

# 지능정보사회에 바람직한 산업수학 교육과정

김영록

한국외국어대학교

2017/06/10

# Contents

- 1 지능정보사회
- 2 수학기반 미래인재상
- 3 미래인재상에 적합한 수학 학습 내용 제시
- 4 수학 기반 미래인재상에게 필요한 구체적 수학학습 내용
- 5 산업수학 교육과정
- 6 전문이학석사(PSM) 교육과정 사례들
- 7 국내 대학의 산업수학 커리큘럼 주요 내용 현황

## 지능정보사회에 대비한 산업수학 교육

- 지능정보사회에 역동적으로 급변하는 과학 기술 변화에 따라 변화하는 교육내용의 연구
- 미래를 예측한 과학 기술 내용들을 교육에 반영
- 내용 이해 뿐만 아니라 내용을 학생 스스로 적용하는 것에 대한 능력을 갖추도록 교육의 질적 수준 향상

## 지능정보사회에 대비한 산업수학 교육

- 지능정보사회에 역동적으로 급변하는 과학 기술 변화에 따라 변화하는 교육내용의 연구
- 미래를 예측한 과학 기술 내용들을 교육에 반영
- 내용 이해 뿐만 아니라 내용을 학생 스스로 적용하는 것에 대한 능력을 갖추도록 교육의 질적 수준 향상

## 목표

- 지능정보사회에 바람직한 산업수학 교육과정을 제시

## 산업수학 교육과정에 관련된 연구 보고서 검토 분석

- 국가과학기술위원회 (2004). 창의적 융합인재 양성을 위한 수학과학교육 강화 방안 연구
- 미래준비위원회 (2015). 미래 이슈 보고서 - 10년 후 대한민국, 이제는 삶의 질이다. 미래창조과학부

## 산업수학 교육과정에 관련된 연구 보고서 검토 분석

- 국가과학기술위원회 (2004). 창의적 융합인재 양성을 위한 수학과학교육 강화 방안 연구
- 미래준비위원회 (2015). 미래 이슈 보고서 - 10년 후 대한민국, 이제는 삶의 질이다. 미래창조과학부
- National Research Council (이하 NRC, 2013). The Mathematical Sciences in 2025, The National Academic Press
- Australian Academy of Science(2016). The mathematical Sciences in Australia-Avision for 2025.
- 미국 대통령 보좌관실의 미래 인공지능에 대비하는 보고서 (2016)
- 일본 문부과학성의 고등교육국 전문교육과에서 발간한 수리과학 및 데이터 사이언스 교육 강화를 위한 간담회 보고서(2016).

## 산업수학 교육과정에 관련된 연구 보고서 검토 분석

- 국가과학기술위원회 (2004). 창의적 융합인재 양성을 위한 수학과학교육 강화 방안 연구
- 미래준비위원회 (2015). 미래 이슈 보고서 - 10년 후 대한민국, 이제는 삶의 질이다. 미래창조과학부
- National Research Council (이하 NRC, 2013). The Mathematical Sciences in 2025, The National Academic Press
- Australian Academy of Science(2016). The mathematical Sciences in Australia-Avision for 2025.
- 미국 대통령 보좌관실의 미래 인공지능에 대비하는 보고서 (2016)
- 일본 문부과학성의 고등교육국 전문교육과에서 발간한 수리과학 및 데이터 사이언스 교육 강화를 위한 간담회 보고서 (2016).
- 산업수학 육성을 위한 수요조사 및 동향 분석, (주)이노싱크컨설팅, 국가수리과학연구소, 2016.

## 미래세대 신 직업군 추출 및 분류

- KISTEP(2011). 'KISTEP선정 과학기술분야 유망 신직업군'.
- Lynda Gratton, David A. Smith(8Mar.2016). "A Future That Works".
- 한국고용정보원 (2015). '국내외 직업 비교 분석을 통한 신 직업 발굴 연구' 및 '미래 일자리 세계의 변화'.



## 수학기반 미래인재상 제시

- 수학 기반 미래인재상을 제시하기 위하여 미래 산업의 변화를 조사
- 미래 직업의 특징을 조사, 미래 직업이 요구하는 기술과 작업 전략 조사, 미래 대한민국이 지향하는 핵심기술 조사, 기업들과 기관들의 인재상을 조사
- 조사한 인재상의 인문적 소양과 과학적 소양을 구분
- 대한수학회 정책과제팀에서는 수학 기반 미래인재상에 관련된 설문조사

## 산업수학 문제해결 역량강화 및 저변확산

- 특별히 미래직업군과 관련하여 수학 학습 내용 및 방법 변화를 예측
- 2009, 2015 수학교육과정에서 제시된 수학 기반 인재상을 조사
- 미래세대가 필요로 하는 수학적 역량을 도출
- “수학적 사고력과 창의력을 갖춘 융합 인재”
- 대한수학회 정책연구 과제 (산업수학 문제해결 역량강화 및 저변확산을 위한 활동 연구) 수행

## 미래인재상에 적합한 수학 학습 내용 제시

- ❶ 국제비교 연구를 수행하여 수학 학습 내용을 제안. 수학 학습 내용의 국제비교를 위하여 2016년 대한수학교육학회의 집중 세미나 자료집. 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주의 수학과 교육과정과 우리나라의 교육과정을 비교 분석
- ❷ 미래 산업사회를 대비한 수학 교육의 방향성을 제시하기 위하여 미래 교육과정에 필수적으로 들어가야 할 수학 학습 내용의 범주를 설정. 계산법, 도형과 시각화, 헤아리기(counting), 데이터 다루기, 문제의 모델링, 컴퓨터를 활용하는 기법
- ❸ 모델링, 문제기반 학습, 프로젝트기반 학습, 컴퓨터 도구 활용
- ❹ 미래세대가 필요로 하는 수학적 사고력, 통계적 사고력, 계산적 사고력을 위해서 강화해야 할 내용을 이산수학(헤아리기), 시각화(기하), 데이터, 모델링, 컴퓨터 활용

일반적 수학 지식 사용자를 위한 학습 내용 수학을 전문적으로 사용하지 않으며 일반적 수학지식을 사용할 사람 (COMAP 참조)

- ① 경영에 수반되는 문제 (Management Science)
- ② 자료의 분석과 이용 (Statistics: The Science of Data)
- ③ 투표와 사회적 선택 (Voting and Social Choice)
- ④ 공정성 문제 (Fairness and Game Theory)
- ⑤ 디지털 혁명 (Digital Revolution)
- ⑥ 크기와 증가에 대한 문제 (On Size and Growth)
- ⑦ 금융과 자원 문제 (Your Money and Resources)

## 전문적 수학 지식 사용자를 위한 학습 내용

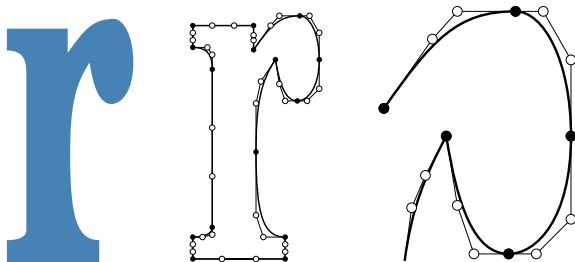
- ① 전문적 수학지식이 필요한 사람들은 앞에서 제시한 일반적 수학지식 사용자가 필요로 하는 수학 학습 내용과 함께 조금 더 수준 높은 수학 지식이 필요하다.
- ② 이를 위해서는 지금까지의 교육과정의 내용(3차 교육과정 이후의 모든 것)을 적절히 취사선택하여야 한다.
- ③ 그리고 이런 수학적 지식을 적절히 문제에 활용할 수 있도록 모델링 능력과 보조도구(컴퓨터 등)을 활용한 계산 능력을 갖춰야 한다.
- ④ 모델링 수업에서 성공하려면 여러 가지 점을 고려해야 한다.
- ⑤ 재료를 선택하고 그 분석 정도를 적절히 조정해야 하고, 타 과목과의 연계가 중요하며, 꼭 배운 방법을 사용해야 하는 것이 아니며, 이를 지도하는 선생님은 많은 준비가 필요하다.
- ⑥ 특히 모델링 수업만으로는 수학을 가르칠 수 없다며 수학수업과 병행돼야 한다.

## 이산수학: 헤아리기

- ① 여러 등산로를 조합해서 목표지점에 도달하는 방법을 구하는 문제
- ② 봉투에 편지를 넣는 경우의 수, 알파벳으로 단어를 만들어나가는 경우의 수 등을 헤아리는 문제
- ③ 학교에서 학생들이 반을 나누는 경우의 수, 여럿이서 물건을 나누어 갖는 경우의 수를 헤아리는 문제
- ④ 여러 도시 사이에서 인구 이동의 경로를 헤아리는 문제
- ⑤ 두 사람이 두 가지 전략으로 제로섬 게임을 할 때 일어날 수 있는 경우의 분류 문제와 전략의 수가 늘어날 때를 토론해보는 문제
- ⑥ 대통령을 뽑기 위한 여러 가지 선거 방법이 만들어낼 수 있는 경우를 헤아리고 토론해 보는 문제

## 기하학: 도형과 관련된 모델링 문제

- ① 행렬을 활용한 사진 자료 압축 문제
- ② 많은 문제에서 볼록도형을 만드는 문제: 보로노이 다이어그램 등
- ③ 여러 조건 아래서 가장 짧은 길을 찾는 문제: 대칭이동 등을 활용
- ④ 전시관에서 모든 전시품을 감시할 수 있도록 카메라를 배치하는 문제
- ⑤ 사진 자료를 분석: 간단한 미분의 개념을 사용
- ⑥ 2차 또는 3차함수를 활용하는 베지어곡선 활용 문제



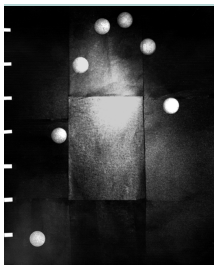
## 통계와 데이터 과학: 행렬을 사용한 데이터 분석 모델링 문제

- ① 화학 반응식의 계수 맞추기
- ② GPS가 위치를 알아내는 원리 분석
- ③ 연결망의 방정식을 행렬로 분석
- ④ 최소제곱법 문제: 최적인 직선의 방정식을 구하는 문제
- ⑤ 자료의 압축 문제
- ⑥ 연립일차점화식으로 주어진 관계(피보나치 수열의 일반항)를 계산
- ⑦ 초기 경제학의 레온티프(Leontief) 모델링 방법



## 모델링: 고교 수준에서 쉽게 접할 수 있는 모델링 문제 1

- ❶ 주어진 데이터에서 적절한 함수를 뽑아내는 것: 최소제곱법 문제
- ❷ 강도를 측정하고 분석
- ❸ 낙하하는 물체: 물리적 성질을 데이터를 측정해서 익힘



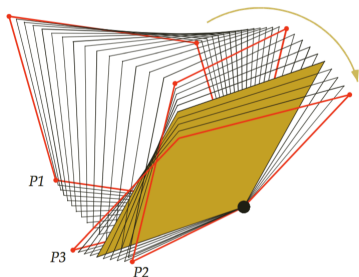
- ❹ 주기적 현상(달의 모양 변화, 일년 동안 해의 움직임, 조석간만의 차, 큰 파도나 파동현상 등)을 측정한 데이터를 활용한 계산

## 모델링: 고교 수준에서 쉽게 접할 수 있는 모델링 문제 2

- ❶ 크기와 위치를 측정
- ❷ 상대적 위치 찾기 활동을 통한 극좌표의 개념 익히기
- ❸ 여러 상품을 여러 공급체에서 조달받는 관계 등을 행렬로 나타내기
- ❹ 큰 원호에서 중심 찾기
- ❺ 복권이나 추첨에서 당첨될 가능성을 계산하는 문제
- ❻ 점화식의 응용문제(물질의 운동이나 전쟁에서 해전의 작전)를 수치계산으로 해결하기

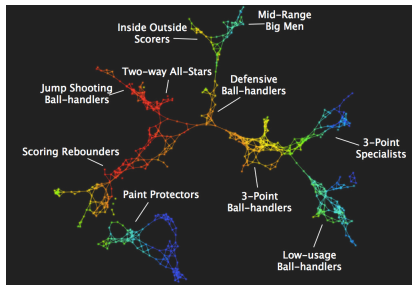
## 컴퓨터 활용: 컴퓨터의 계산력을 활용하는 모델링 문제 1

- ❶ 경영과 관련된 문제에 초보적인 그래프 이론과 알고리즘 아이디어를 도입하여 컴퓨터 계산 활용하기
- ❷ 데이터 과학, 통계에서 컴퓨터 계산력을 활용하기



## 컴퓨터 활용: 컴퓨터의 계산력을 활용하는 모델링 문제 2

- ① 사회적 선택 문제인 스포츠에서 여러 팀이 경기하여 얻은 복잡한 경기 결과에서 누가 가장 잘 했는가를 판단하는 문제 등에서 계산에 도움을 얻기
- ② 주민등록번호와 같은 개인확인번호의 원리나 정보를 암호화하는 문제에서 여러 경우를 계산해 보기
- ③ 금융과 자원에 관련된 문제에서 반복적 계산에 컴퓨터 활용하기



## 산업수학이란?

산업수학은 수학적 이론과 분석방법을 활용하여 세상의 문제를 해결하거나 산업의 부가가치를 창출하는 활동을 의미한다.



**그림:** 산업수학 육성방안 추진과제: 3개 분야 9대 과제

## 산업수학 교육과정

- ❶ 수리계산과 수리 모델링의 전공트랙을 신설하거나 산업수학의 입문과 같은 과목을 개설할 필요 대두
- ❷ 인턴과 같은 실습체험을 통해 구체적인 문제 해결의 경험을 가질 수 있도록 지도할 필요 대두
- ❸ 산업수학 분야에서 새로운 전문이학석사(PSM) 프로그램이 새로운 대안으로 주목 받고 있음
- ❹ 산업계에서 필요로 하는 맞춤형 인재를 양성하는 것으로 기본적으로는 과학 계산, 수학적 모델링, 커뮤니케이션 교육, 실습과 프로젝트 수업 등으로 정리

## 전문이학석사(PSM)란?

- ① PSM(Professional Science Master, 전문이학석사) 개념의 정의
- ② 과학 및 수학 분야의 MBA
- ③ 대학원 졸업생이 석사수준의 과학 또는 수학 지식을 보유하고 있고 비즈니스 기초, 비즈니스 윤리, 프로젝트 매니지먼트, 팀 조직 및 커뮤니케이션 능력 등의 깊이 있는 비즈니스 능력을 구비하는 것

## PSM의 역사 1

- ❶ 1997년 슬로안 재단: 자연과학, 수학에 프로그램 설립지원을 위하여 14개 대학들에 보조금을 지급함으로써 도입
- ❷ 2001년 슬로안 재단: 대학원위원회 (CGC)가 수학·과학 석사 교육에 중점을 두는 석사 중심 교육기관으로 PSM 계획을 확장하도록 보조금 지급
- ❸ 2005년 주립대학의 캠퍼스들에서 PSM 프로그램을 채택하도록 자금 지원
- ❹ 2007년 미국경쟁력 강화법: NSF가 전문이학석사를 지원하는 것을 승인



## PSM의 역사 2

- ❶ 2008년 미국국립학술연구원 (NRC)의 보고서: 학위의 중요성 강조
- ❷ 2010년 모든 PSM프로그램은 CGC가 개발한 가이드라인 준용
- ❸ 2012년 NRC보고서: PSM은 학제간 사용자 중점 프로그램을 위한 국가적 관심사로서 직업 기회와 국가적 이익 모두가 연관되기 때문에 프로그램 확장에 중점을 두어야 한다고 주장
- ❹ 2017년 현재: 총 355개의 프로그램, 수학/통계/컴퓨터 관련 PSM 프로그램: 63개, 국내 1개의 프로그램이 울산과기대에서 운영

## PSM의 특징

- ❶ 프로젝트와 인턴십을 통한 체험학습
- ❷ “Science Plus” 과정은 팀워크, 의사소통기술의 개발, 프로젝트관리, 기업가 정신을 강조
- ❸ PSM프로그램은 과학과 수학분야의 대학원생 프로그램에서 벗어나 대학과 학과의 문화적 변화의 촉매 역할 기대

## 미시간 주립대 - 산업수학 PSM 프로그램

### ❶ 프로그램 커리큘럼

- 산업에서 가장 자주 직면하게 되는 수학을 다루는 가을학기 개설 (survey course)
- 학생들이 현지 업체의 제안된 문제들을 다루는 봄 학기 프로젝트 강의 - 대학원생 수준 수학강의 4개
- 통계학 강의 2개
- 엔지니어링, 컴퓨터과학, 경제학, 마케팅 등 선택 가능한 타 전공 연관 강의 4개 - 프로젝트 관리 인증
- 포트폴리오 자격시험

### ❷ 산업과의 연계 및 지원

- 산업자문위원회, 산업프로젝트와 후원

## 우스터 공과대학 - 금융수학, 산업수학 PSM 프로그램

### ① 금융수학 PSM

- 핵심 수학과목에서 6학점 이수
- 5개의 금융수학 과목 중 4개 이상 이수해야 한다.
- 전공에 따라 수리과학 이외의 과목 6학점을 이수, 경영대학원이나 컴퓨터 공학과 중 택일
- 담당교수의 지도 아래 3학점짜리 프로젝트 완성
- 전문석사 세미나 참석 (글쓰기, 발표, 그룹 커뮤니케이션, 이력서 작성)

### ② 산업수학 PSM

- 핵심 수학과목 이수
- 분야별 심화 과정 (동역학 및 제어, 재료, 유체동역학, 생체공학, 기계학습, 암호학)
- 담당교수의 지도 아래 3학점짜리 프로젝트 완성
- 전문석사 세미나 참석 (글쓰기, 발표, 그룹 커뮤니케이션, 이력서 작성)

## 럿거스대 - 비즈니스 과학석사(MBS): PSM 학위

- MBS: 석사수준의 STEM 과목과 더불어 비즈니스와 정책 분야에서 추가과목을 배울 수 있는 학위
- 새로운 유형의 리더와 과학자/공학자가 갖는 간극을 채워 줄 수 있는 인재 양성
- 24개의 응용과학분야 과목을 진행 중 수학 및 통계학 과목인 산업수학과 통계학 및 의학 통계학 등이 있음

## 국내에서의 수학 전문이학석사(PSM)의 도입 가능성

- ① 산학협력을 기반으로 한 산업수학 생태계 조성 및 성공스토리 도출
- ② 수학에 대한 인식의 전환에 대한 노력이 전제되어야 함
- ③ 실제 산업계 문제의 해결을 전제로 한 교육과정의 정비
- ④ 기업에서는 수요에 기반한 맞춤형인재를 발굴 할 수 있다는 점을 부각
- ⑤ 우수학생 유치를 위한 정부의 지원가능성 모색(미국은 NSF에서 학생지원을 하고 있음)

## 서울대학교

### ❶ 산업수학 관련 신설교과목

- 알고리즘 및 복잡도 이론, 수학적 프로그래밍, 정보 이론 및 부호론

### ❷ 산업계와의 공동지도 방안 제시

- 산업계에 종사하는 겸임 교수, 타 학과에 있는 겸무 교수의 공동지도를 통한 학생들의 학문적 지평 확대 및 융합

### ❸ 수학 재교육 프로그램

- 삼성종합기술원과 공동으로 딥러닝 공동세미나를 운영
- 삼성소프트웨어 연구소의 수학 재교육 프로그램에 참여교수와 대학원생이 강사와 보조로 참여하여 교육 담당함
- 학생 인턴쉽 파견
- ETRI, 국가보안기술연구소에 2명의 학생을 파견하고 있으며 확대할 예정 (연구는 매주 또는 매달 세미나를 통해 연구내용을 정리하고 발표하는 방식으로 진행)

## 한국외국어대학교

### ❶ 산업수학 관련 신설교과목

- ❶ 산업수학 (Industrial Mathematics) : 학부 4학년을 대상으로 순수수학을 포함한 수학의 전 영역의 활용에 대하여 학습
- ❷ 핀테크를 위한 금융자료 분석 (Statistical Analysis of Financial Analysis for FinTech Industry) : 수학과 및 통계학과 대학원생을 대상으로 금융 위험관리, 투자운용 등의 금융 분야의 기초지식 습득
- ❸ 핀테크를 위한 통계적 기계 학습 (Statistical Machine Learning for FinTech Industry) : 핀테크 산업현장에서 자료 분석에 사용될 다양한 supervised 및 unsupervised 기계학습 기법들을 익히고, 컴퓨터 프로그램을 통한 기법 활용 학습

### ❷ 금융기관과 연계한 연구 프로젝트 수행

- 사업에 참여하는 대학원생들을 대상으로 2학기 혹은 3학기 이수 후 계절학기 동안 해당기관에 전일제로 머물면서 실제 산업문제 해결을 위한 공동연구를 수행하고 산업현장을 경험토록 함



## 산업수학 (한국외국어대학교)

- ① 교재: 산업응용수학의 기본, 김영록, 김준석 외 5인 공저, 경문사, 2016
- ② 대상: 학부 4학년 학생 24명 정원
- ③ 강의 내용
  - ① MATLAB 기초: 코딩에 대한 기본 내용 강의와 실습
  - ② 수치해석 기본: 테일러 정리, 오일러 방법, Runge-Kutta 방법
  - ③ 주가연계증권 가격 결정 (ELS): 1 - 3 stocks model
  - ④ 이미지 분할 (Image segmaentaion): MRI, CT
  - ⑤ 전염병 모델 (SIR model): 홍역, 감기
  - ⑥ 대류 확산 방정식 (Convection-diffusion equation): 미세먼지, 기후변화
  - ⑦ 전산유체역학 (Computational fluid dynamics): Navier-Stokes equation
  - ⑧ 수학이 빛나는 순간들: <http://www.ams.org/mathmoments> 텍스트로 편집 숙제

감사합니다.