

INTISARI

KLASIFIKASI TIPE DINAMIKA PERSAMAAN NIKOLAEVSKY MENGUNAKAN SKEMA *EXPONENTIAL TIME DIFFERENCING* (ETD) DAN PEMBELAJARAN MESIN

Oleh:

Michael Ismail Febrian

21/477680/PA/20683

Persamaan diferensial Nikolaevsky diturunkan oleh Nikolaevsky untuk memodelkan gelombang seismik longitudinal, elektrokonveksi, dan turbulensi lemah. Persamaan tersebut memiliki perilaku ketidakstabilan yang disebabkan oleh interaksi mode “*Nambu-Goldstone*” sehingga sulit untuk mendapatkan dinamika stabil. Selain itu, persamaan tersebut memiliki sifat *stiff* sehingga membutuhkan metode khusus untuk menyelesaikannya, dan salah satunya adalah ETD yang dapat mengatasi sifat *stiff* dari persamaan Nikolaevsky. Pada penelitian ini, pembelajaran mesin digunakan untuk memprediksi sifat prediktabilitas yang dikategorisasikan menjadi *predictable*, *unpredictable*, dan kritis menggunakan model *Fully Convolutional Network* (FCN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM). Dataset yang digunakan berasal dari solusi penyelesaian persamaan Nikolaevsky menggunakan metode ETD4RK. Suku redaman yang diperkenalkan terbukti menimbulkan transisi dinamika dari stabil ke tidak stabil. Hasil dari pelatihan pembelajaran mesin menunjukkan model memiliki akurasi yang cukup tinggi untuk mengklasifikasi tipe dinamika Nikolaevsky, namun model mengalami kesulitan jika hanya menggunakan dinamika transienatnya saja. Model LSTM juga memiliki kemampuan *forecasting* dinamika dengan memberikan konteks dan berhasil cukup baik dalam memprediksi dengan kondisi parameter tertentu.

Kata kunci : Nikolaevsky, Pembelajaran Mesin, *Exponential Time Differencing*, Prediksi Sistem Dinamika, Eksponen Lyapunov

ABSTRACT

CLASSIFICATION OF DYNAMIC TYPES OF NIKOLAEVSKY EQUATION USING EXPONENTIAL TIME DIFFERENCING (ETD) AND MACHINE LEARNING

By:

Michael Ismail Febrian

21/477680/PA/20683

Nikolaevsky differential equations were derived by Nikolaevsky to model longitudinal seismic waves, electroconvection, and weak turbulence. The equations have unstable behavior caused by the interaction of the “Nambu-Goldstone” modes, making it difficult to obtain stable dynamics. Furthermore, the equation is stiff in nature, requiring special methods to solve it, one of which is the ETD method that can handle the stiffness of the Nikolaevsky equation. In this study, machine learning is used to predict the predictability properties that categorized into predictable, unpredictable, and critical from the Nikolaevsky equation system using the Fully Convolutional Network (FCN) and Long Short-Term Memory (LSTM) models. The datasets used comes from the solution of the Nikolaevsky equation that is solved using ETD4RK method. The introduced damping term proven to be able to cause a transition from stable to unstable dynamics. The results of machine learning training show that the models have high enough accuracy to classify the type of Nikolaevsky dynamics, but the model has difficulty if it only classifies from its transient dynamics. The LSTM model also has dynamic forecasting capabilities by providing context and is quite successful in predicting under certain parameter conditions.

Keywords: Nikolaevsky, Machine Learning, *Exponential Time Differencing*, Prediction of Dynamical Systems, Lyapunov Exponent