

인공지능을 활용한 핵 활동 탐지 방법론

발표자 : Yeonsik Kang

목차

1. 서론

- 연구의 필요성
- 검색 전략
- 포함 및 제외 기준

2. 분석

- 인공위성
- 중적외선
- 지진파
- 챗봇

3. 결론

- 연구목적
 - 기존 핵 활동 탐지는 어떤 방법을 사용했는지 파악한 후
 - 다른 산업과 연구의 인공지능활용 선례를 분석하고,
 - 기존의 핵 활동 탐지방법에 어떻게 인공지능을 접목시킬 것인지 그 방향을 제시하고자 함
- 검색 전략과 선정 및 제외 기준
 - 원자력 외의 분야에서 인공지능을 활용하여 탐지, 예측, 분석과 같은 작업을 수행한 논문을 위주로 검색
 - 활용한 모델이 특정 조건 아래에서만 사용된다면 제외

A Mixed-Method Proposal for Traffic Hotspots Mapping in African Cities using Raw Satellite Imagery

인공위성

개 요

- 교통사고 데이터 분석에 있어 저렴하고 노동 집약적이지 않은 방법을 제공
- 도로 사고를 예측, 매핑할 수 있도록 연구를 확장

결 과

- 공공 안전을 예측하는 새로운 프레임워크를 제안
- 최고 성능의 모델은 원시 위성 이미지의 최대 79%의 정확도를 제시
- 모델이 다른 도시에서도 효과적으로 재사용될 수 있음을 확인

활 용 방 안

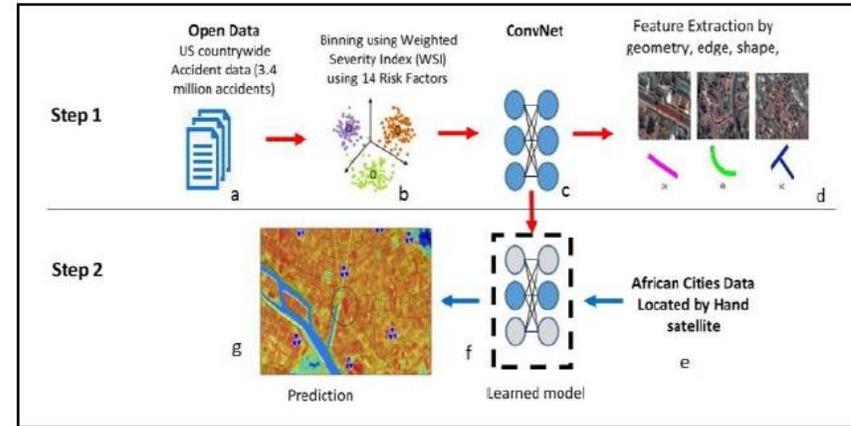
- 원시 위성데이터를 활용해 특정 스팟을 맵핑 할 수 있다는 것은 큰 장점
- 물류 집적 장소, 핵 활동 의심지역 파악 등 다양한 방면에서 활용이 기대
- 반체제 성향 국가들의 핵 활동 의심지역이 한정적이고 데이터 획득이 제한되므로 원시 데이터 활용에 유리

A Mixed-Method Proposal for Traffic Hotspots Mapping in African Cities using Raw Satellite Imagery

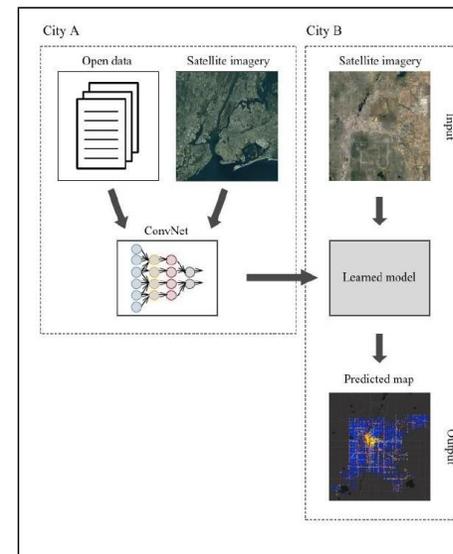
인공위성

S/N	Factors	Possible Variation	Weight Assigned	S/N	factors	Possible Variation	Weight Assigned
F1	No. of lanes in each direction	1	2	F8	Number of vehicle per day	<10,000	10
		2	6			10,000-30,000	8
		4	10			30,000-50,000	4
F2	Width of Road	6-8m	3	F9	Shoulders	Paved	10
		8-10m	5			Unpaved	6
		10-12m	7			No	0
		>12	10	F10	Culvert/ Median #, Temporary barrier	yes	10
F3	Type of road	access	2			no	4
		express	10	F11	Traffic Control Mechanism	Good	10
F4	Surface type	Bitumen	4			fair	6
		Concrete	10			insufficient	4
F5	Surface condition	Good	10			Not available	0
		fair	6	F12	Pedestrian Aid, movement across the road	Total pedestrian bridge movement	10
		poor	1			Zebra line	6
F6	Drainage facility condition	Good	10			Avoid pedestrian aid	4
		satisfactory	6	Not available	0		
		poor	2	F13	Freeness of human activities at shoulder	Totally free	
		Lack of availability	0			Fairly cleared	
F7	Vehicle type	Heavy	10	F14	Road design and shape	Straight	10
		Vehicles	8			Slope	8
		Bus/ trucks	4			Sharp bend	6
		Cars	2			T-intersection	2
		Motor cycles	1			Cross-intersection	1

연구에서 활용된 가중치



연구의 방법론적 단계



타 도시로의 연구 활용 방법론

중적외선 센서 위성 영상의 상온 온도 정보추출 가능성 및 정확도

중적외선

개 요

- 위성영상의 상온 온도 정보 추출가능성 및 정확도를 확인하기 위해 실제 운용중인 위성의 결과를 사용하여 검토

결 과

- 지상의 적외선 카메라와는 다르게 태양광 반사광에 의한 영향을 거의 받지 않음
- 대기층의 두께는 위성영상 촬영에 대해 거의 일정하게 유지
- 물성치에 의한 복사계수의 불확실성은 해결할 수 없음

활 용 방 안

- 원자력 발전소의 활동 기간과 비 활동 기간의 온도를 비교 분석하는 알고리즘을 개발할 수 있을 것
- 범주를 벗어난 데이터가 나왔을 시 핵활동을 의심할 수 있는 유의미한 근거가 될 가능성
- 복사계수의 경우, 기술이 지속 개발중이므로 추후 문제점이 해결되고 활용을 기대

중적외선 센서 위성 영상의 상온 온도 정보추출 가능성 및 정확도

중적외선

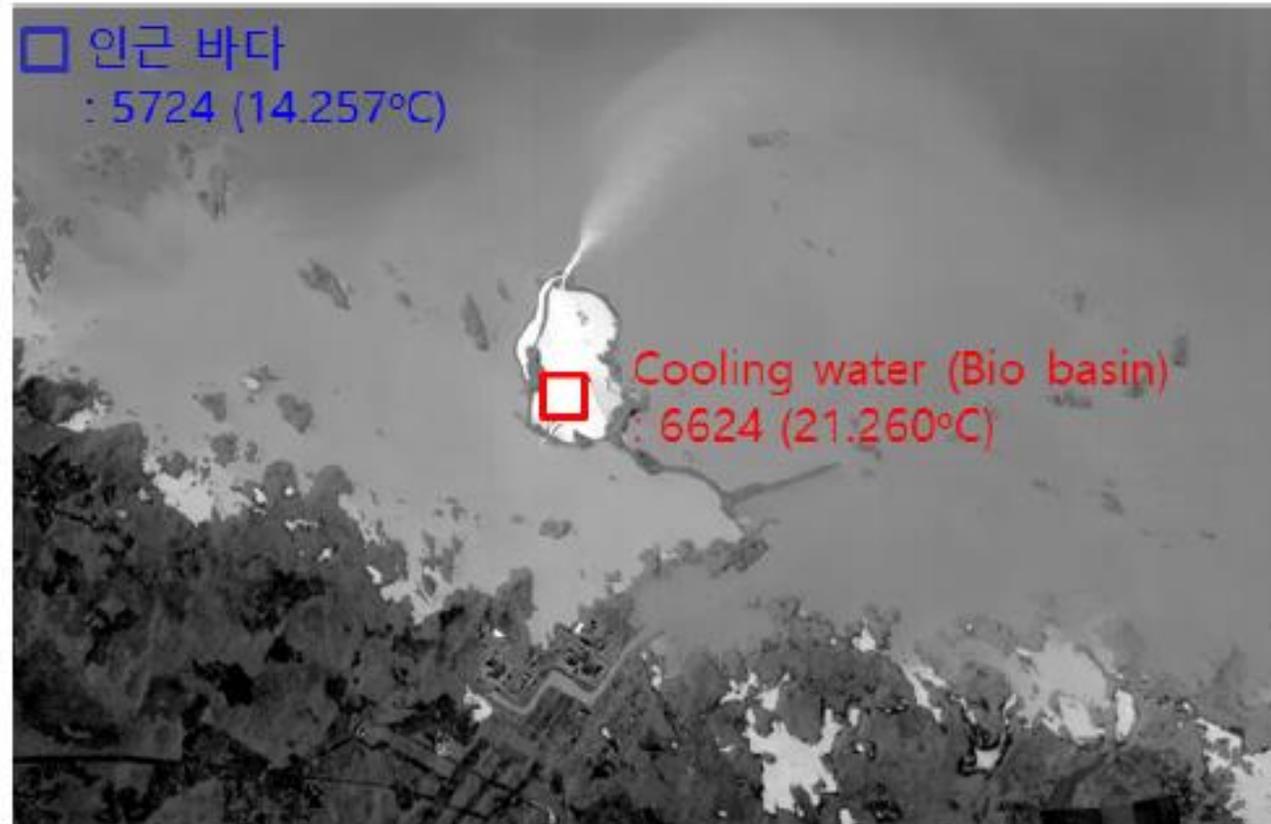


Fig. 5. Satellite imagery of the Forsmark nuclear power plant area in Sweden, measured by mid-infrared sensor.

지진파

개 요

- 본 연구는 지진 감지와 지진 위상 피킹을 동시에 수행하는 글로벌 딥 러닝 모델을 제시
- 감지와 지진파 분별 성능이 모델은 지진 신호의 전체 파형과 위상 정보를 결합하여 더 높은 정확성과 효율성을 제공

위상 피킹: 지진 신호 내의 특정 파형 도달 시간을 측정하는 것

결 과

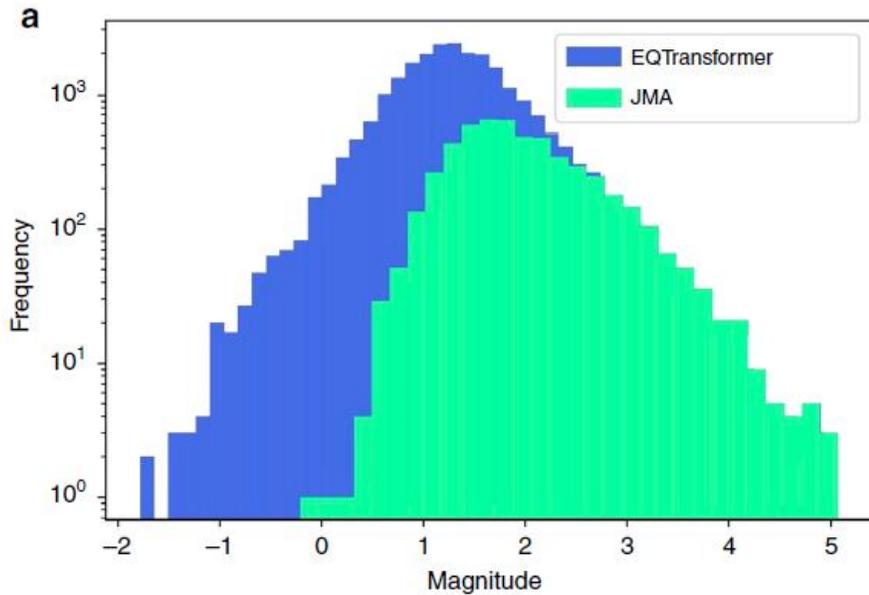
- 인간 분석가의 수동 피킹에 근접한 정밀도로 P 및 S 단계를 선택할 뿐만 아니라, 크고 작은 이벤트를 감지하고 특성화 가능
- 본 모델은 특히 미세 지진 모니터링에서 유용하며 다양한 지리적 및 구조적 설정에서도 효과적으로 작동할 수 있음을 입증

활 용 방 안

- 지진파형의 특정 부분에 집중하여 더 높은 정확도를 제공한다. 또한 24시간, 더 넓은 범위를 탐색가능
- 국내 핵 활동 탐지에서도 다양한 지리적 및 구조적 설정에서 효과적으로 작동할 수 있을 것이라 전망
- 핵실험에 필요한 미기폭, 고폭 실험의 미세지진을 효과적으로 탐지 가능할 것

Earthquake transformer-an attentive deep-learning model for simultaneous earthquake detection and phase picking

지진파



JMA : Japan Meteorological Agency

Table 2 P-phase picking.

Model	μ	σ	Pr	Re	F1	MAE	MAPE	Training data	Training size	Ref.
EQTransformer	0.00	0.03	0.99	0.99	0.99	0.01	0.00	Global	1.2M	This study
PhaseNet	-0.02	0.08	0.96	0.96	0.96	0.07	0.01	North California	780K	8
GPD	0.03	0.10	0.81	0.80	0.81	0.08	0.01	South California	4.5M	10
PickNet	0.00	0.09	0.81	0.49	0.61	0.07	0.02	Japan	740K	2
PpkNet	-0.01	0.15	0.90	0.90	0.90	0.10	1.90	Japan	30K	5
Yews	0.07	0.13	0.54	0.72	0.61	0.09	0.02	Taiwan	1.4M	4
Kurtosis	-0.03	0.09	0.94	0.79	0.86	0.08	0.01	—	—	17
FilterPicker	-0.01	0.08	0.95	0.82	0.88	0.14	0.02	—	—	18
AIC	-0.04	0.09	0.92	0.83	0.87	0.09	0.01	—	—	19

μ and σ are mean and standard deviation of errors (ground truth—prediction) in seconds respectively. Pr, Re, and F1 are precision, recall, and F1-score respectively. MAE and MAPE are mean absolute error and mean absolute percent error respectively. Note Yews and PpkNet models used here are trained based on different datasets mentioned in the related work section. Bold values represent the best performance.

Table 3 S-phase picking.

Model	μ	σ	Pr	Re	F1	MAE	MAPE	Training data	Training size	Ref.
EQTransformer	0.00	0.11	0.99	0.96	0.98	0.01	0.00	Global	1.2M	This Study
PhaseNet	-0.02	0.11	0.96	0.93	0.94	0.09	0.01	North California	780K	8
GPD	0.03	0.14	0.81	0.83	0.82	0.10	0.01	South California	4.5M	10
PickNet	0.08	0.17	0.75	0.75	0.75	0.10	0.03	Japan	740K	2
PpkNet	0.02	0.15	1.00	0.91	0.95	0.10	1.85	Japan	30K	5
Yews	-0.02	0.13	0.83	0.55	0.66	0.11	0.01	Taiwan	1.4M	4
Kurtosis	-0.10	0.13	0.89	0.39	0.55	0.11	0.01	—	—	17
FilterPicker	-0.05	0.13	0.61	0.41	0.49	0.10	0.01	—	—	18
AIC	-0.07	0.15	0.87	0.51	0.64	0.12	0.02	—	—	19

μ and σ are mean and standard deviation of errors (ground truth—prediction) in seconds respectively. Pr, Re, and F1 are precision, recall, and F1-score respectively. MAE and MAPE are mean absolute error and mean absolute percent error respectively. Bold values represent the best performance.

관측된 P파 및 S파의 모델 별 분석 결과

챗봇

개 요

- 시나리오 및 대화 챗봇의 장점을 극대화하기 위한 하이브리드 챗봇을 제안

- 시나리오 챗봇: 시나리오 이외의 대화는 할 수 없음

- 대화 챗봇: 완벽한 대화 모델 구축은 매우 어렵고 비용이 많이 듦

- 연구 목적을 달성하기 위해 성폭력 피해자가 챗봇에 할 수 있는 질문을 수집하고 질문의 내용 및 특징을 분석

결 과

- 하이브리드 챗봇의 개념을 제시하고 가이드라인을 도출
- 질문 특징 분석 결과 정보가 없는 질문: 30%, 키워드로 질문: 10%
- 챗봇에 질문할 때 맥락을 구체화하는 방법이 보완 필요

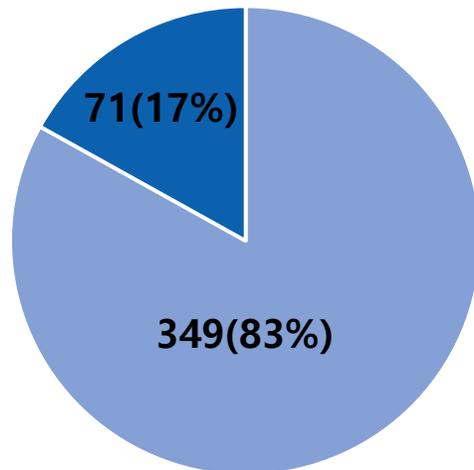
활 용 방 안

- 정책적 제언을 위해 비핵화 관련 시나리오를 생성하는 챗봇 개발에 도움이 될 수 있을 것
- 비전문가가 북핵 관련 예상 시나리오를 도출해내는데 도움이 될 것이라고 판단

성폭력 피해자 지원 챗봇 디자인: 시나리오 기반과 대화 모델을 결합한 하이브리드 모델에 관한 실험적 연구

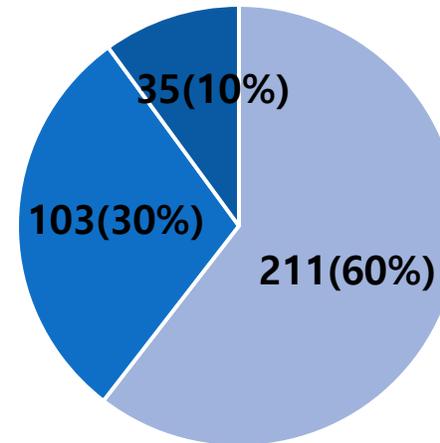
챗봇

질문 유효성



■ 유효 데이터 ■ 무효 데이터

질문 특징 (유효 질문기준)



■ 맥락있는 완성형 질문
■ 맥락없는 완성형 질문
■ 키워드 질문

- 핵활동 탐지분야 또한 인공지능을 활용한 연구 필요
 - 범용적인 모델 개발 - 특정 지역의 데이터를 학습한 모델이 다른 지역에서도 효용성이 있음을 입증가능
 - 반복업무 자동화 - 인간의 개입을 최소화하면서도 효율적으로 탐지 시스템을 운영가능
 - 패턴 인식과 이상 탐지 - 기존 방법으로 탐지하기 어려운 미묘한 변화나 이상 신호를 탐지가능
 - 하이브리드 챗봇 - 기존 챗봇들의 장점을 결합하고 단점을 상쇄한 새로운 개념의 챗봇을 제안
- 한계
 - 핵 활동 탐지 분야에서 인공지능 연구는 공개된 정보가 거의 없으므로 타 분야의 연구 성과를 소개하는 데 그침
 - 다양한 인공지능 관련 논문과 핵 활동 탐지 분야에서의 활용 방안을 소개하였지만, 제안된 활용 방안 또한 최대한 단순한 방법론 제시
 - 기술적 문제가 해결되지 않은 연구도 존재하며 각각의 연구가 전혀 다른 분야인 만큼 핵 활동 탐지에서 의미 있는 효용성을 얻을 수 있을지 의문점이 존재
- 시사점
 - 그럼에도 불구하고, 핵활동에 인공지능을 어떻게 활용할 것인지 다양한 방면에서 접근 했다는 것에 의의가 있음

References

- [1] Li, H., Zhang, Q., Pan, M., Chen, D., Yu, Z., Xu, Y., Ding, Z., Liu, X., Wan, K., & Dai, W. (2024). It enhances Precision in Magnetic Map Interpolation for Regions with Sparse Data. *Applied Sciences*, 14(2), 756.
- [2] 제일영, 전정수. (2006). 인프라사운드 관측을 통한 지구물리학적 연구. *자원환경지질*, 39(4), 495-505.
- [3] 김태성. (2018). 지진원 상대비율 측정법을 이용한 2017년 북한 핵실험의 실체파 규모 검증. *자원환경지질*, 51(6), 589-593.
- [4] 김동수, "북한 3차핵실험, 기상청 "인공지진 발생 확인"", 뉴스피크, 2013.02.12
- [5] 장윤정, 김대수, 이슬기, "북한 핵실험 탐지분석 체계", 국방과 기술, 2017
- [6] 윤주용 외 22명, (2018), 방사성핵종을 이용한 원거리 핵활동 탐지기술 개발 최종보고서, 원자력안전위원회
- [7] 송아람, et al. "핵 활동 탐지 및 감시를 위한 딥러닝 기반 의미론적 분할을 활용한 변화 탐지." *대한원격탐사학회지* 38.6 (2022): 991-1005.
- [8] Jack Liu, "A Fifth Nuclear Test at Punggye-ri?", *38NORTH*, 2016.04.13
- [9] Eman A. Alshari, Bharti W. Gawali. Analysis of Machine Learning Techniques for Sentinel-2A Satellite Images. *Journal of Electrical and Computer Engineering*. 2022.05.16.
- [10] Osonde Osoba, William Welser IV. An Intelligence in Our Image: The Risks of Bias and Errors in Artificial Intelligence. 17-18. *Rand Cooperation*. 2017
- [11] A Mixed-Method Proposal for Traffic Hotspots Mapping in African Cities using Raw Satellite Imagery
- [12] A Countrywide Traffic Accident Dataset; Sobhan Moosavi, Mohammad Hossein Samavatian, Srinivasan parthasarathy, Rajiv Ramnath, 2019
- [13] 중적외선 센서 위성 영상의 상온 온도 정보추출 가능성 및 정확도.
- [14] S.Mostafa Mousavi, William L. Ellsworth, Weiqiang Zhu, Lindsay Y. Chuang, Gergroy C. Beroza. (2020). Earthquake transformer-an attentive deep-learning model for simultaneous earthquake detection and phase picking
- [15] E. Fukuyama, W.L. Ellsworth, F. Waldhauser, A. Kubo, "Detailed fault structure of the 2000 Western Tottori, Japan, earthquake sequence", *Bulletin of the Seismological Society of America* 93, 1468-1478, 2003
- [16] 북핵 미사일 리포트 No. 2017-11
- [17] George Succi, Gervasio Prado, Robert Gampert, Torstein Pedersen, Hardave Dhaliwal, "Problems in seismic detection and tracking", *SPIE – The international Society for Optical Engineering*, 2000
- [18] 맹욱재, 시나리오 기반과 대화 모델의 결합, 2021



Q&A