 주관부처는 2차 실무회의 당시에도 연관성이 높지 않은 의료 부문을 제외하고 선박, 원자로 등의 대체를 문의하였고, 조사진은 사업계획 변경 여부에 대해 타심팀 협의가 필요하다고 답변

추가는 타당성이 부족한 것으로 판단

○ 신규 과제를 추가한다는 2차 소명은 본 조사의 쟁점에 부합하지 않음

- 본 조사는 동 사업 수요조사 및 세부과제 선정과정에서의 폐쇄성(절차적 타당성 부족)을 매우 중대한 쟁점으로 제시하고 있으나, 2차 소명으로 제시한 5개 과제는 해당 쟁점을 더욱 심화시킴[132]

○ 신규 과제의 추가가 동 사업 목표 달성을 위해 필수불가결한 누락분의 보완으로 보기 어려움

- 기존의 사업계획 원안으로 사업목표를 달성할 수 있음을 설명하고 있으므로, 신규 세부과제 추가는 사업목표 달성 및 재정 운영의 효율성 관점에서 설득력을 갖기 어려움

※ 기존 사업 내용으로는 사업목표(범용 파운데이션 모델 개발, 제조 산업 자율화) 달성이 불가하여, 다수의 제조 공정 중 해당 부분 5개 공정이 반드시 추가되어야 사업목표를 달성할 수 있음이 근거 기반으로 설명되지 않음

- 동 사업은 PoC 사업을 통해 8개 공장의 데이터를 수집하여 PINN 모델을 도출하였으며, PI-LAM 개발 이후에도 지속적 데이터 수집·학습을 통한 모델 개선을 사업 내용으로 포함하고 있음

○ 뿌리 공정의 중요성과는 별개로, 유사 공정의 도메인을 늘려 추가 데이터를 확보하고 다수의 PINN을 산출하는 전략은 동 사업 취지에 부합하지 않음(동 사업은 제조가 아닌 초정밀 제어를 대상으로 함)

- 동 사업은 제조가 아닌 초정밀 제어를 대상으로 하고 있으므로, 동 사업 목표인 초정밀 제어 부분 범용 모델 개발을 위해서는 유사 제조 공정을 늘리는 형태보다는 대표적 초정밀 제어 공정의 결과가 타 공장 공정에도 적합한지 파악하는 것이 우선으로 판단됨

- 소명자료에서는 동 사업 개발 PI-LAM 모델의 범용적 활용을 위해서는 적용하고자 하는 부문 대상으로도 플러그인 형태의 데이터 수집 및 PINN 개발도 지속적으로 필요함을 설명하고 있음

- 모델 완성도를 높이기 위해 데이터 수집 범위를 넓히고 다수의 세부 모델 개발이 필요하다는 설명은 기존 AI 모델도 동일하게 적용될 수 있는 내용으로, 기존 AI 모델의 한계(데이터 제한 문제)를 극복하고 PINN을 도입한다는 취지에 부합하지 않음

※ 상당한 데이터를 수집하게 될 경우 바로 World model에 넣을 수 있으므로, PINN, PI-LAM을 위한 고유의 필요성 주장으로 보기 어려움

- 2차 소명자료에서의 수요 대비 데이터 부족이 사유라면 비R&D 내지는 지역지원자금으로 추진하고, 외산 장비가 문제라면 장비개발·국산화 사업을 추진하는 것이 바람직

---

132) 주관부처는 수요조사를 통해 신규 5개 과제를 도출하였다고 설명하였으나(3차 점검회의), 본 조사에서는 2차 소명자료로는 해당 과제의 선정 과정등에 대한 자료를 파악할 수 없음

○ 2차 소명의 신규 과제로 추가되는 비용 규모가 1,268억 원(기존 예비타당성조사 대상 수준 이상)으로, 내역사업 규모 이상의 대규모 예산 투입이므로 단순 효율화·구체화 수준으로 보기 어려움[133]

<표 6-20> 2차 소명자료에서의 세부과제 추가

세부사업	세부과제명	예산	데이터 수집·실증 대상공정	본 조사 검토
1.1.1 데이터 수집·활용	1.1.9. 제강&압연공정	200.0	소성가공, 열처리 및 제강 공정	• 본 조사 쟁점에 직접적으로 부합하는 소명으로 볼 수 없음 • 재정 투입의 효율성 관점에서 동 사업 목표 달성을 위한 필수불가결한 요소의 보완으로 보기 어려움
	1.1.10. 곡블럭 용접	175.0	첨단화·지능화 용접공정	
	1.1.11. 중량물 용접&조립	193.0	중량물 용접, 조립(로봇) 공정	
	1.1.12. 스탬핑&전해도금	88.5	소성가공(스탬핑), 표면처리(전해도금) 공정	
	1.1.13. 산업용 로봇	125.0	산업용 로봇	
3.3.1. 물리지능행동모델		487.0	세부과제 1.1.9~1.1.13에 대한 물리지능행동모델 R&D 수요 추가	

출처: 2차 소명자료 수정

□ (세부과제 내 소과제 추가, 일부 조건부 수용)

○ 모델하우스형 기업확산 프로그램(250억 원)의 신규 추가를 통해 인력 공급이 아닌 산업현장에 직접 적용·확산을 추진한다는 목적 제시

- 글로벌 표준화 세부과제(6-1-1) 내 학생인건비 불인정 부문을 중소중견기업 50개사 대상 모델하우스형 기업 확산 프로그램(250억 원)으로 대체한다는 2차 소명
- 강화 센서 개발로 지속적으로 데이터를 수집해야 한다는 소명은 기존 AI 모델에서의 데이터 제한을 극복한다는 PINN 도입 취지와 이와 관련한 본 조사의 쟁점과 크게 상충되며, 모델 개발이 아닌 학습을 위한 강화 센서의 당위성 설명도 부재함
- 확산 프로그램의 필요 근거, 현장 수요, 성과 목표, 상세 내용 등이 전혀 제시되어 있지 않아 적절성 판단에 제한이 있으나, 프로그램 참여 기업 대상 PI-LAM의 범용성 현장 검증을 목적으로 할 경우 동 사업목표 측면에서 의미를 가질 수 있음

※ PI-LAM의 산업현장 범용성을 확인할 수 있는 수준의 성과목표 설정 후 검증 필요

133) 예비타당성조사, 적정성검토 등 사례로 볼 때, 타당성 부족 사유로 불인정된 부문의 사업비를 신규 과제로 대체한다는 2차 소명은 타 사업 조사와의 형평성 관점에서 검토될 필요가 있음

<표 6-21> 세부과제 내 소과제 추가 관련 본 조사 검토

(단위: 억 원)

세부과제	보완 내용	예산	과제 주요내용	KISTEP 지적	본 조사 검토
2.1.1. Edge AIoT 기술 개발	PINN기반 제조솔루션 및 물리자능 강화센서 개발	150	고노이즈 현장 데이터 한계를 극복하고 중소기업도 쉽게 적근 가능한 Small Data 기반 물리자능 강화 센서 ("메카노 인텔리전스") 개발	①고가장비 차별성 ②데이터 수집 비효율 ③산업 생태계 취약	• 해당 세부과제는 불인정 대상 • 불수용
2.2.1. 밸류체인내 제조사 연동 체계 구축	제조 AI 솔루션 확산 프로그램 추진	100	단일 데모를 넘어선 중소·중견기업 50개사 PINN+World Model+LAM 적용 확산 프로그램 운영	①안력양성 과제 대체 ②쇼스코드 운영 계획 ③산업 생태계 취약	• 해당 세부과제는 2-2-2. 데이터 스페이스와 함께 3-4-1. 통합운영 플랫폼에 포함 대상 • PI-LAM 범용성 검증 목표 설정을 전제로 조건부 수용

출처: 2차 소명자료 수정

□ (세부과제 내용 보완, 일부 조건부 인정) 본 조사의 쟁점을 직접적으로 반영·보완한 2차 소명에 한하여, PINN 모델의 범용성 검증을 포함(성과목표 설정)하는 것을 전제로 조건부 인정함

○ 본 조사의 쟁점을 반영하여 연구내용을 전면적으로 수정 보완한 세부과제*의 소명을 인정함

* 1-1-2 및 1-1-6 인정, 2-1-1 별도 과제로 인정, 2-2-2 과제비 인정하되 3-4-1로 통합, 1-2-1은 중복 내용 및 글로벌 실증 제외한 내역에 한하여 인정

○ 동 사업 세부과제의 5년 후 성능목표가 현 해외 수준 대비 낮게 제시되었던 세부과제의 보완(대체) 소명*을 수용(일부 과제**는 추가적인 보완이 필요)하되, 진화적 ROC(성능목표) 도입을 위한 적극적인 전략 수립·검증을 전제로 함

* 1-1-1, 1-1-3, 1-1-7 소명 수용

** 1-1-4(사업계획서 원안의 성능목표 유지 전제), 3-4-1(테스트 커버리지 성과항목 90% 이상으로 추가 보완 전제)

- 그러나 동 사업 분야인 AI 기술의 글로벌 기술 개발 속도를 고려할 때, 대다수 세부과제의 5년 후 성과목표가 현재 해외 최고수준으로 설정·보완된 형태는 여전히 부족한 부분이 존재하는 것으로 판단됨
- 주관부처(3차 점검회의)가 세계 최초의 PI-LAM 개발을 강조하는 상황과 3위 수준의 국내 AI 연구 역량을 기반으로 독자 모델개발의 설명, 특히 세계 3위의 AI 역량을 확보한다는 국가 목표와도 명확하게 부합할 필요가 있음

- 따라서 5년 후 성과목표 수준을 현 해외 최고 수준으로 설정·보완된 동 사업 세부과제들은 동 사업 착수와 동시에 진화적 ROC(성능목표) 개념을 도입에 대한 구체적 전략을 수립하여 글로벌 기술개발 수준(속도)에 대응하는 적극적인 전략을 수립·검증할 필요가 있음

※ 세부과제 개발 모델 개발 완료를 설명한 3차년도 시점 기준, 글로벌 기술개발 수준과 동 세부사업 성능목표를 종합적으로 비교·검토하여, 동 사업 세부과제의 진화적 ROC 설정 및 적용에 대해서도 독립적 전문가 집단을 통한 검증 필요

○ 추가로 세부과제의 공모형태 전환 및 범용성 확인을 위한 국내 실증 수행을 조건으로, PoC로 데이터 수집 플랫폼 부분이 수행된 세부과제의 사업비 조정(30% 삭감) 및 사업기간 조정(1년 감소) 부문 제외

- 동 사업 목표인 범용 모델의 개발을 위해서는 개별 PINN 개발 후 특정 공장의 특정 단위 공정 대상 실증에 한정된 것이 아닌, 타 공장의 해당 공정 대상의 실증이 중요
- 공정별로 개발된 PINN 모델들의 범용성을 충분히 입증할 수 있는 수준의 성과목표가 설정 후 검증 필요
- PoC 대상 공정이 특정 단위 공정에 한정된 것으로 보이고(PoC 설명회), 공모형태 전환 시 PoC와 다른 주체가 선정될 수 있음을 고려함

※ 상기 조건 미적용 시 기존 조사결과(사업비 30% 삭감, 사업기간 1년 단축) 유지

○ 그 외 본 조사에서 제시한 쟁점을 직접적으로 해소하기 어려운 2차 소명이 제시된 부분은 인정하기 어려움

<표 6-22> 세부과제 RFP 수정 관련 본 조사 검토

(단위: 억 원)

세부과제	KISTEP 내용	RFP 보완내용	본 조사 검토
1-1-1. CNC 초정밀 가공(98)	5년후 목표가 현 해외 수준 이하. 제어 성공률 95% 초정밀 제어 기준 부적합	TRL 조정 : (종료)4단계 → 7단계, PINN 동적 적응 제어 성공률 98% 이상목표 상향: "정적 정밀도" → "공정 변화 대응 동적 제어"지표 전환	• 현 해외수준 대비 낮은 성능목표 미보완이나, 대체 성능지표 및 목표 제시 인정 • 범용성 검증 전제로 PoC 중복 해소
1-1-2. EWP 조립(98)	행동 분류 정확도 88% → 제어 안정성 보장 불가	성능 목표를 해외 최고 수준 이상으로 구체적 수치와 함께 상향(융합데이터 정합률 92%→95%, PINN 예측 오차율 8%→5%, 응답속도 2초→1초), 테스트베드 EWP 공정 셀(65억 내 포함)에서 외란 주입 검증 계획 연계, 현장 데이터 파이프라인과 연동하여 지속학습 체계 구축	• 기존 불인정 대상이나, RFP 보완 인정 - 단 1차 소명의 AI agent 개발 내용은 이미 세부활동에 포함되어 있으므로, 명확한 차별화 확보 필요(사전 검증 전제) • 범용성 검증 전제로 PoC 중복 해소

세부과제	KISTEP 내용	RFP 보완내용	본 조사 검토
1-1-3. 고무 압출·사출 (98)	성능목표 도전성 미흡 R&D 요소 미흡. 보급·운영 비중 과다	TRL 조정 : (종료)4단계 → 7단계, 소량 데이터 (일반 AI 1/10) 학습 효율 목표신규 설정, 고무 공정 물리방정식 모델 신규 개발 요소 명시화. 물리지능 강화 센서와 연계하여 R&D 성격 강화	• 성능목표 보완 인정(1차 소명 시 미보완) • 범용성 검증 전제로 PoC 중복 해소
1-1-4. 자동차 부품 경량화(98)	성능목표 도전성 미흡	TRL 조정 : (종료)4단계 → 7단계, 전이학습 성공률(타 소재·공정 적용) 80% 이상 신규 목표 추가: OOD 정확도 90% 이상 목표 추가	• 성능목표 보완 조건부* 인정 - 단 사업계획서 원안의 성능목표 항목 유지 조건 • 범용성 검증 전제로 PoC 중복 해소
1-1-5. 플라스틱 사출(98)	예측 레이턴시 100ms → 초정밀 제어에 부적합	레이턴시 100ms→10ms 수정, 가동률 지표 보완, NPU 혼성 클러스터의 엣지 추론으로 10ms 달성 기술적 근거 명시	• 연구내용·보완 차원에서 인정 (비용·규모와 무관) • 범용성 검증 전제로 PoC 중복 해소
1-1-6. 안전벨트 제조공정 (98)	핵심기술(PINN /LAM)과의 연관성 부족	소성가공(보더링), 절삭가공(압입) 등 적용대상공정에 대한 물리적 지배방정식(동역학적 마찰, 스프링 장력의 비선형적 변화 등) 적용 필요성 설명 및 성과지표 상향 등 전면개선	• 기존 불인정 대상이나, RFP 보완 인정 • 범용성 검증 전제로 PoC 중복 해소
1-1-7. 스마트 액츄에이터(98)	성능목표 해외 수준 이하	측정 정밀도 기존 대비 50% 향상목표 신규 설정. 센서 개발과 액츄에이터 제어 성능 연계 효과 수치화	• 현 해외수준 대비 낮은 성능목표 미보완이나, 대체 성능지표 및 목표 보완 인정 • 범용성 검증 전제로 PoC 중복 해소
1-1-8. Cooler+ WCAC(98)	성능목표 도전성 부족	99% 수준으로 대폭 상향하여 해외 최고 수준 이상임을 입증(PINN 예측 정확도 92%→99%, 디지털트윈 동기화율 90%→99%)	• 연구내용·보완 차원에서 인정 (비용·규모와 무관) • 범용성 검증 전제로 PoC 중복 해소
1.2.1 양방향제어 DT(359.9)	3.3.1, 3.4.1 세부과제와의 중복 소지 글로벌 벤치마크 없는 글로벌 실증 가능성 의문	과제 중복내역 제거 사업비 조정: 359.9→140.0 (△219.9)	• 당초 세부과제 불인정 대상이나, 중복내역 관련 2차 소명은 인정. 단 기존 글로벌 실증 관련[34] 비용(19억 원)은 불인정 • 121억 원 인정
2-1-1. Edge AIoT(173)	성능목표 도전성 부족	처리 속도 2배, 동기화 정확도 2배 향상으로 해외 최고 수준 이상 달성 근거 제시(데이터 처리속도 400→800kbps, 시간 동기화 10ms→5ms), NPU 혼성 클러스터 엣지 서버와 연계하여 처리 속도 추가 향상 가능성 병기	• 당초 초정밀 제어와 불부합, 상용 기술 대비 PI-LAM에 특화된 기술 불분명 사유로 세부과제 불인정 • 관련 쟁점이 해소되지 않으므로, 불수용
2-2-1. 데이터 연동(154)	기존 시스템 차별성 부족	OT-IT 통합 PINN 전용 데이터 프로토콜 신규 개발 과제로 재설계. 데이터 파이프라인 R&D 과제와 통합하여 기술 고유성 확보	• RFP 보완을 수용, 3개 과제 모두 별도 과제 추진

세부과제	KISTEP 내용	RFP 보완내용	본 조사 검토
2-2-2. 데이터 스페이스(22)	응동시간 1초 → 정밀제어 부적합	지표 전면 교체 : "데이터 주권 보호하 실시간 공유 처리속도 10ms 이내" 기술 직결 지표로 전환	• RFP 보완을 수용, 3개 과제 모두 별도 과제 추진
2-3-1. 에너지 최적화(73)	탄소 산정 정확도 낮음	탐지·반응 모두 대폭 단축하여 해외 최고 수준 이상으로의 명확한 수치 상향(탐지시간 30분→18분, 반응시간 4시간→45분)제조 OT 보안에 물리법칙 기반 이상탐지 알고리즘 연계, 제로트러스트 아키텍처 적용 계획 추가	• 당초 PINN, PI-LAM과 불부합 사유로 세부과제 불인정 • 관련 쟁점이 해소되지 않으므로, 불수용
3-3-1. 프레임워크 (3,484)	과업성공률 85% → 정밀 제어 타당성 지표로 부족	PINN-World Model-LAM의 통합 구조의 역할 정의 및 기술 정합성 제시, 과업의 세부 단계별 목표 (5단계 시점 성능 지표 99% 달성) 변경	• 당초 인건비 과다계상 조정 • 성능 중심 보완으로 쟁점과 거리 존재 • 인건비 과다 계상 관련 2차 소명은 기존 소명과 유사
3-4-1. 통합 플랫폼(280)	지표 도전성 부족	3-4-1만의 고유기능(Drift-CT·주권공유·동기화등)을 '기술직결KPI'로 재설계 및 목표치 상향	• RFP 보완을 수용, 3개 과제 모두 별도 과제 추진 • 성능목표 보완 조건부 인정 - 테스트 커버리지 성과항목 90% 이상으로 추가 보완 전제
3-5-1. KG Registry (414)	추론속도 500ms → 시스템 병목 유발. 도전성 부족	NPU 온디바이스 추론 50ms 이내 목표 대폭 상향	• 당초 기존 KG와 차별화, 로봇 데이터 불필요 등 사유로 세부과제 불인정 • 관련 쟁점이 해소되지 않으므로, 불수용
4-1-1. 학습데이터 플랫폼(620)	성능목표 낮음. 기술개발 요소 부족	정밀제어 실증 테스트베드로 업그레이드 : 세계 최초 PINN-LAM 통합 검증 인프라로 재정의	• 성과항목별 적용 요건, 대상 등이 상이함을 고려, 성능보완 인정 • 중복 목적, 근거 불분명 등으로 GPU 구매 및 채굴 플랫폼·클라우드 관련 비용 불인정
4.2.1 데이터 파이프라인 (212)	-	데이터 연동(2-2-1)과 단순 통합	• 당초 세부과제간 중복, 상용화 도구 존재 등 사유로 세부과제 불인정 • 관련 쟁점이 해소되지 않으므로, 불수용
4.3.1 보안기술 체계(65)	-	통합운영 플랫폼(3.4.1)과 단순 통합	• 당초 민간솔루션 존재, 레이어 보안 필요성 모호 사유로 세부과제 불인정 • 관련 쟁점이 해소되지 않으므로, 불수용

출처: 2차 소명자료 수정

134) 주관부처는 글로벌 실증 관련 비용을 모두 제외하였다고 설명하였으나(3차 점검회의), 실제 사업계획서 원안 및 추가제출자료에 글로벌 실증 대상으로 기재하였던 국외 제조기업과 관련된 비용이 존재하여 이를 삭제함

나. 글로벌 빅테크 미참여에 따른 민자조달방안 관련

□ 사업계획 원안에서의 글로벌 하이퍼스케일러 미참여 상황(컴퓨팅 서비스 비용 현물 미부담[135]), 국가 컴퓨팅 자원 수요 배정의 불확실성 등을 고려, 2차 소명자료에서의 클라우드 컴퓨팅 민자 부문(1천억 원)을 조건부로 인정함

○ 동 사업에서 직접적으로 필요로 하는 컴퓨팅 자원의 규모를 연차별로 명확한 근거와 산정 방식을 통해 산출하여야 함

- 사업계획서, 2차 소명자료 등에서 컴퓨팅 자원의 필요성을 주장하고 있으나, 어느 정도 규모의 컴퓨팅 자원이 필요한지에 대해 명확한 근거에 기반한 설명은 제시되지 않음

- PoC 사업을 통해 수집한 총데이터(노멀데이터)를 기준으로 GPU 자원을 산정하였다는 설명이나(필요 학습량, 연산량, 모델규모, 학습곡선 등 정보 부재), GPU 수량 산정을 위해서는 학습량 및 추론 계산량에 기반한 학습용 및 추론용 필요 수량, 필요 연산량, 필요 연산성능, 학습시간 등의 파라미터가 필수적으로 제시되어야 함

- 또한 원천데이터의 40~60% 수준이 고품질 데이터라는 설명이나, PoC 사업 수행 결과가 이에 해당하는지 불분명하며, 일반적인 레퍼런스(20% 수준)[136]와의 차이도 존재함

- 본 조사진의 현장 방문 시, PoC 현장에서의 데이터 수집 중 동 사업(초정밀 제어)에 직접적으로 활용된다고 보기 어려운(향후 필요성에 대비하여 수집되는) 작업자의 행동 데이터가 수집되었음을 확인함

※ 2차 소명자료에서의 액션 데이터(총 수집데이터의 74.1%)가 구체적으로 어떤 범위인지는 설명되지 않았으나, 작업자의 행동 데이터가 포함되었을 것으로 판단됨

○ 매해 관련 예산 신청 또는 집행 시 국가 컴퓨팅 자원 활용 가능성을 적극적으로 확인할 필요

- 사업 수행 중 국가 컴퓨팅 자원이 배정될 경우, 동 사업의 컴퓨팅 자원 수요 중 배정 자원에 해당하는 비용(국고 60% 부문)은 국고에 반납되어야 함

※ 2026년 국가 AI 프로젝트 과제로 선정이 확정되어 GPU B200 32장 분[137]이 배분될 경우, 해당 국비 상당액은 주관부처의 2차 소명과 같이 국고 반납 대상(2차 소명자료의 2026년 수요가 모두 반영된 상황)

---

135) 사업계획서 원안, 2차 소명자료 등의 상세예산을 종합 검토할 경우 해당 세부과제 RFP에서는 클라우드 컴퓨팅 사용료로 약 1,300억 원 이상이 계상된 것으로 추정됨(추가자료에서는 글로벌 하이퍼스케일러의 민간부담을 현물 1천억 원, 현금 1천억 원으로 설명)

136) 수집된 데이터 중 분석적 가치가 있는 데이터는 약 10~20% 수준(Industrial AI: Application and case study, 2020), 수집된 데이터 중 80%가 noisy, incomplete 상태(Crowdsourcing Research)

137) 보도자료, 국가 인공지능 혁신의 마중물, 국가 인공지능 사업 52개 과제 선정(2026.4.1. 과학기술정보통신부)

○ 국내 클라우드에서 제시한 협력 제안서의 내용이 동 사업 취지에 적합한지, 동 사업 범위를 벗어나는 부분이 존재하는지, 실질적으로 실현 가능한지, 공공부문 사업으로서 법적 문제가 없는지 등을 면밀하게 검토할 필요

- 대규모 연산 플랫폼을 국내와 글로벌 동시 추진 체계로 대체해 나간다는 제안은 2차 소명자료에서의 독자개발과 상충하는지 검토 필요
- 국내 클라우드 기업이 투자한 시설은 해당 기업 주도 컨소시엄이 소유한다는 계획이므로, 공공투자가 이루어지는 인프라를 민간 소유로 하는 것이 적절한지에 대한 검토 필요
- 국내 클라우드 투자 협력 제안서는 단순 메일 형태로서 제안 수준의 내용이므로, 동 사업 대상 구속력은 없는 것으로 판단(민간부담금 측면에서의 불확실성 요소임)

○ 상기 클라우드 컴퓨팅 자원 예산을 인정함에 따라, 본 조사에서 계상 목적이 중복되고 명확한 근거가 제시되지 않은 비용 항목으로 확인된 내역은 추가 인정하지 아니함

※ 국내 클라우드 기업은 현금 및 현물 출자로 1천억 원 상당 IDC, GPU, NPU 등 컴퓨팅 및 네트워크 장비의 투자를 계획

□ 물리지능행동모델 개발 세부과제 원안에서 당초의 글로벌 하이퍼스케일러 파견 인력이 없어진 상태이므로, 해외연구자유치비(직접비)[138] 계상 대상 및 필요가 사라진 상황임[139]

○ 사업계획서 원안은 국내 연구인력의 LAM 개발 역량 부족을 이유로 해당 세부과제 인건비 외 글로벌 하이퍼스케일러 소속 해외인력의 유치비(코어 인력 2인, 5백억 원)를 직접비로 계상하였으나, 1차 소명자료 및 2차 소명자료는 현시점에서는 국내 연구역량만으로도 LAM 개발이 가능하다고 설명하고 있으므로, 당초의 해외인력 유치 필요성이 사라지게 됨

- 상기 해외인력유치비(직접비)는 글로벌 하이퍼스케일러의 민간 부담 현금으로 지급한다고 설명하였으므로(1차 추가자료, 2차 주관부처 실무회의, 1차 소명자료), 해당 민간 부담 현금과 해외인력유치비는 사업계획서 원안에서 동시에 삭제되어야 함이 논리적으로 타당함
- 2차 소명에서는 글로벌 빅테크 미참여에 따른 민자조달방안으로 물리지능행동모델

---

138) 사업계획서 원안 RFP에는 총 500억 원이 계상되어 있음(1차 추가제출자료에서는 글로벌 하이퍼스케일러의 민자 부담 중 현금 예정액 1,000억 원 내 해당 비용이 포함되어 있음을 설명, 구체적 내역은 제시되지 않음)

139) 참고 규정: 국가연구개발사업 연구개발비 사용 기준 제25조(연구활동비 공통 사용기준) ⑮ 연구개발기관의 장은 다음 각 호의 요건을 모두 갖추어 중앙행정기관의 장의 인정을 받은 경우에만 해외연구자 유치 지원비를 계상할 수 있다.

1. 지원 대상자가 전체 연구개발과제(연구개발과제가 단계로 구분된 경우에는 해당 단계를 말한다) 기간 중 6개월 이상 국내에 거주하며 연구개발과제에 참여할 것
3. 연구개발기관의 자체규정에 따라 해외연구자 유치를 위한 절차가 진행되었을 것

개발과제를 위한 총인건비(1,231.8억 원)에 대해 국내 AI기업·연구기관 등의 법적 부담액을 통하여 민자조달을 한다는 설명이나, 사업계획서의 글로벌 빅테크 소속 해외인력 유치비용은 예산 구조상 상기 인건비와 별도인 직접비(연구활동비)로 책정되어 있음

※ 현재 사업계획서 원안이 2차 소명 내용으로 구성되어 있음

- 글로벌 빅테크 인력 없이 국내 인력으로 LAM 개발이 가능하다는 소명이므로, 사업계획서 원안의 인건비 책정 대상인 기존 국내 참여 인력이 LAM 개발 역량을 확보하게 된 상황이 되었다고 판단하거나, 개발역량이 부족한 기존 인건비 책정 대상 국내 인력을 개발역량이 확보된 신규 인력으로 대체하는 형태로 전환시키는 것이 타당함

다. GPU 예산 반영 요청 관련

□ 2차 소명자료의 GPU 예산 반영 요청은 AI 가속기 현물(사업계획서 원안의 1천억 원) 형태로 인정

○ 상기 컴퓨팅 자원 예산을 인정함에 따라, 본 조사에서 계상 목적이 중복되는 비용 항목[140]으로 확인된 내역은 인정하지 아니함

라. NPU-GPU 혼성 클러스터 및 로봇 테스트베드 구축 관련

□ 2차 소명자료의 신규 인프라(2건)의 반영 요청은 본 조사진이 수용하기 어려움

○ 2차 소명으로 제시한 보완내용이 본 조사에서 언급한 쟁점에 직접적으로 부합하지 않고, 지적사항으로 언급한 내용은 실제 조사 내용과 차이가 존재함

- 본 조사에서는 컴퓨팅 자원의 중복 계상(글로벌 빅테크의 AI 가속기 사용·구매), 국가 컴퓨팅 자원 우선 활용 정책 반영 등을 쟁점으로 제시하였으나, NPU-GPU 혼성 클러스터 신규 구축을 2차 소명으로 제시함
- 국가 컴퓨팅 자원 활용 미확정으로 컴퓨팅 자원 사용료(현물)를 인정하였고, 빅테크 의존 비용 불인정은 본 조사의 내용이 아님
- 본 조사에서는 기존 빅테크 클라우드 컴퓨팅과 GPU 구매 및 채굴 클라우드 컴퓨팅 비용을 명확한 사용 근거가 부재한 중복 목적 계상으로 쟁점을 제시하였으나, NPU-GPU 클러스터는 해당 쟁점의 해소 없이 여전히 명확한 산정 근거 없는 형태로 제시되고 있어, 이를 수용하기 어려움

---

140) 채굴플랫폼 인프라 구축(4-1-1): 제조 LAM 구축 및 처리를 위한 GPU/CPU 기반 고성능 컴퓨팅 인프라 구축 목적 등

○ 해당 인프라의 구축 계획 및 필요 시설 및 장비 산정 근거 등에 대한 상세 정보가 부재하여 본 조사의 적절성 판단이 제한됨

- 2차 소명은 개념적인 필요성 설명 외 NPU-GPU 클러스터와 로봇 테스트베드의 명확한 구축 규모 및 필요 시설 요건, 수요 대상(조사 내역), 구체적인 규모 산정 근거 및 구축 계획 등이 전혀 제시되지 않음
- 조사진의 인프라의 구축 입지에 대한 문의에 주관부처는 경남 TP의 연구공간을 후보지로 설명하였으나, 경남도에서 제공[141]한다는 연구공간(경남인공지능혁신본부 4동 4층)은 NPU-GPU 혼성 클러스터 시설 구축에는 부적절하고, 제조로봇기술센터는 현 시점 기준 일반 로봇 부품 및 완제품의 신뢰성 평가를 지원하는 시설로서 AI 관련 역량은 아직 구비하지 못한 것으로 확인됨[142]

○ 현 세부과제 구조에서 신규 인프라 구축의 입지를 경남TP로 설명하는 것은 동 사업에 대한 주요 쟁점인 특정성을 다시 부각할 수 있음

- 현장 확인에서 경남TP는 필요시 경남인공지능혁신본부의 타 건물 1층(기존 용도로 운영 중)을 데이터 센터로 제공할 수 있고, 가용한 전력 시설이 존재한다고 설명
- 경남 현장방문시 질의에 대한 설명자료(2026.3.23.)에서는 NPU+GPU 장비 설치를 위한 요구조건을 경남인공지능혁신본부 건물이 충족한다는 자료 제시[143]
- 그러나 동 사업은 신규 인프라 구축을 순수R&D 세부과제 내 연구내용으로 포함하는 형태로서, 해당 세부과제의 주관기관이 미정인 상태여야 하는 상황*에서 해당 인프라의 입지를 경남TP로 설명하는 형태는 동 사업의 주요 쟁점인 특정성 문제가 다시 발생할 수 있음

  * 주관 부처는 동 사업에 내포된 특정성을 완전히 배제할 수 있는 공모방식을 도입하기로 함

○ 2차 소명은 신규 인프라 구축(2건)이 순수R&D 세부과제 내에 포함되는 형태이나, 경남TP를 입지 후보지로 제시하고 있고 대형연구개발사업 수준(예타 규모)의 규모이며 전주기 AI 인프라 구축을 목적으로 하므로, 예비타당성조사의 시설구축 검토 측면에서의 소명이 필요한 상황으로 판단됨

- 이를 위해서는 전주기 AI 인프라 구축을 위한 타당한 입지가 선정 근거와 함께 제시되어야 하고, 구축 계획의 적절성을 검토하기 위해 필수적인 시설구축계획서, 장비구축계획서 등이 제시되었어야 함

---

141) 2차 소명자료에는 경남도의 연구공간 제공 확약서가 제시되어 있으나, 실제 해당 시설은 경남 테크노파크 소유임

142) 본 조사진의 현장 확인(2026.3.19.)

143) 필요시 경남인공지능혁신본부 4동 전체를 NPU+GPU 구축을 위해 제공한다는 확약서 제시

○ 동 사업목표 달성을 위해 신규 인프라 2건 추가가 필수적 요건으로 보기 어려움

- 사업계획서 원안은 상기 인프라 없이 사업목표 달성을 설명하고 있으며, 동 사업이 전주기 AI 인프라 체계 구축을 목표로 한다는 2차 소명은 동 사업을 순수 R&D로 구성한 취지에 부합하지 않는 것으로 판단됨
- 신규 인프라 추가가 사업목표 달성 가능성에 직접적으로 미치는 영향을 확인하기 어려우며, 성과목표도 제시되어 있지 않음
- 공정셀 및 로봇 테스트베드를 구축한다는 2차 소명은 동 사업 목표 달성을 위해 범용성 확보를 위한 산업 현장 실증의 중요성과 상충
- 제조 데이터 특성상 공장 데이터를 외부로 보낼 가능성이 매우 낮으므로, 공장 외부에 위치한 추론용 NPU를 포함한 AX모델 학습용 클러스터의 활용 가능성(수요 분석 포함)을 우선 입증하여야 함
- 지원하는 딥러닝 모델과 이의 개발을 위한 함수가 고정되는 NPU의 특성상 본 사업에서 개발하고자 하는 기술들을 지원하는 NPU가 존재하는지를 우선 확인할 필요가 있으며, 5년 후 신규 기술 개발 시 해당 NPU의 지원 가능성이 불분명하므로, 이러한 이슈가 반영된 NPU 대량 구매의 타당성이 설명되어야 함
- RTX 시뮬레이션은 기계적 물리 엔진으로서 본 과제에서의 다양한 시뮬레이션(유체역학, 열유동 등)을 담보하지 않으므로, 이에 대해 기술적 논거에 기반한 설명이 되어야 함

<표 6-23> 세부과제 내 소과제 추가 관련 본 조사 검토

(단위: 억 원)

세부과제	보완 내용	예산	과제 주요내용	KISTEP 지적	본 조사 검토
4.1.1. Co-Working 테스트베드	AX모델 학습을 위한 NPU-GPU 혼성 클러스터 구축	300	학습은 GPU, 대규모 추론은 NPU로 분담하는 NPU-GPU 혼성 클러스터를 구축하여 경량화된 AI 파운데이션 모델의 확산, Sim-to-Real 격차를 구조적으로 최소화	①GPU 구매 부적절 ②Sovereign AI 모순 ③빅테크 의존 비용 불인정	• 2차 소명이 쟁점 해소에 부합하지 않음(빅테크 의존 비용과 무관) • 사업목표와의 직접적 연계성 파악 불가 • 인프라 구축 적절성 판단을 위한 상세 내용 부재 • 특정성 쟁점 유발 가능 • 불수용
	정밀제어 실증을 위한 공정 셀 및 로봇 테스트베드 구축	250	LAM의 정밀 제어 및 행동 생성 성능을 실제 제조 환경에서 검증하기 위해, '부품 제조 공정 셀-로봇+AMR'을 결합한 Sim2Real 검증 인프라 구축	①TRL 4-7-8 달성 ②고가장비 차별성 입증 ③글로벌 실증 대신 국내 완결 실증	

출처: 2차 소명자료 수정

마. PI-LAM 개발 가능성 : LAM 정의 및 작동시나리오, 구현전략 관련

□ PI-LAM 작동 과정 등에 대해 수정된 내용을 제시한 부분은 확인하였으나, 동 사업으로 개발될 수 있는 결과물의 적용 목적, 범위, 역할 등과 PI-LAM에 대한 개념적 설명 간 차이가 여전히 존재하는 것으로 판단되므로, 추가적인 보완 후 검증되어야 함

○ 기존 제출 자료에서 동 사업 PI-LAM을 구성한다고 제시해 온 PINN. World model, AI agent, VLA, LAM 등의 요소들이 'Physical AI 아키텍쳐 관점에서' '동 사업 범위인 초정밀 제어 부문 범용 및 특화를 대상'으로 한 기술적 작동 논리(기술적 구현) 명확화

※ 2차 소명자료에서의 PI-LAM은 PINN과 LAM이 각 단계에서 각각의 역할을 수행하는 개별적 형태로 설명됨

○ 범용 파운데이션 모델로서의 PI-LAM을 개발한다는 동 사업의 목적과 초정밀 제어 부분 도메일별로 World model(13개) 및 LAM(13개)을 개발한다는 주관부처의 설명(3차 점검회의[144]) 간 기술적 필수성과 논리적 연관성에 대한 입증·검증 필요

- 초정밀 제어 부분 '범용 파운데이션 모델로서의 PI-LAM 구현'을 위해 복수(각각 13개)의 World model과 LAM이 필요한 사유, 해당 수량으로 산정한 정량적 분석 근거, 사업계획서 원안에서는 이와 관련한 설명 및 성과목표를 제시하지 않은 사유, 범용 파운데이션모델 하에서 13개 각각의 World model과 LAM 작동의 기술적 논리(레퍼런스) 등에 대해 명확한 개념적 및 기술적 논거 등 제시 후 검증

※ 주관부처의 설명에 대한 논거가 검증될 경우, 해당 내용을 반영한 성과목표 수정 필요(사업계획서 원안 기준, 물리지능행동모델 8건 개발로 수정)

○ PINN 모델이 World model의 입력값으로 학습에 사용될 수 있다는 설명에 대한 기술적 근거

○ 동 사업 개발 '초정밀 제어 특화 PI-LAM'을 통해 사업목표인 '제조 산업 자율 지능화'를 달성하는 기술적 작동 논리(기술적 근거 기반)

- 동 사업 개발 결과물을 통해 다크 팩토리[145] 구현이 가능한지에 대한 내용 포함

※ 동 사업 개발 결과물의 특화 대상을 사업계획서의 '초정밀 제어'로 할 것인지, 2차 소명자료의 '제조 공정'으로 할 것인지 명확화

○ 동 사업 개발 결과물인 PI-LAM의 기반이 World model인지 VLA(GPU 필요성 설명 부분)인지 명확화

---

144) 주관부처는 동 사업으로 60여개의 PINN 모델, 각각 13개*씩의 World mode 및 LAM 개발 등을 위한 인건비가 필요함을 설명(3차 점검회의)

* 사업계획서 원안의 8건, 2차 소명자료의 5건 등 데이터 수집을 위한 도메인별 세부과제 수의 합을 의미하는 것으로 추정됨

145) 제조 자율 지능화의 정점에 있는 개념(Lights-out Manufacturing), World Economic Forum, "Global Lighthouse Network" report (2023).

- 동 사업 개발 PI-LAM이 산업용 로봇(공작 기계)을 대상의 Action 모델을 추구한다면, World model을 기반으로 설정한 기술적 근거 설명
- Vision 모델을 추구한다면, PI-LAM이 주변 상황을 인지(perception)하여 행동을 결정(VLA)할 수 있음을 설명해 줄 수 있는 기술적 근거

○ 2차 소명자료에서 설명되지 않은 PINN - World model - LAM 구조에서의 Mission/Input 투입 방법, Input의 profile 형태, output 형태, 아키텍쳐, error detection 기능, 파운데이션 모델 대상 등에 대한 기술 기반의 개념 정립

○ 2차 소명자료에서의 PI-LAM 작동 프로세스에 대한 기술적 논거를 보완하고, 제어 주체 및 LAM의 아웃풋을 명확하게 정의

- LAM 뒤에 control이 있어 LAM이 상위제어를 하는 형태이므로, 각 공정별 LAM의 정확한 출력 형식과 출력 주기를 설정·제시
- MPC 및 RL이 LAM과 융합되는 과정 및 해당 과정을 설명할 수 있는 기술적 근거
- 'PINN1이 압연 공정의 롤 마찰열과 금속 소성 변형을 계산하면, 이 결과가 공정1'로 전달되어 실제 장비 제어에 반영되고 공정 실행 결과는 다시 Sensor를 통해 측정되어 다음 단계로 넘어감' 설명에서 장비제어가 완료되었음에도 LAM의 제어가 필요하게 되는 이유 및 기술적 근거

※ 'LAM은 '지금 어떤 제어 명령을 내려야 품질 목표를 달성하면서 에너지를 최소화할 수 있는가를 판단하고, 그 결과를 Control(제어 모듈)로 전달' 설명과 위 설명의 제어 논리와 상충

- 아래 도식의 루프에서 전체 제어 레이턴시가 고려된 내역, 정밀 제어를 위한 고속의 피드백 제어가 가능함 등을 기술적 근거에 기반하여 설명

※ 공정 집합 형태로 보기 어려운 아래 도식을 월드모델의 작동 시나리오로 설명할 수 있는 기술적 근거(레퍼런스) 포함

[그림 6-5] LAM 작동 시나리오 – 금속 용접 공정

출처: 2차 소명자료

□ 동 사업 관련 직간접적으로 관련된 기존 연구사례를 추가한 부분은 확인함

○ 2차 소명자료는 국내 유수 대학을 협력 대상으로 설명하고 있으나 이와 관련한 내용을 확인할 수 있는 자료는 부재

○ 대기업 AI 연구원의 참여희망 의향서(MOU)는 주관부처가 아닌 국내 유수 대학의 연구소 간 협약서이고, 대기업 참여에 따른 민간 부담 내용(현금 및 현물)은 언급되지 않음[146)]

※ 현 시점 기준, 해당 대학은 동 사업 추진 주체가 아님

146) 국내 기업 연구원의 인건비 현물 부담 규모(근거)를 포함한 현물 부담 의향 제시 자료가 부재함

제 4 절 연구진 대안 도출

□ 예비타당성조사 절차를 준용한 본 사업계획 적정성 검토 결과, 동 사업은 범용 파운데이션모델로서의 PI-LAM 개발 및 실증이라는 목표 구현 및 사업의 구조적·기술적 필요 요건 측면에서 사업계획서 원안등[147]에 대한 주요 쟁점이 충분히 해소되지는 않음

○ 그러나 동 사업이 예비타당성조사 면제 대상으로 이미 사업이 착수된 상황임을 정책적으로 고려할 필요가 제기되므로, 현재 타당성이 부족한 부분을 사업 착수 시 및 사업 추진 간 명확히 확보하여 객관적으로 사전 검증되어야 한다는 전제(조건부) 하에 본 조사의 결론을 대안 형태로 도출함

○ 동 사업 추진 간 평가등 제도적 방식을 통해 조건부 사항의 이행 여부를 점검해야 할 필요성이 중요하게 존재함

□ 아래 필요사항 추가 보완 및 이에 대한 독립된 전문가 집단[148]의 사전 검증을 동 사업의 필수 전제 조건으로 제시함[149]

① 동 사업 착수년도에 동 사업 목표를 구현하기 위한 결과물로서의 PI-LAM 비전 구체화, 이에 따른 초정밀 제어 분야의 Physical AI 측면에서 기존의 제출 자료에서 언급해 온 PINN, AI Agent(PA Agent), World model, VLA, LAM 각각(모두)의 역할 및 범위, 상호 관계 등 구체화, 범용 및 특화 환경에서의 각각의 역할 범위 명확화 후 검증(아래 내용 포함), 이후 2차년도 사업 착수

※ 글로벌 레퍼런스에서의 개념과 비교하여 제시

- 동 사업 개발 '초정밀 제어 특화 PI-LAM'을 통해 '제조 부문 자율 지능화'를 달성하기 위한 기술적 작동 논리와 다크 팩토리[150] 구현 가능성에 대한 기술적 근거기반 설명

※ 동 사업 개발 결과물의 특화 대상을 사업계획서의 '초정밀 제어'로 할 것인지, 2차 소명자료의 '제조 공정'으로 할 것인지 명확화

- 동 사업 개발 PI-LAM이 산업용 로봇(공작 기계)을 대상의 Action 모델을 추구한다면 World model을 기반으로 설정한 기술적 근거 설명, Vision 모델을 대상으로 한다면 PI-LAM이 주변 상황을 인지(perception)하여 행동을 결정할 수 있음에 대한 기술적 근거 설명
- 2차 소명자료에서 설명되지 않은 PINN – World model – LAM 구조에서의

147) 사업계획서, 추가제출자료, 1차 소명자료, 2차 소명자료 등

148) 독립적으로 의사결정을 하고 직접 주관부처에 검증 결과를 전달하는 체계로서, 동 사업과 이해관계가 배제된 기술 전문가 중심의 전문가 집단(정책 전문가 포함) 구성

149) 전제 조건을 충족 시 관련 세부활동의 수행이 가능(미충족 시 해당 비용의 국고 반납 필요)

150) 제조 자율 지능화의 정점에 있는 개념(Lights-out Manufacturing), World Economic Forum, "Global Lighthouse Network" report (2023).

Mission/Input 투입 방법, Input의 profile 형태, 아키텍쳐, error detection 기능, 파운데이션 모델 대상 등에 대한 기술 기반의 개념 정립

- 2차 소명자료에서의 PI-LAM 작동 프로세스에 대한 기술적 논거 보완 제어 주체 및 LAM의 output 명확 정의(상세 내용은 본문 참조)

② 동 사업 착수와 동시에 동 사업으로 범용 파운데이션 모델로서 PI-LAM을 개발한다는 목적과 각각 13개(도메인 수량)의 World model 및 LAM을 개발한다는 주관부처의 설명(3차 점검회의) 간 기술적 및 논리적 연계성 입증·검증 후 2세부사업(전체) 착수

- '범용 파운데이션모델로서의 PI-LAM 구현'을 위해 초정밀 제어 부문 도메인별(13개)로 World model과 LAM이 개발되어야 하는 사유와 근거, 해당 수량(13개)으로 산정한 정량적 분석 근거, 사업계획서 원안에서는 이에 대한 설명 및 성과목표를 제시하지 않은 사유, 범용 파운데이션모델 하에서 13개 각각의 World model과 LAM 작동의 기술적 논리(레퍼런스) 등에 대해 명확한 개념적 및 기술적 논거 등 제시 후 검증

※ 주관부처의 설명에 대한 논거가 검증될 경우, 해당 내용을 반영한 성과목표 수정(사업계획서 원안 기준, PI-LAM 8건 개발로 수정)

③ 2세부사업의 1차년도 연구를 통해 '초정밀 제어 부문 범용 파운데이션 모델로서의 PI-LAM 개발 가능성(아래 내용 포함)'에 대한 기술적 검증 후[151], 후속(2세부사업의 2차년도 이후) 연구 수행[152]

- PINN이 LAM을 유기적으로 연결하여 초정밀 제어가 가능함을 기술적 결과물로 입증
- 제어 부문 도메인 및 개별 작업단위 대상 40개 PINN 모델들의 범용성, 40개 개별 PINN 모델로 '초정밀 제어 부문 범용[153] 파운데이션 모델로서의 하나의 거대행동모델(LAM) 구현 가능성' 등을 입증할 수 있는 기술적 결과물 검증

※ PINN 모델의 범용성, 단일 PINN으로 다양한 물리법칙 학습이 가능한지 여부 등 포함

- 자체 개발 역량에 기반한 독자[154] 파운데이션 모델로서의 PI-LAM 개발 가능성의 기술적 입증[155], 이에 기반한 연구개발(단계) 계획 구체화 및 관련 성과목표 추가 반영 후 검증

※ PINN, World model, LAM 모두 기존 보유 모델(일부 보완)의 동 사업 제조 현장 적

151) 동 사업은 개발 모델의 실증까지를 포함하고 있음을 고려

152) 2세부사업 규모 비율에 따른 사업단 비용 포함

153) 본 조사에서 제시한 범용성 개념인 '작업의 다양성(Multi-tasking)', '환경의 범용성(Cross-environment)', '데이터의 확장성(Data scaling)', '새로운 동작을 즉시 시행할 수 있는 능력(Zero-shot)' 등을 준용

154) 해외 모델 미세조정 등으로 만든 파생형이 아니라 모델 설계부터 사전학습까지 수행한 국산 모델로 타사 모델에 대한 라이선싱 이슈가 없는 것을 의미(독자 AI 파운데이션 모델 프로젝트)

155) 동 사업이 정부 R&D투자 당위성 확보를 위해서는 소버린 AI 정책에 부합해야 하고, 사업계획서에도 완전 자체 개발을 설명하고 있으며, 소명자료 및 2차 소명자료에서는 국내 기관 중심의 개발이 충분히 가능하다고 설명

용이 아닌 신규 모델이 개발되어야 함

- 기존 AI 모델 대비/DX 대비 동 사업 개발 PINN/PI-LAM 적용 실적의 정량적 비교를 통한 상대적 우수성 입증
- 동 사업 개발 결과물을 공장 양산 현장의 제어 공정에 적용 시, 발생 가능한 할루시네이션(hallucination) 문제 대응 방안(기술적 대응 전략)

④ 동 사업 사업단 및 세부과제 주관·참여기관 등 참여 주체 선정 착수 전, 동 사업계획서(RFP 포함)에 내포된 '특정성을 완전히 배제'하고, 동 사업 개발 내용에 역량을 보유한 불특정 다수가 실질적인 공정 경쟁을 통한 참여가 가능하도록 상세 공모 및 선정 계획 수립 후 검증

- 특히 개발 과정에서의 산재한 불확실성의 최소화를 위해 'LAM의 자체 개발 역량 보유'를 객관적으로 확인할 수 있는 국내 주체를 사업단 공모 대상으로 할 필요가 있음

※ 사후적으로 공모 결과와 당초 선정 계획 간 부합 여부 확인 필요

⑤ 동 사업과 직접적으로 관련된 컴퓨팅 자원 수요를 일반적으로 인정되는 도출식에 근거하여 연차별(착수년도 포함)로 명확히 산정하고 검증, 이를 근거로 예산 집행

- 매해 컴퓨팅 자원 관련 예산 신청 또는 집행 시 국가 컴퓨팅 자원 활용 가능성을 적극적으로 확인하여야 하고, 사업 수행 중 국가 컴퓨팅 자원이 배정될 경우 동 사업의 컴퓨팅 자원 수요 중 배정 자원에 해당하는 비용은 국고에 반납하여야 함
- 이와 함께 국내 클라우드에서 제시한 협력 제안서의 내용이 동 사업 취지에 적합한지, 동 사업 범위를 벗어나는 부분이 존재하는지, 실질적으로 실현 가능한지, 공공부문 사업으로서 법적 문제가 없는지 등을 면밀하게 검토 후 검증

⑥ 표준화 부문을 별도 세부과제로 추진한다는 2차 소명은 표준화 대상에 국내 산업계 실증 표준(공장들끼리 호환할 수 있는 표준)을 포함하고, 사업단 과제 내 표준화 지원 부문을 제외하는 것을 전제로 착수 가능

⑦ 1세부사업의 도메인별 개발 모델의 범용성 확인을 위한 국내 실증 수행을 조건[156]으로, PoC로 데이터 수집 플랫폼 부분이 수행된 세부과제(8개 도메인별)의 사업비 조정 및 사업기간 조정 제외

- 개별 PINN 개발 후 특정 공장의 특정 단위 공정 대상 실증에 한정된 것이 아닌, 타 공장의 해당 공정을 대상으로 실증
- 사업 착수년도에 공정별로 개발된 PINN 모델들의 범용성을 충분히 입증할 수 있는 수준으로 성과목표를 재설정하고 범용성 입증을 위한 구체적인 실증 계획 수립 후 검증, 이후 2차년도 사업 착수

⑧ 제조AI 솔루션 확산 프로그램은 해당 프로그램 참여 기업을 대상으로 PI-LAM의 범용성을 현장에

156) 상기 조건 미적용 시 기존 조사결과(사업비 30% 축소, 사업기간 1년 단축)을 적용한 예산을 집행

서 실제 검증하는 목적으로 설계하고, 산업 현장에서의 범용성을 충분히 확인할 수 있는 수준으로 성과목표를 설정 후 검증 전제로 추진 가능

⑨ 5년 후 성과목표 수준을 현 해외 최고 대비 낮은 수준으로 설정했던 세부과제의 보완은, 동 사업 착수와 동시에 진화적 ROC(성능목표) 개념을 도입하여 글로벌 기술개발 수준(속도)에 대응한다는 적극적인 전략 수립 및 해당 전략의 검증을 전제로 수용

※ 세부과제 모델 개발 완료를 설명한 3차년도 기준, 글로벌 기술개발 수준과 동 세부사업 성능목표를 종합적으로 검토 후 진화적 ROC 설정 및 적용 필요성에 대해 독립적 전문가 집단을 통한 검증 필요

제 5 절 결론 및 정책제언

□ 사업계획 적정성 검토 연구진 검토안에 대한 주관부처 이견이 해소되지 않은 일부 기술개발 및 기반구축 항목에 대해,「국가연구개발사업 예비타당성조사 운용지침」 제10조[157]에 따른 실무조정위원회[158]가 심의·조정을 실시하고 조정안을 마련함[159]

1. 사업계획 적정성 검토 결과

□ 실무조정위원회 결과, 사업계획 원안의 총사업비 1조 원을 6,763.5억 원(△3,236.5억, 사업계획 원안의 67.6%)으로 조정하였으며 국가연구개발사업평가 총괄위원회 의결[160]을 통해 이를 동 사업 사업계획 적정성 검토의 사업비로 확정[161]

<표 6-24> 인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업 사업비 조정 결과

(단위 : 억 원)

구분	사업계획서				실무조정위 조정안			
		국고	지방비	민자		국고	지방비	민자
1. 융합데이터 수집	1,703.6	1,022.1	-	681.5	1,939.9	1,163.9	-	776.0
2. 원천기술 개발	7,705.6	4,623.4	-	3,082.2	4,640.3	2,784.2	-	1,856.1
3. 글로벌 표준화·사업화	590.8	354.5	-	236.3	183.3	110.0	-	73.3
합계	10,000	6,000	-	4,000	6,763.5	4,058.1	-	2,705.4

※ 국가연구개발사업평가 총괄위원회를 통해 실무조정위원회 조정 결과가 동 사업 사업계획 적정성 검토의 최종 결과로 의결됨

※ 실무조정위원회 조정안은 연구진 검토안과 주관부처 의견이 대립하는 쟁점사항을 바탕으로 총사업비 및 내역·내내역 수준에서 조정된 결과

※ 국고 및 지방비 등 재원별 규모와 비율은 사업계획서 및 주관부처 제출 자료를 따른 것으로, 예산편성 과정에서 변경될 수 있음

---

157)「국가연구개발사업 예비타당성조사 운용지침」(과학기술정보통신부훈령 제260호, 2024.3.20., 일부개정) 제10조(실무조정위원회 운영)

158) 실무조정위원회는 관계기관 간 지속적인 논의에도 불구하고 의견 수렴이 어려워 조사 지연 등 중대한 사유가 발생할 우려가 있는 경우, 예비타당성조사에 준하는 사업계획 적정성 검토 과정에서 발생하는 쟁점사항과 분석기준 등을 심의·조정하기 위한 절차로 운영될 수 있음

159) 2회(2026.5.19.; 2026.6.5.) 개최됨

160) 2026년 제5회 국가연구개발사업평가 총괄위원회(2026.6.9.~6.11.)

161) 실무조정위 조정안은 개별 세부과제별 과업범위, 장비별 사양·수량 및 기반구축 세부 집행계획을 새롭게 확정한 결과가 아니므로, 해당 세부사항은 총괄위원회 의결 금액 범위 내에서 후속 예산편성, 장비심의, 실시설계 및 사업관리 절차를 통해 구체화될 필요가 있음

<표 6-25> 인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업 사업비 조정 결과(연도별·재원별)

단위 : 억 원

재원	2026	2027	2028	2029	2030	계
국고	677.0	975.7	984.0	806.6	614.7	4,058.1
민자	451.3	650.3	656.0	538.0	409.8	2,705.4
합계	1,128.3	1,626.1	1,640.0	1,344.7	1,024.5	6,763.5

<표 6-26> 인간-AI 협업형 LAM 개발·글로벌 실증 사업 사업비 조정 결과(연도별·내역별)

단위 : 억 원

내역	2026	2027	2028	2029	2030	계
1. 융합데이터 수집	454.4	487.5	486.9	336.2	174.8	1,939.9
2. 원천기술 개발	645.3	1,098.0	1,112.3	970.2	814.5	4,640.3
3. 글로벌 표준화·사업화	28.6	40.5	40.8	38.2	35.2	183.3
합계	1,128.3	1,626.1	1,640.0	1,344.7	1,024.5	6,763.5

2. 정책제언

□ 제조업 경쟁력 제고와 글로벌 AI 플랫폼 의존 완화, 제조 분야 피지컬 AI 원천역량 확보라는 정책적 중요성을 감안하여, 조사 과정에서 확인된 기술적·구조적 불확실성을 보완하는 방향으로 동 사업의 목표, 추진전략 및 성과관리체계를 재정립할 필요

□ 주관부처는 PI-LAM을 구성하는 PINN과 LAM의 역할을 명확히 정의하고, 범용 파운데이션 모델 개발이라는 사업목표와 도메인별 복수 모델 개발계획 간 기술적·논리적 정합성을 명확히 확보하여 실무조정위원회와 총괄위원회에서 의결된 총사업비 범위 내에서 세부과제별 과업범위·성능목표 및 예산 집행계획을 구체화하여야 함

- o 과제제안요구서(RFP), 연차별 시행계획 및 평가계획에는 본 보고서에서 제시한 전제조건이 반영되어야 함
- o 주관부처는 동 사업의 핵심 기술개념과 개발 가능성에 관한 불확실성이 충분히 해소되지 않은 점을 감안하여, 사업 착수 및 후속 단계 진입 전에 이해관계가 배제된 독립적 전문가 집단을 통해 주요 전제조건의 충족 여부를 객관적으로 검증하고 그 결과를 후속 예산편성 및 과제 계속 여부와 연계할 필요가 있음
- o 특히 1차년도 연구를 통해 PI-LAM 개발의 기술적 가능성 및 개별 PINN 모델의 범용성을 우선 입증하고, 검증 결과가 미흡한 경우 관련 후속 과제의 착수 보류, 사업범위·예산 조정 또는 미집행액 반납 등이 이루어질 수 있도록 단계별 의사결

정 기준을 사전에 마련하여야 함

- o 성과목표와 성과지표는 기술발전 속도를 고려하여 글로벌 기술수준을 감안하여 진화적으로 수시 개정될 필요가 있음

□ 동 사업의 현장 실증은 이종설비 및 다양한 제조 환경에서 동일 모델의 적용 가능성과 안전성을 검증하는 방향으로 추진하되, 국내 제조현장에서 기술적 완성도와 범용성, 안전성을 충분히 입증한 이후 글로벌 실증을 고려함이 적절함

□ 소버린 AI 확보라는 사업 취지가 실질적으로 구현될 수 있도록 국내 연구주체가 모델 설계부터 학습·운영까지 주도할 수 있는 독자 개발전략을 마련하고, 소스코드와 학습데이터에 대한 소유권·통제권 및 라이선스 조건을 명확히 설정할 필요가 있음

- o 글로벌 하이퍼스케일러 등 해외기관과 협력하는 경우, 국내 제조데이터의 국외 제공·활용에 따른 산업기술 및 영업비밀 보호, 정보보안, 데이터 제공주체의 권리·책임 등을 사전에 검토하고, 사업 참여기관 간 데이터 공유·활용 및 성과 귀속에 관한 구체적인 관리체계가 선결되어야 함

□ 사업단과 세부과제 수행기관은 역량을 갖춘 국내 주체의 참여를 전제로 공정하게 선정하여야 하며, 특히 PI-LAM의 자체 개발역량과 제조현장 실증역량을 객관적으로 확인할 수 있도록 공모 및 선정평가 기준을 구체화할 필요

□ 주관부처는 연차별 모델 규모, 학습데이터 및 학습·추론 방식에 근거하여 컴퓨팅 자원 수요를 객관적으로 산정하고, 국가 AI 컴퓨팅 자원의 활용 가능성을 우선 확인하여 민간 클라우드 자원과의 중복투자를 방지하여야 함

참 고 문 헌

「국가연구개발혁신법」[법률 제20354호, 2024.2.27., 일부개정].

「국가재정법」[법률 제20610호, 2024.12.31., 일부개정].

과학기술정보통신부 (2022).「제1차 국가연구개발 중장기 투자전략(2023~2027)」.

_____ (2022).「제5차 과학기술기본계획(2023~2027)」.

_____ (2024).「국가연구개발사업 예비타당성조사 운용지침」, 과학기술정보통신부훈령 제260호.

_____ (2025).「2026년도 국가연구개발사업 예산 배분·조정(안)」.

_____ (2025).「국가 AI컴퓨팅 센터 추진 방안」.

_____ (2025).「국가연구개발사업 연구개발비 사용 기준」, 과학기술정보통신부고시 제2025-6호.

_____ (2026). “국가 인공지능 혁신의 마중물, 국가 인공지능 사업 52개 과제 선정,” 보도자료, 4월 1일.

과학기술정보통신부·정보통신산업진흥원·한국지능정보사회진흥원·정보통신기획평가원 (2025). “독자 AI 파운데이션 모델 프로젝트 참여 정예팀 공모”.

관계부처 합동 (2024).「제4차 지능형 로봇 기본계획(2024~2028)」.

기획재정부 (2025).「2026년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침」.

대한민국 정부 (2025).「이재명 정부 123대 국정과제」.

보건복지부 (2025).「2025년도 제1차 한국형 ARPA-H 프로젝트 신규지원 대상과제 통합공고 안내서」.

삼성SDS (2023). “AI 기반 물리 정보 신경망을 이용한 시뮬레이션,” 인사이트 리포트.

소프트웨어정책연구소 (2025).「피지컬 AI의 현황과 시사점」, SPRi 이슈리포트 IS-202.

지방시대위원회 (2025).「5극3특 국가균형성장 추진전략 설계도」.

한국과학기술기획평가원 (2024).「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침」.

한국과학기술정보연구원 (2024).「물리정보 신경망(Physics-Informed Neural Networks, PINN)의 현황과 전망」, KISTI 이슈브리프.

한국인공지능·소프트웨어산업협회 (2025).「AI 산업전환을 위한 데이터 전략 보고서」.

Cao, M., Tan, H., Ji, Y., *et al.* (2025). "RoboBrain 2.0 Technical Report," https://doi.org/10.48550/arXiv.2507.02029.

O'Neill, A., Rehman, A., Gupta, A., *et al.* (2023). "Open X-Embodiment: Robotic Learning Datasets and RT-X Models," https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.08864.

Raissi, M., Perdikaris, P., & G. E. Karniadakis (2019). "Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations," *Journal of Computational Physics* **378**: 686-707.

World Economic Forum (2023). *Global Lighthouse Network: Shaping the Next Chapter of the Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum: Cologny, Switzerland.

경향신문 (2026). "'기술 자립'서 뒤집힌 경쟁판…소버린 AI, 2차전 관건은," 2026.1.24.

아시아투데이 (2025). "난관 마주한 AI 데이터센터 확장…'특별법·전자파 측정'으로 극복," 2025.9.22.

전자신문 (2025). "KETI, '산업 AI 데이터 전처리 자동화' 플랫폼 구축," 2025.9.4.

한국경제 (2025). "데이터 장벽'에 막힌 한국…AI 기술력 갖춰도 산업화 좌초 위기", 2025.9.8.

Google DeepMind (2023). "RT-2: New Model Translates Vision and Language into Action." https://deepmind.google/blog/rt-2-new-model-translates-vision-and-language-into-action.

MIT Technology Review (2014). "'RoboBrain': The World's First Knowledge Engine for Robots," December 12. https://www.technologyreview.com/2014/12/12/12081/robobrain-the-worlds-first-knowledge-engine-for-robots.

Oh, J. (2020). "Samsung Electronics Supercharges Bixby with Cloud TPUs & TensorFlow," Google Cloud Blog, December 10. Available at: https://cloud.google.com/blog/products/ai-machine-learning/samsung-bixby-training-gets-speed-boost-with-cloud-tpu.

국가과학기술지식정보서비스(NTIS) https://www.ntis.go.kr.

솔트룩스 “Knowledge Studio.” https://www.saltlux.com/kor/contents/view.do?mId=48.

포스코DX “PosMaster.” https://www.poscodx.com/kor/solution/posMaster.

Altair Engineering “Altair Graph Studio.” https://altair.co.kr/altair-graph-studio.

Google Cloud “Dataflow: Real-time Data Intelligence.” https://cloud.google.com/products/dataflow.

_____ “What Are AI Agents? Definition, Examples, and Types.” https://cloud.google.com/discover/what-are-ai-agents.

Microsoft Azure “Azure Data Factory: Data Integration Service.” https://azure.microsoft.com/ko-kr/products/data-factory.

Siemens “Opcenter Manufacturing Operations Management.” https://plm.sw.siemens.com/ko-KR/opcenter.