

学位被授与者氏名	李 誠 (LI CHENG)
学位の名称	博士 (工学)
学位番号	博 (一) 第68号
学位授与年月日	2023年3月20日
論文題目	Stock Market Forecasting and Analysis Using Artificial Neural Network Algorithms
論文題目 (英訳または和訳)	人工ニューラルネットワークアルゴリズムによる株式市場の予測・分析
論文審査委員	委員主査 : 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 宋 宇 同審査委員副査 : 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 田嶋 拓也 同審査委員副査 : 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 藤岡 寛之 同審査委員副査 : 福岡工業大学大学院物質生産システム工学専攻教授 朱 世杰
論文審査機関	福岡工業大学大学院工学研究科
論文内容の要旨 (和文)	<p>近年、ITの急速な発展に伴い、ビッグデータや機械学習理論もめざましい進歩を遂げている。データを大量に収集し、そしてそれを機械学習技術で分析することが徐々に産業の各分野に浸透し、農業、医療、軍事、金融などの研究分野で広く利用されるようになった。株式市場における株価予測もその潜在的な収益性から、多くの研究者や投資家を惹きつける注目の研究対象となっている。</p> <p>本論文では、人工ニューラルネットワーク (ANN: Artificial Neural Network)、とりわけディープラーニングなどの機械学習技術を用い、株式市場で収集される時系列データの予測を試みる。</p> <p>使用するデータセットは日経平均株価指数と一部の個別銘柄のデータで構成されている。まず、ANNモデルとメタヒューリスティクス手法を結合させるハイブリッドANNモデルに対して、活性化関数の違いの影響を調査し、活性化関数を適切に選択することで、モデルの予測精度を効果的に向上させることができることを明らかにした。また提案したモデルに基づいて、株式の投資戦略を提案しシミュレーションを行った。</p> <p>しかし、従来のANNモデルは適応性が低く、データセットの増加に伴いニューロン数が増加し、モデルの学習が困難になったため、株価変動の予測にはより強い学習能力と広いカバー範囲を持つディープラーニングを取り入れた。</p> <p>通常、長い時系列データを予測する場合、系列が長ければ長いほど、収束スピードが遅くなり結果が悪くなる。これを克服するためにLSTM (Long Short Term Memory) モデルが提案されているが、本研究では、日経平均株価指数を予測ために、モデルの構造を改良し、複数特性値による予測モデルを提案した。同時に、特徴を抽出したいいくつかのテクニカル指標を取り入れ、データセットを拡張した。その結果、データ拡張後のデータセットを用いた場合、提案モデルで良い結果が得られた。また、CNN-LSTMモデルやエンコーダ・デコーダLSTMモデルと比較し提案モデルが優位であることがわかった。</p> <p>本論文の構成は以下の通りである。第1章では、本論文の背景、研究目的、方法、構成を説明し、関連する先行研究を紹介する。第2章では、ハイブリッドANNモデルを日本の株式市場の予測に適用し、活性化関数を変化させ、ANNモデルの予測性能を向上させるための適切な活性化関数を選定した。第3章では、LSTMモデルを改良し、単一特性値による予測モデルから多特性値による予測へのモデルを提案した。また、比較モデルとして、オリジナルLSTMモデルを基にCNN-LSTMモデル、エンコーダ・デコーダLSTMモデルを構築した。第4章は上記の研究結果をまとめ、今後の課題などについて述べた。</p>
論文内容の要旨 (英文)	<p>With the rapid development of machine learning, collecting data and using machine learning techniques to analyze and predict the data has become more and more important in industry development, and it is widely used in research fields such as agriculture, medicine, military and finance. In particular, stock market index prediction is a hot field that attracts many researchers and investors due to its potential profitability.</p>

In this paper, we use machine learning technology such as neural network method and deep learning method to forecast financial time-series data. The data set is mainly composed of Nikkei 225 and some individual stocks.

The original artificial neural network (ANN) model is improved by changing different combinations of activation functions. We applied the improved model from stock market index to individual stocks and then proposed an investment strategy. However, the shallow neural network model is not very adaptable, and the number of neurons increases with the increase of the data set, and the model becomes difficult to train. For this reason, we chose deep learning, which has a stronger learning ability and broader coverage, for stock market movement prediction.

When forecasting long time series data, the longer the series, the slower the convergence speed and the worse the results. Long-short term memory (LSTM) model is developed to overcome these difficulties. In forecasting Nikkei 225, we improved the structure of the LSTM model to realize the model from univariate forecasting to multivariate forecasting. At the same time, we computed some technical indicators as feature extraction and augmented the dataset. The results show that the improved LSTM model can process multivariate data efficiently after data augmentation. It is the best performer compared with CNN-LSTM model and encoder-decoder LSTM model.

The structure of this thesis is as follows. In Chapter 1, the background, motivation, significance, method and the structure of this thesis are introduced in detail. The research status is also presented. It includes traditional time series prediction methods, neural networks and some other machine learning methods, deep learning methods. In Chapter 2, a hybrid ANN model is applied to predict the Japanese stock market. We changed activation function to test the prediction performance of the ANN model. In Chapter 3, an LSTM model is improved to achieve the model from single-feature prediction to multi-feature prediction. Compared with the other variants, such as a CNN-LSTM model and an encoder-decoder LSTM model, the improved LSTM model performs better. The conclusion is summarized in Chapter 4. The results are concluded and analyzed in general terms.

論文審査結果

株式市場において様々な要素が複雑に影響し合い、その結果として形成される株価の予測は非常に困難な課題である。古くから統計的な手法による予測に関する研究が盛んに行われてきたが、満足できる結果が得られたとは言いがたい。それに対して、近年はITの急速な発展に伴い機械学習を活用する研究が大きく進展し、注目を浴びている。この研究は、複数の人工ニューラルネットワーク(ANN: Artificial Neural Network)手法を用い、日本の株式市場における株価指数及び個別銘柄の株価予測を試みる。また、予測結果に基づく投資戦略の提案を行う。さらに、時系列データ予測に用いられるLSTM(Long Short Term Memory)モデルをベースに改良モデルを提案し、様々な知見の獲得を試みる。

これらの研究成果は、学術論文1編(うち第一著者1編)と国際会議発表6編(うち第1著者3編)、国内学会発表2編(うち第1著者2編)として発表されている。学位論文はそれらをベースにして、4章から構成されている。第1章では研究の背景・目的・新規性等を紹介する。第2章では個別銘柄の日次データに対して株価変動方向について予測を行う。そのためには先行研究で提案された遺伝的アルゴリズムと誤差逆伝播法のハイブリッドモデルに対して、活性化関数の最適化により予測精度の向上を図る。さらに予測結果を活用する投資戦略を提案し、シミュレーションに基づき投資戦略の有効性を検証する。第3章では、LSTMモデルを改良し、日経平均株価日次データの予測に応用する。また、提案された改良モデルに基づく予測結果を先行研究や他のモデルの比較を行い、先行研究や他のモデルに対する優位性を示す。第4章では、本論文の主要な結果をまとめ、今後の課題について記述する。

	<p>この論文の新規性とその成果は次のようにまとめられる。まず、従来の研究においては予測精度の比較にとどまるものがほとんどであるが、本研究のハイブリッド ANN モデルは予測精度を高めたのみならず、それに基づく投資戦略も提案・検証しており、実用性が認められる。また、改良 LSTM モデルについての研究では、先行研究を上回る結果が得られたとともに、時系列解析において様々な深層学習モデルの有効性についての知見も得られた。これらの結果は学術的にも実務的にも非常に重要である。</p> <p>以上の研究結果から、審査委員会は提出論文が学位論文に適合していると判定した。</p> <p>2023年2月22日に行われた学位論文公聴会においては研究内容について発表した。論文内容に関連する種々の理論的及び応用に関する質問があったが、いずれも適切な回答を行うことができた。また公聴会後の最終試験においては、学位論文に関連する分野の学識を有し、今後研究を進めていくための研究能力と語学（英語）力も十分備えていると判断した。</p> <p>以上より、学位審査委員会は 李 誠 氏の最終試験結果を合格と判定した。</p>
<p>主な研究業績</p>	<p>参考論文 4 編 1 冊</p> <p>(査読付き学術論文：第一著者 1 編)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>C Li</u>, Y Song, “Applying LSTM Model to Predict the Japanese Stock Market with Multivariate Data”, Journal of Computers, (accepted).</li> </ol> <p>(査読付き国際会議論文：第一著者 2 編)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>C Li</u>, Y Song, “Application of Artificial Neural Network in Predicting the Direction of Stock Price”, in: Proc. The 3<sup>th</sup> International Conference on Production Management (ICPM), 2017.9.</li> <li>2. <u>C Li</u>, Y Song, “An Investment Strategy for Individual Stock Based on Prediction Using ANN”, in: Proc. The 11th Triennial International Conference of the Association of Asia Pacific Operational Research Societies (APORS), 2018.8.</li> <li>3. M Qiu, C Li, Y Song, “Application of the Artificial Neural Network in predicting the direction of stock market index”, 10th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS). IEEE, 2016.7: 219-223.</li> </ol>