แบบจำลองโครงข่ายประสาทประดิษฐ์สำหรับความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า

นายเปรม จันทร์สว่าง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการคณนา ภาควิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODEL FOR RAINFALL-RUNOFF RELATIONSHIP

Mr. Prem Junsawang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Computational Science

Department of Mathematics

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

501257

Thesis Title	ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODEL FOR RAINFALL-RUNOFF RELATIONSHIP
By	Mr. Prem Junsawang
Field of Study	Computational Science
Thesis Advisor	Associate Professor Jack Asavanant, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Professor Chidchanok Lursinsap, Ph.D.

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

..... Dean of the Faculty of Science

(Professor Supot Hannongbua, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman

(Assistant Professor Anusorn Chonwerayuth, Ph.D.)

..... Thesis Advisor

(Associate Professor Jack Asavanant, Ph.D.)

..... Thesis Co-advisor

(Professor Chidchanok Lursinsap, Ph.D.)

..... Member

(Assistant Professor Vimolrat Ngamaramvaranggul, Ph.D.)

เปรม จันทร์สว่าง: แบบจำลองโครงข่ายประสาทประดิษฐ์สำหรับความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า (ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODEL FOR RAINFALL-RUNOFF RELATIONSHIP) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.จักษ์ อัศวานันท์, อ. ที่ปรึกษาร่วม: ศ.ดร. ชิดชนก เหลือสินทรัพย์, 60 หน้า.

แบบจำลองโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ถือได้ว่าเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่นำมาใช้ในการจำลองกระบวนการของการเกิดน้ำท่าโดยที่ไม่ทราบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางฟิสิกส์ วิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นในการประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ในการทำนายอัตราการไหลของน้ำท่า ราย 3 ชั่วโมง ในลุ่มน้ำขนาดเล็กที่มีข้อมูลทางอุทกวิทยาอยู่อย่างจำกัด โดยข้อมูลสำหรับใช้ในขั้นตอนการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองและขั้นตอนการทดสอบแบบจำลองนั้น บันทึกจากสถานีวัดข้อมูลทางอุทกวิทยาเพียงสถานีเดียว (P.64) ติดตั้งในบริเวณลุ่มน้ำแม่ตื่น อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย ลุ่มน้ำกรณีศึกษานี้เป็นลุ่มน้ำขนาดเล็กมีพื้นที่ประมาณ 503 ตารางกิโลเมตรและมีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เป็นลักษณะเฉพาะ มีข้อจำกัดของข้อมูลที่บันทึกได้เกี่ยวกับลักษณะทางภูมิศาสตร์และข้อมูลน้ำท่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ที่นำมาใช้ทำนายอัตราการไหลของน้ำท่า ราย 3 ชั่วโมงนั้นเป็นแบบฟีดฟอร์เวิร์ดแบ็คพรอบพะเกชัน โดยในลุ่มน้ำเดียวกันนี้เคยมีการศึกษาเกี่ยวกับการหาความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่าโดยใช้แบบจำลองแทงค์ (ซูกาวารา, 1974) สำหรับทำนายอัตราการไหลของน้ำท่าในช่วงปริมาณน้ำมากและปริมาณน้ำน้อย (ชุติพล, 2001) ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยนำเสนอการเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราการไหลที่ได้จากทั้งสองแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลทางอุทกศาสตร์ชุดเดียวกันซึ่งผลที่ได้พบว่า ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ (10.17%) มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองแทงค์ (41.35%) โดยในงานนี้จะนำเสนอและอภิปรายเกี่ยวกับการวัดประสิทธิภาพทางสถิติของแบบจำลองทั้งสองแบบนี้

ภาควิชา คณิตศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....เปรม จันทร์สว่าง.....

สาขาวิชา วิทยาการคณนา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....Jack Asavanant.....

ปีการศึกษา 2550 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....ชิดชนก.....

4772383023 : MAJOR COMPUTATIONAL SCIENCE

KEY WORD : ARTIFICIAL NEURAL NETWORK / RAINFALL-RUNOFF MODELING / DISCHARGE FORECASTING / LEVENBERG-MARQUARDT ALGORITHM

PREM JUNSAWANG: ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODEL FOR RAINFALL-RUNOFF RELATIONSHIP. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. JACK ASAVANANT, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: PROF. CHIDCHANOK LURSINSAP, Ph.D., 60 pp.

Artificial neural networks (ANNs) have emerged as an alternative approach in modeling the runoff process in which the explicit form of the relationship between the variables involved is unknown. This thesis focuses on the implementation of artificial neural network to forecast the three hourly discharges in the small watershed area with limited hydrologic data. Data for model calibration and validation are obtained from only one available hydrologic station (P.64) at the Mae Tuen River in Om Koi District, Chiang Mai Province located in the northern part of Thailand. The watershed is small with approximately 503 square kilometers. It has a distinct hydrologic feature with relatively little information on topography and runoff data. A feedforward backpropagation ANN is used to model and forecast the three hourly discharges. Rainfall-runoff relationship in this studied area was previously investigated by Pukdeboon (2001). He used the Tank model, originally proposed by Sugawara (1974), to forecast the three hourly discharge for the wet- and dry- periods. Based on the same set of hydrologic data, comparisons of the predicted discharge from the Tank model and ANN are presented. The results showed that the average relative error computed from the ANN (10.17%) substantially decreased when comparing with the average relative error computed Tank model (41.35%). The performance evaluation of these two models, based on various statistics, are presented and discussed.

Department Mathematics Student's signature.....

Field of study Computational Science Advisor's signature.....

Academic year 2007 Co-advisor's signature.....

ACKNOWLEDGEMENTS

First of all, I am deeply grateful to my advisor, Associate Professor Dr. Jack Asavanant, for his generous advice, emotional support, encouragement, and patience on the work of this thesis. I am also particularly grateful to my co-advisor, Professor Dr. Chidchanok Lursinsap, with his kindness, understanding and valuable advice enabled me to make this thesis possible.

I sincerely thank to the chairman and member of the committee of this thesis, Assistant Professor Dr. Anusorn Chonwerayuth and Assistant Professor Dr. Vimolrat Ngamaramvaranggul, for their valuable comments and personal efforts in reviewing my work.

I am grateful to the Advanced Virtual and Intelligence Computing Research Center (AVIC) and the National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC) for their material support in enabling me to accomplish this research. I would like to thank the Royal Irrigation Department of Thailand for hydrologic data support.

I am indebted to The Development and Promotion of Science and Technology Talents Project (DPST), the CU. Graduate School Thesis Grant and National Research Council of Thailand for financial support. Many thanks to Mr. Chutiphon Pukdeboon, Miss Kodchakorn Na Nakornphanom and Miss Nuttita Pophet for supporting and advising me in research work. Also thanks to friends and everyone who gave such a nice cheer up and helpful suggestion.

Finally, I would not be able to accomplish this work without the loves and supports from my beloved parents that becomes an invaluable source of strength along the duration of this study.

TABLE OF CONTENTS

	Page
ABSTRACT (THAI)	iv
ABSTRACT (ENGLISH)	v
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
TABLE OF CONTENTS	vii
LIST OF TABLES	ix
LIST OF FIGURES	x
CHAPTER	
I INTRODUCTION	1
1.1 Statement of the Problem	1
1.2 Research Objective	2
1.3 Literature Review of Rainfall-Runoff Modeling	3
1.3.1 Knowledge-driven approach	4
1.3.2 Data-driven approach	5
1.4 Outline of the Thesis	6
II ARTIFICIAL NEURAL NETWORK	7
2.1 Artificial Neural Network versus Human Brain	7
2.2 Classification of Artificial Neural Networks	9
2.3 A Neuron Model	10
2.4 Multilayer Perceptrons	12
2.5 Learning Process	14
2.6 Levenberg-Marquardt Algorithm	16
III METHODOLOGY	20
3.1 Data Adjustments	21
3.1.1 Rainfall Data	21
3.1.2 Runoff Data	26
3.2 Input Determination	29
3.2.1 Lag time determination for rainfall data	30
3.3.2 Lag time determination for discharge data	31
3.3 Data Preprocessing	32
3.3.1 Data Filtration and Data Separation	32

CHAPTER Page

3.3.2 Data Transformation. 33
3.4 Network and Training. 34
3.4.1 Network construction. 35
3.4.2 Network training. 36
3.5 Statistical Criteria for Optimal Network Selection 37
IV RESULTS AND DISCUSSION. 39
V CONCLUSION. 50
References. 52
APPENDIX
A Studied Area 56
VITAE 60

LIST OF TABLES

Table		Page
3.1	Original rainfall data in September of the year 1998	22
3.2	Adjusted rainfall data in September of the year 1998	24
3.3	Original runoff data in April of the year 2001	27
3.4	Correlations between the discharge difference (E) and the corresponding rainfall values at lag time k (R_k)	31
4.1	Optimal network structures with two cases of model input (I1 and I2) for each range of the linear transformation (Li)	41
4.2	Statistics comparison of Tank and ANN models with the same hydrologic data for three hourly discharge forecast	47
A.1	Monthly rainfall data recorded at P.64 station	57
A.2	Monthly water level recorded at P.64 station	58

LIST OF FIGURES

Figures		Page
2.1	Two interconnected biological neurons.	8
2.2	A neuron model.	10
2.3	Threshold function.	11
2.4	Piecewise-linear function.	11
2.5	Logistic sigmoid function.	12
2.6	Structure of multilayer perceptrons.	13
2.7	Diagram of weight adjustment process.	14
3.1	Five components of ANN implementation.	20
3.2	Relation between discharge (*CMS*) and water level (*m*).	26
4.1	Average absolute relative error (*AARE*) of the optimal networks with two cases of model input in four ranges of transformation (Li).	42
4.2	Correlation (C) of the optimal networks with two cases of model input in four ranges of transformation (Li)	42
4.3	Coefficient of determination (R^2) of the optimal networks with two cases of model input in four ranges of transformation (Li).	43
4.4	Normalized root mean square error (*NRMSE*) of the optimal networks with two cases of model input in four ranges of transformation (Li). . .	43
4.5	Relative error of maximum discharge (*REMD*) of the optimal networks (see Table 4.1) with two cases of model input in four ranges of transformation (Li).	44
4.6	Scatter plot of the predicted discharge by ANN model versus the observed discharge for the training set with correlation $C = 0.99$	45
4.7	Scatter plot of the predicted discharge by ANN model versus the observed discharge for the testing set with correlation $C = 0.96$	45
4.8	Comparison between observed and predicted discharges in the training set	46

Figures Page

4.9 Comparison between observed and predicted discharges in the testing set 46
4.10 Scatter plot of the predicted discharge by Tank model versus the observed discharge with correlation *C=0.76* 48
4.11 Scatter plot of the predicted discharge by ANN model versus the observed discharge with correlation *C=0.94*. 48
4.12 Comparison of observed discharge and predicted discharge by Tank and ANN models with the same hydrologic data 49
A.1 (a) Location of Chiang Mai Province and (b) Location of Om Koi District. 56
A.2 Topographic map of the studied area 59