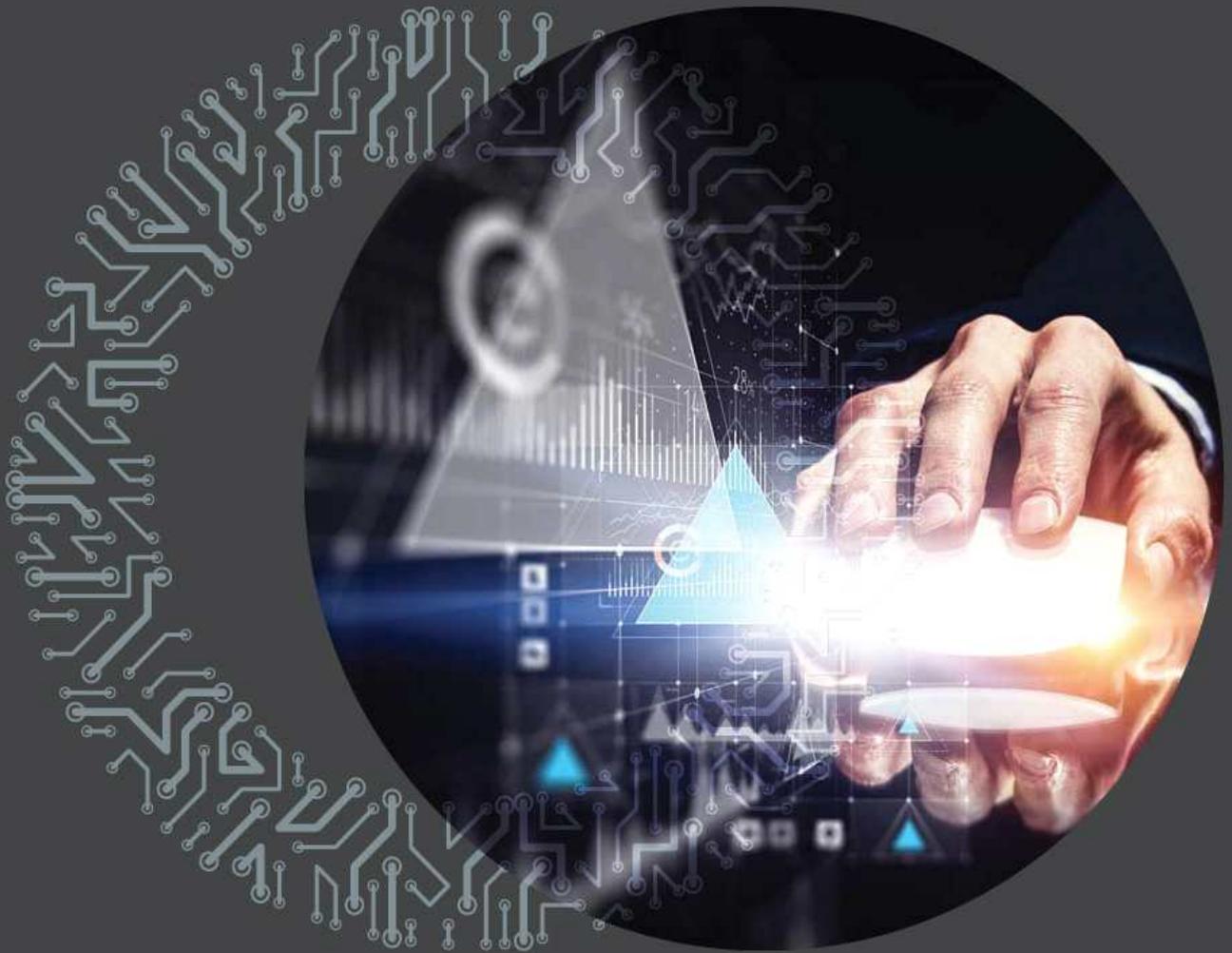


Insight Report

산업수학의 현황 및 영향 분석





본 저작물은 공공누리 제4유형: 출처표시+상업적이용
금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

↓	요 약	1
	I. ICT 산업의 혁신 - 학제적 협력	3
	II. 산업 수학 - 혁신을 유인하는 기반	8
	III. 산업수학 진흥을 위한 전략·정책 동향	19
	IV. 산업수학의 사회 영향 분석	29
	V. 수리역량 확충을 위한 출연(연) 전략 제언	33
	[부록] DARPA 23개 수학 도전 문제	35
	참고문헌	39



요 약

■ 산업수학 : 산업의 혁신 고도화를 위한 기반 영역

- ④ (무형자산 기반 혁신) 국내 ICT 부문이 First Mover로서 시장 주도권을 확보하기 위해서는 SW · 지식 · 부가가치 등 무형자산 기반의 혁신 체계 필요
- ④ (문제 해결 기반 제공) 수학은 자연과학, 공학, 의학, 경영, 경제 등이 직면한 이슈 · 문제 해결을 위한 다기화된 추론 기반을 제공할 수 있는 학문적 특성 보유
- ④ (파괴적 혁신 가속화) ICT 기술은 Data, Storage, Analytics, Computing, Display 등 모든 영역에서 파괴적 기술혁신이 가속화되는 추세
 - 대규모의 실시간 Data로부터 가치를 창출하려는 노력과 복잡한 현상을 설명하기 위한 Computing 역량은 산업 고도화를 위한 주요 기반 영역
- ④ (혁신한계 돌파 기반) 현재 우리가 경험하는 혁신의 한계를 극복하고 새로운 경로를 제공할 수 있는 기반 영역으로서 산업수학의 특성에 다시 주목
 - 수학 자체가 가진 문제 탐색, 추상화, 모델링, 모의실험, 최적화 등 일련의 process 자체만으로 각 산업부문에서 잠재 수요 발생
 - ▶ 복잡한 현상의 설명, 최적해 제시, 이미지 개선, 실험 효율화 등 다양한 기여 진행
- ④ (고용 · 창업의 신규 발판 제공) 기업들은 비즈니스 고도화를 위해서 산업수학 전공자를 고용하고 있으며, 수학을 기반으로 창업 사례도 확산 중
 - ▶ AYASDI는 수학전공자들이 창업하여 의학, 금융 등과 협력하는 수학기반 창업 성공 사례

■ 산업수학 진흥을 위한 국가별 전략 · 정책 동향

- ④ (미국) NSF, DARPA 등은 지속적으로 프로그램을 개발하고 투자 진행
 - (NSF) 2013년에 발표된 보고서 「The Mathematical Sciences in 2025」에서 2025년 수리과학 분야에서 최고의 가치를 생산하기 위한 다양한 전략 제시
- ④ (유럽) ESF의 보고서 「Mathematics and Industry」(2010)에서 투자확대, 연구결과의 공유, 새로운 커리큘럼 작성 등의 권고안 제시
- ④ (일본) 수학과 기초과학, 공학간의 시너지 확보를 위해 「수학 이노베이션 전략」(2012) 등의 제안을 통해 다양한 정책적 지원책 마련

- ④ (국내 정책) 미래창조과학부에서는 산업수학 육성 방안을 '16.4월 발표
 - 수학자와 기업간의 협력 생태계, 기업의 문제에 대한 수학적 기반 해결, 산업수학 고급두뇌 양성, 이를 통한 고용 증대 정책 제안
 - 산업수학 점화프로그램을 통해 기업이 직면한 문제를 탐색하고 수학으로 해결하기 위한 정책 추진('15,7월)
 - (세계수학자대회) '14.8월 「2014 세계수학자대회」를 서울에서 성공적으로 개최
- ④ (기술역량) 산업수학의 모델링·모의실험·최적화 역량을 활용하기 위해서는 Data·Computing 등 선행 영역의 역량 확보가 필수
 - 기반SW·컴퓨팅, SW, 디지털콘텐츠, 정보보호 등 산업수학과 연계가 많은 영역은 미국이 가장 우위에 있으며, 한국은 미국의 80% 이하의 기술 수준

■ 산업·R&D·산업수학생태계 부문에의 영향

- ④ (혁신촉매 산업수학) 미래 산업 경쟁력의 핵심 리소스가 Data, Computing과 더불어 수리적 역량의 확보로 무게중심 이동
 - 지식, 경험, 노하우 등 보이지 않는 역량의 정당한 평가체계 논의가 재점화되며 무형자산 중심의 성장 생태계가 체계화될 전망
- ④ (수리 기반 창업 활성화) 수학자, 통계학자, 산업공학자 등이 자신들의 수리과학적 연구결과를 기반으로 한 창업이 확산될 전망
- ④ (산업과 학문이 융합된 R&D 확대) 산업과 공학·자연과학·사회과학·인문학 등이 모두 참여하는 다학제적 협력 R&D를 통해 산업혁신이 진행될 전망

■ 수리역량 확충·활용을 위한 출연(연) 전략 제언

- ④ (출연(연) 수리 역량 자산화 추진) 그동안의 R&D 수행을 통해 집적된 수리영역 방법론, 지식, 노하우, 특허 등을 출연(연)별로 자산화 추진
- ④ (출연(연)별 도전 문제 발굴) 매년 출연(연)별로 자신의 비전과 역할 달성에 부합되는 연구 문제와 수리기반 돌파구가 필요한 도전 문제 발굴 및 공유
- ④ (출연(연) 수리 역량 사회 환원) 과학기술연구회 산하 출연(연)이 축적한 수리역량을 사회에 환원할 수 있는 기능 확보

I ICT 산업의 혁신 : 학제적 협력

■ 글로벌 ICT시장은 이미 제4차 산업혁명기에 진입 중

- (제4차 산업혁명기에 진입) ICT 시장은 모바일, 스마트폰, 인터넷기반 서비스 등의 전통적인 소비형 시장에서 연결·융합·자율 등의 가치 창출형 시장으로 변화 중
 - 인공지능, 빅데이터, 차세대 로봇, IoT, 바이오 기술 등은 차세대 핵심 부문으로 인식되며 글로벌 R&D의 중심이 이동하는 중
 - 이러한 일련의 변화는 “제4차 산업혁명”을 이루는 기반으로, 현재의 생산 방식, 인간 삶의 방식, 핵심 비즈니스 등 산업 전반의 흐름을 변화시킬 전망
 - ▶ WEF(세계경제포럼)는 ‘제4차 산업혁명(인더스트리 4.0)’을 3차 산업혁명을 기반으로 한 디지털과 바이오산업, 물리학 등의 경계를 융합하는 기술 혁명이라고 설명
- (인공지능의 부상) 최근 이세돌 9단과 대국한 바둑 프로그램인 AlphaGo를 시작으로 인공지능에 대한 산업계와 연구계, 소비자의 관심이 크게 고조
 - 무인자동차, 드론 배송 등 전통 산업에서도 인공지능과 SW를 활용한 인간을 대체하는 다양한 시도가 이미 진행 중
 - 인공지능 부문에서는 Google(AlphaGo), Apple(Siri), IBM(Watson), MS(Cortana), Facebook(Deep Face) 등 글로벌 기업들이 주도권 경쟁 중
- (가치탐색을 위한 빅데이터) 효율성 제고, 신규 서비스 발굴, 비용 절감 등 소극적인 활용이 진행되던 빅데이터 부문은 가치탐색의 핵심 영역화
 - 고객관리, e-Business 뿐만 아니라, 의료, 제조, 재난·공공 등의 분야에서 활용사례가 증가하며, 유행 차원을 넘어 실질적인 활용 성과 도출
 - ▶ AI 확산 조기대응, GE의 지능형 항공운영 서비스 등 실질적인 성과 도출(미래부·NIA, 2015년 빅데이터 글로벌 사례집)
 - 빅데이터는 활용, 검증의 성격을 넘어 가치 창출을 위한 기반 엔진으로서 역할을 할 전망이며, 빅데이터 주도권 확보를 위한 치열한 경쟁 전망

■ 인간을 중심으로 융합 · 학제적 혁신 가속화

- ④ (융합 · 학제적 혁신) 인공지능, 빅데이터, 바이오 등은 기초·원천기반 기술을 중심으로 SW, 제조업, 전통산업 등이 연계되는 융합적이며 학제적 성격을 기반으로 혁신과 서비스 창출이 진행 중
 - 특히, AI, 빅데이터 등은 인간의 의사결정 행위를 모방하거나 대체할 수 있는 영역으로서 기계적인 효율성 추구에서 벗어나 모든 산업부문간 협력 기반하에 발전해 나가야 하는 부문으로 장기적인 영향력도 매우 클 전망
- ④ (인간과의 경쟁) 현재 기술이 추구하는 방향은 결국 인간 자체를 모방·이해하는 인본적인 성격도 갖지만, 인간을 대체하며 삶의 구도에 큰 영향 전망
 - '10년도까지 시장이 네트워크, 스마트폰, SNS를 기반으로 인간을 연결하는 기술 · 서비스가 ICT의 한축을 담당하였다면,
 - IoT라는 초연결 패러다임을 통해 인간을 둘러싸거나 인간 자체에 관한 모든 정보를 획득하고, Big Data 분석으로 해석하며,
 - 인공지능, 자율제어 등을 통해 인간이 수행하는 업무를 기기가 분담하거나, 대체 수행하는 연구를 핵심으로 부상
 - ▶ 자율주행자동차는 2020년경부터 시장에 출시될 것으로 전망되고 있으며, 인공지능을 이용한 의료 행위, SW가 제어하는 Smart Factory 등은 노동 중심의 인간 행위를 매우 축소시킬 것으로 예상됨
 - 인공지능 구현을 위한 딥러닝, 뉴럴 네트워크 등의 알고리즘이 많은 관심을 받으며, 기초과학에 대한 투자에 관심이 높아짐
- ④ (수평적 기술 발전) 향후 기술 발전은 인문학, 자연과학 등의 기초 · 기반 지식과 직접적으로 연계되며 확산 · 융합 · 피드백 되는 구도
 - 전통적으로 적용되는 기초과학 → 응용과학 → R&D → 사업화 · 비즈니스화로의 단선적·수직적 경로로는 경쟁 우위 확보에 어려움 직면
 - 결과적으로 제4차 산업혁명의 주도권을 확보하기 위해서는 학문과 산업의 모든 영역에서 협력적인 대응이 필요

■ 국내 ICT 산업은 First Mover로 도약하기 위한 노력 진행 중

- ④ (기회와 위협이 공존) 글로벌 경기 침체, 중국의 빠른 성장과 부침, 기업간 M&A 심화, 영역간 융합화, 신규 비즈니스의 확산 등 글로벌 시장은 빠른 혁신 진행 중
 - 전통적인 ICT산업은 성장 정체, 경쟁 심화 등으로 어려움을 겪고 있으나, 제3의 플랫폼과 IoT 비즈니스, AI 등을 통해 신규 시장 형성 중
 - ▶ 제3의 플랫폼(3rd Platform) 영역 : 클라우드, 모빌리티, 빅데이터 및 애널리틱스, 소셜 기술을 포함한 영역
- ④ (First Mover 도약 추진) 국내에서는 Fast Follower 전략에서 벗어나 글로벌 시장의 First Mover로 도약하기 위한 다양한 전략·정책 추진 중
 - ICT 경쟁력 확충을 위해 K-ICT전략, 정부R&D혁신 방안 등 세부 전략안 마련 및 실행과 함께 창업 여건 개선 등의 노력 진행
 - ▶ K-ICT전략에서는 SW·정보보안, IoT, 빅데이터 등 9대 전략산업 육성안을 마련하였으며, '16.5월에 지능정보산업을 추가하여 10대 전략산업 육성 추진
 - ▶ 창조경제혁신센터, 창조경제타운 등은 정부의 창조경제와 관련된 핵심 기반으로서 창업 허브, 원스톱서비스, 아이디어 사업화 등을 통해 민간의 역량 확보 지원
 - 인공지능, IoT, 드론 등 미래 유망 부문에서의 글로벌 ICT 패러다임 주도를 위해 신규 연구개발 추진에 탄력을 받은 상황
 - ▶ ETRI에서는 언어지능인 Exobrain SW, 시각지능인 Deep View를 연구하고 있으며, 정부에서는 본 사업의 연구개발 성과를 2018년 조기산업화할 예정
 - 민간에서도 자체적인 조직 출범이나 창조경제혁신센터를 기반으로 노력 진행
 - ▶ 민간에서는 삼성전자, LG전자, 네이버 등 7개 기업이 출자하여 인공지능, 클라우드, 빅데이터 등을 본격적으로 연구할 수 있는 지능정보기술연구원 설립('16.10)
 - ▶ 민관합동 창조경제 추진단이나 창조경제문화운동 추진위원회 등을 통해 창조경제 실현을 위한 민간주도 모델 연구

■ 국내는 신규 성장 전략과 병행하여 협력 기반 성장이 필요

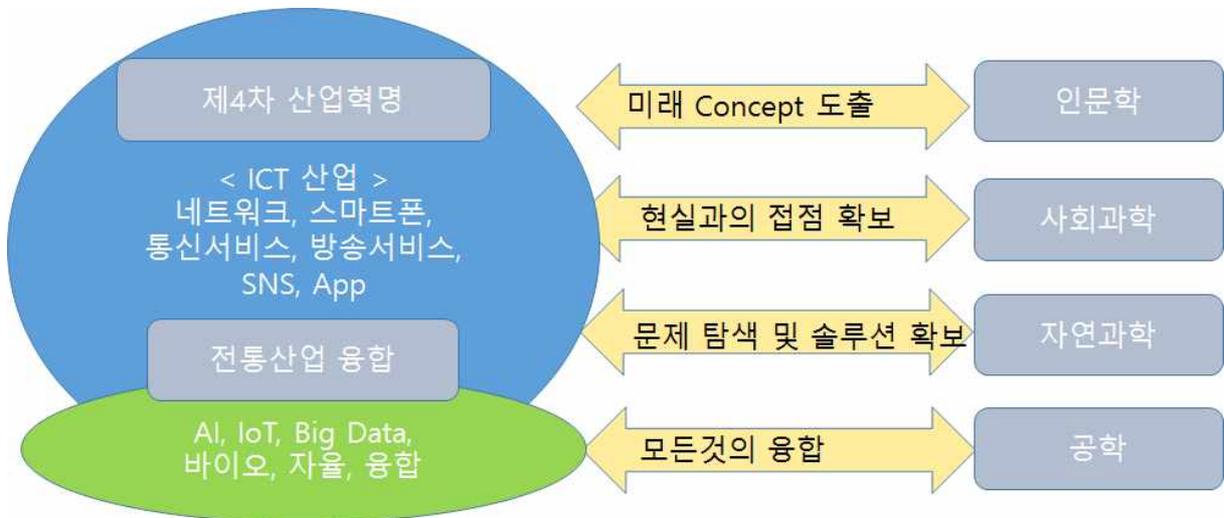
- ④ (R&D를 주도하는 글로벌 기업) 자체연구개발 강화와 M&A, Open R&D, 특허 공유 등의 협력 확대로 글로벌 기업들은 미래 신규 영역에 대한 R&D 주도권 선점 및 진입장벽 강화

 - Google, Apple, Facebook 등은 활용성과 미래성이 유망한 과학기술 전반의 연구 성과물에 대해 M&A를 통해 특허와 연구인력을 확보
 - ▶ Google은 IoT 기업인 DNN리서치, AlphaGo를 만든 인공지능 업체 Deep Mind, Jetpac, Dark Blue Labs, Vision Factory, 드론 업체인 Titan Aerospace 등 미래 신사업 영역에 대한 M&A 확대 중
 - ▶ Apple도 인공지능 업체인 Turi, Emotient, Perceptio, VocalIQ, AR업체인 Flyby Media, 최근에는 health업체인 Glimpse 등을 인수
 - 벤처기업들의 M&A 기반 성공사례는 전세계의 우수인력들이 실리콘밸리로 모여들게 하는 유인을 제공하며 기술발전의 모멘텀 형성 및 가속화
- ④ (국내 ICT의 취약성) 국내 ICT는 단기간에 제조업 중심 성장, 대량 생산, 노동투입형 경제·구도를 답습하며 구축·경쟁에는 익숙하나 협력·융합·공유·축적 등에서는 매우 취약한 상황

 - 이러한 요인은 고도화된 기술 확보, 신제품 및 신규 서비스 도입 등의 측면에서 경쟁국에 비해 더딘 역량 축적이 될 수 밖에 없는 상황
 - 기초 기술 역량 확보를 위한 다양한 범주의 연구자, 사업자 등의 협업이 미흡하여 장기적으로 미래 신기술 기반 확충에 걸림돌로 작용
- ④ (무형자산 기반 혁신) 국내 ICT가 First Mover로서 시장 주도권을 확보하기 위해서는 SW·지식·부가가치 등 무형자산 기반의 혁신 체계 필요

 - 이를 위해서는 산업의 기초 역량·체력을 더욱 강화하는 것이 필요하며, 소위 기반 영역 연구자들의 시장·산업 참여가 더욱 절실한 시점
 - ▶ R&D를 기초-응용-개발 측면에서 바라보는 것이 아닌, 현실과의 연계성·응용성을 확보하기 위한 3단계간 협력 구도 형성이 필요
 - (기초역량과 협업) 축적된 기초 연구 역량, 창의역량 등을 산업과 연계하는 전략과 정책이 필요한 시점으로 연구 영역 전체의 협업이 필요한 시점
 - ▶ Steve Jobs는 “Apple의 창의적인 IT제품은 기술과 인문학의 교차점에 서있기 때문에 가능했다”며 인문학의 중요성을 강조

- ▶ Zuckerberg는 “우리는 기술회사인가”라는 질문을 통해 기술만으로 설명할 수 없는 인문학적 상상의 세계가 페이스북의 지향점임을 강조
- 국내에서도 모든 연구자들이 참여하는 연구 체계의 구축이 시급하며, 특히 현재의 ICT에 다각적인 혁신을 위해서는 기술영역뿐 아니라 인문학, 사회과학, 자연과학, 바이오, 전통산업 등과의 협업 문화 구축이 필요
- ④ (영역별 협력의 특성) ICT는 당연한 혁신 한계를 극복하기 위해 유관 영역들과의 협력을 점진적으로 확산되는 추세
 - 사용자 관점에서는 사용자를 이해하는 인문사회학적인 측면의 강조 필요
 - 기술적 한계를 벗어나 새로운 개념의 발견을 위해서는 자연과학과의 연계 고리 확보와 기초 역량 강화를 위한 점진적 투자 확대가 필요한 상황



(그림 1) 기존 학문과의 연계시 해결 현상

II 산업 수학 : 혁신을 유인하는 기반

■ 성장 · 기술 한계를 극복하는 기반 제공자로서 산업수학¹⁾

- ④ (문제 해결 기반 제공) 산업수학은 기초과학, 공학, 의학, 경영, 경제 등의 이슈 · 문제를 해결할 수 있는 기반을 제공하여 유관 영역 고도화에 기여
 - 물리나 화학, 생물학이 구체적인 대상을 연구한다면, 수학은 추상화, 개념화, 솔루션 탐색 등으로서, 타 학문이나 산업에서 활용될 경우 혁신을 가장 잘 유인할 수 있는 학문적 성격을 태생적으로 보유
 - ▶ NSF(1998)에 의하면 물리는 에너지·물질·시간, 화학은 분자, 생물학은 생명, 재료과학은 재료·구조, 지구과학은 지구·대륙·해양·대기, 천문학은 행성·우주의 기원과 진화 등이 중점 연구부문이지만, 수학은 패턴, 구조, 현실 모델링임을 지적

<참고 1> 수학 부문별 활용 분야

- 수학은 자연과 산업 분야와 결합하면서 새로운 학문이나 신규 산업 부문 파생의 기반 제공
 - 금융, 생물학, 정보보안 등이 수학과 결합하여 금융수학, 바이오인포매틱스, 암호학, 복잡계 연구 등을 탄생시키면 기존 학문의 활용성 제고와 고도화 실현
 - ▶ 금융수학은 측도론과 실함수론, 함수해석학을 기본으로 확률론을 금융에 접목하여 미래의 확률변수를 실수로 대응시킨 영역(구형건, 아주대)
 - ▶ OR(Operations Research)은 산업공학이라는 영역을 탄생시켰으나, 그 기반은 수학적 모델링, 통계분석, 최적화 기법 등의 산업수학 범주
 - 산업수학은 항공역학, 디자인, 실험계획 등 다양한 영역에 응용
 - ▶ 정수론은 암호학, 계산유체역학은 항공기 및 자동차 디자인, 미분 방정식은 항공역학·재무, 최적화 이론은 자산 배분 등에 활용
 - 미국과 유럽에서는 수리과학(Mathematical Science)라는 명칭을 활용
 - ▶ 수리과학은 국내에서 쓰이는 산업수학보다는 어휘적으로 넓은 개념을 함의하지만, 본 고에서는 수리과학과 산업수학의 개념을 동일시

- ④ (산업 혁신의 보조적 역할) 초기 산업에서 활용되는 수학은 특정 분야에서 필요로 하는 문제의 해법을 탐색하는 수동적 · 보조적 역할을 수행
 - 과학, 공학, 의학, 산업 현장에서 자체적으로 해결하기 어려운 이슈에 대해 수학자들은 문제를 정의하고, 모델링, 모의실험 등을 통해 효율적 · 효과적인 해법을 제공

1) 수학 가운데 산업에의 응용이 강조될 경우에는 특별히 국내에서는 산업수학이라고 명명. 수리적 역량의 중요성을 지적하는 많은 외국 보고서들에서 사용되는 용어는 Industrial Mathematics, Mathematics in Industry, Mathematical Sciences 등이 있으나, 활용을 강조한다는 측면에서 동일한 개념

- (투자 및 의사결정 지원) 기존 경제·산업·서비스 초기시 효율적인 투자와 수리적 추론하의 의사결정 지원이 가능하도록 수학을 툴로서 활용
 - ▶ (네트워크) 네트워크 망을 최소 비용으로 구축할 수 있는 최적화 기법 연구
 - ▶ (암호학) 수학의 정수론을 이용하여 기업 보안의 질적 제고 확보
- ④ (수학의 자산화) 산업·생활 속 서비스가 다양·복잡해지면서, 추상화, 모델링, 모의실험, 최적화를 할 수 있는 능력 자체가 자산으로 인정되며 독립적인 영역으로서 기술 및 경제 발전의 기반이 되는 중²⁾
 - 수학을 통해 현상을 이해하기 위해서는 문제를 먼저 정의·분석할 수 있도록 상황을 추상화하고 분석 방법론을 적용하는 Top-Down의 접근법 적용
 - ▶ 데이터 분석가들은 의학, 생물학 등에서 필요한 모델링과 분석 등을 통해 의사결정을 지원의 핵심적 역할 수행
 - ▶ 블랙-솔즈 옵션 모델이 출현하여 수리 기반의 금융 투자 환경이 빠르게 조성
 - 문제 해결 능력을 통해 산업수학은 혁신이나 가치창출, 의사결정 등에서 핵심적인 위상을 점유하였으며, 이제는 산업수학의 역할을 빼놓고는 더 이상의 혁신 고도화를 이룰 수 없는 상황으로 변화
- ⑤ (임베디드化된 산업수학) 수학이 기존 산업의 발전에 큰 역할을 한 것으로 평가받지만, 다른 영역에 비해 명확한(tangible) 대우는 받지 못하는 상황
 - 이는 ① 기초과학으로서의 학문이 가진 연속적인 활용성의 한계, ② 최종재 생산시 산업수학은 임베디드化되어 역할이 희석되거나 보이지 않게 되는 측면, ③ 수학자들의 폐쇄성(현실과의 교류가 많지 않고 특히 현실에 적용하는 수학에 대한 낮은 인식 등), ④ 장기간이 연구가 필요한 수리적 성과, ⑤ 이로 인한 정부 예산 투자 결정의 어려움 등이 학문이나 산업내 산업수학의 정당한 평가를 어렵게 함
 - 특히 2000년대 중반까지는 분석을 위한 필요 Data를 확보·구축하는 것이 업무의 많은 영역을 점유하였으며, 또한 수집한 Data를 활용하기 위한 저장장소, Computing 역량이 상대적으로 미흡한 시기
 - 따라서, Domain Knowledge를 가진 분석가의 역량이 매우 중요한 역할을 하면서 산업수학 자체에 대한 독립성 확보가 보장받기 힘든 구조였음

2) Europe Mathematical Society 내용 기반 기술

■ 가속화되는 ICT 발전과 Data, Computing의 혁신

- ④ (파괴적 혁신 가속화) ICT 기술은 Data, Storage, Analytics, Computing, Display 등 모든 영역에서 파괴적 기술혁신이 가속화되는 추세
 - (Big Data) 인터넷, 모바일, SNS, IoT의 확산으로 웹로그, 클릭정보, 센싱 data, 과학데이터, 상거래 통계, 금융 등 다양한 종류의 Data 폭증
 - ▶ Big Data는 Volume, Velocity, Variety 등 소위 3V라는 특성을 가지며, 특히 비정형화된 형태로 발생하고 있다는 특성을 가짐
 - (Storage) Big Data, 사물인터넷 등 IT환경변화로 기업이 관리해야 할 데이터의 폭증과 거대 데이터의 실시간 분석을 위해 스토리지 환경 혁신 요구
 - ▶ 전통적인 방식의 스토리지인 DAS, NAS, SAN 이외에 Cloud Storage, Storage 가상화, Flash Storage, Software Defined Storage 등이 확산 중
 - ▶ Big Data 시장에서는 저장과 실시간 분석 요구를 만족하는 Hadoop을 비롯한 오픈소스 기반 분산·병렬 처리 플랫폼 도입이 확대되고 있는 중
 - (Analytics) Big Data를 통한 가치 창출, 실시간 분석 등을 통해 빠른 의사 결정을 지원할 수 있는 수리적·통계적 방법론이 발전 중
 - (Computing) HPC와 더불어 PC, 모바일 기기 등의 Computing 파워가 크게 향상되고 있으며 바둑, 유전체 분석 등 고성능 Computing 파워를 필요로 하는 문제들을 해결할 수 있는 기반을 제공
 - ▶ 인공지능 바둑 프로그램 알파고는 총 1,202개 중앙처리장치(CPU), 176개 그래픽 처리장치(GPU)가 탑재된 시스템으로 구현. CPU 개당 1초에 1000회 이상 시뮬레이션 가능. 서버는 분산 클러스터 방식
 - (Display) 전통적인 FPD 뿐만 아니라 OLED, 3D, flexible, 투명, 홀로그램, 햅틱스 등이 차세대 방식으로 연구 진행 중
 - ▶ Display의 개념을 확장할 경우 분석 결과를 이해하기 쉬운 형태로 제공하는 Data Visualization, Infographics 등이 Big Data 부상과 함께 관심을 끄는 영역
- ④ (혁신 고도화의 핵심 : Data와 Computing) 대규모의 실시간 Data로부터 가치를 창출하려는 노력과 복잡한 현상을 설명하기 위한 Computing 역량은 혁신 고도화를 위한 핵심 기반 영역
 - Big Data, Computing 부문에서 역량을 확충한 국가나 기업이 혁신의 고도화, 차별적 가치 창출, 신규 돌파구 탐색에서 경쟁 우위를 점유

- 기업들은 Big Data 활용으로 경쟁력 있는 비즈니스 환경 구축을 기대하고 있으며, 전통적인 Data Mining과 차별화된 가치 탐색을 위한 노력 진행
 - ▶ 가치(Value)를 창출하는 것은 Data가 아니고, 관계를 파악하고 새로운 insight를 유인하는 능력이고, 이를 통해 정확한 예측을 하는 것(OSIP director, John Holdren)
 - ▶ Big Data에 기반하여 사회과학, 통계학 등을 통해 연관관계, 데이터기반 의사결정 등 현실적으로 활용 가능한 지식 생성의 가능성이 주목받음
 - ▶ 유전체학, SNS 등의 출현·확산으로 발생하는 Big Data 분석을 위해 수학 및 통계적 모델에 대한 의존성이 높아짐
 - ▶ 비정형 데이터의 분석가능성과 한계, 상관관계와 인과관계의 혼동, 인식론적 한계, 기술종속 등은 Big Data가 가진 한계점으로 지적(Stepi, 2013)
- 비약적인 혁신을 이룬 Computing Power을 기반으로 기존에는 해결하기 어려웠던 복잡한 현상을 모델링하거나 모의실험할 수 있는 환경으로 변화
 - ▶ 과거에는 실질적으로 활용하기 어려웠던 Markov chain Monte Carlo Methods와 대규모 Data Mining 및 분석이 단기간에 가능해짐
 - ▶ Bioinformatics의 주요 연구 주제인 개인 유전체 구조 분석은 개인이 감당할 수 있는 정도를 넘어선 고가의 Computing 비용이 필요하며, 이는 예방 의학 및 맞춤진료 확산에 걸림돌로 작용
 - ▶ 증대된 Computing Power를 통해 신경망 기법³⁾이 적용 가능한 사례가 매우 다양해졌으나, 여전히 바둑, 유체역학 등에서 현재의 Computing 파워로는 부족하며 새로운 모델링 기법의 연구가 병행되어야 결과 도출 가능
 - ▶ 제프리 힌튼 교수가 평생을 연구한 Deep Learning 알고리즘은 하나의 방법론이지만, 이를 기반으로 이미지 인식, 알파고 등이 출현할 수 있는 기반을 제공하였으며, 발전된 Computing power를 활용하여 현실적인 활용이 가능해짐

■ Big Data, HPC 시대가 도래하며, 산업수학의 역할 재부상

- ④ (혁신기반 성장의 기반 수학) 제조업·대량생산·노동 투입에 기반한 현 산업은 혁신적 성장의 한계를 경험하고 있으며, 현재의 한계점을 극복할 수 있는 유인으로 논리성·창의성·최적화·효율성 제고 등에 주목

- 현재 ICT는 이미 제품보다는 지식을 중심으로 성장하고 있으며, 지식에 근간한 기업들이 세계 시장을 주도하고 있는 상황

3) 신경망 분석은 2000년대 초반까지 인기를 끌었으나, 입력계층과 은닉계층의 수가 증가할수록 Computing 시간이 기하급수적으로 증가하는 단점을 가졌으나, Computing power 확대에 다시 부상하는 기술

- 지식을 확장할 수 있는 기반을 갖추고, 추론의 근간을 이루는 학문으로 수학의 사회적 참여 확대를 요구하면서 산업수학의 역할 재부상
 - ▶ 미국, 유럽 등에서는 산업에 대한 수학의 역할을 강조하면서 수학자들의 현실 참여와 정부의 예산 확대를 지속적으로 요구
- 수학 자체가 가진 문제 탐색, 추상화, 모델링, 모의실험, 최적화, 데이터 분석, 알고리즘 설계 등 일련의 process 자체만으로 잠재 산업 수요 발생
 - ▶ 산업전략과 비즈니스에서 발생하는 현상에 대한 양적인 이해(quantitative understanding)를 가능하게 하는 학문(Arnold, IMA)
 - ▶ 천연두의 퇴치를 위해 1920년 Kermack과 McKendrick은 SIR model 고안하였으며, 전염병 테러에 대비하기 위해 페스트 확산 모델링에도 활용
 - ▶ 수학적 모델링, 알고리즘 설계, 데이터 분석, 수치해석 등 수학적 기법을 통해 과학계와 산업계의 기술 발전 및 문제 해결을 추구
- 기존 방법론으로는 개선이 어려운 문제에 수리적 기법을 활용하여 획기적인 효율성과 효과성을 달성하는 새로운 해법을 탐색하여 혁신 성과 달성
 - ▶ Pixar의 애니메이션 토이스토리에서는 해상도 확대시 발생하는 계단현상을 미분을 이용하여 보정하는 기법 활용

🌀 (고용·창업의 신규 기반 제공) 기업들에서 비즈니스 고도화를 위해 산업수학 전공자를 고용하고 있으며, 수학을 기반으로 창업 사례도 확산 중

- 현재는 수학, 물리학, 통계학 등을 기반으로 창업이 발생하고 있으며, Problem Solving을 위한 기반 영역 자체가 Data, Computing과 같이 자산의 형태로 변화되고 있는 것으로 평가됨
- 선진국 기업들은 수리과학 전공자 고용을 확대하는 추세이며, 이를 통해 기존 비즈니스의 효율화, 새로운 문제 해결 등을 진행
 - ▶ 수학 전공자를 직접 고용하는 대표적인 미국 기업들은 State Farm Insurance(보험 및 재무 서비스), Qualcomm(무선 기술), Boeing(기체 모델링), Google(data scientists), 미국 정부(암호학), Intel(수리적 알고리즘), Edward Jones(재무 advising), Mckinsey & Company(data 분석) 등 다양함
- (창업 증가) 수학을 전공하거나 수리적 역량을 가진 인력들이 application을 탐색 후 이를 기반으로 창업하는 사례가 증가
 - ▶ 스탠포드 대학 박사과정이었던 Larry Page는 web의 수학적 성질을 연구하면서 적용한 PageRank 알고리즘을 기반으로 Sergey Brin과 함께 Google을 창업

<참고 2> 산업수학(Industrial Mathematics)의 정의 및 범위

- o (정의) 산업수학은 산업 영역에서 발생한 문제에 대해 가장 효율적인 해법을 제시하는 등 이슈 해결에 중심을 둔 응용수학의 한 분야⁴⁾
 - 산업수학은 수학에서 특히 경제·산업 영역에의 응용을 강조한 명칭
 - ▶ 산업수학으로 명명한 이유는 수학이 산업의 이슈·문제 해결을 위해 논리적으로 일관성 있는 프레임워크를 제공할 수 있으며, 분석·가상 및 모의실험·최적화·프로세스 제어를 위한 범용적인 언어⁵⁾로서 역할할 수 있음을 강조한 용어임
 - ▶ (European Mathematical Society) 수학은 기본적인 추상화 대상간의 논리적이고 양적인 관계에 중심을 둬
 - ▶ (미래창조과학부) 산업수학을 ① 산업현장의 난제 해결 및 혁신적 상품 개발에 수학을 활용하는 활동으로, 2000년대 들어 금융, 바이오, 제조업, 교통, 안전, 에너지 등 산업 전 분야에서 활용('15.10.15, 미래부 보도자료), ② 수학적 이론과 분석방법을 활용하여 '세상의 문제를 해결하거나 산업의 부가가치를 창출'하는 활동('16.4.28, 미래부 보도자료) 등으로 정의
 - 산업수학은 90년대 말까지 순수수학, 응용수학 분야와 차별적으로 정의 분류되었으나, 학문 영역의 교류 확대와 산업⁶⁾의 융합, 지식의 실물 활용 확대 등으로 수학이 활용되는 기반 영역 전체로 이해하는 것이 최근의 추세
 - 산업수학의 주요 분야로는 좁게는 금융/보험 수학, 최적화, 미분방정식 등을 포함하며, 넓게는 계산수학(Computational Mathematics)의 분야를 포함하여 수학적 모델링, 응용 확률/통계, 이산수학 등을 포함하는 광범위한 개념으로 이해됨
 - ▶ (순수수학, pure mathematics) 추상적 개념 중심으로 연구하는 수학 분야. 이론들에 대해 일반성(generality)을 부여하고자 하는 노력이 중요. 대수(Algebra), 수론(Number Theory), 집합론, 해석학, 위상수학, 기하학 등이 주요 분야(출처 : Wikipedia)
 - ▶ (응용수학, applied mathematics) 수학의 한 부문으로서, 과학, 엔지니어링, 비즈니스, 컴퓨터 과학과 산업에서 활용 가능한 수학적 방법의 연구로서, 수학적 과학과 전문화된 지식의 융합이라고 할 수 있음. 기존에는 실질적인 응용을 위해서 순수수학에서 연구 및 추상화를 진행하는 경우도 있었으나, 현재는 상호 연계된 구도임. 주요 분야로서 계산과학, 전산학, 이론물리학, 수리물리학, 통계학, 계량경제학, 금융수학 등을 포함(출처 : Wikipedia)
 - (수리과학) 주변 산업과 학문 등에서 나타나는 수학의 광범위한 활용을 고려하여 미국이나 영국 등에서는 수리과학(Mathematical Sciences)이라는 용어도 사용되는 상황이나 본질적으로 산업수학의 포괄적 개념으로 동일
 - ▶ (Deloitte) Mathematical science research : 학술단체, 연구기관, 비즈니스, 개인 및 정부에 의해 행해지는 high-end 수학 연구
 - ▶ (NRC, 1988) 수리과학은 순수 및 응용 수학과 함께 통계, OR, 이론전산과학 등 높은 수준의 수학을 사용하는 영역을 지칭. 생물학, 생태학, 공학, 경제학 등의 여타 이론적인 영역들은 수리과학과 지속적으로 결합하고 있음
 - 산업수학은 최종재가 생산되기까지의 간접적·수동적 활용으로, 수리과학 자체의 공헌은 유형적 형태로 나타나지 않는 중간재적 성질을 보유

- (활용 영역 확대) 산업수학은 산업의 전통적인 영역과 협력·활용되고 있으나, 현재는 활용되는 영역이 매우 다양하게 변화됨
 - 전통적으로 수학의 이론을 활용하는 물리, 화학, 의학, 생산 등의 기초과학에서 수학과 학과의 협력이 빈번했으며, 과학 공학 등의 응용 부문에서 추상화, 모델링, 계산, 분석 등의 수학적 성질 활용
 - ▶ 화학 및 경제학 노벨상을 받은 Herbert Hauptman, John Pople, John Nash, and Walter Gilbert 등은 모두 수학 전공자로서 타 부문과 협력하여 성공
 - 최근에는 협력되는 영역이 광범위하게 확장됨. Entertainment, Social Networks, Medicine과 같이 인간에 대한 영역과 전기공학, 도시공학, 기계 공학 등 Engineering 부문과의 협력이 두드러지며, 현재도 지속 확산 중

- 산업수학[수리과학]에 영향을 주는 6개의 사회적·과학적 트렌드(platform wiskunde nederland, "Mathematical Sciences in the Netherlands", 2015)
 - 세계화 : 과학과 교육에 장기적인 영향을 줌
 - 계산의 급증 : 이를 통해 수리과학과 응용 영역을 완전히 변화되고 있음
 - 빅데이터 : 계산과 함께 수리과학의 활용성 증가의 주요 요인
 - 수학의 기반화 : 수학과 활용 확대를 강화시키는 상호 작용
 - 수리과학의 상호 활용 증가 : 하위 수학 영역간에 협력으로 문제해결 발생
 - 수학자들의 사회 참여 인식 : 자신들의 연구 업적으로 사회에서 필요로 함을 인지

<참고 3> 수리과학의 경제적 효과

- 산업 수학은 산업의 문제를 해결하는 소극적 역할도 수행하지만, 그 자체로서 경제적인 효과를 가지는 것으로 평가
- 영국의 수리과학연구(MSR*) 효과는 2010년 ① 영국내 고용**의 약 10%인 280만명, ② 영국 총부가가치(Gross Value Added)의 약16%인 2,080억 파운드로 추정
 - 은행 및 재무의 부가가치액은 270억파운드, 컴퓨터 서비스는 190억파운드 등
- 부문별 고용 중 수리과학관련 업무의 비중***은 R&D의 80%, 컴퓨터 서비스의 70%, 항공 및 우주의 50% 등으로 추정되며, 고용인원수는 컴퓨터 서비스에 34만 7천명, 공무 및 국방에 25만 7천명 등
- *) MSR(수리과학연구, Mathematical Science Research)은 고수준의 수학 연구로서 대학, 연구 기관, 비즈니스, 개인 및 정부에서 의해 수행되며 수학지식을 축적하는 행위
- **) 수리과학 기반 직업으로서 수리과학 연구를 수반하거나 수리과학 연구기반의 도구와 기술을 사용하는 직업
- ***) 비중이 높은 이유는 수학을 전공한 인력과 함께 수학 등의 수리 영역에 대한 경험을 가진 인력인 수리과학 인력을 기준으로 산출한 것으로 이해됨

4) http://www.sfu.ca/~rpyke/ind_math.html

5) European Science Foundation(2010.11), "Mathematics and Industry"

6) 산업수학에서 산업(Industry)의 범위는 기술, 서비스, 제품 등을 모두 포함하는 개념이지만, 국가 정책 측면에서는 일반적으로 수익성을 가지지 않는 기반 연구만으로 한정하는 경향이 있음

■ 산업 속에서의 산업수학 활용 형태

- ④ (성공사례 증가) 수학·수리과학이 유관 과학·산업과 협력하며 다양한 성과 및 성공 사례 도출 증가
 - 복잡한 상황을 인지하고, 상황을 효율화·단순화하고, 제약조건하에 최적의 솔루션을 탐색하고, 미래 상황을 예측하는 등 기존 업무 고도화 및 혁신

<표 1> 수학·수리과학을 활용한 연구 및 성과 예

목적	수학 이론 등의 적용 사례
복잡한 현상의 메카니즘을 수학으로 기술	○ (제철) 용광로 조업의 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - 현상의 메카니즘을 수리모델링한 결과로부터 원인을 추정하는 역문제 기법을 통해 제철용광로의 온도변화를 수리적 모델링 - 이를 통해 용광로 온도의 상태 검출, 용광로 제어 효율화를 진행하여 생산량 제고, 비용 감소, 이산화탄소 배출량 감소, 용광로 수명 연장에 공헌
	○ (교통) 정체 메카니즘을 설명하고 해소 <ul style="list-style-type: none"> - 수학 모델을 통해 정체 발생 메커니즘을 설명하고 정체 요인(차간 거리, 속도 등)을 적절하게 제어하여 정체 해소 방법을 제창 - 고속도로에서의 실증 실험을 통해 그 유용성을 입증하고, 하네다 공항화물 터미널 설계, 공장 생산 일정 설계, 물류 창고 내에서 제품의 최적 배치, 상가내 점포 디자인, 네비게이션 시스템에도 폭넓게 응용
	○ (생산) Robotic Machine Tool의 움직임을 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - API는 사용중인 로봇 도구는 3개의 회전 축을 가진 팔들이 있고, 팔의 각 링크는 다른 좌표 시스템하에 21개의 에러 모수하에 제어됨 - API는 VEC(Volumetric Error Compensation)은 모든 기계공간을 하나의 좌표와 6개의 에러 모수로 표현됨. VEC SW는 Chebyshev 방정식기반의 알고리즘으로 기계의 적절한 경로를 분석 - API의 항공 고객들은 12~14시간 근무를 8시간으로 줄였고, 다른 고객은 일년간 1억불의 비용을 줄였다고 함 - 본 기술은 2010년 100개의 기술 돌파 중 하나로 선정
최적해 제시	○ (보석 가공) 재료 가공 최적화로 폐기량 최소화 <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 형태의 원석에서 폐기량을 최소화하여 원석의 가치를 높이는 방법으로 커팅을 하는 4차원적 최적해(가로, 세로, 높이, 순서)를 찾는 소프트웨어와 가공기계를 개발 - 자동화와 수량을 크게 높였으며, 기하학을 이용한 목재가공지식을 얻음
	○ (금융) 알고리즘에 기반 재무 자산 거래 <ul style="list-style-type: none"> - 2009년 Hauff와 Almgren은 Quantitative Brokers라는 주식과 파생상품에 대한 알고리즘 기반 거래를 하는 기업을 설립. STROBE 알고리즘은 고객

목적	수학 이론 등의 적용 사례
	<p>들의 utility 함수를 최적화하며, 이를 위해 미분방정식과 변분법(calculus of variation)을 사용</p> <ul style="list-style-type: none"> - James Simons는 위상수학(topology) 전공이었지만, 금융데이터를 보고 이에 대한 단타 모델링과 모의실험을 통해 전설적인 수익 발생. 그럼에도 수학자가 투자에 물리는 것에 대해 비판하는 목소리도 있음
<p>수학을 직접 활용하여 풍부하게 표현</p>	<ul style="list-style-type: none"> o (컴퓨터 그래픽) CG에 의한 가시화 <ul style="list-style-type: none"> - 렌더링 방정식(적분 방정식)을 실시간으로 해를 구해 CG기반 얼굴 생상 - 다층 구조를 가진 피부를 실감나고 효율적으로 표현하기 위해 Monte Carlo를 응용한 수리모델링 이용 o (Pixar의 애니메이션) 3D 애니메이션 기술 전문회사로 변신 <ul style="list-style-type: none"> - Steve Jobs는 컴퓨터 회사였던 픽사를 인수한 후 많은 수학자들을 영입 - 픽사 수학자들은 해상도를 조절하는 수학적 방식의 이미지 표현법을 연구, 이를 애니메이션에 적용했고, 토이스토리 등 애니메이션 작성
<p>실험의 효율화</p>	<ul style="list-style-type: none"> o (자동차) 엔진적합시험 효율화 <ul style="list-style-type: none"> - 볼록최적화(기하학적 방법)를 이용하여, 10개 이상의 모수를 제어하여 자동차 엔진 적합시험등을 효율화한 일본 소프트웨어 o (생산) 가상 prototyping으로 생산 기간 단축 및 비용 절감 <ul style="list-style-type: none"> - Goodyear Tire & Rubber에서는 타이어의 디자인과 성능 예측을 위해 컴퓨터 계산시 3달 소요. finite element analysis 방법론 이용 - Goodyear의 경쟁력은 4계절 타이어 디자인으로서 타이어 성능이 모든 운행 조건하에서 평가되어야 함 - Goodyear는 Sandia National Laboratores와 제휴하여, Sandia의 물리적 모델링과 모의실험 경험을 기반으로 한 컴퓨터 모의실험을 진행하여, 개발기간을 3년에서 1년으로, prototype 단가를 62%로 절감 o (신제품 개발) Green 소재 개발을 위해 Super Computing 사용 <ul style="list-style-type: none"> - P&G 등에서는 석유기반 소재를 Green 소재로 대체하면서, 동일한 성능(느낌, 거품, 두께)을 가지는 것으로 목표로 함 - 거품 시각화를 위해서 computer molecular dynamics simulations을 이용하였으며, Argonne National Laboratory의 HP 컴퓨터와 Pennsylvania 대학과 협업을 통해 모의실험 시간을 몇개월에서 수시간으로 줄이며 제품 개선에 성공
<p>예측</p>	<ul style="list-style-type: none"> o (의학) 대동맥류 치료후 변화 예측 <ul style="list-style-type: none"> - 대동맥 혈류(선회류 등)의 해석과 혈관 내압 분포를 수리모델화하여, 환자의 대동맥류 스텐트 치료예후의 변화를 예측 - 환자 개인의 대동맥 형상에 착안한 것으로, 환자 개개인별 치료 가능 o (조세) 수리적 방법(Markov Decision Process)을 이용하여 조세 예측 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - IBM은 뉴욕주의 DTF(Division of Taxation and Finance)와 공동으로 IBM

목적	수학 이론 등의 적용 사례
	<p>체스 프로그램 Deep Blue와 Watson 엔진을 이용한 예측 시스템 TACOS(Tax Collection Optimization Solution) 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 조세국(e.g., phone calls, visits, warrants, levies, and seizure of assets)과 조세대상자(e.g., payments, filing protests, and declaration of bankruptcy)의 행동을 DB화하고, 수리적 방법을 통해 조세대상자의 행위를 예측하여, 조세국의 기대 수익을 최대화하는 전략 제안 - TACOS를 통해 2009년과 2010년 수익 8% 증가
대규모 · 복잡한 데이터의 해석	<ul style="list-style-type: none"> o (의학) 진단화상 데이터로부터 암의 악성도 판정 <ul style="list-style-type: none"> - 대장 암 조직 진단 화상에 기하학적인 방법을 이용하여 집적도의 정도 및 세포의 변형 상태를 수치화하여 암조직의 악성도를 정량화 - 화상진단기가 2~3분 걸릴 작업을 신속(약 2초) 정확하게 진단 가능하고, 화상진단 의사의 업무 경감, 대량 처리 및 다양한 암 종류에 적용 가능 o (의학) 기하학적 계산에 의해 단백질 데이터 해석 <ul style="list-style-type: none"> - 기하학적계산(호몰로지군의 계산)에 의해 단백질의 기하구조를 추출하여 단백질 분자내의 "공간"을 전부 검색 할 수 있는 계산 소프트웨어 개발 진행 중 - 이를 통해 단백질의 국소적 유연성을 알 수 있고, 효소나 수용체의 활성 부위를 예측 가능

자료 : 일본 과학기술 · 학술심의회(2012.8), "수학이노베이션 전략", SIAM(2012), "Mathematics in Industry" 등 활용하여 재구성

④ (수학의 사회 직접 진출) 순수 수학을 기반으로 현실세계에 적용 가능한 활용 예를 탐색하고 서비스화하여 창업

- (AYASDI) 순수수학인 위상수학(topology)을 전공으로 하던 Stanford 수학과 교수 Gunnar Carlsson은 이를 현실의 문제를 해결하는 접근을 통해 NSD와 DARPA로부터 투자를 받고 TDA 기법을 연구하고 AYASDI 창업
 - ▶ TDA(Topological Data Analysis)라는 방법을 이용하여 거대 데이터 모양을 보고 의미를 찾아내는 AYASDI 소프트웨어는 비슷한 생체 데이터를 활용해 추가 검진이 필요한 사람을 구별해내고, 유사한 신용카드 사용 패턴 속에서 사기꾼을 선별
 - ▶ AYASDI는 1억달러 이상의 벤처투자자금을 확보하는 등 순수수학의 창업 성공 사례임
 - ▶ 주목할 점은 창업이 수학자들을 중심으로 이루어지더라도, 사업을 위해서는 사업상의 다양한 지원이 필요. Ayasdi는 이를 위해 Data Scientists, SW 엔지니어 등 업무 프로세스가 작동할 수 있는 금융, 투자, 생명 공학 등 다양한 분야의 인력을 채용하여 공동 작업

- **(ENCORED Technologies, 수학기반 창업) IoT 기반 에너지 빅데이터 서비스를 제공하는 기업으로 EnerTalk이라는 빅데이터 서비스를 세계적 파트너들과 연계하여 Smart Home, Smart Building 글로벌 시장을 개척하는 중**
 - ▶ 실리콘밸리의 글로벌 VC Formation 8의 투자를 받아 2013년 창업한 기업
 - ▶ Encored가 세계시장에 일으킨 혁신적 변화는 프로그래머나 전기처리 중심의 글로벌 경쟁사와 달리 세계적인 수학자이자 빅데이터 권위자인 연구소장을 중심으로, 수학, 통계, OR, 전기공학 최고전문가들이 각 분야의 지식을 융합하여 기존의 한계를 뛰어넘는 데이터, 알고리즘과 플랫폼을 개발하고 있다는 것
- **(Two Sigma Investments LP, 자산운용) John Overdeck과 David Siegel이 공동 창업하였으며, 데이터 기반 헤지펀드 운용의 새 장을 개척**
 - ▶ 스탠포드대 수학과 출신으로 Quantitative investment strategies 개발
 - ▶ Two Sigma Enhanced Compass Fund는 57.55% 순이익률을 달성하며 업계 최고 기록(2014, Forbes investments report)
- **(Renaissance Technologies, 금융) James Simons은 순수수학 전공 교수로서 1982년 Renaissance Technologies 헤지펀드 운용사 창업자이자 사장으로서 수학을 현실에 적용해 막대한 부를 창출한 전설적 인물**
 - ▶ ‘통계적 차익거래(statistical arbitrage)’라는 초단타 매매법 구사
 - ▶ 르네상스 테크놀로지는 금융, 경제, 경영학 출신 인원뿐 아니라 수학, 물리학, 천문학, 통계학, 전산학 박사들이 270억달러(31조원)의 자금 운용
- **(영화 협력) 수학자인 UCLA 교수 Stanley Osher는 유체의 형태 변화를 수리적으로 표현한 등위집합(level set) 방법을 개발하였으며, Osherd의 제자인 Ronald Fedkiw는 영화 '캐리비안의 해적' 시리즈의 거센 파도와 물줄기, '겨울 왕국'의 눈보라 치는 장면 등을 표현. 이를 통해 2008년 아카데미 영화제에서 수상**
- 이외에 MS의 공동창업자인 Steve Ballmer는 하버드대 수학과 출신이며, Sergey Brin은 스탠포드대 석사 시절 데이터마이닝과 인터넷 검색 및 저작권 탐지 알고리즘 연구를 통해 Google 창업의 기반 역량 확보

III 산업수학 진흥을 위한 국가별 전략/정책 동향

■ 국가와 기업들은 혁신의 새로운 성장 엔진으로 산업수학 진흥

- ④ (선진국의 정책) 선진국은 국가 차원의 수학·수리과학 역량 확보의 중요성을 인식하고, 다양한 기관 설립과 지원 정책 마련 및 추진 중
- ④ (미국) 수리과학 분야에서의 경쟁력 유지를 위해 NSF, DARPA 등에서 지속적으로 프로그램을 개발하고 투자 진행
 - (National Research Council) 1984년 「Renewing U.S. Mathematics : Critical Resource for the Future」를 통해 수리과학에 대한 투자 확대를 요구하기 시작
 - (National Academy of Sciences) 1998년 보고서 「Report of the Senior Assessment Panel for the International Assessment of the U.S. Mathematical Sciences」를 통해 2000년 초반 수리과학 투자 확대 요청
 - (NSF) 2013년 보고서 「The Mathematical Sciences in 2025」에서는 2025년 수리과학 분야에서 최고의 가치 생산을 위해 다양한 전략 제시
 - ▶ Division of Mathematical Sciences에 대한 NSF의 예산은 2000년 1.1억달러에서 2010년에는 2.4억달러로 증가
 - (DARPA) 2008년 수학의 극적인 발전과 미국 국방부(DoD)의 과학 및 기술역량 강화를 위해 “Mathematical Challenges” 23개 문제를 제시
 - ▶ 수학자 Hilbert는 이미 1900년 20세기에 중요한 문제로서 연속체가설, 리만가설, 변분법의 추가 발표 등 23개 문제를 제시
 - (Mathematical Sciences Institutes) 미국내에는 NSF의 지원을 받는 8개의 수리과학연구소가 있으며 수학과 타 학문과의 교류 등을 목표로 운영
 - ▶ Institute for Mathematics and its Applications (IMA), Institute for Pure and Applied Mathematics (IPAM), Statistical and Applied Mathematical Sciences Institute (SAMSI) 등의 연구소들이 수학의 활용성에 대해 폭넓게 연구 중(자료 : <https://mathinstitutes.org/institutes/>)
- ④ (유럽) OECD에서도 유럽 경제, 혁신 프로세스, 글로벌화를 위한 핵심 기반으로 산업수학(industrial mathematics)의 중요성 강조

- OECD 국가들은 혁신과 과학, 수학과와의 연계성 제고를 위한 전략의 필요성에 동의하며 이에 대한 다양한 논의 진행
 - ▶ '07.3월 산업수학의 역할에 대한 워크숍을 진행. 주요 논의 사항은 ① 수리과학과 산업간의 관계 분석, ② 수학과 산업의 주요 트렌드 분석과 합의, ③ 수학과 산업간의 주요 도전과 기회, ④ 수학·산업·정부의 action plan 제안 등(출처 : 「Report on Mathematics in Industry」('08.7))
- ESF(European Science Foundation)의 보고서 「Mathematics and Industry」(2010)를 통해 산업수학에 대한 funding 확대, 각 국가간 성과 공유, 공통의 교육 프로그램 준비 등을 제안
- ④ (일본) 일본내에서 수학과 기초과학, 공학간의 시너지 확보를 위해 2012년 「수학 이노베이션 전략」 등을 통해 다양한 정책적 지원 강화
 - 일본 수학연구와 관련된 산업분야 융합연구의 필요성에 대해 2006년 발간된 보고서 “잊혀진 과학-수학”(Policy Study No.12)에서 지적하였으며, 2007년 과학기술진흥기구 보고서7)를 통해서도 수학과 제분야 협력 강조
 - 2011년도에는 수학을 통한 산업이슈 해결을 위한 과제의 발굴과 산업과의 협동에 필요한 노하우 발굴 등을 목표로 문부 과학성 및 대학 등의 워크숍 공동 개최 등을 실시하였으나, 조직적인 협동의 필요성을 절감
 - 이를 위해 “수학 이노베이션 전략”을 마련하여, 수학을 충분히 활용하여 과학적 발견과 기술적 발명을 발전시키고 새로운 사회적 가치와 경제적 가치를 창출할 수 있도록 정책적 지원 예정
- ④ (중국) 수학과 유관 부문의 학제적 연구를 확산시키기 위한 국가적 연구 플랫폼으로 NCMIS를 2010년 발족
 - * NCMIS : National Center of Mathematics and Interdisciplinary Sciences
 - Chinese Academy of Science(CAS)에 의해 추진된 “Innovation 2020” 프로그램의 일환으로 구성
 - ▶ Innovation 2020에서는 혁신돌출, 합리배치, 4개일류(일류의 성과, 일류의 효익, 일류의 관리, 일류의 인재), 개방합작, 조화정열, 지속발전의 실현을 목표
 - NCMIS의 미션은 자연, 공학, 사회과학 등에서 핵심적인 과학과 수학 문제를 도출하고 해결하며, 중국 과학의 발전을 지향

7) 독립행정법인인 과학기술진흥기구(JST) 전략적창조 연구추진사업 “수학과 제분야의 협동에 의한 브레이크스루 탐색”을 발간

- ④ (한국) 장기적 관점의 연구역량 확충을 위해 기초과학에 대한 투자 증대가 필요하며, 특히 수리과학의 육성에 대한 논의가 진행 중
 - 수학의 중요성을 인식하여 출연(연)인 수리과학연구소를 2005년 설립하고, 2014년 세계수학자대회를 개최하는 등 다양한 전략 추진 중
 - 정책적으로 「 산업수학 점화 프로그램 », 「 산업수학 육성정책 」 등을 마련하여 금융, 국방, 네트워크 분야와의 협력 진행 중
 - 그럼에도, 여전히 순수 수학자나 수리 과학자 등이 국내에서 역량을 발휘하기에는 넘어야 할 과제가 많이 있음
 - ▶ 기업이 요구하는 수학 인재를 빅데이터, 수치해석 등 비교적 고급의 수학 지식을 필요로 하는 기업과 수학 관련 지식이 필요하긴 하나 범용성이 강하며 다양한 분야의 지식을 갖춘 융합형 인재를 원하는 기업으로 구분됨(STEPI, 2015)
 - 국내에서의 산업수학 관련 기업은 아직 본격화하지 않은 단계로, 대학과의 협력 연구, 수학 전문인력에 대한 수요도 높지 않은 것으로 진단됨
 - ▶ 금융수학, 금융공학 등 새로운 전공의 출현에도 불구하고 수학을 기반으로 한 본격적인 금융 벤처·스타트업은 미미하며, 보안, 재난, 의료, 인공지능, 문화 콘텐츠 등 수학 지식을 적용한 혁신 사례들은 아직 국내에서는 가능성만 논의되고 있는 수준

■ 산업 수학 관련 국내외 기관 및 동향

- ④ ICIAM(International Council for Industrial and Applied Mathematics)
 - 세계에서 가장 큰 규모로 진행되는 산업응용수학 분야의 학술대회인 ICIAM Congress를 주관하는 국제기구
 - ICIAM은 산업 및 응용수학의 국제적 증진, 멤버 기구간의 교류, 정기적인 국제 회의 계획 수립 등을 목적으로 운영 중
 - 1970년대·80년대 응용수학 발전을 목적으로 독일 GAMM, 영국 IMA, 북미 SIAM, 프랑스 SMAI 등 4개 기구간 협력 기반으로 1987년 파리에서 회의 시작
 - 2013년 북경에서 회의가 개최되었으며, 4천명 이상의 대표단 참석. 차회는 2017년 Valencia에서 개최 예정
- ④ SIAM(Society for Industrial and Applied Mathematics)
 - 1952년 설립된 국제 커뮤니티로서 14,000명의 회원과 500개의 학술, 제조, 연구기관, 서비스 조직, 정부, 국방부가 회원인 미국의 학술단체

- SIAM의 목표는 공학, 산업, 과학, 사회에 필요한 수학의 응용과 계산 과학의 발전, 효율적 방법론 연구, 수학자·공학자·과학자 간 정보 교환 창구를 제공

④ ECMI(European Consortium for Mathematics in Industry)

- ECMI는 ① 사회경제적 활동시 수학적 모델링, 모의시험, 최적화의 사용을 도모하고 지원하며, ② 산업수학자의 교육, ③ 유럽 전체적인 규모로 추진 등을 목표로 학술기관과 산업계간의 유럽 컨소시엄
- ECMI에서는 산업수학자 양성을 위해 postgraduate programme을 제안하고 있으며, 유럽의 다양한 대학에서 ECMI 커리큘럼을 채택

④ EU-MATHS-IN(EUROPEAN SERVICE NETWORK OF MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND INNOVATION)

- EMS(European Mathematical Society)와 ECMI가 후원하여 '13.11월 이해 관계자들에 의해 구성된 기구로서 암스테르담 위치
- 본 기구에서는 Application 수요가 발생할 경우 수학적 연구를 진행하고, 산업과 과학, 사회 혁신에 응용하는 것을 목표로 함

④ MI(Math-for-Industry) 포럼 및 연구소(IMI), APCMfi

- MI 포럼은 고급 수학인재를 양성하고 산업계와 대학간의 교류를 촉진하기 위하여 큐슈 대학을 중심으로 구성되어 '08년부터 활동
- IMI는 산업수학 부문의 아시아 연구 허브로서, '14.9월에는 후지쓰와 Social Mathematics 공동연구실을 개설하고 '15.4월에는 암호학 연구실 개소, '15.3월에는 멜버른에 IMI 호주지부를 설립하여 호주·뉴질랜드와 협력 강화
 - ▶ APCMfi(Asia Pacific Consortium of Mathematics for Industry)라는 아시아태평양 지역 대학들이 멤버로 있는 산업수학 컨소시엄도 있으나, IMI와 협력 중

■ 국내 산업수학 정책 현황

④ (정책) 미래창조과학부에서는 산업수학 육성 방안을 '16.4월 발표

- 산업수학 육성은 2016년 미래부 업무계획에 반영되었으며, 산학연 협력 생태계를 조성하여 기업현장 문제 해결 등을 위한 솔루션 개발과 현장형 수학인재 양성 계획 마련
 - ▶ 수학자와 기업간의 협력 생태계, 기업의 문제에 대한 수학적 기반 해결, 산업수학 고급두뇌 양성, 이를 통한 고용 증대 정책 제안

- 산업수학 점화프로그램을 통해 기업이 직면한 문제를 수학으로 해결하기 위한 정책 추진('15,7월)
 - ▶ 21개 대학이 금융, 의료, 정보보안, 바이오 등 여러 분야 기업(34개)들과 '15.7월 점화프로그램에 착수하였으며, '16년말까지 총 27억원 예산 지원
 - ▶ 주요 프로그램으로는 수하이론기반 미래산업기술연구(서울대, 2.2억원), 지역기반산업과 수학융합 점화(부산대, 3억원) 등이 있음

<표 2> 산업수학 점화프로그램 활동 현황

대학교	파트너	주요 활동 내용
서울대	삼성전자	· 데이터가 암호화된 상태에서 범용 동형암호 분석 ※ 암호모듈 알고리즘 개발(삼성 스마트 TV, 갤럭시 S5 등)
	(주)넥스팀	· 반도체 소자의 결함을 찾아내는 영상의 알고리즘 개발
	서울대병원	· 뇌네트워크 지도 제작(커넥톰)
KAIST	ETRI	· 차세대 무선통신망의 MAC 프로토콜 설계
	기타	· Pfizer 신약개발 수리모델링
성균관대	질병관리본부	· 한국형 에이즈종양바이러스 분석 진행
건국대	국립암센터	· 바이오 수학 기반으로 국립암센터와 뇌종양 치료 연구

자료 : 미래창조과학부('16.4), "산업수학 육성방안(안)"

- (세계수학자대회) 미래부에서는 '14.8월 2014 세계수학자대회를 서울에서 성공적으로 개최하였으며, 아시아에서는 4번째 개최국
- (MOU) '16.5월 미래창조과학부는 산업수학 발전을 위해 대한수학회, 벤처기업협회, 한국산업기술진흥협회, 국가수리과학연구소와 '산학연 협력을 위한 업무제휴 협약서'를 체결
 - ▶ MOU를 통해 △산학연 협력분야 발굴 및 수행 △산업수학 기업 지원프로그램 및 기업정보, 전문가 풀 공유 △기술데이터베이스, 연구 개발(R&D) 등 기술이전 사업화 협력을 추진
- ④ (국가수리과학연구소) 응용수학 및 유관 분야 연구를 수행하기 위해 2005년 기초과학연구원(IBS) 부설로 설립된 수학과 관련 국내 최초의 정부출연연구소로서 다양한 산업수학 연구 진행 중

<참고 4> 국내 산업수학 현황(2000~2015)

* 아래 자료는 STEPI의 2015년 보고서인 "산업수학 활성화를 위한 국내 산업수학 생태계 분석"에서 발췌 정리한 내용

o 수확분야 국가연구개발사업의 특성

- 국가연구개발사업 중 수확이 차지하는 비중은 '02년 0.24%(111억원, 204건)에서 '14년 0.45%(798억원, 775건)으로 크게 증가
- 건당 평균금액은 수확이 1.03억으로 자연과학 2.67억원, 전체 3.3억원에 비해 낮음

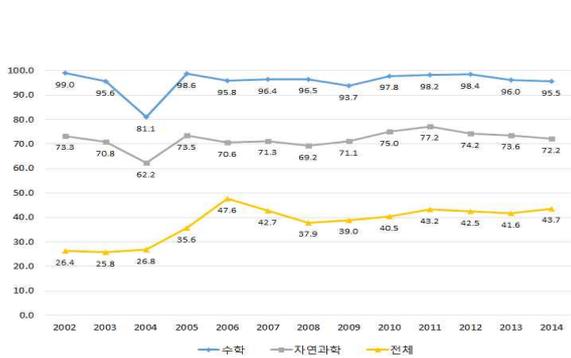
<표 3> 수확 및 자연과학 부문 정부투자 현황 (단위 : 건, 백만원)

	수확			자연과학			전체		
	건수	정부투자 연구비	건당 평균 금액	건수	정부투자 연구비	건당 평균 금액	건수	정부투자 연구비	건당 평균 금액
2002	204	11,184	55	2,598	354,021	136	23,116	4,698,389	203
2003	206	10,597	51	2,650	387,125	146	25,916	4,903,612	189
2004	338	22,171	66	3,087	580,658	188	26,599	5,984,660	225
2005	296	25,560	86	4,873	833,753	171	30,568	7,790,434	255
2006	311	27,335	88	4,672	793,350	170	32,114	8,763,909	273
2007	364	31,140	86	4,949	855,562	173	33,225	9,574,545	288
2008	373	26,777	72	5,855	1,038,588	177	37,545	10,842,505	289
2009	476	35,769	75	6,271	1,249,027	199	39,565	12,415,251	314
2010	588	45,558	77	6,809	1,478,496	217	39,254	13,682,702	349
2011	657	52,656	80	7,122	1,641,247	230	41,619	14,852,770	357
2012	694	58,854	85	8,029	1,857,454	231	49,948	15,906,397	318
2013	734	71,010	97	7,911	2,029,420	257	50,720	16,890,300	333
2014	775	79,805	103	8,282	2,211,270	267	53,493	17,639,481	330

- 연구과제 중 대학이 수행 주체인 비중(건수)은 수확의 경우 80% 이상이며, 자연과학은 70% 이상, 전체에서는 절반의 비중을 점유
- 연구개발단계상 기초연구의 비중은 수확이 90% 이상, 자연과학은 70%, 전체는 40%



(그림 2) 대학이 수행주체인 비중



(그림 3) 기초연구의 비중

- (협동연구) 수확은 2013년 단 2건의 과제만이 기업 및 타대학과 공동 수행

○ 수학 관련학과의 현황 변화

- 국내 대학교 가운데 수학 관련학과(학부)는 2000년 271개에서 2015년 218개로 크게 감소
 - ▶ 수학과는 123개→93개, 통계학과는 112개→67개, 기타수학과는 36개→58개로 변화
- 수학 관련학과(대학원)는 2000년 81개에서 2015년 103개로 증가
 - ▶ 석사과정은 175개→208개, 박사과정은 81개→103개로 크게 증가
- 2000년 이후 국내 대학의 수학 관련학과가 학생 및 교원에서 차지하는 비중은 지속적으로 하락하고 있으며 특히 박사 과정 학생 수의 감소가 두드러진다
- 수도권 대학교의 수학 관련학과에서는 학생과 교원 모두 증가하였으나, 지방대학교의 학생 수는 감소한 것으로 나타났다

○ 국내 산업계의 수학 수요

기업 명	주요 사업 분야	인원 및 요구 인원
CEMWARE	- 과학기술 및 공학용 범용 패키지 소프트웨어 전문기업 - '14년 매출은 약 6억 2천만원	- 주력 기술은 컴퓨팅 소프트웨어와 수학 기술로 대별 - 직원 중 수학 전공자는 약 20% 규모
ECMiner	- 데이터마이닝 기술력을 바탕으로 통합 분석 솔루션 공급 및 시스템 구축, 데이터마이닝 S/W 판매 및 응용 프로젝트 수행, Data Warehouse/Data Mart 구축 등	- 현재 엔지니어 중 수학 전공자는 없음 - 전산, 산업공학 및 통계학 전공자에 대한 수요가 높음 - 수학 전공은 수학과 전산 지식을 동시에 갖춘 인재를 가장 원함
Encored Technologies	- 가정이나 빌딩의 전력 사용량을 실시간으로 확인	- 전체 33명의 엔지니어 중 4명의 수학 박사학위자가 포함
ClassCube	- 빅데이터 분석에 기반한 학습 분석 기술을 이용한 일종의 모바일 에듀테크 스타트업	- 개발자는 수학 전공자 - 통계, 알고리즘, 머신러닝, 딥러닝 등 고급 수학지식에 대한 수요
KnowRe	- 인공지능 기술 기반의 학습 엔진을 통해 학생별 맞춤형 수학 콘텐츠를 제공하는 스타트업 기업	- 전체 직원 중 엔지니어의 비중이 64%이며 그 중 수학전공(수학교육 포함)자의 비중이 62%
Bapul	- 학습 Q&A 플랫폼인 '바로풀기' 서비스를 운영하는 에듀테크 기업	- 직원 중 엔지니어는 절반 정도이며 수학 전공자는 1명 - 수학 전공자에 대한 수요는 없다고 함
MathLove (수학사랑)	- 수학캠프 및 연수, 수학 관련 서적 발간, 수학 소프트웨어의 한글화, 수학 교구 개발 등 수학 문화사업에 특화된 기업	- 현재 직원(22명) 중 수학 전공자는 6명 - 수학교육의 석박사급 인력에 대한 수요 - 수학 문화사업이라는 특성상 수학 전공 이외에 디자인, 건축, 미술, 음악, 역사 등 다양한 전공의 인력을 필요로 함

○ 수학 박사 학위자 진로(2012~2015년 졸업자 예상)

- 박사 학위 취득자(학업전념자만 고려) 중 66.7%가 대학으로 취업하였으며, 공공연구소 19.1%이며, 민간기업 진출은 1.9%에 불과하여 학위 취득 후 사회진출 경로가 다양하지 못한 것으로 조사됨
- 박사 학위 취득자 중 28.5%(86명)이 해외 취업 및 이주계획이 있으며, 이중 67.4%인 58명이 해외 취업 및 거주 중으로 조사되어, 고급 인력의 해외 유출이 심각

■ 산업수학 수요 영역의 기술역량⁸⁾

- ④ (Data · Computing의 역량 확보 중요성) ICT가 고도화되고 산업수학의 발전을 위해서는 Data, Computing 영역의 역량이 선행 요인으로서 작용
 - 국내의 ICT 부문 가운데 Data, Computing 영역의 기술역량을 살펴보고, 산업수학이 실질적으로 수요가 발생할지에 대한 검토 필요
- ④ Data, Computing 역량이 가장 필요로 하는 부문은 기반SW · 컴퓨팅, SW, 디지털콘텐츠, 정보보호 영역
 - 미국이 가장 우위에 있으며, 한국은 미국의 80% 이하의 기술 수준을 보이며, 중국을 제외하고는 가장 뒤떨어진 기술 수준을 보임
 - 정보보호가 그나마 81.7% 수준을 보이고 있으나, 기반SW · 컴퓨팅 부문은 중국과 유사하게 74.1% 수준으로 격차기간도 2년으로 보이고 있음

<표 4> 산업수학 수요 분야별 기술 수준 및 격차 기간 (단위 : %, 년)

	한국		미국		일본		유럽		중국	
	상대 수준	격차 기간								
기반SW·컴퓨팅	74.1	2	100	0	82.2	1.4	85.1	1.2	70.7	2.3
SW	76.7	1.9	100	0	79	1.7	83.8	1.3	70.1	2.4
디지털콘텐츠	78.7	1.6	100	0	83.8	1.2	85.5	1.1	70.3	2.4
정보보호	81.7	1.5	100	0	83.4	1.3	88.5	0.9	74.5	2.1

자료 : 미래창조과학부(2016.02), "ICT 기술수준 조사 보고서"

- ④ (기반SW · 컴퓨팅) AI, 의료 등의 고도화를 위해 필요한 영역이지만, 전반적으로 미흡한 수준을 보이고 있음
 - High Performance 컴퓨팅 부문은 미국대비 67.4%로서 중국에도 밀리고 있는 수준으로 산업수학을 적절히 활용할 수 있는 기반이 미흡한 상황
 - 기계학습, 인공지능 영역도 70점 수준으로 2.5년 이상의 격차를 보이고 있음

8) 미래부의 「2015년도 ICT 기술수준 조사 보고서」 내용을 기준으로 작성

<표 5> 기반SW·컴퓨팅 수요 분야별 기술 수준 및 격차 기간 (단위 : %, 년)

		한국		미국		일본		유럽		중국	
		상대 수준	격차 기간								
High Performance 컴퓨팅	분산·병렬 컴퓨팅	67.4	2.6	100	0	81.7	1.4	83.8	1.3	73	2.1
인공지능/인지컴퓨팅	기계학습	70.4	2.5	100	0	81	1.6	86.4	1.2	66.7	2.7
	자연어 처리	75.5	2.1	100	0	83.3	1.4	87.7	1.2	67.7	2.6
	인공지능	69.5	2.6	100	0	81.8	1.7	86.5	1.4	67.2	2.9
빅데이터 플랫폼	데이터 수집	77.7	1.6	100	0	80.3	1.4	85.5	1	70.9	2.2
	분석 및 추론	73.7	1.8	100	0	81.6	1.3	86.3	1.1	68.9	2.3
	활용 및 시각화	75	1.5	100	0	80.3	1.3	86.6	0.9	66.9	2.2

자료 : 미래창조과학부(2016.02), “ICT 기술수준 조사 보고서”

☉ (SW·디지털콘텐츠) 스토리지시스템이나 클라우드 응용SW 등 산업수학 수요가 많을 것으로 예상되는 영역들이 80% 이하의 기술수준 보유

- Big Data 관련 기술의 낮은 수준으로 인해 데이터 과학자, 통계학자 등의 산업수학 전문가의 수요 확대로 이어질지는 미지수임
- 고품질의 영상 콘텐츠 제작을 위한 원천 기술 확보에 산업수학의 역할이 발생할 것으로 판단되며, AR/MR/VR에 활용될 전망

<표 6> SW·디지털콘텐츠 수요 분야별 기술 수준 및 격차 기간 (단위 : %, 년)

		한국		미국		일본		유럽		중국	
		상대 수준	격차 기간								
시스템SW	스토리지 시스템	78.2	1.7	100	0	82.4	1.4	84.4	1.3	73	2.2
응용SW	클라우드 응용 SW	76.5	1.6	100	0	80	1.4	83.9	1.2	71.5	2.2
	빅데이터 응용 SW	74.5	1.8	100	0	79.7	1.4	84.2	1.1	69.1	2.3
실감형 영상 콘텐츠	컴퓨터 그래픽스/비전	80.7	1.7	100	0	85.6	1.2	84.8	1.3	74.6	2.3
인터랙션 콘텐츠	AR/MR/VR	80.3	1.7	100	0	85	1.3	87	1.1	71.4	2.6
	뉴로 콘텐츠	71.5	2.4	100	0	83.1	1.5	86.7	1.1	64	3.2

자료 : 미래창조과학부(2016.02), “ICT 기술수준 조사 보고서”

④ (정보보호) 암호기술, 인증기술 등은 타 영역보다는 상대적인 기술 수준이 높으나, 여전히 2년의 격차를 보이고 있음

- 핀테크, IoT 등 신규 서비스 영역에서 암호 알고리즘 개발을 위한 산업수학의 직접적인 기여가 가능할 것으로 전망
- 빅데이터 분석 시장의 개화시 데이터의 가치를 보호하고, 활용주체의 보호하기 위한 빅데이터 보안 수요가 발생할 전망

<표 7> 정보보호 수요 분야별 기술 수준 및 격차 기간 (단위 : %, 년)

		한국		미국		일본		유럽		중국	
		상대 수준	격차 기간								
공통기반 보안	암호기술	81.5	1.9	100	0	85	1.5	90.5	0.9	75.1	2.5
	인증기술	82.6	1.6	100	0	84	1.5	89.9	0.8	73.5	2.4
서비스 보안	암호분석	79.8	1.9	100	0	85	1.5	89.3	1	77.7	2.2
	클라우드/ 빅데이터 보안	76.1	1.7	100	0	81.3	1.3	85.7	1	71.5	2

자료 : 미래창조과학부(2016.02), "ICT 기술수준 조사 보고서"

④ (산업수학의 수요 점검) 산업수학의 다양한 수요가 확산되기 위해서는 산업수학을 활용하는 융합영역, Big Data, Computing 영역의 발전이 필요

- Data 및 Computing 관련 영역은 최고대비 80% 기술수준, 약 2년의 격차를 보이고 있어, 시장 진출을 위해 기업들이 자발적으로 산업수학에 대한 수요를 갖기에는 어려운 상황
- 미래 산업에서의 혁신 고도화를 위해서는 기반 영역에 대한 꾸준한 투자가 필요한 시점으로 Data, Computing, 산업수학, 융합 등 다양한 영역에서 새로운 문제와 이슈를 설정하고 대학, 출연(연), 정부가 긴밀한 협력하에 장기적인 접근이 필요할 것으로 분석됨

IV 산업수학의 사회 영향 분석

■ 산업 부문에의 영향

- ④ (혁신축매 산업수학) 미래 산업 경쟁력의 핵심 리소스가 Data, Computing과 더불어 수리적 역량의 확보로 무게중심 이동
 - 산업의 복잡성, 불확실성, 데이터 증가, 산업간 융합 등으로 현재 혹은 미래에 발생가능한 문제를 효율적으로 해결할 수 있는 역량 선점이 중요해짐
 - 추상화, 모델링, 모의실험, 최적화 등의 행위를 통해 Data, Computing의 역량 활용은 극대화할 수 있는 특성을 가진 부문이 수리영역[산업수학]
 - 토지·노동·자본 등의 전통적인 생산요소가 미래 산업의 경쟁력 결정에서는 역할이 매우 축소될 것으로 전망
- ④ (무형자산 생태계 강화) 지식, 경험, 노하우 등 무형 역량의 정당한 평가체계가 논의가 재점화되며 무형자산 중심의 성장 생태계가 체계화 될 전망
 - HW중심형의 산업 성장으로 인해 국내에서는 SW, 알고리즘, 코딩, 아이디어 등 무형의 자산에 대한 정당한 평가 체계가 형성되지 못한 상황
 - ▶ 최근 AI나 Data 분석, SW 중요성이 강화되었지만, 이러한 경험이 일천한 국내 산업은 SW 역량 확보를 위해 단기·개발형 연구를 지속한 결과 지식 중심의 성장 기반 확보에는 실패한 상황
 - 수학 기반의 창업이나 성공 사례가 많아질수록 무형 자산을 인정하는 사회적 분위기가 확대될 것으로 기대되며, 장기적으로 SW, 알고리즘, 지식, 콘텐츠 등 무형 자산 생태계가 체계화될 것으로 전망됨
- ④ (수리 기반 창업 활성화) 수학자, 통계학자, 산업공학자 등이 자신들의 수리 과학적 연구결과를 기반으로 한 창업이 확산될 전망
 - 수학 유관 전공자들이 기업의 성공을 담보할 수 있는 중심적 역할이 확대되면서 전문적으로 지식을 제공할 수 있는 창업이 부상할 전망
 - ▶ 수학 전공의 고급인력은 대부분 대학으로 가고 있으며, 국내보다는 해외에서 활동하려는 경향이 있어 장래 큰 위험요소로 작용할 가능성 있음(STEPI)
 - 사업 아이템은 아이디어 기반하의 문제해결 능력을 사업화한 지식 기반 창업으로 평가되며, M&A 등을 통해 투자의 회수가 가능할 전망

- ▶ Geoffrey Hinton은 2006년 딥러닝에 대한 논문을 발표하고 이를 기반으로 자신의 머신러닝 업체 'DNN리서치'를 창업하였으며 Google은 500만달러에 인수
- 창업이 확산될 부문으로 전통적인 보안, Big Data 분석 방법론 등과 함께 목적형 AI 알고리즘 분야 등으로 Data, Computing, Mathematics가 연계되어 문제를 해결하는 영역에서 수요가 확대될 전망

■ R&D 부문에의 영향

- ④ (Computing · Data · 수학의 연계 역량 확보 경쟁) ICT 고도화를 위해서는 산업수학의 역량 확보와 함께 수학을 활용할 수 있는 Computing 및 Data 부문의 역량 확보를 위한 연계 전략이 핵심으로 부상될 전망
 - 딥러닝, Big Data 기반 모의실험 등이 가능하게 된 점은 알고리즘의 발달과 함께 이를 가능하게 하는 데이터의 분산 관리, Computing 역량 등 현실적인 계산 역량의 증가도 주요 요소
 - ▶ K-ICT 전략 2016에서는 10대 전략산업 가운데 지능정보, 빅데이터, 클라우드 등 Computing · Data 역량 확보를 위한 정책을 추진 중이며, 추후 과학기술 영역과 연계를 강화하여 융합이나 산업수학의 다양한 활용을 위한 지속적 기반 확충 필요
 - 정부나 기업에서는 산업수학에 대한 역량 확보뿐만 아니라, 데이터 과학자 양성, Computing 부문의 투자도 역시 확대해야 산업 고도화에 기여할 전망
- ④ (산업과 학문이 융합된 R&D 확대) 산업간 융합을 뛰어 넘어, 산업과 공학 · 자연과학 · 사회과학 · 인문학 등이 모두 참여하는 다학제적 협력 R&D의 필요성이 크게 부각되며 이에 대한 노력 확산 전망
 - 이러한 움직임은 산업간 융합과는 또 다른 패러다임으로 이해되어야 하며, 기반적 성향을 가진 기초학문들이 산업 영역과 수평적으로 위치하는 개념
 - ▶ 전체 국가연구개발사업에서 수학이 차지하는 비중은 798억으로 0.45%('14), 자연과학 2조 2113억원에서 수학이 차지하는 비중은 3.5%('14)으로서 절대규모가 크지 않음 (STEPI(2015))
 - ▶ 수학 부문의 과제 수행시 2013년도 단 2건의 과제 만이 기업 및 타 대학과 공동으로 수행되었으며. 자연과학 전체로도 협동연구는 4% 미만(STEPI(2015))
 - 출연(연)에서 추진 중인 원천 R&D 등에서 발생하는 다양한 문제들은 산업 수학 등의 기초학문과의 협력을 통해 새로운 돌파구를 찾을 것으로 기대됨
 - 산업수학 뿐만 아니라, 자연과학, 기초과학의 역할론에 대한 이슈가 발생할 것으로 기대되며, 장기적인 관점의 투자가 일어날 전망

■ 산업수학 생태계에서의 영향

- (데이터·수학 인력 급증) 제4차 산업혁명이 진전되면서 고용 구조의 커다란 변화가 야기될 전망이며, 특히 데이터, 수학 분야의 인력이 부상할 전망
 - WEF 미래고용보고서에서는 '15~'20년 사이 약 710만개의 일자리가 사라지지만, 200만개 일자리가 창출되며 이 가운데 컴퓨터·수학 부문 고용은 40.5만명 증가할 것으로 전망
 - ▶ 분야별로는 순고용감소가 일어나는 분야로서 사무·행정(476만명), 제조·생산(161만명), 건설·채굴(50만명) 등이며, 순고용증가는 비즈니스·금융(49만명), 경영(41만명), 건축·엔지니어링(33.9만명)으로 추산됨(WEF 미래고용보고서)
 - ▶ 2020년 부상할 직업으로 데이터 분석가, 컴퓨터·수학관련 직업, 건축·엔지니어링 관련 직업 등 8가지 직업군을 소개(WEF 미래고용보고서)
 - 컴퓨터·수학·건축·공학 및 기타 수요가 높은 직군에서 인재를 얻기 위한 경쟁이 치열해지고, 인재 공급경로 확보 방법이 무엇보다 중요할 것으로 예상
 - ▶ 산업분야별 채용 수월성 변화를 살펴보면 컴퓨터 및 수학, 건축 부문에서 고용이 어려울 것으로 전망됨(WEF 미래고용보고서)
 - 국내에서도 4차 산업혁명이 초래할 고용 구조 변화에 대비하여 교육 커리큘럼, 정부 지원 구조, 출연(연)의 역할 등의 혁신이 필요
 - ▶ 스위스 UBS(Union Bank of Switzerland) 보고서에 의하면 4차 산업혁명에 잘 대응할 것으로 생각되는 국가 순위에서 우리나라는 139개국 중 25위를 기록
- (수리과학의 자생적 협력 생태계 구성) 수학기 전반이 가진 위기를 극복하기 위해 수리과학계 내부적으로 자생적 협력 생태계 강화 전망
 - 산업간 융합, 기술간 융합 등 현실세계에서의 융합이 산업수학 등 자연과학 부문으로 확대될 전망이며, 이를 통해 수학 등 수리과학계 전반이 현실 세계로 영역을 확장하는 계기로 작용할 전망
 - 수학, 통계학, 사회과학 등 수리과학 연구자간 협력 체계는 현재까지 미흡하였으나, 산업의 요청과 수리과학의 성장 기반 확보를 위해 자생적으로 협력체계가 만들어지며 장기적으로 학문의 산업 참여가 확산될 전망
 - ▶ 산업수학계의 역할에 대해 ① 대학의 수학과 통계학과는 다양한 전공의 학생 영입과 교육, ② 초중고대학에서는 수학이 우리의 실생활에 미치는 영향을 교육, ③ 전문 산업수학자의 사회 참여 강화, ④ 여성과 기타 유관 그룹의 활동 강화 등을 요구(NAS, 2013)

- ④ (자연과학 인재 육성 확대) 대학, 연구기관에서 수학·수리기반의 융합형 인재 육성을 위한 교육 프로그램이 더욱 확대될 전망
 - 다학제적 과목 수강, 타학문의 기반 영역 교육, 산업내 domain knowledge 습득을 위해 교육기관에서 커리큘럼 보완이 진행될 것으로 전망되며, 이를 통해 사회 진출시 추가 교육없는 수리 및 산업, 기술 역량을 갖춘 인재 양성
 - 수학전공 졸업자가 산업 현장에 진출하기 위해서는 학문적 성취와 적용하고자 하는 공학과 산업 영역의 기본적인 Domain Knowledge 습득 병행 필요
 - ▶ 수학적 모델링을 담당하는 연구자는 산업에 적용하기 위해 문제의 정의와 모델링 방법, 모의실험, 모델의 정확성, 산업가와 모델의 공유 등 해당 산업에 대한 기반 지식을 갖추어야 산업에서 초기 수요가 발생할 것으로 예측됨
 - ▶ 외국의 산업수학 석사 뿐만 아니라, 기초학문 및 자연과학의 현실 참여를 제고할 수 있는 커리큘럼과 학위 등에 대한 검토 필요

V 수리역량 확충·활용을 위한 출연연 전략 제언

■ 원내 무형자산 협력 체계 구축

- ④ (출연(연) 수리 역량 자산화 추진) 그동안의 R&D 수행을 통해 축적된 수리 영역 방법론, 지식, 노하우, 특허 등을 출연(연)별로 자산화 추진
 - (수리 방법론 공유) 연구과제 추진시 문제 정의, 필요 알고리즘, 효율적 모의실험 방법과 해석, 필요한 수리방법론 등에 대해 개방하고 공유 확대
 - ▶ 온라인 커뮤니티에 연구방법론, 수리방법론 등에 대한 논의를 진행할 수 있는 열린 게시판 개설 및 활용
 - ▶ 알고리즘, 방법론 등은 개인의 역량을 결정하는 무형의 자산으로 공개 내용과 범위에 대한 충분한 협의 필요
 - (출연(연) 수리데이 개최) 출연(연)에서 연구 중인 수리적 문제와 알고리즘에 대한 상호 지식 교류를 목적으로 한 오프라인 행사 개최
 - ▶ 연구원들이 이미 확보한 수리적 역량을 타 연구원과 공유하고 혹은 타과제의 문제 해결을 위해 상호 교류할 수 있는 장을 만들어 축적 지식의 활용성 증가
 - ▶ 원내 수리데이를 통해 연구원들의 창의성 확충, 첨단 수리방법론 협력, 부서간 칸막이 해소 등 긍정적 효과 발현 기대
- ④ (출연(연)별 도전 문제 발굴) 매년 출연(연)별로 자신의 비전과 역할 달성에 부합되는 연구 문제와 수리적인 돌파구가 필요한 도전 문제 발굴 및 공유
 - (솔루션 연구 트랙 운영) 발굴된 도전문제 중 비교적 문제의 범위가 협소하거나 솔루션 탐색이 용이한 문제에 대해서는 솔루션 연구 트랙 운영
 - ▶ DARPA의 BAA 기획 방식과 같이 문제를 제시하고 다양한 방법론 탐구가 가능
 - ▶ 도전 문제의 실마리나 해결 방안을 제시한 연구자에 대해서는 적절한 인센티브(우수 연구자 인증, 모험 트랙 우선권 부여, 과제 참여 우선권 부여 등) 제공
 - (거대 문제 발굴) 출연(연)간의 협력하에 발굴한 거대 미래 문제에 대해 보유한 Data 자원, Computing 역량, Analytics를 활용하여 장기적 관점에서 해결을 목적으로 하는 협력 관계 유지
 - ▶ 고령화, 저출산, 이공계 기피 등 현재 발생하는 사회문제를 해결하기 위한 연구원들의 다양한 아이디어를 모집하고 이를 통한 소규모 문제 제시 연구 진행

④ (출연(연) 협의체 구성) 출연(연)의 수학, 물리학 등 자연과학자 컨설팅 그룹 운영을 통해 ICT의 다양한 현안에 대해 논의하고, 협력 방안 마련

- 이학·공학자들은 연구영역을 벗어나는 행위에 익숙지 못함을 많은 보고서에서 지적하고 있어, 온라인을 활용한 플랫폼 구축이 효율적으로 보임
- 협의체의 운영은 문제를 제시한 출연(연) 연구자가 주도적으로 진행하며 이를 통해 출연(연)간 협력 해결이 필요한 문제의 제시와 솔루션 탐색

■ 사회적 공헌을 하는 출연(연) 역할 탐색

④ (출연(연) 수리 역량 사회 환원) 국가과학기술연구회 산하 출연(연)이 축적한 수리 역량을 사회에 환원할 수 있는 기능 확보

- (교육을 통한 환원) UST 등의 학생들에게 산업과의 접점을 이루는 수리 방법론을 교육하고 공유하는 역할 강화
 - ▶ 정부에서도 산업수학 전문 석사 과정을 신설하는 것을 제안하고 있으나, 방식에 있어서는 오히려 출연(연)과의 협력이 성과 창출에 도움이 될 것으로 보임
- (전문 산업수학 학위제 운영) 수리과학을 기반으로 산업의 문제를 해결하는 것으로 주된 기능으로 한 전문 산업수학 학위제 도입 및 운영
 - ▶ 미국에서는 PSM(Professional Science Master) 학위와 같은 자연과학·수학과 산업 스킬을 양성하는 대학원 과정 운영
 - ▶ 출연(연)은 해결해야 할 문제에 항상 직면하고 있어, 전문 학위자의 역량 확보에 다양한 기획 부여가 가능할 전망

④ (문제를 해결하는 기획 방법론 활용) 문제 정의와 해결을 기반으로 R&D 목표를 설정하는 기획 프로세스 구축 방법론의 적극적 활용

- SCI, 특허 출원 등 정량적 성과에 집중하는 현재의 기획 프로세스 및 평가 체계의 혁신이 가능하며, 실질적인 연구생산성의 확대가 가능할 전망
- 장기적으로 제4차 산업혁명을 선도하기 위해서는 빠른 문제 정의와 이에 대한 협력형 연구를 총체적으로 대응하는 구도 마련
- DARPA의 BAA 형태의 R&D 기획을 참고하여, 문제 제시 후 다양한 솔루션을 연구자가 제안하고, 가능성 있을 경우 전부 pilot 연구를 수행

부록 | DARPA의 23개 수학 도전 문제

DARPA는 2008년 23개 수학도전 문제를 제시하며, 해당 문제 해결은 수학을 극적으로 혁신하고 미국 국방성의 과학 및 기술 역량을 강화할 것으로 기대

순번	주제
1	두뇌에서의 수학(Mathematics of the brain) - 생물학적으로 영감을 얻기보다는 수학적으로 일치성있고 예측가능한 두뇌의 기능 모델을 구성하는 수학 이론의 개발
2	네트워크 역학(The Dynamics of Networks) - 통신, 생물학, 사회과학 등에서 발생하는 대규모의 분산 네트워크 내에서 행태를 정확히 모델링하고 예측하기 위한 고차원의 수학을 개발
3	자연에서의 확률성을 파악하고 연결 - 21세기의 새로운 수학을 위한 Mumford의 요청에 대응. 확률적 환경의 지속성을 파악하는 방법론의 개발
4	21세기 유체 - 고전유체역학과 Navier-Stokes 방정식을 통해 충격파, 난류, 솔리톤을 양적으로 이해하는 것은 매우 성공적. 거품, 현탁액, 젤, 액정과 같은 복잡한 유체의 규명을 위한 새로운 방법론 연구가 필요
5	생물체의 양자입자물리학 - 양자와 통계적 방법론은 바이러스 진화의 모델링을 성공적으로 진행. 이러한 기술이 박테리아 등의 더욱 복잡한 시스템에 적용될 수 있는가? 病原體의 제어를 위해 활용될 수 있는가?
6	계산 쌍대성(Computational Duality) - 수학에서 쌍대성은 이론적 이해를 위한 심오한 도구임. 쌍대성과 기하가 기반인 부문에서 새로운 알고리즘하의 계산 방법론을 개발할 수 있는가?
7	여러 차원에서 오컴의 면도날(Occam's Razor in Many Dimensions) - 데이터 수집이 많아질수록 시스템의 복잡성을 이해하기 위해 하한[계]을 파악하여 "적은 것으로 많은 것을 할 수" 있는가? 이 문제는 엔트로피 최대화 알고리즘과 연관되어 있음
8	볼록 최적화의 극복(Beyond Convex Optimization) - 체계적인 방법으로 선형 대수 대신 대수적 기하를 적용할 수 있는가?
9	Thurston의 기하학 정리의 Perelman 증명의 물리학적 결과는 무엇인가? - 3차원을 이해하는 심오한 이론적 진척이 fabricate novel materials로 확장 되어 구조를 구성하고 조작할 수 있는가?
10	알고리즘적 종이접기와 생물학(Algorithmic Origami and Biology) - 단백질 접힘의 통찰력 제공을 위해 등거리(isometric) 및 rigid embedding을 위한 강력한 수학 이론의 구축

순번	주제
11	최적의 나노구조 - 나노규모의 자가 구축 절차를 기반으로 단순 로컬 규칙을 따르는 최적의 글로벌 대칭 구조를 구축하는 새로운 수학 개발
12	양자 컴퓨팅, 알고리즘, 연계의 수학 - 지난 세기에는 양자 현상이 세계를 형성하는 방법을 연구. 오는 세기에는 양자세계를 제어하기 위해 필요한 수학 개발이 필요
13	확장된 게임 이론의 생성 - 미분게임(differential games) 분석을 위한 전통적인 편미분방정식을 대체 하는 새로운 확장가능한 수학 필요
14	바이러스 진화에 대한 정보 이론 - Shannon의 이론이 기본적인 생물학 영역을 밝힐 수 있을까?
15	게놈 공간의 기하(The Geometry of Genome Space) - 생물학적 툴을 사용하기 위해 필요한 거리의 개념은 무엇인가?
16	생물학의 대칭과 행동 원리는 무엇인가? - 생물학의 중요 개념인 강건성, 모듈성, 진화 능력, 가변성 등을 포함하여 전통적인 열역학과 같은 맥락으로 생물학의 대칭과 행동 원리에 대한 이해를 확장
17	기하랭그랜즈와 양자 물리학(Geometric Langlands and Quantum Physics) - 수론과 표현론(representation theory)에서 출발한 랭그랜즈 프로그램이 물리학의 기본적인 대칭을 설명할 수 있는가? 혹은 역은 가능한가?
18	대수적 랭그랜즈, 위상과 기하 - 전통적인, 기하학적, 양자 랭그랜즈 프로그램에서 호모토피(homotopy) 이론의 역할은 무엇인가?
19	리만 가정의 해결 - 수론의 성배
20	규모의 연산(Computation at Scale) - 엄청나게 많은 자유도를 가진 세계에서 점근법(asymptotics)의 개발 방법
21	호지 추측을 해결하라 - 대수기하학 분야인 이 추측은 초월적(transcendental) 계산을 대수적인 계산으로 변환하는 유사행위
22	4차원에서 Smooth 푸앵카레 가설의 해결 - 우주시간과 우주론에서의 함의는 무엇인가? "어둠의 에너지"의 비밀을 풀 수 있는 해답이 가능하지 않을까?
23	생물학의 기본 법칙은 무엇인가? - 본 문제는 앞으로 100년 동안 가장 선행적이고 중심적인 질문일 것임. DARPA는 본 도전을 지속할 것이며, 이를 위해서는 앞선 여러 질문에 대한 발전이 필요

부록 | DARPA의 R&D 기획 절차(BAA 방법)

- ④ 7개로 이루어진 Office에서 BAA, RFP 형태의 proposal을 제출
 - AEO, BTO, DSO, I2O, MTO, STO, TTO
- ④ BAA 방식은 최첨단 기술에 대한 지식 및 이해 증진을 위한 기술 연구 및 실험을 수행하고자 할 경우에만 적용(For the acquisition of Basic and Applied Research and that part of development not related to the development of a specific system or hardware procurement)
 - BAA는 48CFR인 FAR(Federal Acquisition Regulations system)의 Part 35 R&D Contracting에 규정된 방법
 - BAA는 FedBizOpps 및 Grants.gov 웹사이트에 게시됨
 - BAA 게시時에는 ① agency의 research interest, ② proposal 선택, 평가 방법, ③ BAA submit 기간, ④ proposal 방법 등 제시
 - proposal은 상대 경쟁이 아닌, Peer 혹은 Scientific review process에 의해 선택하는 방식

<표 8> DARPA내 TTO(Tactical Technology Office)의 Focus Areas 및 세부 요구서(DARPA-BAA-14-25)

TTO seeks responses relating to the following Focus Areas:

1. Ground Systems
 - a. Soldier/Squad Technologies
 - b. Combat Vehicles
 - c. Tactical Operations in Urban Environments
2. Maritime Systems (Surface and Undersea)
3. Air Systems
 - a. Novel Air Vehicles
 - b. Hypersonic Platforms
4. Space Systems
 - a. Spacecraft Technologies
 - b. Space Situational Awareness
 - c. Systems for Access

a. Soldier/Squad Technologies (예시)

1. TTO is interested in technologies that dramatically enhance the capabilities of the individual soldier and squad by an order of magnitude. **Approaches are sought to improve the quality and range of situational awareness including knowledge of the status of friendly forces, hostile forces, and the environment both in visual range and beyond.** Improvements in the ability of a squad to neutralize opposing forces rapidly, through precisely tailored means, and improved precision of effects are of special interest. This includes integrated and networked munitions enabling rapid, precise tailored means, and improved precision of effect for squad level forces and tactical units.

🌀 평가 기준(DARPA-BAA-14-25)

- (1) Overall Scientific and Technical Merit
 - ▶ innovative, feasible, achievable, complete and supported
- (2) Potential Contribution and Relevance to the DARPA/TTO Mission
- (3) Cost Realism
- (4) Realism of Proposed Schedule
- (5) Proposer's Capabilities and/or Related Experience.
- (2)번에 대해 "Relevant" 혹은 "Not Relevant"를 평가한 후, 적정할 경우, 나머지 항목 평가

🌀 Review 및 선택 과정

- 제안된 proposal에 대해 과학적/기술적 review 수행
- Government personnel이나 전문가 패널이 review 진행

※ | 참고문헌

- 과학기술정책, “새로운 기술패러다임으로서 빅데이터 : 쟁점과 과제”, 2013.9.
- 과학기술정책연구원(STEPI), “산업수학 활성화를 위한 국내 산업수학 생태계 분석”, 2015.
- 구형건, “금융수학이라 무엇인가?”, 대학수학회소식, 2010.7
- 국가수리과학연구소, “수학원리응용연구사업”, 주요사업 연차보고서, 2014.1.
- 김용대 · 조광현, “빅데이터와 통계학”, 24(5), 959-974, 한국데이터정보과학회지, 2013.
- 미래창조과학부, “국가 정책으로서 산업응용수학 활성화 전략수립”, 2015.2
- 미래창조과학부, “미래부 산업수학 육성방안 발표”, 2016.4.27.
- 미래창조과학부, “2015년 BIGDATA 시장현황 조사”, 2016.2.
- 미래창조과학부, “2015년 빅데이터 글로벌 사례집”, 2015.5.
- 박형주, “산업수학 허브 구축 방안”, 수학연 정책포럼, 2015.4.2.
- 박형주, “수학은 경제다”, 기초강연 자료, 2015.8.17.
- 일본 과학기술진흥기구(JST), “수학과 제분야의 협동에 의한 브레이크스루 탐색”, 2007
- 첨단연구기반부회(과학기술 · 학술심의회), “수학 이노베이션 전략(중간보고)”, 2012.8.7
- 수리과학위원회, “수리과학분야의 전망”, 2010.4.5.
- 한국인터넷진흥원(KISA), “미국 정부의 빅데이터 R&D 전략”, 2012.8.
- 헬로디디, “잡스의 선견지명 "혁신 상품 개발 수학인재가 핵심"”, 2016.8.
- Committee on the Mathematical Sciences in 2025, “The Mathematical Science in 2025”, National Research Council, 2013.
- Darpa, “Broad Agency Announcement (BAA 07-68) for Defense Sciences Office (DSO)”, 2007.

Deloitte, “Measuring the Economic Benefits of Mathematical Science Research in the UK”, 2012.11.

Deloitte, “Mathematical sciences and their value for the Dutch economy”, 2014.1.

Deloitte, “빅데이터 & 애널리틱스 개요 및 적용”, 2013.5.

European Science Foundation(ESF), “Mathematics and Industry”, 2010.

National Academy of Sciences(NAS), “The Mathematical Sciences in 2025”, 2013.

OECD Global Science Forum, “Report on Mathematics in Industry”, 2008.7.

OECD Global Science Forum, “Report on Mechanisms for Promoting Mathematics-in-Industry”, 2009.4

Platform wiskunde nederland, “Mathematical Sciences in the Netherlands”, 2013.

Smith Institute, “Data Science : Exploring the Mathematical Foundations”, 2014.11.

SIAM, “The SIAM Report on Mathematics in Industry”, 1998.1.30.

SIAM, “Mathematics in Industry”, 2012.

UBS, “Extreme automation and connectivity : The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution”, 2016.1

<https://mathinstitutes.org/institutes/> 홈페이지

http://www.sfu.ca/~rpyke/ind_math.html 홈페이지

저자소개

안춘모 ETRI 미래전략연구소 기술경제연구본부 미래사회연구실 책임연구원
e-mail: cmahn@etri.re.kr Tel. 042-860-5790

산업수학의 현황 및 영향 분석

발행인 : 한 성 수

발행처 : 한국전자통신연구원 미래전략연구소 기술경제연구본부

발행일 : 2016년 9월 30일

ETRI 한국전자통신연구원
미래전략연구소

305-700 대전광역시 유성구 가정로 218
전화 : (042) 860-1182, 팩스 : (042) 860-6504

* 주의 : 본서의 일부 또는 전부를 무단으로 전재하거나 복사하는 것은
저작권 및 출판권을 침해하게 되오니 유의하시기 바랍니다.

