

# 컬러 이미지 분석을 통한 블랙 아이스 검출 방법 연구

<sup>1</sup>박필원, <sup>2\*</sup>한성수

## Study of Black Ice Detection Method through Color Image Analysis

<sup>1</sup>Pill-Won Park, <sup>2\*</sup>Seong-Soo Han

### 요약

현재 개발중인 그리고 운행중인 대부분의 자동차에는 다양한 IoT 센서들이 탑재되어 있지만, 자동차 사고를 일으키는 요인 중 몇몇 요인들은 상대적으로 탐지하기 힘들다. 이러한 요소 중 대표적인 위험 요인 중 하나가 블랙 아이스이다. 블랙 아이스는 블랙 아이스가 깔린 부분을 지나가는 모든 차량에 영향을 줄 수 있어 대형 사고를 유발할 가능성이 가장 높은 요인 중 하나이다. 따라서 대형 사고를 막기 위해 블랙 아이스 검출 기법은 꼭 필요하다. 이를 위해 몇몇 연구가 과거 진행되었으나 몇몇 부분에서 현실적이지 않는 요소들이 반영된 경우가 있어, 이를 보충하기 위한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 CNN 기법으로 컬러 이미지를 분석하여 블랙 아이스를 탐지하고자 하였으며, 일정 수준의 블랙 아이스 탐지에 성공하였다. 다만 기존 연구 와 차이가 있어 그 이유를 분석하였다.

### Abstract

*Most of the vehicles currently under development and in operation are equipped with various IoT sensors, but some of the factors that cause car accidents are relatively difficult to detect. One of the major risk factors among these factors is black ice. Black ice is one of the factors most likely to cause major accidents, as it can affect all vehicles passing through areas covered with black ice. Therefore, black ice detection technique is essential to prevent major accidents. For this purpose, some studies have been carried out in the past, but unrealistic factors have been reflected in some parts, so research to supplement this is needed. In this paper, we tried to detect black ice by analyzing color images using the CNN technique, and we succeeded in detecting black ice to a certain level. However, there were differences from previous studies, and the reason was analyzed.*

**Keywords:** Black ice, Artificial intelligence(AI), Deep learning, Convolutional Neural Networks(CNN), image classification

<sup>1</sup> 동국대학교 대학혁신지원사업단 연구초빙교수 ([pillwon79@gmail.com](mailto:pillwon79@gmail.com))

<sup>2\*</sup>교신저자 강원대학교 자유전공학부 교수 ([sshan1@kangwon.ac.kr](mailto:sshan1@kangwon.ac.kr))

## I. 서론

4차 산업 혁명은 블록체인, 빅 데이터(Big Data), 인공지능, 사물 인터넷 등을 가리킨다. 이들 중 빅 데이터(Big Data) 및 인공지능(Artificial Intelligence, AI)의 경우 다수의 데이터를 처리하는 것을 전제로 하고 있다. 가장 대표적인 예시가 유튜브의 동영상 추천 알고리즘이나 쇼핑몰이 제공하는 사용자 맞춤 광고의 경우, 수많은 소비자와 시청자의 소비 정보를 기반으로 사용자가 관심을 가질 만한 소비재를 보여준다. 이와 같이 대량의 데이터를 기반으로 사용자를 보조하는 기술 중 하나가 차량에 들어가는 안전 보조 시스템이다. 현재 운행되는 대부분의 차량에는 다수의 센서들이 장착되어 있으며 이를 통해 자동차의 내부 정보와 외부 정보를 수집하여 이를 사용자에게 전달함으로써 사용자의 안전을 지원하고 있다. 다만 센서의 정보를 단순히 수집하고 제공하는 것으로는 대비할 수 없는 위험요소가 몇가지 존재한다. 가장 대표적인 위험요소가 겨울철 대형사고의 원인인 블랙 아이스이다. 블랙 아이스는 주변 환경과 유사하여 기존에 사용하던 방식으로는 인식하기 힘들 뿐만 아니라, 사람의 눈으로는 단순히 노면이 젖은 것으로 오관하기 쉽고 이로 인해 대형 교통사고의 원인 중 하나로 지목된다.

따라서 본 논문에서는 차량 운전 중 블랙 아이스로 인한 사고를 방지하기 위하여 딥러닝 분야의 Convolutional Neural Networks (CNN) 기법을 활용하여 도로위의 블랙 아이스를 탐지하는 방법을 제안한다. 이는 사용자의 안전에 도움이 될 것이다.

## II. Related Works

### 2.1 인공지능, 머신 러닝, 딥 러닝, Convolutional Neural Networks

초기 인공지능(Artificial Intelligence, AI)은 인간의 언어학적 지능에 대한 탐구가 목적이었다. 이후 인공적인 지능에 대한 가능성이 대두되면서 1956년에 인공지능이 학문 분야로서 편입되었다. 이후 컴퓨팅 파워의 부족과 알고리즘의 부족, AI 연관 사업의 몰락 등으로 사람들의 관심에서 벗어나 있던 AI는 기존의 문제들이 해결됨과 동시에 그 적용분야가 극적으로 넓어지기 시작했다.

머신러닝과 딥러닝은 AI의 하위 분류로서 데이터를 구문 분석하고 해당 데이터를 통해 학습한 후 정보를 바탕으로 결정을 내리기 위해 학습한 내용을 적용하는 알고리즘을 가리키는 말이다. 기계가 배운다는 말 그대로 기계에게 학습시키는 방법에 따라 지도학습과 비지도 학습으로 나눌 수 있다. 지도학습은 정답이 있는 데이터를 기계에 반복 학습시켜 정답과 오답을 가르치는 기준을 기계가 세울 수 있도록 하는 것이고, 비지도 학습은 정답이 없는 데이터들의 특징을 기준으로 분류하여 새로 받은 데이터가 어느 분류에 속하는지 판단할 수 있도록 하는 것이다. 딥러닝은 머신러닝의 하위 범주로서, 인공 신경망을 응용하여 정보 입출력 계층을 만들고 이를 활용하는 것이다[1]. 딥러닝의 주요 키워드는 합성곱 신경망과 역전파기법은[2] 1989년에 이미 제안되었으나 당시 컴퓨팅 환경의 문제로 주목을 받지 못하였다. 2012 ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge(ILSVRC)에서 2012년 CNN 기반 딥러닝 알고리즘 AlexNet이 기존 알고리즘과는 현격한 격차를 보이며 우승하여 세간의 관심을 집중시켰고, 이후 딥러닝 기반 알고리즘들의 개선을 통해 2015년 ResNet 알고리즘이 인간의 이미지 인식 오류 확률인 5%를 깨며 우승하였고, 현 2017년에는 2.5 이하의 에러 확률을 보여주었다. 이후 현재까지 CNN 다양한 변형 CNN 방법들인 R-CNN[3], Fast R-CNN[4], Faster R-CNN 등이 제안되었다.

### 2.2 블랙 아이스

도로에 생긴 어둡고 얇은 빙판으로, 이슬비나 부슬비가  $0^{\circ}$  C 미만인 도로 표면에 떨어질 때나 이미 젖은 도로의 표면 온도가 빙점 아래로 떨어질 때 생긴다[5]. 일반적인 빙판과 구분되는 이유는 아스팔트 도로 위에 생성되는 경우 검은색의 아스팔트 때문에 검은색으로 보일 뿐만 아니라 두께가 매우 얇아 일반 아스팔트와는 구분이 힘들기 때문이며, 이로 인해 겨울철 대형

교통사고의 원인 중 하나로 꼽힌다. 그들이 도로를 덮은 곳 -교차로 아래, 산 그늘, 터널 인근 등-에서 발생하는 경우가 많다.

블랙 아이스는 눈이 오지 않아도 기온이 충분히 낮으면 발생할 수 있다. 습도가 높은 환경에서 교차로 아래, 산 그늘, 터널 인근 등 그들이 도로를 덮으면 노면에 붙은 물방울이 얼어붙으며 블랙 아이스가 형성될 수 있다. 이와 같이 기온이 낮고 습도만 충분하면 발생할 수 있기에 눈보라가 약하게 불어도 발생할 수 있으며, 이 경우 만들어진 얼음의 두께가 얇기 때문에 더더욱 구분이 힘들 수 있다.

블랙 아이스로 인해 발생하는 사고는 제동장치의 정상작동을 방해하여 중앙선 침범 내지는 차선이탈로 인해 대형사고로 이어지는 경우가 많다. 이와 같이 인해 발생한 대형 사고로는 2011년 12월 24일 있었던 논산천안고속도로 104 중 추돌사고와 2020년 2월 17일에 있었던 순천완주고속도로 사매 2 터널 31 중 추돌사고가 대표적이다.

### III. 블랙 아이스 검출을 위한 딥러닝 기반 검출 방식 제안 환경 설정

본 논문에 사용한 방식은 기존 블랙 아이스 탐지를 제안한 논문[6,7]을 모델로 사용하였으며, 기존 논문과는 두가지 부분에서 차이점이 있다. 기존 논문의 경우 그레이 스케일 처리를 하였으나 본 논문에서는 컬러 이미지를 기반으로 데이터 학습을 진행하여 기존 논문에서 적용되지 않았던 빛 반사를 통한 데이터 특성을 반영하도록 구성하였다. 두 번째로 기존 논문들의 경우 전체 이미지 중 일부분을 잘라 사용하는 경우가 많았으나, 본 논문에서는 수집된 이미지를 그대로 활용하여 보다 실제로 수집되는 이미지를 사용하여 블랙 아이스를 탐지하고자 하였다.

#### 3.1 데이터 수집 및 전처리

학습에 사용한 데이터는 겨울철에 자동차가 운행되는 환경을 고려하여 4 가지로 구분하였다. 블랙 아이스, 도로, 젖은 도로, 눈 덮인 도로이며, 구글 이미지 검색을 통해 이미지를 수집하였다[8]. 이후 사진에서 우리가 원하는 부분만을 추출하여 사용하지 않고 이미지 전체를 128\*128 px 크기로 축소하였다. 이 때 빛의 특성 및 칼라 정보의 유실을 막기 위해 그레이 스케일 처리를 하지 않았다. 이후 원본 데이터의 왜곡을 막고 데이터의 손실 값과 정확도를 높이기 위하여 데이터 패딩을 실행하였다. 이를 통해 컬러 이미지 형태의 150X 150px 크기의 이미지 데이터를 1200 개씩 확보하였다. 이후 데이터 셋 구축을 진행하였다. 이전 과정을 통해 얻은 데이터를 대상으로 무작위로 1200 개를 추출하여 테스트 데이터를 구축하였다. 이를 통해 구축한 데이터 셋은 그림 1 과 같다.

Table 1. Number of Image Data

Class	Size	Number
Black ice	150×150 px	1200
Road		1200
wet road		1200
snow road		1200
Total		4800

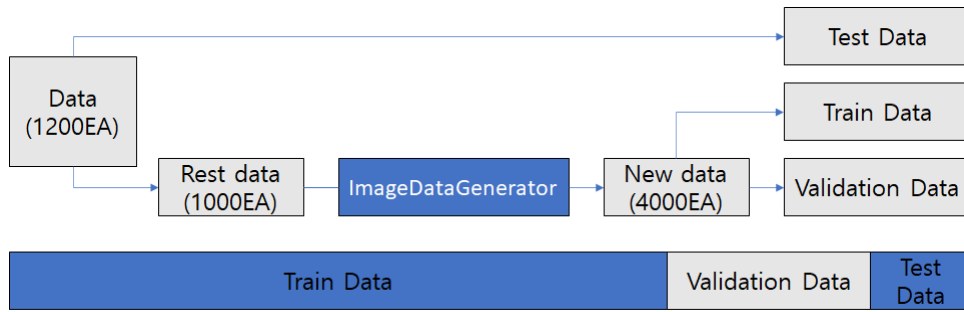


Figure 1. Data Set

### 3.2 CNN 모델 설계 및 학습

본 연구에는 가장 기본적인 CNN 모델을 활용하였으며, 그 구조는 그림 2 과 같이 특징 추출 영역(Feature Extraction)과 클래스 분류 영역(Classification)으로 구성하였다. 특징 추출 영역에서는 합성곱 층(Convolutional layer), 맥스풀링 층(Max-pooling layer), 드롭아웃 층(Dropout layer)을 배치하였고, 활성화 함수(activation function)는 ReLU 를 사용하였다. 클래스 분류 영역에서는 Fully-connected layer 와 드롭아웃 층을 번갈아 배치하였으며 출력층은 Softmax 를 적용하였다.

모델의 학습은 100 epoch, 32 batch size 를 적용하였고, SGD(Stochastic Gradient Descent) Optimizer 를 사용하였으며, 과적합 방지를 위해 early stopping 과 0.3 의 dropout rate 을 설정하였다.

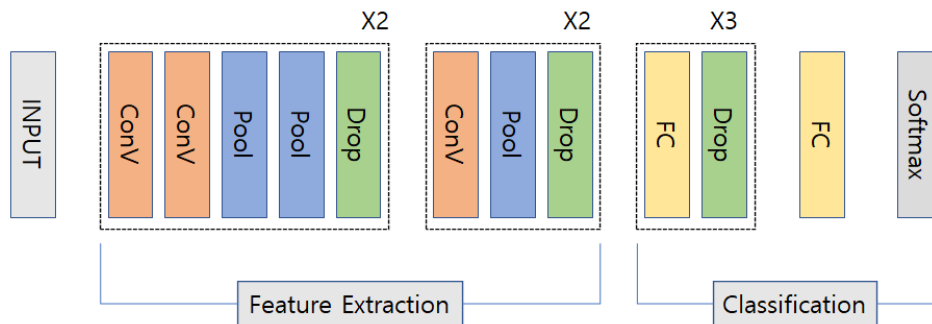


Figure 2. CNN Model Architecture

## IV. 학습 결과 및 분석

학습 결과, 표 3 과 같이 Train Data 와 Test Data 의 loss 는 0.0072, 0.0077 로 확인되었으며, accuracy 는 각각 0.808, 0.812 로 확인되었다.

Table 2. Training Result

Class	Loss	Accuracy
Train	0.0072	0.806
Test	0.0077	0.812

그림 3 은 본 논문에서 사용한 black ice 이미지들의 예시이며, 이러한 이미지를 사용한 이유는 차량 또는 CCTV 서 실제로 촬영할 수 있을 법한 이미지를 사용하기 위함이다. 차량 또는 CCTV 에 있는 센서들은 지정된 부분 전체의 이미지를 생성할 뿐이며, black ice 만을 정확하게

추출해 낼 수 없을 것으로 판단되기 때문이다. Train Data 와 Test Data 를 대상으로 클래스별 성능 지표를 도출하여 학습 결과를 분석하기 위하여 Train Data 를 대상으로 Confusion matrix 를 계산하여 클래스별 분류 결과를 확인하였다.

그림 4 는 4 개 클래스에 대한 Confusion matrix 이며 x 축은 학습 결과, y 축은 실제 클래스를 의미한다. 이를 분석한 결과, black ice 와 snow 는 상호간 혼동이 일어났고, snow 와 black ice, wet 과 road 에서 혼동이 발생하였다. 기존 논문들에 비해 오차율이 높게 나온 이유는 우리가 탐지하고자 하는 이미지가 150px 을 가득 채우지 않고 주변환경 정보 특히 눈 또는 젖은 도로 등의 이미지가 한 이미지에 포함되어 있기 때문으로 판단된다.

다음으로, 표 3 은 Test Data 를 대상으로 각 클래스의 accuracy, precision, recall 를 비교한 결과이다. 블랙 아이스의 accuracy 가 특히 낮게 측정되었으며 눈과의 혼동이 심하였다. accuracy, precision, recall 의 평균값은 0.863, 0.81, 0.802 를 기록하여 다른 보강 방식이 필요한 것으로 판단된다.

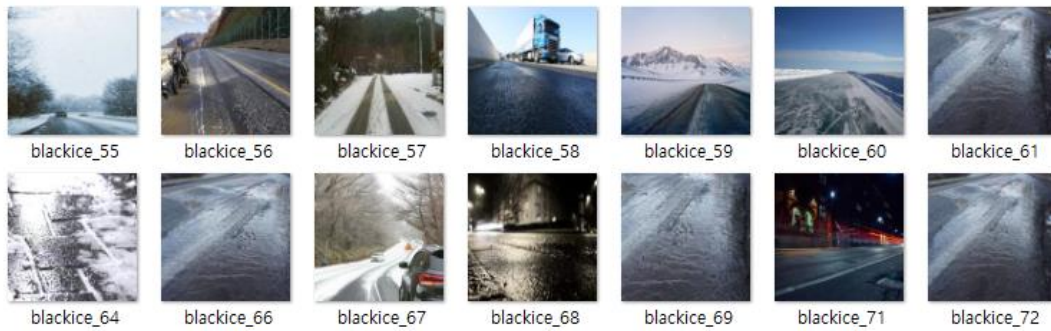


Figure 3. Example of Black Ice

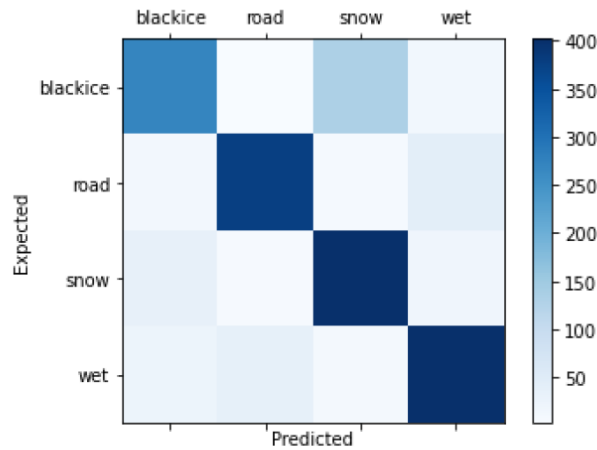


Figure 4. Confusion Matrix

Table 3. accuracy, precision, recall for each class

Class	Accuracy	Precision	Recall
Black ice	0.642	0.789	0.642
Road	0.9	0.889	0.853
Snow	0.954	0.722	0.867
Wet	0.957	0.841	0.846
Average	0.863	0.810	0.802

## V. 결론

본 논문에서는 자동차 운행 중 블랙 아이스로 인한 사고를 막기 위해 차량에 장착할 수 있는 센서에서 얻을 수 있는 정보를 기반으로 CNN 기법을 통해 블랙 아이스를 검출하고자 하였다. 총 4 개 종류로 구분하여 데이터를 습득 및 분류하였으며, 전처리를 통해 각 클래스의 Train, Validation, Test Data 를 구축하였다. 모델 학습 결과, 블랙 아이스의 정확도는 상대적으로 낮게 도출되었으며 그 원인은 데이터로 사용한 이미지의 특징에 기인한다. 특히 눈과 블랙 아이스의 혼동이 많았는데 그 이유는 블랙 아이스 이미지로 선정한 사진에 눈의 이미지가 포함된 경우가 많아 정확도를 낮춘 원인으로 짐작된다. 이를 해결하는 것을 이를 보장하기 위한 연구가 필요하다.

## VI. 참고문헌

- [1] Y. Bengio, A. Courville, and P. Vincent., "Representation Learning: A Review and New Perspectives," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 35. No. 8, pp. 1798-1828, Aug. 2013.
- [2] J. Schmidhuber, "Deep learning in neural networks: An overview," Neural Networks, Vol. 61, pp.85-117, Jan. 2015.
- [3] R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, and J. Malik, "Region-Based Convolutional Networks for Accurate Object Detection and Segmentation," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 38, Iss. 1, pp. 142-158, Jan. 2016.
- [4] S. Ren, K. He, R. Girshick, and J. Sun, "Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 39, Iss. 6, pp.1137-1149, Jun. 2017
- [5] The United Nations Terminology Database, WMO, black ice, Available: <https://unterm.un.org/unterm/display/record/wmo/na?OriginalId=aaa27375-9e55-4b4f-91f5-37a46be60f83>
- [6] T. Choubisa, M. Kashyap, and K. Chaitanya, "Human Crawl vs Animal Movement and Person with Object Classifications Using CNN for Side-view Images from Camera," in Proc. of International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), 2018, pp. 48-54.
- [7] S. Lim, S. Kim, Y. Kim, and D. Kim, "Training Network Design Based on Convolution Neural Network for Object Classification in few class problem," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 21, No.1, pp.144-150, Jan. 2017.
- [8] I. Yun, "Web Crawling and Scrapping," Wiki books, May. 2018.

## 저자 소개



### **박필원 (Pill-Won Park)**

2010 년 8 월 고려대학교 대학원 컴퓨터 전파통신공학과 석사  
2017 년 8 월 고려대학교 대학원 컴퓨터 전파통신공학과 박사  
2021 년 12 월 현재 동국대학교 대학혁신지원사업단 연구초빙교수

관심분야 : 인공지능, 네트워크, 이동통신



### **한성수 (Seong-Soo Han)**

2019 년 고려대학교 공학 박사  
2018 년~2019 년 순천향대학교 교수  
2019 년~현재 강원대학교 자유전공학부 교수

관심분야: 컴퓨터교육, 분산병렬알고리즘, 영상정보처리, 딥러닝