การใช้ข่ายงานนิวรัลชนิดป้อนไปข้างหน้าแบบหลายชั้น สำหรับการระบุระบบ การประมาณค่าฟังก์ชั่น และการควบคุมขั้นสูง

นางสาวจุฑาทิพย์ เพชรเชิดศักดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-147-6

USE OF MULTILAYER FEEDFORWARD NETWORKS FOR SYSTEM IDENTIFICATION, FUNCTION APPROXIMATION, AND ADVANCED CONTROL

Miss Jutatip Petcherdsak

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate school
Chulalongkorn University
Academic Year 1999
ISBN 974-333-147-6

Thesis Title	Use of Multilayer Feedforward Networks for System Identification, Function Approximation, and Advanced Control
By	Miss Jutatip Petcherdsak
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Assist. Prof. Paisan Kittisupakorn

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

Suchada Kiranandana .... Dean of Graduate School

(Associate Professor Suchada Kiranandana, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.... Chairman

(Associate Professor Ura Pancharoen, D.Eng.Sc.)

Paisan Kittisupakorn .... Thesis Advisor

(Assistant Professor Paisan Kittisupakorn, Ph.D.)

.... Member

(Assistant Professor Tawatchai Charinpanitkul, D.Eng.)

H. Duriyabunleng .... Member

(Dr. Hathaichanok Duriyabunleng, Ph.D.)

จุฑาทิพย์ เพชรเชิดศักดิ์: การใช้ข่ายงานนิวรัลชนิดป้อนไปข้างหน้าแบบหลายชั้นสำหรับการระบุระบบ การประมาณค่าฟังก์ชัน และการควบคุมขั้นสูง (USE OF MULTILAYER FEEDFORWARD NETWORKS FOR SYSTEM IDENTIFICATION, FUNCTION APPROXIMATION, AND ADVANCED CONTROL) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. ไพศาล กิตติศุภกร ; 194 หน้า.

ISBN 974-333-147-6

ข่ายงานนิวรัลชนิดป้อนไปข้างหน้าแบบหลายชั้นสำหรับการระบุระบบ การประมาณค่าฟังก์ชัน และการควบคุมขั้นสูงได้นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ อัลกอริธึมการกระจายค่าความผิดพลาดย้อนกลับ และอัลกอริธึมเลเวนเบอร์ก-มาร์ควอดท์ได้นำมาใช้เพื่อฝึกข่ายงานนิวรัล

สำหรับการระบุระบบ ข่ายงานนิวรัลได้ถูกฝึกด้วยข้อมูลอินพุท-เอาท์พุทจริงของโรงงาน เพื่อเรียนรู้ไดนามิกของระบบอะเซทิลีนไฮโดรจิเนชันแบบฟรอนท์-เอนด์ทางอุตสาหกรรม พบว่า ข่ายงานนิวรัลที่ถูกฝึกแล้ว ให้ผลการทำนายที่ดีทั้งในชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกและการทดสอบ โดยมีค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด 8 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการประมาณค่าฟังก์ชัน ข่ายงานนิวรัลได้ถูกฝึกด้วยข้อมูลที่ได้จากการเลียนแบบของเครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่อง (ซีเอสทีอาร์) เพื่อที่จะประมาณค่าฟังก์ชันในอัลกอริธึมการควบคุมแบบเจนเนอริกโมเดล (จีเอ็มซี) โดยอยู่บนพื้นฐานของอุณหภูมิของสารหล่อเย็น และอุณหภูมิของถังปฏิกรณ์ จะเห็นได้ว่า การใช้ตัวประมาณข่ายงานนิวรัลในจีเอ็มซีสามารถปรับปรุงสมรรถนะการควบคุมของจีเอ็มซี ภายใต้การทดสอบในการติดตามเซ็ทพอยท์และการกำจัดตัวรบกวนระบบ ในสภาวะปกติและมีความไม่สอดคล้องกันของแบบจำลองของโรงงานและแบบจำลองที่นำมาศึกษา

สำหรับการควบคุมขั้นสูง ข่ายงานนิวรัลได้ถูกฝึกให้เรียนรู้แบบจำลองไปข้างหน้า และแบบจำลองย้อนกลับของซีเอสทีอาร์ แบบจำลองแรกถูกใช้เพื่อเลียนแบบแบบจำลองของกระบวนการ ส่วนแบบจำลองอีกแบบได้ถูกใช้เป็นตัวควบคุมในอัลกอริธึมการควบคุมแบบมีแบบจำลองภายในไม่เชิงเส้น (เอ็นไอเอ็มซี) จะเห็นได้ว่า ตัวควบคุมข่ายงานนิวรัลที่อยู่บนพื้นฐานของแบบจำลองย้อนกลับ สามารถควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่เซ็ทพอยท์ในกรณีที่ระบบได้ถูกทดสอบในการติดตามเซ็ทพอยท์ อย่างไรก็ตาม ตัวควบคุมข่ายงานนิวรัลให้ออฟเซตเมื่อระบบถูกทดสอบในการกำจัดตัวรบกวนระบบ ดังนั้นตัวควบคุมแบบพีไอได้นำมาใส่เข้าไปในลูพการควบคุมเพื่อที่จะกำจัดออฟเซต ด้วยเหตุนี้จะได้รับสมรรถนะการควบคุมแบบปราศจากออฟเซต

ภาควิชา ....วิศวกรรมเคมี.... ลายมือชื่อนิสิต ....

สาขาวิชา ....วิศวกรรมเคมี.... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....

ปีการศึกษา ....2542.... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....-....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

#3970308521 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: NEURAL NETWORKS / BACKPROPAGATION / LEVENBERGE-MARQUARDT / ADVANCED CONTROL
JUTATIP PETCHERDSAK: USE OF MULTILAYERED FEEDFORWARD NETWORKS FOR SYSTEM IDENTIFICATION, FUNCTION APPROXIMATION, AND ADVANCED CONTROL. THESIS ADVISOR: ASSIST. PROF. PAISAN KITTISUPAKORN, Ph.D. 194 pp.
ISBN 974-333-147-6

Multilayer feedforward networks for system identification, function approximation, and advanced control are studied in this research. Error backpropagation and Levenberge-Marquardt algorithms have been employed to train the neural networks.

For system identification, the neural networks are trained with actual plant input-output data to learn the plant dynamics of an industrial front-end acetylene hydrogenation system. It can be seen that the trained neural networks give good prediction results in both training data set and testing data set with maximum average relative error of 8%.

For function approximation, the neural networks are trained with simulated data of a Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) in order to approximate a function in the Generic Model Control (GMC) algorithm based on the coolant temperature and the reactor temperature. It can be seen that the incorporation of neural network approximator in the GMC can improve the GMC control performance under the disturbance rejection and set point tracking tests in a nominal condition and the presence of plant-model mismatches.

For advanced control, the neural networks are trained to learn the forward model and the inverse model of the CSTR. The first one is used to simulate the process model and the other one is used as a controller in the Nonlinear Internal Model Control (NIMC) algorithm. It can be seen that the neural network controller based on the inverse model can control the reactor temperature at its set point when the system is tested with set point tracking. However, it produces some offsets when the system is tested with disturbance rejection. Consequently, the PI controller is added into the NIMC control loop in order to get rid of the offsets. As the results, offset-free control performances are obtained.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต ....
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....
ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

Acknowledgements

I would take this opportunity to express my affection and high regard for all of those individuals who have, in various ways, contributed to this thesis.

First, I wish to gratefully acknowledge the Thai Olefin Company, Map Ta Phut Industrial Estate, Rayong, especially Dr. Kongkrapan Intarajang, Miss Pornwanchalee Thongyai and all staff in the Research and Development Department, for their information support.

I would like to sincerely thank Assistant Professor Paisan Kittisupakorn, my advisor, for providing me valuable guidance and directions for the completion of this research and thesis as well as giving me a chance to research at the University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia. I am profoundly thankful for his support and his exceptional advice. Additionally, he has devoted his valuable time to correct my thesis.

I would like to express my special appreciation to the other three members of my committee, Associate Professor Ura Pancharoen, Assistant Professor Tawatchai Charinpanitkul, and Dr. Hathaichanok Duriyabunleng for serving on my thesis committee and providing valuable recommendations for the improvement of this thesis.

For the recommendations about the neural networks, I wish to thank Dr. Mohamed Azlan Hussain, for his supervision and recommendation while I was researching at the University of Malaya. His advice, particularly about the neural networks, is very beneficial to my research works. Moreover, I wish to thank Assistant Professor Karlene A. Hoo, Department of Chemical Engineering, University of South Carolina, Columbia, for her useful recommendations. She has given her valuable time to immediately reply me all questions I mailed to her. And I wish to thank Mr. Santi Limpornchaicharoen, my senior friend for his useful advice about neural network programming.

I would like to thank my friends, colleagues and all staff, in the Department of Chemical Engineering, University of Malaya and Chulalongkorn University for their help and friendliness.

Finally, the most special and important persons I deeply would like to be grateful and thankful are my parents who love me, guide me, encourage me, and support me in any way they can do and also my beloved friends.

Jutatip Petcherdsak

Table of Contents

List of Figures

Page

List of Tables

Page

Nomenclature

A	Area
C	Concentration
C_p	Heat capacity
E	Activation energy
h	Heat transfer coefficient for CSTR
$-\Delta H$	Heat of reaction
IAE	Integral absolute error
K_1, K_2	GMC tuning parameters
k_o	Arrhenius pre-exponential constant
q	Flow rate
R	Gas constant
SSE	Sum-squared error
T	Reactor temperature
V	Volume

Subscripts

A	Reactant
c	Coolant
f	Feed

Greek letters

η	Learning rate
α	Momentum parameter