

การศึกษาวิธีการเลือกค่าลักษณะสำคัญสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรี

นายสิริวัฒน์ หนีตสอน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)

are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

A STUDY ON FEATURE SELECTION METHODS FOR PREDICTING DAILY DISCHARGE
IN PHETCHABURI BASIN

Mr. Siriwat Yeetsorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Computer Science

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

สิริวัฒน์ หญิตสอน: การศึกษาวิธีการเลือกค่าลักษณะสำคัญสำหรับการพยากรณ์
ปริมาณน้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรี. (A STUDY ON FEATURE SELECTION METHODS
FOR PREDICTING DAILY DISCHARGE IN PHETCHABURI BASIN) อ.ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.สุกรี สิ้นสุภิญโญ, 115 หน้า.

การพยากรณ์ปริมาณน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการบริหารจัดการแหล่งน้ำ โดย
การที่จะได้โมเดลการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำนั้น จะต้องมามีวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะ
สำคัญก่อนการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพ สำหรับคัดเลือกข้อมูลปริมาณน้ำที่มีความสำคัญ
อย่างแท้จริง ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึง เสนอวิธีการผสมระหว่างการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์
สหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์การแปลงเวฟเล็ตโดยใช้วิธีการหาความสัมพันธ์ด้วยค่า
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการแปลงเวฟเล็ต ผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองวิธี
ดังกล่าวจะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าโมเดลในการพยากรณ์สองโมเดล ได้แก่ โครงข่าย
ประสาทเทียมชนิดแบ็กพรอพาเกชัน และ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยใช้ข้อมูล
ปริมาณน้ำรายวันจาก 4 สถานี ในลุ่มน้ำเพชรบุรี ประเทศไทย จากผลการทดลองทั้งสองโมเดล
เทียบกับวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญวิธีอื่น ๆ พบว่า วิธีการที่เสนอให้ผลลัพธ์ในการ
พยากรณ์ปริมาณน้ำรายวันมีความแม่นยำกว่าวิธีอื่น ๆ

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์.....
ปีการศึกษา 2554.....

ลายมือชื่อ.....
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

5271460221 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORDS : DISCHARGE PREDICTION / WAVELET / NEURAL NETWORK

SIRIWAT YEETSORN : A STUDY ON FEATURE SELECTION METHODS FOR
PREDICTING DAILY DISCHARGE IN PHETCHABURI BASIN. ADVISOR :
ASST.PROF.SUKREE SINTHUPINYO,Ph.D., 115 pp.

Discharge prediction is an essential component in water management systems. To obtain an accurate prediction model, we need a good preprocessing method for extracting actually important features of the discharge data. Thus, we propose a new combinational method which integrates Correlation Coefficient Analysis and Wavelet Decomposition. The processed discharge data from both methods are then used as input for two classification methods, namely Backpropagation Neural Networks and Multiple Linear Regression. In our experiment, we tested our method based on the real world data from the Phetchaburi river basin, Thailand. The obtained model achieved lower error rate than ones from other existing methods.

Department : Computer Engineering..... Student's Signature

Field of Study : Computer Science..... Advisor's Signature

Academic Year : 2011.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยความช่วยเหลือของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกรี สิ้นธุภิญโญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งอาจารย์ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆตลอดจนตรวจทานแก้ไข วิทยานิพนธ์นี้ให้มีความสมบูรณ์ นอกจากนี้ผู้เขียนยังได้รับความกรุณาจาก ศาสตราจารย์ ดร. บุญเสริม กิจสิริกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร. เด่นดวง ประดับสุวรรณ อาจารย์กรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก ที่ได้ให้คำแนะนำต่างๆ ตลอดจนข้อเสนอแนะและ ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้เขียน ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง

นอกจากนี้แล้วผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณพลชัย กลิ่นขจร และคุณสุรพันธ์ อื่นแก้ว สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำกรมชลประทาน ที่ให้ความสนับสนุนด้านข้อมูลน้ำ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณบิดา มารดา และ เพื่อน ๆ ที่ภาคภูมิใจรวมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจมาโดยตลอด จนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้เสร็จ สมบูรณ์

คุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้เขียนขอมอบแด่ บิดา มารดา และ อาจารย์ ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้เขียน หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับ ไว้แต่เพียงผู้เดียว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
1.7 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1.1 การทำความสะอาดข้อมูล(Data Cleaning).....	7
2.1.2 การแปลงค่าข้อมูล(Data Transformation).....	7
2.1.3 การแปลงเวฟเล็ต(Wavelet Transform).....	8
2.1.3.1 การปรับสเกลของฟังก์ชันเวฟเล็ต.....	9
2.1.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายระดับความละเอียด.....	9
2.1.3.3 เวฟเล็ตตระกูลฮาร์.....	14
2.1.4 โครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural Networks).....	17
2.1.4.1 อัลกอริทึมการเรียนรู้แบ็กพรอพาเกชัน.....	18
2.1.5 การหาค่าสหสัมพันธ์แบบไขว้ (Cross Correlation Coefficient).....	21

2.1.6 การวิเคราะห์ความถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis).....	21
2.1.7 วิธีการประเมินความแม่นยำด้วยวิธีการไขว้ข้าม k กลุ่ม (k – Fold Cross Validation).....	24
2.1.8 เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพผลพยากรณ์ (Performance Statistic)...	25
2.1.8.1 Root Mean Squared Error (RMSE).....	25
2.1.8.2 Correlation Coefficient (r)	25
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	32
3.1 พื้นที่ที่ใช้ศึกษา.....	33
3.1.1 สภาพภูมิประเทศและอาณาเขตติดต่อ.....	33
3.1.2 ลักษณะภูมิประเทศของกลุ่มน้ำเพชรบุรี.....	35
3.1.3 ลักษณะทางธรณีฐาน.....	35
3.1.4 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณกลุ่มน้ำเพชรบุรี.....	38
3.1.5 สภาพฝนบริเวณกลุ่มน้ำเพชรบุรี.....	38
3.1.6 ระบบแม่น้ำและโครงการชลประทาน.....	42
3.1.7 แหล่งน้ำที่สำคัญบริเวณกลุ่มน้ำเพชรบุรี.....	42
3.1.8 โครงการชลประทานในพื้นที่กลุ่มน้ำเพชรบุรี.....	43
3.1.9 สภาพน้ำท่า.....	48
3.1.10 สภาพน้ำหลาก.....	49
3.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	51
3.2.1 วิธีคัดเลือกสถานีที่จะทำการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่ารายวัน.....	54
3.2.2 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำ.....	54
3.2.2.1 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Cross Correlation Coefficient) โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีค่าสูงที่สุด.....	54
3.2.2.2 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis).....	55

3.2.2.3 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย(Discrete Wavelet Transform).....	58
3.2.2.4 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธี สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Cross Correlation Coefficient) โดย พิจารณาจำนวนวันย้อนหลังที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เริ่ม มีค่าลดลง.....	59
3.2.2.5 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธี สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Correlation Coefficient) โดยพิจารณา จำนวนวันย้อนหลังที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เริ่มมีค่า ลดลง และวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย(Discrete Wavelet Transform).....	60
3.2.2.6 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุและวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบ เต็มหน่วย.....	61
3.2.2.7 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีการหาผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง.....	62
3.2.2.8 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีการหาผลต่างของจำนวนวันย้อนหลังและวิธีการแปลงเวฟเล็ต แบบเต็มหน่วย.....	62
3.2.2.9 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับจำนวนวันย้อนหลัง และผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง.....	63
3.2.2.10 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยพหุเทียบกับจำนวนวันย้อนหลัง และผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง.....	64

3.2.2.11 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับจำนวนวัน ย้อนหลังและผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง เมื่อได้ผลลัพธ์แล้ว นำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลงเวฟเล็ตเต็มหน่วย.....	65
3.3 การสร้างแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำ.....	66
3.4 เกณฑ์การคำนวณค่าความผิดพลาดและวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง.....	67
3.5 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ระหว่างวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญ ต่างๆ.....	67
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	68
4.1 ผลการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าที่เหมาะสมในกลุ่มน้ำเพชรบุรี.....	68
4.2 ผลการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญ.....	73
4.2.1 ผลการคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Cross Correlation Coefficient).....	73
4.2.2 ผลการคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis).....	77
4.2.3 ผลการคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย (Discrete Wavelet Transform).....	85
4.2.4 ผลการคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับจำนวนวันย้อนหลัง และผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง.....	87
4.2.5 ผลการคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับจำนวนวันย้อนหลัง และผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง.....	92
4.3 ผลการทดสอบชุดตัวแปรนำเข้าที่มีนัยสำคัญ.....	104
4.4 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์.....	105
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	109
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	109

5.2 ข้อเสนอแนะ.....	110
รายการอ้างอิง.....	112
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	115

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง สถานี B.10 กับ สถานีอื่น ๆ	76
ตารางที่ 4.2 ตาราง 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย ของสถานี B.3...	78
ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระต่าง ๆ ของสถาน B.3.....	78
ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำสถานี B.10 กับ สถานี B.3 ย้อนหลัง 2 วัน.	79
ตารางที่ 4.5 ตาราง 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย สถานี B.6.....	80
ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระต่าง ๆ ของสถานี B.6.....	81
ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำสถานี B.10 กับ สถานี B.6.....	82
ตารางที่ 4.8 ความสัมพันธ์ค่าระดับน้ำระหว่างสถานี B.10 กับ สถานี B.6 ย้อนหลัง 1 วัน	82
ตารางที่ 4.9 ตาราง 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย สถานี B.8.....	83
ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระต่าง ๆ ของสถานี B.8.....	83
ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำสถานี B.10 กับ สถานี B.8 ย้อนหลัง 1 วัน.	84
ตารางที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำสถานี B.10 กับ สถานี B.8 ย้อนหลัง 2 วัน.	85
ตารางที่ 4.13 ตาราง 1-WAY ANOVA ระหว่างสถานี B.3 เทียบกับ B.10+1.....	92
ตารางที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระของสถานี B.3 เทียบกับ B.10+1.....	93
ตารางที่ 4.15 ตาราง 1-WAY ANOVA ระหว่างสถานี B.8 เทียบกับ B.10+1.....	94
ตารางที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระของสถานี B.8 เทียบกับ B.10+1.....	94
ตารางที่ 4.17 ตาราง 1-WAY ANOVA ระหว่างสถานี B.6 เทียบกับ B.10+1.....	95
ตารางที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำสถานี B.10+1 กับตัวแปรอิสระของ สถานี B.6.....	96
ตารางที่ 4.19 ตาราง 1-WAY ANOVA ระหว่างสถานี B.10 กับ B.10+1.....	97
ตารางที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำสถานี B.10+1 กับค่าปริมาณน้ำสถานี B.10.....	97
ตารางที่ 4.21 ตาราง 1-WAY ANOVA ของค่าผลต่างปริมาณน้ำสถานี B.10 เทียบกับ B.10+1.....	98

	หน้า
ตารางที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ B.10+1 กับค่าผลต่างปริมาณน้ำสถานี B.10.....	99
ตารางที่ 4.23 ตาราง 1-WAY ANOVA ระหว่างสถานี B.8 กับสถานี B.10+1.....	100
ตารางที่ 4.24 ตาราง 1-WAY ANOVA ระหว่างสถานี B.6 กับสถานี B.10+1.....	101
ตารางที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ B.10+1 กับค่าผลต่างปริมาณน้ำสถานี B.6.....	101
ตารางที่ 4.26 ตาราง 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย ของสถานี B.3.....	102
ตารางที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ B.10+1กับค่าผลต่างปริมาณน้ำสถานี B.3.....	103
ตารางที่ 4.28 ผลการทดสอบชุดตัวแปรนำเข้าที่มีนัยสำคัญด้วยวิธีการต่าง ๆ	106

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1	คุณสมบัติการปรับสเกลของฟังก์ชันเวฟเล็ต..... 8
ภาพที่ 2.2	การวิเคราะห์สัญญาณด้วยฟังก์ชันเวฟเล็ต..... 9
ภาพที่ 2.3	เวกเตอร์สเปซย่อยตามนิยามการวิเคราะห์แบบหลายระดับความละเอียด..... 11
ภาพที่ 2.4	การแยกข้อมูลแบบตัวกรองแบบสองช่องสัญญาณ..... 13
ภาพที่ 2.5	การแปลงกลับข้อมูลด้วยตัวกรองแบบสองช่องสัญญาณ..... 14
ภาพที่ 2.6	ฮาร์ สเกลลิง ฟังก์ชัน และ ฮาร์ เวฟเล็ต ฟังก์ชัน..... 14
ภาพที่ 2.7	การแยกข้อมูลโดยใช้ฮาร์เวฟเล็ตสองตัวกรองสัญญาณ..... 16
ภาพที่ 2.8	การแปลงกลับข้อมูลโดยใช้ฮาร์เวฟเล็ตสองตัวกรองสัญญาณ..... 16
ภาพที่ 2.9	แบบจำลองนิรवलเน็ตเวิร์กแบบง่าย..... 17
ภาพที่ 2.10	อัลกอริทึมการทำงานของกรเรียนรู้แบบแพร่กลับ..... 20
ภาพที่ 2.11	การแบ่งข้อมูลสำหรับการเรียนรู้และทดสอบ..... 25
ภาพที่ 3.1	ลักษณะภูมิประเทศ ลุ่มน้ำเพชรบุรี..... 34
ภาพที่ 3.2	ลักษณะธรณีสัณฐาน จังหวัดเพชรบุรี..... 36
ภาพที่ 3.3	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดเพชรบุรี..... 39
ภาพที่ 3.4	ทิศทางและช่วงเวลาของการเกิดพายุและลมมรสุมในประเทศไทย..... 40
ภาพที่ 3.5	แผนที่ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในรอบ 40 ปี ลุ่มน้ำเพชรบุรี..... 41
ภาพที่ 3.6	แผนที่ระบบแม่น้ำและโครงการชลประทาน ลุ่มน้ำเพชรบุรี..... 44
ภาพที่ 3.7	เขื่อนแก่งกระจาน กั้นแม่น้ำเพชรบุรี ที่ อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี..... 45
ภาพที่ 3.8	เขื่อนเพชรบุรี สร้างปิดกั้นแม่น้ำแม่เพชรบุรี ที่อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี..... 46
ภาพที่ 3.9	โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยแม่ประจันต์ จังหวัดเพชรบุรี..... 47
ภาพที่ 3.10	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดน้ำท่า ลุ่มน้ำเพชรบุรี..... 50
ภาพที่ 3.11	ขั้นตอนการทำการศึกษาคัดเลือกชุดตัวแปรนำเข้าเพื่อใช้พยากรณ์น้ำท่า รายวันล่วงหน้า..... 52
ภาพที่ 3.12	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำทั้ง 5 สถานีที่ใช้ในลุ่มน้ำเพชรบุรี..... 53
ภาพที่ 3.13	ขั้นตอนการดำเนินการด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยพิจารณาค่าสัมประ สิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีค่าสูงที่สุด..... 55
ภาพที่ 3.14	ขั้นตอนการดำเนินการด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ..... 57

ภาพที่ 3.15	ขั้นตอนการดำเนินการด้วยวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย.....	59
ภาพที่ 3.16	ขั้นตอนการดำเนินการด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยพิจารณาจำนวนวัน ย้อนหลังที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เริ่มมีค่าลดลง.....	60
ภาพที่ 3.17	ขั้นตอนการดำเนินการด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พิจารณาจำนวนวัน ย้อนหลังที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เริ่มมีค่าลดลงและวิธีการแปลง เวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย.....	61
ภาพที่ 3.18	ขั้นตอนการดำเนินการด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุและ วิธีการ แปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย.....	62
ภาพที่ 3.19	ขั้นตอนการคัดเลือกตัวแปรอินพุต จากวิธีหัวข้อ 3.2.2.9	64
ภาพที่ 3.20	ขั้นตอนการคัดเลือกตัวแปรอินพุต จากวิธีหัวข้อ 3.2.2.10.....	65
ภาพที่ 4.1	กราฟปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปี และ กราฟปริมาณน้ำสูงสุดรายปี แยกตามปีน้ำ..	70
ภาพที่ 4.2	กราฟ ออโตคอรีเลชันของสถานี B.10.....	71
ภาพที่ 4.3	กราฟ ออโตคอรีเลชันของสถานี B.3.....	71
ภาพที่ 4.4	กราฟ ออโตคอรีเลชันของสถานี B.6.....	72
ภาพที่ 4.5	กราฟ ออโตคอรีเลชันของสถานี B.8.....	72
ภาพที่ 4.6	กราฟ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสถานี B.10 กับ สถานี B.3.....	74
ภาพที่ 4.7	กราฟ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสถานี B.10 กับ สถานี B.6.....	74
ภาพที่ 4.8	กราฟ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสถานี B.10 กับ สถานี B.8.....	75
ภาพที่ 4.9	ความถี่ของข้อมูลปริมาณน้ำของแต่ละสถานีก่อนทำการแยกสัญญาณด้วย เวฟเล็ต.....	86
ภาพที่ 4.10	ความถี่ของข้อมูลระดับน้ำของแต่ละสถานีหลังการแยกสัญญาณด้วยเวฟเล็ต	87
ภาพที่ 4.11	กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ สถานี B.3.....	88
ภาพที่ 4.12	กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ สถานี B.6.....	88
ภาพที่ 4.13	กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ สถานี B.8.....	89
ภาพที่ 4.14	กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ สถานี B.10.....	89
ภาพที่ 4.15	กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ ค่าผลต่างสถานี B.3	90
ภาพที่ 4.16	กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ ค่าผลต่างสถานี B.6	90
ภาพที่ 4.17	กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ ค่าผลต่างสถานี B.8.	91
ภาพที่ 4.18	กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับค่าผลต่างสถานี B.10	91

ภาพที่ 4.19	การพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม.....	104
ภาพที่ 4.20	การพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย.....	105

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพยากรณ์ปริมาณน้ำจัดเป็นมาตรการที่มีความสำคัญ โดยสามารถนำมาใช้ในการวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำ ลดความเสียหายโดยตรงต่อชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก และการวิเคราะห์มาตรการบรรเทาสภาวะน้ำหลากในธรรมชาตินั้น ปริมาณน้ำขึ้นอยู่กับกระบวนการ ทางอุทกวิทยาและสภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำ และลำน้ำนั้น ๆ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีความสลับซับซ้อน ทำให้การพยากรณ์ปริมาณน้ำเป็นไปได้ยาก

ทั้งนี้การบรรเทาปัญหาอุทกภัยต้องดำเนินการหลาย ๆ ด้าน และเทคโนโลยีที่สำคัญอย่างหนึ่งได้แก่ระบบที่สามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำ และคาดการณ์การเกิดน้ำหลากโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือ สามารถนำมาช่วยในการเตือนภัยที่จะเกิดขึ้นและเตรียมการเพื่อช่วยในการลดความเสียหาย รวมทั้งสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการน้ำได้เป็นอย่างดี

ลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็นลุ่มน้ำสายหลักของจังหวัดเพชรบุรี ซึ่งมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาตะนาวศรี มีความยาวของลำน้ำประมาณ 227 กิโลเมตร มีลักษณะทางภูมิประเทศที่หลากหลาย โดยทิศตะวันตกเป็นพื้นที่สูง และทางทิศตะวันออกของลุ่มน้ำเป็นพื้นที่ราบ ผลการพยากรณ์ของลุ่มน้ำนี้มีความคลาดเคลื่อนมาก โดยเฉพาะในฤดูฝน ผลการพยากรณ์จะให้ค่าคลาดเคลื่อนมากกว่าฤดูอื่น ๆ อุทกภัยที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำมีสาเหตุหลักมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนี้ ลักษณะภูมิประเทศและกิจกรรมของมนุษย์ ยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของอุทกภัย (อินทிர่า เสวตประชิดกุล, 2538 ; อรอนงค์ พิณีจิวฒนานนท์, 2543)

การพยากรณ์ปริมาณน้ำ เป็นหนึ่งในปัญหาที่สำคัญและมีความท้าทายในปัจจุบัน เนื่องจากเกิดอุทกภัยขึ้นบ่อยครั้ง การพยากรณ์ทำได้ยากต้องอาศัยความรู้ ทางอุทกศาสตร์ และภูมิศาสตร์ประกอบกัน ลักษณะภูมิประเทศเป็นปัจจัยหนึ่งในการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่มีผลต่อความถูกต้องของการทำนาย ลุ่มน้ำเพชรบุรีประสบกับปัญหาอุทกภัยบ่อยครั้งเนื่องจากได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ก่อให้เกิดน้ำหลากช่วงเดือนพฤษภาคม และช่วงเดือนตุลาคม โดยอุทกภัยที่เกิดขึ้นในพื้นที่ส่งผลเสียหายต่อเศรษฐกิจและประชาชน โดยเฉพาะผลผลิตทางการเกษตร และการท่องเที่ยว ปัจจุบันปัญหาโลกร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ภูมิอากาศของโลกธรรมชาติมีความไม่แน่นอน เช่น ฝนไม่ตกตามฤดูกาล ปริมาณน้ำทะเลสูงขึ้น สภาพภูมิประเทศเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลกระทบต่อผลต่อปริมาณน้ำมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต ดังนั้นการใช้ข้อมูลในอดีตที่แตกต่างกับข้อมูลในปัจจุบันมากมาพยากรณ์อนาคตจึงไม่เหมาะสม

ในปัจจุบันการคาดการณ์ปริมาณน้ำมีหลายเทคนิควิธี เช่น โครงข่ายประสาทเทียมแพร่กลับ (Backpropagation Neural Network:BPNN) เป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองกระบวนการที่ซับซ้อนของธรรมชาติได้ และได้ถูกนำมาใช้ในการพยากรณ์น้ำหลากอย่างมีประสิทธิภาพ (สุประภาพร พัฒนสิงห์เสถียร, 2544) การใช้วิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย (Discrete Wavelet Transform;DWT) ในการแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณหลายระดับความละเอียด (Multi resolution Analysis;MRA) เพื่อนำมาใช้สำหรับการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เช่น การทำนายปริมาณน้ำฝน (วรรณมน ภูสกุลขจร, 2552) การทำนายปริมาณน้ำ (Hu Ping, 2009) การตรวจสอบลายนิ้วมือด้วยฮาร์เวฟเล็ต (Lee,Fong and Chang, 2010) การสกัดคุณลักษณะสำหรับการรู้จำตัวอักษรเขียนด้วยลายมือด้วยฮาร์เวฟเล็ต (Sanjeka and Dhabe, 2010) เป็นต้น

วิทยานิพนธ์นี้ เสนอวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญวิธีการต่าง ๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและการหาพฤติกรรม ความถี่ของข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลปริมาณน้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มาจากกรมชลประทาน โดยใช้ข้อมูลในช่วงปีน้ำ 2004 ถึงปี2008 เป็นข้อมูลศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการคาดการณ์ปริมาณน้ำในอนาคต เพื่อประโยชน์ในการจัดการทรัพยากรน้ำที่มีประสิทธิภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญวิธีการต่าง ๆ เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณน้ำล่งหน้าของสถานีวัดปริมาณน้ำ B.10 ซึ่งตั้งอยู่ในแม่น้ำเพชรบุรีซึ่งเป็นลำน้ำสายหลักของกลุ่มน้ำเพชรบุรี เพื่อประโยชน์ในการศึกษาต่อยอดในอนาคตและวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำ ป้องกันบรรเทาอุทกภัยต่อไป

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายวันในลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปีน้ำ 2004 ถึงปี 2008 เป็นเวลา 4 ปีอันประกอบด้วยสถานีวัดน้ำท่า 4 สถานีดังนี้

1. สถานี B.3 ตั้งอยู่ที่ แม่น้ำเพชรบุรี อ.แก่งกระจาน จ.เพชรบุรี
2. สถานี B.6 ตั้งอยู่ที่ ห้วยแม่ประจัน อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี
3. สถานี B.8 ตั้งอยู่ที่ ห้วยผาก อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี
4. สถานี B.10 ตั้งอยู่ที่ แม่น้ำเพชรบุรี อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้มาจากข้อมูลปริมาณน้ำรายวันของกรมชลประทาน โดยเลือกกลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากเป็นลุ่มน้ำหนึ่งที่ประสบกับปัญหาอุทกภัยบ่อยครั้ง และเป็นบริเวณที่มีความพร้อมของข้อมูลที่สำคัญสำหรับการนำมาวิเคราะห์ศึกษาลักษณะและการเคลื่อนที่ของน้ำหลากและบริเวณที่จะได้รับผลกระทบจากน้ำหลาก

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

น้ำท่า (stream flow or discharge) คือปริมาณน้ำที่ไหลในแม่น้ำ ลำคลอง ซึ่งมักจะเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาสู่พื้นดินหลังจากการระเหย การดูดซึมลงพื้นดิน และการซึมลงในชั้นน้ำใต้ดินลึกและอื่น ๆ แล้วยังเหลือไหลรวมกันไปตามสภาพภูมิประเทศ จากที่สูงลงสู่ที่ต่ำรวมกันจนมีปริมาณมากขึ้นเป็นลำธาร และไหลรวมกันต่อไปจนเป็นแม่น้ำ

ปริมาณน้ำท่ารายวัน (daily discharge) คือปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยใน 1 วัน

ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (monthly discharge) คือผลรวมของปริมาณน้ำท่ารายวันใน 1 เดือน

ปริมาณน้ำท่ารายปี (annual discharge) คือผลรวมของปริมาณน้ำท่ารายเดือนใน 1 ปี หรือผลรวมของปริมาณน้ำท่ารายวันใน 1 ปี

ปริมาณน้ำสูงสุดในรอบปี (momentary or instantaneous peak discharge) คือปริมาณการไหลสูงสุดในเวลาขณะใดขณะหนึ่งในรอบปี

ปริมาณการไหลสูงสุด (peak discharge) คือปริมาณน้ำซึ่งไหลมากกว่าปกติ โดยพิจารณาจากค่าสูงสุดในแต่ละชลภาพใน 1 ปี อาจมีค่าปริมาณการไหลสูงสุดมากกว่า 1 ค่าก็ได้

น้ำหลาก (flood or flood discharge) คือปริมาณน้ำที่ไหลในแม่น้ำ ลำธาร โดยมีปริมาณน้ำสูงกว่าระดับน้ำปกติในรอบปีนั้น ๆ และปริมาณน้ำอาจสูงจนล้นตลิ่งหรือไม่ก็ได้ ซึ่ง

มักจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำสูงสุดในรอบปี หรือปริมาณการไหลสูงสุดจึงใช้ในความหมายเดียวกัน

น้ำท่วม (flooding) คือ การไหลของน้ำในแม่น้ำ ลำธารโดยมีปริมาณน้ำสูงกว่าปริมาณน้ำปกติจนไหลล้นตลิ่งออกมาท่วมยังตามพื้นที่ต่าง ๆ ที่โดยปกติแล้วจะไม่มีน้ำท่วมขัง โดยอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายหรือไม่ก็ได้ และไม่จำเป็นต้องเกิดทุกปี

ปีน้ำจะต่างจากปีปฏิทินคือจะเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม ถึง 31 มีนาคม ของปีถัดไป

ปริมาณน้ำทะเลปานกลาง (รทก.) คือ ในการอ้างอิงถึงความสูงของพื้นที่ต่าง ๆ มักใช้ค่ากลางของปริมาณน้ำทะเลเป็นเกณฑ์ ด้วยการเอาค่าปริมาณน้ำทะเลสูงสุด และต่ำสุดมาบวกกันแล้วหารสอง เช่น 250 ม.รทก. หมายถึงสูงกว่าปริมาณน้ำทะเลปานกลาง 250 เมตรนั่นเอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษามุ่งพัฒนาระบบการจัดการลุ่มน้ำ โดยมุ่งที่จะแก้ปัญหาข้อจำกัดในการพยากรณ์ปริมาณน้ำ ด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบริหารจัดการน้ำ และนำไปใช้เป็นกรณีศึกษาเพื่อใช้ในการพัฒนาลุ่มน้ำในพื้นที่อื่น ๆ ได้ในอนาคต จนกระทั่งสามารถนำไปพัฒนาวิธีการคำนวณและควบคุมปริมาณน้ำล่วงหน้า ทำให้การพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้นกว่าเดิม เพื่อ ช่วยป้องกัน บรรเทา และเตือนภัยได้ทันกาลในสภาวะเหตุการณ์จริง

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะนำเสนอขั้นตอนวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญของตัวแปรที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบ หาวิธีที่ดีที่สุดด้วยวิธีการดังนี้

1. ศึกษาผลงานเอกสาร และ รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้แก่ ข้อมูลสถิติปริมาณน้ำท่า แผนที่ ลักษณะภูมิประเทศ ธรรมชาติการไหลของน้ำท่าในพื้นที่ และบริเวณใกล้เคียงสถานที่ที่จะทำการคาดการณ์

2. คัดเลือกสถานที่ที่จะทำการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่ารายวัน จากกรมชลประทาน โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกสถานที่ที่จะนำมาวิเคราะห์ดังนี้ สถานที่ที่จะทำการคาดการณ์ปริมาณน้ำรายวันล่วงหน้า ควรจะเป็นสถานที่ที่มีความสำคัญ และเป็นตัวแทนของลำน้ำในลุ่มน้ำหลัก เป็นจุด

ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย หรือเป็นจุดที่มีความสำคัญต่อการเตือนภัย สถานีควรมีช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูลที่ยาวนานต่อเนื่อง และไม่ขาดหาย สถานีที่เลือกมาทำการคาดการณ์ควรเป็นสถานีที่มีความมั่นคงในเรื่องตำแหน่งที่ตั้ง ไม่มีการเคลื่อนย้ายสถานีมีการจัดเก็บข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง

3. นำตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้มาผ่านวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญด้วยวิธีการต่าง ๆ นำผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการดังกล่าวมาพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ และ การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

4. วิเคราะห์ข้อมูลและประมวผล ค่าที่ได้จากการพยากรณ์และค่าที่เกิดขึ้นจริง หลังจากนั้นวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์โดยการคำนวณค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าพยากรณ์กับค่าที่วัดได้จริง

5. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์แต่ละวิธีด้วยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าพยากรณ์กับค่าที่วัดได้จริง เพื่อหาวิธีที่เหมาะสม

โดยในการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น จะใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ได้แก่ โปรแกรม WEKA, MICROSOFT EXCEL และโปรแกรม MATLAB

1.7 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท ดังนี้

บทที่ 1 บทนำประกอบด้วยความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และวิธีการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา และวิธีในการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญ วิธีต่าง ๆ

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ประกอบด้วย

1. ผลการวิเคราะห์การคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญด้วยวิธีการต่าง ๆ

2. ผลการคำนวณค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าพยากรณ์กับค่าที่วัดได้จริง ของตัวแบบที่ได้จากวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญวิธีต่าง ๆ

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ในการศึกษาต่อในอนาคต

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในเรื่องการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญ

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจะแบ่งออกเป็น ส่วนของการเตรียมข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย การทำความสะอาดข้อมูล การแปลงเวฟเลิต การคำนวณค่าสหสัมพันธ์แบบไขว้ และการวิเคราะห์ความถดถอยพหุ ส่วนของแบบจำลองแบ็กพรอพาเกชัน ส่วนของวิธีการประเมินตัวแบบ วิธีการประเมินความแม่นยำด้วย วิธีการไขว้ข้าม k กลุ่ม ส่วนของเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย การคำนวณค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าพยากรณ์และค่าที่วัดได้จริง

2.1.1 การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning)

การเติมค่าข้อมูลที่ขาดหาย เนื่องจากข้อมูลที่ได้มาในแต่ละปีอาจมีข้อมูลบางส่วนที่ไม่สมบูรณ์ เช่น มีค่าผิดพลาด (Missing value) หรือมีค่าขาดหาย โดยอาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก อุปกรณ์วัดทำหน้าที่ผิดพลาด ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการลบข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลอื่น ๆ ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการไม่ได้ใส่ค่าข้อมูลเนื่องมาจากการเข้าใจผิดหรือคิดว่าไม่สำคัญ (Noisy Data) การจัดการกับข้อมูลขาดหายกรณีค่าที่เป็นจำนวนจะใช้ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะของตัวอย่างที่จัดอยู่ในประเภทเดียวกัน เพื่อเติมค่าข้อมูลที่ขาดหาย เช่น เติมค่าข้อมูลปริมาณน้ำจากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำที่อยู่ในกลุ่มสถานีเดียวกัน กรณีเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่อง จะทำการแทนค่าด้วยค่าฐานนิยมที่อยู่ในกลุ่มสถานีเดียวกัน

2.1.2 การแปลงค่าข้อมูล (Data Transformation)

เป็นขั้นตอนการปรับขอบเขตของข้อมูลให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้สอนโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งเป็นการลดค่าของข้อมูลให้อยู่ในขอบเขตที่น้อยลงเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยเป็นการแปลงข้อมูลเชิงเส้นจากช่วงเดิมให้เป็นช่วงของข้อมูลใหม่ที่กำหนดโดยปกติจะเป็นช่วง $[0,1]$ การแปลงค่า Min Max Normalization ข้อมูลดังสมการ ที่ 2.1

$$V' = \frac{V - MIN_{old}}{MAX_{old} - MIN_{old}} \quad (2.1)$$

โดยที่ V' = ค่าของข้อมูลใหม่ที่คำนวณได้

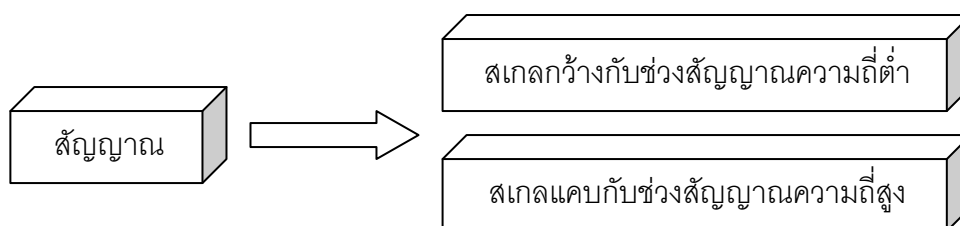
V = ค่าของข้อมูลเดิม

MIN_{old} = ค่าของข้อมูลเดิมที่มีค่าต่ำสุด

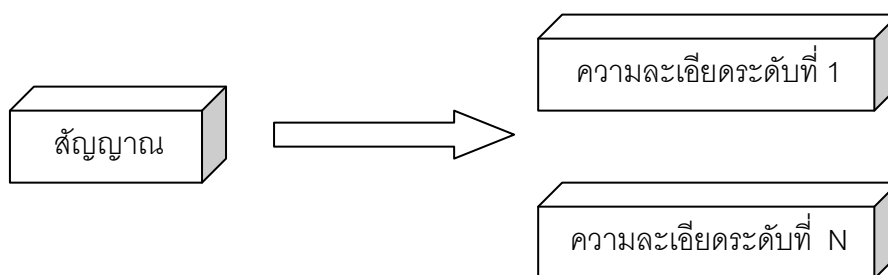
MAX_{old} = ค่าของข้อมูลเดิมที่มีค่าสูงสุด

2.1.3 การแปลงเวฟเล็ต (Wavelet Transform)

คลื่นถูกนิยามให้เป็นฟังก์ชันที่อยู่ในรูปแบบของโดเมนความถี่ เช่น คลื่นไซน์ (Sine wave) เป็นต้น ส่วนเวฟเล็ตก็เป็นคลื่นเช่นกัน ในการวิเคราะห์สัญญาณหรือฟังก์ชันเช่นการวิเคราะห์ฟูเรียร์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์คลื่นโดยกระจายสัญญาณหรือฟังก์ชันในเทอมของไซน์หรือเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งเป็นการวิเคราะห์สัญญาณในโดเมนความถี่ ซึ่งแตกต่างจากการวิเคราะห์เวฟเล็ตเป็นการวิเคราะห์สัญญาณในโดเมนเวลาและความถี่ไปพร้อม ๆ กัน เวฟเล็ตสามารถนำมาใช้ในการกระจายอนุกรมของสัญญาณ การแปลงเวฟเล็ตของสัญญาณจะแสดงในภาพของผลรวมสัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximated Version) และ องค์ประกอบความถี่สูง (Detailed Version) ในระดับต่าง ๆ โดยจะมีค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ทำหน้าที่เป็นค่าน้ำหนักขององค์ประกอบความถี่แต่ละระดับ ดังภาพ 2.1 และ 2.2 เมื่อพิจารณาคลื่นเวฟเล็ต $\psi(t)$ หมายถึงคลื่นสัญญาณเล็ก ๆ ที่เหมาะสำหรับเป็นเซตฟังก์ชันพื้นฐานของสเปซฟังก์ชัน (function spaces) ซึ่งเป็นคลื่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ และมีแอมพลิจูดลดลงสู่ศูนย์อย่างรวดเร็ว ดังนั้นเวฟเล็ตจึงสามารถแทนเหตุการณ์ที่เปลี่ยนตามเวลาด้วยเทอมฟังก์ชันพื้นฐาน (basis function) ในการสร้างเซตเวฟเล็ต คลื่นเวฟเล็ตจะถูกยืดขยาย (dilation) หรือเปลี่ยนความถี่ และคลื่นเวฟเล็ตที่ถูกยืดขยายยังถูกเลื่อน ในแกนเวลาอีกด้วย ซึ่งคุณสมบัติทั้งสองอย่างเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์แบบหลายระดับความละเอียด การวิเคราะห์แบบนี้เป็นการกระจายรายละเอียดของสัญญาณจะถูกกระจายไปที่ความถี่ต่าง ๆ และตำแหน่งต่าง ๆ เปรียบเหมือนคลื่นของเสียงดนตรีที่ถูกกระจายเป็นตัวโน้ตบนเส้นของระดับเสียง



ภาพที่ 2.1 คุณสมบัติการปรับสเกลของฟังก์ชันเวฟเล็ต



ภาพที่ 2.2 การวิเคราะห์สัญญาณด้วยฟังก์ชันเวฟเล็ต

ดังนั้นในการอธิบายสัญญาณใด ๆ ด้วยการแปลงเวฟเล็ตจึงทำได้โดยนำกลุ่มของเวฟเล็ตที่มีโครงสร้างแบบฟังก์ชันเดียวกันเป็นตัวอธิบายซึ่ง ฟังก์ชันนี้จะเป็นฟังก์ชันต้นกำเนิดที่เรียกว่าเวฟเล็ตแม่ (Mother Wavelet) โดยที่คลื่นเวฟเล็ตแต่ละอันในกลุ่มจะเกิดจากการปรับสเกล (Scale ; a) หรือ การแสดงการยืดหรือหดตัวของเวฟเล็ตแม่นั้นเอง ส่วนการเลื่อนตำแหน่ง (Translation or Shifting ; b) จะเป็นการแสดงตำแหน่งบนแกนเวลา โดยจะสามารถเขียนสมการของเวฟเล็ตได้ ดังนี้

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2.2)$$

ψ คือ ฟังก์ชันของเวฟเล็ตแม่ที่มีการปรับสเกล

a คือ พารามิเตอร์ของการปรับสเกล (Scaling)

b คือ พารามิเตอร์การเลื่อนตำแหน่ง (Shifting)

จากสมการจะมีการปรับค่าเพื่อให้สัญญาณที่ได้หลังจากปรับสเกลแล้วมีค่าเท่ากับเวฟเล็ตแม่

เสมอด้วย $\frac{1}{\sqrt{a}}$

2.1.3.1 การปรับสเกลของฟังก์ชันเวฟเล็ต

การนำข้อมูลใด ๆ มาผ่านกระบวนการแปลงเวฟเล็ตก็เปรียบเหมือนการแตกกระจายข้อมูลนั้นออกมา ดังเช่นเวฟเล็ตแม่ที่มีการปรับสเกลและตำแหน่งที่แตกต่างกันไป ซึ่งโดยทั่วไปนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือการแปลงเวฟเล็ตแบบต่อเนื่อง (Continuous Wavelet Transform; CWT) และการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย (Discrete Wavelet Transform; DWT) ซึ่งต้องใช้หลักการของ การวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายระดับความละเอียด และการวิเคราะห์แบบตัวกรองสัญญาณ (Filter Bank Analysis)

2.1.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายระดับความละเอียด

วิธีวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายระดับความละเอียด เป็นวิธีวิเคราะห์ข้อมูลที่เลือกระดับความละเอียดได้โดยการนำข้อมูลเล็ก ๆ ที่ปรับค่าตามสเกล a ซึ่งมี b หลาย ๆ ตำแหน่งมารวมกัน เกิดเป็นข้อมูลที่ระดับความละเอียดที่เลือกไว้ และเมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมารวมกันแล้ว จะทำให้ได้ข้อมูลต้นแบบดั้งเดิมคืนมา ซึ่งหลักการในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายระดับความละเอียดนั้น สามารถอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีของสเปซเวกเตอร์ (Space Vector) โดยสเปซเวกเตอร์คือสเปซของข้อมูลที่เกิดจากการรวมกันของข้อมูลย่อย ๆ ที่เรียกว่าฟังก์ชันพื้นฐาน ซึ่งเมื่อกำหนดให้ V เป็นสเปซเวกเตอร์ที่มี j แสดงถึงระดับความละเอียด และจำนวนฟังก์ชันพื้นฐานที่ประกอบกันขึ้นเป็นฟังก์ชันนั้นแล้ว สามารถเรียกฟังก์ชันนี้ว่า ฟังก์ชันของการปรับความละเอียด (สเกลลิงฟังก์ชัน ; $\Phi(t)$) ซึ่งการปรับค่าความละเอียดจะปรับตามค่าความถี่ โดยถ้าช่วงความถี่ต่ำระดับความละเอียดก็จะอยู่ในระดับที่ต่ำ เช่นเดียวกับช่วงความถี่สูงระดับความละเอียดก็จะอยู่ในระดับที่สูงด้วย โดยพบว่าในการปรับระดับความละเอียดลดลงมาหนึ่งระดับฟังก์ชันพื้นฐานจะมีความถี่ลดลงครึ่งละ 2 เท่า โดยเมื่อใช้คุณสมบัติของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายระดับความละเอียดแล้วจะสามารถวิเคราะห์ข้อมูล $f(t)$ ที่ไปอยู่สเปซที่ระดับ j ดังนี้

$$f_j(t) = \sum_k C_k^j \Phi_k^j(t) \quad (2.3)$$

โดยกำหนดให้ C_k^j คือค่าสัมประสิทธิ์การปรับระดับความละเอียด j ณ ตำแหน่งที่ k ไต ๆ

j คือ ระดับความละเอียด

k คือ ตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์ในข้อมูล

ซึ่งจากสมการที่ 2.2 พบว่าเมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ C_k^j ที่ได้คูณกับฟังก์ชันการปรับระดับความละเอียดที่ตำแหน่ง k ไต ๆ ที่ระดับความละเอียด j จะทำให้ได้ $f(t)$ ซึ่งก็คือข้อมูลต้นฉบับกลับคืนมา ในการวิเคราะห์ที่ระดับความละเอียดที่ต่ำลงอีก

การวิเคราะห์หลายระดับความละเอียด Square integral ; $L^2(R)$ ได้นิยามลำดับของสเปซย่อย V_j ดังนี้

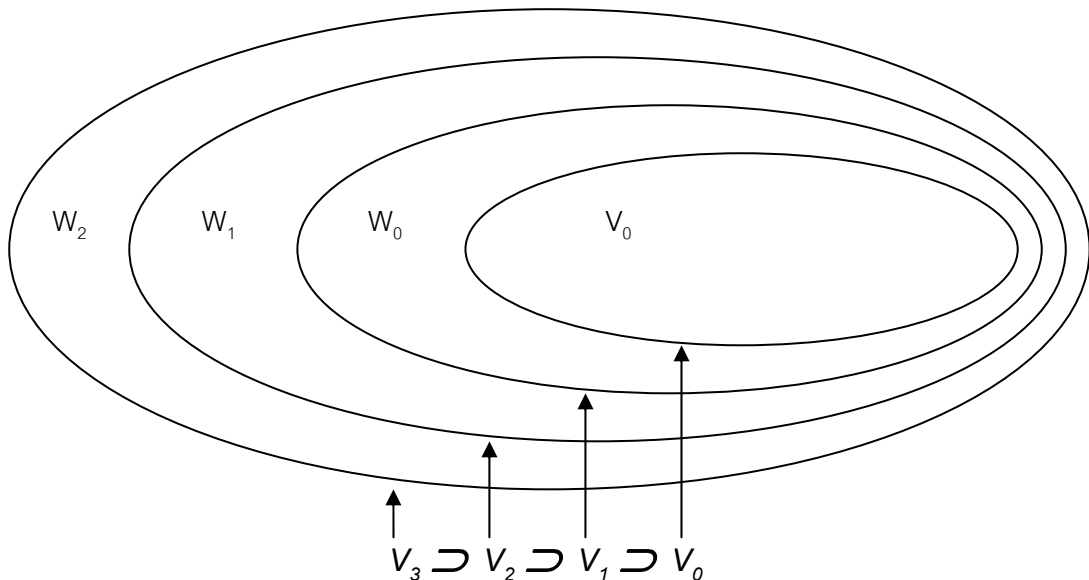
$$(1). \dots \subset V_{-1} \subset V_0 \subset V_1 \subset \dots \subset L^2(R)$$

$$(2). \bigcap_j V_j = \{0\}, \overline{\bigcup_j V_j} = L^2(R)$$

$$(3). f(t) \in V_j \Leftrightarrow f(2t) \in V_{j+1}$$

$$(4). f(t) \in V_0 \Rightarrow f(t-k) \in V$$

จากนิยามข้อที่ (1) สเปซย่อย V_j จะเป็นสับเซตของ สเปซย่อย $V_j + V_{j+1}$ ดังภาพประกอบ



ภาพที่ 2.3 เวกเตอร์สเปซย่อยตามนิยามการวิเคราะห์แบบหลายระดับความละเอียด

จากนิยามข้อที่ (2) ฟังก์ชันจะถูกประมาณที่ระดับความละเอียดที่ต่ำที่สุดคือที่ระดับ $j \rightarrow -\infty$ คือจะได้ $\lim_{j \rightarrow -\infty} V_j \rightarrow L^2(R)$ ในทางกลับกันเมื่อเพิ่มรายละเอียดจนถึงที่ระดับความละเอียดอนันต์ เราจะได้ข้อมูลกลับคืนมา $\lim_{j \rightarrow \infty} V_j \rightarrow L^2(R)$

นิยามข้อที่ (3) เวกเตอร์สเปซ V_j จะขยายเสกเกล จากเวกเตอร์ V_0 เนื่องจากที่ระดับความละเอียด $J+1$ จะมีระดับความละเอียดที่สูงกว่าความละเอียด J ดังนั้นความถี่ใน V_{j+1} จะมีความถี่เป็นสองเท่าของ V_j

นิยามข้อที่ (4) ถ้าเวกเตอร์สเปซย่อย V_0 มีฟังก์ชัน $f(t)$ แล้วฟังก์ชัน $f(t)$ ที่ถูกเลื่อนคือ $f(t-k)$

ปริภูมิเวกเตอร์เวฟเล็ต (Wavelet Vector Space; W^j) ซึ่งจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันเวฟเล็ต (Wavelet function; $\psi(t)$) สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\psi_k^j(t) = \frac{1}{\sqrt{2^j}} \psi(2^j t - k) \quad (2.4)$$

ซึ่งกำหนดให้ $g_j(t)$ เป็นข้อมูลที่เกิดจากฟังก์ชันเวฟเล็ตภายในปริภูมิเวกเตอร์ (Vector Space) เดียวกันมารวมกันเป็นข้อมูลเดียวกันจะได้ดังนี้

$$g_j(t) = \sum_k d_k^j \psi_k^j(t) \quad (2.5)$$

กำหนดให้ d_k^j คือค่าสัมประสิทธิ์จากการปรับระดับความละเอียด j ณ ตำแหน่งที่ k ใดๆ เพื่อเกิดเป็นข้อมูล $g_j(t)$ จากความสัมพันธ์ $V^{j-1} \oplus W^{j-1} = V^j$ เมื่อ \oplus แทนการบวกเชิงตั้งฉาก และ W^j คือ ปริภูมิเวกเตอร์เวฟเล็ต หมายความว่าผลคูณภายในของแต่ละส่วนใน V^{j-1} กับแต่ละส่วนใน W^{j-1} จะมีค่าเป็นศูนย์ จะได้ดังนี้

$$f_j(t) = f_{j-1}(t) + g_{j-1}(t) \quad (2.6)$$

เราสามารถแตกกระจายให้ $f(t)$ ให้มีความละเอียดหยাবลงได้จากความสัมพันธ์ของ $V^{j-1} \oplus W^{j-1} = V^j$ เราสามารถแตกกระจายให้มีความละเอียดหยাবจน $j = 0$ ดังสมการ

$$V^j = V^0 \oplus W^0 \oplus W^1 \oplus W^2 \oplus \dots \oplus W^{j-1} \quad (2.7)$$

สามารถเขียนแสดงลักษณะของข้อมูลต้นฉบับ $f(t)$ ในรูปฟังก์ชันการปรับความละเอียดได้ดังนี้

$$f(t) = f_0 + g_0 + g_1 + \dots + g_{j-1} \quad (2.8)$$

สามารถเขียนแสดงลักษณะของข้อมูลต้นฉบับ $f(t)$ ในรูปฟังก์ชันเวฟเล็ตได้ดังนี้

$$f(t) = \sum_k c_k^0 \Phi_k^0(t) + \sum_{j=0}^{j-1} \sum_k d_k^j \psi_k^j(t) \quad (2.9)$$

ดังนั้นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตสามารถคำนวณได้จาก การทำโปรเจกชัน (PROJECTION) ดังสมการ

$$c_k^j = \langle f(t), \Phi_k^j(t) \rangle \quad (2.10)$$

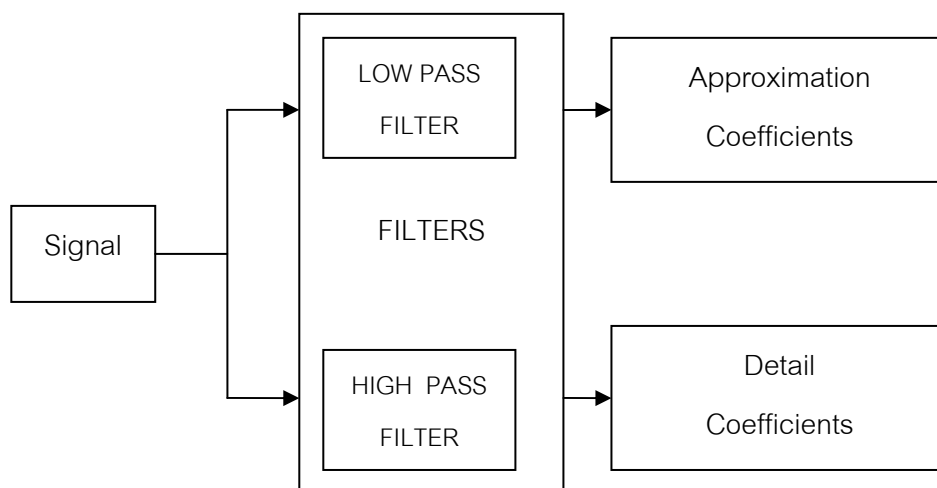
$$d_k^j = \langle f(t), \Psi_k^j(t) \rangle \quad (2.11)$$

โดย \langle , \rangle คือการทำการคูณภายใน (INNER PRODUCT)

เมื่อทำการแตกกระจายข้อมูล $f(t)$ จนถึงระดับความละเอียดที่ j สัมประสิทธิ์ C_k^j จะถูกแตกออกเป็น สัมประสิทธิ์ C_k^0 และในส่วนของ $d_k^{j-1}, \dots, d_k^1, d_k^0$ ในระดับความละเอียดต่าง ๆ กัน ซึ่งกระบวนการดังกล่าวก็คือ ลักษณะของการแปลงเวฟเล็ตแบบเติมหน่วยนั่นเอง

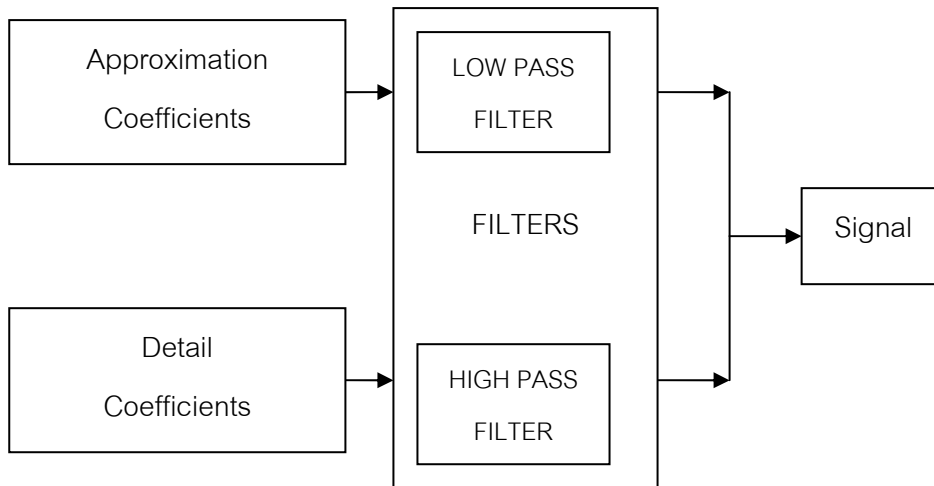
วิธีวิเคราะห์แบบตัวกรองข้อมูลนั้น จะใช้วิธีการแยกข้อมูลด้วยเวฟเล็ต(Wavelet Decomposition) ทำการแยกข้อมูลต้นฉบับ เป็น 2 ส่วน คือส่วนที่มีความถี่ต่ำกับส่วนที่มีความถี่สูง โดยจะใช้ตัวกรองความถี่ต่ำ สำหรับแยกองค์ประกอบส่วนที่มีความถี่ต่ำ และใช้ตัวกรองความถี่สูง สำหรับแยกองค์ประกอบความถี่สูง โดยข้อมูลที่ได้มานั้นจะผ่านการลดอัตราสุ่มลง (Down Sampling) ด้วย 2 ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์จากการ วิเคราะห์ลดลงครึ่งหนึ่ง ในการวิเคราะห์แต่ละขั้น โดยสรุปคือ เมื่อนำข้อมูลต้นฉบับมาผ่านการ วิเคราะห์ด้วยการแปลงเวฟเล็ตแบบเติมหน่วยแล้ว จะทำให้ข้อมูลต้นฉบับถูกแยกองค์ประกอบ ด้วยตัวกรองความถี่สูงและตัวกรองความถี่ต่ำ ซึ่งจะแยกความถี่ได้ตามช่วงที่ต้องการ และผลที่ได้จะถูกลดอัตราสุ่มครึ่งหนึ่งทำให้ได้ข้อมูลเป็นสองส่วนคือ

1. ข้อมูลองค์ประกอบความถี่ต่ำ ที่เรียกว่า "Approximation" สัมประสิทธิ์การประมาณ (Approximation Coefficients)
2. ข้อมูลองค์ประกอบความถี่สูง ที่เรียกว่า "Detail" สัมประสิทธิ์รายละเอียด (Detail Coefficients) ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การแยกข้อมูลโดยตัวกรองแบบสองช่องสัญญาณ

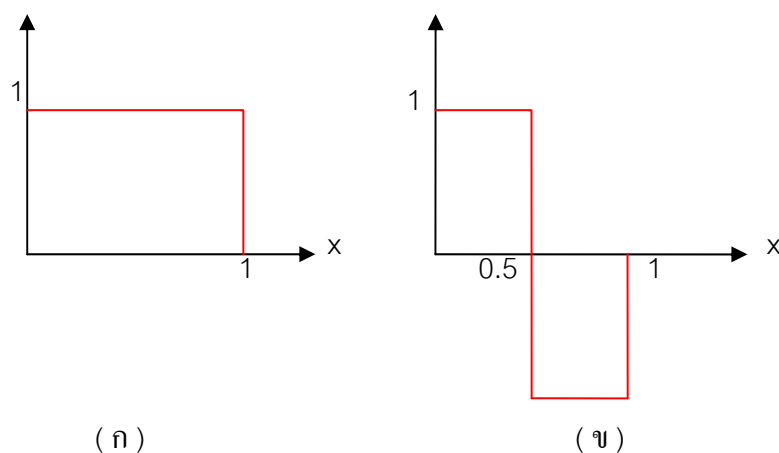
ในโครงสร้างที่กลับกัน การวิเคราะห์การรวมกลับข้อมูลด้วยเวฟเล็ต (Wavelet Reconstruction) จะนำส่วนของข้อมูลความถี่สูงและความถี่ต่ำมารวมกัน เป็นข้อมูลต้นฉบับได้ โดยได้แสดงกระบวนการดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การแปลงกลับข้อมูลด้วยตัวกรองแบบสองช่องสัญญาณ

2.1.3.3 เวฟเล็ตตระกูลฮาร์ (Haar Wavelet)

เวฟเล็ตตระกูลฮาร์ ถูกพัฒนาขึ้นโดย อัลเฟรด ฮาร์ (Alfred Haar) เวฟเล็ตตระกูลฮาร์ เป็นเวฟเล็ตที่มีความไม่ต่อเนื่องคล้ายฟังก์ชันขั้นบันได ดังภาพที่ 2.6 เวฟเล็ตตระกูลฮาร์นี้ เป็นชนิดเดียวกับเวฟเล็ตตระกูลคูบีซี 1 (Daubechies 1)



ภาพที่ 2.6 (ก) ฮาร์ สเตปฟังก์ชัน (ข) ฮาร์เวฟเล็ตฟังก์ชัน

เวฟเล็ตตระกูลฮาร์ ประกอบด้วยสเกลลิง ฟังก์ชัน ($\Phi(x)$) และ เวฟเล็ตฟังก์ชัน ($\Psi(x)$) ดังสมการ

$$\Phi(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } 0 \leq x < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.12)$$

$$\psi(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } 0 \leq x < 0.5 \\ -1 & \text{if } 0.5 \leq x < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.13)$$

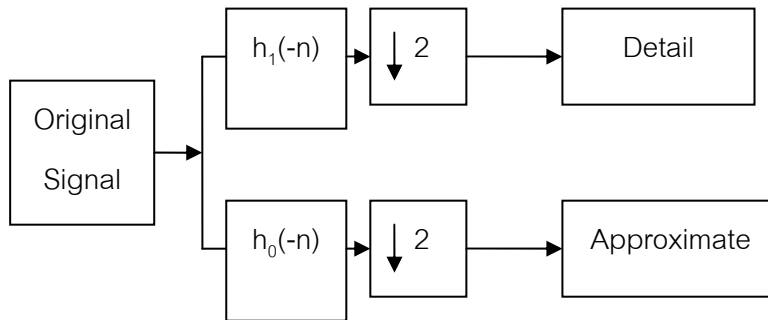
ฮาร์เวฟเล็ตมี เวฟเล็ตแม่เป็น $\psi_{j,k}(x) = 2^{\frac{j}{2}} \psi(2^j x - k)$ โดยเวฟเล็ตแม่จะมีฟังก์ชันสเกล (Φ) ที่ใช้สร้างปริภูมิหลายความถี่ขึ้นมา (Multi Resolution Spaces) ดังนี้

$\phi_{j,k}(t) = \sqrt{2^j} \phi(2^j t - k)$ โดยที่ $-\infty < j < \infty$, $-\infty < k < \infty$ ดังนั้นสเกลของฟังก์ชันคือ $1/2^j$ และ อยู่ที่ตำแหน่ง $K/2^j$

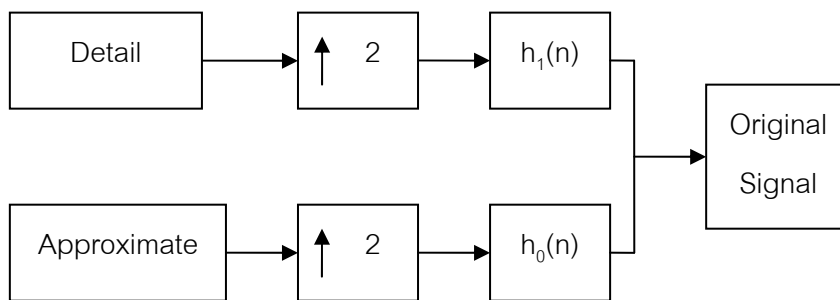
กรณีที่มีสเกลด้านเวลาสองค่าแตกต่างกัน สูตรพื้นฐานที่เรียกว่าสมการสองสเกล และให้ผลเป็นตัวกรองหนึ่งตัว คือ $\phi(t) = \sum_n h_0(n) \sqrt{2} \phi(2t - 1)$ โดยมี h_0 เป็นสัมประสิทธิ์ตัวกรอง เช่น

ฮาร์เวฟเล็ตที่มีฟังก์ชันสเกลที่เป็นฟังก์ชันสี่เหลี่ยมหนึ่งหน่วยที่มีความล่าช้า (delay) เป็น $1/2$ ดังนั้น สเกลของฟังก์ชันคือ $1/2^j$ และ อยู่ที่ตำแหน่ง $K/2^j$ ไปถึง $(k+1)/2^j$ จะได้ตัวกรองของฟังก์ชันสเกลเป็น $h_0 = [\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}}]$ เช่นเดียวกัน จะได้ตัวกรองของฮาร์เวฟเล็ตเป็น $h_1 = [\frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}}]$

การแปลงฮาร์เวฟเล็ตในมุมมองของการวิเคราะห์หลายความถี่ซึ่งเป็นการแตกข้อมูลไปเป็นค่าส่วนประมาณ และค่าส่วนละเอียด นั้น โดยตามหลักการแล้วใช้การวิเคราะห์โดยใช้พื้นฐานจาก สเกลลิงฟังก์ชัน และเวฟเล็ตฟังก์ชัน แต่ ในทางปฏิบัติเราจะสมมติว่าข้อมูลประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ส่วนประมาณค่า และค่าสัมประสิทธิ์ส่วนรายละเอียดสามารถคำนวณได้จากหลักการของชุดตัวกรองข้อมูล



ภาพที่ 2.7 การแยกข้อมูลโดยใช้ฮาร์เวฟเล็ตสองตัวกรองสัญญาณ



ภาพที่ 2.8 การแปลงกลับข้อมูลโดยใช้ฮาร์เวฟเล็ตสองตัวกรองสัญญาณ

โดย h_0 คือตัวกรองความถี่ต่ำ และ h_1 คือตัวกรองความถี่สูง ดังนั้นจึงสามารถอธิบายเวฟเล็ตเป็นการทำงานของตัวกรองข้อมูลและทำการลดอัตราสุ่มลงครึ่งหนึ่ง และเมื่อต้องการสังเคราะห์ข้อมูลกลับคืนมานั้นจึงต้องเพิ่มอัตราสุ่มขึ้น (Up Sampling) เพื่อทำการกรองข้อมูลกลับ

ตัวอย่างการคำนวณด้วย ฮาร์เวฟเล็ตให้ข้อมูลต้นฉบับ = 2,5,8,9 โดยอัลกอริทึมฮาร์เวฟเล็ตจะทำการแยกข้อมูลในระดับความละเอียดที่หนึ่งดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Level 1} &= \frac{(2+5,8+9)}{\sqrt{2}}, \frac{(2-5,8-9)}{\sqrt{2}} \\ &= \left(\frac{7}{\sqrt{2}}, \frac{17}{\sqrt{2}}, \frac{-3}{\sqrt{2}}, \frac{-1}{\sqrt{2}} \right) \end{aligned}$$

นำส่วนที่เป็นสัมประสิทธิ์การประมาณมาทำการคำนวณในระดับความละเอียดระดับที่สอง ดังนี้

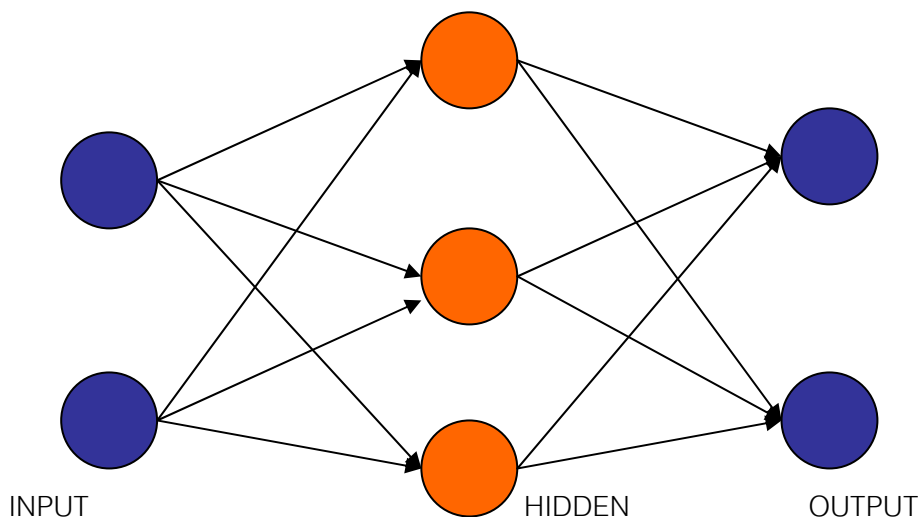
$$\text{Level 2} = \frac{(7+17,7-17)}{\sqrt{2}}, \frac{-3}{\sqrt{2}}, \frac{-1}{\sqrt{2}}$$

ดังนั้นจะได้ผลลัพธ์จากการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตดังนี้

$$= \left(\frac{24}{\sqrt{2}}, \frac{-10}{\sqrt{2}}, \frac{-3}{\sqrt{2}}, \frac{-1}{\sqrt{2}} \right)$$

2.1.4 โครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural Networks)

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural networks ; ANNs) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการเรียนรู้ของเครื่อง ที่จำลองการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ ด้วยวัตถุประสงค์ ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้ การจดจำแบบ (Pattern Recognition) และการอุปมาความรู้ (Knowledge deduction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ เนื่องจากมนุษย์มีความพยายามที่จะแก้ปัญหาที่ยากแก่การพิสูจน์ ซึ่งสามารถที่จะใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณและแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วกว่าการคำนวณจากมนุษย์ ในการทำงานของสมองมนุษย์นั้นจะประกอบไปด้วยเซลล์ประสาท (Neurons) และจุดประสานประสาท (synapses) ในแต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายประสาทในการรับกระแสประสาท เรียกว่า "เดนไดรต์" (Dendrite) ซึ่งเป็นอินพุต และการส่งกระแสประสาทเรียกว่า "แอกซอน" (Axon) ซึ่งเป็นเหมือนผลลัพธ์ของเซลล์ เซลล์เหล่านี้ทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่นิวเคลียสซึ่งจะเป็นตัวตัดสินใจว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อหรือไม่ เมื่อมีการกระตุ้นกระแสไฟฟ้าเคมีมายังเซลล์ประสาท จะเกิดการประมวลผลที่เซลล์ประสาทและส่งผลลัพธ์ที่ได้ไปยังนิวรอน ที่เชื่อมต่อนั้นจะทำการประมวลผลและส่งต่อจนได้ผลลัพธ์ออกมา ในแบบจำลองนิวรอนเน็ตเวิร์ก จะประกอบไปด้วยนิวรอน จำนวนมากมายที่มีการเชื่อมต่อกัน และทำงานร่วมกันเป็นข่ายงานประสาท



ภาพที่ 2.9 แบบจำลองนิวรอนเน็ตเวิร์กแบบง่าย

โครงข่ายประสาทเทียมถูกนำมาใช้คาดการณ์ และทำนายทางแหล่งน้ำกันอย่างมากโดยระบบโครงข่ายประสาทเทียม ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของโมเดล กล่องดำ (black box model) ซึ่งไม่จำเป็นต้อง

ให้ความสำคัญกับกระบวนการทางอุทกวิทยา และทางชลศาสตร์ ก็สามารถทำนายปริมาณน้ำได้อย่างแม่นยำ ต่างจากแบบจำลองกลุ่มอื่นที่ต้องอาศัยข้อมูล และความสัมพันธ์ของข้อมูลจำนวนมากมาใช้ (เสรี สุภราทิตย์, 2544) ก่อนที่โครงข่ายประสาทเทียมจะจดจำหรือทำงานได้ ต้องมีขั้นตอนในการเรียนรู้ (Training) ก่อน ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมที่จะนำมาใช้งานได้นั้นต้องมีค่าน้ำหนักที่เหมาะสม ดังนั้นกระบวนการเรียนรู้ก็คือกระบวนการปรับค่าน้ำหนัก (weight) ในการส่งผ่านระหว่าง เซลล์ประสาทของโครงข่ายประสาทเทียมให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการนั่นเอง ในการศึกษานี้จะใช้การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบมีผู้สอน เช่น การเรียนรู้แบบแพร่กลับ ซึ่งเป็นที่นิยมกันโดยทั่วไป ถูกพัฒนาโดย Rumelhart และ McClelland (1986 และ 1988) สำหรับเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต และเอาต์พุตที่ใช้ ชั้นซ่อนมากกว่าชั้นเดียว ซึ่งหลักการทำงานของ การเรียนรู้แบบแพร่กลับ เป็นการเรียนรู้จากชุดเรียนรู้เพื่อหาค่าน้ำหนัก ที่เหมาะสมจากนั้นนำผลที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมาย หากผลที่ได้ยังไม่ดี ก็จะนำค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นย้อนกลับไปปรับแก้แบบจำลองอีกครั้ง จนกว่าผลที่ได้จากแบบจำลองจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าเป้าหมาย การเรียนรู้แบบแพร่กลับ มีภาพแบบง่าย ๆ ซึ่งประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ อย่างน้อย 3 ชั้น ซึ่งใน แต่ละชั้นจะมีรายละเอียดดังนี้

1. ชั้นข้อมูลเข้า (Input Layer) ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้าจะมีเพียง 1 ชั้น
2. ชั้นซ่อนหรือชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามาทำการประมวลผล ข้อมูลมีอย่างน้อย 1 ชั้น
3. ชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) ทำหน้าที่รับข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลแล้ว จากชั้นข้อมูลสุดท้ายของชั้นซ่อนมีเพียง 1 ชั้น

2.1.4.1 อัลกอริทึมการเรียนรู้แบ็กพรอพาเกชัน

อัลกอริทึมการเรียนรู้แบ็กพรอพาเกชัน มีขั้นตอนดังนี้ในการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก จะเริ่มต้นด้วยค่าตัวเลขสุ่มที่มีจำนวนน้อย ๆ ให้กับค่าถ่วงน้ำหนัก โดยแต่ละโหนด (unit) จะมีค่าไบแอส (bias) ในแต่ละตัวของชั้นโหนดนั้น ซึ่งค่าไบแอสจะเริ่มต้นด้วยตัวเลขสุ่มค่าน้อย ๆ ในครั้งแรกแถวข้อมูลที่มีการเรียนรู้จะถูกนำเข้าไปในชั้นเน็ตเวิร์ก ข้อมูลอินพุตจะผ่านเข้าไปในโหนดอินพุต (input unit) ที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในชั้นของอินพุตและเอาต์พุต ในแต่ละโหนด (unit) ส่วนชั้นซ่อนและชั้นผลลัพธ์จะถูกคำนวณ โดยชั้นโหนดอินพุต และชั้นซ่อนหรือชั้นผลลัพธ์จะถูกคำนวณด้วยความสัมพันธ์เชิงเส้นของอินพุต การคำนวณในชั้นโหนดอินพุต แต่ละอินพุตจะเชื่อมต่อไปยังโหนดที่เป็นแบบหลายชั้นด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก และจะเก็บผลรวมให้โหนด ในชั้นซ่อนหรือชั้นเอาต์พุต โดยที่ชั้นอินพุต แทนด้วย I_j ที่โหนด j จะได้ดังนี้

$$I_j = \sum_i W_{ij} O_i + \theta_j \quad (2.14)$$

โดยที่ W_{ij} แทนค่าน้ำหนักของการเชื่อมต่อกันจากโหนด i ในชั้นก่อนหน้าของโหนด j
 O_i แทนโหนดเอาต์พุตของ i จากชั้นก่อนหน้า
 θ_j แทนไบแอสของโหนด

ค่าไบแอสจะเป็นค่าขีดแบ่ง (threshold) นั่นคือมีหลายค่าจากการกระตุ้นของโหนดแต่ละโหนดในชั้นซ่อน และชั้นเอาต์พุตที่มาจากข้อมูลในชั้นอินพุตเมื่อถูกฟังก์ชันกระตุ้น (activation function) เข้าไปที่นิวรอนที่เป็นโหนดคือฟังก์ชันโลจิสติกหรือฟังก์ชันซิกมอยด์จะถูกใช้ในโหนดเอาต์พุต ของโหนด j จะได้ดังนี้

$$O_j = \frac{1}{1 + e^{-T_j}} \quad (2.15)$$

ค่าความผิดพลาดของแบ็กพรอพagation แบบย้อนกลับ ด้วยการปรับน้ำหนัก และไบแอสที่มีผลกระทบต่อภาระงานของเครือข่าย สำหรับโหนด j ในชั้นผลลัพธ์ค่าความผิดพลาดคำนวณโดย

$$Err_j = O_j(1 - O_j)(T_j - O_j) \quad (2.16)$$

โดยที่ O_j เป็นค่าเอาต์พุตจริงที่ได้จากเน็ตเวิร์กของโหนด j

T_j เป็นค่าเอาต์พุตเป้าหมายที่เกิดขึ้นของข้อมูลฝึก

การคำนวณในค่าความผิดพลาดชั้นซ่อนโหนด j ค่าน้ำหนักผลรวมของค่าความผิดพลาดของโหนดที่เชื่อมต่อกับโหนด j ในชั้นต่อไปที่ถูกพิจารณาค่าความผิดพลาดของชั้นซ่อนโหนด j คือ

$$Err_j = O_j(1 - O_j) \sum_k Err_k w_{jk} \quad (2.17)$$

โดยที่ w_{jk} เป็นค่าน้ำหนักของการเชื่อมต่อกันจากโหนด j ถึงโหนด k ในชั้นที่สูงขึ้น

Err_k เป็นค่าความผิดพลาดของโหนด k

ค่าน้ำหนักและไบแอสจะถูกปรับที่มีผลต่อค่าความผิดพลาดของการแพร่กลับ (propagated error) โดยค่าถ่วงน้ำหนักจะถูกปรับตามสมการคือ

$$W_{ij} = w_{ij} + (l)Err_j O_i \quad (2.18)$$

ตัวแปร l คืออัตราการเรียนรู้ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 การเรียนรู้แบบแบ็กพรอพagation ย้อนกลับจะใช้วิธีการหาภาพแบบของการเคลื่อนลงตามความชัน (gradient descent method) เพื่อให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าต่ำสุด สำหรับการค้นหาชุดข้อมูลน้ำหนักที่เหมาะสมให้กับชุดข้อมูลเรียนรู้ จะใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เพื่อช่วยให้อัตราการเรียนรู้ไม่เกิดค่าต่ำสุดเฉพาะที่ (local minimum) เพื่อสนับสนุนการหาค่าต่ำสุดเชิงกว้าง (global minimum) ซึ่งไบแอสจะถูกปรับตามสมการข้างล่าง

$$\theta_j = \theta_j + (l)Err_j \quad (2.19)$$

โครงข่ายประสาทเทียมจะหยุดการเรียนรู้โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

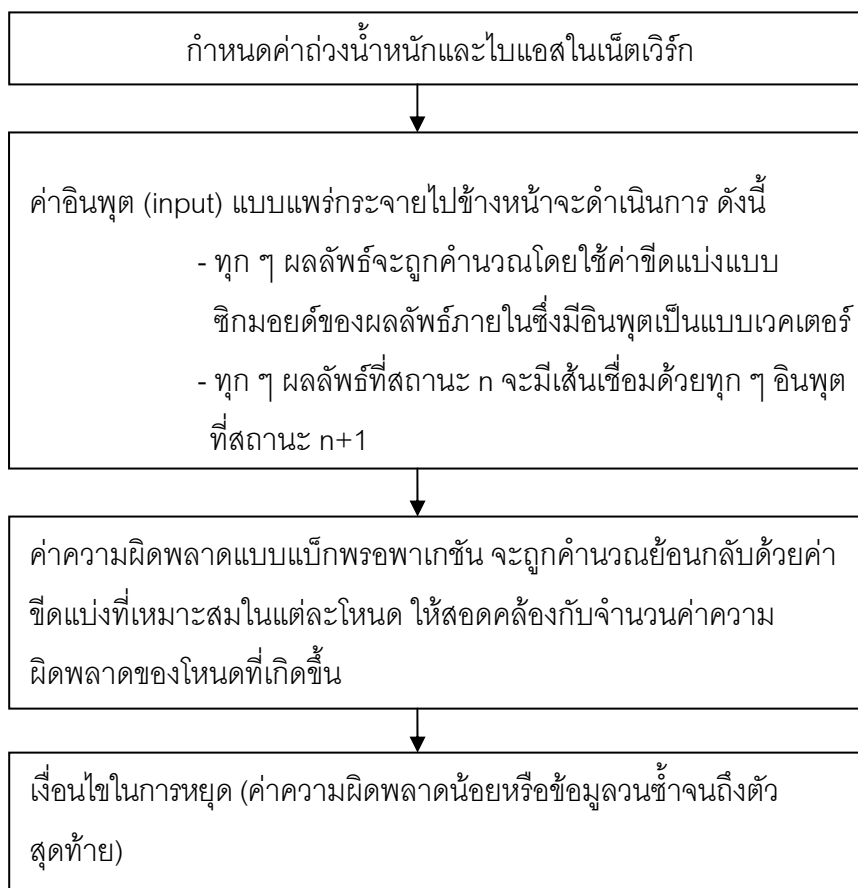
1. ทุก ๆ ค่าน้ำหนักในจำนวนรอบของการเรียนรู้มีค่าเล็กมากซึ่งต่ำกว่าค่าขีดแบ่งที่กำหนด

2. เปอร์เซนต์ของตัวอย่างที่จำแนกประเภทผิดพลาดในรอบก่อนหน้ามีค่าต่ำกว่าค่าขีดแบ่ง

3. ทำงานเกินกว่าจำนวนรอบที่กำหนดไว้

ค่าน้ำหนัก ที่ถูกนำเข้าสู่ชั้นผลลัพธ์ และชั้นซ่อนจะถูกปรับแก้ย้อนกลับทำให้ความคลาดเคลื่อนลดลง เมื่อมีการกระทำซ้ำ ๆ ค่าคำตอบของระบบก็จะลู่อู่เข้าหาเกณฑ์ที่ยอมรับได้

(ธวัชชัย ติงสัญชลี, 2544) กล่าววาระยะเวลาการเรียนรู้จะขึ้นตรงกับขนาดของโครงข่ายประสาทเทียม หากเลือกโครงข่ายขนาดใหญ่ก็ต้องใช้เวลาการเรียนรู้มากด้วย กระบวนการเรียนรู้ขึ้นกับ จำนวนของหน่วยอินพุต จำนวนของโหนดในชั้นซ่อน และเงื่อนไขของการลู่อู่เข้า การเลือกโหนด ในชั้นซ่อน มากไปก็จะทำให้การเรียนรู้เกิดความยุ่งยาก แต่ถ้าเลือกน้อยเกินไปก็จะทำให้การเรียนรู้ไม่ประสบความสำเร็จ



ภาพที่ 2.10 อัลกอริทึมการทำงานของการเรียนรู้แบบแพร่กลับ

2.1.5 การหาค่าสหสัมพันธ์แบบไขว้ (Cross Correlation Coefficient)

ใช้หลักความสัมพันธ์ของข้อมูลทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เพื่อหาตัวแปรนำเข้าชั้นรับข้อมูล (Input Layer) ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับเวลาย้อนหลัง ระหว่างสถานที่ที่จะทำการคาดการณ์ กับสถานที่อื่น ๆ เพื่อหาระยะเวลาย้อนหลัง (เวลาการเกิดน้ำท่าที่แตกต่างกัน) เป็นจำนวนวันถึงวันที่เท่าไร ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการไหลของน้ำ วันปัจจุบันที่สถานที่ที่จะทำการคาดการณ์ โดยการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณน้ำเทียบกับเวลาย้อนหลัง ของสถานที่แต่ละสถานที่เพื่อเปรียบเทียบข้อมูล ใช้วิธี สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบไขว้ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับเวลาย้อนหลังเป็นคู่ ๆ ระหว่างสถานที่ที่คาดการณ์ กับสถานที่อื่น ๆ ที่อยู่ในลุ่มน้ำที่ละคู่โดยพิจารณา ค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จากกราฟที่มีค่าเริ่มลดลงของแต่ละสถานที่เป็นตัวแปรนำเข้า ดังสมการที่ 2.20

$$r = \frac{\sum xy - (\sum x)(\sum y) / n}{\sqrt{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n} \sqrt{\sum y^2 - (\sum y)^2 / n}} \quad (2.20)$$

เมื่อ r หมายถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และ n หมายถึงจำนวนข้อมูลของแต่ละตัวแปร (variable) ค่า x, y หมายถึงค่าของข้อมูลชุดที่ 1 และ 2

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท

$r \geq 1$ หมายถึง ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันทางบวก มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้าตัวแปรหนึ่งมีค่าเพิ่ม หรือลด อีกตัวแปรหนึ่งก็จะมีค่าเพิ่มหรือลดตาม

$r < 1$ หมายถึง ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันทางลบ มีความสัมพันธ์ไปในทางตรงข้าม กล่าวคือ ถ้าตัวแปรหนึ่งมีค่าเพิ่ม อีกตัวแปรหนึ่งก็จะมีค่าลด

$r = 0$ ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ต่อกัน

2.1.6 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรหลายตัว หรือเป็นเทคนิคการหาเหตุผล (Causal) ซึ่งประกอบด้วย

1. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) จำนวน 1 ตัว และเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ

2. ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) หรือบางครั้งเรียกว่าตัวแปรต้นเหตุหรือตัวแปรสาเหตุ อย่างน้อยสองตัว หรือ อาจกล่าวได้ว่ามีตัวแปรอิสระ K ตัว โดยที่ $K > 1$ โดยที่ตัวแปรอิสระ อาจจะมีผลสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรเชิงกลุ่ม กับตัวแปรเชิงปริมาณ หรือตัวแปรอิสระทุกตัวเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ

กำหนดให้ Y เป็นตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ X_1, X_2, \dots, X_k เป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งอาจเป็นตัวแปรเชิงปริมาณทุกตัว (ทั้ง K ตัว) หรืออาจมีบางตัวเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ โดยที่ X บางตัวเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม สามารถเขียนสมการถดถอยเชิงพหุเชิงในภาพเส้นได้ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + e \quad (2.21)$$

β_0 คือ ส่วนตัดแกน Y เมื่อ $X_1 = X_2 = \dots = X_k = 0$

β_1 คือ สัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน (Partial Regression Coefficient) เป็นค่าเฉลี่ยของ Y ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อ X_1 เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย

E คือ ค่าคลาดเคลื่อน

จะพบว่าบางครั้ง Y และ $X_1 \dots X_k$ จะมีหน่วยซึ่งแตกต่างกัน แต่สัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ จะมีหน่วยเหมือนหน่วยของตัวแปรตาม (Y)

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาว่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม หรือเป็นการศึกษาว่าตัวแปรตามขึ้นกับปัจจัยหรือตัวแปรอิสระใดบ้าง เมื่อทำการทดลองแล้วอาจพบว่าไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดมีผลต่อตัวแปรตามเลย หรือ อาจมีเพียงหนึ่งตัวแปร หรือ สองตัวแปร หรือ ตัวแปรอิสระ อาจจะมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามทั้งหมดก็ได้

2. เพื่อพยากรณ์ค่าตัวแปรตามเมื่อทราบค่าตัวแปรอิสระ นั่นคือจะพยากรณ์ค่าตัวแปรตามเมื่อทราบตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ นั่นคือเมื่อทราบว่าตัวแปรอิสระใดบ้างมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ทำให้สามารถที่จะใช้ตัวแปรอิสระเหล่านั้นพยากรณ์ค่าตัวแปรตามได้

ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุมีดังนี้

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระทั้ง K ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Y ในภาพเชิงเส้นหรือไม่

H_0 : ตัวแปรตาม Y ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง K ตัว

H_1 : ตัวแปรตาม Y ขึ้นกับตัวแปรอย่างน้อย 1 ตัว

โดยใช้สถิติทดสอบ F ซึ่งได้จากตาราง 1-WAY ANOVA

$$F = \frac{MS \text{ regression}}{MS \text{ residual}} \quad (2.22)$$

$$MS \text{ regression} = \frac{SS \text{ regression}}{k} \quad (2.23)$$

$$MS \text{ residual} = \frac{SS \text{ residual}}{k} \quad (2.24)$$

โดยที่ $k =$ จำนวนตัวแปรอิสระ k ตัว

SS ย่อจาก Sum Square = ผลบวกกำลังสอง

SS residual = ผลบวกกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อน

SS regression = ผลบวกกำลังสองของตัวแปรอิสระ k ตัว

MS residual = ผลบวกกำลังสองเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อน

MS regression = ผลบวกกำลังสองเฉลี่ยของตัวแปรอิสระ k ตัว

การสรุปผลการทดสอบ ในขั้นตอนที่ 1 จะยอมรับ H_1 เมื่อ $F > F_{1-\alpha, k, n-k-1}$ ซึ่งได้จากตารางสถิติ F ซึ่งมีองศาอิสระ $k, n-k-1$ ตามลำดับ และกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ α ถ้าผลการทดสอบคือยอมรับ H_1 จะไปทำต่อในขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบอิทธิพลหรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระครั้งละ 1 ตัว ถ้ามี K ตัว ต้องทำการทดสอบ K ครั้ง

H_0 : ตัวแปรตาม Y ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระที่ i (X_i)

H_1 : ตัวแปรตาม Y ขึ้นกับตัวแปรอิสระที่ i (X_i)

โดยใช้สถิติทดสอบ t

$$t = \frac{b_i - 0}{SE(b_i)} \quad (2.25)$$

โดยที่ $SE(b_i) =$ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ b_i

จะสรุปผลการทดสอบดังนี้ ถ้า $|t| > t_{1-\alpha/2, n-k-1}$ โดยค่า t ได้จากตารางแจกแจงแบบ t โดยมีองศาอิสระ $n-k-1$ และกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ α

ขั้นตอนที่ 3 การหาระดับหรือขนาดความสัมพันธ์ จากขั้นตอนที่สอง เราทราบแล้วว่าตัวแปรอิสระตัวใดมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามบ้าง จึงต้องการทราบระดับความสัมพันธ์ว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยใช้ค่าสถิติทดสอบ R^2 และ ค่า Adjusted R^2 ดังนี้

$$R^2 = \frac{SS \text{ regression}}{SS \text{ Total}} \quad 0 \leq R^2 \leq 1 \quad (2.26)$$

$$\text{Adjust } R^2 = 1 + \frac{(n-1)}{n-k-1} R^2 \quad (2.27)$$

R^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (Coefficient of Multiple Determination)

Adjusted R^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแก้ (Adjusted Coefficient of Multiple Determination)

ความหมายของค่า R^2 และ ค่า Adjusted R^2

ถ้าค่า R^2 และ ค่า Adjusted R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึงตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมาก

ถ้าค่า R^2 และ ค่า Adjusted R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามน้อย

2.1.7 วิธีการประเมินความแม่นยำด้วยวิธีการไขว้ข้าม k กลุ่ม (k –FOLD CROSS VALIDATION)

วิธีการนี้จะแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มจำนวน k กลุ่ม (k-Fold) โดยเรียกว่า “วิธีการประเมินตัวเองด้วยวิธีการไขว้ข้าม k กลุ่ม” หรือ k Fold Cross Validation เหมาะสำหรับชุดข้อมูลจำนวนไม่มาก เป็นแนวคิดในการแบ่งข้อมูลที่มีอยู่ออกเป็นส่วน ๆ เรียกว่าโฟลด์ (Fold) ซึ่งข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็น k ส่วน ในครั้งแรกจะเก็บส่วนแรกไว้ เพื่อเป็นชุดข้อมูลทดสอบ และส่วนที่ 2 ถึง k เป็นส่วนที่ใช้สำหรับเป็นชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนทุก ๆ ส่วนถูกใช้สำหรับทดสอบจนครบ หลังจากนั้นหาค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดของแต่ละตัวแบบที่ได้ ซึ่งสามารถทำให้มองเห็นภาพรวมของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ หรือเป็นประสิทธิภาพของตัวแบบที่ได้ วิธีการนี้ข้อมูลทุกตัวอย่างจะได้เป็นทั้งชุดทดสอบและชุดสอน ตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 2.11 เป็นการประเมินตัวเองด้วยวิธีการไขว้ข้ามสิบกลุ่ม โดยการจัดเตรียมข้อมูลทั้งหมด เพื่อใช้ในการเรียนรู้โดยวิธีการจำแนกข้อมูลนั้น ข้อมูลได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุดคือชุดข้อมูล T1 สำหรับเป็นชุดข้อมูลทดสอบ มีจำนวนร้อยละสิบของจำนวนข้อมูลทั้งหมด และ T2 – T10 คือ ชุดข้อมูลสำหรับเรียนรู้ เป็นจำนวนร้อยละเก้าสิบของข้อมูลทั้งหมด

ข้อมูลทั้งหมด (Data Set)									
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10

ภาพที่ 2.11 การแบ่งข้อมูลสำหรับการเรียนรู้และทดสอบ

2.1.8 เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพผลพยากรณ์

2.1.8.1 รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย Root Mean Squared Error (RMSE)

แสดงถึงความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย ระหว่างปริมาณน้ำที่คำนวณจากแบบจำลอง กับ ปริมาณน้ำที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งควรมีค่าน้อย หรือ เข้าใกล้ศูนย์ ดังสมการ

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^N ((Q_{obs}(m) - Q_{sim}(m))^2)} \quad (2.28)$$

เมื่อ $Q_{sim}(m)$ หมายถึง ค่าที่พยากรณ์ได้ และ $Q_{obs}(m)$ หมายถึงค่าที่ได้จากการสังเกต

สูตร $RMSE = (\sum (\text{ค่าที่วัดได้} - \text{ค่าที่ทำนายได้จากแบบจำลอง})^2 / n)^{1/2}$ โดยถ้ามีค่าน้อยจะแสดงว่าผลการพยากรณ์มีความแม่นยำมาก

2.1.8.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าพยากรณ์และค่าที่วัดได้จริง Correlation Coefficient (r)

เป็นค่าสถิติที่ใช้วัดระดับของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ระหว่างตัวแปรสองตัว (X และ Y) ใช้สัญลักษณ์ r แทนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 เครื่องหมายของ r จะบอกทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ถ้าเป็นลบ แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในทางตรงข้าม คือ เมื่อ X มีค่าเพิ่มขึ้น Y จะมีค่าลดลง ถ้าเป็นบวกแสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้าม คือ เมื่อ X มีค่าเพิ่มขึ้น Y จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนระดับความสัมพันธ์จะพิจารณาจากค่าของ r ถ้ามีค่าเท่ากับ 1 หรือใกล้ค่า 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงต่อกันมาก แต่ถ้าค่า r มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงต่อกันเลย ดังสมการ

$$r = \left(\frac{n(\sum Q_i F_i) - (\sum Q_i)(\sum F_i)}{\sqrt{n(\sum Q_i - (\sum Q_i)^2)} \sqrt{n(\sum F_i - (\sum F_i)^2)}} \right) \quad (2.29)$$

เมื่อ Q_i = ปริมาณน้ำที่ได้จากการทำนาย วันที่ i

F_i = ปริมาณน้ำที่ได้จากการตรวจวัด วันที่ i

i = วันที่

n = จำนวนข้อมูล

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2537) ได้ทำการศึกษาศักยภาพการพัฒนาหลุมน้ำเพชรบุรี สรุปว่า สภาพน้ำหลากของแม่น้ำเพชรบุรี มีเขื่อนกั้นกระแสน้ำควบคุมพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณร้อยละ 40 ปริมาณน้ำหลากที่เคลื่อนตัวลงมาตามลำน้ำเพชรบุรีตอนล่างบางส่วนถูกผันออกที่ราบ คู คลองระบายน้ำต่างๆ ทำให้ปริมาณน้ำหลากในลำน้ำเพชรบุรีที่ผ่านชุมชนตอนล่างลดปริมาณลงไปมากส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณน้ำหลากในลำน้ำเพชรบุรีก่อนถึงตัวเมืองเพชรบุรีไม่มีการศึกษา

อรอนงค์ พิณจิวฒนานนท์ (2543) ศึกษาสาเหตุและลักษณะของน้ำท่วม และทำแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัย โดยแบ่งพื้นที่เสี่ยงในลุ่มน้ำเพชรบุรีออกเป็น 5 เขต ดังนี้ เขตแรกคือ เนินตะกอนภาพพัดตอนบนหรือพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงต่อน้ำท่วมฉับพลัน น้ำหลากมีรอบการเกิด 2 ปี ปริมาณน้ำสูง 2 เมตรโดยประมาณ มีอัตราเพิ่มขึ้นรวดเร็ว ระยะเวลาท่วมขังสั้น เขตที่สองเนินตะกอนภาพพัดตอนล่างหรือเขตที่มีความเสี่ยงต่อน้ำท่วมฉับพลันปานกลางมีลักษณะการเกิดอุทกภัยคล้ายกับเขตแรกแต่มีความรุนแรงน้อยกว่า เขตที่สามที่ราบชายฝั่งเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อน้ำหลากที่มีความลึกปานกลาง (50-80 เซนติเมตร) ระยะเวลาในการท่วมขังนาน

หนึ่งเดือนขึ้นไป เขตที่สี่ที่ราบน้ำทะเลท่วมถึง ลักษณะน้ำหลากคล้ายกับเขตที่สาม แต่เป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากน้ำทะเลหนุนด้วย เขตที่ห้า ที่ราบดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำเก่า มีความเสี่ยงต่ำเพราะเป็นที่สูงและเป็นพื้นที่ที่มีการป้องกันน้ำหลาก

อินทิดา เศรษฐประชิดกุล (2538) จำลองสภาพน้ำหลากด้วยแบบจำลอง Flood Hydrograph Package HEC-1 รุ่น 4.0 สร้างแบบจำลองในการเคลื่อนที่ของน้ำหลากบนลำน้ำเลือกวิธีการของ Muskingum-Cunge ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งการวิจัยพบว่าปริมาณน้ำหลากในลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนล่างที่เกิดขึ้น ส่วนมากมาจากลำน้ำห้วยแม่ประจันต์ ถ้าให้มีการเก็บน้ำเต็มอ่างพบว่าทำให้สภาพน้ำหลากด้านท้ายน้ำเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

สุประภาพร พัฒนสิงห์เสถียร (2543) ศึกษาหาจุดทำงานที่เหมาะสมที่สุดของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมล่วงหน้ารายชั่วโมงสำหรับสถานีวัดน้ำท่าอัตโนมัติ P.1 ซึ่งตั้งอยู่ที่สะพานนวมรินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่สถานีด้านเหนือน้ำได้แก่ สถานี P.20, P.21 และ P.4A และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานีด้านท้ายน้ำ P.1 ทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ทีละคู่ โดยนำข้อมูลน้ำท่าเหล่านั้นมาวางเรียงกันตามเวลาการเกิดน้ำท่าสำหรับแต่ละสถานี จากสถานีด้านเหนือน้ำถึงท้ายน้ำตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบเวลาในการเกิดน้ำท่าที่แตกต่างกัน กับสถานีวัดน้ำท่า P.1 ต่อมานำข้อมูลที่ได้มาทำการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนโหนด ในชั้นแฝงโดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนโหนดในชั้นข้อมูลด้านเข้า โดยพิจารณาจากค่า NSSE (Normalized sum square error) ที่ต่ำที่สุด ทำการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ตั้งแต่ 0.1-0.9 โดยพิจารณาจากค่า NSSE ทำการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนตัมตั้งแต่ 0.1-0.9 โดยนำผลจำนวนโหนดในชั้นแฝงที่ได้จากการศึกษาในขั้นตอนในการทำงานที่หนึ่ง และค่าอัตราการเรียนรู้จากการศึกษาในขั้นตอนการทำงานที่สอง มาประยุกต์ใช้กับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อหาค่าโมเมนตัมที่เหมาะสม จากการวิจัยพบว่าจำนวนหน่วยในชั้นแฝง ต้องมีค่าใกล้เคียงกับจำนวนหน่วยในชั้นข้อมูลด้านเข้าจึงจะทำให้ผลลัพธ์ของการพยากรณ์ดีที่สุด ควรกำหนดอัตราการเรียนรู้ที่ไม่สูงเกินไป เนื่องจากค่าที่สูงเกินไปจะทำให้แบบจำลองเกิดการเรียนรู้ช้าลง และจากข้อมูลที่ศึกษาพบว่าค่าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 0.8 โดยให้ค่าความผิดพลาดใกล้เคียงกันมาก แต่ถ้าค่าโมเมนตัมมีค่าสูงเกิน 0.9 ปรากฏว่ามีค่าโมเมนตัมสูงมาก จากโครงสร้างที่ได้จากการศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมที่สุดในแบบจำลองในการประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ในแม่น้ำปิงตอนบนที่สถานีวัดน้ำท่าอัตโนมัติ P.1 โดยค่า r มีค่าเท่ากับ 0.8893 และ 0.8921 ตามลำดับ ค่า Efficiency Index (EI) ของการเรียนรู้

และการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8677 และ 0.8894 ตามลำดับ ค่าRMSE ของการเรียนรู้และทดสอบ มีค่าเท่ากับ 8.3096 ลบ.ม/วินาที และ 7.0739 ลบ.ม/วินาที ตามลำดับ

วรรณชมน ภูสกุลขจร (2552) การพยากรณ์น้ำฝนมีประโยชน์ในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในด้านการวางแผนต่าง ๆ เช่น การพยากรณ์การเกิดอุทกภัยและภัยแล้งเป็นต้น ซึ่งปัญหาภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นก่อให้เกิดผลกระทบ และความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนอย่างมากโดยเฉพาะพื้นที่เศรษฐกิจของประเทศไทย ดังนั้นจึงมีการศึกษาวิจัยคิดค้นพัฒนาวิธีการและเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน แต่การพยากรณ์ให้มีความถูกต้องและทนต่อเหตุการณ์ทำได้ยาก เพราะการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศเกิดขึ้นตลอดเวลาและเป็นแบบไม่คงที่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการใช้ข้อมูล จากชุดการเรียนรู้ที่มีเพื่อใช้พยากรณ์ค่าที่มีความไม่แน่นอนงานวิจัยนี้พัฒนาตัวแบบโดยใช้ Neural Network Toolbox ในโปรแกรม MATLAB เพื่อทำการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ และสอนโครงข่ายประสาทเทียมให้สามารถทำนายปริมาณฝนได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ โดยใช้สองเทคนิควิธีในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม เทคนิควิธีแรกได้แบ่งการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียมตามช่วงปริมาณการตกของฝน ช่วงฝนตกมากและช่วงฝนตกน้อย โดยอาศัยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลเข้า ปัจจัยที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ความกดอากาศ ความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณเมฆ ความเร็วลม ทิศทางลม และเทคนิควิธีที่สองได้ใช้การแปลงเวฟเล็ตเพื่อแปลงข้อมูลที่ต้องการให้เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตจากนั้น จึงนำสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตที่ได้สอนให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเท่านั้น ซึ่งเทคนิควิธีทั้งสองทดสอบในพื้นที่ศึกษาภาคใต้ฝั่งตะวันออกที่ประสบอุทกภัย ได้แก่ อำเภอท่าแซะ จังหวัด ชุมพร อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช อำเภอเมืองจังหวัดพัทลุง และอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ผลจากการทำนายพบว่าเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบใช้การแปลงเวฟเล็ตสามารถทำนายปริมาณน้ำฝนรายวันล่วงหน้าสี่วัน โดยมีความถูกต้องเท่ากับ $R^2 = 0.8887$ และ $RMSE = 4.2306$ มิลลิเมตร

Yusuke Hida et al. (2552) ได้ทำการศึกษา การพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า ซึ่งได้รับการศึกษาอย่างแพร่หลายในโลก ในหลาย ๆ กรณี โดยการคาดการณ์ความต้องการไฟฟ้าที่มีความแม่นยำสูงเป็นสิ่งจำเป็น สำหรับการดำเนินงานที่เหมาะสมของระบบสำรองไฟฟ้า BESS (battery energy storage system) เช่น NAS แบตเตอรี่ ในงานวิจัยนี้ เสนอ วิธีการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าโดยใช้ แบบจำลอง Multi Regression Model และใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าใน

มหาวิทยาลัย Meisei University 5 ปี มาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต โดยทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังนี้ 1. ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 2. ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายสัปดาห์ 3. ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายวันในหนึ่งสัปดาห์ เป็นตัวแปรอธิบาย (explanatory variables) ปัจจัยที่มีอิทธิพล ทางตรงและทางอ้อมต่อตัวแปรตามคือการใช้ไฟฟ้าสูงสุดตามช่วงเวลา เช่น ช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ หรือช่วงเปิดเทอม โดยพิจารณาจากค่า P-VALUE และ F- Value ในตาราง ANOVA (Analysis of variance) ถ้า ค่า P-VALUE เท่ากับ 0.05 หรือ มากกว่า หรือ ค่า F-Value ต่ำกว่า 2.0 แสดงว่ากลุ่มตัวแปรเหล่านั้นไม่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ตัดทิ้งได้ ถ้าพบว่าตัวแปรกลุ่มนั้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามให้นำมาหาค่าความสัมพันธ์ ที่ละปัจจัยเพื่อที่จะตัดตัวแปรที่ละตัวแปร พร้อมทั้งหาระดับความสัมพันธ์จากค่า R^2 (coefficient of determination) และ ค่า Adjusted R^2 หลังจากนั้นนำตัวแปรที่ผ่านวิธีการข้างต้นมาพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ ผลที่ได้จากการทดลองแสดงถึงความถูกต้องแม่นยำที่น่าพอใจ ในอนาคตอาจมีการนำไปพัฒนาต่อ และสามารถนำไปใช้ในสถานที่ต่าง ๆ นอกจากมหาวิทยาลัย เช่น ศูนย์การค้า หรือ โรงงานอุตสาหกรรม

N.Q.Hung et al. (2008) ได้ทำการศึกษาการพยากรณ์ฝนล่วงหน้าสำหรับจังหวัด กรุงเทพฯ ประเทศไทย โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพัฒนา โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจาก 75 สถานีวัดน้ำฝน และ ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา จากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยใช้ข้อมูลระหว่างปี 1997 – 1999 ในการเรียนรู้โมเดล โดยทำการเปรียบเทียบ 6 โมเดล เพื่อหาโมเดลที่เหมาะสมจากข้อมูลฝน เพื่อใช้เรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียม ทำการเปรียบเทียบค่าที่พยากรณ์ล่วงหน้า 1 ชั่วโมง จาก 6 โมเดล จากนั้นใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยามาใช้ร่วมกับข้อมูลปริมาณฝน เพื่อใช้เรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อปรับปรุงการพยากรณ์ให้แม่นยำขึ้นจากผลลัพธ์ที่ได้สรุปได้ว่า โครงข่ายประสาทเทียมชนิดป้อนไปข้างหน้า (feed forward) และใช้ ไฮเปอร์โบลิก แทนเจนต์ เป็นฟังก์ชันกระตุ้น นั้นให้ผลลัพธ์ที่ดี และเป็นสถาปัตยกรรมที่เหมาะสม โครงข่ายประสาทเทียมสามารถเรียนรู้ได้จากข้อมูลซึ่งประกอบด้วยช่วงที่ฝนตกและฝนไม่ตก ข้อมูลที่คัดเลือก ข้อจำกัดของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้มีค่าขาดหายและมีบางค่าไม่ถูกต้อง ซึ่งเป็นปัจจัยส่งผลต่อข้อมูลนำเข้า นอกจากนี้การลดขนาดของเน็ตเวิร์ค จะทำให้ใช้เวลาในการสอนโครงข่ายประสาทเทียมลดลง จากการศึกษา พบว่าการพยากรณ์ฝน ล่วงหน้า 1 ถึง 3 ชั่วโมงให้ผลที่ดี และเมื่อพยากรณ์ล่วงหน้า 4 ถึง 6 ชั่วโมง ค่าความแม่นยำจะลดลง และให้ผลที่แม่นยำน้อยเมื่อพยากรณ์ล่วงหน้า 6 ชั่วโมงขึ้นไป โมเดลนี้ยังสามารถ นำไปใช้ในการบริหารจัดการอุทกภัยได้ในพื้นที่ศึกษา

Nkrintra Singhrattana et al. (2004) ศึกษาวิธีการพยากรณ์ฝนซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมฤดูร้อนในประเทศไทย ในช่วงเดือนสิงหาคม ถึง ตุลาคม โดยจะมีการเก็บค่าอุณหภูมิ

ที่พื้นผิวน้ำทะเลและระดับความดันน้ำทะเล ในภูมิภาคอินโดแปซิฟิก ใช้ข้อมูลปริมาณฝนในช่วงฤดูร้อนอย่างเดี่ยวเมื่อฝนตกในช่วงฤดูร้อนในประเทศไทยมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ ENSO (El Niño Southern Oscillation) โดยใช้สองวิธีการมาประยุกต์ในการพยากรณ์แบบกลุ่ม (ensemble forecasts) วิธีที่หนึ่ง คือใช้วิธีการเดิม การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นและอีกวิธีหนึ่งคือ วิธี Nonparametric บนพื้นฐานของ local polynomial ซึ่งวิธีการทั้งสองให้ผลอย่างดี

ศรีเลิศ โชติพันธุ์รัตน์ และเสรี จันทรโยธา (2545) ได้ทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินต่อน้ำหลากในลุ่มน้ำเพชรบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมในลุ่มน้ำเพชรบุรีต่อปริมาณน้ำหลากสูงสุดในรอบปีที่คาบการเกิดต่าง ๆ โดยมีพื้นที่ศึกษาครอบคลุม 2 ลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำเพชรบุรี คือลุ่มน้ำห้วยแม่ประจันต์ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินค่อนข้างมาก และลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนบน ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติแก่งกระจานที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินน้อยมาก ในการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อน้ำหลากนั้นได้แบ่งข้อมูลปริมาณน้ำหลากสูงสุดในรอบปีในลำน้ำห้วยแม่ประจันต์ (สถานี B.6) ที่มีการจดบันทึกไว้ตั้งแต่ปี 2504 นั้นนำมาทำการเปรียบเทียบนอกจากนี้ข้อมูลปริมาณน้ำหลากสูงสุดในรอบปีที่มีการบันทึกไว้ที่สถานี B.6 ความยาว 39 ปี ต่อเนื่อง ได้นำมาทำเป็น 26 ชุดข้อมูลที่แต่ละชุดมีความยาวข้อมูล 15 ปีต่อเนื่องแล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำหลากสูงสุดในรอบปีที่คาบการเกิดต่าง ๆ โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบ Log Pearson Type 3 และหาความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของน้ำหลากและเปอร์เซ็นต์การลดลงของพื้นที่ป่าไม้เนื่องจากเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งจากการศึกษาพบว่าขนาดของปริมาณน้ำหลากสูงสุดในรอบปีสูงขึ้น ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ลดลง นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำหลากที่คาบการเกิดต่ำ ๆ คือช่วงคาบการเกิด 2-5 ปี มากกว่าปริมาณน้ำหลากที่คาบการเกิดสูง ๆ คือช่วงคาบการเกิด 50 ปีขึ้นไป

Hu Ping (2009) ศึกษาการพยากรณ์น้ำท่วมล่วงหน้า โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ และ เวฟเล็ตชนิด มอเล็ต (Morlet) ใช้วิธีลองผิดลองถูกในการหาจำนวนโหนดในชั้นซ่อน และใช้ มอเล็ต เวฟเล็ต เป็น ฟังก์ชันกระตุ้น มีโครงสร้างของโมเดลคือ (3:7:1) ใช้ข้อมูลน้ำปี 1996 จากสถานี Da Sun และข้อมูลฝนจากสถานีที่อยู่ทางต้นน้ำจำนวน 17 สถานี ในการเรียนรู้และทดสอบ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความแม่นยำที่ดี ในการพยากรณ์

และวิเคราะห์ โดยได้ค่า Average Relative Error = 5.53 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีมีความน่าเชื่อถือ

ปิยอร เวชชี (2546) ศึกษาการบูรณาการการใช้แบบจำลองอุทกวิทยาและชลศาสตร์ และแบบจำลองทางพื้นที่ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของน้ำหลาก คำนวณปริมาณน้ำ และจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่และความลึกของน้ำหลาก บริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรี ตั้งแต่เขื่อนเพชรจนถึงจุดออกทะเล ในรอบปีการเกิด 2 ปี 5 ปี และ 10 ปี การจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำหลากใช้แบบจำลอง HEC-HMS และใช้แบบจำลอง HEC-RAS ในการจำลองปริมาณน้ำ ซึ่งการเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งสอง ได้ใช้ข้อมูลพื้นฐานของทางน้ำที่คำนวณโดยโปรแกรม ArcView 3.2 extension HEC-GeoHMS และ HEC-GeoRAS สถิติน้ำท่าจากกรมชลประทาน และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ n จากงานวิจัยทางอุทกวิทยา ผลที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วย HEC-HMS คือสภาพน้ำท่า ณ จุดน้ำไหลออก ของแต่ละช่วงลำนํ้า และนำไปใช้กับแบบจำลอง HEC-RAS เพื่อคำนวณค่าปริมาณน้ำ จากนั้นสร้างเป็นแผนที่น้ำหลากบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงด้วยการวิเคราะห์ทางพื้นที่ งานวิจัยนี้ได้ใช้ HEC-GEOHMS และข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขแบบกริดจำลองทิศทางการไหลของน้ำในบริเวณที่ราบจากแนวคันกั้นน้ำของแม่น้ำเพชรบุรีจนถึงแนวชายฝั่งทะเล ส่วนการทำแผนที่แสดงบริเวณน้ำท่วมและระดับความลึก ได้ใช้แบบจำลองสามมิติประกอบกับแผนที่น้ำท่วมที่ได้จากการสำรวจขณะเกิดน้ำหลากของกรมชลประทาน พบว่า น้ำหลากที่มีความถี่ต่ำ (ขนาดใหญ่) ทำให้พื้นที่น้ำท่วมขยายไปทางทิศใต้และตะวันตก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเพื่อที่จะคัดเลือกค่าลักษณะสำคัญของตัวแปรนำเข้า โดยใช้การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์เป็นเกณฑ์วัด ระหว่างการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการคัดเลือกค่าลักษณะสำคัญซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1). ใช้วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เทียบกับเวลาเพื่อคัดเลือกตัวแปรนำเข้า

2). ใช้วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์ เพื่อคัดเลือกตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสม

3). ใช้วิธีการแปลงเวฟเล็ตเพื่อแปลงข้อมูลที่ต้องการให้เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

4). ใช้วิธีการผสมโดยใช้หลักการวิธี การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ และนำผลลัพธ์มาแปลงข้อมูลที่ต้องการให้เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

5). ใช้วิธีการผสมโดยใช้หลักการวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และนำผลลัพธ์ที่ได้มาแปลงข้อมูลที่ต้องการให้เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

6). วิธีการแทรกค่าผลต่างกับจำนวนวันย้อนหลัง เป็นตัวแปรนำเข้า

7). วิธีการแทรกค่าผลต่างกับจำนวนวันย้อนหลัง และนำผลลัพธ์ที่ได้ มาแปลงข้อมูลที่ต้องการให้เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

8). ใช้วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำย้อนหลังเทียบกับค่าปริมาณน้ำล่วงหน้าหนึ่งวัน และใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลต่างปริมาณน้ำย้อนหลังเทียบกับค่าปริมาณน้ำล่วงหน้าหนึ่งวัน เพื่อคัดเลือกตัวแปรนำเข้า

9). ใช้วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำย้อนหลังเทียบกับค่าปริมาณน้ำล่วงหน้าหนึ่งวัน และ ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลต่างปริมาณน้ำย้อนหลังเทียบกับค่าปริมาณน้ำล่วงหน้าหนึ่งวัน เพื่อคัดเลือกตัวแปรนำเข้า และนำผลลัพธ์ที่ได้ มาแปลงข้อมูลที่ต้องการให้เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

10). ใช้วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยพหุ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำย้อนหลัง เทียบกับค่าปริมาณน้ำล่วงหน้าหนึ่งวัน และ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลต่างปริมาณน้ำย้อนหลัง เทียบกับค่าปริมาณน้ำล่วงหน้าหนึ่งวัน เพื่อคัดเลือกตัวแปรนำเข้า

11). ใช้วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยพหุ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำย้อนหลัง เทียบกับค่าปริมาณน้ำล่วงหน้าหนึ่งวัน และ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลต่างปริมาณน้ำย้อนหลัง เทียบกับค่าปริมาณน้ำล่วงหน้าหนึ่งวัน เพื่อคัดเลือกตัวแปรนำเข้า และนำผลลัพธ์ที่ได้ มาแปลงข้อมูลที่ต้องการให้เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

12). นำผลลัพธ์ที่ได้จากหัวข้อที่ 1 ถึง 11 มาพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ และ การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น หลังจากนั้นวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ ด้วยค่า RMSE และ ค่า r

13). เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการพยากรณ์ของแต่ละวิธีด้วยค่า RMSE และ r

โดยในการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นจะใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ได้แก่ โปรแกรม MICROSOFT EXCEL ในขั้นตอนของการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ ใช้โปรแกรม WEKA ในขั้นตอนของการประมวลผลโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ และ วิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ใช้โปรแกรม MATLAB ในขั้นตอนการคำนวณหาค่าออโตคอรีเลชัน

3.1 พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 สภาพภูมิประเทศและอาณาเขตติดต่อ

สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำเพชรบุรีตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูด 12 องศา 38 ลิปดา 13 องศา 28 ลิปดาเหนือ และเส้นลองจิจูด 99 องศา 6 ลิปดา ถึง 100 องศา 6 ลิปดา ตะวันออก มีพื้นที่ 6,255.138 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดเพชรบุรีเป็นจังหวัดในภาคกลางที่ตั้งอยู่ริมฝั่งทะเลอ่าวไทย ซึ่งครอบคลุมร้อยละ 88 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด มีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้

ทิวทัศน์ ภูมิประเทศติดต่อกับจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อำเภอหัวหิน บริเวณลุ่มน้ำย่อยปราณบุรี

3.1.2 ลักษณะภูมิประเทศของกลุ่มน้ำเพชรบุรี

ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำเพชรบุรี มีลักษณะเป็นที่สูงและที่ราบ มีระดับตั้งแต่ 1 เมตร ถึง 1600 เมตร.รทก. สภาพภูมิประเทศแบ่งออกได้เป็น 3 เขต ดังนี้

1. เขตหุบเขาและที่ราบสูงทางด้านตะวันตก เป็นบริเวณที่สูงชันที่สุดของกลุ่มน้ำด้านตะวันตกติดกับประเทศสหภาพพม่า ในบริเวณอำเภอท่ายาง อำเภอหนองหญ้าปล้องและกิ่งอำเภอแก่งกระจาน มีเทือกเขาเป็นแนวเขตลักษณะยาวจากเหนือมาใต้และเป็นต้นน้ำซึ่งเป็นที่ต้นน้ำเพชรบุรี พื้นที่บริเวณถัดมาจะเป็นพื้นที่ลาดต่ำลงมาทางทิศตะวันออก

2. เขตที่ราบลุ่มแม่น้ำ บริเวณตอนกลางของจังหวัดเป็นบริเวณที่อุดมสมบูรณ์ที่สุดของกลุ่มน้ำ เป็นเขตเกษตรกรรมของจังหวัดเพชรบุรี และมีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นมีแม่น้ำเพชรบุรีเป็นแม่น้ำสายสำคัญไหลผ่าน มีแม่น้ำสายสั้นและลำธารหลายสาย มีเขื่อนแก่งกระจานและเขื่อนเพชรบุรีเก็บกักน้ำเพื่อส่งน้ำให้ระบบชลประทาน จึงทำให้เขตที่ราบลุ่มนี้เป็นบริเวณที่เหมาะสมในการเกษตรกรรม

3. เขตที่ราบชายฝั่งทะเล เขตนี้ นับเป็นแหล่งเศรษฐกิจที่สำคัญยิ่งของจังหวัดในด้านการประมง การท่องเที่ยว อยู่ทางด้านตะวันออกของกลุ่มน้ำติดกับอ่าวไทย บริเวณที่ราบชายฝั่งทะเลตอนบนอยู่ในเขตอำเภอบ้านแหลมซึ่งเป็นพื้นที่เหมาะสมแก่การประมง และมีการพัฒนาพื้นที่ที่ราบชายฝั่งทะเลตอนล่างให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวตั้งแต่ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอชะอำ ถึงอำเภอหัวหิน

3.1.3 ลักษณะทางธรณีสังฐาน

จากข้อมูลการสำรวจดินและแผนที่ดินจังหวัดเพชรบุรี กรมพัฒนาที่ดิน สามารถจำแนกลักษณะทางธรณีสังฐานได้ดังนี้

ปราณบุรี และเป็นต้นน้ำของแม่น้ำ บางกลอย ห้วยแม่ประโดน ห้วยผาก และห้วยแม่ประจันต์ ซึ่งแม่น้ำเหล่านี้ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำเพชรบุรี เขตเขาและภูเขานี้เป็นที่มาของน้ำป่าไหลหลาก ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดอุทกภัยในจังหวัดเพชรบุรี

ที่ลาดเชิงเขา ลักษณะภูมิประเทศมีความลาดเทมาจากภูเขา มีความลาดน้อยกว่า 30 % เป็นลูกคลื่นลอนลาด และลูกคลื่นลอนชัน ที่เกิดจากการ กัดเซาะของลำน้ำย่อย ๆ ทำให้มีสภาพภูมิประเทศดังกล่าว

พื้นที่ผิวที่เหลือจากการกัดกร่อน ลักษณะพื้นที่นี้เป็นที่ดอน เกิดจากการกัดกร่อนมาช้านานจนปรากฏให้เห็นสภาพพื้นที่ มีความลาดชันสูง ดินที่เกิดในบริเวณ นี้เป็นดินที่มีอายุค่อนข้างมาก

ที่ราบน้ำท่วมถึงและตะพักลำน้ำระดับต่ำ มีภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม สวนใหญ่เป็นที่ราบน้ำท่วมถึง ซึ่งเกิดจากการทับถมของ ตะกอนลำน้ำ บางส่วนที่อยู่ไม่ห่างไกลจากทะเลมากนักเป็นพื้นที่น้ำทะเลท่วมถึง สภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่ในบริเวณนี้ เป็นตะพักลำน้ำระดับต่ำ ภูมิประเทศที่เหลือค้ำของพื้นที่ที่เคยเป็นที่ราบน้ำท่วมถึงมาก่อนและถูกกัดกร่อนโดยลำน้ำ บริเวณทั้งหมดของพื้นที่นี้มีความลาดชันน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ทำนา ซึ่งเป็นบริเวณตอนกลางของจังหวัด มีอาณาเขตกว้าง และขนานไปกับชายฝั่งทะเล

คันดิน เป็นสันดินขนานไปตามริมฝั่งแม่น้ำ เกิดจากลำน้ำพัดพาตะกอนมา ทับถมริมฝั่ง ในฤดูน้ำหลาก เมื่อน้ำลดลงมีตะกอนตกค้างอยู่ และพื้นน้ำจะตื้นเขินขึ้น เมื่อน้ำท่วมไหลป่าเกิดน้ำเชี่ยวจนน้ำล้นคันดิน ทำให้น้ำไหลท่วมคันดินอย่างรุนแรง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ลำน้ำเปลี่ยนทิศทาง และเกิดลำน้ำใหม่ คันดินนี้มีแนวทอดยาวขนานกับฝั่งลำน้ำทั้งสองข้าง

ที่ลุ่มราบน้ำทะเลเคยขึ้นถึง พบบริเวณพื้นที่รอบ ๆ ตัวจังหวัดเพชรบุรี และบางส่วนของพื้นที่ตามเส้นทางรถไฟ จากเพชรบุรีถึงอำเภอชะอำ ซึ่งอยู่ถัดจากที่ราบน้ำทะเลท่วมถึงเข้ามา วัตถุประสงค์กำเนิดดินที่พบในบริเวณนี้จะให้เนื้อดินเป็นดินเหนียวสีดำ ชั้นดินเหนียวสีดำเหล่านี้ อาจเกิดขึ้นจากการทับถมในน้ำกร่อย

ที่ลุ่มราบน้ำขึ้นถึง สภาพพื้นที่ถูกน้ำทะเลท่วมถึงเสมอ ๆ มีระดับสูงจากปริมาณน้ำทะเลเล็กน้อย เช่น บริเวณติดฝั่งทะเลอ่าวไทย บริเวณนี้จะมีการทับถมจาก ทวาย และ ดินเหนียว มีปริมาณเกลือสูง

หาด เป็นพื้นที่ระหว่างแนวน้ำขึ้นกับน้ำลงกับขอบฝั่ง มีลักษณะเป็นแถบยาวไปตามริมฝั่งเกิดขึ้นเนื่องจากการกระทำของคลื่นและกระแสน้ำในทะเล หรือทะเลสาบ หรือแม่น้ำ

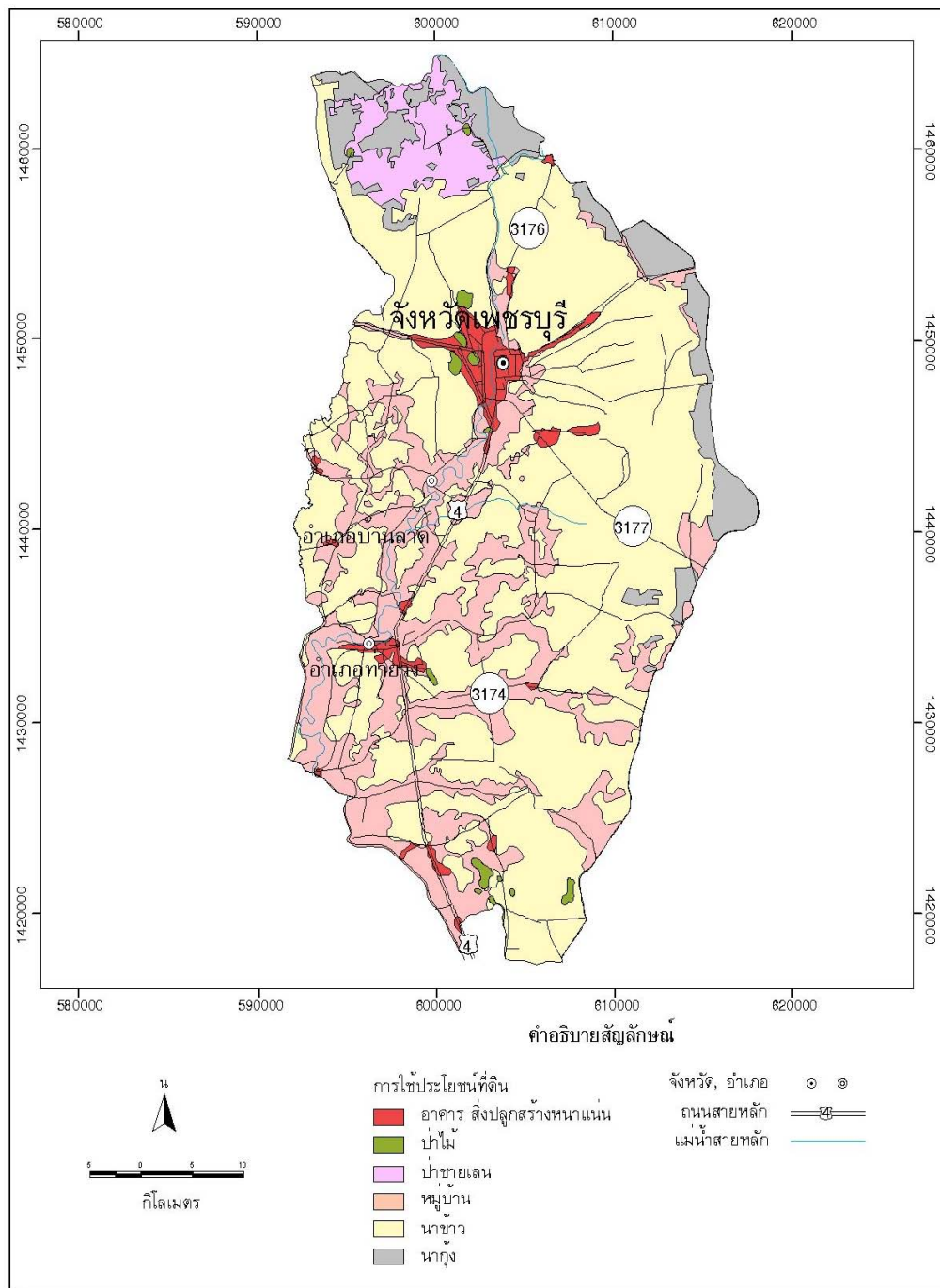
สันหาด ลักษณะเป็นเนินทรายขนาดเล็กเกิดจากคลื่นซัดเอากรวด ทรายหยาบ และเปลือกหอยต่าง ๆ ขนไปกองสะสมไว้บริเวณเหนือหาด ทำให้เกิดเป็นสันหาดเดี่ยว ๆ อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลท่วมถึง

3.1.4 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรี

บริเวณลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตั้งแต่ท้ายเขื่อนเพชรบุรีถึงอ่าวไทย เป็นพื้นที่ซึ่งเกิดอุทกภัยเป็นประจำ มีเนื้อที่ประมาณ 798.5 ตารางกิโลเมตร แยกออกเป็นพื้นที่ป่าไม้ 4.7 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 0.6 ของพื้นที่ พื้นที่ทำนา 59.6 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ทำนาข้าว 494.6 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 61.9 ของพื้นที่ หรือประมาณร้อยละ 7.45 ของพื้นที่ พื้นที่ป่าชายเลน 31.8 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 3.9 ของพื้นที่ และหมู่บ้าน 184.6 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณร้อยละ 23.2 ของพื้นที่ พื้นที่ชุมชน 23.2 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 2.9 ของพื้นที่ ดังภาพที่ 3.3

3.1.5 สภาพฝนบริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรี

ในระหว่างเดือนพฤษภาคมมีลมมรสุมพัดผ่านมาจากซีกโลกใต้ข้ามเส้นศูนย์สูตรมายังซีกโลกเหนือ เข้าสู่บริเวณทะเล และแผ่นดินของประเทศไทย เมื่อพัดผ่านเส้นศูนย์สูตรมาแล้วจะเปลี่ยนทิศทางเป็นทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยลมมรสุมนี้จะมีกำลังแรงขึ้นเป็นระยะ ๆ หลังเดือนกรกฎาคมไปแล้วจะมีกำลังแรงขึ้นบ่อยครั้ง ประกอบกับถูกร่องมรสุมพัดผ่าน จากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้

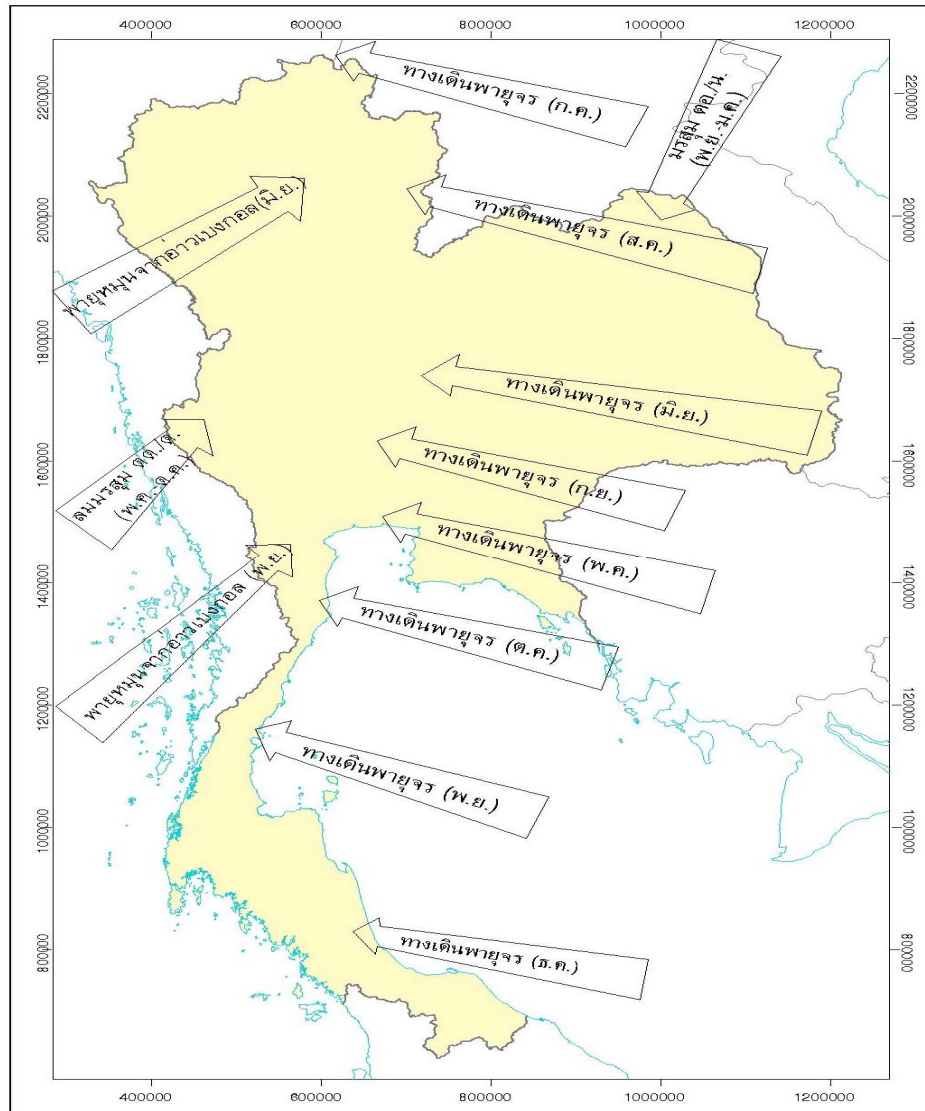


ที่มา : ภาพจากดาวเทียม LANDSAT

ภาพที่ 3.3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดเพชรบุรี

เมื่อพัดมาปะทะกันทำให้เกิดเป็นร่องมรสุมแนวกว้าง ถ้าลมมรสุมทั้งสองด้านมีกำลังแรงขึ้นพร้อม ๆ กัน จะบีบให้แนวนี้นแคบและมีความรุนแรงในการปะทะกันของอากาศทั้งสองกระแส ทำให้เกิดเมฆและฝนมาก ร่องมรสุมนี้จะเลื่อนขึ้นลงตามดวงอาทิตย์ และจะพัดผ่านบริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรีช่วงเดือน

พฤษภาคมและช่วงเดือนตุลาคม จึงเป็นสาเหตุทำให้ฝนตกหนักและอุทกภัยในลุ่มน้ำเพชรบุรี ในช่วงเวลาฤดูฝนของลุ่มน้ำ

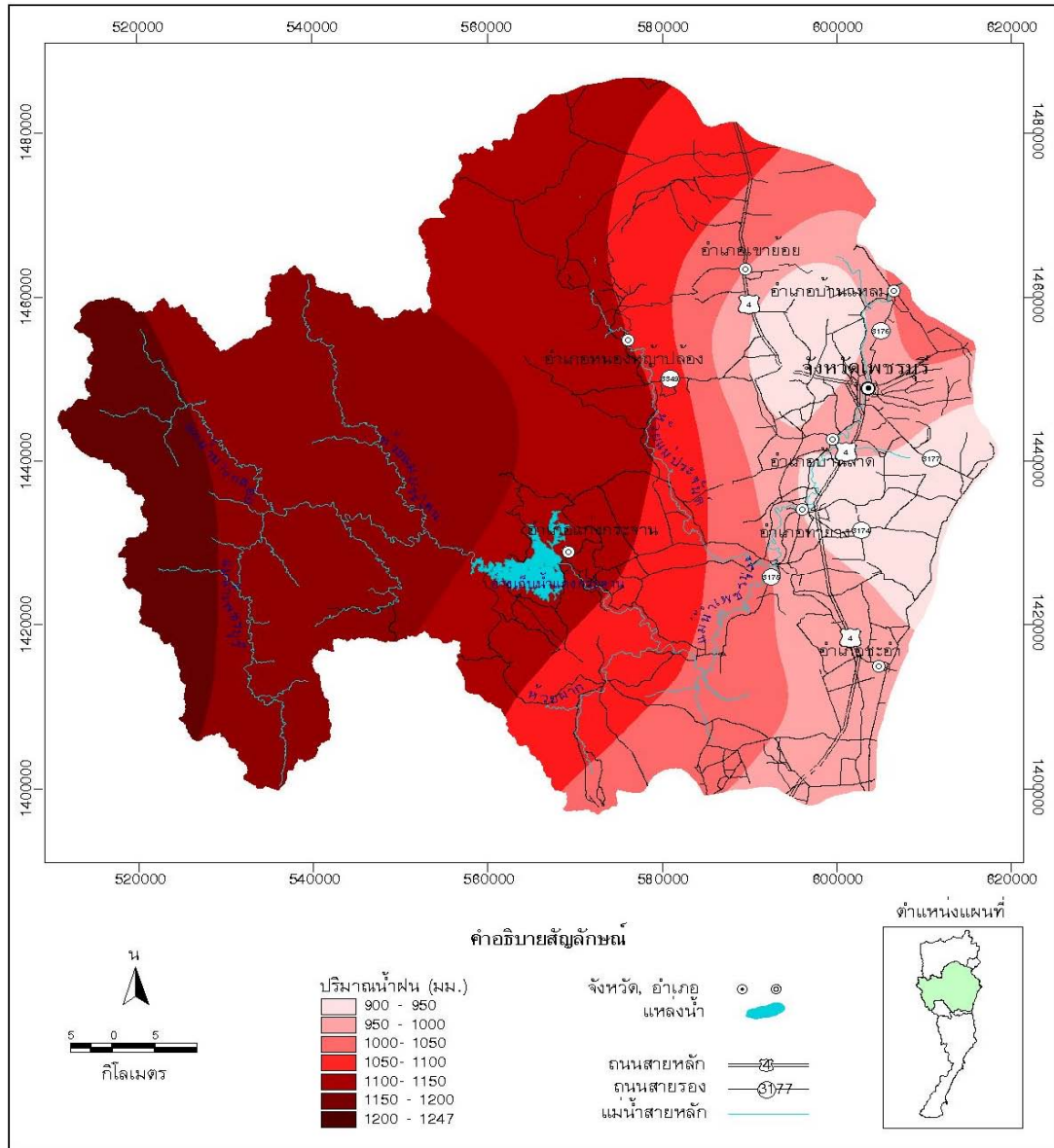


ที่มา : หนังสือ 92 ปี ชลประทาน

ภาพที่ 3.4 ทิศทางและช่วงเวลาของการเกิดพายุและลมมรสุมในประเทศไทย

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝน พบว่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีลุ่มน้ำเพชรบุรี มีค่าประมาณ 1,000 มิลลิเมตร/ปี ซึ่งมีค่าน้อยกว่าฝนเฉลี่ยรายปีทั้งประเทศไทยประมาณ 200 มิลลิเมตร/ปี ช่วงฤดูฝนประมาณเดือนพฤษภาคม – พฤศจิกายน มีปริมาณฝนคิดเป็นร้อยละ 90 ของฝนรายปี (อินทิรา, 2538) โดยมีฝนตกมากที่สุดในเดือนตุลาคม (ภาพที่ 3.5) แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีรายคาบ 40 ปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของ

ลุ่มน้ำเพชรบุรีมีค่าสูงบริเวณลุ่มน้ำตอนบน และลดลงเรื่อย ๆ ในทางทิศตะวันออกซึ่งเป็นที่ราบ



ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและพัฒนาศักยภาพแห่งชาติ

ภาพที่ 3.5 แผนที่ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในรอบ 40 ปี ลุ่มน้ำเพชรบุรี

สรุปได้ว่าสาเหตุที่ก่อให้เกิดฝนตกหนักในลุ่มน้ำเพชรบุรีมีหลายประการ ได้แก่ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นกระแสลมที่พัดมาจากซีกโลกใต้ข้ามเส้นศูนย์สูตรมายังซีกโลกเหนือ เข้าสู่บริเวณทะเล และแผ่นดินประเทศไทยในเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป ลมมรสุมนี้จะมีกำลังแรงขึ้น เป็นระยะ ๆ โดยเฉพาะหลังเดือนกรกฎาคมไปแล้วลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะมีกำลังแรงบ่อยครั้งขึ้น ประกอบกับร่องมรสุมพาดผ่าน เกิดจากการที่ประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ

ลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ พัดมาปะทะกันทำให้เกิดร่องมรสุม (monsoon trough) แนวปะทะนี้มี ความกว้างเปลี่ยนแปลงตามความแรงของมรสุมทั้งสองแนว ถ้าลมมรสุมทั้งสองด้าน มีกำลังแรงขึ้นพร้อม ๆ กัน จะบีบให้แนวนี้แคบและมีความรุนแรงในการปะทะกันของอากาศทั้งสองกระแส ทำให้เกิดเมฆและฝนตก ได้มาก ถ้าลมมรสุมทั้งสองด้านของแนวอ่อนกำลังด้วยกัน การปะทะของกระแสลมไม่รุนแรง แนวปะทะ จะมีบริเวณกว้างและไม่มีอากาศรุนแรง ร่องมรสุมนี้จะเลื่อนขึ้นลงตามดวงอาทิตย์ ร่องมรสุมจะพัด ผ่านบริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรีช่วงเดือนพฤษภาคม และช่วงเดือนตุลาคม และมีสาเหตุอื่น ๆ ประกอบ เช่น หย่อมความกดอากาศต่ำ กำลังแรง พายุหมุนเขตร้อน พบว่า ฤดูฝนเริ่มต้นเดือนพฤษภาคม และ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนมีค่าสูงในช่วงเดือนตุลาคม

3.1.6 ระบบแม่น้ำและโครงการชลประทาน

ระบบแม่น้ำของลุ่มน้ำเพชรบุรีจัดเป็นลุ่มน้ำขนาดกลาง (ตามการแบ่งลุ่มน้ำของ คณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ เพื่อกำหนดขอบเขตของพื้นที่ในการศึกษาศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำ) มีขนาดพื้นที่ทั้งหมด 5,607 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภาพร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นภาพสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยประมาณทางทิศตะวันตกติดกับประเทศสาธารณรัฐสังคมนิยมแห่งประเทศไทย และเป็นต้นน้ำของ แม่น้ำสายหลักเป็นพื้นที่ภูเขาสูง ส่วนทางตะวันออกของลุ่มน้ำเป็นพื้นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล และเป็นจุด ปลายของแม่น้ำสู่ทะเล จากการศึกษาศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำเพชรบุรี ของสำนักงานคณะกรรมการ พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้แบ่งลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็นลุ่มน้ำย่อย 4 ลุ่มน้ำอันประกอบด้วย ลุ่ม น้ำเพชรบุรีตอนบน ลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนกลาง ลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนล่าง และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลเพชรบุรี โดยใช้คุณลักษณะทางกายภาพ และสภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำเป็นเกณฑ์ในการแบ่งสำหรับระบบ แม่น้ำของลุ่มน้ำประกอบด้วยลำน้ำสายหลักสายใหญ่สายเดียวคือ แม่น้ำเพชรบุรีไหลผ่านแนวแกนกลาง ของพื้นที่ลุ่มน้ำในแนวตะวันตก-ออกโดยประมาณ มีต้นกำเนิดของ แม่น้ำที่เทือกเขาตะนาวศรีทางด้าน ตะวันตกของลุ่มน้ำ ไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอบ้านแหลมทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของลุ่มน้ำ โดยประมาณ ความยาวของลำน้ำประมาณ 200 กิโลเมตร ความลาดชันของลำน้ำทั้งหมด (Gross slope) ซึ่งพิจารณาจากความต่างระดับสูงสุดและต่ำสุดของลำน้ำมีค่าประมาณ 1:350 และความลาด ชันเฉลี่ยของลำน้ำ (Average slope) ประมาณ 1:1,400 ลำน้ำจะมีความลาดชันมากในตอนบน ส่วน ตอนล่างค่อนข้างราบ โดยลำน้ำที่ไหลเป็นลำน้ำสายรอง

3.1.7 แหล่งน้ำที่สำคัญ บริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรี มี 5 สาย

แม่น้ำเพชรบุรี เป็นแม่น้ำสายหลัก มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาตะนาวศรี ซึ่งเป็นทิวเขากั้น เขตแดนไทย- พม่า ไหลผ่านแกนกลางของลุ่มน้ำในแนวตะวันตก-ออก โดยผ่านอำเภอแก่ง

กระเจาน อำเภอกำแพง อำเภอบ้านลาด อำเภอเมือง ไหลลงสู่ทะเลที่ปากอ่าวอำเภอบ้านแหลม มีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 227 กิโลเมตร แม่น้ำเพชรบุรีแบ่งออกเป็นสองตอน คือ ตอนที่ 1 จากต้นน้ำถึงบ้านท่าซึก อำเภอกำแพงยาวประมาณ 165 กิโลเมตร เป็นช่องแม่น้ำไหลผ่านหุบเขา ชายเขาและที่สูง มีสาขาที่สำคัญ 2 สาย คือ ห้วยแม่ประจันต์ และ ห้วยผาก ตอนที่ 2 เมื่อแม่น้ำไหลผ่านบ้านท่าซึกแล้ว จะไหลจากทางทิศใต้ขึ้นไปทางเหนือผ่านอำเภอกำแพง บ้านลาด และตัวจังหวัดเพชรบุรี ซึ่งเป็นที่ราบไปลงทะเลที่อำเภอบ้านแหลม แม่น้ำช่วงนี้ยาวประมาณ 62 กิโลเมตร

แม่น้ำบางกลอย เป็นแม่น้ำสายรอง มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาตะนาวศรีทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของกลุ่มน้ำ ไหลมาบรรจบแม่น้ำเพชรบุรีที่ตำบลสองพี่น้อง อำเภอกำแพงกระเจาน มีความยาวของลำน้ำประมาณ 60 กิโลเมตร

แม่น้ำประโดน เป็นแม่น้ำสายรอง มีต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบริเวณเขตติดต่อระหว่างอำเภอกำแพงท้อ จังหวัดราชบุรี กับอำเภอหนองหญ้าปล้อง ไหลมาบรรจบแม่น้ำเพชรบุรีที่บ้านประตูผี ตำบลกำแพงกระเจาน อำเภอกำแพงกระเจาน ความยาวของลำน้ำประมาณ 55 กิโลเมตร

ห้วยแม่ประจันต์ เป็นแม่น้ำสายรอง มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาในจังหวัดราชบุรี ไหลผ่านอำเภอหนองหญ้าปล้องมาบรรจบกับแม่น้ำเพชรบุรีบริเวณเหนือเขื่อนเพชรบริเวณบ้านท่าซึก ตำบลท่าแลง อำเภอกำแพง มีความยาวลำน้ำประมาณ 56 กิโลเมตร

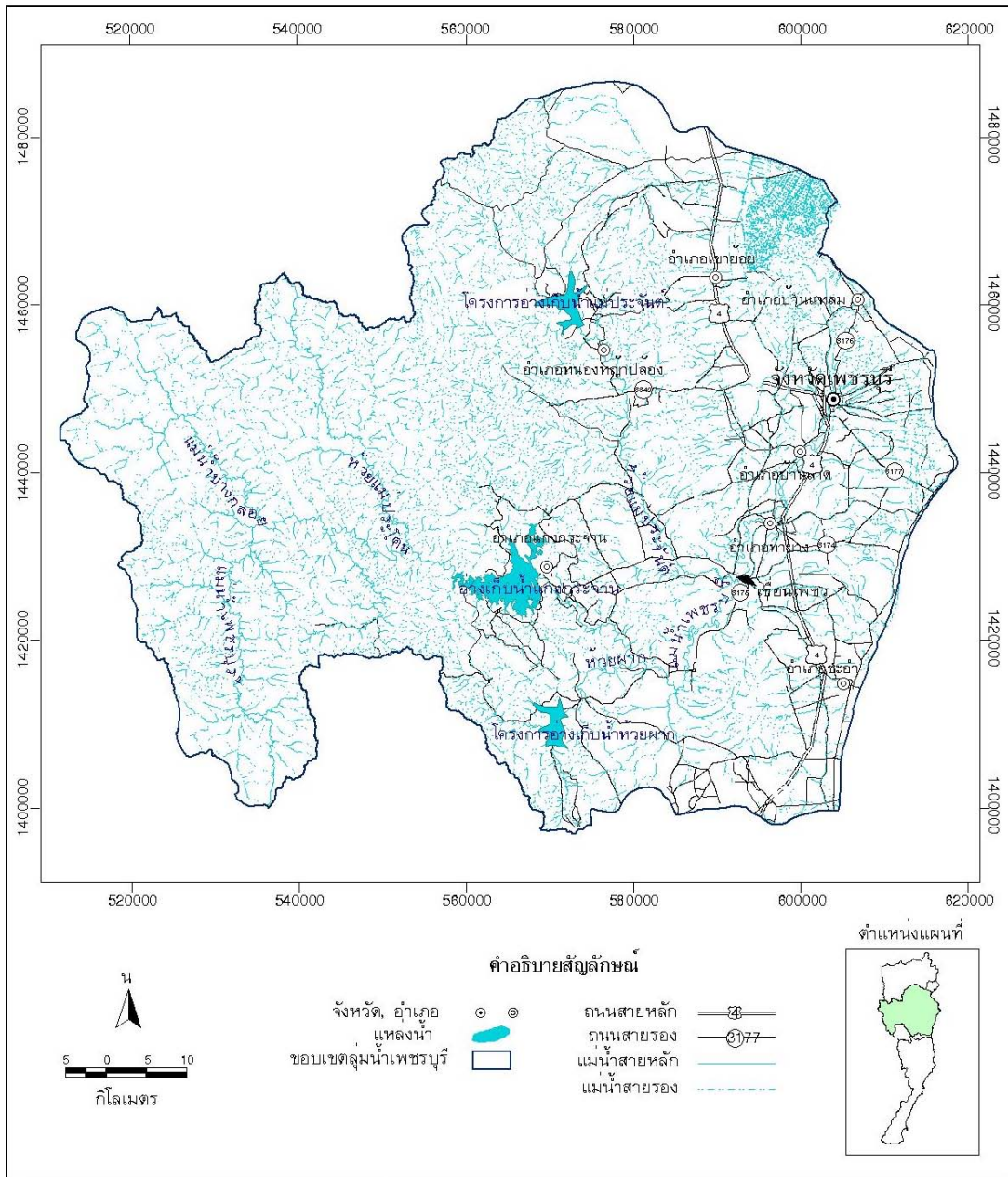
ห้วยผาก เป็นแม่น้ำสายรองอีกสายหนึ่ง มีต้นกำเนิดจากภูเขาอ่างแก้วและภูเขาน้ำหยดในบริเวณอำเภอกำแพงกระเจาน ไหลในแนวตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงเหนือ มารวมกับแม่น้ำเพชรบุรีที่บริเวณใต้อ่างเก็บน้ำกำแพงกระเจานในเขตบ้านวังมะละกอ ตำบลกลัดหลวง อำเภอกำแพงกระเจานมีความยาวประมาณ 30 กิโลเมตร

3.1.8 โครงการชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี

ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี มีโครงการชลประทานทั้งสิ้น 68 โครงการ จัดเป็นโครงการขนาดใหญ่และ ขนาดกลาง จำนวน 17 โครงการ และโครงการขนาดเล็ก จำนวน 51 โครงการ สำหรับโครงการชลประทานที่สำคัญ ๆ มีดังนี้

อ่างเก็บน้ำเขื่อนกำแพงกระเจาน เป็นเขื่อนเอนกประสงค์โครงการขนาดใหญ่ สร้างกั้นแม่น้ำเพชรบุรี ที่ตำบลสองพี่น้อง อำเภอกำแพงกระเจาน จังหวัดเพชรบุรี (ละติจูดที่ 12 องศา 54 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดที่ 99 องศา 38 ลิปดา ตะวันออก) มีพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อน 22,000 ตารางกิโลเมตร

พื้นที่เก็บกักน้ำ 31,000 ไร่ ความจุประมาณ 710 ล้านลูกบาศก์เมตร มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 19 เมกกะวัตต์ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เฉลี่ยปีละ 71 ล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง



มีทางระบายน้ำล้นอยู่ทางฝั่งขวาของแม่น้ำ สันทางระบายน้ำ อยู่ที่ระดับ 99.00 (รทก.) ยาว 110.00 เมตร สามารถระบายน้ำที่เกินความต้องการได้ 1,380 ลูกบาศก์เมตร / วินาที การไหลของแม่น้ำเพชรบุรีที่อยู่ท้ายเขื่อนจะมีการไหลแบบควบคุม (Regulated Flow)



ที่มา : กรมชลประทาน

ภาพที่ 3.7 เขื่อนแก่งกระจาน กั้นแม่น้ำเพชรบุรี ที่ อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี

เขื่อนเพชรบุรี เป็นเขื่อนทดน้ำหรือเขื่อนระบายน้ำขนาดกลาง สร้างกั้นแม่น้ำเพชรบุรีที่ตำบลท่าคอย อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี (ละติจูดที่ 12 องศา 55 ลิปดา เหนือ และลองจิจูดที่ 99 องศา 51 ลิปดา ตะวันออก) เริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ. ศ. 2485 เสร็จเมื่อปี พ. ศ. 2493 อยู่ห่างจากเขื่อนเก็บน้ำแก่งกระจาน ทางทำynnน้ำลงมา 66 กิโลเมตร มีแหล่งน้ำต้นทุนจาก เขื่อนแก่งกระจาน แม่น้ำเพชรบุรี ห้วยแม่ประจันต์ ห้วยผาก มีโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรีเป็นผู้รับผิดชอบใช้แหล่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน จัดสรรน้ำเพื่อการเกษตรด้วยระบบคลองส่งน้ำให้แก่พื้นที่อำเภอท่ายาง อำเภอชะอำ อำเภอบ้านลาด อำเภอเมือง อำเภอบ้านแหลม และพื้นที่อำเภอเขาย้อยบางส่วน และส่งน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคในเขตจังหวัดเพชรบุรี การระบายน้ำของเขื่อนเพชร สามารถระบายน้ำจากเหนือเขื่อนสู่

พื้นที่ในความรับผิดชอบของโครงการบำรุงและรักษาเพชรบุรีได้ 3 ทางด้วยกัน คือ ผ่านประตูเขื่อน คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา และคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย ประตูเขื่อนเพชรสามารถระบายน้ำได้สูงสุด 1400 ลูกบาศก์เมตร/วินาที คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา (ติดกับบริเวณตัวเขื่อน) สายใหญ่ 1 สายใหญ่ 2 และสายใหญ่ 3 มีความจุของคลองส่งน้ำ 10.6 5.9 และ 22.8 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ตามลำดับ ส่วนคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย (อยู่ห่างจากเขื่อนเพชรไปทางเหนือประมาณ 1.4 กม.) มีความจุคลองส่งน้ำ 14.5 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ดังภาพที่ 3.8



ที่มา : กรมชลประทาน

ภาพที่ 3.8 เขื่อนเพชรบุรี สร้างปิดกั้นแม่น้ำแม่เพชรบุรี ที่อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี

โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยแม่ประจันต์ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี โครงการอ่างเก็บน้ำแม่ประจันต์ เป็นโครงการที่อยู่ในแผนของกรมชลประทาน ที่ตั้งอยู่บริเวณตำบลหนองหญ้าปล้อง อำเภอหนองหญ้าปล้อง กำหนดความจุเก็บกักไว้ประมาณ 40 ล้านลูกบาศก์เมตร

สถานที่ตั้ง หมู่ที่ 5 บ้านจะโปรง ตำบลหนองหญ้าปล้อง อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี



ที่มา : กรมชลประทาน

ภาพที่ 3.9 โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยแม่ประจันต์ จังหวัดเพชรบุรี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อใช้เป็นแหล่งเก็บกักน้ำ สำหรับช่วยเหลือราษฎรที่อาศัยอยู่ตามหมู่บ้านต่าง ๆ ริมห้วยแม่ประจันต์ ในเขตอำเภอหนองหญ้าปล้อง อำเภอบ้านลาด อำเภอบ้านยาง จังหวัดเพชรบุรี ให้น้ำใช้เพื่อการเพาะปลูกและการอุปโภค - บริโภคตลอดปี
2. เพื่อใช้เป็นแหล่งเก็บกักน้ำ สำหรับช่วยเหลือการอุปโภค - บริโภค ในฤดูแล้งของราษฎรและสัตว์เลี้ยงที่อาศัยอยู่ใกล้เคียงกับเขตโครงการ
3. เพื่อใช้เป็นแหล่งเก็บกักน้ำในช่วงฤดูน้ำนองเพื่อช่วยบรรเทาอุทกภัยของโครงการชลประทานเพชรบุรีให้ได้ผลสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
4. เพื่อเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์น้ำให้ประชาชนได้บริโภคและหารายได้จากการจับสัตว์น้ำ
5. เพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยวและสถานที่พักผ่อนหย่อนใจของประชาชนในบริเวณโครงการ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยแม่ประจันต์ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ มีปริมาตรเก็บกักที่ระดับเก็บกัก 42.2 ล้าน ลบ.ม. สามารถส่งน้ำเพื่อการเพาะปลูกประมาณ 22,000 ไร่

โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยผาก เป็นโครงการอยู่ในแผนของกรมชลประทาน มีที่ตั้งโครงการที่ตำบลลาดหลวง อำเภอท่ายาง มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 195 ตารางกิโลเมตร ความจุอ่างที่ระดับเก็บกัก 30 ล้านลูกบาศก์เมตร

สถานที่ตั้ง หมู่ที่ 6 บ้านยางชุม ตำบลลาดหลวง อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อช่วยเหลือราษฎรบริเวณริมห้วยผากให้มีน้ำใช้ในการอุปโภค-บริโภคและทำการเกษตรกรรมได้ตลอดทั้งปี

2. ช่วยสนับสนุนโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรีให้ได้ผลสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3. เพื่อช่วยบรรเทาอุทกภัยในฤดูฝน ในบริเวณใกล้เคียง

4. เพื่อใช้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์น้ำจืด เพื่อบริโภคและเพิ่มรายได้

5. เพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยวและพักผ่อนหย่อนใจ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ โครงการห้วยผาก อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ่างเก็บน้ำ มีปริมาตรเก็บกักที่ระดับเก็บกัก 27.5 ล้าน ลบ.ม. ระบบชลประทาน สามารถส่งน้ำเพื่อการเพาะปลูกประมาณ 4,100 ไร่

3.1.9 สภาพน้ำท่า

สถานีวัดน้ำท่าที่เปิดทำการวัดปริมาณน้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรีในปัจจุบัน มีทั้งหมด 5 สถานี ได้แก่ สถานี B.1A B.3 B.6 B.8 และ B.10 สถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่บนลำน้ำเพชรบุรี คือ สถานี B.3 B.10 และ B.1A ส่วนสถานี B.8 และ B.6 ตั้งอยู่บนลำน้ำห้วยผาก และลำน้ำแม่ประจันต์ ตามลำดับภาพที่ 3.12 แสดงตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำเพชรบุรี การสำรวจวัดปริมาณน้ำและปริมาณน้ำมีอยู่ 2 ลักษณะคือ สถานี B.6 และ B.8 เป็นสถานีอัตโนมัติชนิดหุ่นลอย แบบสำรวจ 24 ชั่วโมง

ส่วนสถานี B.3 B.10 และ B.1A เป็นสถานีที่ใช้การสำรวจแบบเสาหลัก ธรรมดา ทำการสำรวจ 5 เวลาต่อวัน คือ เวลา 6.00 น. 9.00 น. 12.00 น. 15.00 น. และ 18.00 น.

แม่น้ำเพชรบุรีมีการสร้างเขื่อนแก่งกระจานในปี 2508 ทำให้การไหลบนลำน้ำเพชรบุรีเป็นการไหลแบบมีการถูกควบคุม (Regulated Flow) (อินทิตรา, 2538) ได้เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนระหว่างก่อนและหลังมีเขื่อนแก่งกระจาน พบว่าก่อนสร้างเขื่อนแก่งกระจาน มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคมประมาณร้อยละ 90 ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ส่วนหลังสร้างเขื่อนแก่งกระจานในเวลาเดียวกันนี้มีประมาณร้อยละ 70 ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำทั้งหมด จะมีค่าประมาณ 1,400 ล้านลูกบาศก์เมตร ต่อ ปี โดยเฉลี่ย (หรือประมาณ 250 มิลลิเมตร และคิดเป็นร้อยละ 25 ของปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งพื้นที่) เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำหลังมีเขื่อนแก่งกระจานและเขื่อนเพชร ภาพแบบการกระจายของปริมาณน้ำท่ารายเดือนจะเปลี่ยนไป และเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีพบว่าประมาณ ร้อยละ 30 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดมีการผันออกไปเพื่อชลประทานและกิจกรรมต่าง ๆ และในภาพ 3.10 ได้แสดงการเปลี่ยนแปลงการกระจายของน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของแม่น้ำเพชรบุรี อันเป็นผลจากการดำเนินการของอ่างแก่งกระจานและการผันน้ำของเขื่อนเพชรเพื่อการชลประทาน

3.1.10 สภาพน้ำหลาก

การเกิดน้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีส่วนมากเกิดในช่วงเดือน ตุลาคม – พฤศจิกายน โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนและตอนล่างของเขื่อนแก่งกระจานติดต่อกัน ทำให้ปริมาณน้ำจากห้วยผากและห้วยแม่ประจันต์ ไหลหลากสู่แม่น้ำเพชรบุรี เขื่อนเพชร และพื้นที่ลุ่มริมแม่น้ำเพชรบุรีตามลำดับ นอกจากสาเหตุจากธรรมชาติแล้ว กิจกรรมของมนุษย์ก็มีผลต่อการเกิดสภาพน้ำหลากในพื้นที่ ได้แก่ เขื่อนแก่งกระจานและเขื่อนเพชร ซึ่งมีการควบคุมการไหลของน้ำ การสร้างถนน การบุกรุกพื้นที่บริเวณริมแม่น้ำลำคลอง

สถิติปริมาณน้ำหลากสูงสุดในรอบปีที่จัดเก็บโดยกรมชลประทาน พบว่าปริมาณน้ำหลากสูงสุดในรอบปี ณ สถานี B.3 ที่วัดได้มีค่าสูงสุด 338 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2546 ค่าต่ำสุด 46 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2523 และค่าเฉลี่ย 155.58 ลูกบาศก์เมตร/วินาที สถานี B8 มีค่าสูงสุด 284 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อวันที่ 8 พฤษภาคม 2529 ค่าต่ำสุด 2 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อวันที่ 2 เมษายน 2525 ค่าเฉลี่ย 68.67 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

สถานี B.6 มีค่าต่ำสุด 22 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2522 ค่าเฉลี่ย 334.53 ลูกบาศก์เมตร/วินาที สถานี B.10 มีค่าสูงสุด 786 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2546 ค่าต่ำสุด 93 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2533 ค่าเฉลี่ย 368.6 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

สถานี B.1A มีค่าสูงสุด 202 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อวันที่ 7 ตุลาคม 2512 ค่าต่ำสุด 14 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อวันที่ 18 ตุลาคม 2523 ค่าเฉลี่ย 135.74 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

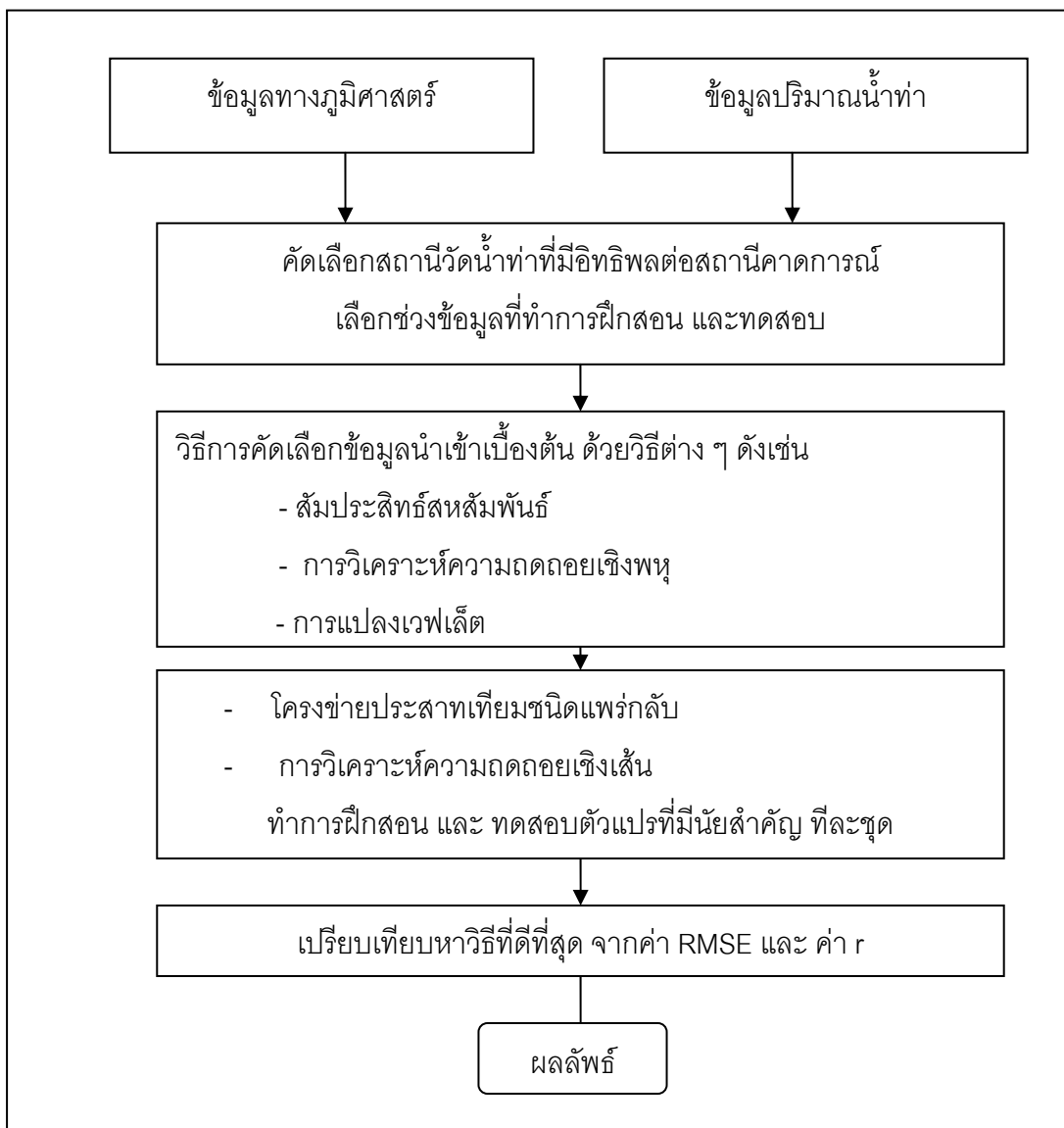
3.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ได้นำเสนอการเปรียบเทียบวิธีการเลือกค่าลักษณะสำคัญสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำ ณ สถานีวัดน้ำท่า B.10 ในลุ่มน้ำเพชรบุรีที่ได้ศึกษาไว้แล้วในบทที่ 2 ร่วมกับข้อมูลทางภูมิศาสตร์ของลุ่มน้ำเพชรบุรีที่ได้ศึกษาไว้แล้วในบทที่ 3 เพื่อทำการคัดเลือกข้อมูลปริมาณน้ำของสถานีวัดน้ำท่าอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อสถานีที่ต้องการคาดการณ์ ตามหลักภูมิศาสตร์เพื่อศึกษาถึงทิศทางการไหลของน้ำและทิศทางของน้ำในพื้นที่ ดังภาพที่ 3.11

3.2.1 วิธีคัดเลือกสถานีที่จะทำการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่ารายวัน โดยมีเกณฑ์ในการเลือกสถานีดังนี้

สถานีที่จะทำการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่ารายวันล่วงหน้า ควรจะเป็นสถานีที่มีความสำคัญและอยู่บนลำน้ำสายหลัก สามารถเป็นตัวแทนของลุ่มน้ำในลำน้ำย่อยและลำน้ำหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นสถานีที่สำคัญที่จะเตือนภัยล่วงหน้าต่อพื้นที่ด้านท้ายสถานีอย่างทันสถานการณ์ได้เป็นอย่างดี และเป็นจุดที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยหรือเป็นจุดออกของลำน้ำย่อยและลำน้ำหลัก

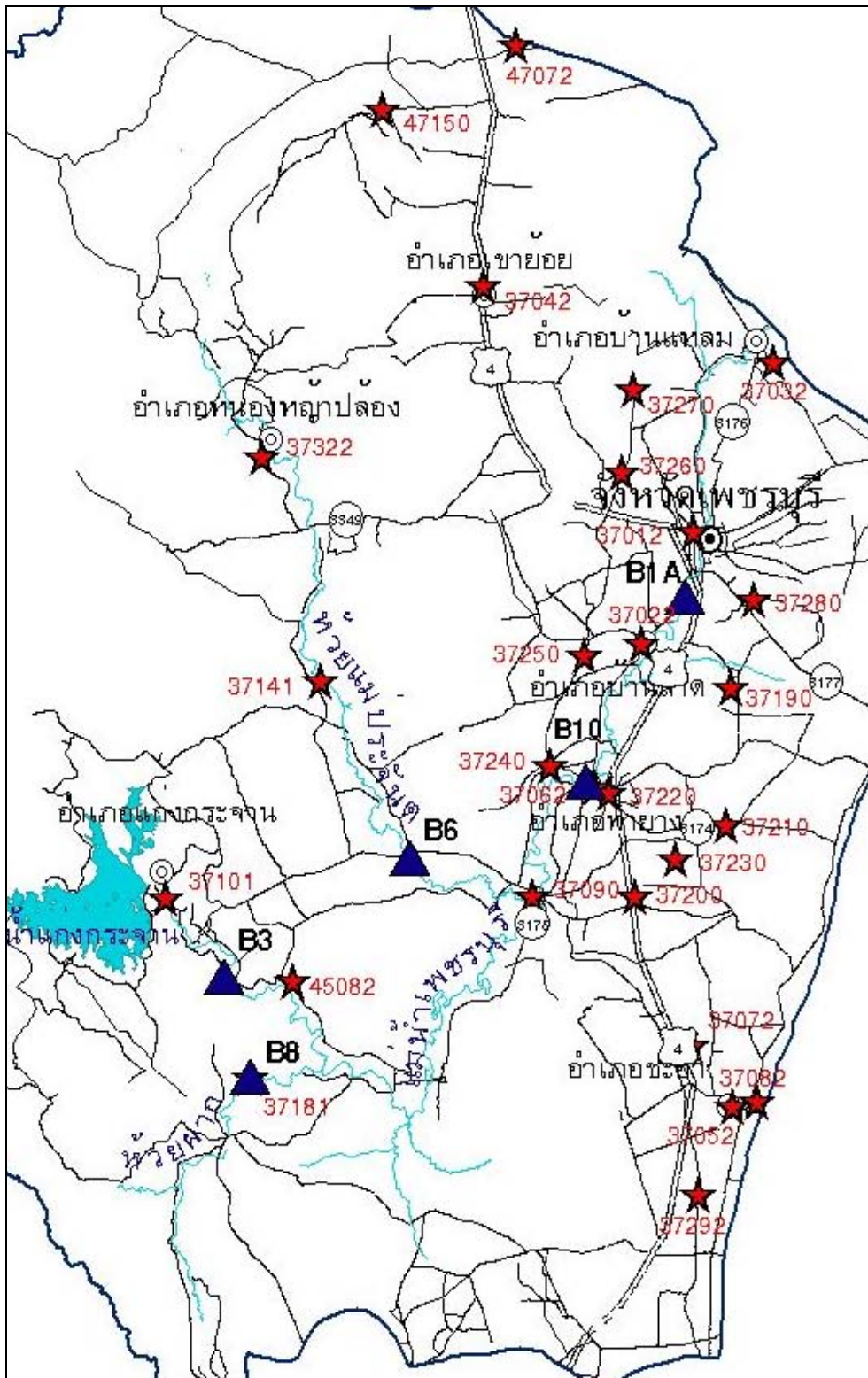
สถานีที่เลือกมาทำการคาดการณ์ควรเป็นสถานีที่มีความมั่นคงในเรื่องตำแหน่งที่ตั้ง ไม่มีการเคลื่อนย้ายสถานี มีการจัดเก็บข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง มีช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูลที่ยาวนาน ต่อเนื่องและไม่ขาดหาย หรือ มีข้อมูลขาดหายน้อยที่สุด และมีข้อมูลเพียงพอต่อการนำข้อมูลมาทำการเรียนรู้ และ ทดสอบ ด้วย



ภาพที่ 3.11 ขั้นตอนการศึกษาคัดเลือกชุดตัวแปรนำเข้าเพื่อใช้พยากรณ์น้ำท่ารายวันล่วงหน้า

ตรวจสอบค่าความน่าเชื่อถือของข้อมูลกับข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายปี เพื่อดูกราฟแนวโน้มและความผิดปกติของข้อมูลเลือกว่าข้อมูลปีใดมีความถูกต้อง สำหรับใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกข้อมูลของปีนั้นมาใช้

การเลือกสถานีวัดปริมาณน้ำท่ารายวัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำจะเลือกเฉพาะสถานีสำรวจข้อมูลที่มีอิทธิพลกับสถานีวัดปริมาณน้ำท่าที่จะทำการคาดการณ์ได้ โดยทั่วไป ใช้ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ ดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำทั้ง 5 สถานีที่ใช้ในลุ่มน้ำเพชรบุรี

ศึกษารวมชาติการไหลของน้ำว่าไหลมาจากที่ใด ผ่านจุดใดบ้างก่อนถึงสถานีที่ทำการคาดการณ์ และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระบบน้ำท่าในลำน้ำขึ้นอยู่กับองค์ประกอบใดบ้าง

เช่นมีเขื่อนหรือ อาคารชลศาสตร์ กั้นทำให้การผันน้ำไม่เป็นตามธรรมชาติ ความใกล้เคียงทะเลเมื่อถูกน้ำทะเลหนุน เป็นต้น

คัดเลือกช่วงข้อมูลปริมาณน้ำที่จะนำมาทำการ เรียนรู้ และ ทดสอบ ควรเป็นช่วงเวลาที่ใกล้เคียงปัจจุบัน ต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ เพราะถ้าเกิดมีการเปลี่ยนแปลงสภาพลุ่มน้ำ เช่นมีการผันน้ำออกจากลำน้ำเดิม ข้อมูลนั้นก็จะไม่เหมาะสม ต้องใช้ข้อมูลใหม่ เพื่อคัดเลือกโมเดล โดยให้สภาพลุ่มน้ำใกล้เคียงกับสภาพปัจจุบันมากที่สุดนั่นเอง

3.2.2 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำ

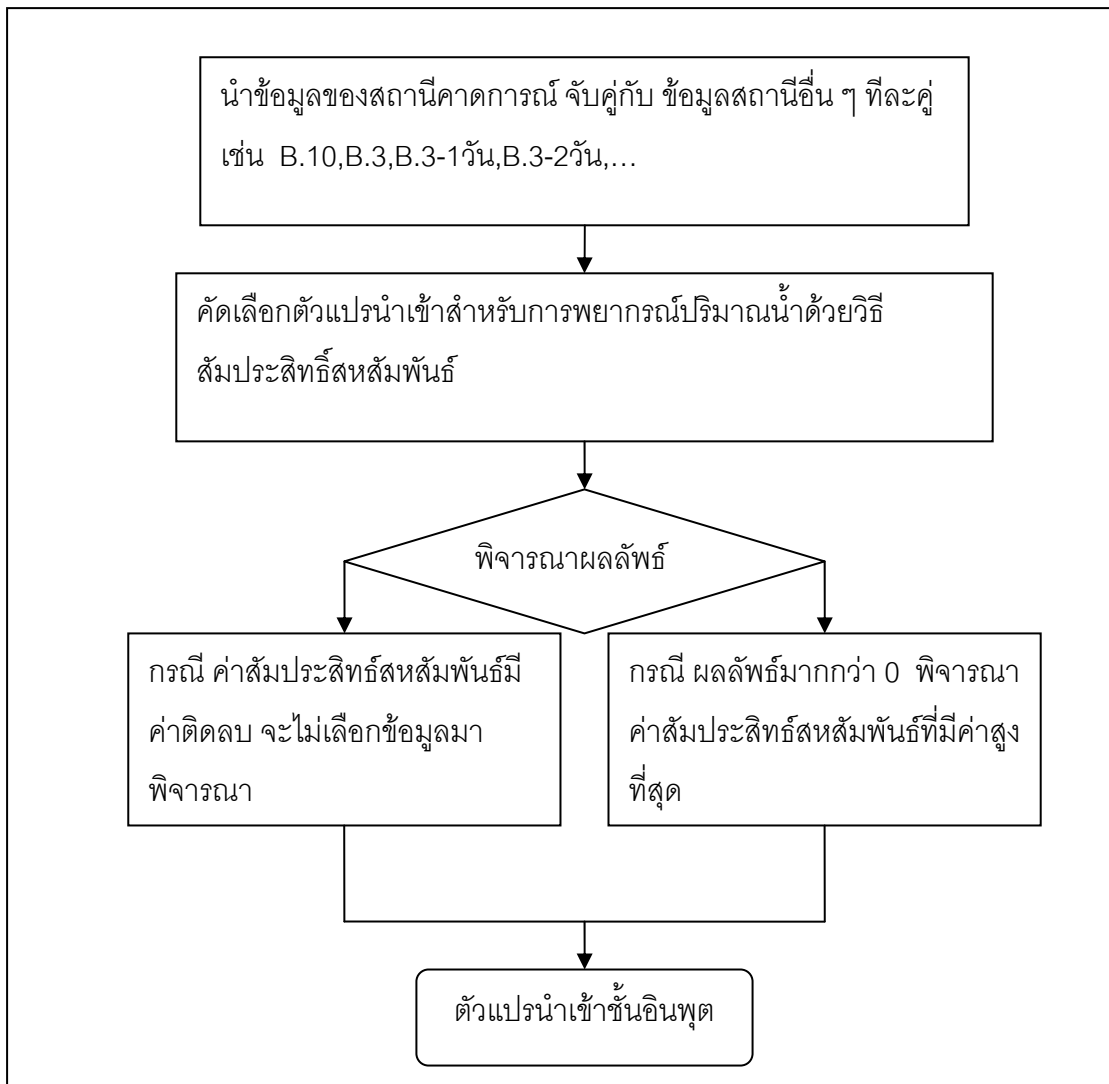
ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์ และคัดเลือกข้อมูลในการนำเข้า เพื่อกำหนดขอบเขตและแนวทาง ในการศึกษาก่อนที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้สร้างแบบจำลองต่อไป

3.2.2.1 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไขว้โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีค่าสูงที่สุด

ใช้หลักความสัมพันธ์ของข้อมูลทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อหาตัวแปรนำเข้าชั้นอินพุตทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับเวลาย้อนหลังของสถานีแต่ละสถานีที่มีอิทธิพลตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับสถานีที่จะทำการคาดการณ์เพื่อหาระยะเวลาย้อนหลังเป็นจำนวนวันถึงวันที่เท่าไร ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการไหลของน้ำวันปัจจุบันที่สถานีที่จะทำการคาดการณ์ โดยการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณน้ำเทียบกับเวลาย้อนหลัง ของสถานีแต่ละสถานีเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล ใช้วิธี สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับเวลาย้อนหลังเป็นคู่ ๆ ระหว่าง สถานีที่คาดการณ์ กับ สถานีอื่น ๆ ที่อยู่ในลุ่มน้ำ ทีละคู่ โดยพิจารณาสถานีที่อยู่ในลำน้ำเดียวกันก่อน จากสถานีด้านเหนือน้ำ ถึงสถานีด้านท้ายน้ำ เช่น สถานีวัดน้ำท่า B.3 และ สถานีวัดน้ำท่าที่จะทำการคาดการณ์ B.10 อยู่ในลำน้ำเพชรบุรีซึ่งเป็นลำน้ำสายหลักเช่นเดียวกัน โดยนำข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าเหล่านั้นมาวางเรียงกันตามเวลาการเกิดน้ำท่าสำหรับแต่ละสถานีเพื่อเปรียบเทียบเวลาการเกิดน้ำท่าที่แตกต่างกัน (Lag Time) กับ สถานีวัดน้ำท่าที่จะทำการคาดการณ์ B.10

โดยมีหลักการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังนี้ พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีค่าสูงที่สุด หมายถึง ดังแปรสองตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมาก ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าติดลบ หมายถึง ตัวแปรสองตัวแปรมีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้ามจะไม่ทำการเลือกตัวแปรนั้นมาเป็นตัวแปรนำเข้าชั้นอินพุต พิจารณาเลือกค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีค่าสูง

ที่สุด เพื่อหาเวลาการเกิดน้ำท่าที่แตกต่างกัน ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่น้ำท่าเดินทางจากสถานีที่ทำการเปรียบเทียบเดินทางมาถึงสถานีที่จะทำการคาดการณ์ ขึ้นอยู่กับสภาพลุ่มน้ำนั้น ๆ และดูได้จากค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แล้วแต่ที่จะพิจารณาเป็นกรณีไปตามความเหมาะสม ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 ขั้นตอนการดำเนินการด้วยการวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีค่าสูงที่สุด

3.2.2.2 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธี การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ

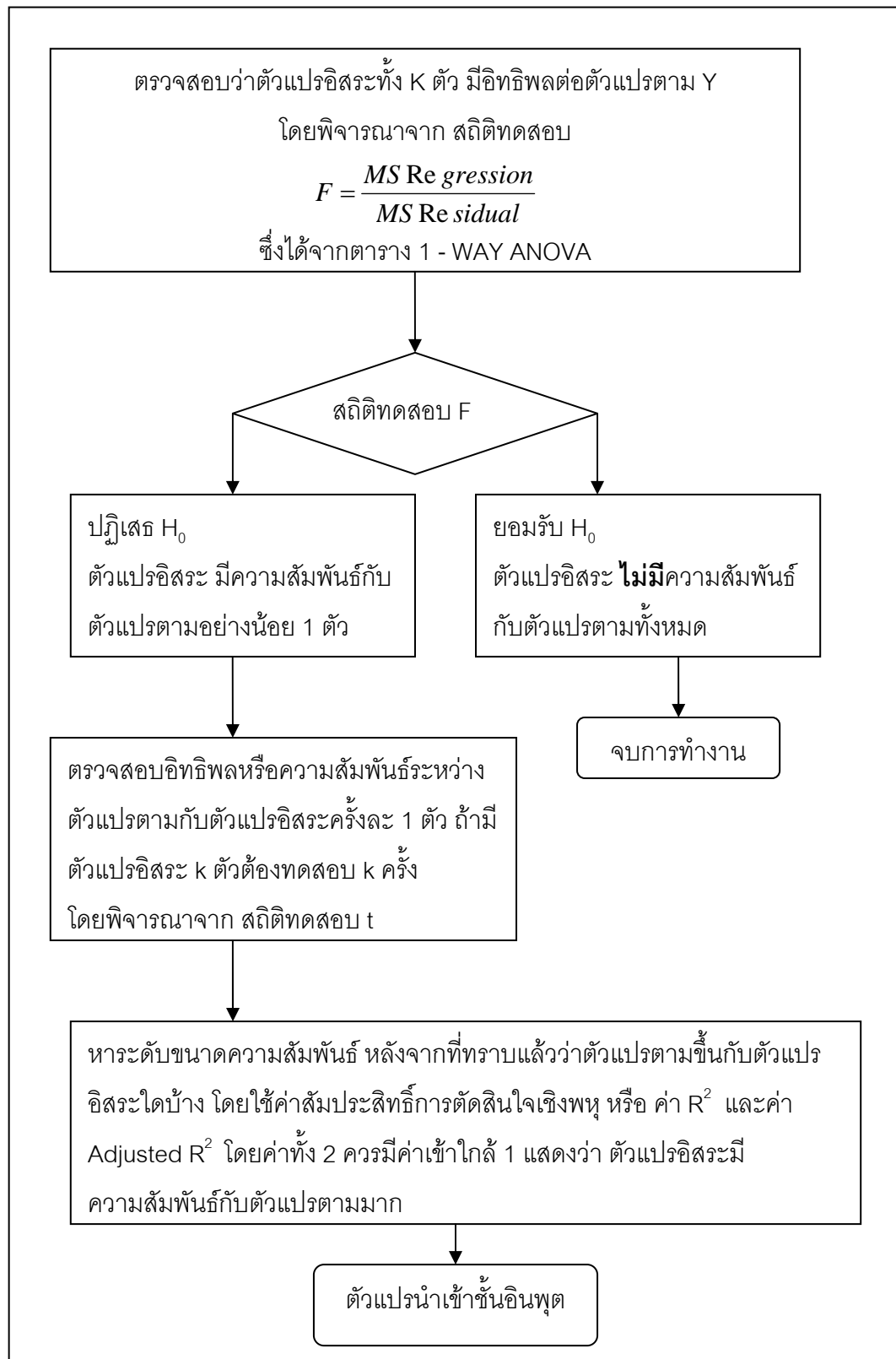
นำวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุมาประยุกต์ใช้ เพื่อหาตัวแปรนำเข้าชั้นรับข้อมูล โดยทำการกำหนดให้สถานีวัดน้ำท่า B.3,B.6,B.8 เป็นตัวแปรต้น และกำหนดให้สถานีวัด

น้ำท่า B.10 เป็นตัวแปรตาม เพื่อศึกษาว่ามีตัวแปรใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ขึ้นกับตัวแปรอิสระหรือปัจจัยใดบ้างทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุเทียบกับเวลาย้อนหลังทีละคู่ จะได้สมการถดถอยเชิงพหุเป็นดังนี้

ปริมาณน้ำที่สถานี B.10 = a + b₁ปริมาณน้ำที่สถานี B.3 + b₂ ปริมาณน้ำที่สถานี B.3(t-1) + + b_nปริมาณน้ำที่สถานี B.3(t-n)

โดยมีหลักการพิจารณาค่าถดถอยเชิงส่วน b_1, b_2, \dots, b_k ซึ่งอาจมีค่าเป็น ค่าบวก หรือ ค่าลบก็ได้ ถ้ามีเครื่องหมายเป็นบวกแสดงว่ามีความสัมพันธ์ในทางบวก หมายถึงตัวแปรต้นและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันเช่น ค่าปริมาณปริมาณน้ำที่สถานี B.3 เพิ่มขึ้น ปริมาณปริมาณน้ำที่สถานี B.10 เพิ่มขึ้น หรือ ค่าปริมาณปริมาณน้ำที่สถานี B.3 ลดลง ปริมาณปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ก็ลดลงตาม ถ้ามีเครื่องหมายเป็นลบแสดงว่ามีความสัมพันธ์ในทางลบ หมายถึงตัวแปรต้นและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกันเช่น ค่าปริมาณปริมาณน้ำที่สถานี B.3 เพิ่มขึ้น แต่ ปริมาณปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ลดลง

นำวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุมาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาว่ามีตัวแปรอิสระ (Independent variable) ใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (Dependent variable) โดยพิจารณาจาก สถิติทดสอบ F (F-test) ตาราง 1-WAY ANOVA หรือดูค่า Significant F เพื่อตรวจสอบอิทธิพลหรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับกลุ่มตัวแปรอิสระทั้งหมดว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ หากพบว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม จึงทำขั้นตอนต่อไป คือทำการตรวจสอบอิทธิพลหรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระครั้งละ 1 ตัวถ้ามีตัวแปรอิสระ k ตัวต้องทดสอบ k ครั้งโดยพิจารณาจาก สถิติทดสอบ(t-stat) หรือ ค่า P-value และทำการหารระดับขนาดความสัมพันธ์ หลังจากที่เราพบแล้วว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระใดบ้าง โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (Coefficient of Multiple Determination) หรือ ค่า R² และ ค่า Adjusted R² เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อมูลนำเข้า



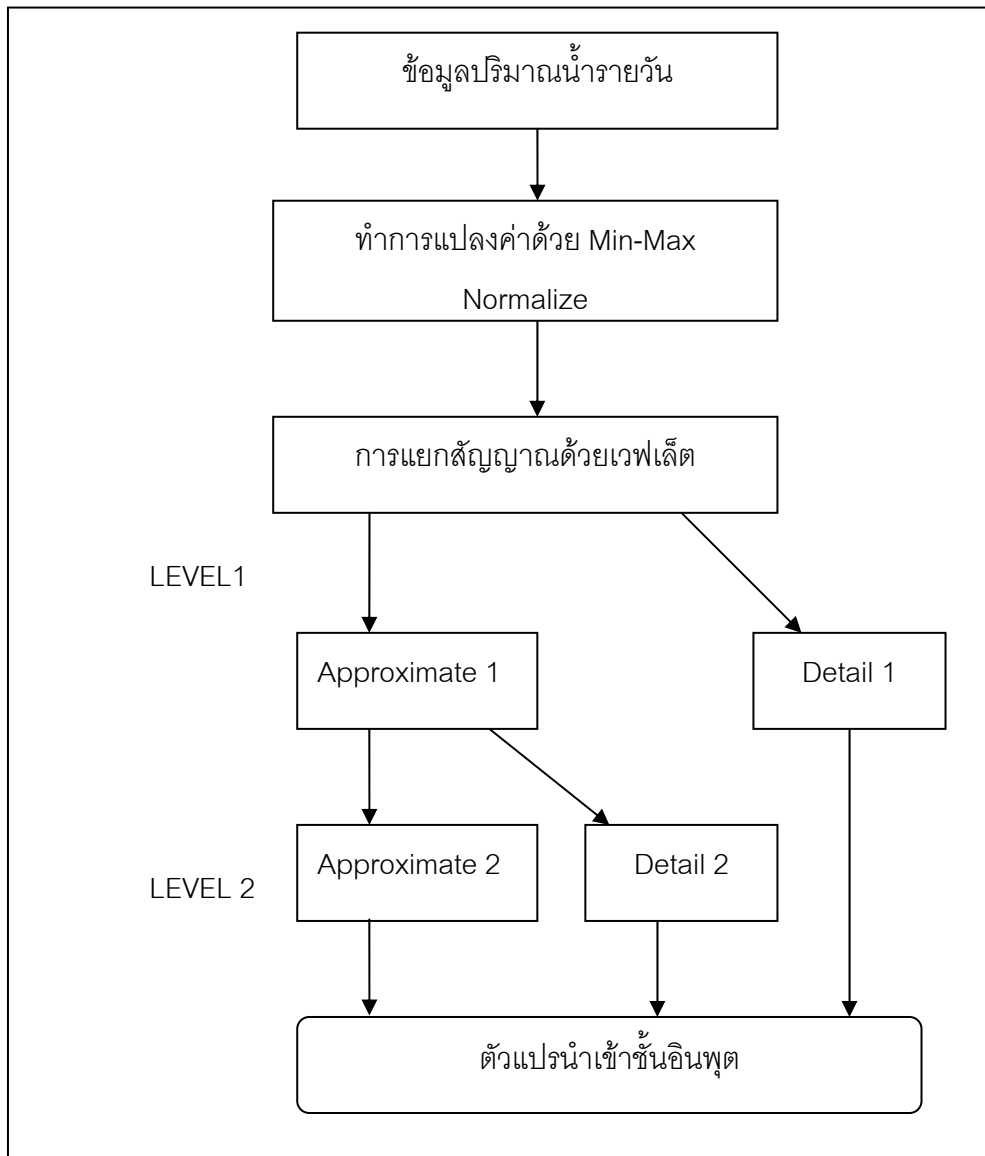
ภาพที่ 3.14 ขั้นตอนการดำเนินการด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ

3.2.2.3 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย วิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย

ทำการแปลงข้อมูลปริมาณน้ำจากช่วงเดิมให้เป็นช่วงข้อมูลใหม่โดยวิธี Min-Max Normalization ก่อนใช้หลักการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย เพื่อที่จะกรองข้อมูลรบกวนออกจากข้อมูลปริมาณน้ำรายวัน โดยใช้ลักษณะของคลื่นเวฟเล็ตชนิด ฮาร์เวฟเล็ต หลักการแปลงเวฟเล็ตของข้อมูลจะแสดงในภาพของการแปลงค่าข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นความถี่ ต่อมาจะมาผ่านการวิเคราะห์แบบตัวกรองข้อมูล เพื่อทำการแยกข้อมูลต้นฉบับเป็น 2 ส่วน ส่วนที่มีความถี่ต่ำกับส่วนที่มีความถี่สูง โดยจะใช้ตัวกรองความถี่ต่ำ สำหรับแยกองค์ประกอบส่วนที่มีความถี่ต่ำ และใช้ตัวกรองความถี่สูง สำหรับแยกองค์ประกอบความถี่สูง ซึ่งจะทำให้ผลจากการวิเคราะห์ลดลงครึ่งหนึ่ง ในกาวิเคราะห์แต่ละชั้นโดยสรุปคือ เมื่อนำข้อมูลต้นแบบ มาผ่านการวิเคราะห์ด้วยการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยแล้ว จะทำให้ข้อมูลต้นฉบับถูกแยกองค์ประกอบ ด้วยตัวกรองความถี่สูงและตัวกรองความถี่ต่ำ ซึ่งจะแยกความถี่ได้ตามช่วงที่ต้องการ และผลที่ได้จะทำให้ได้ข้อมูลเป็นสองส่วนคือ

1. ข้อมูลองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximated Version) หรือ ที่เรียกว่า สัมประสิทธิ์การประมาณ
2. ข้อมูลองค์ประกอบความถี่สูง (Detailed Version) หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์รายละเอียด

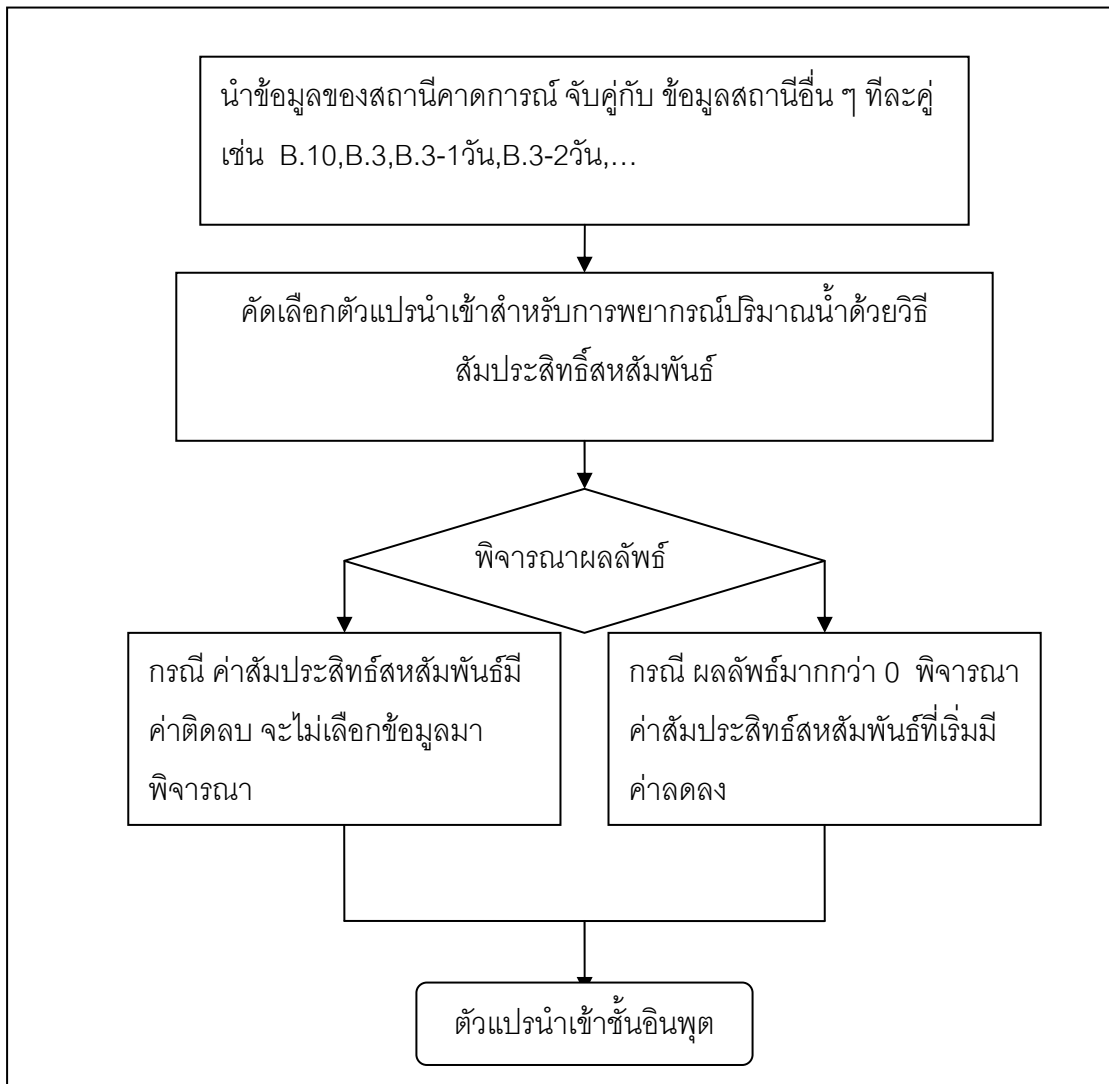
ซึ่งหลักการดังกล่าวเป็นหลักการของการแยกข้อมูลด้วยเวฟเล็ตนั่นเอง เพื่อที่จะแยกข้อมูลอนุกรมเวลาให้เป็นข้อมูลแต่ละระดับความละเอียด และใช้โครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์สัมประสิทธิ์ของเวฟเล็ต ต่อมาจะทำการรวมผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์สัมประสิทธิ์ของเวฟเล็ตด้วยวิธี การรวมกลับข้อมูลด้วยเวฟเล็ต เพื่อที่จะได้เป็นผลลัพธ์การพยากรณ์ หลักการของการรวมกลับข้อมูลด้วยเวฟเล็ต จะทำงานตรงข้ามกับการแยกข้อมูลด้วยเวฟเล็ต ซึ่งจะนำข้อมูลองค์ประกอบความถี่ต่ำ และ ข้อมูลองค์ประกอบความถี่สูง มารวมเป็นข้อมูลต้นฉบับได้ ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 ขั้นตอนการดำเนินการด้วยวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย

3.2.2.4 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไขว้ โดยพิจารณาจำนวนวันย้อนหลังที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เริ่มมีค่าลดลง

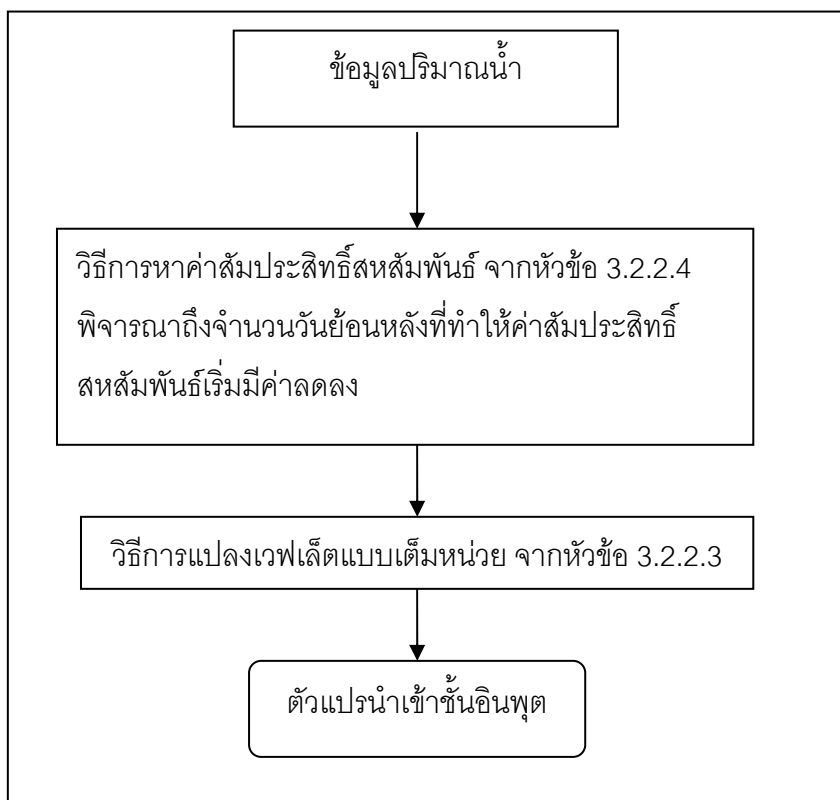
ใช้หลักความสัมพันธ์ของข้อมูลทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อหาตัวแปรนำเข้าขั้นรับข้อมูล ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับเวลาย้อนหลังตามหัวข้อ 3.2.2.1 แต่พิจารณาจำนวนวันย้อนหลังที่ความสัมพันธ์เริ่มมีค่าลดลงโดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 ขั้นตอนการดำเนินการด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยพิจารณาจำนวนวันย้อนหลังที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เริ่มมีค่าลดลง

3.2.2.5 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไขว้ โดยพิจารณาจำนวนวันย้อนหลังที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เริ่มมีค่าลดลง และวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย

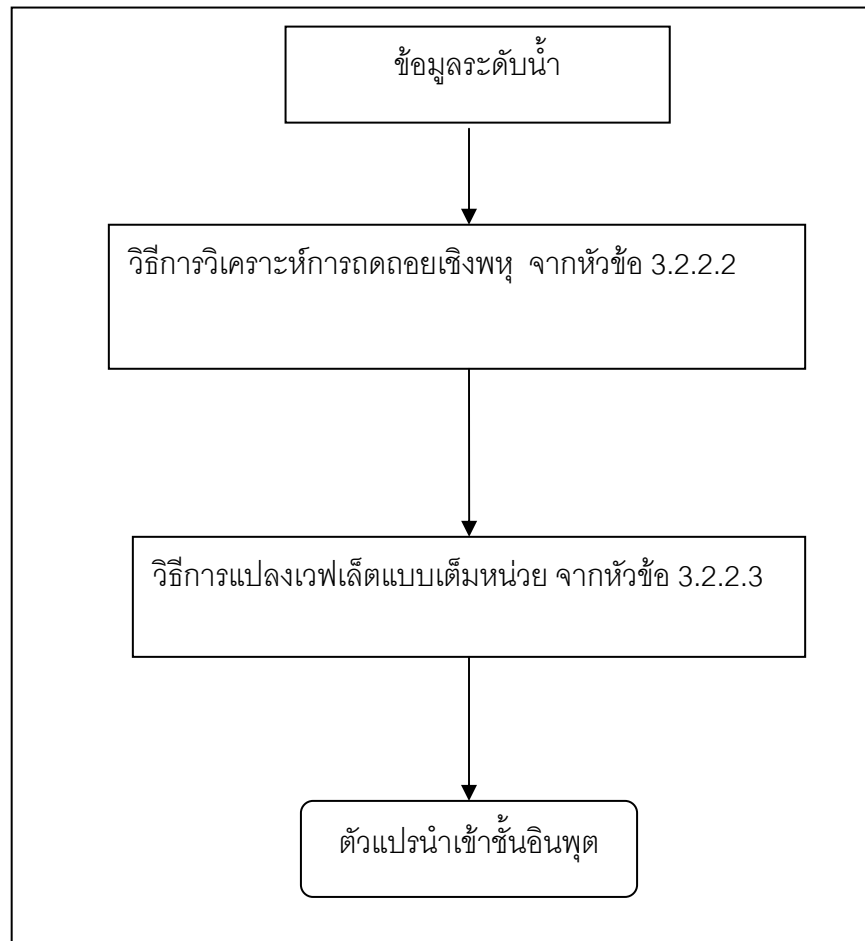
ใช้หลักความสัมพันธ์ของข้อมูลทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อหาตัวแปรนำเข้าชั้นรับข้อมูล ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับเวลาย้อนหลังตามหัวข้อ 3.2.2.4 โดยพิจารณาถึงจำนวนวันย้อนหลังที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เริ่มมีค่าลดลงและนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย ตามหัวข้อ 3.2.2.3 มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 ขั้นตอนการดำเนินการด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พิจารณาจำนวนวันย้อนหลังที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เริ่มมีค่าลดลงและวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย

3.2.2.6 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ และวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย

ทำการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญของตัวแปรนำเข้าสู่ชั้นรับข้อมูล ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ จากหัวข้อ 3.2.2.2 เมื่อได้ผลลัพธ์แล้ววิเคราะห์ด้วยการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย ตามหัวข้อ 3.2.2.3 มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 ขั้นตอนการดำเนินการด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุและวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย

3.2.2.7 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการหาผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง

โดยทำการจัดเรียงข้อมูล 10 วันย้อนหลังและแทรกค่าผลต่างระหว่างวันเป็นคู่ ๆ ทุกสถานี มีโครงสร้างดังนี้

$Q_{B.10+1} = Q_{B.10}, Q_{B.10-1},$ ค่าผลต่าง $Q_{B.10}$ และ $Q_{B.10-1}, \dots, Q_{B.10-10},$ ค่าผลต่าง $Q_{B.10-9}$ และ $Q_{B.10-10}, Q_{B.3}, Q_{B.3-1},$ ค่าผลต่าง $Q_{B.3}$ และ $Q_{B.3-1}, \dots, Q_{B.10-10},$ ค่าผลต่าง $Q_{B.3-9}$ และ $Q_{B.3-10}, Q_{B.6}, Q_{B.6-1},$ ค่าผลต่าง $Q_{B.6}$ และ $Q_{B.6-1}, \dots, Q_{B.6-10},$ ค่าผลต่าง $Q_{B.6-9}$ และ $Q_{B.6-10}, Q_{B.8}, Q_{B.8-1},$ ค่าผลต่าง $Q_{B.8}$ และ $Q_{B.8-1}, \dots, Q_{B.8-10},$ ค่าผลต่าง $Q_{B.8-9}$ และ $Q_{B.8-10}$

3.2.2.8 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการหาผลต่างของจำนวนวันย้อนหลังและวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย

โดยทำการจัดเรียงข้อมูล 10 วันย้อนหลังและแทรกค่าผลต่างระหว่างวันเป็นคู่ ๆ ทุกสถานี มีโครงสร้างดังหัวข้อ 3.2.2.7 เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย

3.2.2.9 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับจำนวนวันย้อนหลังและผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง

ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบระหว่างค่าปริมาณน้ำล่องหน้าหนึ่งวัน ของสถานีวัดน้ำท่าที่จะทำการคาดการณ์ กับสถานีต่าง ๆ ซึ่งมีโครงสร้างดังต่อไปนี้

$$Q_B.10_{t+1}, Q_B.3_t, Q_B.3_{t-1}, Q_B.3_{t-2}, \dots, Q_B.3_{t-10}$$

$$Q_B.10_{t+1}, Q_B.6_t, Q_B.6_{t-1}, Q_B.6_{t-2}, \dots, Q_B.6_{t-10}$$

$$Q_B.10_{t+1}, Q_B.8_t, Q_B.8_{t-1}, Q_B.8_{t-2}, \dots, Q_B.8_{t-10}$$

$$Q_B.10_{t+1}, Q_B.10_t, Q_B.10_{t-1}, Q_B.10_{t-2}, \dots, Q_B.10_{t-10}$$

โดย $Q_B.3_{t-1}$ หมายถึง ข้อมูลปริมาณน้ำสถานี B.3 ย้อนหลัง 1 วัน

$Q_B.10_{t-5}$ หมายถึง ข้อมูลปริมาณน้ำสถานี B.10 ย้อนหลัง 5 วัน

$Q_B.10_{t+1}$ หมายถึง ข้อมูลปริมาณน้ำสถานี B.10 ล่องหน้า 1 วัน

ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบระหว่างค่าปริมาณน้ำล่องหน้าหนึ่งวัน ของสถานีวัดน้ำท่าที่จะทำการคาดการณ์ กับผลต่างของสถานีต่าง ๆ ซึ่งมีโครงสร้างดังต่อไปนี้

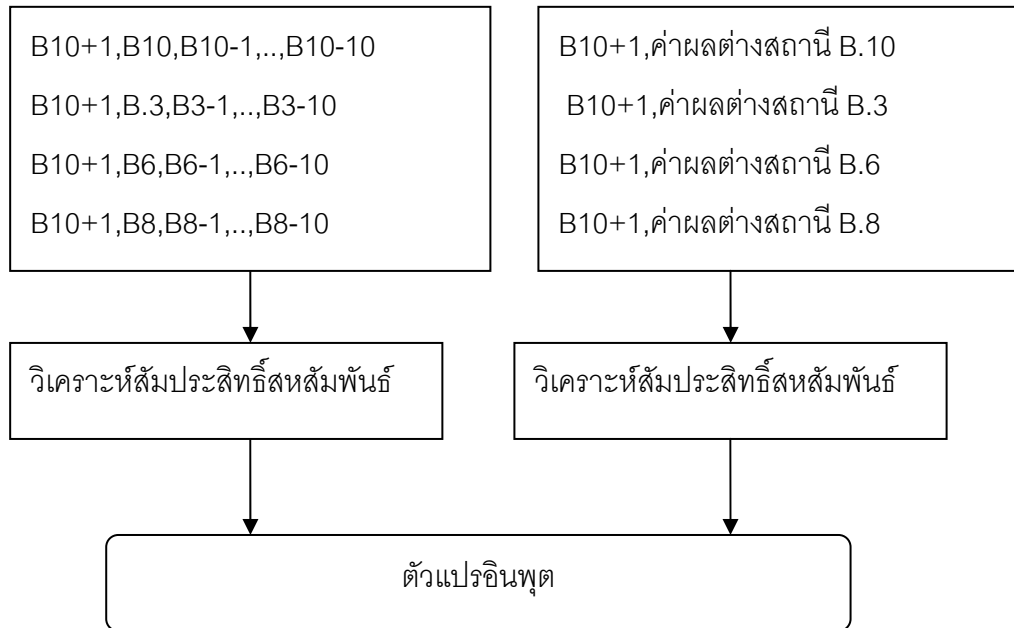
$$Q_B.10_{t+1}, \text{ผลต่าง } Q_B.3_t \text{ กับ } Q_B.3_{t-1}, \dots, \text{ผลต่าง } Q_B.3_{t-9} \text{ กับ } Q_B.3_{t-10}$$

$$Q_B.10_{t+1}, \text{ผลต่าง } Q_B.6_t \text{ กับ } Q_B.6_{t-1}, \dots, \text{ผลต่าง } Q_B.6_{t-9} \text{ กับ } Q_B.6_{t-10}$$

$$Q_B.10_{t+1}, \text{ผลต่าง } Q_B.8_t \text{ กับ } Q_B.8_{t-1}, \dots, \text{ผลต่าง } Q_B.8_{t-9} \text{ กับ } Q_B.8_{t-10}$$

$$Q_B.10_{t+1}, \text{ผลต่าง } Q_B.10_t \text{ กับ } Q_B.10_{t-1}, \dots, \text{ผลต่าง } Q_B.10_{t-9} \text{ กับ } Q_B.10_{t-10}$$

นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งหมดมาเรียงต่อกันเป็นข้อมูลอินพุต



ภาพที่ 3.19 ขั้นตอนการคัดเลือกตัวแปรอินพุต จากวิธีหัวข้อ 3.2.2.9

3.2.2.10 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยพหุเทียบกับจำนวนวันย้อนหลังและผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง

ทำการวิเคราะห์ความถดถอยพหุเทียบระหว่างค่าปริมาณน้ำล่องหนวันหนึ่งวัน ของสถานีวัดน้ำท่าที่จะทำการคาดการณ์ กับสถานีต่าง ๆ ซึ่งมีโครงสร้างดังต่อไปนี้

$$Q_{B.10_{t+1}}, Q_{B.3_t}, Q_{B.3_{t-1}}, Q_{B.3_{t-2}}, \dots, Q_{B.3_{t-10}}$$

$$Q_{B.10_{t+1}}, Q_{B.6_t}, Q_{B.6_{t-1}}, Q_{B.6_{t-2}}, \dots, Q_{B.6_{t-10}}$$

$$Q_{B.10_{t+1}}, Q_{B.8_t}, Q_{B.8_{t-1}}, Q_{B.8_{t-2}}, \dots, Q_{B.8_{t-10}}$$

$$Q_{B.10_{t+1}}, Q_{B.10_t}, Q_{B.10_{t-1}}, Q_{B.10_{t-2}}, \dots, Q_{B.10_{t-10}}$$

โดย $Q_{B.3_{t-1}}$ หมายถึง ข้อมูลปริมาณน้ำสถานี B.3 ย้อนหลัง 1 วัน

$Q_{B.10_{t-5}}$ หมายถึง ข้อมูลปริมาณน้ำสถานี B.10 ย้อนหลัง 5 วัน

$Q_{B.10,t+1}$ หมายถึง ข้อมูลปริมาณน้ำสถานี B.10 ล่วงหน้า 1 วัน

ทำการวิเคราะห์ความถดถอยพหุ เทียบระหว่างค่าปริมาณน้ำล่วงหน้าหนึ่งวันของสถานีวัดน้ำทำที่จะทำการคาดการณ์ กับผลต่างของสถานีต่าง ๆ ซึ่งมีโครงสร้างดังต่อไปนี้

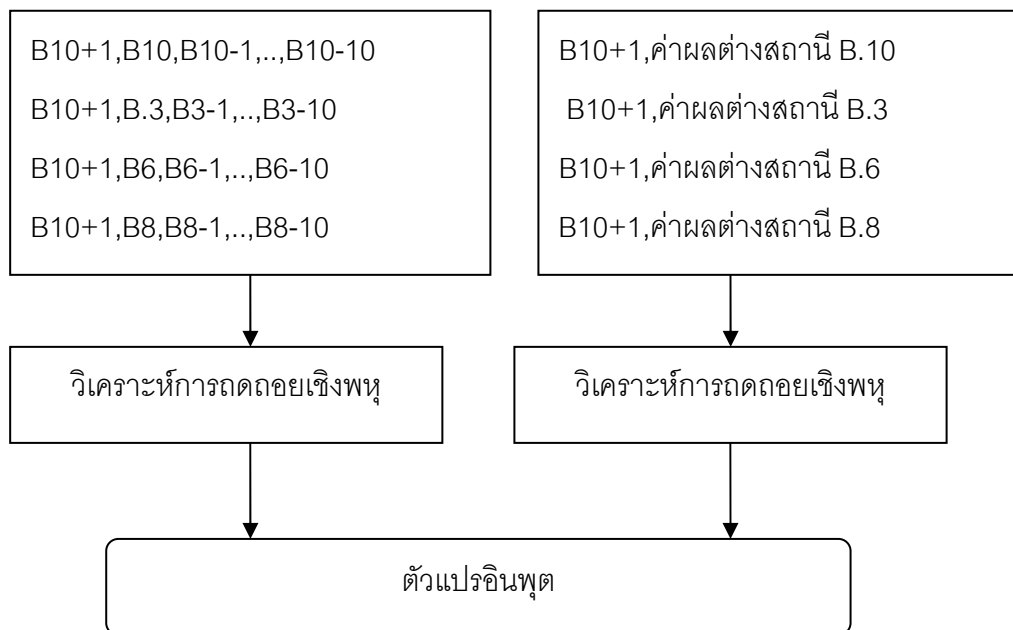
$Q_{B.10,t+1}$, ผลต่าง $Q_{B.3_t}$ กับ $Q_{B.3_{t-1}}$, ..., ผลต่าง $Q_{B.3_{t-9}}$ กับ $Q_{B.3_{t-10}}$

$Q_{B.10,t+1}$, ผลต่าง $Q_{B.6_t}$ กับ $Q_{B.6_{t-1}}$, ..., ผลต่าง $Q_{B.6_{t-9}}$ กับ $Q_{B.6_{t-10}}$

$Q_{B.10,t+1}$, ผลต่าง $Q_{B.8_t}$ กับ $Q_{B.8_{t-1}}$, ..., ผลต่าง $Q_{B.8_{t-9}}$ กับ $Q_{B.8_{t-10}}$

$Q_{B.10,t+1}$, ผลต่าง $Q_{B.10_t}$ กับ $Q_{B.10_{t-1}}$, ..., ผลต่าง $Q_{B.10_{t-9}}$ กับ $Q_{B.10_{t-10}}$

นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งหมดมาเรียงต่อกันเป็นข้อมูลอินพุต



ภาพที่ 3.20 ขั้นตอนการคัดเลือกตัวแปรอินพุตจากวิธีหัวข้อ 3.2.2.10

3.2.2.11 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับจำนวนวันย้อนหลังและผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลงเวฟเล็ตเต็มหน่วย

ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีจากหัวข้อ 3.2.2.9 เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย

3.3 การสร้างแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำ

1. สร้างแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำโดยนำชุดตัวแปรนำเข้าและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มาจัดสร้างแบบจำลองในกรณีต่าง ๆ ตามวิธีการคัดเลือกค่านัยสำคัญของตัวแปรนำเข้า

2. การเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียม (Training Model) ในขั้นตอนนี้จะให้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม และ แบบจำลองการถดถอย ได้เรียนรู้ข้อมูลที่เตรียมไว้ โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้นกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้จะใช้กระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กลับ ซึ่งเป็นเน็ตเวิร์กที่มีหลายชั้น อัลกอริทึมของกระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กลับ จะค้นหาเวกเตอร์น้ำหนักที่ให้ค่าผิดพลาดต่ำสุด เพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสม นำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WEKA โดยใช้ฟังก์ชัน การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น และ เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น

3. การทดสอบแบบจำลอง (Model Verification or Testing Model) เมื่อผ่านกระบวนการเรียนรู้มาแล้ว ขั้นตอนที่ไปคือการ นำแบบจำลองเหล่านั้นมาทดสอบกับข้อมูลที่เตรียมไว้สำหรับการทดสอบแบบจำลอง เพื่อทดสอบดูว่าแบบจำลองต่าง ๆ เหล่านั้น มีความแม่นยำถูกต้องต่อเหตุการณ์น้ำท่ามากน้อยเพียงใด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การทดสอบแบบจำลอง คือการนำข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบมาทำการทดสอบกับแบบจำลอง โดยข้อมูลที่ทดสอบเป็นอิสระไม่ขึ้นต่อชุดข้อมูลสอน ใช้วิธีการไขว้ข้ามสลิปกลุ่มโดยตัวอย่างในชุดข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็นสลิปส่วน ขนาดของชุดข้อมูลแต่ละชุดจะเท่ากับ ขนาดของชุดข้อมูลทั้งหมดหารด้วยสลิป และขนาดของข้อมูลเรียนรู้จะเท่ากับเก็สลิปเปอร์เซ็นต์จากข้อมูลทั้งหมด วิธีนี้จะเรียนรู้ด้วยชุดข้อมูลสอนและตรวจสอบความถูกต้องเป็นจำนวนสลิปรอบ โดยในรอบที่ x จะใช้ข้อมูลทดสอบชุดที่ x และใช้ชุดข้อมูลที่เหลือเป็นชุดข้อมูลสอน ค่าความแม่นยำคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างจำนวนตัวอย่างในชุดข้อมูลทดสอบที่ทำนายกลุ่มได้อย่างถูกต้องทั้งหมด k รอบกับจำนวนตัวอย่างทั้งหมดในชุดข้อมูล โดยใช้ภาพแบบการพยากรณ์แบบ Sliding Window โดยทำการจัดเรียงข้อมูลปริมาณน้ำจำนวน N ช่องเป็นข้อมูลป้อนเข้า ส่วนช่องสุดท้าย เป็นค่าเป้าหมายของการพยากรณ์ เพื่อสร้างข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ และ ข้อมูลที่ใช้ในทดสอบ

3.4 เกณฑ์การคำนวณค่าความผิดพลาดและวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง

คือ การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลวัดจริง ทั้งในช่วงเรียนรู้และทดสอบ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความผิดพลาดในเชิงสถิติต่าง ๆ ด้วยค่า RMSE ซึ่งใช้เป็นค่าบอกความแม่นยำของการทำนาย (Predict) กับค่าที่วัดได้จริง (Observe) ถ้าค่า RMSE น้อยแสดงว่าแบบจำลองมีความเที่ยงตรงและแม่นยำมาก และใช้ค่า r ประกอบ ถ้าค่า r มาก และเข้าใกล้ 1 แสดงว่าแบบจำลองมีความเที่ยงตรงและแม่นยำมาก

3.5 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ระหว่างวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญต่าง ๆ

นำข้อมูลที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญวิธีการต่าง ๆ ดังได้กล่าวในหัวข้อ 3.2.2.1 ถึงหัวข้อ 3.2.2.11 มาทำการเรียนรู้และทดสอบโดยการนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WEKA ใช้ฟังก์ชัน การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น และโครงข่ายประสาทเทียม ผลการพยากรณ์จากแบบจำลองใดให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด และ ให้ค่า r สูงที่สุด ถือว่าวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญวิธีนั้นมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกว่าวิธีอื่น ๆ ที่ได้นำเสนอ ในการศึกษาครั้งนี้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการในการคัดเลือกตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสม และเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ที่ได้จากการคัดเลือกตัวแปรกับแบบจำลอง ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาให้ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น

4.1 ผลการคัดเลือกสถานีวิัดน้ำท่าที่เหมาะสมในกลุ่มน้ำเพชรบุรี

เลือกสถานที่ที่จะทำการคาดการณ์ปริมาณน้ำรายวันโดยพิจารณาจากปัจจัยดังนี้

1. พื้นที่ในการศึกษาข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ พื้นที่ลุ่มแม่น้ำเพชรบุรี โดยมีสถานีวิัดน้ำท่าที่เปิดสำรวจปริมาณน้ำและปริมาณน้ำในกลุ่มน้ำเพชรบุรีในปัจจุบัน มีทั้งหมด 5 สถานี ได้แก่ สถานี B.1A, B.3, B.6, B.8 และ B.10 สถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่บนลำน้ำเพชรบุรี คือ สถานี B.3 B.10 และ B.1A ส่วนสถานี B.8 และ B.6 ตั้งอยู่บนลำน้ำห้วยผาก และลำน้ำแม่ประจันต์ ตามลำดับ การสำรวจวัดปริมาณน้ำและปริมาณน้ำมีอยู่ 2 ลักษณะคือ สถานี B.6 และ B.8 เป็นสถานีอัตโนมัติชนิดทุ่นลอย ส่วนสถานี B.3 B.10 และ B.1A เป็นสถานีที่ใช้การสำรวจแบบเสาหลักธรรมดา มีสถานที่ตั้งดังนี้

B.3 ลำน้ำเพชรบุรี บ้านสองพี่น้อง อ.แก่งกระจาน จ.เพชรบุรี

B.6 ลำน้ำห้วยแม่ประจันต์ อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี

B.8 ลำน้ำห้วยผาก บ้านโพรงเข้ ต.กัลลหวง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี

B.10 ลำน้ำเพชรบุรี ท้ายเขื่อนเพชรบุรี บ้านท่ายาง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี

B.1A ลำน้ำเพชรบุรี ท้ายเขื่อนเพชรบุรี อ.เมือง จ.เพชรบุรี

พบว่า สถานี B.3 B.10 และ B.1A ตั้งอยู่บนลำน้ำเพชรบุรี ซึ่งเป็นลำน้ำหลักของกลุ่มน้ำเพชรบุรี มีความมั่นคงในตำแหน่งที่ตั้ง ไม่มีการเคลื่อนย้ายสถานี

พิจารณาจากสภาพน้ำหลากพบว่าบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำเพชรบุรีตั้งแต่ท้ายเขื่อนเพชรบุรีถึงอ่าวไทย เป็นพื้นที่ซึ่งมีอุทกภัยเป็นประจำ ดังนั้นท้ายเขื่อนเพชรบุรีมีสถานีวิัดปริมาณน้ำท่าอยู่ 2 สถานี คือ สถานี B.10 และ สถานี B.1A จากผลการศึกษาในบทที่ 3 พบว่า สถานี B.1A อยู่

ใกล้ทะเล ถูกร้ำทะเลหนุน มีอิทธิพลของน้ำทะเลขึ้นลงมาเกี่ยวข้อง จำเป็นต้องหาปัจจัยและแนวทางในการบริหารจัดการที่สอดคล้องกับน้ำทะเลขึ้นลง จึงไม่เหมาะแก่การเป็นสถานีกาดการณ์ปริมาณน้ำ

2. พิจารณาจากการจัดเก็บข้อมูลที่มีความต่อเนื่องไม่ขาดหาย หรือ ขาดหายน้อยที่สุด

B.3 มีข้อมูลขาดหายจำนวน 155 ข้อมูล คิดเป็น 8% เทียบกับข้อมูลทั้งหมด

B.6 มีข้อมูลขาดหายจำนวน 426 ข้อมูล คิดเป็น 23% เทียบกับข้อมูลทั้งหมด

B.8 มีข้อมูลขาดหายจำนวน 582 ข้อมูล คิดเป็น 32% เทียบกับข้อมูลทั้งหมด

B.10 ไม่มีข้อมูลขาดหาย

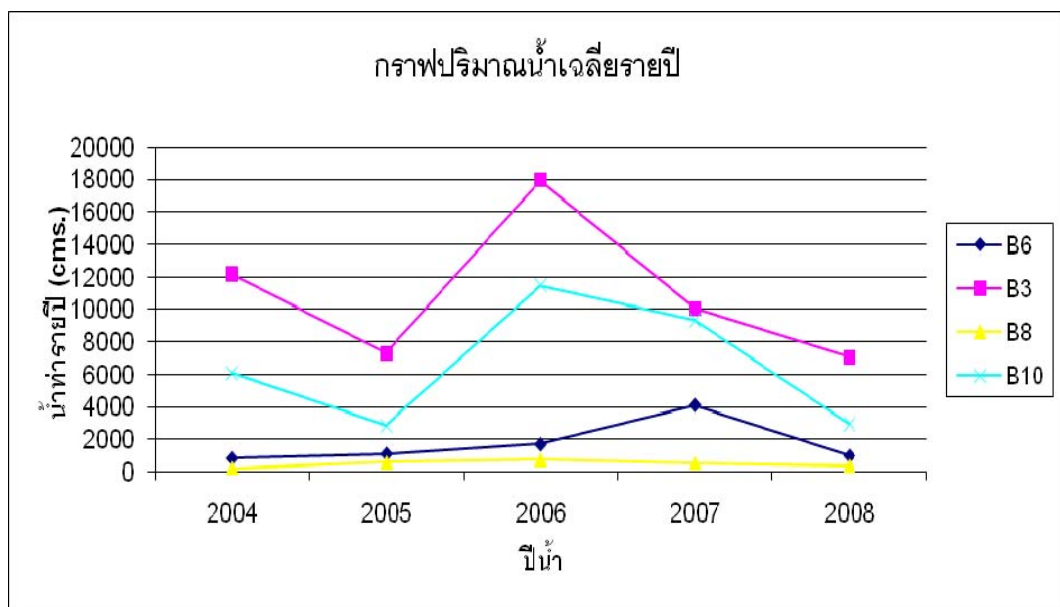
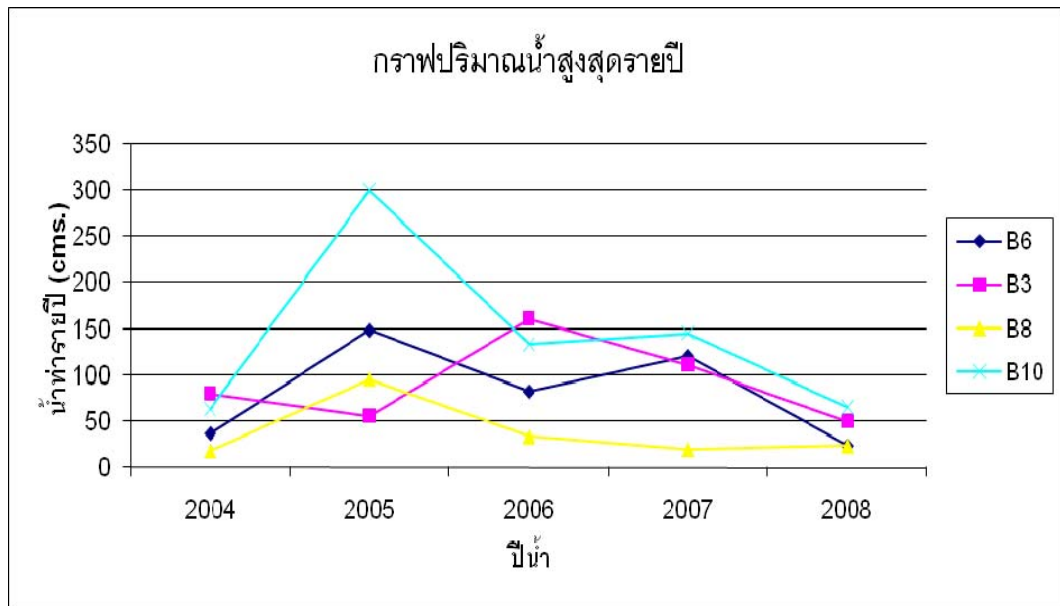
พบว่าสถานี B.10 มีข้อมูลขาดหายน้อยที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสถานี B.10 เป็นสถานีที่ใช้กาดการณ์ปริมาณน้ำ ประกอบกับสถานี B.10 ตั้งอยู่บนลำน้ำหลักของกลุ่มน้ำเพชรบุรี ตั้งอยู่ที่ อำเภอท่ายาง อยู่ท้ายเขื่อนเพชรบุรี

3. พิจารณาจากธรรมชาติการไหลของน้ำ และความสัมพันธ์ของข้อมูล

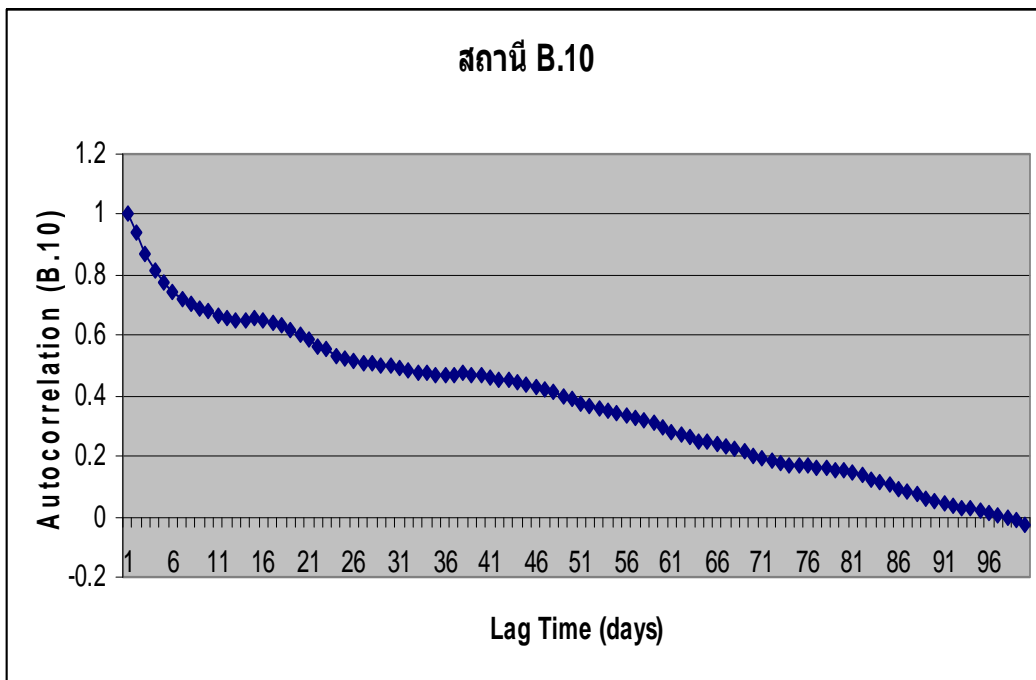
พบว่าน้ำจากลำน้ำห้วยแม่ประจันต์และลำน้ำห้วยผากไหลมาบรรจบกันที่ลำน้ำเพชรบุรีซึ่งเป็นลำน้ำหลักของกลุ่มน้ำเพชรบุรี เหนือเขื่อนเพชรบุรี ก่อนที่จะมาถึงสถานีวัดปริมาณน้ำ B.10 ที่อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรีที่อยู่ท้ายเขื่อนเพชรบุรี ก่อนที่จะไหลผ่านออกไปที่สถานี B.1A และไหลออกอ่าวไทยในที่สุด

ข้อมูลที่น่ามาใช้ในการเรียนรู้และทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำนั้น ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ทั้งสิ้น โดยข้อมูลอินพุตต่าง ๆ เป็นข้อมูลที่วัดค่าในวันเดียวกัน ประกอบด้วยสถานี B.6, B.8 ,B.3 และ B.10 รวมทั้งสิ้น 4 สถานี โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลในช่วงปีน้ำ 2004 - 2008 (ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2004 ถึง วันที่ 31 มีนาคม 2009) รวมจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 1,826 ชุด รวมทั้งสิ้น 4 สถานี รวมเป็น 7,304 ชุดข้อมูล)

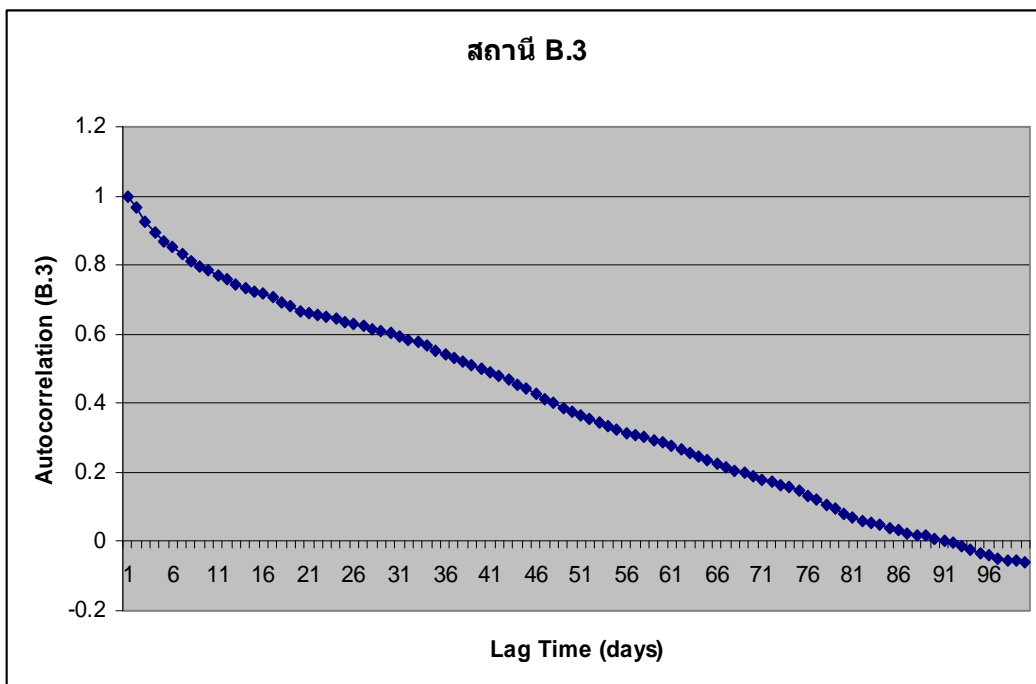
4. พิจารณาจากกราฟปริมาณน้ำสูงสุดรายปี กราฟปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปีและ กราฟความสัมพันธ์แบบ ออโตคอร์เรชัน พบว่า สถานี B.10 มีความสอดคล้องกับสถานี B.3 มากที่สุด ซึ่งเป็นตามเหตุผลทางกายภาพ ซึ่งสถานีทั้งสองตั้งอยู่บนลำน้ำเดียวกัน คือลำน้ำเพชรบุรี ดังภาพ



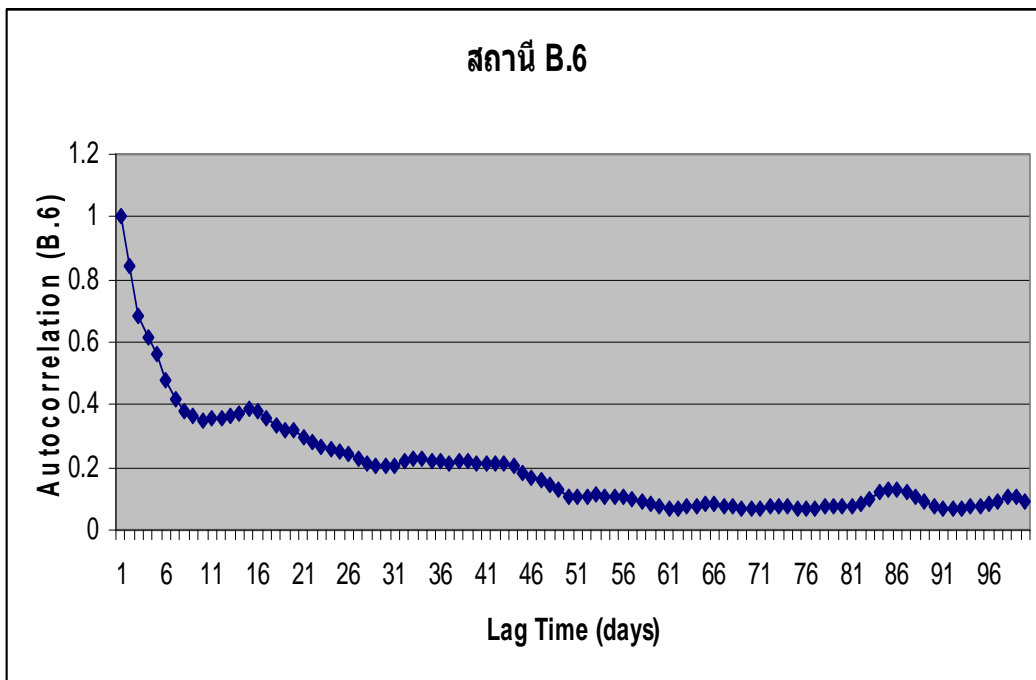
ภาพที่ 4.1 กราฟปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปี และ กราฟปริมาณน้ำสูงสุดรายปี แยกตามปีน้ำ (ปีน้ำ เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน ถึง 31 มีนาคม ของปีถัดไป)



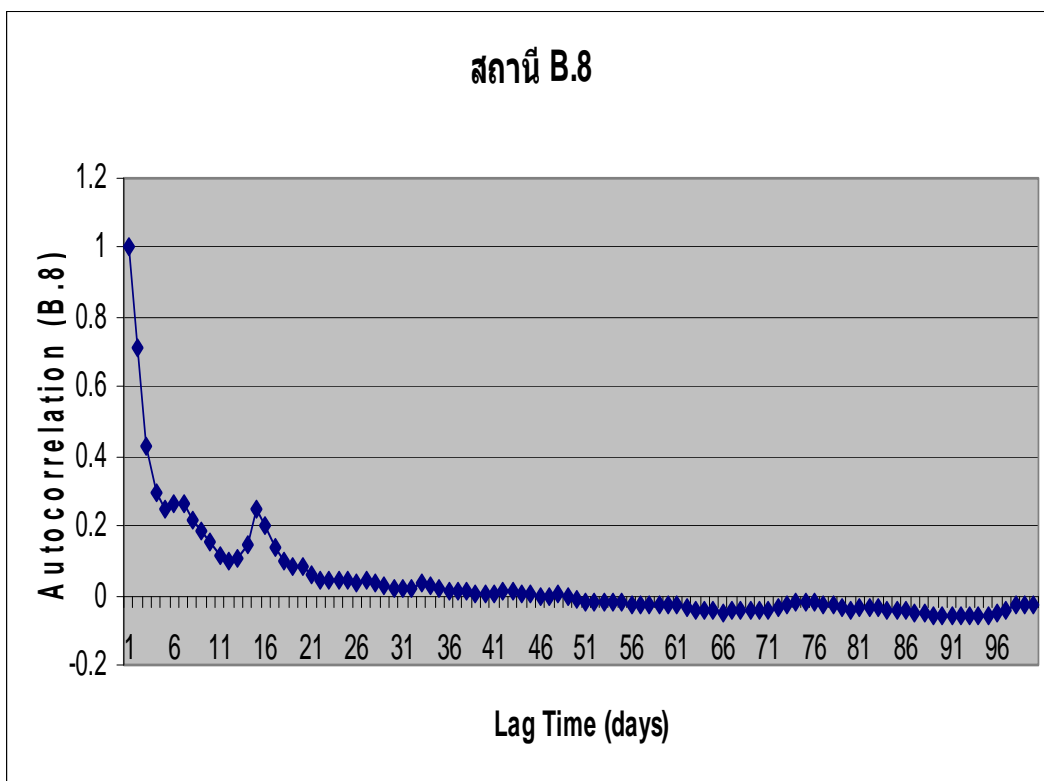
ภาพที่ 4.2 กราฟออโตคอรีเลชันของสถานี B.10



ภาพที่ 4.3 กราฟออโตคอรีเลชันของสถานี B.3



ภาพที่ 4.4 กราฟออโตคอรีเลชันของสถานี B.6



ภาพที่ 4.5 กราฟออโตคอรีเลชันของสถานี B.8

จากภาพที่ 4.2 ถึง 4.5 คือกราฟความสัมพันธ์แบบฮอโตคอรีเลชัน เป็นความสัมพันธ์ระหว่างภายในข้อมูลสถานีวัดปริมาณน้ำนั้น เพื่อหาความสัมพันธ์ว่าข้อมูลในวันปัจจุบันมีความสัมพันธ์กับข้อมูลย้อนหลังไปกี่วัน เราจะใช้กราฟดังกล่าวมาเป็นแนวทางในการคัดเลือก โดยพิจารณาค่าความสัมพันธ์แบบ ฮอโตคอรีเลชัน ของสถานีวัดน้ำท่า B.3,B.10 มีลักษณะคล้ายกันคือจะมีค่าสูงมากในช่วงแรกและค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ อย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาย้อนหลังถัดมาแสดงว่าข้อมูลในสองสถานีมีความสัมพันธ์กันมากจากกราฟจะเห็นว่าไม่มีจุดแตกต่างชัดเจนมากนัก ต่างจากสถานีวัดน้ำท่า B.6,B.8 ที่มีค่าสูงและลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา t และ $t-1$ ซึ่งจะแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับความสัมพันธ์ในช่วงต่อมาที่ลดลงอย่างช้า ๆ และคงที่ ซึ่งอาจตีความได้ว่า ค่า Q_t, Q_{t-1} น่าจะมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำในปัจจุบัน จากกราฟจะเห็นได้ดังนี้ ค่าความสัมพันธ์แบบ ฮอโตคอรีเลชัน ของสถานีวัดน้ำท่า B.3,B.10 ไม่มีจุดแตกต่างของกราฟที่ชัดเจนมากนักเหมือน สถานี วัดน้ำท่า B.6,B.8 ทำให้ยากต่อการตีความหมายจำนวนวันย้อนหลังที่น่าสนใจ จึงทำให้การนำกราฟความสัมพันธ์แบบ ฮอโตคอรีเลชัน มาใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกตัวแปรเพียงอย่างเดียว จึงอาจไม่มีประสิทธิภาพมากนัก ต้องใช้วิธีอื่นประกอบด้วย

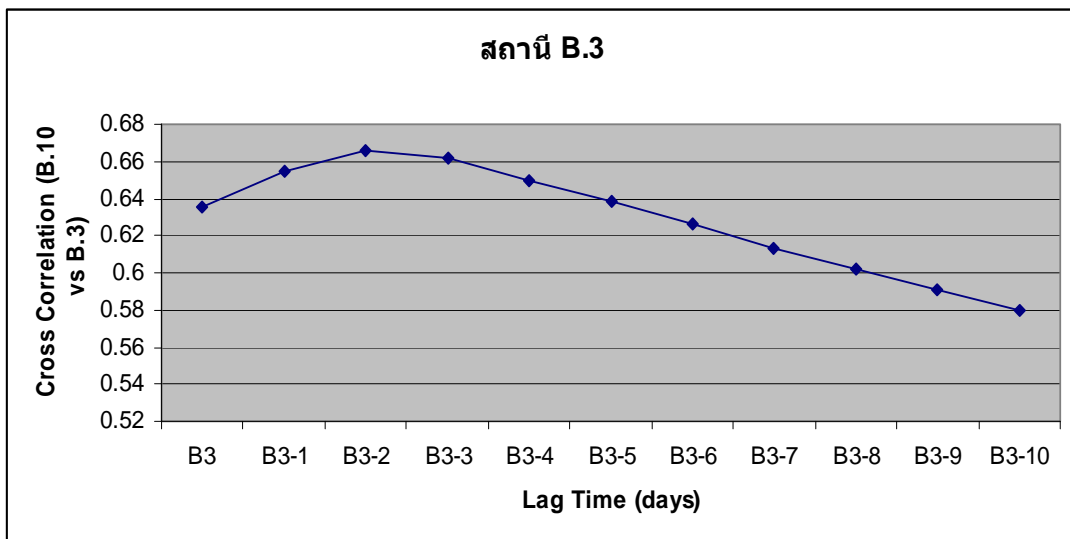
4.2 ผลการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญ

เป็นขั้นตอนในการคัดเลือกตัวแปรนำเข้าที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการพยากรณ์ปริมาณน้ำล่วงหน้า ซึ่งจะใช้วิธีการในการเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญข้อมูลนำเข้าดังนี้

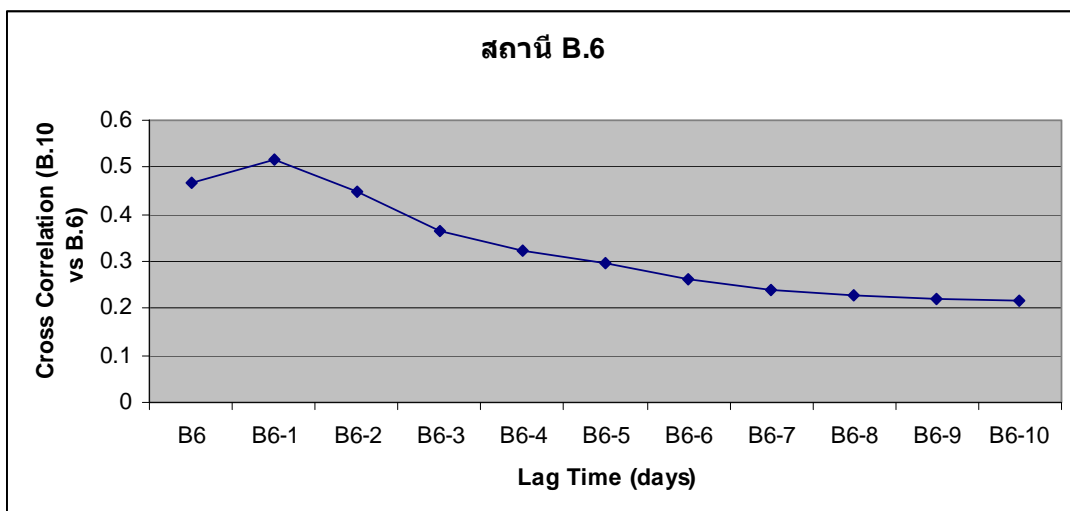
4.2.1 ผลการคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ทำการคัดเลือกตัวแปรนำเข้าโดยอาศัยความสัมพันธ์ของข้อมูลจากกราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไขว้ มาใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกชุดตัวแปรนำเข้า โดยผลที่ได้แยกตามสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ดังภาพที่ 4.6 ถึง 4.8 เพื่อหาความสัมพันธ์ว่าข้อมูลในวันปัจจุบันมีความสัมพันธ์กับข้อมูลย้อนหลังไปกี่วัน เมื่อค่าความสัมพันธ์ที่ เวลาการเกิดน้ำท่าที่แตกต่างกัน เท่ากับศูนย์ โดยกราฟเริ่มต้นที่ค่า 1 เปรียบเสมือนค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในวันปัจจุบัน กับวันปัจจุบัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ(ความสัมพันธ์ระหว่างตัวมันเองกับตัวมันเอง) สำหรับ เวลาการเกิดน้ำท่าที่แตกต่างกัน $1, 2, 3, \dots$ นั้น จะหมายถึงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{B.3_t}$ กับ $Q_{B.3_{(t-1)}}$, $Q_{B.3_{(t-2)}}$, $Q_{B.3_{(t-3)}}$ ตามลำดับ เพื่อความเข้าใจตรงกัน สำหรับในการศึกษานี้จะเรียกเวลาในปัจจุบันและเวลาย้อนหลังในภาพของ $t, t-1, t-2, \dots$ แทนคำว่า เวลาการเกิดน้ำท่าที่แตกต่างกัน

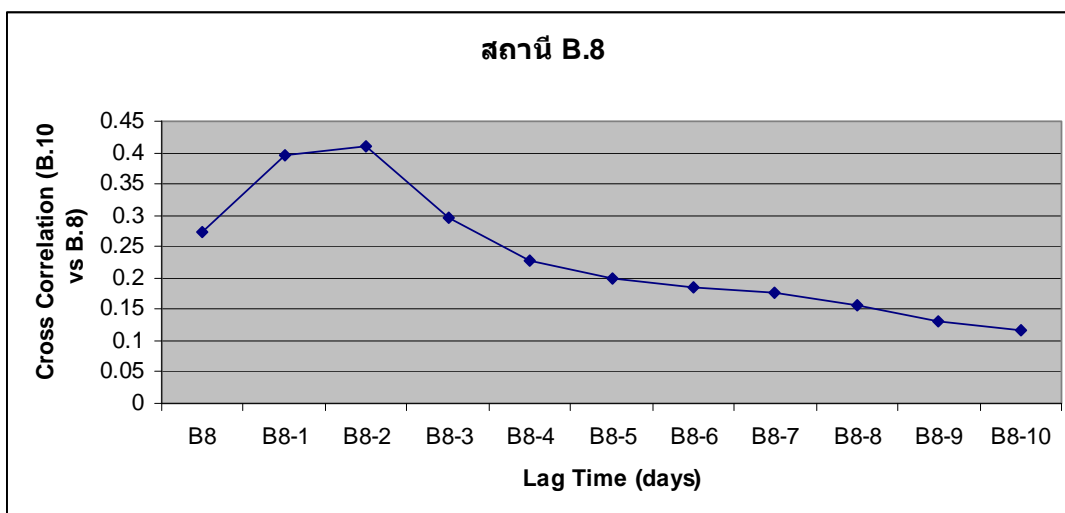
จากภาพที่ 4.6 ถึง 4.8 แสดงกราฟการคัดเลือกตัวแปรนำเข้าโดยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไขว้ เป็นวิธีการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสถานที่ที่ต้องการคาดการณ์ กับ สถานที่อื่น ๆ โดยทำการพิจารณาเป็นคู่ ๆ พบว่ากราฟมีค่าความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นในช่วงแรกจนถึงจุดสูงสุด แล้วจะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาย้อนหลัง และเมื่อนับจำนวนวันย้อนหลังจากเวลาเริ่มต้น t ไปยังวันที่มีความสัมพันธ์สูงสุด ซึ่งจะเป็นตัวชี้ถึงจำนวนวันที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำที่สถานีคาดการณ์



ภาพที่ 4.6 กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10 กับ สถานี B.3



ภาพที่ 4.7 กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10 กับ สถานี B.6



ภาพที่ 4.8 กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10 กับ สถานี B.8

นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่า ค่าความสัมพันธ์แบบ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไขว้ ระหว่าง สถานี B.10 กับ สถานี B.3 มีค่าสูงสุดประมาณ 0.666323 และมีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับสถานีอื่น ๆ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มน้ำเห็นว่าสอดคล้องกันเนื่องจากสถานีทั้งสอง สถานีตั้งอยู่บนลำน้ำเพชรบุรีทั้งคู่ ค่าความสัมพันธ์จึงสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ที่ตั้งอยู่บนลำน้ำย่อย ผลที่ได้ดังตารางที่ 4.1

จากการจัดลำดับสถานีที่มีอิทธิพลต่อการคาดการณ์ ทำให้สามารถกำหนด โครงสร้างของตัวแปรที่จะใช้สำหรับกระบวนการเรียนรู้ และทดสอบ และสามารถจัดชุดโครงสร้าง ตัวแปรนำเข้าจากวิธีการ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้ 2 แบบ ดังนี้คือ

แบบที่ 1 พิจารณาโดยเลือกจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่มีโครงสร้างดังนี้

$$Q_{B.10,t+1} = Q_{B.10,t}, Q_{B.3,t-2}, Q_{B.6,t-1}, Q_{B.8,t-2} \quad (4.1)$$

โดยที่ $Q_{B.10,t+1}$ = การพยากรณ์ปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ล่วงหน้า 1 วัน

$Q_{B.10,t}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10

$Q_{B.3,t-2}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.3 ย้อนหลัง 2 วัน

$Q_{B.6,t-1}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.6 ย้อนหลัง 1 วัน

$Q_{B.8,t-2}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ย้อนหลัง 2 วัน

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง สถานี B.10 กับ สถานีอื่น ๆ

Time (Days)	สถานีวัดปริมาณน้ำ B.10		
	Q_B.3	Q_B.6	Q_B.8
t	0.635943	0.468359	0.273105
t-1	0.654721	0.51584	0.396756
t-2	0.666323	0.447376	0.410351
t-3	0.661362	0.365675	0.296401
t-4	0.649395	0.321345	0.226739
t-5	0.638712	0.295438	0.198162
t-6	0.626476	0.26305	0.185686
t-7	0.613303	0.23804	0.177526
t-8	0.601874	0.226419	0.156206
t-9	0.591079	0.221035	0.130815
t-10	0.579993	0.217487	0.118155

แบบที่ 2 พิจารณาโดยเลือกจากจำนวนวันย้อนหลังที่เริ่มให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เริ่มมีค่าลดลง มีโครงสร้างดังนี้

$$Q_{B.10,t+1} = Q_{B.10,t}, Q_{B.3,t}, Q_{B.3,t-1}, Q_{B.3,t-2}, Q_{B.6,t}, Q_{B.6,t-1}, Q_{B.8,t}, Q_{B.8,t-1}, Q_{B.8,t-2} \quad (4.2)$$

โดยที่ $Q_{B.10,t+1}$ = การพยากรณ์ปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ล่วงหน้า 1 วัน

$Q_{B.10,t}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10

- $Q_{B.3_t}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.3
 $Q_{B.3_{t-1}}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.3 ย้อนหลัง 1 วัน
 $Q_{B.3_{t-2}}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.3 ย้อนหลัง 2 วัน
 $Q_{B.6_t}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.6
 $Q_{B.6_{t-1}}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.6 ย้อนหลัง 1 วัน
 $Q_{B.6_{t-2}}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.6 ย้อนหลัง 2 วัน
 $Q_{B.8_t}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8
 $Q_{B.8_{t-1}}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ย้อนหลัง 1 วัน
 $Q_{B.8_{t-2}}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ย้อนหลัง 2 วัน

4.2.2 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วย

วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ

พิจารณาจากกราฟ ออกโตคอรีเลชัน เพื่อดูความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละสถานี แล้วจึงเลือกข้อมูลย้อนหลังประมาณ 10 วันในแต่ละสถานี มาทำวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ เพื่อใช้ในการคัดเลือกตัวแปรนำเข้า โดยผ่านกระบวนการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ทำการพิจารณาค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 กับค่าปริมาณน้ำสถานี B.3 ย้อนหลัง 10 วัน

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่าตั้งแปรอิสระทั้ง k ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม $Q_{B.10}$ หรือไม่ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตาม ($Q_{B.10}$) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว ($Q_{B.3_t}, Q_{B.3_{t-1}}, \dots, Q_{B.3_{t-10}}$)

H_1 : ตัวแปรตาม ($Q_{B.10}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว

ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05

จะสรุปผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F ได้ โดยพิจารณาค่า Significance F จากตารางที่ 4.2 โดย Significance $F < \alpha$ ผลปรากฏว่ายอมรับ H_1 ตัวแปรตาม ($Q_{B.10}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว จึงต้องทำต่อขั้นตอนที่ 2

ตารางที่ 4.2 ตาราง 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย ของสถานี B.3

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS=SS/DF	Significance F
ตัวแปรอิสระ k ตัว (Regression)	11	577664.2148	52514.92862	1.55E-229
ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual)	1803	687187.4243	381.1355654	
ผลรวม (total)	1814	1264851.639	F=MSR/MSE	
			137.7854	

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบว่าค่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีผลต่อตัวแปรตาม (Q_B.10) โดยทดสอบครั้งละ 1 ตัวแปรโดยใช้สถิติทดสอบ t

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระต่าง ๆ ของสถานี B.3

	Standard Error	t Stat	P-value	Coefficients
Intercept	0.747442428	-5.952843245	3.16E-09	-4.449407608
Q_B.3 _t	0.06765623	0.685905415	0.492861	0.046405774
Q_B.3 _{t-1}	0.099592402	0.973659128	0.330356	0.096969051
Q_B.3 _{t-2}	0.100707464	2.408400681	0.016122	0.242543925
Q_B.3 _{t-3}	0.100694365	1.090984505	0.275425	0.109855992
Q_B.3 _{t-4}	0.10069256	0.136132118	0.891732	0.013707491
Q_B.3 _{t-5}	0.100688498	0.718583808	0.472491	0.072353124
Q_B.3 _{t-6}	0.100692104	0.446537189	0.655263	0.044962769
Q_B.3 _{t-7}	0.100681386	-0.043673192	0.96517	-0.004397078
Q_B.3 _{t-8}	0.10069018	0.132049739	0.89496	0.013296112
Q_B.3 _{t-9}	0.099557075	0.26045019	0.794546	0.025929659
Q_B.3 _{t-10}	0.067621474	0.393310547	0.694137	0.026596239

เราจะตรวจสอบว่าค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.3 ค่าใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 และต้องย้อนหลังไปจนถึงวันที่เท่าไร โดยเราจะพิจารณาที่ค่า P-value หรือ

ค่า Significance t ถ้าค่า P-value > α จะสรุปได้ว่ายอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 จากตารางที่ 4.3 ได้ผลสรุปดังนี้

ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ขึ้นกับค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.3 ย้อนหลัง 2 วัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนั้นค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ไม่ขึ้นกับค่าตัวแปรอิสระค่าอื่น ๆ เลย

ขั้นตอนที่ 3 การหาระดับหรือขนาดความสัมพันธ์

หลังจากที่ทราบค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ขึ้นกับค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.3 ย้อนหลัง 2 วัน แล้วนั้นจะมาทำการหาความสัมพันธ์โดยพิจารณาจากค่า 2 ค่าดังนี้

R^2 หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ

Adjusted R^2 ใช้ระบุขนาดความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{B.10_t}$ กับ กลุ่มตัวแปรอิสระ ($Q_{B.3_t}, Q_{B.3_{t-1}}, \dots, Q_{B.3_{t-10}}$)

ถ้าค่า R^2 และ Adjusted R^2 มีค่าใกล้ 1 หมายถึงตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม และถ้าค่า R^2 และ Adjusted R^2 มีค่าใกล้ 0 หมายถึงตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรือ มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามน้อย

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำสถานี B.10 กับ สถานี B.3 ย้อนหลัง 2 วัน

Regression Statistics	$Q_{B.3_{(t-2)}}$
Multiple R	0.666322827
R Square	0.443986109
Adjusted R Square	0.443679428
Standard Error	19.69535044
Observations	1815

จากตารางที่ 4.4 ได้ค่า Adjusted R Square = 0.443679428 หรือประมาณ 44.367% นั่นคือความผันแปรของปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ขึ้นกับปริมาณน้ำที่สถานี B.3 ย้อนหลัง 2 วัน 44.367% อีก 55.633% ขึ้นกับปัจจัยอื่น

ทำการพิจารณาค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 กับค่าปริมาณน้ำสถานี B.6 ย้อนหลัง 10 วัน

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม $Q_B.10$ หรือไม่ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตาม ($Q_B.10_t$) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว ($Q_B.6_t, Q_B.6_{t-1}, \dots, Q_B.6_{t-10}$)

H_1 : ตัวแปรตาม ($Q_B.10_t$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว

ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05

ตารางที่ 4.5 ตาราง 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย สถานี B.6

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS=SS/DF	Significance F
ตัวแปรอิสระ k ตัว (Regression)	11	343811.2	31255.56	7.1E-116
ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual)	1803	921040.5	510.8378	
ผลรวม (total)	1814	1264852	F= MSR/MSE	
			61.1849	

จะสรุปผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F ได้ โดยพิจารณาค่า Significance F จากตารางที่ 4.5

โดย Significance $F < \alpha$ ผลปรากฏว่ายอมรับ H_1 ตัวแปรตาม ($Q_B.10_t$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว จึงต้องทำต่อขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบว่าค่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีผลต่อตัวแปรตาม ($Q_B.10_t$) โดยทดสอบครั้งละ 1 ตัวแปรโดยใช้สถิติทดสอบ t ดังตารางที่ 4.6

เราจะตรวจสอบว่าค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.6 ค่าใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 และต้องย้อนหลังไปจนถึงวันที่เท่าไร โดยเราจะพิจารณาที่ค่า P -value หรือค่า Significance t ถ้าค่า P -value $> \alpha$ จะสรุปได้ว่ายอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 จากตารางที่ 4.6 ได้ผลสรุปดังนี้

ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ขึ้นกับค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.6 และ ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.6 ย้อนหลัง 1 วัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนั้นค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ไม่ขึ้นกับค่าตัวแปรอิสระค่าอื่น ๆ เลย

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระต่าง ๆ ของสถานี B.6

	Standard Error	t Stat	P-value	Coefficients
Intercept	0.693013419	12.16569	8.78E-33	8.430987355
Q_B.6 _t	0.110460993	2.910342	0.003655	0.321479286
Q_B.6 _{t-1}	0.153941312	6.772141	1.71E-11	1.042512284
Q_B.6 _{t-2}	0.158522454	1.032773	0.301849	0.163717643
Q_B.6 _{t-3}	0.160793236	0.020035	0.984018	0.003221524
Q_B.6 _{t-4}	0.160846969	-0.64243	0.520676	-0.103332863
Q_B.6 _{t-5}	0.161385948	-0.08098	0.935465	-0.013069347
Q_B.6 _{t-6}	0.160811061	0.031515	0.974862	0.005068001
Q_B.6 _{t-7}	0.160611036	0.060254	0.95196	0.009677391
Q_B.6 _{t-8}	0.15825133	0.214755	0.829983	0.033985236
Q_B.6 _{t-9}	0.153677082	0.268252	0.788536	0.041224138
Q_B.6 _{t-10}	0.110333032	0.403663	0.686508	0.044537418

ขั้นตอนที่ 3 การหาระดับหรือขนาดความสัมพันธ์

หลังจากที่ทราบว่าคุณสมบัติของน้ำที่สถานี B.10 ขึ้นกับค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.6 และ ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.6 ย้อนหลัง 1 วัน แล้วนั้นจะมาทำการหาค่าระดับความสัมพันธ์ โดยพิจารณาจากค่า 2 ค่าดังนี้

R^2 หรือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ

Adjusted R^2 ใช้ระบุขนาดความสัมพันธ์ระหว่าง Q_B.10_t กับ กลุ่มตัวแปรอิสระ (Q_B.6_t, Q_B.6_{t-1}, ..., Q_B.6_{t-10})

ถ้าค่า R^2 และ Adjusted R^2 มีค่าใกล้ 1 หมายถึงตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม และถ้าค่า R^2 และ Adjusted R^2 มีค่าใกล้ 0 หมายถึงตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรือ มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามน้อย

ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำสถานี B.10 กับ สถานี B.6

Regression Statistics	Q_B.6 _t
Multiple R	0.468358732
R Square	0.219359902
Adjusted R Square	0.218929323
Standard Error	23.33706949
Observations	1815

จากตารางที่ 4.7 ได้ค่า Adjusted R Square = 0.218929323 หรือประมาณ 21.892% นั่นคือ ความผันแปรของปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ขึ้นกับปริมาณน้ำที่สถานี B.6 21.892% อีก 78.109% ขึ้นกับปัจจัยอื่น

ตารางที่ 4.8 ความสัมพันธ์ค่าปริมาณน้ำระหว่างสถานี B.10 กับ สถานี B.6 ย้อนหลัง 1 วัน

Regression Statistics	Q_B.6 _(t-1)
Multiple R	0.515839624
R Square	0.266090518
Adjusted R Square	0.265685714
Standard Error	22.62779009
Observations	1815

จากตารางที่ 4.8 ได้ค่า Adjusted R Square = 0.265685714 หรือประมาณ 26.568% นั่นคือ ความผันแปรของปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ขึ้นกับปริมาณน้ำที่สถานี B.6 ย้อนหลัง 1 วัน 26.568% อีก 73.432% ขึ้นกับปัจจัยอื่น

ทำการพิจารณาค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 กับค่าปริมาณน้ำสถานี B.8 ย้อนหลัง 10 วัน

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่าตั้งแปรอิสระทั้ง k ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Q_B.10 หรือไม่ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตาม (Q_B.10_t) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว (Q_B.8_t, Q_B.8_{t-1}, ..., Q_B.8_{t-10})

H_1 : ตัวแปรตาม (Q_B.10_t) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว

ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05

ตารางที่ 4.9 ตาราง 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย สถานี B.8

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS=SS/DF	Significance F
ตัวแปรอิสระ k ตัว (Regression)	11	249853.7	22713.97	1.83E-78
ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual)	1803	1014998	562.9495	
ผลรวม (total)	1814	1264852	F=MSR/MSE	
			40.34815	

จะสรุปผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F ได้ โดยพิจารณาค่า Significance F จากตารางที่ 4.9 โดย Significance F < α ผลปรากฏว่ายอมรับ H_1 ตัวแปรตาม ($Q_{B.10}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว จึงต้องทำต่อขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบว่าค่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีผลต่อตัวแปรตาม ($Q_{B.10}$) โดยทดสอบครั้งละ 1 ตัวแปรโดยใช้สถิติทดสอบ t

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระต่าง ๆ ของสถานี B.8

	Standard Error	t Stat	P-value	Coefficients
Intercept	0.694164	15.96412	9.18E-54	11.08170773
$Q_{B.8_t}$	0.200472	0.116505	0.907266	0.023355863
$Q_{B.8_{t-1}}$	0.25754	5.055412	4.73E-07	1.301969118
$Q_{B.8_{t-2}}$	0.260702	5.939574	3.42E-09	1.548456397
$Q_{B.8_{t-3}}$	0.260502	-0.20771	0.835482	-0.054107731
$Q_{B.8_{t-4}}$	0.260171	0.673748	0.500558	0.175289499
$Q_{B.8_{t-5}}$	0.260498	0.881538	0.378144	0.229638619
$Q_{B.8_{t-6}}$	0.260171	0.510122	0.610029	0.132718618
$Q_{B.8_{t-7}}$	0.260502	0.350507	0.725999	0.091307782
$Q_{B.8_{t-8}}$	0.260702	0.295995	0.767268	0.077166356
$Q_{B.8_{t-9}}$	0.25754	-0.13666	0.891314	-0.035195687
$Q_{B.8_{t-10}}$	0.200472	0.560346	0.575313	0.112333536

เราจะตรวจสอบว่าค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ค่าใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 และต้องย้อนหลังไปจนถึงวันที่เท่าไร โดยเราจะพิจารณาที่ค่า P-value หรือ ค่า Significance t ถ้าค่า P-value $> \alpha$ จะสรุปได้ว่ายอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 จากตารางที่ 4.10 ได้ผลสรุปดังนี้

ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ขึ้นกับค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ย้อนหลัง 1 วัน และค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ย้อนหลัง 2 วัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนั้นค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ไม่ขึ้นกับค่าตัวแปรอิสระค่าอื่น ๆ เลย

ขั้นตอนที่ 3 การหาระดับหรือขนาดความสัมพันธ์

หลังจากที่ทราบว่าค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ขึ้นกับค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ย้อนหลัง 1 วัน และค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ย้อนหลัง 2 วัน แล้วนั้นจะมาทำการหาค่าระดับความสัมพันธ์ โดยพิจารณาจากค่า 2 ค่าดังนี้

R^2 หรือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ

Adjusted R^2 ใช้ระบุขนาดความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{B.10,t}$ กับ กลุ่มตัวแปรอิสระ ($Q_{B.8,t}, Q_{B.8,t-1}, \dots, Q_{B.8,t-10}$)

ถ้าค่า R^2 และ Adjusted R^2 มีค่าใกล้ 1 หมายถึงตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม และถ้าค่า R^2 และ Adjusted R^2 มีค่าใกล้ 0 หมายถึงตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรือ มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามน้อย

ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำสถานี B.10 กับ สถานี B.8 ย้อนหลัง 1 วัน

Regression Statistics	$Q_{B.8,t-1}$
Multiple R	0.396755639
R Square	0.157415037
Adjusted R Square	0.15695029
Standard Error	24.24531015
Observations	1815

จากตารางที่ 4.11 ได้ค่า Adjusted R Square = 0.15695029 หรือประมาณ 15.695% นั่นคือความผันแปรของปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ขึ้นกับปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ย้อนหลัง 1 วัน 15.695% อีก 84.305 % ขึ้นกับปัจจัยอื่น

ตารางที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำสถานี B.10 กับ สถานี B.8 ย้อนหลัง 2 วัน

Regression Statistics	Q_B.8 _{t-2}
Multiple R	0.410350775
R Square	0.168387758
Adjusted R Square	0.167929064
Standard Error	24.08692325
Observations	1815

จากตารางที่ 4.12 ได้ค่า Adjusted R Square = 0.167929064 หรือประมาณ 16.792% นั่นคือ ความผันแปรของปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ขึ้นกับปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ย้อนหลัง 2 วัน 16.792 % อีก 83.208 % ขึ้นกับปัจจัยอื่น

จากการจัดลำดับสถานีที่มีอิทธิพลต่อการคาดการณ์ ทำให้สามารถกำหนดโครงสร้างของตัวแปรที่จะใช้สำหรับกระบวนการเรียนรู้ และทดสอบ และสามารถจัดชุดโครงสร้างตัวแปรนำเข้าจากวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ ได้ดังนี้คือ

$$Q_B.10_{t+1} = Q_B.10_t + Q_B.3_{t-2} + Q_B.6_t + Q_B.6_{t-1} + Q_B.8_{t-1} + Q_B.8_{t-2} \quad (4.3)$$

โดยที่

$Q_B.10_{t+1}$ = การพยากรณ์ปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ล่วงหน้า 1 วัน

$Q_B.10_t$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10

$Q_B.3_{t-2}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.3 ย้อนหลัง 2 วัน

$Q_B.6_t$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.6

$Q_B.6_{t-1}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.6 ย้อนหลัง 1 วัน

$Q_B.8_{t-1}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ย้อนหลัง 1 วัน

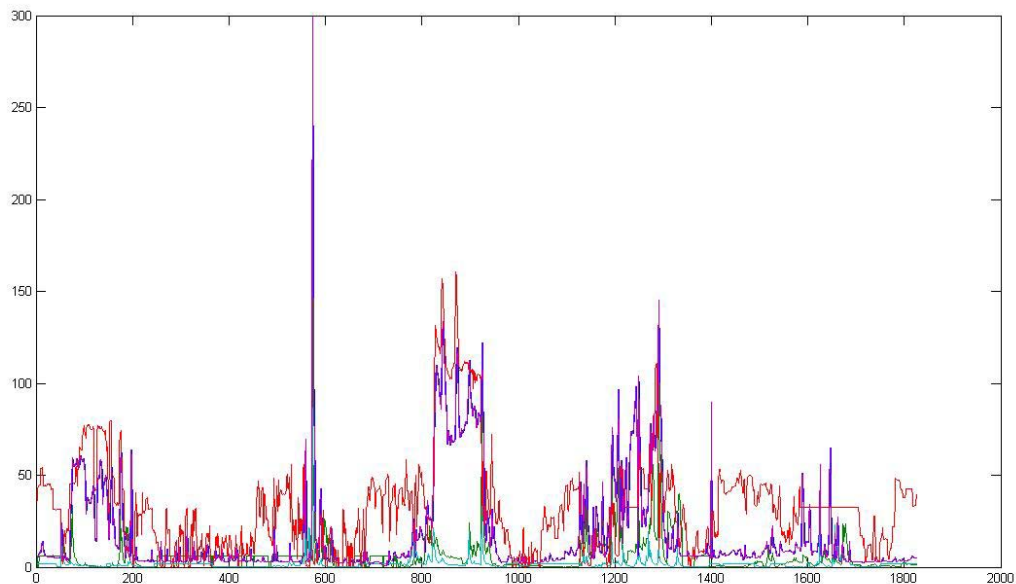
$Q_B.8_{t-2}$ = ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ย้อนหลัง 2 วัน

4.2.3 ผลการคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย

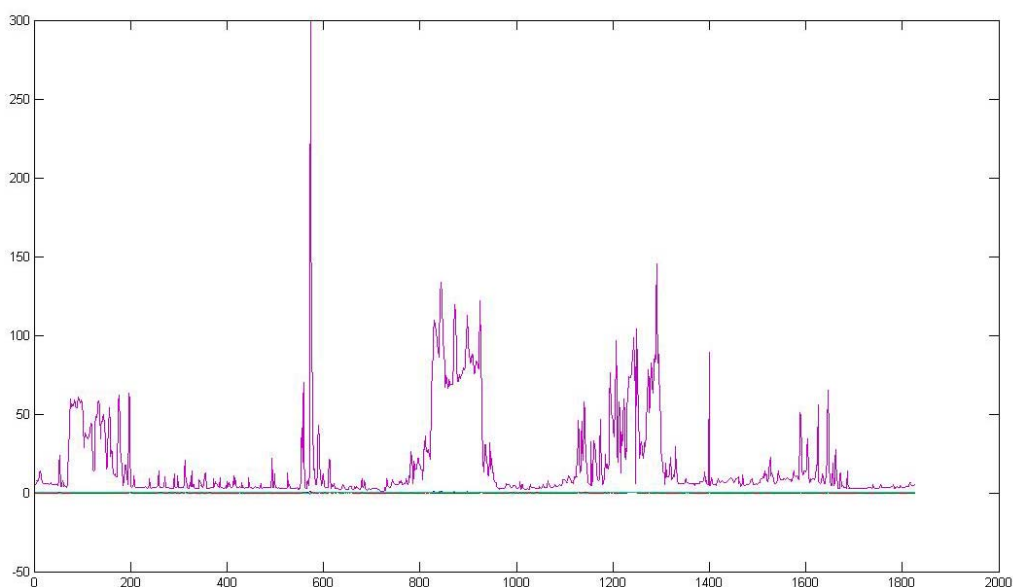
ข้อมูลปริมาณน้ำในแต่ละสถานีได้แก่ สถานี B.3,B.8,B.6,B.10 มีโครงสร้างดังนี้

$$Q_B.10_{t+1} = Q_B.3_t + Q_B.8_t + Q_B.6_t + Q_B.10_t \quad (4.4)$$

ข้อมูลดังกล่าวจะถูกแปลงข้อมูลที่ปรากฏในลักษณะประจำให้อยู่ในช่วงสเกลมาตรฐานด้วยวิธี Min Max Normalization ก่อนทำการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย เพื่อใช้เวฟเล็ตแยกข้อมูลอนุกรมเวลาให้เป็นสัญญาณแบบหลายระดับความละเอียดโดยใช้ ฮาร์เวฟเล็ต เป็นฟังก์ชันพื้นฐาน ทำการแบ่งสัญญาณออกเป็นส่วน ๆ โดยที่แต่ละส่วนนั้นมีองค์ประกอบในเชิงความถี่แตกต่างกันไป วิเคราะห์ข้อมูลแต่ละส่วนด้วยความละเอียดที่เหมาะสมกับมาตราส่วนของส่วนนั้น ๆ โดยการแปลงสัญญาณเป็นเชิงเวลา-ความถี่ (Time-Frequency Domain) และทำการคำนวณเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่ต้องการ กับเวฟเล็ตฟังก์ชัน ที่ค่าสเกล และ ดีเลย์ ต่าง ๆ กันไป ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต นี้จะเป็นตัวบอกถึงองค์ประกอบของสัญญาณค่าสเกล และ ดีเลย์ ต่าง ๆ ซึ่งทำให้เรารู้ว่าสัญญาณที่ความถี่ใดเกิดขึ้นในเวลาใดบ้าง



ภาพที่ 4.9 ความถี่ของข้อมูลปริมาณน้ำของแต่ละสถานีก่อนทำการแยกสัญญาณด้วยเวฟเล็ต

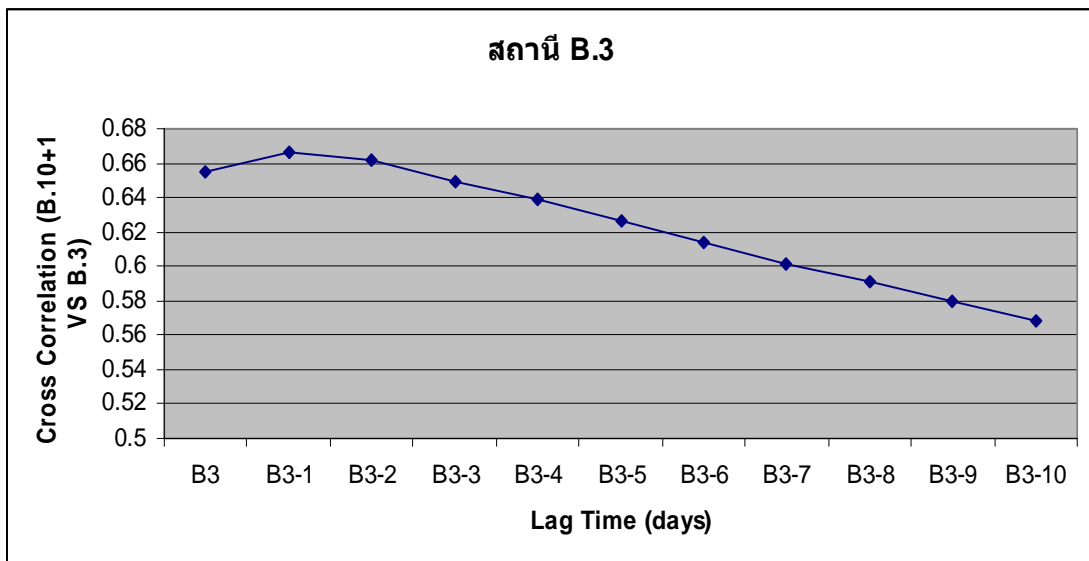


ภาพที่ 4.10 ความถี่ของข้อมูลปริมาณน้ำของแต่ละสถานีหลังทำ การแยกสัญญาณด้วย เวฟเล็ต

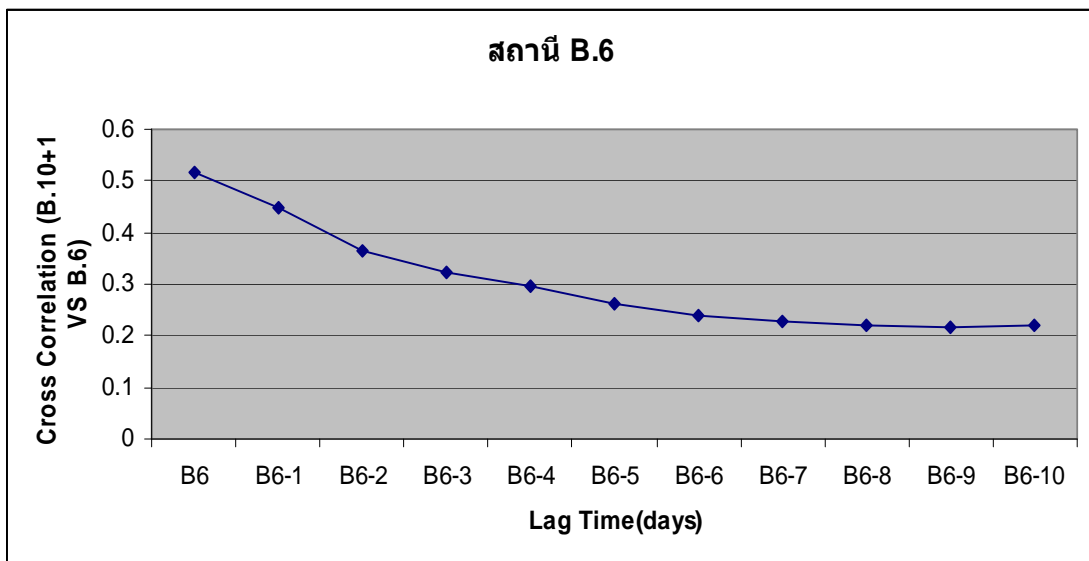
หลังจากทำ การแยกสัญญาณด้วยเวฟเล็ต จะได้ข้อมูลอนุกรมเวลาที่แยกตามข้อมูลหลายความถี่ ซึ่งเป็นส่วนประกอบสัมประสิทธิ์ของเวฟเล็ต เพื่อนำเข้าโครงข่ายประสาทเทียม โดยโครงข่ายประสาทเทียมจะทำการพยากรณ์แต่ละสัมประสิทธิ์ของเวฟเล็ต ซึ่งแต่ละค่าสัมประสิทธิ์ของเวฟเล็ตที่พยากรณ์ได้ จะถูกรวมกลับให้เป็นผลลัพธ์ ตามหลักแล้วมีวิธีการรวมผลลัพธ์ได้สองวิธีคือใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น ในส่วนของการรวมค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตและรวมสัมประสิทธิ์โดยใช้เวฟเล็ต รวมกลับสัญญาณ

4.2.4 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับจำนวนวันย้อนหลังและผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง

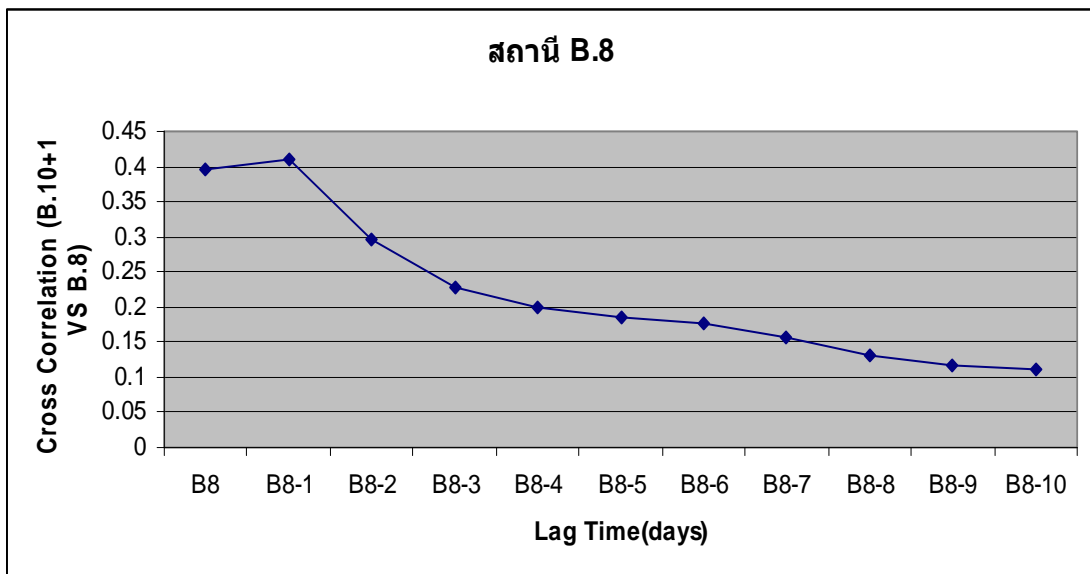
ทำการคัดเลือกตัวแปรนำเข้าโดยอาศัยความสัมพันธ์ของข้อมูลจากกราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไขว้ มาใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกชุดตัวแปรนำเข้า โดยผลที่ได้แยกตามสถานีวัดน้ำท่าต่าง ๆ ดังภาพ เพื่อหาความสัมพันธ์ข้อมูลปริมาณน้ำล่วงหน้า 1 วัน ที่สถานี B.10 มีความสัมพันธ์กับข้อมูลย้อนหลังเป็นจำนวนวันที่เท่าไร เมื่อเทียบกับสถานีอื่น ๆ



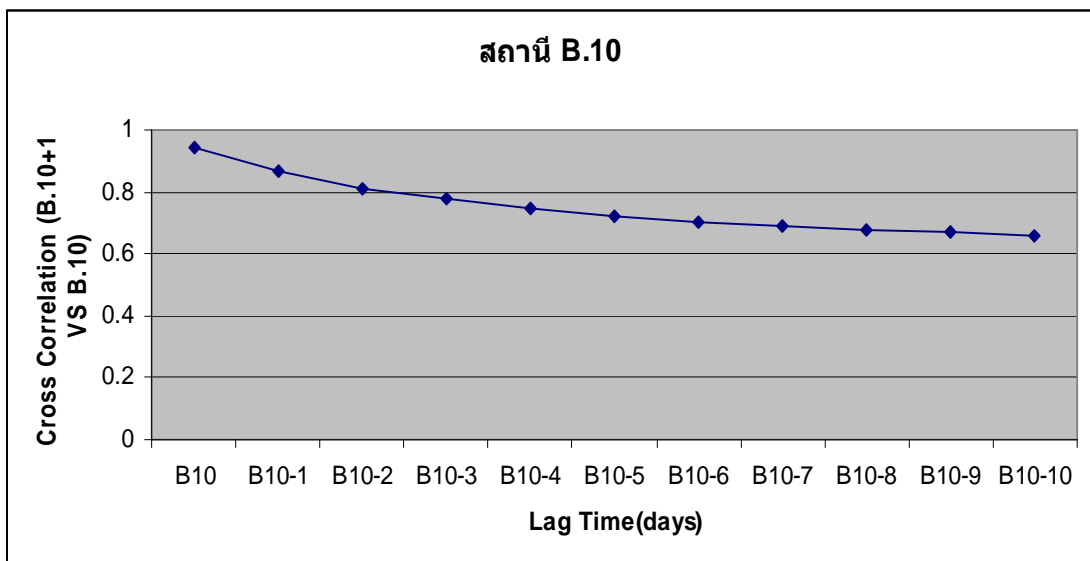
ภาพที่ 4.11 กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ สถานี B.3



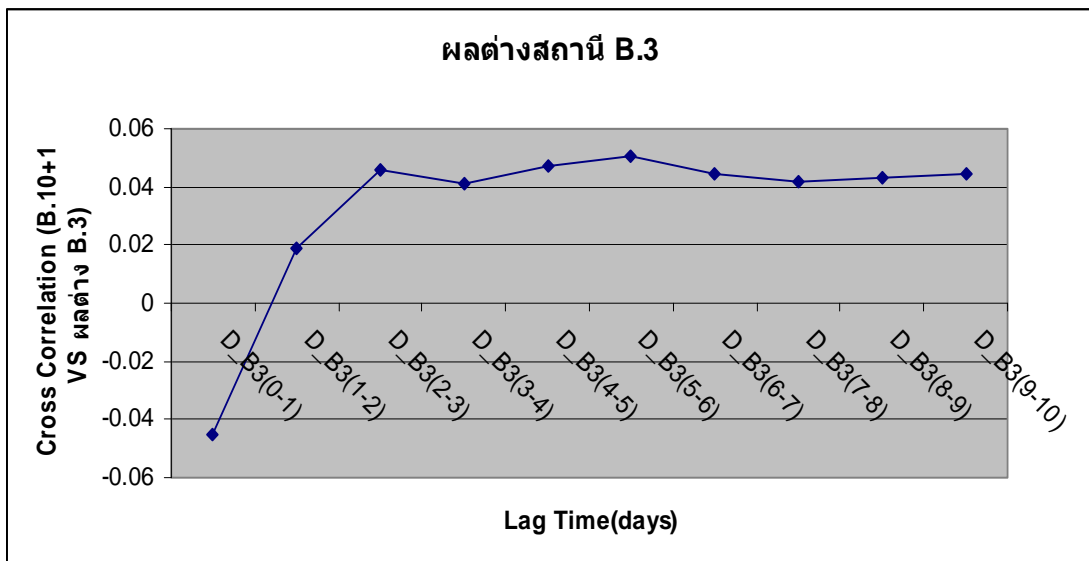
ภาพที่ 4.12 กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ สถานี B.6



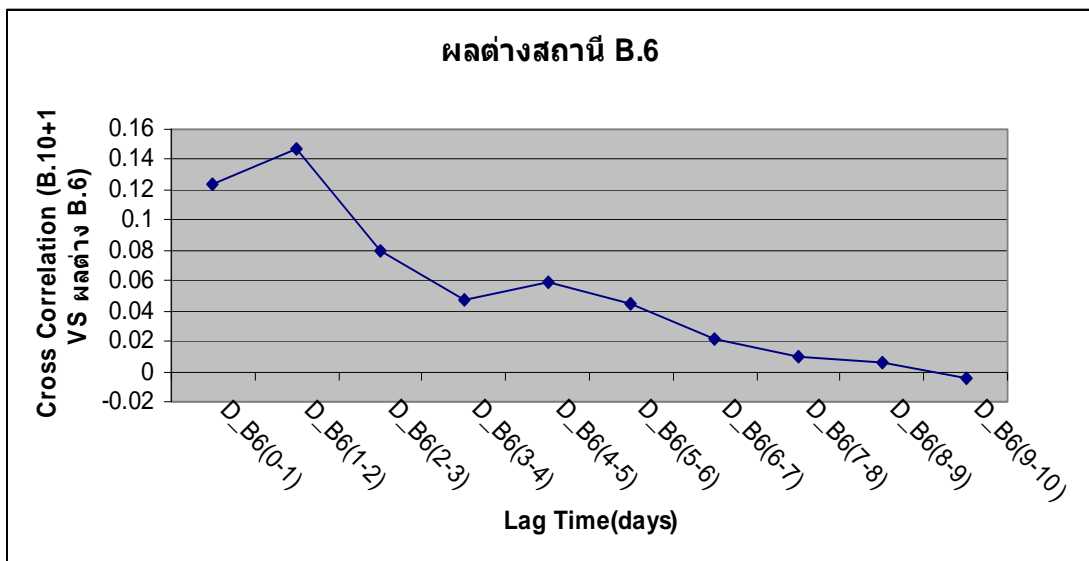
ภาพที่ 4.13 กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ สถานี B.8



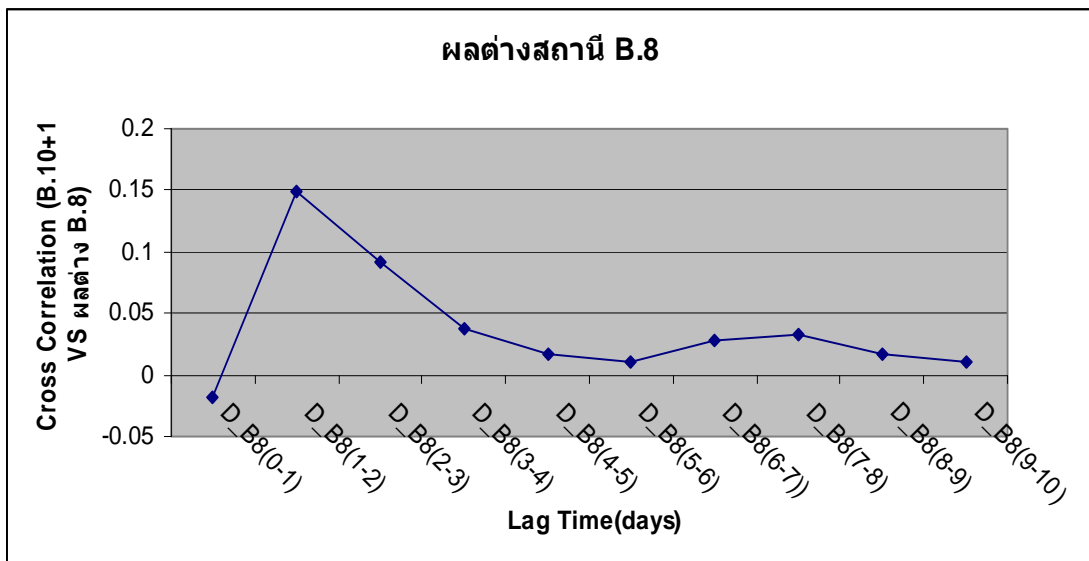
ภาพที่ 4.14 กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ สถานี B.10



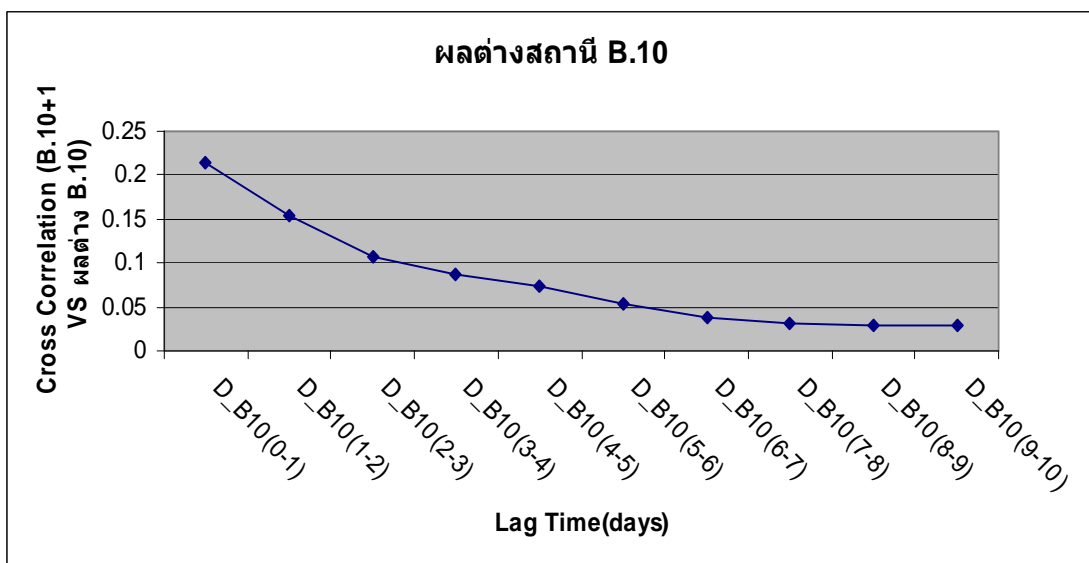
ภาพที่ 4.15 กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ ค่าผลต่างสถานี B.3



ภาพที่ 4.16 กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ ค่าผลต่างสถานี B.6



ภาพที่ 4.17 กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ ค่าผลต่างสถานี B.8



ภาพที่ 4.18 กราฟสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างสถานี B.10+1 กับ ค่าผลต่างสถานี B.10

จากการจัดลำดับสถานีที่มีอิทธิพลต่อการคาดการณ์ ทำให้สามารถกำหนดโครงสร้างของตัวแปรที่จะใช้สำหรับกระบวนการเรียนรู้ และทดสอบ และสามารถจัดชุดโครงสร้างตัวแปรนำเข้าจากวิธีการสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้ดังนี้คือ

$$\begin{aligned}
 Q_{B.10_{t+1}} = & Q_{B.10_t}, Q_{B.6_t}, Q_{B.8_t}, Q_{B.8_{t-1}}, Q_{B.3_t}, Q_{B.3_{t-1}}, Q_{\text{ผลต่าง}B.3_{0-1}}, Q_{\text{ผลต่าง}B.3_{1-2}}, \\
 & Q_{\text{ผลต่าง}B.3_{2-3}}, Q_{\text{ผลต่าง}B.6_{0-1}}, Q_{\text{ผลต่าง}B.6_{1-2}}, Q_{\text{ผลต่าง}B.8_{0-1}}, Q_{\text{ผลต่าง}B.8_{1-2}}, \\
 & Q_{\text{ผลต่าง}B.10_{0-1}}
 \end{aligned}
 \tag{4.5}$$

4.2.5 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับจำนวนวันย้อนหลังและผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง

ทำการพิจารณาค่าปริมาณน้ำล่วงหน้า 1 วันที่สถานี B.10 กับค่าปริมาณน้ำสถานี B.3 ย้อนหลัง 10 วัน

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม $Q_{B.10}$ หรือไม่ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว ($Q_{B.3_t}, Q_{B.3_{t-1}}, \dots, Q_{B.3_{t-10}}$)

H_1 : ตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว

ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05

จะสรุปผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F ได้ โดยพิจารณาค่า Significance F จากตารางที่ 4.13 โดย Significance $F < \alpha$ ผลปรากฏว่ายอมรับ H_1 ตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว จึงต้องทำต่อขั้นตอนที่ 2

ตารางที่ 4.13 ตาราง 1-WAY ANOVA ระหว่างสถานี B.3 เทียบกับ B.10+1

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS=SS/DF	Significance F
ตัวแปรอิสระ k ตัว (Regression)	11	577678.4419	52516.22199	1.5829E-229
ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual)	1803	687240.9685	381.1652626	
ผลรวม (total)	1814	1264919.41	F=MSR/MSE	
			137.7780904	

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบว่าค่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีผลต่อตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) โดยทดสอบครั้งละ 1 ตัวแปรโดยใช้สถิติทดสอบ t

ตารางที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระของสถานี B.3 เทียบกับ B.10+1

	Standard Error	t Stat	P-value	Coefficients
Q_B.10 _{t+1}	0.747471547	-5.908391683	4.12068E-09	-4.416354671
Q_B.3 _t	0.067659	2.196334	0.028195	0.148601
Q_B.3 _{t-1}	0.099596	2.311327	0.020927	0.2302
Q_B.3 _{t-2}	0.100711	1.105336	0.269161	0.11132
Q_B.3 _{t-3}	0.100698	0.161292	0.871881	0.016242
Q_B.3 _{t-4}	0.100696	0.727724	0.466877	0.073279
Q_B.3 _{t-5}	0.100692	0.45538	0.64889	0.045853
Q_B.3 _{t-6}	0.100696	-0.05832	0.953501	-0.00587
Q_B.3 _{t-7}	0.100685	0.139822	0.888816	0.014078
Q_B.3 _{t-8}	0.100694	0.273486	0.784511	0.027538
Q_B.3 _{t-9}	0.099561	0.215825	0.829149	0.021488
Q_B.3 _{t-10}	0.067624	0.066983	0.946603	0.00453

จากตารางที่ 4.14 สรุปได้ว่าค่าปริมาณน้ำล่องหน้า 1 วันที่สถานี B.10 ขึ้นกับค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.3 และค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.3 ย้อนหลัง 1 วัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนั้นค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10+1 ไม่ขึ้นกับค่าตัวแปรอิสระค่าอื่น ๆ เลย

ทำการพิจารณาค่าปริมาณน้ำล่องหน้า 1 วันที่สถานี B.10 กับค่าปริมาณน้ำสถานี B.8 ย้อนหลัง 10 วัน

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Q_B.10 หรือไม่ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตาม (Q_B.10_{t+1}) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว (Q_B.8_t, Q_B.8_{t-1}, ..., Q_B.8_{t-10})

H_1 : ตัวแปรตาม (Q_B.10_{t+1}) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว

ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05

จะสรุปผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F ได้ โดยพิจารณาว่า Significance F จากตารางที่ 4.15 โดย Significance F < ∞ ผลปรากฏว่ายอมรับ H_1 ตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว จึงต้องทำต่อขั้นตอนที่ 2

ตารางที่ 4.15 ตาราง 1-WAY ANOVA ระหว่างสถานี B.8 เทียบกับ B.10+1

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS=SS/DF	Significance F
ตัวแปรอิสระ k ตัว (Regression)	11	250397.0999	22763.37272	1.15606E-78
ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual)	1803	1014522.311	562.6856964	
ผลรวม (total)	1814	1264919.41	F=MSR/MSE 40.45486293	

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบว่าค่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีผลต่อตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) โดยทดสอบครั้งละ 1 ตัวแปรโดยใช้สถิติทดสอบ t

ตารางที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระของสถานี B.8 เทียบกับ B.10+1

	Coefficients	Standard Error	P-value	t Stat
$Q_{B.10_{t+1}}$	10.99931147	0.694000862	4.59E-53	15.84913
$Q_{B.8_t}$	1.324467733	0.200424662	5.1E-11	6.608307
$Q_{B.8_{t-1}}$	1.544970024	0.257479305	2.37E-09	6.000366
$Q_{B.8_{t-2}}$	-0.066169902	0.260640516	0.799622	-0.25387
$Q_{B.8_{t-3}}$	0.188234916	0.260441129	0.469925	0.722754
$Q_{B.8_{t-4}}$	0.220804657	0.260109621	0.396055	0.848891
$Q_{B.8_{t-5}}$	0.11714658	0.260436733	0.652903	0.449808
$Q_{B.8_{t-6}}$	0.090347101	0.260109621	0.728375	0.347342
$Q_{B.8_{t-7}}$	0.070446649	0.260441129	0.786814	0.27049
$Q_{B.8_{t-8}}$	0.004729078	0.260640516	0.985526	0.018144
$Q_{B.8_{t-9}}$	-0.048095984	0.257479305	0.851842	-0.1868
$Q_{B.8_{t-10}}$	0.19834512	0.200424662	0.322491	0.989624

จากตารางที่ 4.16 สรุปได้ว่าค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10+1 ขึ้นกับค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8 และค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.8 ย้อนหลัง 1 วัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนั้นค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10+1 ไม่ขึ้นกับค่าตัวแปรอิสระค่าอื่น ๆ เลย

ทำการพิจารณาค่าปริมาณน้ำล่วงหน้า 1 วัน ที่สถานี B.10 กับค่าปริมาณน้ำสถานี B.6 ย้อนหลัง 10 วัน

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม $Q_{B.10}$ หรือไม่ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว ($Q_{B.6_t}, Q_{B.6_{t-1}}, \dots, Q_{B.6_{t-10}}$)

H_1 : ตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว

ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05

จะสรุปผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F ได้ โดยพิจารณาค่า Significance F จากตารางที่ 4.17 โดย Significance $F < \alpha$ ผลปรากฏว่ายอมรับ H_1 ตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว จึงต้องทำต่อขั้นตอนที่ 2

ตารางที่ 4.17 ตาราง 1-WAY ANOVA ระหว่างสถานี B.6 เทียบกับ B.10+1

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS=SS/DF	Significance F
ตัวแปรอิสระ k ตัว (Regression)	11	339820.3329	30892.75753	3.3942E-114
ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual)	1803	925099.0775	513.088784	
ผลรวม (total)	1814	1264919.41	F=MSR/MSE	
			60.20937993	

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบว่าค่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีผลต่อตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) โดยทดสอบครั้งละ 1 ตัวแปรโดยใช้สถิติทดสอบ t

ตารางที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำสถานี B.10+1 กับตัวแปรอิสระของสถานี B.6

	Standard Error	t Stat	P-value	Coefficients
Q_B10 _{t+1}	0.694539	12.37584	8E-34	8.595497
Q_B.6 _t	0.110704	12.20239	5.79E-33	1.350854
Q_B.6 _{t-1}	0.15428	0.341469	0.73279	0.052682
Q_B.6 _{t-2}	0.158871	0.510526	0.609746	0.081108
Q_B.6 _{t-3}	0.161147	-0.5194	0.603548	-0.0837
Q_B.6 _{t-4}	0.161201	-0.35555	0.72222	-0.05731
Q_B.6 _{t-5}	0.161741	0.157634	0.874763	0.025496
Q_B.6 _{t-6}	0.161165	0.005698	0.995454	0.000918
Q_B.6 _{t-7}	0.160965	0.08986	0.928408	0.014464
Q_B.6 _{t-8}	0.1586	0.45549	0.648812	0.072241
Q_B.6 _{t-9}	0.154015	-0.03552	0.971667	-0.00547
Q_B.6 _{t-10}	0.110576	0.64366	0.519878	0.071173

จากตารางที่ 4.18 สรุปได้ว่าค่าปริมาณน้ำล่วงหน้า 1 วัน ที่สถานี B.10+1 ขึ้นกับค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนั้นค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10+1 ไม่ขึ้นกับค่าตัวแปรอิสระค่าอื่น ๆ เลย

ทำการพิจารณาค่าปริมาณน้ำล่วงหน้า 1 วันที่สถานี B.10 กับค่าปริมาณน้ำสถานี B.10 ย้อนหลัง 10 วัน

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Q_B.10_{t+1} หรือไม่ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตาม(Q_B.10_{t+1})ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว(Q_B.10_t, Q_B.10_{t-1}, ..., Q_B.10_{t-10})

H_1 : ตัวแปรตาม(Q_B.10_{t+1})ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว

ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05

จะสรุปผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F ได้ โดยพิจารณาว่า Significance F จากตารางที่ 4.19 โดย Significance F < ∞ ผลปรากฏว่ายอมรับ H_1 ตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว จึงต้องทำต่อขั้นตอนที่ 2

ตารางที่ 4.19 ตาราง 1-WAY ANOVA ระหว่างสถานี B.10 กับ B.10+1

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS=SS/DF	Significance F
ตัวแปรอิสระ k ตัว (Regression)	11	1128580	102598.2	0.00121
ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual)	1803	136339.6	75.61817	
ผลรวม (total)	1814	1264919.41	F = MSR/MSE 1356.793	

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบว่าค่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีผลต่อตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) โดยทดสอบครั้งละ 1 ตัวแปรโดยใช้สถิติทดสอบ t

ตารางที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำสถานี B.10+1 กับค่าปริมาณน้ำสถานี B.10

	Standard Error	t Stat	P-value	Coefficients
$Q_{B.10_{t+1}}$	0.256289	2.725673	0.006479	0.698558912
$Q_{B.10_t}$	0.023541	46.17601	6.6E-308	1.087009046
$Q_{B.10_{t-1}}$	0.034778	-9.14673	1.54E-19	-0.318103267
$Q_{B.10_{t-2}}$	0.035575	2.732334	0.00635	0.097202143
$Q_{B.10_{t-3}}$	0.035644	0.810225	0.417918	0.028879572
$Q_{B.10_{t-4}}$	0.03565	-0.20919	0.834322	-0.007457733
$Q_{B.10_{t-5}}$	0.03565	0.049029	0.960902	0.001747908
$Q_{B.10_{t-6}}$	0.03565	0.155746	0.876251	0.00555234
$Q_{B.10_{t-7}}$	0.035644	0.671068	0.502263	0.023919388
$Q_{B.10_{t-8}}$	0.035575	0.272724	0.785096	0.009702073
$Q_{B.10_{t-9}}$	0.034778	0.095145	0.92421	0.00330891
$Q_{B.10_{t-10}}$	0.023541	1.241968	0.21441	0.029236718

จากตารางที่ 4.20 สรุปได้ว่าค่าปริมาณน้ำล่องหน้า 1 วัน ที่สถานี B.10 ขึ้นกับค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10, ค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ย้อนหลัง 1 วัน และค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10 ย้อนหลัง 2 วัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนั้นค่าปริมาณน้ำที่สถานี B.10+1 ไม่ขึ้นกับค่าตัวแปรอิสระค่าอื่น ๆ เลย

ทำการพิจารณาค่าปริมาณน้ำล่องหน้า 1 วัน ที่สถานี B.10 กับค่าผลต่างปริมาณน้ำสถานี B.10 ย้อนหลัง 10 วัน

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม $Q_{B.10,t+1}$ หรือไม่ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตาม ($Q_{B.10,t+1}$) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว

H_1 : ตัวแปรตาม ($Q_{B.10,t+1}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว

ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05

จะสรุปผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F ได้ โดยพิจารณาค่า Significance F จากตารางที่ 4.21 โดย Significance $F < \alpha$ ผลปรากฏว่ายอมรับ H_1 ตัวแปรตาม ($Q_{B.10,t+1}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว จึงต้องทำต่อขั้นตอนที่ 2

ตารางที่ 4.21 ตาราง 1-WAY ANOVA ของค่าผลต่างปริมาณน้ำสถานี B.10 เทียบกับ B.10+1

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS=SS/DF	Significance F
ตัวแปรอิสระ k ตัว (Regression)	10	190120.9644	19012.09644	2.2936E-57
ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual)	1804	1074798.446	595.7862783	
ผลรวม (total)	1814	1264919.41	F= MSR/MSE	
			31.91093372	

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบว่าค่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีผลต่อตัวแปรตาม ($Q_{B.10,t+1}$) โดยทดสอบครั้งละ 1 ตัวแปรโดยใช้สถิติทดสอบ t

ตารางที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ B.10+1 กับค่าผลต่างปริมาณน้ำสถานี B.10

	Standard Error	t Stat	P-value	Coefficients
Q_B10 _{t+1}	0.572937	31.35503	1.2E-172	17.96446289
Q_B10 _{t(0-1)}	0.065678	12.17164	8.19E-33	0.799411898
Q_B10 _{t(1-2)}	0.065936	7.530203	7.96E-14	0.496507723
Q_B10 _{t(2-3)}	0.067401	7.674475	2.7E-14	0.517269036
Q_B10 _{t(3-4)}	0.067642	7.246706	6.3E-13	0.490178375
Q_B10 _{t(4-5)}	0.067632	6.40618	1.9E-10	0.433265564
Q_B10 _{t(5-6)}	0.067632	5.661231	1.75E-08	0.382879723
Q_B10 _{t(6-7)}	0.067641	5.01101	5.94E-07	0.338949425
Q_B10 _{t(7-8)}	0.067401	4.552723	5.65E-06	0.306856826
Q_B10 _{t(8-9)}	0.065935	3.641045	0.000279	0.240072295
Q_B10 _{t(9-10)}	0.065678	3.937954	8.53E-05	0.258635686

จากตารางที่ 4.22 สรุปได้ว่าค่าปริมาณน้ำล่องหน้า 1 วัน ที่สถานี B.10 ขึ้นกับค่าตัวแปรอิสระทุกค่าที่ทำการทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทำการพิจารณาค่าปริมาณน้ำล่องหน้า 1 วัน ที่สถานี B.10 กับค่าผลต่างปริมาณน้ำสถานี B.8 ย้อนหลัง 10 วัน

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Q_B.10_{t+1} หรือไม่ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตาม (Q_B.10_{t+1}) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว

H_1 : ตัวแปรตาม (Q_B.10_{t+1}) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว

ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05

จะสรุปผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F ได้ โดยพิจารณาค่า Significance F จากตารางที่ 4.23 โดย Significance F < α ผลปรากฏว่าปฏิเสธ H_0

ตารางที่ 4.23 ตาราง 1-WAY ANOVA ระหว่างสถานี B.8 กับสถานี B.10+1

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS=SS/DF	Significance F
ตัวแปรอิสระ k ตัว (Regression)	10	91500.7881	9150.07881	0.447852122
ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual)	1804	1173418.622	650.4537818	
ผลรวม (total)	1814	1264919.41	F=MSR/MSE 14.06722363	

จากตารางที่ 4.23 ค่า Significant F > 0.05 สรุปได้ว่าค่าปริมาณน้ำล่องหน้า 1 วัน ที่สถานี B.10 ไม่ขึ้นกับค่าตัวแปรอิสระทุกค่าที่ทำการทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทำการพิจารณาค่าปริมาณน้ำล่องหน้า 1 วัน ที่สถานี B.10 กับค่าผลต่างปริมาณน้ำ สถานี B.6 ย้อนหลัง 10 วัน

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม $Q_{B.10_{t+1}}$ หรือไม่ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว

H_1 : ตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว

ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05

จะสรุปผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F ได้ โดยพิจารณาค่า Significance F จากตารางที่ 4.24 โดย Significance F < α ผลปรากฏว่ายอมรับ H_1 ตัวแปรตาม ($Q_{B.10_{t+1}}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว จึงต้องทำต่อขั้นตอนที่ 2

ตารางที่ 4.24 ตาราง 1-WAY ANOVA ระหว่างสถานี B.6 กับสถานี B.10+1

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS=SS/DF	Significance F
ตัวแปรอิสระ k ตัว (Regression)	10	114021.8274	11402.18274	1.9017E-31
ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual)	1804	1150897.583	637.9698354	
ผลรวม (total)	1814	1264919.41	F=MSR/MSE	
			17.8726048	

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบว่าค่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีผลต่อตัวแปรตาม ($Q_{B.10,t+1}$) โดยทดสอบครั้งละ 1 ตัวแปรโดยใช้สถิติทดสอบ t

ตารางที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ B.10+1 กับค่าผลต่างปริมาณน้ำสถานี B.6

	Standard Error	t Stat	P-value	Coefficients
$Q_{B.10,t+1}$	0.592874	30.30978	1.9E-163	17.96987
$Q_{B.6,t(0-1)}$	0.121814	8.001846	2.17E-15	0.974733
$Q_{B.6,t(1-2)}$	0.12132	8.192563	4.79E-16	0.993922
$Q_{B.6,t(2-3)}$	0.127441	7.105489	1.72E-12	0.905527
$Q_{B.6,t(3-4)}$	0.12697	5.86531	5.32E-09	0.744716
$Q_{B.6,t(4-5)}$	0.126345	5.051023	4.84E-07	0.638169
$Q_{B.6,t(5-6)}$	0.12635	4.371368	1.31E-05	0.552324
$Q_{B.6,t(6-7)}$	0.126904	3.9799	7.17E-05	0.505066
$Q_{B.6,t(7-8)}$	0.127309	3.469727	0.000533	0.441726
$Q_{B.6,t(8-9)}$	0.12118	2.84623	0.004474	0.344906
$Q_{B.6,t(9-10)}$	0.121664	2.510388	0.012147	0.305425

จากตารางที่ 4.25 สรุปได้ว่าค่าปริมาณน้ำล่วงหน้า 1 วัน ที่สถานี B.10 ขึ้นกับค่าตัวแปรอิสระทุกค่าที่ทำกรทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทำการพิจารณาค่าปริมาณน้ำลวงหน้า 1 วันที่สถานี B.10 กับค่าผลต่างปริมาณน้ำ
สถานี B.3 ย้อนหลัง 10 วัน

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม $Q_B.10_{t+1}$
หรือไม่ ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตาม ($Q_B.10_{t+1}$) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว

H_1 : ตัวแปรตาม ($Q_B.10_{t+1}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว

ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05

จะสรุปผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F ได้ โดยพิจารณาค่า Significance F จากตารางที่ 4.26 โดย
Significance $F < \alpha$ ผลปรากฏว่ายอมรับ H_1 ตัวแปรตาม ($Q_B.10_{t+1}$) ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่าง
น้อยหนึ่งตัว จึงต้องทำต่อขั้นตอนที่ 2

ตารางที่ 4.26 ตาราง 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย ของสถานี B.3

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS=SS/DF	Significance F
ตัวแปรอิสระ k ตัว (Regression)	10	30037.13909	3003.713909	4.12952E-06
ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual)	1804	1234882.271	684.5245406	
ผลรวม (total)	1814	1264919.41	F=MSR/MSE 17.8726048	

ขั้นตอนที่ 2 ทำการตรวจสอบว่าค่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีผลต่อตัวแปรตาม
($Q_B.10_{t+1}$) โดยทดสอบครั้งละ 1 ตัวแปรโดยใช้สถิติทดสอบ t

ตารางที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ B.10+1 กับค่าผลต่างปริมาณน้ำสถานี B.3

	Standard Error	t Stat	P-value	Coefficients
Q_B10_{t+1}	0.614126	29.25575	2.6E-154	17.96672
$Q_B.3_{t(0-1)}$	0.090255	-1.06907	0.285181	-0.09649
$Q_B.3_{t(1-2)}$	0.090565	1.679438	0.09324	0.152099
$Q_B.3_{t(2-3)}$	0.09131	2.414529	0.015855	0.22047
$Q_B.3_{t(3-4)}$	0.091698	2.086738	0.037052	0.19135
$Q_B.3_{t(4-5)}$	0.091856	2.671772	0.007613	0.245419
$Q_B.3_{t(5-6)}$	0.091855	2.950453	0.003214	0.271015
$Q_B.3_{t(6-7)}$	0.091698	2.68048	0.007419	0.245796
$Q_B.3_{t(7-8)}$	0.091283	2.355121	0.018623	0.214983
$Q_B.3_{t(8-9)}$	0.090558	2.209916	0.027236	0.200126
$Q_B.3_{t(9-10)}$	0.090212	2.653118	0.008045	0.239343

จากตารางที่ 4.27 สรุปได้ว่าค่าปริมาณน้ำล่วงหน้า 1 วัน ที่สถานี B.10 ขึ้นกับค่าผลต่างปริมาณน้ำวันที่ 2 กับวันที่ 3 ของสถานี B.3, ค่าผลต่างปริมาณน้ำวันที่ 3 กับวันที่ 4 ของสถานี B.3, ค่าผลต่างปริมาณน้ำวันที่ 5 กับวันที่ 6 ของสถานี B.3, ค่าผลต่างปริมาณน้ำวันที่ 6 กับวันที่ 7 ของสถานี B.3, ค่าผลต่างปริมาณน้ำวันที่ 7 กับวันที่ 8 ของสถานี B.3, ค่าผลต่างปริมาณน้ำวันที่ 8 กับวันที่ 9 ของสถานี B.3, ค่าผลต่างปริมาณน้ำวันที่ 9 กับวันที่ 10 ของสถานี B.3 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทำการพิจารณาจากหลักการข้างต้นจะได้โครงสร้างดังนี้

$$\begin{aligned}
 Q_B10_{t+1} = & Q_B10_t, Q_B10_{t-1}, Q_B10_{t-2}, Q_B6_t, Q_B3_t, Q_B3_{t-1}, Q_B8_t, Q_B8_{t-1}, \\
 & \text{ผลต่าง}Q_B3_{t(2-3)}, \text{ผลต่าง}Q_B3_{t(3-4)}, \text{ผลต่าง}Q_B3_{t(4-5)}, \text{ผลต่าง}Q_B3_{t(5-6)}, \text{ผลต่าง}Q_B3_{t(6-7)}, \text{ผลต่าง} \\
 & Q_B3_{t(7-8)}, \text{ผลต่าง}Q_B3_{t(8-9)}, \text{ผลต่าง}Q_B3_{t(9-10)}, \text{ผลต่าง}Q_B6_{t(0-1)}, \text{ผลต่าง}Q_B6_{t(1-2)}, \text{ผลต่าง}Q_B6_{t(2-3)}, \\
 & \text{ผลต่าง}Q_B6_{t(3-4)}, \text{ผลต่าง}Q_B6_{t(4-5)}, \text{ผลต่าง}Q_B6_{t(5-6)}, \text{ผลต่าง}Q_B6_{t(6-7)}, \text{ผลต่าง}Q_B6_{t(7-8)}, \text{ผลต่าง} \\
 & Q_B6_{t(8-9)}, \text{ผลต่าง}Q_B6_{t(9-10)}, \text{ผลต่าง}Q_B10_{t(0-1)}, \text{ผลต่าง}Q_B10_{t(1-2)}, \text{ผลต่าง}Q_B10_{t(2-3)}, \text{ผลต่าง} \\
 & Q_B10_{t(3-4)}, \text{ผลต่าง}Q_B10_{t(4-5)}, \text{ผลต่าง}Q_B10_{t(5-6)}, \text{ผลต่าง}Q_B10_{t(6-7)}, \text{ผลต่าง}Q_B10_{t(7-8)}, \text{ผลต่าง} \\
 & Q_B10_{t(8-9)}, \text{ผลต่าง}Q_B10_{t(9-10)}
 \end{aligned}
 \tag{4.6}$$

4.3 ผลการทดสอบชุดตัวแปรนำเข้าที่มีนัยสำคัญ

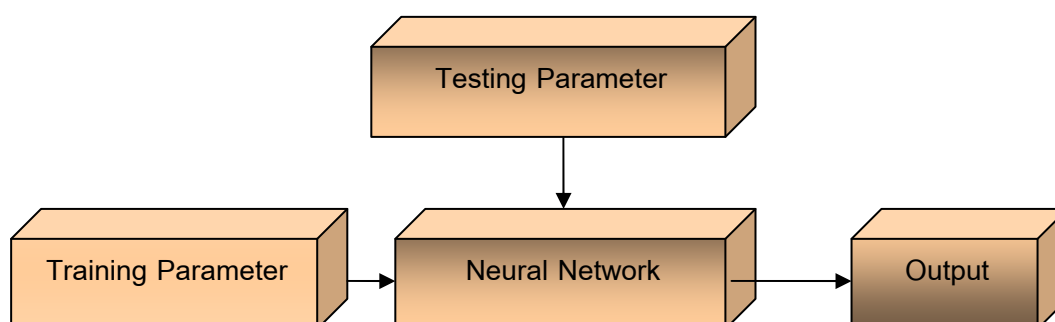
เป็นขั้นตอนในการนำตัวแปรแต่ละชุดที่ผ่านการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญในหัวข้อ 4.2 มาทำการทดสอบเพื่อพิจารณาว่าตัวแปรที่คัดเลือกมานั้นมีนัยสำคัญเพียงพอต่อการนำไปพยากรณ์ปริมาณน้ำล้นหน้า 1 วัน ที่ สถานี B.10 หรือไม่ โดยใช้ข้อมูลทั้งหมดจำนวน 1916 ข้อมูลมาประเมินความแม่นยำด้วยวิธี ไขว้ข้ามสิบลกลุ่มโดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกแบ่งเป็น 10 ส่วน โดยแต่ละชุดข้อมูลจะมีขนาด 1916/10 วิธีนี้จะเรียนรู้ด้วยชุดข้อมูลสอนจำนวน 90% จากข้อมูลทั้งหมดและตรวจสอบความถูกต้องในการทำนายด้วยชุดข้อมูลทดสอบ 10% เป็นจำนวนทั้งหมดสิบลรอบ เช่นในชุดที่ i จะใช้ชุดข้อมูลทดสอบชุดที่ i และใช้ชุดข้อมูลที่เหลือเป็นชุดข้อมูลสอน ค่าความแม่นยำได้จากค่าเฉลี่ยระหว่างผลลัพธ์ของชุดข้อมูลทดสอบที่ทำนายได้อย่างถูกต้อง กับจำนวนกลุ่มทั้งหมดสิบลกลุ่ม

นำชุดข้อมูลที่ผ่านมาวิธี ไขว้ข้ามสิบลกลุ่มมาทำการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ หรือ การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นด้วยโปรแกรม WEKA โดยโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับการเรียนรู้ และทดสอบ โดยกำหนดค่า ในโปรแกรม WEKA มีรายละเอียด ดังนี้

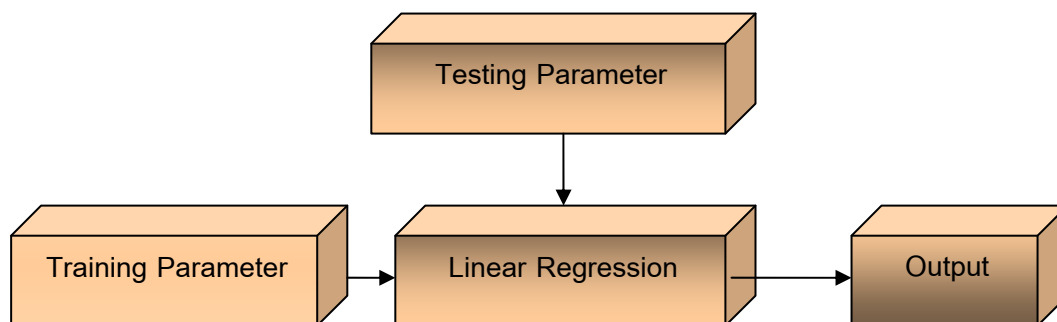
ชั้นซ่อน = จำนวนอินพุตที่ผ่านการคัดเลือกจากในแต่ละวิธี

อัตราการเรียนรู้ = 0.1, ค่าโมเมนตัม = 0.7, รอบการเรียนรู้ = 5500 รอบ

โดยกำหนดค่าคงที่เอาไว้ทดสอบวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญแต่ละวิธีเพื่อเปรียบเทียบหาวิธีที่เหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 4.19 การพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม



ภาพที่ 4.20 การพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย

4.4 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์

เมื่อนำโครงสร้างที่ผ่านการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญของแต่ละวิธี มาทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ และ การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นด้วยโปรแกรม WEKA โดยมีค่าพารามิเตอร์ดังหัวข้อ 4.3 และใช้วิธีไขว้ข้ามลิบกลุ่ม เพื่อพิจารณาว่าแบบจำลองนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับเหตุการณ์ในปัจจุบันได้ดีหรือไม่ โดยทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำล่องหน้า 1 วัน ณ สถานี B.10 อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี ผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 ผลการทดสอบชุดตัวแปรนำเข้าที่มีนัยสำคัญด้วยวิธีการต่าง ๆ

วิธีการ	MLP(BPNN)		Linear Regression	
	RMSE	r	RMSE	r
วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์เริ่มลดลง และวิธีการแปลงเวฟเล็ต	5.77641	0.96979	5.78543	0.9695
ข้อมูลที่ไม่ผ่านวิธีการคัดเลือกตัวแปรนำเข้า	7.13057	0.96289	7.53009 *	0.95935
วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ที่สูงที่สุด	7.9474 *	0.9506	8.0247 *	0.94318
วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์เริ่มลดลง	5.72989	0.97012	5.92276 *	0.96951
วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ	6.85607	0.96505	6.87898	0.96484
วิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย	7.29491	0.96072	7.37075 *	0.96056
วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ และ วิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย	6.83175	0.96515	6.87947	0.96484

วิธีการ	MLP(BPNN)		Linear Regression	
	RMSE	r	RMSE	r
วิธีจากหัวข้อ 3.2.2.7 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการหาผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง	5.99352	0.96707	6.16976 *	0.96682
วิธีจากหัวข้อ 3.2.2.8 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการหาผลต่างของจำนวนวันย้อนหลังและวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย	5.92652	0.96708	6.08622 ***	0.96687
วิธีจากหัวข้อ 3.2.2.9 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับจำนวนวันย้อนหลังและผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง	5.8793	0.9702	5.9709 ***	0.96758
วิธีจากหัวข้อ 3.2.2.10 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยพหุเทียบกับจำนวนวันย้อนหลังและผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง	6.92703 ***	0.96055	7.01915 ***	0.96048
วิธีจากหัวข้อ 3.2.2.11 การคัดเลือกตัวแปรนำเข้าสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับจำนวนวันย้อนหลังและผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง นำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยการแปลงเวฟเล็ตเต็มหน่วย	14.95783 ***	0.79259	16.62715 ***	0.74907

*** แตกต่างที่นัยสำคัญ 0.01

** แตกต่างที่นัยสำคัญ 0.05

* แตกต่างที่นัยสำคัญ 0.1

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ มุ่งเน้นที่การเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญวิธีการต่าง ๆ ที่ได้เสนอมา โดยใช้ข้อมูลในการเรียนรู้ และข้อมูลในการทดสอบ จาก 4 สถานี ในลุ่มน้ำเพชรบุรี ข้อมูลปริมาณน้ำรายวัน ซึ่งได้มาจาก 4 สถานีวัด ในลุ่มน้ำเพชรบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เกิดอุทกภัยบ่อยครั้ง ได้แก่ สถานี B.3 ตั้งอยู่ที่ ลำน้ำเพชรบุรี บ้านสองพี่น้อง อ.แก่งกระจาน จ.เพชรบุรี , สถานี B.6 ตั้งอยู่ที่ ลำน้ำห้วยแม่ประจันต์ อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี, สถานี B.8 ตั้งอยู่ที่ ลำน้ำห้วยผาก บ้านโพรงเข้ ต.กัลลหรง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี , สถานี B.10 ตั้งอยู่ที่ ลำน้ำเพชรบุรี ท้ายเขื่อนเพชรบุรี บ้านท่ายาง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลในช่วงปีน้ำ 2004 - 2008 (ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2004 ถึง วันที่ 31 มีนาคม 2009) รวมจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 1,826 ชุด รวมทั้งสิ้น 4 สถานี รวมเป็น 7,304 ชุดข้อมูล จากกรมชลประทาน มาใช้ในการศึกษา เลือกสถานี B.10 เป็นสถานีที่จะทำการพยากรณ์ เนื่องจากเป็นสถานีที่ไม่มีการสูญหายของข้อมูล และ ตั้งอยู่บนลำน้ำสายหลักคือแม่น้ำเพชรบุรี ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้า โดยมีวิธีการเรียนรู้แบบแพร่กลับ และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น มาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองในการพยากรณ์ปริมาณน้ำรายวัน ณ สถานี B.10 อ.ท่ายาง ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี โดยใช้ตัวแปรนำเข้าที่ผ่านการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญด้วยวิธีการต่าง ๆ 11 วิธี ดังนี้ วิธีที่หนึ่ง วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไขว้ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เทียบกับเวลาเพื่อคัดเลือกตัวแปรนำเข้า โดยพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ที่สูงที่สุด วิธีที่สอง วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไขว้ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เทียบกับเวลาเพื่อคัดเลือกตัวแปรนำเข้า โดยพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ที่เริ่มลดลงของเส้นกราฟ วิธีที่สาม วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ นำปัจจัย (Factor) ทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเพื่อคัดเลือกตัวแปรนำเข้า วิธีที่สี่ วิธีการแปลงเวฟเล็ตเพื่อแปลงข้อมูลที่ต้องการให้เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต วิธีที่ห้า วิธีการผสม โดยใช้หลักการวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ และนำผลลัพธ์มาแปลงข้อมูลที่ต้องการให้เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต วิธีที่หก วิธีการผสม โดยใช้หลักการ วิธี สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไขว้ โดยพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ที่เริ่มลดลงของเส้นกราฟ และนำผลลัพธ์ที่ได้มาแปลงข้อมูลที่ต้องการให้เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต วิธีที่เจ็ด วิธีการหาผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง วิธีที่แปด วิธีการหาผลต่างของจำนวนวันย้อนหลังและวิธีการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย วิธีที่เก้า วิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับจำนวนวันย้อนหลังและผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง วิธีที่สิบ วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยพหุเทียบกับจำนวนวันย้อนหลังและผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง

วิธีที่สิบเอ็ด วิธีการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับจำนวนวันย้อนหลังและผลต่างของจำนวนวันย้อนหลัง นำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยการแปลงเวฟเล็ตเต็มหน่วย นำข้อมูลที่ได้จากวิธีการคัดเลือกวิธีดังกล่าวมาใช้ในการเรียนรู้ และทดสอบ ด้วยวิธีการประเมินตัวแบบไขว้ข้ามสิบกลุ่ม โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ หรือ การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นโดยการพยากรณ์ครั้งละโมเดล จากผลการทดลองพบว่าวิธีผสมโดยใช้วิธี สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไขว้ โดยทำการพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ที่เริ่มลดลงจากเส้นกราฟ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลก่อนนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ให้ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำล่วงหน้า 1 วัน โดยวิธีนี้มีความแม่นยำที่สุดเมื่อเทียบจากวิธีการคัดเลือกค่าคุณลักษณะสำคัญอื่น ๆ โดยได้ผลการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม $RMSE = 5.77641$, $r = 0.96979$ และ การพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย $RMSE = 5.78543$, $r = 0.9695$

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อมูลที่ทำการคัดเลือกบางสถานีขาดความต่อเนื่องกัน เพราะบางปีพบว่าข้อมูลมีการขาดหายไปบางส่วน (Missing data) ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ประกอบการศึกษาได้

5.2.2 ข้อมูลบางช่วงมีความผิดพลาดหรือไม่ครบถ้วน สาเหตุอาจมาจากการจัดเก็บข้อมูล ความผิดพลาดของบุคลากร และเครื่องมือทำให้ได้ค่าของข้อมูลไม่เป็นไปตามความเป็นจริง

5.2.3 โครงข่ายประสาทเทียม เป็น Black Box Model ซึ่งจะสนใจความสัมพันธ์ของอินพุต ไปสู่ ผลลัพธ์ เป็นสำคัญ ซึ่งมีข้อดีในการประยุกต์ใช้ได้ง่าย สะดวก และรวดเร็วในการใช้งาน โดยไม่ได้สนใจสภาพภูมิประเทศ

5.2.4 การพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมจะใช้ได้ดีกับกลุ่มน้ำที่มีลักษณะเป็นลำน้ำ 1 หรือ 2 สาย มาบรรจบกัน ซึ่งถ้ามีลำน้ำมาบรรจบมากเกินไปการพยากรณ์จะยิ่งยากมากขึ้น และถ้ามีอ่างเก็บน้ำอยู่บริเวณต้นน้ำ หรือมีน้ำทะเลหนุนแบบจำลองก็ต้องใช้ข้อมูลเหล่านี้มาใช้เป็นปัจจัยในการพยากรณ์ด้วย

5.2.5 ระยะเวลาที่จะนำมาวิจัย ต้องไม่ควรเกิน 10 ปีย้อนหลัง ซึ่งต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ เพราะถ้าสภาพลุ่มน้ำมีการเปลี่ยนแปลงใหม่ เช่นมีการผันน้ำออกจากลำน้ำเดิม หรือมีการสร้างอาคารใหม่ขวางทางลำน้ำ ก็จะต้องใช้ข้อมูลใหม่นั้น มาทำการเรียนรู้ และข้อมูลที่ใช้ทดสอบ เพื่อคัดเลือกข้อมูลโดยให้สภาพลุ่มน้ำใกล้เคียงกับสภาพปัจจุบันมากที่สุด เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์

5.2.6 เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดในการเลือกใช้ชุดข้อมูลนำเข้า ซึ่งมีเฉพาะข้อมูลปริมาณน้ำที่วัดได้จากแต่ละสถานี ในอนาคตหากมีการเปลี่ยนแปลงที่ตั้ง หรือเพิ่มสถานีวัดน้ำท่า หรือมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทางอุตุนิยมนิยมวิทยาและอุทกวิทยา เช่น ความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณการระเหยของน้ำ เป็นต้น ควรทำการศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าว เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการพยากรณ์ให้ดีขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยา วานิชย์บัญชา. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย Excel. พิมพ์ครั้งที่3. สถานที่พิมพ์ : สยาม
ลดดา, 2553.

ธวัชชัย ดิงส์ถุชลี. การประยุกต์ใช้ศาสตร์ทางปัญญาประดิษฐ์ในงานวิศวกรรมแหล่งน้ำ. เอกสาร
การบรรยายพิเศษวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย : 1-12.

ปิยาอร เวชชี. บูรณาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับการสร้างแบบจำลองอุทกวิทยาเพื่อการ
วิเคราะห์และทำแผนที่น้ำหลาก. กรณีศึกษาลุ่มน้ำเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต, ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

อรอนงค์ พิณใจวัฒนานนท์. การทำแผนที่ความเสี่ยงต่ออุทกภัยในลุ่มน้ำเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์
ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
, 2543.

อินทิรา เสวตประชิดกุล. สภาวะการเกิดน้ำหลากในลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
, 2538.

เสรี ศุภราทิตย์. คู่มือการพยากรณ์น้ำโดยโครงข่ายใยประสาทเทียม. คณะอนุกรรมการศึกษาวิจัย
ด้านบริหารจัดการน้ำ สถาบันพัฒนาการชลประทาน, 78. : ฝ่ายการพิมพ์ กรม
ชลประทาน, 2544.

ภาษาอังกฤษ

Chotpantararat,S. and Chanyotha,S. The Effect of Land Use Changes on Floods in
Phetchaburi River Basin. 2003 Proceedings of 41st Kasetsart University Annual
Conference , pp. 367-376. n.p., 2003.

Hida, Y. Yokoyama,R. Iba, K. Tanaka, K. Yabe, K. Load forecasting on demand side
by multi-regression model for operation of battery energy storage system. ,
Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2009 Proceedings of the
44th International,pp.1-5. n.p., 2009.

Hu Ping. Wavelet neural network based on BP algorithm And its application in flood
forecasting. Granular Computing, 2009, GRC '09.IEEE International Conference,
pp.251 – 253, n.p., 2009.

- Hung,N.Q. Babel,M.S. Weesakul,S. and N.K.Tripathi. An artificialNeural network model for rainfall forecasting in Bangkok,Thailand. Hydrology and Earth System Science. (2008) : 183-218.
- Jain, A. Hybrid neural network models for hydrologic time series forecasting. Applied Soft Computing, pp.585–592. n.p., 2007.
- Jingwen Xu, Junfang Zhao. Wanchang Zhang. Zhongda Hu. Ziyang Zheng . Mid-short-term daily runoff forecasting by ANNs and multiple process-based hydrological models. Information, Computing and Telecommunication, 2009. YC-ICT '09,pp. 526-529. n.p., 2009.
- K.Sandberg. The haar wavelet transform [Online]. 2000. Available from : <http://amath.colorado.edu/courses/5720/2000Spr/Labs/Haar/haar.html>. [2011,6,May].
- Lee,J.C Fong,T.J. Chang, Y.F. Feature Extraction for handwritten Chinese character recognition using X-Y graphs decomposition and Haar wavelet . Signal and Image Processing Applications (ICSIPA) ,2009 IEEE International Conference, 10 - 14 .n.p., 2009.
- Patsinghasanee,S. Lipiwattanakarn,S. and Sriwongsitanon,N. An optimized back-propagation neural network for flood forecasting in the Ping River.The National Convention on Civil Engineering,vol.2, pp.139-144. n.p., 2004.
- Phusakulkajorn, W. Lursinsap, C. Asavanant, J. Wavelet-Transform Based Artificial Neural Network For Daily Rainfall Prediction in Southern Thailand . Communications and Information Technology, 2009. ISCIT 2009. 9th International Symposium, pp. 432 – 437. n.p., 2009.
- Qu ,G. Min,F. Guo, X. and Zhu, Y. A Study of the Hydrological Prediction Model Based On WaveLet De-Noise Method. Natural Computation (ICNC), 2010 Sixth International Conference, pp 3763 – 3767. n.p., 2010.
- Rumelhart, D.E. and Mc.Clelland J.L.(Eds.) Parallel distributed processing Exploration in the microstructures of Cognition Vol.1, The MIT Press, 1986.
- Sang, Y.F. and Wang, D. Wavelets selection method in hydrologic series wavelet analysis. Journal of Hydraulic Engineering (2009): 295-300.

- Sanjekar,P.S. Dhabe,P.S. Fingerprint verification using Haar wavelet.Computer Engineering and Technology (ICCET) ,2010 2nd International Conference, pp. 361-365, 2010.
- Shimizukawa,j. et al. Multi-Regression Model for PeakLoad Forecast in Demand Side like University Campus. ICEE 2009.International Conference on Electrical Engineering.,pp. 5-9. n.p., 2009.
- Singhrattna,N. Rajagopalan,B. Clark,M. and Kumar, K.K. Seasonal Forecasting of Thailand summer monsoon rainfall. International Journal of Climatology (2004) : 649-664.
- Xinhua, C. and Zhuying, L. The application of neural network technology in flood water forecast. Networking and Digital Society. (ICNDS),2010 2nd International Conference, pp.419 – 421. n.p. , 2010.
- Yanfang,S. Dong,W. and Jichun,W. Comparative Study of Some Improved ANN-Models for Hydrologic Time Series Forecast. Intelligent Systems, 2009.GCIS '09, pp. 63 – 67. n.p., 2009.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสิริวัฒน์ หนีตสอน เกิดเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2522 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนโยธินบูรณะ ปีการศึกษา พ.ศ. 2541 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีการศึกษา พ.ศ. 2548 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2552