THE EURO TO DOLLARS RATE EXCHANGE FORECASTING USING NONLINEAR AUTOREGRESSION WITH EXOGENOUS

NARIN KHUMSORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
(TECHNOLOGY OF INFORMATION SYSTEMMANAGEMENT)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2015

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

Thesis
entitled

THE EURO TO DOLLARS RATE EXCHANGE FORECASTING USING NONLINEAR AUTOREGRESSION WITH EXOGENOUS

…….....
Mr. Narin Khumsorn
Candidate

.....
Asst. Prof. Supaporn Kiattisin,
Ph.D. (Electrical and Computer Engineering)
Major advisor

.....
Asst. Prof. Adisorn Leelasantitham,
Ph.D. (Electrical Engineering)
Co-advisor

.....
Lect. Waranyu Wongseree,
Ph.D. (Electrical Engineering)
Co-advisor

…….....
Prof. Patcharee Lertrit,
M.D., Ph.D. (Biochemistry)
Dean
Faculty of Graduate Studies
Mahidol University

…….
Asst. Prof. Supaporn Kiattisin,
Ph.D. (Electrical and Computer Engineering)
Program Director
Master of Science Program in Technology of Information System Management
Faculty of Engineering
Mahidol University

Thesis
entitled

THE EURO TO DOLLARS RATE EXCHANGE FORECASTING USING NONLINEAR AUTOREGRESSION WITH EXOGENOUS

was submitted to the Faculty of Graduate Studies, Mahidol University
for the degree of Master of Science
(Technology of Information System Management)
on
February 14, 2015

…….....
Mr. Narin Khumsorn
Candidate

.....
Lect. Sotarat Thammaboosadee,
Ph.D. (Information Technology)
Chair

…….....
Asst. Prof. Supaporn Kiattisin,
Ph.D. (Electrical and Computer Engineering)
Member

…….
Asst. Prof. Adisorn Leelasantitham,
Ph.D. (Electrical Engineering)
Member

…….....
Asst. Prof. Wimol San-um
Ph.D. (Electrical Engineering)
Member

…….
Lect. Waranyu Wongseree,
Ph.D. (Electrical Engineering)
Member

…….....
Prof. Patcharee Lertrit,
M.D., Ph.D. (Biochemistry)
Dean
Faculty of Graduate Studies
Mahidol University

…….
Lect. Worawit Israngkul,
M.S. (Technical Management)
Dean
Faculty of Engineering
Mahidol University

ACKNOWLEDGEMENTS

This successfully thesis supports and takes care from my major encouragements advisor, Asst. Prof. Supaporn Kiattisin, my co-advisor, Lect. Adisorn Leelasantitham, and Lect. Wanranyu Wongseree. I would like to show my sincere thankfulness for all their invaluable encouragement, guidance, supervision, suggestion and support throughout this research.

A special acknowledgement goes to all the lecturers and staff of the Technology of Information System Management Program, Faculty of Engineering, Mahidol University for their services and support. I would like to thank all of my friends for their helps and motivation.

Thank the most important in my family. I am very thankful for all their support, their care and love them all. They were inspired to completion this research.

Narin Khumsorn

THE EURO TO DOLLARS RATE EXCHANGE FORECASTING USING NONLINEAR AUTOREGRESSION WITH EXOGENOUS

NARIN KHUMSORN 5536269 EGTI/M

M.Sc. (TECHNOLOGY OF INFORMATION SYSTEM MANAGEMENT)

THESIS ADVISORY COMMITTEE: SUPAPORN KIATTISIN, Ph.D., ADISORN LEELASANTITHAM, Ph.D., WARANYU WONGSEREE, Ph.D.

ABSTRACT

There are seven major currencies in the foreign exchange market (FOREX): United States Dollars (USD, Pounds (GBP), Australian Dollars (AUD), Canadian Dollars (CAD), Euros (EUR), Swiss Francs (CHF) and Yen (JPY) and currencies are sold as pairs (currency pairs).This paper presents forecasts of the EUR/USD currency pair using nonlinear autoregression with exogenous inputs (NARX) to predict the foreign exchange market from 1st January,2014 to 30th December,2014. The data was divided into three series, hourly, daily and weekly.

The results of this study show that the prediction data of EUR/USD exchange rate by using NARX is satisfactory, accurate and precise.

KEY WORDS: FOREX / NARX / FORECAST

36 pages

การพยากรณ์อัตราการแลกเปลี่ยนยูโรกับดอลลาร์โดยใช้สมการถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น
THE EURO TO DOLLARS RATE EXCHANGE FORECASTING USING NONLINEAR AUTOREGRESSION WITH EXOGENOUS

นรินทร์ คำซอน 5536269 EGTI/M

วท.ม. (เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : สุภาภรณ์ เกียรติสิน, Ph.D., อดิศร ลีลาสันติธรรม, Ph.D., วรัญญู วงษ์เสรี, Ph.D.

บทคัดย่อ

การวิจัยอัตราการแลกเปลี่ยนเงินระหว่างประทศ (Foreign Exchange Market) มีวัตถุประสงค์เพื่อการพยากรณ์ สกุลเงินที่ใช้ในตลาด Forex มีอยู่หลายสกุลเงิน หลักๆมี 7 สกุลเงิน คือ ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา (USD) ยูโร (EUR) ปอนด์ (GBP) เยน (JPY) ดอลลาร์แคนาดา (CAD) สวิสฟรังค์ (CHF) และดอลลาร์ออสเตรเลีย (AUD) และในการซื้อขายของสกุลเงินนั้นจะทำการขายเป็นคู่สกุลเงิน (Currency Pair) และในการงานวิจัยฉบับนี้ ก็จะใช้ สกุลเงินหลักๆคือ EUR/USD, USD/CHF โดยวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบ สมการถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear autoregression with exogenous)ในการพยากรณ์แนวโน้มอัตราแลกเปลี่ยนเงินระหว่างประเทศ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2557 –30 มกราคม 2558 โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ชุดข้อมูลรายชั่วโมง, ชุดข้อมูลรายวัน และรายเดือน

ผลกำรวิจัยพบว่าการการพยากรณ์ข้อมูลอัตราการแลกเปลี่ยนยูโรกับดอลลาร์ โดยใช้การวิเคราะห์แบบสมการถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น(Nonlinear autoregression with exogenous) ผลออกมาเป็นที่น่าพอใจได้ถูกต้องและแม่นยำ

36 หน้า

CONTENTS

	Page
ACKNOWLEDGEMENTS	**iii**
ABSTACT (ENGLISH)	**iv**
ABSTACT (THAI)	**v**
LIST OF TABLES	**viii**
LIST OF FIGURES	**ix**
CHAPTER 1 INTRODUCTION	**1**
1.1 Background and problem statement	1
1.2 Objectives of study	3
1.3 Scope of the work	3
1.4 Expected Result	3
CHAPTER 2 LITERATURE REVIEW	**4**
2.1 FOREX Market	4
2.2 Price Action	6
2.3 Time Series	7
2.4 NARX Model	8
2.5 Related Research	10
CHAPTER 3 RESEARCH METHODOLOGY	**12**
3.1 Research methodology	12
3.1.1 Collecting the data from forex market.	12
3.1.2 EUR/USD Management	13
3.1.3 The usage of NARX in Mathlab	15

CONTENTS (cont.)

	Page
CHAPTER 4 RESULTS	**21**
4.1 Results	21
CHAPTER 5 CONCLUSION AND RECOMMENDATION	**24**
5.1 Conclusion	24
5.2 Recommendation	24
REFERENCES	**25**
APPENDICES	**27**
Appendix A	28
Appendix B	30
Appendix C	31
BIOGRAPHY	**36**

LIST OF TABLES

Table		Page
2.1	The Duration of trading	5
2.2	The currency trading	5
3.1	Hourly data of EUR/USD with open/low/high/close prices.	14
4.1	EUR/USD prediction of one step ahead results in hours	21
4.2	EUR/USD prediction of one step ahead results in days	22
4.3	EUR/USD prediction of one step ahead results in weeks	22

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1.1	The Graph of EUR/USD currency in an hours	4
2.1	The simple chart in price action	6
2.2	The simple candle in price action	7
2.3	The architecture of NARX	8
2.4	NARX Series in MATHLAB	9
3.1	Metatrader4 terminal of program	12
3.2	Historical data of EUR/USD	13
3.3	Neural network tool with time series	15
3.4	Neural network time series tool of import data	16
3.5	The data of EUR/USD in Mathlab	16
3.6	The screen of the default validation and Test Data.	17
3.7	The screen of network architecture with the parameter setting of the hidden number of neurons and number of delays.	18
3.8	The training process of NARX network	19
3.9	The various number of hidden neurons	20
4.1	Chart of the daily forecast price	23

CHAPTER I
INTRODUCTION

1.1 Background and problem statement

The foreign exchange market (FOREX) is the place for trading the currencies. The currencies are considerable to the most people in this world, because currencies are needed to exchange in order to manage the foreign trade and business. The traders in United States of America (USA) buy the French loaf from France in Euro. This means that the U.S. trader has to exchange the money of U.S. dollars (USD) into euros with the currency of the Euro.

A Chinese tourist in Thailand cannot pay in euros for sightseeing of the Wat Phra Kaew, because the local people do not accepted the currency of Euro. Therefore, the tourist has to exchange the Chinese Yuan (CNY) for the local currency of the Thai Baht (THB) at the exchange market. Many people expect the about high returns compared to the capital market. The short-term market could make the profit for 10-20% per day with opportunity. The Forex can buy or sell of the profit every 24 hours a day from Monday to Friday. The FOREX market are many pair of currencies in the major pairs, given as the U.S. dollars to the Swiss franc, The U.S. dollars to the Japanese yen , The British pounds to the U.S. dollars, and The euros to the U.S. dollars, as shown in Figure 1.1.

Figure 1.1 The Graph of EUR/USD currency in an hours.

The time series forecasting is way the statistics of historic data to explain the relation of time series pattern to predict data time series. The price action effect trending FOREX market. Nonlinear autoregressive inputs (NARX) models is a recurrent dynamic network with feedback connections including any layers of the network. The NARX model depends on the linear ARX model is used in time series. Forex currency data in experiment is EUR/USD (The euros to the U.S. dollars) during from 1 January 2014 - 30 January 2015 for NARX model experiment.

1.2 Objectives

- To study and simulate the performance of nonlinear autoregression with exogenous inputs model (NARX) in terms of timing by MATLAB.
- To apply the trading system for buying and selling the profit in short term or long term period.
- To decrease decision timing for forecasting the value in NARX.

1.3 Scope of the work

The MATHLAB program version R2013a is proposed for implementation. The graphical user interface NARX Model is applied to predict FOREX market. The historical stock data used is the data of the euro to the U.S. dollars (EUR/USD) during 1st January 2014 - 30th January 2015. The price actions are given as: open price, high price, low price, and closed price, respectively.

1.4 Expected result

1.4.1 To make the decision for Forex trading with prediction model.

1.4.2 To develop and improve the accuracy of prediction.

CHAPTER II
LITERATURE REVIEW

This research applies the prediction method by nonlinear autoregressive network with exogenous for the foreign exchange market. In this chapter we present the theories and relate research as follows.

1. Forex Market,
2. Price Action,
3. Time series,
4. NARX model,
5. Related Research**.**

2.1 Forex Market

Foreign exchange market (FOREX) [1] is the world's largest monetary foundation. The trading volume is more than 4 billion dollar per day. FOREX, a currency trading pairs market, can buy and sell through the broker/dealer. We trade with the Japanese currency so as to make the profit with the growth of Japan's economy.

The Forex market is no location or the center. The headquarters are same other stock markets. The market is classified for Over the Counter (OTC) or Bank "Interbank" with the fact that all marketing are communicated. With the network of inter-banks of 24 hours a day. Forex currency market covers all currencies. Forex market can trade on 24 hours from 5 days. In the Forex market, traders can trade from anywhere. The Forex market is the most active in the US and European markets opened near closed. Time during is between 13:00 GMT and 17:00 GMT, as shown in table 2.1 Duration of trading.

Table 2.1 The Duration of trading.

Country	Duration of trading	New York	Public time
Tokyo	open	19:00	0:00
New York	open	8:00	13:00
London	close	24:00.	17:00
New York	close	17:00	22:00
Tokyo	open	19:00	0:00
Tokyo	close	4:00	9:00
London	open	3:00	8:00

The value will fluctuate rapidly to create both the opportunities and risks for investors. The basic principles of Forex trading is that we can buy at a low price and sold out at a higher price. This allows we to table the profit. Alternatively, we sell at a higher price and buy at a reduced price, called short selling, The trader takes time and practices for the prediction of the rise/fall of money to be success in the market. The Forex indicator affect the value of one currency against another currency. The currency trading is shown in table 2.1.

Table 2.2 The currency trading.

Abbreviation	Country	Currency
USD	United States	Dollar
JPY	Japan	Yen
GBP	Great Britain	Pond
CAD	Canada	Dollar
EUR	Euro members	Euro
AUD	Australia	Dollar
CHF	Switzerland	Franc

2.2 Price Action

The price action [2], a form of technical analysis using the candles bar on chart, presents the price data. The price data shows the action of market working with the open price, high price, low price, close price respectively with specified time range. Open price is a horizontal line extending to the left of the graph. This means the opening price of the currency pair. High price is the highest point of the graph. Low price is the lowest point of the graph. Close price is a horizontal line extending to the right of the graph for bar chart. This means the closing price of the currency pair. Volume price is the number of shares (or contracts) traded in the period. All global news and economics data are the effective prices in any echo on the price chart. Price action takes any following economy news, as shown in Figure 2.2.

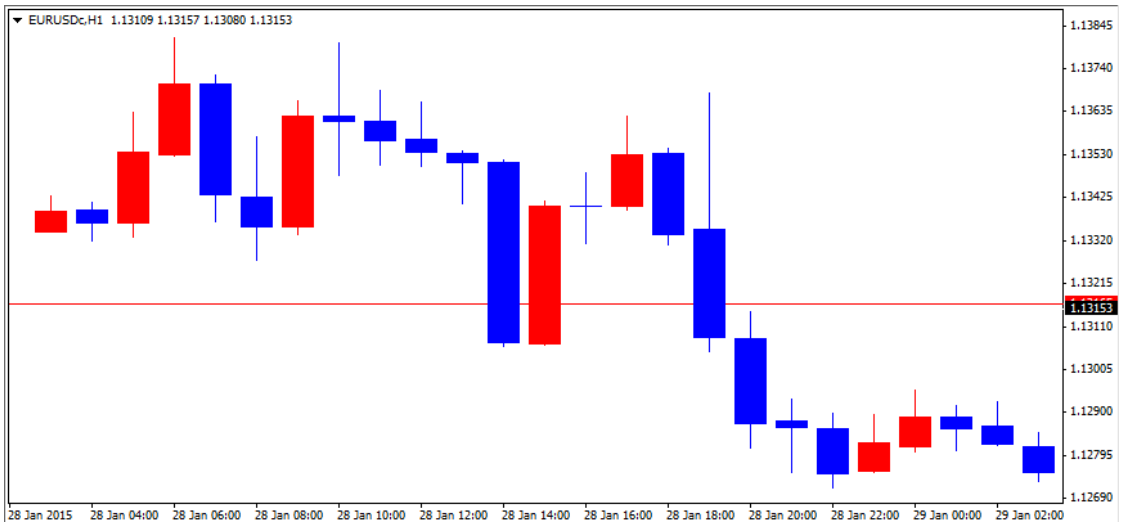


Figure2.1 The simple chart in price action.

The candle consists of a body high/low/open/close position. The candle explains the low and high price of time frame. The candle is the price driving from the opening price. The difference of candle sizes depend on moving up/down the pricing with its opening price ie., a bullish is uptrend, and bearish is downtrend candle, as shown in Figure 2.2.

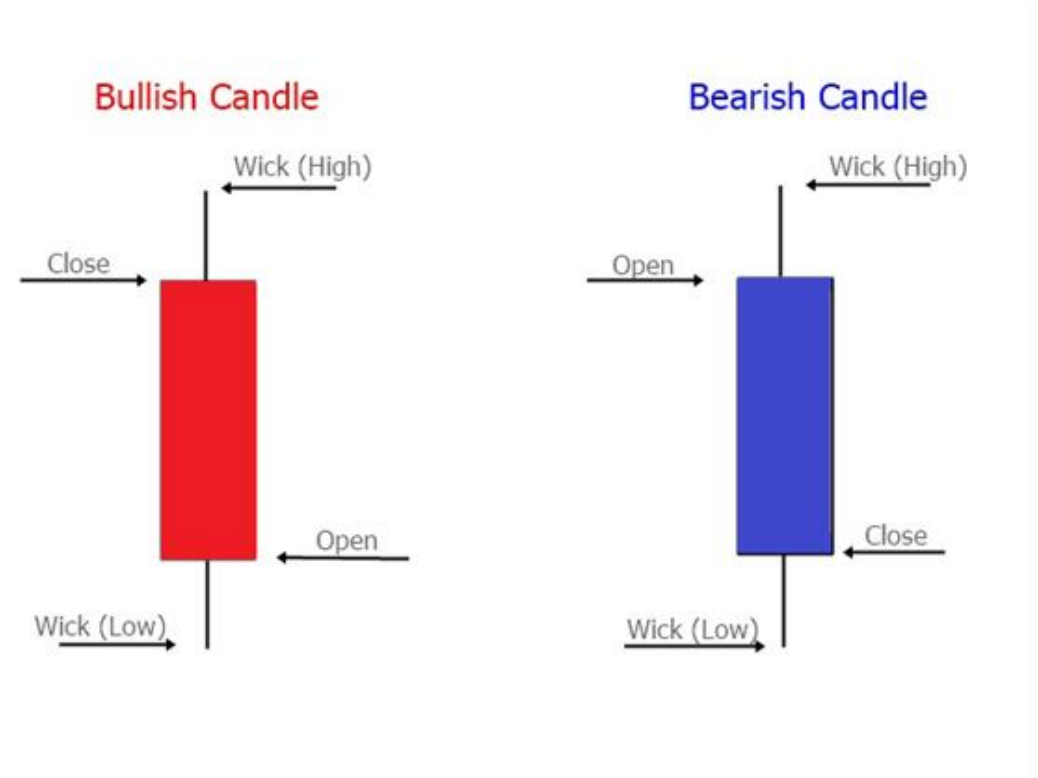


Figure2.2 The simple candle in price action.

2.2 Time series

Time series is the set of quantitative data at that time. For example SET Index closes trading for a day, the profit of national income and the income company per year / month depend on the appropriates usage .

Time series forecasting is the statistical method based on the historical data to find the relationship between the data source and time series with pattern to predict the data. Time series forecasting method can be separated into 2 groups for linear approach, given as : ARIMA (Autoregressive integrate moving average) and NARX (The nonlinear autoregressive network with exogenous).the business data is changing all times, trader or invertor need to develop the prediction by discussion plan. In development time series part is discussed, and is in control.

2.4 NARX Model

The nonlinear autoregressive network with exogenous inputs (NARX) [3] is a recurrent dynamic network with feedback connections enclosing the layers of network based on the linear ARX model in time-series modeling. The performances of the NARX model is to apply the input for neural network related with the neurons layer to obtain the prediction by NARX [4]. The time series is the sequence vectors depend on time t, given as:

$$y(t),\ t = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots \tag{2.1}$$

The defining equation for the NARX model is

$$y(t) = f(y(t-1), y(t-2), \ldots, y(t-n_y), u(t-1), u(t-2), \ldots, u(t-n_u)) \tag{2.2}$$

.

Where the next value of the dependent output signal y(t) is regressed on before the output signal. The prior values is independence input, we use NARX with the feed-forward neural network close to the function of f diagram network. The diagram is shown the two levels of feed forward networks estimation. This operation gives the ARX vector format for the input/output to many dimensions.

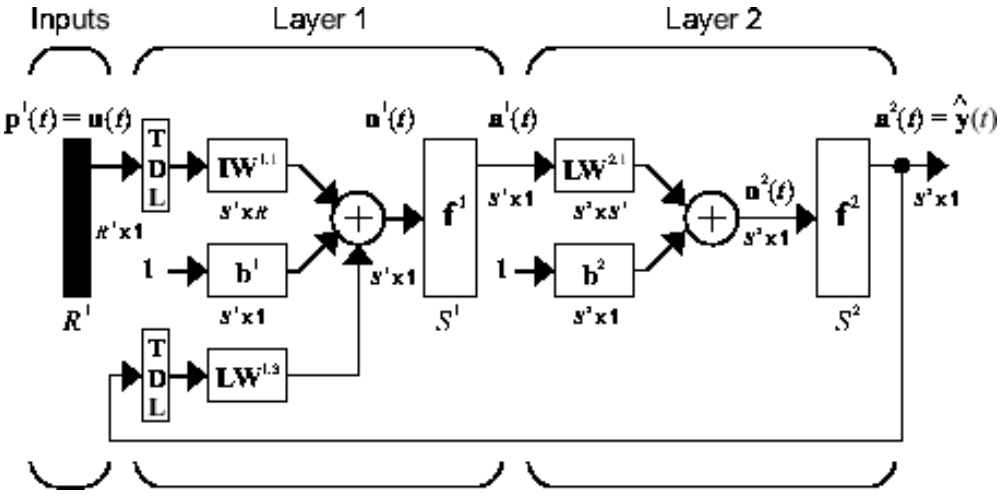


Figure2.3 The architecture of NARX.

From Eq. (2.3), the NARX's output at the time (t) would be used as a feedback input for the next time (t+1). The NARX network consists of one hidden layer, one output layer, and one input layer with a feedback taken from output, as shown in Figure 2.4 [4]. As the hidden and output layers, the input is propagated through the hidden layer and output layer in the same way. However, the recurrent input layer, the input layer with feedback, is given as:

$$y_{in}(t+1) = x(t+1) + y_k(t) \quad . \tag{2.3}$$

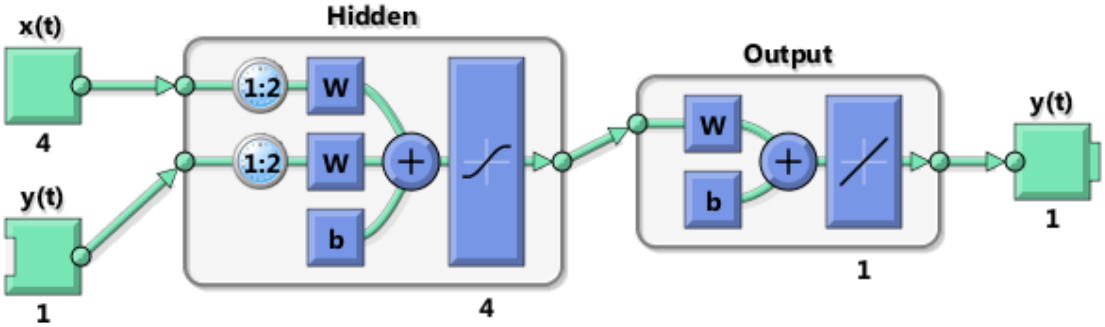


Figure2.4 NARX Series in MATHLAB.

NARX architecture is shown in Figure 2.4. The input of x(t) uses number of delays with two to the weight the functions as weighted inputs. The weighted inputs put in the Sigmoid Function, is a logistic function in Eq (2.4)**.**

$$\sigma(t) = \frac{1}{1+e^{-\beta t}} \, . \tag{2.4}$$

Note: β is a slope parameter. The sigmoid is constructed with the hyperbolic tangent function, called a tan-sigmoid. The hidden layer gets the output of sigmoid function to connect the output layer. The output layer likes the hidden layer, but the transfer function uses liner function as shown in Eq (2.5). The liner transfer function feeds the output back to the hidden layer.

$$H(s) = \frac{y(s)}{u(s)} = \frac{num(s)}{den(s)} = \frac{num(1)s^{nn-1} + num(2)s^{nn-2} + \ldots + num(nn)}{den(1)s^{nd-1} + den(2)s^{nd-2} + \ldots + den(nd)}, \tag{2.5}$$

Where H (s), U (s) and Y (s) are the Laplace transform output,input and noise, respectively. num(s) and den(s) are the number and variety polynomials. The definition relationship are between input and output.

Several sources state that NARX network is outperform to other recurrent networks like Elman networks in forecasting time series and financial time series [5][6]

2.5 Related Research

Diaconescu [3] predicted the chaotic time series with neural network using NARX model. Many types of chaotic time series were used as the inputs for neural network with the number neurons to gain the new methods in competence process to predict the chaotic time series using NARX model.

Gao et al. [8] used the nonlinear autoregressive moving average with exogenous inputs (NARMAX) model based time series by the fuzzy neural network. With scope of feed forward and recurrent fuzzy neural network, in experiment, the predicted performance of NARMAX models and the advanced generalized fuzzy neural network approaches could be studied for complicated time series in exceed famous methods.

Zhang [9]-[10] predicted business information which often contains information by the mixed linear and non-linear ARIMA and neural networks in combination to. ARIMA described the components of linear and ANN model. The two nonlinear components were recombined together to create prediction method, was called Hybrid Model. ARIMA model was appropriate method for linear data. The remainder of the analysis was applied to ARIMA was nonlinear analysis by ANN to learn the behavior and to conduct hybrid modeling. Historical data used in the study was the data of every 3months of the industry time series data set during 1947 - 2001. The 3 companies in the United States were the section of Clothing, Residential utilities and Auto Products. With the modeling, ANN was consider with the total of 60 self-contains with single layer into a number of nodes between 1 and 6 nodes. The first layers had the number of nodes between 1 and 10 nodes, and the result layer had

a single node of data. Time series was treated the trend from the data analysis and regression. The result showed that the combined value of forecasting model was more than the ARIMA and ANN.

Zhang et al. [11] used the recurrent neuro-fuzzy network for nonlinear process modeling. The control strategy was to calculate the control actions to avoid time consuming process of nonlinear programming as the conventional nonlinear model-based predictive control. This technique had been successfully used in the modeling and the process control of neutralization.

Pham et al [12] used a hybrid of NARX and autoregressive moving average model for long-term prediction with vibration data. The final prediction result were target from the total results of the single models. The performance of the NARX–ARMA model was then measured by the data of low compressor received from the restriction monitoring routine. In order to assure the progress of the proposed method, the correlative study of the prediction results from NARX–ARMA model and conventional models was also transported. The correlative results showed that NARX–ARMA model was excellent and could be used as tool for machine state prediction.

CHAPTER III
RESEARCH METHODOLOGY

For the forex data forecast in EUR/USD by using NARX model, the research tools used in experiment are MATLAB R2010a Program and Mata trader4 (MT4). The descriptions are given as follows.

3.1 Research Methodology

3.1.1. Collecting the data from forex market

We download the Metatrader4 on the website of program: http://www.metatrader4.com/ to install program Figure 3.1 displays the Metatrader4 program.

Figure 3.1 Metatrader4 terminal of program.

We have to download the EUR/USD historical data from metatrader4 program with time frame in hour as show on Figure 3.2.

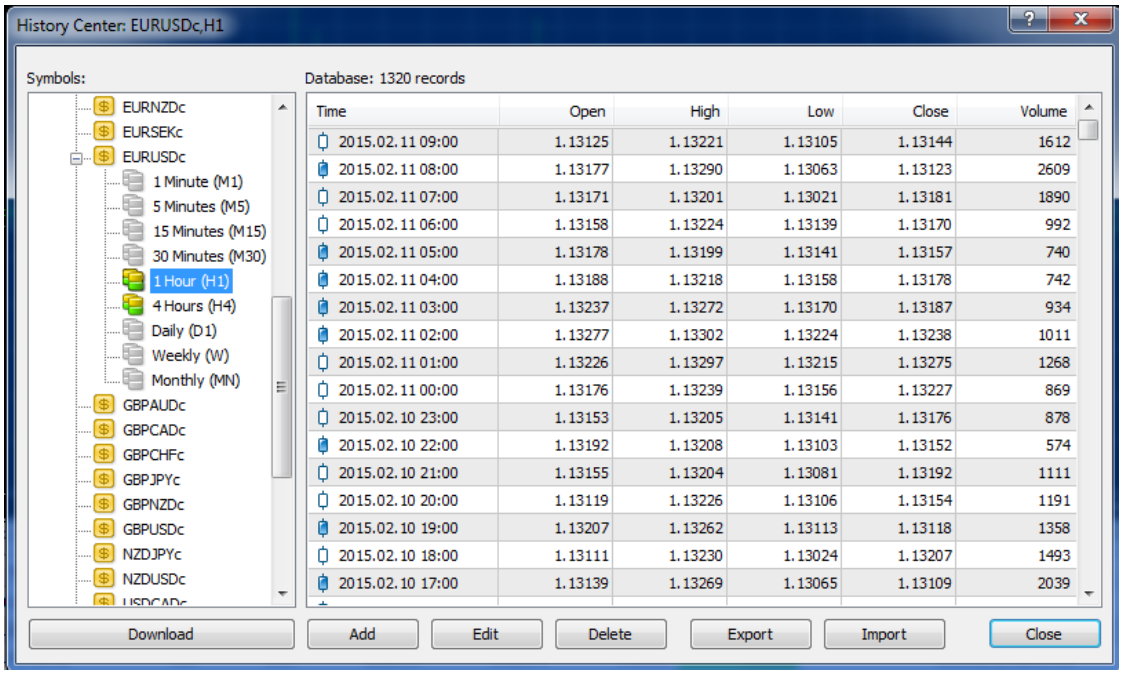


Figure 3.2 Historical data of EUR/USD**.**

3.1.2. EUR/USD Management

The procedure is given as.

1. Identify the variables, given as: Open price, close price, high price and low price.

2. Export the historical data, during Jan 1,2014 – Jan,1 2015, to daily, weekly and monthly data formats.

Table 3.1 Hourly data of EUR/USD with open/low/high/close prices.

Date	Timeframe	Open price	Low price.	High price	Close price
2015.01.12	0:00	1.18487	1.18692	1.18451	1.18664
2015.01.12	1:00	1.18664	1.18699	1.18566	1.18694
2015.01.12	2:00	1.18694	1.18695	1.18608	1.18665
2015.01.12	3:00	1.18665	1.18668	1.18505	1.18567
2015.01.12	4:00	1.18567	1.1858	1.18463	1.18473
2015.01.12	5:00	1.18473	1.18627	1.18451	1.18547
2015.01.12	6:00	1.18548	1.18568	1.18497	1.18528
2015.01.12	7:00	1.18528	1.18627	1.18514	1.18612
2015.01.12	8:00	1.18612	1.18708	1.18557	1.1856
2015.01.12	9:00	1.1856	1.18585	1.18496	1.1854
2015.01.12	10:00	1.18538	1.18543	1.18099	1.18151
2015.01.12	11:00	1.18152	1.18242	1.18049	1.18131
2015.01.12	12:00	1.18129	1.1815	1.17925	1.17948
2015.01.12	13:00	1.17948	1.18082	1.1788	1.17988
2015.01.12	14:00	1.17989	1.1804	1.17859	1.17901
2015.01.12	15:00	1.17898	1.18258	1.1789	1.18235
2015.01.12	16:00	1.18235	1.18446	1.18099	1.18395
2015.01.12	17:00	1.18395	1.18429	1.1816	1.18166
2015.01.12	18:00	1.18164	1.18319	1.18087	1.18309
2015.01.12	19:00	1.18309	1.18309	1.18169	1.18257
2015.01.12	20:00	1.18257	1.18448	1.18251	1.18414
2015.01.12	21:00	1.18414	1.18457	1.18372	1.18391
2015.01.12	22:00	1.18392	1.18401	1.18329	1.1837
2015.01.12	23:00	1.18368	1.18375	1.18323	1.18336

3.1.3 The usage of NARX in Mathlab.

1. The ntstool Command is the neural network time series tool based on Mathlab as shown in Figure 3.3 Then we select the option of nonlinear autoregressive with external (Exogenous) input (NARX) and click Next.

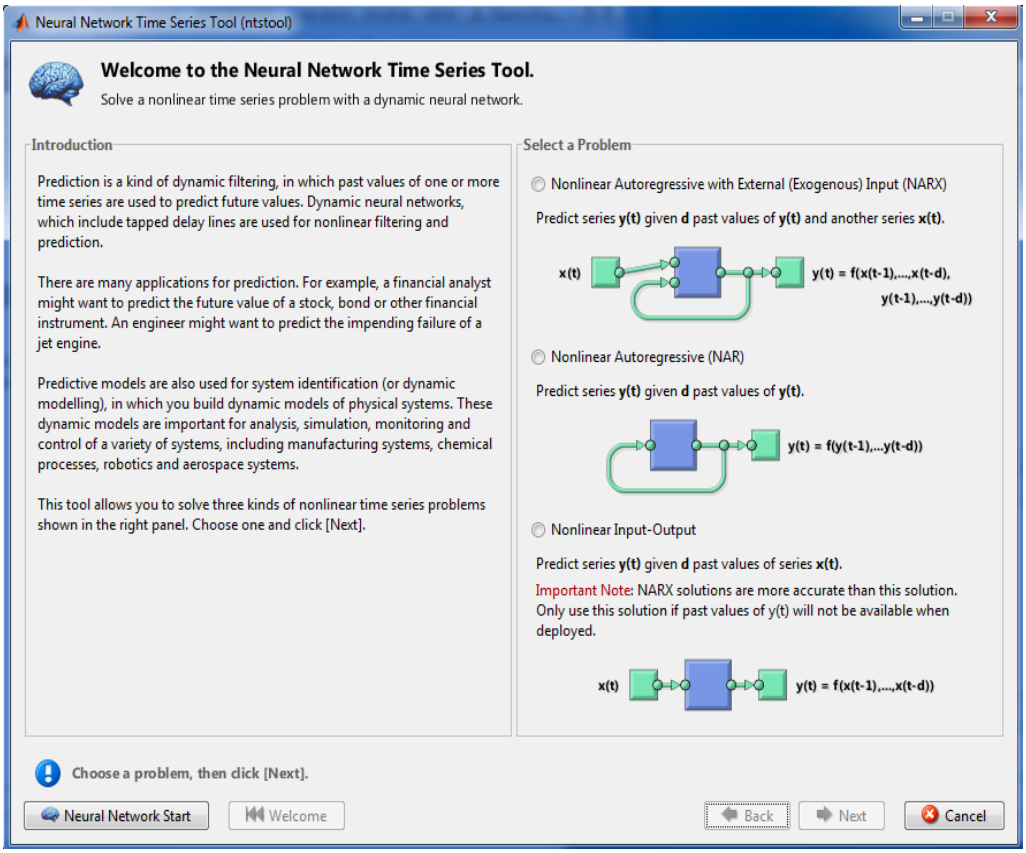


Figure 3.3 Neural network tool with time series.

2. After that, the input dialog of Mathlab is appeared. We have to import data in MS-excel file format to Matlab, as shown in Figure 3.4.

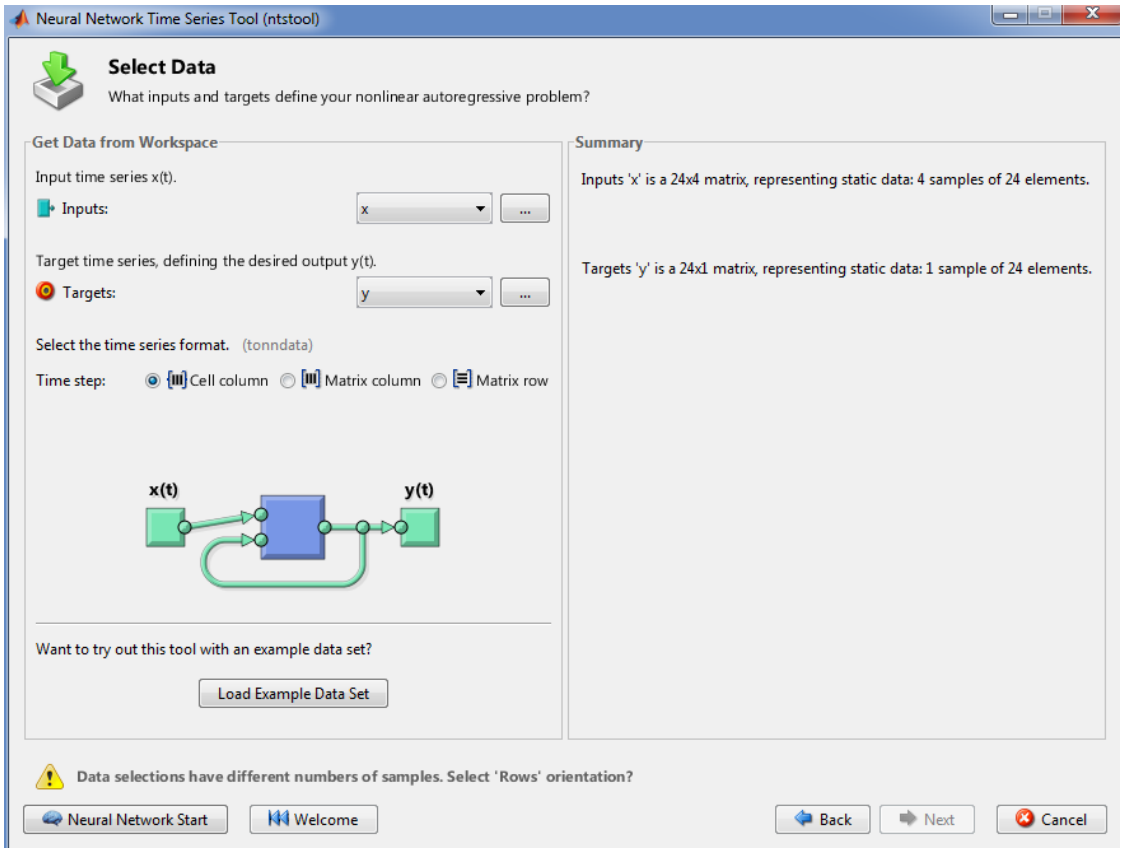


Figure 3.4 Neural network time series tool of import data.

3. We import the data EUR/USD in Math lab , as shown in Figure 3.5.

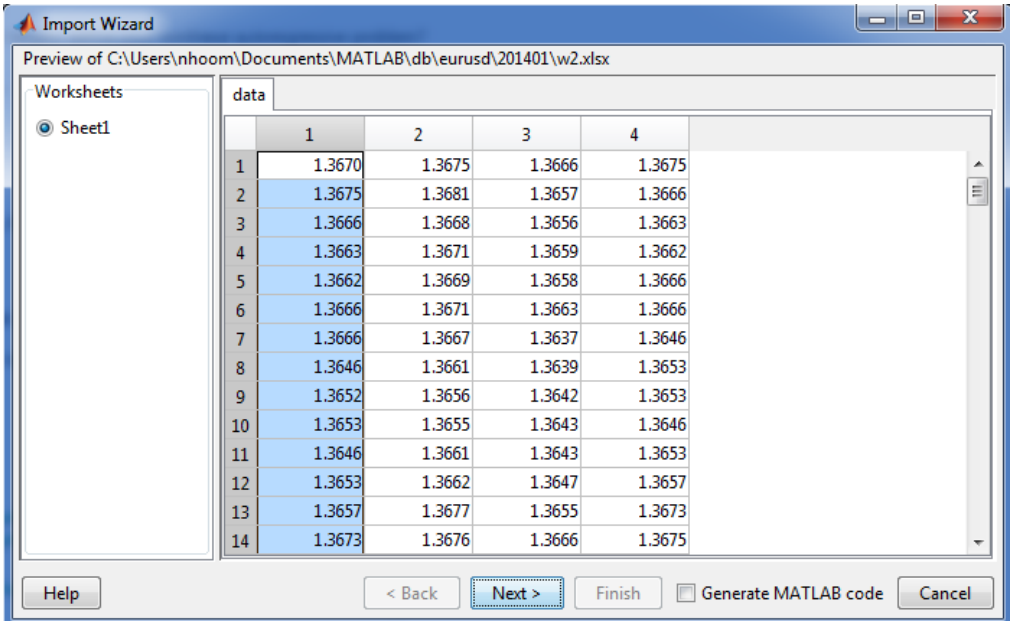


Figure 3.5 The data of EUR/USD in Mathlab.

4. We use the default validation and Test Data, as shown in Figure 3.6.

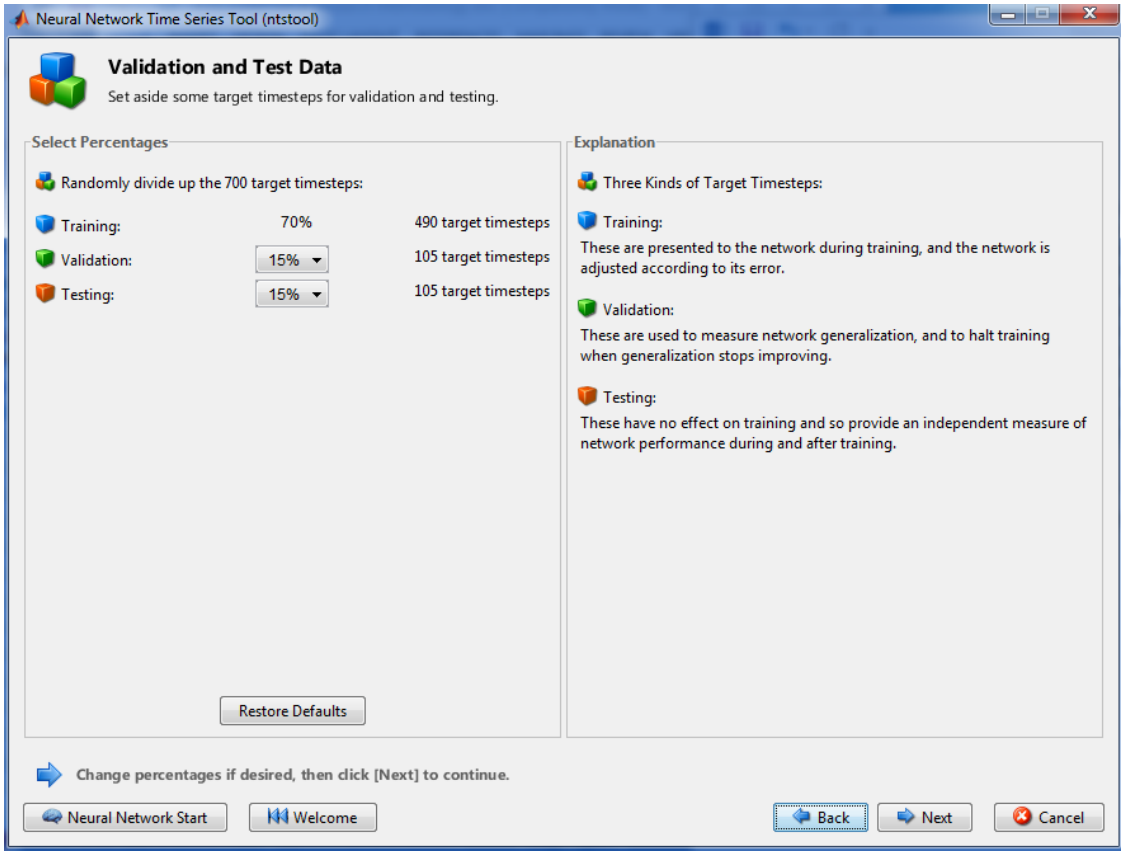


Figure 3.6 The screen of the default validation and Test Data.

5. We set the number of hidden neurons with 10 and the number of delays *d* with 2 as default values, as shown in Figure 3.7.

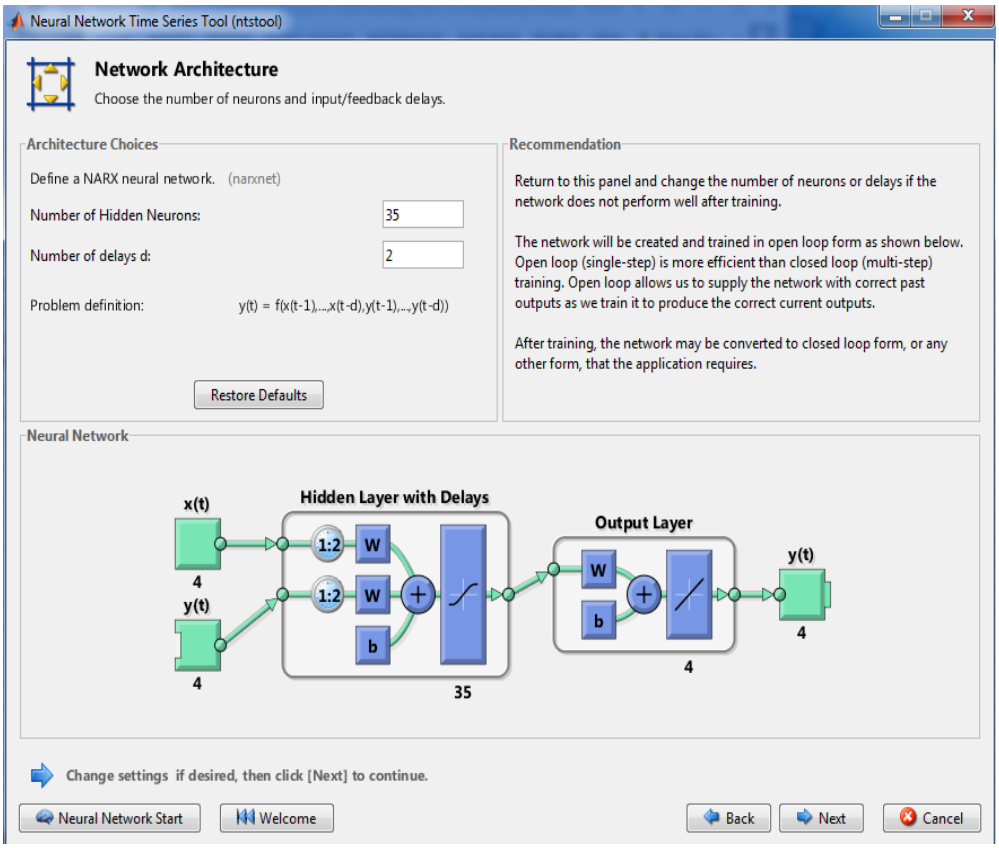


Figure 3.7 The screen of network architecture with the parameter setting of the number of hidden neurons and number of delays.

6. We train the network to fit the inputs and targets, as shown in Figure 3.8.

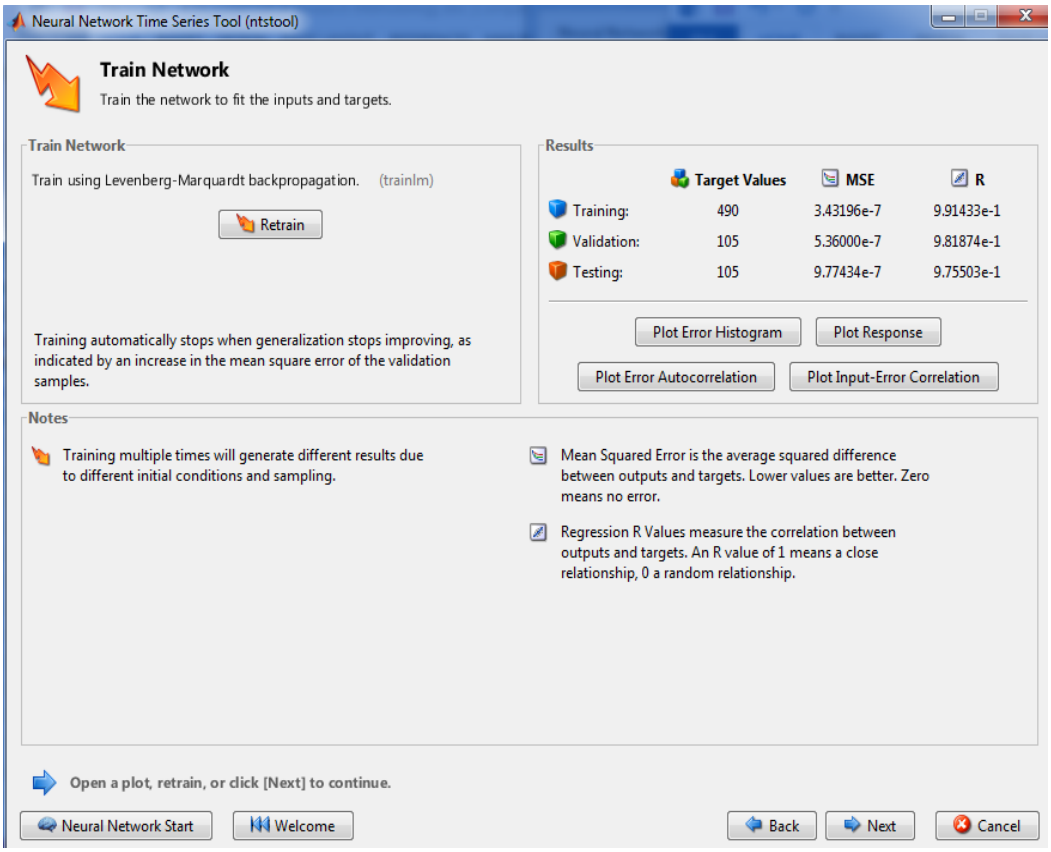


Figure 3.8 The training process of NARX network.

7. The various number of hidden neurons network are randomized from 1 to 100 hidden neurons. Therefore the suitable number of hidden neurons should be 10, as shown in figure 3.9

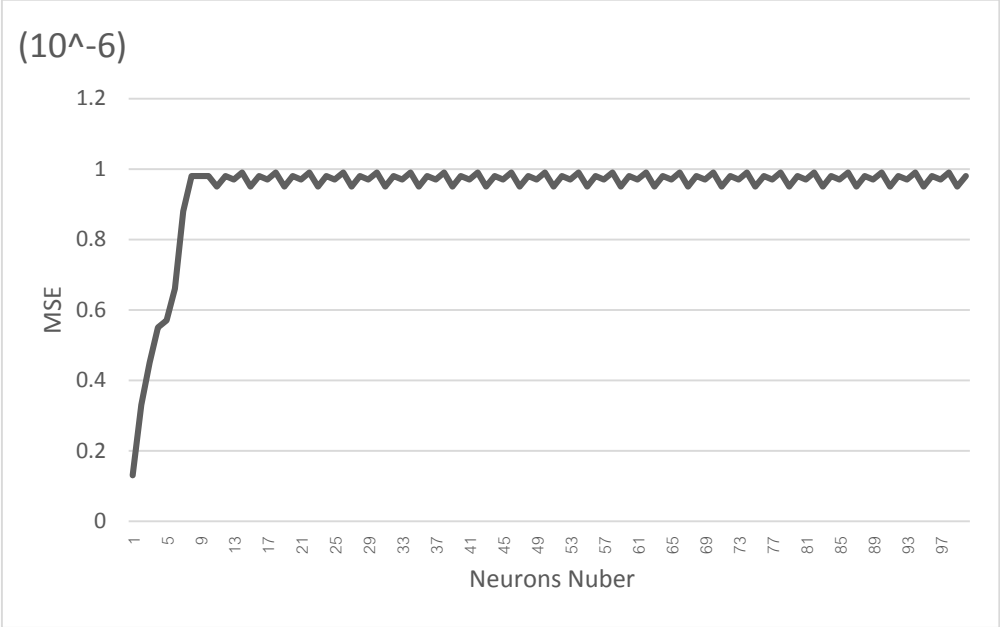


Figure 3.9 The various number of hidden neurons.

CHAPTER IV
RESULTS

This research gets the EUR/USD data from the forex market during Jan 1, 2014 – Jan 1, 2015. The NARX results of hourly/daily/weekly data, which run on MathLab program, are shown in Tables 4.1, 4.2, and 4.3. The experiment shows the performance and the one step ahead prediction values. The hidden layers are randomized in optimization result for accurate forecasting.The analysis results are as follows:

Table 4.1 EUR/USD prediction of one step ahead results in hours.

Month	MSE	R	Predict One Step Ahead
1	4.76x10^-5	0.194	1.35138
2	5.31x10^-5	0.883	1.31330
3	3.06x10^-5	0.485	1.38059
4	2.59x10^-5	0.664	1.38141
5	4.25x10^-5	0.980	1.36231
6	5.51x10^-5	0.854	1.36213
7	5.61x10^-5	0.854	1.33556
8	5.64x10^-5	0.970	1.31290
9	5.53x10^-5	0.426	1.31305
10	5.85x10^-5	0.376	1.25368
11	2.01x10^-5	0.470	1.24882
12	6.01x10^-5	0.27	1.21080

Table 4.2 EUR/USD prediction of one step ahead results in days.

Month	MSE	R	Predict One Step Ahead
1	1.00x10^-6	0.982	1.34854
2	1.01x10^-6	0.992	1.37971
3	1.01x10^-6	0.992	1.37722
4	1.58x10^-7	0.986	1.38630
5	1.32x10^-7	0.997	1.36336
6	1.01x10^-7	0.997	1.36927
7	1.35x10^-7	0.997	1.33920
8	1.56x10^-7	0.996	1.31330
9	1.01x10^-6	0.997	1.26348
10	1.88x10^-6	0.982	1.25216
11	1.82x10^-6	0.982	1.25297
12	1.82x10^-6	0.992	1.21108

Table 4.2 EUR/USD prediction of one step ahead results in weeks.

Month	MSE	R	Predict One Step Ahead
1	1.24E-09	0.945	1.37220
2	1.38E-09	0.523	1.37449
3	1.52E-09	0.423	1.36812
4	1.56E-09	0.518	1.38524
5	1.00E-09	0.141	1.36277
6	1.88E-09	0.241	1.35574
7	1.89E-09	0.15	1.34270
8	1.39E-09	0.328	1.29452
9	NaN**	NaN	NaN
10	1.90E-09	0.27	1.26750
11	1.65E-09	0.372	1.23803
12	1.28E-09	0.256	1.18942

** Data is not enough

The experiment result are plotted in the chart, as shown in the Figure 4.1. The forecast price is with the continuous line, whereas the actual price represents the dash line.

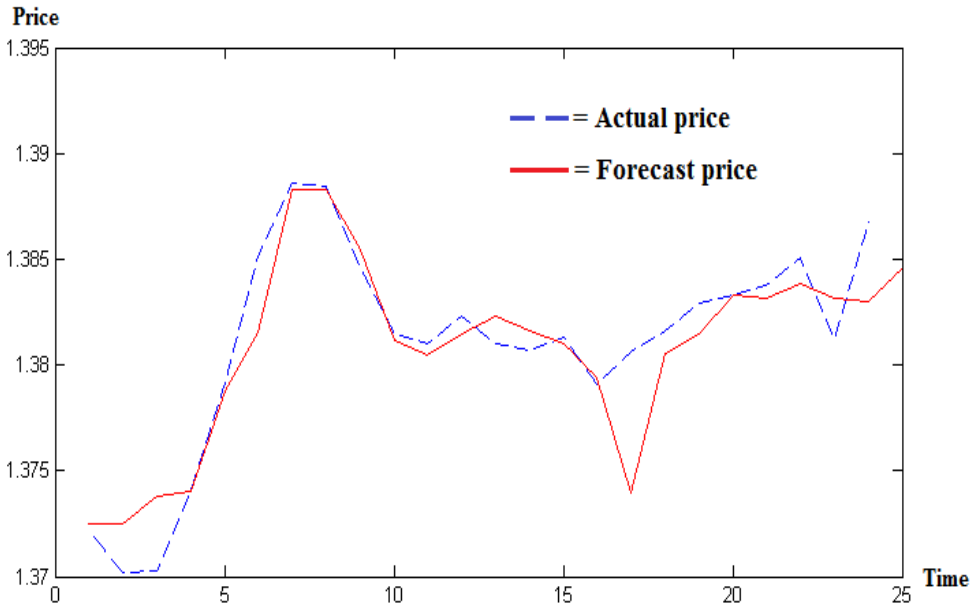


Figure 4.1 Chart of the daily forecast price.

CHAPTER V
CONCLUSION AND RECOMMENDATION

5.1 The conclusion

The research objectives are 2 parts: The first objective to predict the FOREX markets with the important discussion for trading; and the second objective is to implement the price action with the time frame. In addition, NARX model enables to forecast the direction of market.

The research presents the forecast of EUR/USD currency in Foreign Exchange Market using NARX. The currency forecasting uses the data of EUR/USD during 1st January 2014 - 30th January 2015, and separates the training data in hourly, daily, and weekly data. NARX model can be the accurate prediction. It shows that effect every action open price, close price, low price and high price. It affects the trend of foreign exchange market. The results of this study show that the prediction data of EUR/USD exchange rate by NARX is satisfactory, accurate, and precise.

5.2 Recommendation

In research study, NARX by price action in the future may study another effect variables to forecast the trending in market. In currency data, it should farther next study for more than 2 currencies, because of comparing and measuring the performance of NARX model**.**

REFERENCES

1. iTrade Capital Markets Ltd. Guild to Online Forex Trading; 2014 [cited 2014 Dec 1] Available from: http://www.icmtrading.com/icm-forex-ebook.pdf.
2. Trading With Price Action. Price action trading guide; 2014 [cited 2014 Oct 23] Available from: http://tradingwithpriceaction.com/forex-price-action-trading/.
3. MathWorks. MATHLAB (online) 2014 [cited 2014 Oct 23] Available from: http://www.mathworks.com.
4. Diaconescu E. The use of NARX neural networks to predict chaotic time series. WSEAS Transactions on Computer Research. Mar 2008; 3(3):182-191.
5. Box GEP, Jenkins GM, Reinsel GC. Time series analysis: Forecasting and control. 3rd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice–Hall; 1994.
6. Barreto GA, Menezes JMP. Long-term time series prediction with the NARX network: An empirical evaluation, Neurocomputing. Oct 2008; 71(16-18):3335-3343.
7. Soman PC. An adaptive NARX neural network approach for financial time series prediction [MS thesis]. New Brunswick Rutgers, New Jersey: The State University of New Jersey; 2008.
8. Yang G, Meng JE. NARMAX time series model prediction: feedforward and recurrent fuzzy neural network approaches. Fuzzy Sets and Systems. Mar 2005; 150(2):331-350.
9. Zhang GP. A combined ARIMA and neural network approach for time series forecasting. In Zhang GP, editor. Neural networks in business forecasting. Hershey, PA, USA: IGI Global; 2004. p. 213-225.
10. Zhang GP, Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. Neurocomputing. 2003; 50:159-175.

11. Zhang J, Morris AJ. Recurrent neuro-fuzzy networks for nonlinear process modeling. IEEE Transactions on Neural Networks. Mar 1999; 10(2):313-326.
12. Pham HT, Tran VT, Yang BS. A hybrid of nonlinear autoregressive model with exogenous input and autoregressive moving average model for long-term machine state forecasting. Expert Systems with Applications. Apr 2010; 37(4):3310–3317.

APPENDICES

APPENDIX A

THE MATHLAB SOURCE CODE OF NARX FOR FORECAST THE EURO TO DOLLARS RATE EXCHANGE.

NARX Code for Predict One Step Ahead.

```
% Solve an Autoregression Problem with External Input with a NARX Neural Network
% Script generated by NTSTOOL
% Created Sun JAN 1 13:18:40 ICT 2015
%
% This script assumes these variables are defined:
%
%   x - input time series.
%   y - feedback time series.

inputSeries = tonndata(x,false,false);
targetSeries = tonndata(y,false,false);

% Create a Nonlinear Autoregressive Network with External Input
inputDelays = 1:2;
feedbackDelays = 1:2;
hiddenLayerSize = 4;
net = narxnet(inputDelays,feedbackDelays,hiddenLayerSize);

% Prepare the Data for Training and Simulation
% The function PREPARETS prepares timeseries data for a particular network,
% shifting time by the minimum amount to fill input states and layer states.
% Using PREPARETS allows you to keep your original time series data unchanged, while
% easily customizing it for networks with differing numbers of delays, with
% open loop or closed loop feedback modes.
[inputs,inputStates,layerStates,targets] = preparets(net,inputSeries,{},targetSeries);

% Setup Division of Data for Training, Validation, Testing
net.divideParam.trainRatio = 70/100;
net.divideParam.valRatio = 15/100;
net.divideParam.testRatio = 15/100;

% Train the Network
[net,tr] = train(net,inputs,targets,inputStates,layerStates);
```

```
% Test the Network
outputs = net(inputs,inputStates,layerStates);
errors = gsubtract(targets,outputs);
performance = perform(net,targets,outputs)

% View the Network
view(net)

% Plots
% Uncomment these lines to enable various plots.
%figure, plotperform(tr)
%figure, plottrainstate(tr)
%figure, plotregression(targets,outputs)
%figure, plotresponse(targets,outputs)
%figure, ploterrcorr(errors)
%figure, plotinerrcorr(inputs,errors)

% Closed Loop Network
% Use this network to do multi-step prediction.
% The function CLOSELOOP replaces the feedback input with a direct
% connection from the outout layer.
netc = closeloop(net);
netc.name = [net.name ' - Closed Loop'];
view(netc)
[xc,xic,aic,tc] = preparets(netc,inputSeries,{},targetSeries);
yc = netc(xc,xic,aic);
closedLoopPerformance = perform(netc,tc,yc)

% Early Prediction Network
% For some applications it helps to get the prediction a timestep early.
% The original network returns predicted y(t+1) at the same time it is given y(t+1).
% For some applications such as decision making, it would help to have predicted
% y(t+1) once y(t) is available, but before the actual y(t+1) occurs.
% The network can be made to return its output a timestep early by removing one delay
% so that its minimal tap delay is now 0 instead of 1.  The new network returns the
% same outputs as the original network, but outputs are shifted left one timestep.
nets = removedelay(net);
nets.name = [net.name ' - Predict One Step Ahead'];
view(nets)
[xs,xis,ais,ts] = preparets(nets,inputSeries,{},targetSeries);
ys = nets(xs,xis,ais);
earlyPredictPerformance = perform(nets,ts,ys)

% Plot Graph compare YS=Forcast and TS=Actual
plot(cell2mat(ts),'--');
hold on
plot(cell2mat(ys),'color','r');
```

APPENDIX B
FLOW CHART OF THE EURO TO DOLLARS RATE EXCHANGE FORECASTING USING NARX.

Flow chart of currency rate forecast by NARX

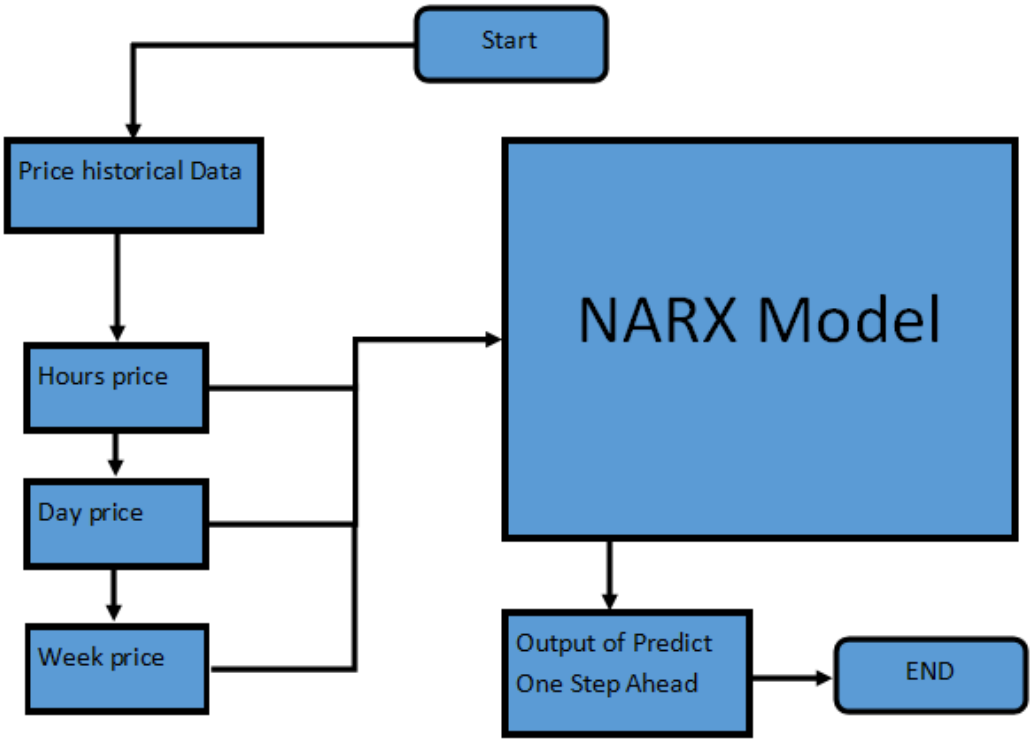


Figure B1 NARX forecasting flowchart.

APPENDIX C

THE EURO TO DOLLARS RATE EXCHANGE FORECASTING USING NONLINEAR AUTOREGRESSION WITH EXOGENOUS in MITCON Conference 2014

Miticon Certificate of presentation

Miticon Conference Paper

Management and Innovation Technology International Conference (MITiCON2014)
Pattaya, Thailand, December 17-19, 2014

การพยากรณ์อัตราการแลกเปลี่ยนเงินระหว่างประเทศโดยใช้ NARX

The foreign currency exchange (FOREX) forecasting Using Nonlinear Autoregression with exogenous (NARX)

นรินทร์ คำชอน1, วรัญญู วงษ์เสรี2, อดิศร ลีลาสันติธรรม1 และ สุภาภรณ์ เกียรติสิน1
1สาขาเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
2สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
Emails: noomhi@gmail.com, waranyu.wongseree@gmail.com, ladisorn@hotmail.com, tom_kiattisin@hotmail.com

บทคัดย่อ

อัตราการแลกเปลี่ยนเงินระหว่างประเทศ FOREX(Foreign Exchange Market) สกุลเงินที่ใช้ในตลาด Forex [9] มีอยู่หลายสกุลเงิน หลักๆมี 7 สกุลเงิน คือ ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา (USD) ยูโร (EUR) ปอนด์ (GBP) เยน (JPY) ดอลลาร์แคนาดา (CAD) สวิสฟรังค์ (CHF) และดอลลาร์ออสเตรเลีย (AUD) และในการซื้อขายของสกุลเงินนั้นจะทำการขายเป็นคู่สกุลเงิน (Currency Pair) และในการงานวิจัยฉบับนี้ ก็จะใช้ สกุลเงินหลักๆคือ GBP/USD, EUR/USD, USD/CHF, USD/JPY โดยวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบ Nonlinear Autoregression with exogenous (NARX) ในการพยากรณ์แนวโน้มอัตราแลกเปลี่ยนเงินระหว่างประเทศ ตั้งแต่วันที่ 6 มิถุนายน 2556 -31 สิงหาคม 2557 ผลการวิจัยพบว่าการวิเคราะห์แบบ Nonlinear Autoregression with exogenous(NARX) ผลออกมาเป็นที่น่าพอใจ

คำสำคัญ: FOREX, NARX

Abstract

Currency exchange rates between countries. FOREX (Foreign Exchange Market) is the currency used in the Forex market, there are several other major currencies has 7 currency is United States Dollars (USD) Euro (EUR) Pound (GBP) yen (JPY) Canadian Dollar (CAD), Swiss. Francs (CHF) and Australian dollar (AUD) and the trading of currencies are sold as pairs and (Currency Pair), and in this research is to use the currency is GBP/USD, EUR./USD, USD/CHF, USD/JPY analysis model using Nonlinear Autoregression with exogenous (NARX) forecasting the exchange rate in the country. From June 6, 2556 -31 August 2557 the results showed that the analysis of Nonlinear Autoregression with exogenous (NARX) is out to be unsatisfactory.

Keywords: FOREX, NARX

1. คำนำ

อัตราการแลกเปลี่ยนเงินระหว่างประทศ (Forex) เป็นตลาดในการซื้อขายแลกเปลี่ยนของสกุลเงินต่างๆ เป็นตลาดที่มีการซื้อขายมากที่สุดในโลกโดยประมาณ 8 แสนล้านเหรียญสหรัฐต่อวัน ตลาด Forex เปิดทำการตั้งแต่จันทร์ถึงศุกร์ตลอด 24 ชั่วโมงและจะหยุดทำการฉพาะวันเสาร์และวันอาทิตย์ สกุลเงินที่ใช้ในตลาด Forex มีอยู่หลายสกุลเงิน หลักๆมี 7 สกุลเงิน คือ ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา(USD) ยูโร(EUR) ปอนด์(GBP) เยน (JPY) ดอลลาร์แคนาดา(CAD) สวิสฟรังค์(CHF) และดอลลาร์ออสเตรเลีย (AUD) และในการซื้อขายของสกุลเงินนั้นจะทำการขายเป็นคู่สกุลงาน (Currency Pair) โดยมีสกุลเงินหลักๆคือ GBP/USD, EUR/USD, USD/CHF, USD/JPY โดยใช้ NARX ในการพยากรณ์แนวโน้มของ ตลาด Forex ซึ่งการพยากรณ์มีอยู่หลายวิธี ตัวอย่างเช่นการใช้ NARX มาใช้ NARX การพยากรณ์อนุกรมเวลา ซึ่งเปรียบเทียบกับโครงข่ายประสาทเทียม จากการทดลองนั้นพบว่า ค่าทำนายมีค่าใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น [1] การพยากรณ์ราคาหุ้นของตลาดของไต้หวันโดยใช้ ANN ผสมผสานกับ ARIMA ข้อมูลที่นำมาศึกษาราคาหุ้นในปี 1991-1995 โดยผู้วิจัย พบว่าค่าของ ARIMA(1,2,1) เหมาะสม จึงได้นำค่านี้มาสร้าง ANN แบบ recurrent ผลการศึกษาพบว่าสามารถใช้พยากรณแนวโน้มของตลาดล่วงหน้าได้อย่างพอใจ[3] ตลาดหุ้นเตหราน มีเหตุการณ์ผิดปกติ โดยใช้ข้อมูล 1996-1999 โดยมี ข้อมูลชุดเดียวกัน ซึ่งใช้ ARIMA และ ANN มีค่าเดียวกัน และใช้ ANN มีหลายค่า ผลการศึกษาพบว่า ใช้ช่วงระยะสั้นได้ดี แต่ใช้ระยะยาวได้ไม่ค่อยดี[4] บริษัทอุตสาหกรรม 3 บริษัท ในสหรัฐอเมริกา ใช้ข้อมูล 1947-2001 โดยใช้วิธีการ ARIMA , ANN และผสมผสานระหว่าง ARIMA และ ANN ผลการศึกษาพบว่าแบบผสมผสานให้ค่าที่ถูกต้องกว่า ARIMA และ ตัวแบบ ANN[5] ดัชนีตลาดหลักทรัพย์การาจี โดยใช้ข้อมูล 2006 ซึ่งวิจัยใช้ผลต่างของ logของ ANN และได้นำค่าพยากรณ์ของ

Management and Innovation Technology International Conference (MITiCON2014)
Pattaya, Thailand, December 17-19, 2014

ARIMA/ARCH/GRACH เป็นข้อมูลของ ANN ผลการศึกษา ANNของ log ARCH/GRACH มีประสิทธิภาพมากกว่า ANN ของ log ARIMA[10]

2. NARX Model

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการทำงาน ของ Nonlinear Autoregressive models with exogenous input (NARX) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ ระบบการเคลื่อนที่ไม่เชิงเส้น โดยที่สมการของ อนุกรมเวลาขึ้นอยู่กับค่าของ เวลา t

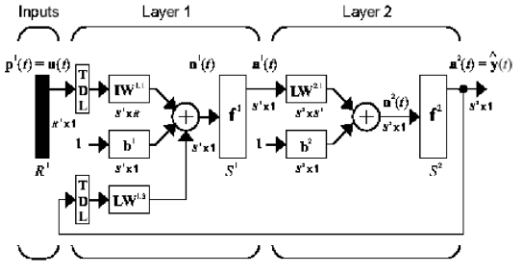
$$y(t), t=0,1,2,3,... \quad (1)$$

การทำนายเป็นชนิดของตัวกรองข้อมูลแบบไดนามิกในข้อมูลอดีตหรือชุดเวลามากขึ้นใช้ในการทำนายค่าในอนาคต โครงข่ายประสาทเทียมแบบไดนามิกอันที่ซึ่งรวมถึงการแตะเส้นล่าช้าถูกนำมาใช้สำหรับการกรองไม่เชิงเส้นและการทำนาย มีหลายโปรแกรมสำหรับการทำนายเป็นตัวอย่างเช่น นักวิเคราะห์ทางการเงินอาจต้องการที่จะทำนายมูลค่าในอนาคตของหุ้นพันธบัตรหรือตราสารทางการเงินอื่น ๆ วิศวกรอาจต้องการที่จะคาดการณ์ความล้มเหลวที่กำลังจะเกิดขึ้นของเครื่องยนต์เจ็ท รูปแบบการพยากรณ์นอกจากนี้ยังใช้ในการจำแนกระบบ (หรือการสร้างแบบจำลองแบบไดนามิก) ซึ่งสร้างแบบจำลองแบบไดนามิกของระบบทางกายภาพ โมเดลเหล่านี้แบบไดนามิกที่มีความสำคัญสำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองการตรวจสอบ แลกเปลี่ยนเงินระหว่างประเทศ

ชุดการทำนาย y(t) ให้ d เป็นค่าในอดีตของค่า y(t) และกำหนดค่าอื่นๆ เป็นค่า x(t). ดังนั้น สมการของ NARX มีดังนี้

$$y(t) = f(x(t-1),..., x(t-d), y(t-1),..,y(t-d)) \quad (2)$$

ค่าต่อไปของสัญญาณเอาต์พุต y(t) เป็น ค่าถดถอยบนค่าก่อนหน้านี้ของสัญญาณและค่านิยมที่ก่อนหน้านี้ที่เป็นอิสระ (จากภายนอก exogenous) สัญญาณอินพุต คุณสามารถใช้รูปแบบการ NARX โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมค่าใกล้เคียงกับฟังก์ชัน f แผนภาพของเครือข่ายที่เกิดขึ้นก็แสดงให้เห็นด้านล่างซึ่งเป็นเครือข่ายค่าสองชั้นที่ใช้สำหรับการประมาณ การดำเนินการนี้ยังช่วยให้รูปแบบ ARX เวกเตอร์ที่อินพุตและเอาต์พุตสามารถมีหลายมิติ



รูปที่ 1 แสดงการทำงานของ NARX Model

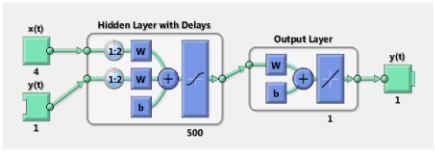
มีหลายโปรแกรมสำหรับเครือข่าย NARX สามารถนำมาใช้เป็นปัจจัยบ่งชี้การทำนายค่าถัดไปสัญญาณอินพุต ก็ยังสามารถนำมาใช้สำหรับกรองข้อมูลไม่เชิงเส้นส่งไปยังเอาต์พุตเป้าหมายโดยใช้เครือข่าย NARX จะแสดงในโปรแกรมที่สำคัญอื่น การสร้างแบบจำลองของระบบแบบไดนามิกไม่เชิงเส้น ดังรูปที่ 1 แสดงการทำงานของ NARX Model [11]

3. ข้อมูลและกระบวนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 1 เก็บข้อมูล ตลาด Forex ในช่วงตั้งแต่วันที่ 6 มิถุนายน 2556 ถึง 31 สิงหาคม 2557

ขั้นตอนที่ 2 นำเอาข้อมูลที่ได้เตรียมไว้ คือ NARX

โดยที่ข้อมูลอินพุตมีด้วยกัน 4 ปัญจัย ราคาเปิดตลาด ราคาปิดตลาด ราคาสูงสุดของตลาด ราคาต่ำสุดของตลาด เอาต์พุตราคาของตลาดเปิด X1=ราคาเปิดตลาด, X2=ราคาปิดตลาด, X3=ราคาสูงสุดของตลาด, X4= ราคาต่ำสุดของตลาด, จำนวนของ hidden Neurons= 500 และ จำนวนของ delays d=2.



รูปที่ 2 แสดงการทำงาน ของระบบ NARX ในโปรแกรม MATHLAB

Management and Innovation Technology International Conference (MITiCON2014)
Pattaya, Thailand, December 17-19, 2014

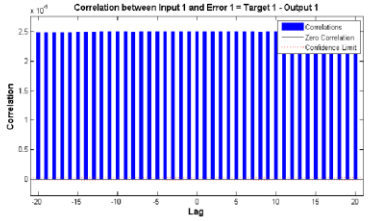
4. ผลการวิจัย

วิธี NARX Model ผลการวิจัยมีดังนี้

1) ตรวจสอบสถานะจากกราฟ ในการวิจัย ใช้อัตราแลกเปลี่ยนค่าเงิน EUR/US วันที่ 6 มิถุนายน 2556 ถึง 31 สิงหาคม 2557 แสดงการเคลื่อนที่ของอนุกรมเวลาที่แสดงถึงแนวโน้มที่ไม่คงที่ ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แสดงการเคลื่อนไหวราคาของราคา EUR/US

2) เมื่อพิจารณาจากกราฟ correlation พบการเคลื่อนไหว มีลักษณะคงที่ในค่าเฉลี่ย



รูปที่ 4 กราฟ Correlation ของอนุกรมเวลาราคา EUR/US

3) ค่าพยากรณ์ ค่า MSE และค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ NARX ผลการพยากรณ์ แสดงในตารางที่ 1

MSE	4.93630
R (%)	0.99489

ตารางที่ แสดงค่า MES และ R

5. สรุปการวิจัย

ผลการทดลองประสิทธิภาพการพยากรณ์แนวโน้มอัตราแลกเปลี่ยนเงินระหว่างประเทศ การวิเคราะห์แบบ NARX พยากรณ์ ได้ร้อยละ 99.94 ซึ่งเป็นวิธีการพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการเปิดการซื้อขายที่ส่งผลแนวโน้มของอัตราแลกเปลี่ยนเงินระหว่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง

[1] Targu din Vale, “The use of NARX Neural Networks to predict Chaotic Time Series”, Issue 3, Volume 3, WSEAS TRANSACTIONS on COMPUTER RESEARCH, 182-192, 2008.

[2] Box, G. E. P., Jenkins, G.M., & Reinsel, G. C. (1994). Time series analysis: Forecasting and control (3rded). Englewood Cliffs, NJ: Prentice–Hall.

[3] Wang, J.H. and J.Y. Leu. "Stock Market Trend Prediction Using ARIMA Based Neural Networks" IEEE Internation Conferace on Neral Network, Vol 4, 3-6 June 1996 :2160-2165.

[4] Zhang G.P "A Combined ARIMA and Neural Network Approach for Time Series Forecasting." In Neural Networks in Business Forecastiing ,2004 : 213-225.

[5] Zhang G.P "Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model" Neurocomputing,50 ,2004 : 159-175

[6] Khoa, N.L.D., Sakakibara, K. and I. Nishikawa. "Stock Price Forecastiong Using Back Propagation Neural Networks with Time and Profit Based Adjusted Weight Factors." SICE-ICASE International Joint Conference, October, 2006 : 5484-5488.

[7] Khaloozadeh, H. and A.K. Sedigh. "Long Term Prediction of Tehran Price Index (TEPIX) Using Neural Networks." IFSA World Congree and 20th NAFIPS Internation Conference, Vol. 1, 25-28 July 2001,:563-567.

[8] Artificial Neural Network โครงข่ายประสาทเทียม (online) Available from http://alaska.reru.ac.th/text/ann.pdf

[9] Guild to Online Forex Trading Available from http://www.icmtrading.com/icm-forex-ebook.pdf

[10] พงษ์ศิริ ศิริพานิช. การพยากรณ์อนุกรมเวลาด้วยตัวแบบผสม ARIMA และเครือข่ายประสาทเทียม" การประชุมวิชาการด้านวิจัยดำเนินแห่งชาติ ประจำปี 2550 หน้า 1-7.

[11] MATHLAB(online) Available from http://www.mathworks.com

BIOGRAPHY

NAME	Mr. Narin Khumsorn
DATE OF BIRTH	MAY 13, 1988
PLACE OF BIRTH	Chiang rai, Thailand
INSTITUTIONS ATTENDED	Mae Fah Luang university Chiang rai, 2007-2011 Bachelor degree of Computer Engineering Mahidol University, 2012-2014 Master of Science (Technology of Information System Management
HOME ADDRESS	109 M.11, Tambon Patung, Mae chan, Chiang rai, Thailand E-mail: noomhi@gmail.com
RESEARCH GRANTS	Trading, NARX System, Forecasting
PUBLICATION / PRESENTATION:	The euro to dollars rate exchange forecasting using nonlinear autoregression with exogenous, Management and innovation technology international conference (MITICON2014) Pattaya, Thailand, December 17th - 19th, 2014