

LSTM & Transformer 기반 항만 물동량 시계열 AI 예측 기술 구현

신보겸¹, 박주아¹, 정혜정¹, 최가연¹, 장혜원¹, 이규영²

¹동덕여자대학교 정보통계학과

²한국과학기술원 정보보호대학원

qhrua1108@naver.com, wndk01@naver.com, jhjhj0516@naver.com
chlrkdus26@gmail.com, jhw2510@naver.com, leeahn1223@kaist.ac.kr

LSTM & Transformer-Based AI Implementation for Time Series Forecasting of Port Cargo Volume

Bo Kyeom Shin¹, Ju A Park¹, Hye-Jeong Jeong¹, Ga Yeon Choi¹, Hye Won Chang¹, Gyu-Young Lee²

¹Dept. of Statistics and Information Science, Dong-Duk Women's University

²Graduate School of Information Security, KAIST

요약

우리나라는 수출입 화물의 대부분이 항만 및 해상을 통해 운송되기 때문에 항만 경쟁력 강화를 위한 물동량 예측은 필수적이다. 본 연구에서는 시계열 데이터에 뛰어난 성능을 보이는 LSTM 과 Transformer 모델을 이용하여 물동량과 경제지수를 입력변수로 하는 항만 물동량 예측 모델을 구현하였다. 결론적으로 LSTM 기반 예측모델의 성능이 가장 우수함을 실험적으로 확인하였다.

1. 서론

우리나라 수출입 화물의 99.7%가 항만 및 해상을 통해 운송되고 있으며, 그중 75%가 부산항을 통해 운송되고 있다. 정확한 물동량 예측을 통해 물류 업체는 더 저렴한 운송 경로와 시점을 파악하여 물류비용을 절감할 수 있고, 운송 효율성을 높일 수 있다. 또한, 예측 물동량을 토대로 시설투자, 운영 계획을 사전에 수립하여 항만 운영 안정성을 확보할 수 있다. 그렇기에 항만 경쟁력 강화를 위해서는 항만의 물동량 예측이 필수적이다[1].

본 연구에서는 LSTM 과 Transformer 기술을 사용하여 시계열 데이터 예측 AI 모델을 구축하고, 성능비교 실험을 통해 효과적인 기술방안을 제시하였다.

2. 관련 연구

선행 연구에서 LSTM 모델과 물동량 및 여러 입력 변수를 활용하여 부산항의 컨테이너 물동량을 예측하였고, 실험 결과 물동량과 상관계수가 높은 변수를 사용하면 입력변수가 적은 모델이 성능이 좋음을 확인할 수 있었다[2].

LSTM(Long Short-Term Memory models)이란 RNN 의 장기 의존성 문제(Long-term

Dependencies)를 해결한 모델로, LSTM 은 4 개의 Layer 가 정보들을 주고받으며 직전 데이터 뿐만 아니라, 과거의 데이터까지 고려하여 미래를 예측할 수 있다.

Transformer 또한, 장기 의존성 문제를 해결할 수 있다. Transformer 는 인코더-디코더 구조로 되어 있으며 인코더 부분에서 계산하는 어텐션 점수(Attention Score)는 입력 데이터에서 더 중요한 부분에 주의를 기울이는 역할을 한다.

3. 제안 모델

3.1 입력변수

부산항 항만 물동량 예측인자로 거시경제지표를 사용하였다. 외부적 요인으로는 생산자 물가지수, 소비자 물가지수, 경상수지, 운송수지, 수출물가지수, 수입물가지수, 기준금리, 전산업 생산지수, GDP 를 설정하였으며, 내부적 요인으로는 두바이 유가, 달러 환율, 엔화 환율, 위안 환율, 미국, 일본, 중국, 베트남 GDP 를 사용하였다[3].

해양수산부 항만물류 통계 시스템 (PORT-MIS)의 2001 년 1 월부터 2023 년 12 월까지의 월별 부산항 항만 물동량을 분석 대상으로 설정하였다.

3-2. Transformer 예측 모델

본 연구에서는 Transformer 모델의 입력변수에 따른 부산항의 항만 물동량 예측 결과를 비교하기 위해, 단변량과 다변량 시계열 예측으로 나누어 실험을 진행하였다.

- (1) 실험 1: 부산항 항만 물동량 (Transformer 단변량 시계열 예측)
- (2) 실험 2: 내부적 요인 + 외부적 요인 (Transformer 다변량 시계열 예측, 총 17개 변수)

3-3. LSTM 예측 모델

본 연구에서는 시계열 데이터의 추세 및 계절성이 물동량 예측 결과에 미치는 영향을 확인하기 위해 선행연구에서 진행했던 LSTM 모델을 다시 사용하여 실험을 진행해 보았다.

추세와 계절성을 가진 시계열 데이터를 비정상 시계열이라고 하며, 측정 시점에 따라 기댓값과 분산이 달라진다. STL(Seasonal-Trend decomposition using Loess)을 통해 부산항 항만 물동량 데이터의 추세와 계절성을 분해한 후 LSTM 으로 부산항의 항만 물동량을 예측하였다[4].

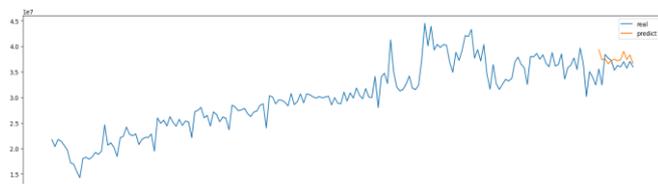
- (3) 실험 3: STL을 적용한 부산항 항만 물동량 (LSTM 단변량 시계열 예측)

4. 실험 및 고찰

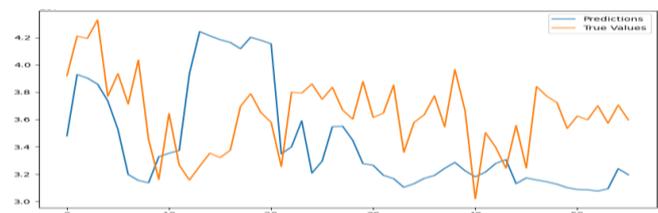
MAPE(평균 절대 백분율 오차)는 예측값과 실제값 사이의 오차를 백분율로 나타낸 평가 지표이며, 0에 가까울수록 모델이 데이터를 잘 설명하기에 모델의 성능을 평가하기에 적합하다.

<표 1> MAPE 성능 측정결과

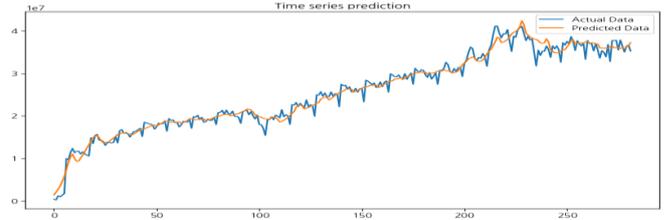
기반기술	Transformer		LSTM
구분	실험 1	실험 2	실험 3
MAPE	4.9236	12.0556	3.8759



(그림 1) 실험 1 Transformer 예측결과



(그림 2) 실험 2 Transformer 예측결과



(그림 3) 실험 3 LSTM 예측결과

그림(1)~(3)에서 파란선은 실제값, 주황선은 예측값을 나타낸다. 그림(3)이 가장 근사하게 예측하고 있으며, 표(1)에서 실험(3)의 MAPE 값이 제일 작기 때문에, 시계열 분해 기법을 적용한 실험(3) 모델이 가장 우수하다고 판단되었다.

5. 결론

본 연구의 실험 결과, Transformer 모델이 STL-LSTM 모델보다 낮은 성능을 보였으며, STL-LSTM 모델로 예측했을 때 제일 높은 성능을 확인하였다. Transformer 모델의 Attention을 활용한 학습은 기존의 LSTM 보다 높은 예측력을 가질 것이라고 예상했지만 해당 데이터가 시계열이라는 점에서 NLP 분야와 다르게 positional encoding 후 multi-head self-attention을 적용하면서 시간 순차성에 대한 정보 손실이 발생할 수 있기에 본 결과가 도출된 것이라고 예상된다.

따라서 다양한 시계열 분해 기법과 딥러닝 모델을 결합하여 예측 성능을 개선할 필요가 있으며, 향후 추가적인 입력 변수와 장기간의 데이터를 활용한 연구를 지속하면, 연구의 일반화 가능성을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 논문은 해양수산부 실무형 해상물류 일자리 지원 사업(스마트해상물류 x ICT 멘토링)을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1] 김두환. "딥러닝을 활용한 부산항 컨테이너 물동량 예측에 관한 연구." 국내박사학위논문 동아대학교 대학원, 2020. 부산
- [2] 김미선, 김예지, 김은수, 이보경, 한유리, 이규영 "딥러닝을 이용한 컨테이너 물동량 예측기술 구현", 2023.11 한국정보처리학회 학술대회논문집
- [3] 이승필, "부산항 컨테이너 물동량을 이용한 시계열 및 딥러닝 예측연구", 한국해양대학교 공학석사학위논문, p31-39, 2022.
- [4] 홍영범, 최종두. 시계열 데이터의 교차 검증을 활용한 융합적 모델 기반의 시계열 특징에 의한 코스피지수 예측. 한국경영과학회지, 2023, 1-21