



การพัฒนาและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพยากรณ์น้ำท่า  
สำหรับลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย  
**Development and Validation of Runoff Forecasting Model for  
U-Tapao River Basin, Songkhla Province, Thailand**

สุดารัตน์ ภู่งษ์  
**Sudarat Phuphong**

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of  
Master of Science in Technology and Environmental Management  
Prince of Songkla University**

2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วน  
เกี่ยวข้องทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ลงชื่อ \_\_\_\_\_

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชินวัชร สุรัสวดี)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ \_\_\_\_\_

(นางสาวสุภารัตน์ ภูพงษ์)

นักศึกษา

(4)

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ  
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ \_\_\_\_\_

(นางสาวสุภารัตน์ ภูพงษ์)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพยากรณ์น้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย
ผู้เขียน	นางสาวสุภารัตน์ ภูพงษ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2555

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า (Runoff Forecasting Model) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นใช้วิธีเครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANNs) ในการพยากรณ์ระดับน้ำที่สถานีอุทกวิทยาย่านม่วงก้อง (X.173A) และสถานีอุทกวิทยาย่านตะเคียนเถา (X.112) ข้อมูลนำเข้าสำหรับเครือข่ายประสาทเทียม คือ ระดับน้ำที่สังเกตได้จากสถานีต้นน้ำในเวลาที่แตกต่างกันอย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อนเวลาพยากรณ์ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาอยู่ในช่วงปี พ.ศ. 2550 – 2553 ผลการศึกษาพบว่าผลการพยากรณ์มีความถูกต้องเป็นอย่างดี ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่ได้จากการพยากรณ์กับระดับน้ำที่สังเกตได้จากสถานีวัดสูงกว่า 0.82 และ 0.86 สำหรับสถานีบ้านตะเคียนเถา (X.112) และสถานีอุทกวิทยาย่านม่วงก้อง (X.173A) ตามลำดับ และมีค่าความผิดพลาดแบบ RMS (Root Mean Squared Error) ต่ำกว่า 0.63 และ 0.74 เมตร สำหรับสถานีอุทกวิทยาย่านตะเคียนเถา (X.112) และสถานีอุทกวิทยาย่านม่วงก้อง (X.173A) ตามลำดับ แบบจำลองนี้สามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ได้ หากมีการเพิ่มข้อมูลนำเข้า เช่น ข้อมูลฝน อาจจะช่วยให้ได้ผลการพยากรณ์มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

**คำสำคัญ:** เครือข่ายประสาทเทียม น้ำท่วม ลุ่มน้ำคลองอุตะเถา และแบบจำลองพยากรณ์น้ำท่า

<b>Thesis Title</b>	Development and Validation of Runoff Forecasting Model for U-Tapao River Basin, Songkhla Province, Thailand
<b>Author</b>	Miss Sudarat Phuphong
<b>Major Program</b>	Technology and Environmental Management
<b>Academic</b>	2012

### ABSTRACT

The objective of this thesis is to develop and evaluate a runoff forecasting model for Khlong U-Tapao River Basin, Songkhla Province, Thailand. The model employs artificial neural networks (ANNs) for forecasting water levels at Ban Muangkong (X.173A) and Ban Takienphao (X.112) hydrological stations. Inputs for ANNs include observed water levels from upstream stations at different times at least 12 hours ahead of the forecast time. The data used for the study is during years 2007 – 2010. Results show the forecasts have good accuracy. Correlation coefficients between forecasted and observed water levels are higher than 0.82 and 0.86 for Ban Takienphao (X.112) and Ban Muangkong (X.173A), respectively. RMS errors are less than 0.63 and 0.74 m for Ban Takienphao (X.112) and Ban Muangkong (X.173A), respectively. The model can be adapted for other areas. Additional input data, e.g., precipitation, could improve model's accuracy.

**Keywords:** artificial neural network, flood, Khlong U-Tapao River Basin, and runoff forecasting model

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชินวัชร สุรัสวดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ปรับปรุง รวมทั้งตรวจสอบและแก้ไขด้วยความเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พันธ์ ทองชุมนุม ประธานกรรมการสอบและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา วงศ์ชนะบุญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลามาเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะเพิ่มเติมและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับทุนสนับสนุนการศึกษาดลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัย

ขอขอบพระคุณคุณฉลาด ทองคง ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ และสำนักงานชลประทานที่ 16 จังหวัดสงขลา กรมชลประทาน สำหรับความอนุเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำและข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ สำหรับการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคุณสายัณห์ หวานเหลือและคณะ สำหรับความช่วยเหลือในการลงสำรวจพื้นที่และเก็บข้อมูล

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ได้ให้กำลังใจข้าพเจ้ามาโดยตลอดจนสามารถสำเร็จการศึกษาเป็นมหาบัณฑิตได้

สุดารัตน์ ภูพงษ์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	(5)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(10)
รายการรูป	(11)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	5
2.1 น้ำท่า (Runoff)	5
2.2 ลุ่มน้ำ (Watershed)	6
2.3 แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM)	6
2.4 ชนิดของแบบจำลองทางอุทกวิทยา	7
2.5 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา	12
2.5.1 เครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks)	12
2.5.1.1 การทำงานของเครือข่ายประสาทเทียม	13
2.5.1.2 Back-propagation Algorithm	14
2.5.1.3 การเรียนรู้สำหรับเครือข่ายประสาทเทียม	14
2.5.1.4 สถาปัตยกรรมเครือข่ายประสาทเทียม	15
2.5.1.5 สถาปัตยกรรมของชั้น (Architecture of layer)	15



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.1.6 ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Functions)	16
<b>2.6 ค่าทางสถิติที่ใช้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง</b>	<b>18</b>
2.6.1 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (Root mean square error: RMSE)	18
2.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient: r)	18
<b>2.7 เครื่องมือประสาทเทียมกับงานด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ</b>	<b>19</b>
<b>บทที่ 3 วิธีการวิจัย</b>	<b>22</b>
<b>3.1 พื้นที่ศึกษา</b>	<b>22</b>
3.1.1 สภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำ	22
3.1.2 สภาพภูมิอากาศ	27
<b>3.2 สถานที่ศึกษา</b>	<b>28</b>
<b>3.3 ข้อมูลที่ใช้ศึกษา</b>	<b>29</b>
<b>3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์</b>	<b>33</b>
<b>3.5 วิธีการวิจัย</b>	<b>33</b>
3.5.1 การพัฒนาแบบจำลอง	36
<b>บทที่ 4 ผลและบทวิจารณ์ผลการวิจัย</b>	<b>38</b>
<b>4.1 ผลการพยากรณ์ระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง</b>	<b>38</b>
<b>4.2 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE)</b>	<b>54</b>
<b>บทที่ 5 บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	<b>57</b>
<b>5.1 สรุปผลการวิจัย</b>	<b>57</b>
<b>5.2 ข้อเสนอแนะ</b>	<b>58</b>
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>59</b>
<b>ภาคผนวก</b>	<b>64</b>
<b>ประวัติผู้เขียน</b>	<b>69</b>

## รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม	13
3.1 สถานีสำรวจอุทกวิทยา ลุ่มน้ำคลองอุตะเถา	23
3.2 รายละเอียดข้อมูลของสถานีที่ใช้ศึกษา	36
4.1 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) ของระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครือข่ายประสาทเทียมและระดับน้ำจริงเฉลี่ยจากสถานีวัด (MWL) สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเถา (X.112) และสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ในปีการศึกษา (RMSEs ในวงเล็บคือค่า เปอร์เซนต์ RMSE ของระดับน้ำจริงเฉลี่ยจากสถานีวัด)	54

## รายการรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วงจรการเกิดน้ำท่าทางอุทกวิทยา	5
2.2 แบบจำลองความสูงภูมิประเทศ	7
2.3 การจำแนกประเภทของแบบจำลองตามแนวคิดของ Becker และ Serban	9
2.4 แสดง Model ของ Neuron ในสมองมนุษย์	13
2.5 โครงสร้างเครือข่ายประสาทเทียม	14
2.6 เครือข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น	17
3.1 แผนที่ตำแหน่งที่ตั้งสถานีสำรวจอุทกวิทยา ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย	24
3.2 ความสูงพื้นผิวภูมิประเทศของกลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย	25
3.3 กราฟระดับน้ำของสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ระหว่างเดือนมกราคมปี พ.ศ. 2550 – เดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2553 จากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ กรมชลประทาน	30
3.4 กราฟระดับน้ำของสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ระหว่างเดือนมกราคมปี พ.ศ. 2550 – เดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2553 จากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ กรมชลประทาน	30
3.5 รูปตัดขวางลำน้ำของสถานี STN06 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ในปีการศึกษา	31
3.6 รูปตัดขวางลำน้ำของสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ในปีการศึกษา	32
3.7 กระบวนการศึกษาวิจัย	35
4.1 Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์ โดยเครือข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2550 (a) และ ใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2550 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (b)	42
4.2 Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์ โดยเครือข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2550 (a) และ ใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2550 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (b)	43

## รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 การเปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2550 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2550 สำหรับฝึก และทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (b)	44
4.4 การเปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2550 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2550 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (b)	45
4.5 Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์ โดยเครือข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (b)	46
4.6 Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์ โดยเครือข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (b)	47
4.7 การเปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (b)	48
4.8 การเปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (b)	49

## รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
<p>4.9 Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์ โดยเครือข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2553 (b)</p>	50
<p>4.10 Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์ โดยเครือข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วง ก້อง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2553 (b)</p>	51
<p>4.11 การเปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2553 (b)</p>	52
<p>4.12 การเปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก້อง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2553 (b)</p>	53

**สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ**

ANNs	Artificial Neural Networks
CN	Curve Number
DEM	Digital Elevation Model
DTM	Digital Terrain Model
GIS	Geographic Information Systems
Ia	Initial abstraction
MMRE	Mean Magnitude of Relatives Error
r	Correlation coefficient
RMSE	Root Mean Square Error
S	Potential retention
SCS	Soil Conservation Service
TOPMODEL	TOPography based hydrological MODEL

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ปัญหาอุทกภัยทำให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่เกษตรกรรม อุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัย ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนอย่างประเมินค่าไม่ได้ การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศเนื่องจากภาวะโลกร้อนส่งผลให้เกิดฝนตกมีความรุนแรงมากขึ้น เป็นเหตุทำให้เกิดอุทกภัยรุนแรงมากขึ้น ปัญหานี้ไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในประเทศไทยเท่านั้น แต่เกิดขึ้นทั่วทุกมุมโลก (Chen, et al., 2012; Im, et al., 2011; Seung-Ki, et al., 2011; Yukiko, et al., 2008) ตัวอย่างสำหรับประเทศไทย ในช่วงระยะเวลา 2-3 ปี ที่ผ่านมาประสบกับปัญหาภัยธรรมชาติบ่อยครั้ง ในหลายพื้นที่ หลายจังหวัด เช่น ช่วงปลายเดือนพฤษภาคมปี พ.ศ. 2549 เกิดอุทกภัยน้ำท่วมและโคลนถล่มในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนจำนวนมาก ต่อมาในช่วงปลายเดือนมีนาคมปี พ.ศ. 2554 ได้เกิดอุทกภัยน้ำท่วมครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัดในภาคใต้ และล่าสุดในช่วงปลายปี พ.ศ. 2554 เกิดปัญหาน้ำท่วมครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัดในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางรวมถึงกรุงเทพมหานครด้วย สร้างความเสียหายให้กับพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม เกษตรกรรมและบ้านเรือนของประชาชนเป็นอย่างมาก (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), 2556)

สำหรับอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีคลองอุตะเถาไหลผ่าน พื้นที่รับน้ำของคลองอุตะเถาด้านเหนือน้ำของตัวอำเภอหาดใหญ่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ มีระบบทางน้ำหนาแน่น มีความลาดชันสูง ดังนั้นเมื่อเกิดฝนตกบนพื้นที่รับน้ำนี้ ทำให้น้ำไหลผ่านเข้าสู่ตัวอำเภอหาดใหญ่ด้วยอัตราการไหลเข้าที่สูงมาก ส่วนทางน้ำคลองอุตะเถาด้านท้ายน้ำของอำเภอหาดใหญ่ มีความลาดชันต่ำ ยิ่งภาวะน้ำในทะเลสาบสงขลาหนุนสูง ทำให้อัตราการระบายน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาช้า เมื่ออัตราการไหลเข้าสูง แต่อัตราการไหลออกต่ำ จึงทำให้เกิดน้ำท่วมใหญ่ในอำเภอหาดใหญ่บ่อยครั้ง ซึ่งพื้นที่อำเภอหาดใหญ่เคยเกิดอุทกภัยน้ำท่วมมาแล้วหลายครั้ง นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2509 จากนั้นได้เกิดขึ้นอีกในปี พ.ศ. 2518 พ.ศ. 2541 พ.ศ. 2543 และล่าสุดในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายนปี พ.ศ. 2553 เกิดอุทกภัยน้ำท่วมบริเวณจังหวัดสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), 2556) เหตุการณ์อุทกภัยดังกล่าวสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่เกษตรกรรม และบ้านเรือนของประชาชนในอำเภอหาดใหญ่เป็นอย่างมาก ปัญหาภัย

ธรรมชาติเหล่านี้เป็นปัญหาที่ต้องรีบดำเนินการแก้ไขอย่างเร่งด่วน การเตรียมงบประมาณเพื่อบรรเทาความเสียหายที่เกิดขึ้นภายหลังเกิดภัยธรรมชาติคงไม่เพียงพอต่อความเสียหายที่เกิดขึ้น การแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการดำเนินการวางแผนล่วงหน้าอย่างเป็นระบบ

ภัยธรรมชาติที่เกิดจากพายุและก่อให้เกิดน้ำท่วมนั้น แบบจำลองอุทกวิทยาที่มีความถูกต้องและการทราบถึงความรุนแรงของพายุล่วงหน้าสามารถให้ข้อมูลเตือนภัยที่เป็นประโยชน์แก่ประชาชนได้ นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในการใช้วิเคราะห์แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ท่วมได้อีกด้วย

เครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) (McCulloch and Pitts, 1943) เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เลียนแบบการทำงานของระบบประสาทของมนุษย์ เครือข่ายประสาทเทียมได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในหลายด้าน เช่น ด้านการแพทย์ ด้านการเงิน ด้านการทหาร ด้านสิ่งแวดล้อม (Thirumalaiah and Deo, 1998) รวมถึงงานด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ ซึ่งมีการประยุกต์ใช้และพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั่วโลก (Seibert, et al., 2003) สำหรับอำเภอหาดใหญ่ ชัยยุทธ ชินณะราศรี, และคณะ (2546) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทเทียมกับการพยากรณ์ระดับน้ำที่หาดใหญ่ โดยการพยากรณ์ค่าระดับน้ำล่วงหน้า 3 ชั่วโมง ที่สถานีวัดน้ำท่าในคลองอู่ตะเภา (X.44) อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย

ข้อมูลฝนเป็นข้อมูลหนึ่งที่สามารถนำเข้าสู่แบบจำลองทางอุทกวิทยาได้ ซึ่งข้อมูลฝนสามารถได้มาจากหลายแหล่งด้วยกัน เช่น มาตรวัดฝน เรดาร์ ดาวเทียม หรืออาจได้จากการคาดการณ์จากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข สำหรับบางพื้นที่ข้อมูลฝนที่มีอยู่อาจจะไม่มีความถูกต้อง เครื่องมือวัดที่มีอยู่ไม่สามารถสังเกตครอบคลุมพื้นที่เพียงพอหรือมีความละเอียดเชิงเวลา (Temporal Resolution) ต่ำ ซึ่งเกิดความผิดพลาดจากการวัด บางพื้นที่ไม่มีข้อมูลดาวเทียม อุปกรณ์ตรวจวัดบนดาวเทียมแบบ Passive Microwave ให้ข้อมูลฝนที่ถูกต้องแม่นยำเนื่องจากสัญญาณไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านเมฆได้ (Surussavadee and Staelin, 2009; Surussavadee and Staelin, 2010; Surussavadee and Staelin, 2011) แต่ดาวเทียมลักษณะนี้ที่มีอยู่ในปัจจุบันมีติดตั้งเฉพาะบนดาวเทียมโคจรใกล้โลก (Low Earth Orbiting Satellite) ทำให้มีความละเอียดเชิงเวลาต่ำ ต้องใช้ดาวเทียมหลายดวงจึงจะสามารถได้ข้อมูลฝนที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่เพียงพอต่อการพยากรณ์น้ำท่า

วิทยานิพนธ์นี้พัฒนาแบบจำลองพยากรณ์น้ำท่า (Runoff Forecasting Model) โดยพิจารณากรณีที่ไม่มีข้อมูลฝนที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่หรือความละเอียดเชิงเวลาที่เพียงพอ แบบจำลองนี้ใช้เครือข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้า 12 ชั่วโมงสำหรับสถานีอุทกวิทยาที่สำคัญในกลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา ตัวนำเข้า (Input) สำหรับเครือข่ายประสาทเทียม



ประกอบด้วยข้อมูลระดับน้ำที่สถานีอุทกวิทยาที่อยู่ต้นน้ำ ณ เวลาที่มีสหสัมพันธ์ (Correlation) ที่ดีกับระดับน้ำที่สถานีที่ต้องการพยากรณ์ ณ เวลาที่ต้องการพยากรณ์ เครื่องข่ายประสาทเทียมถูกฝึกและตรวจสอบความถูกต้องด้วยข้อมูลระดับน้ำที่วัดจริงในอดีต แบบจำลองพยากรณ์น้ำทำนี้สามารถประยุกต์ใช้เป็นประโยชน์สำหรับการเตือนภัยน้ำท่วมล่วงหน้าได้

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า (Runoff Forecasting Model) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้พัฒนาแบบจำลองพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า (Runoff Forecasting Model) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย โดยใช้วิธีเครือข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์ระดับน้ำที่สถานีสำรวจอุทกวิทยา ซึ่งตั้งอยู่บนลำน้ำหลักของกลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา ที่มีการไหลเองตามธรรมชาติ ไม่มีการควบคุมโดยมนุษย์ วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาการพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้า 12 ชั่วโมงสำหรับ 2 สถานี คือ สถานีบ้านม่วงก้อง (X.173A) และ สถานีบ้านตะเคียนเกา (X.112) การศึกษาใช้ข้อมูลระดับน้ำจากสถานีสำรวจอุทกวิทยา จากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2550 – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจะให้ผลการพยากรณ์ระดับน้ำที่สถานีอุทกวิทยาที่สำคัญในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาได้ล่วงหน้า 12 ชั่วโมง
- 2) แบบจำลองดังกล่าวจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการพยากรณ์น้ำท่วมล่วงหน้า

### 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1) น้ำท่า (runoff) หมายถึง น้ำที่ไหลในแม่น้ำ ลำคลอง ซึ่งเกิดจากฝนที่ตกลงมาใน  
ลุ่มน้ำ

2) การฝึกสอน (train) ในวิทยานิพนธ์นี้หมายถึง การฝึกสอนให้เครือข่ายประสาท  
เทียม สามารถทำงานได้ถูกต้อง โดยการเรียนรู้จากเหตุการณ์ต่าง ๆ

3) จุดออก (outlet) หมายถึง ทางออกของน้ำหรือปากแม่น้ำ

4) ปริมาณฝนส่วนเกิน (rainfall excess) หมายถึง ปริมาณฝนที่หักจากค่าการ  
สูญเสียต่าง ๆ ออกไปแล้ว เช่น การระเหย การซึมลงดิน เป็นต้น



## 2.2 กลุ่มน้ำ (Watershed)

กลุ่มน้ำ (Watershed) หมายถึง บริเวณพื้นที่รับและระบายน้ำโดยรวม นับตั้งแต่ บริเวณต้นน้ำ (Upstream) จนถึงจุดออก (Outlet) หรือปากแม่น้ำ (นิตยา หวังวงศ์โรจน์, 2551) ศัพท์ภาษาอังกฤษใช้ได้หลายอย่าง เช่น Basin Catchment หรือ Drainage area ซึ่งแต่ละความหมาย มีความคล้ายคลึงหรือแตกต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับกรณีที่พิจารณา เมื่อมีฝนตกลงสู่กลุ่มน้ำ น้ำบางส่วน จะไหลซึมลงสู่ใต้พื้นดิน บางส่วนไหลอยู่ตามผิวดิน ซึ่งอาจอยู่ในรูปน้ำท่าผิวดิน ลำธาร คลอง แม่น้ำ หรือแอ่งน้ำต่าง ๆ รูปร่างภาคตัดขวางของพื้นที่กลุ่มน้ำ จะมีลักษณะเป็นแอ่ง โดยมีที่สูงสุดอยู่ โดยรอบ ที่ต่ำอยู่ตอนกลาง เส้นที่ใช้แบ่งขอบเขตกลุ่มน้ำอาศัยเส้นตามแนวสันปันน้ำ ในกรณีเป็น พื้นที่สูง สำหรับพื้นที่ราบต้องใช้แนวเส้นแบ่งน้ำฝนเป็นหลัก น้ำส่วนที่ไหลอยู่บนผิวดิน (Surface runoff) จะไหลไปตามทิศทางของแนวลาดเท หรือไหลลงจากที่สูงไปสู่ที่ต่ำด้วยแรงดึงดูดของโลก ทำให้เกิดเป็นทางน้ำต่าง ๆ กัน เริ่มจากทางน้ำขนาดเล็ก ๆ เพียงร่องน้ำสายเล็ก ๆ บนภูเขา ร่องน้ำ สายเล็ก ๆ หลายสายมารวมกันเป็นลำธารที่ใหญ่ขึ้น จนกลายเป็นแม่น้ำลำคลองขนาดใหญ่ที่สุด (สุเพชร จิระจรกุล, 2552)

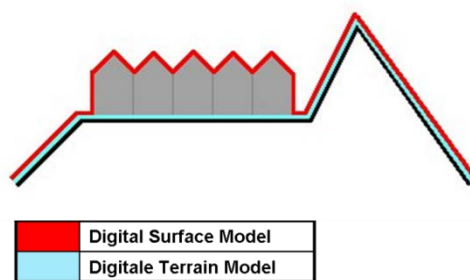
## 2.3 แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM)

สุเพชร จิระจรกุล (2552) กล่าวว่า iva การจำลองสภาพภูมิประเทศต้องใช้ข้อมูล แบบจำลองพื้นผิวที่ต่อเนื่อง (Continuous Data) เพื่อจำลองสภาพภูมิประเทศให้แสดงระดับความสูง ต่ำ ความลาดเอียงของพื้นที่ ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลขเป็นข้อมูลกริด หรือ Raster ที่สามารถแสดง ระดับความสูงต่ำของสภาพพื้นที่จริง

แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) คือแบบจำลอง เชิงเลขความสูงต่ำของพื้นที่ โดยเก็บในรูปแบบกริดหรือ Raster แบ่งเป็น 2 รูปแบบ ดังแสดงใน รูปที่ 2.2 คือ

1) Digital Terrain Model (DTM) คือการจำลองความสูงของภูมิประเทศ และ จัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบตารางกริด หรือข้อมูล Raster โดยไม่รวมความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวทาง กายภาพของโลก

2) Digital surface model (DSM) คือการจำลองความสูงของภูมิประเทศ และ จัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบตารางกริด หรือข้อมูล Raster โดยรวมความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวทาง กายภาพของโลกด้วย เช่น สิ่งปลูกสร้าง ต้นไม้ เป็นต้น



รูปที่ 2.2 แบบจำลองความสูงภูมิประเทศ (Department for Environment Food and Rural Affairs, 2011)

## 2.4 ชนิดของแบบจำลองทางอุทกวิทยา

แบบจำลองฝนตก-น้ำท่า มีการพัฒนาอย่างยาวนาน และมีหลากหลายแบบจำลอง (Singh and Woolhiser, 2002; Singh and Frevert, 2006) ได้เลือกนำเสนอ 24 แบบจำลอง แบบจำลองต่าง ๆ เหล่านี้มีความแตกต่างและไม่มีแบบไหนที่มีการพิสูจน์ว่าเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุด แบบจำลองสามารถแบ่งได้เป็นแบบจำลอง Stochastic ซึ่งตรงข้ามกับแบบ Deterministic และแบบจำลอง Lumped ซึ่งตรงข้ามกับแบบ Distributed (Todini, 1988) จากที่มีแบบจำลองที่หลากหลายมาก ได้มีความพยายามที่จะเปรียบเทียบแบบจำลองเหล่านี้ เพื่อที่จะทราบว่าแบบจำลองใดดีกว่ากัน (Smith, et al., 2004; WMO, 1992) ซึ่งยังไม่มีข้อสรุป เนื่องจากขึ้นอยู่กับกรณีตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบและวิธีการทดสอบ (Clarke, 2008)

แบบจำลองสามารถแบ่งตามประเภทตามแนวคิดของ (Becker and Serban, 1990) ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1) แบบจำลอง Deterministic เป็นแบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์ที่แน่นอนชัดเจนว่าจะมีค่าเป็นเท่าใด

2) แบบจำลอง Stochastic เป็นแบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์ที่ไม่แน่นอน ไม่ชัดเจนว่ามีค่าเป็นเท่าใด ซึ่งอาจแสดงผลในรูปแบบของความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ (Probabilistic) หรือในรูปแบบของอนุกรมเวลา (Time series)

แบบจำลองทางอุทกวิทยาส่วนใหญ่แล้วจะเป็นแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นแบบ Deterministic ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1) Physically-Based Model เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อจำลองกระบวนการย่อยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน โดยอาศัยหลักทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2) Empirical Model (Machado, et al., 2011) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Black Block Model เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยวิธีการทางสถิติจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการทดลอง โดยไม่สามารถอธิบายได้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร และทำไมถึงมีความสัมพันธ์กัน

3) Conceptual Model เป็นแบบจำลองที่ไม่สามารถแบ่งแยกได้อย่างชัดเจนว่าเป็นแบบ Physically-Based Model หรือเป็นแบบ Empirical Model โดยอาจกล่าวได้ว่า Conceptual Model นั้นมีลักษณะเป็นแบบ Physically-Based Model แต่ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ที่ได้นั้น ใช้วิธีการแบบ Empirical Model

แบบจำลองทั้ง 3 ประเภทที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น อาจมีลักษณะที่แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) แบบจำลองเหมารวม (Lumped model) แบบจำลองนี้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพียงค่าเดียว เพื่อแทนพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ที่ทำการจำลองเท่านั้นทั้งลุ่มน้ำ

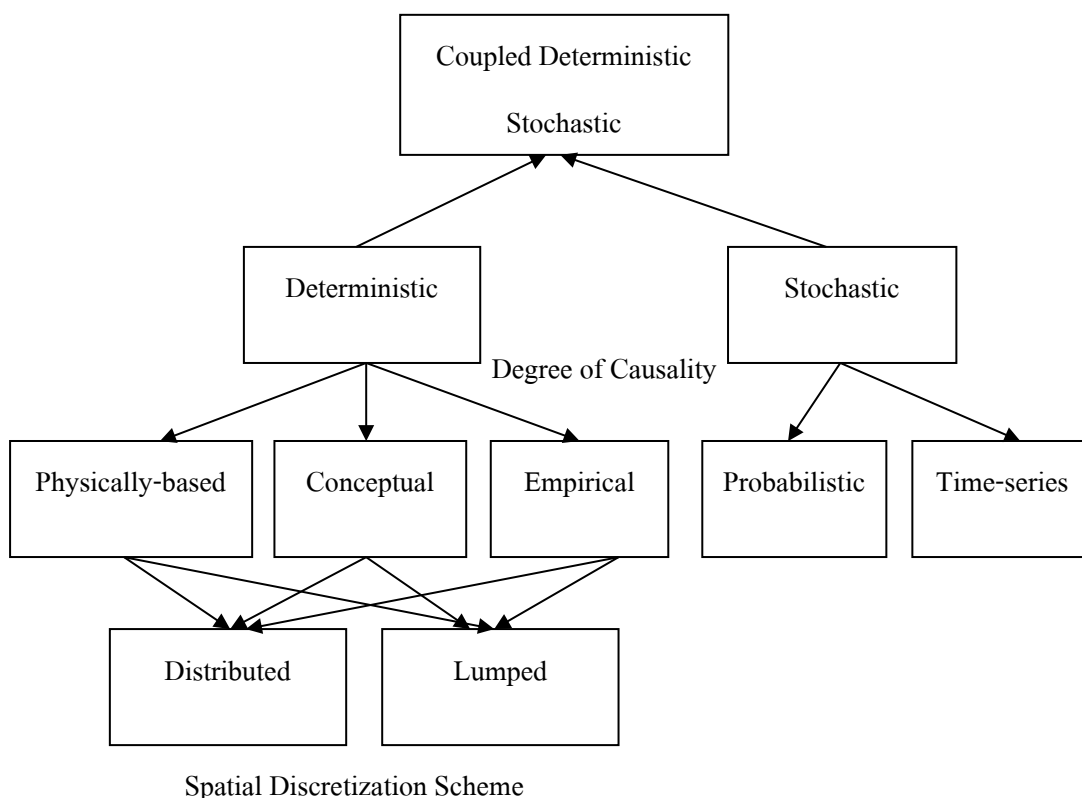
2) แบบจำลองกระจายพื้นที่ (Distributed model) แบบจำลองนี้จะมีการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกันตามความผันแปรหรือความแตกต่างของลักษณะพื้นที่ที่ทำการจำลอง ซึ่งแบบจำลองนี้มีความสมเหตุสมผลหรือใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่าแบบจำลองเหมารวม (จงกลจงวิไลเกษม, 2546)

จากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าในต่างประเทศมีการวิจัยโดยใช้แบบจำลองที่แตกต่างกัน โดย Yu and Jeng (1997) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองแบบกระจายพื้นที่ (Distributed model) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำ Pa-Chang Creek ซึ่งอยู่บริเวณภาคใต้ของประเทศไต้หวัน เพื่อจำลองกระบวนการทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำในการพยากรณ์น้ำท่วม โดยใช้แบบจำลองแบบกระจายพื้นที่สองแบบคือ Nonlinear model และ Linear model สำหรับจำลองกราฟน้ำท่า โดยสังเกตจากสี่เหตุการณ์พายุ พบว่า Nonlinear model มีประสิทธิภาพดีกว่า Linear model เพราะสามารถจำลองกระบวนการทางอุทกวิทยาในพื้นที่ศึกษาได้ดีกว่า โดยใช้ข้อมูลการไหลของน้ำในอดีตที่ได้บันทึกไว้

NAYAK and JAISWAL (2003) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า โดยนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems) และการรับรู้ระยะไกล (Remote sensing) มาใช้ร่วมกันในการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำ Bebas เมือง Sagar ประเทศอินเดีย โดยข้อมูลที่ได้จากการรับรู้ระยะไกลสามารถกำหนดลักษณะของกลุ่มน้ำได้ เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน สิ่งปกคลุมดิน ความลาดชัน และการระบายน้ำ ซึ่งเป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง Soil Conservation Service (SCS) เมื่อนำข้อมูลน้ำท่ารายเดือนที่ได้จากสถานีวัดมาเปรียบเทียบกับ

ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองการประเมินผลพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.92 และ 0.94 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี

Jain and Singh (2005) ได้ศึกษาพัฒนาและทดสอบเส้นทางการไหลของน้ำท่าผิวดิน จากหลายเหตุการณ์พายุฝน โดยใช้ Digital Elevation Model (DEM) มีข้อมูลนำเข้าคือ ลักษณะภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และลักษณะของดิน พื้นที่ศึกษา คือ กลุ่มน้ำ Banha ตั้งอยู่ในอำเภอ Jharkhand ประเทศอินเดีย แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นแบบจำลองแบบกระจายพื้นที่ (Distributed model) ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองนี้สามารถใช้คำนวณความลึกการไหล อัตราการไหลและความเร็วของการไหลของน้ำ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นการไหลของน้ำจากบริเวณต่าง ๆ ของกลุ่มน้ำไปยังทางออกน้ำ (Outlet) ได้อย่างชัดเจน แต่ต้องมีการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's roughness) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.3 การจำแนกประเภทของแบบจำลองตามแนวคิดของ Becker และ Serban

Shi, et al. (2009) ได้ทำการศึกษากำหนดค่าสูญเสียเริ่มต้นของวิธี SCS-CN ซึ่งสมมติฐานเดิมนั้นได้กำหนดค่าสูญเสียเริ่มต้น (Ia) เท่ากับ  $0.2S$  ( $S$  คือค่าศักยภาพการเก็บกักของน้ำ) แต่จะต้องมีการปรับเทียบเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสม วัตถุประสงค์ของการศึกษาคั้งนี้คือ (1) เพื่อ

กำหนดค่าสูญเสียเริ่มต้นของพื้นที่ศึกษา คือ เขื่อนสามหุบเขา (Three Gorges Area) ของประเทศจีน โดยการวิเคราะห์จากเหตุการณ์พายุฝนที่มีการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า (2) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของสมมติฐานเดิมและแบบที่มีการปรับเทียบค่า Ia/S กับข้อมูลปริมาณฝนตก-น้ำท่าที่ได้จากการสังเกต ผลการศึกษาพบว่าค่าการสูญเสียเริ่มต้นจากการใช้ข้อมูลเหตุการณ์ฝนตก-น้ำท่าที่แตกต่างกันระหว่าง 0.010 - 0.154 มีค่ามัธยฐานเท่ากับ 0.048 ได้ค่าเฉลี่ยค่าการสูญเสียเริ่มต้น (Ia) ของพื้นที่รับน้ำเท่ากับ 0.053

Khaleghi, et al. (2011) ได้ทำการศึกษาการจำลองกราฟน้ำท่าในเหตุการณ์น้ำท่วมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ Kasilian ตั้งอยู่จังหวัด Mazandaran บริเวณตอนเหนือของประเทศอิหร่าน มีพื้นที่ประมาณ 68 ตารางกิโลเมตร โดยใช้วิธีการที่หลากหลายได้แก่ SCS model, Snyder, Geomorphologic unit hydrograph, Rosso และ Trianglar โดยเลือกเหตุการณ์พายุฝนแรกจำนวน 21 เหตุการณ์ คำนวณหาเวลาและการไหลสูงสุดของน้ำท่า แล้วเปรียบเทียบแต่ละแบบจำลองว่าแบบจำลองไหนมีประสิทธิภาพมากที่สุด การวิเคราะห์ทางสถิติของแบบจำลองพบว่าแบบจำลอง Geomorphological มีประสิทธิภาพและความแม่นยำในการจำลองน้ำท่าและกราฟน้ำท่าได้ดีที่สุด

สำหรับการวิจัยในประเทศไทยนั้นในปี พ.ศ. 2542 ฌัฐ เทภาสิต (2542) ได้ทำการวิเคราะห์หมายเลขโค้งน้ำท่า SCS ของอำเภอในประเทศไทย โดยรวบรวมและจัดการข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินขึ้นใหม่ จากการศึกษาพบว่าค่าหมายเลขโค้งน้ำท่าและกราฟหมายเลขโค้งน้ำท่าที่ได้มีจำนวน 810 ค่า จาก 75 จังหวัด ซึ่งไม่รวมจังหวัดกรุงเทพมหานคร เพราะไม่มีข้อมูล โดยระดับอำเภอค่าหมายเลขโค้งน้ำท่าจะอยู่ระหว่าง 40 ถึง 92 ระดับจังหวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 49 ถึง 90 และระดับภาคมีค่าอยู่ระหว่าง 58 ถึง 72 สำหรับจังหวัดสงขลานั้นมีค่าหมายเลขโค้งน้ำท่าเท่ากับ 57

กรมชลประทาน (2545) ได้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ SCS มาใช้ในการจำลองการเปลี่ยนแปลงน้ำฝนเป็นน้ำท่าที่ไหลลงสู่คลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย มีการแบ่งลุ่มน้ำออกเป็นลุ่มน้ำย่อยได้ทั้งหมด 64 ลุ่มน้ำย่อย โดยใช้เหตุการณ์พายุฝนระหว่างวันที่ 20 - 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2543 ในการปรับเทียบแบบจำลอง ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาในการเคลื่อนตัวของน้ำตามแนวคลองอู่ตะเภาจะแปรผันตามปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยน้ำจะเคลื่อนตัวจากลุ่มน้ำบริเวณสถานีบ้านม่วงกึ่ง (X.173) มายังบริเวณเทศบาลนครหาดใหญ่ที่สถานีบ้านหาดใหญ่ใน (X.44) ภายในระยะเวลา 30 ชั่วโมง และเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำบ้านม่วงกึ่ง (X.173) กับระยะเวลาในการเคลื่อนตัวมายังสถานีบ้านบางศาลา (X.90) บ้านหาดใหญ่ใน (X.44) และบ้านหาร (X.181) พบว่ายิ่งระดับน้ำที่สถานีบ้านม่วงกึ่ง (X.173) สูงมากขึ้น ระยะเวลาในการเดินทางของน้ำก็จะสั้นลง และปริมาณการไหลสูงสุดในลำน้ำ เกิดที่บริเวณสถานีบ้านบางศาลา (X.90) มีปริมาณการไหล 1,749 ลบ.ม./วินาที



จกกล วิไลเกษม (2546) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองฝนตก-น้ำทำด้วยข้อมูลลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและประเภทของดินในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามภูมิภาคและตามลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ศึกษา คือ บริเวณลุ่มน้ำห้วยแม่ในและลุ่มน้ำแพม ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้แบบจำลองแบบกระจายพื้นที่ (Distributed model) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองในการประเมินค่าปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปัจจัยพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีบทบาทต่อการทำให้เกิดน้ำท่า ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองที่ได้สามารถวิเคราะห์ปริมาณการไหลของน้ำท่าในแต่ละช่วงพายุฝนที่พิจารณาได้เป็นอย่างดี แต่ยังมีข้อด้อย คือ เมื่อต้องการวิเคราะห์อัตราการไหลของปริมาณน้ำท่าเทียบกับเวลาที่เกิดขึ้นจริงแบบจำลองนี้ยังทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร

วีริยา วิทยะ (2547) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลอง TOPMODEL (TOPography based hydrological MODEL) เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองประยุกต์ใช้แบบจำลอง TOPMODEL สำหรับตรวจสอบความถูกต้อง และนำผลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงโครงสร้างการทำงานของแบบจำลองให้สอดคล้องกับกระบวนการทางอุทกวิทยาและลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กทางภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งการประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง TOPMODEL พบว่าไม่สามารถจำลองลักษณะโค้งการไหลลดลง (recession curve) จากข้อมูลน้ำท่าให้ใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้ ถึงแม้จะทำการปรับปรุงแบบจำลอง โดยการเปลี่ยนสมการประเมินปริมาณความจุของความชื้นในดินส่วนที่เหลือ (local gravity drainage storage deficit, SD) เพื่อยกระดับของความจุของความชื้นในดินไม่ให้ขนานไปกับสภาพภูมิประเทศแล้วก็ตาม

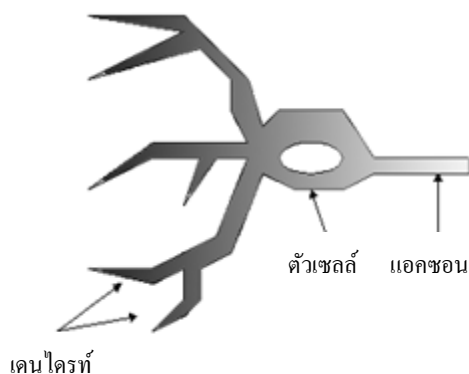
และต่อมา จารุวรรณ สาครมณีรัตน์ (2550) ได้ทำการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงน้ำฝนให้เป็นน้ำท่าในช่วงที่เกิดอุทกภัยบริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรี ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำมีขนาดประมาณ 5,600 ตารางกิโลเมตร การศึกษานี้ใช้แบบจำลอง SCS เป็นแบบจำลองแบบ Lumped และแบบจำลอง NAM เป็นแบบจำลองแบบ Distributed มาจำลองปริมาณน้ำท่าในช่วงที่เกิดอุทกภัย โดยใช้ข้อมูลฝนรายวันมากระจายเป็นฝนรายชั่วโมง และใช้ข้อมูลน้ำท่าจากการตรวจวัดระดับน้ำรายชั่วโมงมาทำการสอบเทียบมาตรฐาน เพื่อหาพารามิเตอร์ของแบบจำลองทั้งสอง จากการศึกษาพบว่า การจำลองประมาณน้ำท่าจากข้อมูลฝนด้วยแบบจำลอง SCS จะทำได้ง่ายและให้ค่าความแม่นยำมากกว่าแบบจำลอง NAM ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลอง NAM มีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องถึง 15 ค่า และยังมีค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นเงื่อนไขเริ่มต้นอีก จึงเป็นอุปสรรคในการปรับเทียบในกรณีที่มีข้อมูลจำกัด

## 2.5 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

จากการทบทวนเอกสารที่ผ่านมาพบว่าแบบจำลองแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน ไม่มีแบบจำลองไหนดีที่สุด ขึ้นอยู่กับพื้นที่ศึกษาและวิธีการศึกษา แบบจำลองบางชนิดจำเป็นต้องใช้ข้อมูลทางอุทกวิทยาจำนวนมาก เช่น ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่หน้าตัดลำน้ำ ปริมาณฝน อัตราการไหลของน้ำ ระดับน้ำ เป็นต้น ซึ่งบ่อยครั้งไม่สามารถหาข้อมูลเหล่านี้ได้ครบถ้วน จึงเป็นการยากต่อการใช้แบบจำลองชนิดดังกล่าว สำหรับการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากมีข้อมูลอยู่จำกัด จึงเลือกใช้เครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ซึ่งเป็นแบบจำลอง แบบ Empirical Model

### 2.5.1 เครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks)

เครือข่ายประสาทเทียม คือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เลียนแบบการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ (รูปที่ 2.4) ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) และการอุปมาความรู้ ( Knowledge Deduction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาข่ายงานไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท หรือ “นิวรอน” (Neurons) และ จุดประสานประสาท (Synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาท เรียกว่า “เดนไดรต์” (Dendrite) ซึ่งเป็นข้อมูลนำเข้า (Input) และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่า “แอกซอน” (Axon) ซึ่งเป็นเหมือนข้อมูลนำออก (Output) ของเซลล์ เซลล์เหล่านี้ทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่นิวเคลียสซึ่งจะเป็นตัวตัดสินใจว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสก็จะกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อไปผ่านทางแอกซอน ตามแบบจำลองนี้ข่ายงานประสาทเกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท จนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกัน (Khaw, et al., 1995)



รูปที่ 2.4 แสดง Model ของ Neuron ในสมองมนุษย์ (ภาพดัดแปลงจาก Khaw, et al., 1995)

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม

เซลล์ประสาท	เซลล์ประสาทเทียม
ตัวเซลล์ (Cell body)	โหนด (Unit)
เดนไดรต์ (Dendrites)	ตัวแปรนำเข้า (Input)
แอกซอน (Axon)	ตัวแปรส่งออก (Output)
ไซแนปส์ (Synapse)	ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight)
ความเร็วช้ากว่า	ความเร็วสูงกว่า
มีเซลล์จำนวนมาก (ประมาณ $10^9$ ยูนิต)	มีเซลล์จำนวนน้อย (ประมาณ 100 ยูนิต)

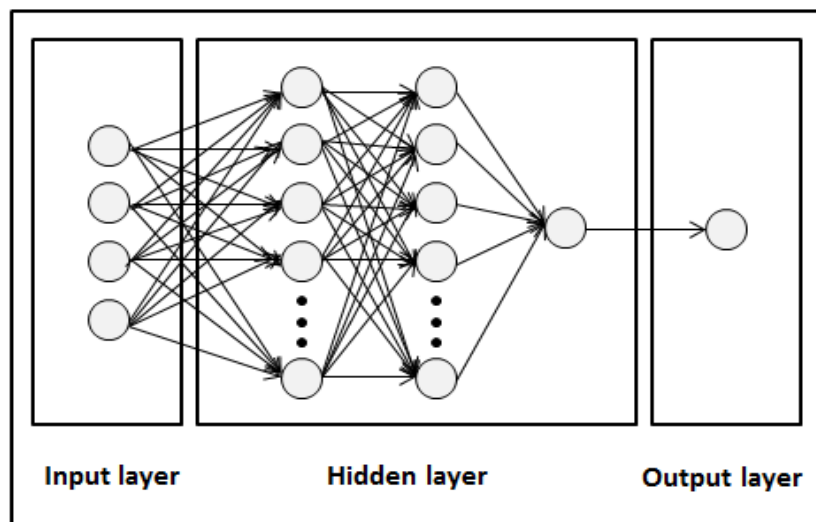
#### 2.5.1.1 การทำงานของเครือข่ายประสาทเทียม

รูปที่ 2.5 โครงสร้างเครือข่ายประสาทเทียม (Khaw, et al., 1995) การทำงานของเครือข่ายประสาทเทียม เมื่อมี Input เข้ามายัง Network ก็จะเอา Input มาคูณกับ ค่าน้ำหนักของแต่ละขา ผลที่ได้จาก Input ทุก ๆ ขาของนิวรอนจะเอมารวมกันและเอามาเทียบกับ threshold ที่กำหนดไว้ ถ้าผลรวมมีค่ามากกว่า Threshold นิวรอนจะส่ง Output ออกไป Output นี้ก็จะถูกส่งไปยัง Input ของนิวรอนอื่น ๆ ที่เชื่อมต่อกันใน Network ถ้าค่าน้อยกว่า Threshold ก็จะไม่เกิด Output เขียนออกมาได้ดังสมการ 2.1

$$\text{If (sum (input * weight) > threshold) then output} \quad (2.1)$$

### 2.5.1.2 Back-propagation Algorithm

Back-propagation เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทเทียมวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ใน Multilayer Perceptron เพื่อปรับค่าน้ำหนักในเส้นเชื่อมต่อระหว่างโหนดให้เหมาะสม โดยการปรับค่านี้อาจขึ้นกับความแตกต่างของค่า Output ที่คำนวณได้กับค่า Output ที่ต้องการ (Khaw, et al., 1995)



รูปที่ 2.5 โครงสร้างเครือข่ายประสาทเทียม

### 2.5.1.3 การเรียนรู้สำหรับเครือข่ายประสาทเทียม

1) Supervised Learning การเรียนรู้แบบมีการสอน เป็นการเรียนรู้แบบที่มีการตรวจคำตอบเพื่อให้เครือข่ายปรับตัว ชุดข้อมูลที่ใช้สอนเครือข่ายจะมีคำตอบไว้คอยตรวจสอบว่าเครือข่ายให้คำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ ถ้าตอบไม่ถูก เครือข่ายก็จะปรับตัวเองเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น

2) Unsupervised Learning การเรียนรู้แบบไม่มีการสอน เป็นการเรียนรู้แบบไม่มีผู้แนะนำ ไม่มีการตรวจคำตอบว่าถูกหรือผิด เครือข่ายจะจัดเรียงโครงสร้างด้วยตัวเองตามลักษณะของข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้เครือข่ายสามารถจัดหมวดหมู่ของข้อมูลได้ (Maren, et al., 1990)

#### 2.5.1.4 สถาปัตยกรรมเครือข่ายประสาทเทียม

1) Feed-forward network ข้อมูลที่ประมวลผลในเครือข่ายจะถูกส่งไปในทิศทางเดียวจากโหนดนำเข้าส่งต่อมาเรื่อย ๆ จนถึงโหนดส่งออก โดยไม่มีการย้อนกลับของข้อมูล หรือแม้แต่โหนดใน layer เดียวกันก็ไม่มีการเชื่อมต่อกัน

2) Feed-back network ข้อมูลที่ประมวลผลในเครือข่ายมีการป้อนกลับเข้าไปยังเครือข่ายหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งได้คำตอบออกมา

3) Network layer ของ ANN ประกอบไปด้วย 3 ส่วน หรือ 3 layer ได้แก่ ชั้นนำเข้า (Input layer) ที่ถูกเชื่อมต่อกับชั้นแอบแฝง (Hidden layer) ซึ่งเชื่อมต่อกับชั้นส่งออก (Output layer)

- พฤติกรรมการทำงานของชั้นนำเข้า (Input layer) จะทำหน้าที่แทนส่วนของข้อมูลดิบที่จะถูกป้อนเข้าสู่เครือข่าย

- พฤติกรรมการทำงานของชั้นแอบแฝง (Hidden layer) จะถูกกำหนดโดยการทำงานของชั้นนำเข้า (Input layer) และค่าน้ำหนักบนความสัมพันธ์ระหว่างชั้นนำเข้า (Input layer) และชั้นแอบแฝง (Hidden layer)

- พฤติกรรมการทำงานของชั้นส่งออก (Output layer) จะขึ้นอยู่กับการทำงานของชั้นแอบแฝง (Hidden layer) และค่าน้ำหนักระหว่างชั้นแอบแฝง (Hidden layer) และชั้นส่งออก (Output layer) (Maren, et al., 1990)

#### 2.5.1.5 สถาปัตยกรรมของชั้น (Architecture of layer)

สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ เครือข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว (Single Layer Perceptron) และเครือข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron)

1) เครือข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว (Single Layer Perceptron) ประกอบด้วยชั้นของเครือข่ายเพียงชั้นเดียว โดยจำนวนหน่วยชั้นนำเข้า (Input layer) ขึ้นอยู่กับจำนวนส่วนประกอบของข้อมูลนำเข้า (Input data) และรูปแบบเงื่อนไข (Activation function) ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลส่งออก (Output data) เช่น ถ้า Output ที่ต้องการเป็น “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” ก็จะต้องใช้ Threshold function (Maren, et al., 1990) ดังสมการ 2.2

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq T \\ 0 & \text{if } x < T \end{cases} \quad T = \text{Threshold} \quad (2.2)$$

หรือถ้า Output เป็นค่าตัวเลขที่ต่อเนื่อง ต้องใช้ Continuous function เช่น Sigmoid function ดังสมการ 2.3

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} \quad (2.3)$$

เมื่อ  $x$  คือ ตัวแปรอินพุต

$T$  คือ ค่า Threshold

2) เครือข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron) หรือ เครือข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ (Backpropagation Neural Network) เป็นวิธีการฝึกสอนเครือข่ายประสาทเทียมหลายชั้นแบบส่งผ่านไปข้างหน้า (Multilayer Feed-Forward Neural Network) ที่นิยมใช้กัน ซึ่งประกอบด้วยชั้นนำเข้าข้อมูล ชั้นแอบแฝงและชั้นส่งออก โดยมีลักษณะการส่งผ่านข้อมูลแบบส่งไปข้างหน้าตามลำดับชั้น ในแต่ละชั้นจะมีเวกเตอร์เมทริกซ์ มี Bias vector และมี Output vector ตัวอย่างของเครือข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นรูปที่ 2.6 (Mark Hudson Beale, et al., 2012) ชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 2 รวมกันเรียกว่าชั้นแอบแฝง (Hidden layer) ส่วนชั้นที่ 3 เรียกว่า ชั้นส่งออก (Output layer) สามารถเขียนได้ดังสมการ 2.4

$$a = f(W^3 f(W^2 (W^1 p + b^1) + b^2) + b^3) \quad (2.4)$$

เมื่อ  $f$  คือ ฟังก์ชันการถ่ายโอน

$b$  คือ ค่า Bias vector

$W$  คือ ค่าน้ำหนักของเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดของแต่ละชั้น

$p$  คือ ค่า Input vector

$a$  คือ ค่า Output vector

#### 2.5.1.6 ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Functions)

ฟังก์ชันการถ่ายโอนทำหน้าที่รวมค่าเชิงตัวเลขจาก Output ของเซลล์ประสาท และตัดสินใจว่าจะส่ง Output ออกมาในรูปแบบใด ซึ่งอาจเป็นไปได้ทั้งเชิงเส้นหรือไม่เป็นเชิงเส้นก็ได้ ฟังก์ชันการถ่ายโอนมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน (Maren, et al., 1990) แต่ที่นิยมใช้กัน มีดังนี้

1) ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบลอจิสติกมอยด์ (Log-Sigmoid) จะมีค่าระดับอยู่ที่ระหว่าง 0 กับ 1 มีความสัมพันธ์ดังสมการ 2.5

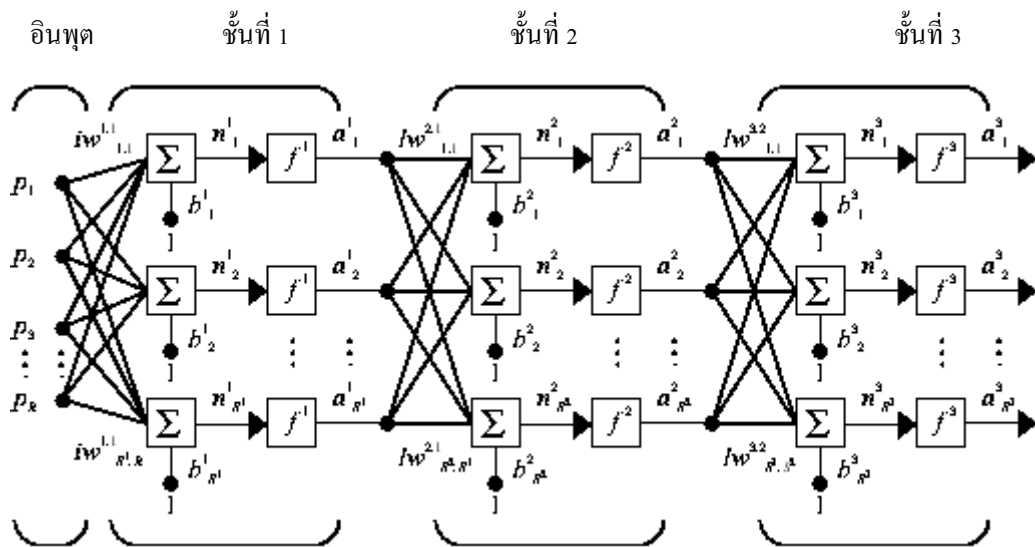
$$\text{logsig}(n) = \frac{1}{1 + e^{(-n)}} \tag{2.5}$$

2) ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) จะมีค่าระดับอยู่ที่ระหว่าง -1 กับ 1 มีความสัมพันธ์ดังสมการ 2.6

$$\text{tansig}(n) = \frac{1 - e^{(-n)}}{1 + e^{(-n)}} \tag{2.6}$$

3) ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) จะมีค่าระดับเป็นเชิงเส้น มีความสัมพันธ์ดังสมการ 2.7

$$\text{purelin}(n) = n \tag{2.7}$$



รูปที่ 2.6 เครื่องข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (ภาพดัดแปลงจาก Mark Hudson Beale, et al., 2012)

## 2.6 ค่าทางสถิติที่ใช้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ค่าทางสถิติเป็นค่าที่ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น ว่ามีความถูกต้องหรือมีความผิดพลาดมากน้อยเพียงใด ค่าทางสถิติที่ใช้สำหรับวิทยานิพนธ์นี้มีดังต่อไปนี้

### 2.6.1 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (Root mean square error: RMSE)

ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง เป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่พยากรณ์ได้จากแบบจำลอง หากค่า RMSE มีค่าน้อย แสดงว่าค่าที่พยากรณ์ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง (Pindyck and Rubinfeld, 1998) ดังนั้นหากค่า RMSE มีค่าเท่ากับศูนย์แล้ว จะหมายความว่า ไม่เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นกับแบบจำลอง ค่า RMSE สามารถคำนวณได้ดังสมการ 2.8

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (F_i - Q_i)^2}{N}} \quad (2.8)$$

เมื่อ  $F$  คือ ค่าที่พยากรณ์ได้  
 $Q$  คือ ค่าจริง  
 $N$  คือ จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการพยากรณ์

### 2.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient: r)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) คือ ดัชนีที่ใช้วัดทิศทางและระดับความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร  $X$  และ ตัวแปร  $Y$  โดยมีค่าอยู่ระหว่าง  $-1$  กับ  $1$  เครื่องหมายบวก เครื่องหมายลบของค่า  $r$  แสดงทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร หากค่า  $r$  เป็นบวก หมายถึง เมื่อ  $X$  เพิ่มขึ้น  $Y$  จะเพิ่มตามไปด้วย ในทางตรงกันข้าม หากค่า  $r$  เป็นลบ หมายถึง เมื่อ  $X$  กับ  $Y$  มีความสัมพันธ์กันในลักษณะที่ตรงกันข้าม (Ahlgren, et al., 2003) ดังสมการ 2.9



$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right) \left( \sum_{i=1}^n Y_i \right)}{\sqrt{\left( n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left[ \sum_{i=1}^n X_i \right]^2 \right) \cdot \left( n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left[ \sum_{i=1}^n Y_i \right]^2 \right)}} \quad (2.9)$$

เมื่อ  $r$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์  
 $X$  คือ ข้อมูลชุด  $X$   
 $Y$  คือ ข้อมูลชุด  $Y$

## 2.7 เครื่องข่ายประสาทเทียมกับงานด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ

เครื่องข่ายประสาทเทียมถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ เพื่อแก้ปัญหาหลายด้านเช่น การพยากรณ์ระดับน้ำ การจำลองการเกิดน้ำฝนและน้ำท่า การพยากรณ์อัตราการไหลของน้ำ และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั่วโลก Tokar และ Johnson (1999) ได้ประยุกต์ใช้เครื่องข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์น้ำท่ารายวันกับแม่น้ำ Little Patuxent ในแมริแลนด์ โดยมีข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลฝนรายวัน อุณหภูมิ และน้ำจากหิมะที่ละลาย การศึกษามีการเปรียบเทียบความยาวและประเภทของข้อมูลที่ใช้ฝึก โดยได้แบ่งออกเป็นปีที่มีปริมาณฝนมาก เฉลี่ยและน้อย ผลการศึกษาพบว่าเครื่องข่ายประสาทเทียมให้ผลที่ดีที่สุดทั้งในการฝึกและการทดสอบ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลอง Regression และแบบจำลอง Simple Conceptual Rainfall-Runoff (SCRR) พบว่าแบบจำลองเครื่องข่ายประสาทเทียมช่วยลดเวลาในการปรับเทียบและให้ผลที่ดีที่สุด

Tokar and Johnson (2000) ได้ประยุกต์ใช้เครื่องข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์อัตราการไหลสำหรับ 3 กลุ่มน้ำ ซึ่งมีลักษณะทางภูมิอากาศและลักษณะทางภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1) พยากรณ์อัตราการไหลรายเดือนของกลุ่มน้ำ Fraser 2) พยากรณ์อัตราการไหลรายวันของกลุ่มน้ำ Raccoon Creek และ 3) พยากรณ์อัตราการไหลรายวันของกลุ่มน้ำ Little Patuxent โดยเปรียบเทียบกับแบบจำลอง Watbal ในกลุ่มน้ำ Fraser เปรียบเทียบกับแบบจำลอง SAC-SMA ในกลุ่มน้ำ Raccoon Creek และเปรียบเทียบกับแบบจำลอง SCRR ในกลุ่มน้ำ Little Patuxent ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง ANN ให้ผลในการพยากรณ์ที่ดีกว่าและใช้เวลาในการปรับเทียบที่น้อยกว่าแบบจำลอง Watbal SAC-SMA และ SCRR ในทั้ง 3 กลุ่มน้ำ (Tokar and Markus, 2000)

Antar, et al. (2006) ได้พัฒนาแบบจำลองฝนตก-น้ำท่า โดยใช้เทคนิคเครือข่ายประสาทเทียม เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่ากับน้ำฝนที่ตกบริเวณลุ่มน้ำ Blue Nile มีพื้นที่ประมาณ 300,000 ตารางกิโลเมตร มีต้นกำเนิดในประเทศเอธิโอเปีย และไหลผ่านเข้าประเทศซูดาน ข้อมูลรายวันถูกแบ่งเป็น 2 ชุด คือ สำหรับปรับเทียบและทดสอบ ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมให้ผลดีในการจำลองความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า และมีข้อผิดพลาดน้อยกว่า เมื่อเทียบกับแบบจำลองแบบ Physically Distributed Model ที่มีความซับซ้อนมากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพในการจำลองความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน-น้ำท่าได้ดี หากมีข้อมูลนำเข้าที่ถูกต้องและเพียงพอ

สำหรับประเทศไทย ก็มีการนำเครือข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้กับงานด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำอย่างแพร่หลายเช่นเดียวกัน อันนะ สุขล้วน (2547) ได้นำแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมแบบ SCE-ANN และ ANN-SG ไปประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์ที่มีลักษณะข้อมูลที่แตกต่างกัน 3 พื้นที่ คือ 1) ข้อมูลระดับน้ำรายวันของแม่น้ำเจ้าพระยาใช้ศึกษาการพยากรณ์ระดับน้ำสูงสุดรายวันล่วงหน้า 1-5 วัน สำหรับการพยากรณ์ระดับน้ำในกรณีที่มีระดับน้ำสูงกว่าข้อมูลที่แบบจำลองเรียนรู้ในอดีต และการเติมข้อมูลระดับน้ำที่ขาดหายจากระดับน้ำของสถานีที่อยู่ใกล้เคียง 2) ข้อมูลน้ำฝน-น้ำท่ารายนาที่จากพื้นที่รับน้ำในเขตเมืองของประเทศญี่ปุ่น ใช้ศึกษาการพยากรณ์อัตราการไหลล่วงหน้า 5 และ 10 นาที 3) ข้อมูลน้ำฝน-น้ำท่าที่ตรวจวัดทุก ๆ 2 นาทีของเขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร ปริมาณการไหลที่ตรวจวัดในท่อ และปริมาณการไหลที่ตรวจวัดจากคลองระบายน้ำเป็นลักษณะของข้อมูลที่ต่างกันของพื้นที่รับน้ำดังกล่าว ในการพยากรณ์น้ำท่าล่วงหน้า 10 20 และ 30 นาที ผลการศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง SCE-ANN และ ANN-SG พบว่า SCE-ANN ให้กราฟของการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดจริงได้มากกว่าแบบจำลอง ANN-SG

เลอพงส์ อัสสุริยา (2546) ได้ประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทเทียม เพื่อจำลองความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ - อัตราการไหล ที่สถานี C.2 แม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดนครสวรรค์ โดยการศึกษาจะแบ่งเป็น 6 ส่วนคือ 1) การหาตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลอง ANN โดยวิธีลองผิดลองถูก 2) นำผลที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับกราฟระดับน้ำ - อัตราการไหล และแบบจำลอง MLR โดยใช้ข้อมูลช่วงการเรียนรู้ 1 3 และ 5 ปี 3) การทดลองเปลี่ยนขนาดของเครือข่าย ค่าอัตราการเรียนรู้และค่าโมเมนตัม เพื่อศึกษาผลกระทบของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่าค่าอัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลอง ANN ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวัด ยกเว้นกรณีที่ปริมาณน้ำมีมากเกินไปกว่าปริมาณน้ำที่มีในอยู่ช่วงข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้

เปรม จันทร์สว่าง (2550) ประยุกต์ใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม เพื่อทำนายอัตราการไหลของน้ำท่าราย 3 ชั่วโมงที่สถานี P.64 บริเวณลุ่มน้ำแม่ตื่น อำเภอมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ การทำนายแบ่งเป็นสองช่วงคือ ช่วงปริมาณน้ำมากและปริมาณน้ำน้อย โดยเปรียบเทียบผลการทำนายที่ได้จากแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมกับแบบจำลองเทงก์ ผลการทำนายพบว่า ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม (10.17%) มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองเทงก์ (41.35%)

ชุตินาศ สำแดงฤทธิ์ (2552) ได้ประยุกต์ใช้วิธีเครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) และแบบจำลองการเพิ่มทั่วไป (Generalized Additive Model) ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำยม สถานี Y.4 จังหวัดสุโขทัย โดยนำปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลกับปริมาณน้ำท่ามาใช้ในการพยากรณ์จำนวน 6 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปริมาณน้ำท่าที่สถานี Y.4 จังหวัดสุโขทัย 2) ปริมาณน้ำท่าที่สถานี Y.14 จังหวัดสุโขทัย 3) ปริมาณน้ำท่าที่สถานี Y.1C จังหวัดแพร่ 4) ปริมาณน้ำฝนที่สถานี Y.1C จังหวัดแพร่ 5) อุณหภูมิของจังหวัดสุโขทัย และ 6) ราคาข้าวของจังหวัดสุโขทัย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2552 ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (MMRE) ของวิธีแบบจำลองการเพิ่มทั่วไป คือ 502.68 % และวิธีเครือข่ายประสาทเทียม 19.01 % ค่าความแม่นยำของวิธีแบบจำลองการเพิ่มทั่วไปคือ -402.68 % และวิธีเครือข่ายประสาทเทียม 80.99 % ตามลำดับ ผลสรุปการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าด้วยวิธีเครือข่ายประสาทเทียมให้ค่าความแม่นยำในการพยากรณ์สูงถึง 80.99 %

## บทที่ 3

### วิธีการวิจัย

กระบวนการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างแบบจำลองพยากรณ์น้ำท่า (Runoff Forecasting Model) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลานั้น ต้องอาศัยข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานที่มีข้อมูลของพื้นที่ศึกษา คือ สำนักงานชลประทานที่ 16 (สงขลา) และศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน รวมถึงข้อมูลปฐมภูมิจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนาม นำข้อมูลที่ได้จากทั้งสองส่วนนี้มาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาความถูกต้องของข้อมูล และนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้สร้างแบบจำลองต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนวิธีการวิจัยตามรายละเอียดต่อไปนี้

#### 3.1 พื้นที่ศึกษา

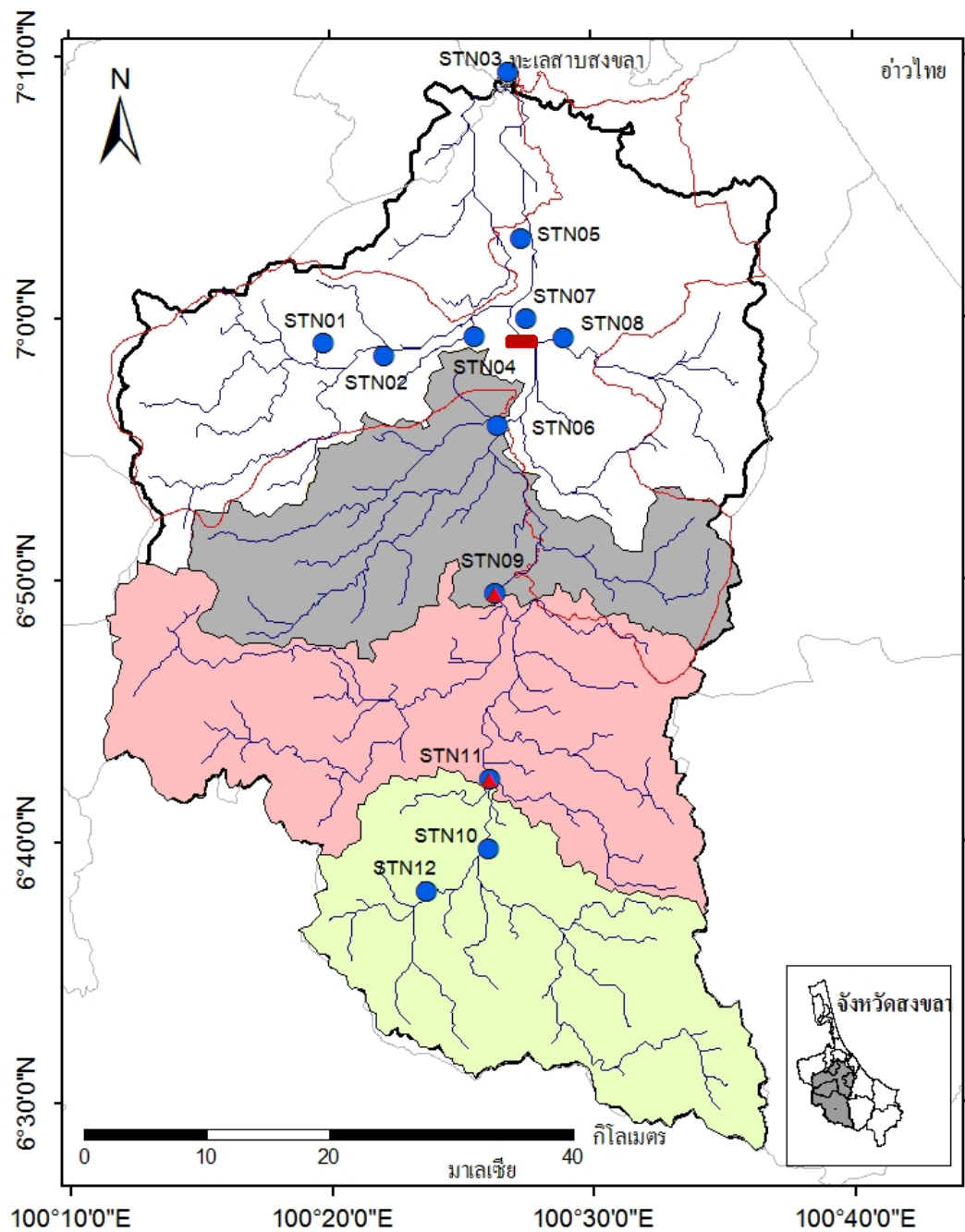
วิทยานิพนธ์นี้จะพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองพยากรณ์น้ำท่า (Runoff Forecasting Model) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย

##### 3.1.1 สภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำ

รูปที่ 3.1 พื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุตะเถาครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 2,400 ตารางกิโลเมตร ซึ่งตั้งอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดสงขลา ครอบคลุมอำเภอหาดใหญ่ อำเภอกลองหอยโข่ง อำเภอนาหม่อม อำเภอสะเดา อำเภอบางกล่ำ และบางส่วนของเขตอำเภอเมืองสงขลาและอำเภอกวนเนียง โดยมีขอบเขตอยู่ในช่วง  $6^{\circ} 30' N$  ถึง  $7^{\circ} 15' N$  และ  $100^{\circ} 15' E$  ถึง  $100^{\circ} 45' E$  รูปที่ 3.2 ความสูงพื้นผิวภูมิประเทศของกลุ่มน้ำคลองอุตะเถา สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำจะมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ พื้นที่ลาดเทจากทิศใต้ลงสู่ทิศเหนือโดยมีค่าระดับผิวดินอยู่ระหว่าง +350 ม.รทก. ถึง +0.00 ม.รทก. และมีพื้นที่ราบระหว่างเทศบาลนครหาดใหญ่กับทะเลสาบสงขลา (ค่าระดับ +0.00 ถึง +7.00 ม.รทก.) ส่วนด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออกของกลุ่มน้ำสภาพพื้นที่จะยกสูงเนื่องจากเป็นแนวสันเขา (ค่าระดับ +100 ถึง +600 ม.รทก.) และลาดเทสู่บริเวณพื้นที่ตอนกลางซึ่งเป็นที่ราบ (บริเวณแนวคลองอุตะเถา) (สำนักงานก่อสร้าง 11 สำนักพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่, 2555) กลุ่มน้ำคลองอุตะเถาประกอบด้วยสถานีสำรวจอุทกวิทยา 12 สถานี ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สถานีสำรวจอุทกวิทยา คุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

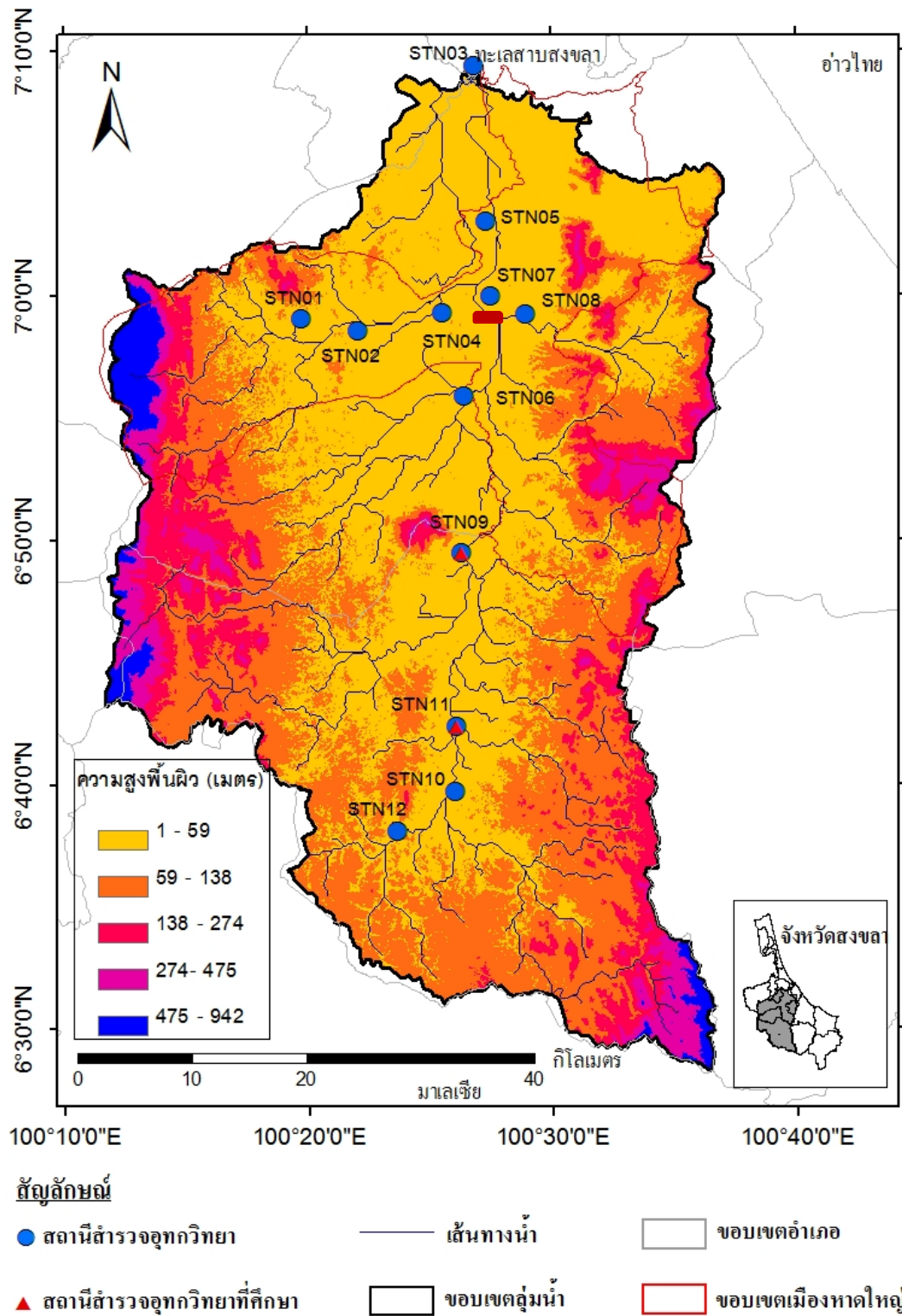
รหัส สถานี	ชื่อสถานี	ชื่อแม่น้ำ	ที่ตั้ง	พิกัด		พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)
				ละติจูด	ลองจิจูด	
STN01	X.240	คลองวาด (บน)	บ้านหูแร่ คลองวาด อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา	06-59-03	100-19-44	127.42
STN02	X.253	คลองตำ (บน)	บ้านกลาง คลองตำ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา	06-58-32	100-22-04	ไม่มีข้อมูล
STN03	X.194	คลองอู่ตะเภา	บ้านแหลมโพธิ์ ริมคลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา	07-09-22	100-26-49	ไม่มีข้อมูล
STN04	X.71B	คลองตำ	บ้านควนลัง คลองตำ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา	06-59-16	100-25-29	148.00
STN05	X.181	คลองอู่ตะเภา	บ้านหาร คลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา	07-03-01	100-27-16	2,078.00
STN06	X.90	คลองอู่ตะเภา	บ้านบางศาลา คลองอู่ตะเภา อำเภอกลองหยอยโข่ง จังหวัดสงขลา	06-55-50	100-26-26	1,546.82
STN07	X.44	คลองอู่ตะเภา	บ้านหาดใหญ่ใน คลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา	06-59-57	100-27-30	1,719.95
STN08	X.174	คลองหvae	บ้านคลองหvae คลองหvae อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา	06-59-12	100-28-55	115.91
STN09	X.173A	คลองอู่ตะเภา	บ้านม่วงกึ่ง คลองอู่ตะเภา อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา	06-49-26	100-26-17	1,063.90
STN10	X.111	คลองสะเดา	บ้านไพร คลองสะเดา อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา	06-39-42	100-25-59	245.41
STN11	X.112	คลองสะเดา	บ้านตะเคียนเภา คลองอู่ตะเภา อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา	06-42-20	100-26-02	493.00
STN12	X.113	คลองหล้าปัง	บ้านทุ่งปราบ คลองหล้าปัง อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา	06-38-04	100-23-38	118.45



### สัญลักษณ์

- |                               |                 |                      |
|-------------------------------|-----------------|----------------------|
| ● สถานีสำรวจอุทกวิทยา         | — เส้นทางน้ำ    | □ ขอบเขตอำเภอ        |
| ▲ สถานีสำรวจอุทกวิทยาที่ศึกษา | □ ขอบเขตลุ่มน้ำ | □ ขอบเขตเมืองหาดใหญ่ |

รูปที่ 3.1 แผนที่ตำแหน่งที่ตั้งสถานีสำรวจอุทกวิทยา ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย



รูปที่ 3.2 ความสูงพื้นผิวภูมิประเทศของกลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย

พื้นที่ลุ่มน้ำและลำน้ำสาขาของกลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภามีลักษณะเป็นลุ่มน้ำแบบผสม (ลุ่มน้ำแบบรูปขนนกรวมกับลุ่มน้ำแบบรูปวงกลม) ซึ่งมีแนวเทือกเขาสูงเป็นขอบเขตลุ่มน้ำในทางทิศตะวันตก ทิศใต้ และทิศตะวันออก ส่วนทางทิศเหนือบรรจบทะเลสาบสงขลา จากลักษณะภูมิประเทศของกลุ่มน้ำซึ่งขอบด้านทิศตะวันตกและด้านทิศตะวันออกเป็นพื้นที่สูงลาดเทสู่แนวกลางของกลุ่มน้ำ (แนวคลองอู่ตะเภา) ในขณะที่พื้นที่ด้านทิศใต้ของกลุ่มน้ำซึ่งเป็นที่สูงจะลาดเทไปยังทิศเหนือ จึงทำให้บริเวณเทศบาลนครหาดใหญ่กับทะเลสาบสงขลา มีลักษณะเป็นแอ่งรองรับน้ำ โดยลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาจะมีคลองอู่ตะเภาเป็นคลองระบายน้ำหลักมีความยาวประมาณ 112 กิโลเมตร (จากอ่างเก็บน้ำคลองสะเดาถึงทะเลสาบสงขลา) โดยมีลำน้ำสาขาที่สำคัญ ประกอบด้วย ลำน้ำสาขา 14 สาขาระบายน้ำจากพื้นที่ลุ่มน้ำฝั่งซ้ายและฝั่งขวาลงสู่คลองอู่ตะเภาและลำน้ำสาขาอีก 2 สาขาที่ระบายลงทะเลสาบสงขลา คลองอู่ตะเภา มีความลาดชันเฉลี่ยของท้องน้ำเท่ากับ 1:2,300 ตั้งแต่ต้นน้ำอำเภอสะเดา (สถานี STN10 บ้านไพร (X.111)) ลงมาจนถึงอำเภอหาดใหญ่ และจากอำเภอหาดใหญ่ (STN07 สถานีบ้านหาดใหญ่ใน (X.44)) ไปจนถึงทะเลสาบสงขลา มีความลาดชันเฉลี่ยของท้องน้ำเท่ากับ 1:10,000 ทั้งนี้คลองอู่ตะเภา มีลักษณะคดเคี้ยวมากในบริเวณตอนบนของกลุ่มน้ำ และเป็นแนวตรง เมื่อเข้าสู่พื้นที่ราบลุ่มตอนล่าง ความลึกเฉลี่ยของคลองอู่ตะเภาอยู่ระหว่าง 4-10 เมตร และมีความกว้างคลองเฉลี่ยประมาณ 40 เมตร มีความจุลำน้ำโดยเฉลี่ย 500 ลบ.ม./วินาที

ลำน้ำสำคัญที่ไหลผ่านอำเภอหาดใหญ่ ลำน้ำที่อยู่โดยรอบอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา แบ่งออกเป็นลำน้ำสำคัญ ๆ รวม 6 สาย มีลำน้ำสายสำคัญ ๆ ที่ไหลผ่านตัวเมืองหาดใหญ่ อยู่ 5 สาย คือ คลองอู่ตะเภาเป็นลำน้ำหลัก คลองวาด คลองตำ คลองหะ และคลองเรียน ลำน้ำ 4 สายนี้เป็นลำน้ำสาขาของคลองอู่ตะเภา ส่วนลำน้ำที่ไหลจากลุ่มน้ำคลองเปลนั้น ไหลออกสู่ทะเลสาบสงขลา โดยไหลผ่านทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเมืองหาดใหญ่

1) คลองอู่ตะเภา เป็นลำน้ำสายหลักที่มีพื้นที่รับน้ำมากที่สุดประมาณ 1,604.7 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 75.7% ของพื้นที่รับน้ำฝนที่ไหลเข้าสู่ตัวเมืองหาดใหญ่ มีความยาวประมาณ 55.0 กม. น้ำไหลจากทางทิศใต้ไปทางทิศเหนือก่อนเข้าเมืองหาดใหญ่ ลำน้ำนี้จะแยกเป็น 2 สายคือ คลองอู่ตะเภา ไหลผ่านด้านตะวันตกของเมือง และคลองเคยไหลทางด้านตะวันออกของเมือง เมื่อน้ำไหลผ่านเมืองหาดใหญ่แล้ว ลำน้ำทั้งสองจะรวมกันอีกครั้งเป็นคลองอู่ตะเภาไหลลงทะเลสาบสงขลา ซึ่งอยู่ห่างออกไปทางทิศเหนือของเมืองหาดใหญ่อีกประมาณ 10.0 กิโลเมตร

2) คลองวาด เป็นลำน้ำที่มีพื้นที่รับน้ำรองลงมาจากคลองอู่ตะเภา มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 216.1 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 10.2% ของพื้นที่รับน้ำฝนที่ไหลเข้าสู่ตัวเมืองหาดใหญ่ คลองวาดมีความยาวประมาณ 35.0 กิโลเมตร ลำคลองไหลจากทางทิศตะวันตกมาทางทิศตะวันออก



บรรจบกับคลองอุตะเถาทางด้านใต้ของเมืองรวมกันเป็นคลองอุตะเถาไหลผ่านทางด้านตะวันตกของเมืองลงสู่ทะเลสาบสงขลา

3) คลองตำ มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 140.4 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 6.6 % ของพื้นที่รับน้ำฝนที่ไหลเข้าตัวเมืองหาดใหญ่เป็นลุ่มน้ำที่อยู่ติดกับลุ่มน้ำคลองวาด ลำคลองยาวประมาณ 31.0 กิโลเมตร น้ำไหลจากทางทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออกไหลขนานไปกับคลองวาด และบรรจบคลองอุตะเถาบริเวณตอนใต้ของเมืองหาดใหญ่รวมกันเป็นคลองอุตะเถาไหลผ่านเมืองลงสู่ทะเลสาบสงขลา

4) คลองหวะ มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 124.9 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 5.9% ของพื้นที่รับน้ำฝนที่ไหลเข้าตัวเมืองหาดใหญ่มีความยาวประมาณ 18.0 กิโลเมตร ลำคลองไหลจากทางทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกบรรจบกับคลองเตยบริเวณตอนใต้ของเมือง ไหลรวมกันเป็นคลองเตยไหลผ่านเมืองทางด้านตะวันออก

5) คลองเรียน เป็นลำน้ำขนาดเล็ก พื้นที่รับน้ำประมาณ 34.2 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 1.6 % ของพื้นที่รับน้ำฝนที่ไหลเข้าตัวเมืองหาดใหญ่ น้ำไหลจากทางทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก บรรจบกับคลองเตยทางตอนใต้ของเมือง แล้วรวมกันเป็นคลองเตยไหลผ่านเมือง และรวมกับคลองอุตะเถาอีกครั้งก่อนไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา

6) คลองเปล มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 12.4 ตารางกิโลเมตร น้ำที่ไหลออกจากลุ่มน้ำนี้จะไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาทางด้านท้ายน้ำของเมืองหาดใหญ่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเมือง (กรมชลประทาน, 2545)

### 3.1.2 สภาพภูมิอากาศ

ลุ่มน้ำคลองอุตะเถาตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันออก ได้รับผลกระทบจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ และพายุจรพัดผ่านช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมจึงทำให้ฝนตกในช่วงระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม และจะมีปริมาณน้ำฝนหนักถึงหนักมากในช่วงเดือนพฤศจิกายน ดังเช่นเหตุการณ์อุทกภัยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2531 และ ปี พ.ศ. 2543

- อุณหภูมิ: อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำในแต่ละเดือนจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยช่วงเดือนเมษายนจะมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 28-29 องศาเซลเซียส และเดือนธันวาคมจะมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 25-26 องศาเซลเซียส

- ความชื้นสัมพัทธ์: พบว่าในเดือนพฤศจิกายนจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดประมาณ 81% - 90% ในขณะที่เดือนมีนาคมจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดประมาณ 70% - 76%

- ความกดอากาศ: ในเดือนมกราคมจะมีค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดประมาณ 1,011.81 มิลลิบาร์ ในขณะที่เดือนพฤศจิกายนจะมีค่าต่ำสุดประมาณ 1,008.75 มิลลิบาร์ (กรมชลประทาน, 2545)

### 3.2 สถานที่ศึกษา

ลุ่มน้ำคลองอุตะเถา ประกอบด้วยสถานีสำรวจอุทกวิทยาทั้งหมด 12 สถานี แต่มีบางสถานีที่ตั้งอยู่หลังประตูระบายน้ำ ซึ่งมีการควบคุมโดยมนุษย์ ไม่ได้มีการไหลตามธรรมชาติ ขาดต่อการคาดการณ์ระดับน้ำ วิทยานิพนธ์นี้จึงกำหนดขอบเขตศึกษาเฉพาะพื้นที่ก่อนถึงประตูระบายน้ำ ซึ่งประตูระบายน้ำตั้งอยู่ทางด้านเหนือน้ำของสถานี STN07 บ้านหาดใหญ่ใน (X.44) ประมาณ 2 กิโลเมตรตามลำน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 (รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสีแดง) ตั้งอยู่บนลำน้ำสายหลัก มีการไหลของน้ำโดยธรรมชาติ ไม่มีการควบคุมโดยมนุษย์ ซึ่งในพื้นที่ดังกล่าวมีสถานีสำรวจอุทกวิทยาจำนวน 3 สถานี ดังนี้

1) สถานี STN06 บ้านบางศาลา (X.90) ตั้งอยู่ที่บ้านบางศาลา คลองอุตะเถา อำเภอลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา มีขนาดพื้นที่รับน้ำ 1,546.82 ตารางกิโลเมตร คือ พื้นที่สีเขียว สีส้มพู และสีเทาในรูปที่ 3.1

2) สถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ตั้งอยู่ที่วัดม่วงก้อง อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา มีขนาดพื้นที่รับน้ำ 1063.9 ตารางกิโลเมตร คือ พื้นที่สีเขียวและสีส้มพูในรูปที่ 3.1

3) สถานี STN11 บ้านตะเคียนเถา (X.112) ตั้งอยู่ที่บ้านตะเคียนเถา อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา มีขนาดพื้นที่รับน้ำ 493 ตารางกิโลเมตร คือ พื้นที่สีเขียวในรูปที่ 3.1

เนื่องจากสถานี STN06 บ้านบางศาลา (X.90) มีขนาดพื้นที่รับน้ำที่ใหญ่ และมีเส้นทางน้ำย่อย ๆ กระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ แต่ไม่มีสถานีสำรวจอุทกวิทยาในพื้นที่ดังกล่าว ทำให้มีข้อมูลนำเข้าที่ไม่เพียงพอต่อแบบจำลองที่ใช้ศึกษา และหากมีฝนตกหนักในบริเวณพื้นที่ที่ไม่มีสถานีสำรวจอุทกวิทยา จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้อง แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้จึงไม่สามารถนำมาใช้ได้ดีกับสถานี STN06 บ้านบางศาลา (X.90) วิทยานิพนธ์นี้จึงทำการศึกษาเฉพาะสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) และสถานี STN11 บ้านตะเคียนเถา (X.112)

### 3.3 ข้อมูลที่ใช้ศึกษา

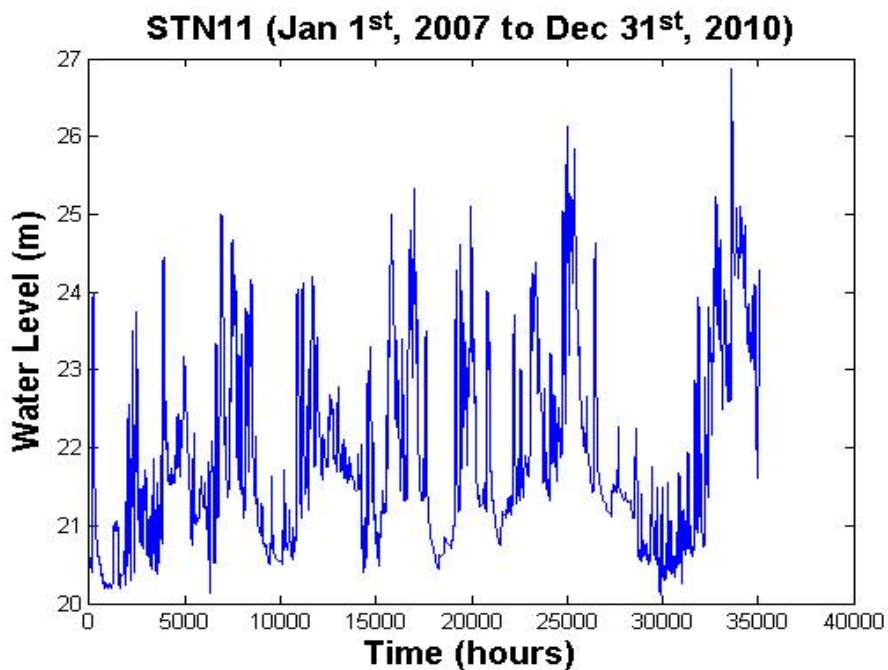
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากสถานีสำรวจอุทกวิทยา ซึ่งเป็นข้อมูลราย 3 ชั่วโมง ก่อนนำเข้าสู่แบบจำลองต้องทำการ Interpolate ให้เป็นระดับน้ำรายชั่วโมง และข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของกลุ่มน้ำ โดยแหล่งที่มาของข้อมูลคือ ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน

ช่วงข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจะขึ้นอยู่กับข้อมูลการสำรวจระดับน้ำของสถานีสำรวจอุทกวิทยาต่าง ๆ (ตารางที่ 3.2) รายละเอียดดังนี้

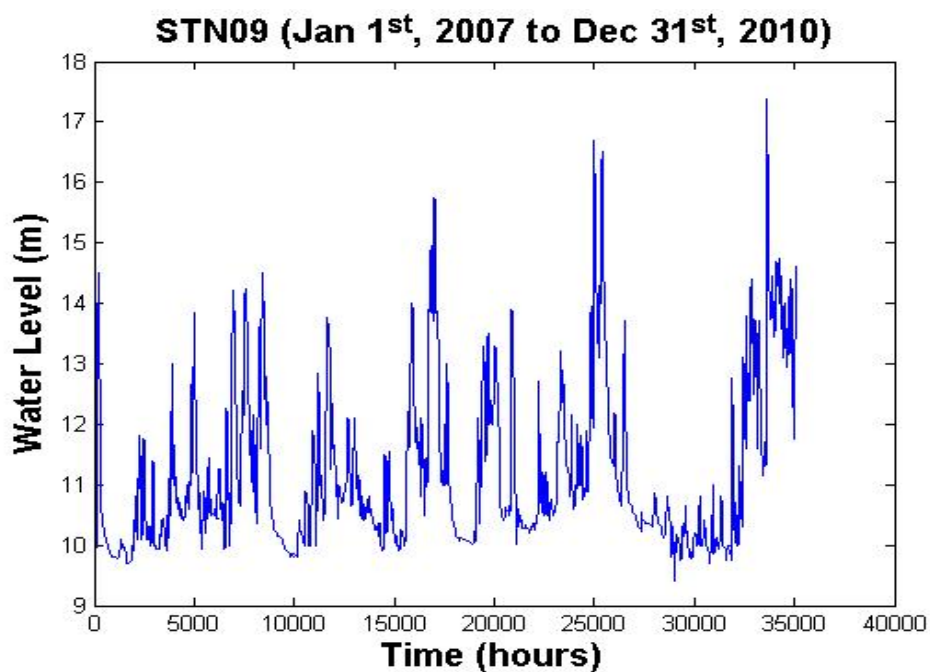
- 1) สถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) มีข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2550 - พ.ศ. 2554
- 2) สถานี STN10 บ้านไทร (X.111) มีข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2532 - พ.ศ. 2553
- 3) สถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) มีข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2531 - พ.ศ. 2554 โดยขาดข้อมูลของปี พ.ศ. 2540 และปี พ.ศ. 2546 - พ.ศ. 2548

- 4) สถานี STN12 บ้านทุ่งปราบ (X.113) มีข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2522 - พ.ศ. 2554

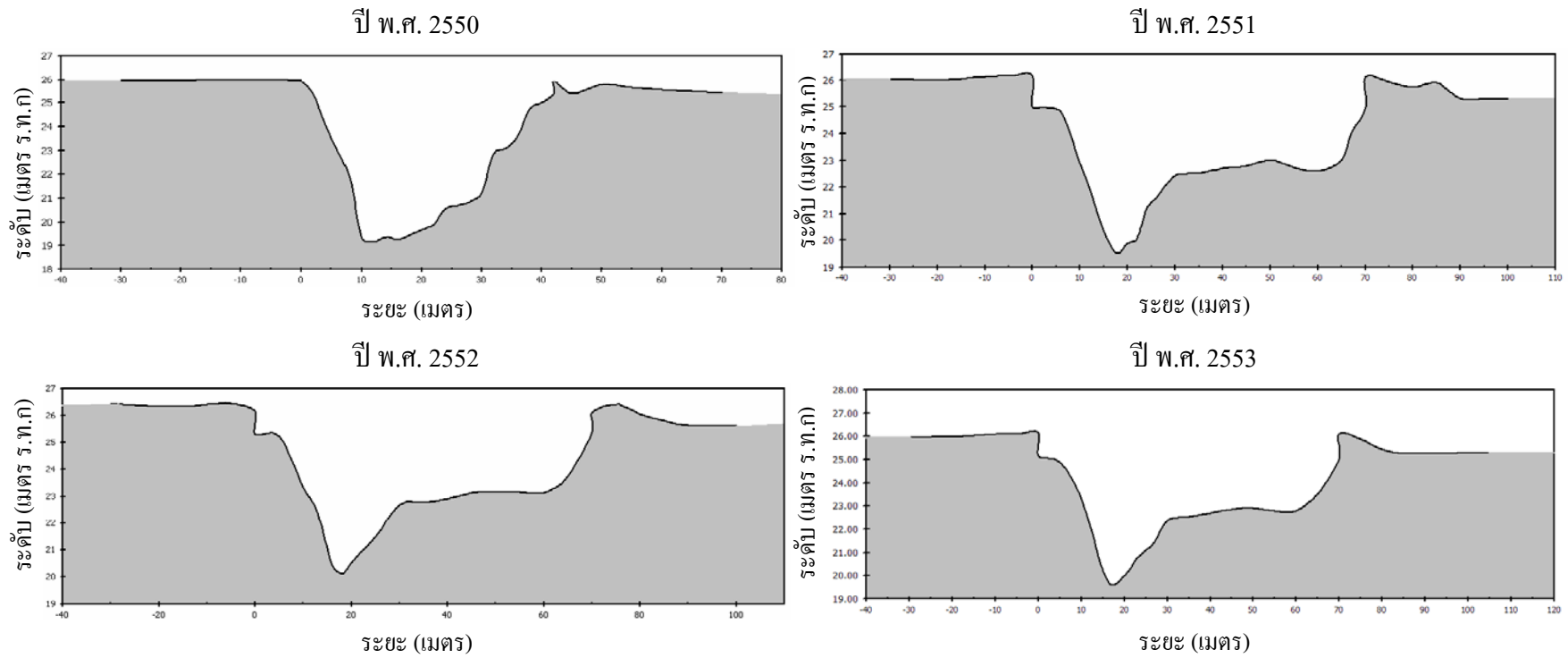
ช่วงเวลาที่มีข้อมูลครบสมบูรณ์ทุกสถานีที่ใช้ศึกษา คือ ช่วงเวลาดังแต่ปี พ.ศ. 2550 - พ.ศ. 2553 (รูปที่ 3.3 และ รูปที่ 3.4) รวมข้อมูลทั้งสิ้นเป็นเวลา 4 ปี ซึ่งถือเป็นชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาได้ รูปตัดขวางลำน้ำในปีที่ศึกษาสำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) มีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมากในช่วงปี พ.ศ. 2550 – ปี พ.ศ. 2551 (รูปที่ 3.5) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว อาจเกิดจากการกัดเซาะหรือการขุดลอกคลอง แต่สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) พบว่ามีความเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (รูปที่ 3.6)



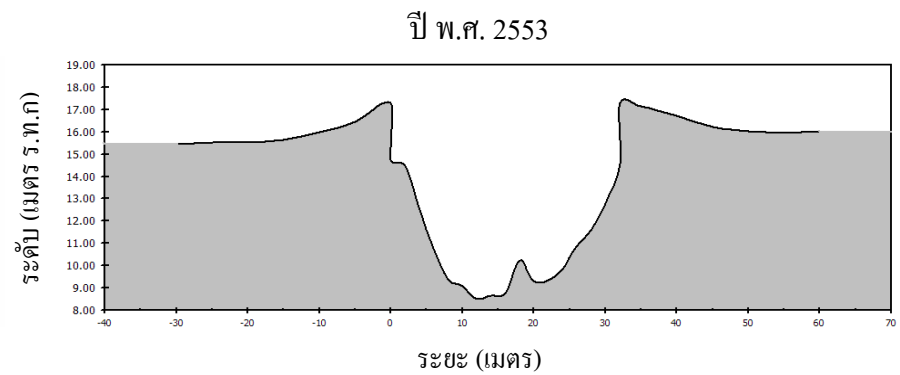
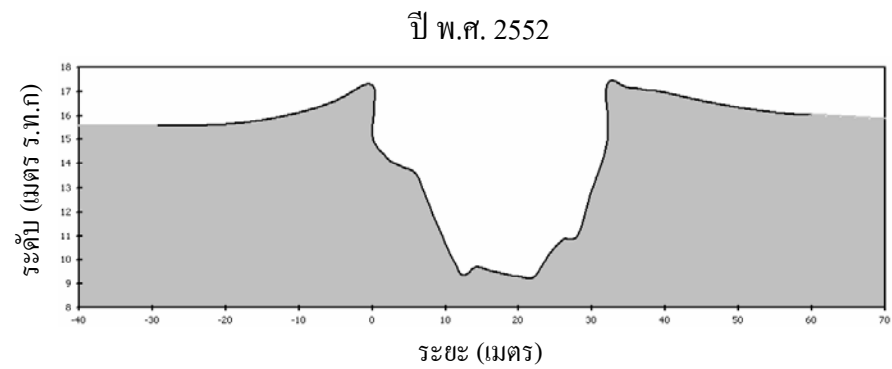
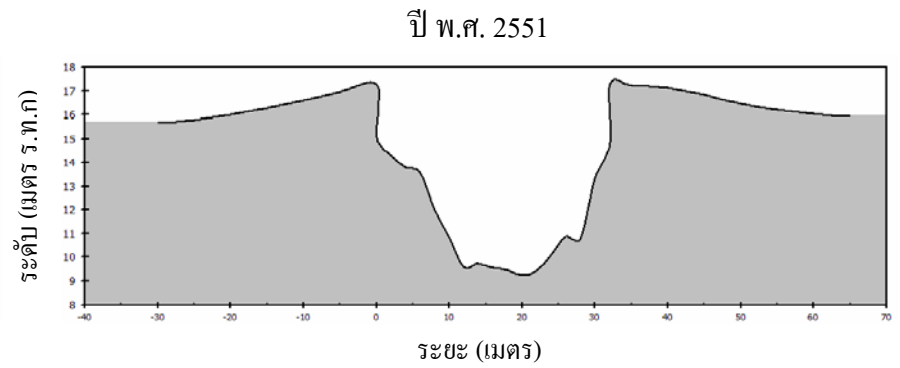
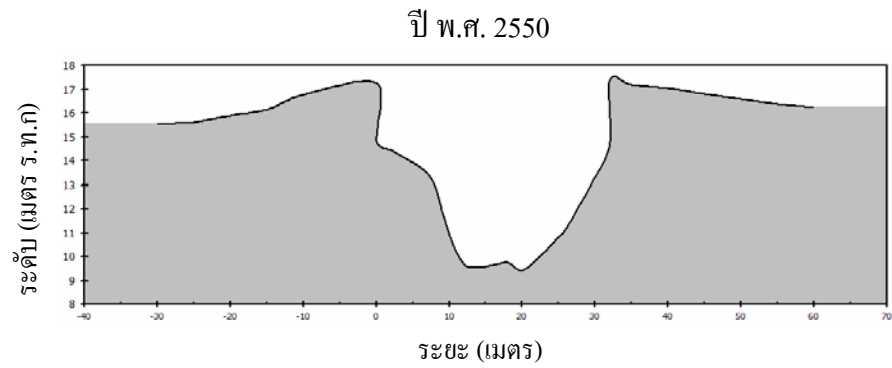
รูปที่ 3.3 กราฟระดับน้ำของสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ระหว่างเดือนมกราคมปีพ.ศ. 2550 – เดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2553 จากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ กรมชลประทาน



รูปที่ 3.4 กราฟระดับน้ำของสถานี STN09 บ้านม่วงกึ่งอง (X.173A) ระหว่างเดือนมกราคมปีพ.ศ. 2550 – เดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2553 จากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ กรมชลประทาน



รูปที่ 3.5 รูปตัดขวางลำน้ำของสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ในปีการศึกษา



รูปที่ 3.6 รูปตัดขวางลำน้ำของสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ในปีการศึกษา

### 3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1) คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- 2) ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง
- 3) โปรแกรมประมวลผลทางวิศวกรรม
- 4) โปรแกรม ArcGIS
- 5) แผนที่แสดงลุ่มน้ำคลองอุตะเถา
- 6) มาตรวัดระดับน้ำ
- 7) อุปกรณ์บันทึกข้อมูลแบบพกพา (Handy drive)
- 8) เครื่องมือวัดระดับความลึกของน้ำ (Sonar)
- 9) เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS)
- 10) เรือ
- 11) กล้องถ่ายรูป
- 12) อุปกรณ์วัดความเร็วของน้ำ
- 13) Total Station
- 14) เสือชีพ
- 15) อุปกรณ์วัดระยะทาง เช่น ตลับเมตร เทปวัด เป็นต้น
- 16) วิทยุสื่อสาร
- 17) สมุดบันทึก

### 3.5 วิธีการวิจัย

กระบวนการศึกษาพัฒนาแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ระดับน้ำ โดยใช้เครือข่ายประสาทเทียม สำหรับลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา มีขั้นตอน (รูปที่ 3.7) ดังนี้

- 1) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น
- 2) ลงพื้นที่ภาคสนามเก็บข้อมูลพื้นที่หน้าตัดลำน้ำ ความลาดชัน ระดับน้ำและความเร็วการไหลของน้ำ เพื่อนำมาศึกษาและเปรียบเทียบกับข้อมูลจากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ กรมชลประทาน

3) เตรียมข้อมูลระดับน้ำของสถานีสำรวจอุทกวิทยาต่าง ๆ ที่คาดว่าจะมีผลทำให้ปริมาณระดับน้ำที่สถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) และสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) เปลี่ยนแปลง

4) แบ่งกลุ่มข้อมูลระดับน้ำโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบไม่มีเงื่อนไขออกเป็น 2 ชุด คือ ข้อมูลสำหรับการฝึก (Train Set) 70% จากข้อมูลทั้งหมด ซึ่งเป็นชุดข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง และอีก 30% สำหรับการทดสอบ (Test Set) เพื่อประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง

5) วิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำของสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) และสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) กับสถานีต้นน้ำต่าง ๆ เพื่อกำหนดตัวแปรนำเข้า

6) พยากรณ์ข้อมูลระดับน้ำโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network)

7) ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียมกับข้อมูลระดับน้ำจริงจากสถานีสำรวจอุทกวิทยา

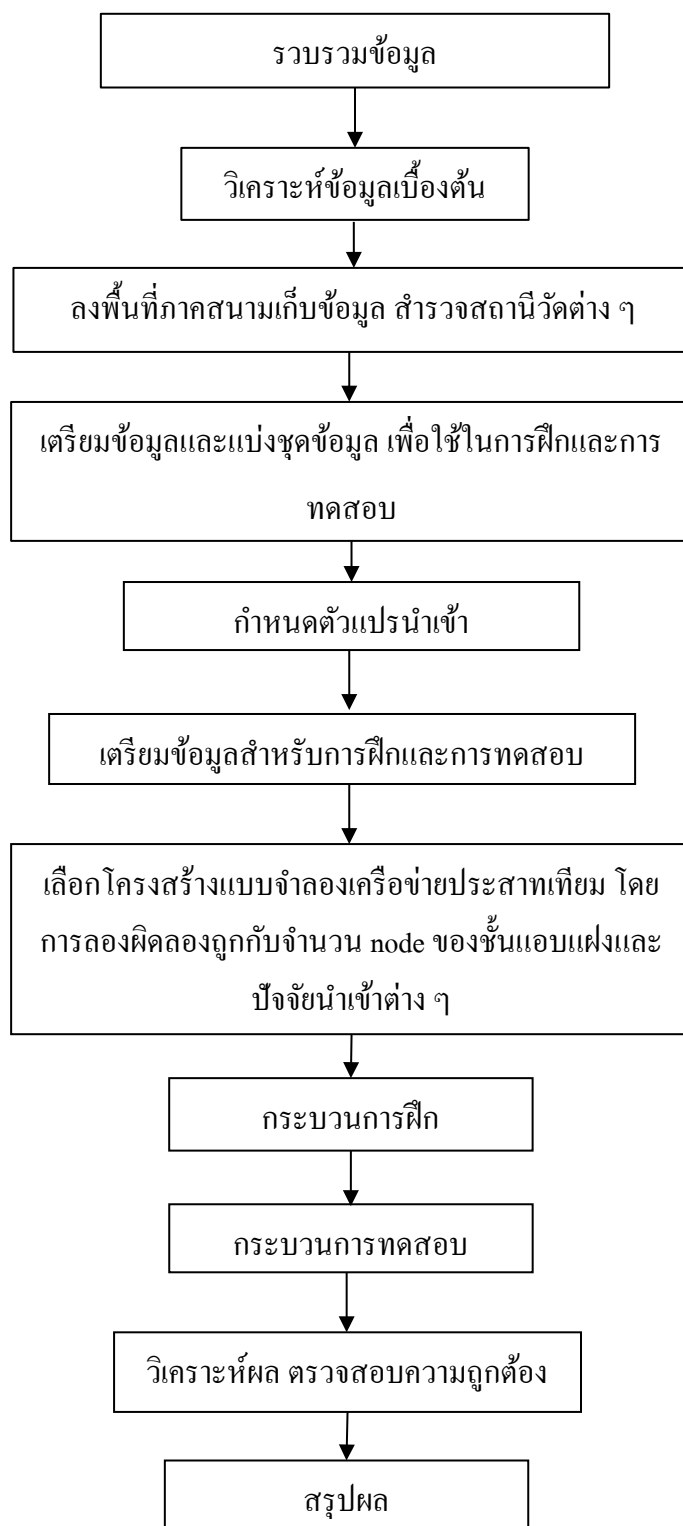
8) หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่ได้จากการพยากรณ์กับระดับน้ำจริงจากสถานีวัด

9) หาค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSE) ของแบบจำลอง

10)สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

สามารถเขียนเป็นผังกระบวนการศึกษาวิจัยได้ดังรูปที่ 3.7





รูปที่ 3.7 กระบวนการศึกษาวิจัย

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดข้อมูลของสถานีที่ใช้ศึกษา

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ชื่อแม่น้ำ	ที่ตั้ง	พิกัด		พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ปีที่มีข้อมูล (พ.ศ.-พ.ศ.)
				ละติจูด	ลองจิจูด		
STN09	บ้านม่วงก้อง	คลอง	บ้านม่วงก้อง	06-49-26	100-26-17	1063.9	2550-2554
	(X.173A)	อุตะเถา	อ.สะเคา จ.สงขลา				
STN10	บ้านไทร (X.111)	คลอง	บ้านไทร อ.สะเคา	06-39-42	100-25-59	245.41	2532-2553
		สะเคา	จ.สงขลา				
STN11	บ้านตะเคียนเถา (X.112)	คลอง	บ้านตะเคียนเถา	06-42-20	100-26-02	493	2531-2539
		สะเคา	อ.สะเคา จ.สงขลา				2541-2545
							2549-2554
STN12	บ้านทุ่งปราบ (X.113)	คลอง หล้าปึง	บ้านทุ่งปราบ อ.สะเคา จ.สงขลา	06-38-04	100-23-38	118.45	2522-2554

### 3.5.1 การพัฒนาแบบจำลอง

วิทยานิพนธ์นี้ใช้วิธีเครือข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ระดับน้ำ เครือข่ายประสาทเทียมสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้กำหนดชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 3 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 มี 10 โหนด ชั้นที่ 2 มี 5 โหนด และชั้นสุดท้ายมี 1 โหนด ชั้นที่ 1 และ 2 ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer function) แบบ Tangent Sigmoid ชั้นที่ 3 ใช้แบบเชิงเส้น (Linear) เครือข่ายประสาทเทียมถูกพัฒนาแยกกันสำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) และสถานี STN11 บ้านตะเคียนเถา (X.112) ข้อมูลนำเข้า (Input) สำหรับเครือข่ายประสาทเทียมคือ ค่าระดับน้ำอย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อนหน้าการพยากรณ์ที่วัดจริงจากสถานีวัดที่อยู่ทางด้านเหนือน้ำของสถานีที่ต้องการพยากรณ์ รายละเอียดมีดังนี้

1) สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเถา (X.112) ใช้ข้อมูลนำเข้าที่เลือกจากค่าระดับน้ำของสถานี STN10 บ้านไทร (X.111) ที่เวลาก่อนหน้าเวลาพยากรณ์ 12-24 ชั่วโมง จำนวน 8 ค่า และสถานี STN12 บ้านทุ่งปราบ (X.113) ที่เวลาก่อนหน้าเวลาพยากรณ์ 12-48 ชั่วโมง จำนวน 10 ค่า

2) สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ใช้ข้อมูลนำเข้าที่เลือกจากค่าระดับน้ำของสถานี STN10 บ้านไทร (X.111) ที่เวลาก่อนหน้าเวลาพยากรณ์ 24-48 ชั่วโมง จำนวน 10 ค่า สถานี STN12 บ้านทุ่งปราบ (X.113) ที่เวลาก่อนหน้าเวลาพยากรณ์ 24-48 ชั่วโมง จำนวน

10 ค่า และสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ที่เวลาก่อนหน้าเวลาพยากรณ์ 12–24 ชั่วโมง จำนวน 8 ค่า

ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกเครือข่ายประสาทเทียมควรเป็นข้อมูลจากปีที่แทบจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของทางน้ำและลุ่มน้ำย่อยเลย ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการพยากรณ์น้ำท่า ของปี พ.ศ. 2554 เราสามารถใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2553 ในการฝึกเครือข่ายประสาทเทียมได้เฉพาะ ในกรณีที่ลักษณะทางกายภาพของทางน้ำและลุ่มน้ำย่อยในปี พ.ศ. 2554 นั้นใกล้เคียงกับของปี พ.ศ. 2553 ในการวิจัยนี้จะทดสอบแบบจำลองนี้ในปีที่ใกล้เคียงกัน ดังนี้

- 1) ฝึกเครือข่ายประสาทเทียมโดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2550 และทดสอบความถูกต้อง แม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำกับปี พ.ศ. 2551
- 2) ฝึกเครือข่ายประสาทเทียมโดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2551 และทดสอบความถูกต้อง แม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำกับปี พ.ศ. 2550
- 3) ฝึกเครือข่ายประสาทเทียมโดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2551 และทดสอบความถูกต้อง แม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำกับปี พ.ศ. 2552
- 4) ฝึกเครือข่ายประสาทเทียมโดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2552 และทดสอบความถูกต้อง แม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำกับปี พ.ศ. 2551
- 5) ฝึกเครือข่ายประสาทเทียมโดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2552 และทดสอบความถูกต้อง แม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำกับปี พ.ศ. 2553
- 6) ฝึกเครือข่ายประสาทเทียมโดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2553 และทดสอบความถูกต้อง แม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำกับปี พ.ศ. 2552

## บทที่ 4

### ผลและบทวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลจากการพยากรณ์ระดับน้ำสำหรับลุ่มน้ำคลองอุตะเถา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียม ซึ่งพัฒนาแยกกันสำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) และสถานี STN11 บ้านตะเคียนเถา (X.112) พบว่าผลที่ได้อยู่ในเกณฑ์ดี ระดับน้ำที่ได้จากการพยากรณ์โดยเครือข่ายประสาทเทียมมีความแตกต่างกันเล็กน้อยกับระดับน้ำที่ได้จากสถานีวัด เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ทั้งหมดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 4.1 ผลการพยากรณ์ระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง

รูปที่ 4.1 แสดง Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริง (เมตร) จากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์โดยเครือข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) (เมตร) โดยเครือข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเถา (X.112) โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกเครือข่ายประสาทเทียม และทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำปี พ.ศ. 2550 ในรูปที่ 4.1 (a) และใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2550 สำหรับฝึกเครือข่ายประสาทเทียม และทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำปี พ.ศ. 2551 ใน Scatterplot 4.1 (b) จากรูปจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่พยากรณ์มีสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นอย่างดีกับระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยสำหรับปี พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ. 2551 คือมีค่าประมาณ 0.82 และ 0.92 ตามลำดับ รูปที่ 4.2 แสดง Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริง (เมตร) จากสถานีวัด (แกนตั้ง) กับระดับน้ำที่พยากรณ์โดยเครือข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) (เมตร) สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกเครือข่ายประสาทเทียม และทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำปี พ.ศ. 2550 ในรูปที่ 4.2 (a) และใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2550 สำหรับฝึกเครือข่ายประสาทเทียม และทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำปี พ.ศ. 2551 ในรูปที่ 4.2 (b) จากรูปจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่

พยากรณ์มีสหสัมพันธ์เป็นอย่างดีกับระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัดเช่นกัน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ สำหรับปี พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ. 2551 มีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าประมาณ 0.86 และ 0.89 ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) มีค่าสูงกว่าและต่ำกว่าสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) เล็กน้อย สำหรับปี พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ. 2551 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ร่องรับ น้ำท่าที่มาจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่ใหญ่กว่า และมาจากทางน้ำที่หลากหลายกว่า ซึ่งบางทางน้ำไม่มีการวัด ระดับน้ำ จึงไม่ได้ใช้เป็นข้อมูลนำเข้า แต่สถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) มีการ เปลี่ยนแปลงทางกายภาพของกลุ่มน้ำจากปี พ.ศ. 2550 ไปปี พ.ศ. 2551 ดังรูปที่ 3.5 ในบทที่ 3

รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จาก เครื่องข่ายประสาทยืดสำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ปี พ.ศ. 2550 (a) และปี พ.ศ. 2551 (b) จากรูปจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครื่องข่ายประสาทยืดนั้นยังมีความ ผิดพลาดอยู่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของกลุ่มน้ำ

รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จาก เครื่องข่ายประสาทยืดสำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ปี พ.ศ. 2550 (a) และปี พ.ศ. 2551 (b) จากรูปจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครื่องข่ายประสาทยืดนั้นให้ผลเป็น ที่น่าพอใจ มีความสอดคล้องกันกับระดับน้ำจริงจากสถานีวัด ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Scatterplot ในรูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.5 แสดง Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริง (เมตร) จากสถานีวัด (แกน ตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์โดยเครื่องข่ายประสาทยืด (แกนนอน) (เมตร) โดยเครื่องข่ายประสาทยืด (แกนนอน) สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกเครื่องข่ายประสาทยืด และทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการ ประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำปี พ.ศ. 2551 ในรูปที่ 4.5 (a) และใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกเครื่องข่ายประสาทยืด และทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการ ประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำปี พ.ศ. 2552 ในรูปที่ 4.5 (b) จากรูปจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่ พยากรณ์มีสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นอย่างดีกับระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยสำหรับปี พ.ศ. 2551 และปี พ.ศ. 2552 คือมีค่าประมาณ 0.92 และ 0.95 ตามลำดับ

รูปที่ 4.6 แสดง Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริง (เมตร) จากสถานีวัด (แกน ตั้ง) กับระดับน้ำที่พยากรณ์โดยเครื่องข่ายประสาทยืด (แกนนอน) (เมตร) สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกเครื่องข่ายประสาทยืด และ

ทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำปี พ.ศ. 2551 ในรูปที่ 4.6 (a) และใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกเครือข่ายประสาทเทียม และทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำปี พ.ศ. 2552 ในรูปที่ 4.6 (b) จากรูปจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่พยากรณ์มีสหสัมพันธ์เป็นอย่างดีกับระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัดเช่นกัน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับปี พ.ศ. 2551 และปี พ.ศ. 2552 มีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าประมาณ 0.86 และ 0.87 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังกล่าวต่ำกว่าของสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) รองรับน้ำท่าที่มาจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่ใหญ่กว่า และมาจากทางน้ำที่หลากหลายกว่า ซึ่งบางทางน้ำไม่มีการวัดระดับน้ำ จึงไม่ได้ใช้เป็นข้อมูลนำเข้า

รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ปี พ.ศ. 2551 และปี พ.ศ. 2552 จากรูปจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครือข่ายประสาทเทียมนั้นให้ผลเป็นที่น่าพอใจ มีความสอดคล้องกันกับระดับน้ำจริงจากสถานีวัด ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Scatterplot ในรูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ปี พ.ศ. 2551 และปี พ.ศ. 2552 จากรูปจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครือข่ายประสาทเทียมนั้นให้ผลเป็นที่น่าพอใจ มีความสอดคล้องกันกับระดับน้ำจริงจากสถานีวัด แต่มีความถูกต้องน้อยกว่าสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Scatterplot ในรูปที่ 4.6 และตารางที่ 4.1

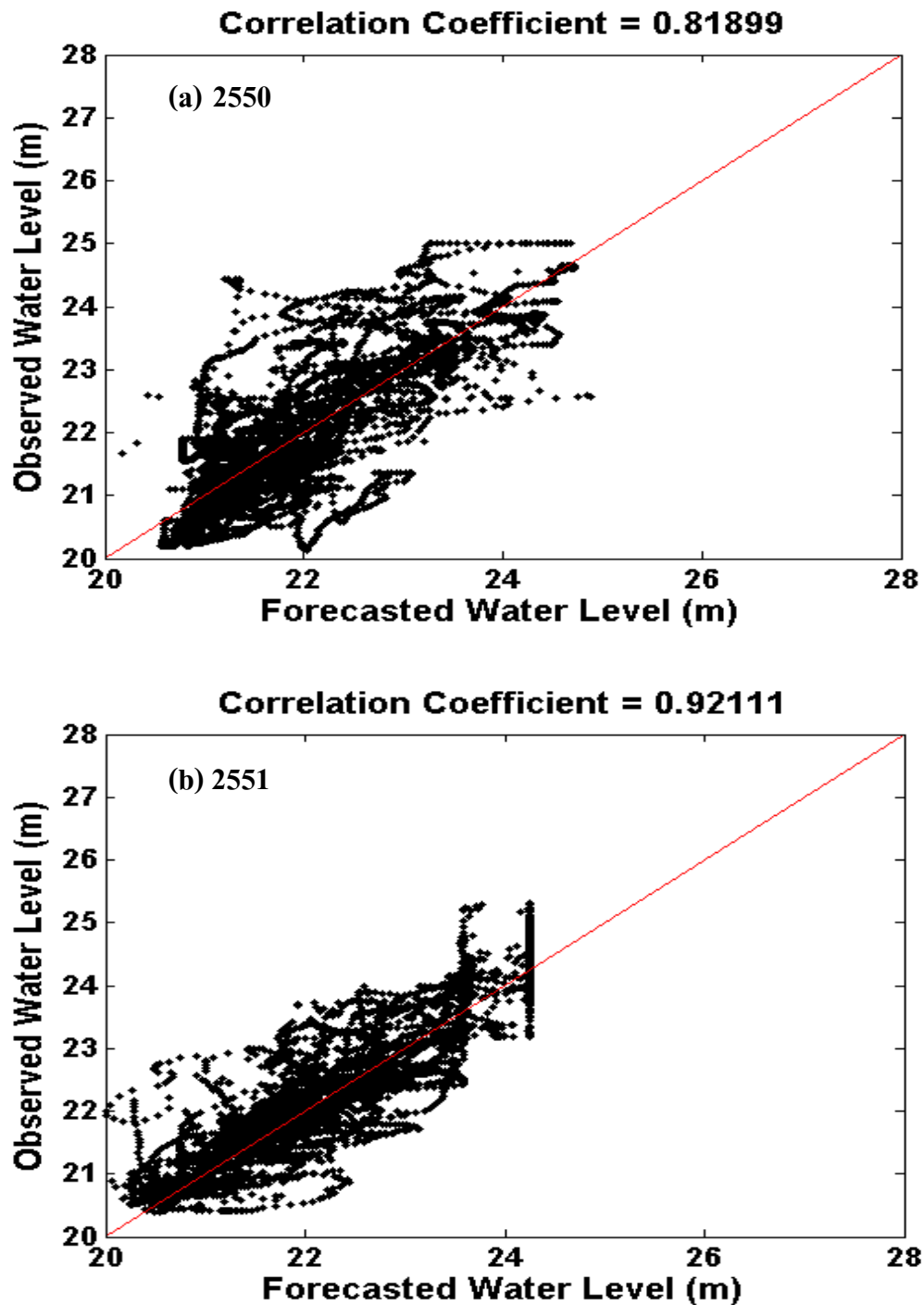
รูปที่ 4.9 แสดง Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริง (เมตร) จากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์โดยเครือข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) (เมตร) โดยเครือข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2553 สำหรับฝึกเครือข่ายประสาทเทียม และทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำปี พ.ศ. 2552 ในรูปที่ 4.9 (a) และใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2553 สำหรับฝึกเครือข่ายประสาทเทียม และทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำปี พ.ศ. 2552 ในรูปที่ 4.9 (b) จากรูปจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่พยากรณ์มีสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นอย่างดีกับระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยสำหรับปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2553 คือมีค่าประมาณ 0.93 และ 0.95 ตามลำดับ

รูปที่ 4.10 แสดง Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริง (เมตร) จากสถานีวัด (แกนตั้ง) กับระดับน้ำที่พยากรณ์โดยเครือข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) (เมตร) สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2553 สำหรับฝึกเครือข่ายประสาทเทียม และทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำปี พ.ศ. 2552 ในรูปที่ 4.10 (a) และใช้ข้อมูลระดับน้ำปี พ.ศ. 2553 สำหรับฝึกเครือข่ายประสาทเทียม และทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำปี พ.ศ. 2552 ในรูปที่ 4.10 (b) จากรูปจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่พยากรณ์มีสหสัมพันธ์เป็นอย่างดีกับระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัดเช่นกัน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2553 มีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าประมาณ 0.86 และ 0.93 ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังกล่าวต่ำกว่าของสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ทั้งนี้เนื่องจากในปี พ.ศ. 2553 เกิดน้ำท่วมใหญ่บริเวณตัวเมืองอำเภอหาดใหญ่ และอำเภอใกล้เคียง ซึ่งสาเหตุมาจากฝนที่ตกหนักติดต่อกันหลายวัน สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) มีพื้นที่รับน้ำที่ใหญ่กว่า และมาจากทางน้ำที่หลากหลายกว่า ซึ่งบางทางน้ำไม่มีการวัดระดับน้ำ เมื่อมีฝนตกหนักในพื้นที่ที่ไม่มีการวัดระดับน้ำ ทำให้ไม่มีข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง จึงทำให้ผลที่ได้มีความผิดพลาด

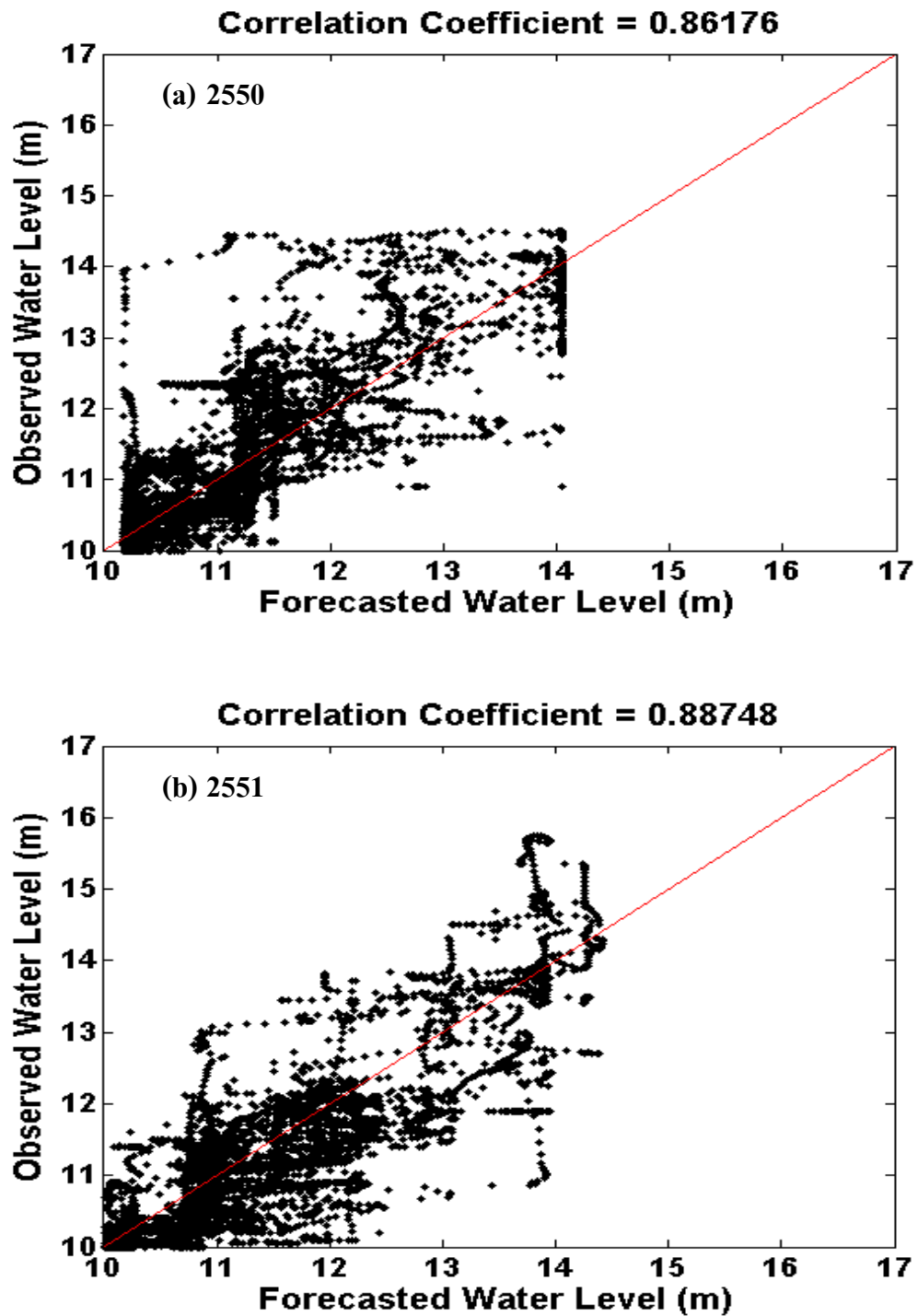
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2553 จากรูปจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครือข่ายประสาทเทียมนั้นให้ผลเป็นที่น่าพอใจ มีความสอดคล้องกันกับระดับน้ำจริงจากสถานีวัด ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Scatterplot ในรูปที่ 4.9 และตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครือข่ายประสาทเทียมสำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2553 จากรูปจะเห็นได้ว่าระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครือข่ายประสาทเทียมนั้นให้ผลเป็นที่น่าพอใจ มีความสอดคล้องกันกับระดับน้ำจริงจากสถานีวัด แต่มีความถูกต้องน้อยกว่าสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Scatterplot ในรูปที่ 4.10 และตารางที่ 4.1

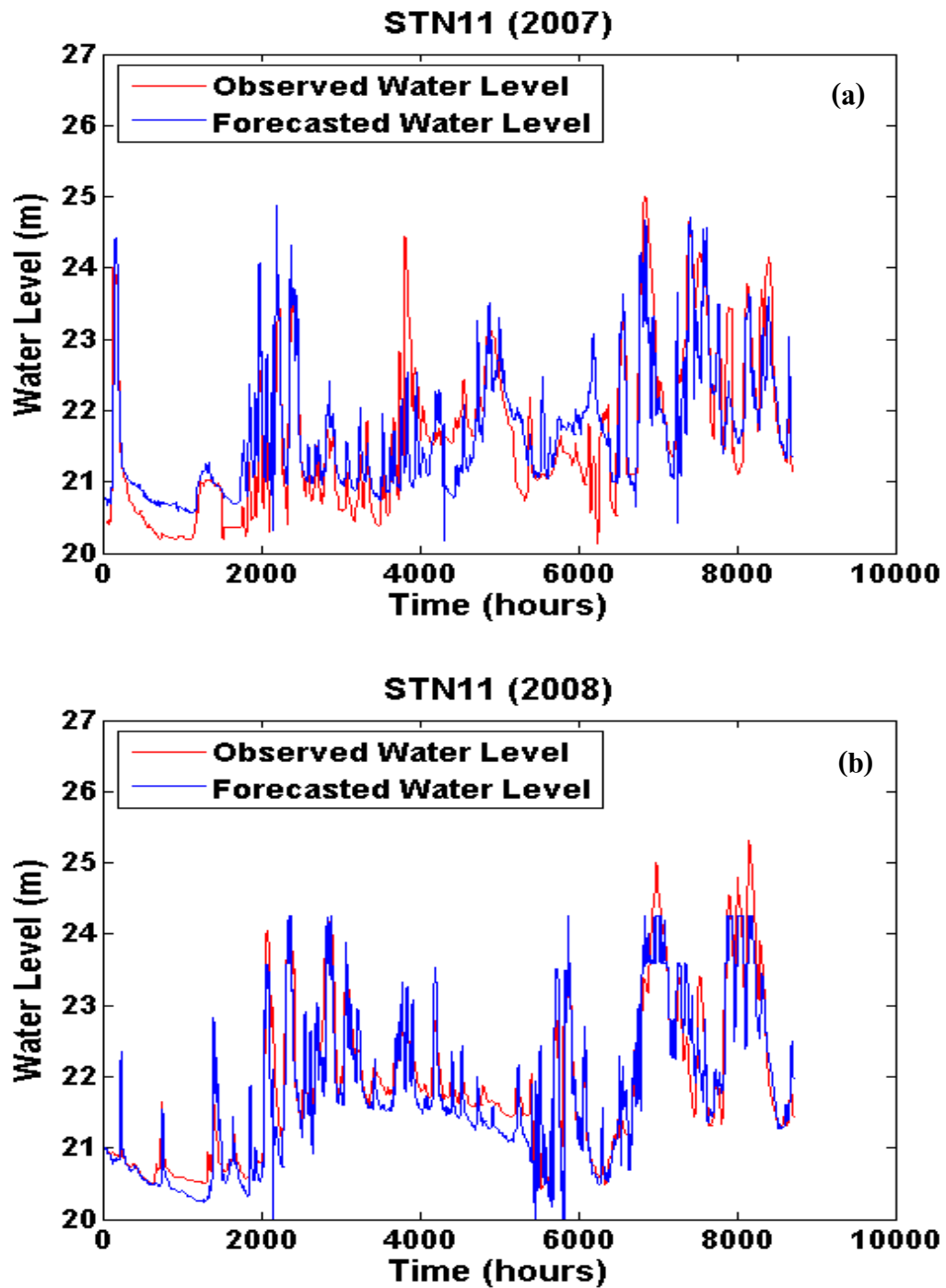


รูปที่ 4.1 Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด (แกนนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์โดยเครื่องข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2550 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2550 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (b)

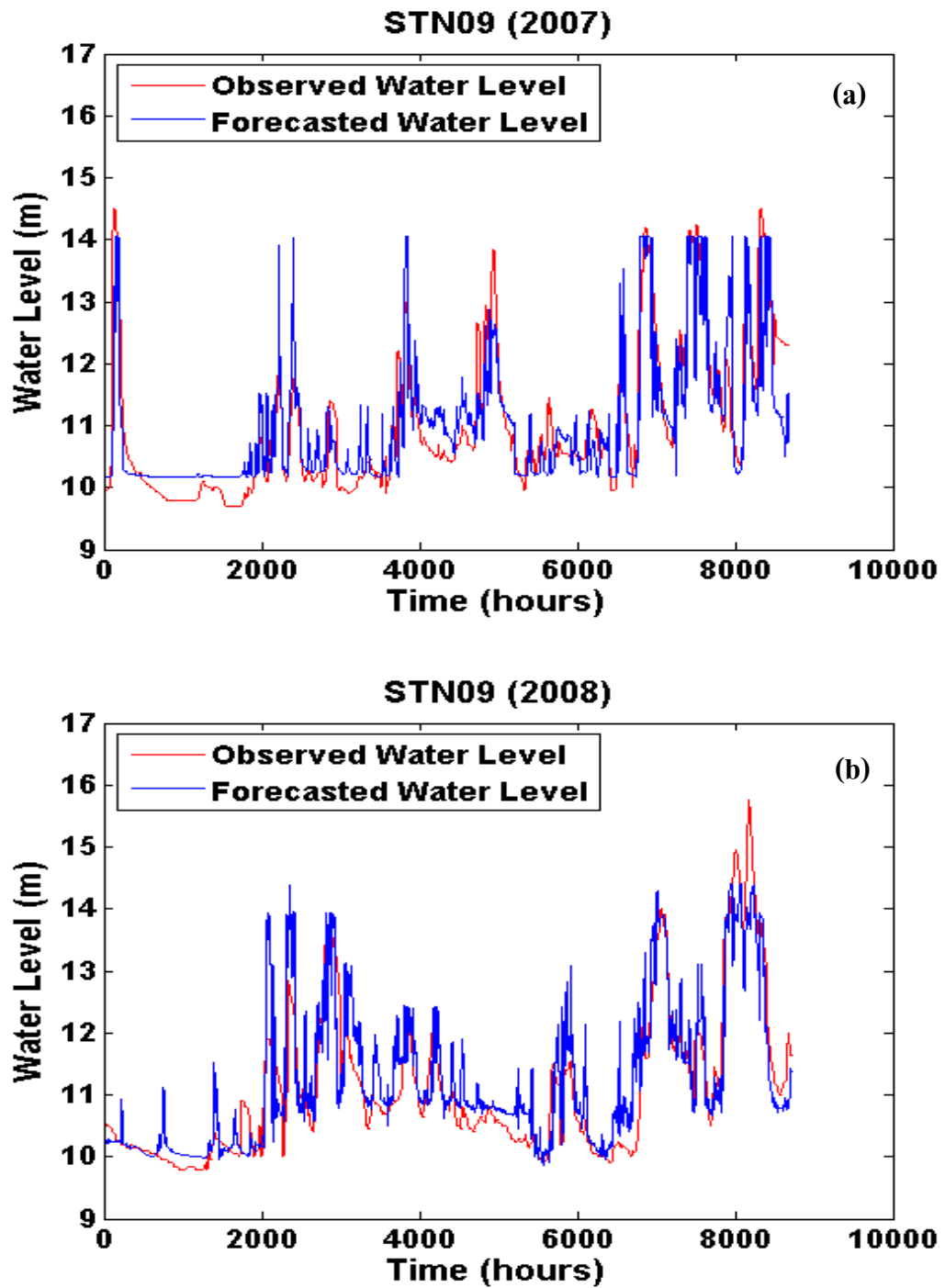




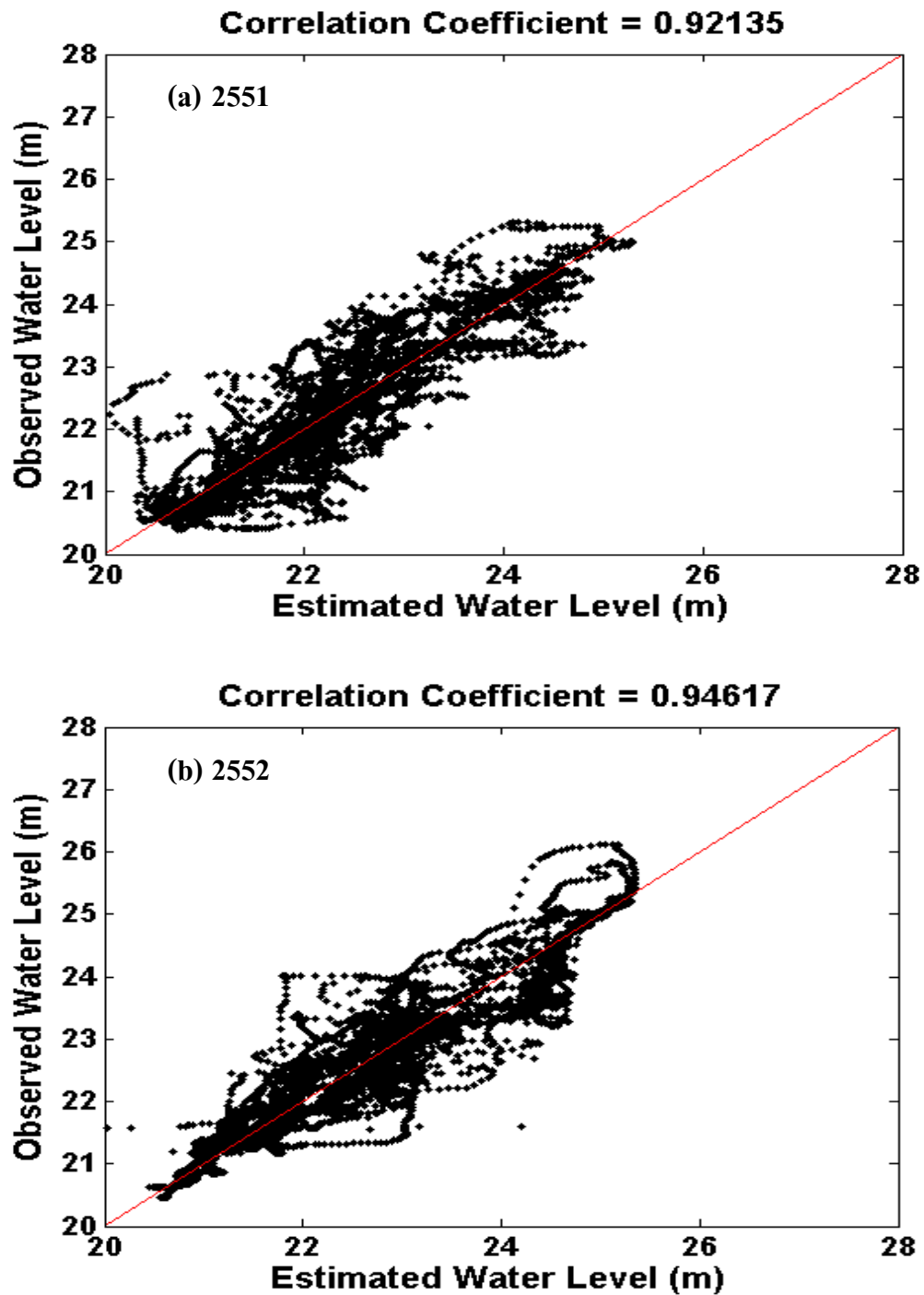
รูปที่ 4.2 Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์โดยเครื่องข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงกึ่งอง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2550 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2550 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (b)



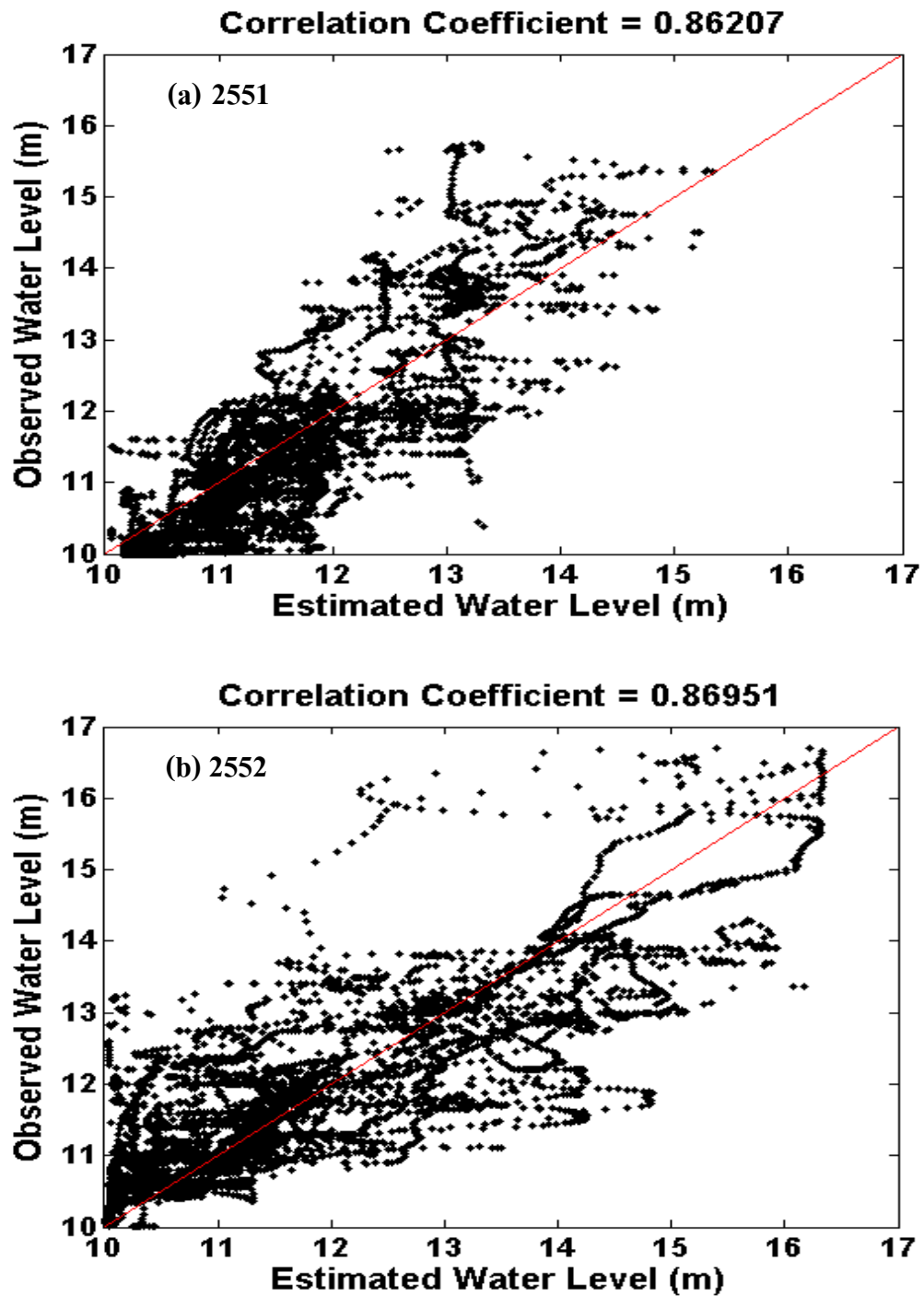
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบ กับปี พ.ศ. 2550 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2550 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (b)



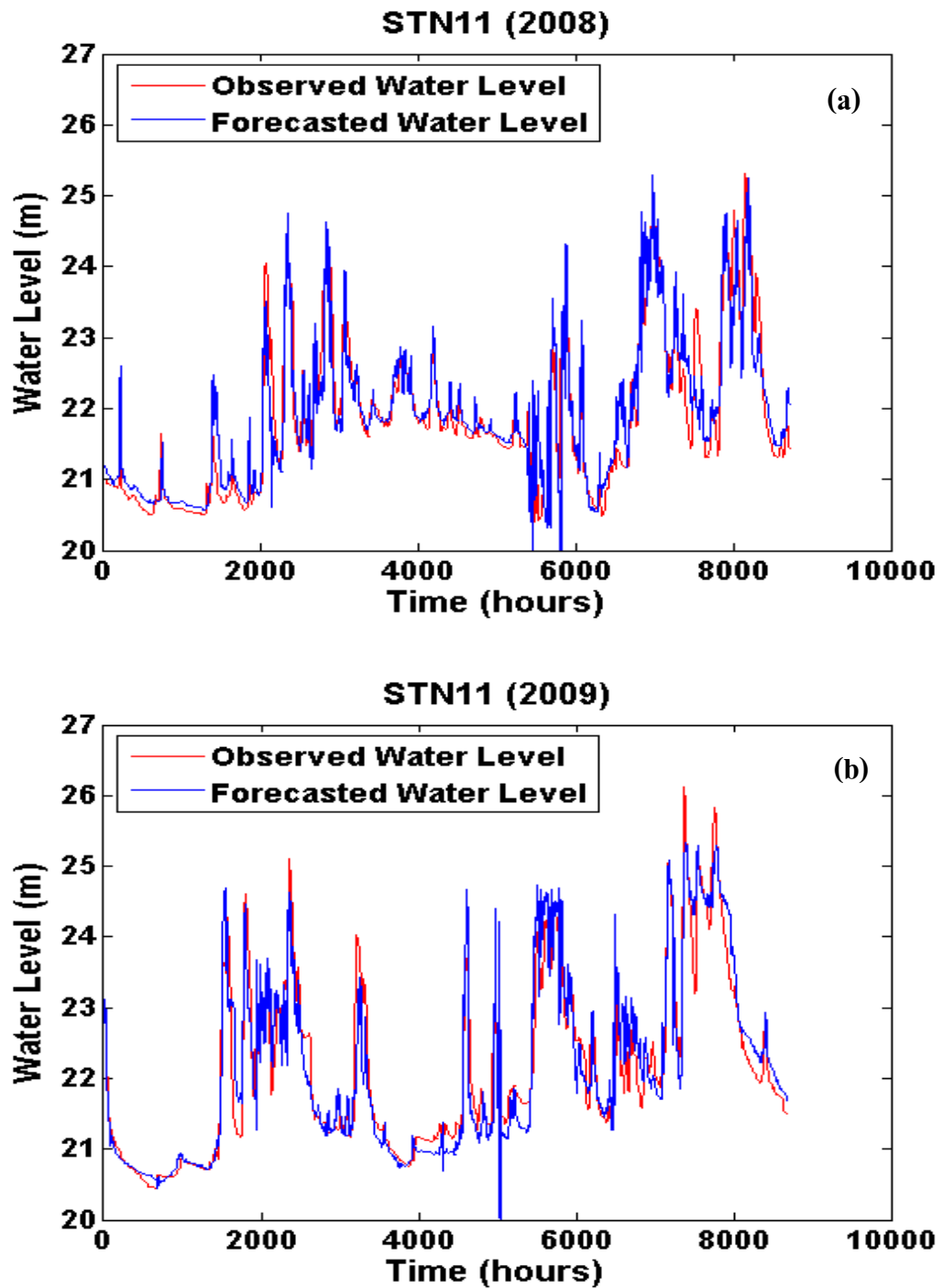
รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงกึ่งอง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบ กับปี พ.ศ. 2550 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2550 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (b)



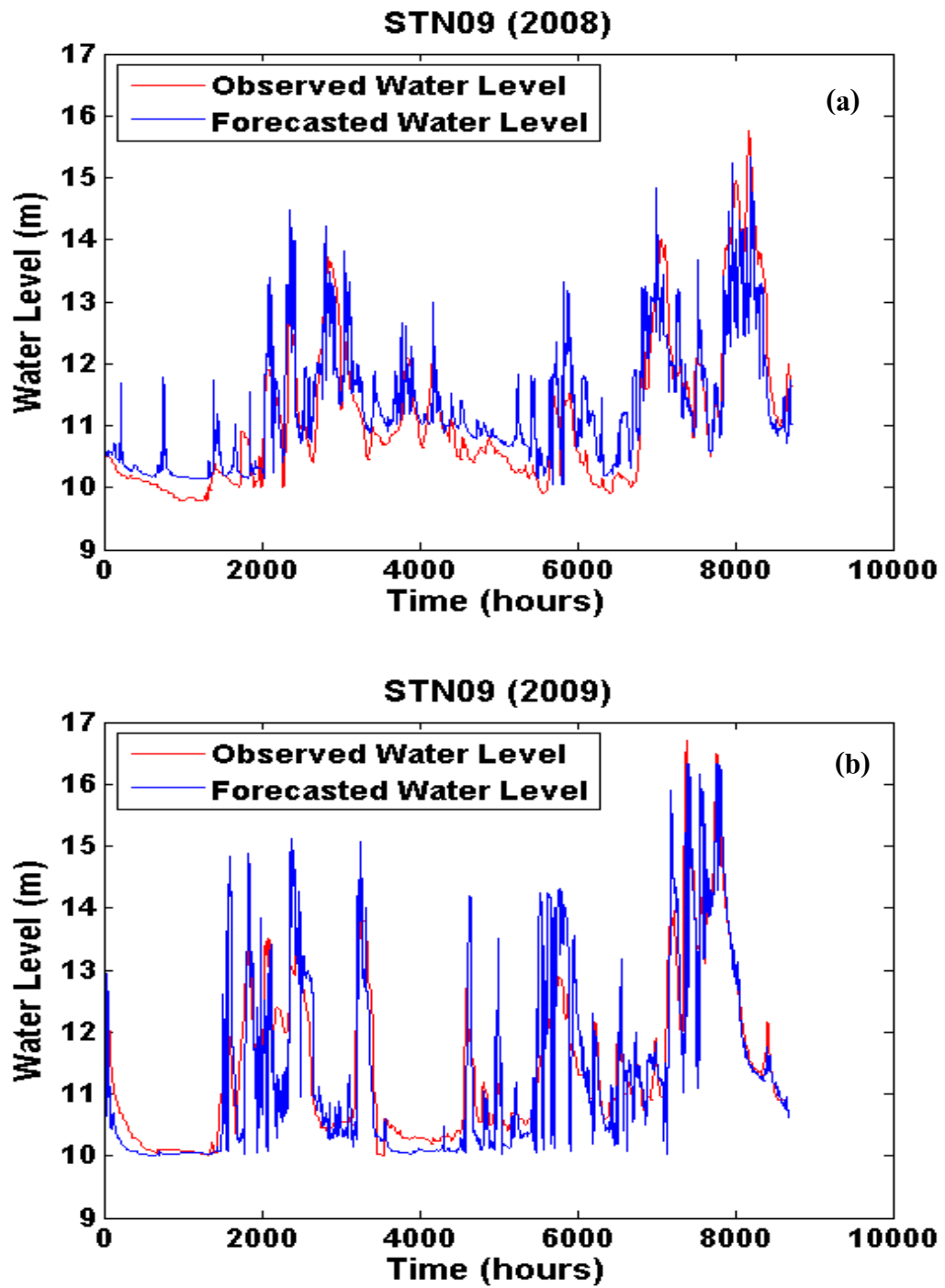
รูปที่ 4.5 Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์โดยเครื่องข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (b)



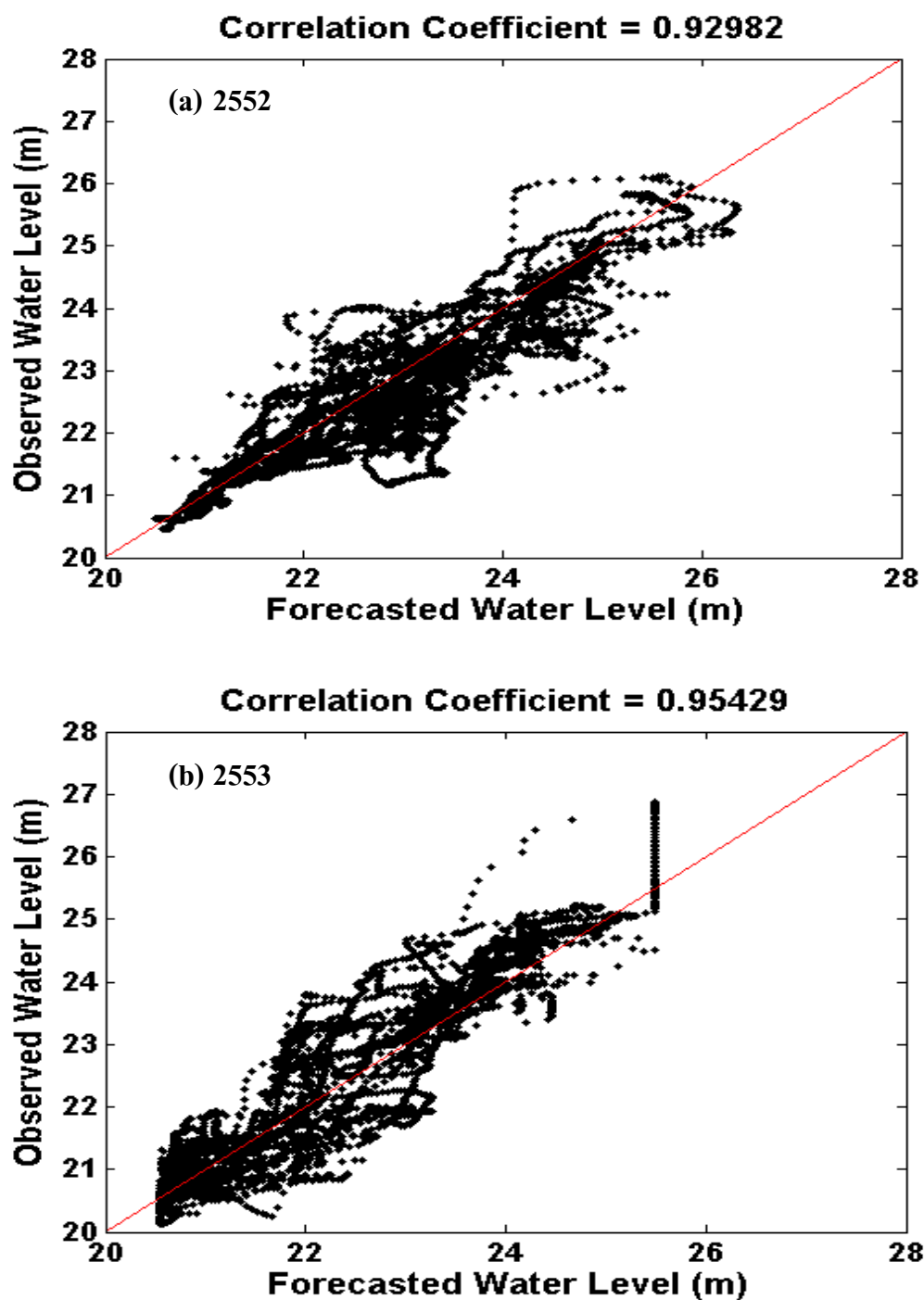
รูปที่ 4.6 Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์โดยเครื่องข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2551 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (b)



รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเถา (X.112) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบ กับปี พ.ศ. 2551 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (b)

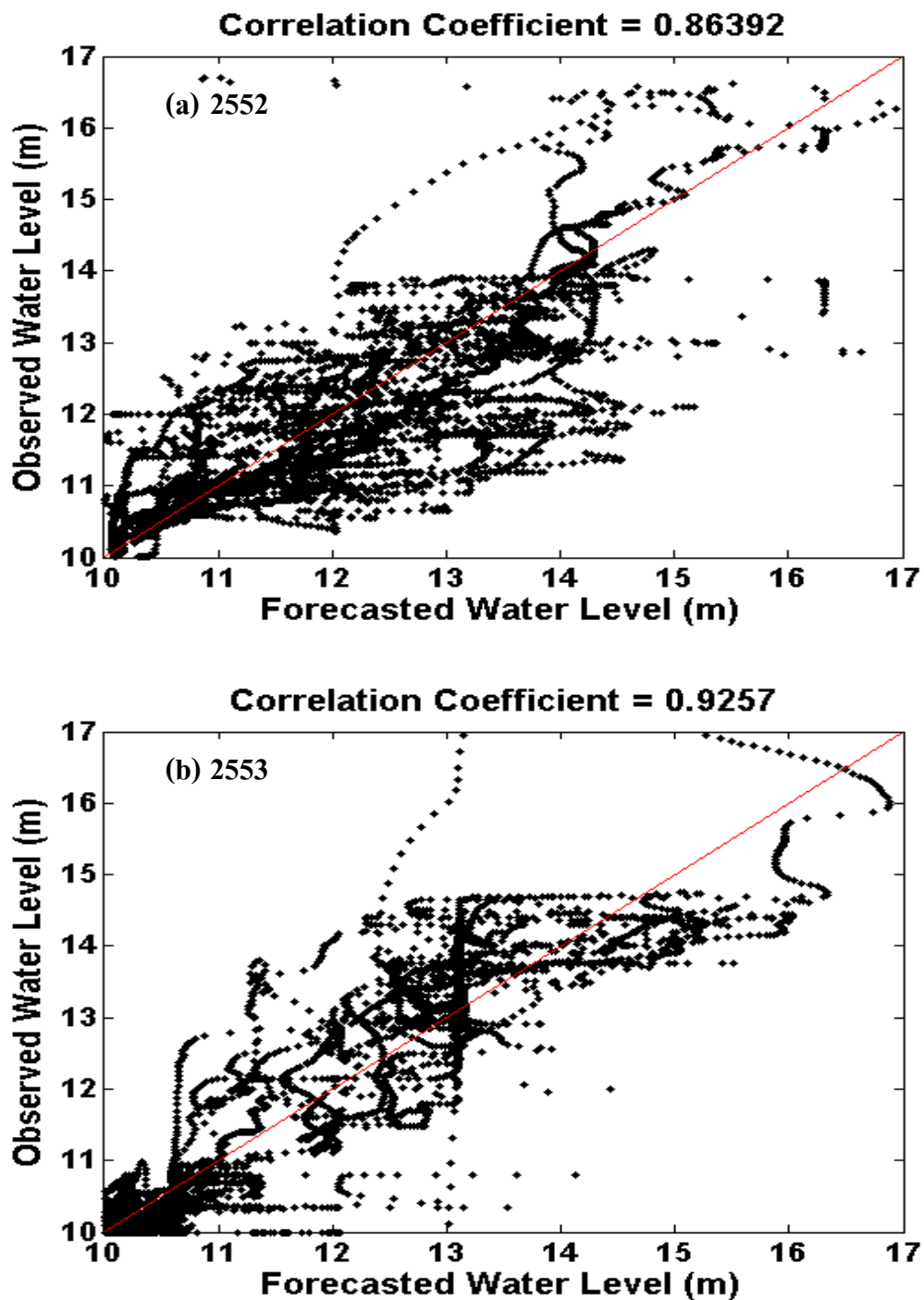


รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบ กับปี พ.ศ. 2551 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (b)

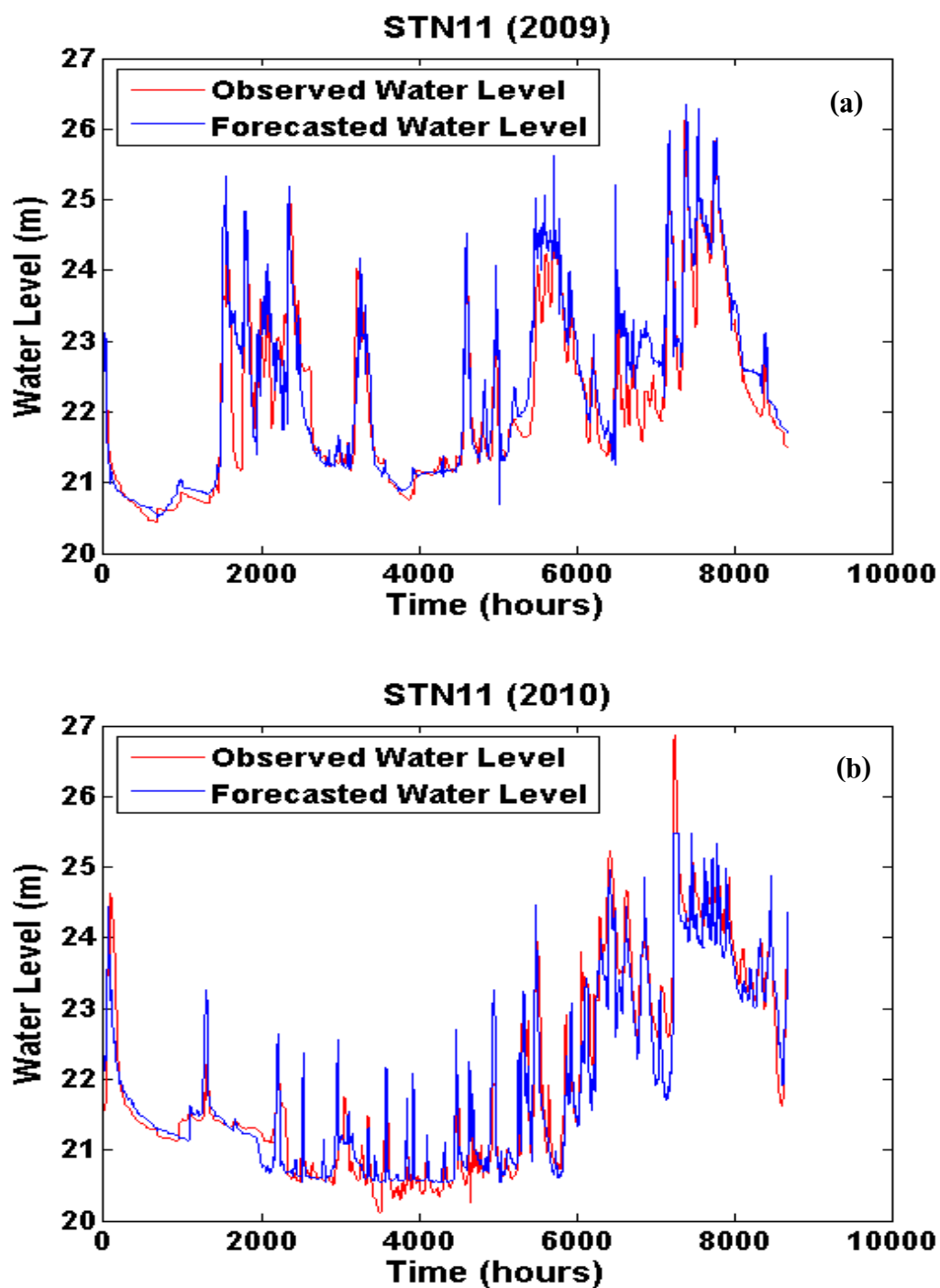


รูปที่ 4.9 Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์โดยเครื่องข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2553 (b)

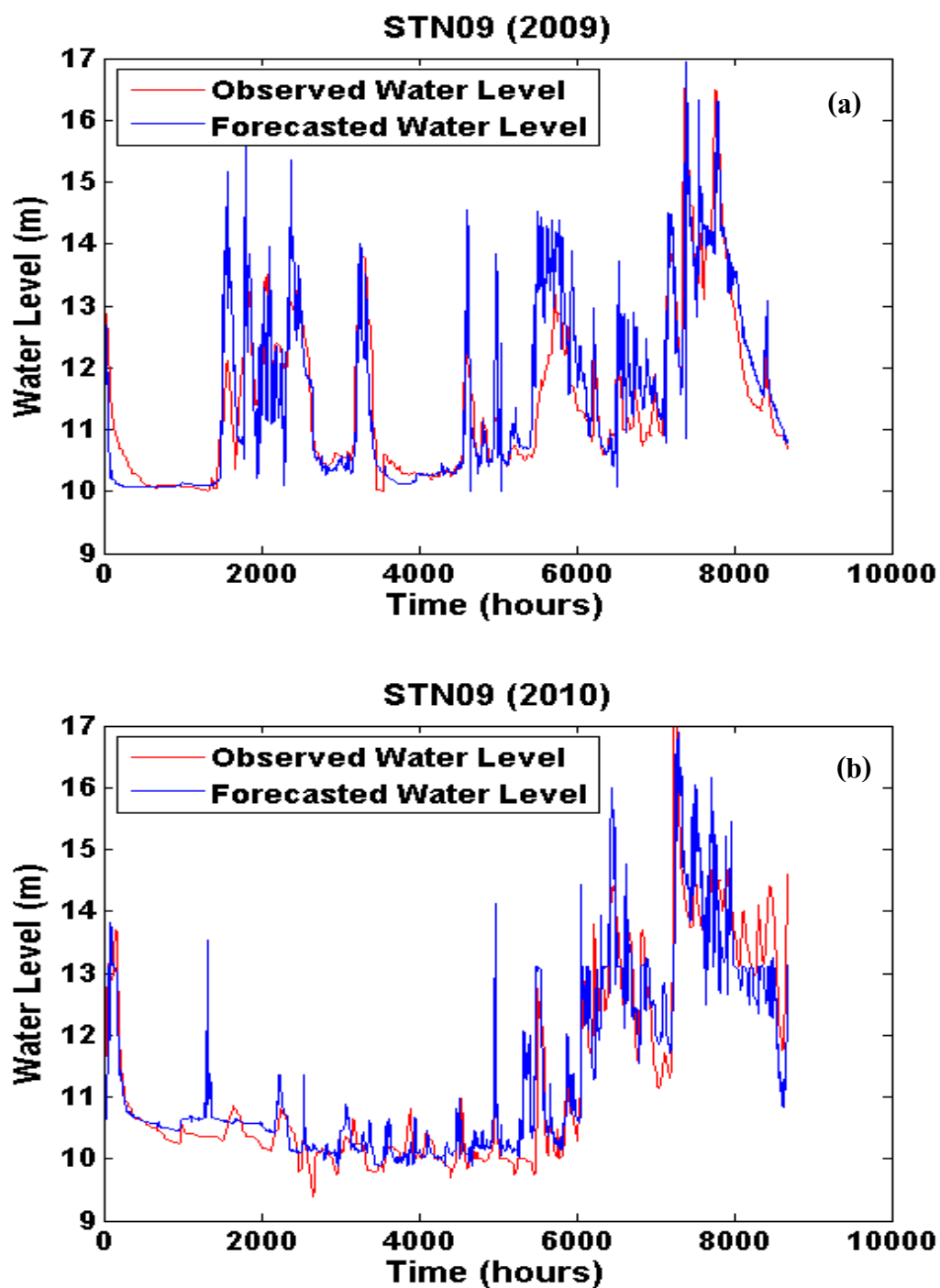




รูปที่ 4.10 Scatterplot ระหว่างระดับน้ำที่วัดจริงจากสถานีวัด (แกนตั้ง) และระดับน้ำที่พยากรณ์โดยเครื่องข่ายประสาทเทียม (แกนนอน) สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงกึ่ง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2552 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2553 (b)



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 สำหรับฝึกและทดสอบ กับปี พ.ศ. 2552 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2553 (b)



รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบระดับน้ำจริงจากสถานีวัดกับระดับน้ำที่ได้จากเครือข่ายประสาทเทียม สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 สำหรับฝึกและทดสอบ กับปี พ.ศ. 2552 (a) และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2552 สำหรับฝึกและทดสอบกับปี พ.ศ. 2553 (b)

#### 4.2 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE)

ตารางที่ 4.1 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) ของระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครือข่ายประสาทเทียมและระดับน้ำจริงเฉลี่ยจากสถานีวัด (MWL) สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเทา (X.112) และสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ในปีการศึกษา (RMSEs ในวงเล็บคือค่า เปอร์เซนต์ RMSE ของระดับน้ำจริงเฉลี่ยจากสถานีวัด)

ชื่อสถานี	กรณีปี พ.ศ. 2550 กับ ปี พ.ศ. 2551				กรณีปี พ.ศ. 2551 กับ ปี พ.ศ. 2552				กรณีปี พ.ศ. 2552 กับ ปี พ.ศ. 2553			
	ปี พ.ศ. 2550		ปี พ.ศ. 2551		ปี พ.ศ. 2551		ปี พ.ศ. 2552		ปี พ.ศ. 2552		ปี พ.ศ. 2553	
	RMSE	MWL	RMSE	MWL	RMSE	MWL	RMSE	MWL	RMSE	MWL	RMSE	MWL
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
STN11	0.63 (2.91%)	21.63	0.44 (2.01%)	21.86	0.42 (1.92%)	21.86	0.41 (1.85%)	22.13	0.50 (2.26%)	22.13	0.44 (2.00%)	21.97
STN09	0.59 (5.35%)	11.02	0.57 (5.14%)	11.10	0.74 (6.67%)	11.10	0.64 (5.60%)	11.42	0.73 (6.39%)	11.42	0.71 (6.30%)	11.27



2552 และทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองโดยการประเมินผลการพยากรณ์ระดับน้ำกับปี พ.ศ. 2553 มีค่าเท่ากับ 0.73 และ 0.71 ตามลำดับ และมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 6.39% และ 6.30% ของระดับน้ำจริงเฉลี่ย ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) มีความผิดพลาดสูงในปี พ.ศ. 2550 เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของกลุ่มน้ำระหว่างปี พ.ศ. 2550 - ปี พ.ศ. 2551 สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงกึ่งอง (X.173A) มีความผิดพลาดสูงกว่าสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) เนื่องจากมีพื้นที่ลุ่มน้ำที่ใหญ่กว่า และมาจากทางน้ำที่หลากหลายกว่า ซึ่งบางทางน้ำไม่มีการวัดระดับน้ำ ทำให้ไม่มีข้อมูลระดับน้ำในพื้นที่ดังกล่าว

## บทที่ 5

### บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้พัฒนาแบบจำลองฝนตก-น้ำท่า โดยใช้เครือข่ายประสาทเทียม เพื่อพยากรณ์ระดับน้ำ สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ซึ่งระดับน้ำที่พยากรณ์ได้มีความสอดคล้องเป็นอย่างดีกับระดับน้ำจริงที่วัดได้จากสถานีอุทกวิทยา โดยแบบจำลองสามารถพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้าได้ 12 ชั่วโมง ทั้งสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) และสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ความถูกต้องแม่นยำในการพยากรณ์ระดับน้ำของแบบจำลองขึ้นอยู่กับ การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม หากปัจจัยนำเข้ามีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ต้องการพยากรณ์สูง จะช่วยให้ผลการพยากรณ์ของแบบจำลองมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น โดยวิทยานิพนธ์นี้ใช้เฉพาะ ข้อมูลระดับน้ำจากสถานีต้นน้ำของสถานีที่ศึกษา เนื่องจากมีข้อจำกัดของข้อมูลฝน จึงไม่สามารถ ใช้ข้อมูลฝนเป็นข้อมูลนำเข้าได้ การพยากรณ์จะขึ้นอยู่กับ การลองผิดลองถูกกับจำนวน โหนดในชั้น แอบแฝงของเครือข่าย สำหรับการศึกษาพบว่าเครือข่ายประสาทเทียมมีโครงสร้างของชั้นแอบแฝง ที่ให้ผลดี คือ ชั้นที่ 1 มี 10 โหนด ชั้นที่ 2 มี 5 โหนด และชั้นสุดท้ายมี 1 โหนด ผลการศึกษา พบว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่พยากรณ์ได้จากเครือข่ายประสาทเทียมกับระดับ น้ำจริงจากสถานีอุทกวิทยามีค่าสูงกว่า 0.82 และ 0.86 สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) และสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ตามลำดับ สำหรับค่าความผิดพลาดเฉลี่ย กำลังสอง (RMSE) จากระดับน้ำจริงเฉลี่ยจากสถานีวัดมีค่าต่ำกว่า 0.63 และ 0.74 สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) และสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ตามลำดับ จาก การศึกษาพบว่าสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) มีความผิดพลาดมากกว่าสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ในช่วงปี พ.ศ. 2550 – ปี พ.ศ. 2551 เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทาง กายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำดังรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6 ในบทที่ 3

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) การประยุกต์ใช้แบบจำลองนี้กับพื้นที่อื่น ๆ ต้องใช้โครงแบบ (Configurations) ของเครือข่ายประสาทเทียมที่มีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ในพื้นที่นั้น ๆ
- 2) หากมีการเพิ่มข้อมูลนำเข้าเช่น ปริมาณน้ำฝน ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำและข้อมูลระดับน้ำสำหรับสถานีอุทกวิทยาที่อยู่ในลุ่มน้ำที่ต้องการพยากรณ์ จะช่วยให้ได้ผลการพยากรณ์มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น
- 3) ในการศึกษาแบบจำลอง ข้อมูลระดับน้ำจริงที่ได้จากสถานีสำรวจอุทกวิทยา มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะหากไม่มีข้อมูลดังกล่าว จะทำให้ไม่สามารถทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองได้
- 4) ข้อมูลที่ได้จากศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้มีช่วงที่ขาดหายไป ทำให้ไม่สามารถทำการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าวได้ จึงเสนอแนะให้ทางหน่วยงานมีการจัดเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง
- 5) หากระดับน้ำที่ใช้ในการฝึก (Train) ไม่เคยเกิดขึ้นกับเหตุการณ์ที่จะพยากรณ์ จะทำให้ค่าระดับน้ำที่พยากรณ์ได้เกิดความผิดพลาด



## เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. (2545). *การศึกษาวิเคราะห์จัดทำแผนหลักการบริหารจัดการน้ำท่วมและผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา*, กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.
- จกกล จงวิไลเกษม. (2546). "แบบจำลองน้ำฝน น้ำท่า ด้วยข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์." *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.*
- จารุวรรณ สาครมณีรัตน์. (2550). "การศึกษาการของน้ำฝน-น้ำท่าที่เกิดอุทกภัยของลุ่มน้ำเพชรบุรี." *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*
- ชัยยุทธ ชินณะราศรี ทรงพล โนนสว่าง และเสรี สุภราทิพย์. (2546). "การประยุกต์ใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมกับการพยากรณ์ระดับน้ำที่หาคใหญ่." *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, 1, 125-137.
- ชุตินาศ ลำแดงฤทธิ. (2552). "การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลองการเพิ่มทั่วไปและโครงข่ายใยประสาทเทียม กรณีศึกษาลุ่มน้ำยมสถานี Y.4 จังหวัดสุโขทัย." *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.*
- ชุมพร ยูวี. (2553). *คู่มือสำรวจทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: ทรัพยากรน้ำผิวดิน ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม, กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร.*
- ณัฐ เทภาสิต. (2542). "การวิเคราะห์หมายเลขโค้งน้ำท่า SCS ของอำเภอในประเทศไทย." *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*
- นิตยา หวังวงศ์โรจน์. (2551). *อุทกวิทยา Hydrology*, สำนักพิมพ์ด้านสุทธา, กรุงเทพมหานคร.
- เปรม จันทรสว่าง. (2550). "แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทประดิษฐ์สำหรับความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า." *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิทยาการคณนา, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*
- เลอพงศ์ อัสสุริยา (2546). "การประยุกต์โครงข่ายใยประสาทเทียมในการจำลองความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ - อัตราการไหล." *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*

- วินัย แซ่จิว. (2552). รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาและสร้างรูปแบบจำลองทางกายภาพของกลุ่มน้ำ คลองอุ้มตะเกา เพื่อศึกษาผลกระทบอุทกภัยน้ำท่วมขนาดใหญ่, 21-25 พฤศจิกายน 2543, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- วีรยา วิทยะ (2547). "การประยุกต์แบบจำลอง TOPography based hydrological MODEL (TOPMODEL) เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า จังหวัดเชียงใหม่." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการลุ่มน้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). (2556). "บันทึกเหตุการณ์น้ำท่วม." (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ <http://www.thaiwater.net/web/index.php/archive.html> (วันที่ 16 พฤศจิกายน 2556).
- สำนักงานก่อสร้าง 11 สำนักพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่. (2555). *รายงานสรุป โครงการบรรเทาอุทกภัยอำเภอหาดใหญ่ (ระยะที่ 2) จังหวัดสงขลา*, กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.
- สุเพชร จิรจรรกุล. (2552). *เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.31*, บริษัท เอส.อาร์. ฟรินดิง แมสโปรดักส์ จำกัด, นนทบุรี.
- อัมมะ สุขล้วน (2547). "การประยุกต์โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์น้ำท่าและการเติมข้อมูลระดับน้ำ." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Ahlgren, P., Jarneving, B., and Rousseau, R. (2003). "Requirements for a cocitation similarity measure, with special reference to Pearson's correlation coefficient." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(6), 550-560.
- Antar, M. A., Ellassiouti, I., and Allam, M. N. (2006). "Rainfall-runoff modelling using artificial neural networks technique: a Blue Nile catchment case study." *Hydrological Processes*, 20(5), 1201-1216.
- Becker, A., and Serban, P. (1990). *Hydrological models for water-resources system design and operation*, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
- Chen, C.-A., Chou, C., and Chen, C.-T. (2012). "Regional perspective on mechanisms for tropical precipitation frequency and intensity under global warming." *Journal of Climate*.
- Clarke, R. T. (2008). "A critique of present procedures used to compare performance of rainfall-runoff models." *Journal of Hydrology*, 352(3-4), 379-387.

- Department for Environment Food and Rural Affairs. (2011). "Digital terrain model (DTM)." (Online) Available on <http://adlib.everysite.co.uk/adlib/defra/content.aspx?id=2RRV\THNXTS.96RYU2KJZWFLU> (13 February 2013).
- Im, E. S., Jung, I. W., and Bae, D. H. (2011). "The temporal and spatial structures of recent and future trends in extreme indices over Korea from a regional climate projection." *International Journal of Climatology*, 31(1), 72-86.
- Jain, M. K., and Singh, V. P. (2005). "DEM-based modelling of surface runoff using diffusion wave equation." *Journal of Hydrology*, 302(1-4), 107-126.
- Khaleghi, M. R., Gholami, V., Ghodusi, J., and Hosseini, H. (2011). "Efficiency of the geomorphologic instantaneous unit hydrograph method in flood hydrograph simulation." *CATENA*, 87(2), 163-171.
- Khaw, J. F. C., Lim, B. S., and Lim, L. E. N. (1995). "Optimal design of neural networks using the Taguchi method." *Neurocomputing*, 7(3), 225-245.
- Machado, F., Mine, M., Kaviski, E., and Fill, H. (2011). "Monthly rainfall-runoff modelling using artificial neural networks." *Hydrological Sciences Journal*, 56(3), 349-361.
- Maren, A. J., Harston, C. T., and Pap, R. M. (1990). *Handbook of neural computing applications*, Academic Press.
- Mark Hudson Beale, Martin T. Hagan, and Demuth, H. B. (2012). *Neural Network Toolbox™ User's Guide*, The MathWorks, Inc.
- McCulloch, W., and Pitts, W. (1943). "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity." *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4), 115-133.
- NAYAK, T. R., and JAISWAL, R. K. (2003). "Rainfall-runoff modelling using satellite data and GIS for Bebas river in Madhya Pradesh." *Institution of Engineers*.
- Patel, H. D., and University of Western Sydney. School of, E. (2010). "Stochastic runoff routing model parameter for design flood estimation using joint probability approach."
- Pindyck, R. S., and Rubinfeld, D. L. (1998). *Econometric models and economic forecasts*, Irwin/McGraw-Hill.
- Seibert, J., Rodhe, A., and Bishop, K. (2003). "Simulating interactions between saturated and unsaturated storage in a conceptual runoff model." *Hydrological Processes*, 17(2), 379-390.

- Seung-Ki, M., Xuebin, Z., Francis, W. Z., and Gabriele, C. H. (2011). "Human contribution to more-intense precipitation extremes." *Nature*, 470(7334), 378-381.
- Shi, Z.-H., Chen, L.-D., Fang, N.-F., Qin, D.-F., and Cai, C.-F. (2009). "Research on the SCS-CN initial abstraction ratio using rainfall-runoff event analysis in the Three Gorges Area, China." *CATENA*, 77(1), 1-7.
- Singh, V., and Woolhiser, D. (2002). "Mathematical Modeling of Watershed Hydrology." *Journal of Hydrologic Engineering*, 7(4), 270-292.
- Singh, V. P., and Frevert, D. K. (2006). *Watershed models*, Taylor & Francis.
- Smith, M. B., Seo, D.-J., Koren, V. I., Reed, S. M., Zhang, Z., Duan, Q., Moreda, F., and Cong, S. (2004). "The distributed model intercomparison project (DMIP): motivation and experiment design." *Journal of Hydrology*, 298(1-4), 4-26.
- Sorooshian, S., and Dracup, J. A. (1980). "Stochastic parameter estimation procedures for hydrologic rainfall-runoff models: Correlated and heteroscedastic error cases." *Water Resources Research*, 16(2), 430-442.
- Surussavadee, C., and Staelin, D. H. (2009). "Satellite Retrievals of Arctic and Equatorial Rain and Snowfall Rates Using Millimeter Wavelengths." *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 47(11), 3697-3707.
- Surussavadee, C., and Staelin, D. H. (2010). "Global Precipitation Retrievals Using the NOAA AMSU Millimeter-Wave Channels: Comparisons with Rain Gauges." *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(1), 124-135.
- Surussavadee, C., and Staelin, D. H. (2011). "Evaporation Correction Methods for Microwave Retrievals of Surface Precipitation Rate." *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 49(12), 4763-4770.
- Thirumalaiah, and Deo (1998). "River Stage Forecasting Using Artificial Neural Networks." *Journal of Hydrologic Engineering*, 3(1), 26-32.
- Todini, E. (1988). "Rainfall-runoff modeling — Past, present and future." *Journal of Hydrology*, 100(1-3), 341-352.
- Tokar, A., and Johnson, P. (1999). "Rainfall-Runoff Modeling Using Artificial Neural Networks." *Journal of Hydrologic Engineering*, 4(3), 232-239.

- Tokar, A., and Markus, M. (2000). "Precipitation-Runoff Modeling Using Artificial Neural Networks and Conceptual Models." *Journal of Hydrologic Engineering*, 5(2), 156-161.
- WMO (1992). *Simulated real-time intercomparison of hydrological models*, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland .:
- Yu, P. S., and Jeng, Y. C. (1997). "A Study on Grid Based Distributed Rainfall Runoff Models." *Water Resources Management*, 11(2), 83-99.
- Yukiko, H., Shijiro, K., Seita, E., Taikan, O., and Masahide, K. (2008). "Global projections of changing risks of floods and droughts in a changing climate." *Hydrological Sciences Journal*, 53(4), 754-772.

ภาคผนวก



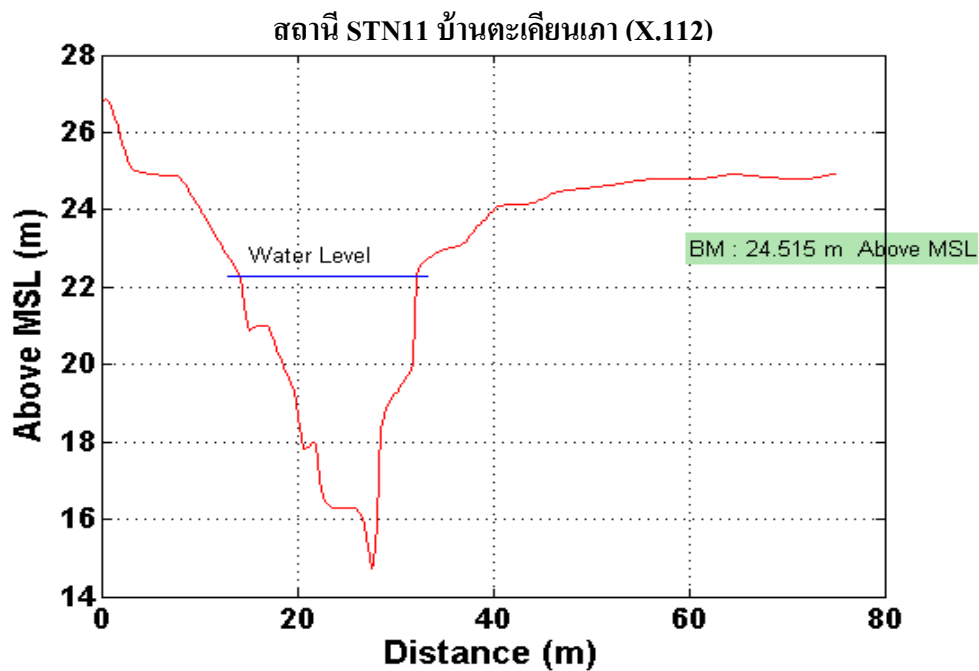
รูปภาพหมวดที่ 1 การสำรวจภาคสนาม



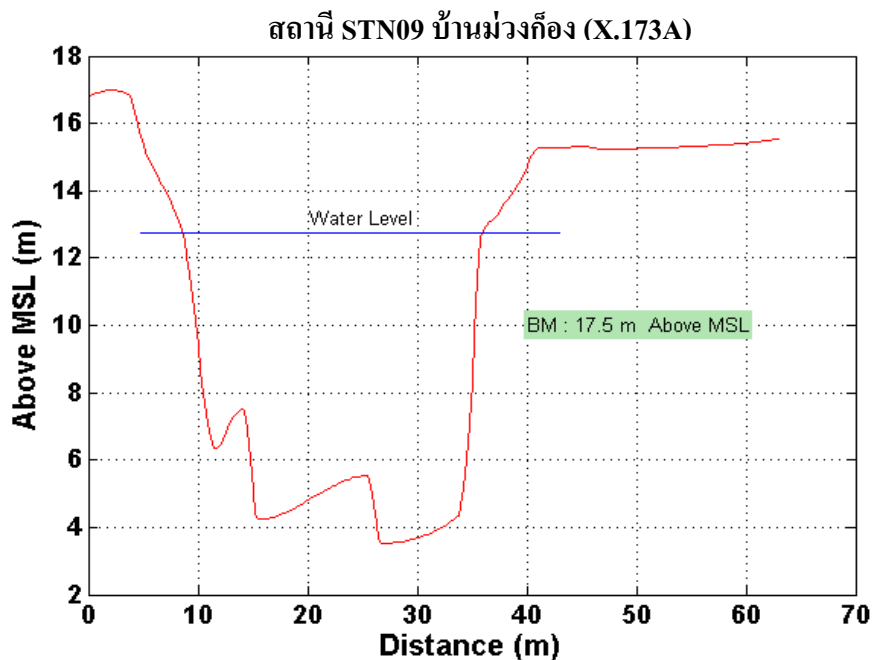


รูปภาคผนวกที่ 2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา





รูปภาคผนวกที่ 3 รูปตัดขวางลำน้ำและระดับน้ำที่ได้จากการลงสำรวจภาคสนาม ณ วันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ.2554 สำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112)



รูปภาคผนวกที่ 4 รูปตัดขวางลำน้ำและระดับน้ำที่ได้จากการลงสำรวจภาคสนาม ณ วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2554 สำหรับสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A)

**ตารางภาคผนวกที่ 1** ข้อมูลจากการลงสำรวจภาคสนามสำหรับสถานี STN11 บ้านตะเคียนเกา (X.112) ณ วันที่ 11 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 และสถานี STN09 บ้านม่วงก้อง (X.173A) ณ วันที่ 10 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2554

ชื่อสถานี	ความลาดชัน (%)	ระดับน้ำ (ม.(ร.ท.ก.))	ความเร็วการไหลของน้ำ (เมตรต่อวินาที)
STN11	0.02	24.51	0.53
STN09	0.04	17.50	0.65

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวศุภารัตน์ ภูพงษ์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5430220012

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีการศึกษาที่สำเร็จ
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2553

## การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

S. Phuphong and C. Surussavadee, "An Artificial Neural Network Based Runoff Forecasting Model in the Absence of Precipitation Data: A Case Study of Khlong U-Tapao River Basin, Songkhla Province, Thailand," Proceedings of International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation 2013, Bangkok, Thailand, 2013.