

ISSUE REPORT | 2025. 1. 7. IS-194

SPRi 디지털 미래기술 전망 2025: 기술 지평선 너머의 신호

SPRi Digital Future Technology Outlook 2025:
Signals Beyond the Technological Horizon

박강민, 강송희

이 보고서는 「과학기술정보통신부 정보통신진흥기금」에서 지원받아 제작한 것으로
과학기술정보통신부의 공식의견과 다를 수 있습니다.
이 보고서의 내용은 연구진의 개인 견해이며, 본 보고서와 관련한 의문 사항 또는
수정·보완할 필요가 있는 경우에는 아래 연락처로 연락해 주시기 바랍니다.

소프트웨어정책연구소
박강민 선임연구원, gangmin.park@spri.kr

CONTENT

I. 미래전망 개요	1
II. 미래 유망 기술 탐지의 범위와 방법론	4
III. SPRI DaRT 2025	6
IV. 국가별 미래 대응 분석	12
V. 결론 및 시사점	16
참고문헌	18

요약문

디지털 기술의 급격한 발전으로 미래 환경의 불확실성과 복잡성이 커지면서, 추세 예측만으로는 대응하기 어려워졌다. 이에 따라 기술 개발의 초기 단계에 있는 약 신호(Weak Signal)와 부상 신호(Emerging Signal)까지 주목해야 하며, 본 보고서에서는 이를 위해 개념기술(Concept Technology)과 구성기술(Component Technology)을 구분하고 대규모 논문·특허 데이터 분석, 전문가 델파이 조사, AHP 분석 등을 결합해 추세 신호 기술은 물론 약 신호와 부상 신호까지 종합적으로 살폈다. 또한 한국, 미국, 유럽, 중국의 국가별 R&D 투자 현황과 전략을 비교한 결과, 대부분이 부상 신호에 집중하되 투자 우선순위나 정책 방향에서 각기 다른 특징이 있음을 확인했다. 이러한 분석을 바탕으로 도출된 시사점으로는, 먼저 아직 시장화되지 않은 약 신호 기술을 선제적으로 발굴해 투자함으로써 혁신 기회를 창출해야 한다는 점이 제시된다. 더불어 인공지능은 인공지능 에이전트(AI Agent), 신뢰성·위험·보안 관리(AI TRiSM), 개발 자동화(AI Augmented Development) 등 다양한 응용 분야에서 급속히 실용화 단계로 진입하고 있음을 확인할 수 있다. 끝으로, 이 보고서에서는 과거 데이터 기반 예측 정확도 검증과 전문가 판단을 결합한 탐지 기법의 고도화, 그리고 연 단위가 아닌 실시간 기술 추적 체계를 구축하여 신속하고 유연한 R&D 및 정책 의사결정을 지원의 필요성을 제안했다.

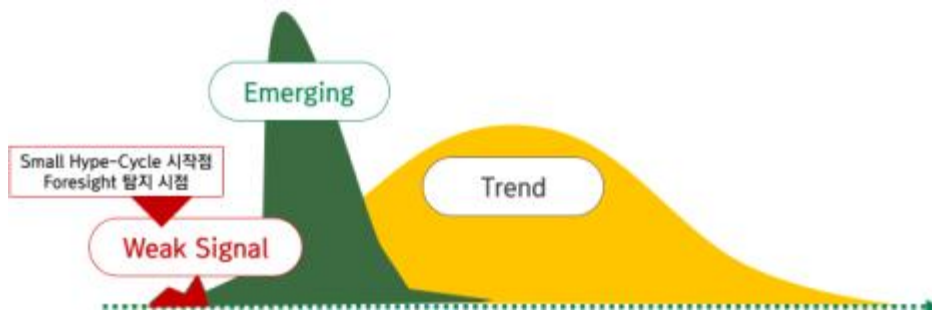
Executive Summary

As digital technology advances rapidly, the uncertainty and complexity of the future environment have increased, making it difficult to respond solely by predicting trends. Accordingly, it is necessary to pay attention to Weak Signals and Emerging Signals that indicate the early stages of technology development. In this report, we address this need by distinguishing between Concept Technology and Component Technology and by combining large-scale analyses of academic papers and patents with expert Delphi surveys and AHP analysis. Through this approach, we examine not only trending technologies but also Weak Signals and Emerging Signals in a comprehensive manner. We also compared the R&D investment status and strategies of South Korea, the United States, Europe, and China, confirming that most countries concentrate on Emerging technologies yet exhibit distinct priorities and policy directions. Based on this analysis, one key takeaway is that we must move beyond trend-following strategies and proactively discover and invest in technologies that have not yet reached the market, thereby generating opportunities for innovation. In addition, artificial intelligence has rapidly entered the practical stage in various applications, including AI Agents, AI TRiSM (focusing on reliability, risk, and security), and AI Augmented Development. Finally, this report proposes strengthening detection methods by combining historical data-based forecast accuracy checks with expert judgment, and establishing real-time technology tracking systems—rather than relying solely on annual updates—to support swift and flexible R&D and policy decision-making.

I. 미래전망 개요

■ 미래 기술 예측의 필요성

- (디지털 기술의 급격한 발달) 빠르게 변화하는 디지털 기술 환경 속에서 새로운 기술이 급속하게 시장을 선점하는 등 미래 대응의 어려움 증가
 - 인공지능(AI) 생성 모델(예: ChatGPT), 양자 컴퓨팅, 자율주행 자동차 기술은 특정 시점에 급격히 확산되었다가 짧은 시간 안에 정체나 하락을 보이는 '샤크핀(Shark-fin) 형태'로도 설명될 수 있음²
 - * ChatGPT는 출시 5일 만에 100만 명, 1개월 만에 1,000만 명의 사용자를 확보했으며 2024년 3억명 돌파 (TheVerge, 2024)
 - * 전세계 양자컴퓨팅 시장은 2024년 11억 6,010만 달러에서 2032년 126억 2,070만 달러로 연평균 34.8% 성장 전망(Fortune Business Insight, 2024)
 - * 전세계 자율주행차 시장은 연평균 성장률 58.78%로 2028년에 9,745억 달러 규모 전망(Technavio, 2024)
- (기술 구분의 필요성) 미래의 위기를 기회로 만드는 선도 국가가 되기 위해서는 '추세 신호(Trend signal)' 보다 '부상 신호(Emerging signal)', 특히 '약 신호(Weak signal)'를 사전에 예측하고 이에 대비하는 것이 중요함
 - 이에 따라 기술의 등장 단계별 속성을 구분하고 미래 변화를 선제적으로 준비해야 함
 - * 추세 신호(Trend Signal): 이미 시장과 산업에 깊게 자리 잡은 기술
 - * 부상 신호(Emerging Signal): 향후 빠른 성장이 기대되어 주목받기 시작하는 기술
 - * 약 신호(Weak Signal): 잠재력은 있으나 논문 수나 연구 집중도가 적은 초기 단계 기술



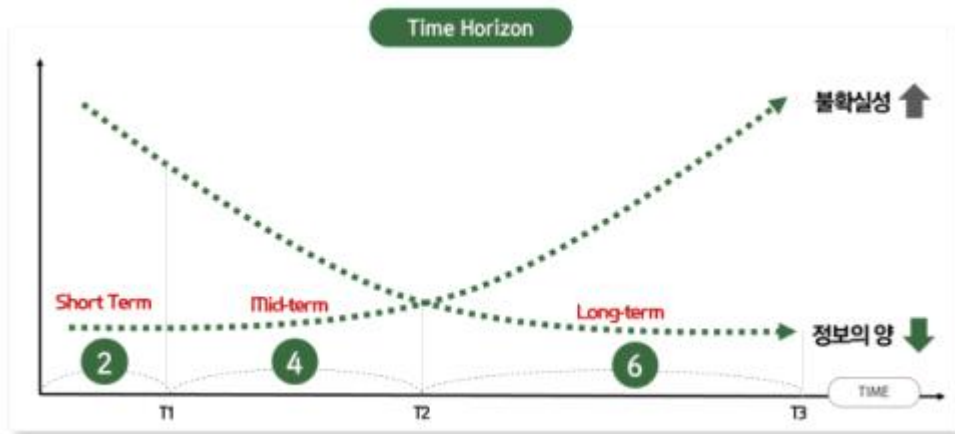
[그림 1] 기술의 등장 시점과 실현시기

1 본 이슈리포트는 향후 발간될 '디지털 미래기술 전망' 연구보고서의 결과 일부를 발췌하고 요약 정리한 것으로 자세한 내용은 연구보고서를 참고

2 샤크핀(Shark-fin) 형태는 기술 혹은 서비스가 짧은 시간 안에 폭발적으로 확산된 뒤 특정 시점에서 수요나 관심이 가파르게 떨어지는 패턴을 일컫음. 전통적인 S-커브나 가트너 하이프 사이클과 달리, 피크 이후 빠르게 쇠퇴하는 모습을 상상한 데서 유래

■ 미래 예측의 시간별 접근법

- (미래 예측의 시점) 미래로 갈수록 불확실성은 증가하고 정보의 양은 감소하기 때문에 예측의 정확성을 높이기 위해 미래를 시간 범위에 따라 나누어 분석
 - 단기미래(2년 뒤): 현재 정보에 기반해 비교적 구체적이고 신뢰도 높은 예측 가능
 - 중기미래(6년 뒤): 새롭게 등장하는 변화의 영향을 고려하며 가능성과 대안을 설계
 - 장기미래(12년 뒤): 높은 불확실성을 전제로 근본적인 패러다임 변화에 대응하기 위한 탐색적 시나리오 중심 예측
- * 단기·중기·장기와 같은 예측 시점이 추세 신호, 부상 신호, 약 신호와 일대일로 대응되는 것은 아니며 각기 다른 개념임. 예를 들어 단기미래에서 명확한 추세 신호가 관측될 수 있는 동시에, 아직 뚜렷하게 드러나지 않은 약 신호가 함께 포착될 수도 있음
- (시간별 접근의 유용성) 시간 범위에 따른 예측은 보다 실질적이고 전략적인 계획 수립을 가능하게 함
 - 단기, 중기, 장기 각각의 특성을 반영해 맞춤형 대응 전략 수립이 가능
 - 여러 미래 예측 연구에서도 시간별 접근 방식을 활용하여 실행 가능성을 높이는 사례 증가



[그림 2] 시간별 미래의 불확실성과 정보의 양

■ 기술의 구성

- (기술의 정의와 구조) 기술은 문제해결을 위한 지식, 노하우, 스킬, 절차, 도구, 방법 등이 유기적으로 연결된 네트워크
 - 특정 기술 영역에서 큰 틀을 이루는 상위 수준의 기술은 개념기술(Concept Technology)로 분류하고, 개념기술을 실현하는 데 필요한 구체적이고 세부적인 하위 기술은 구성기술(Component Technology)로 분류

- (개념기술과 구성기술의 관계) 개념기술과 구성기술은 위계적이면서 상호 보완적인 기술 네트워크를 형성
 - 개념기술은 구성기술을 통해 구체화되고 응용 가능성이 확대됨
 - 구성기술은 개념기술을 기반으로 발전하며 기술 생태계의 세부 요소로 작용



[그림 3] 기술의 구성

■ SPRI 디지털 미래 기술 전망

- 미래 기술 신호(추세 신호 · 부상 신호 · 약 신호)를 미래 예측 시간축(단기 · 중기 · 장기)에 따라 배치하는 SPRI DaRT를 통해 매년 30대 개념기술을 선정
- 선정된 30대 개념기술, 특히 새로이 식별된 개념기술에 대한 구성기술 클러스터 매칭 및 순위화를 통해 디지털 미래 기술을 전망해 보고자 함

II. 미래 유망 기술 탐지의 범위와 방법론

■ 개념기술 탐지 방법론

- (개념기술 탐색) 해외 리포트와 데이터 분석을 통해 개념기술 후보 검토
 - US, EU, WEF, OECD, 가트너 등 20여 개 국가/기관의 리포트 검토해 텍스트 분석, 필터링, 클러스터링을 통해 후보 평가
- (개념기술 후보 도출) 분야별 전문가 조사를 통해 각 기술의 신규성, 영향력, 구현 가능성 등을 평가해 개념기술 후보 도출
 - 내부 연구자와 외부 추천 전문가로 패널을 구성해 객관성을 확보
- (30대 미래 기술 신호 선정) 체계적인 조사와 검토를 통해 최종 기술 선정
 - 예비조사: 개념기술 후보 중 중복 제거 및 용어 통일
 - 1·2차 델파이 조사: 예비조사를 통해 선별된 기술 리스트를 기반으로 신규성과 영향력 평가
 - 3차 델파이 조사: 1~2차 조사를 통해 도출된 미래 유망 기술을 토대로 중요도 분석을 통해 최종 30대 미래 기술 신호 선정
 - AHP 분석 활용: 중요도 가중치를 반영한 기술 우선순위 도출

〈표 1〉 조사 개요

구분	내용
조사명	• 2025 디지털 미래 기술 신호 중요도 산출
조사대상	• 인공지능·메타버스·소프트웨어 전문가 16명 • 미래학 관련 전문가 5명
조사방법	• 예비조사 • 전문가 델파이 조사 • 3차에 걸친 구조화된 설문지를 이용한 온라인 조사 - 1차: 미래 유망 기술 선정을 위한 1차 설문조사 - 2차: 미래 유망 기술 선정을 위한 2차 설문조사 - 3차: 디지털 미래 기술 중요도 산출을 위한 AHP 조사
조사기간	• 2024년 10월 10일 ~ 2024년 11월 4일
자료처리 및 분석방법	• 마이크로소프트 엑셀을 이용한 코딩 및 자료처리 실시 • 응답 일관성 확보를 위한 CI, CR 값 확인 • 평균법을 사용한 문항별 중요도 산출

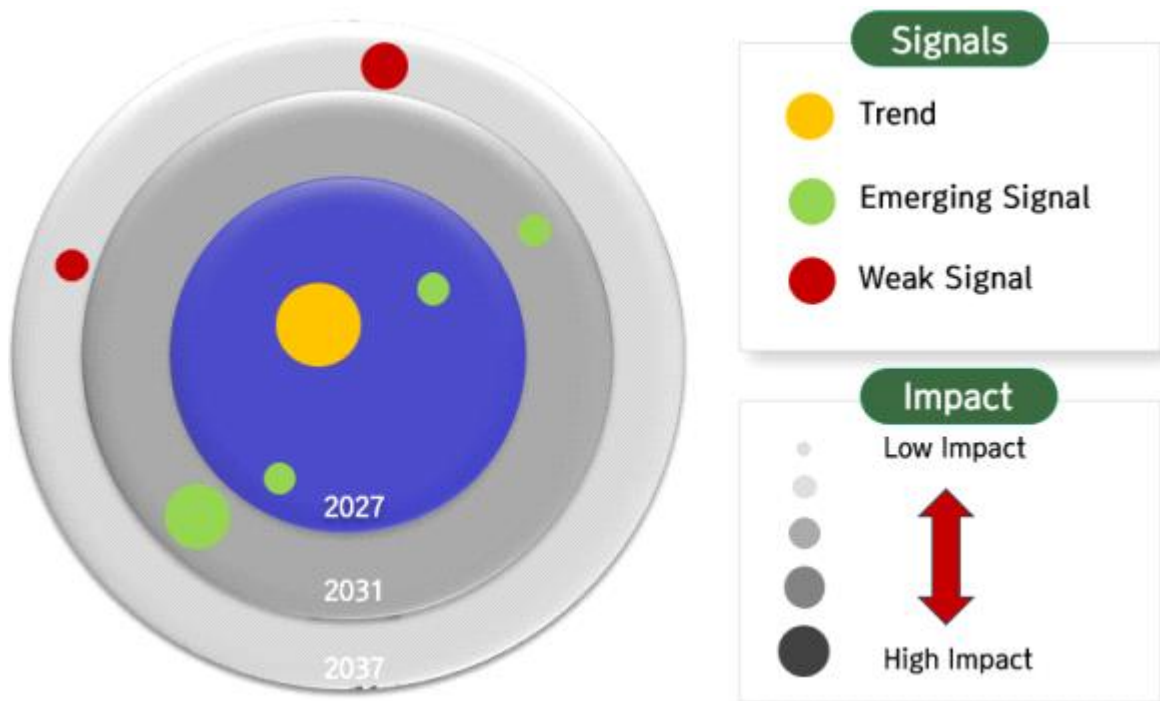
■ 구성기술 탐지의 방법론

- (키워드 선정과 데이터 수집) arXiv 논문 약 259만 건 분석 및 키워드 필터링으로 약 14만 건 도출
 - 분석 대상은 전 학제 및 산업 분야에 적용되는 데이터, 알고리즘, 소프트웨어, 가상·증강현실 등의 디지털 기술
- (데이터 전처리 및 분류) 특허분류(CPC, Cooperative Patent Classification)를 사용하여 세분화된 기술을 분류하고 인공지능을 활용해 데이터 분석
 - BART-large-mnli 전이학습 모델을 적용하여 논문 요약 및 설명 기반 CPC를 분류하고 코사인 유사성(Cosine Similarity)을 활용하여 데이터 간의 유사성 측정
 - * 코사인 유사성은 두 특성 벡터의 각도에 대한 코사인 값으로, 스케일에 민감하지 않기 때문에 일반적으로 사용됨
- (기술명 생성) 도출된 기술 클러스터를 대표할 타이틀을 생성하기 위한 체계적 접근
 - GPT-4o 모델과 Claude 모델을 활용해 각 클러스터의 설명문 요약을 생성하고 해당 설명문 기반으로 기술명 후보 생성
 - 분야별 전문가가 AI 생성 타이틀을 확인 및 교차 검증
- (군집화 및 신호 유형 확정) 군집 속성 분석과 복합 지표 활용해 군집 분석을 실시
 - (미래 기술 신호 유형화) 복합 지표(활성도, 지속도, 성장도, 논문 수)를 기반으로 군집 속성을 분석
 - (시각화 및 추적) 개념기술과 구성기술의 클러스터 매칭 및 순위화를 시각화하여 연도별로 변화하는 기술 클러스터의 구성을 동적으로 제시

III. SPRI DaRT 2025

■ SPRI DaRT(Dynamic Radar for Trends and Signals)

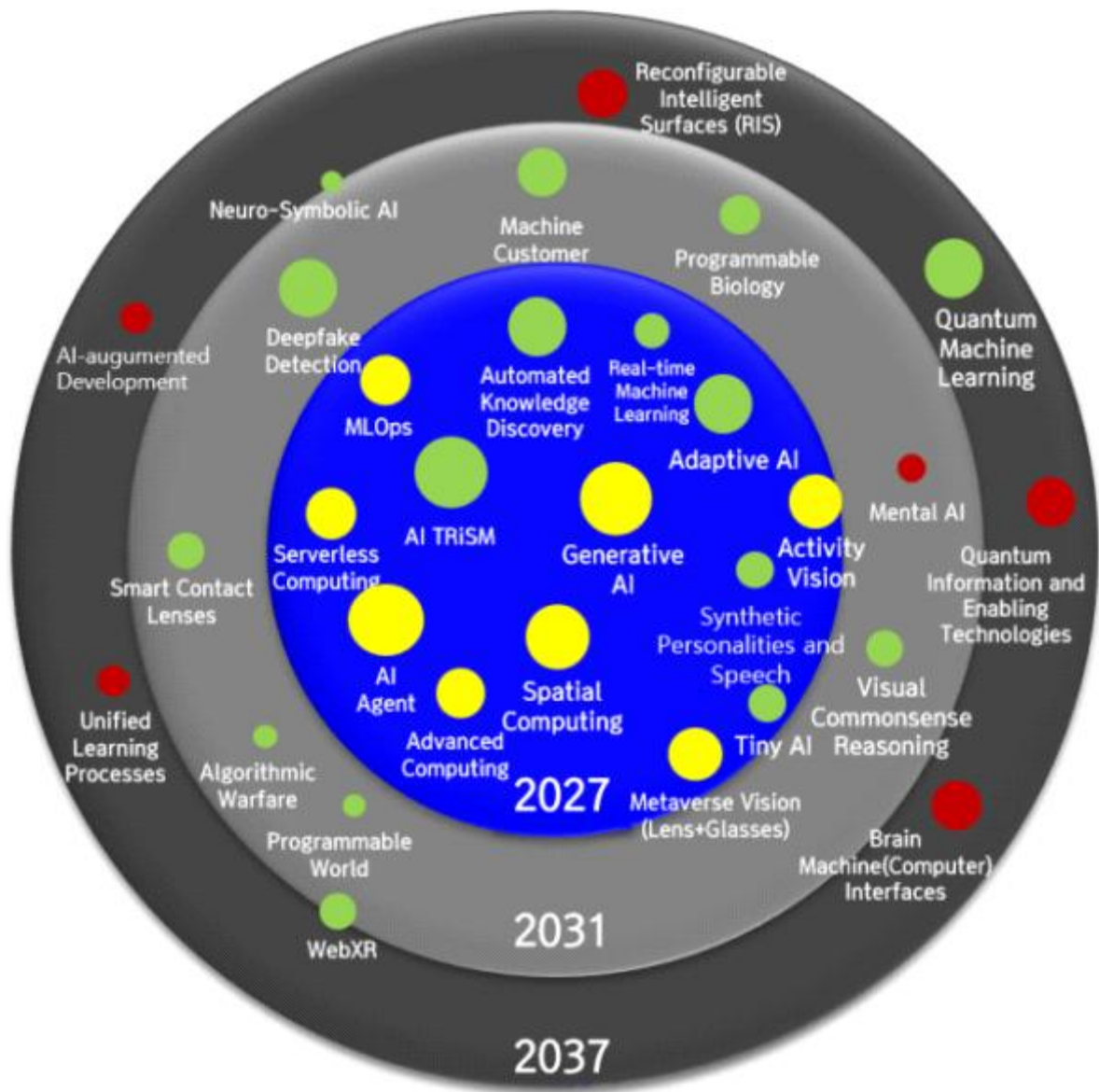
- (구성 의도) 기술 시그널(추세 신호·부상 신호·약 신호)과 미래 예측의 시간축(단기·중기·장기)을 한눈에 보여주기 위해 고안됨
- (시간별 접근) 시간이 뒤로 갈수록 불확실성이 커지고, 얻을 수 있는 정보량이 줄어들어 예측 기간을 길게 설정
 - 가장 안쪽 원으로 2027년까지 실현 가능한 단기 미래, 그 다음 원으로 2031년까지 실현 가능한 중기 미래, 가장 바깥 원으로 2037년까지 실현 가능한 장기 미래를 표현
- (시그널 유형) 추세 신호 노란색, 부상 신호 초록색, 약 신호 빨간색으로 구분했으며, 추세 신호라고 해서 단기만 분포하거나 약 신호라고 해서 장기만 분포하지는 않음
- (임팩트 크기) 경제·사회적 영향도를 의미하며, 크기가 클수록 해당 기술의 잠재적 영향이 큼



[그림 4] SPRI DaRT 예시

■ SPRI DaRT 2025 개념기술³

- (결과 요약) SPRI DaRT 2025는 개념기술을 시그널 유형, 대분류, 실현 시기로 구분하여 제시하고, 현재 상태와 발전 가능성을 평가함
 - 시그널 유형별 개수: 추세 신호(7개), 부상 신호(17개), 약 신호(6개)
 - 대분류별 개수: Metaverse(6개), SW(6개), AI(18개)



[그림 5] SPRI DaRT 2025 개념기술

³ 각 기술에 대한 자세한 설명은 추후 발간되는 연구보고서 참고

■ 2024 대비 SPRI DaRT 2025 개념기술 변화

- (2024 대비 주요 변화) 2025 분석에서는 기술 추세와 신호 유형에서 변동이 발생하며, 일부 기술이 제외됨
 - 제외된 기술들은 2024년에는 미래 유망 기술로 평가되었으나, 2025 분석에서는 더는 주요 신호로 간주되지 않음
 - 기술별 제외 이유는 연구개발 활발도, 시장·산업적 수요, 기술적 유효성 변화 등에서 기인
- (신규 선정된 기술) 2024년에는 없었으나 2025년 예측된 기술로 새롭게 포함된 기술로서, 총 9대 개념기술이 신규 선정됨
 - (추세 신호로 선정된 기술) Advanced Computing, AI Agent

〈표 2〉 SPRI DaRT 2025에서 신규 식별된 추세 신호

개념기술	설명
Advanced Computing	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 데이터를 신속하게 처리하고 분석할 수 있는 컴퓨팅 기술로, 고성능 컴퓨팅(HPC), 양자 컴퓨팅, 엣지 컴퓨팅 등을 포함함. 이는 복잡한 연산 작업과 실시간 데이터 처리를 지원함 • 이를 통해 의료, 금융, 과학 연구 등 다양한 분야에서 고도화된 데이터 처리와 분석이 가능해짐
AI Agent	<ul style="list-style-type: none"> • 독립적으로 작업을 수행하는 AI 시스템으로, 특정 목적을 위해 자율적으로 학습하고 의사 결정을 내림. 고객 서비스, 제조, 금융 등 다양한 분야에 적용 가능함 • 인간의 개입 없이도 다방면에서 효율적인 대응과 작업 수행을 지원하는 기술임

- (부상 신호로 선정된 기술) AI TRiSM, Brain Machine(Computer) Interface, Machine Customer, Mental AI, Programmable Biology

〈표 3〉 SPRI DaRT 2025에서 신규 식별된 부상 신호

개념기술	설명
AI Trust, Risk and Security Management	<ul style="list-style-type: none"> • AI 시스템의 투명성과 안전성을 보장하고, AI와 관련된 위험을 관리하는 기술로, AI 시스템의 신뢰성 확보 및 윤리적 사용을 지원함 • 데이터 편향, 의도치 않은 결과 발생을 방지하고, AI의 신뢰성과 책임성을 높이는 목적이 있음
Brain Machine(Computer) Interface	<ul style="list-style-type: none"> • 뇌와 컴퓨터 간 신호를 직접 연결해 상호작용을 가능하게 하는 기술로, 신경 신호를 통한 의수 제어나 뇌파 기반 통신에 사용됨
Machine Customer	<ul style="list-style-type: none"> • 상품 및 서비스를 자율적으로 구매하거나 거래를 수행하는 AI 시스템으로, IoT 기반 스마트 냉장고 등이 해당함

개념기술	설명
Mental AI	<ul style="list-style-type: none"> 정신 건강 데이터를 분석하고 지원하는 AI 기술로, 감정 분석, 심리 치료 보조, 스트레스 관리 도구에 적용됨
Programmable Biology	<ul style="list-style-type: none"> 생물학적 시스템을 프로그래밍하여 특정 기능을 수행하도록 설계하는 기술로, 합성 생물학과 유전자 편집 기구(CRISPR, Clustered Regularly Inter-spaced Short Palindromic Repeats) 등에 적용됨

- (약 신호로 선정된 기술) Quantum Information and Enabling Technologies, Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS)

〈표 4〉 SPRI DaRT 2025에서 신규 식별된 약 신호

개념기술	설명
Quantum Information and Enabling Technologies	<ul style="list-style-type: none"> 퀀텀 컴퓨팅과 정보 이론을 활용한 차세대 계산 및 통신 기술로, 퀀텀 암호화와 센싱에 사용
Reconfigurable Intelligent Surfaces(RIS)	<ul style="list-style-type: none"> RIS는 전자기파의 반사, 굴절, 집속 등을 동적으로 제어하여 무선 통신 성능을 향상시키는 데 사용되는 기술 따라서 RIS와 관련된 기술은 주로 6G 통신, 메타물질, 빔포밍, 네트워크 최적화 등과 연관됨

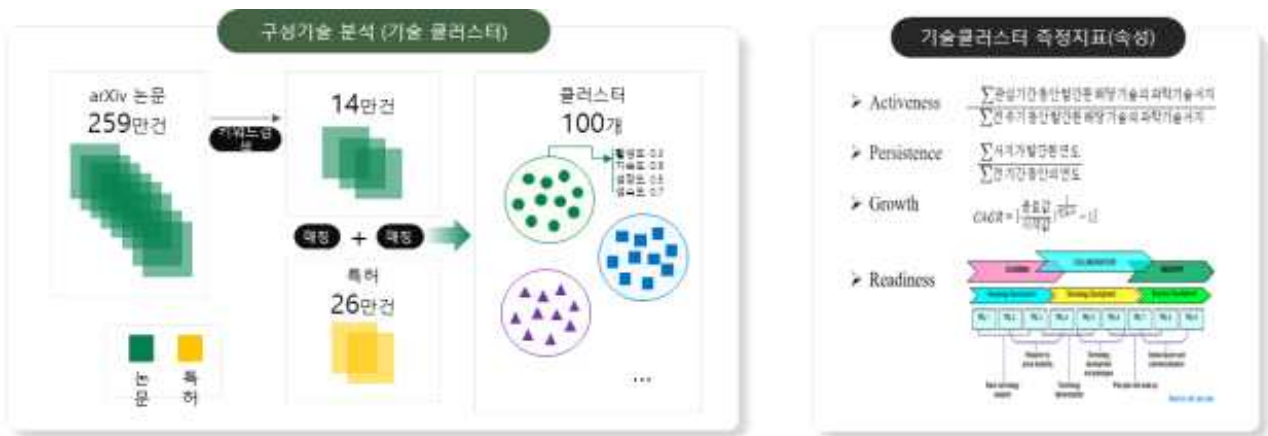
- (제외 기술) 2024년 예측된 기술 중 다음의 기술이 제외됨
 - (추세 신호에서 제외된 기술) No Code, Low Code, Platform Engineering, Superapp
 - (부상 신호에서 제외된 기술) Cognitive Digital Twin, 3D Multi-Objective Tracking, Immersive Interfaces
 - (약 신호에서 제외된 기술) Predictive Models Using Incomplete Data, My Avatar
- (시그널 유형 변화) 일부 기술은 신호 유형에서 상향 조정됨
 - Activity Vision: 약 신호에서 추세 신호로 상향
 - Metaverse Vision (Lens + Glasses): 부상 신호에서 추세 신호로 상향
- (실현 시기 앞당겨진 기술) 2024년 예상보다 빠르게 실현 가능성이 높아진 기술
 - Automated Knowledge Discovery: 2031년에서 2027년으로 실현 시기 단축
 - Real-time Machine Learning: 2031년에서 2027년으로 실현 시기 단축
 - Activity Vision: 2031년에서 2027년으로 실현 시기 단축
 - Metaverse Vision (Lens + Glasses): 2031년에서 2027년으로 실현 시기 단축

〈표 5〉 SPRI DaRT 2025 개념기술 분석 결과 요약

개념기술	시그널	대분류	실현시기	2024년 대비
Activity Vision	Trend	Metaverse	~2027년	약 신호 → 추세 신호 2031년 → 2027년
Advanced Computing	Trend	SW	~2027년	신규 선정
AI Agent	Trend	AI	~2027년	신규 선정
Generative AI	Trend	AI	~2027년	
Serverless Computing	Trend	SW	~2027년	
ML Ops	Trend	AI	~2027년	
Spatial Computing	Trend	Metaverse	~2027년	
Adaptive AI	Emerging	AI	~2027년	
Automated Knowledge Discovery	Emerging	AI	~2027년	2031년 → 2027년
Machine Customer	Emerging	AI	~2031년	신규 선정
Metaverse Vision	Emerging	Metaverse	~2027년	부상 신호 → 추세 신호 2031년 → 2027년
Programmable Biology	Emerging	SW	~2031년	
Programmable World	Emerging	SW	~2031년	신규 선정
Quantum Machine Learning	Emerging	AI	~2037년	
Real-time Machine Learning	Emerging	AI	~2027년	2031년 → 2027년
Synthetic Personalities and Speech	Emerging	Metaverse	~2027년	
Visual Commonsense Reasoning	Emerging	AI	~2031년	
WebXR	Emerging	Metaverse	~2031년	
AI TRISM	Emerging	AI	~2027년	신규 선정
Tiny AI	Emerging	AI	~2027년	
Algorithmic Warfare	Emerging	AI	~2031년	
Deepfake Detection	Emerging	AI	~2031년	
Neuro-symbolic AI	Emerging	AI	~2037년	
Smart Contact Lenses	Emerging	Metaverse	~2031년	
AI-augmented Development	Weak	AI	~2037년	
Brain Machine(Computer) Interfaces	Weak	AI	~2037년	신규 선정
Mental AI	Weak	AI	~2031년	신규 선정
Quantum Information and Enabling Technologies	Weak	SW	~2037년	신규 선정
Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS)	Weak	SW	~2037년	신규 선정
Unified Learning Processes	Weak	AI	~2037년	

■ 신규 식별된 개념기술의 구성기술 클러스터 매칭 및 순위화

- (군집별 속성 지표 활용) 2024년 신규로 추가된 개념기술에 대해 속성 지표를 활용하여 구성기술 클러스터와 매칭
 - 속성 지표: 활성화도(Activeness), 지속성(Persistence), 성장속도(Growth), 성숙도(Readiness)
 - 기술의 특성과 군집 속성을 분석해 매칭된 클러스터를 평가하고 순위화



[그림 6] 구성기술의 분석절차

- (순위화된 구성기술 클러스터) 각 기술 클러스터는 속성 지표에 따라 우선순위를 매겨 평가됨
 - 개념기술 중 AI Agent, Machine Customer, Quantum Information and Enabling Technologies와 같은 일부 기술들에 대해서 아래 표와 같이 선정되었으며, 자세한 내용은 2025 연구보고서에서 확인 가능

〈표 6〉 AI Agent 개념기술에 매칭된 상위 5대 구성기술

기술명	논문수	활성도	지속도	성장도	총점
Data Augmentation	155	0.671	1.000	1.209	0.946
Large-Scale Data Analysis and Machine Learning	40	0.550	0.857	0.612	0.609
Automatic NLP Slice Detection	57	0.772	0.929	0.292	0.571
Algorithmic Modeling and Data Analysis	63	0.556	1.000	0.394	0.527
Zero-Shot Object Navigation	21	0.619	0.857	0.358	0.525

〈표 7〉 Machine Customer 개념기술에 매칭된 상위 5대 구성기술

기술명	논문수	활성도	지속도	성장도	총점
LLM Capabilities and Limitations	54	0.833	0.857	0.767	0.806
Real-World AI Application	23	0.609	0.786	0.500	0.577
Text-to-Text Transfer Transformer	50	0.720	1.000	0.300	0.559
Exploratory Data Analysis for Complex Systems	361	0.598	1.000	0.294	0.502
Corruption-robust exploration in episodic reinforcement learning	55	0.600	0.929	0.241	0.471

〈표 8〉 Quantum Information and Enabling Technologies 개념기술에 매칭된 상위 5대 구성기술

기술명	논문수	활성도	지속도	성장도	총점
Design and Evaluation of Quantum Computing Systems	75	0.667	1.000	0.468	0.611
Distributed Quantum Compiler Design	29	0.690	0.786	0.295	0.522
Quantum Homodyne Detector Characterization	78	0.603	1.000	-0.018	0.363
Optimization-Based Quantized Federated Learning in General Edge Computing Systems	24	0.583	0.786	-0.043	0.322
Sparse Moment-SOS Optimization for Dynamical Systems	80	0.525	0.929	-0.076	0.295

IV. 국가별 미래 대응 분석⁴

■ 국가별 R&D 데이터 분석과 SPRI DaRT 2025의 활용

- (국가별 비교) 한국, 미국, 유럽, 중국의 R&D 데이터를 분석해 SPRI DaRT의 개념기술에 어느 정도 대응하고 있는지 분석
 - SPRI DaRT 기술 신호와 변화 추세를 반영해 R&D 방향성 도출에 참고할 수 있음
- (데이터 수집) 2007~2023년 주요국의 R&D 과제 데이터 약 3,600만 건 활용해 연구 주제별 정리
 - R&D데이터 3,600만건 중 디지털 기술에 해당하는 미국(102만 건), 유럽(83만 건), 한국(105만 건), 중국(46만 건) 데이터를 분석에 활용
 - * 각국 정부 중앙부처의 R&D 정보 사이트의 데이터를 취합 (<https://globalrnd.ai>, 와이즈인컴퍼니)
 - BART-large-mnli 모델을 활용해 SW, AI, 메타버스 관련 R&D 데이터를 제목 기준으로 요약하고, 개념기술 매칭에 활용
- (개념기술과의 매칭) 도출된 연구 주제를 SPRI DaRT의 개념 및 구성기술과 매칭
 - 텍스트 유사도 분석을 통해 국가별 R&D 과제 데이터의 제목과 개념기술 간 상관성을 점수화하고 가장 높은 점수의 개념기술에 해당 구성기술을 매칭한 후, 초록과 키워드를 활용해 전문가가 최종 검증



[그림 7] 국가별 미래 신호 대응 분석 방법

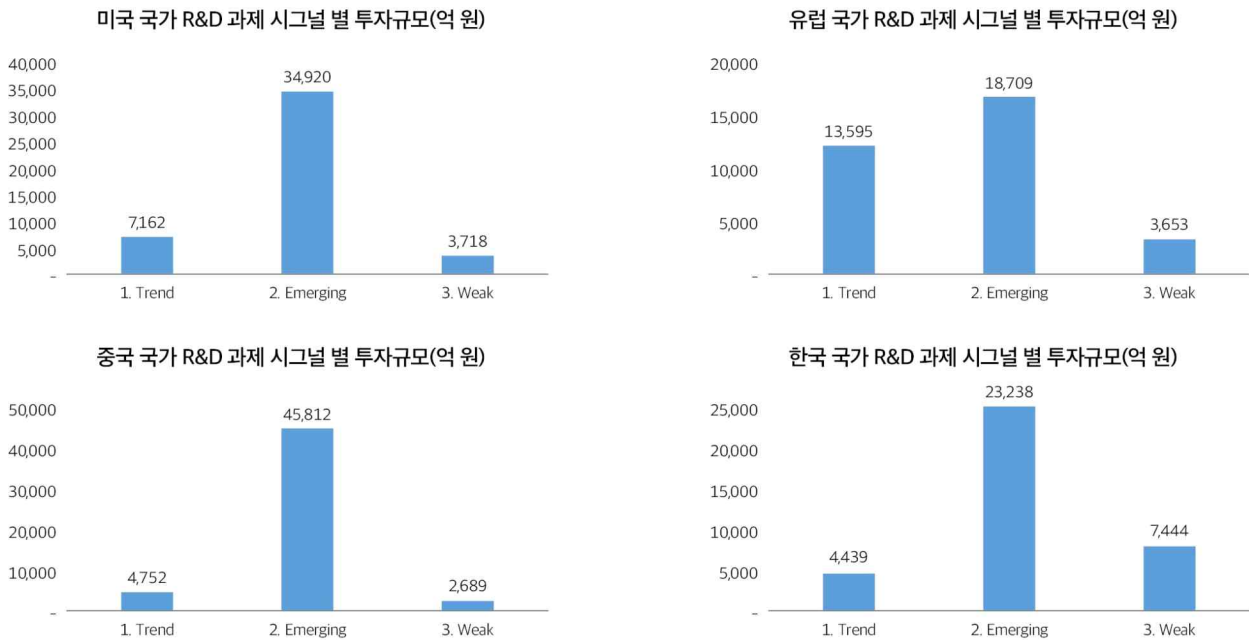
⁴ 국가별 30대 기술에 대한 자세한 분석은 연구보고서를 참고. 여기서는 주요 결과에 대해서만 논의함

■ 국가별 R&D 투자 분석 결과

- (한국) 한국은 2020년 이후 AI 분야 과제와 투자 규모가 급격히 증가
 - (주요 특징) AI와 메타버스, 반도체 융합 기술 중심의 R&D 투자 확대
 - * Activity Vision과 Advanced Computing과 같은 주요 추세에 대한 투자가 진행중이며, Adaptive AI, Real-time Machine Learning, Programmable World 같은 부상 기술에 대한 투자가 활발하며, Brain Machine(Computer) Interfaces와 Quantum Information 기술과 같은 약 신호에도 투자
 - 이는 정부의 디지털 혁신 정책과 AI 융합 확산 전략이 결합된 결과로, AI 기반 산업 고도화와 글로벌 시장 경쟁력을 강화하려는 의지가 반영된 것
- (미국) 미국은 2023년 기준 AI 과제와 투자액이 주요 국가 중 가장 높은 수준을 기록함
 - (주요 특징) AI 중심 첨단 기술 개발과 반도체 혁신에 집중하며 글로벌 리더십을 강화
 - * Activity Vision, Advanced Computing, Spatial Computing과 같은 주요 추세에 대한 투자가 진행중이며, Real-time Machine Learning과 Programmable Biology가 부상 기술에 대한 투자가 활발하며, Reconfigurable Intelligent Surfaces(RIS)와 AI-augmented Development와 같은 약 신호에도 투자
 - 생성형 AI와 대규모 언어 모델(LLM)에 대한 기업 투자가 급증했으며, 이를 통해 생산성 향상 및 산업 전반의 혁신을 주도
- (유럽) 유럽은 AI와 Programmable World 과제가 가장 많으며, 메타버스와 소프트웨어(SW) 분야도 점진적으로 성장 중임
 - (주요 특징) 고성능 컴퓨팅과 농업, 생명과학 융합 기술에서 강세를 보임
 - * Advanced Computing과 Activity Vision과 같은 주요 추세에 대한 투자가 진행중이며, Programmable World와 Real-time Machine Learning, Deepfake Detection와 같은 부상 기술에 대한 투자가 활발하며, Quantum Information 및 Brain Machine(Computer) Interfaces과 같은 약 신호 에도 투자
 - 유럽연합(EU)은 AI의 윤리적 개발을 중시하며, AI 규제 법안(AI Act)을 통해 안전성과 투명성을 확보하려는 노력을 병행하고 있음
- (중국) 중국은 2020년 이후 AI 관련 과제가 급증하고 있음
 - (주요 특징) 중국은 AI 기술 개발과 데이터 분석·보안 분야에서 리더십을 강화하며, 대규모 투자와 정책적 지원을 통해 글로벌 경쟁력을 확보
 - * Spatial Computing과 Generative AI와 같은 주요 추세에 대한 투자가 진행중이며, Real-time Machine Learning과 Neuro-symbolic AI가 부상 기술에 투자중이며, Reconfigurable Intelligent Surfaces(RIS)와 Brain Machine(Computer) Interfaces와 같은 약 신호에도 투자
 - 특히 스마트 의료, 컴퓨터 비전, 로봇 등 다양한 산업 분야에서 AI 활용을 확대해 나가는 중임

■ 시그널별 국가 R&D 투자 배분 추이

- (투자 비중의 공통점) 모든 국가가 미래 유망 기술 중 부상 신호 기술에 가장 큰 비중을 두고 투자하고 있음
 - 부상 신호 기술은 각국의 핵심 연구 분야로 자리잡고 있으며, 향후 기술 혁신의 중심이 될 것으로 예상됨



[그림 8] 시그널별 R&D 투자 배분 추이(총투자액, 억원)

- (국가별 특징) 한국과 중국은 산업 융합 및 데이터 활용에 초점을 맞추고 있으며, 유럽은 윤리적 규제와 생명과학 융합에 강점을 두고 있음. 미국은 첨단 기술 개발과 글로벌 시장 주도권 확보에 집중해 차별화된 전략을 펼치고 있음
- (소결) 국가별 R&D 투자는 공통적으로 부상 신호 기술에 중점을 두고 있으나, 각국의 기술 발전 단계와 전략에 따라 추세 신호와 약 신호 기술에 대한 투자 비율에 차이가 있음
 - 유럽은 균형 잡힌 투자 전략을, 미국과 중국은 부상 신호 기술에 집중하는 경향을 보이며, 한국은 약 신호 기술에 대한 투자가 두드러지는 특징을 보임
 - 각국의 R&D 투자 전략은 그들의 기술 혁신 목표와 장기적인 기술 경쟁력 강화를 위한 방향성을 반영하고 있음

V. 결론 및 시사점

■ 기술 추세를 넘어 부상 신호와 약 신호 탐지로 확장

- (미래 기술 탐색 프레임워크) 개념기술 Top 30 탐지 및 구성기술 도출로 기술 층차별 신호 탐색이 가능
 - 프레임워크와 분석 방법론은 탐지 시스템을 지속적으로 고도화할 수 있는 기반을 제공하며, 기술 간 상호 연계와 혁신 가능성을 보다 명확히 이해할 수 있도록 지원
- (정책 패턴 전환 가능성) 추세 신호 탐지는 추격형(Follower) 접근에 적합하고, 부상 및 약 신호 탐지는 혁신형(Innovator) 접근을 가능하게 함
 - 추세 신호는 탐지가 용이하며 기존 기술의 발전과 활용을 중심으로 추격 전략을 수립할 수 있음
 - 부상 신호와 약 신호 탐지는 상대적으로 탐지가 어려운 초기 기술을 조기에 포착하여 선도적 기술 대응과 혁신적인 기술 전략 수립을 가능하게 함
- (미래 시계별 구분 필요성) 가까운 미래와 먼 미래를 구분하여 불확실성과 정보의 양을 균형 있게 고려한 대응이 필요
 - 가까운 미래는 실행 가능성을 중심으로 실질적인 목표 설정이 가능하며, 먼 미래는 장기적인 혁신과 패러다임 전환의 가능성을 탐색해야 함
 - 미래 시계를 명확히 설정하면 기술 투자의 우선순위를 명확히 하고 R&D 자원의 효율적 분배가 가능

■ 2025 미래 기술 시사점

- (기술 지평선 너머의 신호) 현재 초기 단계에 있는 기술들이 미래 혁신의 중요한 기반으로 주목됨
 - 2025 SPRI DaRT를 통해 선정된 양자 정보 기술(Quantum Information and Enabling Technologies)와 인간-기계 인터페이스(Brain Machine(Computer) Interfaces)는 현재 기술적 한계가 존재하나, 이를 극복하고 새로운 혁신 기회를 창출할 가능성이 높음
 - 특히, 양자 정보 기술은 차세대 컴퓨팅과 보안 기술의 핵심으로 부상할 가능성이 크며, 뇌-기계 인터페이스는 인간-기계 상호작용의 새로운 패러다임을 제시할 것으로 기대됨

- (기술적 놀라움에서 활용으로 전환) AI 기술의 진화가 응용과 실질적 활용 단계로 빠르게 전환 중
 - AI Agent, AI Augmented Development, AI TRiSM은 단순한 기술적 혁신을 넘어 다양한 산업 및 사회적 과제를 해결할 수 있는 실질적 응용 가능성을 보여줌
 - AI Agent는 자율적 의사결정을 통해 복잡한 시스템을 지원하며, AI TRiSM은 신뢰성 및 보안성을 보장함으로써 AI 기술의 안정적 확산에 기여할 전망
 - AI Augmented Development는 개발 프로세스를 자동화하고 효율성을 극대화하여 소프트웨어 및 서비스 산업의 혁신을 가속화할 것으로 예상

■ 향후 연구 및 과제

- (신호 탐지 방법의 고도화) 과거 데이터를 기반으로 미래 기술 발굴 과정을 검증하고 신뢰성을 강화
 - 설문조사(전문가 의견)와 대규모 데이터 분석(논문·특허 등)을 결합해 더욱 정교한 개념기술 발굴 방식을 마련
 - AI는 데이터 처리와 패턴 분석을 하고, 최종 분석 결과를 전문가가 검증하고 의사결정을 내리는 고도화된 인간 참여형(Human-in-the-loop) 방식의 적용
- (미래 디지털 기술 예측의 자동화) 연 단위가 아닌 실시간 기술 추적 체계를 구축
 - World Economic Forum 등 국제적 기관과 협력하여 기술 탐지 자동화 모델을 개발하고, 변화하는 기술 환경에 신속히 대응
 - 실시간 데이터를 기반으로 기술 동향을 예측하고 새로운 기술의 등장 및 성숙도를 조기에 파악하여 기술 생태계의 선제적 관리 가능성을 높임
 - 이러한 접근은 미래 기술의 가능성을 탐색하고, 국가 및 기업의 기술 전략을 체계적으로 수립하는 데 필수적인 기반을 제공

참고문헌

- 김준연, 박강민, 윤기영, 강송희, 이명호. (2024) SPRI DaRT 2024: 디지털 미래 시그널. 소프트웨어정책연구소
- 윤기영 등. (2016) KAIST 미래관리방법론 Framework v1.1. KAIST 미래전략센터
- Accenture. (2017). Big Bang Disruption: Be the Unstoppable Force Adam, Rudolf G. (N.D.) Prospects for a multipolar world order. GIS. <https://www.gisreportsonline.com/r/multipolar-world-order/>
- Ansoff, H.I. (1975). Managing strategic surprise by response to weak signals. Californian Management Review 18(2): 21-33.
- Bell, W. (1997) Foundations of futures studies, 1 vols. Transaction Publishers, New Brunswick, NJ, USA.
- Dimitrov, Rosen. (2023). Chat GPT and Health Wealth: A Guide to Using Prompts for Financial Success and Better Living. Independently published.
- EC. (2023). STRATEGIC FORESIGHT REPORT 2023: Sustainability and people's wellbeing at the heart of Europe's Open Strategic Autonomy
- Feldstein, S. (2019). The global expansion of AI surveillance (Vol. 17). Washington, DC: Carnegie Endowment for International Peace.
- Umansky, M. (2024). Top Frameworks for Effective Human-AI Collaboration: Building Smarter Systems Together, <https://smythos.com/artificial-intelligence/human-ai-collaboration/human-ai-collaboration-frameworks/>. 2024.12.22. 접속

주 의

이 보고서는 소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구보고서입니다.
이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시
소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.



SPRi 디지털 미래기술 전망 2025: 기술 지평선 너머의 신호

SPRi Digital Future Technology Outlook 2025: Signals Beyond the Technological Horizon

경기도 성남시 분당구 대왕판교로 712번길 22 글로벌 R&D 연구동(A) 4층

Global R&D Center 4F 22 Daewangpangyo-ro 712beon-gil, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do

www.spri.kr

ISSN 2733-6336