Prediction Model of Water Quality in Chaophraya River using Artificial Neural Network

Mr. Weeris Treeratanajaru

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Computer Science and
Information Technology
Department of Mathematics and Computer Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

แบบจำลองการทำนายคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

นายวีริศ ตรีรัตนจารุ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560

Thesis Title	Prediction Model of Water Quality in Chaophraya River using Artificial Neural Network
By	Mr. Weeris Treeratanajaru
Field of Study	Computer Science and Information Technology
Thesis Advisor	Associate Professor Rajalida Lipikorn, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Supawin Watcharamul, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctoral Degree

....Dean of the Faculty of Science

(Professor Polkit Sangvanich, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

....Chairman

(Associate Professor Nagul Cooharojananone, Ph.D.)

....Thesis Advisor

(Associate Professor Rajalida Lipikorn, Ph.D.)

....Thesis Co-Advisor

(Supawin Watcharamul, Ph.D.)

....Examiner

(Assistant Professor Pattarasinee Bhattarakosol, Ph.D.)

....Examiner

(Assistant Professor Roongkan Nuisin, Ph.D.)

....External Examiner

(Chao Nokyoo, Ph.D.)

วีริศ ตรีรัตนจารุ : แบบจำลองการทำนายคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Prediction Model of Water Quality in Chaophraya River using Artificial Neural Network) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. รัชลิดา ลิปิกรณ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร. ศุภวิน วัชรมูล, 158 หน้า.

แบบจำลองเพื่อทำนายคุณภาพน้ำได้รับการวิจัย พัฒนาและประยุกต์ใช้กับแหล่งน้ำต่างๆทั่วโลก ลักษณะของแหล่งน้ำที่แตกต่างกันทำให้แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับแหล่งน้ำแต่ละแห่งมีความเฉพาะเจาะจง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอแบบจำลองใหม่เพื่อพยากรณ์พารามิเตอร์คุณภาพน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาในอนาคต แบบจำลองใหม่นี้พัฒนาขึ้นจากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยพัฒนาให้สามารถรับข้อมูลแบบหลายมิติได้ (พารามิเตอร์ที่แสดงคุณภาพน้ำที่ย้อนไปในอดีตและต้นน้ำ) ที่เรียกว่าโครงข่ายประสาทเทียมสถานที่และเวลา ซึ่งแตกต่างจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบดั้งเดิม ทั้งนี้แบบจำลองที่ทันสมัยที่สุดในขณะนี้จำนวนหนึ่งถูกนำมาทดสอบและเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ถูกนำเสนอ โดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วง 17 ปี เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการทำนายค่าพารามิเตอร์พบว่า แบบจำลองใหม่ทำนายได้แม่นยำกว่า (Spearman's rho = 0.73 ± 0.06) เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ (Spearman's rho = 0.67 ± 0.08 และ Spearman's rho = 0.57 ± 0.15) นอกจากนี้แบบจำลองใหม่นี้ถูกพัฒนาขึ้นเป็นกรอบกว้างๆ เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์กับแม่น้ำสายอื่นๆได้อีกด้วย

ภาควิชา	คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์	ลายมือชื่อนิสิต	....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก	....
สาขาวิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม	....
ปีการศึกษา	2560		

5573106823 : MAJOR COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY
KEYWORDS: WATER QUALITY PREDICTION MODEL / ARTIFICIAL NEURAL NETWORK / SPACE AND TIME NEURAL NETWORK

WEERIS TREERATANAJARU: Prediction Model of Water Quality in Chaophraya River using Artificial Neural Network. ADVISOR: ASSOC. PROF. RAJALIDA LIPIKORN, Ph.D., CO-ADVISOR: SUPAWIN WATCHARAMUL, Ph.D., 158 pp.

Water quality prediction models have been researched, developed and applied to various water resources around the world. The characteristics of different water resources make the model to be suitable for each specific resource. This study proposes the new model to forecast the water quality parameters of Chaophraya River in the future that was developed from artificial neural network (ANN). Unlike the traditional ANN, the proposed model called space and time neural network (STNN) is able to accept input multi-dimensional data (historical and upstream water quality records). The state-of-the-art models and the purposed model were tested and compared using the Chaophraya River's water quality measured over a period of 17 years. The STNN model outperforms the others in term of water quality prediction correlation coefficient (Spearman's rho = 0.73 ± 0.06) compared with other models (Spearman's rho = 0.67 ± 0.08 and Spearman's rho = 0.57 ± 0.15). In addition, the proposed model was developed with a general framework and could be applied to other rivers as well.

Department:	Mathematics and Computer Science	Student's Signature ....
		Advisor's Signature ....
Field of Study:	Computer Science and Information Technology	Co-Advisor's Signature ....
Academic Year:	2017	

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to acknowledge my advisor and co-advisor, Associate Professor Dr. Rajalida Lipikorn, at Department of Mathematics and Computer Science, and Dr. Supawin Watcharamul, at Department of Environmental Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, for all their great support helping me to improve my researching skill, and giving me the great opportunity in publishing papers.

I would like to thank for data supported by Dr. Chao Nokyoo, at Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment.

I would like to thank all committees for precious comments.

I would like to thank Miss Phasinee Khwanmuang for documentary support, friendly and helpful support in dissertation work.

I would like to thank Prof. Michael E. Houle, Oussama Chelly, Wasin Rojayaroon, Chadaphim Photphanloet, Banphatree Khomkham, Krisorn Chunhapongpipat for technical discussion and useful comments.

Finally I would like to thank my father, mother and friends for everything they suggested and supported me.

CONTENTS

Page

Page

Page

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

LIST OF ABBREVIATION

Abbreviation	Description
3-CA	3-chloroaniline
AAD	Average Absolute Deviation
AARE	Average Absolute Relative Error
AHGA	Aggregation Hybrid Genetic Algorithm
ANFIS	Adaptive Neuro Fuzzy Inference System
ARIMA	Autoregressive Integrated Moving Average
BE	Buddhist Era
BOD	Biochemical Oxygen Demand
BP-NN	Back-Propagation Neural Networks
Ca^{2+}	Calcium (II) ion
CART	Classification And Regression Trees
CC	Coefficient of Correlation
CE	Coefficient of Efficiency
Cl^-	Chloride
COD	Chemical Oxygen Demand
CODMn	Chemiluminescence Detection of Permanganate Index
DO	Dissolved Oxygen
Dy	Community Dynamics
EC	Electrical Conductivity
Fo	Community Eveness
GML	Geography Markup Language
H_2S	Hydrogen Sulfide
HCO_3^-	Bicarbonate
ISSADM	Integrated Seasonal Separate Advection–Diffusion Model
K^+	Potassium (I) ion
LM	Levenberg–Marquardt algorithm
LS-SVM	least Squares Support Vector Machine

Abbreviation	Description
MAE	Mean Absolute Error
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
Mg^{2+}	Magnesium (II) ion
MLP	Multilayer Perceptron
MLR	Multiple Linear Regression
MNN	Modular Neural Network
MRE	Mean Relative Error
MSE	Mean Squared Error
Na^{+}	Sodium (I) ion
NH_3-N	Ammonia-nitrogen
NH_4^{+}-N	Ammonium-nitrogen
NO_2^{-}-N	Nitrite-nitrogen
NO_3^{-}-N	Nitrate-nitrogen
NSHGA	Non-Dominated Sorting Hybrid Genetic Algorithm
OpenMI	Open Modeling Interface
PCA	Principal Component Analysis
PMI	Partial Mutual Information
PO_4^{3-}	Phosphate
PSO	Particle Swarm Optimization
R	community richness
R^2	Coefficient of determination
RBF	Radial Basis Function
RGA–SVR	Real-value Genetic Algorithm Support Vector Regression
RMSE	Root Mean Square Error
RVS	Recursive Variable Selection
SDE	Standard Deviation Error
SO_4^{2-}	Sulfate
SR	Solar Radiation
SS	Suspended Solids
SVM	Support Vector Machine

Abbreviation	Description
SVR	Support Vector Regression
TDS	Total Dissolved Solids
TKN	Total Kjehldahl Nitrogen
TOC	Total Organic Carbon
TP	Total Phosphorous
TS	Total Solids
WS	Wind Speed
WASP	Water Quality Analysis Simulation Program