



비정형 영상 데이터를 이용한 침수심 분석 기술 개발



동은성
(주)엑소텍 대표이사
wow@exotech.kr



최석희
(주)엑소텍 연구소장
dantes98@exotech.kr

01 서론

최근 몇 년 동안 기후 변화로 인한 자연 재해가 빈번하게 발생하고 있다. 이 중 침수는 인명과 재산에 큰 피해를 입히는 대표적인 사례 중 하나이다. 요즘 우리나라는 장마처럼 일정 기간동안 비가 지속적으로 내리는 경우보다는 태풍처럼 짧은 시간에 기습적으로 내리는 게릴라성 폭우가 많아지고 있다. 이로 인해 저지대 마을이나 도로 등 도심지 내에서 매년 침수 피해가 발생하고 있어 침수에 대한 다각적인 대비가 필요하다.

최근에는 침수 예측을 위한 분석으로 단순히 강수량 측정만이 아닌 멀티센싱을 통한 연구 사례가 늘고 있다. 상습 침수 지역에 계측장비를 설치하여 모니터링을 하거나 API등을 통해 특정 지역의 강우 및 이동 경로를 예측하고 CCTV를 이용해 모니터링을 하기도 한다. 뉴스나 SNS 등을 통해서도 실시간 피해 상황을 분석하거나 확인할 수도 있다. 이는 현상을 단독으로 분석하기 보다는 다양한 환경의 정보를 수집하여 분석하는 추세이기도 하다.

CCTV는 이미 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 그 중에서도 홍수 예방 및 대응에 유용하게 활용될 수 있다. CCTV를 활용한 홍수 모니터링은 감지된 변화를 실시간으로 파악하고 조치를 취할 수 있는 기회를 제공하며, 이를 통해 사전에 문제를 해결할 수 있다.

CCTV는 또한 수위 측정, 비상 상황 감지, 수질 모니터링 등 다양한 기능을 수행할 수 있다. 본 연구는 별도의 장비를 설치하지 않으면서도 대부분의 위험 지역에 설치되어 있는 CCTV를 통해 홍수 피해를 대비할 수 있도록 하는 방법에 대한 연구를 기술하고자 한다.

02 침수 영상 이미지를 활용한 침수위 예측 분석

2.1 침수 타이어를 이용한 침수위 예측

침수위를 측정하기 위해서는 그 기준이 되는 기준점이 필요하다. 도심지 내의 침수가 대부분 저지대의 주택가나 도로에서 발생한다고 봤을 때 지역마다 공통적으로 발견할 수 있는 기준점이 되는 사물이나 건물등이 필요하다. 처음에는 도로가의 경계석을 이용하여 침수위를 측정하고자 하였다. 하지만 요즘 기후처럼 비가 천천히 지속적으로 내리는 것이 아니라 갑자기 많은 양의 비가 내리는 경우에는 침수위가 경계석의 높이를 넘어버리는 경우가 빈번히 발생해 기준점으로 선정할 수 없었다. 또 경계석 마다 규격이 달라 한 가지 경계석으로 기준을 잡으면 다른 지역의 경계석으로 테스트 할 때 오차가 발생할 수 밖에 없다. 주변에서 쉽게 볼 수 있는 신호등, 전봇대 등으로도 테스트를 해보았으나 마찬가지로 높이에 대한 표준이 없어 이를 대안으로 사용할 수 없었다. 또 일단 침수가 되면 기준면이 물에 잠겨 보이지 않기 때문에 보이는 부분을 기준으로 침수율을 예측해야 했다. 지역마다 쉽게 볼 수 있고, 크기가 일정하며 침수 부분이 아닌 면을 기준으로 침수율을 예측하기 위해 여러 테스트를 거친 결과 차량의 타이어를 기준으로 해당 연구를 시작하였다.

타이어를 이용하여 침수위를 구하기 위해서는 실제 타이어의 크기와 침수율을 구해야 한다. 타이어의 크기는 차종마다 다르고 또 같은 차종이라도 사용하는 타이어의 크기가 모두 다르다. 우선 차종별로 사용하는 타이어의 평균 크기를 구한다. 또 모든 차종에 대해 타이어의 크기를 구할 수 없으므로 타이어의 크기에 따라 차종 클래스를 구분한다.

표1은 차종에 따른 타이어 규격의 예시이다. 타이어의 규격을 이용하면 실제 타이어의 높이를 구할 수 있다.(그림 4) 차종에 따라 평균 타이어 크기를 구하면 다시 타이어 크기를 이용하여 차량 클러스터를 구할 수 있다. 표2는 타이어 크기에 따른 차량 구분 예시이다. 이를 바탕으로 표3과 같이 차량에 따른 평균 타이어의 크기를 구할 수 있다.

표 1 차종에 따른 타이어 규격

차종명	규격1	규격2	규격3	규격4	규격5	규격6
K3	195/65R15	05/55R16	215/45R17	225/40R18		
K3 쿠파	205/55R16	15/45R17	225/40R18	35/45R18		
K5	205/65R16	15/55R17	225/45R18			
K5 하이브리드	205/65R16	15/55R17				
K7	215/65R16	25/55R17	245/45R18		245/40R19	
K9 (앞)	235/55R17	45/50R18	245/45R19			
K9 (뒤)	245/50R18	75/40R19				
그랜드카니발	225/70R16	35/60R17				
뉴 포텐샤/포텐샤	195/65R15	05/65R15				
레이	165/60R14	175/50R15				
레토나	215/75R15	35/65R15				
로체	205/65R15	05/60R16	215/50R17			
룩스타	215/75R15	35/65R15				
리오	175/70R13	185/65R13	185/60R14			
올뉴모닝	165/60R14	175/50R15				
모닝	155/70R13	165/60R14	175/50R15			
모하비	245/70R17	65/60R18				
봉고 프런티어 (앞)	195R14					

표 2. 타이어 크기를 이용한 차량 분류

소형SUV : 652, 704(최소, 최대)	소형SUV제외한 SUV : 688, 775(최소, 최대)	
[레토나' 소형SUV' 704] [룩스타' 소형SUV' 704] [쏘울' 소형SUV' 657] [니로' 소형SUV' 656] [쏘울EV' 소형SUV' 652] [트랙스' 소형SUV' 693] [QM3' 소형SUV' 657] [티볼리' 소형SUV' 652] [티볼리 에어' 소형SUV' 652]	[갤로퍼 (이노베이션) '중형SUV' 743] [맥스크루즈' 준대형SUV' 741] [베라크루즈' 준대형SUV' 750] [뉴 싼타페' 중형SUV' 737] [싼타페' 중형SUV' 724] [싼타페DM' 중형SUV' 739] [테라칸' 준대형SUV' 738] [투싼' 준중형SUV' 695] [투싼ix' 준중형SUV' 702] [모하비' 대형SUV' 775] [뉴 스포티지' 준중형SUV' 688] [스포티지' 준중형SUV' 691] [스포티지R' 준중형SUV' 712] [쏘렌토' 중형SUV' 745] [뉴 쏘렌토R' 중형SUV' 739] [캡티바' 중형SUV' 716]	[QM5' 중형SUV' 702] [QM5 네오' 중형SUV' 702] [뉴 렉스턴' 준대형SUV' 761] [렉스턴' 준대형SUV' 728] [렉스턴W' 준대형SUV' 763] [무쏘' 중형SUV' 736] [무쏘 스포츠' 중형SUV' 735] [액티언' 준중형SUV' 754] [액티언 스포츠' 준중형SUV' 763] [카이런' 중형SUV' 754] [코란도' 준중형SUV' 736] [코란도C' 중형SUV' 694] [뉴 코란도 C' 중형SUV' 695] [쏘렌토R' 중형SUV' 737] [더 뉴 모하비' 대형SUV' 775] [윈스툼' 중형SUV' 712]

표 3. 차량 구분에 따른 평균 타이어 크기(최대 오차 ±10cm이내)

소형_세단	소형_SUV	중대형_SUV	승합차	중대형_세단
s_sedan	s_suv	m_suv	mpv	m_sedan
578mm	670mm	730mm	698mm	650mm



- 편평비: 타이어의 단면높이를 단면폭으로 나누어 100을 곱한 비율
- 타이어 전체높이 = (단면폭 * 편평비 * 0.01) * 2 + 휠 사이즈
- 좌측 타이어의 전체길이는 (205 * 60 * 0.01) * 2 + 16 * 25.4 = 652.4mm

그림 4. 타이어 규격을 이용한 높이 계산

2.2 침수 이미지 학습데이터 구축

타이어의 침수율을 학습하기 위해서는 학습 이미지가 필요하다. 타이어가 물에 잠긴 실제 차량으로 테스트를 진행하기에는 실제로 가능 여부를 미리 확인해 볼 필요가 있다. 가능하더라도 타이어의 절반까지 물이 차오르면 배기구 혹은 엔진에 물이 들어갈 가능성이 있기 때문에 완전한 침수 이미지를 얻기에는 무리가 있다. 우선 가능 여부를 확인하기 위해 미니어처 차량을 이용하여 학습 이미지를 구축하였다. 총 13종의 차량과 동서남북 방위로 6방향 그리고 침수위 0 ~ 100%까지를 10%씩 구분하여 학습데이터를 구성하였다. 실제 CCTV에서 바라보는 방향과 유사하게 각도를 설정하고 침수 상황을 고려하여 흠탕물 효과를 주었다. 실제 차량으로는 50%이상의 침수 이미지를 얻을 수 없지만, 90%가까운 침수 이미지를 얻을 수 있었다. 약 1,000건 정도 되는 샘플데이터를 이용하여 성능지표



그림 5. 미니어처를 이용한 수위별 학습데이터 구축

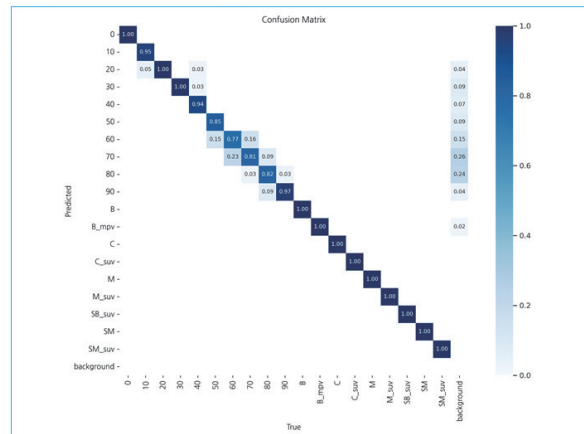


그림 6. 미니어처 모델의 Confusion Matrix

F1-score 0.9이상의 결과를 얻어낼 수 있었다. 1차 테스트로 침수율 학습에 대한 가능성을 확인하고 파일럿을 통해 침수 타이어와 실제 침수차량 테스트등을 통해 좀 더 다양하고 많은 학습이미지를 구축하였다.

침수위를 구하기 위해서는 타이어의 실제 크기를 알아야 한다. 차량별 타이어의 크기를 분석하여 표3과 같은 데이터를 얻었지만, 이를 활용하기 위해서는 타이어 뿐만 아니라 차량 탐지도 이루어져 차종을 구별할 수 있어야 한다. 미니어처를 이용해 국산차 15종을 이미 학습하였으나 좀 더 다양한 차량의 이미지를 구하기 위해 AThub 사이트의 차량 이미지를 활용하여 학습데이터를 추가하였다.



그림 7. 침수 타이어를 이용한 학습 데이터 구축



그림 8. 실제 침수 차량을 이용한 학습 데이터 구축

2.3 침수위 예측 모델

차종을 탐지하고 침수 타이어를 예측할 수 있는 학습데이터를 구성하였다. 침수위 예측 모델은 CCTV와 같은 비정형데이터에 실시간으로 적용할 수 있도록 yolov5 이용하여 구성하였다. 차량을 탐지해 실제 타이어의 크기를 예측하고, 침수 타이어를 탐지하여 침수율을 구하면 침수위를 구할 수 있다(그림9). 그림8을 보면 침수율 50%까지는 높은 성능을 보이다가 그 이후에는 낮은 성능을 보인다. 실제 구축된

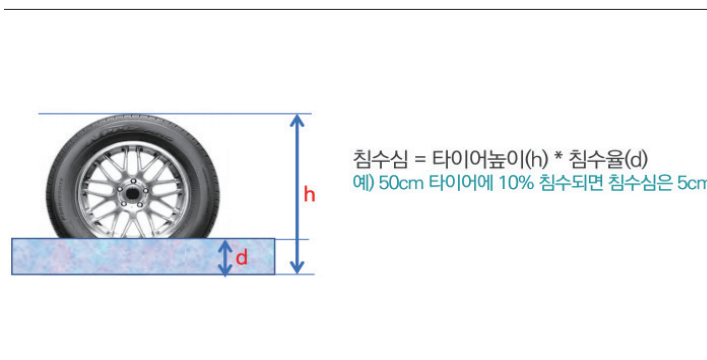


그림 9. 타이어 침수율을 이용한 침수심 계산

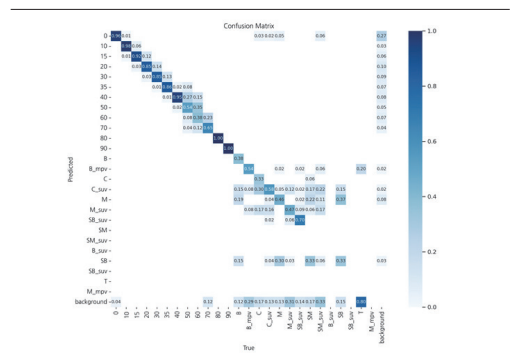


그림 10. 차량 및 침수율 탐지 Confusion Matrix

이미지에서 50%이상 침수되는 학습데이터가 부족하여 나타난 것으로 생각된다. 학습데이터를 추가하여 탐지 성능을 높일 필요가 있다. 그림11은 실제 촬영된 영상을 침수율 예측 모델에 적용시킨 모습이다.



그림 11. 침수율 예측 모델을 이용한 침수율 예측

02 맺음말

CCTV기술(비정형 데이터)을 활용하여 침수 예방에 대한 방법을 연구하였다. 하지만 연구는 아직 초기 단계이다. 파일럿 데이터를 이용하여 침수위 예측에 대한 가능성은 열었지만, 실증에 대한 연구가 더욱 필요하다. 실제 침수 상황은 파일럿 테스트보다 더 복잡하다. 차량이 움직이면서 물보라가 타이어에 영향을 줄 수도 있고 밤처럼 어두운 환경이 될 수도 있다. 영상 자체에 노이즈가 발생해 실제 상황은 더 안 좋을 수 있다. 하지만 AI 기술은 더욱 발달하고 다양한 환경을 학습하면서 성능은 더 높아질 것으로 기대한다. 또 협력 네트워크 구성을 통해 경보 시스템 연계 등과 같은 방법을 통해 더 효과적인 예방방법을 개발할 수 있을 것으로 기대한다.

https://img.danawa.com/new/goods_list/v1/popup_tire.html

<https://aihub.or.kr/aihubdata/data/view.do?currMenu=115&topMenu=100&aihubDataSe=realm&dataSetSn=554>