

## XBT 데이터를 이용한 LightGBM 기반 동해 수직 수온분포 예측

김영주<sup>o</sup>, 이수진(교신저자)\*

<sup>o</sup>국방대학교 국방과학학과,

\*국방대학교 국방과학학과

e-mail: submakim@gmail.com<sup>o</sup>, cyberkma@gmail.com\*

### LightGBM Based Prediction of East Sea Vertical Temperature Profile Using XBT Data

Young-Joo Kim<sup>o</sup>, Soo-Jin Lee(Corresponding Author)\*

<sup>o</sup>Dept. of Defense Science, Korea National Defense University,

\*Dept. of Defense Science, Korea National Defense University

#### ● 요약 ●

최근 우리나라에서도 인공지능 모델을 이용한 수온 예측 관련 연구가 활발히 진행되고 있으나 한반도 주변 해역의 수온 예측 연구에서는 주로 해수면 온도만을 예측하는데 중점을 두고 있다. 본 논문에서는 XBT(eXpendable Bathy-Thermograph) 데이터와 LightGBM(Light Gradient Boosting Model)을 이용하여 잠수함 작전 및 대잠전(Anti Submarine Warfare)에 있어서 군사적으로 중요한 동해의 수직 수온분포를 예측하였다. 동해 특정해역의 해수면부터 수심 200m까지 측정된 XBT 데이터를 이용하여 모델을 학습시키고 성능 평가지표(MAE, MSE, RMSE)와 수직 수온분포 그래프를 통해 예측 정확도를 평가하였다.

**키워드:** 동해(East Sea), 수온 예측(Sea Temperature Prediction), XBT, 기계 학습(Machine Learning)

## I. Introduction

동해는 평균수심이 1,684m에 이르고, 깊은 수심과 다양한 해류의 특성으로 인하여 잠수함 작전 및 대잠전(Anti Submarine Warfare)에 있어서 군사적 중요성과 유용성이 크다고 알려져있다.

한편, 해양표층으로부터 음속이 최대가 되는 수심을 음향층심도(SLD : Sonic Layer Depth)라고 하며 해군작전전력은 일반적으로 수온 수직구조를 가지고 혼합층 깊이(MLD : Mixed Layer Depth)를 산출하여 음향층심도로 전용하여 사용하고 있다[1].

잠수함 작전 및 대잠전에서 음향층심도가 중요한 이유는 음향층심도 내에 해표면 도파관이(Surface Duct) 형성되고, 음향층심도에 따라 음파가 전달되지 않는 음영구역(Shadow Zone)이 형성되기 때문이다.

따라서 수직 수온분포 예측은 잠수함 작전 및 대잠전에 필수적인 층심도, 음영구역 등의 수중 환경 정보를 사전에 제공하여 효율적인 전력 운용 및 전장 가시화를 통해 성공적인 임무 완수에 기여할 수 있다.

이에 따라 본 연구에서는 해군정보단으로부터 제공받은 XBT(eXpendable Bathy-Thermograph) 자료와 LightGBM(Light Gradient Boosting Model)을 이용하여 수직 수온분포를 예측하였다.

## II. Related Work

최근 인공지능 모델을 이용한 수온예측 관련 연구가 활발히 이루어지고 있으나 한반도 주변 해역의 수온 예측 연구에서는 대부분 해수면 온도만을 예측한다.

대부분의 국내 관련 연구와 달리 [2]에서는 이어도 해양과학기지에서 관측한 기상데이터 및 수심별 수온 자료와 LSTM(Long Short Term Memory) 모델을 이용하여 수심 38m의 수온을 예측하였고 국외 연구인 [3]에서는 BOA\_Argo Data Set과 ConvLSTM(Convolutional LSTM) 모델을 이용하여 태평양 해역의 해수면부터 500m까지 수온을 예측하였다. 국외에서는 Argo Data Set을 이용하여 수직 수온분포 관련 예측 연구가 활발히 이루어지고 있으나 한반도 주변 해역의 수직 수온분포 예측 관련 연구는 부족한 실정이다.

## III. The Proposed Scheme

### 1. Data

XBT는 바다에 투하되어 센서가 침강하면서 수심별 수온을 측정하는 장치이다.

연구에 사용된 XBT 데이터는 2011년부터 2021년까지 동해 중부 특정해역에서 측정된 수온 데이터이고 실험을 위해 해수면부터 수심 200m까지 10m 단위로 수심별 수온 데이터를 추출하였다. 결측치 및 이상치 처리를 위해 수심별 평균 수온과 표준편차, 선형보간법을 이용하였고 데이터 전처리를 통해 가공한 데이터(그림 1)를 실험에 사용하였다.

## 2. Methods

모델은 LightGBM[4]을 이용하였고 2011년부터 2020년까지의 데이터를 Training Set으로 2021년 데이터를 Test Set으로 사용하였으며 15회의 측정 데이터를 이용하여 다음 1회의 수직 수온분포를 예측하였다.

## 3. Results

성능 평가지표로는 MAE(Mean Absolute Error), MSE(Mean Squared Error), RMSE(Root Mean Squared Error)를 사용하였으며 정확도는 각각 0.6191℃, 0.8521℃, 0.9231℃이다. 그림 2는 2021년 특정 일자의 예측값과 실제값을 비교한 그래프이다.

## IV. Conclusions

본 연구에서는 동해 특정해역의 XBT 데이터와 LightGBM을 이용하여 해군 잠수함 작전 및 대잠전의 핵심적인 요소인 수직 수온분포를 예측하였다. 15회의 측정데이터를 이용하여 다음 1회의 수직 수온분포를 예측하였으며 정확도는 MAE 0.6191℃, MSE 0.8521℃, RMSE 0.9231℃이고 수직 수온분포 그래프를 통해서도 예측값과 실제값이 유사함을 확인하였다.

향후 연구에서는 하이퍼파라미터 튜닝을 통해 모델의 정확도를 향상시키고 XGBoost, RandomForest 등 다양한 머신러닝 모델 및 시계열 데이터 분석에 우수한 성능을 보이는 LSTM 모델과 정확도를 비교할 예정이다. 또한, 예측된 수직 수온분포를 적용 및 활용할 수 있는 방안과 데이터를 활용하기 위한 XBT 측정 방안도 연구할 예정이다.

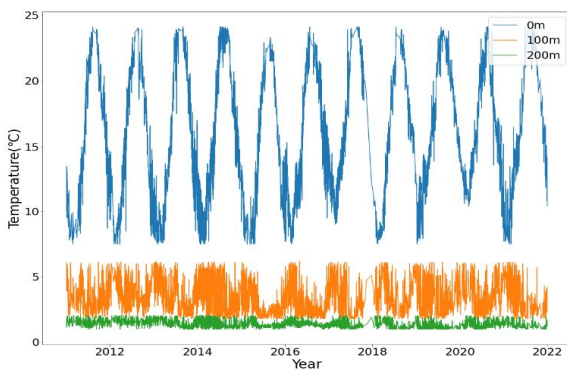


Fig. 1. Preprocessed Data

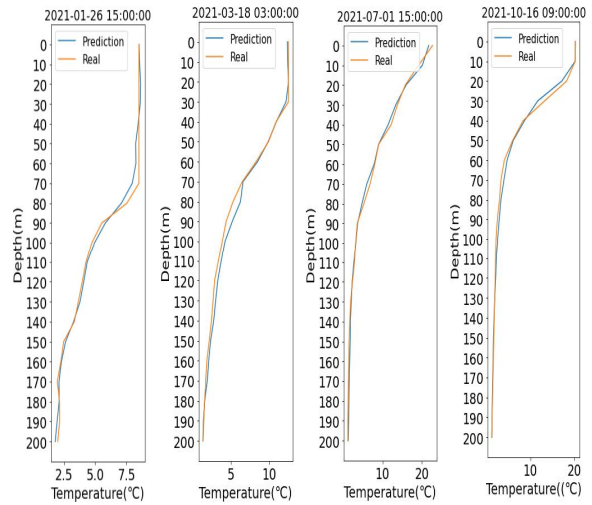


Fig. 2. Comparison of Predicted and Real Temperature

## REFERENCES

- [1] S.H. Im, "Analysis of Differences between the Sonic Layer Depth and the Mixed Layer Depth in the East Sea," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 19, No. 5, p. 1260, May 2015.
- [2] K.S. Ko, Y.W. Kim, S.H. Byeon, and S.J. Lee, "LSTM Based Prediction of Ocean Mixed Layer Temperature Using Meteorological Data," Korean Journal of Remote Sensing, Vol. 37, No. 3, pp. 603-614, Jun 2021.
- [3] J. Liu, T. Zhang, Y. Gou, X. Wang, B. Li and W. Guan, "Convolutional LSTM networks for seawater temperature prediction," 2019 IEEE International Conference on Signal, Information and Data Processing (ICSIDP), pp. 1-5, 2019.
- [4] G. Ke, Q. Meng, T. Finley, T. Wang, W. Chen, W. Ma, Q. Ye and T. Lie, "LightGBM : A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree," Advances in Neural Information Processing Systems 30 NIPS 2017.