

국외 출장 결과보고서

결	담당자	팀장	실장	사업단장
	12월 28일	12월 29일	12월 29일	12월 29일
재	나인채	오태진	(대결) 오태진	이우진

1. 출장개요

출장목적	AGU 2022 학회 (American Geophysical Union Annual Meeting 2022) 참석		
출장일정	2022. 12. 11. ~ 2022. 12. 18. (7박 8일)		
성명		소속	직급(직위)
나인채		자료응용팀	선임급연구원
장지연		자료응용팀	선임급연구원
박우연		자료응용팀	선임급연구원
방문기관 (또는 회의장소)	McCormick Place in Chicago		
출발지	인천(Incheon)	도착지	시카고(Chicago)

2. 업무수행내용

가. 출장 배경 및 목적

- 개요 : 미국 지구물리학회(American Geophysical Union, AGU)는 62,000명 이상의 회원을 가진 국제 비영리 과학 학회로 미국에서 개최되는 최대 규모의 지구과학 학회이다. 다양한 분야에서의 연구자들에게 KIAPS의 인공지능기반 연구들을 알리고, 관련 전문가들과의 교류를 통해 연구개발에 도움을 받고자 한다. 규모가 큰 학회인 만큼 다양한 주제의 연구 발표들의 청취와 연구교류로 최신 연구동향을 파악하고, 수치모델이나 인공지능관련 연구들을 참고하거나 타산지석으로 삼아 향후 사업단 연구에 활용이 가능할 것으로 기대하고 있다. 운영체계실에서 참석하는 올해 학회 AGU 출장인원은 자료응용팀 3명이다.
- 목적: AGU 참석을 통해 다양한 분야에서의 연구자들에게 사업단의 연구 개발 현황을 알리고, 관련 전문가들과의 교류를 통해 국제적인 네트워크를 형성하며, 사업단 연구원들이 연구 개발 중인 사항들에 대해 다양한 피드백을 받아 이를 참고하여 향후 연구에 반영하고자 한다.
- 나인채 : 초단기 강수예측 연구 결과를 발표하고 지구물리과학 분야의 연구결과와 다양한 과학적 이슈, 최신연구동향을 파악하고자 한다. 기상 관련 인공지능 전문가들과 만나 강수의 비선형 특징으로 인한 학습이 잘되지 않은 원인에 대한 대책을 수립하고 강수를 예측할 때의 입력 변수와 지리적 위치의 영향 등에 대한 토의를 진행하여 개발 계획에 반영하고자 한다. 학회를

통한 인공지능 관련 발표 중 강수 예측 관련 기법의 장단점을 분석하여 우리나라에 적용할 모델에 반영할 수 있는 좋은 기회가 될 것이다.

- 장지연 : KIM 기반 대기경계층 물리과정 에뮬레이터 개발 연구 결과를 발표하고 에뮬레이터 정확도 향상을 위한 해외 전문가들의 피드백을 받고자 한다. 인공지능 구조에 대기경계층 물리과정의 계산 특성을 반영한 에뮬레이터 개발을 위해 다양한 인공지능 구조를 개발한 연구를 조사하고 수치모델 및 인공지능 전문가들과 에뮬레이터 개발 과정과 문제점, 개선 방향 등에 대해 토의하고자 한다.
- 박우연 : 사업단의 인공지능 기반 연구 중 복사물리과정 에뮬레이터를 소개하고 다른 연구자들에게 개선할 점을 조언받고자 한다. 대부분의 관련 선행 연구들은 단지 기존 물리 스킴의 입출력자료에 인공지능 모델을 학습하여 적용한 것이 지나지 않는다. 에뮬레이터의 모사 정확도 개선 방향 중 하나는 물리 과정 계산 중 복사 플럭스가 대기를 통과하면서 수상량과 미세먼지 등과 상호작용하는 특징을 녹여낸 인공지능 모델을 고안하는 것이다. 물리과정의 이론을 기반으로 개발한 모델의 타당성과 개선 방향에 대해 대한 조언을 받고 인공지능을 활용하는 연구하는 연구자, 전문가들의 의견을 얻고자 한다

나. 주요 업무 수행 사항

※ 학술회의에서의 연구개발성과 발표 내용, 최신 연구개발 기술동향 습득 내용, 외부 전문가와의 토의 내용 등 기술, 기관 방문 시 회의내용에 대한 기술

- o 나인채 : 레이더와 위성자료를 이용하여 다양한 딥러닝 아키텍처중 LSTM과 CBAM을 통해 초단기 강수예측 결과를 소개하였다. 데이터의 기간 및 다양한 변수(지형 및 수치모델자료)에 대한 한계가 있지만 하이퍼파라미터 조정을 통해 2시간 예측 가능성을 확인하였다. 결과발표를 통해 더 긴 시간규모를 예측하기 위해서는 더 넓은 도메인과 더 많은 변수와 관련있음을 인지하고, 전처리 과정에서의 연속적인 데이터와 비연속적인 데이터를 처리할수 있는 방안에 대한 조언을 제안받았다. 또한 FourcastNet의 L1 + adversarial loss와 함께 몬테카를로 dropout을 활용에 대한 조언을 분석하여, 추후 강수단기예측에 적용할 방안을 연구하고자 한다.
- o 장지연 : KIM의 대기경계층 물리과정 에뮬레이터 개발 과정에서 적용한 다양한 기계학습 구조에 대해 성능을 비교한 결과를 발표하였다. 대기경계층의 연직 혼합과정이 고려된 양방향 순환신경망을 적용했을 때 에뮬레이터의 성능이 가장 좋았고 KIM에 에뮬레이터를 반영했을 때 안정적으로 적분 되는 것을 확인하였다. 발표와 토의를 통해 에뮬레이터를 KIM에 반영하는 과정에서 Fortran에서 Python 기능을 사용할 수 있는 Forpy 라이브러리를 소개받았다. 향후 Forpy 라이브

러리 또는 에뮬레이터를 수치모델에 접목할 수 있는 라이브러리를 조사 및 적용하여 KIM에 에뮬레이터 접합 과정을 고도화하고자 한다.

- 박우연 : 복사물리과정 에뮬레이터 개발 현황과 현재 한계점, 개선 방향에 대해 발표하였다. 현재까지 연구에서는 단파복사계산과 장파복사계산에 대해 따로 에뮬레이터를 학습하여, KIM 물리과정 중 기존 복사물리과정 스킴 대신 에뮬레이터를 불러오도록 설정하여 온라인 테스트가 가능하도록 구성하였다. 결과적으로 온라인 테스트 시 모델 예측 중단없이 10일 적분이 가능하였고, 또한 기존 복사물리과정 스킴에 비해 2배이상 빠르게 계산이 가능했다. 다만 단파복사계산 과정에서 눈에 띄는 오차가 발생하였는데 이는 에뮬레이터 망 구조를 개선해 해결할 예정이다. 이번 학회에서 다른 연구자들에게 위 내용을 소개했고, 오픈소스로 참고할만한 동일한 목적의 연구와 프로그램을 소개받았다.

3. 출장성과 · 시사점 및 향후 업무 활용 계획

가. 출장성과 · 시사점

- 나인채 : 강수에측에 대해 관심을 가지고 있는 해외 과학자들에게 현황에 대해 소개할 수 있는 좋은 기회가 되었다. 학회에서 제안받은 방법은 구름이 생성될때는 식생과 지형이 중요하게 작용하기 때문에 예측변수에 대한 인풋으로 들어가면 좋은 효과가 되지 않을까라는 방법을 제안하였고 전처리를 할 때 칼만필터 전처리 방법을 소개받았다. 칼만필터는 바로 이전시간에 추정된 값을 토대로 해서 현재의 값을 추정하며 바로 이전시간 외의 측정값이나 추정값을 사용하지 않는 방법인데 강수의 경우 이런 데이터전처리가 필요하다는 조언을 받았다. 해외의 많은 연구자들도 강수 또는 홍수를 예측하기 위해 예측성을 향상시키려 노력하고 있었고 앞의 조언을 바탕으로 여러 실험을 통해 강수에측 성능 개선으로 이어질 수 있으리라 기대된다.
- 장지연 : 데이터 기반으로 모수화를 개발하는 과학자들과 에뮬레이터 개발에 대한 의견을 교류하는 좋은 기회가 되었다. 에뮬레이터의 성능, 안정성, 속도 측면에서의 개선을 위한 많은 연구가 있었다. 에뮬레이터 개발 시 오차 분석을 통해 큰 오차를 유발하는 데이터를 확인하고 샘플링 전략을 통해 자료의 분포를 균일하게 만들어 성능을 개선하는 연구가 있었으며 심층신경망의 손실 함수에 보존방정식을 위반할 때의 패널티를 두거나 심층신경망의 인과관계를 분석하여 불안정성을 완화한 데이터 기반 모수화를 개발한 연구들이 있었다. 또한 복잡한 인공지능 구조를 활용하여 개발한 에뮬레이터의 경우 온라인으로 접합 시 속도가 느려지는 문제가 있는데 이러한 부분은 GPU 기반 계산으로 속도 개선이 가능한 부분도 확인하였다. 향후 해외 연구자들의 에뮬레이터 개선을 위한 연구 방법들을 적용하여 KIM 에뮬레이터의 성능을 개선하고자 한다.

- 박우연 : 지구과학의 다양한 분야에서 기계학습을 수치모델에 적용해 더 정확하거나, 효율적인 계산을 하는 연구들을 접했다. physics-informed 혹은 physics-based 기계학습이라 불리는 이 알고리즘들은 특히 수치모델의 미분, 적분에 쓰이는 방정식들을 기계학습의 오차함수에 포함하거나 연계해서 계산하는 하이브리드 형태의 연구들도 볼 수 있었다. 기계학습의 기반은 통계를 통한 방정식 구축이기 때문에 경우가 적은 현상을 일반화하지 못하는 경우들이 많다. 이로 인한 오차들을 물리방정식을 통한 개선으로 기계학습 기반의 에뮬레이터나 모델들의 성능을 높일 수 있음을 보았다. KIM도 물리기반의 수치모델이기 때문에 충분히 활용가능성이 있을 것으로 본다.

나. 향후 업무 활용 계

- 나인채 : 강수 및 홍수를 예측하는 해외 전문가들의 의견을 수렴하고 관련된 연구 동향을 반영하여 개발과 검증에 활용하고 강수예측을 하는 여러 딥러닝 아키텍처의 연구결과와 관련된 토의를 통해 강수예측 개발 및 개선에 기여하고자 한다. 현재 주된 방법으로 칼만필터 전처리 및 하나의 테스트 샘플에 대해 각각 다른 예측확률값을 낼수 있는 몬테카를로 드랍아웃의 방법을 활용하여 강수예측을 향상시키는데 활용할 계획이다. 또한 강수발생 메커니즘의 이해를 바탕으로 관련된 변수를 발굴할 계획이다.
- 장지연: 에뮬레이터 개발 및 개선에 대한 전문가들의 의견과 연구동향 및 최신 기술을 분석하여 향후 KIM 에뮬레이터 개선에 반영할 방안을 모색할 계획이다. KIM 에뮬레이터 개선을 위해 세부적으로 신경망에서의 큰 오차를 유발하는 요인 및 입출력 변수 간의 인과관계를 분석하고 손실 함수 개선 방향에 대해 세부적으로 분석할 계획이다. 또한 KIM과 에뮬레이터의 접합 시 Forpy와 같은 효율적으로 접합할 수 있는 유용한 라이브러리를 적용하여 접합 기술을 고도화시키고자 한다.
- 박우연 : 물리기반의 기계학습을 활용하여 물리과정 에뮬레이터에도 활용할 예정이다. 흔히않게 발생하는 극값들은 적은 경우로 발생하지만 매우 중요한 요소이기 때문에 모사하는데 중요하다. 물리지식을 포함한 에뮬레이터는 이런 극값들을 잘 모사할 것으로 기대할 수 있을 것이고, 통계에만 의존하지 않아도 되어 신경망구조도 좀더 단순하게 구성할 수 있을 것이기 때문에 계산 효율에 있어서도 유리한 점이 있을 것으로 기대한다. 더욱이 에뮬레이터뿐만 아니라 강수예측모델에 있어서도 물리방정식의 존재는 큰 역할을 할 것으로 생각한다. 6시간 이내의 초단기 예측은 단순 optical flow 모델로도 효과가 있지만, 사업단의 목표는 24시간까지 강수예측이기 때문에 구름이나 강수셀의 생성과 소멸을 예측하는 것 또한 중요한 요소일 것이다.