고속도로 아스팔트 포장 중간층의 파괴강성 예측을 위한 ANN 모형 개발

김동혁[1] . 김하영[2] . 우병찬[2] . 문기훈[3] . 정진훈[4]

[1] 정회원, 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 [2] 학생회원, 인하대학교 사회인프라공학과 석사과정

[3] 정회원 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 공학박사 [4] 정회원, 인하대학교 사회인프라공학과 교수

1. 연구배경 및 목적

연구배경

- 고속도로 아스팔트 포장은 HPMS(Highway Pavement Management System)의 데이터 수집 및 활용을 통해 유지관리 되고 있다. HPMS는 1년 또는 2년을 주기로 고속도로 전구간에 대해 IRI(International Roughness), RD(Rut Depth), SD(Surface Distress)가 조사되고 있다.
- 이들은 모두 측정 용이성을 근거로 포장 표면에 대한 정보이다. 하지만, 아스팔트 포장의 경우, 포장 하부의 상태에 따라 포장 공용성이 큰 영향을 받는다.
- 포장 하부 상태는 간접인장강도, 파괴강성(Toughness) 등으로 알 수 있으나, 전 구간의 물성을 측정하기에는 한계가 있다.

연구목적

- 따라서, HPMS 자료를 이용해 파괴강성을 예측하기 위한 ANN(Artificial Neural Network) 모형을 개발하고자 한다.

2. 연구내용

모형개발 절차

- ANN은 1943년 McCulloch and Pitts에 의해 고안된 방법으로 생물학의 신경망에서 영감을 얻어 개발된 통계적 학습 모형으로 전체적인 학습방법은 다음과 같다.

① Input Layer에서 입력된 값에 가중치를 곱해 Hidden Layer의 각 노드에서 합산한다.

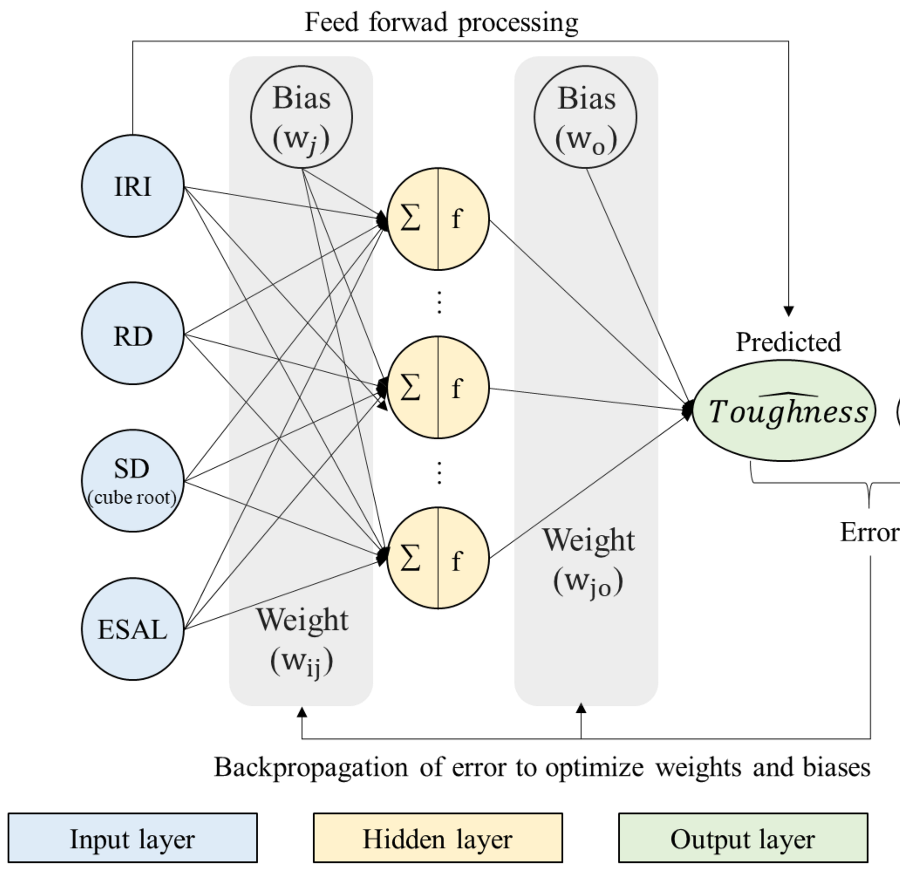
② 노드 내에서 활성화함수를 거쳐 값이 조정된다.

③ 1개 이상의 Hidden Layer를 거쳐 최종적으로 Output Layer에서 예측값이 출력된다.

④ 예측값과 실제값의 오차를 평가하여, 각 층 사이의 가중치와 절편을 수정한다.

⑤ 위 과정을 반복한다.

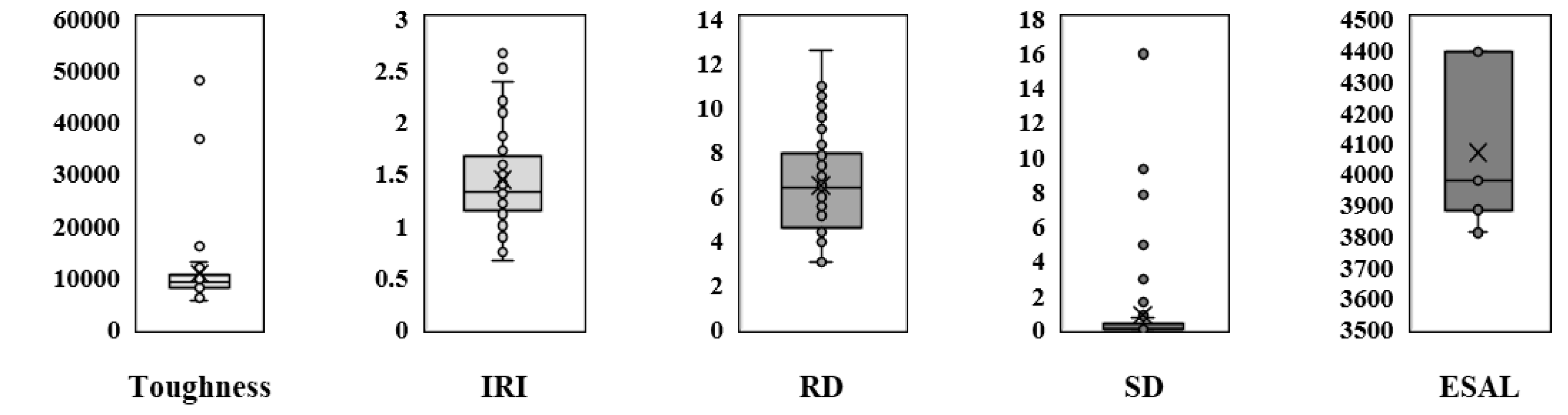
- 본 연구의 Input Layer에는 IRI, RD, SD, ESAL를 노드로 구성하였으며, Hidden Layer는 1개 층, 노드 수는 8개로 구성하였고, Output Layer에서 예측된 파괴강성이 출력되도록 구성하였다.
- Hidden 노드에서 사용한 활성화 함수는 ReLU를 사용하였으며, 가중치와 절편을 수정하는 Optimizer는 SGD, RMSprop, Adam,. Adadelta, Adagrad, Adamax, Nadam을 각각 사용하였다.



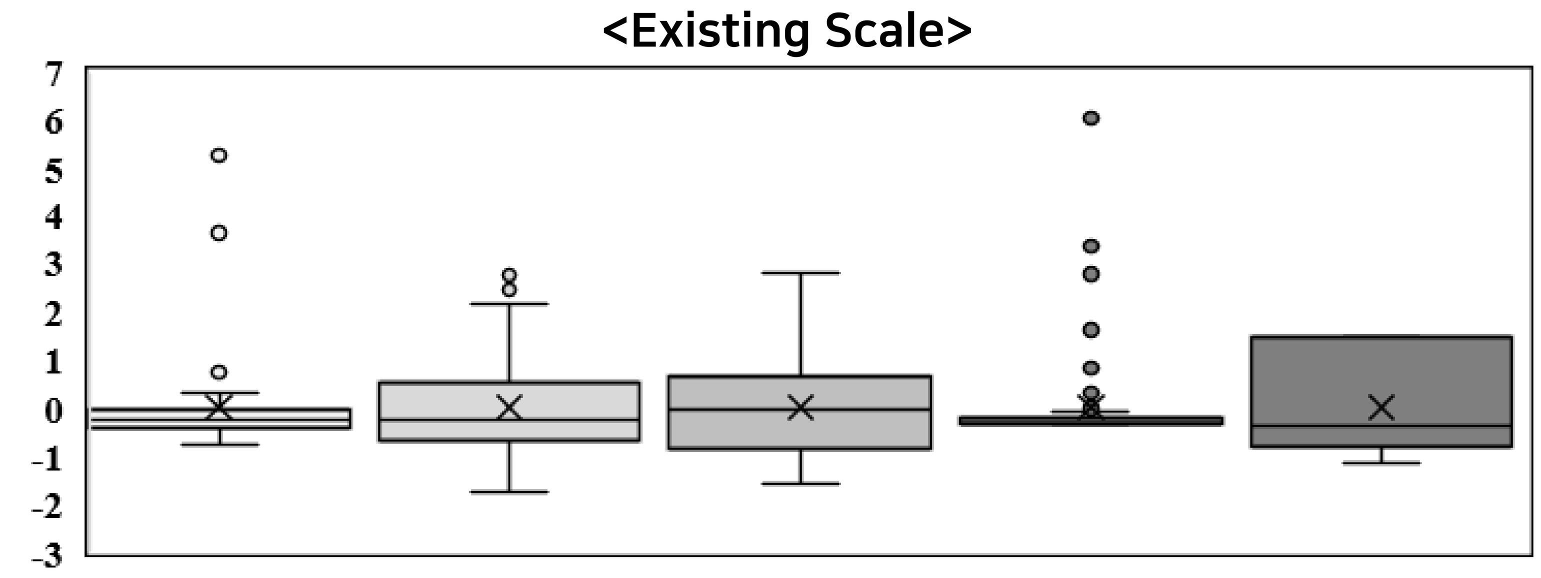
<ANN Model Structure>

전처리

- 모형 개발에 사용되는 측정치인 IRI, RD, SD, ESAL, 파괴강성은 스케일이 매우 다르다. 스케일의 차이가 크면 Optimizer의 성능이 우수하더라도, 가중치의 조정이 어려울 수 있기 때문에, Standard Scaler 방법을 사용하여 각 입력변수와 출력변수의 스케일을 통일하였다.



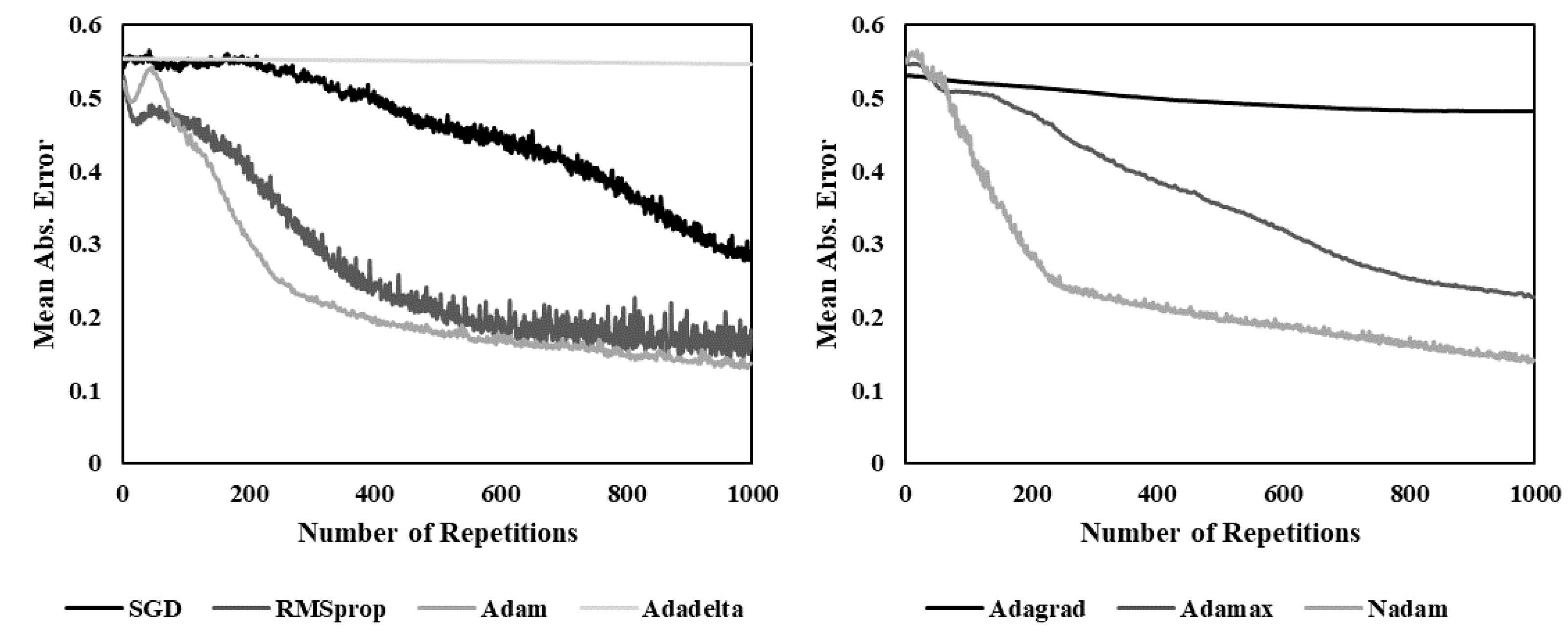
<Existing Scale>



<Standard Scale>

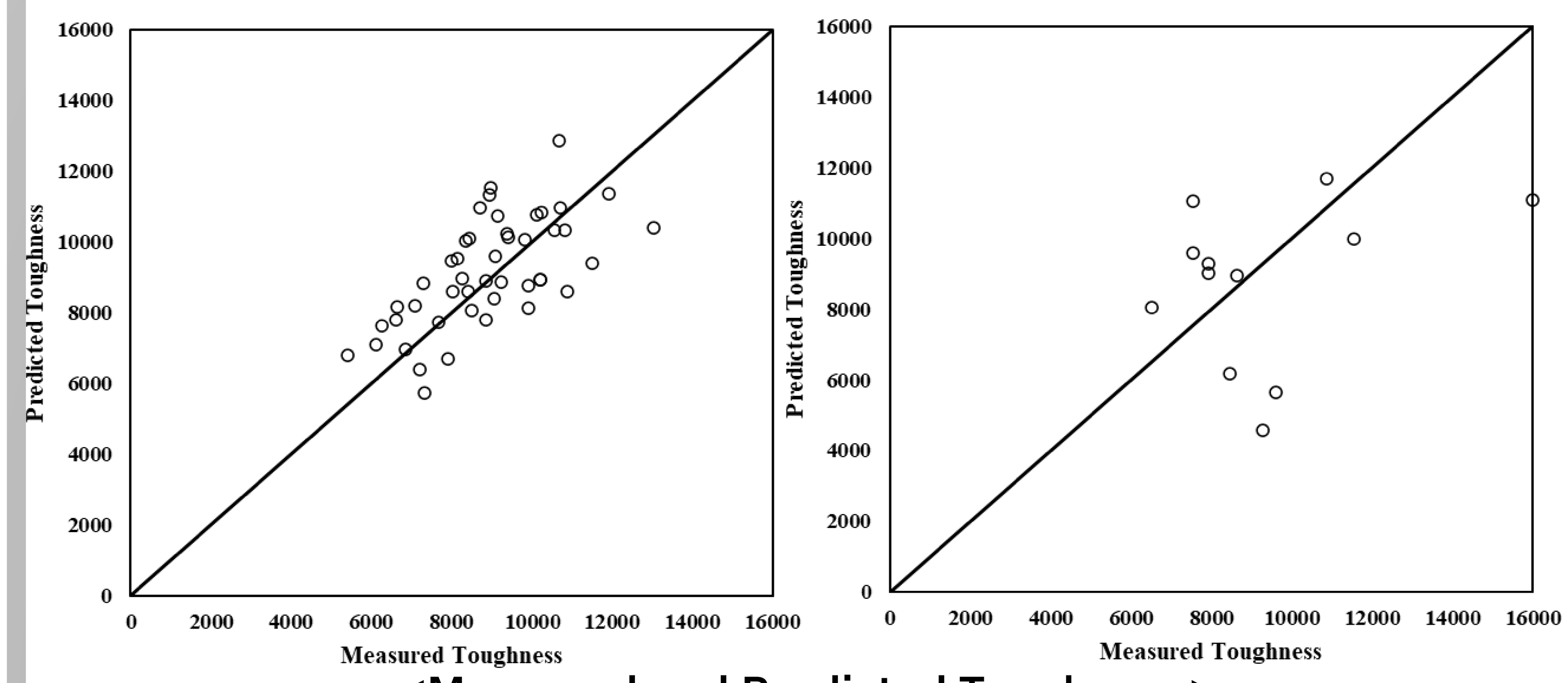
모형개발 결과

- 각 Optimizer에 따른 MAE(Mean Absolute Error) 검토결과, 공학 분야에서 보편적으로 사용되는 Adam의 오차가 가장 작게 나타났다. 따라서, 파괴강성 예측을 위한 ANN 모형의 Optimizer로 Adam을 선정하였다.



<MAE by Optimizer>

- 전체 자료에서 80%로 임의추출된 Train Set은 모형개발에 사용된 자료로, 실제값과 예측값의 MAE는 0.1291로 나타났다.
- 전체 자료에서 20%로 임의추출된 Test Set은 개발된 모형의 검증에 사용된 자료로, 실제값과 예측값의 MAE는 0.3728로 나타났다.



<Measured and Predicted Toughness>

3. 결론

- ANN을 활용하여 포장 하부 물성 중 하나인 파괴강성의 예측모형을 개발하였다.
- Train Set의 오차는 충분히 낮았으나, Test Set의 오차는 비교적 높았다. 추후 ANN Structure의 다각적 검토를 통해 낮은 오차의 모형을 개발할 예정이다.

4. 감사의 글

- 본 연구는 한국도로공사 도로교통연구원의 "노후 아스팔트 리모델링 전략수립을 위한 논리개발연구"로부터 지원을 받아 수행되었습니다. 지원에 감사드립니다.

ROAD & AIRFIELD LAB 인하대학교 INHA UNIVERSITY