

태풍 카눈 강수 예보의 정확성 변화와 네이버 재해톡 데이터를 통해 살펴본 시민들의 감정 변화 분석

김종훈, 김길우

포항공과대학교 환경공학부

날씨 예보는 대중이 매일의 날씨 상태를 이해하는 데 중요한 정보의 주요 출처로, 하루를 준비하는 데 필수적이다. 본 연구는 2023년 8월 9일부터 11일까지 한반도를 강타한 태풍 카눈 동안 시간별 날씨 예보의 정확도 변화에 대해 분석하고 예보의 정확도 변화에 따른 시민들의 감정적 반응 변화를 NAVER 재해톡 (Report Talk) 데이터와 자연어처리 기술을 통해 분석한다. 613개의 기상 관측소에서 수집된 고해상도 강수 데이터와 NAVER 재해톡에 보고된 43,603건 이상의 실시간 시민 보고를 통합하여 예보 정확도를 False Alarm Ratio (FAR)와 Hit Rate 등 다양한 예보 진단 지표들을 통해 평가하고, 인공지능 기반 감성 분석 기술을 통해 대중의 감정 종류를 44가지로 분류하여 감정 종류와 강도의 변화를 분석하고자 한다. 본 연구 결과에 따르면, 시간별 예보는 강수 강도를 신뢰성 높게 예보한 반면 강수 지속 시간에 대해서는 낮은 신뢰성을 보인다. 예보 시간이 길어질수록 정확도가 감소하는 경향을 보인다. 태풍 카눈이 한반도를 통과하는 기간 동안 강릉, 부산, 경상남도 동부 지역에서는 강수 강도가 낮게 예보한 반면, 서부 및 북부 지역에서는 관측된 강수의 강도보다 높은 강수 강도를 보인다. NAVER 재해톡 데이터 분석 결과, 불안과 걱정과 같은 부정적인 감정은 과대 강수 예측 지역에서 주로 발생하고 출퇴근 시간과 같은 일상생활에 기상 예보 정보가 중요한 시간대에 예측이 낮게 이루어지는 경우 스트레스와 혼란이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 본 연구 결과는 차세대 날씨 예보 정보를 제공하는 기상청의 새로운 역할로 정확한 날씨 예보 뿐만 아니라 효과적인 예/경보 메시지를 통해 시민들의 감정적 반응을 관리(Emotion-based coping)하고 홍수나 가뭄과 같은 이상 기상/기후 현상에 대한 한국 사회의 회복력을 강화하는 데에 확장할 필요성을 강조한다. 본 연구에서 고해상도 날씨 예보 데이터와 실시간 사회 모니터링 데이터의 융합적인 분석은 위기 소통 기술과 기상 재해 대비 전략을 개선하는 데 유용한 통찰력을 제공한다.

Key words: 태풍 카눈, 강수 예보, NAVER 재해톡, 인공지능, 감정 분석, 자연어 처리

기상기후데이터와 AI모형을 이용한 수문학적 가뭄 예측

이소현¹, 정세진², 이두호³, 이병현⁴, 김병식³

¹강원대학교 방재전문대학원 도시환경재난관리전공

²택산 수석연구원

³강원대학교 AI소프트웨어학과/방재전문대학원

⁴강원대학교 AI기후재난기술융합연구소

최근 기후변화에 의해 평균기온이 상승하여 극단적인 기상 현상이 발생하였으며, 이로 인해 가뭄과 홍수가 번갈아 발생하는 양극화가 발생하였다. 또한, 증발산량 및 토양수분량의 부족상태가 발생하면서 가뭄의 발생 빈도가 두드러지게 증가하였으며, 2000년 이전 대비 국내에서 가뭄 발생 빈도는 2배 이상 증가하였다. 이러한 가뭄은 예측하기 어렵고 관리가 힘든 자연재해로, 가뭄의 모니터링, 조기 예측, 효과적인 대응 전략 개발은 기후변화 시대에 매우 중요한 연구이다. 따라서 본 연구에서는 RNN(Recurrent Neural Network)기반의 시계열 모델인 BiLSTM(Bidirectional Long Short-Term Memory) 사용하여 수문학적 가뭄인 SDI(Streamflow Drought Index)를 예측하는 방법을 제안한다. 대상지역은 2018년 비상급수기간이 총 349일이 있었던 부여군에 속해있는 초평천으로 선정하였으며, 기상기후데이터와 기상학적가뭄지수 중 강수량을 변수로 하는 SPI(Standardized Precipitation Index), 강수량 및 증발산량을 변수로 하는 SPEI(Standardized Precipitation Evapotranspiration Index)를 독립변수로 사용하여 모델 분석을 진행하였다. 이를 통해 가뭄을 예측함으로써, 가뭄으로 인한 피해가 줄어들 것으로 기대된다.

Key words: 가뭄 예측, SDI(Streamflow Drought Index), BiLSTM, 딥러닝, 기상기후데이터

※ 이 논문은 정부(기상청)의 재원으로 한국기상산업기술원의 기상기후데이터 융합분석 특성화대학원 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

이산화탄소 배출 감소에 따른 극한 산불기상위험의 반응과 메커니즘 분석

김유진¹, 민승기¹, 안순일²

¹포항공과대학교 환경공학부

²연세대학교 대기과학과

산불은 인간의 건강과 환경에 심각한 피해를 초래하는 대표적인 자연 재해로, 높은 온도, 낮은 습도, 강한 바람과 같은 기상조건이 산불 발생과 확산에 기여한다. 이러한 조건은 기후변화로 인해 더욱 악화되어, 최근 전 세계적으로 심각한 산불의 발생이 증가하였다. 산불 위험을 효과적으로 대응하고 예방하기 위해서는 기후변화 시나리오에 따른 산불 위험 반응을 평가하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 다양한 기상 요소를 종합하여 산불 위험을 정량화한 산불기상지수(FWI, Fire Weather Index)를 이용하여 이산화탄소 배출 감소 시나리오에 따른 극한 산불기상위험을 분석하고, 지역별 차이를 초래하는 주요 메커니즘을 파악하였다. 이산화탄소 농도가 피크에 도달한 이후 배출 저감 시나리오에 따른 산불위험도의 반응을 비교하기 위해 CESM2(Community Earth System Model)에서 수행된 Zero-emission(ZEC) 시나리오와 Negative-emission의 비가역적 시나리오(IRCC)를 사용하였다. 이산화탄소 농도가 증가함에 따라 대부분의 지역에서 현재 대비 산불 위험도가 증가하는 경향을 보였으며, 특히 극한 산불위험의 빈도와 강도가 더 뚜렷하게 증가하였다. ZEC 시나리오에 따르면, 남아메리카와 북아메리카 일부 지역을 제외하고 전지구 대부분의 지역에서 극한 산불위험의 빈도와 강도는 이산화탄소 농도 피크 이후 탄소 중립에 도달하여도 여전히 높게 유지할 것으로 전망되었다. IRCC 시나리오에서는 이산화탄소 농도가 회복되면서 극한 산불의 위험이 감소하지만 현재 수준까지는 도달하지 못하는 것으로 나타났다. Negative-emission 시나리오가 성공적으로 이행될 경우 Net-zero 시나리오에 비해 극한 산불위험의 발생빈도 증가를 약 70%, 최대 강도의 강화를 약 80% 이상 완화할 것으로 전망되었으며, 특히 북반구 저위도 지역에서 이러한 완화효과가 뚜렷하게 나타났다. 기상요소 중 상대습도가 산불위험 반응의 지역적 차이를 가장 잘 설명하였다. ZEC 시나리오에서는 남반구의 강한 열 관성과 대서양 열염분 순환의 약화로 반구 간 열 불균형이 커지면서 적도수렴대의 남하가 뚜렷하게 나타나며, 이로 인해 남반구 열대 지역은 상대적으로 습해지고 북반구 열대 지역은 건조해졌다. 이러한 메커니즘은 두 시나리오에 따른 상대습도의 변화를 결정하며, 이는 극한 산불기상위험의 변화에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Key words: 이산화탄소 저감, 산불기상지수, ZEC 시나리오, IRCC 시나리오

미래 동아시아 태양광에너지 생산잠재력에 극한고온이 미치는 영향

박창용, Ana Juzbašić, 차동현

울산과학기술원 지구환경도시건설공학과

동아시아는 화석 연료를 광범위하게 사용하여 CO₂ 배출량이 높은, 고도로 산업화된 지역이다. 따라서 파리협정 및 RE100과 같은 CO₂ 감소를 위한 어젠다의 목표 달성을 위해 이 지역에서 재생에너지 생산을 늘려야 한다. 대부분의 재생에너지 생산은 날씨와 기후에 직접적인 영향을 받는다. 이 연구에서는 ERA5와 CORDEX-East Asia 2단계 프로젝트를 통해 생산된 고해상도 다중지역기후모델을 사용하여 동아시아의 미래 태양광에너지 잠재력(PVpot)에 대한 극한고온의 영향을 조사하였다. 이전 연구(Park et al., 2022)에 따르면 온난화가 동아시아의 미래 PVpot 감소의 주요한 요인이 될 것이라고 밝혔다. 이전 연구에서 제시된 결과를 바탕으로 본 연구는 극한고온이 동아시아의 미래 PVpot에 미치는 영향을 조사하였다. 평균상태와 TX90P를 초과하는 극한고온일 모두에서 21세기 후반으로 갈수록 PVpot의 감소규모는 커지며 저배출 시나리오(SSP1-2.6)보다 고배출 시나리오(SSP5-8.5)에서 감소규모가 더 클 것으로 전망되었다. 또한 극한고온 발생일에서 PVpot 감소에 온난화의 영향이 평균상태보다 더 크게 영향을 미칠 것으로 예측되었다. 본 연구는 지역적 규모에서 미래 태양광 발전에 대한 전망을 세부적으로 제시함으로써 동아시아에서 미래 재생에너지의 효율적인 생산을 위한 정책 개발에 도움이 될 것이다.

Key words: 태양광에너지잠재력, 재생에너지, 지역기후모델, 온난화, CORDEX-East Asia

※ 이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2024-00352097).

미래 전 지구 강수량 및 강수 변동성 증가 추세에 따른 인구 노출도 분석

박인홍, 예상욱

한양대학교 ERICA 해양융합공학과

인간 활동으로 인한 온실가스 배출량 증가는 전 지구 평균 강수량 및 극한 강수량의 증가뿐만 아니라, 강수 변동성의 증가도 초래했다. 미래 강수 변화 및 강수 변동성에 대한 신뢰할 수 있는 전망은 전 세계적으로 기후 변화 적응 및 완화 전략을 수립하는 데 필수적이다. 그러나 미래 강수량 및 강수 변동성 전망은 모델 불확실성으로 인해 모델 간 일관성이 부족하다는 한계가 있다. 본 연구에서는, 74개의 CMIP5/6 지구 시스템 모델 고배출 시나리오 (RCP8.5/SSP5-8.5)를 사용하여 120년 (1980년~2099년) 동안의 강수량 및 강수 변동성의 변화 추세를 분석하여, 모델 일치도가 높은 지역을 탐지하는 방식을 적용하여 미래 강수 변화로 인한 핫스팟(hotspot) 지역을 파악하였다. 강수 변동성은 전 지구 육지의 70% 이상의 지역에서 증가하는 경향을 보였으며, 강수량은 전 지구 육지의 40% 지역에서 증가하는 경향을 보였다. 반면, 강수 변동성이 감소하는 지역은 전 지구 육지 면적의 약 1%에 해당하였고, 강수량이 감소하는 지역은 전 지구 육지 면적의 5%로 나타났다. 이는 강수 변동성이 증가하는 지역은 강수량이 증가하는 지역보다 더 넓은 반면, 강수 변동성이 감소하는 지역은 강수량이 감소하는 지역보다 작음을 의미한다. 또한, 이러한 강수량 및 강수 변동성의 변화는 전 지구 인구의 노출도에도 영향을 미쳐, 현재 인구의 22.6%에 해당하는 사람들이 더 많은 강수량과 더 커진 강수 변동성을 겪게 될 것으로 전망된다. 본 연구에서는 강수량 및 강수 변동성 전망에 따른 핫스팟 지역을 구분하고, 이와 관련된 물리적 메커니즘에 대해 논의할 예정이다.

Key words: 미래 강수량 전망, 인구 노출, 기후변화 전망

빅데이터를 활용한 한반도 지역 가뭄 현상에 의한 소비패턴 변화 분석

송지암¹, 감중훈¹, 김영우²

¹포항공과대학교 환경공학부

²비씨카드

전 세계적인 이상 기후의 증가는 한반도에서도 관찰되고 있다. 현재 이상고온, 집중호우, 가뭄 등의 증가는 막대한 경제적 피해를 유발하고 있다. 특히, 가뭄의 경우 그 발생을 추적하기 어렵고 진행 상황이 대중들에게 인지되는 정도가 낮아 실효성 있는 가뭄 대책을 마련하는 데 어려움을 가지고 있다. 이를 개선하기 위해서 가뭄 시기에 대중들의 경제 활동의 변화에 대한 분석이 필요하다. 이번 연구에서는 소비 빅데이터를 이용해 지역별, 시간대별 세부적인 소비패턴 변화를 관찰하여 가뭄에 민감하게 반응하는 상품군을 분석하고자 한다. 본 연구에서는 전국 비씨카드 소비 데이터를 사용한다. 본 연구에서는 2018년부터 2023년 데이터 중 코로나 영향이 컸던 2020년과 2021년을 제외하고 총 4년의 일자별 데이터를 연도별로 17개의 광역시도와 200개가 넘는 상품군으로 나누어 활용한다. 소비 빅데이터는 고차원의 데이터이기 때문에 차원 축소기법의 전처리 과정을 거쳐야 데이터 마이닝 기법을 적용할 수 있다. 본 연구에서는 1d-SAX(1d-Symbolic Aggregate approximation) 방법을 적용해 시계열의 증감 추이와 값 정보를 보존하며 차원을 축소하였다. 이후 K-means 군집화를 활용해 소비가 감소하는 시계열들 선정한 뒤 가뭄 여부에 따라 소비의 감소가 통계적으로 유의미한지 확인하는 인과관계분석(Causal Impact Analysis)을 통해 살펴보고자 한다. 본 연구 결과에 따르면, 농업 관련 소비의 경우 뚜렷한 소비 감소가 나타나고, 지역 내 소비가 가장 큰 영향을 받는 것을 보여준다. 그리고, 전년도 가뭄 이후 회복기를 가지는 18년, 23년의 경우 가뭄이 심했던 남부지역에서 농업 관련 소비가 회복되는 것을 보여주고, 식당, 식료품관련 상품들의 경우 소비 감소 또한 보여준다. 가뭄이 강했던 22년도 광주, 전북의 경우 지역 내 소비에서 감소현상이 나타난다. 본 연구 결과들은 가뭄으로 인한 경제적 영향을 줄이기 위해 농업, 식당, 식료품과 관련된 상품의 소비 변화를 주목할 필요가 있음을 제시한다. 또한, 농업, 식당, 식료품에 관련된 종사자들의 피해를 낮추기 위한 업종별 선택적 기후 변화가뭄 리스크 대응 정책수립의 필요성을 강조한다.

Key words: 가뭄, 빅데이터, 시계열 분석, 인과관계분석