

การพยากรณ์ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาภายใต้อิทธิพลของระดับน้ำขึ้นน้ำลง โดยใช้โครงข่ายใยประสาทเทียม



นาย พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4452-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I21601756

FORECASTING OF WATER LEVEL IN CHAO PHRAYA RIVER UNDER TIDAL INFLUENCE USING  
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Mr. Pongsak Suttinon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Water Resources Engineering

Department of Water Resources Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-4452-8



พงษ์ศักดิ์ สุทธิพนธ์ : การพยากรณ์ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาภายใต้อิทธิพลของระดับน้ำขึ้นน้ำลงโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม. (FORECASTING OF WATER LEVEL IN CHAO PHRAYA RIVER UNDER TIDAL INFLUENCE USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวนทัน กิจไพศาลสกุล , 319 หน้า. ISBN 974-17-4452-8.

การพยากรณ์ค่าระดับน้ำรายชั่วโมงภายในแม่น้ำและบริเวณปากแม่น้ำเป็นมาตรการทางวิศวกรรมที่ไม่ใช้โครงสร้างที่สำคัญวิธีหนึ่ง ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการวางแผนและบริหารกิจกรรมต่างๆ เช่น ระบบเตือนภัยน้ำท่วม การบรรเทาน้ำท่วม การระบายน้ำ และการเดินเรือ

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network : ANN) ชนิดปรับแก้ค่าย้อนหลังถูกใช้ในการพยากรณ์ระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานีปากเกร็ด สถานีสามเสน สถานีป้อมพระจุล และสถานีสันดอนกรุงเทพ ล่วงหน้า 1, 3, 6, 12, 24 ชั่วโมง 2, 3, 5 และ 7 วัน รวม 9 ค่าตัวแปรเข้าของแบบจำลองคือ ค่าระดับน้ำสังเกตรายชั่วโมงที่สถานีบางไทรซึ่งเป็นตัวแทนของน้ำหลากจากทางด้านเหนือ ค่าระดับน้ำสังเกตรายชั่วโมงที่สถานีใกล้เคียงและความลึกฝนเป็นตัวแทนของฝนที่ตกในพื้นที่ และค่าระดับน้ำสังเกตรายชั่วโมงที่สถานีสันดอนกรุงเทพซึ่งเป็นตัวแทนของระดับน้ำทะเล

#### การศึกษาพบว่า

1. โครงสร้างที่เหมาะสมของแบบจำลองสำหรับสถานีปากเกร็ด คือ 139-139-9 ค่าโมเมนตัม = 0.8 และอัตราการเรียนรู้ = 0.01
2. โครงสร้างที่เหมาะสมของแบบจำลองสำหรับสถานีสามเสน ป้อมพระจุล และสันดอนกรุงเทพ คือ 126-126-9 ค่าโมเมนตัม = 0.8 และอัตราการเรียนรู้ = 0.01
3. ตัวแปรเข้าสู่แบบจำลองเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความถูกต้องในการพยากรณ์มากที่สุด
4. เมื่อเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ค่าระดับน้ำรายชั่วโมง พบว่า สำหรับสถานีปากเกร็ดและสถานีสามเสน แบบจำลอง ANN ให้ผลดีกว่าแบบจำลองฮาร์โมนิก 10 % แต่สำหรับสถานีป้อมพระจุลและสถานีสันดอนกรุงเทพ แบบจำลองฮาร์โมนิก ให้ผลดีกว่าแบบจำลอง ANN 10-25 %

ภาควิชา..... วิศวกรรมแหล่งน้ำ.....ลายมือชื่อนิสิต.....  
 สาขาวิชา..... วิศวกรรมแหล่งน้ำ.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
 ปีการศึกษา ..2546.....

## 4370401921 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING

KEY WORD: ARTIFICIAL NEURAL NETWORK / TIDE / HARMONIC ANALYSIS / THE CHAO PHRAYA RIVER

PONGSAK SUTTINON : FORECASTING OF WATER LEVEL IN CHAO PHRAYA RIVER UNDER TIDAL INFLUENCE USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK THESIS ADVISOR : ASST.PROF.DR.TUANTAN KITPAISALSAKUL , 319 pp. ISBN 974-17-4452-8.

Hourly water levels forecasting in coastal rivers and estuaries is an essential non-structural measure for flood warning, water management system and cargo ship navigation.

Artificial Neural Network Model (ANN) known as Back-Propagation algorithm was presented for forecasting hourly water levels in the Chao Phraya River at Pakkret, Samsen, Fort Chula and Bangkok Bar, for 1, 3, 6, 12, 24 hours, 2, 3, 5 and 7 days. Input nodes in the model were hourly observed water levels at Bangsai representing the upstream inflow, observed water levels at adjacent stations, rainfall depths representing the local rainfall, and hourly observed water levels at Bangkok Bar representing the downstream tidal levels.

The study showed that :

1. The effective structure of ANN for Pakkret was 139-139-9, momentum rate = 0.8 and learning rate = 0.01.
2. The effective structure of ANN for Samsen, Fort Chula and Bangkok Bar was similarly 126-126-9, momentum rate = 0.8 and learning rate = 0.01.
3. Input parameters were the most effective factors on the accuracy of the forecasting results.
4. The comparison of ANN model with Harmonic model showed that for Pakkret and Samsen, ANN model yielded better results about 10 % and for Fort Chula and Bangkok Bar Station, Harmonic model yielded better results about 10-25 %.

Department WATER RESOURCES ENGINEERING

Student's signature

*Pongsak Suttinon*

Field of study WATER RESOURCES ENGINEERING

Advisor's signature

*Tuantan Kitpaisalsakul*

Academic year 2003

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวนทัน กิจไพศาลสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการทุกท่านประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยพันธุ์ รักรวิชัย รองศาสตราจารย์ ดร. สุจริต คุณธนกุลวงศ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. ธนิต ธงทอง ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยด้วยดีมาตลอด

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิทยาการต่างๆทั้งเรื่องความรู้ในบทเรียนและการใช้ชีวิตในสังคมแก่ข้าพเจ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณในการทำวิทยานิพนธ์

เจ้าหน้าที่และบุคลากรกองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและให้ความอนุเคราะห์ในด้านข้อมูลและความรู้เป็นอย่างดี

ผู้จัดการโรงงานและพนักงานของบริษัท บอดีแวย์ จำกัด ที่อนุเคราะห์เครื่องคอมพิวเตอร์ในการวิจัยและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย

นายชาญวิทย์ แซ่ถู่ และครอบครัว ซึ่งให้การสนับสนุนด้านที่พักและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

นางสาวแถมกานต์ ภิญโญ ซึ่งอำนวยความสะดวกในการเดินทาง งบประมาณ สนับสนุนให้กำลังใจและคำปรึกษาแก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งไม่เคยตำหนิและให้กำลังใจยื่นเคียงข้างข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ในโอกาสที่สำเร็จการศึกษา ผู้วิจัยจึงขอกล่าวขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้

พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญรูป .....	ญ
สารบัญตาราง .....	ด
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 พื้นที่ศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย .....	2
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย .....	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย .....	3
บทที่ 2 การวิจัยที่ผ่านมา .....	6
2.1 การศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา.....	6
2.2 โครงการข่ายไฮประสาทเทียม .....	7
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	17
3.1 โครงการข่ายไฮประสาทเทียม .....	17
3.1.1 ขั้นตอนการเรียนรู้ภายในแบบจำลอง BPNN .....	18
3.1.2 ตัวแปรและองค์ประกอบภายในแบบจำลอง BPNN.....	23
3.2 ทฤษฎีน้ำขึ้นน้ำลง .....	24
3.2.1 แรงที่ทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลง.....	24
บทที่ 4 พื้นที่ศึกษา ข้อมูลและวิธีการศึกษา .....	28
4.1 สภาพพื้นที่ศึกษา .....	28
4.1.1 สภาพภูมิประเทศ .....	28

	หน้า	
4.1.2	สถาปณภูมิอากาศ.....	28
4.1.3	สถาปณอตุ-อตุททวทยา.....	29
4.1.3.1	อตุคณทยมวทยา.....	29
4.1.3.2	ฝน.....	29
4.2	ชนคคของข้อมูลและแหล่งข้อมูลท่ใช้.....	35
4.3	การวคระห้ข้อมูล.....	36
4.3.1	สถานีสันคองกรุงทพ.....	36
4.3.2	สถานีส้อมพระจุล.....	37
4.3.3	สถานีสามเสน.....	37
4.3.4	สถานีสปากเกร็ด.....	38
4.3.5	สถานีสบางททร.....	39
4.3.6	อทรทพลของน้ำข้้นน้ำลงและน้ำหลากในลำน้ำ.....	59
4.3.7	การทรวจสอบข้อมูลฝน.....	62
4.4	การพยการณ้ระดับน้ำรายข้้วโมง.....	62
4.4.1	คอรงข้้วยโยประสาทเททยม.....	62
4.4.1.1	การพยการณ้เลคคข้้วงข้อมูลในการเรทยนรู้ของแบบจ้ลองคอรงข้้วยโยประสาทเททยม.....	64
4.4.1.2	การพยการณ้เลคคค้้วแปรข้้า.....	67
4.4.1.3	การพยการณ้เลคคค้้วแปรออก.....	69
4.4.1.4	การพยการณ้เลคคคอรงสร้้างของแบบจ้ลองคอรงข้้วยโยประสาทเททยม.....	69
4.4.1.5	การพยการณ้เลคคพารามยเตอร้์ของแบบจ้ลองคอรงข้้วยโยประสาทเททยม.....	70
4.4.1.6	การทรคสอบแบบจ้ลองคอรงข้้วยโยประสาทเททยม.....	71
บทท่ 5	ผลการศึกษา.....	72
5.1	กรณค้คคเลคคคอรงสร้้าง.....	72
5.1.1	กรณค้คคเลคคค้้วแปรข้้า.....	72
5.1.2	กรณค้คคเลคคค้้วแปรออก.....	108



สารบัญ (ต่อ)		ณ
		หน้า
5.1.3	กรณีคัดเลือกตัวแปรซ้อน.....	127
5.2	กรณีคัดเลือกค่าโมเมนต์.....	142
5.3	กรณีคัดเลือกค่าอัตราการเรียนรู้.....	155
5.4	ผลการพยากรณ์ในช่วงการทดสอบแบบจำลองโดยแบบจำลองโครงข่าย ใยประสาทเทียม.....	167
5.5	ผลการพยากรณ์ในช่วงการทดสอบแบบจำลองโดยแบบจำลองฮาร์โมนิก .....	195
5.6	เปรียบเทียบผลการพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียมและ แบบจำลองฮาร์โมนิก .....	201
บทที่ 6	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ .....	202
6.1	สรุปผลการศึกษา.....	202
6.2	ข้อเสนอแนะ .....	206
	รายการอ้างอิง .....	207
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก. ผลการพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายในประสาทเทียม ในช่วงการเรียนรู้.....	210
	ภาคผนวก ข. ผลการพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายในประสาทเทียม ในช่วงการทดสอบ.....	257
	ภาคผนวก ค. ผลการพยากรณ์โดยแบบจำลองฮาร์โมนิก.....	302
	ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์ฮาร์โมนิก น้ำขึ้นน้ำลง.....	311
	ภาคผนวก จ. ทฤษฎีและผลการวิเคราะห์ที่ไม่ใช่ทางฮาร์โมนิก.....	316
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	319

## สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	พื้นที่ศึกษา.....	4
รูปที่ 1.2	แผนผังแสดงขั้นตอนการวิจัย.....	5
รูปที่ 3.1	เซลล์ประสาทและเซลล์ประสาทเทียม .....	18
รูปที่ 3.2	ลักษณะ โครงสร้างของแบบจำลอง BPNN และหลักการทำงานในหน่วยย่อย..	19
รูปที่ 3.3	ผังการไหลแสดงการทำงานของการเรียนรู้ของแบบจำลอง BPNN.....	22
รูปที่ 3.4	แรงที่ทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลง .....	26
รูปที่ 3.5	ผิวน้ำสมคูลย์ในระบบ โลกและดวงจันทร์ .....	26
รูปที่ 3.6	การหมุนของโลกรอบตัวเองและการหมุนของดวงจันทร์รอบโลก.....	27
รูปที่ 3.7	การเกิดน้ำตาย (neap tide) และน้ำเกิด (spring tide) .....	27
รูปที่ 4.1	การแปรผันค่าเฉลี่ยรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศ จังหวัดกรุงเทพ.....	31
รูปที่ 4.2	ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา .....	32
รูปที่ 4.3	การแพร่กระจายของปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย ในพื้นที่ศึกษา.....	34
รูปที่ 4.4	ค่าระดับน้ำสถานีสันดอนกรุงเทพ ปี ค.ศ. 1994 (ก) ทั้งปี (ข) วันที่ 22 พ.ค. - 17 ก.ค. ....	40
รูปที่ 4.5	ค่าเชิงนอนฮาร์โมนิกของสถานีสันดอนกรุงเทพ เฉลี่ยตั้งแต่ปี 1983-1999.....	41
รูปที่ 4.6	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Autocorrelation ของระดับน้ำสังเกต รายชั่วโมง ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ .....	42
รูปที่ 4.7	ค่าระดับน้ำสถานีป้อมพระจุล ปี ค.ศ. 1994 (ก) ทั้งปี (ข) วันที่ 22 พ.ค. - 17 ก.ค. ....	43
รูปที่ 4.8	ค่าเชิงนอนฮาร์โมนิกของสถานีป้อมพระจุล เฉลี่ยตั้งแต่ปี 1983-1999 .....	44
รูปที่ 4.9	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Autocorrelation ของระดับน้ำสังเกต รายชั่วโมง ณ. สถานีป้อมพระจุล .....	45
รูปที่ 4.10	ค่าระดับน้ำสถานีสามเสน ปี ค.ศ. 1994 (ก) ทั้งปี (ข) วันที่ 22 พ.ค. - 17 ก.ค. ....	46
รูปที่ 4.11	ค่าเชิงนอนฮาร์โมนิกของสถานีสามเสน เฉลี่ยตั้งแต่ปี 1988-1999 .....	47
รูปที่ 4.12	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Autocorrelation ของระดับน้ำสังเกต รายชั่วโมง ณ. สถานีสามเสน .....	48

รูปที่ 4.13	ค่าระดับน้ำสถานีปากเกร็ด ปี ค.ศ. 1994 (ก) ทั้งปี (ข) วันที่ 22 พ.ค. - 17 ก.ค. ....	49
รูปที่ 4.14	ค่าเชิงนอนฮาร์โมนิกของสถานีปากเกร็ด เฉลี่ยตั้งแต่ปี 1988-1999 .....	50
รูปที่ 4.15	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Autocorrelation ของระดับน้ำสังเกต รายชั่วโมง ณ. สถานีปากเกร็ด .....	51
รูปที่ 4.16	ค่าระดับน้ำสถานีบางไทร ปี ค.ศ. 1994 (ก) ทั้งปี (ข) วันที่ 22 พ.ค. - 17 ก.ค. ....	52
รูปที่ 4.17	ค่าเชิงนอนฮาร์โมนิกของสถานีบางไทร เฉลี่ยตั้งแต่ปี 1983-1999 .....	53
รูปที่ 4.18	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Autocorrelation ของระดับน้ำสังเกต รายชั่วโมง ณ. สถานีบางไทร .....	54
รูปที่ 4.19	ระดับน้ำและเรนจ์น้ำรายเดือนที่สถานีวัดต่างๆตั้งแต่ปี 1991-1997.....	60
รูปที่ 4.20	ค่าระดับน้ำที่สถานีวัดระดับน้ำในฤดูแล้งและฝนในปี 1994 .....	61
รูปที่ 4.21	ความสัมพันธ์ระหว่างฝนสะสมรายปีสถานีต่างๆกับ ฝนสะสมรายปีเฉลี่ย 23 สถานี .....	63
รูปที่ 4.22	การกระจายความถี่ของระดับน้ำสูงสุดในแต่ละวันของสถานีปากเกร็ด (PK) ..	65
รูปที่ 4.23	การกระจายความถี่ของระดับน้ำสูงสุดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2542 ของสถานีปากเกร็ด (PK) .....	67
รูปที่ 5.1	โครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายพยากรณ์เพื่อการพยากรณ์ระดับน้ำราย ชั่วโมง ณ. สถานีปากเกร็ด กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า.....	80
รูปที่ 5.2	โครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายพยากรณ์เพื่อการพยากรณ์ระดับน้ำราย ชั่วโมง ณ. สถานีสามเสน กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า.....	81
รูปที่ 5.3	โครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายพยากรณ์เพื่อการพยากรณ์ระดับน้ำราย ชั่วโมง ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า.....	82
รูปที่ 5.4	โครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายพยากรณ์เพื่อการพยากรณ์ระดับน้ำราย ชั่วโมง ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า.....	83
รูปที่ 5.5	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและ ค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีปากเกร็ด กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า.....	84

สารบัญรูป (ต่อ)

ฎ

หน้า

รูปที่ 5.6	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีปากเกร็ด กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า.....	85
รูปที่ 5.7	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและ ค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสามเสน กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า.....	86
รูปที่ 5.8	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสามเสน กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า.....	87
รูปที่ 5.9	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและ ค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า.....	88
รูปที่ 5.10	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า.....	89
รูปที่ 5.11	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและ ค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอน กรุงเทพ กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า.....	90
รูปที่ 5.12	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า.....	91
รูปที่ 5.13	การเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำพยากรณ์ล่วงหน้าโดยโครงข่ายประสาท เทียม (139-139-9) และระดับน้ำสังเกต (กรณีระดับน้ำสูง) ณ. สถานีปากเกร็ด	92
รูปที่ 5.14	การเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำพยากรณ์ล่วงหน้าโดยโครงข่ายประสาท เทียม(139-139-9) และระดับน้ำสังเกต (กรณีระดับน้ำสูง) ณ. สถานีปากเกร็ด	94
รูปที่ 5.15	การเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำพยากรณ์ล่วงหน้าโดยโครงข่ายประสาท เทียม (139-139-9) และระดับน้ำสังเกต (กรณีระดับน้ำสูง) ณ. สถานีสามเสน.....	96
รูปที่ 5.16	การเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำพยากรณ์ล่วงหน้าโดยโครงข่ายประสาท เทียม(139-139-9) และระดับน้ำสังเกต (กรณีระดับน้ำสูง) ณ.สถานีสามเสน.....	98

## สารบัญรูป (ต่อ)

๕๖

		หน้า
รูปที่ 5.17	การเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำพยากรณ์ล่องหน้า โดยโครงข่ายไฮประสาทเทียม (139-139-9) และระดับน้ำสังเกต (กรณีระดับน้ำสูง) ฉ. สถานีป้อมพระจุล.....	100
รูปที่ 5.18	การเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำพยากรณ์ล่องหน้า โดยโครงข่ายไฮประสาทเทียม(139-139-9) และระดับน้ำสังเกต (กรณีระดับน้ำสูง) ฉ.สถานีป้อมพระจุล.....	102
รูปที่ 5.19	การเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำพยากรณ์ล่องหน้า โดยโครงข่ายไฮประสาทเทียม (139-139-9) และระดับน้ำสังเกต (กรณีระดับน้ำสูง) ฉ.สถานีสันดอนกรุงเทพ.....	104
รูปที่ 5.20	การเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำพยากรณ์ล่องหน้า โดยโครงข่ายไฮประสาทเทียม(139-139-9) และระดับน้ำสังเกต (กรณีระดับน้ำสูง) ฉ.สถานีสันดอนกรุงเทพ.....	106
รูปที่ 5.21	โครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายพยากรณ์เพื่อการพยากรณ์ระดับน้ำรายชั่วโมง ฉ. สถานีปากเกร็ด กรณีคัดเลือกตัวแปรออก.....	115
รูปที่ 5.22	โครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายพยากรณ์เพื่อการพยากรณ์ระดับน้ำรายชั่วโมง ฉ. สถานีสามเสน กรณีคัดเลือกตัวแปรออก.....	116
รูปที่ 5.23	โครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายพยากรณ์เพื่อการพยากรณ์ระดับน้ำรายชั่วโมง ฉ. สถานีป้อมพระจุล กรณีคัดเลือกตัวแปรออก.....	117
รูปที่ 5.24	โครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายพยากรณ์เพื่อการพยากรณ์ระดับน้ำรายชั่วโมง ฉ. สถานีสันดอนกรุงเทพ กรณีคัดเลือกตัวแปรออก.....	118
รูปที่ 5.25	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายไฮประสาทเทียม ฉ. สถานีปากเกร็ด กรณีคัดเลือกตัวแปรออก.....	119
รูปที่ 5.26	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายไฮประสาทเทียม ฉ. สถานีปากเกร็ด กรณีคัดเลือกตัวแปรออก.....	120
รูปที่ 5.27	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายไฮประสาทเทียม ฉ. สถานีสามเสน กรณีคัดเลือกตัวแปรออก.....	121

สารบัญรูป (ต่อ)

ท

หน้า

รูปที่ 5.28	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสามเสน กรณีคัดเลือกตัวแปรออก.....	122
รูปที่ 5.29	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและ ค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีคัดเลือกตัวแปรออก.....	123
รูปที่ 5.30	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีคัดเลือกตัวแปรออก...	124
รูปที่ 5.31	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและ ค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอน กรุงเทพ กรณีคัดเลือกตัวแปรออก.....	125
รูปที่ 5.32	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ กรณีคัดเลือกตัวแปรออก.....	126
รูปที่ 5.33	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและ ค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีปากเกร็ด กรณีคัดเลือกตัวแปรซ่อน.....	133
รูปที่ 5.34	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีปากเกร็ด กรณีคัดเลือกตัวแปรซ่อน.....	134
รูปที่ 5.35	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและ ค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสามเสน กรณีคัดเลือกตัวแปรซ่อน.....	135
รูปที่ 5.36	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสามเสน กรณีคัดเลือกตัวแปรซ่อน.....	136
รูปที่ 5.37	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและ ค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีคัดเลือกตัวแปรซ่อน.....	137
รูปที่ 5.38	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีคัดเลือกตัวแปรซ่อน..	138

## สารบัญญรูป (ต่อ)

ผ

หน้า

รูปที่ 5.39	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ กรณีคัดเลือกตัวแปรซ่อน.....	139
รูปที่ 5.40	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ กรณีคัดเลือกตัวแปรซ่อน.....	140
รูปที่ 5.41	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีปากเกร็ด กรณีคัดเลือกค่าโมเมนตัม.....	147
รูปที่ 5.42	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีปากเกร็ด กรณีคัดเลือกค่าโมเมนตัม.....	148
รูปที่ 5.43	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสามเสน กรณีคัดเลือกค่าโมเมนตัม.....	149
รูปที่ 5.44	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสามเสน กรณีคัดเลือกค่าโมเมนตัม.....	150
รูปที่ 5.45	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีคัดเลือกค่าโมเมนตัม.....	151
รูปที่ 5.46	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีคัดเลือกค่าโมเมนตัม..	152
รูปที่ 5.47	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ กรณีคัดเลือกค่าโมเมนตัม.....	153
รูปที่ 5.48	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ กรณีคัดเลือกค่าโมเมนตัม.....	154

สารบัญรูป (ต่อ)

ณ

หน้า

รูปที่ 5.49	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีปากเกร็ด กรณีคัดเลือกอัตราการเรียนรู้.....	159
รูปที่ 5.50	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีปากเกร็ด กรณีคัดเลือกอัตราการเรียนรู้...	160
รูปที่ 5.51	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและ ค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสามเสน กรณีคัดเลือกอัตราการเรียนรู้.....	161
รูปที่ 5.52	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสามเสน กรณีคัดเลือกอัตราการเรียนรู้....	162
รูปที่ 5.53	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและ ค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีคัดเลือกอัตราการเรียนรู้.....	163
รูปที่ 5.54	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่าย ประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีคัดเลือกอัตราการเรียนรู้.....	164
รูปที่ 5.55	ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและ ค่าพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอน กรุงเทพ กรณีคัดเลือกอัตราการเรียนรู้.....	165
รูปที่ 5.56	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ กรณีคัดเลือกอัตราการเรียนรู้.....	166
รูปที่ 5.57	ผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่าย ประสาทเทียม ณ. สถานีปากเกร็ด กรณีช่วงทดสอบแบบจำลอง .....	170
รูปที่ 5.58	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่าย ประสาทเทียม ณ. สถานีปากเกร็ด กรณีช่วงทดสอบแบบจำลอง.....	171
รูปที่ 5.59	ระดับน้ำสังเกตและระดับน้ำพยากรณ์ล่วงหน้าโดยโครงข่ายประสาท เทียมณ. สถานีปากเกร็ด ที่เวลาต่างๆ กรณีช่วงทดสอบแบบจำลองในปี 2542 (กรณีระดับน้ำสูง).....	173



สารบัญรูป (ต่อ)

ด

		หน้า
รูปที่ 5.60	เปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำสังเกตและระดับน้ำพยากรณ์ล่วงหน้าโดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม ณ. สถานีปากเกร็ด ที่เวลาต่างๆกรณีช่วงทดสอบแบบจำลองในปี 2542 (กรณีระดับน้ำสูง).....	174
รูปที่ 5.61	ผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม ณ. สถานีสามเสน กรณีช่วงทดสอบแบบจำลอง .....	176
รูปที่ 5.62	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม ณ. สถานีสามเสน กรณีช่วงทดสอบแบบจำลอง.....	177
รูปที่ 5.63	ระดับน้ำสังเกตและระดับน้ำพยากรณ์ล่วงหน้าโดยโครงข่ายใยประสาทเทียมณ. สถานีสามเสน ที่เวลาต่างๆ กรณีช่วงทดสอบแบบจำลองในปี 2542 (กรณีระดับน้ำสูง).....	178
รูปที่ 5.64	เปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำสังเกตและระดับน้ำพยากรณ์ล่วงหน้าโดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม ณ. สถานีสามเสน ที่เวลาต่างๆกรณีช่วงทดสอบแบบจำลองในปี 2542 (กรณีระดับน้ำสูง).....	180
รูปที่ 5.65	ผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีช่วงทดสอบแบบจำลอง .....	182
รูปที่ 5.66	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล กรณีช่วงทดสอบแบบจำลอง.....	183
รูปที่ 5.67	ระดับน้ำสังเกตและระดับน้ำพยากรณ์ล่วงหน้าโดยโครงข่ายใยประสาทเทียมณ. สถานีป้อมพระจุล ที่เวลาต่างๆ กรณีช่วงทดสอบแบบจำลองในปี 2542 (กรณีระดับน้ำสูง).....	184
รูปที่ 5.68	เปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำสังเกตและระดับน้ำพยากรณ์ล่วงหน้าโดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม ณ. สถานีป้อมพระจุล ที่เวลาต่างๆกรณีช่วงทดสอบแบบจำลองในปี 2542 (กรณีระดับน้ำสูง).....	186
รูปที่ 5.69	ผลต่างระหว่างค่าระดับน้ำสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ กรณีช่วงทดสอบแบบจำลอง .....	188
รูปที่ 5.70	ร้อยละของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ กรณีช่วงทดสอบแบบจำลอง.....	189

## สารบัญรูป (ต่อ)

ต

หน้า

รูปที่ 5.71	ระดับน้ำสังเกตและระดับน้ำพยากรณ์ล่วงหน้า โดยโครงข่ายไฮประสาทเทียมณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ ที่เวลาต่างๆ กรณีช่วงทดสอบแบบจำลองในปี 2542 (กรณีระดับน้ำสูง).....	190
รูปที่ 5.72	เปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำสังเกตและระดับน้ำพยากรณ์ล่วงหน้า โดยแบบจำลองโครงข่ายไฮประสาทเทียม ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ ที่เวลาต่างๆกรณีช่วงทดสอบแบบจำลองในปี 2542 (กรณีระดับน้ำสูง).....	192
รูปที่ 5.73	ผลต่างจากแบบจำลองในช่วงเรนจ์น้ำสูงสุดช่วงน้ำเกิดและเรนจ์น้ำต่ำสุดช่วงน้ำตาย.....	194
รูปที่ 5.74	ผลการพยากรณ์ระดับน้ำรายชั่วโมง โดยแบบจำลองฮาร์โมนิก ณ. สถานีปากเกร็ด ในปี 1999 (2542) .....	197
รูปที่ 5.75	ผลการพยากรณ์ระดับน้ำรายชั่วโมง โดยแบบจำลองฮาร์โมนิก ณ. สถานีสามเสน ในปี 1999 (2542) .....	198
รูปที่ 5.76	ผลการพยากรณ์ระดับน้ำรายชั่วโมง โดยแบบจำลองฮาร์โมนิก ณ. สถานีป้อมพระจุล ในปี 1999 (2542) .....	199
รูปที่ 5.77	ผลการพยากรณ์ระดับน้ำรายชั่วโมง โดยแบบจำลองฮาร์โมนิก ณ. สถานีสันดอนกรุงเทพ ในปี 1999 (2542) .....	200

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1	ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับประสาทเทียม..... 17
ตารางที่ 3.2	ฟังก์ชันกระตุ้นที่ใช้ในการวิจัย..... 23
ตารางที่ 4.1	ข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543) ที่สถานีตรวจวัดสภาพ ภูมิอากาศ จังหวัดกรุงเทพ..... 30
ตารางที่ 4.2	รายละเอียดสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง และผลการวิเคราะห์ปริมาณฝน..... 33
ตารางที่ 4.3	สรุปปริมาณฝนรายจังหวัดในพื้นที่ศึกษา..... 29
ตารางที่ 4.4	รายละเอียดของข้อมูลระดับน้ำที่ใช้ในแบบจำลอง..... 35
ตารางที่ 4.5	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแบบจำลองฮาร์โมนิก เฉลี่ยรายเดือน สถานีต้นคอนกรุงเทพ ตั้งแต่ปี 1983-1999 ..... 55
ตารางที่ 4.6	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแบบจำลองฮาร์โมนิก เฉลี่ยรายเดือน สถานีป้อมพระจุล ตั้งแต่ปี 1983-1999 ..... 56
ตารางที่ 4.7	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแบบจำลองฮาร์โมนิก เฉลี่ยรายเดือน สถานีสามเสน ตั้งแต่ปี 1988-1999 ..... 57
ตารางที่ 4.8	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแบบจำลองฮาร์โมนิก เฉลี่ยรายเดือน สถานีปากเกร็ด ตั้งแต่ปี 1988-1999 ..... 58
ตารางที่ 4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรเข้า-ตัวแปรออก กรณีคัดเลือกชุดตัวแปรเข้าสู่แบบจำลอง ..... 68
ตารางที่ 4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรเข้า-ตัวแปรออก กรณีคัดเลือกชุดตัวแปรออกของแบบจำลอง ..... 70
ตารางที่ 5.1	รายละเอียดของกรณีศึกษา กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า..... 76
ตารางที่ 5.2	ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรเข้า-ตัวแปรออก กรณีคัดเลือกชุดตัวแปร เข้าสู่แบบจำลอง..... 78
ตารางที่ 5.3	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำโดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม กรณีคัดเลือกตัวแปรเข้า..... 108
ตารางที่ 5.4	รายละเอียดของกรณีศึกษา กรณีคัดเลือกตัวแปรออก..... 110
ตารางที่ 5.5	ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรเข้า-ตัวแปรออก กรณีคัดเลือกชุดตัวแปร ออกของแบบจำลอง..... 112

สารบัญตาราง (ต่อ)

ท

		หน้า
ตารางที่ 5.6	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำโดยแบบจำลอง โครงข่ายใยประสาทเทียม กรณีคัดเลือกตัวแปรออก.....	114
ตารางที่ 5.7	รายละเอียดของกรณีศึกษา กรณีคัดเลือกตัวแปรซ่อน.....	129
ตารางที่ 5.8	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำโดยแบบจำลอง โครงข่ายใยประสาทเทียม กรณีคัดเลือกตัวแปรซ่อน.....	141
ตารางที่ 5.9	รายละเอียดของกรณีศึกษา กรณีคัดเลือกค่าโมเมนตัม.....	144
ตารางที่ 5.10	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำโดยแบบจำลอง โครงข่ายใยประสาทเทียม กรณีคัดเลือกค่าโมเมนตัม.....	146
ตารางที่ 5.11	รายละเอียดของกรณีศึกษา กรณีคัดเลือกค่าโมเมนตัม.....	157
ตารางที่ 5.12	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำโดยแบบจำลอง โครงข่ายใยประสาทเทียม กรณีคัดเลือกอัตราการเรียนรู้.....	167
ตารางที่ 5.13	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำโดยแบบจำลอง โครงข่ายใยประสาทเทียม..	193
ตารางที่ 5.14	สรุปผลการพยากรณ์ระดับน้ำโดยแบบจำลองฮาร์โมนิก.....	196
ตารางที่ 5.15	ผลเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลอง ANN และ HAR ที่กรณีและ สถานีต่างๆ.....	201
ตารางที่ 6.1	ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAD, ซม.) ของผลต่างระหว่างค่าสังเกต และค่าพยากรณ์โดยแบบจำลอง .....	205
ตารางที่ 6.2	ค่าดัชนีวัดประสิทธิภาพ ( $R^2$ ) ของผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่า พยากรณ์โดยแบบจำลอง.....	205