

DNN과 LSTM을 활용한 콘크리트의 건조수축량 예측성능 평가

Performance Evaluation of Concrete Drying Shrinkage Prediction Using DNN and LSTM

한준희^{1*} · 임군수² · 이현직³ · 박재웅³ · 김종⁴ · 한민철⁵

Han, Jun-Hui^{1*} · Lim, Gun-Su² · Lee, Hyeon-Jik³ · Park, Jae-Woong³ · Kim, Jong⁴ · Han, Min-Cheol⁵

Abstract : In this study, the performance of the prediction model was compared and analyzed using DNN and LSTM learning models to predict the amount of dry shrinkage of the concrete. As a result of the analysis, DNN model had a high error rate of about 51%, indicating overfitting to the training data. But, the LSTM learning model showed a relatively higher accuracy with an error rate of 12% compared to the DNN model. Also, the Pre_LSTM model which preprocess data, showed the performance with an error rate of 9% and a coefficient of determination of 0.887 in the LSTM learning model.

키워드 : 장단기 기억 신경망, 심층신경망, 건조수축

Keywords : long short-term memory, deep neural network, drying shrinkage

1. 서론

건설 산업에서는 인공지능 기술이 설비, 안전 진단, 구조 해석 등 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 건축재료 분야에서는 콘크리트와 같은 건설재료에 대한 공학적 특성을 예측하기 위한 모델 개발도 활발하게 이루어지고 있다[1]. 따라서, 본 연구에서는 심층신경망(DNN)과 순환신경망(RNN) 알고리즘을 활용하여 콘크리트의 건조수축량을 예측하는 모델을 구축하고, 이를 통해 건축재료 분야의 융합 기술 발전을 목적으로 DNN과 RNN 학습모델을 활용하여 콘크리트의 건조수축량 예측 모델의 성능을 비교분석 하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 분석계획은 표 1과 같다. 먼저, 학습에 적용된 4,525개 데이터는 국내 게재된 논문의 배합표 및 재령별 건조수축량 데이터를 활용하였다. 또한, 데이터 전처리 전과 후의 예측성능을 분석하기 위해 데이터셋을 분리하여 모델평가를 진행하였다.

심층신경망의 알고리즘은 자체적으로 제공하는 매개변수로 L1 규제, 배치 정규화, 드롭아웃을 동일한 조건으로 적용하여 학습모델의 예측성능을 평균 제곱근 오차(Mean square error; 이하 MSE), 손실함수(Loss function; 이하 Loss) 및 결정계수(R-squared; 이하 R²)를 평가하는 것으로 계획하였다. 활성화 함수는 Tanh로 학습모델에 동일한 조건으로 적용하였다. 여기서, 학습모델 RNN은 은닉층에 셀 상태(Cell state)를 추가하여 개선한 LSTM 알고리즘을 적용하였다. 모델의 학습 및 검증은 Test, Validation 데이터의 비율은 0.25 %으로 설정하였으며, 최적화 알고리즘은 Adam을 적용하였다. 또한, 반복 학습량(epochs)은 1,000회로 동일하게 설정하고, 모델의 학습 중 조기 종료(early_stopping)를 사용하여 손실함수가 0.01 이상의 변화가 없으면, 학습을 종료하는 것으로 설정하였다.

표 1. 분석계획

구분	수준	분석변수	
학습모델	2	DNN	RNN
학습 방식	2	오차 역전파	LSTM
은닉층(Layer)	2	5	1
정규화	3	L1 규제	
		배치 정규화	
		드롭아웃	
활성화 함수	1	Tanh	
최적화 함수		Adam	
모델평가	3	Mean square error	
		Loos function	
		R-squared	

1) 청주대학교 건축공학과, 박사과정, 교신저자(gksehxhf@naver.com)
 2) 청주대학교 건축공학과, 박사과정
 3) 청주대학교 건축공학과, 석사과정
 4) 청주대학교 조교수, 공학박사
 5) 청주대학교 교수, 공학박사

3. 실험결과 분석 및 고찰

표 2와 그림 1은 DNN과 LSTM 학습모델을 활용한 콘크리트 건조수축 예측 모델의 성능평가의 결과값을 나타낸 것이다. 먼저, 그림 1의 (a)는 DNN 모델의 성능평가 결과로 R^2 은 0.898로 나타났으나, Loss 및 MSE 값이 2,978.59, 2,578.47로 예측값과 실제값의 오차율이 약 51 % 정도로 DNN 모델은 훈련 데이터에 과

적합(Overfitting)되어 예측성능이 저하하는 것으로 판단된다. 반면, 그림 1의 (b) 및 (c)와 같이 LSTM 학습모델은 전반적으로 Loss 및 MSE가 값이 0으로 수렴하는 경향으로 나타났으며, 이는 LSTM 학습모델의 예측값과 실제값의 차이가 근소하게 나타남을 의미하며 즉, LSTM 학습모델은 콘크리트 건조수축 예측성능이 우수한 것으로 판단된다. 구체적으로 LSTM 학습모델의 경우는 Loss 및 MSE 값이 0.1490으로 예측값과 실제값의 오차율은 약 12 % 정도로 나타났으며, 콘크리트 건조수축 데이터를 Bax plot을 활용하여 이상치(outlier)를 전처리한 Pre_LSTM 학습모델은 Loss 및 MSE 값이 0.0750으로 예측값과 실제값의 오차율은 9 %로 나타났다. 즉, LSTM 모델의 결정계수가 0.775 및 0.887로 LSTM 학습모델이 콘크리트 건조수축량 예측에 상대적으로 DNN보다 높은 정확성을 나타내며, LSTM 학습모델에서는 전처리를 수행한 결과가 더 우수한 성능을 보이는 것으로 나타났다.

표 2. 예측결과

학습모델	학습손실	학습MSE	검증손실	검증MSE	R-squared
DNN	2979.14	2978.59	2579.02	2578.47	0.898
LSTM	0.1377	0.1277	0.1590	0.1490	0.775
Pre_LSTM	0.0926	0.0866	0.0810	0.0750	0.887

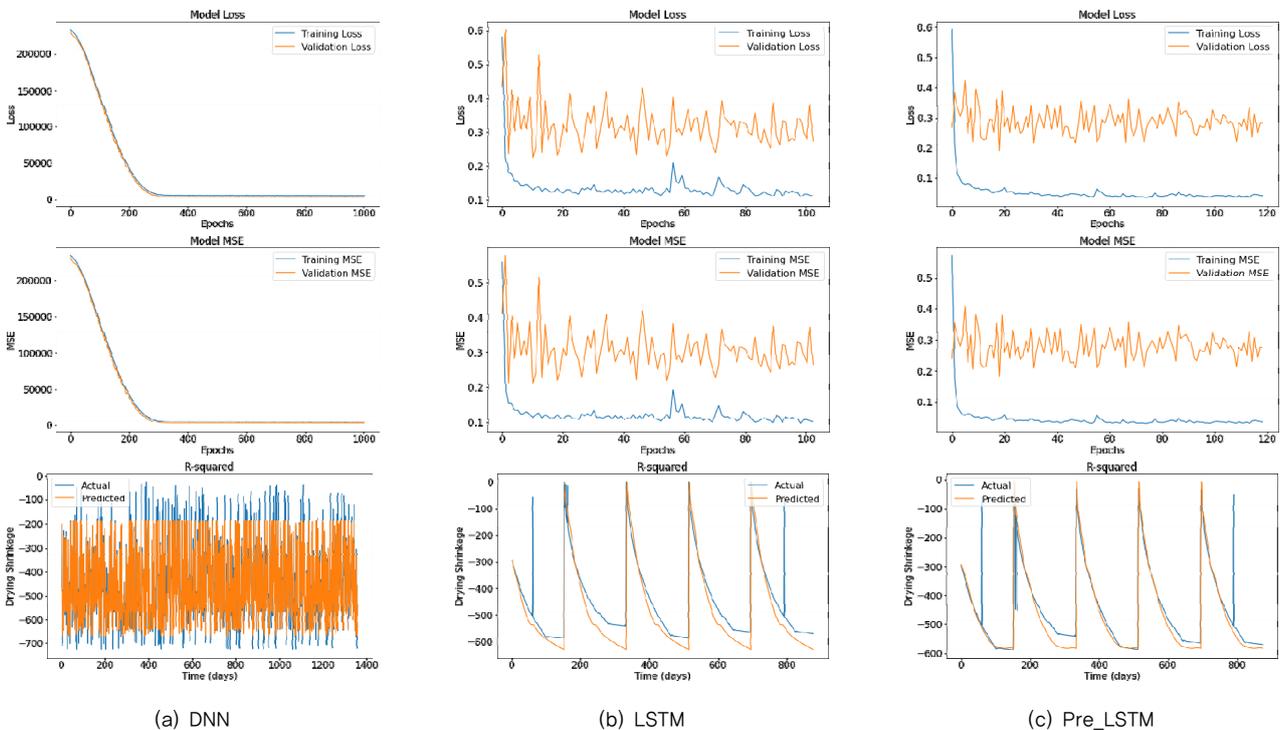


그림 1. 심층신경망 학습모델에 따른 예측성능 평가지표

4. 결론

본 연구에서는 콘크리트의 건조수축량 예측을 위해 DNN과 LSTM 학습모델을 활용하여 모델의 성능을 비교 분석하였다. 분석결과 DNN 학습모델은 약 51 %의 높은 오차율로 훈련 데이터에 과적합된 것으로 나타났다. 반면, LSTM 학습모델은 오차율 12 %로 DNN 학습모델보다 상대적으로 높은 정확도로 나타났다. 또한, LSTM 학습모델에서 데이터 전처리 수행한 Pre_LSTM 모델이 오차율 9 %, 결정계수 0.887로 가장 우수한 성능으로 나타났다.

참고문헌

1. Chen Y. Deep Feature Extraction and Classification of Hyperspectral Images Based on Convolutional Neural Networks. Article in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2015. Vol.54 No.10. pp. 1-20.