

การพยากรณ์ความต้องการการใช้น้ำโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียม

นายระพี สุประดิษฐ์ ณ อยุธยา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1714-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

WATER DEMAND FORECASTING USING THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK



Mr. Rapee Supradish Na Ayudhya


A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Engineering Management
The Regional Centre for Manufacturing Systems Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2001
ISBN 974-03-1714-6

- 3 000 1547


I 20439313


Thesis Title Water Demand Forecasting using the Artificial Neural Network
By Mr. Rapee Supradish Na Ayudhya
Field of Study Engineering Management
Thesis Advisor Assistant Professor Parames Chutima, Ph D.
Thesis Co-advisor Mrs. Daraporn Wongthavornkit

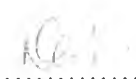
Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree



..... Dean of Faculty of Engineering
(Professor Somsak Panyakeow, D. Eng.)

THESIS COMMITTEE


..... Chairman
(Professor Sirichan Thongprasert, Ph.D.)


..... Thesis Advisor
(Assistant Professor Parames Chutima)


..... Thesis Co-advisor
(Mrs. Daraporn Wongthavornkit)


..... Member
(Assistant Professor Prasert Akkarapathompong)

ระพี สุประดิษฐ์ ณ อยุธยา : การพยากรณ์ความต้องการการใช้น้ำโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียม (WATER DEMAND FORECASTING USING THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ปารเมศ ชูติมา, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดาราพร วงศ์ถาวรกิจ, 65 หน้า, ISBN 974-03-1714-6.

รายงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการนำเครือข่ายประสาทเทียมมาพยากรณ์ความต้องการการใช้น้ำประปาในเขตพื้นที่รับผิดชอบของการประปานครหลวง โดยใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ อัตราค่าน้ำส่วนที่เพิ่มขึ้น และจำนวนผู้ใช้น้ำ เป็นข้อมูลด้านเข้าให้แก่เครือข่ายประสาทเทียมที่ได้ทำการปรับสอนไว้แล้วด้วยชุดข้อมูลตัวอย่างย้อนหลัง ได้ผลการพยากรณ์เป็นความต้องการการใช้น้ำประปาเครือข่ายที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นแบบป้อนไปข้างหน้าด้วยจำนวนชั้น 2 ชั้น ทำการปรับสอนด้วยวิธี Backpropagation ให้สามารถพยากรณ์ความต้องการการใช้น้ำได้อย่างแม่นยำ

จากการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ความต้องการการใช้น้ำประปาในปีงบประมาณ 2542 และ 2543 ที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม กับผลการพยากรณ์ที่ได้จากวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ซึ่งเป็นวิธีปัจจุบันที่การประปานครหลวงใช้งานอยู่ ปรากฏว่าผลการพยากรณ์ด้วยเครือข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำกว่า โดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ -0.18% ในขณะที่ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ 4.06%

ภาควิชา ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต ลายมือชื่อนิสิต
 สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4171618821 : MAJOR ENGINEERING MANAGEMENT

KEY WORD: FORECASTING / NEURAL NETWORK

RAPEE SUPRADISH NA AYUDHYA: WATER DEMAND FORECASTING USING THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. PARAMES CHUTIMA, Ph.D. THESIS COADVISOR: DARAPORN WONGTHAVORNKIT, 65 pp. ISBN 974-03-1714-6.

This research presents the application of artificial neural network for forecasting water demand of the customers in the responsible area of the Metropolitan Waterworks Authority. Gross Domestic Product (GDP), Increased Water Tariffs and number of customers are the input of the network that is properly trained with historical data. The result of the forecasting is the water demand. The network used in this study is a two layer feed-forward network and the learning process is the backpropagation. This network is trained to be able to forecast water demand accurately.

For water demand forecasting of the Fiscal Year 1999-2000, the result from artificial neural network provides more accuracy by having the percentages of error at -0.18% while the result from accrual moving average technique has the percentages of error at 4.06%.

REGIONAL CENTER FOR

Department.....MANUFACTURING SYSTEMS..... Student's signature.....S. RAPEE.....
 ENGINEERING

Field of study.....ENGINEERING MANAGEMENT..... Advisor's signature.....[Signature].....
 Academic Year.....2001..... Co-advisor's signature.....[Signature].....

ACKNOWLEDGMENTS

This thesis would not be completed without lots of support from many people.

I would like to give my thankfulness to Assistant Dr. Parames Chutima, my advisor who always guides and supports me with precious suggestion and understanding.

I would like to give my thankfulness to Mrs. Daraporn Wongthavornkit for her encouragement and recommendations on my thesis.

I also would like to give my thankfulness to Professor Dr. Sirichan Thongprasert and Assistant Professor Prasert Akkaraprathompong for their valuable supports in every aspect.

And the last but not least, I would like to give my thankfulness to my family, classmates, and colleagues for their precious support.

CONTENTS

	Pages
ABSTRACT (THAI)	iv
ABSTRACT (ENGLISH)	v
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
CONTENTS	vii
LIST OF TABLES	xi
LIST OF FIGURES	xiii
CHAPTER I: INTRODUCTION	1
1.1 Background	1
1.2 Current Situation	1
1.3 Statement of Problems.....	3
1.4 Objective of the Study	3
1.5 Scope of the Study	3
1.6 Study Methodology	4
1.7 Expected Benefits of the Study	4
1.8 Organization of the Thesis	5
CHAPTER II: THEORY OF THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK	6
2.1 Introduction	6
2.2 Definitions	7
2.3 Applications of neural network	7
2.4 Neuron model	7
2.4.1 A simple neuron	7
2.4.2 A neuron with vector input	8
2.5 Characterization	9
2.6 Network architecture	9
2.6.1 A layer of neurons	9
2.6.2 Multiple-layer network	9
2.7 Transfer function.	10
2.7.1 Hard Limit Transfer Function	11
2.7.2 Linear Transfer Function	11
2.7.3 Log-Sigmoid Transfer Function	11

CONTENTS

	Pages
2.7.4 Tan-Sigmoid Transfer Function	12
2.8 Learning process	12
2.9 Backpropagation	13
2.9.1 Principle	13
2.9.2 Architecture	13
2.9.3 Transfer function	13
2.9.4 Algorithm	13
2.9.5 Problems	14
2.10 Development process of neural network model	15
2.10.1 Data selection and preparation	15
2.10.2 Network design	15
2.10.3 Training and testing	15
2.11 Literature Survey.....	15
2.12 Conclusion	16
 CHAPTER III: WATER DEMAND FORECASTING USING ACCRURAL	
MOVING AVERAGE	17
3.1 Introduction	17
3.2 Moving average technique	17
3.3 Accrual moving average technique	18
3.4 Water demand forecasting using accrual moving average	18
3.5 Conclusion	21
 CHAPTER IV: WATER DEMAND FORECASTING USING	
BACKPROPAGATION.....	22
4.1 Introduction.....	22
4.2 Network developmental process	22
4.3 Data selection and preparation	22
4.3.1 Variables selection	22
4.3.2 Training data and testing data	24
4.3.3 Data transformation	29
4.4 Network architecture	29

CONTENTS

	Pages
4.5 Experimental objectives	29
4.5.1 Comparison on forecasting result from training with different learning rate	29
4.5.2 Comparison on forecasting result from training with different sets of input	30
4.5.3 Comparison on forecasting result from training with another variable added as the additional input	31
4.6 Forecasting using different learning rate	31
4.7 Forecasting using Data Set 1 excluded data from the Fiscal Year 1995 and 1996	36
4.8 Forecasting using Data Set 1 excluded data from the Fiscal Year 1997 and 1998	37
4.9 Forecasting using Data Set 1 excluded data of 5 th and 6 th months of every Fiscal Year	39
4.10 Forecasting using Data Set 1 divided into 4 Quarters	41
4.11 Forecasting using Data Set 2	43
4.12 Forecasting using Data Set 1 included order of months as the additional input	44
4.13 Forecasting using Data Set 2 included order of months as the additional input	46
4.14 Analysis of the results	48
4.14.1 Forecasting results of the Fiscal Year 1999 and 2000	48
4.14.2 Forecasting results of the first sixth months of the Fiscal Year 2001	50
4.14.3 Result on adding order of months as 4 th variable input	52
4.15 Conclusion	52
CHAPTER V: CONCLUSION	54
5.1 Introduction	54
5.2 Summary of the Study	54
5.3 Conclusion	55
5.4 Recommendations for further study	55

CONTENTS

	Pages
REFERENCES	57
APPENDICES	58
APPENDIX A: PROCEDURE MANUAL OF WATER DEMAND FORECASTING USING NEURAL NETWORK TOOLBOX	59
APPENDIX B: MEAN SQUARED ERROR OF WATER DEMAND FORECASTING USING ACCRUAL MOVING AVERAGE	61
BIOGRAPHY	65

LIST OF TABLES

		Pages
Table 3.1	Accrual Water Demand of the Fiscal Year 1999 and 2000	18
Table 3.2	Comparison between Actual and Water Demand Forecast using Accrual Moving Average of the Fiscal Year 1999 and 2000	20
Table 3.3	Comparison between Actual and Water Demand Forecast using Accrual Moving Average of the first sixth months of the Fiscal Year 2001	21
Table 4.1	Gross Domestic Product (Million Baht) of the Fiscal Year 1993 – 1998	24
Table 4.2	Increased Water Tariffs (Baht) of the Fiscal Year 1993 – 1998	25
Table 4.3	Number of Connections (Connections) of the Fiscal Year 1993 – 1998	25
Table 4.4	Water Demand (Million Cubic Meters) of the Fiscal Year 1993 – 1998	25
Table 4.5	Gross Domestic Product (Million Baht) of the Fiscal Year 1999 – 2000	26
Table 4.6	Increased Water Tariffs (Baht) of the Fiscal Year 1999 – 2000	26
Table 4.7	Number of Connections (Connections) of the Fiscal Year 1999 – 2000	27
Table 4.8	Water Demand (Million Cubic Meters) of the Fiscal Year 1999 – 2000	27
Table 4.9	Gross Domestic Product (Million Baht) of the first sixth of the Fiscal Year 1993 – 1998	28
Table 4.10	Increased Water Tariffs (Baht) of the first sixth months of the Fiscal Year 1999 – 2000	28
Table 4.11	Number of Connections (Connections) of the first sixth months of the Fiscal Year 2001	28
Table 4.12	Water Demand (Million Cubic Meters) of the first sixth months of the Fiscal Year 2001	28

LIST OF TABLES

		Pages
Table 4.13	Training Result of Test set 1	32
Table 4.14	Training Result of Test set 2	33
Table 4.15	Training Result of Test set 3	33
Table 4.16	Training Result of Test set 4	36
Table 4.17	Training Result of Test set 5	38
Table 4.18	Training Result of Test set 6	40
Table 4.19	Training Result of Test set 7	41
Table 4.20	Training Result of Test set 8	43
Table 4.21	Training Result of Test set 9	45
Table 4.22	Training Result of Test set 10	47
Table 4.23	The best result of all Test sets that use data from Data set 1	48
Table 4.24	Comparison between Actual and Water Demand Forecast from Test set 5 of the Fiscal Year 1999 and 2000	49
Table 4.25	The best result of all Test sets that use data from Data set 2	50
Table 4.26	Comparison between Actual and Water Demand Forecast from Test set 9 of the first sixth months of the Fiscal Year 2001	51
Table 4.27	Comparison between percentages of error from Neural Network and Accrual Moving Average Technique.....	51
Table B.1	Mean Squared Error of Water Demand Forecasting using Accrual Moving Average of the Fiscal Year 1999 and 2000	62
Table B.2	Mean Squared Error of Water Demand Forecasting using Accrual Moving Average of the Fiscal Year 1999 and 2000 except the data of 5 th and 6 th months of both Fiscal Year	63
Table B.3	Mean Squared Error of Water Demand Forecasting using Accrual Moving Average of the first sixth months of the Fiscal Year 2001	64

LIST OF FIGURES

	Pages
Figure 1.1 The uses of Water Demand Forecast	2
Figure 2.1 Learning Process of the Artificial Neural Network	6
Figure 2.2 A simple neuron model	7
Figure 2.3 A neuron with vector input	8
Figure 2.4 A layer of neurons	10
Figure 2.5 An example of a two-layer network	10
Figure 2.6 Hard Limit Transfer Function	10
Figure 2.7 Linear Transfer Function	11
Figure 2.8 Log-Sigmoid Transfer Function	11
Figure 2.9 Tan-Sigmoid Transfer Function	12
Figure 4.1 Architecture of the network used for forecasting	29
Figure 4.2 Graph of Water Demand from the Fiscal Year 1993 to 2000	30