

머신러닝을 활용한 콘크리트 포장 열화 예측

이용준*, 박경훈*, 선종원*

*한국건설기술연구원 인프라안전연구본부

e-mail:yongjunlee@kict.re.kr

Prediction of Concrete Pavement Deterioration Using Machine Learning

Yongjun Lee*, Kyunghun Park*, Jongwan Sun*

*Dept. of Infrastructure Safety Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약

본 연구에서는 합리적인 고속도로 포장의 유지관리 계획 수립을 위해 콘크리트 포장을 대상으로 머신러닝 기법인 분류 분석 모델 중 성능이 우수한 XGBoost와 LightGBM 알고리즘을 활용한 열화 예측 기법을 제시하였다. 향후 예측 모델의 보안을 통해 성능수준이 향상된다면 향후 고속도로 포장 유지보수 예산의 추정에 중요한 기초정보로 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

1. 서론

도로포장의 유지관리 계획 수립을 위해서는 유지보수 시기 및 공법 결정을 위한 의사결정체계가 필요하며, 이 과정에서 열화예측은 매우 중요하다. 일반적으로 말하는 포장 열화예측이란 포장의 유지보수가 요구되기까지의 기대수명과 그 기대수명 내에서 열화특성의 변화과정을 표현하는 것으로 정의할 수 있다(권수완 외, 2002). 최근 컴퓨터 사양의 급격한 발전과 함께 오픈 소스로 공개된 기계학습 라이브러리 개발로 인하여 머신러닝 기법을 활용한 예측 모델 개발이 여러 분야에서 연구가 활발하게 진행되고 있다(이용준 외, 2019).

따라서, 본 연구에서는 머신러닝을 활용한 도로포장 열화 예측을 위한 기법을 제시하기 위하여 지도학습 대표적인 앙상블 알고리즘 중 부스팅 방식인 XGBoost와 LightGBM 알고리즘을 활용하였다.

2. 대상구간 선정

본 연구에서는 고속도로 포장 열화 예측 모델 개발을 위해 2008년~2017년까지의 고속도로 포장 상태(Highway Pavement Condition Index; HPCI) 데이터를 고속도로 포장 관리시스템에서 수집하였다. 고속도로 데이터의 포장형식은 총 6개의 형식으로 AP교면, AP복합단면, AP토공, CP교면, CRCP, JCP로 나뉘어져있으며 그 중 많은 비중을 차지하고

있는 콘크리트 JCP를 대상으로 분석하였다.

콘크리트 JCP HPCI는 포장상태조사를 통하여 확보된 표면손상 및 평탄성의 정량화된 데이터를 변수로 산출되며, 유지보수 대상구간 선정 및 각종 현황 분석에 활용되며 식 (1)과 같이 산정한다.

$$HPCI_{10m} = 5 - 0.8 \times IRI^{0.7} - 0.85 \times \log(1 + 10 \times 2.5 \times SD) \quad \text{식 (1)}$$

$$\text{여기서, } HPCI_{100m} = \sum_n^{n+10} (HPCI_{10m})$$

평탄성(International Roughness Index) = 평탄성지수(m/km)
표면손상(Surface Distress) = 노면손상 환산면적(m²)

포장은 시간이 경과됨에 따라 여러 파손원인 변수들에 의한 스트레스 누적으로 인하여 점차 파손되는 것이기 때문에 도로포장의 정확한 공용연수를 파악하여, 누적된 하중량을 고려할 수 있어야 한다(이용준 외, 2019).

따라서 본 연구에서는 해당년도에 HPCI가 4이상이며, SD 값 0m², IRI 값 1.18m/km 이하인 포장상태 값이 초기 값인 구간만을 대상으로 수집하였다. IRI의 값의 경우, 도로포장 구조 설계 요령에서 초기 IRI의 값을 1.18m/km~1.41m/km로 제시하고 있어, 본 연구에서는 많은 데이터 확보를 위하여 1.18m/km 값을 기준으로 하였다. 이러한 데이터 가공 과정을 거쳐 [표 1]과 같이 총 14,320개 구간을 선정하였다.

[표 1] 데이터 수집 구간

	데이터 수집 구간
노선	경부선 외 22개 노선
지역	서울 외 42개 지역

3. 머신러닝을 활용한 포장 열화예측

3.1 데이터셋 구축

도로포장은 교통, 환경 등 여러 요인의 영향을 받으므로 기존 문헌 고찰을 통해 영향인자를 선정하였다. 선정된 영향인자로는 축하중 교통량(Equivalent Single Axle Load; ESAL)과 폭염일수, 강수량, 평균기온 0도 이하일수, 최저기온 -2도 이하 일수, 적설일수를 고려하였다.

또한, 다중 클래스 분류 학습을 위하여 [표 2]와 같이 상태에 따른 등급별 기준을 활용하여 [표 3]과 같이 데이터 셋을 구축하고, 데이터 중 70%는 학습 데이터, 30%는 검증 데이터로 활용하였다.

[표 2] 종합 HPCI 등급별 기준

	HPCI	상태	대응책
1등급	5.00이하~4.00초과	매우 우수	Do nothing
2등급	4.00이하~3.50초과	우수	예방적 보수
3등급	3.50이하~3.25초과	다소 우수	필요시 수선유지
4등급	3.25이하~3.00초과	보통	수선유지
5등급	3.00이하~2.50초과	다소 불량	필요시 개량
6등급	2.50이하~2.00초과	불량	개량
7등급	2.00이하	매우불량	우선 개량

자료: 한국도로공사(2018)

[표 3] 데이터 셋 구축 예시

	폭염 일수	강수량	적설 일수	0도 이하 일수	-2도 이하 일수	ESAL	HPCI	공용년수	분류
A구간	37	3,407	9	52	118	1600	3.2	6	4
B구간	95	2,798	14	77	152	4	2.8	4	5
C구간	9	3,090	56	157	270	845	3.5	8	3
⋮									
N구간	57	2,655	23	124	234	24,402	1.7	2	7

3.2 분석 결과

본 연구에서는 머신러닝을 활용한 고속도로 콘크리트 포장 파손 예측을 위해 머신러닝 기법인 분류분석(Classification Analysis) 모델 중 성능이 우수한 XGBoost와 LightGBM 알고리즘을 적용하였다. 머신러닝의 하이퍼 파라미터는 알고리즘을 구성하는 주요 구성 요소이며, 이 값을 조정해 알고리즘의 예측 성능을 개선할 수 있다. 본 연구에서는 GridSearchCV API를 이용해 파라미터 값을 조정하여 [표 4]와 같이 최적 파라미터를 산정하였다.

[표 4] 최적 파라미터 산정 결과

	XGboost	LightGBM
learning_rate	0.01	0.01
n_estimators	5,000	5,000
max_depth	6	6
min_child_weight	3	1
gamma	0.3	0
reg_alpha	1e-05	1e-05
subsample	0.54	0.4
colsample_bytree	0.8	0.7

머신러닝의 모델은 여러 가지 방법으로 예측 성능을 평가할 수 있다. 분류 모델의 성능 평가 지표(Evaluation Metric)는 정확도(Accuracy), 오차행렬(Confusion Matrix), 정밀도(Precision), 재현율(Recall), F1 스코어, ROC AUC 등이 있다. 이에 본 연구에서는 정밀도와 재현율의 혼합지표인 F1 스코어를 활용하여 두 모델의 성능을 평가하고 비교하였다.

[표 5]는 두 모델의 예측 성능을 분석한 결과로 XGBoost가 약간 우수하였지만 두 모델 모두 예측 성능이 다소 낮아 향후 데이터 셋의 전처리 과정을 통해 예측 성능의 업그레이드가 필요한 것으로 판단된다.

[표 5] 분석 결과

	XGboost	LightGBM
Accuracy	0.65	0.66
F1 스코어	0.55	0.54

4. 결론

본 연구에서는 합리적인 고속도로 포장의 유지관리 계획 수립을 위해 콘크리트 포장을 대상으로 머신러닝 기법인 XGBoost와 LightGBM 알고리즘을 적용하여 열화 예측 기법을 제시하였다. 향후 예측 모델의 보안을 통해 성능수준이 향상된다면 향후 고속도로 포장 유지보수 예산의 추정에 중요한 기초정보로 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

참고문헌

- [1] 권수완 외(2002), “국도 아스팔트포장의 특수포장 적용을 위한 교통량 기준제안 연구”, 한국도로포장학회논문집, 제 4권 3호, pp. 25-33, 9월, 2002년.
- [2] 박종범 외(2014), “효율적인 고속도로 포장유지관리를 위한 유지관리프로세스 개선방안 기초연구”, 산학기술학회 논문지, 제 15권 11호, pp. 6932-6942, 11월, 2014년.
- [3] 이용준 외(2019), “도로포장의 유지관리 계획 수립을 위한 딥러닝 기반 열화 예측 모델 개발”, 한국건설관리학회, 제 20권 6호, pp. 34-43, 11월, 2019년.
- [4] 한국도로공사(2018), “포장관리시스템”