

2021 국립생태원 포럼(NIE Forum)

인공지능(AI) 수리모델 그리고 미래생태학

2차 2021. 10. 14.(목) 9:30 ~18:00 국립생태원 교육동 대강당, ZOOM

| 주제 | 생태모델링의 미래 :

수리모델은 생태학의 미래를 어떻게 바꿀 것인가?



모시는 글 Invitation

2021 국립생태원 포럼 (NIE Forum)

1960년대 이래 우리나라는 세계적으로 유례가 없을 정도로 눈부신 경제와 과학 기술 발전을 이루었습니다. 1970년대 통일벼의 개발로 만성적 식량부족이 해결된 이래, 1988년 올림픽 개최에 즈음하여 공업화에 따른 생태계 훼손에 대한 복원 노력이 시작되었고, 1990년대부터 국가적 생태 모니터링 사업이 실시되었습니다.

안정적이고도 쾌적한 생태계 지속성 유지를 위해 2013년 10월 28일 독립적 생태 연구, 전시 및 교육 사업을 수행할 수 있는 국립생태원(National Institute of Ecology)이 환경부 산하기관으로 출범하였습니다. 생태연구의 발전과 병행하여 지난 세기 말부터 디지털융합기술 및 수리모델 기법도 획기적으로 발전하였는데, 이 분야 기술 발전의 결과로 우리나라는 각종 자동화기기 분야에서 국제적인 두각을 나타내고 있습니다. 이제 첨단 디지털 융합기술과 생태 분야가 만나는 시점이 되었습니다.

디지털 융합기술은 코로나 19 감염병 확산 차단 및 대응, 이상기후 및 재해 모니터링 등 환경·생태분야에서도 진가를 발휘하고 있습니다. 앞으로 생태분야의 디지털 혁신은 지구생태계를 보전하는데 보다 지속적이며 안정적인 방식을 제공할 것이며, 동시에 탈탄소 경제구조를 강화할 수 있는 핵심성장동력이 될 것입니다.

이러한 취지에서 국립생태원은 지난 9월 9일(목) 「2021 국립생태원 포럼: 인공지능(AI), 수리모델 그리고 미래생태학」의 첫 번째 포럼인 “AI와 생태학의 융합: 인공지능은 생태학의 미래를 어떻게 바꿀 것인가?”를 많은 관심 속에서 개최하였습니다.

두 번째 포럼은 “생태모델링의 미래: 수리모델은 생태학의 미래를 어떻게 바꿀 것인가?”를 주제로 10월 14일(목) 국립생태원에서 개최되며, 생태모델의 미래, 생물의 생활사 전략, 집단유전, 종다양성, 복잡계, 슈퍼컴퓨터 영역의 연구·기술 사례를 조망하고 미래학, 경제학, 생태학의 관점에서 수리생태학의 발전과 미래생태학 연구방안을 논의하고자 합니다.

AI 및 국가 생태신기술 연구·개발 전문지식을 공유하시고 미래사회 발전을 위해 창의적이고 발전적인 소통을 함께 할 수 있는 자리가 될 수 있도록 학계 및 산업 각계에서 바쁘게 활동하고 계실 여러분께 온라인(ZOOM) 생중계 참여를 부탁드립니다.

감사합니다.

국립생태원장 조도순

생태모델링의 미래

수리모델은 생태학의 미래를 어떻게 바꿀 것인가?

PROGRAM

시 간	내 용	비 고
9:25 ~ 9:35	참석자 등록	국립생태원 연구정책부
9:35 ~ 9:40	개회사	국립생태원장
9:40 ~ 10:40	강연 1 생태모델의 미래 : 수리모델은 미래 생태에 어떻게 적용될까?	전태수 생태와미래지식인협동조합 이사장
10:40 ~ 11:40	강연 2 생활사전략 : 생물의 라이프스타일과 삶의 전략	이후승 KEI 연구위원
11:40 ~ 13:00	중 식	-
13:00 ~ 14:00	강연 3 집단유전 : 유전 변이를 통해 바라보는 생태학	김유섭 이화여대 교수
14:00 ~ 15:00	강연 4 종다양성 : 생물군집 종다양성과 생태모델링	박영석 경희대 교수
15:00 ~ 15:10	휴 식	-
15:10 ~ 16:10	강연 5 복잡계 : 복잡계는 무엇이며, 어떻게 생태에 적용할 수 있는가?	이재우 인하대 교수
16:10 ~ 17:10	강연 6 슈퍼컴퓨터 : 슈퍼컴퓨터를 활용한 생태모델링	허무영 기초과학연구원 책임기술원
17:10 ~ 17:20	휴 식	-
17:20 ~ 17:55	종합토론 수리생태학의 발전과 미래생태학 연구방안	사회 : 전태수 생태와미래지식인협동조합 이사장 토론 : 강연자 및 토론자
토론자 통계물리/복잡계 : 김범준 성균관대 물리학과 교수 경제학 : 이명훈 고려대 명예교수 생태학/수리모델 : 서창완 국립생태원 생태평가연구실 실장		
17:55 ~ 18:00	폐 회	-

* 본 포럼은 COVID 19 확산방지를 위해 ZOOM으로 참석할 수 있으며 사전신청을 해주시는 분께 행사 전일 접속 URL을 보내드립니다.

* 원활한 진행을 위해 사전 신청자에게 사전질문을 받고 있으니 소중한 의견부탁드립니다.

사전신청 하러가기(무료)

수리모델은 미래 생태에 어떻게 적용될까?



Keyword

생태정보모델, 모바일센서네트워크

마크로코즘, 생태계 서비스, 친생태 마인드



전 태 수

생태와미래지식인협동조합
이사장

1960년대 이후 우리나라 경제 발전과 함께 생태계 오염에 대한 관심이 커졌고, 이후 21세기 들어 환경 교란이 편만해지면서 생태계 안정성과 안전성이 국가적인 과제로 등장하였다. 한편 수리생물/생태학, 정보통신기술(Information and Communication Technology, ICT) 및 로봇 공학이 급속한 발전을 이루어 복잡한 생태과학에 적용할 수 있게 되었다. 미래 생태 분야에서 모델링은 규모별로 아래와 같은 방향으로 적용될 수 있겠다.

- 유전자 : 전유전체 자료 입수에 따른 유전정보의 생태적 기능성 분석 및 집단유전, 분자진화
- 개체 : 자동 형태/행동 인지, 로봇 적용을 통한 행동 프로파일 구성 및 행동-유전성 규명
- 개체군 : 침입, 멸종, 종보전, 질병 전파 및 환경적응 등과 관련된 개체군 동태
- 군집 : 공간 개념을 도입한 메타군집 동태, 종/유전자 다양성 및 먹이망 안정성
- 생태계 : 탄소 중립 등의 생물지화학적 순환, 에너지 효율 및 종합적 교란/스트레스 대응

상기 생태적 주제를 도와줄 수 있는 방법론으로는 로봇을 포함한 모바일센서네트워크 (Mobile Sensor-Network), 복잡계 등을 다루는 수리물리학, 생태-유전-진화가 종합적으로 연계된 모델링, 다양한 시나리오에서 예측이 가능한 가상세계 등을 들 수 있다. 수리, 이론 분야의 발전과 함께 실험 분야도 요구된다. 유전자에서부터 생태계까지 각 규모에서 모델링과 실험을 유기적, 병렬적으로 진행할 수 있는 마크로코즘(Macrocosm)이 요청된다. 생태는 자연뿐만 아니라 인간과도 직접 연관되므로 인간 생태계와 조화를 이루도록 하는 연구도 필요한데, 생태계 서비스 제고, 생태자원의 가치화, 시민들의 생태적 이타심을 높이는 연구 등이 필요하다. 아울러 수리생태 모델이 실제적으로 사회에 접목될 수 있도록 생태 관련 다학제 분야의 연구인력 양성, 교육, 전시, 행정조직 강화, 법제 개편 등의 실천적 연구도 요구된다.

2021 NIE FORUM

생물의 라이프스타일과 삶의 전략

Keyword 동적상태의존모델, 생활사, 성장, 생리생태, 전략

생물은 주어진 환경에서 번식 성공 또는 수명 등의 생태적 적합도(Ecological Fitness)를 최대화 하기 위한 최적의 전략적 선택을 한다(Roff 2001, Williams 2012). 생태학의 가장 기본적인 이론이자 생물의 생활사(Life-History)를 이해하는데 근간이 될 수 있는 이 전략에 최적화된 수학적 모델이 바로 동적상태의존모델(Dynamics-State-Dependent Model, DSD Model) 이라 할 수 있다. 본 강연에서는 환경변화에 따른 생물의 성장전략에 대하여 실험연구와 그 결과에 기반한 수리모델링 연구를 통해 주어진 환경에서의 생물의 최적 선택과 그에 따른 최적 적합도를 도출하는 과정을 발표하고자 한다. 먼저, 환경변화에 대한 생물의 성장을 이해하기 위하여 취식행동(Foraging Behavior), 취식에 따른 생리에너지 상태(Energy State) 등을 자원 분배 이론(Resource Allocation Theory)에 따라 최적화된 선택을 할 수 있도록 모델을 제시하였다. 모델에 속한 변수의 계수는 실험연구를 통해 수집된 결과를 이용하였다. 동적상태의존모델의 방정식은 역순환과정(Backward Iteration)을 이용하여 최적 전략선택을 계산하였다(Mangel and Clark 1988). 최적 전략선택값과 시간에 따라 주어진 값을 테일러 급수(Taylor Series)를 이용하여 최적 취식행동과 분배전략의 행렬(Matrix)을 산출하였다. 시뮬레이션은 전방 몬테 카를로 방법 (Forward Monte Carlo Simulation)을 이용하여 적합도를 극대화할 수 있는 최적 생활사 선택을 도출하였다. 초기 생활사에 대한 실험연구는 큰가시고기(Three-Spined Sticklebacks)를 이용하여 온도변화에 따른 성장속도와 성장패턴이 발생하고, 성장과정에서의 서로 다른 성장패턴은 이후의 생활사 라이프스타일과 적합도를 극대화하기 위한 전략적 선택을 보여주었다. 이러한 생활사전략 모델을 통해 다양한 환경변화에 따른 전략선택의 차이점을 이해하고, 나아가 환경변화에 따른 생리반응적 기작과 생활사 패턴을 분석할 수 있는 실험기반의 동적모델을 소개하고자 한다.



이 후 승

KEI
연구위원

유전 변이를 통해 바라보는 생태학



Keyword

진화생물학, 집단유전학, 유전변이

자연선택, 염기서열



김 유 섭

이화여자대학교
에코과학부 교수

생태학과 진화생물학은 지구 생물의 다양성과 분포를 이해하고자 하는 공통의 목표를 가지고 있으며 원칙적으로는 서로 따로 떼어놓고 이해 또는 연구할 수 없다. 그러나 좁은 의미에서 생태학은 현재 생물들이 가지는 특성, 즉 최적화된 형질이 발현되는 가운데 여러 개체와 종이 어떻게 상호작용하고 비생물적 환경에 반응하여 생태계 구조를 형성하는지 밝히는 학문이다. 따라서 개체군 또는 군집의 유전적 조성이 시간에 따라 변하는, 즉 이들이 진화하는 양상을 밝히는 것은 생태학이 아닌 진화생물학(집단유전학)의 영역으로 여겨져 왔다. 그러나 다음과 같은 이유로 개체군의 유전 변이를 파악하고 진화 과정을 추정하는 것이 개체군과 군집의 특성을 깊고 넓게 이해하는데 있어 중요하다. 첫째, 개체 또는 종 사이의 상호작용 가운데 어떤 형질이 자연선택에 의해 등장하고 보존되었는지 파악하는 것이 현 생태계를 이해하고 미래 환경 변화에 따른 생태계를 예측하는 기반이 된다. 둘째, 염기서열 변이가 담고 있는 진화의 흔적을 통해 개체군의 인구학적 구조가 과거부터 현재까지 어떻게 변해왔는지 규명할 수 있고 이를 통해 기후와 지리적 환경의 변화 등에 의해 개체군이 어떻게 반응하는지 알 수 있다. 셋째, 개체군 구조가 자연선택의 양상을 변화시키는 동시에 유전 변이에 작용하는 자연선택의 결과가 개체군의 동역학을 크게 변화시킬 수도 있다. 즉, 인구학적(Demographic) 변화와 진화 유전학적 변화 사이에 양방향 상호작용이 존재한다. 본 발표에서는 주로 세번째 문제, 즉 생태학과 집단유전학의 경계에서 일어나는 현상들의 수리적 모델들을 소개하고자 한다. 여기에는 진화적 소생(Evolutionary Rescue), 약제 내성의 진화(Drug Resistance Evolution), 진화적 분산 투자(Evolutionary Bet-Hedging), 스토리지 효과(Storage Effect)등이 포함된다. 또한 구체적인 연구 분야로 바이러스 감염병 연구를 들어 그 안에 생태학과 집단유전학의 이론적 접근 방법이 어떻게 융합되어 적용되는지 고찰한다.

2021 NIE FORUM

생물군집 종다양성과 생태모델링

Keyword 종다양성, 종분포, 군집, 생태모델링

생물 군집은 다양한 종으로 구성되어 있으며, 이들을 구성하는 종, 각 종의 상대적인 개체수, 군집도 등을 기반으로 하는 종 다양성 개념이 군집 특성을 이해하는 주요 방법으로 사용되었다. 또한 Shannon 다양도 지수, Simpson 다양도 지수, 균등도 지수, 우점도 지수 등 군집 기반의 다양한 생물 지수들이 개발되어 군집 및 생태계 평가에 활용되었다. 종의 서식과 분포는 지리, 기후, 생물, 역사, 적응성 등 다양한 인자의 영향을 받는다. 종의 분포와 다양성에 대한 이해는 군집생태학의 중요한 주제이며 오랜 기간에 걸쳐 많은 연구가 수행되었다. 환경과 연관된 종 다양성과 종분포의 정보는 종의 적응과 진화, 군집 수준에서 생명현상을 이해할 수 있게 해주며, 나아가 종다양성 및 생태계 관리 등 응용분야에서 필수 자료로 활용된다. 그러나 생물 군집은 다양한 종으로 구성되어 있으며, 또한 다양한 환경 조건에서 서식하고 있어서 생물과 생물 간, 생물과 환경 간의 복잡한 상호작용이 있다. 이로 인해 이들의 관계를 효과적으로 분석하고 이해하는 데는 많은 어려움이 있다. 이를 극복하기 위해 전통적으로 다양한 통계적 방법이 활용되었으며 최근에는 컴퓨터 및 정보학의 발달로 계산과정이 많이 소요되는 다양한 기계 학습법이 개발·활용되고 있다. 본 발표에서는 종다양성 및 종분포의 특성에 대해 살펴보고, 환경 변화에 따른 생물 종의 발생 및 분포 변화를 예측하는 생태모델링 방법에 대해 고찰하고 그 활용성에 대해 논의한다.



박 영 석

경희대학교
생물학과 교수

복잡계는 무엇이며, 어떻게 생태에 적용할 수 있는가?

Keyword | 복잡계, 생태 네트워크, 복잡계 네트워크,
먹이사슬망, 인구동력학



이 재 우

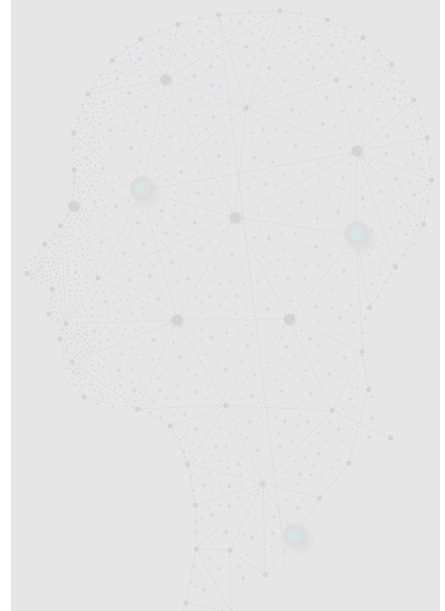
인하대학교 교수
한국복잡계학회 회장/(사)미래학회 회장

비평형 다체 시스템인 복잡계는 시스템을 구성하는 구성인자들의 얽힌 상호작용으로 창발적인 현상이 나타난다. 복잡계는 구성인자의 특성을 바탕으로 인자 간의 상호작용을 이해함으로써 시스템에서 발현하는 특성을 전일적인 관점에서 이해할 수 있다. 복잡계는 어느정도 입력과 출력이 균형을 이루고 있으며 비정상 상태(Nonstationary State)에 있는 비평형계이다. 사회 시스템, 경제 시스템, 도시의 출현과 변화, 생태계 등은 대표적인 복잡계이다. 복잡계는 확률적 분포함수 또는 시스템을 특징 짓는 물리량들이 멱법칙(Power-Law)을 가지는 경향이 강하며, 자기 조직화 임계현상(Self-Organized Criticality), 자기 유사성(Self-Similarity), 동기화(Synchronization)와 무리지음 현상, 다양한 문양(Pattern)의 형성 등 독특한 특성들이 나타난다. 복잡계는 구성인자 하나에는 없는 전일적인 특성이 나타나기 때문에 시스템을 전체적 관점(Holistic Viewpoint)에서 조망해야 한다.

생태계는 대표적인 복잡계이기 때문에 복잡계 연구자들의 관심을 끌고 있다. 먹이-포식자망(Prey-Predator Network), 공생관계망(Mutualistic Network), 숙주-기생충망(Host-Parasite Network) 등과 같은 생태계 네트워크(Ecological Network)의 구조와 구조의 발현 현상에 대한 연구가 활발하다. 생태계 네트워크는 대표적인 복잡계 네트워크(Complex Network)이며 좁은 세상망(Small-World Network), 축척없는 네트워크(Scale-Free Network) 등의 특성을 가진다. 식물-곤충 공생관계 네트워크에서 식물이나 곤충을 노드(Node)로 곤충이 식물에서 화분을 취하는 것을 연결선(Link)으로 나타낼 수 있다. 생태계 네트워크에서 노드의 연결선 수인 도수 분포(Degree Distribution)의 함수 꼴에 따라 축척없는 네트워크, 잘린 축척없는 네트워크, 지수함수 네트워크, 펼쳐진 지수함수(Stretched Exponential Distribution) 등 다양한 네트워크 구조가 발견된다. 생태계 네트워크를 이해하기 위해서 복잡계 네트워크에 대해 기초적인 이론을 살펴보고 생태계 네트워크에 응용된 예를 살펴본다. 공생관계 네트워크의 구조를 재현할 수 있는 비선형 선호붙임 규칙에 의해서 생성되는 공생관계망을 소개한다. 생태계

네트워크에서 나타나는 복잡성, 다양성, 포개짐(Nestedness) 등이 생태계의 안정성에 어떤 영향을 주는지 살펴본다.

생태계 네트워크는 제한된 자원을 가지는 서식지(Habitat)에서 종들이 서로 경쟁하거나 서로 도움으로써 동력학적으로 변한다. 종의 개체수 변화를 인구 동력학(Population Dynamics)으로 표현할 수 있다. 대표적인 인구동력학 모형인 결합된 로트카-볼테라 모형(Lotka-Volterra Model)을 바탕으로 경쟁과 공생관계를 가지는 모형 생태계가 시간에 따라 발전하여 정상상태에서 발현하는 생태계의 구조를 살펴본다. 로트카-볼테라 모형에서 발현한 생태계 네트워크의 구조와 실제 네트워크 구조를 비교, 분석함으로써 생태계 네트워크를 과학적으로 이해할 수 있는 가능성을 타진해 본다.



슈퍼컴퓨터를 활용한 생태모델링

 Keyword 가상생태계, 무리 행동, 포식자-피식자 생태계, 전산모사



허 무 영

기초과학연구원
책임기술원

생물과 그 생물을 둘러싼 생물적인 혹은 비생물적인 환경과의 상호작용을 연구하는 생태학은 생태계 내의 관심 있는 특정 요소들 사이의 관계와 상호작용을 이해하기 위해 복잡한 현상을 단순화/추상화하는 모델링 연구를 수반한다. 포식자와 피식자의 상호작용 연구를 위한 로트카-볼테라(Lotka-Volterra) 방정식이나 주어진 환경의 수용력(Carrying Capacity)에 따른 개체군 증가 현상을 기술하기 위한 로지스틱 방정식 등이 그 예이다. 컴퓨팅 기술의 발전 및 축적된 생태 데이터의 증가로 인해 모델링할 수 있는 요소의 수가 급격히 늘어나면서 생태계 내 다양한 무리의 집단행동(Collective Behavior) 연구가 가능해지고, 생태계에 대해 보다 현실적이고 예측 가능한 모델들이 개발되고 있다. 본 강연에서는 생태계 빅데이터와 고성능컴퓨팅 자원을 이용한 최근 생태 모델링 연구들을 소개하고, 생태 모델링에 있어 고성능컴퓨팅 자원의 역할 및 향후 국내 고성능 컴퓨팅 자원 공동활용 방안 등을 설명한다.



2021 NIE FORUM

종합토론

수리생태학의 발전과 미래생태학 연구방안



통계물리/복잡계

김 범 준

성균관대학교 물리학과 교수

| 박사학위 : 1997. 2. Seoul National University, Republic of Korea

| 박사학위 논문제목 : Quantum Fluctuations and Disorder in Superconducting Arrays

| 주요이력 : 現) 성균관대학교 물리학과 교수

스웨덴 우메오 대학교 조교수

現) 변화를 꿈꾸는 과학기술인 네트워크 대표

現) 한국물리학회 대중화 위원회 위원장

| 주요 연구분야 : Complex systems, Social physics, Critical phenomena, Synchronization, Opinion formation



경제학

이 명 훈

고려대학교 명예교수

| 박사학위 : 1982. 8. University of Wisconsin at Madison, U.S.A.

| 박사학위 논문제목 : Levels of Living in the Sixties : A Decade of Change

| 주요이력 : 現) 생태와미래지식인협동조합 이사

前) The World Bank, Senior Consultant

前) U.S. Federal Reserve Bank, Economist

| 주요 연구분야 : Public finance, Theory of contest, 환경분쟁, 한일관계사



생태학/수리모델

서 창 완

국립생태원 생태평가연구실 실장

| 박사학위 : 2000. 2. Seoul National University, Republic of Korea

| 박사학위 논문제목 : Wild Boar(*Sus scrofa coreanus Heude*) Habitat Modeling Using GIS and Logistic Regression

| 주요이력 : 現) 환경부 2050 환경기술 미래전략 기획위원

現) 환경부 환경기술 R&D 기획위원

現) 농림축산식품부 기후영향평가 자문위원

| 주요 연구분야 : 생태모델링, 경관생태, 공간정보, 기후변화, 생태계서비스



2021 국립생태원 포럼 | NIE Forum |

발행처 국립생태원 | 충남 서천군 마서면 금강로 1210 발행인 국립생태원 조도순 원장 편 집 연구정책부 | 041-950-5362 발행일 2021. 9. 인쇄처 한울플러스 | 063-468-4225