

การพัฒนาเครื่องขายนิวรอตสำหรับแสดงภาวะทรานเซียนต์ของแบบจำลอง  
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ CANDU-9

นายพิพัฒน์ ธนากรณจันทร์พงษ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-414-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK FOR IDENTIFYING TRANSIENT  
CONDITION OF THE CANDU-9 NUCLEAR POWER PLANT SIMULATOR**

**Mr. Phiphat Tanaponchirong**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Nuclear Technology  
Department of Nuclear Technology**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

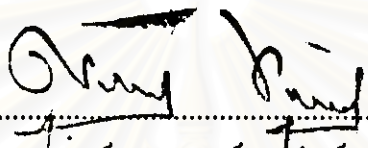
**Academic Year 1998**

**ISBN 974-332-414-3**


หัวข้อวิทยานิพนธ์    การพัฒนาเครือข่ายนิวรอลสำหรับแสดงภาวะทรานเซียนต์ของแบบ  
จำลองโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ CANDU-9  
โดย                            นายพิพัฒน์ ชนาภรณ์จันทร์  
ภาควิชา                        นิวเคลียร์เทคโนโลยี  
อาจารย์ที่ปรึกษา            ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพิชชา จันทร์โฮธา  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม    Dr. George Bereznai

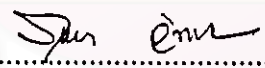
---


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

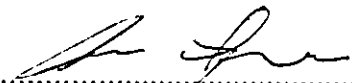
  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทร์ขาว )

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพิชชา จันทร์โฮธา )

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
( Dr. George Bereznai )

  
..... กรรมการ  
( อาจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์ )

  
..... กรรมการ  
( อาจารย์ ดร. สัจชัย นิตสุวรรณโฆษิต )

**พัฒนา วิชาการจีนหงษ์ : การพัฒนาเครือข่ายนิวรอลสำหรับแสดงภาวะทรานเซียนต์ของแบบจำลอง  
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ CANDU-9 ( DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK FOR  
IDENTIFYING TRANSIENT CONDITION OF THE CANDU-9 NUCLEAR POWER PLANT  
SIMULATOR )** อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สุพิชชา จันทโรธา, อ.ที่ปรึกษาร่วม : Dr. George Bereznai ,  
133 หน้า. ISBN 974-332-414-3.

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของเครือข่ายนิวรอลอย่างหนึ่งก็คือ การพัฒนาเครือข่ายนิวรอลชนิด Self-Organizing Feature Maps (SOFM) ขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แสดงฟังก์ชัน (Function) ที่ผิดปกติในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์อันเนื่องมาจากภาวะทรานเซียนต์ที่ไม่ต้องการ แบบจำลองโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แคนดู-9 (CANDU-9 Nuclear Power Plant Simulator) ได้ถูกใช้เป็นที่ฝึกและทดสอบความสามารถของเครือข่ายนิวรอลที่พัฒนาขึ้น พารามิเตอร์ (Parameter) 36 ตัวจะถูกเรียนรู้แบบรูป (Pattern Learning) ของทรานเซียนต์แต่ละทรานเซียนต์โดยเครือข่าย SOFM และพิสูจน์ว่าเป็นฟังก์ชันที่ผิดปกติฟังก์ชันใดที่มีอยู่ในแบบจำลอง ช่วงเวลาที่ใช้ในการทดสอบการเรียนรู้จำแบบรูป (Pattern Recognition) คือ 5 , 10 และ 15 วินาที พบว่าเครือข่ายที่พัฒนาขึ้นสามารถบอกภาวะทรานเซียนต์ได้ถูกต้องทั้งหมดภายในช่วงเวลาการรู้จำ 15 วินาที โดยดูได้จากสหสัมพันธ์ระหว่าง SOFM อ้างอิงที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลกับ SOFM ที่สร้างขึ้นอย่าง Real-Time ในระหว่างเกิดทรานเซียนต์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... นิวเคลียร์เทคโนโลยี

สาขาวิชา ..... นิวเคลียร์เทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิติต ..... *[Signature]*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... *[Signature]*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... *[Signature]*

## C818916 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY  
KEY WORD:

NUCLEAR POWER PLANT / NEURAL NETWORK / SELF-ORGANIZING FEATURE MAP /  
TRANSIENT / FAILURE DIAGNOSIS

PHIPHAT TANAPONCHINPONG : DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK FOR IDENTIFYING  
TRANSIENT CONDITION OF THE CANDU-9 NUCLEAR POWER PLANT SIMULATOR .

THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. SUPHICHA JUNCYOTHA, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : GEORGE  
BEREZNAI, Ph.D. 133 pp. ISBN 974-332-414-3.

An application of neural network technology using Self Organizing Feature Maps (SOFM) has been developed for the purpose of identifying malfunctions that cause unwanted transients in nuclear power plants. The training of the neural network and testing its capability have been done using the CANDU-9 Nuclear Power-Plant Simulator. The SOFM network uses 36 plant parameters to learn the patterns associated with each transient, and subsequently to identify any one of the 17 presently available malfunctions on the Simulator. In order to recognize a given transient, identification times of 5, 10 and 15 seconds A high degree of correlation has been found to exist between the reference SOFM's in the database and the ones obtained in real time for each transient being identified .

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....นิเวศวิทยาเทคโนโลยี

สาขาวิชา.....นิเวศวิทยาเทคโนโลยี

ลายมือชื่อนิสิต.....*Ph. 25*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*Ph. 25*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาช่วย.....*Ph. 25*



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผศ. ดร.สุพิชชา จันทร์ ไชธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ Dr. George Bercznai อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ทั้งสองท่าน ได้ให้คำแนะนำอีกทั้งข้อคิดเห็นต่างๆ ในงานวิจัยนี้มาด้วยดีตลอดรวมถึงอาจารย์ประจำภาควิชา นวัตกรรมเทคโนโลยีทุกท่านที่ได้เป็นกำลังใจและสนับสนุนงานวิจัยนี้ และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย หน่วยงานต้นสังกัดของผู้เขียนซึ่งเป็นผู้ให้ทุนการศึกษากับผู้เขียนตลอดหลักสูตร และผู้ร่วมงานซึ่งรับผิดชอบงานแทนผู้เขียนในช่วงตลอด ช่วง 2 ปีของการลาศึกษาต่อ

ขอขอบคุณ Mr. Kwok Lam ประธานบริษัท Cassiopeia Technologies Incorporated ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา เกี่ยวกับ โปรแกรม CASSIM ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ท้ายนี้ ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ซึ่งเป็นผู้ให้ทุกอย่างในชีวิตของผู้เขียน และขอขอบคุณภรรยาและบุตรทั้งสองที่ขอมลเสียดความอบอุ่นบางส่วนซึ่งสมควรจะได้รับจากผู้เขียน เพื่อให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ญ
สารบัญภาพ .....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ .....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ .....	2
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ .....	2
1.6 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2 ความรู้เบื้องต้นของทฤษฎีเครือข่ายนิวรอล .....	4
2.1 ประวัติความเป็นมาของเครือข่ายนิวรอล .....	4
2.2 หลักการทำงานของเครือข่ายนิวรอล .....	5
2.3 โครงสร้างของนิวรอล .....	6
2.4 ชนิดของเครือข่ายนิวรอล .....	7
2.5 Perceptrons .....	8
2.5.1 การทำงานของ Perceptron.....	8
2.6 Multilayer Feed-Forward Network .....	10
2.6.1 Back-Propagation Learning .....	11

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.7 รูปแบบของเครือข่ายนิวรอลที่เหมาะสมกับแบบรูปพารามิเตอร์ (Parameter Pattern) จาก โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ .....	14
2.8 Competitive Network .....	16
2.8.1 Hamming Network .....	16
2.8.2 ปัญหาของการใช้ Competitive Layer .....	22
2.9 Self-Organizing Feature Maps (SOFM).....	23
3 คุณสมบัติทั่วไปของโปรแกรม Cassim .....	26
3.1 รูปแบบการทำงานของตัวแบบ(Model) ในโปรแกรม Cassim .....	27
3.2 โครงสร้างของโปรแกรมตัวแบบของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบแคนดู-9 .....	30
4 Self-Organizing Feature Maps (SOFM) เพื่อการวิเคราะห์ภาวะทรานเซียนต์บนโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบแคนดู-9.....	34
4.1 Normalize Block .....	35
4.2 Watchdog Block .....	36
4.3 SOFM Neural Learning Block .....	37
4.4 Map Distance Block .....	42
4.5 Distance Compare Block .....	43
5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย .....	44
5.1 ชุดพารามิเตอร์ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แคนดู-9 ที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ .....	44
5.2 การดำเนินงานและผลการวิจัยในส่วนของ Watchdog Block. ....	51
5.3 การดำเนินงานและผลการวิจัยในส่วนของ SOFM Block .....	54
5.4 การดำเนินงานและผลการวิจัยในส่วนของ Map Distance Block..	62
5.5 การดำเนินงานและผลการวิจัยในส่วนของ Distance Compare Block.....	69



## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.6 การใช้เครือข่ายนิรอลเพื่อการเรียนรู้	
ภาวะทรานเซียนด์ที่เกิดขึ้นพร้อมกัน .....	69
5.7 การใช้ช่วงเวลาการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน .....	73
6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ .....	75
6.1 สรุปผลการวิจัย .....	75
6.1.1 ผลการวิเคราะห์ของเครือข่ายนิรอล.....	75
6.2 ข้อเสนอแนะ .....	76
6.2.1 ข้อเสนอแนะในส่วนของโปรแกรม Cassim.....	76
6.2.2 ข้อเสนอแนะในส่วนของ Watchdog Block.....	76
6.2.3 ข้อเสนอแนะในส่วนของ SOFM Block.....	76
รายการอ้างอิง .....	78
บรรณานุกรม.....	79
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก .....	81
ภาคผนวก ข .....	84
ภาคผนวก ค .....	106
ภาคผนวก ง .....	118
ประวัติผู้เขียน.....	133

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการทำงานของเครื่องขายนิวรอลกับวงจรตระกะ.....	5
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าของตัวเลขที่ต้องการให้เครื่องขายนิวรอลเรียนรู้.....	11
ตารางที่ 5.1 แสดงค่าสูงสุดและต่ำสุดของ พารามิเตอร์ของ Plant Overview Block .....	47
ตารางที่ 5.2 แสดงค่าสูงสุดและต่ำสุดของ พารามิเตอร์ของ PHT Feed&Bleed Block .....	47
ตารางที่ 5.2 แสดงค่าสูงสุดและต่ำสุดของ พารามิเตอร์ของ PHT Feed&Bleed Block (ต่อ) .....	48
ตารางที่ 5.3 แสดงค่าสูงสุดและต่ำสุด ของพารามิเตอร์ของ SG Level Control Block .....	48
ตารางที่ 5.4 แสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้ออก โปรแกรมที่ช่วงเวลาต่างๆ .....	73

## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของเซลล์ประสาทในสมอง .....	4
รูปที่ 2.2 แสดงโนคพื้นฐานของเครือข่ายนิวรอล .....	6
รูปที่ 2.3 แสดงรูปแบบการคำนวณในโนคพื้นฐาน .....	6
รูปที่ 2.4 แสดงฟังก์ชันการถ่ายโอนพื้นฐานของเครือข่ายนิวรอล .....	7
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะโครงสร้างทั่วไปของ Feed-Forward Network .....	7
รูปที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบการคำนวณแบบ Single Perceptron กับ Perceptron Network .....	8
รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะทั่วไปของ Single Perceptron .....	8
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะพื้นฐานของ Multilayer Feed-Forward Network .....	10
รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะการเรียนรู้แบบ Back- Propagation Learning .....	12
รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนการคำนวณของ Back_propagation Learning .....	13
รูปที่ 2.11 แสดงรูปภาพของพารามิเตอร์ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แคนดู-9 ในสภาพปกติที่ได้จากPlants Overview Screen ของโปรแกรม CASSIM .	14
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของพารามิเตอร์เมื่อเกิดภาวะทรานเซียนต์ ชนิด Fail Closed All Feedwater LCV's Mvs ขึ้น .....	15
รูปที่ 2.13 แสดงแผนภาพบล็อกทั่วไปของ Hamming Nework.....	16
รูปที่ 2.14 แสดงแผนภาพบล็อกทั่วไปของ Competitive Network .....	18
รูปที่ 2.15 แสดงถึงลักษณะการปรับตัวเข้าหาเวกเตอร์ของพารามิเตอร์ ของเวกเตอร์ของน้ำหนัก .....	19
รูปที่ 2.16 แสดงถึง Competitive Network เมื่อเรียนรู้พารามิเตอร์หลายชุด .....	20
รูปที่ 2.17 แสดงค่าเริ่มต้นของเวกเตอร์ของน้ำหนัก .....	20
รูปที่ 2.18 แสดงให้เห็นว่าเวกเตอร์ของน้ำหนักเปลี่ยนไปโดยเลื่อนเข้าหา เวกเตอร์ของพารามิเตอร์ .....	21
รูปที่ 2.19 แสดงเวกเตอร์ของน้ำหนักหลังจากผ่านการเรียนรู้ในครั้งสุดท้าย .....	21

## สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.20 แสดงว่าถ้าค่าอัตราการเรียนรู้เข้าใกล้ 0 แล้วเวกเตอร์ของน้ำหนักจะเข้าใกล้เวกเตอร์ของพารามิเตอร์ซ้ำและจะเข้าสู่ภาวะเสถียรได้เร็ว .....	22
รูปที่ 2.21 แสดงว่าถ้าค่าอัตราการเรียนรู้เข้าใกล้ 1 แล้วเวกเตอร์ของน้ำหนักจะเข้าใกล้เวกเตอร์ของพารามิเตอร์เร็วแต่อาจเกิดการแกว่งขึ้นได้.....	22
รูปที่ 2.22 แสดงเวกเตอร์ของน้ำหนักอยู่ในรูปของ เวกเตอร์ 3 มิติ .....	23
รูปที่ 2.23 แสดงการแทนเวกเตอร์ของน้ำหนักด้วยจุดบนทรงกลม 3 มิติ .....	23
รูปที่ 2.24 แสดงว่าโนดจะ Active เมื่อเวกเตอร์ค่านำเข้าเข้าใกล้โนดนั้น .....	24
รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะการเปลี่ยนรูปไปของ SOPM เมื่อผ่านการเรียนรู้แต่ละครั้ง .....	24
รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะการทำงานที่มีส่วนร่วมกันของทั้ง 3 โปรแกรม .....	26
รูปที่ 3.2 แสดงรูปแบบการทำงานของ CASSIM ซึ่งทำงานเรียงตามลำดับ .....	27
รูปที่ 3.3 แสดงส่วนที่รับส่งข้อมูลของแต่ละบล็อก .....	27
รูปที่ 3.4 แสดงถึงลักษณะการรับส่งข้อมูลระหว่างบล็อก .....	28
รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างของโปรแกรมภาษาฟอร์แทรนที่เขียนขึ้นเป็นขั้นตอนวิธี .....	29
รูปที่ 3.6 แสดงรูปหน้าจอของ Plant Overview Screen .....	32
รูปที่ 3.7 แสดงรูปหน้าจอของ MAL_MASTER Block ซึ่งเป็นจุดที่ใส่ชนิดของภาวะทรานเซียนด์เข้าไป .....	33
รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพบล็อกการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมที่เขียนขึ้น .....	34
รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบของฟังก์ชันการถ่ายโอนชนิดเชิงเส้น .....	35
รูปที่ 4.3 แสดงการทำงานของ Normalize Block .....	35
รูปที่ 4.4 แสดงขั้นตอนของการเปลี่ยนตำแหน่งของน้ำหนักเวกเตอร์ตามพารามิเตอร์เวกเตอร์ .....	36
รูปที่ 4.5 แสดงแผนภาพบล็อกในการเรียนรู้ของ Competitive Network .....	37

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.6 แสดงขั้นตอนการเปลี่ยนรูปของ FM เมื่ออยู่ใน ขั้นตอนการเรียนรู้ .....	38
รูปที่ 4.7 แสดงการส่งข้อมูลจากบล็อกในการคำนวณของแต่ละรอบการคำนวณ ..	38
รูปที่ 4.8 แสดงแผนภาพบล็อกภายในของ SOFM Block .....	39
รูปที่ 4.9 แสดงรูปของโน้ตเริ่มต้นก่อนการเรียนรู้ซึ่งจะเหมือนกันทุก FM .....	40
รูปที่ 4.10 แสดงจำนวนของ FM ที่บรรจุอยู่ภายในแต่ละบล็อก .....	41
รูปที่ 4.11 แสดงการคำนวณหาระยะทางระหว่าง FM เริ่มต้นกับ FM ที่ เกิดขึ้นใหม่หลังจากผ่านการเรียนรู้แล้ว .....	42
รูปที่ 4.12 แสดงการคำนวณหาค่า ระยะทาง จาก FM ที่เกิดขึ้นหลาย FM.....	43
รูปที่ 4.13 แสดงหลังจากได้ค่าระยะทางจากแต่ละ FM แล้วนำค่าระยะทางที่ได้ มาเปรียบเทียบหาว่า FM ไหนเหมือนกันมากที่สุด.....	43
รูปที่ 5.1 แสดงแผนภาพบล็อกในส่วนของ CASSENG.....	45
รูปที่ 5.2 แสดงรูปกราฟของพารามิเตอร์เมื่อผ่าน Normalize Block แล้ว .....	49
รูปที่ 5.2 แสดงรูปกราฟของพารามิเตอร์เมื่อผ่าน Normalize Block แล้ว(ต่อ) .....	50
รูปที่ 5.2 แสดงรูปกราฟของพารามิเตอร์เมื่อผ่าน Normalize Block แล้ว(ต่อ).....	51
รูปที่ 5.3 แสดงถึงการกำหนดค่ามุมระหว่างพารามิเตอร์เวกเตอร์กับ นอมอลเวกเตอร์เป็นมุม $\alpha$ .....	51
รูปที่ 5.4 แสดงรูปกราฟของค่า $\alpha$ ในช่วงเวลาหนึ่งของการเดินเครื่อง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในภาวะปกติ .....	52
รูปที่ 5.5 แสดงรูปกราฟของค่า $\alpha'$ ในช่วงเวลาหนึ่งของการเดินเครื่อง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในภาวะปกติ.....	52
รูปที่ 5.6 แสดงแผนภาพบล็อก การทำงานของ Watchdog Block เมื่อ เปลี่ยนแปลงใหม่ .....	53
รูปที่ 5.7 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของมุม $\alpha'$ เมื่อเกิดภาวะทรานเซียนด์ขึ้น .....	53
รูปที่ 5.8 แสดงกราฟที่เขียนขึ้นจาก FM ที่ได้จากการเรียนรู้ .....	55

## สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 5.9 แสดงรายละเอียดต่างๆของ FM ที่สร้างขึ้น .....	56
รูปที่ 5.10 แสดงตัวอย่างของกราฟที่เกิดขึ้นจากภาวะทรานเซียนด์ชุดต่างๆ .....	58
รูปที่ 5.10 แสดงตัวอย่างของกราฟที่เกิดขึ้นจากภาวะทรานเซียนด์ชุดต่างๆ (ต่อ) ...	59
รูปที่ 5.10 แสดงตัวอย่างของกราฟที่เกิดขึ้นจากภาวะทรานเซียนด์ชุดต่างๆ (ต่อ) ...	60
รูปที่ 5.11 แสดงตัวอย่างของกราฟที่เกิดขึ้นจากภาวะทรานเซียนด์ชุดเดียวกันแต่ เกิดขึ้นในช่วงเวลาแตกต่างกัน .....	61
รูปที่ 5.12 แสดงการคำนวณหาระยะทางระหว่าง FM เริ่มต้น กับ FM ที่ เกิดขึ้นใหม่หลังจากผ่านการเรียนรู้แล้ว .....	62
รูปที่ 5.13 แสดงการคำนวณค่าระยะทางจาก FM ที่เกิดขึ้น .....	64
รูปที่ 5.14 แสดงเปรียบเทียบชุดของ Distance ที่เกิดจาก Unknow Map กับ SOFM Map .....	65
รูปที่ 5.15 แสดงการคำนวณหลังจากที่ได้รู้ระยะทางทั้งหมดจึงเปลี่ยนเป็น เวกเตอร์ของระยะทาง .....	66
รูปที่ 5.16 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะขจัดทั้งหมด.....	67
รูปที่ 5.17 แสดงตัวอย่างของผลของค่าระยะทางที่ได้จากการรันโปรแกรม .....	68
รูปที่ 5.18 แสดงการทำงานของ Distance Compare Block .....	69
รูปที่ 5.19 แสดงตำแหน่งของบล็อกที่สามารถใส่ค่าของ ภาวะทรานเซียนด์ได้ .....	70
รูปที่ 5.20 แสดงตำแหน่งของ Pressurizer.....	71
รูปที่ 5.21 แสดงตำแหน่งของ ASDV Valve.....	72
รูปที่ 5.22 แสดงตำแหน่งของ CV20 Valve.....	72