

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สังเคราะห์รูปแบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน 2) พัฒนารูปแบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน 3) การศึกษาผลการทดลองใช้ระบบพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน และ 4) ศึกษาการยอมรับระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับระยะการวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 สังเคราะห์รูปแบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล

ระยะที่ 2 พัฒนาระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล

ระยะที่ 3 ศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน

ระยะที่ 4 ศึกษาการยอมรับระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน

การนำเสนอวิธีดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. การสังเคราะห์รูปแบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน
3. การพัฒนาระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล
4. การศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน
5. การศึกษาการยอมรับระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน

#### 4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

n	หมายถึง	จำนวนข้อมูล
%	หมายถึง	ร้อยละ
$\bar{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ย
SD.	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## ระยะที่ 1 สังเคราะห์รูปแบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัจจุบันและความต้องการระบบพยากรณ์น้ำของเขื่อนกิ่วลม จากสำนักงานชลประทานที่ 2 จังหวัดลำปาง นำมาวิเคราะห์ และสังเคราะห์พร้อมทั้งและสรุปผลการสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้ศึกษามา รายละเอียด ดังนี้

### 1. ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของน้ำในเขื่อนกิ่วลม

ผู้วิจัย ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลน้ำของเขื่อนกิ่วลม สำนักงานชลประทานที่ 2 จังหวัดลำปาง พร้อมกับสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานดูแลระบบสารสนเทศสำนักงานชลประทานที่ 2 จังหวัดลำปาง จำนวน 10 คน วันที่ 12 กันยายน สรุปได้ดังนี้

1.1 การจัดเก็บข้อมูลน้ำของเขื่อนลำกิ่วลม มีการจัดเก็บทั้งในรูปแบบเอกสารและไฟล์ข้อมูล โดยโปรแกรม Excel โดยเก็บข้อมูลแบบรายวัน และเป็นรายเดือน โดยสรุปไว้เป็นรายปี ที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้คือ ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ.2535-2560 โดยข้อมูลรายวัน จะเก็บวันละ 1 รายการ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำในเขื่อน ปริมาณการปล่อยน้ำ สำหรับข้อมูลรายเดือน จะมีข้อมูลอัตราการระเหยของน้ำในเขื่อน ข้อมูลทั้งหมดจะรวบรวมเป็นรายเดือนและรายปี เก็บไว้ที่สำนักงาน

1.2 วิธีการจัดเก็บข้อมูลน้ำเขื่อนลำกิ่วลมดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่สารสนเทศ ในแต่ละครั้งที่จะบันทึกข้อมูล เจ้าหน้าที่สารสนเทศจะโทรศัพท์ไปยังเจ้าหน้าที่หน้าเขื่อนกิ่วลม เพื่อขอรายละเอียดข้อมูลน้ำจากมาตรวัด วันละ 3 ครั้ง โดยประมาณ เวลาช่วง เช้า เที่ยง และเย็น หลังจากนั้นเจ้าหน้าที่สารสนเทศ จะนำข้อมูลที่ได้มาเฉลี่ยและบันทึกเป็นข้อมูลรายวัน จำนวน 1 รายการ ที่ประกอบด้วย ปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำในเขื่อน ปริมาณการปล่อยน้ำ และเมื่อสิ้นสุดการบันทึกข้อมูลในแต่ละเดือน เจ้าหน้าที่จะบันทึกข้อมูลอัตราการระเหย โดยนำข้อมูลที่ได้จากกรมชลประทานในการระเหยของน้ำ มาบันทึกไว้ในไฟล์เอกสาร

1.3 จากการสัมภาษณ์ และจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในเขื่อนกิ่วลม ประกอบด้วย ปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำในเขื่อน ปริมาณการปล่อยน้ำ

1.4 การบันทึกข้อมูลน้ำของเจ้าหน้าที่สารสนเทศ ดำเนินการดังนี้

1.4.1 ข้อมูลน้ำที่บันทึกไว้ได้นำไปใช้ในการจัดทำรายงานปริมาณน้ำรายเดือนและรายปีเพื่อรายงานให้กับผู้บริหารและกรมชลประทานบริหารจัดการน้ำอย่างไร

1.4.2 ข้อมูลน้ำที่บันทึกไว้ไม่มีผลต่อการการปล่อยน้ำของเจ้าหน้าที่ที่ทำหน้าที่ปล่อยน้ำ

1.4.3 ปริมาณการปล่อยน้ำในแต่ละวันและในแต่ละครั้งเจ้าหน้าที่จะดำเนินการตามที่คุณบริหารกำหนด

1.4.4 เจ้าหน้าที่ที่ดำเนินการปล่อยน้ำได้บันทึกข้อมูลการปล่อยน้ำในเอกสาร โดยสรุปจากข้อมูลและการสัมภาษณ์พบว่าข้อมูลน้ำที่บันทึกไว้ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการปล่อยน้ำของเขื่อน

1.5 เขื่อนกัวลมได้นำระบบสารสนเทศมาใช้ในการเก็บข้อมูลน้ำโดยใช้โปรแกรม MS Excel และโปรแกรม MS Word ในการจัดทำรายงานสรุปข้อมูลน้ำต่อผู้บริหารและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นนำข้อมูลระดับน้ำรายวันเผยแพร่ผ่านเว็บไซต์ของสำนักงานชลประทานที่ 2 จังหวัดลำปาง

1.6 ประเด็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ที่ผู้วิจัยได้สอบถามความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่สารสนเทศ จำนวน 10 คน พบว่า

1.6.1 จัดการข้อมูลผ่านระบบออนไลน์ / เว็บไซต์

1.6.2 ความสามารถในการนำเข้าข้อมูลและระบบสามารถพยากรณ์เพื่อทราบระดับน้ำได้ ร้อยละ 90

1.6.3 ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์เป็นข้อมูลควรมีการพยากรณ์ล่วงหน้าอย่างเหมาะสมร้อยละ 90

1.6.4 การพยากรณ์สามารถเปรียบเทียบค่าสถิติได้ ร้อยละ 90

1.6.5 ระบบสารสนเทศช่วยในการจัดเก็บข้อมูลได้อย่างเหมาะสมร้อยละ 100

1.6.6 ข้อมูลที่มีอยู่นำไปใช้ในด้านการตัดสินใจการปล่อยน้ำได้อย่างเหมาะสมร้อยละ 100

1.6.3 ระบบสามารถบันทึกข้อมูลผ่านทางระบบออนไลน์ได้โดยผ่านทาง มือถือ เครื่องคอมพิวเตอร์

ส่วนการจัดเก็บข้อมูลน้ำ ได้จัดเก็บในรูปแบบไฟล์และเอกสาร โดยมีรายการข้อมูลที่จัดเก็บ แสดงดัง ตารางที่ 4.1

#### ตารางที่ 4.1

ข้อมูลน้ำรายวัน ระหว่างปี พ.ศ.2535-2560

วัน – เดือน	ปี	ปริมาณน้ำไหลเข้า	ปริมาณปล่อยน้ำ	อัตราการละเหย	ปริมาณน้ำ
1-Jan	1990	0.38	0.42	152.80	105.60
2-Jan	1990	0.39	0.43	152.80	104.80
3-Jan	1990	1.20	0.12	152.80	103.60
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

(ต่อ)

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

วัน – เดือน	ปี	ปริมาณน้ำไหลเข้า	ปริมาณปล่อยน้ำ	อัตราการละเหย	ปริมาณน้ำ
29-Dec	2016	0.80	1.67	148.1	81.42
30-Dec	2016	0.72	1.82	148.1	80.32
31-Dec	2016	0.55	1.85	148.1	79.02

จากตารางที่ 4.1 ผู้วิจัยนำข้อมูลน้ำรายวันระหว่างปี 2533-2560 จำนวน 9,300 รายการ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำคงอยู่ ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อน ปริมาณการปล่อยน้ำออกจากเขื่อน และอัตราการละเหยมาใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ โดยจัดแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก เป็นชุดการเรียนรู้ (Training Set ) ส่วนที่ 2 เป็นส่วนในการทดสอบ (Test Set) และใช้โมเดลที่มีการเลือกไว้ทดสอบเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน

## 2. การศึกษาโมเดลการพยากรณ์

ผู้วิจัยได้ศึกษาโมเดลการพยากรณ์ที่เหมาะสมในการนำมาพยากรณ์ปริมาณน้ำ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำนวน 8 เรื่อง โดยโมเดลที่เลือกมาเป็นโมเดลที่มีการนำมาใช้งานวิจัยและมีผลการพยากรณ์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

โมเดลการพยากรณ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

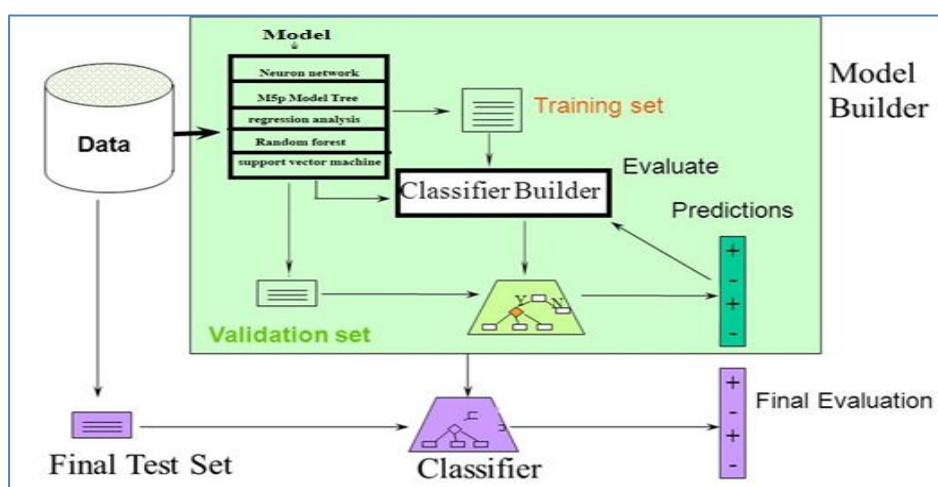
ชื่องานวิจัย	โมเดลการพยากรณ์				
	ANN	SVM	RA	M5P	RF
1. พยากรณ์น้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำปิง	✓	-	-	-	-
2. พยากรณ์ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำปราณบุรี	✓	✓	✓	-	-
3. พยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล	✓	✓	-	-	-
4. พยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนแม่กวง	✓	✓	-	✓	-
5. พยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนอุบลรัตน์	✓	-	-	-	-
6. พยากรณ์ปริมาณน้ำในแม่น้ำตาปี	-	-	-	-	✓
7. พยากรณ์การควบคุมประตูระบายน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยจรเข้มาก	-	-	-	✓	✓
8. การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนอำเภอเมือง จังหวัดน่าน	-	-	✓	-	-
รวม	5	3	2	2	2
ร้อยละของการนำไปใช้ จากงานวิจัย 8 เรื่อง	62.50	37.50	25.00	25.00	25.00

หมายเหตุ. n=8

จากตารางที่ 4.2 ผู้วิจัยศึกษางานวิจัยจำนวน 8 เรื่อง ที่ใช้โมเดลในการพยากรณ์น้ำ พบว่า มีการนำเอาโมเดลการพยากรณ์มาใช้มากตามลำดับ จำนวน 5 โมเดล คือ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม แบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนส์แบบจำลองต้นไม้เอ็มไพร์พีแบบจำลองต้นไม้แบบสุ่ม และแบบจำลองวิเคราะห์การถดถอย

### 3. การออกแบบโมเดลการทดสอบความเหมาะสมการพยากรณ์

ผู้วิจัยนำโมเดลการพยากรณ์ที่ได้จากการศึกษา จากตารางที่ 4.2 จำนวน 5 โมเดล มาเป็นโมเดลการวัดความเหมาะสมการพยากรณ์น้ำในเขื่อนพยากรณ์ โดยออกแบบโมเดลการทดสอบ แสดงดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 โมเดลการทดสอบความเหมาะสมการพยากรณ์น้ำในเขื่อน

จากภาพที่ 4.2 โมเดลการทดสอบวัดความเหมาะสมการพยากรณ์น้ำในเขื่อน ประกอบด้วยโมเดลการพยากรณ์ 5 โมเดล มาทดสอบกับข้อมูลชุดการเรียนรู้ (Training Set) เปรียบเทียบหาโมเดลที่มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด เพื่อจะนำไปใช้ในการสร้างระบบพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน และทดสอบกับข้อมูลชุดทดสอบ (Test set) ต่อไป

### 4. ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการทดลอง (Data Preprocessing)

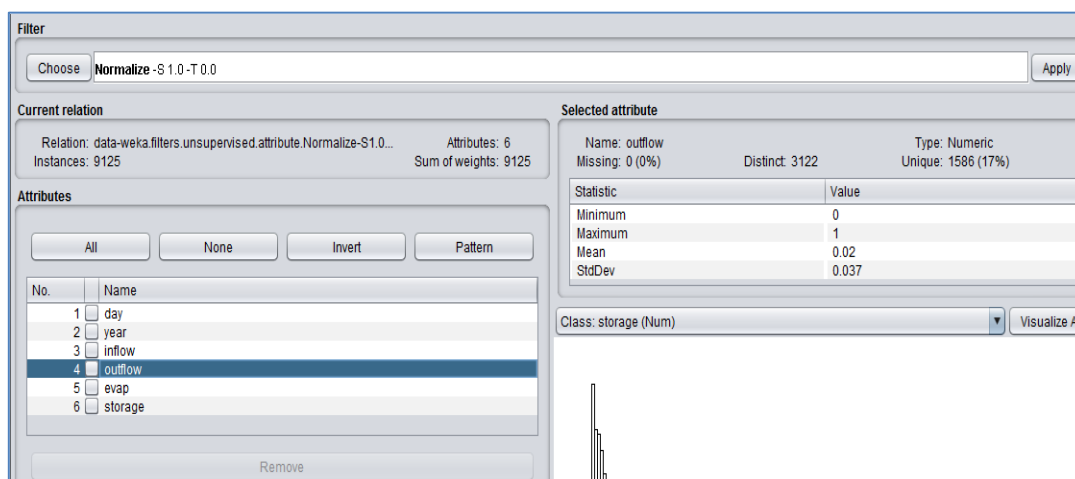
4.1 จัดเตรียมข้อมูลโดยใช้ข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ ประกอบด้วยข้อมูล วัน-เดือน ปี ปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณปล่อยน้ำ อัตราการละลาย ปริมาณน้ำ เป็นข้อมูลช่วงปี 2535 – 2560 ข้อมูลดังตาราง 4.1

### ตารางที่ 4.3

ข้อมูลน้ำรายวัน ระหว่างปี 2535-2560

วัน - เดือน	ปี	ปริมาณน้ำไหลเข้า	ปริมาณปล่อยน้ำ	อัตราการละเหย	ปริมาณน้ำ
1-Jan	1990	0.38	0.42	152.80	105.60
2-Jan	1990	0.39	0.43	152.80	104.80
3-Jan	1990	1.20	0.12	152.80	103.60
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
29-Dec	2016	0.80	1.67	148.1	81.42
30-Dec	2016	0.72	1.82	148.1	80.32
31-Dec	2016	0.55	1.85	148.1	79.02

จากนั้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลไปปรับปรุงในส่วนของคุณค่าที่ขาดหายไป โดยใช้วิธีเฉลี่ยค่าจากรายการก่อนและหลัง การเลือกแอตทริบิวต์เฉพาะที่เกี่ยวข้องและมีการปรับรูปแบบของข้อมูลบางแอตทริบิวต์เพื่อลดขนาดของข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล จากการปรับปรุงเรียบร้อยแล้วพบว่าข้อมูลที่พร้อมสำหรับการนำไปวิเคราะห์ครั้งนี้ประกอบด้วย 6 แอตทริบิวต์ และมีรายการทั้งหมด 9, 300 รายการ และ ทำการนอร์มัลไลเซชัน (Normalization) เพื่อเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในช่วงที่กำหนด จัดเป็นการลดระยะห่างของข้อมูล เนื่องจากข้อมูลชนิดเดียวกันมีระยะห่างมากเกินไปจึงมีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในบางโมเดลของเหมืองข้อมูล แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.2 การนอร์มัลไลเซชัน (Normalization) เพื่อเปลี่ยนแปลงข้อมูล

ผลลัพธ์จากการการนอร์มัลไลเซชัน (Normalization) เพื่อเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในช่วงที่กำหนด จัดเป็นการลดระยะห่างของข้อมูล เนื่องจากข้อมูลชนิดเดียวกันมีระยะห่างมากเกินไปจึงมีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้ แสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 4.4

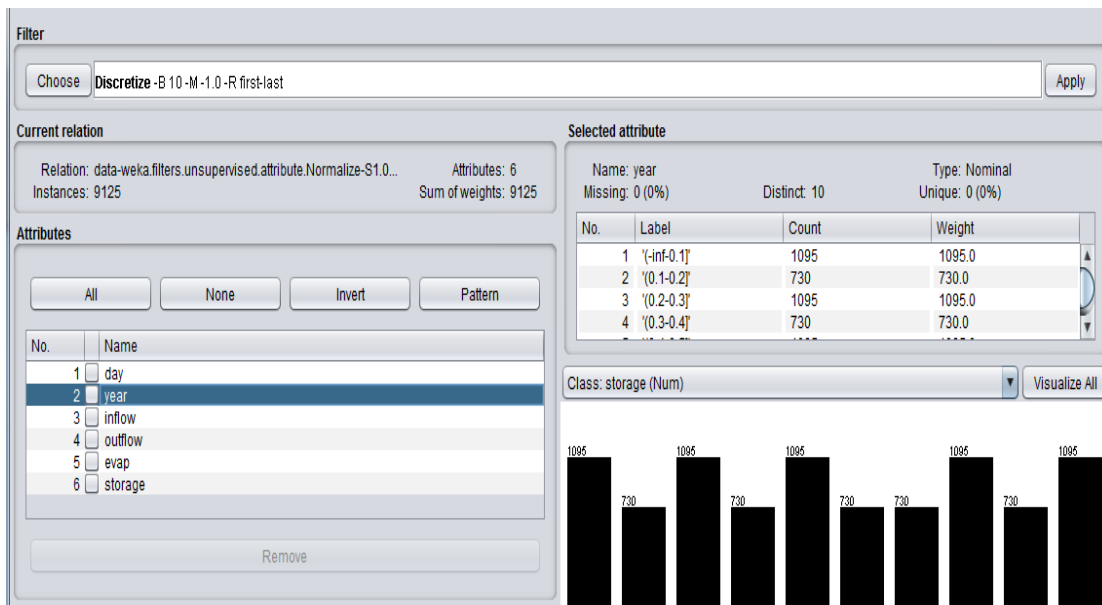
#### ตารางที่ 4.4

แสดงข้อมูลน้ำรายวัน ระหว่างปี 2535-2560 ที่ผ่านการนอร์มัลไลเซชัน

day	year	inflow	outflow	ewap	storage
'1 Jan'	0	0.007618	0.004726	0.378947	105.6
'2 Jan'	0	0.007618	0.004726	0.378947	105.6
'3 Jan'	0	0.02352	0.004826	0.378947	104.8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
'29 Dec'	1	0.015706	0.018624	0.329474	81.426
'30 Dec'	1	0.014217	0.020378	0.329474	80.328
'31 Dec'	1	0.010771	0.020713	0.329474	79.024

จากตาราง 4.4 แสดงตารางข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำระหว่างปี 2535-2560 ที่ผ่านการนอร์มัลไลเซชัน (Normalization) แล้ว ประกอบไปด้วยแอตทริบิวต์ day (วันที่) year (ปี) inflow (ปริมาณน้ำไหลเข้า) outflow (ปริมาณปล่อยน้ำ) ewap (อัตราการระเหย) และ storage (ปริมาณน้ำ) ตามลำดับ

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการดิสครีไทซ์เซชัน (Discretization) เพื่อเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้ต่อเนื่องกันและจัดข้อมูลเป็นช่วงข้อมูลถือได้ว่าเป็นการจัดกลุ่มให้กับข้อมูล ลดการกระจายของข้อมูล เช่น ช่วงช่วงปีที่เก็บข้อมูล ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อน ช่วงปริมาณการปล่อยน้ำ ช่วงปริมาณอัตราการระเหย ผลวิเคราะห์ข้อมูล แสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.3 การดิสครีไทซ์เซชันข้อมูล

ผลจากการทำการดิสครีไทซ์เซชัน (Discretization) เพื่อเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้ต่อเนื่องกันและจัดข้อมูลเป็นช่วงข้อมูลถือได้ว่าเป็นการจัดกลุ่มให้กับข้อมูล ลดการกระจายของข้อมูล ได้ผลการเปลี่ยนแปลงข้อมูลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5

ผลวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังนี้

day	year	inflow	outflow	ewap	storage
'1 Jan'	'\(-inf-0.1]\"	'\(-inf-0.1]\"	'\(-inf-0.1]\"	'\((0.3-0.4]\"	105.6
'2 Jan'	'\(-inf-0.1]\"	'\(-inf-0.1]\"	'\(-inf-0.1]\"	'\((0.3-0.4]\"	105.6
'3 Jan'	'\(-inf-0.1]\"	'\(-inf-0.1]\"	'\(-inf-0.1]\"	'\((0.3-0.4]\"	104.8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
'29 Dec'	'\((0.9-inf)\"	'\(-inf-0.1]\"	'\(-inf-0.1]\"	'\((0.3-0.4]\"	81.426
'30 Dec'	'\((0.9-inf)\"	'\(-inf-0.1]\"	'\(-inf-0.1]\"	'\((0.3-0.4]\"	80.328
'31 Dec'	'\((0.9-inf)\"	'\(-inf-0.1]\"	'\(-inf-0.1]\"	'\((0.3-0.4]\"	79.024

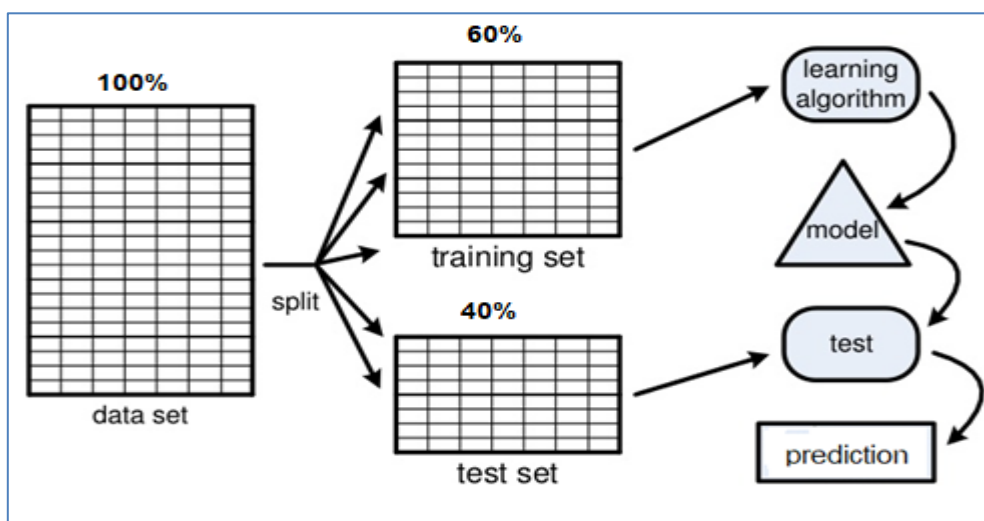
จากตารางที่ 4.5 เป็นการดิสครีไทซ์เซชัน (Discretization) เป็นขบวนการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเพื่อให้ลดการกระจายของข้อมูลและแปลงให้เป็นช่วงข้อมูล



## 5. ทดสอบความเหมาะสมของโมเดล

การทดสอบหาความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยนำข้อมูลมาทดสอบโดยใช้โปรแกรม WEKA ดำเนินการทดสอบหาความเหมาะสม2 วิธี คือการทดสอบแบบชุดข้อมูลร้อยละ และการทดสอบแบบแบ่งข้อมูล 10 ส่วน หรือ10-fold Cross Validation ดังนี้

วิธีที่ 1 การทดสอบแบบชุดข้อมูลร้อยละ เป็นการทดสอบเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนต่ำสุดของแต่ละโมเดลโดยแบ่งข้อมูลทั้งหมดออกเป็น2 กลุ่ม ในสัดส่วน 60:40 กำหนดให้ข้อมูลกลุ่มที่ 1 จำนวนร้อยละ 60เป็นกลุ่มข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ของระบบและข้อมูลกลุ่มที่ 2 จำนวนร้อยละ 40 เป็นกลุ่มข้อมูลสำหรับการทดสอบของระบบแสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 การทดสอบแบบชุดข้อมูลร้อยละในอัตราส่วน 60:40

จากภาพที่ 4.5 ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลทั้งหมด จำนวน 9,300ระเบียบ ออกเป็น 2 กลุ่ม ตามสัดส่วน โดยกลุ่มที่ 1 ร้อยละ 60 เป็นกลุ่มข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ของระบบมีข้อมูลจำนวน 5,820 ระเบียบ กลุ่มที่ 2 ร้อยละ 40 เป็นกลุ่มข้อมูลสำหรับการทดสอบของระบบมีข้อมูลจำนวน 3,720 ระเบียบผู้วิจัยได้นำข้อมูลปริมาณน้ำในเขื่อนทดสอบกับโมเดลการพยากรณ์แต่ละวิธี ทั้ง 5 โมเดล แสดงดังตารางที่ 4.5 - 4.9

Choose **MultilayerPerceptron** -L 0.3 -M 0.2 -N 500 -V 0 -S 0 -E 20 -H a

**Test options**

- Use training set
- Supplied test set
- Cross-validation Folds
- Percentage split %
- 

(Num) storage

**Result list (right-click for options)**

- 13:28:46 - functions.SMOreg
- 13:43:32 - functions.LinearRegression
- 13:48:18 - functions.MultilayerPerceptron

**Classifier output**

```

Attrib day=28 Dec 0.3586610440339293
Attrib day=29 Dec 0.3360196505819208
Attrib day=30 Dec 0.3943296497803611
Attrib day=31 Dec 0.39699327071773916
Attrib year -0.25884739892621483
Attrib inflow 0.37518371835636405
Attrib outflow 0.29557989236104315
Attrib evap 0.37770775641823556

Class
Input
Node 0

Time taken to build model: 3699.62 seconds

=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 3.58 seconds

=== Summary ===

Correlation coefficient 0.2113
Mean absolute error 23.5694
Root mean squared error 28.1126
Relative absolute error 111.7423 %
Root relative squared error 113.0149 %
Total Number of Instances 9125

```

ภาพที่ 4.5 ผลการทดสอบข้อมูลวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

Choose **LinearRegression** -S 0 -R 1.0E-8 -num-decimal-places 4

**Test options**

- Use training set
- Supplied test set
- Cross-validation Folds
- Percentage split %
- 

(Num) storage

**Result list (right-click for options)**

- 13:28:46 - functions.SMOreg
- 13:43:32 - functions.LinearRegression

**Classifier output**

```

8.1037 * evap +
43.5741

Time taken to build model: 131.88 seconds

=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 0.12 seconds

=== Summary ===

Correlation coefficient 0.8068
Mean absolute error 11.4483
Root mean squared error 14.6968
Relative absolute error 54.2763 %
Root relative squared error 59.0822 %
Total Number of Instances 9125

```

ภาพที่ 4.6 ผลการทดสอบข้อมูลวิธีวิเคราะห์การถดถอย

The screenshot shows the Weka Classifier window with the following details:

- Classifier:** SMOReg -C 1.0 -N 0 -I "weka.classifiers.functions.supportVector.RegSMOImproved -T 0.001 -V -P 1.0E-12 -L 0.001 -W 1" -K "weka.classifiers.functions.supportVector.RegSMOImproved -T 0.001 -V -P 1.0E-12 -L 0.001 -W 1"
- Test options:**
  - Use training set (selected)
  - Supplied test set (Set...)
  - Cross-validation (Folds: 10)
  - Percentage split (%: 60)
  - More options...
- Classifier output:**

```

Number of kernel evaluations: 785343345 (27.12% cached)

Time taken to build model: 479.13 seconds

=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 0.16 seconds

=== Summary ===

Correlation coefficient          0.8021
Mean absolute error            11.1451
Root mean squared error        14.9596
Relative absolute error        52.8386 %
Root relative squared error    60.139 %
Total Number of Instances      9125

```
- Result list (right-click for options):**
  - 13:28:46 - functions.SMOReg
  - 13:43:32 - functions.LinearRegressi

ภาพที่ 4.7 ผลการทดสอบข้อมูลวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนส์

The screenshot shows the Weka Classifier window with the following details:

- Classifier:** MSP -M 4.0
- Test options:**
  - Use training set (selected)
  - Supplied test set (Set...)
  - Cross-validation (Folds: 10)
  - Percentage split (%: 60)
  - More options...
- Classifier output:**

```

MSP model: Pa
storage =
  0.0737 * inflow
  + 0.0586 * outflow
  + 0.0127 * evap
  + 64.1912

LM num: 92
storage =
  11.5143 * inflow
  + 0.0586 * outflow
  + 0.0157 * evap
  + 59.0365

Number of Rules : 92

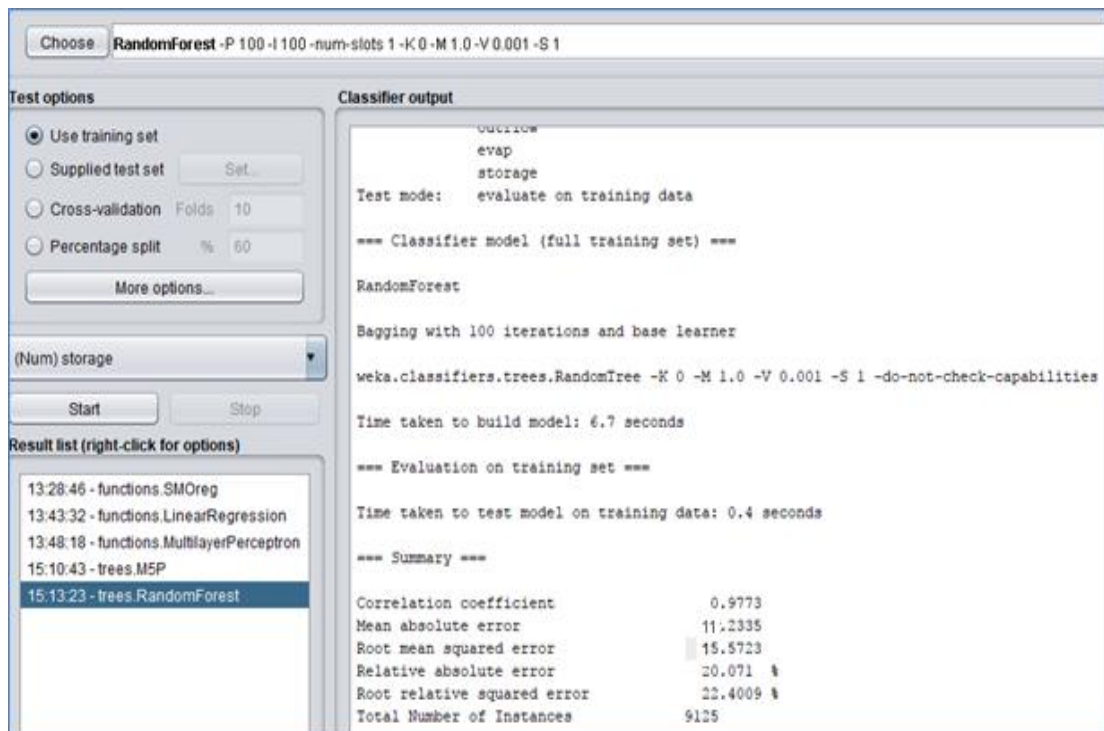
Time taken to build model: 0.8 seconds

=== Cross-validation ===
=== Summary ===

Correlation coefficient          0.8338
Mean absolute error            10.0588
Root mean squared error        13.2518
Relative absolute error        20.071 %
Root relative squared error    55.2104 %
Total Number of Instances      9125

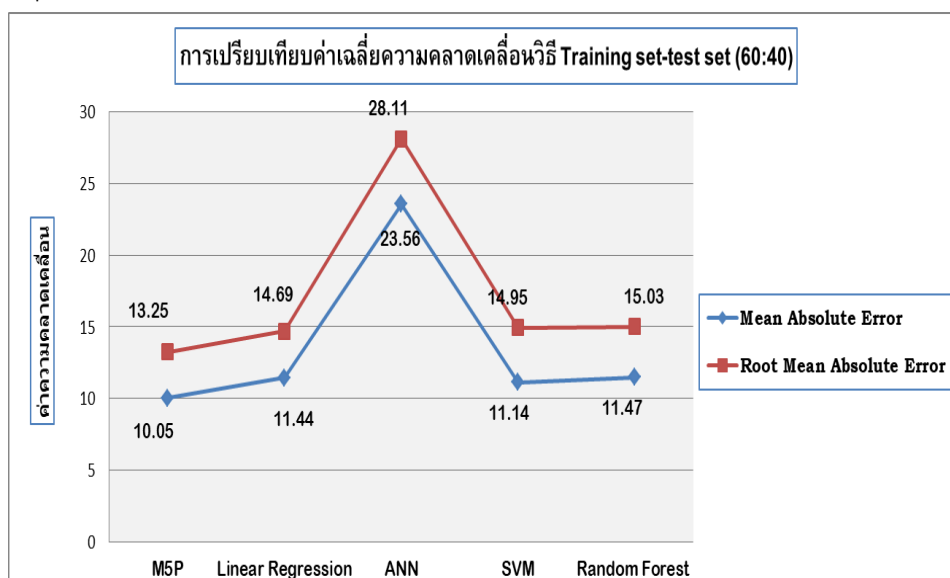
```
- Result list (right-click for options):**
  - 16:20:22 - trees.MSP

ภาพที่ 4.8 ผลการทดสอบข้อมูลวิธีต้นไม้เอ็มไพร์ฟิต



ภาพที่ 4.9 ผลการทดสอบข้อมูลวิธีต้นไม้แบบสุ่ม

จากการทดสอบโมเดล 5 โมเดลเปรียบเทียบค่าแต่ละโมเดลโดยวิธีชุดข้อมูลร้อยละในอัตราส่วน 60:40 โดยผู้วิจัยได้นำค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละโมเดลจากผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.5 -4.9 โดยเลือก ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error : MAE) และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error : RMSE) ผลลัพธ์ แสดงดังภาพ 4.4



ภาพที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อน 5 โมเดล โดยวิธีชุดข้อมูลร้อยละ 60:40

## ตารางที่ 4.6

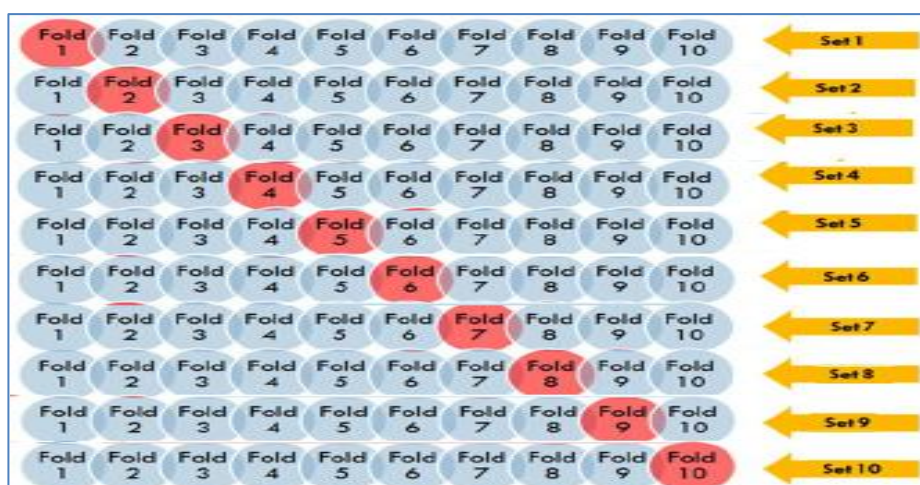
การเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลแบบชุดข้อมูลร้อยละ 60:40

การเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบ	M5P	RA	ANN	SVN	RF
Correlation coefficient	0.78	0.78	0.61	0.77	0.78
Mean absolute error	10.05	11.44	23.56	11.14	11.47
Root mean squared error	13.25	14.69	28.11	14.95	15.03
Relative absolute error	57.00%	57.09%	116.43%	57.28%	56.78%
Root relative squared error	62.07%	62.07%	118.31%	63.58%	62.21%
Total Number of Instances	5,820	5,820	5,820	5,820	5,820

หมายเหตุ. n=5,820

จากตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบความเหมาะสมโมเดลแบบชุดข้อมูลร้อยละในอัตราส่วน 60:40 พบว่าค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนแบบจำลองต้นไม้เอ็มไพร์มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาแต่ละโมเดลมีค่าคลาดเคลื่อนจากน้อยไปหามาก ดังนี้วิธีแบบจำลองต้นไม้เอ็มไพร์มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10.04 วิธีต้นไม้แบบสุ่ม มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 11.9569 วิธีวิเคราะห์การถดถอยมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 12.0042 วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 12.2608 และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 24.5166 ตามลำดับ

วิธีที่ 2 การทดสอบแบบแบ่งข้อมูล 10 ส่วน หรือ 10-fold Cross Validation เป็นการแบ่งข้อมูลเป็น 10 ส่วนเท่า ๆ กันและทำการทดสอบโดยเปลี่ยนข้อมูลชุดทดสอบเริ่มตั้งแต่ส่วนที่ 1 2 -9 เป็นชุดทดสอบและส่วนที่ 10 เป็นชุดการเรียนรู้การทดสอบจะเวียนและเปลี่ยนชุดข้อมูลไปจนกระทั่งชุดทดสอบเป็นข้อมูลส่วนที่ 10 และส่วนที่ 1-9 เป็นชุดการเรียนรู้เพื่อค่าความแม่นยำของการพยากรณ์ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย แสดงดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 การแบ่งข้อมูลเพื่อการทดสอบแบบ 10-fold Cross Validation

การวัดความเหมาะสมของโมเดลโดยวิธีการทดสอบแบบ 10-fold Cross Validation การทดสอบเพื่อประเมินความเหมาะสมในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบจากค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean Square Error, MSE) ผู้วิจัยได้นำข้อมูลปริมาณน้ำในเขื่อนทดสอบกับโมเดลการพยากรณ์แต่ละวิธี ทั้ง 5 โมเดลโดยใช้โปรแกรม WEKA เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของโมเดลแบบ 10-fold Cross Validation แสดงดังภาพที่ 4.11-4.15

**Classifier**  
Choose **SMOreg -C 1.0 -N 0 -I "weka.classifiers.functions.supportVector.RegSMOImproved -T 0.001 -V -P 1.0E**

**Test options**  
 Use training set  
 Supplied test set Set...  
 Cross-validation Folds **10**  
 Percentage split % 66  
 More options...  
 (Num) storage  
 Start Stop

**Classifier output**

898	112	73.970	-30.022
897	47.075	67.919	20.844
898	93.585	79.305	-14.28
899	68.812	80.271	11.459
900	40.978	86.958	45.98
901	59.721	76.49	16.769
902	96.14	74.837	-21.303
903	92.9	74.854	-18.046
904	79.72	70.737	-8.983
905	53.3	74.187	20.887
906	73.31	70.751	-2.559
907	51.8	70.732	18.932
908	108.58	83.706	-24.874
909	27.547	67.92	40.373
910	66.97	67.967	0.997
911	34.6	80.358	45.758
912	36.397	67.444	31.047

==== Cross-validation ====  
 ==== Summary ====

Correlation coefficient 0.1569  
 Mean absolute error 21.6527  
 Root mean squared error 26.1264  
 Relative absolute error 102.6433 %  
 Root relative squared error 105.0212 %  
 Total Number of Instances 9125

**Result list (right-click for options)**

- 16:20:22 - trees.M5P
- 16:28:17 - functions.LinearRegression
- 16:28:54 - functions.LinearRegression
- 16:30:30 - functions.LinearRegression
- 16:30:47 - functions.LinearRegression
- 16:33:03 - trees.M5P
- 16:34:38 - functions.MultilayerPerceptron**
- 16:37:21 - functions.SMOreg

ภาพที่ 4.12 ผลการทดสอบวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

**Classifier**  
Choose **SMOreg -C 1.0 -N 0 -I "weka.classifiers.functions.supportVector.RegSMOImproved -T 0.001 -V -P 1.0E-12**

**Test options**  
 Use training set  
 Supplied test set Set...  
 Cross-validation Folds **10**  
 Percentage split % 66  
 More options...  
 (Num) storage  
 Start Stop

**Classifier output**

898	112	74.217	-37.703
897	47.075	61.343	14.268
898	93.585	77.682	-15.903
899	68.812	78.561	9.749
900	40.978	81.65	40.672
901	59.721	76.924	17.203
902	96.14	73.413	-22.727
903	92.9	73.179	-19.721
904	79.72	67.597	-12.123
905	53.3	72.556	19.256
906	73.31	67.643	-5.667
907	51.8	67.643	15.843
908	108.58	80.67	-27.91
909	27.547	61.139	33.592
910	66.97	61.272	-5.698
911	34.6	77.806	43.206
912	36.397	59.699	23.302

==== Cross-validation ====  
 ==== Summary ====

Correlation coefficient 0.2875  
 Mean absolute error 20.0016  
 Root mean squared error 23.8251  
 Relative absolute error 94.8162 %  
 Root relative squared error 95.7705 %  
 Total Number of Instances 9125

**Result list (right-click for options)**

- 16:20:22 - trees.M5P
- 16:28:17 - functions.LinearRegression
- 16:28:54 - functions.LinearRegression
- 16:30:30 - functions.LinearRegression
- 16:30:47 - functions.LinearRegression**
- 16:33:03 - trees.M5P
- 16:34:38 - functions.MultilayerPerceptron
- 16:37:21 - functions.SMOreg

ภาพที่ 4.13 ผลการทดสอบวิธีวิเคราะห์การถดถอย

**Classifier**

Choose **SMOreg -C 1.0 -N 0 -I "weka.classifiers.functions.supportVector.RegSMOImproved -T 0.001 -V -P 1.0E**

**Test options**

Use training set  
 Supplied test set Set...  
 Cross-validation Folds   
 Percentage split %   
 More options...

(Num) storage

Start Stop

**Result list (right-click for options)**

- 16:20:22 - trees.M5P
- 16:28:17 - functions.LinearRegression
- 16:28:54 - functions.LinearRegression
- 16:30:30 - functions.LinearRegression
- 16:30:47 - functions.LinearRegression
- 16:33:03 - trees.M5P
- 16:34:38 - functions.MultilayerPerceptron
- 16:37:21 - functions.SMOreg

**Classifier output**

890	112	73.970	-30.022
897	47.075	67.919	20.844
898	93.585	79.305	-14.28
899	68.812	80.271	11.459
900	40.978	86.958	45.98
901	59.721	76.49	16.769
902	96.14	74.837	-21.303
903	92.9	74.854	-18.046
904	79.72	70.737	-8.983
905	53.3	74.187	20.887
906	73.31	70.751	-2.559
907	51.8	70.732	18.932
908	108.58	83.706	-24.874
909	27.547	67.92	40.373
910	66.97	67.967	0.997
911	34.6	80.358	45.758
912	36.397	67.444	31.047

=== Cross-validation ===  
 === Summary ===

Correlation coefficient 0.1569  
 Mean absolute error 21.6527  
 Root mean squared error 26.1264  
 Relative absolute error 102.6433 %  
 Root relative squared error 105.0212 %  
 Total Number of Instances 9125

ภาพที่ 4.14 ผลการทดสอบวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนส์

**Classifier**

Choose **M5P -M 4.0**

**Test options**

Use training set  
 Supplied test set Set...  
 Cross-validation Folds   
 Percentage split %   
 More options...

(Num) storage

Start Stop

**Result list (right-click for options)**

- 16:20:22 - trees.M5P

**Classifier output**

```

LM num: 91
storage =
  0.0737 * inflow
  + 0.0586 * outflow
  + 0.0127 * evap
  + 64.1912

LM num: 92
storage =
  11.5143 * inflow
  + 0.0586 * outflow
  + 0.0157 * evap
  + 59.0365

Number of Rules : 92

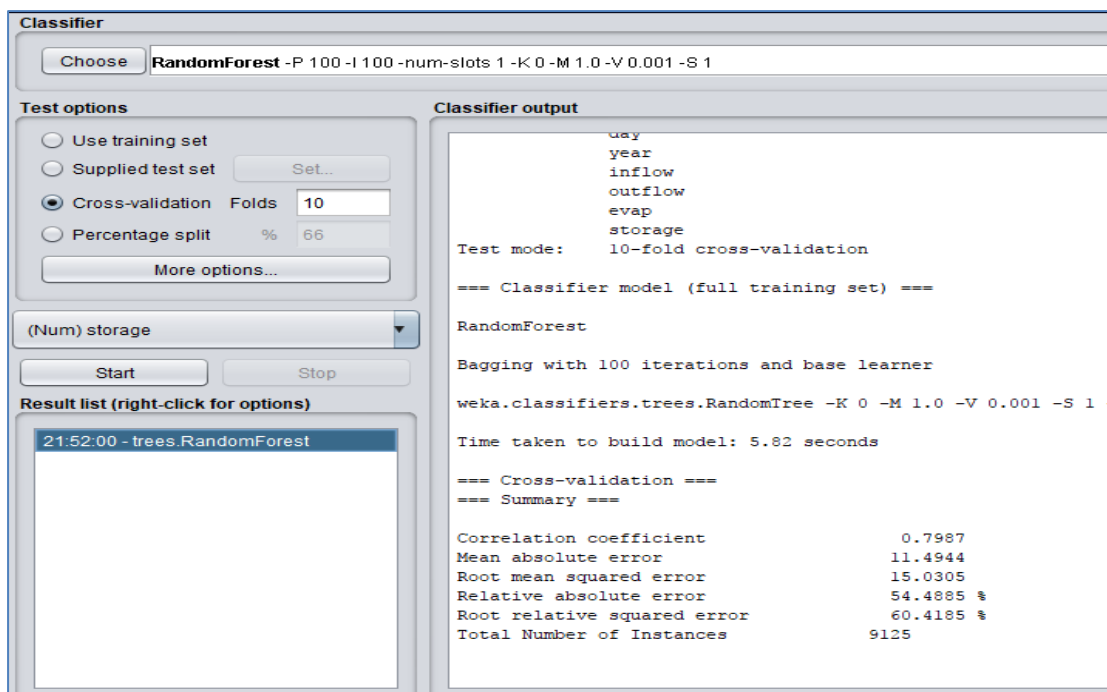
Time taken to build model: 0.8 seconds

=== Cross-validation ===
=== Summary ===

Correlation coefficient 0.8338
Mean absolute error 10.5868
Root mean squared error 13.7348
Relative absolute error 50.1858 %
Root relative squared error 55.2104 %
Total Number of Instances 9125
  
```

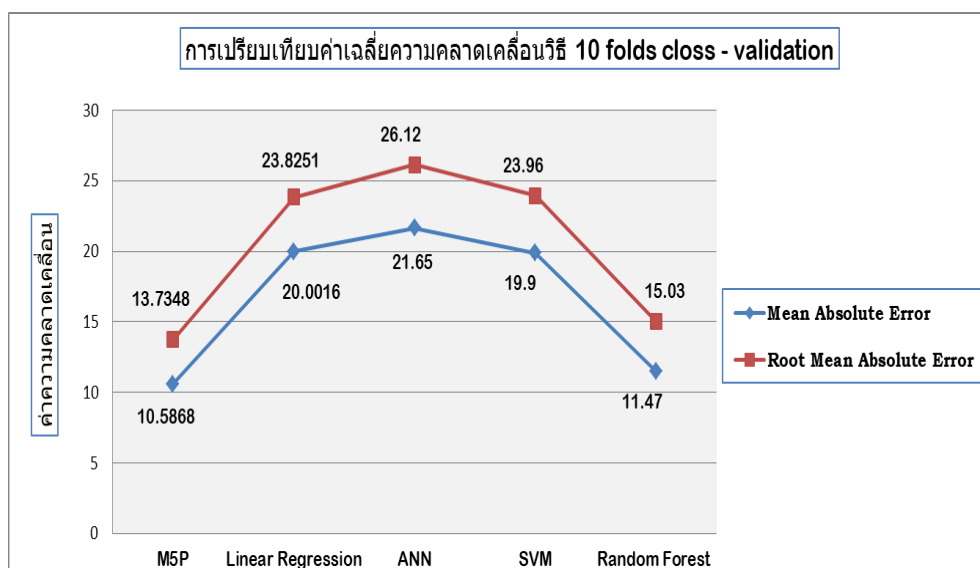
**Status**

ภาพที่ 4.15 ผลการทดสอบวิธีต้นไม้เอ็มไพร์ฟี่



ภาพที่ 4.16 ผลการทดสอบวิธีต้นไม้แบบสุ่ม

จากการทดสอบเปรียบเทียบค่าทั้ง 5 โมเดลโดยใช้วิธี 10-fold Cross Validation เปรียบค่าแต่ละโมเดล โดยผู้วิจัยได้นำค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละโมเดลจากผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.5 -4.9 โดยเลือกค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error : MAE) และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error : RMSE) สรุปผลการเปรียบเทียบการทดสอบทั้ง 5 โมเดล แสดงดังภาพ 4.16



ภาพที่ 4.17 ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อน 5 โมเดล โดยวิธี 10-fold Cross Validation



## ตารางที่ 4.7

### การเปรียบเทียบความเหมาะสมของระบบแบบ10-fold Cross Validation

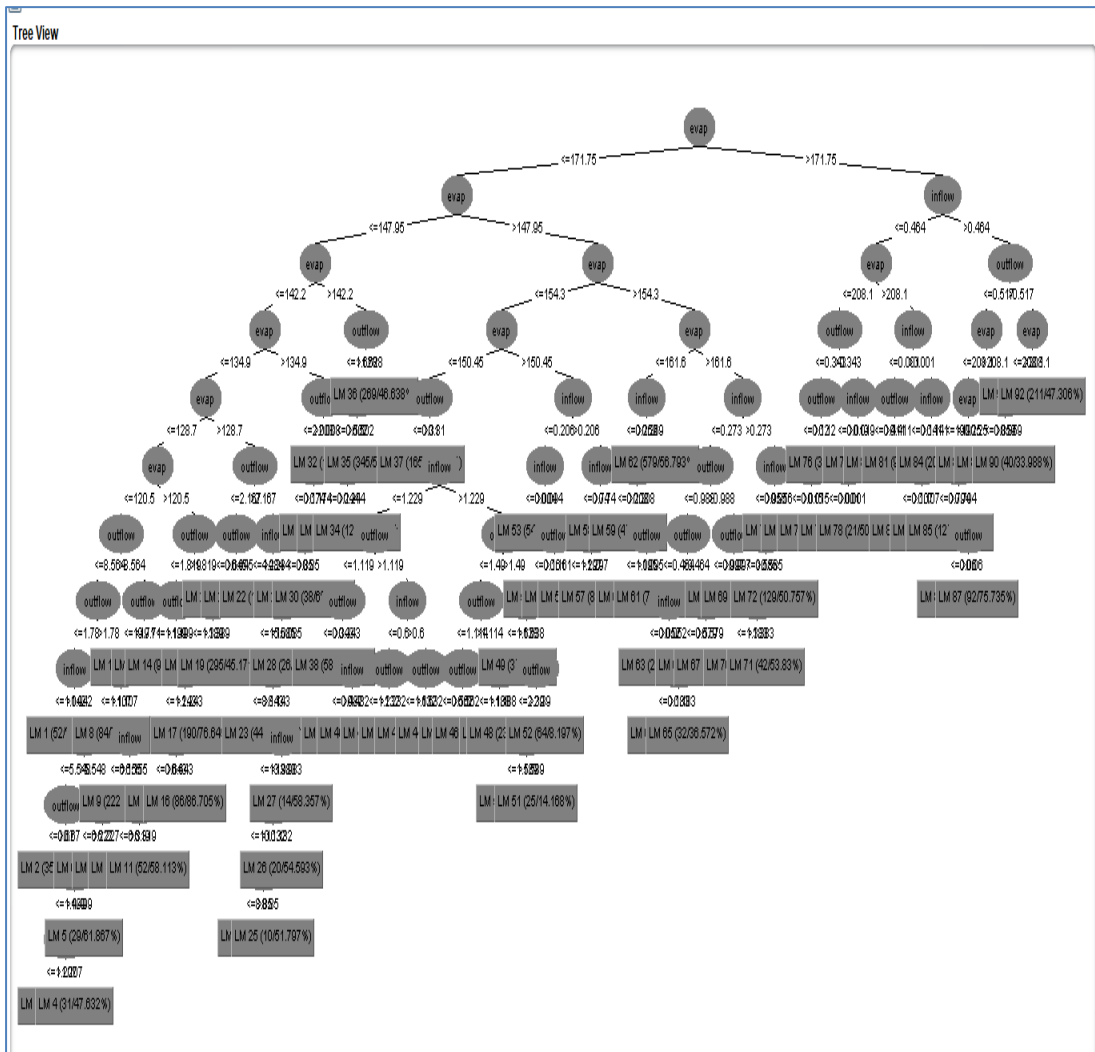
การเปรียบเทียบความเหมาะสม					
ของระบบ	M5P	LRA	ANN	SVM	RF
Correlation coefficient	0.8338	0.2875	0.1569	0.2886	0.7943
Mean absolute error	10.5868	20.0016	21.6527	19.901	11.6718
Root mean squared error	13.7348	23.8251	26.1264	23.9656	15.185
Relative absolute error	50.19%	94.82%	102.64%	94.34%	55.03%
Root relative squared error	55.21%	95.77%	105.02%	96.34%	61.04%
Total Number of Instances	9,300	9,300	9,300	9,300	9,300

หมายเหตุ. n=9300

จากตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมโมเดลแบบ 10-fold Cross Validation พบว่าค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนแบบจำลองต้นไม้เอ็มไพร์พีมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาแต่ละโมเดลมีค่าคลาดเคลื่อนจากน้อยไปหามากตามลำดับ ดังนี้วิธีแบบจำลองต้นไม้เอ็มไพร์พีมีค่าเท่ากับ 10.5868 วิธีต้นไม้แบบสุ่ม มีค่าเท่ากับ 11.6718 วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าเท่ากับ 19.901 วิธีวิเคราะห์การถดถอยมีค่าเท่ากับ 20.0016 และ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม มีค่าเท่ากับ 21.6527

### 5. สรุปผลการเปรียบเทียบแบบจำลองการพยากรณ์การทดสอบความเหมาะสมโมเดล

จากการทดสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้กลุ่มข้อมูลในการพยากรณ์ชุดเดียวกันจำนวน 9,300 รายการ ทั้ง 2 วิธี คือ การทดสอบแบบชุดข้อมูลร้อยละ60:40 และการทดสอบแบบ 10-fold Cross Validation พบว่า ทั้ง 2 วิธีการพยากรณ์โดยแบบจำลองวิธีต้นไม้เอ็มไพร์พี มีค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ต่ำสุด ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีแบบจำลองต้นไม้เอ็มไพร์พี โดยนำเงื่อนไขที่ได้จากการผลการทดสอบแสดงเป็นแบบจำลองต้นไม้ แสดงดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.18 ต้นไม้ตัดสินใจโมเดลเอ็มไฟล์พี

ผลทดสอบความคาดเคลื่อนวิธีต้นไม้เอ็มไฟล์พี ที่มีค่าความคาดเคลื่อนต่ำสุด และได้ความสัมพันธ์จากการทดสอบโมเดล ได้จำนวนกฎทั้งหมด 92 กฎ ดังภาพที่ 4.20

```

=== Model information ===

Filename:    MSPmodel.model
Scheme:     weka.classifiers.trees.M5P -M 4.0
Relation:   data-weka.filters.unsupervised.attribute.Normalize-S1.0-T0.0-weka.filters.unsupervised.attribute.Discretize-B10-M-1.0-Rfi
Attributes: 4
            inflow
            outflow
            evap
            storage

=== Classifier model ===

M5 pruned model tree:
(using smoothed linear models)

evap <= 171.75 :
|  evap <= 147.95 :
| |  evap <= 142.2 :
| | |  evap <= 134.9 :
| | | |  evap <= 128.7 :
| | | | |  evap <= 120.5 :
| | | | | |  outflow <= 0.564 :
| | | | | | |  outflow <= 1.78 :
| | | | | | | |  inflow <= 1.043 : LM1 (52/96.852%)
| | | | | | | |  inflow > 1.043 :
| | | | | | | | |  inflow <= 5.548 :
| | | | | | | | | |  outflow <= 0.67 : LM2 (35/66.692%)
| | | | | | | | | |  outflow > 0.67 :
| | | | | | | | | | |  outflow <= 1.499 :
| | | | | | | | | | | |  outflow <= 1.207 : LM3 (40/50.252%)
| | | | | | | | | | | |  outflow > 1.207 : LM4 (31/47.632%)
| | | | | | | | | | | |  outflow > 1.499 : LM5 (29/61.867%)

```

## Classifier output

```

M5 pruned model tree:
(using smoothed linear models)

evap <= 171.75 :
|  evap <= 147.95 :
|  |  evap <= 142.2 :
|  |  |  evap <= 134.9 :
|  |  |  |  evap <= 128.7 :
|  |  |  |  |  evap <= 120.5 :
|  |  |  |  |  |  outflow <= 8.564 :
|  |  |  |  |  |  |  outflow <= 1.78 :
|  |  |  |  |  |  |  |  inflow <= 1.043 : LM1 (52/96.852%)
|  |  |  |  |  |  |  |  inflow > 1.043 :
|  |  |  |  |  |  |  |  |  inflow <= 5.548 :
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  outflow <= 0.67 : LM2 (35/66.692%)
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  outflow > 0.67 :
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  outflow <= 1.499 :
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  outflow <= 1.207 : LM3 (40/50.252%)
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  outflow > 1.207 : LM4 (31/47.632%)
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  outflow > 1.499 : LM5 (29/61.867%)
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  inflow > 5.548 :
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  inflow <= 6.227 : LM6 (21/35.349%)
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  inflow > 6.227 : LM7 (13/46.443%)
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  outflow > 1.78 :
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  inflow <= 1.108 : LM8 (84/75.664%)
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  inflow > 1.108 :
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  inflow <= 6.155 : LM9 (222/47.279%)
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  inflow > 6.155 :
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  inflow <= 6.319 : LM10 (14/48.955%)
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  inflow > 6.319 : LM11 (52/58.113%)
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  outflow > 8.564 :
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  outflow <= 19.711 : LM12 (119/63.327%)
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  outflow > 19.711 : LM13 (38/40.315%)

```



Classifier output	
	outflow > 2.008 : LM32 (190/19.79%)
	evap > 142.2 :
	outflow <= 1.628 :
	outflow <= 0.502 :
	inflow <= 0.245 : LM33 (35/49.263%)
	inflow > 0.245 : LM34 (126/48.154%)
	outflow > 0.502 : LM35 (345/53.02%)
	outflow > 1.628 : LM36 (269/46.638%)
	evap > 147.95 :
	evap <= 154.3 :
	evap <= 150.45 :
	outflow <= 0.311 : LM37 (165/54.652%)
	outflow > 0.311 :
	inflow <= 1.229 :
	outflow <= 1.119 :
	outflow <= 0.343 : LM38 (58/19.339%)
	outflow > 0.343 :
	inflow <= 0.483 : LM39 (64/33.947%)
	inflow > 0.483 : LM40 (166/22.921%)
	outflow > 1.119 :
	inflow <= 0.6 :
	outflow <= 1.233 : LM41 (11/34.85%)
	outflow > 1.233 : LM42 (30/30.74%)
	inflow > 0.6 :
	outflow <= 1.632 : LM43 (46/20.078%)
	outflow > 1.632 : LM44 (35/28.66%)
	inflow > 1.229 :
	outflow <= 1.49 :
	outflow <= 1.114 :
	outflow <= 0.562 : LM45 (5/2.08%)
	outflow > 0.562 : LM46 (17/4.756%)
	outflow > 1.114 :
	outflow <= 1.188 : LM47 (13/0%)
	outflow > 1.188 : LM48 (23/14.194%)
	outflow > 1.49 :
	outflow <= 1.638 : LM49 (39/6.166%)

```

Classifier output
| | | | | | | | outflow <= 1.638 : LM49 (39/6.166%)
| | | | | | | | outflow > 1.638 :
| | | | | | | | | outflow <= 2.391 :
| | | | | | | | | | inflow <= 1.589 : LM50 (14/13.251%)
| | | | | | | | | | inflow > 1.589 : LM51 (25/14.168%)
| | | | | | | | | | outflow > 2.391 : LM52 (64/8.197%)
| | | | | | | | | | evap > 150.45 :
| | | | | | | | | | | inflow <= 0.207 :
| | | | | | | | | | | | inflow <= 0.004 : LM53 (54/45.321%)
| | | | | | | | | | | | inflow > 0.004 :
| | | | | | | | | | | | | outflow <= 0.161 : LM54 (38/60.183%)
| | | | | | | | | | | | | outflow > 0.161 : LM55 (85/40.651%)
| | | | | | | | | | | | | inflow > 0.207 :
| | | | | | | | | | | | | | inflow <= 0.74 :
| | | | | | | | | | | | | | | outflow <= 1.297 : LM56 (324/44.073%)
| | | | | | | | | | | | | | | outflow > 1.297 : LM57 (84/41.381%)
| | | | | | | | | | | | | | | inflow > 0.74 : LM58 (190/26.849%)
| | | | | | | | | | | | | | | evap > 154.3 :
| | | | | | | | | | | | | | | | evap <= 161.6 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | inflow <= 0.269 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow <= 0.209 : LM59 (46/49.44%)
| | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow > 0.209 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow <= 1.095 : LM60 (54/65.322%)
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow > 1.095 : LM61 (71/47.446%)
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | inflow > 0.269 : LM62 (579/56.793%)
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | evap > 161.6 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | inflow <= 0.273 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow <= 0.988 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow <= 0.464 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | inflow <= 0.053 : LM63 (29/41.988%)
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | inflow > 0.053 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow <= 0.183 : LM64 (51/51.407%)
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow > 0.183 : LM65 (32/36.572%)
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow > 0.464 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow <= 0.579 : LM66 (17/51.342%)
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow > 0.579 : LM67 (43/29.058%)

```

## Classifier output

```
| | | | | | | | | | | inflow > 0.053 :
| | | | | | | | | | | | outflow <= 0.183 : LM64 (51/51.407%)
| | | | | | | | | | | | outflow > 0.183 : LM65 (32/36.572%)
| | | | | | | | | | | | outflow > 0.464 :
| | | | | | | | | | | | outflow <= 0.579 : LM66 (17/51.342%)
| | | | | | | | | | | | outflow > 0.579 : LM67 (43/29.058%)
| | | | | | | | | | | | outflow > 0.988 :
| | | | | | | | | | | | outflow <= 0.997 : LM68 (28/13.22%)
| | | | | | | | | | | | outflow > 0.997 : LM69 (86/44.862%)
| | | | | | | | | | | | inflow > 0.273 :
| | | | | | | | | | | | inflow <= 0.956 :
| | | | | | | | | | | | inflow <= 0.585 :
| | | | | | | | | | | | outflow <= 1.383 : LM70 (160/39.469%)
| | | | | | | | | | | | outflow > 1.383 : LM71 (42/53.83%)
| | | | | | | | | | | | inflow > 0.585 : LM72 (129/50.757%)
| | | | | | | | | | | | inflow > 0.956 : LM73 (83/31.792%)
evap > 171.75 :
| | | | | | | | | | | | inflow <= 0.464 :
| | | | | | | | | | | | | evap <= 208.1 :
| | | | | | | | | | | | | | outflow <= 0.343 :
| | | | | | | | | | | | | | | outflow <= 0.121 :
| | | | | | | | | | | | | | | | outflow <= 0.016 : LM74 (29/49.638%)
| | | | | | | | | | | | | | | | outflow > 0.016 : LM75 (100/47.009%)
| | | | | | | | | | | | | | | | outflow > 0.121 : LM76 (354/64.159%)
| | | | | | | | | | | | | | | | outflow > 0.343 :
| | | | | | | | | | | | | | | | inflow <= 0.019 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | inflow <= 0.001 : LM77 (57/61.417%)
| | | | | | | | | | | | | | | | | inflow > 0.001 : LM78 (21/50.439%)
| | | | | | | | | | | | | | | | | inflow > 0.019 : LM79 (297/61.244%)
| | | | | | | | | | | | | | | | evap > 208.1 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | inflow <= 0.001 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow <= 0.412 : LM80 (24/71.886%)
| | | | | | | | | | | | | | | | | | outflow > 0.412 : LM81 (92/55.982%)
| | | | | | | | | | | | | | | | | inflow > 0.001 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | | inflow <= 0.141 :
| | | | | | | | | | | | | | | | | | inflow <= 0.108 : LM82 (111/62.374%)
```



### Classifier output

```

| | | | | inflow > 0.108 : LM83 (30/60.953%)
| | | | | inflow > 0.141 : LM84 (205/66.443%)
| inflow > 0.464 :
| | outflow <= 0.517 :
| | | evap <= 208.1 :
| | | | evap <= 190.25 :
| | | | | inflow <= 0.794 : LM85 (128/64.528%)
| | | | | inflow > 0.794 :
| | | | | | outflow <= 0.061 : LM86 (28/53.763%)
| | | | | | outflow > 0.061 : LM87 (92/75.735%)
| | | | | evap > 190.25 : LM88 (90/46.474%)
| | | | evap > 208.1 :
| | | | | inflow <= 0.859 : LM89 (62/37.651%)
| | | | | inflow > 0.859 : LM90 (40/33.988%)
| | | outflow > 0.517 :
| | | | evap <= 208.1 : LM91 (329/39.747%)
| | | | evap > 208.1 : LM92 (211/47.306%)

```

LM num: 1

```

storage =
    12.8881 * inflow
    + 0.1099 * outflow
    + 0.0322 * evap
    + 49.8959

```

LM num: 2

```

storage =
    -0.7432 * inflow
    + 1.5001 * outflow
    + 0.0322 * evap
    + 66.4743

```

LM num: 3

```

storage =
    -0.7857 * inflow
    + 3.6093 * outflow

```

LM num: 1 storage = 12.8881 * inflow + 0.1099 * outflow + 0.0322 * evap + 49.8959	LM num: 6 storage = -22.031 * inflow - 7.491 * outflow + 0.0322 * evap + 191.1624	LM num: 11 storage = 0.2986 * inflow + 0.0849 * outflow + 0.0322 * evap + 69.5558	LM num: 16 storage = -1.307 * inflow - 28.0053 * outflow + 0.0307 * evap + 117.5632
LM num: 2 storage = -0.7432 * inflow + 1.5001 * outflow + 0.0322 * evap + 66.4743	LM num: 7 storage = -0.935 * inflow - 2.8047 * outflow + 0.0322 * evap + 68.3777	LM num: 12 storage = 0.0096 * inflow + 0.1719 * outflow + 0.0322 * evap + 75.5963	LM num: 17 storage = 0.167 * inflow - 0.1706 * outflow + 0.0307 * evap + 86.848
LM num: 3 storage = -0.7857 * inflow + 3.6093 * outflow + 0.0322 * evap + 68.9335	LM num: 8 storage = 0.0096 * inflow - 3.2729 * outflow + 0.0322 * evap + 76.6803	LM num: 13 storage = 0.0096 * inflow + 0.434 * outflow + 0.0322 * evap + 81.4098	LM num: 18 storage = -3.2908 * inflow - 0.6745 * outflow + 0.0307 * evap + 89.3135
LM num: 4 storage = -0.7857 * inflow + 4.1757 * outflow + 0.0322 * evap + 72.8794	LM num: 9 storage = -0.0172 * inflow + 0.0849 * outflow + 0.0322 * evap + 73.0815	LM num: 14 storage = 0.1466 * inflow - 0.5396 * outflow + 0.0307 * evap + 86.9026	LM num: 19 storage = -0.4278 * inflow + 0.0354 * outflow + 0.0307 * evap + 93.9897
LM num: 5 storage = -1.0397 * inflow + 0.7143 * outflow + 0.0322 * evap + 70.1896	LM num: 10 storage = 0.78 * inflow + 0.0849 * outflow + 0.0322 * evap + 53.6928	LM num: 15 storage = -3.9816 * inflow + 16.0466 * outflow + 0.0307 * evap + 63.3919	LM num: 20 storage = 2.3381 * inflow + 0.6839 * outflow - 0.0307 * evap + 37.2099

LM num: 21 storage = 2.8388 * inflow + 0.3 * outflow - 0.0307 * evap + 46.4436	LM num: 26 storage = 0.2428 * inflow + 0.3223 * outflow - 0.0307 * evap + 61.4222	LM num: 31 storage = -2.2961 * inflow + 0.322 * outflow - 0.0003 * evap + 103.4036	LM num: 36 storage = -2.0633 * inflow + 1.7911 * outflow - 0.0152 * evap + 55.2711
LM num: 22 storage = 1.6227 * inflow + 0.1901 * outflow - 0.0307 * evap + 56.7699	LM num: 27 storage = 0.3415 * inflow + 0.3223 * outflow - 0.0307 * evap + 67.542	LM num: 32 storage = -0.0597 * inflow + 0.1457 * outflow - 0.0003 * evap + 102.391	LM num: 37 storage = -9.3878 * inflow + 0.0338 * outflow - 0.0433 * evap + 107.5112
LM num: 23 storage = 1.8145 * inflow + 0.7924 * outflow - 0.0307 * evap + 56.9894	LM num: 28 storage = 0.1283 * inflow + 1.7437 * outflow - 0.0307 * evap + 52.8094	LM num: 33 storage = -0.0498 * inflow + 36.5651 * outflow - 0.0152 * evap + 27.9535	LM num: 38 storage = 1.8416 * inflow - 2.1332 * outflow - 0.0433 * evap + 114.8358
LM num: 24 storage = 0.2428 * inflow + 1.8776 * outflow - 0.0307 * evap + 50.634	LM num: 29 storage = 0.5696 * inflow - 187.3093 * outflow - 0.0003 * evap + 106.7737	LM num: 34 storage = -2.9462 * inflow + 2.0794 * outflow - 0.0152 * evap + 45.7698	LM num: 39 storage = 2.2579 * inflow - 1.7805 * outflow - 0.0433 * evap + 107.9896
LM num: 25 storage = 0.2428 * inflow + 1.8153 * outflow - 0.0307 * evap + 54.6017	LM num: 30 storage = 1.4657 * inflow - 55.9963 * outflow - 0.0003 * evap + 97.2376	LM num: 35 storage = -0.0498 * inflow - 5.3073 * outflow - 0.0152 * evap + 55.3525	LM num: 40 storage = -2.5562 * inflow - 1.3762 * outflow - 0.0433 * evap + 116.3256

LM num: 42 storage = -7.7092 * inflow - 0.6593 * outflow - 0.0433 * evap + 107.1913	LM num: 47 storage = 0.8311 * inflow - 3.09 * outflow - 0.0433 * evap + 117.0961	LM num: 52 storage = 1.088 * inflow - 0.8517 * outflow - 0.0433 * evap + 109.9759	LM num: 57 storage = 23.4465 * inflow - 0.664 * outflow - 0.0433 * evap + 84.2548
LM num: 43 storage = 8.1071 * inflow - 2.9467 * outflow - 0.0433 * evap + 105.989	LM num: 48 storage = 0.8311 * inflow + 3.2734 * outflow - 0.0433 * evap + 107.1479	LM num: 53 storage = 12.5638 * inflow + 7.4784 * outflow - 0.0433 * evap + 80.6333	LM num: 58 storage = 0.7093 * inflow - 0.2182 * outflow - 0.0433 * evap + 102.6207
LM num: 44 storage = 4.307 * inflow - 3.2194 * outflow - 0.0433 * evap + 105.6655	LM num: 49 storage = 1.0561 * inflow + 14.3708 * outflow - 0.0433 * evap + 86.7116	LM num: 54 storage = 6.7052 * inflow - 203.6227 * outflow - 0.0433 * evap + 116.051	LM num: 59 storage = 40.6582 * inflow + 68.0218 * outflow + 0.0218 * evap + 34.0634
LM num: 45 storage = 3.1982 * inflow - 2.0639 * outflow - 0.0433 * evap + 109.7927	LM num: 50 storage = 1.9943 * inflow - 0.9022 * outflow - 0.0433 * evap + 107.199	LM num: 55 storage = 6.7052 * inflow - 3.4683 * outflow - 0.0433 * evap + 99.7824	LM num: 60 storage = 0.3008 * inflow + 8.5294 * outflow + 0.0218 * evap + 55.0934
LM num: 46 storage = 0.8311 * inflow - 0.7697 * outflow - 0.0433 * evap + 111.3996	LM num: 51 storage = 1.7768 * inflow - 0.9022 * outflow - 0.0433 * evap + 108.6493	LM num: 56 storage = 0.764 * inflow - 0.2952 * outflow - 0.0433 * evap + 101.6433	LM num: 61 storage = 0.3008 * inflow - 0.0128 * outflow + 0.0218 * evap + 54.0018

LM num: 62 storage = 0.1719 * inflow + 3.0727 * outflow + 0.0218 * evap + 58.1001	LM num: 67 storage = 38.4497 * inflow + 1.8865 * outflow + 0.0241 * evap + 68.6301	LM num: 73 storage = 3.5741 * inflow - 0.0943 * outflow + 0.0241 * evap + 77.9804	LM num: 78 storage = 584.9444 * inflow + 0.3735 * outflow - 0.0163 * evap + 50.8441
LM num: 63 storage = -10.4602 * inflow - 1.51 * outflow + 0.0241 * evap + 83.2948	LM num: 68 storage = -167.3733 * inflow - 1.1806 * outflow + 0.0241 * evap + 76.5601	LM num: 74 storage = -34.835 * inflow - 729.0762 * outflow + 0.3399 * evap + 0.5154	LM num: 79 storage = 2.7546 * inflow + 6.3408 * outflow - 0.0971 * evap + 68.4992
LM num: 64 storage = -4.4104 * inflow + 2.6966 * outflow + 0.0241 * evap + 73.5368	LM num: 69 storage = 22.7541 * inflow - 7.1985 * outflow + 0.0241 * evap + 74.4613	LM num: 75 storage = 1.2533 * inflow + 33.7242 * outflow + 0.1974 * evap + 7.3662	LM num: 80 storage = 5.1922 * inflow - 54.7624 * outflow + 0.009 * evap + 64.354
LM num: 65 storage = -4.4104 * inflow + 4.3971 * outflow + 0.0241 * evap + 77.8313	LM num: 70 storage = 13.6464 * inflow - 0.3227 * outflow + 0.0241 * evap + 78.406	LM num: 76 storage = 31.21 * inflow - 1.3159 * outflow + 0.0053 * evap + 35.6709	LM num: 81 storage = 5.1922 * inflow - 0.2825 * outflow + 0.009 * evap + 48.4436
LM num: 66 storage = 12.2506 * inflow + 5.0141 * outflow + 0.0241 * evap + 64.0733	LM num: 71 storage = 4.4802 * inflow - 0.7956 * outflow + 0.0241 * evap + 77.6847	LM num: 77 storage = 295.3421 * inflow + 0.3735 * outflow - 0.0163 * evap + 39.5485	LM num: 82 storage = -6.59 * inflow + 0.1597 * outflow + 0.009 * evap + 61.3591

```

LM num: 83                LM num: 88
storage =                 storage =
-25.7364 * inflow        0.153 * inflow
+ 13.628 * outflow       - 1.2284 * outflow
+ 0.009 * evap           + 0.0134 * evap
+ 47.4233                + 54.0737

LM num: 84                LM num: 89
storage =                 storage =
3.5944 * inflow          -22.5312 * inflow
+ 0.1597 * outflow       + 0.0678 * outflow
+ 0.009 * evap           + 0.0245 * evap
+ 63.7357                + 74.2186

LM num: 85                LM num: 90
storage =                 storage =
0.153 * inflow           1.0856 * inflow
+ 10.6793 * outflow      + 0.0678 * outflow
+ 0.0134 * evap          + 0.0245 * evap
+ 51.5613                + 62.7319

LM num: 86                LM num: 91
storage =                 storage =
0.153 * inflow           0.0737 * inflow
- 11.4615 * outflow      + 0.0586 * outflow
+ 0.0134 * evap          + 0.0127 * evap
+ 68.2577                + 64.1912

LM num: 87                LM num: 92
storage =                 storage =
0.153 * inflow           11.5143 * inflow
- 4.875 * outflow        + 0.0586 * outflow
+ 0.0134 * evap          + 0.0157 * evap
+ 59.0365                + 59.0365

Number of Rules : 92

Time taken to build model: 0.8 seconds

=== Cross-validation ===
=== Summary ===

Correlation coefficient      0.8338
Mean absolute error         10.5868
Root mean squared error     13.7348
Relative absolute error     50.1858 %
Root relative squared error 55.2104 %
Total Number of Instances  9125

```

ภาพที่ 4.19 กฎที่ได้จากการทดสอบโมเดลต้นไม้เอ็มไพร์ไฟฟ้

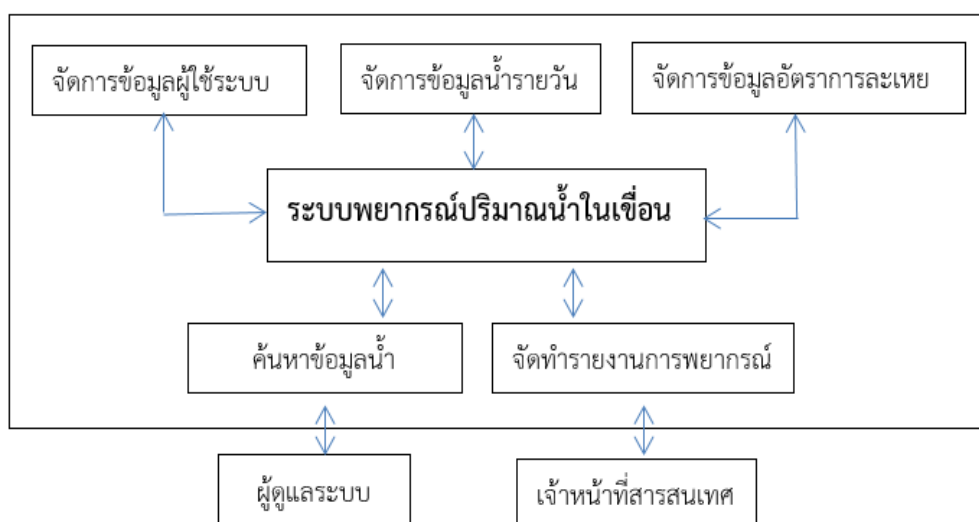
จากการทดสอบโมเดลทั้ง 2 วิธี ประกอบด้วยวิธี 10-fold Cross Validation และการแบ่งชุดข้อมูลสำหรับเรียนรู้ และ ชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบ ร้อยละ 60:40 โมเดล วิธีแบบจำลองต้นไม้เอ็มไพร์ไฟฟ้ มีความคลาดเคลื่อนต่ำสุดทั้งสองวิธี ผู้วิจัยจึงเลือกนำกฎที่ได้จากวิธีแบบจำลองต้นไม้เอ็มไพร์ไฟฟ้ นำไปใช้ในการสร้างระบบพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนต่อไป

## ระยะที่ 2 พัฒนาระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล

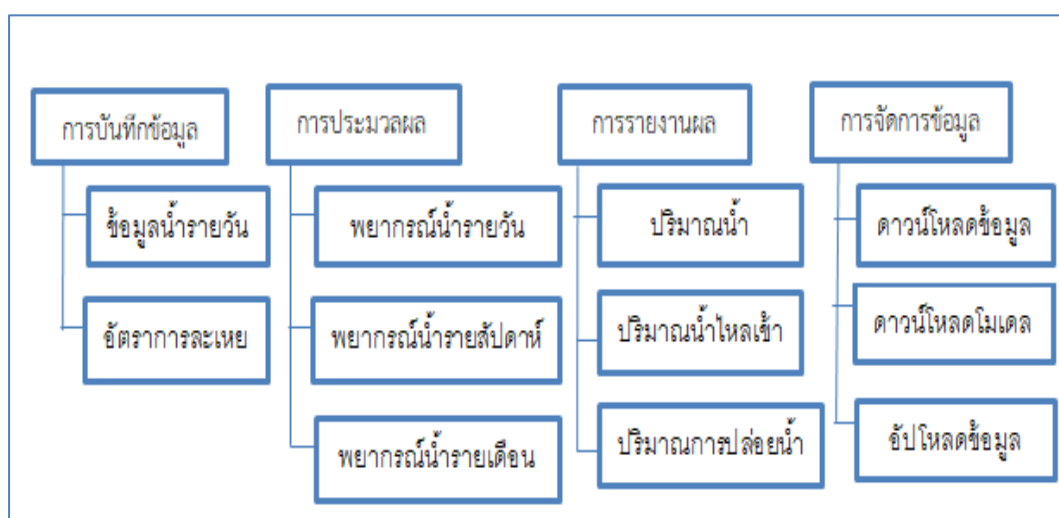
ผู้วิจัยได้นำเทคนิควิธีแบบจำลองต้นไม้เอ็มไพร์พี มาใช้ในการมาพัฒนาระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน ตามลำดับ ดังนี้

### 1. ออกแบบโมดูลของระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน

ผู้วิจัยสังเคราะห์ห้วงค์ประกอบของระบบพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน แสดงดังภาพที่ 4.7 และนำองค์ประกอบที่ได้ออกแบบมอดูลการทำงานของระบบ เพื่อนำไปพัฒนาโปรแกรมระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนก๊วลม แสดงดังภาพ ที่ 4.21



ภาพที่ 4.20 ระบบพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนก๊วลม



ภาพที่ 4.21 การออกแบบระบบพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนก๊วลม

การออกแบบระบบพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนกัวลม เพื่อนำไปพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยได้กำหนดโมดูลการทำงานของระบบ จำนวน 4 โมดูล ดังภาพที่ 4.8 โดยแต่ละโมดูลมีการทำงานดังนี้

โมดูลการทำงานของประกอบด้วย 4 โมดูลประกอบด้วย การบันทึกข้อมูล การประมวลผลข้อมูล การรายงานผล การจัดการข้อมูล

## 2. พัฒนาระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบ และทดสอบระบบด้วยชุดข้อมูลจริง ระหว่างเดือน กรกฎาคม ถึง สิงหาคม 2560 รวมทั้งหมด 61 รายการ และเปรียบเทียบค่าที่มีการพยากรณ์เพื่อหาความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ระหว่างค่าปริมาณน้ำจริงกับ ค่าปริมาณน้ำที่มีการพยากรณ์ แสดงดังตารางที่ 4.5

### ตารางที่ 4.8

ผลการทดสอบความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าระดับน้ำจริงกับค่าพยากรณ์

ข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนเดือนกรกฎาคม 2560		
รายการ	Mean absolute error	Root mean squared error
พยากรณ์ล่วงหน้ารายวัน	5.3151	8.2345
พยากรณ์ล่วงหน้ารายสัปดาห์	11.6425	15.5672
พยากรณ์ล่วงหน้ารายเดือน	24.4315	29.3454
ข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนเดือนสิงหาคม 2560		
รายการ	Mean absolute error	Root mean squared error
พยากรณ์ล่วงหน้ารายวัน	6.481	9.4500
พยากรณ์ล่วงหน้ารายสัปดาห์	13.7724	17.7420
พยากรณ์ล่วงหน้ารายเดือน	28.2315	34.5341

จากตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบความคลาดเคลื่อนพบว่า ค่าพยากรณ์รายวันมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าค่าพยากรณ์จากโมเดลแบบจำลองต้นไม้เอ็มไพร์พี ส่วนค่าพยากรณ์รายสัปดาห์และรายเดือนมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าค่าพยากรณ์จากโมเดลแบบจำลองต้นไม้เอ็มไพร์พี

### 3. ประเมินระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยนำระบบพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนที่ถามให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ประเมินโดยใช้แบบสอบถามแบบวัดระดับ (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 4.7 (รายละเอียดภาคผนวก จ หน้า 42)

#### ตารางที่ 4.9

การประเมินการออกแบบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ที่	รายการประเมินความเหมาะสม	$\bar{X}$	SD.	ความเหมาะสม
1. ด้านการออกแบบระบบ				
1	เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาระบบ	4.79	0.18	มากที่สุด
2	ข้อมูลทดสอบโมเดลการพยากรณ์	4.87	0.26	มากที่สุด
3	ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพยากรณ์	4.80	0.45	มากที่สุด
4	การเก็บข้อมูล	4.80	0.27	มากที่สุด
5	การออกแบบระบบ	4.89	0.27	มากที่สุด
6	การทดสอบ	4.81	0.26	มากที่สุด
7	ความเหมาะสมของระบบโดยรวม	4.80	0.45	มากที่สุด
	รวม	4.82	0.44	มากที่สุด
2. ด้านคู่มือของระบบ				
1	ความสอดคล้องของข้อมูลในการบันทึกในระบบ	4.65	0.51	มากที่สุด
2	ความชัดเจนของภาพประกอบ	4.32	0.45	มาก
3	ความเหมาะสมของขั้นตอนการใช้งานระบบ	4.56	0.37	มากที่สุด
4	ความเหมาะสมของรายงานของระบบ	4.71	0.63	มากที่สุด
5	ความง่ายในการอธิบายการใช้งานระบบ	4.43	0.40	มากที่สุด
	รวม	4.61	0.47	มากที่สุด
3. ด้านความเหมาะสมของระบบ				
1	ด้านความเหมาะสมการทำงาน of ระบบ	4.64	0.37	มากที่สุด
2	ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ	4.53	0.63	มากที่สุด
3	ด้านความง่ายในการใช้ระบบ	4.66	0.40	มากที่สุด
4	ด้านความปลอดภัยของข้อมูลของระบบ	4.79	0.53	มากที่สุด
	รวม	4.65	0.53	มากที่สุด
	โดยรวม	4.69	0.21	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.7 การประเมินการออกแบบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า การออกแบบโดยรวมมีค่าความเหมาะสม ( $\bar{X}$  =4.69, SD.=0.21) การประเมินความเหมาะสมแต่ละด้าน ตามลำดับคือ ด้านการออกแบบระบบ ( $\bar{X}$  =4.65, SD.=0.53) และด้านคู่มือของระบบ ( $\bar{X}$  =4.61, SD.=0.47) ตามลำดับ

### ระยะที่ 3 ศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน

ผู้วิจัยได้นำระบบพร้อมคู่มือที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายจำนวน 10 คน ระหว่างวันที่ 28 สิงหาคม 2560 ถึง วันที่ 29 สิงหาคม 2560 แสดงดังภาพที่ 4.9 หลังจากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามความพึงพอใจจากผู้ใช้ระบบ นำมาวิเคราะห์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 4.7



ภาพที่ 4.22 กิจกรรมการทดลองใช้ระบบกับกลุ่มเป้าหมาย

#### ตารางที่ 4.10

ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ

ที่	รายการความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความเหมาะสม
1	ด้านความเหมาะสมของการทำงานของระบบ	4.54	0.36	มากที่สุด
2	ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ	4.63	0.45	มากที่สุด
3	ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.71	0.39	มากที่สุด
4	ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ	4.65	0.47	มากที่สุด
รวม		4.63	0.41	มากที่สุด



จากตารางที่ 4.7 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ พบว่า ระบบมีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$ =4.63,  $SD$ =0.41) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ทุกด้านมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ คือ ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ ( $\bar{X}$ =4.71,  $SD$ =0.39)ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ ( $\bar{X}$ =4.65,  $SD$ =0.47) ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ ( $\bar{X}$ =4.63,  $SD$ =0.45) ด้านความเหมาะสมของการทำงานของระบบ( $\bar{X}$ =4.54,  $SD$ =0.36)

#### ระยะที่ 4 ศึกษาการยอมรับระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน

ผู้วิจัยได้จัดทำหนังสือจากคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เพื่อขอเก็บรวบรวมข้อมูลบันทึกผล การทดลองใช้ระบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนที่พัฒนาขึ้น พร้อมทั้งขอเก็บรวบรวมข้อมูลบันทึกการใช้ระบบ จากเจ้าหน้าที่ระบบสารสนเทศที่ดูแลระบบข้อมูลน้ำสำนักงานชลประทานที่ 2 จังหวัดลำปาง ในวันที่ 23 สิงหาคม 2560 หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์และสรุปผลวันที่ วันที่ 25 สิงหาคม 2560 แสดงดังตารางที่ 4.22



ภาพที่ 4.22 กิจกรรมศึกษาผลการยอมรับการนำระบบไปใช้งานของกลุ่มเป้าหมาย

## ตารางที่ 4.11

## การยอมรับระบบของกลุ่มเป้าหมาย

ที่	รายการยอมรับระบบ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับการยอมรับ
ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Perceived ease of use)				
1	มีคู่มือสำหรับการแนะนำใช้งาน	4.25	0.50	มาก
2	มีขั้นตอนการใช้งานไม่ซับซ้อนมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน	4.75	0.50	มากที่สุด
3	ระบบมีความเร็วในการใช้งานหรือการเข้าถึงข้อมูล	4.75	0.50	มากที่สุด
4	ระบบสารสนเทศมีการอธิบายด้วยภาพและตัวอักษรที่เหมาะสม	4.25	0.50	มาก
5	ระบบมีการจัดวางองค์ประกอบของหน้าจอที่เหมาะสม	4.75	0.50	มากที่สุด
	รวม	4.62	0.50	มากที่สุด
ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived usefulness)				
1	ระบบมีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งานระบบพยากรณ์ครบถ้วน	4.50	0.58	มากที่สุด
2	ระบบมีการเชื่อมโยงข้อมูลได้อย่างมีความเหมาะสม	4.25	0.50	มาก
3	ระบบสารสนเทศมีฟังก์ชันการทำงานครบถ้วน	4.75	0.50	มากที่สุด
4	สอดคล้องกับความต้องการผู้ใช้งาน ตรวจสอบข้อมูลได้อย่างถูกต้อง	4.25	0.50	มาก
5	ระบบมีการประมวลผลข้อมูลได้อย่างถูกต้อง	4.75	0.50	มากที่สุด
	รวม	4.50	0.52	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.11 การยอมรับระบบของกลุ่มเป้าหมาย พบว่า กลุ่มเป้าหมายให้การยอมรับระบบโดยรวมของระบบด้านความง่ายต่อการใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}=4.62$ ,  $SD.=0.50$ ) และการยอมรับระบบด้านการรับรู้ถึงประโยชน์อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}=4.50$ ,  $SD.=0.52$ ) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าทุกด้านพบว่า ด้านมีขั้นตอนการใช้งานไม่ซับซ้อนมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน ด้านระบบมีความเร็วในการใช้งานหรือการเข้าถึงข้อมูล ด้านระบบมีการจัดวางองค์ประกอบของหน้าจอที่เหมาะสม ด้านระบบสารสนเทศมีฟังก์ชันการทำงานครบถ้วน ระบบมีการประมวลผลข้อมูลได้อย่างถูกต้อง มีการยอมรับมากที่สุดอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}=4.75$ ,  $SD.=0.50$ ) ด้านระบบมีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งานระบบพยากรณ์ครบถ้วน มีการยอมรับอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}=4.50$ ,  $SD.=0.58$ ) ด้านมีคู่มือสำหรับการแนะนำใช้งาน ด้านระบบสารสนเทศมีการอธิบายด้วยภาพและตัวอักษรที่เหมาะสม ด้านระบบมีการเชื่อมโยงข้อมูลได้อย่างมีความเหมาะสม และ ด้านสอดคล้องกับความต้องการผู้ใช้งาน ตรวจสอบข้อมูลได้อย่างถูกต้อง มีการยอมรับอยู่ในระดับมาก