

『4단계 BK21사업』 미래인재 양성사업(과학기술 분야)

교육연구단(팀) 성과요약서

관리번호	4299990414342						
사업분야	기초과학	지원분야	수학	단위	전국	구분	교육연구팀
학과(학부)	고려대학교 수학과						
교육연구단(팀)명 (국문)	4차 BK21 고려대학교 수리과학 미래인재 교육연구팀						
교육연구단(팀)장	소 속	고려대학교 이과대학 수학과					
	직 위	교수					
	성 명 (국문)	김 준 석					
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (20.9~21.2)	2차년도 (21.3~22.2)	3차년도 (22.3~23.2)			
	국고지원금	183	366	374			
총 사업기간	2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)						
평가 대상 기간	2020.9.1.-2023.2.28.(30개월)						
<p>본인은 『4단계 BK21』 사업 성과요약서를 제출합니다. 아울러, 성과요약서에는 사실과 다른 내용이 포함되지 아니하였으며 만약 허위 사실이나 중대한 오류가 발견될 경우에는 그에 상응하는 불이익을 감수하겠다는 서약합니다.</p> <p style="text-align: right;">2023년 5월 25일</p>							
작성자	교육연구단(팀)장			김 준 석 (인공본서명)			
한국연구재단 이사장 귀하							

I. 교육연구팀의 구성, 비전 및 목표

1. 교육연구팀 구성

1.1 교육연구팀장의 교육·연구·행정 역량

성명	김준석	소속기관	고려대학교 이과대학 수학과
----	-----	------	----------------

4단계 BK21 고려대학교 수리과학 미래인재 교육연구팀장의 연구·교육·행정 역량은 다음과 같다.

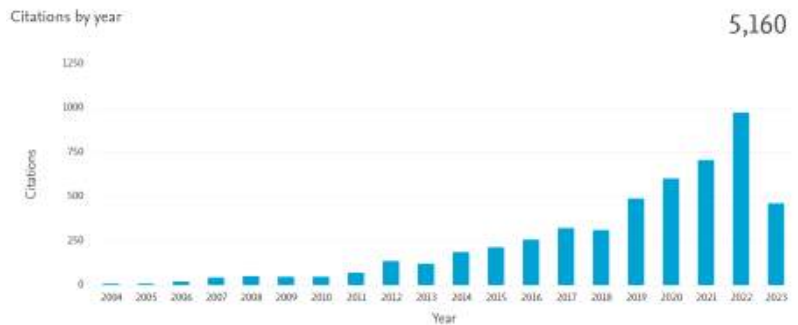
1) 주요경력

고려대학교 수학교육학과 학사 (1995), 서울대학교 수학과 석사 (1997), University of Minnesota 수학과 박사 (2002), University of California, Irvine 수학과 박사후연구원 (2002-2005), 동국대학교 수학과 조교수 (2006-2008), 현재 고려대학교 수학과 정교수

2) 연구역량

연구실적: 현재까지 280여편의 연구논문을 SCIE급 저널에 발표하였다. 특히, 그중 45편은 최근 2021

년 Journal Citation Reports (JCR) 기준 상위 10% 이내의 저널에 발표했다. 연구자 h-index는 39로써, 발표된 전체 연구논문 중 39편은 적어도 39번 이상씩 피인용 되었다는 것으로 이는 단순히 양적으로만 많은 연구논문을 작성하여 발표한 것이 아니라, 질적으로도 우수한 내용의 연구논문을 많이 발표한 것으로 판단할 수 있는 지표이다. SCOPUS 기준으로 현재까지 발표한 연구논문들의 총 피인용 횟수는 5,160번으로, 유관 분야에서 국제 경쟁력을 갖추고 있음을 확인할 수 있다.



3) 교육역량

- ㄱ. 대학원 교재 개발: [다상 유체 유동에 대한 상태장 모델링과 멀티그리드 수치기법, 지오복스, 2023] 등 다수 저술
- ㄴ. 학문후속세대 양성: 9명의 정년트랙 전임교수 배출
- ㄷ. 산업인력 양성: 15명의 금융 관련 회사 취업

4) 행정역량

3단계 BK21 플러스 고려대학교 수리과학사업단장직을 성공적으로 수행하였다. 주어진 예산을 대학원생들을 위한 국제화 경비, 학술대회 참석, 논문게재 지원, 해외석학 초빙 등으로 적절히 배분하여 집행하였으며, 우수 대학원생들이 학업과 연구에 전념할 수 있도록 연구장학금을 지원하였다. 또한, 신진연구인력을 지원하여 정년트랙 전임교수로 임용이 되는 성과를 달성하였다.

2. 교육연구팀의 목표 달성도

☑ 교육연구팀의 비전 및 목표 대비 실적

● 미래 인재 양성

2020년 9월부터 2023년 2월은 1단계 기반구축에 해당되는 시기로, 혁신성장을 선도할 창의적이고 도전적인 미래인재 양성을 위해 우수한 참여대학원생을 선발하고 참여교수들이 적극적으로 지도해왔다. 평가 기간 평균 34명의 대학원생이 재학하였고, 평균 33.8명의 대학원생이 4단계 BK21 교육연구팀에 참여하였다. 교육연구팀에서는 참여대학원생이 학업 및 연구에 집중할 수 있도록 재정 지원을 하였다. 국내외 학회 참석 경비를 지원함으로써 다양한 수학자들의 연구 결과를 들으며 연구 동향을 파악하고, 발표를 통해 연구내용을 검증받을 수 있도록 하였다. 또한, 우수한 성과를 낸 참여대학원생에게 차등 성과급을 지급하여 연구 동기를 높이고 성취의욕을 고취하였다. 그 결과, 평가 대상 기간 동안 참여대학원생들이 주저자 또는 공동저자로 참여하여 총 93편의 논문이 국제저명학술지(SCIE/SSCI 저널)에 게재되었고, 2021 JCR 기준 IF 총합은 296.826이며, 93편 중 국제공동연구를 시행하여 달성한 실적은 27편이다.

● **국제적 경쟁력이 있는 인재 양성**

국제화 시대에 수학계는 이미 오래전부터 국제화되어 있었다. 수학이 전 세계인의 공통 학문이므로 국제적 경쟁력의 필요성은 자명하다. 국제 연구자들과의 학술교류 및 공동연구를 통한 국제적 경쟁력이 있는 석·박사급 인재를 양성하기 위해서 적극적으로 국제 학술활동에 참여를 독려했다. 참여대학원생의 대표적 국제 공동연구 실적은 다음과 같다.

- Li, Y., Xia, Q., Yoon, S., Lee, C., Lu, B., Kim, J. (2021). **Simple and efficient volume merging method for triply periodic minimal structures.** Computer Physics Communications, 264, 107956.
- Lee, C., Kim, H., Yoon, S., Kim, S., Lee, D., Park, J., Kwak, S., Yang, J., Wang, J., Kim, J. (2021). **An unconditionally stable scheme for the Allen-Cahn equation with high-order polynomial free energy.** Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 95, 105658.
- Kwak, S., Lee, H. G., Li, Y., Yang, J., Lee, C., Kim, H., Kang, S., Kim, J. (2022). **Motion by Mean Curvature with Constraints Using a Modified Allen-Cahn Equation.** Journal of Scientific Computing, 92(1), 16.
- Kwak, S., Yang, J., Kim, J. (2022). **A conservative Allen-Cahn equation with a curvature-dependent Lagrange multiplier.** Applied Mathematics Letters, 126, 107838.

● **우수한 신진연구인력 확보 및 양성**

인적 인프라 구축을 위해 본 교육연구팀은 우수한 신진연구인력을 2인 확보하였고, 참여교수 및 참여대학원생들과 함께 활발히 공동연구를 수행하고 있다. 참여교수와 공동연구를 진행하여 SCIE 논문 17편을 출판하였고, 특허 등록 1건이 있다.

● **사회문제 해결 역량 함양 및 강화**

공학 분야와는 다르게 수학 분야의 특성상, 대학원생이 기초수학을 공부하고 전공분야를 연구하고 논문을 작성하면서 특허를 출원하고 등록하기에 어려움이 있으나 지속적인 관심과 노력으로 2021년도에 출원하였던 ‘훼손된 지문 복원 방법’을 2022년 5월에 특허청 등록(특허 제 10-2396516 호)하였다. 제안하는 기술은 국소적으로 훼손된 지문을 복원하는 방법에 관한 것으로, 지문의 용선이 국소적으로 마모 및 훼손된 곳을 복원할 수 있는 수학적 모델과 수치 알고리즘을 제공한다. 과학수사 및 신원조회용으로 사용이 될 수 있어서 사회문제 해결에 활용이 될 수 있다.

● **Mathematical Data Science 전공 신설 및 운영**

본 교육연구팀은 미국 Stanford 대학교를 벤치마킹하여 4차 산업혁명 관련 데이터 과학 교과목의 신설 및 기존 수학 교과목과의 융·복합 교과목 개설을 목표로하였다. 그 결과 2022년 봄 학기부터 고려대학교 수학과 대학원에서 Mathematical Data Science 전공을 신규 개설하게 되었다. 이 세부전공은 수학과 일반대학원의 세부 전공 중 하나로 타 세부전공과 동일한 입시 과정으로 학생을 선발했다.

II. 교육역량 영역

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 실적

☑ **교육연구팀의 충실하고 지속성 있는 교육과정 운영 실적**

본 교육연구팀의 대학원 교육과정에는 있는 대수학 및 수론, 위상수학, 해석학, 확률론, 기하학, 응용수학 분야의 교과목을 각각 1건 이상 매 학기 개설하였으며, 각 세부 분야별로 다양한 교과목을 구성하여 졸업 후 진로에 따라 학생들이 본인이 원하는 방향으로 교과목을 선택하여 폭넓은 선택 및 자기 계발이 가능하도록 구성하였다. 또한, 매 학기 인공지능/딥러닝 관련 교과목을 개설하여 인공지능/딥러닝 등에 관심 있는 학생들이 수강할 수 있도록 하였다.

☑ **교육연구팀의 체계적 학사관리 실적**

학과 종합시험은 본 교육연구팀의 대학원생들이 수학적 기초 실력을 충분히 갖추었는지 확인하기 위하여 대수학 및 수론, 위상수학, 해석학, 확률론, 기하학, 응용수학 분야 중 기초공통과목을 선정하여 학과 종합시험 지정과목으로 두고 있다.

☑ **세계적 수준의 대학원 교육과정과 학사관리 운영 실적**

● **학문적 추세의 변화에 따라 딥러닝, 데이터 과학 관련 교과목 및 산업수학 관련 교과목 개설**

급변하는 4차 산업혁명 시대에는 과학기술 난제 또는 사회문제 해결 능력을 갖춘 인재를 양성하기

위해서 “딥러닝과 수학”, “금융공학을 위한 기계학습”, “수리인공지능 세미나”, “강화학습과 수학” 과 같은 교과목을 신규 개설하였다.

● **타이거 세미나를 통해 영어 세미나 진행**

BK21 고려대학교 수리과학 미래인재 교육연구팀에서는 참여대학원생들의 국제 역량을 강화하기 위해 주관하는 타이거 세미나에서 매 학기 영어 세미나를 진행하였다. 타이거 세미나는 참여대학원생들이 직접 기획하고, 신청하고, 발표하고 피드백을 진행하는 등 온전히 대학원생들에 의해 운영되었다. 작성한 세미나 일정에 맞추어 발표자는 자신의 연구내용을 영어로 발표를 진행하였다.

● **콜로키움 및 세미나 활동 다양화**

수학과에서는 학기마다 수학전공 분야 전반의 국내외 연구자들을 다양하게 초빙하여 콜로키움을 개최하고 있다. 2020년부터는 계획했던 대로 인공지능 분야와 산업수학에 관련된 다양한 주제의 세미나도 유치하여 진행하였다.

● **영어과학논문 작성법 및 연구윤리 관련 특강 진행**

본 교육연구팀의 팀장인 김준석 교수는 체계적으로 영어논문을 작성하고 국제 저명 저널에 논문을 투고하는 데 겪는 어려움을 해결하는 방법에 대하여 특강을 진행하였다. 표절과 같은 연구윤리 위반을 예방하기 위해 참고문헌 인용법, 그림의 저작권 획득하는 법 등에 대해서 교육했다.

☑ **학사관리제도 강화**

● **학제 간 연구와 융·복합 연구를 위한 타 대학 전공분야 수강**

본 교육연구팀에서는 참여대학원들이 융·복합 연구를 통해 폭넓은 융합적 사고를 고취하고 창조적인 연구능력을 함양할 수 있도록, 타 단과대학의 전공분야 수업을 할 수 있게 하였다.

● **연구윤리 교육 수강**

본 교육연구팀에서는 석사 및 박사과정 참여대학원생들에게 연구윤리에 대한 교육을 안내하고 학위과정동안 반드시 연구윤리교육을 필수적으로 이수하도록 안내하였다.

● **학위논문심사 전 표절검사 승인 필수**

고려대학교에서는 학위논문심사 시 논문표절예방 프로그램인 턴잇인(Turnitin) 검사확인서 제출을 필수적으로 요구하고 있다.

● **학술대회 포스터 발표 및 구두 발표**

전공 관련 학회에 참석 경비 지원을 원하는 참여대학원생에게 학회 등록비 및 여비를 적극적으로 지원하여, 참여대학원생들이 연구한 결과를 관련 분야의 연구자들에게 발표하면서 연구내용을 검증받거나 발전시킬 수 있도록 하였다.

☑ **교육과 연구의 선순환 구조 구축 방안, 연구역량의 교육적 활용 실적**

교육과 연구는 선순환 구조를 가질 수 있다. 연구의 주된 방법론을 알기 쉽게 정리해서 대학원 교재를 제작하여 대학원생들 교육에 활용하고, 교육받은 학생들은 더 발전된 방법을 고안해서 연구하여 그 결과로 우수 연구논문을 국제저널에 게재할 수 있었다.

1.2 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영 실적

☑ **Mathematical Data Science 과정**

데이터과학 분야는 수학, 통계, 전산 등 여러 분야가 융합된 분야로 각 분야 나름의 전공 특색을 살려 교육하는 것이 바람직하고 이에 데이터 과학의 중요한 축인 수학과에서 수학지식을 겸비한 딥러닝 및 데이터과학 분야 전문인력에 대한 맞춤형 교육과정을 목표로 Mathematical Data Science (MDS)라는 18개월 석사과정을 2022년에 수학과 안에 신설하여 운영하고 있다.

☑ **코로나19 수리 모델링**

이채영 박사는 저널 Chaos, Solitons and Fractals (IF 5.994, 분야별 상위 백분율 2% 이내, Q1)에 2021년 12월 출판된 “Robust optimal parameter estimation for the susceptible-unidentified infected-confirmed model”의 주저자로 신종 감염병 모델 (SUC model)에 대한 연구를 수행했다. 감염병 모델링에서는 매개변수값을 결정할 때의 문제 중 하나로 최적의 매개변수값이 매개변수값의 초기 추측에 매우 예민하다는 것이다. 이러한 문제를 해결하여 확진자 모집단에 가장 잘 맞는 매개변수값을 찾아 최적의 감염병 매개변수를 추정했다.

☑ **복잡한 구면 위에서의 유체 흐름 시뮬레이션 방법 개발**

김준석 교수는 Sun Yat-sen University의 Junxiang Yang 박사와 함께 “Finite volume scheme

for the lattice Boltzmann method on curved surfaces in 3D” 을 주제로 진행한 공동연구의 결과를 Engineering with Computers (2021 JCR 기준 IF 8.083, 분야별 상위 백분율 4.38%) 2022년에 게재하였다. 이 연구에서는 기존 연구를 확장시켜, 3차원 공간에서 행성의 대기 순환과 같은 곡면에서의 유체 흐름을 시뮬레이션하기 위한 유한 체적 볼츠만 방법(FVLBM)을 제시하였다.

❑ 콘테스트에서 참가자 수의 공개 전략과 비공개 전략의 비교 분석

상대방을 알지 못하고 경쟁하는 상황은 실제로 일어나는 경쟁에서 자주 발생하게 된다. 지원자의 수가 몇 명인지도 모르는 상황에서 누구와 경쟁하는지 모르면서 면접을 보기도 한다. 본 연구에서는 경쟁자 수를 공개적으로 알 수 없는 상황에서 콘테스트에서 발생하게 되는 정보 공개 문제를 분석하였다.

❑ 기계학습을 이용한 다이오드 부품의 단종 시기 예측 알고리즘 개발

산업계의 모든 생산라인에서는 기존보다 성능이 향상되거나 가격 면에서 경쟁력이 있는 제품을 생산하려고 하고 이는 제품의 단종으로 이어진다. 이에 2021년부터 2022년까지 (주) 레오이노비전에서 제공하는 실제 반도체 데이터를 이용한 딥러닝 알고리즘을 개발하여 여러 부품에 대한 단종 시기를 정확하게 예측할 수 있게 함으로써 업체가 당면한 실제 문제를 해결하는 기회가 되었다.

❑ 3차원 의류생성 및 아바타 착장 생성 인공지능 알고리즘 구현 및 적용

컴퓨터비전 기술을 사용하여 착의 된 3차원의 아바타를 회전시킬 수 있게 하기 위해서 3차원 이미지 생성 기술을 개발하였다. (주)스타일봇과 공동연구로 진행하였고, 3차원 의류 생성 및 아바타 착장 생성 인공지능 알고리즘을 구현하여 (주)스타일봇의 기술적 현안을 해결해 주었다.

❑ 다중 관측소 지진데이터를 사용한 데이터과학 지진정보생성기법 구현

한반도 지진 관측망에서 수집된 다중관측소 지진 파형을 사용하여 지진정보생성에 특화된 인공지능 모델을 설계한다. 한국지진관측소 자료를 제안한 인공지능 모델에 학습시키면서 데이터과학 기반 지진 정보생성기법을 고도화할 수 있는 메타기법을 연구했다.

2. 인력양성 현황 및 지원 실적

2.1 평가 대상 기간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

(단위: 명)

참여대학원생 확보 및 배출 실적				
실적	석사	박사	석·박사통합	계
확보 (재학생)	58	29	82	169
실적	석사		박사	계
배출 (졸업생)	11		10	21

2.2 교육연구팀의 우수 대학원생 확보 및 지원 실적

본 교육연구팀의 교육 비전을 함께 실현하고 달성할 수 있는 우수한 대학원생을 선발하기 위해, 학부생의 연구지원 및 우수 학부생 우선선발을 위해 학·석사 연계 과정에 대해 적극적으로 홍보하였다. 또한, 우수한 대학원생을 확보하고자 4차 산업혁명 관련 데이터 과학 교과목의 신설 및 기존 수학 교과목과의 융·복합 교과목을 개설하였다. 대학원생의 연구지도는 매우 중요한 지원 중 하나이다. 참여교수 모두가 적극적으로 지도 학생들과 공동연구를 수행해 평가 대상 기간 동안 SCIE급 논문 93편이 출판되었고, 특허 등록 1건과 국제공동연구 결과 논문 게재도 27건 진행되었다.

수학 분야의 특성상, 대학원생들이 특허를 출원하고 등록하기까지가 어려우나 4단계 BK21에서 본 수리과학 교육팀의 참여교수와 대학원생들이 참여하여 다음과 같이 등록된 특허가 1건 있다. **특허명: 훼손된 지문 복원 방법**, 특허 등록자 명단 : 김준석, 이채영, 김상권, 김현동, 곽수빈.



다음은 참여대학원생이 주저자 또는 공동저자로 게재한 대표적 논문 리스트이다.

- (2021). Modeling and simulation of droplet evaporation using a modified Cahn-Hilliard equation. Applied Mathematics and Computation, 390, 125591.
- . (2020). The susceptible-unidentified infected-confirmed (SUC) epidemic model for estimating unidentified infected population for COVID-19. Chaos, Solitons & Fractals, 139, 110090.
- (2020). A phase-field model and its efficient numerical method for two-phase flows on arbitrarily curved surfaces in 3D space. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 372, 113382.
- . (2021). An L_q (L_p)-theory for diffusion equations with space-time nonlocal operators. Journal of Differential Equations, 287, 376-427.
- . (2020). Boundary behavior and interior Hölder regularity of the solution to nonlinear stochastic partial differential equation driven by space-time white noise. Journal of Differential Equations, 269(11), 9904-9935.
- (2021). Simple and efficient volume merging method for triply periodic minimal structures. Computer Physics Communications, 264, 107956.

2.3 참여대학원생 취(창)업 현황

평가 대상 기간(2020.9.1.-2023.2.28.) 내 졸업한 참여대학원생 취(창)업률 실적

(단위: 명, %)

구 분	졸업 및 취(창)업현황					취(창)업률 (D/C)×100
	졸업자(A)	비취업자(B)		취(창)업대상자 (C=A-B)	취(창)업자 (D)	
		진학자	입대자			
		국내	국외			
석사	11	2	1	0	8	78
박사	10			0	10	

평가 대상 기간(2020.9.1.-2023.2.28.) 내 졸업한 참여대학원생은 전공과 관련된 회사나 기관으로 취업을 하였다.

성명	졸업연월	수여 학위	현 직장	성명	졸업연월	수여 학위	현 직장
	2021.2	박사			2021.8	석사	
	2021.2	석사			2021.8	박사	
	2021.2	박사			2022.2	박사	
	2021.2	박사			2022.2	석사	
	2021.2	박사			2022.8	박사	
	2021.8	박사			2023.2	박사	
	2021.8	석사			2023.2	박사	

3. 대학원생 연구역량

① 참여대학원생 대표연구업적물의 우수성

- . (2021). Simple and efficient volume merging method for triply periodic minimal structures. Computer Physics Communications, 264, 107956.
- . “The susceptible-unidentified infected-confirmed (SUC) epidemic model for estimating unidentified infected population for COVID-19.” Chaos, Solitons & Fractals 139 (2020): 110090.
- . (2021). Modeling and simulation of droplet evaporation using a modified Cahn-Hilliard equation. Applied Mathematics and Computation, 390, 125591.
- . (2020). A phase-field model and its efficient numerical method for two-phase flows on arbitrarily curved surfaces in 3D space. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 372, 113382.
- . (2021). A variant of stabilized-scalar auxiliary variable (S-SAV) approach for a modified phase-field surfactant model. Computer Physics Communications, 261, 107825.
- . (2020). Shape transformation using the modified Allen-Cahn equation. Applied Mathematics Letters, 107, 106487.

- . (2020). Periodic travelling wave solutions for a reaction-diffusion system on landscape fitted domains. Chaos, Solitons & Fractals, 139, 110300.
- . (2020). Pattern formation in reaction-diffusion systems on evolving surfaces. Computers & Mathematics with Applications, 80(9), 2019-2028.
- . (2020). Boundary behavior and interior Hölder regularity of the solution to nonlinear stochastic partial differential equation driven by space-time white noise. Journal of Differential Equations, 269(11), 9904-9935.
- . (2021). A regularity theory for stochastic partial differential equations with a super-linear diffusion coefficient and a spatially homogeneous colored noise. Stochastic Processes and their Applications, 135, 1-30.
- (2021). An L_q (L_p)-theory for diffusion equations with space-time nonlocal operators. Journal of Differential Equations, 287, 376-427.
- . (2021). A weighted Sobolev regularity theory of the parabolic equations with measurable coefficients on conic domains in \mathbb{R}^d . Journal of Differential Equations, 291, 154-194.
- . (2022). Computation of powered option prices under a general model for underlying asset dynamics. Journal of Computational and Applied Mathematics, 406, 113999.
- (2022). A conservative Allen-Cahn equation with a curvature-dependent Lagrange multiplier. Applied Mathematics Letters, 126, 107838.
- (2022). Weighted 3D volume reconstruction from series of slice data using a modified Allen-Cahn equation. Pattern Recognition, 132, 108914.
- (2022). Motion by Mean Curvature with Constraints Using a Modified Allen-Cahn Equation. Journal of Scientific Computing, 92(1), 16.
- (2022). An Explicit Adaptive Finite Difference Method for the Cahn-Hilliard Equation. Journal of Nonlinear Science, 32(6), 80.
- . (2022). A Sobolev space theory for the stochastic partial differential equations with space-time non-local operators. Journal of Evolution Equations, 22(3), 57.
- . (2021). An unconditionally stable scheme for the Allen-Cahn equation with high-order polynomial free energy. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 95, 105658.

② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

- “Numerical simulation of the pattern formation in reaction-diffusion equations on time-stepped moving curved surfaces”, SMB 2021 Annual Meeting, .
- “A sobolev space theory for SPDEs with space-time nonlocal operators”, Bernoulli-IMS 10th World Congress in Probability and Statistics, .
- “A maximal L_p -regularity theory to initial value problems with time measurable nonlocal operators generated by additive processes”, Bernoulli-IMS 10th World Congress in Probability and Statistics, .
- “Light-weight Frequency Information Aware Neural Network Architecture for Voice Spoofing Detection”, ICPR 2022 26TH International Conference on Pattern Recognition, .
- “Noun-MWP: Math Word Problems Meet Noun Answers”, The 29th International Conference on Computational Linguistics, .
- “Rotationally Invariant Zero Mean Curvature Surfaces in the three-dimensional light cone space”, The 3rd Conference on Surfaces, Analysis, and Numerics, .

4. 우수 신진연구인력 확보 및 지원 실적

본 교육연구팀은 2021년 3월에 확보한 박사에 이어 2021년 9월 박사를 추가로 확보하여, 2명의 우수 신진연구인력을 확보하였다. 새로 확보한 김상권 박사는 응용수학 분야의 교수

와 함께 수치해석, 금융수학, 과학계산 관련 연구를 수행할 수 있으며, 이동현 교수와 인공지능 및 강화 학습에 대한 공동연구를 수행할 수 있는 역량이 있으며, 기존 신진연구인력과 시너지 효과를 낼 수 있는 인력이다. 다음은 신진연구인력의 대표적 연구논문 실적이다.

- (2021). Robust and accurate construction of the local volatility surface using the Black-Scholes equation. *Chaos, Solitons & Fractals*, 150, 111116.
- . (2021). Robust optimal parameter estimation for the susceptible-unidentified infected-confirmed model. *Chaos, Solitons & Fractals*, 153, 111556.

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

- (저서 출판) , 25시간만에 배우는 머신러닝 예제: 텐서플로, 지오아카데미, ISBN : 9791191346046, 2021. 05. 01.
- (저서 출판) , 다항식과 변환군, 제이앤씨(J&C), ISBN : 9791196945510, 2022. 05. 01.
- (저서 출판) , 다상 유체 유동에 대한 상태장모델링과 멀티그리드 수치기법, 지오박스, ISBN : 9791191346572 ,2023.02.28.
- (대학원 교과목 개발 및 개설) 2022년 2학기 금융공학을위한기계학습(MTH774) 전공개설
- (저서 출판) , 양성덕의 미분기하강의 2편, 교우사, ISBN : 9791125103592, 2022.07.20.
- (저서 출판) , 양성덕의 미분기하강의 3편, 교우사, ISBN : 9791125103677, 2023.02.15.

6. 교육의 국제화 전략

① 교육 프로그램의 국제화 실적

대학원생들의 국제 경쟁력을 갖추기 위해서 교육연구팀은 교육 프로그램의 국제화를 적극적으로 수행해 왔다. 영어강의 개설, 해외학자들의 콜로키움 및 세미나 개최 등 다양한 노력을 해왔고, 국제학술대회 참석 지원을 통해 참여대학원생들이 해외 학회에서 우수한 논문들을 공유할 수 있었다. 교육 프로그램의 국제화 실적은 다음과 같다.

● 평가 대상 기간 내 수학과 대학원 영어강의 개설 교과목 리스트

개설학기	학수번호, 교과목명
2020년 2학기	MTH601 Algebra II (영강) MTH603 Real Analysis II (영강) MTH609 Probability II (영강) MTH612 Applied Mathematics II (영강) : MTH621 Geometry II (영강) MTH707 Lie Group and Lie Algebra (영강) MTH708 Functional Analysis II (영강) MTH731 Theory of Partial Differential Equations I (영강) MTH810 Research in Probability II (영강) MTH818 Research in Applied Mathematics III(영강)
2021년 1학기	MTH501 Algebra I (영강) MTH614 Numerical Analysis (영강) MTH723 Stochastic Process I (영강) MTH737 Theory of Partial Differential Equations II (영강) MTH812 Research in Applied Mathematics II (영강)
2021년 2학기	MTH507 Complex Analysis (영강) MTH618 Numerical Partial Differential Equation (영강) MTH632 Algebraic Number Theory I (영강) MTH731 Theory of Partial Differential Equations I (영강) MTH803 Research in Analysis I (영강) MTH811 Research in Applied Mathematics I (영강)
2022년 1학기	MTH501 Algebra I (영강) MTH505 Probability I (영강) MTH604 Functional Analysis I (영강) MTH777 Mathematical Methods in AI (영강) MTH787 Computational Fluid Dynamics (영강)
2022년 2학기	MTH507 Complex Analysis (영강) MTH601 Algebra II (영강) MTH614 Numerical Analysis (영강) MTH701 Representation Theory of Groups (영강) MTH731 Theory of Partial Differential Equations I (영강) MTH777 Mathematical Methods in AI (영강)

● 대학원생들이 지도교수와 함께 연구한 결과를 관련 분야의 해외 여러 학자와 교류함으로써 국제화 능력을 향상시키기 위하여 해외 학회 발표 참여를 적극적으로 독려했다.

미국 수리생물학회(Society for Mathematical Biology, SMB) 2021 Annual Meeting (2021.6.13.-2021.6.17.)에서 논문 “Numerical simulation of the pattern formation in reaction-diffusion equations on time-stepped moving curved surfaces” 을 발표하였다. 학술대회에서 우수한 논문 내용 및 뛰어난 발표 실력을 인정받아 SMB 포스터 상을 수상하였다.

② 참여대학원생 국제공동연구 대표적 실적

- 은 중국 교수와 함께 2021년 9월부터 2022년 8월까지 국제 공동연구를 진행한 결과물로, International Journal of Mechanical Sciences 저널에 논문 “An explicit conservative Saul’ yev scheme for the Cahn-Hilliard equation” 을 출판하였다.
- 은 중국 박사과 함께 2021년 9월부터 2022년 8월까지 국제 공동연구를 진행한 결과물로, Applied Mathematics Letters 저널에 논문 “A conservative Allen-Cahn equation with a curvature-dependent Lagrange multiplier” 을 출판하였다.
- 은 중국 교수와 함께 2020년 9월부터 2020년 11월까지 국제 공동연구를 진행한 결과물로, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation (2019 JCR 기준 IF 4.12, 분야별 상위 백분율 1.149%, Q1) 저널에 논문 “An unconditionally stable scheme for the Allen-Cahn equation with high-order polynomial free energy” 를 출판하였다.
- 는 중국 교수, , 그리고 교수와 함께 2020년 9월부터 2021년 2월까지 국제 공동연구를 진행한 결과물로, 2021년 3월 COMPUTER PHYSICS COMMUNICATIONS (2019 JCR 기준 IF 3.627, 분야별 상위 백분율 5.455%, Q1) 저널에 논문 “Simple and efficient volume merging method for triply periodic minimal structures” 를 출판하였다.

III. 연구역량 영역

1. 참여교수 연구역량

1.1 연구비 수주 실적

평가 대상 기간(2020.9.1.-2023.2.28.) 내 환산 참여교수 1인당 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천원)			전체기간 실적
	2020.9.1.-2021.2.28.	2021.3.1.-2022.2.28.	2022.3.1.-2023.2.28.	
정부 연구비 수주 총 입금액	270,650	2,366,184	2,281,496	4,918,330
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	-	12,000	8,000	20,000

1.2 연구업적물

① 참여교수 대표연구업적물의 우수성

- . (2022). Compact difference of composition operators with smooth symbols on the unit ball. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 506(1), 125555.
- . (2021). An $L_q(L_p)$ -theory for diffusion equations with space-time nonlocal operators. Journal of Differential Equations, 287, 376-427.
- . (2021). An approach for weighted mixed-norm estimates for parabolic equations with local and non-local time derivatives. Advances in Mathematics, 377, 107494.
- . (2022). Computation of powered option prices under a general model for underlying asset dynamics. Journal of Computational and Applied Mathematics, 406, 113999.
- . (2021). Chromatin accessibility of circulating CD8+ T cells predicts treatment response to PD-1 blockade in patients with gastric cancer. Nature communications, 12(1), 975.
- . (2022). An L_p -maximal regularity estimate of moments of solutions to second-order stochastic partial differential equations, Stochastics and Partial Differential Equations: Analysis and Computations, Stochastics and Partial Differential Equations: Analysis and Computations, 10(1), 278-316.
- . (2023). Efficient IMEX and consistently energy-stable methods of diffuse-interface models for incompressible three-component flows. Computer Physics Communications, 282, 108558.
- . (2022). Stock market prediction based on adaptive training algorithm in machine learning. Quantitative Finance, 22(6), 1133-1152.

- (2022). On the rank of quadratic equations for curves of high degree. *Mediterranean Journal of Mathematics*, 19(6), 244.
- . (2023). Addendum to the paper: Compact embedded minimal surfaces in the Berger sphere. *Comptes Rendus. Mathématique*, 361(G1), 257-264.
- . (2021). The Hörmander multiplier theorem for n -linear operators. *Mathematische Annalen*, 1-57.
- . (2021). Topological aspects of theta-curves in cubic lattice. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 54(45), 455204.
- . (2020). A high-frequency homogenization approach near the Dirac points in bubbly honeycomb crystals. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 238, 1559-1583.
- . (2021). Density of modular forms with transcendental zeros. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 500(2), 125141.

② 참여교수 저서, 특허, 기술이전, 창업 등 실적의 우수성

- , 다항식과 변환군, 제이앤씨(J&C), ISBN : 9791196945510, 2022. 05. 01. (저서)
- , 훼손된 지문 복원 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체 및 장치, 특허등록번호 : 10-2396516, 2022. 05. 06. (특허)
- , 양성덕의 미분기하강의 2편, 교우사, ISBN : 9791125103592, 2022. 07. 20. (저서)
- , 유한군의 표현론, 제이앤씨(J&C), ISBN : 9791196945527, 2022. 12. 23. (저서)
- , 양성덕의 미분기하강의 3편, 교우사, ISBN : 9791125103677, 2023. 02. 15. (저서)
- , 다상 유체 유동에 대한 상태장 모델링과 멀티그리드 수치기법, 지오박스. ISBN : 9791191346572, 2023. 02. 28. (저서)
- , 인공지능 가속화기법, 주식회사 베르사이, 5,000,000원 2021. 12. (창업)

③ 교육연구팀의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 3편 (최근 10년)

- . (2023). Efficient IMEX and consistently energy-stable methods of diffuse-interface models for incompressible three-component flows. *Computer Physics Communications*, 282, 108558. - 이 논문은 수학의 응용분야 Top 저널인 *Computer Physics Communications*(IF 4.717, 분야별 상위 백분율 3.571%)에 출판되었다. 특히 FWCI(Field-Weighted Citation Impact)가 18.54로 FWCI는 동일한 그룹을 기준으로 세계 평균을 낸 다음 게재한 논문을 세계 평균에 비교하는 방식으로 계산을 하게 된다. FWCI가 1이면 동일 그룹 전 세계 평균과 동일한 성과를 의미하며, 2면 동일 그룹보다 2배 성과를 낸 것이고, 0.5는 동일 그룹의 절반의 성과를 낸 것을 의미한다.
- . (2019). Pairs of eta-quotients with dual weights and their applications. *Advances in Mathematics*, 355, 106779. - 이 논문은 *Advances in Mathematics*(IF 1.435, 분야별 상위 백분율 13.7%)에 출판되었다. 페르마의 마지막 정리에서 보듯이 보형 형식은 정수론, 조합론, 수리 물리, 위상수학 등의 다양한 분야의 대상들을 표현해 주는 중요한 함수이다.
- . (2017). Double Pieri algebras and iterated Pieri algebras for the classical groups. *American Journal of Mathematics*, 139(2), 347-401. - 이 논문은 *American Journal of Mathematics*(IF 1.527, 분야별 상위 백분율 14.4%)에 게재되었다. 이 논문은 복소 고전군 또는 선형군이라 불리는 complex classical groups/linear algebraic groups $GL(n)$, $SL(n)$, $Sp(n)$, $O(n)$ 표현공간의 피에리 타입 텐서 곱을 매우 독창적인 방법으로 기술하고, 여러 새로운 결과물들을 담고 있다.

2. 산업·사회에 대한 기여 실적

- 노벨 경제학상을 수상한 로저 마이어슨 교수의 환경등가원칙을 적용하여 참가자 수의 공개 여부가 전체 기대수익에는 영향을 미치지 않는다는 사실을 알아냈다. 콘테스트에서 참가자의 수를 운영자만 알고 있을 때 운영자가 참가자 수를 공개하는 것이 좋을지 공개하지 않는 것이 좋을지 연구하였다.
- 확진되지 않았으므로 격리되지 않아 감염 가능성이 있는 숨은 감염자 수를 예측하는 새로

