

지역적 기후 모델링을 통한 전 지구적 기후 변화 시각화 웹 서비스



2024-1
인공지능데이터사이언스학과
캡스톤디자인

공도한¹, 박승호¹, 윤종범¹, 허진호¹
¹세종대학교 컴퓨터공학과

소개

- 전통적 기후 예측 모델은 구축 비용이 많이 들며, 대부분 단기간 예측에 초점이 맞춰져 있다.
- 장기간 기후 변화 예측을 위해 비용 효율적인 지구 기후 모델링 기법이 필요하다.
- 신경망 모델에 관측 데이터 학습을 통한 비용 효율적인 지구 기후 모델링 및 2100년까지의 기후 변화 시뮬레이션을 개발하였다.

데이터 & 모델

데이터

Berkeley Earth(온도), Nature Scientific Data(CO₂ PPM)

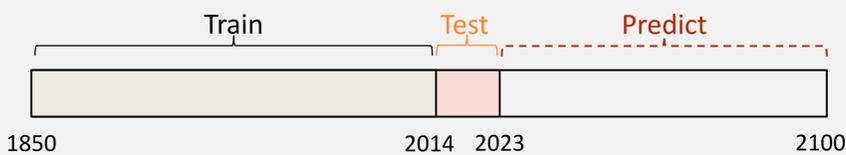
- Global Monthly 1° x 1° Latitude-Longitude Grid

변수

온도	1951-1980 평균 기준 오차 값, °C
CO ₂	PPM
Land Mask (지면:수면 비율)	범위 [0, 1]
위도(-90°~90°) 정규화	범위 (-1, 1)
월(1-12) Cosine 정규화	범위 [-1, 1]
월(1-12) Sine 정규화	범위 [-1, 1]

- 기온 데이터만 이용하여 미래를 예측하는 모델은 인과성이 부족하다.
- 이를 해소하기 위해 온실가스 데이터를 추가로 활용하여 모델의 신뢰성과 인과성을 높였다.

데이터 분리



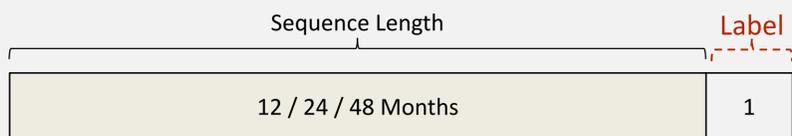
학습 데이터: 1850-2013 무작위* 샘플링 (최대 40만 건, Early Stop 적용)

평가 데이터: 2015-2023 무작위* 샘플링 (1천 건)

예측 데이터: 2024-2100 AI 모델 시뮬레이션 (Sliding Window 적용)

*시간, 위도, 경도 무작위 추출, NaN 검출 시 리샘플링

데이터 샘플



- 무작위 추출된 1° x 1° 영역 데이터로 학습시킴으로써 시간·지역적 편향을 해소한 일반화된 지역적 모델을 설계하였다.
- 샘플의 Time Step 길이를 최대 48개월로 설정하여 장기적 추세를 반영하지 않고 현재 상태에 기반한 예측 모델을 설계하였다.

모델

MLP, RNN, GRU, LSTM, LSTM + Attention 5개 모델 비교 실험

하이퍼파라미터

Layers	2, 4, 6
Hidden Dimension	100, 200
Cost Function	MSE, MAE, Huber
Learning Rate	0.01, 0.001
Sequence Length	12, 24, 48 (Time Steps = Months)

모델 별 108개 가중치 학습 및 평가를 실시하여 최적 모델 선별

LSTM, Layer=2, Hidden Dim=100, Loss=Huber, LR=0.001, Seq=48

시뮬레이션

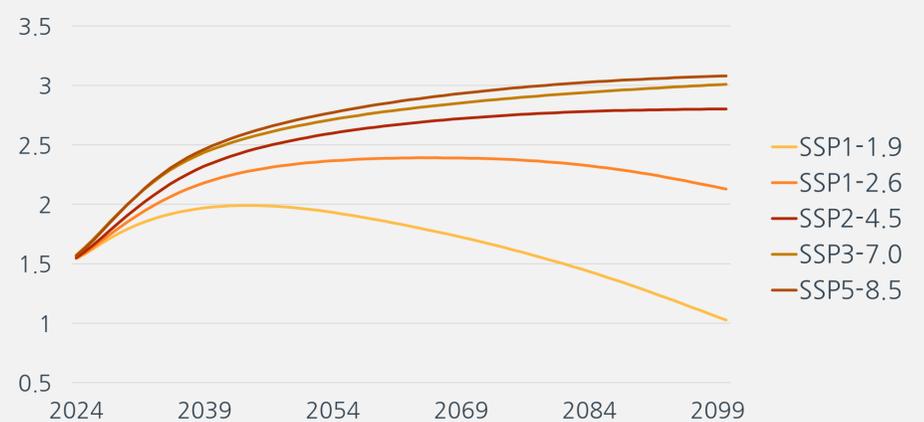
IPCC 6차 평가 보고서와 비교

(1850-1900 지구 평균 온도 대비, SSP 시나리오, °C)

	2041-2060 (From report)	2050 (Simulation)	2081-2100 (From report)	2090 (Simulation)
SSP1-1.9	1.2 - 2.0	1.97	1.0 - 1.8	1.29
SSP1-2.6	1.3 - 2.2	2.34	1.3 - 2.4	2.26
SSP2-4.5	1.6 - 2.5	2.55	2.1 - 3.5	2.79
SSP3-7.0	1.7 - 2.6	2.66	2.8 - 4.6	2.97
SSP5-8.5	1.9 - 3.0	2.71	3.3 - 5.7	3.05

SSP(Shared Socioeconomic Pathways)에 따른 연평균 기온

(1850-1900 지구 평균 온도 대비, 2024-2100, 5개 시나리오, °C)



서비스 배포 구조

CI/CD & MSA(Micro Service Architecture)



- Git 연동 CI/CD 파이프라인 및 실시간 배포 가능한 MSA 구축

Server Cluster (with VXLAN)



- Docker Swarm 이용 VXLAN(가상 확장 LAN)으로 연결되는 분산 서버 클러스터
- 서버 확장성 및 서비스 가용성 확보

결론

- 기존 전통적인 모델링 기법 이외의 새로운 접근 방식을 제시했다는 점에서 의의가 있다.
- 모델 학습에 이용된 샘플 수는 최대 40만 건으로 비교적 적은 양의 데이터로 모델링이 가능함을 확인하였다.
- IPCC(기후변화에 관한 정부간 협의체) 6차 평가 보고서와 유사한 결과는 본 프로젝트의 방안이 유효함을 방증한다.
- 코드와 결과물을 오픈소스로 공개하고 시각화 웹 서비스를 제공함으로써 기후변화 인식 향상에 기여할 수 있다.

결과물

웹페이지: climateprediction.xyz

GitHub: github.com/ClimatePrediction2100

Data: github.com/ClimatePrediction2100/data/releases

