

การทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี  
โดยใช้โปรแกรมเหมืองข้อมูล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2562  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Alum Dosage Prediction for Water Treatment System of Provincial Waterworks  
Authority, Udonthani using Data Mining Software



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

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปา ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยใช้โปรแกรม เหมืองข้อมูล
โดย	นายจันทวัฒน์ ละชินลา
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.เขมรัฐ โอสถาปนิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิสา มหาสันทนะ)

จินตวัฒน์ ละชินลา : การทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาของการ  
 ประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยใช้โปรแกรมเหมืองข้อมูล. ( Alum Dosage  
 Prediction for Water Treatment System of Provincial Waterworks Authority,  
 Udonthani using Data Mining Software) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.เพ็ชรพร เชาว  
 กิจเจริญ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรม RapidMiner V.9.2 ใช้ทำนายปริมาณสารส้มที่  
 ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยข้อมูลอินพุต 4 ตัวแปร คือ  
 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ ความขุ่นของน้ำดิบ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรอง และความ  
 ขุ่นของน้ำก่อนกรอง ข้อมูลเอาต์พุต คือ ปริมาณสารส้ม ในการสร้างแบบจำลองใช้ข้อมูลตั้งแต่  
 ตุลาคม 2556 ถึงเมษายน 2561 จำนวน 4,029 ชุด ใช้ทฤษฎี 6 ทฤษฎี ดังนี้ W-  
 LinearRegression W-MultilayerPerceptron W-REPTree W-M5P W-M5Rules และ  
 Gradient Boosted Tree (GBT) และทดลองทั้งหมด 24 รูปแบบ เพื่อหาแบบจำลองที่ดีที่สุดในแต่ละ  
 ละรูปแบบ จากนั้นตรวจสอบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลชุดเดิมที่ใช้สร้างแบบจำลองและข้อมูลตั้งแต่  
 พฤษภาคม 2561 ถึงเมษายน 2562 จำนวน 1,089 ชุด นอกจากนี้นำมาประยุกต์ใช้ลดปริมาณการ  
 ใช้สารส้ม การวิเคราะห์ความอ่อนไหว จากการทดลองสรุปได้ว่า แบบจำลองที่สามารถใช้ในแต่ละ  
 รูปแบบได้ มีทั้งหมด 10 แบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด คือ แบบจำลองที่ 8  
 ใช้ในโรงผลิตน้ำบ้านนิคมในช่วงฤดูร้อนเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี GBT ได้ค่า RMSE เท่ากับ 2.049 ค่า  
 MAE เท่ากับ 1.264 เมื่อนำแบบจำลองทั้ง 10 แบบจำลองมาใช้งาน พบว่า แบบจำลองที่ 1 5 6  
 และ 7 ใช้ในโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน แบบจำลองที่ 2 8 และ 9 ใช้ในโรงผลิตน้ำบ้านนิคม แบบจำลองที่  
 3 และ 10 ใช้ร่วมทั้งโรงผลิตน้ำบ้านถ่อนและบ้านนิคม และแบบจำลองที่ 4 ใช้ได้ทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ  
 เฉพาะฤดูร้อน เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ลดปริมาณการใช้สารส้ม พบว่า แบบจำลองที่ลดปริมาณการใช้  
 สารส้มได้มากที่สุด คือ แบบจำลองที่ 5 และ 7 ใช้ร่วมกันในโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน ลดได้ร้อยละ  
 21.69 ต่อปี หรือ 243,230 บาทต่อปี และตัวแปรที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด คือ ค่า  
 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรอง

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
 ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนิสิต .....  
 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

# # 6170123821 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORD: Prediction, Raw Water Quality, Alum, Chemical, Water Supply  
System

Jintawat Lachinla : Alum Dosage Prediction for Water Treatment System of  
Provincial Waterworks Authority, Udonthani using Data Mining Software.  
Advisor: Assoc. Prof. PETCHPORN CHAWAKITCHAREON, Ph.D.

This research applied RapidMiner V.9.2 for alum dosage prediction in water supply system of PWA, Udonthani. The input parameter were pH and turbidity of raw water, pH and turbidity of pre-filtered water. The output parameter was alum dosage. Modeling used data from October 2004 to April 2018 that collected 4,029 records. The used theories were W-LinearRegression W-MLP W-REPTree W-M5P W-M5Rules and GBT. All 24 scenarios of experiment for finding the best model each scenario. After that model was verified by original data and the data from May 2018 to April 2019 that collected 1,089 records. In addition, applied to reduce the alum dosage and sensitivity analysis. The experimental result showed that there were 10 model which were practical. The best performance model was model 8 at Bannikom WTP in summer by using GBT theory that its result showed 2.049 in RMSE and 1.264 in MAE. When using all 10 models, it was found model 1 5 6 and 7, used for Banthon WTP. Model 2 8 and 9 were used for Bannikom WTP. Model 3 and 10 were used in both Banthon and Bannikom WTP ,and model 4 was used for all 3 WTP in summer. The best model applying to reduce alum dosage, it was found in model 5 and 7 were used for Banthon WTP to reduce 21.69 percent per year or 243,230 baht per year. The input parameter affected the most sensitive models were pH and turbidity of raw water ,and pH of pre-filtered water.

Field of Study: Environmental Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2019

Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากการให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการทำวิจัย และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ณ โอกาสนี้ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ

ขอขอบพระคุณประธานกรรมการและคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้เกียรติและสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงข้อเสนอแนะอันเป็นแนวทางที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณคณาจารย์ ที่อบรมสั่งสอนและถ่ายทอดวิชาความรู้

ขอขอบพระคุณการประปาส่วนภูมิภาคในการสนับสนุนทุนการศึกษาและค่าใช้จ่ายที่จำเป็นตลอดหลักสูตรระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบพระคุณการประปาส่วนภูมิภาคเขต 7 และการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ความรู้และข้อมูลที่เป็นจำเป็นสำหรับการประกอบการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณครอบครัว ที่ให้คำปรึกษา คำชี้แนะ กำลังใจและสนับสนุนการศึกษาครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ธุรการ และพี่ น้อง เพื่อน สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวกในการสอบและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จันทวัฒน์ ละชินลา

## สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ .....	ณ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.1 ข้อมูลทั่วไปของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี.....	4
2.2 ข้อมูลระบบการผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี .....	5
2.3 กระบวนการผลิตน้ำประปา.....	12
2.3.1 องค์ประกอบของระบบประปา .....	12
2.3.2 มาตรฐานแหล่งน้ำดิบผิวดิน.....	14
2.3.3 มาตรฐานน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา.....	15
2.3.4 กระบวนการการผลิตน้ำประปาสำหรับน้ำดิบผิวดิน.....	17

2.3.5 กระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation).....	18
2.4 ทฤษฎีเหมืองข้อมูล (Data Mining).....	27
2.4.1 ความหมายและประเภทของทฤษฎีเหมืองข้อมูล.....	27
2.4.2 ขั้นตอนการทำเหมืองข้อมูล .....	28
2.4.3 โปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 .....	30
2.4.5 เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการทำนาย (Prediction) .....	31
2.4.6 การพิจารณาความถูกต้องและประสิทธิภาพของการทำนาย (Prediction) .....	37
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำนายปริมาณสารเคมีในระบบผลิตน้ำประปา .....	38
2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการโปรแกรม RapidMiner Studio.....	47
2.6 แนวคิดของงานวิจัย .....	51
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	53
3.1 แผนผังวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	53
3.2 เครื่องมือและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	54
3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	54
3.3.1 กำหนดเป้าหมายของการทำเหมืองข้อมูล .....	54
3.3.2 สืบค้น รวบรวม และขอความอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง.....	54
3.3.3 กำหนดข้อมูลอินพุต (Input) และข้อมูลเอาต์พุต (Output).....	55
3.3.4 เตรียมข้อมูลสำหรับการทดลอง .....	56
3.3.5 การปรับแต่งพารามิเตอร์และสร้างแบบจำลองสำหรับทำนายปริมาณสารสัมที่ใช้ .....	59
3.3.6 นำแบบจำลองที่สร้างจากการปรับค่าพารามิเตอร์ในแต่ละทฤษฎีมาทำการทำนาย ปริมาณสารสัมที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี	62
3.3.7 หลักเกณฑ์สำหรับการพิจารณาประสิทธิภาพของแบบจำลอง .....	64
3.3.8 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลองสำหรับการลดปริมาณการใช้สารสัม.....	66



3.3.9 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) สำหรับหาข้อจำกัดหรือเงื่อนไข การใช้งานแบบจำลองที่ได้จากงานวิจัยนี้.....	66
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล.....	68
4.1 บทนำ.....	68
4.2 ข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากการประสานภูมิภาคสาขาอุดรธานี.....	69
4.2.1 โรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์.....	71
4.2.1.1 ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง .....	71
4.2.1.2 ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง.....	74
4.2.2 โรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน.....	77
4.2.3 โรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม.....	79
4.3 การกำหนดข้อมูลอินพุต (Input) เอาต์พุต (Output) และแบ่งจำนวนข้อมูลใช้สำหรับงานวิจัย นี้.....	82
4.4 การปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละทฤษฎีที่ใช้สร้างแบบจำลอง.....	83
4.4.1 W-LinearRegression.....	84
4.4.2 W-MultilayerPerceptron (MLP) .....	86
4.4.3 W-REPTree.....	89
4.4.4 W-M5P .....	91
4.4.5 W-M5Rules.....	93
4.4.6 Gradient Boosted Tree (GBT).....	95
4.5 ผลการทดลองในการสร้างแบบจำลองและตรวจสอบการทำนาย.....	97
4.5.1 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ.....	97
4.5.2 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์.....	98
4.5.3 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน.....	100
4.5.4 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม.....	101

4.5.5	พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง..	103
4.5.6	พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนอง สำโรง .....	104
4.5.7	พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน) .....	106
4.5.8	พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูฝน) .....	108
4.5.9	พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูหนาว) .....	109
4.5.10	พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูร้อน).....	111
4.5.11	พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูฝน).....	113
4.5.12	พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูหนาว) .....	114
4.5.13	พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน) .....	116
4.5.14	พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูฝน) .....	117
4.5.15	พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูหนาว) .....	119
4.5.16	พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูร้อน) .....	120
4.5.17	พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูฝน) .....	122
4.5.18	พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูหนาว).....	123
4.5.19	พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดู ร้อน) .....	125
4.5.20	พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดู ฝน) .....	126
4.5.21	พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดู หนาว).....	128
4.5.22	พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนอง สำโรง (ฤดูร้อน).....	130
4.5.23	พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนอง สำโรง (ฤดูฝน).....	131

4.5.24 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนอง สำโรง (ฤดูหนาว).....	133
4.6 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลองสำหรับการลดปริมาณการใช้สารส้ม.....	138
4.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis).....	141
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	145
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	145
5.1.1 แบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาของ การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี.....	145
5.1.2 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลองสำหรับการลดปริมาณการใช้สารส้ม.....	147
5.1.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis).....	148
5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....	148
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	149
บรรณานุกรม.....	150
ภาคผนวก ก เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบผิวดินแต่ละประเภท.....	154
ภาคผนวก ข เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา.....	156
ภาคผนวก ค เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา.....	158
ภาคผนวก ง ขั้นตอนการทำจาร์เจสต์และการเตรียมสารละลาย เพื่อใช้ในกระบวนการผลิต.....	161
ภาคผนวก จ ตัวอย่างรายงานที่ได้รับความอนุเคราะห์ จากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี .	165
ภาคผนวก ฉ กราฟแผนภูมิกระจาย (Scatter) ของข้อมูลที่ได้รับความอนุเคราะห์จากการประปาส่วน ภูมิภาคสาขาอุดรธานี.....	168
ภาคผนวก ช ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในแต่ละรูปแบบ.....	175
ภาคผนวก ซ กราฟผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบ .....	208
ภาคผนวก ฌ ตารางคาดการณ์ปริมาณสารส้มที่ใช้ทั้ง 10 แบบจำลอง.....	214
ภาคผนวก ญ การคำนวณการประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง สำหรับการลดปริมาณสารส้มที่ใช้.....	225



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี.....	55
ตารางที่ 3-2 ข้อมูลอินพุต (Input) และข้อมูลเอาต์พุต (Output) ใช้ในงานวิจัย .....	56
ตารางที่ 3-3 รูปแบบชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง (ข้อมูลตั้งแต่ ต.ค. 56 ถึง เม.ย. 61) .....	57
ตารางที่ 3-4 รูปแบบชุดข้อมูลสำหรับตรวจสอบการทำนาย (ข้อมูลตั้งแต่ พ.ค. 61 ถึง เม.ย. 62)....	58
ตารางที่ 3-5 โอเปอร์เรเตอร์ที่ใช้ในการปรับแต่งพารามิเตอร์และการสร้างแบบจำลอง.....	59
ตารางที่ 3-6 การเพิ่มโอเปอร์เรเตอร์ที่ใช้ในการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้.....	63
ตารางที่ 4-1 ค่าสถิติต่างๆ ของข้อมูลการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี.....	70
ตารางที่ 4-2 การแบ่งจำนวนข้อมูลใช้สำหรับงานวิจัยนี้.....	83
ตารางที่ 4-3 อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-LinearRegression.....	84
ตารางที่ 4-4 ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-LinearRegression มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเปอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid).....	85
ตารางที่ 4-5 อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-MultilayerPerceptron (MLP) .....	87
ตารางที่ 4-6 ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-MLP มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเปอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid).....	88
ตารางที่ 4-7 อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-REPTree .....	89
ตารางที่ 4-8 ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-REPTree มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเปอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid).....	90
ตารางที่ 4-9 อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-M5P .....	91
ตารางที่ 4-10 ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-M5P มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเปอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid).....	92
ตารางที่ 4-11 อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-M5Rules .....	93

ตารางที่ 4-12 ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-M5Rules มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) .....	94
ตารางที่ 4-13 อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT).....	95
ตารางที่ 4-14 ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี GBT มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid).....	96
ตารางที่ 4-15 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ .....	98
ตารางที่ 4-16 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ .....	99
ตารางที่ 4-17 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน .....	101
ตารางที่ 4-18 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม .....	102
ตารางที่ 4-19 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง.....	104
ตารางที่ 4-20 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง .....	105
ตารางที่ 4-21 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน).....	107
ตารางที่ 4-22 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูฝน).....	109
ตารางที่ 4-23 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูหนาว).....	110
ตารางที่ 4-24 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูร้อน) .....	112
ตารางที่ 4-25 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูฝน) .....	114

ตารางที่ 4-26 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำ หนองประจักษ์ (ฤดูหนาว).....	115
ตารางที่ 4-27 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำ บ้านถ่อน (ฤดูร้อน).....	117
ตารางที่ 4-28 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำ บ้านถ่อน (ฤดูฝน).....	118
ตารางที่ 4-29 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำ บ้านถ่อน (ฤดูหนาว).....	120
ตารางที่ 4-30 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำ บ้านนิคม (ฤดูร้อน).....	121
ตารางที่ 4-31 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำ บ้านนิคม (ฤดูฝน).....	123
ตารางที่ 4-32 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำ บ้านนิคม (ฤดูหนาว).....	124
ตารางที่ 4-33 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรง ผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูร้อน).....	126
ตารางที่ 4-34 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรง ผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูฝน).....	127
ตารางที่ 4-35 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรง ผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูหนาว).....	129
ตารางที่ 4-36 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรง ผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูร้อน).....	131
ตารางที่ 4-37 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรง ผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูฝน).....	132
ตารางที่ 4-38 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรง ผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูหนาว).....	134
ตารางที่ 4-39 แบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบ.....	137

ตารางที่ 4-40 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบการใช้สารส้มจริงและการทำนายใช้สารส้ม.....	139
ตารางที่ 4-41 ผลการทดลองความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของแต่ละแบบจำลอง.....	142
ตารางที่ ก-1 เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบผิวดินแต่ละประเภท .....	155
ตารางที่ ข-1 เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา .....	157
ตารางที่ ค-1 เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา .....	159
ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างการเติมสารละลายสารส้ม .....	162
ตารางที่ จ-1 รายงานผลทดสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำดิบ .....	166
ตารางที่ จ-2 รายงานผลทดสอบคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำ .....	166
ตารางที่ จ-3 รายงานการกำกับและติดตามผลการจ่ายสารเคมีประจำวันและการทำจาร์เทส .....	167
ตารางที่ ฉ-1 คาดการณ์ปริมาณสารส้มที่ใช้ของแบบจำลองที่ 1.....	215
ตารางที่ ฉ-2 คาดการณ์ปริมาณสารส้มที่ใช้ของแบบจำลองที่ 2.....	216
ตารางที่ ฉ-3 คาดการณ์ปริมาณสารส้มที่ใช้ของแบบจำลองที่ 3.....	217



## สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 ตำแหน่งสำนักงานการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีและโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ ..	4
ภาพที่ 2-2 กราฟข้อมูลพื้นฐานของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี .....	5
ภาพที่ 2-3 ภาพรวมระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี.....	6
ภาพที่ 2-4 กระบวนการผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์.....	6
ภาพที่ 2-5 โรงผลิตน้ำหนองประจักษ์.....	7
ภาพที่ 2-6 ตำแหน่งโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน .....	7
ภาพที่ 2-7 กระบวนการผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน.....	8
ภาพที่ 2-8 โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน.....	8
ภาพที่ 2-9 ตำแหน่งโรงผลิตน้ำบ้านนิคม.....	9
ภาพที่ 2-10 กระบวนการผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำบ้านนิคม .....	9
ภาพที่ 2-11 โรงผลิตน้ำบ้านนิคม .....	10
ภาพที่ 2-12 องค์ประกอบหลักๆ ของระบบประปา.....	12
ภาพที่ 2-13 แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาที่ได้จากน้ำฝน.....	13
ภาพที่ 2-14 ไดอะแกรมกระบวนการผลิตน้ำประปาทั่วไป.....	17
ภาพที่ 2-15 การเปรียบเทียบปริมาณโคแอกกูแลนท์ที่ใช้ในการทำลาย เสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วย กลไกต่างๆ.....	20
ภาพที่ 2-16 เกล็ดที่เหมาะสมสำหรับการสรวัดสัมผัสระหว่างอนุภาคต่างๆ .....	22
ภาพที่ 2-17 กลไกในการสร้างโคแอกกูเลชันด้วยสารสัมทั้ง 2 วิธี .....	22
ภาพที่ 2-18 ไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชัน.....	23
ภาพที่ 2-19 วิธีการทำจาร์เทส (Jar Test).....	26
ภาพที่ 2-20 กระบวนการ Cross-Industry Standard Process (CRISP-DM).....	29

ภาพที่ 2-21 โปรแกรม WEKA และ RapidMiner Studio V.9.2.....	30
ภาพที่ 2-22 องค์ประกอบภายในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 .....	31
ภาพที่ 2-23 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ใช้เทคนิค W-LinearRegression ในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2.....	33
ภาพที่ 2-24 แบบจำลอง W-MultilayerPerceptron แบบ 2 ชั้น .....	33
ภาพที่ 2-25 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ใช้เทคนิค W-MultilayerPerceptron ในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2.....	34
ภาพที่ 2-26 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ใช้เทคนิค W-REPTree ในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2....	34
ภาพที่ 2-27 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ใช้เทคนิค W-M5P ในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2.....	35
ภาพที่ 2-28 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ใช้เทคนิค W-M5Rules ในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2...	36
ภาพที่ 2-29 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ใช้เทคนิค GBT ในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 .....	37
ภาพที่ 2-30 แนวคิดของงานวิจัย .....	52
ภาพที่ 3-1 แผนผังการทดลอง.....	53
ภาพที่ 3-2 ข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลองสำหรับการทำนายปริมาณสารส้ม.....	59
ภาพที่ 3-3 แบบจำลองที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของแต่ละทฤษฎี .....	61
ภาพที่ 3-4 สร้างแบบจำลองทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา.....	61
ภาพที่ 3-5 เลือกพารามิเตอร์ที่ต้องการจากโอเปอร์เรเตอร์ Select Attributes .....	62
ภาพที่ 3-6 การเพิ่มโอเปอร์เรเตอร์สำหรับใช้ในการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ .....	63
ภาพที่ 3-7 เลือกพารามิเตอร์ที่ต้องการจากโอเปอร์เรเตอร์ Select Attributes(2).....	64
ภาพที่ 3-8 หลักเกณฑ์สำหรับการพิจารณาประสิทธิภาพของแบบจำลอง.....	65
ภาพที่ 3-9 ตัวอย่างการสมมติฐานค่าเปลี่ยนแปลงแต่ละพารามิเตอร์ .....	67
ภาพที่ 4-1 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วงฤดูร้อนของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง .....	73
ภาพที่ 4-2 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วงฤดูฝนของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง .....	73

ภาพที่ 4-3 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วง ฤดูหนาวของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง .....	74
ภาพที่ 4-4 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วง ฤดูร้อนของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง.....	75
ภาพที่ 4-5 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วง ฤดูฝนของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง.....	76
ภาพที่ 4-6 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วง ฤดูหนาวของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง .....	76
ภาพที่ 4-7 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วง ฤดูร้อนของโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน.....	78
ภาพที่ 4-8 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วง ฤดูฝนของโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน.....	78
ภาพที่ 4-9 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วง ฤดูหนาวของโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน .....	79
ภาพที่ 4-10 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วง ฤดูร้อนของโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม .....	80
ภาพที่ 4-11 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วง ฤดูฝนของโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม .....	81
ภาพที่ 4-12 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วง ฤดูหนาวของโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม .....	81
ภาพที่ 4-13 หน้าต่างของพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-LinearRegression .....	84
ภาพที่ 4-14 หน้าต่างของพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-MultilayerPerceptron (MLP).....	86
ภาพที่ 4-15 หน้าต่างของพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-REPTree .....	89
ภาพที่ 4-16 หน้าต่างของพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-M5P .....	91
ภาพที่ 4-17 หน้าต่างของพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-M5Rules.....	93
ภาพที่ 4-18 หน้าต่างของพารามิเตอร์ของทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) .....	95

ภาพที่ 4-19 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย โดยใช้แบบจำลองที่ 8 ใช้ทฤษฎี GBT เป็นแบบจำลองที่ดีที่สุด .....	136
ภาพที่ 4-20 กราฟความถี่ของข้อมูลความชุ่มน้ำก่อนกรอง (พฤษภาคม 2561 - เมษายน 2562)..	138
ภาพที่ ง-1 ตะกอนขนาดต่างๆ.....	163
ภาพที่ ฉ-1 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความชุ่มน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้ทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ..	169
ภาพที่ ฉ-2 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความชุ่มน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้ ในโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์.....	169
ภาพที่ ฉ-3 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความชุ่มน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้ ในโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน .....	170
ภาพที่ ฉ-4 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความชุ่มน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้ ในโรงผลิตน้ำบ้านนิคม .....	170
ภาพที่ ฉ-5 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความชุ่มน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้.....	171
ภาพที่ ฉ-6 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความชุ่มน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้.....	171
ภาพที่ ฉ-7 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความชุ่มน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้ ในทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ .....	172
ภาพที่ ฉ-8 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความชุ่มน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้ ในโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ .....	172
ภาพที่ ฉ-9 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความชุ่มน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้ .....	173
ภาพที่ ฉ-10 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความชุ่มน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้.....	173
ภาพที่ ฉ-11 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความชุ่มน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้.....	174
ภาพที่ ฉ-12 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความชุ่มน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้.....	174
ภาพที่ ซ-1 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 1 ใช้ทฤษฎี GBT .....	209
ภาพที่ ซ-2 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 2 ใช้ทฤษฎี GBT .....	209
ภาพที่ ซ-3 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 3 ใช้ทฤษฎี GBT .....	210
ภาพที่ ซ-4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 4 ใช้ทฤษฎี W-M5P ..	210

ภาพที่ ซ-5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 5 ใช้ทฤษฎี W-M5P ..211

ภาพที่ ซ-6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 6 ใช้ทฤษฎี W-M5P ...211

ภาพที่ ซ-7 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 7 ใช้ทฤษฎี GBT .....212

ภาพที่ ซ-8 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 8 ใช้ทฤษฎี GBT .....212

ภาพที่ ซ-9 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 9 ใช้ทฤษฎี GBT .....213

ภาพที่ ซ-10 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 10 ใช้ทฤษฎี GBT.....213



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำประปามีความจำเป็นต่อการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ ได้แก่ การอุปโภค บริโภค ในภาคอุตสาหกรรมก็มีความสำคัญเช่นกัน อาทิเช่น การใช้น้ำประปาในกระบวนการผลิต การทำความสะอาด อุตสาหกรรม ซึ่งเมื่ออัตราการใช้น้ำประปาเพิ่มขึ้นทุกวัน น้ำประปาจึงเป็นสิ่งสำคัญในทุกๆ ภาคส่วน ซึ่งระบบผลิตน้ำประปาจะประกอบด้วย แหล่งน้ำดิบ (Raw Water source) ระบบผลิตน้ำประปา (Water Treatment Plant) ระบบขนส่งน้ำ (Transmission System) และระบบแจกจ่ายน้ำ (Distribution System) ส่วนใหญ่ระบบผลิตน้ำประปา (Water Treatment Plant) ในประเทศไทย ประกอบด้วยกระบวนการ ดังนี้ กระบวนการสร้างตะกอน (Coagulation) กระบวนการรวมตะกอน (Flocculation) กระบวนการตกตะกอน (Sedimentation) กระบวนการกรอง (Filtration) และกระบวนการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) ในส่วนของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีเป็นระบบประปาน้ำผิวดินแบบ Conventional เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งเหมาะสำหรับชุมชนขนาดใหญ่ โดยอาศัยแหล่งน้ำดิบ (Raw Water source) จากแม่น้ำ ลำคลอง อ่างเก็บน้ำ หรือเขื่อน เนื่องจากมีปริมาณมากเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ แต่แหล่งน้ำผิวดินมักจะมีความขุ่นของน้ำสูง จึงได้ใช้กรรมวิธีการผลิตที่อาศัยสารส้มช่วยทำให้เกิดการตกตะกอนเร็วขึ้น จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 จนถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 พบว่าปริมาณสารส้มที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีจะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าปริมาณสารส้มที่ใช้กับความขุ่นของน้ำดิบหรือค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ทำให้คาดการณ์ปริมาณสารส้มที่ใช้ในการเติมแต่ละครั้งค่อนข้างยาก ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการบริหารจัดการ การควบคุม การสั่งซื้อ การใช้สารส้มในกระบวนการผลิตน้ำประปาในแต่ละเดือน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษา งานวิจัยที่มุ่งเน้นการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยใช้โปรแกรมเหมืองข้อมูล RapidMiner V.9.2 ซึ่งจะทำการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ กับข้อมูลการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยพิจารณาแยกแต่ละโรงกรอง แหล่งน้ำดิบ และช่วงฤดูกาล นอกจากนี้ยังนำแบบจำลองดังกล่าวนี้ไปประยุกต์ใช้กับระบบประปาอื่นๆ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อนำโปรแกรมเหมืองข้อมูล RapidMiner V.9.2 มาประยุกต์ใช้กับงานด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น การทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา

1.2.2 เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลอง สำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

1.2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ กับข้อมูลการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยพิจารณาแยกแต่ละโรงกรอง แหล่งน้ำดิบ และช่วงฤดูกาล

1.2.4 เพื่อการนำแบบจำลองดังกล่าวนี้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้อื่นๆ อาทิเช่น การลดปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปา การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาโปรแกรมเหมืองข้อมูล RapidMiner V.9.2 และขั้นตอนการทำเหมืองข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้

1.3.2 สืบค้น รวบรวมและขอความอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆ จากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 ประกอบด้วยข้อมูล ดังนี้ รายงานทดสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำดิบประจำวัน รายงานผลทดสอบคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำประจำวัน และรายงานการกำกับและติดตามผลการจ่ายสารเคมีประจำวันและการทำจาร์เทส

1.3.3 ศึกษาการสร้างแบบจำลอง สำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยพิจารณาเลือกใช้ข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นในการสร้างแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

1.3.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ กับข้อมูลการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยพิจารณาแยกแต่ละโรงกรอง ได้แก่ โรงกรองน้ำหนองประจักษ์ โรงกรองน้ำบ้านถ่อน และโรงกรองน้ำบ้านนิคม พิจารณาแยกแต่ละแหล่งน้ำดิบ ได้แก่ เขื่อนห้วยหลวงและอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง และพิจารณาตามช่วงฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝนและฤดูหนาว

1.3.5 นำแบบจำลองดังกล่าวนี้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้อื่นๆ อาทิเช่น การลดปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปา การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

1.4.2 ผู้ปฏิบัติงานสามารถนำแบบจำลองการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีไปประยุกต์ใช้ได้ ทั้งในสภาวะปกติ เพื่อลดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน และสภาวะฉุกเฉิน ได้แก่ เครื่องทำจาร์เทศชำรุด

1.4.3 สามารถนำข้อมูลการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีไปใช้ในการทำงบประมาณการสั่งซื้อสารส้ม การบริหารจัดการสารส้มในแต่ละเดือน

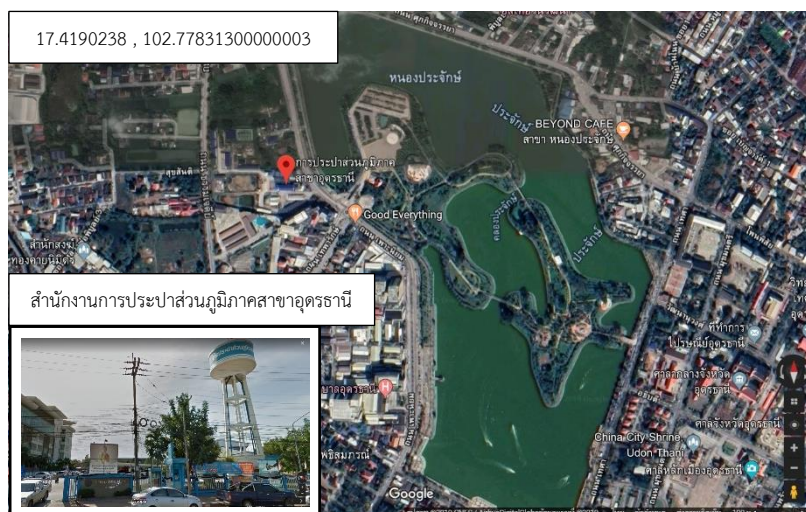




## บทที่ 2

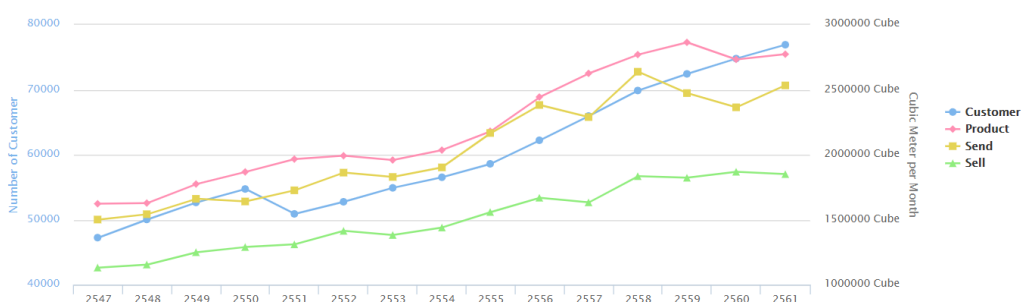
### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ข้อมูลทั่วไปของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี



ภาพที่ 2-1 ตำแหน่งสำนักงานการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีและโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์  
(การประปาส่วนภูมิภาค, 2562)

การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี (การประปาส่วนภูมิภาค, 2562) ให้บริการจำหน่ายน้ำประปาแก่ผู้ใช้น้ำทั้งหมด 77,871 ราย ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 19 พื้นที่ดูแลขององค์ปกครองส่วนท้องถิ่น ได้แก่ เทศบาลตำบลหนองขอนกว้าง องค์การบริหารส่วนตำบลโคกสะอาด องค์การบริหารส่วนตำบลกุดสระ องค์การบริหารส่วนตำบลเชียงยืน องค์การบริหารส่วนตำบลนาดี องค์การบริหารส่วนตำบลโนนสูง องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านขาว องค์การบริหารส่วนตำบลหนองนาคำ องค์การบริหารส่วนตำบลหม่ม องค์การบริหารส่วนตำบลเชียงพิณ องค์การบริหารส่วนตำบลนาข่า องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านจั่น องค์การบริหารส่วนตำบลสามพร้าว เทศบาลตำบลหนองไผ่ เทศบาลตำบลหนองบัว เทศบาลเมืองหนองสำโรง เทศบาลตำบลบ้านจั่น เทศบาลเมืองโนนสูง-น้ำคำ เทศบาลตำบลนาข่า ซึ่งจำนวนประชากรในพื้นที่ทั้งหมด 188,049 ราย และจำนวนครัวเรือนในพื้นที่ทั้งหมด 76,288 ครัวเรือน การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีมีกำลังผลิตที่ใช้งาน 91,400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งปริมาณน้ำผลิต 2,765,661 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ปริมาณน้ำผลิตจ่าย 2,540,620 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และปริมาณน้ำจำหน่าย 1,763,154 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ณ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2562

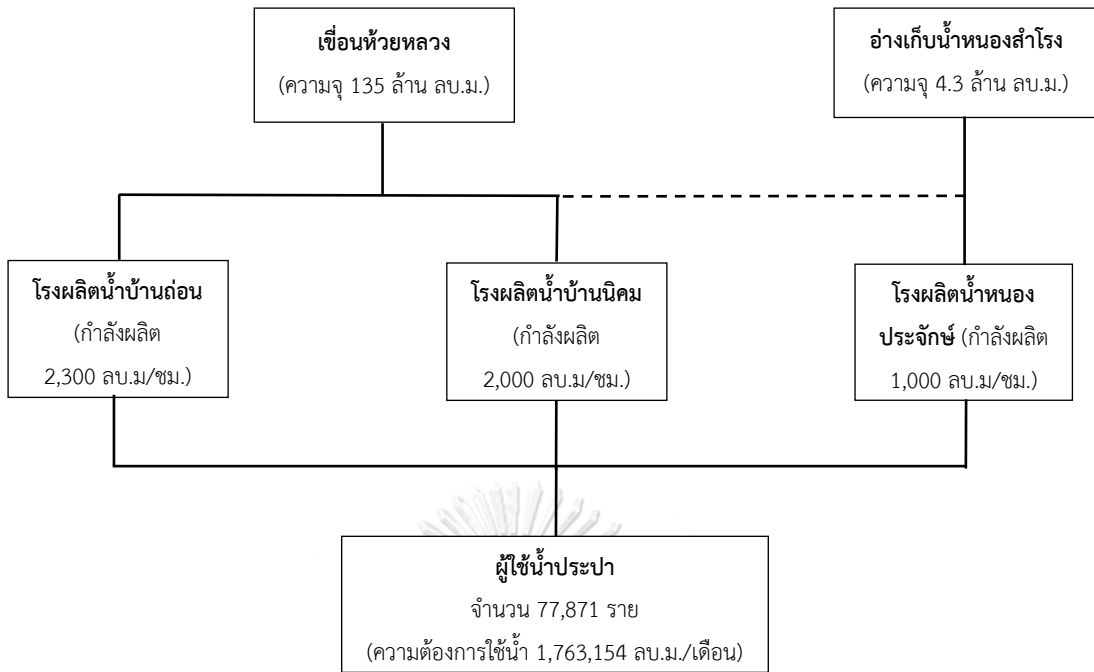


ภาพที่ 2-2 กราฟข้อมูลพื้นฐานของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี  
(การประปาส่วนภูมิภาค, 2562)

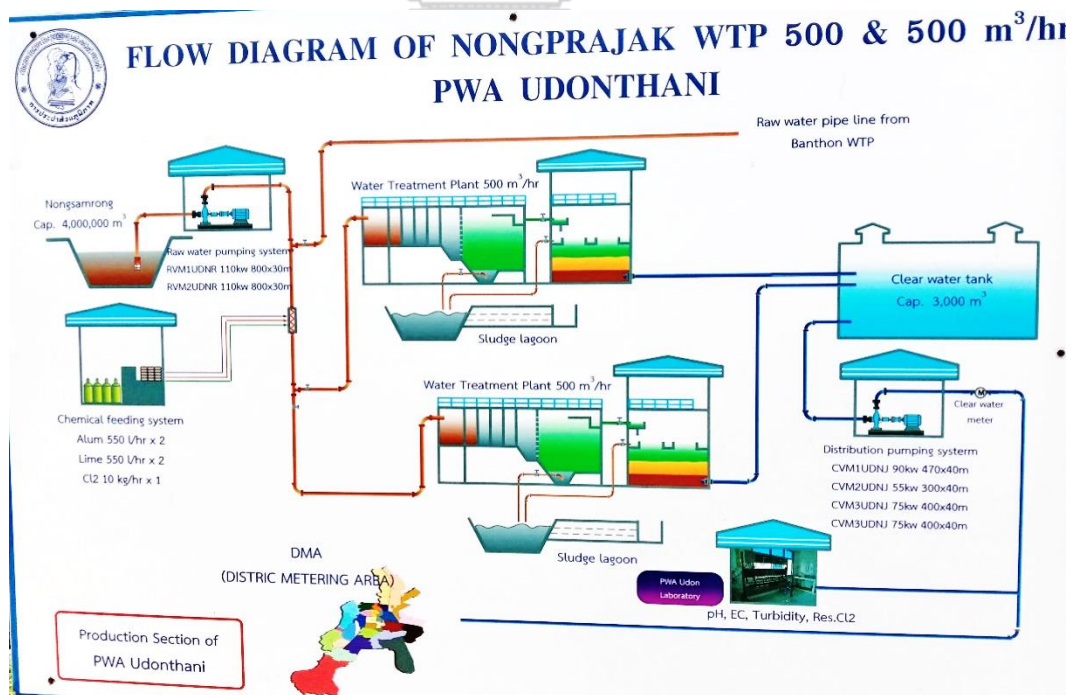
จากการภาพที่ 2-2 เป็นกราฟข้อมูลพื้นฐานของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีที่แสดงถึงจำนวนผู้ใช้น้ำ ปริมาณน้ำผลิต ปริมาณน้ำผลิตจ่าย และปริมาณน้ำจำหน่าย ตั้งแต่ พ.ศ. 2547 ถึง พ.ศ. 2561 พบว่าเส้นกราฟทั้ง 4 เส้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกๆ ปี

## 2.2 ข้อมูลระบบการผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

ภาพรวมระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีเป็นการผลิตน้ำประปาจากแหล่งน้ำดิบผิวดิน ได้แก่ เขื่อนห้วยหลวง มีความจุ 135 ล้านลูกบาศก์เมตร และอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง มีความจุ 4.3 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวงถูกสูบส่งมายังโรงผลิตน้ำประปา 2 โรงกรอง ได้แก่ โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน กำลังผลิต 2,300 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน กำลังผลิต 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ส่วนน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรงถูกสูบส่งมายังโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ กำลังผลิต 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรงมีปริมาณน้ำดิบไม่เพียงพอ โรงผลิตน้ำหนองประจักษ์จะใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวงทดแทน จากนั้นน้ำประปาที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปาทั้ง 3 โรงกรอง จะถูกส่งไปยังผู้ใช้น้ำประปาตามระบบจำหน่ายน้ำต่อไป ดังภาพที่ 2-3

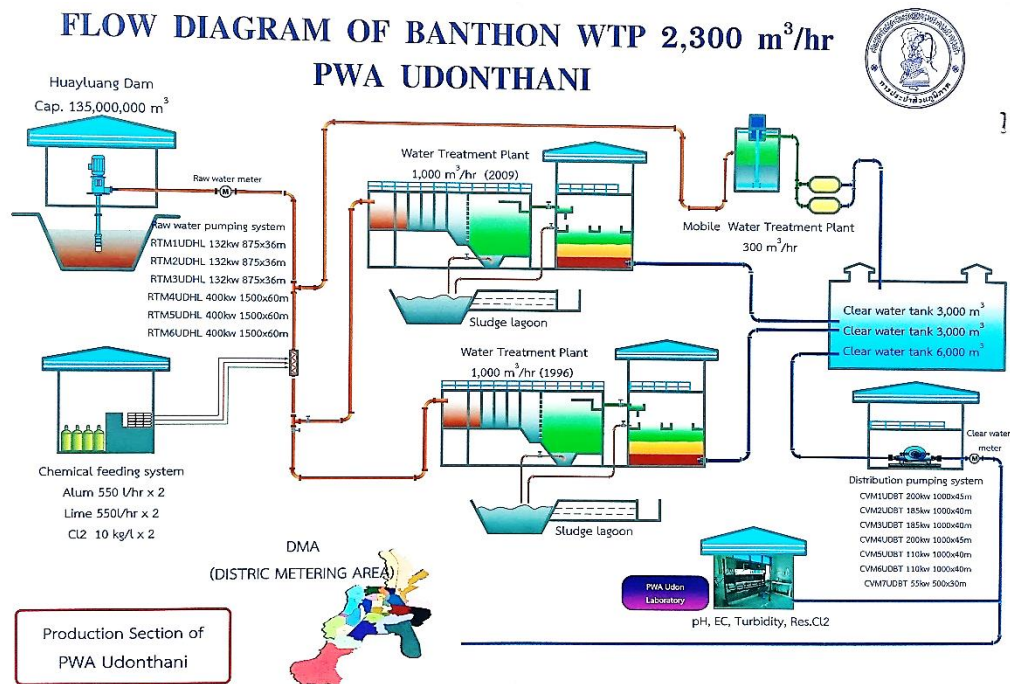


ภาพที่ 2-3 ภาพรวมระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี (การประปาส่วนภูมิภาค, 2562)



ภาพที่ 2-4 กระบวนการผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์





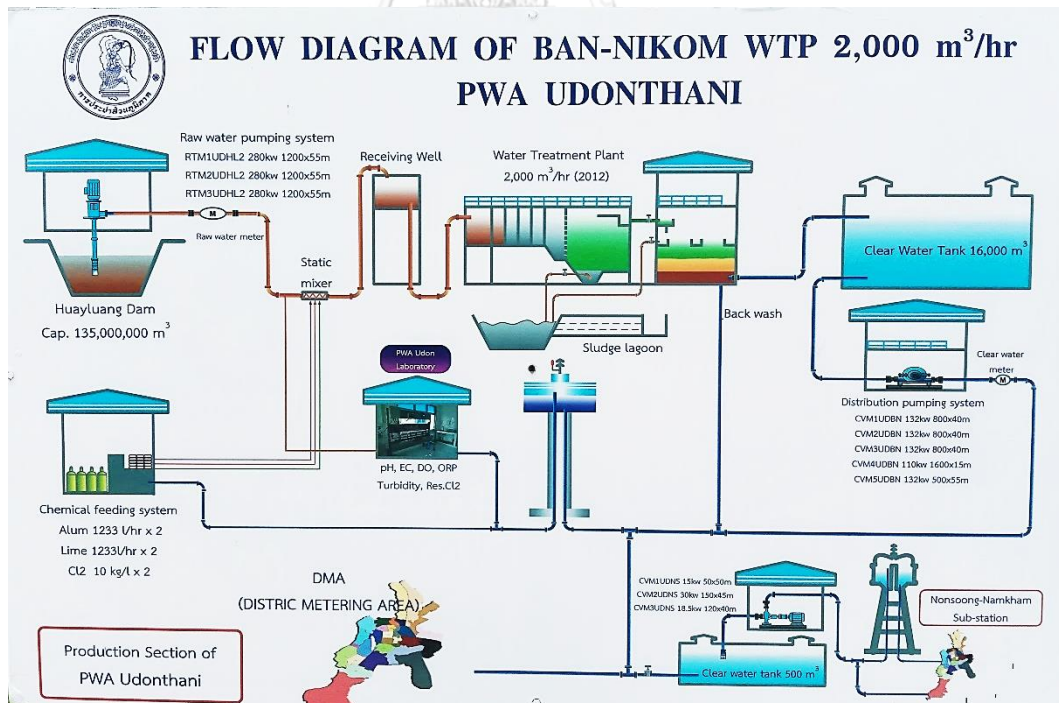
ภาพที่ 2-7 กระบวนการผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน



ภาพที่ 2-8 โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน



ภาพที่ 2-9 ตำแหน่งโรงผลิตน้ำบ้านนิคม  
(การประปาส่วนภูมิภาค, 2562)



ภาพที่ 2-10 กระบวนการผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำบ้านนิคม



CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 2-11 โรงผลิตน้ำบ้านนิคม

ระบบการผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีทั้ง 3 โรงผลิตน้ำประปา เป็นระบบประปาฝ้าดิน แบบ Conventional ประกอบด้วยกระบวนการ ดังนี้ (การประปาส่วนภูมิภาค, 2561)

- กวนเร็วในเส้นท่อ (In Line Static Mixer) เครื่องกวนเร็วในเส้นท่อ เป็นเครื่องกวนที่มีลักษณะพิเศษ คือ ไม่ต้องการพลังงานจากภายนอกในการกวนน้ำเลย เนื่องจากไม่มีชิ้นส่วนใดของอุปกรณ์ที่เคลื่อนไหว เป็นเพียงการใส่แผ่นครีปเข้าไปในเส้นท่อเพื่อให้น้ำที่ไหลผ่านเกิดการปั่นป่วน และผสมน้ำกับสารส้มเข้าด้วยกัน

- ถังกวนช้าแบบใช้แผงกั้น (Baffle Channel Flocculator) การกวนน้ำช้าๆ อย่างนุ่มนวลเพื่อให้เม็ดตะกอนสัมผัสกับคอลลอยด์และอนุภาคของสารปนเปื้อนในน้ำสามารถทำได้โดยการบังคับให้น้ำไหลกวนและคดเคี้ยวไปมาด้วยแผงกั้นน้ำ (Baffle) การกวนน้ำเกิดขึ้นเมื่อน้ำถูกบังคับให้ไหลกลับทิศทางอ้อมผ่านปลายแผงกั้นและไหลไปตามช่องทางไหลที่กำหนด ถังกวนช้าแบบใช้แผงกั้นที่ใช้งานกันทั่วไป จะเป็นแบบที่มีทิศทางการไหลในแนวราบมากกว่าแบบที่มีทิศทางการไหลในแนวตั้ง เนื่องจากมีความสะดวกในการดูแลรักษา สามารถทำความสะอาดได้ง่ายและสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานด้วยการเพิ่มหรือลดแผงกั้นน้ำในถังได้ง่าย
- ถังตกตะกอน (Sedimentation) แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีลักษณะยาวและแคบน้ำจะไหลเข้าที่ปลายด้านหนึ่งของถังและไหลตามความยาวของถัง ส่วนรับน้ำเข้าถังอาจจะมีผนังหรือกำแพงกระจายน้ำ (Diffusion Wall) เพื่อช่วยลดความเร็วในการไหลและกระจายน้ำให้ไหลเข้าถังอย่างทั่วถึงตลอดหน้าตัดของถังน้ำไหลในแนวราบไปตามความยาวของถังตรงไปยังรางรับน้ำที่อยู่อีกด้านหนึ่งของถัง ซึ่งควบคุมระดับน้ำและอัตราการระบายน้ำออกจากถังด้วยฝายรูปตัววีหรือช่องเปิดที่ติดตั้งตามความยาวรางรับน้ำด้วยความเร็วในการไหลที่เหมาะสม เม็ดตะกอนจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางการไหลของน้ำและเคลื่อนที่ลงในแนวตั้งตามแรงโน้มถ่วงของโลก ตกลงสู่ก้นถังในที่สุด จะมีเฉพาะน้ำใสที่ไหลออกไปยังรางรับน้ำ ความยาวรวมของรางรับน้ำออกจะต้องมากพอที่จะทำให้น้ำไหลออกมาจากถังด้วยความเร็วตามที่กำหนดไว้ อาจมีการติดตั้งกลไกสำหรับกวาดตะกอนบริเวณก้นถังเพื่อระบายทิ้งด้วย
- ถังแบบสองชั้นกรอง (Dual Media) เพื่อเป็นการแก้ปัญหาการอุดตันเร็วของการใช้ชั้นกรอง ทราขขนาดเดียว จึงได้นำสารกรองที่มีขนาดเม็ดโตกว่า แต่มีน้ำหนักเบาเข้ามาใช้ร่วมกัน ซึ่งจะแก้ปัญหการเรียงตัวของชั้นกรองหลังจากการล้างย้อนได้ เนื่องจากมีความแตกต่างของค่าความถ่วงจำเพาะของสารกรอง ทราขกรองที่มีขนาดเม็ดเล็กกว่า แต่มีน้ำหนักมากกว่าจะตกลงมาเรียงตัวอยู่ชั้นล่างเสมอ วิธีนี้จะทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากชั้นกรองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเม็ดตะกอนขนาดใหญ่จะถูกดักไว้ก่อน ส่วนเม็ดตะกอน ความขุ่นที่มีขนาดเล็กที่ผ่านลงมาได้จะถูกกรองไว้ในชั้นทรายที่อยู่ลิกลงไป สารกรองที่ใช้คือ ชั้นบนเป็นถ่านหินแอนทราไซต์ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.45-1.55 ขนาดเม็ดเฉลี่ย 1.0 มิลลิเมตร ความหนาที่ใช้ประมาณ 0.4-0.75 เมตร ชั้นล่างใช้ทรายกรองมี

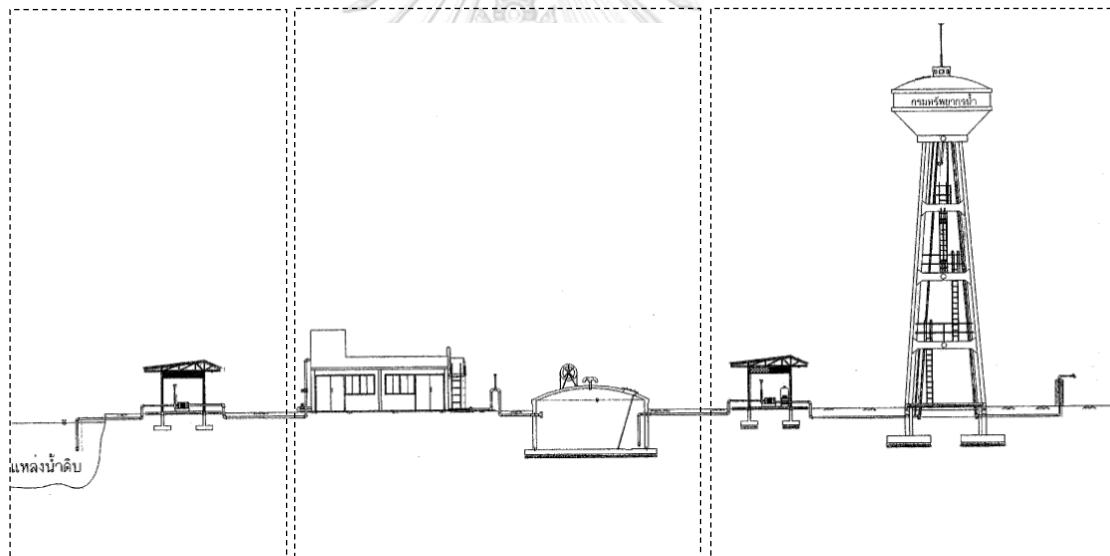


ค่าความถ่วงจำเพาะ 2.65 ขนาดเม็ดเฉลี่ย 0.5 มิลลิเมตร ความหนาที่ใช้ประมาณ 0.15-0.30 เมตร ข้อดีของการใช้การกรองแบบสองชั้นกรอง คือ สามารถใช้อัตราการกรองที่สูงขึ้นได้ เติลระบบกรองได้นานขึ้น ลดค่าใช้จ่ายในการล้างถังและสามารถปรับใช้กับถังกรองเดิมได้ง่าย

- ระบบฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญที่สุดในกระบวนการผลิตน้ำประปา เพื่อให้ได้น้ำประปาที่สะอาดปราศจากเชื้อโรค เหมาะแก่การอุปโภคบริโภคอย่างแท้จริง สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรคในระบบประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี คือ คลอรีนเหลว

## 2.3 กระบวนการผลิตน้ำประปา

### 2.3.1 องค์ประกอบของระบบประปา



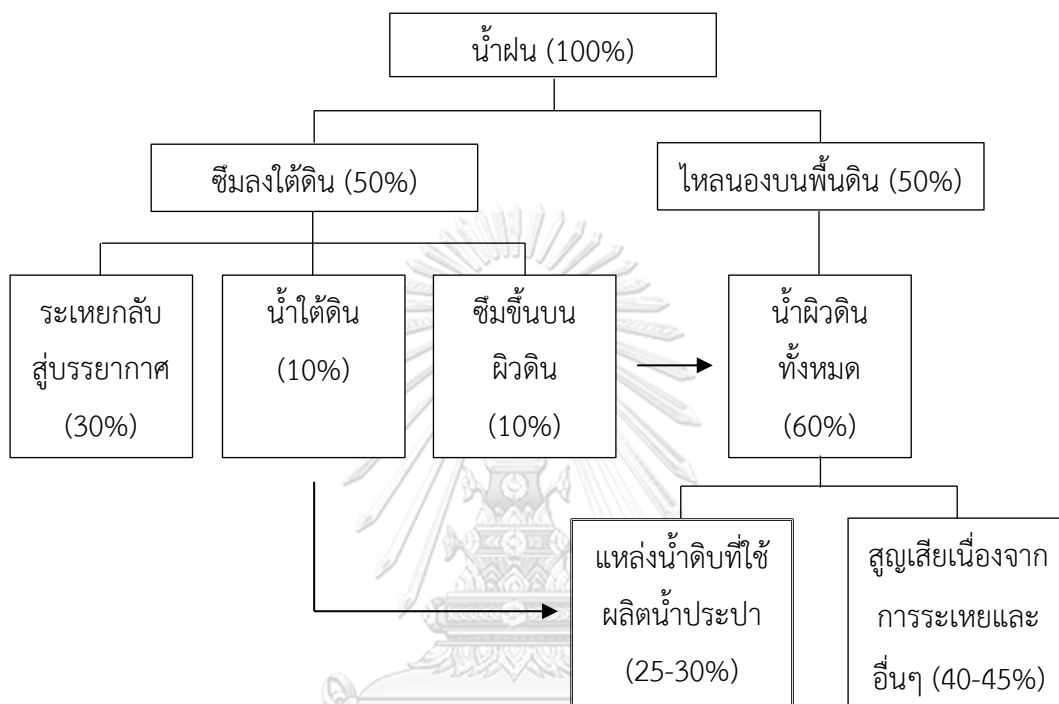
ภาพที่ 2-12 องค์ประกอบหลักๆ ของระบบประปา

(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2546)

จากภาพที่ 2-12 องค์ประกอบหลักๆ ของระบบประปา ประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ (มันสัน ตันจตุลเวศม์, 2542) ดังนี้

2.3.1.1 แหล่งน้ำดิบ (Raw Water source) มาจาก 2 แหล่งหลักๆ ได้แก่ แหล่งน้ำใต้ดิน และแหล่งน้ำผิวดิน สำหรับแหล่งน้ำใต้ดินเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดิน ซึ่งมีบางส่วนที่ซึมลงไปชั้นดินต่างๆ ของดินจนถึงชั้นดินที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ (Impervious Strata) และน้ำจะขังอยู่ในชั้น

ดินนั้น ส่วนแหล่งน้ำผิวดินเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินแล้วไหลจากพื้นที่สูงลงสู่พื้นที่ต่ำตามลำธาร คู คลอง แม่น้ำ และอ่างเก็บน้ำ ดังนั้น แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปามีอยู่ประมาณร้อยละ 25 ถึง 30 ของปริมาณน้ำฝน ซึ่งมาจากแหล่งน้ำผิวดินประมาณร้อยละ 15 ถึง 20 ของปริมาณน้ำฝน และ จากแหล่งน้ำใต้ดินประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำฝน ดังภาพที่ 2-13



ภาพที่ 2-13 แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาที่ได้จากน้ำฝน  
(มันสิน ตันฑุลเวศม์, 2542)

2.3.1.2 ระบบผลิตน้ำประปา (Water Treatment Plant) กระบวนการผลิตน้ำประปาขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบและน้ำประปาที่ต้องการ ซึ่งสามารถแบ่งกระบวนการผลิตน้ำประปา ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

ก) ประเภทการกำจัดสารแขวนลอย ได้แก่ กระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) กระบวนการตกตะกอน (Sedimentation) และกระบวนการกรองน้ำ (Filtration)

ข) ประเภทการกำจัดสารละลาย ได้แก่ กระบวนการการตกผลึก (Precipitation) กระบวนการดูดซับ (Adsorption) กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) กระบวนการเมมเบรน (Membrane Processes)

ค) ประเภทฆ่าเชื้อโรค ได้แก่ การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Chlorin) ด้วยแก๊สโอโซน (Ozon) ด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet Light)

น้ำดิบที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปาทั้ง 3 ประเภท จะได้น้ำประปาที่มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของการประปาส่วนภูมิภาค ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization ; WHO) ค.ศ. 2011 โดยมีเกณฑ์ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำประปาทางด้านกายภาพ ด้านเคมี ด้านจุลชีววิทยา ด้านสารเป็นพิษ ด้านสารเคมีที่ใช้ป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ด้านไตรฮาโลมีเทน และด้านสารกัมมันตภาพรังสี ตามภาคผนวก ค

2.3.1.3 ระบบขนส่งน้ำ (Transmission System) กระบวนการขนส่งน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบไปยังระบบผลิตน้ำประปา (Water Treatment Plant) ด้วยแบบรางเปิด (Open Channel) หรือแบบท่อปิดภายใต้แรงดัน (Pressure Pipe) นอกจากนี้ระบบขนส่งน้ำยังส่งน้ำประปาจากระบบผลิตน้ำประปาไปยังผู้ใช้น้ำประปา

2.3.1.4 ระบบแจกจ่ายน้ำ (Distribution System) กระบวนการแจกจ่ายน้ำประปาไปยังผู้ใช้น้ำประปาที่อาศัยในชุมชนหรือเขตเมืองนั้น ซึ่งขนาดท่อของระบบแจกจ่ายน้ำจะมีขนาดเล็กกว่าระบบขนส่งน้ำมาก

## 2.3.2 มาตรฐานแหล่งน้ำดิบผิวดิน

ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน โดยประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ซึ่งได้แบ่งประเภทของแหล่งน้ำผิวดินตามลักษณะการใช้ประโยชน์ ออกเป็น 5 ประเภท (กรมควบคุมมลพิษ, 2562) ดังนี้

2.3.2.1 ประเภทที่ 1 แหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำตามสภาพของธรรมชาติ โดยไม่มีการปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถใช้น้ำประปาสำหรับการอุปโภค บริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน และการอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำ

2.3.2.2 ประเภทที่ 2 แหล่งน้ำที่มีการปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถใช้น้ำประปาสำหรับการอุปโภค บริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง และการว่ายน้ำ กีฬาทางน้ำ

2.3.2.3 ประเภทที่ 3 แหล่งน้ำที่มีการปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถใช้ประโยชน์สำหรับการอุปโภค บริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และการเกษตร

2.3.2.4 ประเภทที่ 4 แหล่งน้ำที่มีการปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถใช้ประโยชน์สำหรับการอุปโภค บริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และการอุตสาหกรรม

2.3.2.5 ประเภทที่ 5 แหล่งน้ำที่มีการปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถใช้ประโยชน์สำหรับการคมนาคม การขนส่งเท่านั้น ซึ่งมีคุณภาพน้ำต่ำกว่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 4

จากการแบ่งประเภทของแหล่งน้ำดิบผิวดิน ออกเป็น 5 ประเภท สามารถพิจารณาจากเกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบผิวดินแต่ละประเภท ตามภาคผนวก ก

### 2.3.3 มาตรฐานน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา

ในการเลือกและการพิจารณาแหล่งน้ำดิบมีความสำคัญมากต่อความยากง่ายในการผลิตน้ำประปา หากเลือกแหล่งน้ำดิบที่มีคุณภาพน้ำที่ดี มีความสกปรกหรือมลทินน้อยที่สุด จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตน้ำประปาและประหยัดค่าใช้จ่ายในการควบคุม การบำรุงรักษา การติดตามดูแลระบบผลิตน้ำประปา (มันสิน ตัญกุลเวศม์, 2542) โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) และกรมอนามัยได้กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดิบชั้นต่ำของแหล่งน้ำดิบผิวดินที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือก การพิจารณาการใช้แหล่งน้ำดิบผิวดินที่เหมาะสมสำหรับใช้ผลิตน้ำประปา (ทวีศักดิ์ วั่งไพศาล, 2557) ตามภาคผนวก ข

ในงานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลมาจากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุตรธานี ซึ่งได้ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบของแหล่งน้ำดิบผิวดิน ทั้งหมด 7 พารามิเตอร์ ได้แก่

2.3.3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (Positive potential of the hydrogen ions ; pH) เป็นค่าที่แสดงให้ทราบว่าน้ำมีความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งจะทำให้การวัดปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) ที่มีอยู่ในน้ำ ณ เวลานั้น ระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 14 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำกว่า 7 แสดงว่าน้ำมีสมบัติเป็นกรด ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงกว่า 7 แสดงว่าน้ำมีสมบัติเป็นเบส หากค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7 แสดงว่าน้ำมีสมบัติเป็น

กลาง ดังนั้น การประปาส่วนภูมิภาคได้กำหนดค่าเกณฑ์มาตรฐานของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 8.5

2.3.3.2 ความขุ่น (Turbidity) เกิดจากสารแขวนลอยในน้ำ อาทิเช่น ดินเหนียว สาหร่าย เซลล์เดียว ที่มีขนาดของอนุภาคขนาดเล็กมากๆ เรียกว่า คอลลอยด์ ซึ่งทำให้เกิดการหักเหของแสง หรือการกระเจิงแสง ทำให้มองเห็นน้ำมีลักษณะขุ่น ซึ่งเป็นปัจจัยเบื้องต้นในการตัดสินใจอุปโภค บริโภคน้ำ ในปัจจุบันนิยมใช้วิธี Nephelometric Turbidimeter เป็นเครื่องมือวัด โดยมีหน่วยเป็น Nephelometric Turbidity Units (NTU)

2.3.3.3 สี (Color) สีในน้ำตามธรรมชาติแบ่งได้ 2 ชนิด ได้แก่ สีจริง คือสีที่ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกับน้ำอยู่ในรูปของสารละลาย สีปรากฏ คือ สีของน้ำที่เกิดจากสารแขวนลอยหรือคอลลอยด์ที่อยู่ในน้ำ สามารถกำจัดได้โดยใช้วิธีการกรอง การตกตะกอน

2.3.3.4 กลิ่น (Odour) เกิดจากก๊าซต่างๆ ที่ละลายในน้ำ อาทิเช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไข่เน่า แร่ธาตุต่างๆ อาทิเช่น เกลือคลอไรด์ เหล็ก คาร์บอนेट จุลชีพต่างๆ สารอินทรีย์ต่างๆ อาทิเช่น สาหร่าย

2.3.3.5 ค่าความนำไฟฟ้า (Electric Conductivity) เป็นค่าบ่งบอกถึงความสามารถของ ตัวอย่างน้ำในการเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้า โดยสื่อนำกระแสไฟฟ้าในน้ำ คือ ไอออนบวกและลบของแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งมีหน่วยเป็นไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร (Micromhos/cm ;  $\mu\text{mhos/cm}$ ) หรือไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร (Microsiemen/cm ;  $\mu\text{S/cm}$ ) ซึ่งค่าสภาพนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับ ปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำ (Total Dissolved Solids ; TDS) มากทีเดียว โดยความสัมพันธ์จะเปลี่ยนแปลงเมื่อน้ำเปลี่ยนจากความเข้มข้นน้อยไปความเข้มข้นมาก โดยค่าความนำไฟฟ้าหรือค่า ปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำมีความสำคัญเกี่ยวกับการกัดกร่อน ถ้าค่าค่าความนำไฟฟ้าหรือค่า ปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการกัดกร่อนรุนแรงมากยิ่งขึ้น (เกรียงศักดิ์ อุทมนสินโรจน์, 2557)

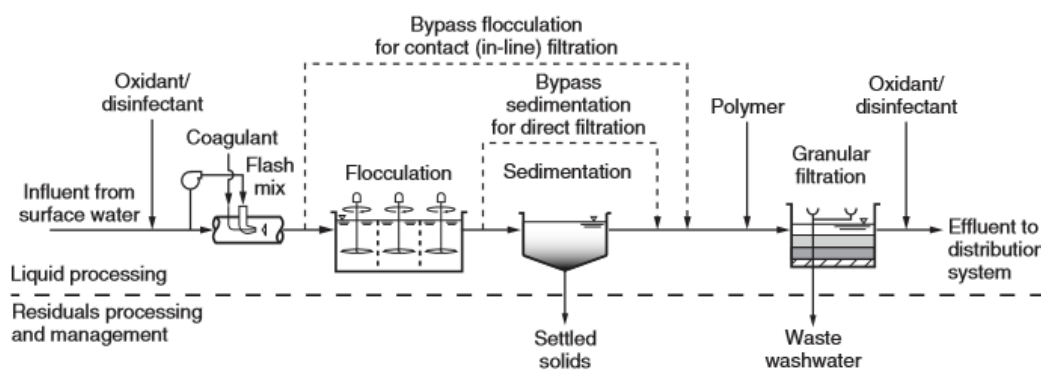
2.3.3.6 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen ; DO) เป็นค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ออกซิเจนในน้ำจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ ถ้าน้ำมีค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงในระดับอิ่มตัวแสดงว่าน้ำมีความสะอาด แต่น้ำมีค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำในระดับอิ่มตัวแสดงว่าน้ำมีความสกปรก ออกซิเจนละลายน้ำจะส่งผลต่อการกัดกร่อนของระบบท่อและส่วนประกอบต่างๆ

(ทวิศักดิ์ วังไพศาล, 2557) ดังนั้น การประปาส่วนภูมิภาคได้กำหนดค่าเกณฑ์มาตรฐานของค่าออกซิเจนละลายน้ำ เท่ากับ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.3.3.7 คุณสมบัติของออกซิไดซ์ความสะอาดในน้ำ (Oxidation Reduction Potential ; ORP) เป็นค่าที่แสดงถึงระดับความสามารถในการเกิดออกซิเดชันและการเกิดรีดักชัน หากค่า ORP ลดลง (เป็นลบ) จะทำให้ความสามารถในการรีดักชัน (ต้านอนุมูลอิสระ) มีค่าสูง แต่หากค่า ORP สูงขึ้น (เป็นบวก) จะทำให้ความสามารถในการออกซิเดชันมีค่าสูง โดยทั่วไปแล้ว ORP จะวัดในหน่วย มิลลิโวลต์ (mV)

### 2.3.4 กระบวนการการผลิตน้ำประปาสำหรับน้ำดิบผิวดิน

แหล่งน้ำผิวดินที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา ส่วนใหญ่จะมาจากอ่างเก็บน้ำ แม่น้ำ ลำคลอง หนองและบึง ซึ่งคุณภาพน้ำดิบผิวดินจะมีความขุ่น สี และสารอินทรีย์สูง นอกจากนี้อาจจะมีสารพิษปนเปื้อน ได้แก่ โลหะหนัก ไนเตรต ฟอสเฟต เกิดจากน้ำดิบที่ไหลนองบนพื้นดิน จากพื้นที่การเกษตร และอื่นๆ ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำประปาสำหรับน้ำดิบผิวดิน ประกอบด้วยกระบวนการพื้นฐาน (ทวิศักดิ์ วังไพศาล, 2557) ดังนี้



ภาพที่ 2-14 ไดอะแกรมกระบวนการผลิตน้ำประปาทั่วไป

(Crittenden และคณะ, 2012)

2.3.4.1 กระบวนการโคแอกกูเลชันหรือสร้างแกนตะกอน (Coagulation) กระบวนการที่ทำให้อนุภาคความขุ่นของน้ำสูญเสียเสถียรภาพ โดยการเติมสารเคมี (สารส้ม) ลงไปในน้ำและผสมกันอย่างรวดเร็วและทั่วถึง จนเกิดเป็นเม็ดตะกอนขนาดเล็กหรือฟล็อก (Floc) ซึ่งสารส้มจะทำปฏิกิริยาเคมีในน้ำและจับตัวกับอนุภาคความขุ่นจนเกิดเป็นแกนตะกอนขึ้น

2.3.4.2 กระบวนการฟลอคคูเลชันหรือการรวมตะกอน (Flocculation) กระบวนการที่ทำให้เกิดการรวมตัวของตะกอนขนาดเล็กหรือฟลอค (Floc) ด้วยวิธีการกวนน้ำอย่างช้าๆ และนานเพียงพอจนทำให้ได้ตะกอนขนาดใหญ่พอที่จะสามารถตกตะกอนออกจากน้ำได้ง่ายขึ้น

2.3.4.3 กระบวนการตกตะกอน (sedimentation) กระบวนการของตะกอนขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมากกว่าน้ำค่อยๆ ตกตะกอนลงสู่พื้นถึงตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วงของโลก ทำได้โดยการควบคุมความเร็วการไหลของน้ำภายในถังตกตะกอน ซึ่งน้ำที่ออกจากถังตกตะกอนจะสังเกตได้ว่าเป็นน้ำที่มีความใสอย่างชัดเจน แต่อาจจะมีตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กหลงเหลืออยู่

2.3.4.4 กระบวนการกรอง (Filtration) กระบวนการที่นำน้ำที่ออกจากถังตกตะกอน ซึ่งอาจจะมีตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กหลงเหลืออยู่ โดยไหลผ่านชั้นกรองหรือสารกรองภายในถังกรอง ได้แก่ ชั้นทรายกรองธรรมชาติที่มีการคัดขนาดแล้ว ชั้นกรวด และอาจจะใช้ถ่านหรือสารกรองอื่นๆ อาทิเช่น ถ่านอินทราไซด์ มาช่วยในการกำจัดกลิ่นและรสชาติที่อยู่ในน้ำ ซึ่งน้ำที่ออกมาจากถังกรองจะมีความใสอย่างชัดเจนและปราศจากตะกอนแขวนลอยด้วย

2.3.4.5 กระบวนการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) กระบวนการขั้นสุดท้ายของการผลิตน้ำประปา ซึ่งเป็นกระบวนการฆ่าเชื้อโรค มีวิธีการหลากหลายแบบ อาทิเช่น การใช้แก๊สคลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ แก๊สโอโซน แสงอัลตราไวโอเลต การใช้ความร้อน ซึ่งแต่ละวิธีการก็มีความเหมาะสมและข้อจำกัดในการนำไปใช้ในการผลิตน้ำประปา ในประเทศไทยนิยมใช้แก๊สคลอรีน เนื่องจากมีประสิทธิภาพคงตัวอยู่ในน้ำได้นานและราคาถูก

### 2.3.5 กระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation)

กระบวนการโคแอกกูเลชันเป็นวิธีการรวบรวมตะกอนของแข็งแขวนลอยในน้ำให้เป็นตะกอน (Floc) ที่สามารถตกตะกอนได้ ของแข็งแขวนลอยทั่วไปในน้ำโดยมากมีประจุลบ ทำให้ต้องใช้เกลือของสารโลหะมีประจุ +3 (เหล็กหรืออะลูมิเนียม) เพื่อทำให้เกิดการเกาะจับกันจนเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ที่เรียกว่า ฟลอค (Floc) ทำให้ตกตะกอนได้ง่าย โดยกระบวนการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดความขุ่นในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ กำจัดสีทั้งสีแท้และสีปรากฏ กำจัดเชื้อโรคและจุลินทรีย์ต่างๆ กำจัดสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นและรส กำจัดฟอสฟอรัส (เกรียงศักดิ์ อุตมสินโรจน์, 2557)

กระบวนการโคแอกกูเลชันเป็นการเตรียมน้ำก่อนเข้าถังตกตะกอนและถังกรอง ตามลำดับ จึงมีหน้าที่ที่สำคัญในการกำจัดสารต่างๆ ที่มีขนาดเล็กที่อยู่ในน้ำ นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนให้ดียิ่งขึ้น (มันสิน ตันกุลเวศม์, 2542)

2.3.5.1 การทำให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ รวมตัวและจับตัวเป็นฟล็อก (Floc) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

การทำลายเสถียรภาพ (Destabilization) ของอนุภาคคอลลอยด์ ขึ้นอยู่กับแรงผลักและแรงดูดระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ ซึ่งแรงผลักเกิดจากศักย์ไฟฟ้าซึ่งชักนำโดยประจุไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์ ส่วนแรงดูดระหว่างอนุภาค (van der Waals) ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของอนุภาคขนาดเล็กและของโมเลกุล อนุภาคคอลลอยด์มีความเสถียรภาพต้องแรงดูดน้อยกว่าแรงผลัก หากอนุภาคคอลลอยด์ไม่มีความเสถียรภาพและไม่สามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ต้องมีแรงดูดมากกว่าแรงผลัก ดังนั้น กลไกในการทำลายความเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ต้องอาศัยกลไก 4 วิธี ดังนี้

(ก) การลดความหนาของชั้นกระจาย (Diffuse Layer) เนื่องจากมีประจุบวกเข้าไปอ้อยู่ใกล้ผิวของอนุภาคคอลลอยด์เพิ่มขึ้น ทำให้อำนาจของประจุลบของอนุภาคไม่สามารถส่งออกไปได้ไกลเต็ม ทำให้ชั้นกระจายมีความหนาลดลงและทำให้ซีตาโพเทนเชียลลดลงตามไปด้วย

(ข) การดูดติดและทำลายประจุไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์ (Adsorption) หรือกลไกแบบดูดติดผิว ถ้าสารเคมีบางหมู่มีประจุไฟฟ้าตรงกันข้ามกับประจุของคอลลอยด์ การดูดติดผิวจะมีผลในการทำให้ลดอำนาจศักย์ไฟฟ้าและทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ ซึ่งมีความแตกต่างกับกลไกแบบการลดความหนาของชั้นกระจาย 3 อย่าง ได้แก่

กลไกแบบดูดติดผิวต้องการอิออนต่างชนิดน้อยกว่ากลไกแบบการลดความหนาของชั้นกระจาย

กลไกแบบดูดติดผิวปริมาณของโคแอกกูแลนซ์ที่ใช้เพิ่ม-ลดตามการเพิ่ม-ลดของปริมาณอนุภาคคอลลอยด์ เรียกว่า เป็นสตอยชิโอเมตริก ส่วนกลไกแบบการลดความหนาของชั้นกระจายไม่เป็นสตอยชิโอเมตริก

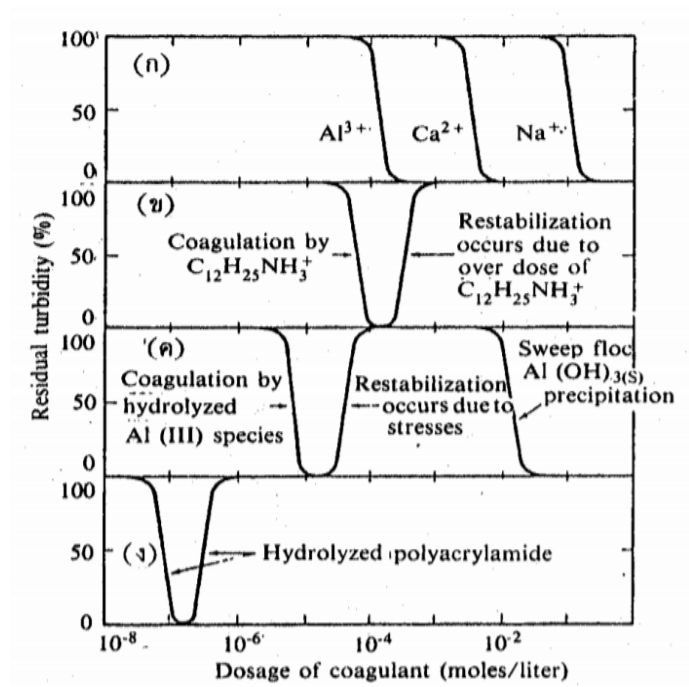
กลไกแบบดูดติดผิวสามารถเปลี่ยนประจุของอนุภาคคอลลอยด์ให้เป็นตรงกันข้ามกับของเดิม ทั้งนี้โดยการใช้โคแอกกูแลนซ์มากเกินไป ส่วนกลไกแบบการลดความหนาของชั้นกระจายไม่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนประจุเป็นตรงกันข้ามได้

(ค) การห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ไว้ในผลึกสารประกอบที่สร้างขึ้น (Swap Flocculation) เป็นการเติมโคแอกกูแลนซ์ อาทิเช่น สารส้ม เพอร์ริคคอลไรด์ แมกนีเซียมคาร์บอเนต และปูนขาว ลงไปในน้ำที่ปริมาณที่พอเพียงสำหรับการตกผลึกอย่างรวดเร็ว อนุภาคคอลลอยด์อาจจะเป็นแกนในผลึก เพื่อทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้นและอาจจะจับตัวกัน ซึ่งถือว่าการเพิ่มน้ำหนักรวม



ขนาดให้กับอนุภาคคอลลอยด์ ส่งผลต่อการสูญเสียเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์และส่งผลต่อการตกตะกอน

(ง) การใช้สารอินทรีย์โพลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อมอนุภาคคอลลอยด์ (Polymer Bridging) เมื่อใส่โพลิเมอร์ลงไปใต้น้ำจะให้ก้อนจำนวนมากเพื่อเกาะจับกับอนุภาคคอลลอยด์และยังมีแขนเชื่อมติดกับอนุภาคคอลลอยด์ตัวอื่นๆ เพื่อทำให้เกิดฟล็อก (Floc) (พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ, 2550)



ภาพที่ 2-15 การเปรียบเทียบปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่ใช้ในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วยกลไกต่างๆ

(มันสิน ตันทุลเวศม์, 2542)

การสร้างสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคคอลลอยด์เพื่อให้เกิดการรวมตัวกันหรือเกิดฟล็อกคูลชัน มีวิธีการสร้างสัมพันธ์ให้กับอนุภาคต่างๆ มีหลายวิธี ดังนี้

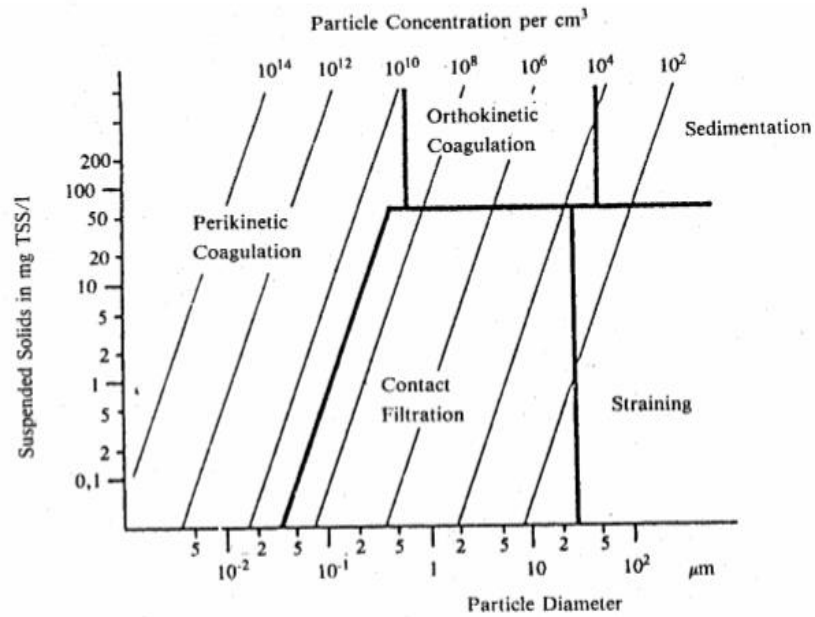
เทคนิคแบบออร์โธไคเนติก (Orthokinetic Flocculation) เป็นวิธีธรรมดาที่นิยมใช้มากที่สุด สามารถใช้กับอนุภาคคอลลอยด์ที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.1 ถึง 1 ไมครอน และความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นเทคนิคคววน้ำให้เคลื่อนที่ในลักษณะที่ส่วนต่างๆ ของน้ำมีอัตราเร็วในการไหลแตกต่างกัน จึงทำให้เกิดการสัมผัสกัน ในทางปฏิบัติจะใช้ถังกวนช้า

เทคนิคแบบเพอริไคเนติก (Perikinetic Flocculation) เป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมสำหรับผลิตน้ำประปา เนื่องจากใช้เวลานานเกินไป สามารถใช้กับอนุภาคคอลลอยด์ที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ถึง 1 ไมครอน ซึ่งเป็นเทคนิคที่การเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ทำให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่ชนกันเองในโมเลกุลของน้ำ จึงทำให้อนุภาคสัมผัสกัน

เทคนิคการสัมผัสระหว่างอนุภาคที่เกิดขึ้นเนื่องจากการตกตะกอน (Sedimentation) ที่มีอัตราการตกตะกอนของแต่ละอนุภาคไม่เท่ากัน ซึ่งฟล็อกคูเลชันจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กับการตกตะกอน สามารถใช้กับอนุภาคคอลลอยด์ที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน และความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

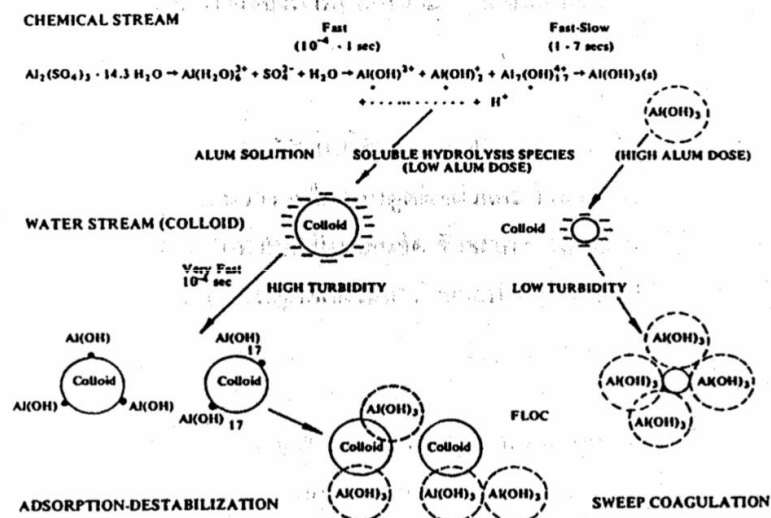
เทคนิคการกรองสัมผัส (Contact Function) เป็นวิธีการแก้ไขปัญหาคอนเทคนิคแบบออร์โธไคเนติก (Orthokinetic Flocculation) เนื่องจากโอกาสที่อนุภาคจะสัมผัสกันน้อยและเกิดขึ้นช้า ทำให้มีการใช้เครื่องกรองทรายแบบกรองเร็วหรือแบบ 2 ชั้นกรอง (ทรายและถ่านแอนทราไซต์) ช่วยในการสร้างฟล็อกคูเลชัน เนื่องจากชั้นกรองจะช่วยเพิ่มอัตราสัมผัสให้และบังคับให้อนุภาคเคลื่อนที่เข้ามาชิดกันด้วย สามารถใช้กับอนุภาคคอลลอยด์ที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.1 ถึง 1 ไมครอน และความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนอนุภาคคอลลอยด์ที่มีขนาดใหญ่ 3 ไมครอน ควรสารกรองที่มีขนาดใหญ่กว่าทราย

เทคนิคใช้อนุภาคที่จับตัวกันเป็นฟล็อกแล้ว เป็นเป้าสัมผัสให้กับอนุภาคใหม่สามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ บังคับให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่ผ่านชั้นสลัดจ์ (Sludge Blanker) ที่เกิดจากฟล็อกจับตัวกัน และการนำฟล็อกกลับคืนปผสมกับอนุภาคคอลลอยด์แล้วสร้างสัมผัสตามเทคนิคแบบออร์โธไคเนติก (Orthokinetic Flocculation) สามารถใช้กับอนุภาคคอลลอยด์ที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.1 ถึง 1 ไมครอน และความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทางปฏิบัติเป็นการใช้ถังตกตะกอนแบบโซลิดส์คอนแทคท์ (Solids Contact Clarifier)



ภาพที่ 2-16 เกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างสัมผัสระหว่างอนุภาคต่างๆ (มันสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542)

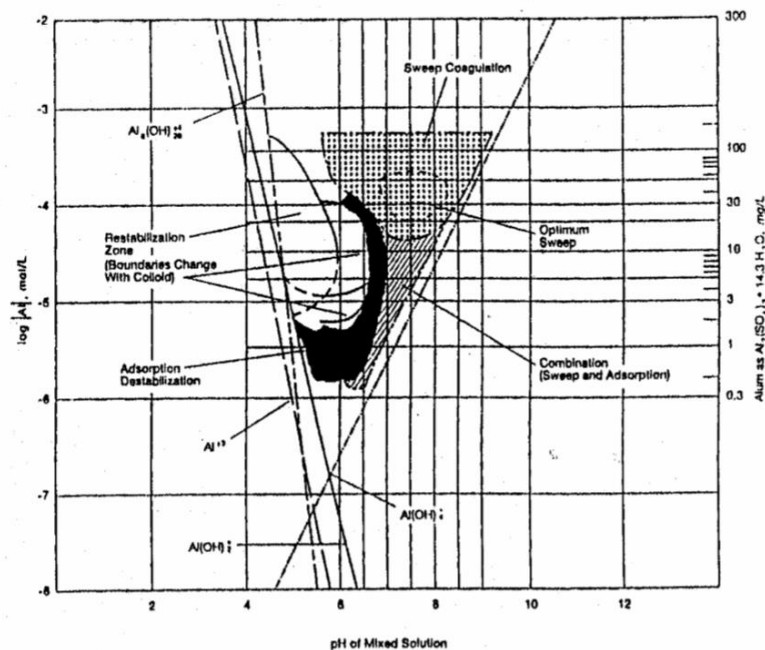
2.3.5.2 กลไกโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม เป็นการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์จนเกิดโคแอกกูเลชันได้ด้วยกลไก 2 วิธี ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของโคแอกกูแลนต์และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำหลังเกิดโคแอกกูเลชัน ได้แก่



ภาพที่ 2-17 กลไกในการสร้างโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มทั้ง 2 วิธี (มันสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542)

กลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ (Adsorption Destabilization) เกิดขึ้นเมื่อปริมาณสารส้มมีน้อยจนกระทั่งผลคูณของ  $(Al^{+3})$  และ  $(OH)^{-3}$  ต่ำกว่า  $K_{sp}$  และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) กลางๆ แต่ในทางปฏิบัติกลไกนี้ไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากกลไกนี้ต้องเกิดขึ้นและเสร็จสิ้นภายใน  $10^{-4} - 1$  วินาที

กลไกแบบห่อหุ้มอนุภาคด้วยผลึก (Sweep Coagulation) ในการทำโคแอกกูเลชัน ตัวนสารส้มของน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่จะเกิดกลไกนี้เป็นหลัก ซึ่งเกิดจากการสร้างผลึก  $Al(OH)_3$  มีลักษณะคล้ายปุย เมื่ออนุภาคคอลลอยด์สัมผัสกับผลึก  $Al(OH)_3$  ก็จะเกาะตัวจับอยู่บนผลึกนั้น เมื่อเกิดมากๆ จะได้ฟลอคขนาดใหญ่ที่ตกตะกอนได้ง่าย สารส้มที่ใช้ต้องปริมาณสูงพอจนทำให้ผลคูณของ  $(Al^{+3})$  และ  $(OH)^{-3}$  เกินกว่า  $K_{sp}$  และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 6 ถึง 7.5 จึงจะได้ผลดีที่สุด



ภาพที่ 2-18 ไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชัน (มันสิน ตันฑุลเวศม์, 2542)

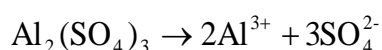
จากภาพที่ 2-18 จะพบว่าโคแอกกูเลชันด้วยกลไกแบบห่อหุ้มอนุภาคด้วยผลึก (Sweep Coagulation) จะได้ผลดีที่สุด (Optimal) ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.8 ถึง 8.2 และใช้สารส้ม 20 ถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ (Adsorption Destabilization) และแบบผสมทำให้เกิดโคแอกกูเลชันได้ด้วยสารส้มน้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.3.5.3 ส่วนประกอบของกระบวนการโคแอกกูเลชัน มีส่วนประกอบหลักๆ อยู่ 2 ส่วน ได้แก่ ถังกวนเร็ว (Rapid Mixing Tank) และถังกวนช้า (Flocculation Tank) สำหรับถังกวนเร็วมีหน้าที่

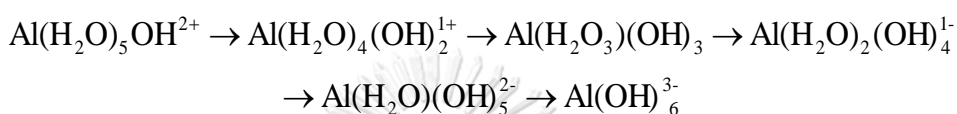
กระจายสารเคมีหรือสารโคแอกกูแลนต์ให้ไปส่วนต่างๆ ของน้ำได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึง เพื่อทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์หรือความขุ่นที่มีอยู่ในน้ำ โดยมีการเติมสารเคมีหรือสารโคแอกกูแลนต์ภายในถังกวนเร็ว อาทิเช่น สารส้ม (Alum) สารโพลีเมอร์ (Polymer) ในทางปฏิบัติถังกวนเร็วจะใช้ใบพัดแบบเทอร์โบ ใบพัดแบบใบเรือ (Propeller) ใบพัดแบบใบพายหรือแบน (Paddle) แต่ในระบบผลิตน้ำประปาขนาดกลางและใหญ่ จะนิยมใช้แบบไฮดรอลิกจัม (Hydraulic Jump) หรือออกแบบการกวนเร็วให้อยู่ภายในเส้นท่อ โดยใช้ Orifice พร้อมกับการใช้หัวฉีดสารเคมี หรือทำให้เป็นเกลียวติดภายในท่อ เรียกว่า Static Mixer หรือเป็นเครื่องบดแบบที่มีความเร็วสูง เรียกว่า In-Line Blender สำหรับการกวนน้ำ ส่วนถังกวนช้ามีหน้าที่สร้างสัมผัสให้กับอนุภาคคอลลอยด์หรือความขุ่น ซึ่งถูกทำลายเสถียรภาพแล้ว เพื่อให้ตะกอนขนาดเล็กรวมตัวกันให้ขนาดใหญ่พอสมควรหรือฟล็อก (Floc) ในทางปฏิบัติถังกวนช้าจะใช้ใบพัดหรืออาศัยแผ่นกั้นน้ำหลายๆ แผ่นสำหรับการกวนน้ำ

2.3.5.4 สารเคมีหรือสารโคแอกกูแลนต์ที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชัน ในปัจจุบันระบบผลิตน้ำประปาในประเทศไทยนิยมใช้สารเคมีหรือสารโคแอกกูแลนต์มากที่สุด ได้แก่ สารส้ม (Aluminium Sulfate) เป็นสารประกอบของอะลูมิเนียม รองลงมาคือ สารประกอบของเหล็ก อาทิเช่น  $\text{FeCl}_3$  นอกจากนี้ยังนิยมใช้โพลีอิเล็กโทรไลต์ (Polyelectrolyte) หรือโพลีเมอร์ (Polymer) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ เมื่อเติมสารเคมีหรือสารโคแอกกูแลนต์ลงในน้ำ ทำให้แตกตัวเป็นประจุบวกและประจุลบที่มีวาลเลนซ์สูง ประจุบวกทำปฏิกิริยากับ  $\text{OH}^-$  ทำให้เกิดคอลลอยด์ของสารประกอบโลหะไฮดรอกไซด์ที่มีประจุบวก แล้วไปจับตัวกับอนุภาคความขุ่นซึ่งมีประจุลบ ทำให้อนุภาคคอลลอยด์หรือความขุ่นกลายเป็นกลางซึ่งเสมือนการทำลายความเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์หรือความขุ่น

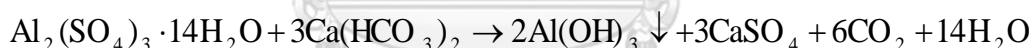
ในงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะสารส้ม (Aluminium Sulfate) (ทวีศักดิ์ วั่งไพศาล, 2557) สำหรับสารส้มมีสูตรทางเคมี คือ  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$  ซึ่งเป็นสารเคมีหรือสารโคแอกกูแลนต์ที่นิยมใช้ในระบบผลิตน้ำประปาในประเทศไทย เนื่องจากสามารถปรับใช้ได้ดีกับแหล่งน้ำดิบต่างๆ และราคาค่อนข้างถูก หาซื้อได้ง่าย สำหรับการใส่สารส้มในกระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถอธิบายได้ ดังนี้ เมื่อสารส้มละลายอยู่ในน้ำจะมีการแตกตัวของไอออน ดังสมการ



สารส้มที่ละลายในน้ำแตกตัวได้เป็นโลหะอลูมิเนียมที่มีประจุ +3 รวมอยู่กับน้ำในรูปของ  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$  เรียกไอออนที่ประกอบด้วยโลหะและน้ำว่า Aquametal Ion เรียกโมเลกุลของน้ำว่า Ligand เนื่องจาก  $\text{Al}^{3+}$  มีอำนาจเป็นกรดที่สามารถให้  $\text{H}^+$  จึงพร้อมที่จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ดังสมการ



ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เกิดขึ้นต่อเนื่อง โดยโมเลกุลของน้ำจะถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล ( $\text{OH}^-$ ) จนกลายเป็นประจุลบ ซึ่งไม่สามารถช่วยในกระบวนการโคแอกกูเลชันได้ เนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์หรือความขุ่นเป็นประจุลบ จะเห็นได้ว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะได้  $\text{H}^+$  เพิ่มขึ้น จึงทำให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำลดลง ดังนั้น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจะเกิดขึ้นได้เมื่อน้ำต้องมีค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) อย่างเพียงพอ เพื่อมาจับตัวกับ  $\text{H}^+$  ที่เกิดขึ้น

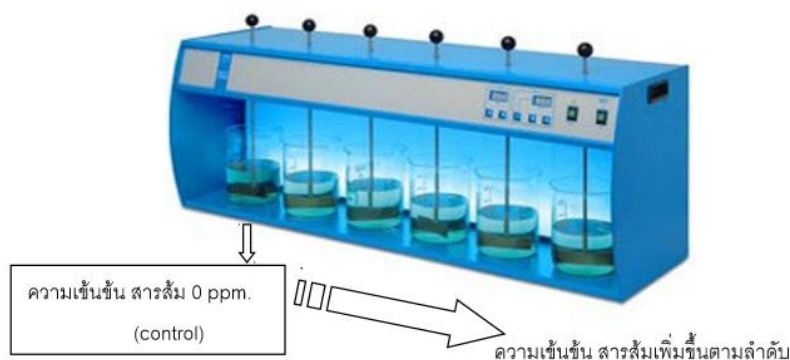


จากสมการข้างต้นเป็นปฏิกิริยาทางเคมีในการละลายของสารส้มในน้ำธรรมชาติ ซึ่งเป็นทำปฏิกิริยาระหว่างสารส้มและ  $\text{HCO}_3^-$  ในน้ำธรรมชาติ จะเกิดแกนของตะกอน  $\text{Al}(\text{OH})_3$  และเกิด  $\text{CaSO}_4$  ซึ่งเป็นความกระด้างถาวรรวมทั้ง  $\text{CO}_2$  ที่เกิดขึ้นทำให้เกิดน้ำที่มีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย มีฤทธิ์กัดกร่อนได้ ในกรณีที่น้ำดิบมีความเป็นด่างต่ำ อาจต้องเติมความเป็นด่าง อาทิเช่น ปูนขาว ลงไปในน้ำก่อนการเติมสารส้ม สำหรับกระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม ควรมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 6.8 - 8.2 ซึ่งสารส้มจะสร้างกลไกแบบห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ไว้ในผลึกสารประกอบที่สร้างขึ้น (Swap Flocculation) โดยการสร้างผลึก  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ที่มีลักษณะเป็นปุยนุ่มจะสัมผัสกับอนุภาคคอลลอยด์หรือความขุ่นและเกาะจับกันจนเป็นเม็ดตะกอน

2.3.5.5 การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน (มันสิน ตันจุลเวศม์, 2542) จะต้องควบคุมสภาวะต่างๆ ของกระบวนการโคแอกกูเลชันให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งมีปัจจัยต่างๆ ดังนี้ ปริมาณ

และชนิดของสารโคแอกกูแลนต์หรือสารเคมี ระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเร็วแรงแเดียนท์ และระยะเวลาทวนน้ำ สำหรับปัจจัยในด้านความเร็วแรงแเดียนท์ ระยะเวลาทวนน้ำ จะถูกกำหนดมาแล้วตั้งแต่การออกแบบระบบผลิตน้ำประปา จึงไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ส่วนปริมาณและชนิดของสารโคแอกกูแลนต์หรือสารเคมีและระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จึงมีความสำคัญในการควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน เพื่อให้เกิดกระบวนการโคแอกกูเลชันที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถควบคุมสภาวะต่างๆ ของกระบวนการโคแอกกูเลชันให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม สามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่

การควบคุมด้วยวิธีการทำจาร์เทส (Jar Test) เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมากที่สุดและใช้มานานมาแล้ว โดยใช้ทดสอบในบีกเกอร์และเครื่องทวนที่ปรับความเร็วรอบได้ ซึ่งในการทดลองแต่ละครั้งจะเลือกชนิดของสารเคมีและกำหนดสภาวะต่างๆ ได้แก่ ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง ความเร็วรอบ ระยะเวลาทวนน้ำและระยะเวลาตกตะกอน จากนั้นเติมสารเคมีในปริมาณต่างๆ ลงในแต่ละบีกเกอร์และรักษาระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้คงที่ ตามภาคผนวก ง



ภาพที่ 2-19 วิธีการทำจาร์เทส (Jar Test)  
(การประปาส่วนภูมิภาค, 2560)

การควบคุมด้วยการวัดศักย์ไฟฟ้าซีตาโพเทนเชียล (Zeta Potential) การเกิดกระบวนการโคแอกกูเลชันที่ดีที่สุด เกิดขึ้นเมื่อมีการเติมโคแอกกูแลนต์ทำให้ซีตาโพเทนเชียลของอนุภาคคอลลอยด์ มีค่าเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งต้องมีค่าซีตาโพเทนเชียลเข้าใกล้ศูนย์ ในทางปฏิบัติจะใช้ Zeta Meter ในการวัดอัตราการเคลื่อนที่ของอนุภาคคอลลอยด์ในสนามไฟฟ้า แล้วนำไปคำนวณหาค่าซีตาโพเทนเชียลได้ ซึ่งวิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากอุปกรณ์ราคาแพงและต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือ

## 2.4 ทฤษฎีเหมืองข้อมูล (Data Mining)

### 2.4.1 ความหมายและประเภทของทฤษฎีเหมืองข้อมูล

การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) หมายถึง เป็นวิธีการจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ โดยนำข้อมูลนั้นนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาข้อมูลหรือสิ่งสำคัญออกใช้ในการวิเคราะห์หรือทำนายสิ่งต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น ซึ่งการค้นหาความรู้และความจริงที่แฝงอยู่ในข้อมูลเป็นกระบวนการขุดค้นสิ่งที่น่าสนใจในกองข้อมูลนั้น (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2560) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่และซับซ้อนจากมุมมองที่แตกต่างกันและสามารถหาความสัมพันธ์หรือสรุปผลเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ได้ (จิราภา เลหาหะวรรณันท์ และคณะ, 2558) เป็นกระบวนการการค้นหาสิ่งที่น่าสนใจที่อยู่ในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ที่ซับซ้อน เพื่อนำสิ่งที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจ การสร้างการทำนาย การสร้างตัวแปรสำหรับจำแนกหน่วยหรือกลุ่ม การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยต่างๆ หรือใช้เป็นข้อสรุปของสาระในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (สุชาติ กิระนันท์, 2545) กระบวนการค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในชุดข้อมูลขนาดใหญ่หรือจำนวนมากๆ นั้น (อดุลย์ ยิ้มงาม, 2562)

ประเภทของการทำเหมืองข้อมูลสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.4.1.1 การสร้างตัวแบบในการทำนาย (Predictive Modeling) หมายถึง การนำข้อมูลในอดีตมาสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายอนาคต โดยมีการใช้ข้อมูลฝึกหัด (Training Data) ซึ่งข้อมูลทุกพารามิเตอร์จะมีคุณสมบัติที่ใช้ในการทำนาย (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2560) เป็นการทำเหมืองข้อมูลที่มีเป้าหมายสำหรับการคาดคะเนหรือการทำนายค่าของตัวแปรเป้าประสงค์จากตัวแปรอิสระ ซึ่งจะใช้การเรียนรู้จากชุดข้อมูล (Training Data) ในการสร้างแบบจำลองที่ใช้ทำนายค่าของตัวแปรเป้าประสงค์ ซึ่งจัดเป็นการเรียนรู้ที่ได้รับคำแนะนำ (Supervised Learning) อาทิเช่น การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) การคาดคะเน (Estimation) (สุรพงศ์ เอื้อวัฒนามงคล, 2561)

2.4.1.2 การสร้างตัวแบบในการพรรณนาหรือบรรยายหรืออธิบาย (Descriptive Modeling) หรือการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) หมายถึง การนำข้อมูลขนาดใหญ่หรือซับซ้อนมาหาความสัมพันธ์ (Association) การจัดกลุ่ม (Clustering) ซึ่งไม่ได้มีเป้าหมายเพื่อการทำนาย (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2560) เป็นการทำเหมืองข้อมูลที่มีเป้าหมายสำหรับการค้นหาแบบแผน (Pattern) หรือลักษณะของข้อมูลภายในชุดข้อมูลที่กำหนดให้ (สุรพงศ์ เอื้อวัฒนามงคล, 2561) อาทิเช่น การจัดกลุ่ม โครงข่ายโคโฮเนน และกฎความสัมพันธ์

นอกจากนี้ การทำเหมืองข้อมูลยังสามารถจำแนกได้หลายประเภท (สุรพงศ์ เอื้อวัฒนามงคล, 2561) ได้แก่ การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) เป็นการทำเหมืองข้อมูลที่มีเป้าหมายเพื่อสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทข้อมูลจากการเรียนรู้ที่มีการจำแนกประเภทแล้ว แล้วใช้แบบจำลอง



นั้นไปจำแนกข้อมูลใหม่ที่ไม่ทราบประเภท การจับกลุ่มข้อมูล (Clustering) เป็นการแบ่งข้อมูล ออกเป็นกลุ่มๆ โดยข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันจะอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และข้อมูลที่แตกต่างกัน ก็จะ อยู่ในกลุ่มอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยอาศัยมาตรวัดความเหมือนหรือความแตกต่างกันของ ข้อมูลนั้น การสร้างความสัมพันธ์ (Association Rules) เป็นการหาเหมือนข้อมูลที่ค้นหาสมการ หรือกฎความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ที่มักเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน อยู่เสมอ การคาดคะเน (Estimation) เป็นการหาเหมือนข้อมูลที่มีเป้าหมายเพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับคาดคะเนค่าของตัว แพร่เป้าประสงค์หรือตัวแปรตามจากค่าตัวแปรอิสระหรือตัวแปรอื่นๆ การค้นหาข้อมูลที่มีความ ผิดปกติ (Anomaly Detection) เป็นการค้นหาข้อมูลที่มีลักษณะผิดปกติ มีความแตกต่างจากข้อมูล ส่วนใหญ่ ข้อมูลที่ผิดปกติดังกล่าวจะมีจำนวนน้อยปะปนอยู่ในกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งอาจจะส่งผล ต่อการวิเคราะห์ทำให้ความถูกต้องลดน้อยลงหรือไม่น่าเชื่อถือ

#### 2.4.2 ขั้นตอนการทำเหมืองข้อมูล

ขั้นตอนการทำเหมืองข้อมูลต้องเป็นวิธีการดำเนินการเพื่อให้ได้ข้อมูล ความรู้ที่ถูกต้อง ครบถ้วนและน่าเชื่อถือ เป็นความรู้ที่เรียนรู้ได้จากข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในด้านการ ตัดสินใจและการดำเนินงาน โดยไม่ให้เกิดความผิดพลาดหรือความเสียหายในภายหลัง ดังนั้นจึงได้ กำหนดมาตรฐานขั้นตอนการทำเหมืองข้อมูลขึ้นมา ที่เรียกว่า Cross-Industry Standard Process (CRISP-DM) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (สุรพงษ์ เอื้อวัฒนามงคล, 2561) ดังนี้

2.4.2.1 ขั้นตอนทำความเข้าใจงานวิจัยและธุรกิจ (Business/Research Understanding Phase) เป็นขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย วัตถุประสงค์ของการทำเหมืองข้อมูลอย่างชัดเจน และการ วางแผนการดำเนินงาน กลุ่มต่างๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

2.4.2.2 ขั้นตอนการทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding Phase) เป็นขั้นตอนการ เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองข้อมูล รวมทั้งการวิเคราะห์ ศึกษาคุณสมบัติและ ลักษณะของข้อมูลให้เข้าใจในเชิงลึก แล้วทำการประเมินคุณภาพของข้อมูลและเลือกข้อมูลที่สนใจที่ สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้

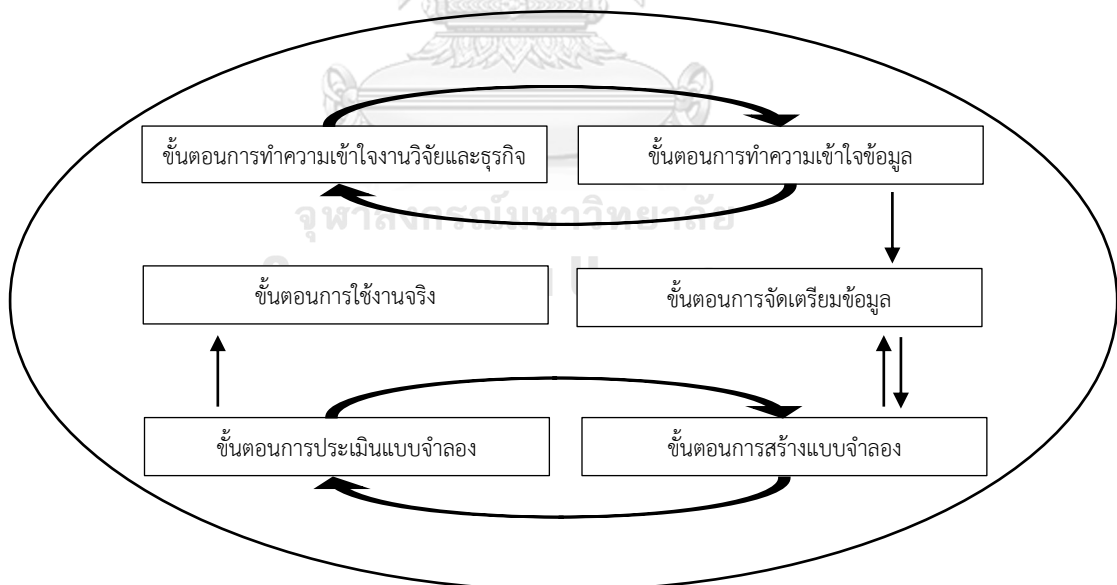
2.4.2.3 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล (Data Preparation Phase) เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูล การคัดเลือกตัวอย่างข้อมูล และกำหนดตัวแปรที่จะใช้ในการวิเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับการทำ เหมืองข้อมูล รวมทั้งการพิจารณาและการกำจัดข้อมูลที่มีความผิดปกติในข้อมูลดิบที่เก็บรวบรวมมา

หากไม่กำจัดออกอาจจะทำให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์คลาดเคลื่อน ซึ่งส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ได้ อาจจะทำให้ไม่น่าเชื่อถือได้

2.4.2.4 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง (Modeling Phase) เป็นขั้นตอนเลือกวิธีหรือเทคนิคในการสร้างแบบจำลอง สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพและถูกต้องมากที่สุด ในกรณีนี้อาจจะกลับไปทำในขั้นตอนที่ 3 ใหม่ เนื่องจากแบบจำลองดังกล่าวไม่ได้มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ จึงต้องทำให้เตรียมข้อมูลเพิ่มเติมหรือเพิ่มตัวแปรในการสร้างแบบจำลอง

2.4.2.5 ขั้นตอนการประเมินแบบจำลอง (Evaluation Phase) เป็นขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพของผลลัพธ์หรือแบบจำลองที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งสามารถนำแบบจำลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ได้ตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้มากน้อยเพียงใด หากยังไม่ตรงตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ก็สามารถย้อนกลับไปทำในขั้นตอนที่ผ่านมาได้เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

2.4.2.6 ขั้นตอนการใช้งาน (Deployment Phase) เป็นขั้นตอนที่นำไปใช้งานจริง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้งานจริง สามารถนำไปประเมินแบบจำลองและวางแผนปรับปรุงการทำเหมืองข้อมูลในอนาคตได้

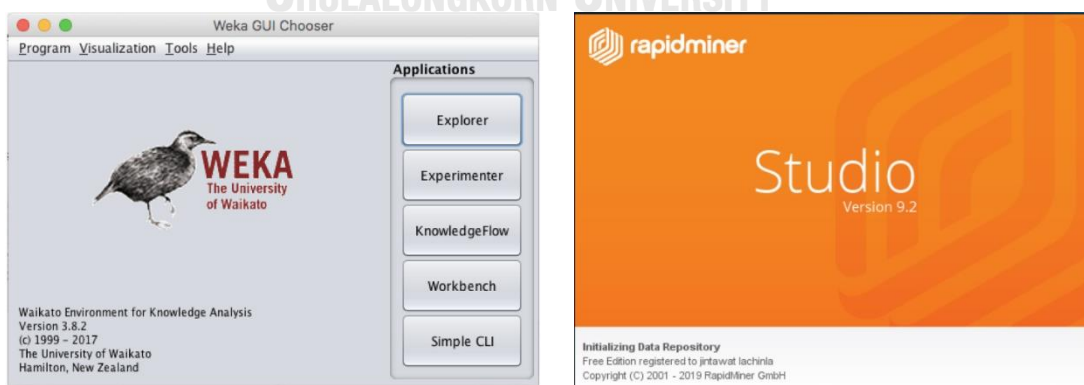


ภาพที่ 2-20 กระบวนการ Cross-Industry Standard Process (CRISP-DM)  
(สายชล สิ้นสมบูรณ์ทอง, 2560)

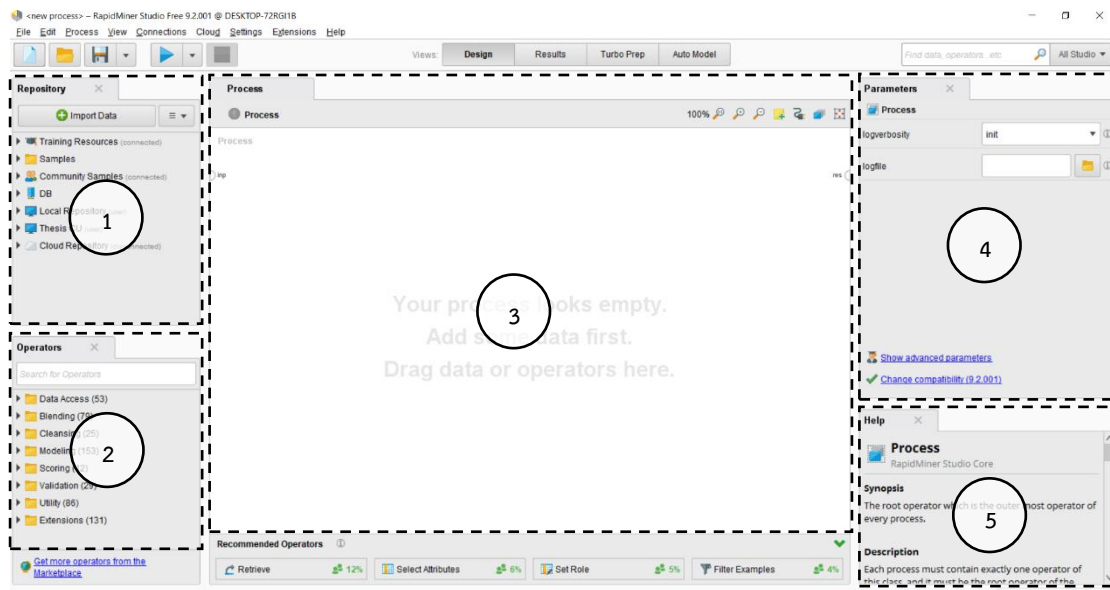
จากภาพที่ 2-20 เป็นขั้นตอนการทำเหมืองข้อมูลตามมาตรฐานของ Cross-Industry Standard Process (CRISP-DM) มีลักษณะเป็นวงรอบ ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนการดำเนินการสามารถย้อนกลับไปขั้นตอนที่ผ่านมาได้ เพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

### 2.4.3 โปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2

โปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลแบบเหมืองข้อมูล (Data Mining) ซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ กฎและรูปแบบ (Pattern) ทั้งหมดที่ถูกซ่อนไว้ในเหมืองข้อมูลหรือฐานข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีจากการสำรวจ เก็บข้อมูลแล้วนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่างๆ (จิรัฐติกาล ททรัพย์สมบูรณ์, 2558) โดยโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 เป็นซอฟต์แวร์แรกที่พัฒนาขึ้นมาจากบริษัทที่ชื่อว่า Rapid-I ในประเทศเยอรมนี เมื่อช่วงปลาย ค.ศ. 2013 ที่ผ่านมามีได้รับทุนก้อนโตจากนักลงทุนในประเทศสหรัฐอเมริกา จึงเปลี่ยนชื่อบริษัทจาก Rapid-I เป็น RapidMiner แทน และย้ายสำนักงานใหญ่มาอยู่ประเทศอเมริกา สำหรับโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 มีข้อดีกว่าโปรแกรมวีเก้า (Weka) ดังนี้ สามารถรองรับการใช้งานไฟล์ได้หลายประเภท อาทิเช่น ไฟล์ CSV Excel สามารถแสดงข้อมูล กราฟได้หลายรูปแบบ อาทิเช่น Scatter Plot 3D สามารถแสดงผลโมเดลที่สวยงามและแก้ไขการแสดงผลให้สามารถอ่านได้ง่ายยิ่งขึ้นและบันทึกไฟล์โมเดลออกเป็นไฟล์ภาพประเภทต่างๆ ได้ อาทิเช่น ไฟล์ PNG JPG PDF นอกจากนี้ยังมีวิธีการเตรียมข้อมูล (Preprocess) และการวิเคราะห์ข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบ (เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์, 2562)



ภาพที่ 2-21 โปรแกรม WEKA และ RapidMiner Studio V.9.2



ภาพที่ 2-22 องค์ประกอบภายในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2

จากภาพที่ 2-22 สามารถแบ่งส่วนประกอบภายในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 ได้ทั้งหมด 5 ส่วนใหญ่ ดังนี้

- (1) Repository เป็นส่วนจัดการไฟล์ต่างๆ ได้แก่ การเพิ่มข้อมูล โฟลเดอร์ และการบันทึกข้อมูล โมเดลต่างๆ
- (2) Operators เป็นส่วนที่เก็บโอเปอเรเตอร์สำหรับนำไปใช้งานในส่วนของโปรเซส ซึ่งทำการจัดเก็บออกเป็นกลุ่มๆ ตามหน้าที่หรือลักษณะการใช้งานคล้ายคิงกัน
- (3) Process เป็นส่วนที่สำคัญมากของ RapidMiner Studio ซึ่งเป็นส่วนที่นำโอเปอเรเตอร์ต่างๆ มาประกอบกันให้เป็นโปรเซสหรือแบบจำลองขึ้นมา
- (4) Parameters เป็นส่วนที่แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละโอเปอเรเตอร์
- (5) Help เป็นส่วนที่แสดงข้อความช่วยเหลือและแสดงรายละเอียดของโอเปอเรเตอร์ที่เลือกใช้งานอยู่

#### 2.4.5 เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการทำนาย (Prediction)

เทคนิคที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองการทำนาย (Prediction) ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย 5 เทคนิค ได้แก่

2.4.5.1 W-LinearRegression เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าเอาต์พุตกับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง ซึ่งค่าเอาต์พุตไม่จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าอินพุต ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายค่าของเอาต์พุต โดยที่ค่าเอาต์พุตเป็นค่าต่อเนื่อง (รัชพงศ์ กัตัญญกุล, 2560) เป็นการสร้างตัวแบบซึ่งมีการใช้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระ (Independent Variable ; x) เพื่อสร้างเป็นสมการเชิงเส้นในการทำนายหรือคาดคะเนตัวแปรตาม (Independent Variable ; y) ดังสมการ

$$y = f(x) + \varepsilon$$

โดยค่า  $\varepsilon$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (Random Error) ที่เกิดหลังจากการทำนาย การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) สามารถแบ่งประเภท ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) เป็นสมการเชิงเส้นที่มีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว ดังสมการ

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$$

โดย  $y$  คือ ตัวแปรตาม  $x$  คือ ตัวแปรอิสระ  $\beta_0$  คือ จุดตัดแกน  $y$   
 $\beta_1$  คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient)  
 $\varepsilon$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (Random Error) ที่เกิดหลังจากการทำนาย

การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) เป็นสมการเชิงเส้นที่มีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวแปร จะได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม (กรินทร์ กาญจนานนท์, 2561) ดังสมการ

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$$

โดย  $y$  คือ ตัวแปรตาม  $x$  คือ ตัวแปรอิสระ  $\beta_0$  คือ จุดตัดแกน  $y$   
 $\beta_1$  คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ของตัวแปรอิสระ  $x_1$   
 $\varepsilon$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (Random Error) ที่เกิดหลังจากการทำนาย

**W-LinearRegression**

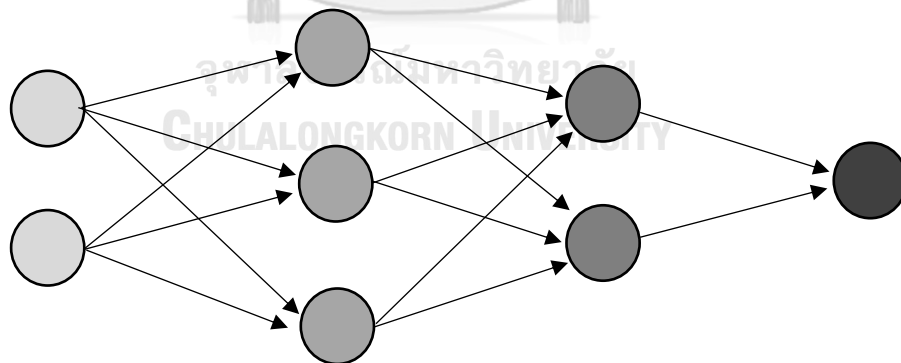
Linear Regression Model

ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =

$$\begin{aligned}
 & 5.7762 * \text{pH น้ำดิบ} + \\
 & 0.0087 * \text{ค่าความขุ่นน้ำดิบ} + \\
 & 8.7657 * \text{pH น้ำก่อนกรอง} + \\
 & 2.7892 * \text{ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง} + \\
 & -77.142
 \end{aligned}$$

ภาพที่ 2-23 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ใช้เทคนิค W-LinearRegression ในโปรแกรม  
RapidMiner Studio V.9.2

2.4.5.2 W-MultilayerPerceptron เป็นเพอร์เซปตรอนมากกว่าหนึ่งชั้น ซึ่งชั้นแรกจะมีการรับและคำนวณค่าของข้อมูลอินพุตและค่าน้ำหนักที่ส่งมาจากชั้นข้อมูลอินพุต แล้วจึงส่งค่าดังกล่าวไปยังเพอร์เซปตรอนต่อไป จนถึงชั้นเอาต์พุตที่ได้ผลลัพธ์ (ณัฐพงษ์ วาริประเสริฐ และ ณรงค์ ลำ่าดี, 2552) จะมีชั้นซ่อนอยู่ระหว่างชั้นข้อมูลเข้ากับชั้นข้อมูลออก ซึ่งอาจจะมากกว่าหนึ่งชั้นก็ได้ การเชื่อมต่อระหว่างชั้นของโครงข่ายแลลส่งสัญญาณไปข้างหน้าจะมีการถ่วงน้ำหนัก (Weight) เป็นตัวเชื่อมและสัญญาณนำเข้าที่เข้ามาจะถูกส่งไปตามทิศทางของลูกศรจนถึงชั้นข้อมูลออกโดยไม่มีการย้อนกลับ (สายชล สิ้นสมบูรณ์ทอง, 2560)



ภาพที่ 2-24 แบบจำลอง W-MultilayerPerceptron แบบ 2 ชั้น  
(ณัฐพงษ์ วาริประเสริฐ และ ณรงค์ ลำ่าดี, 2552)

```

W-MultilayerPerceptron

Linear Node 0
  Inputs  Weights
  Threshold -0.045094055390084424
  Node 1 -1.0860294755275575
  Node 2 -0.7589622912649739

Sigmoid Node 1
  Inputs  Weights
  Threshold -21.8747077438569
  Attrib pH น้ำดื่ม 0.5693554316586855
  Attrib ค่าความขุ่นน้ำดื่ม -22.751092439811696
  Attrib pH น้ำก่อนกรอง -3.5245928741430053
  Attrib ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง -2.160505455232096

Sigmoid Node 2
  Inputs  Weights
  Threshold -4.335230702499234
  Attrib pH น้ำดื่ม -2.677833406230851
  Attrib ค่าความขุ่นน้ำดื่ม -5.3034403640875
  Attrib pH น้ำก่อนกรอง -0.882243442742012
  Attrib ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง 5.913748815554631

Class
  Input
  Node 0

```

ภาพที่ 2-25 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ใช้เทคนิค W-MultilayerPerceptron ในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2

2.4.5.3 W-REPTree เป็นทฤษฎีที่มีหลักการสร้างต้นไม้จาก Information Gain การลดความแปรปรวน (Variance) และการตัด ซึ่งมีหลักการคล้ายกับเทคนิคในทฤษฎี C4.5 แต่แตกต่างกันที่มีการเพิ่มเทคนิคในการลดความผิดพลาดโดยการตัด ซึ่งเป็นทฤษฎีต้นไม้ที่มีจุดเด่นในความเร็ว (สายล สีนสมบุรณ์ทอง, 2560)

```

W-REPTree

REPTree
=====
pH น้ำก่อนกรอง < 7.25
|
| ค่าความขุ่นน้ำดื่ม < 21.1
| |
| | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม < 8.68
| | |
| | | pH น้ำดื่ม < 7.03
| | | |
| | | | pH น้ำก่อนกรอง < 6.81
| | | | |
| | | | | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม < 3.02 : 36.67 (2/625) [1/625]
| | | | | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม >= 3.02
| | | | | |
| | | | | | pH น้ำดื่ม < 6.96
| | | | | | |
| | | | | | | pH น้ำดื่ม < 6.9 : 27.14 (7/20.41) [0/0]
| | | | | | | pH น้ำดื่ม >= 6.9 : 38.75 (6/22.22) [2/94.44]
| | | | | | | pH น้ำดื่ม >= 6.96
| | | | | | | |
| | | | | | | | pH น้ำก่อนกรอง < 6.75
| | | | | | | | |
| | | | | | | | | pH น้ำก่อนกรอง < 6.65 : 20 (2/0) [2/0]
| | | | | | | | | pH น้ำก่อนกรอง >= 6.65 : 30.15 (9/18.54) [4/30.23]
| | | | | | | | | pH น้ำก่อนกรอง >= 6.75 : 21.72 (70/22.96) [46/30.61]
| | | | | | | | |
| | | | | | | | | pH น้ำก่อนกรอง >= 6.81
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | pH น้ำก่อนกรอง < 6.91 : 36.22 (22/138.02) [15/51.23]
| | | | | | | | | | pH น้ำก่อนกรอง >= 6.91 : 27.21 (142/55.3) [68/57.37]
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | pH น้ำดื่ม >= 7.03 : 23.75 (132/37.91) [52/43.47]
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม >= 8.68
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม < 9.52 : 32.66 (16/173.78) [19/107.78]
| | | | | | | | | | | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม >= 9.52
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | pH น้ำดื่ม < 7.16
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | pH น้ำดื่ม < 6.92 : 34.37 (20/90.95) [10/130.9]
| | | | | | | | | | | | | pH น้ำดื่ม >= 6.92
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม < 12.64
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม < 11.6 : 30.42 (46/53.73) [14/87.72]
| | | | | | | | | | | | | | | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม >= 11.6
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง < 2.82 : 29.29 (12/32.19) [5/33.96]
| | | | | | | | | | | | | | | | ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง >= 2.82 : 21.82 (10/11) [1/4]

```

ภาพที่ 2-26 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ใช้เทคนิค W-REPTree ในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2

REPTree ย่อมาจาก Reduced Error Pruning Tree ใช้ The Regression Tree และ Creates Multiple Trees ในการทำซ้ำที่ต่างกัน แล้วเลือกแบบจำลองต้นไม้ที่ดีที่สุดจากที่สร้างมาทั้งหมด แล้วเอามาเป็นตัวแทนในการตัดแบบจำลองต้นไม้ ออก ในการทำนายจะใช้ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) เข้ามาช่วยในการลดค่าความผิดพลาด แล้วเรียนรู้จากการตัดสินใจที่รวดเร็วและสร้างแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) จากฐานข้อมูลโดยการลดหรือเพิ่มความแปรปรวนเข้าไป และจัดการข้อมูลที่ผิดพลาดด้วย C4.5's Method ซึ่งวิธีนี้จะรับข้อมูลเฉพาะที่เป็นตัวเลขเท่านั้น

2.4.5.4 W-M5P เป็นโครงสร้างแบบจำลองการตัดสินใจแบบต้นไม้ร่วมกับฟังก์ชันการถดถอยเชิงเส้น โดยนำมาแทนที่ส่วนสุดท้ายของใบของแบบจำลอง ซึ่งเป็นวิธีการทำนายค่าเชิงตัวเลขและโหนดจะมีน้ำหนักมากกว่าตัวแปร ทำให้ค่าความผิดพลาดลดลง แบบจำลองการตัดสินใจต้นไม้นี้เป็นที่นิยมใช้มากที่สุด

```

W-M5P
M5 pruned model tree:
(using smoothed linear models)
ค่าความขุ่นน้ำดื่ม <= 21.155 :
| pH น้ำก่อนกรอง <= 6.795 :
| | ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.115 : LM1 (149/35.521%)
| | ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.115 : LM2 (189/54.176%)
| pH น้ำก่อนกรอง > 6.795 :
| | pH น้ำดื่ม <= 7.005 :
| | | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม <= 8.195 :
| | | | pH น้ำก่อนกรอง <= 6.805 : LM3 (114/74.43%)
| | | | pH น้ำก่อนกรอง > 6.805 : LM4 (237/72.538%)
| | | | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม > 8.195 :
| | | | ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.225 : LM5 (56/57.26%)
| | | | ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.225 :
| | | | | ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.295 : LM6 (12/85.404%)
| | | | | ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.295 : LM7 (24/142.142%)
| | | pH น้ำดื่ม > 7.005 :
| | | | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม <= 8.675 : LM8 (157/57.166%)
| | | | ค่าความขุ่นน้ำดื่ม > 8.675 : LM9 (181/62.353%)
ค่าความขุ่นน้ำดื่ม > 21.155 :
| pH น้ำก่อนกรอง <= 6.995 :
| | pH น้ำดื่ม <= 7.005 :
| | | pH น้ำดื่ม <= 6.91 : LM10 (37/84.002%)
| | | pH น้ำดื่ม > 6.91 : LM11 (86/99.244%)
| | pH น้ำดื่ม > 7.005 :
| | | pH น้ำก่อนกรอง <= 6.805 :
| | | | ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.66 :
| | | | | pH น้ำก่อนกรอง <= 6.695 : LM12 (46/58.7%)
| | | | | pH น้ำก่อนกรอง > 6.695 : LM13 (60/61.415%)
| | | | ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.66 : LM14 (86/91.075%)
| | | | pH น้ำก่อนกรอง > 6.805 : LM15 (133/61.733%)
| pH น้ำก่อนกรอง > 6.995 :
| | pH น้ำดื่ม <= 7.465 :

```

ภาพที่ 2-27 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ใช้เทคนิค W-M5P ในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2



2.4.5.5 W-M5Rules มีพื้นฐานมาจากทฤษฎี M5 เป็นหลัก ซึ่งเป็นการสร้างประพจน์เชิงถดถอยในรูปแบบ IF-THEN Rules วิธีนี้สามารถใช้งานได้กับ Continuous variables และ Nominal Variables ได้ทั้งคู่ เหมาะสำหรับการใช้งานในรูปแบบการตัดสินใจที่ไม่เกี่ยวกับตัวเลข (อภิสิทธิ์ ทิพย์นาง, 2561)

```

W-M5Rules

M5 pruned model rules
(using smoothed linear models) :
Number of Rules : 13

Rule: 1
IF
    ค่าความขุ่นน้ำดื่ม <= 21.155
    pH น้ำก่อนกรอง > 6.795
    pH น้ำดื่ม <= 7.005
    ค่าความขุ่นน้ำดื่ม <= 8.195
    pH น้ำก่อนกรอง > 6.805
THEN
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =
    -1.6836 * pH น้ำดื่ม
    + 0.0022 * ค่าความขุ่นน้ำดื่ม
    - 71.9827 * pH น้ำก่อนกรอง
    + 1.3521 * ความขุ่นน้ำก่อนกรอง
    + 540.6405 [237/72.538%]

Rule: 2
IF
    ค่าความขุ่นน้ำดื่ม <= 21.155
    ค่าความขุ่นน้ำดื่ม > 8.68
THEN
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =
    -11.2503 * pH น้ำดื่ม
    + 0.0125 * ค่าความขุ่นน้ำดื่ม
    + 0.1684 * pH น้ำก่อนกรอง
    + 0.0436 * ความขุ่นน้ำก่อนกรอง
    + 108.1416 [536/66.28%]

```

ภาพที่ 2-28 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ใช้เทคนิค W-M5Rules ในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2

2.4.5.6 Gradient Boosted Tree (GBT) เป็นโครงสร้างแบบจำลองที่สร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์ (Strong Model) จากแบบจำลองที่มีข้อบกพร่อง (Weak Model) โดยอัลกอริทึมจะทำการสุ่มสร้างแบบจำลองแบบต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นจำนวนมากๆ และทำซ้ำๆ (Iteration) และประเมินประสิทธิภาพของแต่ละแบบจำลอง จนกว่าจะได้แบบจำลองแบบต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ที่สมบูรณ์ที่สุด สำหรับข้อดีของโครงสร้างแบบจำลองนี้ ได้แก่ การปรับโครงสร้างแบบจำลองทั้งความลึกของโครงสร้าง (Depth of Tree) การย่อหรือขยายโหนด (Node) และการแยกโหนด (Split Node) เพื่อให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดและความแม่นยำของแบบจำลอง นอกจากนี้ยังปรับความแปรปรวน (Variance) ของแบบจำลองไปด้วย (ชัยภัทร เนื่องคำมา, 2561)

GradientBoosted									
Model Metrics Type: Regression									
Description: N/A									
model id: rm-h2o-model-gradient_boosted_trees-365571									
frame id: rm-h2o-frame-gradient_boosted_trees-226576									
MSE: 7.335188									
R <sup>2</sup> : 0.8793519									
mean residual deviance: 7.335188									
Variable Importances:									
	Variable	Relative Importance	Scaled Importance	Percentage					
	ค่าความข้มข้น	334902.812500	1.000000	0.441294					
	pH น้ำคัม	184775.937500	0.551730	0.243475					
	pH น้ำกลั่นกรอง	174368.640625	0.520654	0.229761					
	ค่าความข้มข้นกลั่นกรอง	64864.261719	0.193681	0.085470					
Model Summary:									
	Number of Trees	Model Size in Bytes	Min. Depth	Max. Depth	Mean Depth	Min. Leaves	Max. Leaves	Mean Leaves	
	1000	189637	5	5	5.00000	6	18	10.85400	
Scoring History:									
	Timestamp	Duration	Number of Trees	Training MSE	Training Deviance				
	2019-08-18 16:25:25	0.002 sec	0	60.79820	60.79820				
	2019-08-18 16:25:25	0.004 sec	1	60.19251	60.19251				
	2019-08-18 16:25:25	0.005 sec	2	59.59887	59.59887				
	2019-08-18 16:25:25	0.007 sec	3	59.01705	59.01705				
	2019-08-18 16:25:25	0.009 sec	4	58.44691	58.44691				
	2019-08-18 16:25:25	0.011 sec	5	57.86115	57.86115				
	2019-08-18 16:25:25	0.013 sec	6	57.28716	57.28716				
	2019-08-18 16:25:25	0.015 sec	7	56.73473	56.73473				
	2019-08-18 16:25:25	0.017 sec	8	56.18257	56.18257				
	2019-08-18 16:25:25	0.019 sec	9	55.65135	55.65135				
---									
	2019-08-18 16:25:29	3.928 sec	786	8.88957	8.88957				
	2019-08-18 16:25:29	3.938 sec	787	8.88006	8.88006				
	2019-08-18 16:25:29	3.946 sec	788	8.87367	8.87367				
	2019-08-18 16:25:29	3.955 sec	789	8.86860	8.86860				
	2019-08-18 16:25:29	3.963 sec	790	8.86439	8.86439				
	2019-08-18 16:25:29	3.971 sec	791	8.85943	8.85943				
	2019-08-18 16:25:29	3.980 sec	792	8.85434	8.85434				

ภาพที่ 2-29 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ใช้เทคนิค GBT ในโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2

## 2.4.6 การพิจารณาความถูกต้องและประสิทธิภาพของการทำนาย (Prediction)

2.4.6.1 ค่าประสิทธิภาพสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) คือ การวัดเชิงตัวเลขของความสัมพัทธ์เชิงสถิติระหว่างสองตัวแปร ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง +1.0 หากมีค่าเข้าใกล้ +1.0 แสดงว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมาก แต่หากมีค่าเข้าใกล้ -1.0 แสดงว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงตรงกันข้ามอย่างมาก และหากที่ค่าเท่ากับ 0 แสดงว่า ตัวแปรทั้งสองตัวไม่มี ความสัมพันธ์ต่อกัน (อภิสิทธิ์ ทิพย์นาง, 2561) สามารถคำนวณจากสมการ ดังนี้

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)(x - \bar{x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2 (x - \bar{x})^2}}$$

$x_i$  = ค่าความเข้มข้นของสารส้มที่ใช้จริง (กก./ลบ.ม.)

$x$  = ค่าความเข้มข้นของสารส้มทำนาย (กก./ลบ.ม.)

$n$  = จำนวนชุดข้อมูล

2.4.6.2 ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) คือ การวัดค่าความคลาดเคลื่อนหรือความแตกต่างระหว่างค่าจริงของข้อมูลและค่าที่ทำนายได้จากแบบจำลอง ดังนั้น หากมีค่าน้อยมากๆ ที่เข้าใกล้ 0 แสดงว่า แบบจำลองนั้นยิ่งความแม่นยำสูง (อภิสิทธิ์ ทิพย์นาง, 2561) สามารถคำนวณจากสมการ ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n}}$$

$x_i$  = ค่าความเข้มข้นของสารส้มที่ใช้จริง (กก./ลบ.ม.)

$x$  = ค่าความเข้มข้นของสารส้มทำนาย (กก./ลบ.ม.)

$n$  = จำนวนชุดข้อมูล

2.4.6.3 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) คือ การวัดค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของค่าคลาดเคลื่อนจากการทำนาย ดังนั้น หากมีค่าน้อยมากๆ ที่เข้าใกล้ 0 แสดงว่า แบบจำลองนั้นยิ่งความแม่นยำสูง (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2560) สามารถคำนวณจากสมการ ดังนี้

$$MAE = \sum_{i=1}^n \frac{|x_i - x|}{n}$$

$x_i$  = ค่าความเข้มข้นของสารส้มที่ใช้จริง (กก./ลบ.ม.)

$x$  = ค่าความเข้มข้นของสารส้มทำนาย (กก./ลบ.ม.)

$n$  = จำนวนชุดข้อมูล

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำนายปริมาณสารเคมีในระบบผลิตน้ำประปา

Maier และคณะ (2004) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่เหมาะสมและพารามิเตอร์คุณภาพน้ำประปา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) สำหรับการทำนายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของคุณภาพน้ำประปาและทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปา

นอกจากนี้ยังสร้างโปรแกรมให้สะดวกในการปฏิบัติงาน ซึ่งมีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการเตรียมข้อมูลทั้งหมดจากรัฐเซาท์ออสเตรเลีย (South Australia) แล้วทำการทดลองโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) แบบ MultilayerPerceptron (MLP) ในโปรแกรม Neuframe 4 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 ใช้ข้อมูลอินพุต (Input) ที่ใช้ในการทดลอง 7 พารามิเตอร์ ดังนี้ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำดิบ ค่าสีของน้ำดิบ ค่ายูวีเอ-254 (UVA -254) ของน้ำดิบ ค่าความกระด้างของน้ำดิบ ค่าของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ละลายในน้ำดิบ (Dissolved Organic Carbon ; DOC) และค่าปริมาณสารส้มที่ใช้จริง ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ค่าความขุ่นของน้ำประปา ค่าสีของน้ำประปา ค่ายูวีเอ-254 (UVA -254) ของน้ำประปา ซึ่งข้อมูลเอาต์พุตแยกออกเป็นแต่ละค่า การทดลองที่ 2 ใช้ข้อมูลอินพุต (Input) ที่ใช้ในการทดลอง 10 พารามิเตอร์ ดังนี้ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำดิบ ค่าสีของน้ำดิบ ค่ายูวีเอ-254 (UVA -254) ของน้ำดิบ ค่าความกระด้างของน้ำดิบ ค่าของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ละลายในน้ำดิบ (Dissolved Organic Carbon ; DOC) ค่าความขุ่นของน้ำประปา ค่าสีของน้ำประปา ค่ายูวีเอ-254 (UVA -254) ของน้ำประปา และค่าปริมาณสารส้มที่ใช้จริง ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำประปา และค่าคงเหลือของสารส้มในน้ำประปา (Residual Aluminium) ซึ่งข้อมูลเอาต์พุตแยกออกเป็นแต่ละค่า ส่วนการทดลองที่ 3 ใช้ข้อมูลอินพุต (Input) ที่ใช้ในการทดลอง 9 พารามิเตอร์ ดังนี้ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำดิบ ค่าสีของน้ำดิบ ค่ายูวีเอ-254 (UVA -254) ของน้ำดิบ ค่าความกระด้างของน้ำดิบ ค่าของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ละลายในน้ำดิบ (Dissolved Organic Carbon ; DOC) ค่าความขุ่นของน้ำประปา ค่าสีของน้ำประปา และค่ายูวีเอ-254 (UVA -254) ของน้ำประปา ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ค่าทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ ซึ่งจากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ การทดลองที่ 1 ทำนายค่าความขุ่นของน้ำประปา ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) เท่ากับ 0.90 และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) เท่ากับ 0.12 ทำนายค่าสีของน้ำประปา ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) เท่ากับ 0.92 และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) เท่ากับ 1.45 ทำนายค่ายูวีเอ-254 (UVA -254) ของน้ำประปาได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) เท่ากับ 0.98 และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) เท่ากับ 0.01 การทดลองที่ 2 ทำนายค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำประปา ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) เท่ากับ 0.96 และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) เท่ากับ 0.02 ทำนายค่าคงเหลือของสารส้มในน้ำประปา (Residual Aluminium) ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) เท่ากับ 0.85 และค่าความ

คลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) เท่ากับ 0.11 ส่วนการทดลองที่ 3 ทำนายค่าปริมาณสารส้มที่ใช้ ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) เท่ากับ 0.94 และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) เท่ากับ 3.2 ดังนั้น จึงสามารถนำแบบจำลองที่ได้ทั้งหมด 6 แบบ ไปสร้างโปรแกรม LabView 5.1 เพื่อให้สะดวกในการปฏิบัติงาน

Robenson และคณะ (2009) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลอง Inverse Neural Networks สำหรับหาปริมาณสารส้มในโรงผลิตน้ำประปา segama เมือง sabah ในมาเลเซีย มีวัตถุประสงค์เพื่อทำนายปริมาณสารเคมี (สารส้ม) ที่เหมาะสม โดยใช้ Inverse Neural Network สำหรับข้อมูลอินพุต (Input) ที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ ค่าสีของน้ำดิบ ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำดิบ ค่ากระด้างทั้งหมดของน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำประปา ค่าความขุ่นของน้ำประปา ค่าสีของน้ำประปา ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำประปาค่ากระด้างทั้งหมดของน้ำประปา และค่าอุณหภูมิเนยมคงเหลือ ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ค่าปริมาณการใช้สารเคมี (สารส้ม) โดยใช้ข้อมูล ค.ศ. 2005 ซึ่งมีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการเตรียมข้อมูลสำหรับการทดลองโดยใช้โปรแกรม Excel และ MINITAB14 จากนั้นแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ Training set, Validation set และ Test set แล้วนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง Inverse Neural Networks โดยใช้โปรแกรม Matlab จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ แบบจำลอง Inverse Neural Networks ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ [11-27-9-1] ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) เท่ากับ 0.001 และค่า r-value เท่ากับ 0.95 ดังนั้น แบบจำลอง Inverse Neural Networks สามารถใช้ทำนายหาปริมาณโคแอกกูแลนท์ที่เหมาะสมได้ เพื่อประยุกต์ใช้แทนการทำจาร์เทศ ซึ่งมีข้อดี ดังนี้ เป็นเครื่องมือที่ตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว ประหยัดต้นทุนการดำเนินงาน และสามารถประยุกต์ได้ตามสถานการณ์จริง

Xiaojie และคณะ (2011) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการทำนายปริมาณโคแอกกูแลนท์ในระบบประปา โดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) แบบ Feed-Forward มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) แบบ Feed-Forward ในการสร้างแบบจำลองและทำนายปริมาณโคแอกกูแลนท์ของโรงผลิตน้ำ North China สำหรับข้อมูลอินพุต (Input) ที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ ค่าอุณหภูมิของน้ำดิบ อัตราการไหลของน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำดิบ และค่าความขุ่นของน้ำดิบหลังจาดกตะกอน ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ค่าปริมาณโคแอกกูแลนท์ โดยข้อมูลจากข้อมูลการใช้จริงของ ค.ศ. 2009 และใช้ในการทำนาย ค.ศ. 2010 ซึ่งมีขั้นตอนทำการ

ทดลอง ดังนี้ สร้างแบบจำลองที่มีความผิดพลาดน้อยในช่วงเวลาที่สั้น แล้วนำไปทำนายค่าปริมาณโคแอกกูแลนซ์ ซึ่งนำมาเปรียบเทียบค่าจริงที่ใช้และค่าทำนาย เพื่อหาความผิดพลาดของแบบจำลองจากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ ข้อมูลเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และธันวาคม ค.ศ. 2009 นำไปทดสอบแบบจำลอง ซึ่งได้ค่าความผิดพลาด 0.00068 และนำไปทำนายในเดือนมกราคม ค.ศ. 2010 ได้ค่า Avg Relative Error เท่ากับร้อยละ 7.08 ส่วนข้อมูลเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ค.ศ. 2009 นำไปทดสอบแบบจำลอง ซึ่งได้ค่าความผิดพลาด 0.0027 และนำไปทำนายในเดือนกรกฎาคม ค.ศ. 2010 ได้ค่า Avg Relative Error เท่ากับร้อยละ 9.82 หากข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้เพียง 1 ปี ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีจำนวนน้อย ถ้าใช้ข้อมูล 3 ปี หรือมากกว่านั้น อาจจะทำให้ได้ความแม่นยำมากขึ้น

Abdullahi และคณะ (2012) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องแบบจำลองการทำนายปริมาณปูนขาวในโรงผลิตน้ำประปา มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าปริมาณการใช้สารเคมี (ปูนขาว) โดยใช้ Regression Method สำหรับข้อมูลอินพุต (Input) ที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้ ค่าเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ (pH) ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ค่าปริมาณการใช้สารเคมี (สารส้ม) โดยใช้ข้อมูลในการทดลองระยะเวลา 2 ปี (รายวัน) ซึ่งมีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการเตรียมข้อมูลจากโรงผลิตน้ำ Kaduna North โดยข้อมูลเป็นรายวัน ระยะเวลา 2 ปี แล้วใช้โปรแกรม Matlab ในการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้สารเคมี (ปูนขาว) ที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ จากข้อมูลจำนวน 52 สัปดาห์ ได้ผลลัพธ์และการตรวจสอบแบบจำลอง มีความถูกต้องใกล้เคียงกับค่าจริง ซึ่งได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าปริมาณการใช้สารเคมี (ปูนขาว) คือ  $Q = 1.5402 + 1735.539(10^{-\text{pH}})$  และมีประสิทธิภาพถึงร้อยละ 89 ดังนั้น แบบจำลองการทำนายปริมาณปูนขาวประสบความสำเร็จในการพัฒนาไปประยุกต์ใช้ในการเดินระบบประปาและสามารถประยุกต์ใช้กับคุณภาพน้ำโรงผลิตน้ำ Kaduna North

Sengul และ Gormez (2013) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการทำนายปริมาณโคแอกกูแลนซ์ที่เหมาะสมในโรงผลิตน้ำประปาโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำและปริมาณโคแอกกูแลนซ์ที่เหมาะสม สำหรับข้อมูลอินพุต (Input) ที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้ ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำดิบ ค่าความขุ่นน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ (pH) ค่าอุณหภูมิของน้ำดิบ ค่ายูวี 254 (UV254) ของน้ำดิบ ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ค่าปริมาณโคแอกกูแลนซ์ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 2010 ถึงพฤษภาคม ค.ศ. 2012 จำนวนชุดข้อมูล 798 ชุด ซึ่งมีขั้นตอนทำการ

ทดลอง ดังนี้ ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชุดที่ 1 จำนวน 666 ชุด ใช้สำหรับทดลอง (Training) แบบจำลองและชุดที่ 2 จำนวน 132 ชุด ใช้สำหรับตรวจสอบ (Testing) แบบจำลอง จากนั้นทำการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) โดยโปรแกรม The NeuroShell Predictor ซึ่งใช้ข้อมูลอินพุต 7 พารามิเตอร์และข้อมูลเอาต์พุต 1 พารามิเตอร์ สำหรับสร้างแบบจำลอง แล้วทำการทดลอง (Training) แบบจำลอง เพื่อปรับค่าน้ำหนักระหว่างโหนด (Node) และพารามิเตอร์อื่นๆ โดยพิจารณาจากค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) ที่ต่ำที่สุด สุดท้ายทำการตรวจสอบ (Testing) แบบจำลอง ซึ่งเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยพิจารณาจากกราฟความแตกต่างของค่าใช้จริงและค่าการทำนาย จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ จากข้อมูลชุดที่ 1 พบว่ากราฟของค่าทำนายทุกพารามิเตอร์มีความใกล้เคียงกับค่าจริงมาก ส่วนข้อมูลชุดที่ 2 พบว่ากราฟของค่าทำนายปริมาณการใช้สารส้มมีแนวโน้มค่อนข้างต่างจากค่าที่ใช้จริง ซึ่งได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) เท่ากับ -0.8 และค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) เท่ากับ 12.51 อย่างไรก็ตามแบบจำลองดังกล่าวก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือใช้แทนการทำจารทดสอบ (Jar Test) ในกรณีฉุกเฉินได้ อาทิเช่น ฝนตกหนัก น้ำดิบมีความขุ่นสูง

วารสารณ์ ม้วนทอง และคณะ (2558) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับ Clarifier กรณีศึกษา : โรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน มีวัตถุประสงค์เพื่อทำนายค่าความขุ่นของน้ำที่ออกจากแคลรีไฟเออร์ โดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) แบบ Feedforward Network สำหรับข้อมูลอินพุต (Input) ที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้ ค่าความขุ่นน้ำดิบ ค่าความกระด้างน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่างน้ำดิบ ค่าปริมาณความเข้มข้นสารส้มที่จ่าย ค่าปริมาณความเข้มข้นโพสิโอเล็กโทรไลน์ที่จ่าย ค่าอัตราการไหล ค่าความเร็วรอบของใบกวน ค่าอัตราการระบายตะกอน ค่าความเข้มข้นตะกอน และค่าความขุ่นของน้ำที่ออกจากแคลรีไฟเออร์ ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ค่าความขุ่นของน้ำที่ออกจากแคลรีไฟเออร์ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2553 ถึงวันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2553 ซึ่งมีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ Training set, Test set และ Validation set โดยมีอัตราส่วน 4:1:1 แล้วพิจารณาข้อมูลอินพุต (input) ของแบบจำลอง ซึ่งพิจารณาจาก 2 ส่วน 1) ชนิดตัวแปรของข้อมูลอินพุต (Input) โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย มีค่าน้อยกว่า  $\pm 0.5$  แสดงว่าตัวแปรอินพุต (input) นั้นไม่มีความสัมพันธ์เชิง

เส้นกับตัวแปรเอาต์พุต (Output) ในการทดลองนี้ใช้ตัวแปรอินพุต (input) ทุกตัวแปร 2) ระยะเวลา ย้อนหลัง ต้องพิจารณาจากค่า Autocorrelation Function (ACF) ถ้าค่า Autocorrelation Function น้อยกว่า 0.5 แสดงว่าข้อมูลนั้นมีสิ่งปลอมปน ในการทดลองนี้ใช้เวลาย้อนหลัง เท่ากับ 20 ชั่วโมง ต่อมาหาค่าสถาปัตยกรรมที่เหมาะสม ได้แก่ จำนวนชั้นซ่อน จำนวนนิรอนในชั้นซ่อน โดยวัด ประสิทธิภาพของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) เพื่อ เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) และค่าความ คลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้

กรณีที่ 1 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น ได้ค่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) และค่าความคลาดเคลื่อน สัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ ที่เวลาย้อนหลัง 16 ชม. โดยจำนวนนิรอน 70 นิรอน (70-16 ชั่วโมง) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) เท่ากับ 0.89 และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) เท่ากับ 0.018 NTU

กรณีที่ 2 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) ที่มีประสิทธิภาพดี ที่สุด คือ ที่เวลาย้อนหลัง 8 ชม. โดยจำนวนนิรอนในชั้นซ่อนที่ 1 เท่ากับ 45 นิรอน และในชั้นซ่อน ที่ 2 เท่ากับ 80 นิรอน (45-80-18 ชั่วโมง) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) เท่ากับ 0.92 และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) เท่ากับ 0.016 NTU

ดังนั้น แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น ให้ผลดีกว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น และประสิทธิภาพของการทำนายแบบจำลองเป็นที่ยอมรับได้ เนื่องจาก ค่าความผิดพลาดน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด นอกจากนี้แบบจำลองโครงข่าย ประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น (45-80-8 ชั่วโมง) มีศักยภาพสูงกว่า เนื่องจากใช้เวลาน้อยกว่า

ชุมคำ รัตตาวงศ์ (2559) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ใน กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยโปรแกรมวิก็า (Weka) : กรณีศึกษาในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐ ประชาธิปไตยประชาชนลาว มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการทำนายปริมาณการใช้สารส้มโดยใช้ ทฤษฎี MultilayerPerceptron (MLP) M5Rules M5P และ REPTree เพื่อหาทฤษฎีที่มีความ



ถูกต้องมากที่สุด สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการทดลองมีเพียง 4 พารามิเตอร์ ดังนี้ ความขุ่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความกระด้าง (Alkalinity) ปริมาณการใช้สารส้ม โดยใช้ข้อมูลจากโรงผลิตน้ำประปา 2 แห่งในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ได้แก่ จินายโม่และดงหมากคาย ซึ่งข้อมูลจากโรงผลิตน้ำประปาจินายโม่ ตั้งแต่ พ.ศ. 2552 ถึง พ.ศ. 2559 จำนวนชุดข้อมูล 2,038 ชุด ส่วนข้อมูลจากโรงผลิตน้ำประปาดงหมากคาย ตั้งแต่ พ.ศ.2551 ถึง พ.ศ. 2559 จำนวนชุดข้อมูล 2,802 ชุด ซึ่งมีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการแบ่งข้อมูลทั้งหมดออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ทำการแทนที่ข้อมูลที่หายไปด้วยค่าเฉลี่ยของตัวแปรของแต่ละเดือน กลุ่มที่ 2 ทำการลบข้อมูลวันใดๆ ที่มีข้อมูลบ้างตัวแปรหายไป ซึ่งข้อมูลทั้ง 2 ส่วน ต้องเตรียมให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ CSV สำหรับนำข้อมูลเข้าโปรแกรมเวกา (Weka) เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองและทำนายปริมาณการใช้สารส้มของโรงผลิตน้ำประปาทั้ง 2 แห่ง จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ สำหรับโรงผลิตน้ำประปาจินายโม่ จะใช้ข้อมูลกลุ่มที่ 1 ซึ่งใช้ทฤษฎี M5Rules ในการสร้างแบบจำลอง ทำให้ได้ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) เท่ากับ 4.043 ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด และนำแบบจำลองดังกล่าวไปทดลองทำนายปริมาณการใช้สารส้ม พบว่าค่าที่ได้มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือมากกว่าทฤษฎีอื่นๆ ส่วนโรงผลิตน้ำประปาดงหมากคาย จะใช้ข้อมูลกลุ่มที่ 1 ซึ่งใช้ทฤษฎี MultilayerPerceptron (MLP) ในการสร้างแบบจำลอง ทำให้ได้ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) เท่ากับ 1.849 ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด และนำแบบจำลองดังกล่าวไปทดลองทำนายปริมาณการใช้สารส้ม พบว่าค่าที่ได้มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือมากกว่าทฤษฎีอื่นๆ สุดท้ายพบว่าแบบจำลองจะมีความแม่นยำในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน

Farhaoui และคณะ (2016) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดน้ำดื่มโดยการจำลองปริมาณอะลูมิเนียมซัลเฟต มีวัตถุประสงค์เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพของคุณภาพน้ำประปาและช่วยลดปัญหาต่างๆ ด้านการดำเนินงาน ซึ่งมีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการพิจารณาข้อมูลที่ได้ทั้งหมดประกอบด้วย 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าความขุ่นของน้ำดิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำดิบ อุณหภูมิของน้ำดิบ และความนำไฟฟ้าของน้ำดิบ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 2013 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2015 สำหรับในการทดลองครั้งนี้จะเลือกใช้ข้อมูลอินพุต (Input) เพียง 3 พารามิเตอร์ ดังนี้ ค่าความขุ่นของน้ำดิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำดิบ และอุณหภูมิของน้ำดิบ ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ปริมาณการใช้สารส้ม ใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน ค.ศ. 2014 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2015 จำนวนชุดข้อมูล 495 ชุด โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ค่าความขุ่นของน้ำดิบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 NTU และกลุ่มที่ 2 ค่าความขุ่นของน้ำดิบมากกว่า 10 NTU แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 NTU แล้วนำข้อมูลทั้ง

2 กลุ่มมาทดลองการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) และวัดระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean distance test) ซึ่งแบ่งแบบจำลองออกเป็น 11 แบบ จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ ในการทดลองที่ใช้ข้อมูลกลุ่มที่ 1 เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หากพิจารณาวัดระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean distance test) พบว่าแบบจำลองที่ 5 มีระยะทางแบบยูคลิดน้อยที่สุด จากแบบจำลองทั้ง 11 แบบ เมื่อนำค่าทำนายปริมาณการใช้สารส้มมาพล็อตกราฟจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ใช้จริง ส่วนการทดลองที่ใช้ข้อมูลกลุ่มที่ 2 เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หากพิจารณาวัดระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean distance test) พบว่าแบบจำลองที่ 5 มีระยะทางแบบยูคลิดน้อยที่สุด จากแบบจำลองทั้ง 11 แบบ เมื่อนำค่าทำนายปริมาณการใช้สารส้มมาพล็อตกราฟจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ใช้จริง ดังนั้น จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงและช่วยลดปริมาณการใช้สารส้มได้ถึงร้อยละ 10

Chawakitchareon และคณะ (2017) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการทำนายปริมาณสารส้มในระบบประปาโดยใช้โปรแกรมเหมืองข้อมูลวีก้า (Weka) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการทำนายปริมาณโคแอกกูแลนต์ทั้ง 4 วิธี ได้แก่ MultilayerPerceptron M5P M5Rules และ REPTree เพื่อหาวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุด สำหรับข้อมูลอินพุต (Input) ที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ ค่ากระด้างทั้งหมดของน้ำดิบ ค่าเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำดิบ ค่าสีของน้ำดิบ และค่าสารแขวนลอยของน้ำดิบ ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ค่าปริมาณการใช้สารเคมี (สารส้ม) โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 2006 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม ค.ศ. 2015 จำนวนชุดข้อมูล 3,466 ชุด ซึ่งมีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการเตรียมข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ค่าที่ไม่มี ให้แทนด้วยค่าเฉลี่ย จำนวน 3,466 ข้อมูล กลุ่มที่ 2 ตัดค่าที่ไม่มีออกจำนวน 582 ข้อมูล เหลือข้อมูลจำนวน 3,328 ข้อมูล แล้วสร้างแบบจำลองด้วยวิธี MultilayerPerceptron REPTree M5P และ M5Rules โดยใช้โปรแกรมเหมืองข้อมูลวีก้า (Weka) จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ จากกลุ่มที่ 1 วิธี M5P เป็นวิธีที่ดีที่สุด มีค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) เท่ากับ 7.42 ส่วนกลุ่มที่ 2 วิธี M5P เป็นวิธีที่ดีที่สุด มีค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) เท่ากับ 7.27 และนำเอาทั้ง 2 กลุ่ม (8 วิธี) มารวมกัน และนำมาทดลองกับข้อมูลใหม่ จำนวน 153 ข้อมูล ได้วิธี M5Rules มีผลลัพธ์และความถูกต้องมากที่สุด ดังนั้น วิธี M5Rules มีความถูกต้องมากที่สุด สำหรับสร้างแบบจำลองในการทำนายปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่มีความถูกต้องมากที่สุด

Kim และ Parnichkun (2017) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการทำนายความขุ่นของน้ำก่อนกรองและปริมาณสารโคแอกกูแลนต์ในโรงบำบัดน้ำ โดยใช้แบบจำลองแบบผสมการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-means Clustering) และระบบอนุมานฟัซซีโครงข่ายปรับตัวได้ (ANFIS) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาแบบจำลองในการทำนายความขุ่นของน้ำก่อนกรองและปริมาณของสารโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ ค่าอุณหภูมิของน้ำดิบ ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำดิบ ค่าปริมาณสารโคแอกกูแลนต์ และค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรอง โดยใช้ข้อมูลปี ค.ศ. 2014 ซึ่งมีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการเตรียมข้อมูล แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เป็นข้อมูลค่าความขุ่นน้ำดิบสูงพิเศษ ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด และค่าความนำไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงฤดูฝน กลุ่มที่ 2 เป็นข้อมูลค่าความขุ่นน้ำดิบสูง ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำถึงปานกลาง และค่าอุณหภูมิของน้ำดิบสูงที่สุดในช่วงฤดูร้อนถึงฤดูใบไม้ร่วง กลุ่มที่ 3 เป็นข้อมูลค่าอุณหภูมิของน้ำดิบต่ำที่สุด ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด และค่าความขุ่นต่ำที่สุดในช่วงฤดูหนาว และกลุ่มที่ 4 เป็นข้อมูลค่าคุณภาพน้ำใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย แต่ค่าอุณหภูมิของน้ำดิบเป็นค่าปานกลางถึงสูง ซึ่งเป็นข้อมูลที่กระจายอยู่ในช่วงเดือนเมษายนถึงธันวาคม แล้วสร้างแบบจำลองด้วยวิธีระบบอนุมานฟัซซีโครงข่ายปรับตัวได้ (ANFIS) โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) และแบบผสมการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-means Clustering) และระบบอนุมานฟัซซีโครงข่ายปรับตัวได้ (ANFIS) โดยใช้โปรแกรม MATLAB จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ ประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ใช้ทำนายที่ดีที่สุดคือ ข้อมูลกลุ่มที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในช่วงฤดูฝน เมื่อเปรียบเทียบกับจากการสร้างแบบจำลองจาก 3 วิธี แบบที่ดีที่สุดคือ แบบผสมการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-means Clustering) และระบบอนุมานฟัซซีโครงข่ายปรับตัวได้ (ANFIS) ดังนั้น แบบจำลองดังกล่าวจะมาช่วยในการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นทั้งด้านการควบคุมคุณภาพน้ำและต้นทุนในการดำเนินการ

Ladsavong และคณะ (2018) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการเพิ่มความถูกต้องในการทำนายค่าสารส้มในกระบวนการรวบตะกอนโดยใช้เหมืองข้อมูล กรณีศึกษา โรงผลิตน้ำประปาบางเขน, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใช้สำหรับทำนายปริมาณสารส้มจากทฤษฎี REPTree M5P M5Rules และ MultilayerPerceptron (MLP) เพื่อหาแบบจำลองที่สามารถทำนายได้แม่นยำใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุด สำหรับข้อมูลอินพุต (Input) ที่ใช้ในการทดลองมีเพียง 3 พารามิเตอร์ ดังนี้ ค่าความขุ่น (Turbidity) ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (Total Suspended) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ปริมาณการเติมสารส้ม โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2549 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ.

2558 ของโรงผลิตน้ำประปาบางเขน จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมด 3,500 ชุด ซึ่งมีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ชุด ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ซึ่งแต่ละชุดทำการทดลอง เป็น 3 แบบ ได้แก่ Percentage Split 50% Percentage Split 75% และ Percentage Split 90% จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ แบบจำลองจากทฤษฎี REPTree ชุดข้อมูลฤดูฝน โดยใช้ Percentage Split 75% ให้ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) เท่ากับ 8.1006 ค่าประสิทธิภาพสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.8036 และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) เท่ากับ 0.6457 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อนำแบบจำลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับโรงผลิตน้ำประปานครบุรี พบว่าค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) เท่ากับ 23.0491 ค่าประสิทธิภาพสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ -0.3785 และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (The Coefficient of Determination ;  $r^2$ ) เท่ากับ 0.1433 จากค่าที่ได้จากการทดลอง จะไม่สามารถใช้แบบจำลองร่วมกันได้

### 2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการโปรแกรม RapidMiner Studio

Geetha และ Nasira (2014) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการทำเหมืองข้อมูลสำหรับการประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรม : ใช้ต้นไม้ตัดสินใจสำหรับแบบจำลองการทำนายปริมาณน้ำฝน มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำนายปริมาณน้ำฝนโดยการใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) มีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการเลือกใช้ข้อมูลในการทดลอง ตั้งแต่ ค.ศ. 2013 ถึง ค.ศ. 2014 และเลือกใช้ตัวแปรทั้งหมด 12 พารามิเตอร์ ได้แก่ ลำดับสถานีในพื้นที่ วัน/เดือน/ปี ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ค่าเฉลี่ยจุดไอน้ำกลั่นตัว ค่าเฉลี่ยความกดอากาศระดับทะเล ค่าเฉลี่ยความกดอากาศระดับสถานี ค่าเฉลี่ยวัดทัศนวิสัย ค่าเฉลี่ยความเร็วลม ค่าเฉลี่ยความเร็วลมสูงสุด ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุด และค่าปริมาณน้ำฝนรวม นำข้อมูล ค.ศ. 2013 ไปใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ซึ่งเลือกตัวแปรที่มีความสำคัญในการสร้างแบบจำลอง ส่วนข้อมูล ค.ศ. 2014 ไปใช้สำหรับการทำนายปริมาณน้ำฝน ซึ่งข้อมูลทั้ง 2 ส่วน จะใช้โปรแกรม RapidMiner Studio ทำการทดลอง จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ แบบจำลองการทำนายปริมาณน้ำฝนโดยการใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ให้ค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 80.67 ทำให้สามารถเพิ่มความถูกต้องในการทำนายปริมาณน้ำฝนได้

Bastos และคณะ (2014) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้เหมืองข้อมูลในระบบบำรุงรักษาเพื่อการคาดการณ์ความผิดพลาด มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความน่าจะเป็นของการหยุดทำงานของเครื่องจักรและวางแผนเตรียมทีมบำรุงรักษาเพื่อสนับสนุนให้เหมาะสม มีขั้นตอนทำการ

ทดลอง ดังนี้ ทำการเลือกใช้ข้อมูลในการทดลอง ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 2012 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม ค.ศ. 2012 จำนวนชุดข้อมูล 330 ชุด ประกอบไปด้วยตัวแปรอินพุต (Input) ทั้งหมด 10 พารามิเตอร์ และตัวแปรเอาต์พุต (Output) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ระดับแฉ่งเดือน ระดับต้องซ่อมบำรุง และระดับการทำนายอุปกรณ์ที่ชำรุด ซึ่งใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองโดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ในโปรแกรม RapidMiner Studio และข้อมูลในการทดลอง ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน ค.ศ. 2012 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2012 จำนวนชุดข้อมูล 199 ชุด ใช้สำหรับการทำนายระดับการซ่อมบำรุง จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ แบบจำลองการทำนายระดับการซ่อมบำรุง โดยการใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ให้ค่าความถูกต้อง เท่ากับร้อยละ 71.30 ทำให้สามารถเพิ่มความถูกต้องในการทำนายระดับการซ่อมบำรุงได้

Yadav และคณะ (2015) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ Rapid Miner โดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ในการทำนายการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์สำหรับการประเมินศักยภาพของทรัพยากรพลังงานแสงอาทิตย์ของ 76 พื้นที่ในอินเดีย ตะวันตกเฉียงเหนือ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ในการทำนายการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์และพิจารณาตัวแปรอินพุต (Input) ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย 9 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าอุณหภูมิต่ำสุด ค่าอุณหภูมิสูงสุด ค่าระดับความสูง ค่าจำนวนชั่วโมงของแสงอาทิตย์ ค่าดัชนีความชัดเจน ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ค่าละติจูด และค่าลองจิจูด ส่วนตัวแปรเอาต์พุต (Output) คือ ค่าการทำนายพลังไฟฟ้าที่ได้ต่อตารางเมตรต่อวัน ( $\text{kW/m}^2/\text{Day}$ ) จากนั้นทำการทดลองโดยใช้เทคนิค 3 เทคนิค ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) Radial Basis Function Neural Networks (RBFNN) และ Generalized Regression Neural Network (GRNN) แต่ละเทคนิคจะเลือกใช้ตัวแปรอินพุต (Input) ในการสร้างแบบจำลอง โดยแบ่งออกเป็น 5 แบบ ซึ่งทุกๆ เทคนิคจะใช้เหมือนกันทั้งหมด ดังนั้นการทดลองนี้จะมีทั้งหมด 15 แบบ ซึ่งจะใช้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน (Mean absolute percent error ; MAPE) ที่น้อยที่สุดในการพิจารณาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด โดยสร้างแบบจำลองในโปรแกรม RapidMiner Studio จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ เทคนิคที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด คือ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) เลือกใช้ตัวแปรอินพุต (Input) เพียง 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าอุณหภูมิต่ำสุด ค่าอุณหภูมิสูงสุด ค่าระดับความสูง และค่าจำนวนชั่วโมงของแสงอาทิตย์ ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน (Mean absolute percent error ; MAPE) เท่ากับ 6.89 รองลงมาใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) เลือกใช้ตัวแปรอินพุต (Input) เพียง 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าอุณหภูมิต่ำสุด ค่าอุณหภูมิสูงสุด และค่าระดับความสูง ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของค่า

สัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน (Mean absolute percent error ; MAPE) เท่ากับ 9.04 ซึ่งทั้ง 2 เทคนิคสามารถทำนายค่าพลังไฟฟ้าที่ได้ต่อตารางเมตรต่อวัน ( $\text{kW/m}^2/\text{Day}$ ) ได้ถูกต้องมากที่สุด

จิราภา เลหาหวรนนท์ และคณะ (2558) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลในการจำแนกและคัดเลือกแขนงวิชาสำหรับนักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแนะนำหรือช่วยตัดสินใจเลือกแขนงวิชา โดยใช้โปรแกรม RapidMiner Studio เวอร์ชัน 7.5 สำหรับข้อมูลอินพุต (Input) ที่ใช้ในการทดลองมาจาก 2 แหล่ง ดังนี้ แหล่งปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นการทำให้แบบทดสอบความถนัดทางสาขาคอมพิวเตอร์ แหล่งทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลผลการเรียน เกรดรายวิชาพื้นฐาน 14 วิชา และเพศ ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ความเหมาะสมของการเรียนแต่ละแขนง โดยใช้ข้อมูล พ.ศ. 2556 จำนวนชุดข้อมูล 133 ชุด มีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ชุด สำหรับทั้ง 4 แขนง แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาสร้างแบบจำลองด้วย 5 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เทคนิค Naïve Bayes เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) เทคนิคการถดถอยโลจิสติกส์ (Logistic Regression) และทำการ Vote Ensemble จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ เทคนิคที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด คือ เทคนิค Naïve Bayes เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) เทคนิคการถดถอยโลจิสติกส์ (Logistic Regression) และเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ตามลำดับ และในแขนงวิชาซอฟต์แวร์ (Software) ให้ความแม่นยำมากที่สุด

นุชนาฏ ปิ่นเมือง และ จารีย์ ทองคำ (2561) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการทำเหมืองข้อมูลความคิดเห็นของคนไทยเกี่ยวกับสื่อออนไลน์โดยใช้การทำเหมืองข้อมูลข้อความ มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาเทคนิคที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในการจำแนกความคิดเห็นต่อการใช้บริการพร้อมเพย์บนสื่อออนไลน์ โดยใช้โปรแกรม RapidMiner Studio เวอร์ชัน 7.4 มีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง คือข้อมูลแสดงความคิดเห็น ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 จำนวนชุดข้อมูล 1,570 ชุด นำข้อมูลที่ได้มาแยกค่าได้ทั้งหมด 3,581 คำ แล้วตัดคำภาษาอังกฤษออกเหลือ 3,302 คำ จากนั้นให้ประเภทแต่ละคำยึดตามพจนานุกรม แล้วเลือกเอาเฉพาะประเภทคำวิเศษณ์ได้จำนวน 577 คำ ทำการแบ่งประเภทเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ความหมายเชิงบวก เชิงลบ และเป็นกลาง จึงทำให้เหลือข้อมูลที่ให้ ความหมายเชิงบวกและเชิงลบ จำนวน 400 คำ ทำการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคทั้ง 5 เทคนิค ดังนี้ เทคนิค Naïve Bayes เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) เทคนิค K-Nearest Neighbor Bayes เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ Bayes เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจแบบ C4.5 และกำหนดค่า 10-fold

cross validation จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ เทคนิคที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด คือ เทคนิค Naïve Bayes ให้ค่าความถูกต้อง เท่ากับร้อยละ 93.88 และค่าความแม่นยำ เท่ากับร้อยละ 94.02

ดารณี พิมพ์ช่างทอง (2561) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการวิเคราะห์จัดกลุ่มเพื่อการรณรงค์ทางการตลาดด้วยการใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่ออิทธิพลของการซื้อสินค้าหรือการบริการที่โฆษณาทางสื่อออนไลน์ มีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการกำหนดกลุ่มประชากรในงานวิจัย ซึ่งเลือกบุคคลทั่วไปที่เคยซื้อสินค้าหรือการบริการผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ ประเภทเฟซบุ๊ก (Facebook) ไลน์ (Line) อินสตาแกรม (Instagram) ใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 400 ชุด ซึ่งในแบบสอบถามแบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลลักษณะด้านประชากรณ์ ด้านพฤติกรรมออนไลน์ ด้านปฏิกิริยาเมื่อเห็นการรณรงค์ และข้อเสนอเพิ่มเติม จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าสถิติพื้นฐาน และการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงอนุมาน โดยใช้ค่าประสิทธิภาพสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง Class Attribute และ Attribute อื่นๆ โดยใช้เทคนิค Operator K-Mean ในโปรแกรม RapidMiner Studio เวอร์ชัน 6 จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ สามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลได้ 2 กลุ่ม (Cluster) ได้แก่ Cluster 0 เป็นกลุ่มที่ตระหนักถึงสินค้าและบริการ (Product Conscious) คิดเป็นร้อยละ 64.5 ส่วน Cluster 1 เป็นกลุ่มที่ตระหนักราคา (Price Conscious) คิดเป็นร้อยละ 35.5

Chou และคณะ (2018) ศึกษาในหัวข้อวิจัยเรื่องการกำหนดคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยใช้การเรียนรู้ด้วยเครื่อง มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการทำนายคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพของผู้ปฏิบัติงานในการใช้ประยุกต์ข้อมูลเกี่ยวกับงานวางแผนบริหารจัดการน้ำ มีขั้นตอนทำการทดลอง ดังนี้ ทำการเลือกใช้ข้อมูลในการทดลอง ตั้งแต่ ค.ศ. 1995 ถึง ค.ศ. 2016 จากอ่างเก็บน้ำทั้งหมด 20 อ่าง ในไต้หวัน และเลือกใช้ตัวแปรอินพุต (Input) ทั้งหมด 6 พารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำผิวดิน ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand ; BOD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid ; SS) ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand ; COD) ค่าแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ค่าจำลองตัวแปรสำหรับฤดูกาลและสถานที่ ส่วนนำข้อมูลตัวแปรเอาต์พุต (Output) คือ ดัชนีแบ่งระดับสถานภาพของแหล่งน้ำ (Carlson's Trophic State Index ; CTSI) สำหรับการก่อสร้างแบบจำลองเลือกใช้เทคนิค 4 เทคนิค ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) เทคนิคการแบ่งประเภทและต้นไม้ตัดสินใจการถดถอย (Classification and Regression Trees) และเทคนิคการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) โดยสร้างในโปรแกรม Microsoft Azure Machine Learning Studio RapidMiner Studio IBM SPSS Modeler และ WEKA นอกจากนี้ยังมีในเทคนิค Ensemble model

ซึ่งประกอบด้วย 4 แบบจำลอง ได้แก่ Voting Bagging Stacking Tiering ในโปรแกรม IBM SPSS Modeler และเทคนิค Hybrid model ในโปรแกรม Matlab ในการสร้างแบบจำลอง จากการทดลองได้ผลการทดลอง ดังนี้ แบบจำลองการทำนายคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ได้ค่าประสิทธิภาพสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.875 ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) เท่ากับ 4.554 และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) เท่ากับ 3.488 โดยใช้เทคนิคเทคนิค Hybrid model แบบจำลอง MetaFA-LSSVR ในโปรแกรม Matlab ในการสร้างแบบจำลอง

## 2.6 แนวคิดของงานวิจัย

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำนายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในระบบผลิตน้ำประปา อาทิเช่น ค่าปริมาณสารส้มที่ใช้ ค่าปริมาณปูนขาว ค่าความขุ่นของน้ำที่ออกจากเครื่องเออร์ โดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบต่างๆ อาทิเช่น ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ ค่าสีของน้ำดิบ ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำดิบ ค่ากระด้างทั้งหมดของน้ำดิบ ซึ่งได้ใช้โปรแกรม Neuframe4 Matlab The NeuroShell Predictor และ Weka ในการทำนายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม RapidMiner Studio ในนำโปรแกรมดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการทำนายค่าต่างๆ อาทิเช่น นำไปประยุกต์ใช้ในงานอดุณิคมวิทยาเพื่อทำนายค่าปริมาณน้ำฝน ใช้ในการประเมินศักยภาพของทรัพยากรพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทำนายการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ ใช้ทำนายค่าคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 เพื่อทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยข้อมูลที่ได้รับมาอนุเคราะห์จากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้ รายงานทดสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำดิบประจำวัน รายงานผลทดสอบคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำประปาประจำวัน และรายงานการกำกับและติดตามผลการจ่ายสารเคมีประจำวันและการทำจาร์เทส สำหรับการสร้างแบบจำลองสำหรับทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ จะใช้เทคนิค 6 เทคนิค ดังนี้ W-LinearRegression W-MultilayerPerceptron (MLP) W-REPTree W-M5P W-M5Rules และ Gradient Boosted Tree (GBT) เพื่อจะหาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดไปทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี ดังภาพที่ 2-30



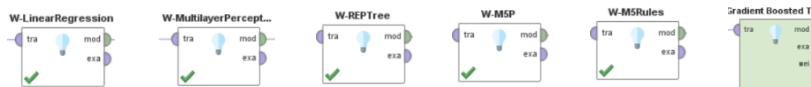
ข้อมูลที่ได้รับความสะดวกจากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562

ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

- รายงานทดสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำดิบประจำวัน
- รายงานผลทดสอบคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำประจำวัน
- รายงานการกำกับและติดตามผลการจ่ายสารเคมีประจำวัน  
และการทำจาร์เทส

โปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2



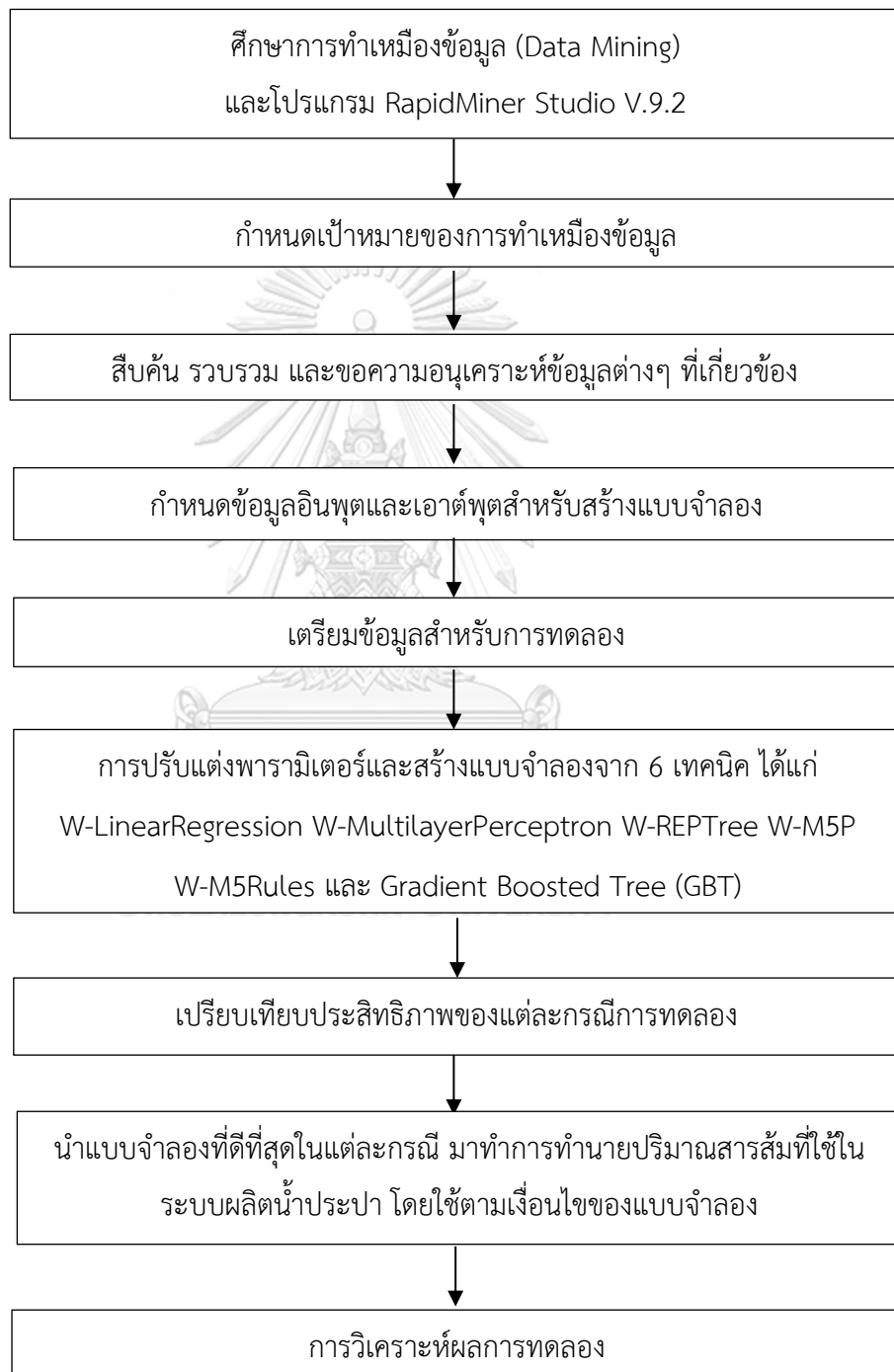
นำแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ไปทำนายปริมาณสารส้ม  
ที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 2-30 แนวคิดของงานวิจัย

### บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 แผนผังวิธีการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 3-1 แผนผังการทดลอง

### 3.2 เครื่องมือและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook)

โปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2

ข้อมูลที่สืบค้น รวบรวม และได้รับความอนุเคราะห์จากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี ประกอบด้วย ดังนี้

- รายงานทดสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำดิบประจำวัน
- รายงานผลทดสอบคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำประจำวัน
- รายงานการกำกับและติดตามผลการจ่ายสารเคมีประจำวันและการทำจาร์เทศ

### 3.3 วิธีการดำเนินวิจัย

#### 3.3.1 กำหนดเป้าหมายของการทำเหมืองข้อมูล

ในงานวิจัยนี้มีการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) โดยมีเป้าหมายสำหรับทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

#### 3.3.2 สืบค้น รวบรวม และขอความอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ทำการสืบค้น รวบรวม และขอความอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย จากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

- รายงานทดสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำดิบประจำวัน
- รายงานผลทดสอบคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำประจำวัน
- รายงานการกำกับและติดตามผลการจ่ายสารเคมีประจำวันและการทำจาร์เทศ

ซึ่งแต่ละรายงานจะประกอบไปด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

รายงาน	พารามิเตอร์
รายงานทดสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำดิบประจำวัน	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ชื่อแหล่งน้ำดิบ</li> <li>- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำดิบ</li> <li>- ค่าความขุ่นของน้ำดิบ (เอ็นทียู)</li> <li>- สีของน้ำดิบ</li> <li>- กลิ่นของน้ำดิบ</li> <li>- ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำดิบ (ไมโครโมสต์ต่อเซนติเมตร)</li> <li>- ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำดิบ (มิลลิกรัมต่อลิตร)</li> <li>- คุณสมบัติของออกซิไดซ์ความสะอาดในน้ำ (มิลลิโวลต์)</li> </ul>
รายงานผลทดสอบคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำประปาประจำวัน	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำดิบหลังเติมสารส้ม</li> <li>- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำก่อนกรอง</li> <li>- ค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรอง</li> <li>- ค่าความขุ่นของน้ำหลังกรอง</li> <li>- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำประปา</li> <li>- ค่าความขุ่นของน้ำประปา</li> <li>- สีของน้ำประปา</li> <li>- ค่าคลอรีนคงเหลือของน้ำประปา</li> </ul>
รายงานการกำกับและติดตามผลการจ่ายสารเคมีประจำวันและการทำจาร์เทศ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำดิบก่อนทำจาร์เทศ</li> <li>- ค่าความขุ่นของน้ำดิบก่อนน้ำจาร์เทศ (เอ็นทียู)</li> <li>- สีของน้ำดิบก่อนน้ำจาร์เทศ</li> <li>- ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจากการทำจาร์เทศ (มิลลิกรัมต่อลิตร)</li> <li>- ค่าเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำหลังทำจาร์เทศ</li> <li>- ค่าความขุ่นของน้ำหลังทำจาร์เทศ</li> </ul>

### 3.3.3 กำหนดข้อมูลอินพุต (Input) และข้อมูลเอาต์พุต (Output)

จากการศึกษาทฤษฎีกระบวนการโคแอกกูเลชัน ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำนายปริมาณสารเคมีในระบบผลิตน้ำประปาและข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี พบว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันเป็นกรรมวิธีกำจัดความขุ่นออกจากน้ำดิบ ซึ่งเกิดขึ้นได้ดีที่ความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) เป็นกลาง สำหรับการควบคุมคุณภาพน้ำหลังจาก

กระบวนการโคแอกกูเลชัน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) และค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรองด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้กำหนดข้อมูลอินพุต (Input) และข้อมูลเอาต์พุต (Output) ของการทดลอง ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลอินพุต (Input) และข้อมูลเอาต์พุต (Output) ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูล	พารามิเตอร์
อินพุต (Input)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำดิบ</li> <li>- ค่าความขุ่นของน้ำดิบ (เอ็นทียู)</li> <li>- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำก่อนกรอง</li> <li>- ค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรอง (เอ็นทียู)</li> </ul>
เอาต์พุต (Output)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปริมาณสารส้มที่ใช้ที่เหมาะสม (มิลลิกรัมต่อลิตร)</li> </ul>

### 3.3.4 เตรียมข้อมูลสำหรับการทดลอง

จากนั้นเตรียมข้อมูลต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ Excel ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ใช้สร้างแบบจำลองสำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี จำนวนรูปแบบชุดข้อมูล 24 รูปแบบ ดังตารางที่ 3-3 ซึ่งในแต่ละไฟล์จะประกอบด้วยพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากรายงานทดสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำดิบประจำวัน รายงานผลทดสอบคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำประปาประจำวัน และรายงานการกำกับและติดตามผลการจ่ายสารเคมีประจำวันและการทำจาร์เทส ดังภาพที่ 3-2 โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2561

ส่วนที่ 2 ใช้เพื่อตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยพิจารณาข้อมูลรวมทั้งหมด แต่ละโรงผลิตน้ำ และแต่ละแหล่งน้ำดิบ จำนวนรูปแบบชุดข้อมูล 24 รูปแบบ ดังตารางที่ 3-4 ใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562

ข้อมูลไฟล์ Excel ทั้ง 2 ส่วน ผู้วิจัยได้ทำการตัดข้อมูลชุดที่มีค่าพารามิเตอร์อินพุต (Input) ตัวใดตัวหนึ่งหรือหลายตัวที่ผิดปกติหรือขาดหายไป รวมทั้งข้อมูลที่ไม่มีค่าปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ทั้งทั้งชุด เพื่อลดค่า Bias ที่จะเกิดขึ้นในการสังเคราะห์แบบจำลอง

ตารางที่ 3-3 รูปแบบชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง (ข้อมูลตั้งแต่ ต.ค. 56 ถึง เม.ย. 61)

รูปแบบชุดข้อมูล	แหล่งข้อมูล
รูปแบบที่ 1-1	ข้อมูลรวมทั้งหมด 3 โรงผลิตน้ำ
รูปแบบที่ 1-2	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์
รูปแบบที่ 1-3	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน
รูปแบบที่ 1-4	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม
รูปแบบที่ 1-5	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง
รูปแบบที่ 1-6	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บหนองสำโรง
รูปแบบที่ 1-7	ข้อมูลรวมทั้งหมด 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน)
รูปแบบที่ 1-8	ข้อมูลรวมทั้งหมด 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูฝน)
รูปแบบที่ 1-9	ข้อมูลรวมทั้งหมด 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูหนาว)
รูปแบบที่ 1-10	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูร้อน)
รูปแบบที่ 1-11	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูฝน)
รูปแบบที่ 1-12	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูหนาว)
รูปแบบที่ 1-13	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน)
รูปแบบที่ 1-14	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูฝน)
รูปแบบที่ 1-15	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูหนาว)
รูปแบบที่ 1-16	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูร้อน)
รูปแบบที่ 1-17	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูฝน)
รูปแบบที่ 1-18	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูหนาว)
รูปแบบที่ 1-19	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูร้อน)
รูปแบบที่ 1-20	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูฝน)
รูปแบบที่ 1-21	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูหนาว)
รูปแบบที่ 1-22	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บหนองสำโรง (ฤดูร้อน)
รูปแบบที่ 1-23	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บหนองสำโรง (ฤดูฝน)
รูปแบบที่ 1-24	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บหนองสำโรง (ฤดูหนาว)

ตารางที่ 3-4 รูปแบบชุดข้อมูลสำหรับตรวจสอบการทำงานาย (ข้อมูลตั้งแต่ พ.ศ. 61 ถึง เม.ย. 62)

รูปแบบชุดข้อมูล	แหล่งข้อมูล
รูปแบบที่ 2-1	ข้อมูลรวมทั้งหมด 3 โรงผลิตน้ำ
รูปแบบที่ 2-2	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์
รูปแบบที่ 2-3	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน
รูปแบบที่ 2-4	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม
รูปแบบที่ 2-5	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง
รูปแบบที่ 2-6	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บหนองสำโรง
รูปแบบที่ 2-7	ข้อมูลรวมทั้งหมด 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน)
รูปแบบที่ 2-8	ข้อมูลรวมทั้งหมด 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูฝน)
รูปแบบที่ 2-9	ข้อมูลรวมทั้งหมด 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูหนาว)
รูปแบบที่ 2-10	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูร้อน)
รูปแบบที่ 2-11	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูฝน)
รูปแบบที่ 2-12	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูหนาว)
รูปแบบที่ 2-13	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน)
รูปแบบที่ 2-14	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูฝน)
รูปแบบที่ 2-15	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูหนาว)
รูปแบบที่ 2-16	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูร้อน)
รูปแบบที่ 2-17	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูฝน)
รูปแบบที่ 2-18	ข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูหนาว)
รูปแบบที่ 2-19	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูร้อน)
รูปแบบที่ 2-20	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูฝน)
รูปแบบที่ 2-21	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูหนาว)
รูปแบบที่ 2-22	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บหนองสำโรง (ฤดูร้อน)
รูปแบบที่ 2-23	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บหนองสำโรง (ฤดูฝน)
รูปแบบที่ 2-24	ข้อมูลเฉพาะที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บหนองสำโรง (ฤดูหนาว)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
	แหล่งน้ำดิบ	pH น้ำดิบ	ค่าความขุ่นน้ำดิบ	สีน้ำดิบ	กลิ่นน้ำดิบ	การนำโพซิฟเวชัน	DO น้ำดิบ	ORP น้ำดิบ	pH น้ำดิบหลังเติมสารส้ม	pH น้ำดิบก่อนกรอง	ความขุ่นน้ำดิบกรบ4	ความขุ่นน้ำดิบกรบ2	pH น้ำดิบ	ความขุ่นน้ำดิบ	ค่าเฉลี่ยน้ำดิบ	ค่าเฉลี่ยน้ำดิบ	ค่าเฉลี่ยน้ำดิบ	pH ก่อนทำ Jar Test	ความขุ่นก่อนทำ Jar Test	ปริมาณสารส้มที่นำมาผสม	pH หลังทำ Jar Test	ความขุ่นหลังทำ Jar Test	
1																							
2	1 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.04	9.99	เหลือง	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.82	2.91	1.94	6.65	1.94	ได้	0.19	7	18.5	-	30	6.75	1.87	
3	2 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.1	9.62	เหลือง	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.74	2.73	1.77	6.63	1.77	ได้	2.04	7	18.5	-	30	6.75	1.87	
4	3 ต.ค. 56	หนองสำโรง	6.99	10.9	เหลือง	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.68	2.46	1.96	6.6	1.96	ได้	1.46	7	18.5	-	30	6.75	1.87	
5	4 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.02	15.2	เหลือง	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.7	1.78	1.44	6.62	1.44	ได้	0.9	7	18.5	-	30	6.75	1.87	
6	5 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.1	17.7	เหลือง	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.89	2.11	1.54	6.61	1.54	ได้	2.01	7	18.5	-	30	6.75	1.87	
7	6 ต.ค. 56	หนองสำโรง	6.55	14.32	เหลือง	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.67	1.23	1.11	6.4	1.11	ได้	2.02	7	18.5	-	30	6.75	1.87	
8	7 ต.ค. 56	หนองสำโรง	6.67	9.12	ได้	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.63	2.32	1.61	6.57	1.61	ได้	1.27	7	18.5	-	30	6.75	1.87	
9	8 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.03	9.04	ได้	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.68	1.6	1.17	6.26	1.17	ได้	1.41	7	18.5	-	30	6.75	1.87	
10	9 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.02	18.2	เหลือง	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.67	1.19	1.07	6.62	1.07	ได้	1.4	7	18.5	-	30	6.75	1.87	
11	10 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.02	15.8	ขาวขุ่น	ธรรมชาติ	-	-	6.8	6.65	2.22	1.04	6.64	1.04	ได้	1.74	7	18.5	-	30	6.75	1.87	
12	11 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.04	21.4	ได้	ธรรมชาติ	-	-	6.8	6.63	1.35	1.23	6.56	1.23	ได้	1.78	7.22	5.8	-	30	6.9	1.35	
13	12 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.16	16.4	เหลือง	ธรรมชาติ	-	-	6.8	6.64	5.74	2.09	6.66	2.09	ได้	1.64	7.22	5.8	-	30	6.9	1.35	
14	13 ต.ค. 56	หนองสำโรง	6.15	14.6	เหลือง	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.66	1.6	1.32	6.43	1.32	ได้	1	7.22	5.8	-	30	6.9	1.35	
15	14 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.03	12.68	เหลือง	ธรรมชาติ	-	-	6.8	6.88	1.94	1.21	6.6	1.21	ได้	1.81	7.22	5.8	-	30	6.9	1.35	
16	15 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.11	18.2	เหลือง	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.69	1.6	1.18	6.56	1.2	ได้	1.1	7.22	5.8	-	30	6.9	1.35	
17	16 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.08	20.1	เหลือง	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.71	1.42	1.27	6.67	1.27	ได้	0.9	7.22	5.8	-	30	6.9	1.35	
18	17 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.22	5.81	ได้	ธรรมชาติ	-	-	6.8	6.75	1.94	1.22	6.67	1.56	ได้	1.98	7.22	5.8	-	30	6.9	1.35	
19	18 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.16	7.61	ได้	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.67	1.52	1.32	6.66	1.32	ได้	1.78	7.1	4.07	-	30	6.95	1.1	
20	19 ต.ค. 56	หนองสำโรง	7.09	6.65	ได้	ธรรมชาติ	-	-	6.9	6.7	1.4	1.17	6.68	1.17	ได้	1.08	7.1	4.07	-	30	6.95	1.1	

ภาพที่ 3-2 ข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลองสำหรับการทำนายปริมาณสารส้ม

### 3.3.5 การปรับแต่งพารามิเตอร์และสร้างแบบจำลองสำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้

3.3.5.1 ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 ในการทดลองสำหรับการปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละทฤษฎีที่ใช้สร้างแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองเลือกใช้ออเปอเรเตอร์ (Operators) ดังตารางที่ 3-5


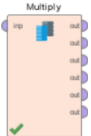
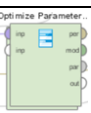

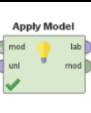
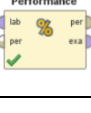



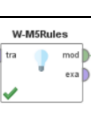


3.3.5.2 การปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละทฤษฎีที่ใช้สร้างแบบจำลอง ในการปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละทฤษฎีทั้งหมด 6 ทฤษฎี ได้แก่ W-LinearRegression W-MultilayerPerceptron (MLP) W-REPTree W-M5P W-M5Rules และ Gradient Boosted Tree (GBT) และพิจารณาแต่ละรูปแบบทั้งหมด 24 รูปแบบ ตามตารางที่ 3-3 โดยใช้โอเปอเรเตอร์ Filter Examples ในการกรองข้อมูลแต่ละข้อมูลอินพุต (Input) ต่างๆ ตามแต่ละรูปแบบการทดลอง และใช้โอเปอเรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) เพื่อแสดงผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละทฤษฎี แต่ละรูปแบบที่พิจารณา โดยใช้โอเปอเรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) จะพิจารณาจากค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) ที่น้อยที่สุด โดยสร้างแบบจำลอง ดังภาพที่ 3-3

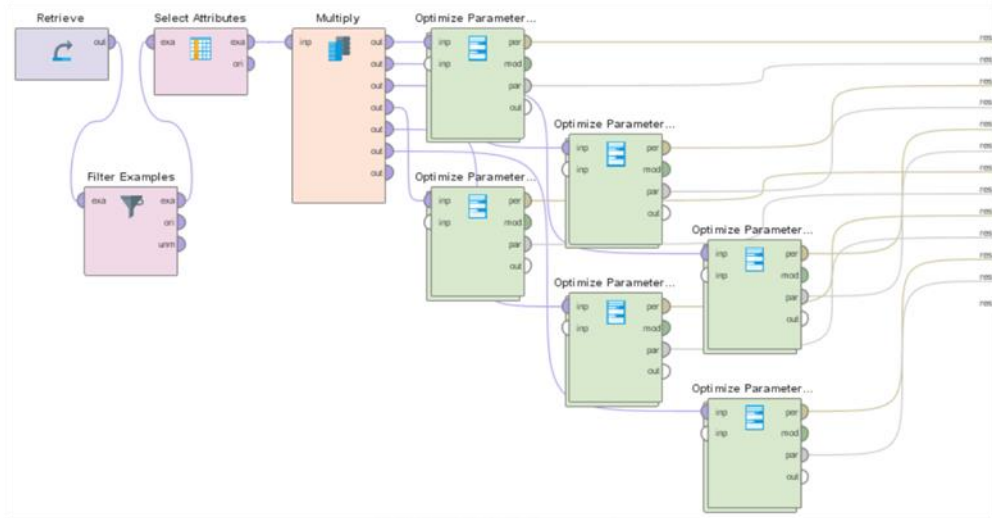
ตารางที่ 3-5 โอเปอเรเตอร์ที่ใช้ในการปรับแต่งพารามิเตอร์และการสร้างแบบจำลอง

โอเปอเรเตอร์ (Operators)	จำนวน	คำอธิบาย
 Retrieve	1	ใช้สำหรับโหลดไฟล์ข้อมูลจากที่เก็บข้อมูล (Repository)
 Select Attributes	1	ใช้สำหรับเลือกข้อมูลอินพุต (Input) ที่ต้องการ



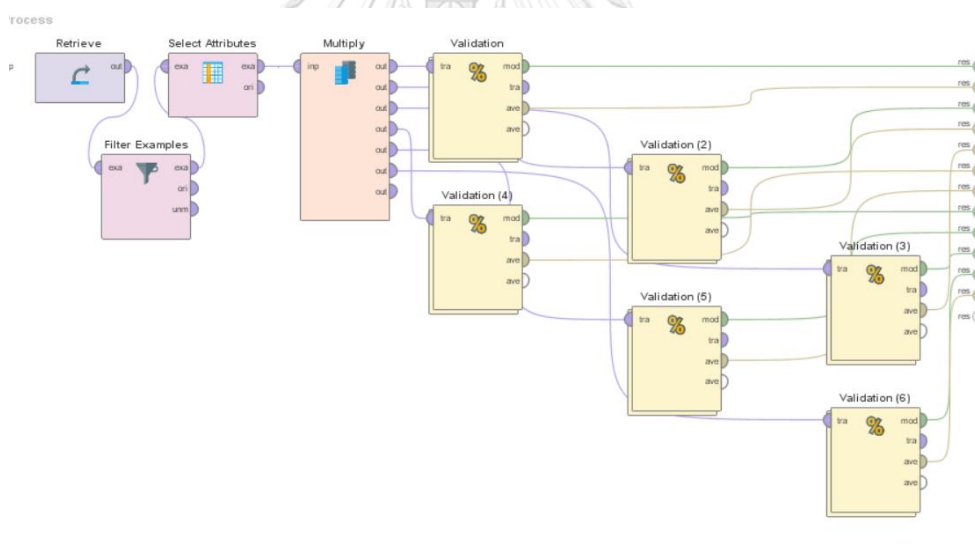
ตารางที่ 3-5 โอเปอเรเตอร์ที่ใช้ในการปรับแต่งพารามิเตอร์และการสร้างแบบจำลอง (ต่อ)

โอเปอเรเตอร์ (Operators)	จำนวน	คำอธิบาย	
	Filter Examples	1	ใช้สำหรับกรองข้อมูลที่ต้องการ
	Multiply	1	ใช้สำหรับสร้างข้อมูลอินพุตออกมาหลาย ๆ ชุด
	Optimize Parameters (Grid)	6	ใช้สำหรับปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละทฤษฎี ที่หาค่า RMSE น้อยที่สุด
	Split Validation	6	ใช้สำหรับแบ่งข้อมูล เพื่อสร้างแบบจำลองและใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพขอแบบจำลอง
	Apply Model	6	ใช้สำหรับทำนายข้อมูลใหม่
	Performance	6	ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง
	W-LinearRegression	1	ใช้เทคนิค W-LinearRegression สำหรับทำนายข้อมูล
	W-MultilayerPerceptron	1	ใช้เทคนิค W-MultilayerPerceptron สำหรับทำนายข้อมูล
	W-REPTree	1	ใช้เทคนิค W-REPTree สำหรับทำนายข้อมูล
	W-M5P	1	ใช้เทคนิค W-M5P สำหรับทำนายข้อมูล
	W-M5Rules	1	ใช้เทคนิค W-M5Rules สำหรับทำนายข้อมูล
	Gradient Boosted Tree (GBT)	1	ใช้เทคนิค GBT สำหรับทำนายข้อมูล



ภาพที่ 3-3 แบบจำลองที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของแต่ละทฤษฎี

3.3.5.2 ทำการสร้างแบบจำลองสำหรับทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา ดังภาพที่ 4-3

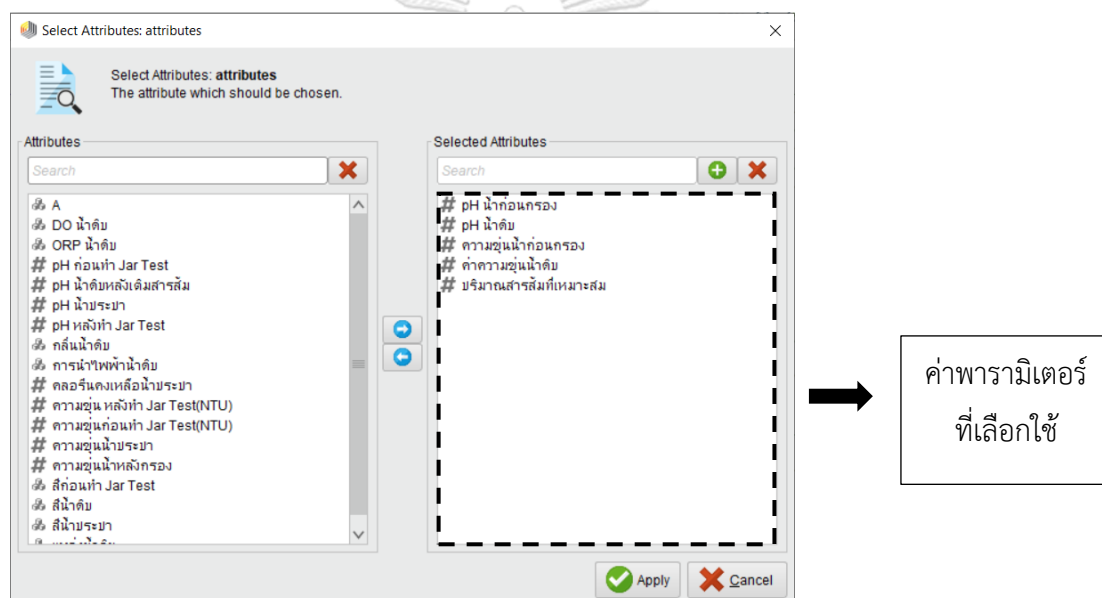


ภาพที่ 3-4 สร้างแบบจำลองทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา

ทำการนำไฟล์ Excel ส่วนที่ 1 ใช้การปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละทฤษฎีที่ใช้สร้างแบบจำลองและสร้างแบบจำลองสำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 ที่เตรียมไว้เข้าสู่ที่เก็บข้อมูล (Repository) ของโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 แล้วโหลดข้อมูลลงในโอเพอร์เรเตอร์ Retrieve

ในการทดลองโดยเลือกพารามิเตอร์ที่ต้องการจากโอเปอร์เรเตอร์ Select Attributes ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ ดังนี้ ข้อมูลอินพุต (Input) ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำดิบ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ (เอ็นทียู) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำก่อนกรอง และค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรอง (เอ็นทียู) ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ปริมาณสารส้มที่ใช้ที่เหมาะสม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ดังภาพที่ 3-5

จากนั้นทำการปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละทฤษฎีที่ใช้สร้างแบบจำลอง เพื่อหาพารามิเตอร์ที่ให้ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) น้อยที่สุด เมื่อได้พารามิเตอร์ของแต่ละทฤษฎีแล้ว นำไปปรับใช้ในการสร้างแบบจำลองสำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา



ภาพที่ 3-5 เลือกพารามิเตอร์ที่ต้องการจากโอเปอร์เรเตอร์ Select Attributes





### 3.3.6 นำแบบจำลองที่สร้างจากการปรับค่าพารามิเตอร์ในแต่ละทฤษฎีมาทำการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

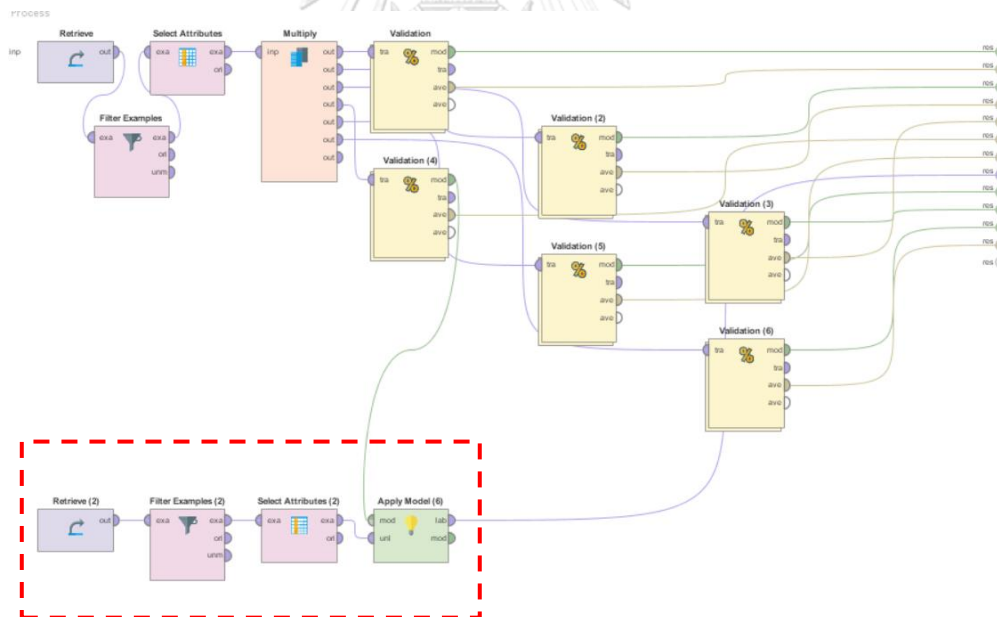
นำแบบจำลองที่สร้างจากการปรับค่าพารามิเตอร์ในแต่ละทฤษฎี มาเพิ่มโอเปอร์เรเตอร์ ดังตารางที่ 3-6 สำหรับใช้ในการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี ดังภาพที่ 3-6

โดยนำไฟล์ Excel ทั้งส่วนที่ 1 และ 2 มาใช้เพื่อตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยไฟล์ Excel ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 ที่เตรียมไว้เข้าสู่ที่เก็บ

ข้อมูล (Repository) ของโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 แล้วโหลดข้อมูลลงในโอเปอร์เรเตอร์ Retrieve(2)

ตารางที่ 3-6 การเพิ่มโอเปอร์เรเตอร์ที่ใช้ในการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้

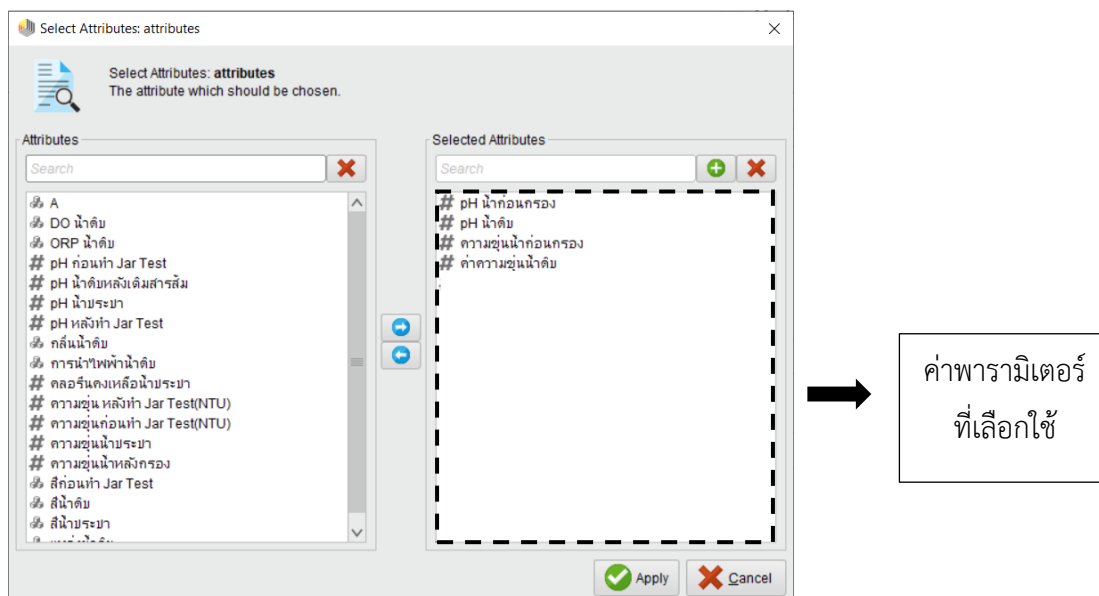
โอเปอร์เรเตอร์ (Operators)	จำนวน	คำอธิบาย
 Retrieve (2)	1	ใช้สำหรับโหลดไฟล์ข้อมูลจากที่เก็บข้อมูล (Repository)
 Filter Examples	1	ใช้สำหรับกรองข้อมูลที่ต้องการ
 Select Attributes (2)	1	ใช้สำหรับเลือกข้อมูลอินพุต (Input) ที่ต้องการ
 Apply Model (6)	1	ใช้สำหรับทำนายข้อมูลใหม่



ภาพที่ 3-6 การเพิ่มโอเปอร์เรเตอร์สำหรับใช้ในการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้

จากนั้นทำเลือกข้อมูลอินพุต (Input) ต้องการจากโอเปอร์เรเตอร์ Select Attributes(2) โดยเลือกข้อมูลอินพุต (Input) ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำดิบ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ (เอ็นทียู) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำก่อนกรอง และค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรอง (เอ็นทียู)

เพื่อทำนาย (Prediction) ปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี



ภาพที่ 3-7 เลือกพารามิเตอร์ที่ต้องการจากโอเพอร์เรเตอร์ Select Attributes(2)

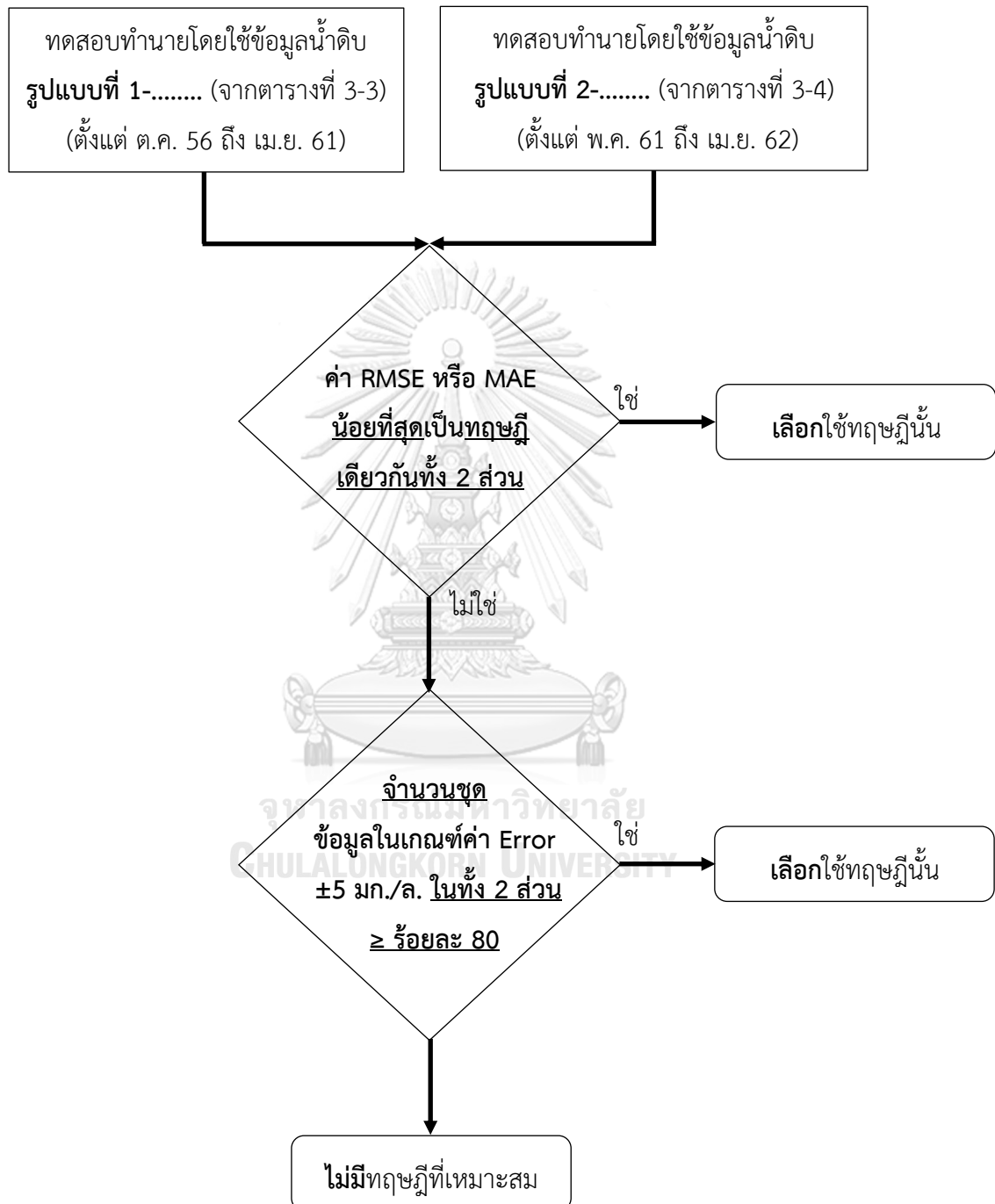
และใช้โอเพอร์เรเตอร์ Filter Examples ในการกรองข้อมูลแต่ละข้อมูลอินพุต (Input) ต่างๆ ตามแต่ละรูปแบบการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลค่าทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้และค่าปริมาณสารส้มที่ใช้จริงในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีมาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับเพื่อพิจารณาแนวโน้มของกราฟที่ได้และพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆ

### 3.3.7 หลักเกณฑ์สำหรับการพิจารณาประสิทธิภาพของแบบจำลอง

จากการทดลองทั้งหมด 24 รูปแบบ จากเทคนิค 6 เทคนิค ได้แก่ W-LinearRegression W-MultilayerPerceptron W-REPTree W-M5P W-M5Rules และ Gradient Boosted Tree (GBT) จะพิจารณาประสิทธิภาพของแบบจำลองในแต่ละกรณีการทดลอง เพื่อพิจารณาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละกรณีการทดลอง โดยพิจารณาจากค่าดังต่อไปนี้

- ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) น้อยที่สุด
- ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) น้อยที่สุด
- ค่าจำนวนชุดข้อมูลในเกณฑ์ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ในทั้ง 2 ส่วนที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80

ซึ่งการพิจารณาประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ดีที่สุดในแต่ละกรณีการทดลอง จะพิจารณาตามหลักเกณฑ์ ดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 หลักเกณฑ์สำหรับการพิจารณาประสิทธิภาพของแบบจำลอง

### 3.3.8 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลองสำหรับการลดปริมาณการใช้สารส้ม

3.3.8.1 นำชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองการทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด จากไฟล์ข้อมูลส่วนที่ 1 จากตารางที่ 4-3 มาพิจารณาเลือกใช้ชุดข้อมูลที่ค่าความชุ่นก่อนกรองที่มีค่าอยู่ในช่วง 2 ถึง 10 เอ็นทียู (NTU) เนื่องจากเกณฑ์มาตรฐานน้ำก่อนกรองของการประปาส่วนภูมิภาค ได้กำหนดไว้โดยค่าความชุ่นก่อนกรองต้องน้อยกว่า 10 เอ็นทียู (NTU) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) อยู่ในช่วงประมาณ 6.5 ถึง 8.5

3.3.8.2 นำข้อมูลที่ได้เข้าสู่โปรแกรม RapidMiner V.9.2 โดยใช้โอเพอร์เรเตอร์ Retrieve และเลือกใช้เทคนิค ค่า Split Ratio ตามแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดทำการ RUN แบบจำลองสำหรับสร้างแบบจำลอง เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง

3.3.8.3 นำข้อมูลนำไฟล์ Excel ส่วนที่ 2 จากตารางที่ 4-4 ใช้เพื่อตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 ที่เตรียมไว้เข้าสู่ที่เก็บข้อมูล (Repository) ของโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 แล้วโหลดข้อมูลลงในโอเพอร์เรเตอร์ Retrieve(2)

3.3.8.4 จากนั้นทำเลือกพารามิเตอร์ที่ต้องการจากโอเพอร์เรเตอร์ Select Attributes(2) โดยเลือกข้อมูลอินพุต (Input) ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำดิบ ค่าความชุ่นของน้ำดิบ (เอ็นทียู) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำก่อนกรอง และค่าความชุ่นของน้ำก่อนกรอง (เอ็นทียู) เพื่อทำนาย (Prediction) ปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

3.3.8.5 นำข้อมูลค่าทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้และค่าปริมาณสารส้มที่ใช้จริงในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีมาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกันเพื่อพิจารณาแนวโน้มของกราฟที่ได้และพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆ

3.3.8.6 ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลการทำนายการใช้สารส้มและข้อมูลการใช้สารส้มจริง

### 3.3.9 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) สำหรับหาข้อจำกัดหรือเงื่อนไขในการใช้งานแบบจำลองที่ได้จากงานวิจัยนี้

3.3.9.1 นำชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองการทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด นำ

ข้อมูลที่ได้เข้าสู่โปรแกรม RapidMiner V.9.2 โดยใช้โอเพอร์เรเตอร์ Retrieve และเลือกใช้เทคนิค ค่า Split Ratio ตามแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด มาใช้สำหรับสร้างแบบจำลอง

3.3.9.2 นำข้อมูลนำเข้าไฟล์ Excel ส่วนที่ 2 จากตารางที่ 4-4 ใช้เพื่อตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 ในการวิเคราะห์ดังกล่าวจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าแต่ละข้อมูลอินพุต (Input) ไปร้อยละ  $\pm 5$   $\pm 10$   $\pm 20$   $\pm 50$  และ  $\pm 90$  ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-8 แล้วนำเข้าไฟล์ที่เตรียมไว้เข้าสู่ที่เก็บข้อมูล (Repository) ของโปรแกรม RapidMiner Studio V.9.2 แล้วโหลดข้อมูลลงในโอเพอร์เรเตอร์ Retrieve(2)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	รวมเฉลี่ย	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น	ค่าความขุ่น
1	1 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	24.32	27.36	28.88	30.4	31.92	33.44	36.4	7	7	2.34	50		
2	2 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	26.72	30.06	31.73	33.4	35.07	36.74	40.08	7	7	2.14	50		
3	3 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	39.04	43.92	46.36	48.8	51.24	53.68	58.56	7	7	1.76	30		
4	4 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	3.656	4.113	4.3415	4.57	4.785	5.027	5.488	7	7	1.27	40		
5	5 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	3.688	4.149	4.3795	4.61	4.8405	5.071	5.532	7	7	1.42	40		
6	6 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	3.936	4.428	4.674	4.92	5.166	5.412	5.904	7	7	1.6	40		
7	7 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	3.888	4.374	4.617	4.86	5.103	5.346	5.832	7	7	2.9	30		
8	8 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	3.632	4.086	4.313	4.54	4.767	4.994	5.448	7	7	2.37	40		
9	9 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	3.536	3.978	4.199	4.42	4.641	4.862	5.304	7	7	1.26	30		
10	10 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	2.84	3.195	3.3725	3.55	3.7275	3.905	4.26	7	7	1.44	30		
11	11 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	2.728	3.069	3.2395	3.41	3.5805	3.751	4.092	7	7	1.37	40		
12	12 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	2.912	3.276	3.458	3.64	3.822	4.004	4.368	7.2	7.2	1.56	30		
13	13 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	2.848	3.204	3.382	3.56	3.738	3.916	4.272	7.2	7.2	2.12	30		
14	14 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	2.736	3.078	3.249	3.42	3.591	3.762	4.104	7.2	7.2	2.47	30		
15	15 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	2.936	3.303	3.4865	3.67	3.8535	4.037	4.404	7.2	7.2	2.1	25		
16	16 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	2.976	3.348	3.534	3.72	3.906	4.092	4.464	6.8	6.8	1.68	30		
17	17 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	3.224	3.627	3.8285	4.03	4.2315	4.433	4.836	7.2	6.8	1.31	40		
18	18 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	2.064	2.322	2.451	2.58	2.709	2.838	3.096	7.2	7.2	1.22	20		
19	19 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	2.928	3.294	3.477	3.66	3.843	4.026	4.392	7	7	2.16	30		
20	20 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	3.112	3.501	3.6955	3.89	4.0845	4.279	4.668	7	7	2.36	30		
21	21 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	2.792	3.141	3.3155	3.49	3.6645	3.839	4.188	7	6.8	2.66	30		
22	22 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	28.84	28.82	28.81	28.8	28.79	28.78	28.77	28.76	28.75	28.74	28.73	28.72	28.71
23	23 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	5.608	6.309	6.6955	7.01	7.3605	7.711	8.412	7.2	7	1.45	45		
24	24 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	6.56	7.38	7.79	8.2	8.61	9.02	9.84	7	7	1.28	45		
25	25 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	3.768	4.239	4.4745	4.71	4.9455	5.181	5.652	7	7	2.5	40		
26	26 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	3.648	4.104	4.332	4.56	4.788	5.016	5.472	7	7	1.23	45		
27	27 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	4.616	5.193	5.4815	5.77	6.0585	6.347	6.924	7	7	1.2	40		
28	28 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	4.256	4.788	5.054	5.32	5.586	5.852	6.384	7	7	1.36	40		
29	29 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	6.56	7.38	7.79	8.2	8.61	9.02	9.84	7	7	1.98	45		
30	30 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	6.416	7.218	7.619	8.02	8.421	8.822	9.624	7	7	2.99	40		
31	31 พ.ค. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	4.616	5.193	5.4815	5.77	6.0585	6.347	6.924	7	7	1.2	40		
32	1 มิ.ย. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	4.16	4.68	4.94	5.2	5.46	5.72	6.24	7	7	2.24	30		
33	2 มิ.ย. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	4.528	5.094	5.377	5.66	5.943	6.226	6.792	7	7	2.15	30		
34	3 มิ.ย. 61	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	หนองประจักษ์	4.896	5.508	5.814	6.12	6.426	6.732	7.344	7	7	2.35	30		

ภาพที่ 3-9 ตัวอย่างการสมมติฐานค่าเปลี่ยนแปลงแต่ละพารามิเตอร์

3.3.9.3 เลือกค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการทดลอง โดยเปลี่ยนค่าแต่ละพารามิเตอร์ตามที่สมมติฐานไว้ แล้วทำการรัน (RUN) แบบจำลองในแต่ละกรณีการทดลอง ซึ่งเลือกพารามิเตอร์ที่ต้องการจากโอเพอร์เรเตอร์ Select Attributes(2) โดยเลือกข้อมูลอินพุต (Input) ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำดิบ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ (เอ็นทียู) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำก่อนกรอง และค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรอง (เอ็นทียู) เพื่อทำนาย (Prediction) ปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

3.3.9.4 พิจารณาข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่มีผลต่อค่าทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้ม โดยการพล็อตกราฟเปรียบเทียบกันระหว่างค่าทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้และค่าปริมาณสารส้มที่ใช้จริง



## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

#### 4.1 บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยใช้โปรแกรมเหมืองข้อมูล RapidMiner V.9.2 โดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ ปริมาณการใช้สารส้มจากโรงผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี ทั้งหมด 3 โรงผลิตน้ำ ได้แก่ โรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม รวบรวมตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 จำนวน 5,118 ชุดข้อมูล (วัน) แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลอง (Modeling) เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 จำนวน 4,029 ชุดข้อมูล (วัน) และตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้ม เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 จำนวน 1,089 ชุดข้อมูล (วัน) โดยมีข้อมูลอินพุต (Input) ทั้งหมด 4 ค่า ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำดิบ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ (เอ็นทียู) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำก่อนกรอง และค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรอง (เอ็นทียู) ข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ปริมาณสารส้มที่ใช้ที่เหมาะสม (มิลลิกรัมต่อลิตร) สำหรับการสร้างแบบจำลองจะใช้ทฤษฎีทั้งหมด 6 ทฤษฎี ดังนี้ W-LinearRegression W-MultilayerPerceptron (MLP) W-REPTree W-M5P W-M5Rules และ Gradient Boosted Tree (GBT) และดำเนินการทดลองทั้งหมด 24 รูปแบบ ซึ่งใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ แยกพิจารณาแต่ละโรงผลิตน้ำ (หนองประจักษ์ บ้านถ่อน และบ้านนิคม) แหล่งน้ำดิบ (เขื่อนห้วยหลวง และอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง) และฤดูกาล (ร้อน ฝน และหนาว) สำหรับการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง จะพิจารณาจากค่าต่างๆ ดังนี้ ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error ; MAE) และจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 2.5 \pm 5 \pm 7$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เพื่อหาแบบจำลองที่สามารถทำนายค่าที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำมากที่สุด จากนั้นนำแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบการทดลองทั้งหมด 24 รูปแบบ เพื่อตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้ม และประยุกต์ใช้งานแบบจำลองสำหรับการลดปริมาณการใช้สารส้ม การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง

#### 4.2 ข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากการประสานภูมิภาคสาขาอุดรธานี

ระบบผลิตน้ำประปาของการประสานภูมิภาคสาขาอุดรธานี ประกอบด้วย 3 โรงผลิตน้ำ ได้แก่ โรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ กำลังผลิต 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน กำลังผลิต 2,300 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม กำลังผลิต 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เพื่อจำหน่ายน้ำประปาให้แก่ผู้ใช้น้ำประปาในพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี ซึ่งมีจำนวนผู้ใช้น้ำประปาประมาณ 78,000 ราย ความต้องการใช้น้ำประปาประมาณ 60,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ 1,800,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน สำหรับรายงานในระบบผลิตน้ำประปาของการประสานภูมิภาคสาขาอุดรธานีที่ได้รับความอนุเคราะห์และนำมาใช้ประกอบในงานวิจัยฉบับนี้ ประกอบด้วย 3 รายงาน ได้แก่ รายงานการทดสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำดิบประจำวัน รายงานผลทดสอบคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำประปาประจำวัน และรายงานการกำกับและติดตามผลการจ่ายสารเคมีประจำวันและการทำจารเทส เป็นข้อมูลที่รวบรวมตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 จำนวน 2,301 วัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่รวบรวมมาจาก 3 โรงผลิตน้ำ จึงได้ข้อมูลทั้งหมดจำนวน 6,903 ชุดข้อมูล (วัน) จากนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มามีข้อมูลที่ผิดพลาดค่าตัวแปรหายไปบางชุดข้อมูล อาทิเช่น ค่าความขุ่นน้ำดิบ ค่าปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจากการทำจารเทส จำนวน 1,783 ชุดข้อมูล (วัน) ค่าตัวแปรที่ผิดเพี้ยนไป อาทิเช่น ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองที่มีค่าความขุ่นเกิน 10 เอ็นทียู จำนวน 2 ชุดข้อมูล (วัน) ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลของผู้ปฏิบัติงาน ผู้วิจัยจึงได้ตัดชุดข้อมูลดังกล่าวออกไป ทำให้ข้อมูลทั้งหมดเหลือจำนวน 5,118 ชุดข้อมูล (วัน) ที่สามารถนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยข้อมูลของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ จำนวน 1,715 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 33.51 ของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยทั้งหมด ข้อมูลของโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน จำนวน 1,691 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 33.04 ของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยทั้งหมด และข้อมูลของโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม จำนวน 1,712 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 33.45 ของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยทั้งหมด

ข้อมูลทางสถิติต่างๆ ของการประสานภูมิภาคสาขาอุดรธานี ประกอบด้วย 5 ตัวแปร ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำดิบ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.00 ค่าสูงสุดเท่ากับ 8.90 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.02 ค่าความขุ่นของน้ำดิบ (เอ็นทียู) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.27 เอ็นทียู ค่าสูงสุดเท่ากับ 100 เอ็นทียู และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.26 เอ็นทียู ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำก่อนกรอง มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.81 ค่าสูงสุดเท่ากับ 7.86 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.85 ค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรอง (เอ็นทียู) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.00 เอ็นทียู ค่าสูงสุดเท่ากับ 9.72 เอ็นทียู และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.22 เอ็นทียู และปริมาณสารส้มที่ใช้ที่เหมาะสม (มก./ล.) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 4.00 เอ็นทียู ค่าสูงสุดเท่ากับ 80.00 เอ็นทียู และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.40 เอ็นทียู ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่าสถิติต่างๆ ของข้อมูลการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

ตัวแปร	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำดิบ	6.00	8.90	7.02
ค่าความขุ่นของน้ำดิบ (เอ็นทียู)	0.27	100.00	15.26
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำก่อนกรอง	2.81	7.86	6.85
ค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรอง (เอ็นทียู)	0.00	9.72	2.22
ปริมาณสารส้มที่ใช้ที่เหมาะสม (มก./ล.)	4.00	80.00	25.40

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 4-1 ไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นน้ำดิบและปริมาณสารส้มที่ใช้ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่ใช้ โดยพล็อตกราฟแผ่นภูมิกระจาย (Scatter) ทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ แยกแต่ละโรงผลิตน้ำ แยกแต่ละแหล่งน้ำดิบ ดังแสดงในภาคผนวก ฉ พบว่า กรณีของภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นน้ำดิบ (X) และปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.2799 หมายความว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบ (X) สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ร้อยละ 27.99 ส่วนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง (X) และปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.0675 หมายความว่า ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง (X) สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ร้อยละ 6.75 กรณีของโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นน้ำดิบ (X) และปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.1620 หมายความว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบ (X) สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ร้อยละ 16.20 ส่วนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง (X) และปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.1062 หมายความว่า ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง (X) สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ร้อยละ 10.62 กรณีของโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นน้ำดิบ (X) และปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.3495 หมายความว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบ (X) สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ร้อยละ 34.95 ส่วนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง (X) และปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.0817 หมายความว่า ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง (X) สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ร้อยละ 8.17 กรณีของโรงผลิตน้ำบ้านนิคม กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นน้ำดิบ (X) และปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.2714 หมายความว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบ (X) สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ร้อยละ 27.14 ส่วนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง (X) และปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ค่า R-Square

เท่ากับ 0.0013 หมายความว่า ค่าความชุ่มน้ำก่อนกรอง (X) สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ร้อยละ 0.13 กรณีของโรงผลิตน้ำที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชุ่มน้ำดิบ (X) และปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.2439 หมายความว่า ค่าความชุ่มน้ำดิบ (X) สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ร้อยละ 24.39 ส่วนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชุ่มน้ำก่อนกรอง (X) และปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.0197 หมายความว่า ค่าความชุ่มน้ำก่อนกรอง (X) สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ร้อยละ 1.97 กรณีของโรงผลิตน้ำที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชุ่มน้ำดิบ (X) และปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.1796 หมายความว่า ค่าความชุ่มน้ำดิบ (X) สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ร้อยละ 17.96 ส่วนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชุ่มน้ำก่อนกรอง (X) และปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.0869 หมายความว่า ค่าความชุ่มน้ำก่อนกรอง (X) สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณสารส้มที่ใช้ (Y) ได้ร้อยละ 8.69 จากกราฟแผ่นภูมิกระจาย (Scatter) ทั้งหมด พบว่า ค่า R-Square มีค่าต่ำกว่า 0.6 ซึ่งหมายความว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือที่น้อยมาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำโปรแกรม RapidMiner V.9.2 มาใช้ช่วยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างคือ ค่าความชุ่มน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ ค่าความชุ่มน้ำก่อนกรองและค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรอง ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ปริมาณสารส้มที่ใช้

#### 4.2.1 โรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์

แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ได้มาจาก 2 แหล่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำหนองสำโรงและเขื่อนห้วยหลวง จากข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ทั้งหมดจำนวน 1,715 ชุดข้อมูล (วัน) พบว่า โรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรงเป็นส่วนใหญ่ จำนวน 1,087 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 63.38 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ทั้งหมด และใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง จำนวน 628 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 36.62 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ทั้งหมด

##### 4.2.1.1 ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง

โรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรงเป็นส่วนใหญ่ มีข้อมูลที่สามารถใช้ในงานวิจัยนี้ทั้งหมดจำนวน 1,087 ชุดข้อมูล (วัน) แบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ตามฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน จำนวน 163 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 15.00 ของข้อมูลโรง

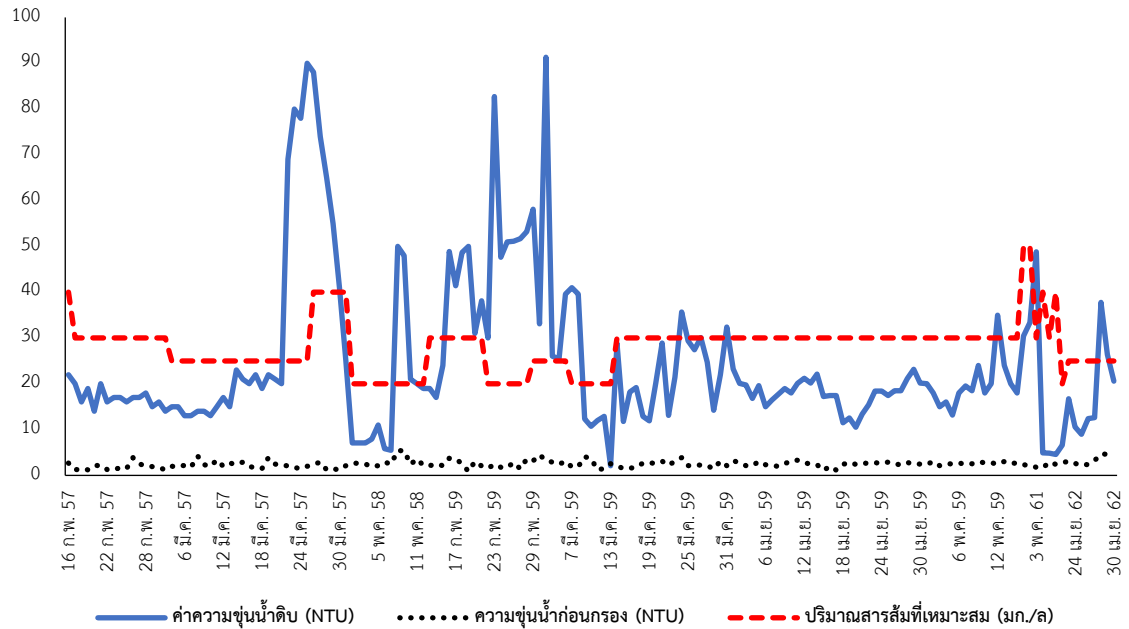
ผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรงทั้งหมด ฤดูฝน จำนวน 492 ชุด ข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 45.26 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรงทั้งหมด และฤดูหนาว 432 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 39.74 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรงทั้งหมด

สำหรับข้อมูลเปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูร้อนของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนกุมภาพันธ์ถึงวันที่ 15 เดือนพฤษภาคมของทุกๆ ปี ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่นำมาจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง พบว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 30 เอ็นทียู แต่ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 และช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 จะมีค่าความขุ่นน้ำดิบมากกว่า 30 เอ็นทียู ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 5 เอ็นทียู ส่วนปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 20 ถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่จะใช้ที่ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 และช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 เป็นช่วงเดือนที่ค่าความขุ่นน้ำดิบเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีค่ามากกว่า 30 เอ็นทียู ดังภาพที่ 4-1

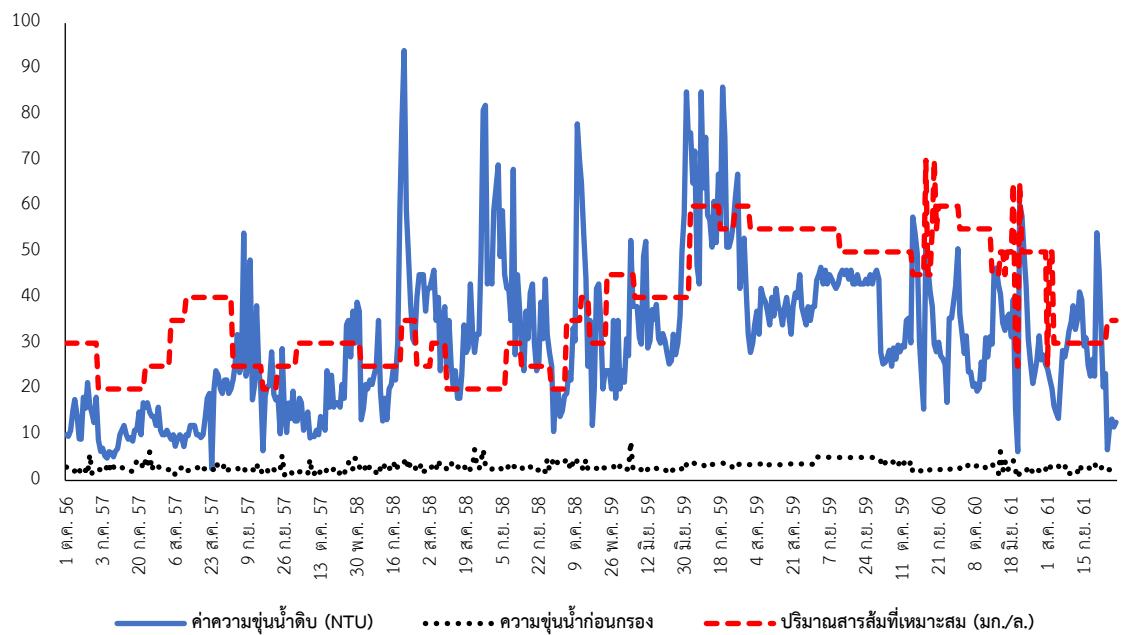
สำหรับข้อมูลเปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูฝนของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนพฤษภาคมถึงวันที่ 15 เดือนตุลาคมของทุกๆ ปี ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่นำมาจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง พบว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบค่อนข้างเปลี่ยนแปลงบ่อย โดยส่วนใหญ่จะมีค่ามากกว่า 30 เอ็นทียู ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 5 เอ็นทียู ส่วนปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 20 ถึง 70 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะเปลี่ยนแปลงบ่อย เนื่องจากค่าความขุ่นน้ำดิบในช่วงฤดูฝนค่อนข้างเปลี่ยนแปลงบ่อย ดังภาพที่ 4-2

สำหรับข้อมูลเปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูหนาวของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนตุลาคมถึงวันที่ 15 เดือนกุมภาพันธ์ของทุกๆ ปี ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่นำมาจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง พบว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 20 เอ็นทียู แต่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 และช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 จะมีค่าความขุ่นน้ำดิบมากกว่า 20 เอ็นทียู ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 10 เอ็นทียู ส่วนปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 20 ถึง 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่จะใช้ที่ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาใช้ที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 และ

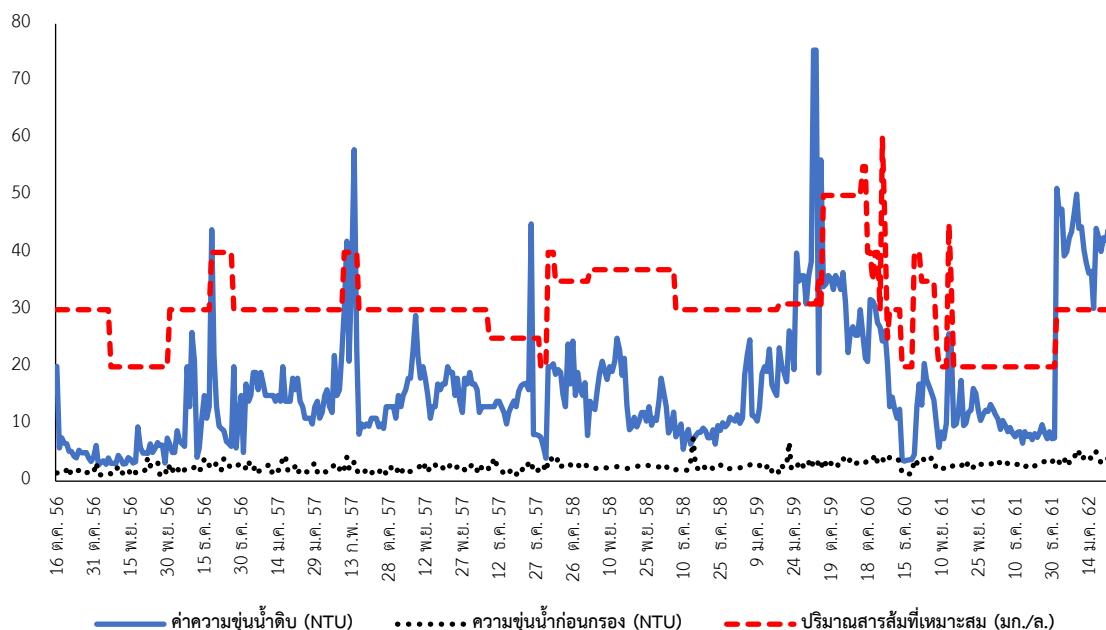
ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่ค่าความขุ่นน้ำดิบเปลี่ยนแปลงไป  
 ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-1 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม  
 ในช่วงฤดูร้อนของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง



ภาพที่ 4-2 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม  
 ในช่วงฤดูฝนของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง



ภาพที่ 4-3 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วงฤดูหนาวของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง

#### 4.2.1.2 ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง

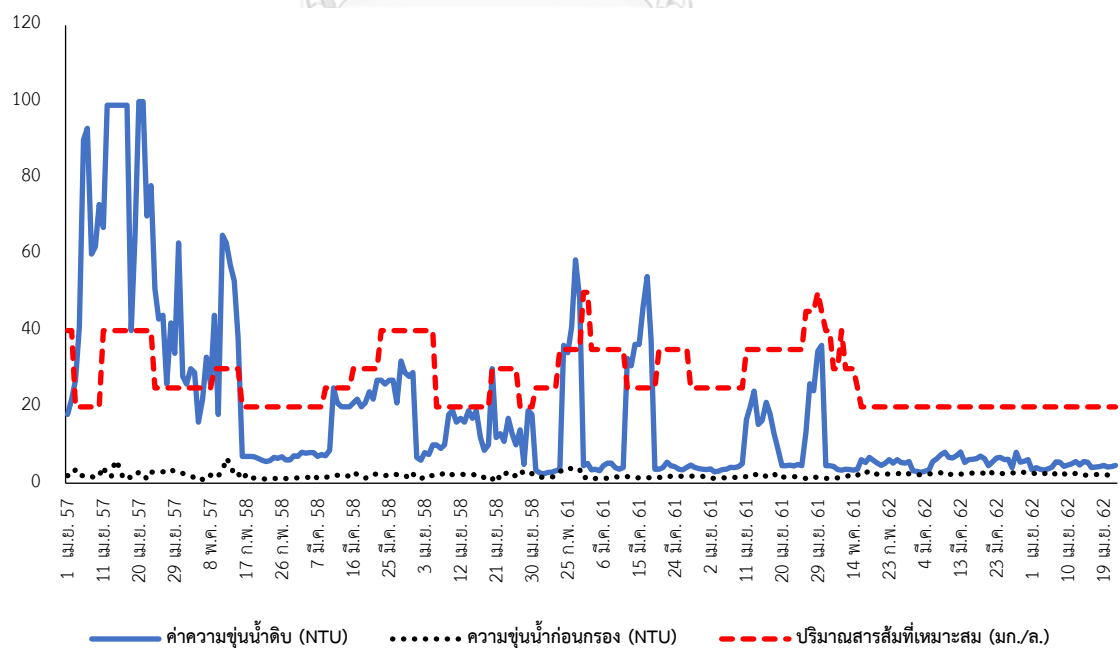
โรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์จะใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวงมาช่วยในการเดินระบบผลิตน้ำประปาด้วย โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน มีข้อมูลที่สามารถใช้ในงานวิจัยนี้ทั้งหมดจำนวน 628 ชุดข้อมูล (วัน) แบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ตามฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน จำนวน 265 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 42.20 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวงทั้งหมด ฤดูฝน จำนวน 174 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 27.71 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวงทั้งหมด และฤดูหนาว 189 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 30.09 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวงทั้งหมด

สำหรับข้อมูลเปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูร้อนของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนกุมภาพันธ์ถึงวันที่ 15 เดือนพฤษภาคมของทุกๆ ปี ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่นำมาจากเขื่อนห้วยหลวงพบว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 20 เอ็นทียู แต่ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 และช่วงปลายเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 จะมีค่าความขุ่นน้ำดิบมากกว่า 20 เอ็นทียู ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 5 เอ็นทียู ส่วนปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 20 ถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่จะใช้

ที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาใช้ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมมีใช้ที่ 50 มิลลิกรัมต่อลิตรในช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 และช่วงปลายเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่ค่าความขุ่นน้ำดิบค่ามากกว่า 20 เอ็นทียู ดังภาพที่ 4-4

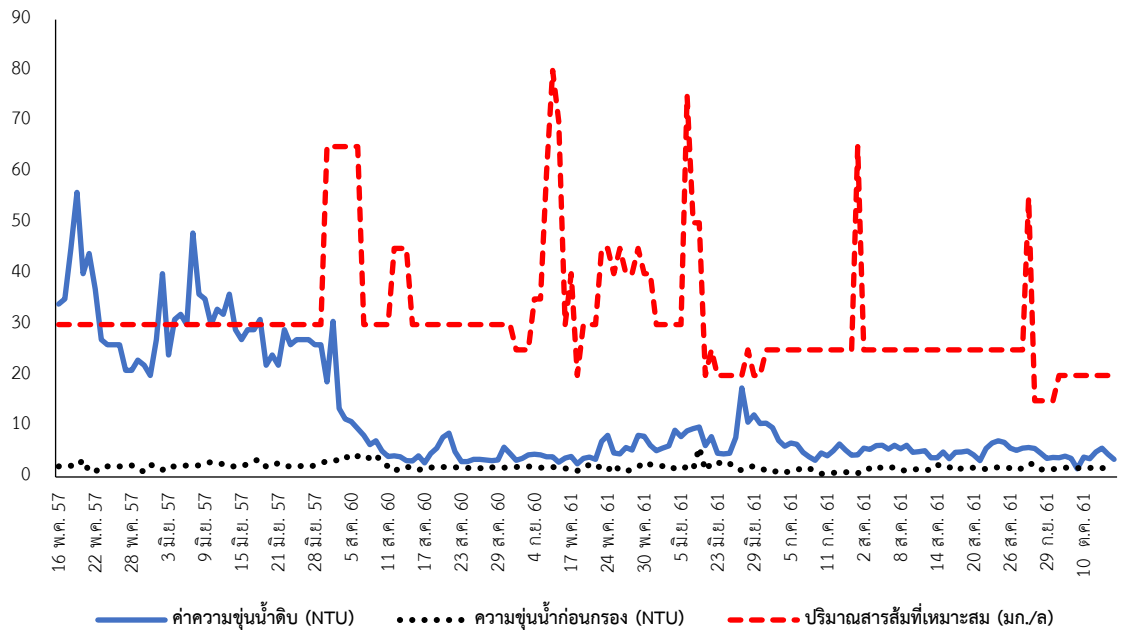
สำหรับข้อมูลเปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูฝนของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนพฤษภาคม ถึงวันที่ 15 เดือนตุลาคมของทุกๆ ปี ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่นำมาจากเขื่อนห้วยหลวง พบว่าค่าความขุ่นน้ำดิบส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 20 เอ็นทียู แต่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 จะมีค่าความขุ่นน้ำดิบมากกว่า 20 เอ็นทียู ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 5 เอ็นทียู ส่วนปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 20 ถึง 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่จะใช้ที่ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาใช้ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพที่ 4-5

สำหรับข้อมูลเปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูหนาวของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนตุลาคม ถึงวันที่ 15 เดือนกุมภาพันธ์ของทุกๆ ปี ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่นำมาจากเขื่อนห้วยหลวง พบว่าค่าความขุ่นน้ำดิบเกือบทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 10 เอ็นทียู ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 5 เอ็นทียู ส่วนปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 20 ถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่จะใช้ที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาใช้ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-6

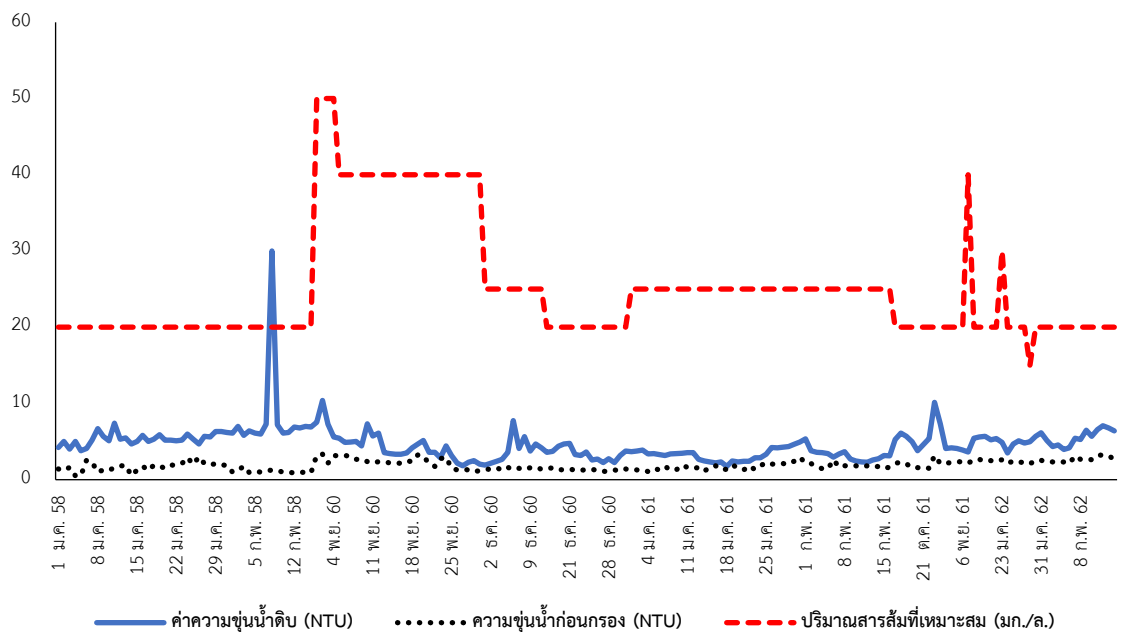


ภาพที่ 4-4 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูร้อนของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง





ภาพที่ 4-5 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วงฤดูฝนของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง



ภาพที่ 4-6 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วงฤดูหนาวของโรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง

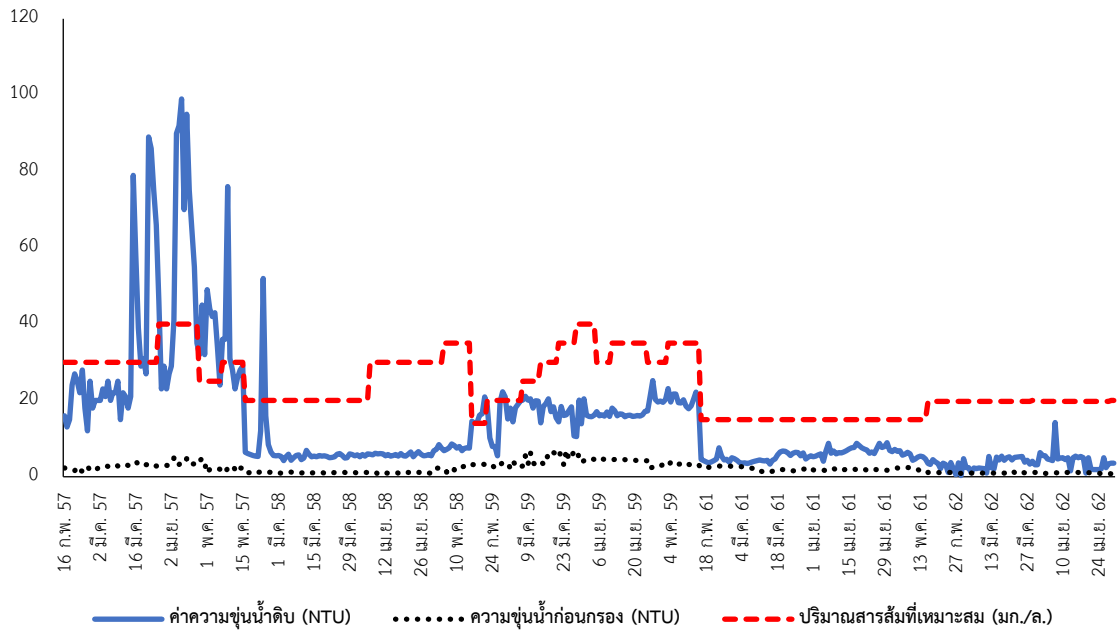
#### 4.2.2 โรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน

แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อนได้มาจากเขื่อนห้วยหลวง จากข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ของโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อนทั้งหมดจำนวน 1,691 ชุดข้อมูล (วัน) แบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ตามฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน จำนวน 413 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 24.42 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อนทั้งหมด ฤดูฝน จำนวน 654 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 38.68 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อนทั้งหมด และฤดูหนาว 624 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 36.90 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อนทั้งหมด

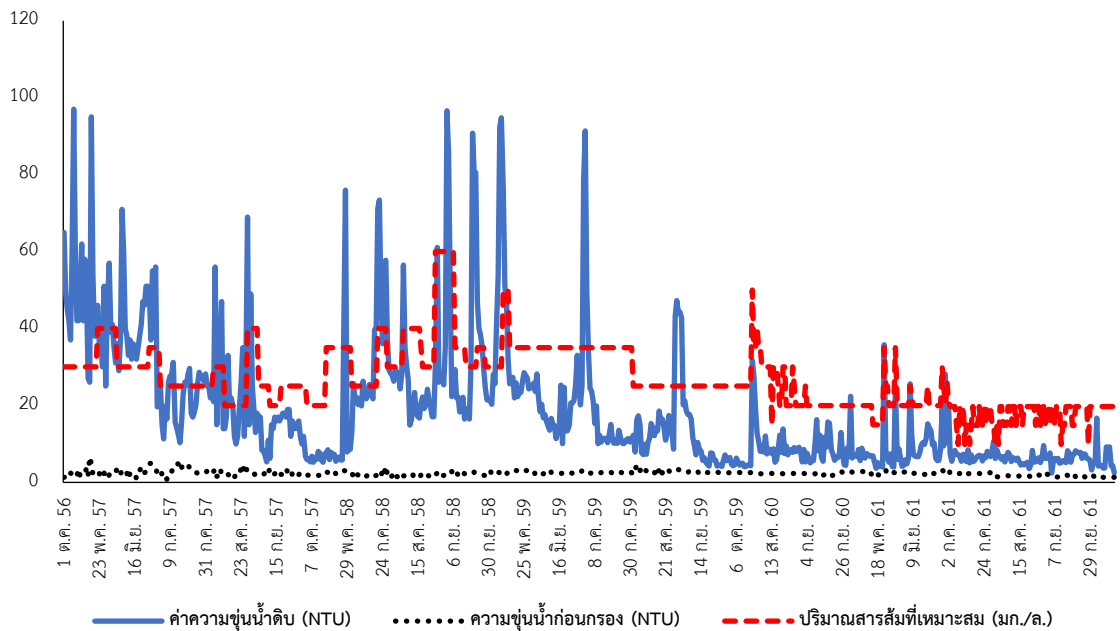
สำหรับข้อมูลเปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูร้อนของโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนกุมภาพันธ์ถึงวันที่ 15 เดือนพฤษภาคมของทุกๆ ปี พบว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 20 เอ็นทียู แต่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2557 มีค่าความขุ่นน้ำดิบมากกว่า 20 เอ็นทียู ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 5 เอ็นทียู ส่วนปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 20 ถึง 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่จะใช้ที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาใช้ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพที่ 4-7

สำหรับข้อมูลเปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูฝนของโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนพฤษภาคมถึงวันที่ 15 เดือนตุลาคมของทุกๆ ปี พบว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบมีค่าเปลี่ยนแปลงบ่อย ส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 20 เอ็นทียู แต่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 และช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 มีค่าความขุ่นน้ำดิบมากกว่า 20 เอ็นทียู ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 5 เอ็นทียู ส่วนปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 10 ถึง 60 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นการใช้อัตราสารส้มที่ค่อนข้างเปลี่ยนแปลงบ่อยตามค่าความขุ่นน้ำดิบ ดังภาพที่ 4-8

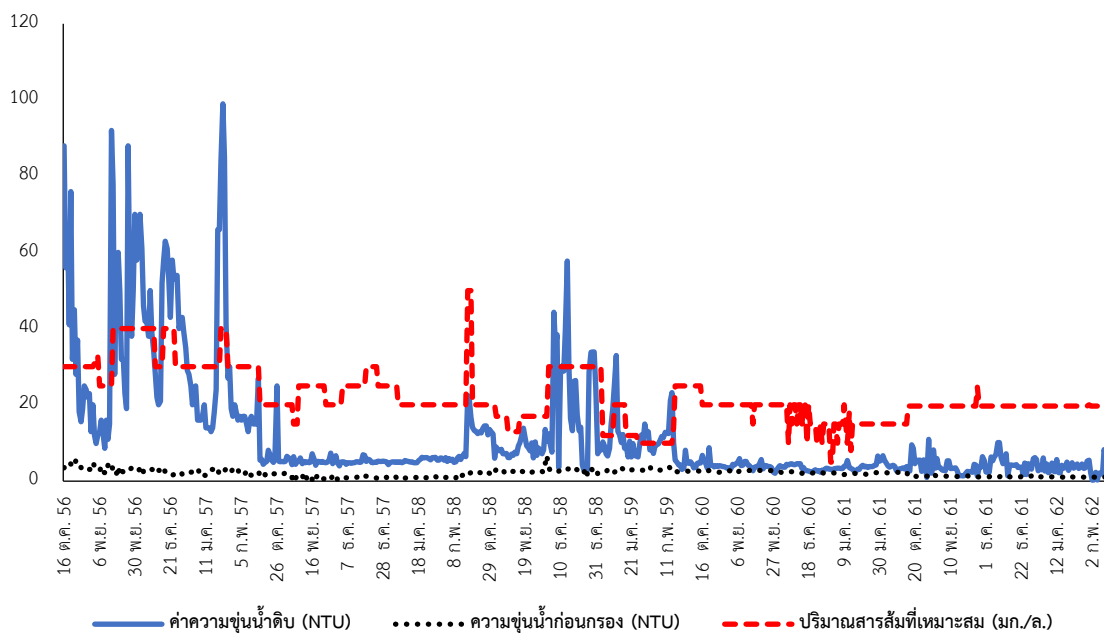
สำหรับข้อมูลเปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูหนาวของโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนตุลาคมถึงวันที่ 15 เดือนกุมภาพันธ์ของทุกๆ ปี พบว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 20 เอ็นทียู แต่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 และช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 มีค่าความขุ่นน้ำดิบมากกว่า 20 เอ็นทียู ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 5 เอ็นทียู ส่วนปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 10 ถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่จะใช้ที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพที่ 4-9



ภาพที่ 4-7 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วงฤดูร้อนของโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน



ภาพที่ 4-8 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วงฤดูฝนของโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน



ภาพที่ 4-9 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วงฤดูหนาวของโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน

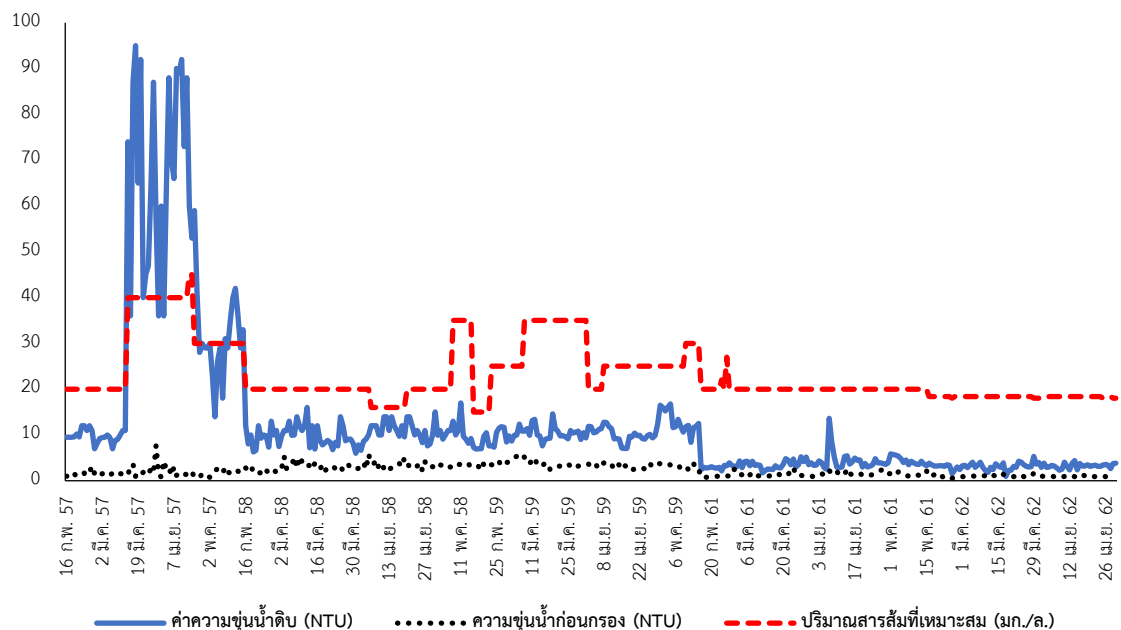
#### 4.2.3 โรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม

แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคมได้มาจากเขื่อนห้วยหลวง จากข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ของโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคมทั้งหมดจำนวน 1,712 ชุดข้อมูล (วัน) แบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ตามฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน จำนวน 411 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 24.01 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคมทั้งหมด ฤดูฝน จำนวน 670 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 39.13 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคมทั้งหมด และฤดูหนาว 631 ชุดข้อมูล (วัน) คิดเป็นร้อยละ 36.86 ของข้อมูลโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคมทั้งหมด

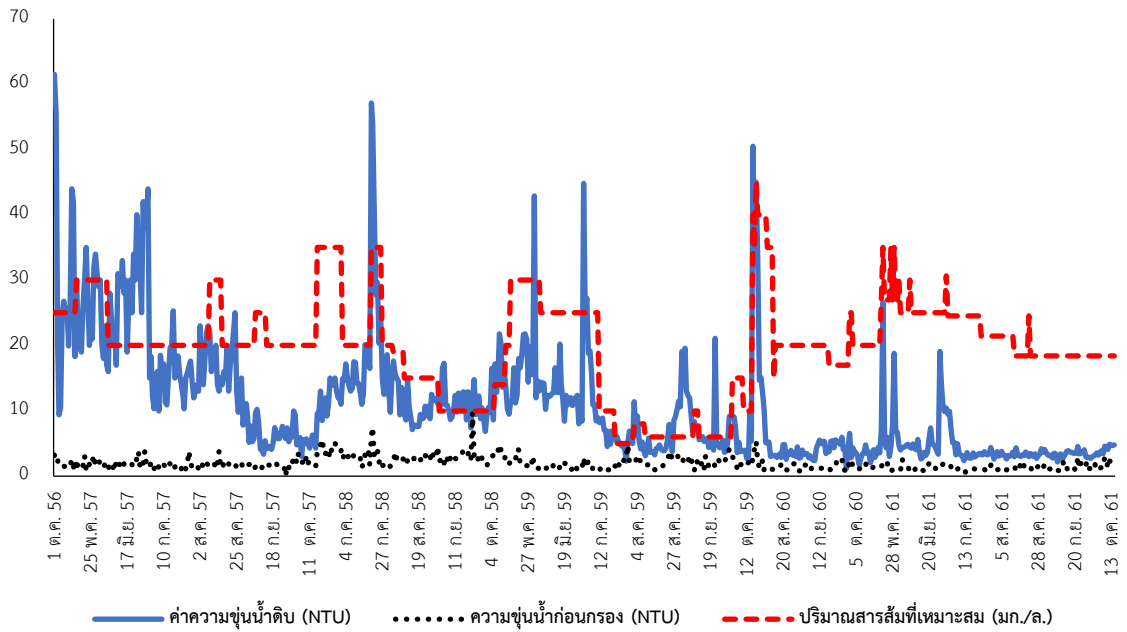
สำหรับข้อมูลเปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูร้อนของโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนกุมภาพันธ์ถึงวันที่ 15 เดือนพฤษภาคมของทุกๆ ปี พบว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 20 เอ็นทียู แต่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 มีค่าความขุ่นน้ำดิบมากกว่า 20 เอ็นทียู ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 5 เอ็นทียู ส่วนปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 20 ถึง 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่จะใช้ที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาใช้ที่ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2557 ดังภาพที่ 4-10

สำหรับข้อมูลเปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูฝนของโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนพฤษภาคมถึงวันที่ 15 เดือนตุลาคมของทุกๆ ปี พบว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบค่อนข้างเปลี่ยนแปลงบ่อย ซึ่งส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 20 เอ็นทียู แต่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2557 และช่วงอื่นๆ เป็นช่วงๆ มีค่าความขุ่นน้ำดิบมากกว่า 20 เอ็นทียู ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 10 เอ็นทียู ส่วนปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 10 ถึง 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมค่อนข้างเปลี่ยนแปลงบ่อยตามค่าความขุ่นน้ำดิบที่เปลี่ยนแปลงไป ดังภาพที่ 4-11

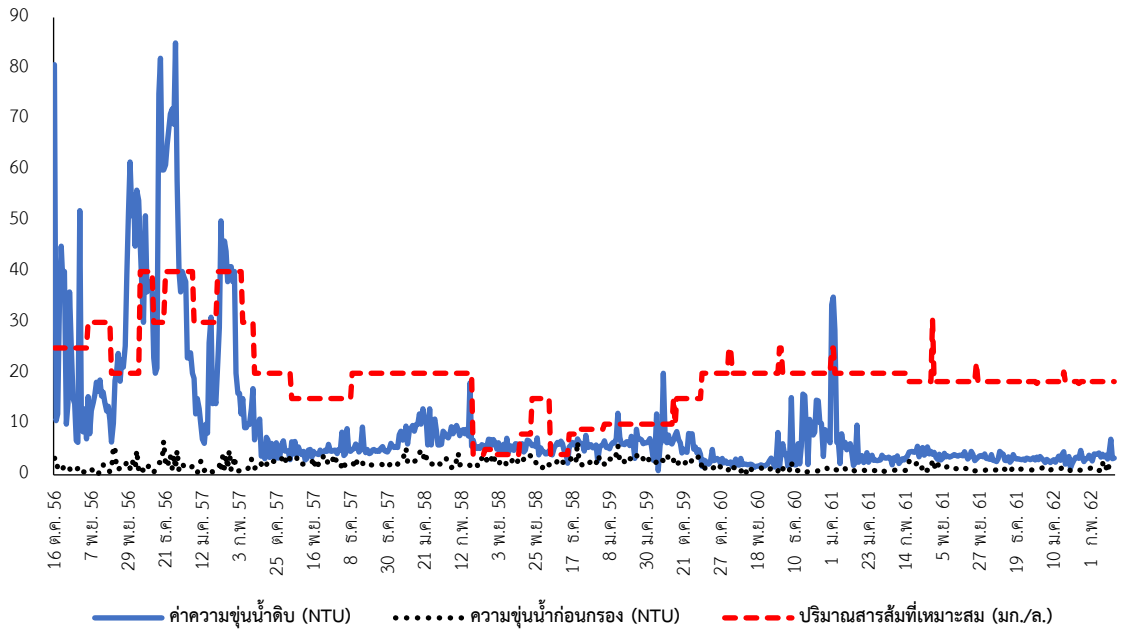
สำหรับข้อมูลเปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูหนาวของโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนตุลาคมถึงวันที่ 15 เดือนกุมภาพันธ์ของทุกๆ ปี พบว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 20 เอ็นทียู แต่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 มีค่าความขุ่นน้ำดิบมากกว่า 20 เอ็นทียู ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 5 เอ็นทียู ส่วนปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 10 ถึง 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่จะใช้ที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาใช้ที่ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ซึ่งปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงดังกล่าวเปลี่ยนแปลงบ่อยตามค่าความขุ่นน้ำดิบที่เปลี่ยนแปลงไป ดังภาพที่ 4-12



ภาพที่ 4-10 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในช่วงฤดูร้อนของโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม



ภาพที่ 4-11 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วงฤดูฝนของโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม



ภาพที่ 4-12 เปรียบเทียบความขุ่นน้ำดิบ ความขุ่นน้ำก่อนกรองและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ในช่วงฤดูหนาวของโรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม

#### 4.3 การกำหนดข้อมูลอินพุต (Input) เอาต์พุต (Output) และแบ่งจำนวนข้อมูลใช้สำหรับงานวิจัยนี้

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองรันแบบจำลองทั้งหมด 6 เงื่อนไข (แต่ละเงื่อนไขทดลองทั้ง 24 กรณี) โดยใช้ข้อมูลที่ได้รับความสะดวกจากการประสานงานจากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล โดยข้อมูลที่ได้รับความสะดวกจากการประสานงานจากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ดังนี้ เงื่อนไขที่ 1 ข้อมูลอินพุต (Input) คือ ค่าความชุ่มน้ำดิบ ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ปริมาณสารส้มที่ใช้ พบว่า แบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละกรณี จำนวน 3 แบบจำลอง เงื่อนไขที่ 2 ข้อมูลอินพุต (Input) คือ ค่าความชุ่มน้ำดิบและค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ปริมาณสารส้มที่ใช้ พบว่า แบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละกรณี จำนวน 4 แบบจำลอง เงื่อนไขที่ 3 ข้อมูลอินพุต (Input) คือ ค่าความชุ่มน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ ค่าความชุ่มน้ำก่อนกรองและค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรอง ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ปริมาณสารส้มที่ใช้ พบว่า แบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละกรณี จำนวน 10 แบบจำลอง เงื่อนไขที่ 4 ข้อมูลอินพุต (Input) คือ ค่าความชุ่มน้ำก่อนกรอง ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ปริมาณสารส้มที่ใช้ พบว่า ไม่มีแบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด นอกจากนี้ยังทดลอง เงื่อนไขที่ 5 ข้อมูลอินพุต (Input) คือ ปริมาณสารส้มที่ใช้ ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ค่าความชุ่มน้ำก่อนกรอง พบว่า แบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละกรณี จำนวน 2 แบบจำลอง และเงื่อนไขที่ 6 ข้อมูลอินพุต (Input) คือ ค่าความชุ่มน้ำดิบและปริมาณสารส้มที่ใช้ ส่วนข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ค่าความชุ่มน้ำก่อนกรอง พบว่า แบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละกรณี จำนวน 5 แบบจำลอง จากการทบทวนผลงานวิจัยที่ผ่านมาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เงื่อนไขที่ 1 และ 2 จะประสบความสำเร็จในการสร้างแบบจำลองทำนายปริมาณการใช้สารส้มค่อนข้างมาก เนื่องจากกระบวนการโคแอกกูเลชันเป็นกรรมวิธีที่ใช้สารละลายสารส้มเพื่อกำจัดความชุ่มของน้ำดิบเป็นหลัก ทำให้ค่าความชุ่มน้ำดิบมีผลต่อปริมาณสารส้มที่ใช้โดยตรง แต่จากการทดลองทั้ง 6 เงื่อนไขในงานวิจัยนี้ พบว่า เงื่อนไขที่ 3 มีแบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละกรณีมากที่สุด อาจจะมีผลมาจากฐานข้อมูลดิบในแต่ละแหล่งน้ำดิบ แต่ละโรงผลิตน้ำประปา ที่เกิดจากความคลื่อนคลาดในการบันทึกข้อมูลของผู้ปฏิบัติงาน หรือความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำและอื่นๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้เงื่อนไขที่ 3 เนื่องจากมีความเป็นไปได้มากที่สุดในการสร้างแบบจำลองทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในเฉพาะระบบผลิตน้ำประปาของการประสานงานจากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงเพียงผลการทดลองเงื่อนไขที่ 3 เนื่องจากผลการทดลองในแต่ละเงื่อนไขมีจำนวนค่อนข้างมาก

สำหรับการทดลองเงื่อนไขที่ 3 ผู้วิจัยได้กำหนดข้อมูลอินพุต (Input) ทั้งหมด 4 ค่า ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำดิบ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ (เอ็นทียู) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ของน้ำก่อนกรอง และค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรอง (เอ็นทียู) ข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ปริมาณสารส้มที่ใช้ที่เหมาะสม (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ส่วนข้อมูลที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลที่รวบรวมตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 จำนวน 5,118 ชุดข้อมูล (วัน) โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 การแบ่งจำนวนข้อมูลใช้สำหรับงานวิจัยนี้

ส่วนที่	ระยะเวลาของข้อมูล	จำนวนข้อมูล (ชุด)	การนำไปใช้
1	ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2561	4,029	- ปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละทฤษฎี แต่ละรูปแบบที่พิจารณา - สร้างแบบจำลอง (Modeling) - ตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้ม
2	ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562	1,089	- ตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้ม

#### 4.4 การปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละทฤษฎีที่ใช้สร้างแบบจำลอง

สำหรับการปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละทฤษฎีทั้งหมด 6 ทฤษฎี ได้แก่ W-LinearRegression W-MultilayerPerceptron (MLP) W-REPTree W-M5 P W-M5 Rules และ Gradient Boosted Tree (GBT) และพิจารณาแต่ละรูปแบบทั้งหมด 24 รูปแบบ โดยใช้โอเพอร์เรเตอร์ Filter Examples ในการกรองข้อมูลแต่ละตัวแปรต่างๆ ตามแต่ละรูปแบบการทดลอง และใช้โอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) เพื่อแสดงผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละทฤษฎี แต่ละรูปแบบที่พิจารณา โดยใช้โอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) จะพิจารณาจากค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) ที่น้อยที่สุด ในขั้นตอนดังกล่าวจะใช้เวลาค่อนข้างมากในแต่ละกรณี ซึ่งการปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละทฤษฎี แต่ละรูปแบบที่พิจารณา รวมทั้งหมด 144 กรณี ในแต่ละกรณีจะพิจารณาค่า Split Ratio ด้วย จำนวน 10 ค่า ได้แก่ 0.50 0.55 0.60 0.65 0.70 0.75

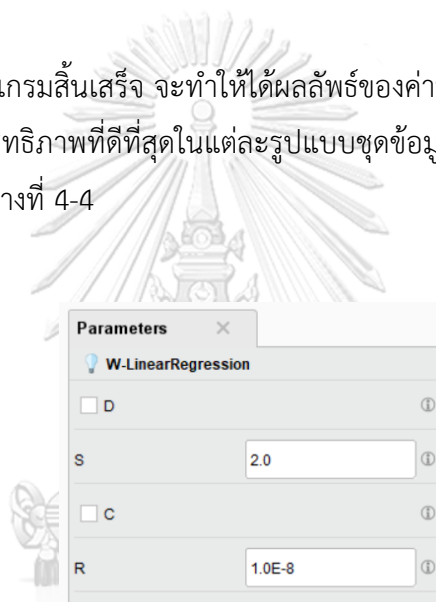


0.80 0.85 0.90 และ 0.95 ดังนั้น สำหรับการพิจารณาปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ รวมทั้งหมด 1,440 กรณี

#### 4.4.1 W-LinearRegression

สำหรับการปรับแต่งพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-LinearRegression จะเลือกพิจารณาในโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) ทั้งหมด 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ Debugging output (D) Selection method (S) Eliminate colinear attributes (C) และ Ridge (R) ดังภาพที่ 4-13 ซึ่งกำหนดค่าที่ในการพิจารณาในแต่ละพารามิเตอร์ตามคอลัมน์ “ค่าที่เลือกใช้” ดังตารางที่ 4-3

เมื่อทำการรันโปรแกรมสิ้นสุดแล้ว จะทำให้ได้ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-LinearRegression มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) ดังตารางที่ 4-4



ภาพที่ 4-13 หน้าต่างของพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-LinearRegression

ตารางที่ 4-3 อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-LinearRegression

ค่าพารามิเตอร์	คำอธิบาย	ค่าที่เลือกใช้
Debugging output (D)	แก้ไขข้อบกพร่องของเอาต์พุต	True / False
Selection method (S)	เลือกวิธีการที่ใช้ (0 = ไม่มี 1 = Greedy 2 = M5)	0 / 1 / 2
Eliminate colinear attributes (C)	เลือกกำจัดแอตทริบิวต์ของจุด ร่วมเส้นตรง	True / False
Ridge (R)	กำหนดขนาดของส่วนนูน	1.0E-8 (default)

ตารางที่ 4-4 ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-LinearRegression มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid)

รูปแบบที่	Split Ratio	D	S	C
1-1	0.90	False	True	0
1-2	0.85	True	True	1
1-3	0.85	False	True	2
1-4	0.90	True	True	1
1-5	0.95	False	True	1
1-6	0.95	False	True	2
1-7	0.95	False	False	0
1-8	0.95	False	False	1
1-9	0.95	True	True	0
1-10	0.95	False	False	1
1-11	0.95	False	False	2
1-12	0.95	False	True	2
1-13	0.95	True	False	2
1-14	0.95	True	True	1
1-15	0.95	False	False	1
1-16	0.95	True	True	1
1-17	0.95	True	True	2
1-18	0.90	False	True	2
1-19	0.95	True	True	2
1-20	0.85	False	True	0
1-21	0.95	False	False	0
1-22	0.95	False	False	1
1-23	0.90	True	False	2
1-24	0.95	True	False	2

#### 4.4.2 W-MultilayerPerceptron (MLP)

สำหรับการปรับแต่งพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-MultilayerPerceptron (MLP) จะเลือกพิจารณาในโอเปอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) ทั้งหมด 10 พารามิเตอร์ ได้แก่ Learning Rate (L) Momentum Rate (M) Number of epochs to train through (N) Percentage size of validation (V) Seed (S) Errors allowed (E) GUI will be opened (G) Autocreation (A) Nominal to Binary filter (B) และ Hidden layers (H) ดังภาพที่ 4-14 ซึ่งจะกำหนดค่าที่ในการพิจารณาในแต่ละพารามิเตอร์ตามคอลัมน์ “ค่าที่เลือกใช้” ดังตารางที่ 4-5

เมื่อทำการรันโปรแกรมสิ้นสุดเสร็จ จะทำให้ได้ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-MultilayerPerceptron (MLP) มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเปอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) ดังตารางที่ 4-6

Parameter	Value	Control Type
L	0.7	Input Field
M	0.4	Input Field
N	1000.0	Input Field
V	0.0	Input Field
S	100.0	Input Field
E	20.0	Input Field
G	<input type="checkbox"/>	Checkbox
A	<input type="checkbox"/>	Checkbox
B	<input type="checkbox"/>	Checkbox
H	10	Input Field

ภาพที่ 4-14 หน้าต่างของพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-MultilayerPerceptron (MLP)

ตารางที่ 4-5 อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-MultilayerPerceptron (MLP)

ค่าพารามิเตอร์	คำอธิบาย	ค่าที่เลือกใช้
Learning Rate (L)	กำหนดอัตราในการเรียนรู้	0.3 / 0.5 / 0.7
Momentum Rate (M)	กำหนดน้ำหนักระหว่างการเรียนรู้	0.4
Number of epochs to train through (N)	กำหนดจำนวนครั้งที่ผ่านการเรียนรู้	500 / 1000
Percentage size of validation (V)	กำหนดขนาดของการสุ่มข้อมูล	0 (default)
Seed (S)	กำหนดจำนวนการสุ่มเริ่มต้นในการสร้าง	5 / 10
Errors allowed (E)	กำหนดจำนวนข้อผิดพลาดที่อนุญาตก่อนยุติเน็ตเวิร์ค	20 (default)
GUI will be opened (G)	กำหนดการหยุดทำระหว่างการเรียนรู้	False (default)
Autocreation (A)	กำหนดการเชื่อมต่อเน็ตเวิร์คแบบอัตโนมัติ	False (default)
Nominal to Binary filter (B)	กำหนดไม่ให้ตัวกรองตัวแปร ก่อนเริ่มเรียนรู้	False (default)
Hidden layers (H)	การกำหนดจำนวน hidden layers	1 / 5 / 10

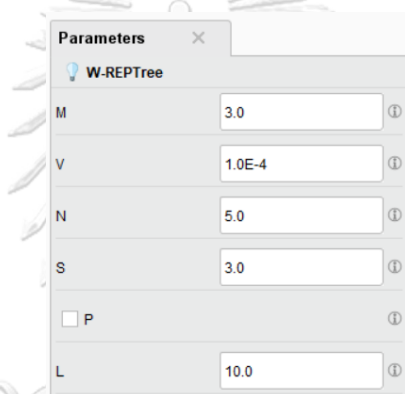
ตารางที่ 4-6 ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-MLP มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid)

รูปแบบที่	Split Ratio	L	M	N	S	H
1-1	0.95	0.3	0.4	500	5	10
1-2	0.70	0.7	0.4	1000	5	1
1-3	0.95	0.3	0.4	1000	100	5
1-4	0.95	0.7	0.4	1000	5	1
1-5	0.95	0.7	0.4	500	100	1
1-6	0.95	0.5	0.4	1000	100	1
1-7	0.95	0.7	0.4	500	5	10
1-8	0.85	0.3	0.4	1000	100	1
1-9	0.95	0.5	0.4	1000	5	5
1-10	0.95	0.3	0.4	500	100	1
1-11	0.95	0.3	0.4	1000	100	1
1-12	0.65	0.3	0.4	1000	100	5
1-13	0.90	0.3	0.4	1000	5	1
1-14	0.95	0.7	0.4	1000	5	1
1-15	0.90	0.5	0.4	1000	5	1
1-16	0.95	0.7	0.4	500	100	1
1-17	0.95	0.3	0.4	1000	5	5
1-18	0.75	0.5	0.4	500	100	1
1-19	0.95	0.7	0.4	500	100	10
1-20	0.95	0.5	0.4	500	5	1
1-21	0.90	0.7	0.4	1000	5	1
1-22	0.90	0.3	0.4	1000	100	5
1-23	0.60	0.7	0.4	1000	100	5
1-24	0.90	0.7	0.4	500	5	1

#### 4.4.3 W-REPTree

สำหรับการปรับแต่งพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-REPTree จะเลือกพิจารณาในโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) ทั้งหมด 6 พารามิเตอร์ ได้แก่ Minimum number of instances per leaf (M) Minimum numeric class variance proportion (V) Number of folds for reduced error pruning (N) Seed (S) No pruning (P) และ Maximum tree depth (L) ดังภาพที่ 4-15 ซึ่งจะกำหนดค่าที่ในการพิจารณาในแต่ละพารามิเตอร์ตามคอลัมน์ “ค่าที่เลือกใช้” จากตารางที่ 4-7

เมื่อทำการรันโปรแกรมสิ้นสุดเสร็จ จะทำให้ได้ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-REPTree มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) ดังตารางที่ 4-8



ภาพที่ 4-15 หน้าต่างของพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-REPTree

ตารางที่ 4-7 อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-REPTree

ค่าพารามิเตอร์	คำอธิบาย	ค่าที่เลือกใช้
Minimum number of instances per leaf (M)	กำหนดค่าที่น้อยที่สุดของผลรวมน้ำหนักในใบไม้แต่ละใบ	2 / 3
Minimum numeric class variance proportion (V)	กำหนดสัดส่วนที่น้อยที่สุดของการเปลี่ยนแปลงในข้อมูลทั้งหมด	0.01 / 0.001 / 0.0001
Number of folds for reduced error pruning (N)	กำหนดจำนวนเท่าสำหรับลดข้อผิดพลาดการตัดแต่งกิ่ง	2 / 3 / 4 / 5
Seed (S)	กำหนดขนาดของการสุ่มข้อมูล	1 / 2 / 3
No pruning (P)	กำหนดไม่มีการตัดแต่งกิ่ง	True / False
Maximum tree depth (L)	กำหนดความลึกสูงสุดของอัลกอริทึมต้นไม้	-1 / 1 / 10

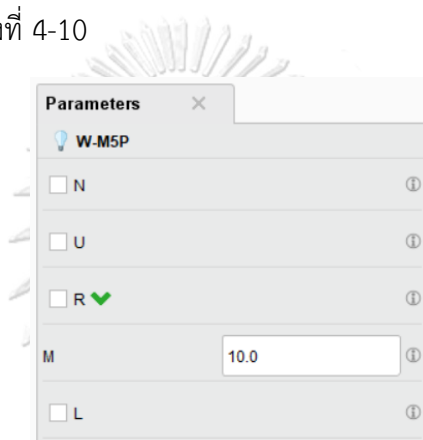
ตารางที่ 4-8 ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-REPTree มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid)

รูปแบบที่	Split Ratio	M	V	N	S	P	L
1-1	0.95	2	0.01	4	3	True	-1
1-2	0.95	2	0.001	2	2	True	10
1-3	0.95	3	0.01	2	1	True	1
1-4	0.95	2	0.001	5	3	False	-1
1-5	0.95	2	0.01	3	3	False	-1
1-6	0.95	2	0.01	2	3	False	10
1-7	0.95	3	0.001	3	1	False	-1
1-8	0.95	2	0.01	5	2	True	-1
1-9	0.95	2	0.01	3	3	True	10
1-10	0.95	3	0.0001	5	2	False	10
1-11	0.95	3	0.01	4	2	False	-1
1-12	0.95	2	0.0001	2	1	True	10
1-13	0.90	3	0.0001	2	3	True	10
1-14	0.95	2	0.0001	2	1	True	-1
1-15	0.90	2	0.0001	4	3	False	10
1-16	0.95	2	0.0001	4	3	False	10
1-17	0.95	2	0.001	5	2	False	-1
1-18	0.95	3	0.0001	3	2	False	-1
1-19	0.90	3	0.001	2	3	True	-1
1-20	0.95	2	0.0001	5	2	True	10
1-21	0.95	2	0.001	2	1	True	10
1-22	0.90	2	0.0001	2	1	False	10
1-23	0.95	3	0.001	5	2	False	10
1-24	0.95	3	0.0001	3	2	True	10

#### 4.4.4 W-M5P

สำหรับการปรับแต่งพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-M5P จะเลือกพิจารณาในโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) ทั้งหมด 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ Unpruned tree/rules (N) Unsmoothed prediction (U) Build regression tree/rule (R) Minimum number of instances per leaf (M) และ Save instances at the nodes (L) ดังภาพที่ 4-16 ซึ่งจะกำหนดค่าที่ในการพิจารณาในแต่ละพารามิเตอร์ตามคอลัมน์ “ค่าที่เลือกใช้” จากตารางที่ 4-9

เมื่อทำการรันโปรแกรมสิ้นสุดแล้ว จะทำให้ได้ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-M5P มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) ดังตารางที่ 4-10



ภาพที่ 4-16 หน้าต่างของพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-M5P

ตารางที่ 4-9 อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-M5P

ค่าพารามิเตอร์	คำอธิบาย	ค่าที่เลือกใช้
Unpruned tree/rules (N)	กำหนดให้อัลกอริทึมต้นไม้/กฎถูกตัดแต่ง	True / False
Unsmoothed prediction (U)	กำหนดให้ผลการทำนายถูกตัดแต่งหรือทำให้เรียบ	True / False
Build regression tree/rule (R)	กำหนดเลือกสร้างแบบจำลองการถดถอย แบบต้นไม้หรือกฎ	True / False
Minimum number of instances per leaf (M)	กำหนดจำนวนตัวแปรที่อนุญาตให้ทำงานในโหนดของใบไม้	3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10
Save instances at the nodes (L)	กำหนดการรักษาตัวแปรในแต่ละโหนด เพื่อแสดงผล	True / False



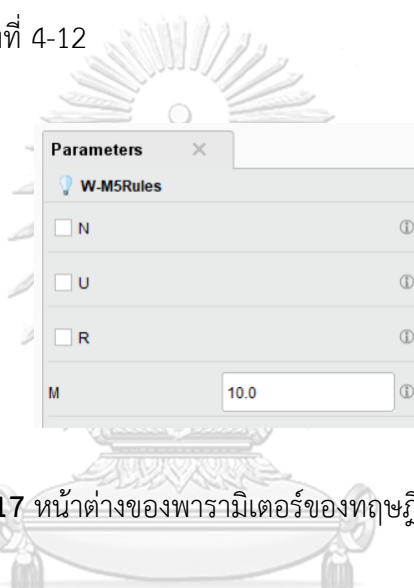
ตารางที่ 4-10 ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-M5P มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid)

รูปแบบที่	Split Ratio	N	U	R	M	L
1-1	0.95	False	True	False	7	True
1-2	0.95	False	True	True	5	True
1-3	0.95	True	False	False	10	False
1-4	0.95	False	True	False	7	True
1-5	0.95	True	False	False	10	False
1-6	0.95	True	False	False	10	True
1-7	0.95	True	True	True	9	False
1-8	0.95	True	False	False	4	True
1-9	0.95	True	False	False	5	True
1-10	0.95	True	True	True	7	True
1-11	0.95	True	True	True	9	True
1-12	0.95	True	False	False	10	False
1-13	0.95	True	True	False	4	False
1-14	0.95	True	True	False	5	True
1-15	0.95	True	True	False	10	False
1-16	0.95	True	False	True	8	True
1-17	0.95	False	True	True	9	True
1-18	0.95	False	False	False	10	True
1-19	0.95	False	False	False	9	False
1-20	0.95	True	True	True	9	True
1-21	0.95	True	True	True	6	False
1-22	0.95	False	True	False	9	False
1-23	0.95	True	False	False	6	False
1-24	0.95	True	False	False	4	True

#### 4.4.5 W-M5Rules

สำหรับการปรับแต่งพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-M5Rules จะเลือกพิจารณาในโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) ทั้งหมด 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ Unpruned tree/rules (N) Unsmoothed prediction (U) Build regression tree/rule (R) และ Minimum number of instances per leaf (M) ดังภาพที่ 4-17 ซึ่งจะกำหนดค่าที่ในการพิจารณาในแต่ละพารามิเตอร์ตามคอลัมน์ “ค่าที่เลือกใช้” จากตารางที่ 4-11

เมื่อทำการรันโปรแกรมสิ้นสุดเสร็จ จะทำให้ได้ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-M5Rules มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) ดังตารางที่ 4-12



ภาพที่ 4-17 หน้าต่างของพารามิเตอร์ของทฤษฎี W-M5Rules

ตารางที่ 4-11 อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-M5Rules

ค่าพารามิเตอร์	คำอธิบาย	ค่าที่เลือกใช้
Unpruned tree/rules (N)	กำหนดให้อัลกอริทึมต้นไม้/กฎถูกตัดแต่ง	False (default)
Unsmoothed prediction (U)	กำหนดให้ผลการทำนายถูกตัดแต่งหรือทำให้เรียบ	False (default)
Build regression tree/rule (R)	กำหนดเลือกสร้างแบบจำลองการถดถอย แบบต้นไม้หรือกฎ	False (default)
Minimum number of instances per leaf (M)	กำหนดจำนวนตัวแปรที่อนุญาตให้ทำงานในโหนดของใบไม้	4.0 (default)

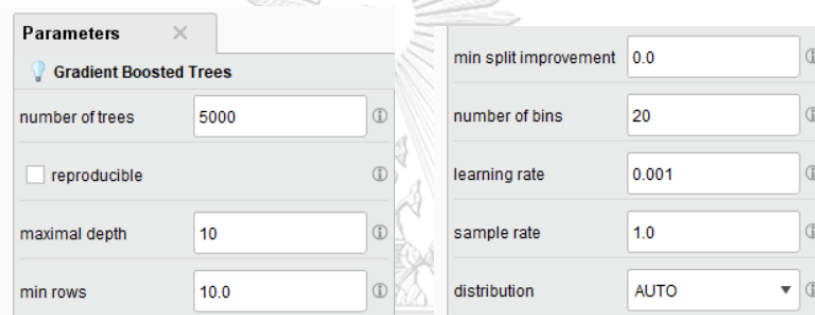
ตารางที่ 4-12 ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี W-M5Rules มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid)

รูปแบบที่	Split Ratio	N	U	R	L
1-1	0.95	False	False	False	0.4
1-2	0.90	False	False	False	0.4
1-3	0.95	False	False	False	0.4
1-4	0.95	False	False	False	0.4
1-5	0.75	False	False	False	0.4
1-6	0.95	False	False	False	0.4
1-7	0.65	False	False	False	0.4
1-8	0.95	False	False	False	0.4
1-9	0.95	False	False	False	0.4
1-10	0.90	False	False	False	0.4
1-11	0.65	False	False	False	0.4
1-12	0.95	False	False	False	0.4
1-13	0.95	False	False	False	0.4
1-14	0.75	False	False	False	0.4
1-15	0.85	False	False	False	0.4
1-16	0.90	False	False	False	0.4
1-17	0.85	False	False	False	0.4
1-18	0.75	False	False	False	0.4
1-19	0.75	False	False	False	0.4
1-20	0.70	False	False	False	0.4
1-21	0.80	False	False	False	0.4
1-22	0.75	False	False	False	0.4
1-23	0.95	False	False	False	0.4
1-24	0.65	False	False	False	0.4

#### 4.4.6 Gradient Boosted Tree (GBT)

สำหรับการปรับแต่งพารามิเตอร์ของทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) จะเลือกพิจารณาในโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) ทั้งหมด 9 พารามิเตอร์ ได้แก่ Number of trees Reproducible Maximal depth Min rows Min split improvement Number of bins Learning rate Sample rate และ Distribution ดังภาพที่ 4-18 ซึ่งจะกำหนดค่าที่ในการพิจารณาในแต่ละพารามิเตอร์ตามคอลัมน์ “ค่าที่เลือกใช้” จากตารางที่ 4-13

เมื่อทำการรันโปรแกรมสิ้นเสร็จ จะทำให้ได้ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid) ดังตารางที่ 4-14



ภาพที่ 4-18 หน้าต่างของพารามิเตอร์ของทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT)

ตารางที่ 4-13 อธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT)

ค่าพารามิเตอร์	คำอธิบาย	ค่าที่เลือกใช้
Number of trees	กำหนดจำนวนของอัลกอริทึมต้นไม้	1000 / 5000
Reproducible	กำหนดการสร้างแบบจำลองที่เป็นไปได้	True / False
Maximal depth	กำหนดความลึกสูงสุดของอัลกอริทึมต้นไม้	5 / 10
Min rows	กำหนดจำนวนแถวต่ำสุดให้กับโหนด	10 (default)
Min split improvement	กำหนดค่าต่ำสุดของค่า split เพื่อลดข้อผิดพลาดกำลังสอง	0 (default)
Number of bins	กำหนดจำนวนช่องพิเศษสำหรับข้อมูลเชิงตัวเลข	20 (default)
Learning rate	กำหนดการหยุดทำระหว่างการเรียนรู้	0.01 / 0.001
Sample rate	กำหนดอัตราตัวอย่างแถวต่อต้นไม้	1 (default)
Distribution	กำหนดฟังก์ชันการเรียนรู้	Auto (default)

ตารางที่ 4-14 ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของทฤษฎี GBT มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบชุดข้อมูล จากโอเพอร์เรเตอร์ Optimize Parameters (Grid)

รูปแบบที่	Split Ratio	Number of trees	Maximal depth	Reproducible	Learning rate
1-1	0.95	5000	5	True	0.001
1-2	0.95	1000	10	False	0.01
1-3	0.95	1000	5	False	0.01
1-4	0.95	5000	10	True	0.001
1-5	0.95	5000	5	False	0.01
1-6	0.95	5000	5	True	0.01
1-7	0.95	5000	5	True	0.001
1-8	0.85	5000	5	False	0.001
1-9	0.95	1000	5	True	0.01
1-10	0.95	5000	10	False	0.001
1-11	0.95	5000	10	True	0.001
1-12	0.95	5000	10	False	0.001
1-13	0.90	5000	10	False	0.001
1-14	0.95	1000	5	False	0.01
1-15	0.95	5000	10	False	0.01
1-16	0.95	1000	10	False	0.01
1-17	0.95	5000	5	False	0.001
1-18	0.95	5000	5	True	0.001
1-19	0.95	5000	5	True	0.001
1-20	0.95	5000	5	True	0.01
1-21	0.95	5000	10	True	0.01
1-22	0.90	1000	10	True	0.001
1-23	0.90	5000	5	False	0.01
1-24	0.95	1000	10	True	0.001

#### 4.5 ผลการทดลองในการสร้างแบบจำลองและตรวจสอบการทำนาย

##### 4.5.1 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ จำนวน 4,029 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 1,353 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 1,329 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 1,347 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-1 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-1 ซึ่งเป็นคุณภาพน้ำดิบทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ จำนวน 1,089 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 362 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 362 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 365 ชุดข้อมูล (วัน)

ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-1 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-REPTree ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 5.228 ค่า MAE เท่ากับ 3.006 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-1 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-LinearRegression ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 6.205 ค่า MAE เท่ากับ 4.321 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ดังตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน ±2.5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±7 มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-1									
W-LinearRegression	4,029	9.132	6.714	973	24.2	2,043	50.7	2,508	62.2
W-MLP		130.5	130.0	0	0.00	1	0.03	1	0.03
W-REPTree		5.228	3.006	2,513	62.4	3,204	79.5	3,496	86.8
W-M5P		7.252	4.987	1,512	37.5	2,548	63.2	2,988	74.2
W-M5Rules		7.830	5.508	1,348	33.5	2,350	58.3	2,864	71.1
GBT		6.795	4.766	1,536	38.1	2,594	64.3	3,117	77.4
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-1									
W-LinearRegression	1,089	6.205	4.321	322	29.6	879	80.4	944	86.7
W-MLP		134.7	134.5	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		8.944	5.369	550	50.5	733	67.3	782	71.8
W-M5P		7.216	4.759	472	43.3	785	72.1	882	81.0
W-M5Rules		6.473	4.432	420	38.6	807	74.1	954	87.6
GBT		6.894	4.381	486	44.6	786	72.2	899	82.6

#### 4.5.2 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม เฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 1,353 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-2 (เป็น

ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-2 ซึ่งเป็นคุณภาพน้ำดิบเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 362 ชุดข้อมูล (วัน)

**ตารางที่ 4-16** เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
<u>ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-2</u>									
W-LinearRegression	1,353	9.301	7.138	315	23.3	585	43.2	755	55.8
W-MLP		15.21	11.34	229	16.9	465	34.4	465	34.4
W-REPTree		4.909	3.317	729	53.9	1,023	75.6	1,175	86.8
W-M5P		7.214	5.041	537	39.7	858	63.4	1,002	74.1
W-M5Rules		7.107	5.251	455	33.6	826	61.1	974	72.0
GBT		3.764	2.624	832	61.5	1,143	84.5	1,256	92.8
<u>ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-2</u>									
W-LinearRegression	362	10.31	8.927	39	10.8	90	24.9	117	32.3
W-MLP		11.40	7.140	171	47.2	227	62.7	232	64.1
W-REPTree		16.31	13.35	45	12.4	88	24.3	119	32.9
W-M5P		12.39	10.55	54	14.9	89	24.6	141	39.0
W-M5Rules		11.14	9.407	42	11.6	110	30.4	143	39.5
GBT		14.47	12.25	31	8.56	70	19.3	98	27.1

จากตารางที่ 4-16 เป็นผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-2 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 3.764 ค่า MAE เท่ากับ 2.624 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-2 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า



RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-MultilayerPerceptron (MLP) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 11.40 ค่า MAE เท่ากับ 7.140 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคุณละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านหนองประจักษ์ ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

#### 4.5.3 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 1,329 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-3 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-3 ซึ่งเป็นคุณภาพน้ำดิบเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 362 ชุดข้อมูล (วัน)

ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-3 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 4.784 ค่า MAE เท่ากับ 3.259 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-3 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 3.413 ค่า MAE เท่ากับ 2.546 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด ทั้ง 2 ส่วน คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) จึงสรุปได้ว่าเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ดังตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4-17 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน ±2.5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±7 มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-3									
W-LinearRegression	1,329	7.954	5.745	333	25.1	698	52.5	838	63.1
W-MLP		9.442	7.328	311	23.4	523	39.4	566	42.6
W-REPTree		7.772	5.438	495	37.2	760	57.2	987	74.3
W-M5P		5.880	3.818	593	44.6	986	74.2	1,163	87.5
W-M5Rules		6.881	4.445	498	37.5	918	69.1	1,096	82.5
GBT		<u>4.784</u>	<u>3.259</u>	<u>654</u>	<u>49.2</u>	<u>1,065</u>	<u>80.1</u>	<u>1,222</u>	<u>92.0</u>
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-3									
W-LinearRegression	362	4.808	4.151	47	13.0	297	82.0	302	83.4
W-MLP		9.490	9.206	6	1.66	9	2.49	27	7.46
W-REPTree		4.291	3.613	39	10.8	299	82.6	322	89.0
W-M5P		4.174	3.446	168	46.4	252	69.6	343	94.8
W-M5Rules		4.263	3.823	69	19.1	332	91.7	346	95.6
GBT		<u>3.413</u>	<u>2.546</u>	<u>249</u>	<u>68.8</u>	<u>332</u>	<u>91.7</u>	<u>343</u>	<u>94.8</u>

#### 4.5.4 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมของข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 1,347 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-4 (เป็น

ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-4 ซึ่งเป็นคุณภาพน้ำดิบเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 365 ชุดข้อมูล (วัน)

**ตารางที่ 4-18** เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-4									
W-LinearRegression	1,347	6.789	4.948	571	42.4	779	57.8	938	69.6
W-MLP		27.80	26.28	3	0.22	3	0.22	3	0.22
W-REPTree		5.007	3.273	769	57.0	1,053	78.1	1,123	83.3
W-M5P		5.517	3.800	672	50.6	927	69.8	1,122	84.4
W-M5Rules		5.821	4.161	594	44.1	937	69.6	1,092	81.1
GBT		<u>3.949</u>	<u>2.751</u>	<u>793</u>	<u>58.9</u>	<u>1,102</u>	<u>81.8</u>	<u>1,232</u>	<u>91.5</u>
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-4									
W-LinearRegression	365	3.591	2.658	279	76.4	311	85.2	341	93.4
W-MLP		27.78	27.72	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		2.950	2.088	286	78.4	344	94.3	352	96.4
W-M5P		5.106	4.155	149	40.8	230	63.0	333	91.2
W-M5Rules		7.435	5.642	141	38.6	231	63.3	243	66.6
GBT		<u>3.692</u>	<u>2.989</u>	<u>174</u>	<u>47.7</u>	<u>303</u>	<u>83.0</u>	<u>349</u>	<u>95.6</u>

จากตารางที่ 4-18 ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-4 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 3.949 ค่า MAE เท่ากับ 2.751 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-4 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE

และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-REPTree ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 2.950 ค่า MAE เท่ากับ 2.088 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด เป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม แบบจำลองของทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) มีประสิทธิภาพดีที่สุด

#### 4.5.5 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมของข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 3,099 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 423 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 1,329 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 1,347 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-5 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-5 ซึ่งเป็นคุณภาพน้ำดิบของข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง จำนวน 932 ชุดข้อมูล (วัน)

ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ในส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-5 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 4.886 ค่า MAE เท่ากับ 3.338 ในส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-5 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 5.852 ค่า MAE เท่ากับ 2.308 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งมีประสิทธิภาพดีที่สุด ดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน ±2.5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±7 มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-5									
W-LinearRegression	3,099	8.349	5.952	933	30.1	1,637	52.8	2,141	69.1
W-MLP		12.75	10.67	159	5.13	543	17.2	543	17.2
W-REPTree		7.020	4.837	1,140	36.8	1,984	64.0	2,337	75.4
W-M5P		6.590	4.365	1,333	43.0	2,106	68.0	2,473	79.8
W-M5Rules		7.454	5.075	1,120	36.1	1,926	62.1	2,359	76.1
GBT		4.886	3.338	1,614	52.1	2,431	78.4	2,764	89.2
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-5									
W-LinearRegression	932	5.300	3.411	516	55.4	805	86.4	846	90.8
W-MLP		13.39	12.95	5	0.54	25	2.68	34	3.65
W-REPTree		6.747	3.969	621	66.6	763	81.9	787	84.4
W-M5P		6.499	4.119	511	54.8	695	74.6	763	81.9
W-M5Rules		6.135	3.952	479	51.4	683	73.3	813	87.2
GBT		5.852	2.308	419	45.0	669	71.8	770	82.6

#### 4.5.6 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ จำนวน 930 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนอง

ประจักษ์เพียงแห่งเดียว จำนวน 930 ชุดข้อมูล (วัน) เนื่องจากเป็นเพียงโรงผลิตน้ำแห่งเดียวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-6 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-6 ซึ่งเป็นคุณภาพน้ำดิบทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง จำนวน 157 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์เพียงแห่งเดียว จำนวน 157 ชุดข้อมูล

ตารางที่ 4-20 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
<u>ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-6</u>									
W-LinearRegression	930	9.241	6.999	275	29.6	427	45.9	522	52.1
W-MLP		12.38	8.619	340	36.6	481	51.7	518	55.7
W-REPTree		6.464	4.602	395	42.5	552	59.4	733	78.8
W-M5P		5.894	4.314	413	44.4	610	65.6	704	75.7
W-M5Rules		7.012	5.077	354	38.1	553	59.5	68	73.1
GBT		2.382	1.707	717	77.1	877	94.3	915	98.4
<u>ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-6</u>									
W-LinearRegression	157	10.15	9.035	13	8.28	31	19.7	54	34.4
W-MLP		11.11	8.362	50	31.9	61	38.9	73	46.5
W-REPTree		12.71	10.75	25	15.9	42	26.8	52	33.1
W-M5P		10.85	9.449	16	10.2	31	19.8	42	26.8
W-M5Rules		10.80	9.227	24	15.3	37	23.6	52	33.1
GBT		14.77	12.96	10	6.37	30	19.1	39	24.8

จากตารางที่ 4-20 เป็นผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-6 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 2.382 ค่า MAE เท่ากับ 1.707 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-6 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-MultilayerPerceptron (MLP) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 11.11 ค่า MAE เท่ากับ 8.362 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

#### 4.5.7 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ จำนวน 985 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 339 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 324 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 322 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-7 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-7 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน) จำนวน 267 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 89 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 89 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 89 ชุดข้อมูล (วัน)

ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-7 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5P ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 3.226 ค่า MAE เท่ากับ 1.693 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-7 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5Rules ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 4.876 ค่า MAE เท่ากับ 3.320 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความ

คลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ คือ ทฤษฎี W-M5P ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน) แบบจำลองของทฤษฎี W-M5P มีประสิทธิภาพดีที่สุด ดังตารางที่ 4-21

**ตารางที่ 4-21** เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-7									
W-LinearRegression	985	6.660	5.516	208	21.1	555	56.3	662	67.2
W-MLP		26.41	25.30	3	0.31	3	0.31	9	0.91
W-REPTree		5.080	3.689	440	44.7	718	72.9	851	86.4
<u>W-M5P</u>		<u>3.226</u>	<u>1.693</u>	<u>740</u>	<u>75.1</u>	<u>880</u>	<u>89.3</u>	<u>930</u>	<u>94.4</u>
W-M5Rules		5.407	4.015	409	41.5	695	70.6	809	82.1
GBT		4.002	2.890	548	55.6	802	81.4	909	92.3
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-7									
W-LinearRegression	267	5.290	4.581	13	4.87	219	82.0	245	91.8
W-MLP		31.94	31.62	2	0.75	2	0.75	2	0.75
W-REPTree		6.251	5.169	58	21.7	189	70.8	190	71.2
<u>W-M5P</u>		<u>5.844</u>	<u>4.323</u>	<u>97</u>	<u>36.3</u>	<u>237</u>	<u>88.8</u>	<u>237</u>	<u>88.8</u>
W-M5Rules		4.876	3.320	153	57.3	235	88.0	240	89.9
GBT		2.559	4.954	58	21.7	189	70.8	196	73.4



#### 4.5.8 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูฝน)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูฝน) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ จำนวน 1,537 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 516 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 504 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 517 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-8 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-8 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูฝน) จำนวน 453 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 150 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 150 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 153 ชุดข้อมูล (วัน)

ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-8 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-REPTree ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 6.047 ค่า MAE เท่ากับ 3.668 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-8 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-LinearRegression ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 8.239 ค่า MAE เท่ากับ 5.578 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูฝน) ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ดังตารางที่ 4-22

ตารางที่ 4-22 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูฝน)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน ±2.5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±7 มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-8									
W-LinearRegression	1,537	10.36	7.800	324	21.1	678	44.1	871	56.7
W-MLP		17.14	13.25	52	3.38	401	26.1	455	29.6
W-REPTree		6.047	3.668	825	53.7	1,162	75.6	1,317	85.7
W-M5P		6.800	4.856	602	39.2	971	63.2	1,183	77.0
W-M5Rules		8.159	5.825	498	32.4	853	55.5	1,057	68.8
GBT		6.286	4.483	599	39.0	1,015	66.0	1,234	80.3
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-8									
W-LinearRegression	453	8.239	5.578	134	29.6	290	64.0	346	76.4
W-MLP		11.88	7.770	140	30.9	245	54.1	246	54.3
W-REPTree		12.90	9.474	110	24.3	228	50.3	246	54.3
W-M5P		11.74	8.961	64	14.1	170	37.5	235	51.9
W-M5Rules		11.54	8.572	81	17.9	195	43.0	241	53.2
GBT		11.51	8.695	60	13.2	167	36.9	259	57.2

#### 4.5.9 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูหนาว)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูหนาว) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ จำนวน 1,507 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 498 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 501 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 508 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-9 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-9 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูฝน) จำนวน 369 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 123 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 123 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 123 ชุดข้อมูล (วัน)

ตารางที่ 4-23 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูหนาว)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-9									
W-LinearRegression	1,507	8.431	5.846	471	31.3	782	51.9	1,070	71.0
W-MLP		9.925	7.721	172	11.4	509	33.8	998	66.2
W-REPTree		5.635	3.383	851	56.5	1,171	77.7	1,334	88.5
W-M5P		6.153	3.645	789	52.4	1,143	75.8	1,281	85.0
W-M5Rules		7.513	4.866	636	42.2	945	62.7	1,167	77.4
GBT		5.096	3.202	835	55.4	1,203	79.8	1,344	89.2
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-9									
W-LinearRegression	369	3.862	2.938	178	48.2	345	93.5	354	95.9
W-MLP		6.824	6.653	2	0.54	27	7.32	236	64.0
W-REPTree		10.58	7.725	92	24.9	224	60.7	247	66.9
W-M5P		6.265	5.371	88	23.8	151	40.9	262	71.0
W-M5Rules		4.796	4.087	49	13.3	315	85.4	334	90.5
GBT		6.239	4.865	131	35.5	215	58.3	280	75.9

จากตารางที่ 4-23 เป็นผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-9 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 5.096 ค่า MAE เท่ากับ 3.202 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-9 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-LinearRegression ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 3.862 ค่า MAE เท่ากับ 2.938 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูหนาว) ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

#### 4.5.10 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูร้อน)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูร้อน) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูร้อน) จำนวน 399 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-10 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-10 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูร้อน) จำนวน 89 ชุดข้อมูล (วัน)

ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-10 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5P ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 3.177 ค่า MAE เท่ากับ 1.689 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-10 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-MultilayerPerceptron (MLP) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 6.736 ค่า MAE เท่ากับ 5.237 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณา

จากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูร้อน) ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดี  
ที่สุด ดังตารางที่ 4-24

ตารางที่ 4-24 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำ  
หนองประจักษ์ (ฤดูร้อน)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน ±2.5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±7 มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
<u>ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-10</u>									
W-LinearRegression	339	6.466	5.229	109	32.2	176	51.9	241	71.1
W-MLP		7.941	6.146	78	23.0	150	44.3	258	76.1
W-REPTree		5.827	4.466	141	41.6	238	70.2	252	74.3
W-M5P		3.177	1.689	256	75.5	302	89.1	318	93.8
W-M5Rules		6.100	4.935	98	28.9	219	64.6	262	77.3
GBT		3.358	2.429	214	63.1	292	86.1	321	94.7
<u>ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-10</u>									
W-LinearRegression	89	8.275	7.645	10	11.2	16	18.0	21	23.6
W-MLP		6.736	5.237	9	10.1	75	84.3	82	92.1
W-REPTree		11.09	10.23	5	5.62	16	18.0	20	22.5
W-M5P		9.077	8.263	7	7.87	23	25.8	24	27.0
W-M5Rules		5.918	4.808	10	11.2	71	79.8	73	82.0
GBT		8.697	8.173	8	8.99	13	14.6	22	24.7

#### 4.5.11 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูฝน)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูฝน) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูฝน) จำนวน 516 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-11 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-11 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูฝน) จำนวน 150 ชุดข้อมูล (วัน)

ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-11 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 4.859 ค่า MAE เท่ากับ 3.289 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-11 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-LinearRegression ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 11.34 ค่า MAE เท่ากับ 9.934 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูฝน) ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ดังตารางที่ 4-25

ตารางที่ 4-25 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูฝน)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-11									
W-LinearRegression	516	8.902	11.17	87	16.9	157	30.4	239	46.3
W-MLP		24.23	20.21	0	0.00	64	12.4	64	12.4
W-REPTree		8.193	5.959	182	35.3	241	46.7	340	65.9
W-M5P		5.798	3.507	304	58.9	390	75.6	423	82.0
W-M5Rules		8.276	5.983	157	30.4	284	55.0	345	66.9
GBT		4.859	3.289	286	55.4	399	77.3	454	88.0
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-11									
W-LinearRegression	150	11.34	9.934	9	6.00	25	16.7	41	27.3
W-MLP		19.37	15.50	4	2.67	23	15.3	23	15.3
W-REPTree		14.99	13.00	6	4.00	12	8.00	34	22.7
W-M5P		14.11	10.90	14	9.33	64	42.7	73	48.7
W-M5Rules		15.32	12.33	9	6.00	28	18.7	37	25.7
GBT		14.18	11.38	19	12.7	44	29.3	61	40.7

#### 4.5.12 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูหนาว)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูหนาว) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูฝน) จำนวน 498 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-12 (เป็น

ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-12 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูหนาว) จำนวน 123 ชุด ข้อมูล (วัน)

ตารางที่ 4-26 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูหนาว)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-12									
W-LinearRegression	498	6.039	4.446	204	41.0	328	65.9	397	79.7
W-MLP		172.1	171.9	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		3.868	2.227	352	68.2	431	83.5	462	89.5
W-M5P		4.725	3.383	250	50.2	388	77.9	426	85.5
W-M5Rules		5.150	3.658	236	47.4	377	75.7	416	83.5
GBT		2.754	1.916	355	71.3	457	91.8	485	97.4
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-12									
W-LinearRegression	123	10.60	9.911	8	6.5	13	10.6	22	17.9
W-MLP		178.4	178.3	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		12.37	10.22	35	28.5	43	35.0	45	36.6
W-M5P		11.60	10.78	11	8.94	19	15.5	22	17.9
W-M5Rules		12.81	11.63	4	3.25	18	14.6	23	18.7
GBT		12.08	10.98	10	8.13	17	13.8	26	21.1

จากตารางที่ 4-26 เป็นผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-12 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 2.754 ค่า MAE



เท่ากับ 1.916 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-12 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-LinearRegression ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 10.60 ค่า MAE เท่ากับ 9.911 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ (ฤดูหนาว) ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

#### 4.5.13 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน) จำนวน 324 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-13 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-13 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน) จำนวน 89 ชุดข้อมูล (วัน)

ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-13 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5P ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 2.268 ค่า MAE เท่ากับ 1.003 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-13 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5Rules ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 2.987 ค่า MAE เท่ากับ 2.842 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ คือ W-M5P ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน) แบบจำลองของทฤษฎี W-M5P มีประสิทธิภาพดีที่สุด ดังตารางที่ 4-27

ตารางที่ 4-27 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน ±2.5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±7 มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-13									
W-LinearRegression	324	6.592	5.531	90	27.8	131	40.4	201	62.0
W-MLP		8.452	7.523	25	7.72	93	28.7	161	49.7
W-REPTree		3.534	2.197	221	68.2	275	84.9	302	93.2
<u>W-M5P</u>		<u>2.268</u>	<u>1.003</u>	<u>276</u>	<u>85.2</u>	<u>308</u>	<u>95.1</u>	<u>315</u>	<u>97.2</u>
W-M5Rules		4.140	3.208	180	55.6	251	77.5	299	92.3
GBT		2.656	1.867	236	72.8	299	92.3	318	98.1
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-13									
W-LinearRegression	89	3.184	1.765	73	82.0	74	83.1	78	87.6
W-MLP		6.106	5.873	0	0.00	5	5.62	74	83.2
W-REPTree		4.037	3.579	14	15.7	87	97.8	87	97.6
<u>W-M5P</u>		<u>3.966</u>	<u>3.554</u>	<u>14</u>	<u>15.7</u>	<u>87</u>	<u>97.8</u>	<u>87</u>	<u>97.8</u>
W-M5Rules		2.987	2.842	14	15.7	88	98.9	88	98.9
GBT		3.713	3.515	11	12.4	87	97.8	89	100

#### 4.5.14 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูฝน)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูฝน) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมเฉพาะโรงผลิตบ้านถ่อน (ฤดูฝน) จำนวน 324 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-14 (เป็น

ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-14 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน) จำนวน 89 ชุดข้อมูล (วัน)

ตารางที่ 4-28 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูฝน)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-14									
W-LinearRegression	504	6.947	5.354	147	29.2	241	47.8	369	73.2
W-MLP		8.016	6.122	96	19.1	245	48.6	362	71.8
W-REPTree		3.704	1.811	387	76.8	457	90.7	478	94.8
<u>W-M5P</u>		<u>3.651</u>	<u>1.642</u>	<u>415</u>	<u>82.3</u>	<u>460</u>	<u>91.3</u>	<u>472</u>	<u>93.7</u>
W-M5Rules		6.866	5.230	147	28.5	241	46.7	369	71.5
GBT		3.562	2.422	331	65.7	441	87.5	479	95.0
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-14									
W-LinearRegression	150	11.62	11.07	2	1.33	7	4.67	9	6.00
W-MLP		11.35	10.83	1	0.67	7	4.67	10	6.67
W-REPTree		7.485	6.101	33	22.0	90	60.0	98	65.3
<u>W-M5P</u>		<u>7.298</u>	<u>5.894</u>	<u>27</u>	<u>18.0</u>	<u>80</u>	<u>53.3</u>	<u>101</u>	<u>67.3</u>
W-M5Rules		11.62	11.07	2	1.33	7	4.67	9	6.00
GBT		9.284	8.545	5	3.33	12	8.00	67	44.7

จากตารางที่ 4-28 เป็นผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-14 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5P ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 3.651 ค่า MAE เท่ากับ 1.642 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-14 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่า

น้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5P ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 7.298 ค่า MAE เท่ากับ 5.894 จากการพิจารณา ทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5P จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองของทฤษฎีทฤษฎี W-M5P มีประสิทธิภาพดีที่สุด

#### 4.5.15 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูหนาว)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูหนาว) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน(ฤดูหนาว) จำนวน 501 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-15 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-15 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูหนาว) จำนวน 123 ชุดข้อมูล (วัน)

ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-15 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 1.072 ค่า MAE เท่ากับ 0.623 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-15 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5Rules ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 2.447 ค่า MAE เท่ากับ 2.258 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ คือ Gradient Boosted Tree (GBT) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูหนาว) แบบจำลองของทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) มีประสิทธิภาพดีที่สุด ดังตารางที่ 4-29

ตารางที่ 4-29 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูหนาว)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-15									
W-LinearRegression	501	8.358	4.939	165	32.9	312	62.3	385	76.8
W-MLP		73.29	72.58	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		7.949	4.285	193	38.5	351	70.1	399	79.6
W-M5P		6.200	2.243	360	71.9	439	87.6	463	93.4
W-M5Rules		6.866	5.230	147	28.5	241	46.7	369	71.5
<u>GBT</u>		<u>1.072</u>	<u>0.623</u>	<u>489</u>	<u>97.6</u>	<u>499</u>	<u>99.6</u>	<u>499</u>	<u>99.6</u>
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-15									
W-LinearRegression	123	2.422	2.285	83	67.5	122	99.2	123	100
W-MLP		64.89	64.88	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		4.030	3.672	31	25.2	122	99.2	122	99.2
W-M5P		5.379	3.892	35	28.5	105	85.4	118	95.9
W-M5Rules		2.447	2.258	98	79.7	122	99.2	122	99.2
<u>GBT</u>		<u>3.306</u>	<u>2.797</u>	<u>49</u>	<u>39.8</u>	<u>110</u>	<u>89.4</u>	<u>121</u>	<u>98.4</u>

#### 4.5.16 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูร้อน)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูร้อน) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม(ฤดูร้อน) จำนวน 322 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-16 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-16 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูร้อน) จำนวน 89 ชุดข้อมูล (วัน)

ตารางที่ 4-30 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูร้อน)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
		จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ		
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-16									
W-LinearRegression	322	4.714	3.484	171	53.1	239	74.2	260	80.7
W-MLP		11.01	8.477	21	6.52	190	59.0	191	59.3
W-REPTree		3.012	1.632	254	78.9	288	89.4	304	94.4
W-M5P		4.265	2.963	201	62.4	245	76.1	276	85.7
W-M5Rules		3.910	2.306	209	64.9	269	83.5	278	86.3
GBT		<u>2.049</u>	<u>1.264</u>	<u>267</u>	<u>82.9</u>	<u>308</u>	<u>95.7</u>	<u>320</u>	<u>99.4</u>
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-16									
W-LinearRegression	89	5.395	4.203	29	32.6	69	77.5	71	79.8
W-MLP		2.452	2.335	74	83.2	89	100	89	100
W-REPTree		1.869	1.689	88	98.9	89	100	89	100
W-M5P		2.622	2.500	15	169	89	100	89	100
W-M5Rules		1.814	1.658	89	100	89	100	89	100
GBT		<u>1.982</u>	<u>1.743</u>	<u>73</u>	<u>82.0</u>	<u>89</u>	<u>100</u>	<u>89</u>	<u>100</u>

จากตารางที่ 4-30 เป็นผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-16 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มี

ค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 2.049 ค่า MAE เท่ากับ 1.264 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-16 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5Rules ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 1.814 ค่า MAE เท่ากับ 1.658 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคุณละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ คือ Gradient Boosted Tree (GBT) ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูร้อน) แบบจำลองของทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) มีประสิทธิภาพดีที่สุด

#### 4.5.17 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูฝน)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูฝน) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม(ฤดูฝน) จำนวน 517 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-17 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-17 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูฝน) จำนวน 153 ชุดข้อมูล (วัน)

ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-17 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 4.346 ค่า MAE เท่ากับ 3.110 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-17 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5Rules ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 3.513 ค่า MAE เท่ากับ 2.893 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคุณละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตาม ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูฝน) ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ดังตารางที่ 4-31

ตารางที่ 4-31 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูฝน)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-17									
W-LinearRegression	517	7.141	5.661	166	32.1	257	49.7	330	63.8
W-MLP		26.05	24.67	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		5.054	3.470	241	46.7	401	77.7	460	89.1
W-M5P		5.119	3.667	251	48.5	396	76.6	450	87.0
W-M5Rules		5.590	3.862	244	47.2	374	72.3	445	86.1
GBT		4.346	3.110	282	54.5	413	79.9	464	89.7
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-17									
W-LinearRegression	153	4.642	3.358	69	45.1	94	61.4	138	90.2
W-MLP		27.41	27.14	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		5.511	3.911	90	58.8	129	84.3	137	89.5
W-M5P		3.506	2.908	99	64.7	137	89.5	147	96.1
W-M5Rules		3.513	2.893	86	56.2	139	90.9	149	97.4
GBT		3.738	2.978	85	55.6	122	79.7	143	93.5

#### 4.5.18 พิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูหนาว)

กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูหนาว) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม(ฤดูหนาว) จำนวน 508 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-18 (เป็น



ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-18 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูหนาว) จำนวน 123 ชุดข้อมูล (วัน)

ตารางที่ 4-32 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูหนาว)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-18									
W-LinearRegression	508	5.094	3.586	259	51.0	376	74.0	433	85.2
W-MLP		18.677	17.10	0	0.00	40	7.87	82	16.1
W-REPTree		4.263	2.939	278	54.7	412	81.1	452	89.0
W-M5P		3.061	4.401	278	54.7	377	74.2	449	88.4
W-M5Rules		4.393	3.039	282	55.5	380	74.8	453	89.2
<u>GBT</u>		<u>3.351</u>	<u>2.286</u>	<u>331</u>	<u>65.2</u>	<u>440</u>	<u>86.6</u>	<u>479</u>	<u>94.3</u>
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-18									
W-LinearRegression	123	4.358	3.990	22	17.9	82	66.7	119	96.7
W-MLP		17.70	17.66	0	0.00	0	0.00	1	0.81
W-REPTree		6.885	5.873	56	45.5	56	45.5	56	45.5
W-M5P		6.551	5.721	52	42.3	56	45.5	57	46.3
W-M5Rules		2.872	2.551	71	57.7	117	95.1	122	99.2
<u>GBT</u>		<u>2.500</u>	<u>1.952</u>	<u>112</u>	<u>91.1</u>	<u>117</u>	<u>95.1</u>	<u>120</u>	<u>97.6</u>

จากตารางที่ 4-32 เป็นผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-18 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 3.351 ค่า MAE

เท่ากับ 2.286 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-18 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 2.500 ค่า MAE เท่ากับ 1.952 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองของ Gradient Boosted Tree (GBT) มีประสิทธิภาพดีที่สุด

#### 4.5.19 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูร้อน)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูร้อน) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูร้อน) จำนวน 837 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 191 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 324 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 322 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-19 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-19 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูร้อน) จำนวน 252 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 74 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 89 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 89 ชุดข้อมูล (วัน)

ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-19 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-REPTree ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 4.235 ค่า MAE เท่ากับ 2.715 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-19 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5P ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 4.056 ค่า MAE เท่ากับ 3.071 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูร้อน) ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ดังตารางที่ 4-33

ตารางที่ 4-33 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูร้อน)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน ±2.5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±7 มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-19									
W-LinearRegression	837	6.779	5.602	207	24.7	436	52.1	247	65.4
W-MLP		8.445	7.388	144	17.2	255	30.5	372	44.4
W-REPTree		4.235	2.715	489	58.4	670	80.1	760	90.8
W-M5P		5.250	3.854	356	42.5	588	70.2	700	83.5
W-M5Rules		5.220	3.734	394	47.1	608	72.6	696	83.2
GBT		4.058	2.940	449	53.6	681	81.4	768	91.8
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-19									
W-LinearRegression	252	4.683	4.199	27	10.7	195	77.4	231	91.7
W-MLP		10.03	9.865	5	1.98	6	2.38	6	2.38
W-REPTree		6.313	5.222	51	20.2	181	71.8	185	73.4
W-M5P		4.056	3.071	153	60.7	226	89.7	227	90.1
W-M5Rules		3.766	3.152	119	47.2	233	92.5	243	96.4
GBT		5.884	4.681	58	23.0	182	72.2	186	73.8

#### 4.5.20 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูฝน)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูฝน) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูฝน) จำนวน 1,104 ชุดข้อมูล

(วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 83 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 504 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 517 ชุดข้อมูล (วัน)

**ตารางที่ 4-34** เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูฝน)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
<u>ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-20</u>									
W-LinearRegression	1,104	8.711	6.398	303	27.4	531	48.1	698	63.2
W-MLP		10.38	7.930	212	19.2	421	38.1	421	38.1
W-REPTree		5.940	3.591	555	50.3	852	77.1	922	83.5
W-M5P		7.181	5.057	382	34.6	694	62.9	856	77.5
W-M5Rules		7.668	5.547	312	28.3	565	51.2	817	74.0
GBT		3.394	2.369	721	65.3	986	89.3	1,050	95.1
<u>ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-20</u>									
W-LinearRegression	397	7.817	5.377	118	29.7	217	54.7	310	78.1
W-MLP		8.777	7.245	86	31.8	121	30.7	143	36.3
W-REPTree		11.84	8.604	106	26.9	223	56.6	236	59.9
W-M5P		11.77	9.022	41	10.4	157	39.8	179	45.4
W-M5Rules		11.12	8.248	71	18.0	133	33.8	252	64.0
GBT		11.30	8.165	91	23.1	169	42.9	225	57.1

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-20 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-20 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูฝน)

จำนวน 394 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 91 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 150 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 153 ชุดข้อมูล (วัน)

จากตารางที่ 4-34 เป็นผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-20 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 3.394 ค่า MAE เท่ากับ 2.369 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-20 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-LinearRegression ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 7.817 ค่า MAE เท่ากับ 5.377 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูฝน) ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

#### 4.5.21 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูหนาว)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูหนาว) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูฝน) จำนวน 1,158 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 149 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 501 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 508 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-21 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-21 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูหนาว) จำนวน 286 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ จำนวน 40 ชุดข้อมูล (วัน) โรงผลิตน้ำบ้านถ่อน จำนวน 123 ชุดข้อมูล (วัน) และโรงผลิตน้ำบ้านนิคม จำนวน 123 ชุดข้อมูล (วัน)

ตารางที่ 4-35 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูหนาว)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน ±2.5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±7 มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-21									
W-LinearRegression	1,158	8.072	5.230	414	35.8	703	60.7	869	75.0
W-MLP		10.30	8.077	150	13.0	300	25.9	742	64.1
W-REPTree		5.479	2.811	753	65.0	964	83.2	1,037	89.6
<u>W-M5P</u>		<u>4.615</u>	<u>1.968</u>	<u>872</u>	<u>75.3</u>	<u>1,025</u>	<u>88.5</u>	<u>1,071</u>	<u>92.5</u>
W-M5Rules		7.302	4.254	565	48.8	783	67.6	955	82.5
GBT		1.517	0.976	1,060	91.5	1,142	98.6	1,152	99.5
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-21									
W-LinearRegression	286	2.918	2.352	168	58.1	282	97.6	282	97.6
W-MLP		7.153	7.090	1	0.35	4	1.40	164	57.3
W-REPTree		10.49	7.540	92	32.1	153	53.5	200	69.9
<u>W-M5P</u>		<u>5.601</u>	<u>4.259</u>	<u>130</u>	<u>45.5</u>	<u>231</u>	<u>80.8</u>	<u>258</u>	<u>90.2</u>
W-M5Rules		5.145	4.440	70	24.5	193	67.5	249	87.1
GBT		5.618	4.345	101	35.3	193	67.5	232	81.1

จากตารางที่ 4-35 เป็นผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-21 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 1.517 ค่า MAE เท่ากับ 0.976 ในส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-21 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-LinearRegression ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 2.918 ค่า MAE เท่ากับ 2.352 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมา

พิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ คือ ทฤษฎี W-M5P ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูหนาว) แบบจำลองของทฤษฎี W-M5P มีประสิทธิภาพดีที่สุดใน

#### 4.5.22 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูร้อน)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูร้อน) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูร้อน) จำนวน 148 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์เพียงแห่งเดียว จำนวน 148 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-22 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-22 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูร้อน) จำนวน 15 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์เพียงแห่งเดียว จำนวน 15 ชุดข้อมูล (วัน)

ผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-22 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5P ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 3.077 ค่า MAE เท่ากับ 2.057 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-22 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-LinearRegression ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 9.115 ค่า MAE เท่ากับ 6.042 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดใน ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูร้อน) ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดใน ดังตารางที่ 4-36

ตารางที่ 4-36 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูร้อน)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน ±2.5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±7 มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-22									
W-LinearRegression	148	4.539	3.595	72	48.6	114	77.0	127	85.8
W-MLP		95.26	95.14	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		3.772	2.542	94	63.5	126	85.1	138	93.2
W-M5P		3.077	2.057	109	73.6	137	92.6	139	93.9
W-M5Rules		4.273	3.207	78	52.7	117	79.1	133	89.9
GBT		3.568	2.636	93	62.8	128	86.5	137	92.6
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-22									
W-LinearRegression	15	9.115	6.042	8	53.3	10	66.7	10	66.7
W-MLP		92.71	92.25	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		11.192	8.017	4	26.7	10	66.7	10	66.7
W-M5P		12.65	9.093	2	13.3	9	60.0	9	60.0
W-M5Rules		10.11	6.706	8	53.3	10	66.7	11	73.3
GBT		10.21	7.131	5	33.3	9	60.0	11	73.3

#### 4.5.23 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูฝน)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูฝน) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูร้อน) จำนวน



433 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์เพียงแห่งเดียว จำนวน 433 ชุดข้อมูล (วัน)

ตารางที่ 4-37 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูฝน)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน $\pm 2.5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 5$ มก./ล.		คลาดเคลื่อน $\pm 7$ มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-23									
W-LinearRegression	433	10.78	8.673	78	18.0	135	31.2	208	48.0
W-MLP		233.0	232.6	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		7.226	5.339	158	36.5	240	55.4	294	67.9
W-M5P		7.021	5.463	147	33.9	218	50.3	292	67.4
W-M5Rules		6.687	5.291	146	33.7	231	53.4	293	67.7
GBT		2.204	1.557	349	80.6	417	96.6	428	98.8
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-23									
W-LinearRegression	59	8.776	7.673	7	11.9	17	28.8	27	45.8
W-MLP		231.2	231.0	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		15.52	12.48	19	32.2	19	32.2	24	40.7
W-M5P		13.01	10.93	12	20.3	19	32.2	23	39.0
W-M5Rules		13.97	11.53	14	23.7	18	30.5	22	37.3
GBT		14.14	17.20	11	18.6	15	25.4	19	32.2

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-23 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-23 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง

(ฤดูฝน) จำนวน 59 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์เพียงแห่งเดียว จำนวน 59 ชุดข้อมูล (วัน)

จากตารางที่ 4-37 เป็นผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-23 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 2.204 ค่า MAE เท่ากับ 1.557 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-23 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5P ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 13.01 ค่า MAE เท่ากับ 10.93 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคนละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูฝน) ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

#### 4.5.24 พิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูหนาว)

ในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูหนาว) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูร้อน) จำนวน 349 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์เพียงแห่งเดียว จำนวน 349 ชุดข้อมูล (วัน)

การตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม จะใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-24 (เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบในการสร้างแบบจำลอง) และส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-24 ซึ่งเป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูหนาว) จำนวน 83 ชุดข้อมูล (วัน) ประกอบด้วยโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์เพียงแห่งเดียว จำนวน 83 ชุดข้อมูล (วัน)

ตารางที่ 4-38 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง กรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูหนาว)

ทฤษฎี	จำนวนชุดข้อมูล	ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง							
		RMSE	MAE	จำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่อยู่ในเกณฑ์					
				คลาดเคลื่อน ±2.5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±5 มก./ล.		คลาดเคลื่อน ±7 มก./ล.	
				จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ	จำนวน (ชุด)	ร้อยละ
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-24									
W-LinearRegression	349	5.643	4.092	153	43.8	244	69.9	291	83.4
W-MLP		21.53	20.52	16	4.59	18	5.16	18	5.16
W-REPTree		3.590	2.223	238	68.2	294	84.2	325	93.1
W-M5P		4.704	3.340	176	50.4	260	74.5	302	86.5
W-M5Rules		4.908	3.554	174	49.9	266	76.2	291	83.4
GBT		4.470	3.144	184	52.7	272	77.9	306	87.7
ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-24									
W-LinearRegression	83	10.54	10.03	6	7.23	8	9.64	8	9.64
W-MLP		27.78	27.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
W-REPTree		11.77	11.23	0	0.00	10	12.0	11	13.3
W-M5P		9.937	9.678	1	1.20	8	9.64	9	10.8
W-M5Rules		10.64	10.20	1	1.20	7	8.43	9	10.8
GBT		10.13	9.895	1	1.20	7	8.43	8	9.64

จาดตารางที่ 4-38 เป็นผลจากการตรวจสอบการทำนาย (Prediction) สำหรับส่วนที่ 1 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 1-24 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-REPTree ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 3.590 ค่า MAE เท่ากับ 2.223 สำหรับส่วนที่ 2 ทำนายโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบรูปแบบที่ 2-24 ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ทฤษฎี W-M5P ซึ่งค่า RMSE เท่ากับ 9.937 ค่า MAE เท่ากับ 9.678 จากการพิจารณาทั้ง 2 ส่วน พบว่า ทฤษฎีที่มีผลลัพธ์ค่า RMSE และค่า MAE ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นคณละทฤษฎี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีไหนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ต่อมาพิจารณาจำนวนชุดข้อมูลของค่าทำนายที่

อยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทั้งในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 สรุปได้ว่าไม่มีทฤษฎีที่ตรงตามเกณฑ์ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าในกรณีพิจารณาจากข้อมูลภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้แหล่งน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง (ฤดูหนาว) ไม่มีแบบจำลองของทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

จากการทดลองสร้างแบบจำลอง (Modeling) และทำนาย (Prediction) ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี ซึ่งพิจารณาจากทั้งหมด 24 รูปแบบ พบว่า มีแบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบการพิจารณา ทั้งหมด 10 แบบจำลอง ดังตารางที่ 4-39 ได้แก่

- แบบจำลองที่ 1 ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-3 เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน โดยเลือกใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ปรับแต่งพารามิเตอร์ตามตารางที่ 4-14 ซึ่งได้ค่า RMSE เท่ากับ 4.784 ค่า MAE เท่ากับ 3.259

- แบบจำลองที่ 2 ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-4 เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม โดยเลือกใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ปรับแต่งพารามิเตอร์ตามตารางที่ 4-14 ซึ่งได้ค่า RMSE เท่ากับ 3.949 ค่า MAE เท่ากับ 2.751

- แบบจำลองที่ 3 ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-5 เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง โดยเลือกใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ปรับแต่งพารามิเตอร์ตามตารางที่ 4-14 ซึ่งได้ค่า RMSE เท่ากับ 4.886 ค่า MAE เท่ากับ 3.338

- แบบจำลองที่ 4 ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-7 เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน) โดยเลือกใช้ทฤษฎี W-M5P ปรับแต่งพารามิเตอร์ตามตารางที่ 4-10 ซึ่งได้ค่า RMSE เท่ากับ 5.407 ค่า MAE เท่ากับ 4.015

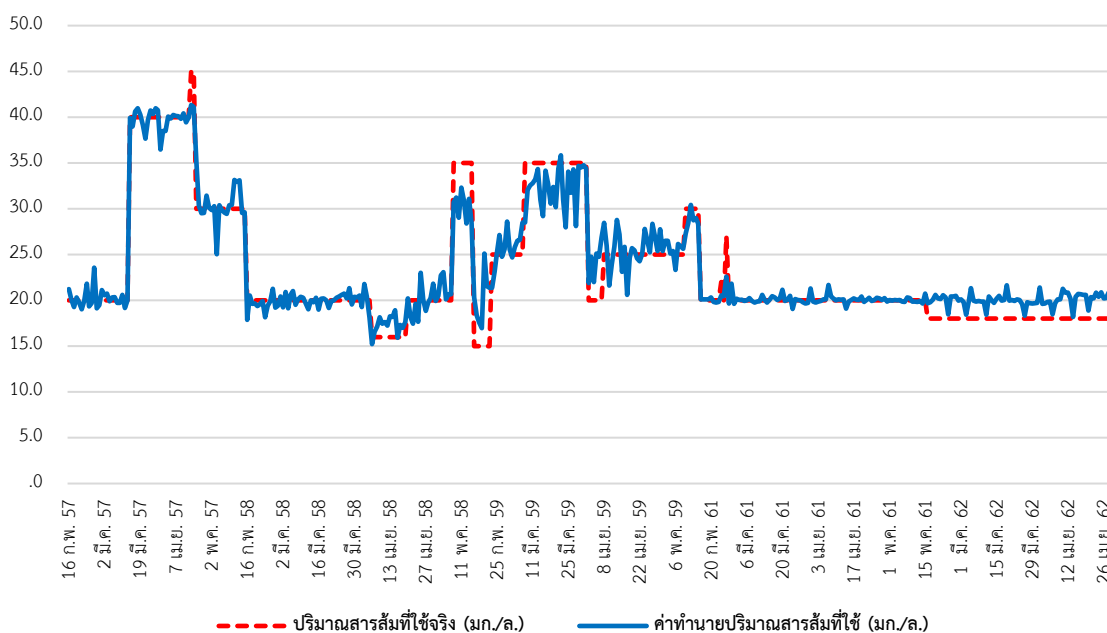
- แบบจำลองที่ 5 ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-13 เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน) โดยเลือกใช้ทฤษฎี W-M5P ปรับแต่งพารามิเตอร์ตามตารางที่ 4-10 ซึ่งได้ค่า RMSE เท่ากับ 4.140 ค่า MAE เท่ากับ 3.208

- แบบจำลองที่ 6 ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-14 เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูฝน) โดยเลือกใช้ทฤษฎี W-M5P ปรับแต่งพารามิเตอร์ตามตารางที่ 4-10 ซึ่งได้ค่า RMSE เท่ากับ 3.651 ค่า MAE เท่ากับ 1.642

- แบบจำลองที่ 7 ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-15 เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูหนาว) โดยเลือกใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ปรับแต่งพารามิเตอร์ตามตารางที่ 4-13 ซึ่งได้ค่า RMSE เท่ากับ 3.306 ค่า MAE เท่ากับ 2.797

- แบบจำลองที่ 8 ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-16 เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูร้อน) โดยเลือกใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ปรับแต่งพารามิเตอร์ตามตารางที่ 4-14 ซึ่งได้ค่า RMSE เท่ากับ 2.049 ค่า MAE เท่ากับ 1.264
- แบบจำลองที่ 9 ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-18 เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มเฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูหนาว) โดยเลือกใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ปรับแต่งพารามิเตอร์ตามตารางที่ 4-14 ซึ่งได้ค่า RMSE เท่ากับ 3.351 ค่า MAE เท่ากับ 2.286
- แบบจำลองที่ 10 ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-21 เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ฤดูหนาว) โดยเลือกใช้ทฤษฎี W-M5P ปรับแต่งพารามิเตอร์ตามตารางที่ 4-10 ซึ่งได้ค่า RMSE เท่ากับ 4.615 ค่า MAE เท่ากับ 1.968

จากนั้นพล็อตกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนายทั้ง 10 แบบจำลอง ดังแสดงในภาคผนวก ข พบว่า แบบจำลองที่ดีที่สุด คือ แบบจำลองที่ 8 เป็นข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ใช้เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูร้อน) โดยเป็นรูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-16 เลือกใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ปรับแต่งพารามิเตอร์ตามตารางที่ 4-14 ซึ่งได้ค่า RMSE เท่ากับ 2.049 ค่า MAE เท่ากับ 1.264 จากนั้นนำไปทดสอบการทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปา ได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 4-19



ภาพที่ 4-19 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย โดยใช้แบบจำลองที่ 8 ใช้ทฤษฎี GBT เป็นแบบจำลองที่ดีที่สุด

จากภาพที่ 4-19 เป็นกราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณสารส้มที่ใช้จริงและค่าทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ โดยใช้แบบจำลองที่ 8 ใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) พบว่า ค่าทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้มีค่าใกล้เคียงกับค่าปริมาณสารส้มที่ใช้จริง

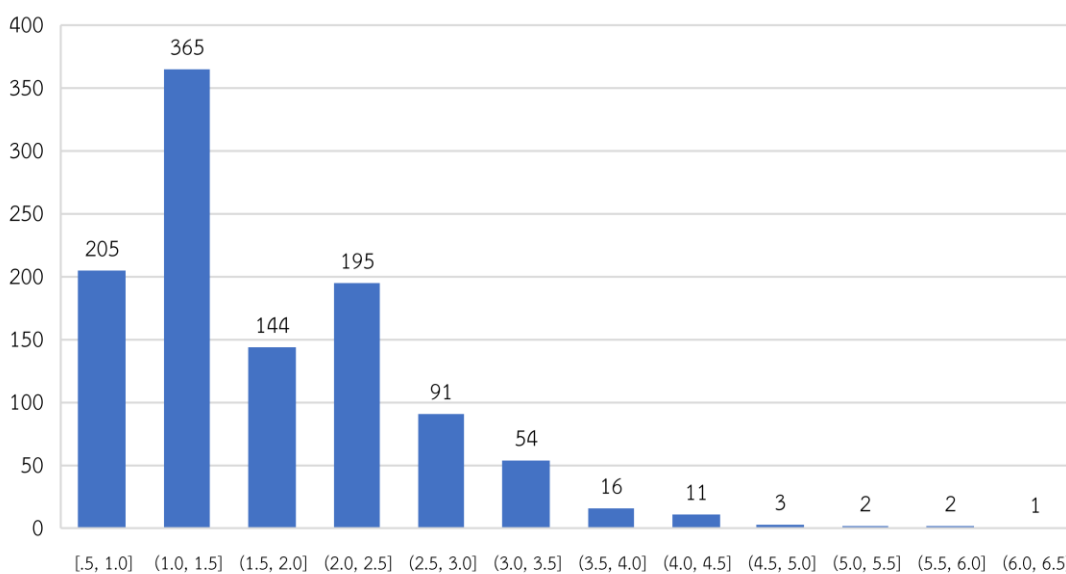
ตารางที่ 4-39 แบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบ

แบบจำลอง ที่	ข้อมูลที่ใช้	ทฤษฎีที่ เลือกใช้	RMSE	MAE
1	เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-3)	GBT	4.784	3.259
2	เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-4)	GBT	3.949	2.751
3	ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อน ห้วยหลวง (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-5)	GBT	4.886	3.338
4	ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-7)	W-M5P	5.407	4.015
5	เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-13)	W-M5P	4.140	3.208
6	เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูฝน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-14)	W-M5P	3.651	1.642
7	เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-15)	GBT	3.306	2.797
8	เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูร้อน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-16)	GBT	2.049	1.264
9	เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-18)	GBT	3.351	2.286
10	ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อน ห้วยหลวง (ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1- 21)	W-M5P	4.615	1.968

#### 4.6 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลองสำหรับการลดปริมาณการใช้สารส้ม

สำหรับการประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง ทั้งหมด 10 แบบจำลอง เพื่อลดปริมาณการใช้สารส้ม ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562

##### ความถี่ของข้อมูลความขุ่นน้ำก่อนกรอง



ภาพที่ 4-20 กราฟความถี่ของข้อมูลความขุ่นน้ำก่อนกรอง (พฤษภาคม 2561 - เมษายน 2562)

สำหรับเกณฑ์มาตรฐานความขุ่นน้ำก่อนกรองของการประปาส่วนภูมิภาค ได้กำหนดเกณฑ์ไว้ ต่ำกว่า 10 เอ็นทียู จากภาพที่ 4-20 เมื่อนำข้อมูลค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองมาพล็อตกราฟ ความถี่ของข้อมูลความขุ่นน้ำก่อนกรอง พบว่า ข้อมูลค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองในระบบผลิตน้ำประปา ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีจะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 6.5 เอ็นทียู ส่วนใหญ่จะอยู่ใน ช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2 เอ็นทียู ซึ่งคิดเป็นประมาณร้อยละ 65 ซึ่งเป็นการใช้สารส้มที่เกินความ จำเป็นในกระบวนการกวนเร็ว กวนช้าและการตกตะกอน ดังนั้นในการประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง จากตารางที่ 4-39 มีทั้งหมด 10 แบบจำลอง เพื่อลดปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปา ของ การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี จะพิจารณาเลือกใช้เฉพาะชุดข้อมูลที่มีค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 2 ถึง 6.5 เอ็นทียู เนื่องจากหากใช้ความขุ่นน้ำก่อนกรองที่มากกว่า 2 เอ็นทียู จะ ทำให้จำนวนชุดข้อมูลในการสร้างแบบจำลองมีจำนวนค่อนข้างน้อย ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของ แบบจำลองในการทำนายปริมาณการใช้สารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา แต่ถ้าใช้ความขุ่นน้ำก่อน

กรองที่น้อยกว่า 2 เอ็นทียู จะส่งผลต่อการลดปริมาณใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาได้ค่อนข้างน้อย

ตารางที่ 4-40 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบการใช้สารส้มจริงและการทำนายใช้สารส้ม

แบบจำลองที่	การใช้สารส้มจริง			การทำนายการใช้สารส้ม			±ราคา (บาท)	±ร้อยละ
	ทั้งหมด (กก.)	เฉลี่ยรายวัน (กก./วัน)	ราคาทั้งหมด (บาท)	ทั้งหมด (กก.)	เฉลี่ยรายวัน (กก./วัน)	ราคาทั้งหมด (บาท)		
1	305,339	843	1,885,255	269,703	745	1,665,227	-220,028	-11.67
2	290,094	795	1,791,126	263,613	722	1,627,628	-163,498	-9.13
3	621,408	667	3,836,758	591,937	635	3,654,794	-181,964	-4.74
4	152,505	571	941,613	145,568	545	898,783	-42,830	-4.55
5	74,782	840	461,724	62,121	698	383,554	-78,170	-16.93
6	123,695	825	763,730	163,335	1,089	1,008,477	244,747	32.05
7	106,862	869	659,801	80,129	651	494,743	-165,058	-25.02
8	65,674	738	405,489	73,042	821	450,981	45,492	11.22
9	91,394	743	564,293	87,035	708	537,380	-26,913	-4.77
10	203,356	711	1,255,582	199,548	698	1,232,070	-23,513	-1.87

หมายเหตุ ราคาสารส้มก้อนชนิดอลูมิเนียมซัลเฟตฯ เท่ากับ 6,174.30 บาทต่อตัน

(ไม่รวม ภาษีมูลค่าเพิ่ม)

เครื่องหมาย (-) คือ ปริมาณสารส้มหรือราคาลดลง

เครื่องหมาย (+) คือ ปริมาณสารส้มหรือราคาเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4-40 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบการใช้สารส้มจริงและการทำนายใช้สารส้ม หากพิจารณาเลือกใช้เฉพาะชุดข้อมูลที่มีค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองที่มากกว่าหรือเท่ากับ 2 เอ็นทียู และน้อยกว่า 10 เอ็นทียู พบว่า

- แบบจำลองที่ 1 สามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 11.67 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 220,028 บาทต่อปี
- แบบจำลองที่ 2 สามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 9.13 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 163,498 บาทต่อปี
- แบบจำลองที่ 3 สามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 4.74 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 181,964บาทต่อปี



- แบบจำลองที่ 4 สามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 4.55 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 42,830 บาทต่อปี
- แบบจำลองที่ 5 สามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 16.93 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 78,170 บาทต่อปี
- แบบจำลองที่ 6 ส่งผลทำให้ปริมาณการใช้สารส้มเพิ่มร้อยละ 32.05 ต่อปี คิดเป็นเงินเพิ่มขึ้น 244,747 บาทต่อปี
- แบบจำลองที่ 7 สามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 25.02 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 165,058 บาทต่อปี
- แบบจำลองที่ 8 ส่งผลทำให้ปริมาณการใช้สารส้มเพิ่มร้อยละ 11.22 ต่อปี คิดเป็นเงินเพิ่มขึ้น 45,492 บาทต่อปี
- แบบจำลองที่ 9 สามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 4.77 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 26,913 บาทต่อปี
- แบบจำลองที่ 10 สามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 1.87 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 23,513 บาทต่อปี

สรุปได้ว่าแบบจำลองที่ 1 2 3 4 5 7 9 และ 10 สามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้จริง ซึ่งแบบจำลองที่ 7 ใช้ได้เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อนในช่วงฤดูหนาว โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) สามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้สูงที่สุดถึงร้อยละ 25.02 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 165,058 บาทต่อปี ส่วนแบบจำลองที่ 10 ใช้ได้ทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวงในช่วงฤดูหนาว โดยใช้ทฤษฎี W-M5P สามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 1.87 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 23,513 บาทต่อปี แต่มีแบบจำลองบางส่วนที่ไม่สามารถลดปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีได้ ได้แก่แบบจำลองที่ 6 และ 8

#### 4.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของแต่ละข้อมูลอินพุต (Input) ทั้ง 4 ค่า ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรอง ค่าความขุ่นของน้ำดิบ และค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรอง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูลอินพุต (Input) ทั้ง 4 ค่า จะมีผลกระทบทำให้ค่าปริมาณสารส้มที่ต้องใช้ (มก./ล.) มีการเปลี่ยนแปลงของมากหรือน้อยเพียงใด ในการวิเคราะห์ดังกล่าวจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าแต่ละข้อมูลอินพุต (Input) ไปร้อยละ  $\pm 5$   $\pm 10$   $\pm 20$   $\pm 50$  และ  $\pm 90$  ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้จะวัดเป็นค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (MAE) ของค่าข้อมูลอินพุต (Input) ลดลง ค่าข้อมูลอินพุต (Input) เพิ่มขึ้น และภาพรวม หากค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (MAE) มีค่ามาก ทำให้แบบจำลองดังกล่าวมีความอ่อนไหวมาก แต่ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (MAE) มีค่าน้อย ทำให้แบบจำลองดังกล่าวมีความอ่อนไหวน้อย สำหรับการวิเคราะห์นี้จะใช้แบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบ จากตารางที่ 5-38 ประกอบด้วยแบบจำลองทั้งหมด 10 แบบจำลอง

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4-41 ดังนี้

- แบบจำลองที่ 1 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนของภาพรวม เท่ากับ 16.79
- แบบจำลองที่ 2 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรองมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนของภาพรวม เท่ากับ 16.88
- แบบจำลองที่ 3 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรองมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนของภาพรวม เท่ากับ 8.12
- แบบจำลองที่ 4 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรองมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนของภาพรวม เท่ากับ 23.14
- แบบจำลองที่ 5 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนของภาพรวม เท่ากับ 16.38
- แบบจำลองที่ 6 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนของภาพรวม เท่ากับ 67.57
- แบบจำลองที่ 7 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนของภาพรวม เท่ากับ 27.61
- แบบจำลองที่ 8 พบว่า ค่าความขุ่นของน้ำดิบมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนของภาพรวม เท่ากับ 9.57

- แบบจำลองที่ 9 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรองมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนของภาพรวม เท่ากับ 14.96

- แบบจำลองที่ 10 พบว่า ค่าความขุ่นของน้ำดิบมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (MAE) ของภาพรวม เท่ากับ 17.23

**ตารางที่ 4-41** ผลการทดลองความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของแต่ละแบบจำลอง

แบบจำลองที่	ตัวแปร	ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (MAE)		
		ค่าข้อมูลอินพุตลดลง	ค่าข้อมูลอินพุตเพิ่มขึ้น	รวม
1	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ	11.14	22.44	<u>16.79</u>
	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรอง	16.64	6.06	11.35
	ความขุ่นของน้ำดิบ	5.25	6.98	6.11
	ความขุ่นของน้ำก่อนกรอง	2.71	2.42	2.57
2	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ	1.59	6.52	4.06
	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรอง	5.35	28.41	<u>16.88</u>
	ความขุ่นของน้ำดิบ	6.45	7.20	6.83
	ความขุ่นของน้ำก่อนกรอง	3.69	8.60	6.14
3	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ	5.64	8.75	7.20
	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรอง	11.59	4.66	<u>8.12</u>
	ความขุ่นของน้ำดิบ	3.58	4.66	4.12
	ความขุ่นของน้ำก่อนกรอง	3.89	4.24	4.07
4	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ	4.93	21.03	12.98
	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรอง	7.43	38.85	<u>23.14</u>
	ความขุ่นของน้ำดิบ	2.18	5.84	4.01
	ความขุ่นของน้ำก่อนกรอง	0.89	0.70	0.80
5	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ	16.09	16.66	<u>16.38</u>
	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรอง	16.51	16.09	16.30
	ความขุ่นของน้ำดิบ	17.11	11.62	14.36
	ความขุ่นของน้ำก่อนกรอง	16.94	14.69	15.82

ตารางที่ 4-41 ผลการทดลองความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของแต่ละแบบจำลอง (ต่อ)

แบบจำลองที่	ตัวแปร	ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (MAE)		
		ค่าข้อมูล อินพุตลดลง	ค่าข้อมูล อินพุตเพิ่มขึ้น	รวม
6	ความเป็นกรด-ต่างของน้ำดิบ	36.13	99.00	<u>67.57</u>
	ความเป็นกรด-ต่างของน้ำก่อนกรอง	18.95	37.02	27.99
	ความขุ่นของน้ำดิบ	34.51	47.25	40.88
	ความขุ่นของน้ำก่อนกรอง	35.59	36.33	35.96
7	ความเป็นกรด-ต่างของน้ำดิบ	14.69	40.54	<u>27.61</u>
	ความเป็นกรด-ต่างของน้ำก่อนกรอง	9.30	6.36	7.83
	ความขุ่นของน้ำดิบ	13.59	10.85	12.22
	ความขุ่นของน้ำก่อนกรอง	11.91	9.56	10.73
8	ความเป็นกรด-ต่างของน้ำดิบ	9.35	8.97	9.16
	ความเป็นกรด-ต่างของน้ำก่อนกรอง	7.68	9.82	8.75
	ความขุ่นของน้ำดิบ	10.34	10.50	<u>10.42</u>
	ความขุ่นของน้ำก่อนกรอง	9.75	9.39	9.57
9	ความเป็นกรด-ต่างของน้ำดิบ	3.15	2.58	2.87
	ความเป็นกรด-ต่างของน้ำก่อนกรอง	16.62	13.30	<u>14.96</u>
	ความขุ่นของน้ำดิบ	0.66	0.46	0.56
	ความขุ่นของน้ำก่อนกรอง	2.26	7.23	4.75
10	ความเป็นกรด-ต่างของน้ำดิบ	4.14	20.77	12.45
	ความเป็นกรด-ต่างของน้ำก่อนกรอง	12.24	13.67	12.96
	ความขุ่นของน้ำดิบ	21.26	13.20	<u>17.23</u>
	ความขุ่นของน้ำก่อนกรอง	17.64	8.91	13.27

จากตารางที่ 4-41 สามารถสรุปได้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด จะเกิดขึ้นในแบบจำลองที่ 1 5 6 และ 7 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรองมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด จะเกิดขึ้นในแบบจำลองที่ 2 3 4 และ 9 และค่าความขุ่นของน้ำดิบมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด จะเกิดขึ้นในแบบจำลองที่ 8 และ 10 ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานควรจัดบันทึกข้อมูลอินพุต (Input) ทั้ง 3 ค่า ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรอง และค่าความขุ่นของน้ำดิบ อย่างรอบคอบ ไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนหรือเพี้ยนไป

การแปลผลในทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม เมื่อพิจารณาแบบจำลองที่ดีที่สุด คือ แบบจำลองที่ 8 ใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) ในการสร้างแบบจำลอง ใช้งานในโรงผลิตน้ำบ้านนิคมในช่วงฤดูร้อน ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของแบบจำลองที่ 8 พบว่า ค่าความขุ่นน้ำดิบมีค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (MAE) ของภาพรวมมากที่สุด เท่ากับ 10.42 รองลงมาเป็นค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง เท่ากับ 9.57 และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ เท่ากับ 9.16 ตามลำดับ ดังนั้น ค่าความขุ่นน้ำดิบมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด ในแบบจำลองที่ 8 หากค่าความขุ่นน้ำดิบมีค่าเปลี่ยนแปลงมาก ส่งผลทำให้การทำนายความแม่นยำของแบบจำลองคลาดเคลื่อนไปมาก หรือค่าความขุ่นน้ำดิบมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อย ส่งผลทำให้การทำนายความแม่นยำของแบบจำลองคลาดเคลื่อนค่อนข้างน้อย ทำให้ค่าความขุ่นน้ำดิบมีความสำคัญมากที่สุดในการทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี เนื่องจากกระบวนการโคแอกกูเลชันในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี เป็นกรรมวิธีที่ใช้สารละลายสารส้มในการกำจัดความขุ่นออกจากน้ำดิบ

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี โดยใช้โปรแกรมเหมืองข้อมูล RapidMiner V.9.2 โดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ ปริมาณการใช้สารส้มจากโรงผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี ประกอบด้วยข้อมูลอินพุต (Input) ทั้งหมด 4 ค่า ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำดิบ ค่าความขุ่นของน้ำดิบ (NTU) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำก่อนกรอง และค่าความขุ่นของน้ำก่อนกรอง (NTU) ข้อมูลเอาต์พุต (Output) คือ ปริมาณสารส้มที่ใช้ที่เหมาะสม (มิลลิกรัมต่อลิตร) สำหรับการสร้างแบบจำลองจะใช้ทฤษฎีทั้งหมด 6 ทฤษฎี ดังนี้ W-LinearRegression W-MultilayerPerceptron (MLP) W-REPTree W-M5P W-M5Rules และ Gradient Boosted Tree (GBT) และดำเนินการทดลองทั้งหมด 24 รูปแบบ เพื่อหาแบบจำลองที่สามารถทำนายค่าที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำมากที่สุด จากนั้นนำแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบการทดลองทั้งหมด 24 รูปแบบ เพื่อตรวจสอบการทำนาย (Prediction) ปริมาณการใช้สารส้ม และประยุกต์ใช้งานแบบจำลองสำหรับการลดปริมาณการใช้สารส้ม การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง จากผลการวิจัยสามารถสรุปผลการทดลอง ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย และข้อเสนอแนะ ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

##### 5.1.1 แบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

ในโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์ ไม่มีแบบจำลองที่สามารถนำมาใช้ในการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาได้ เนื่องจากโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์มีการใช้น้ำดิบมาจาก 2 แหล่งสลับกันไปมา ทำให้คุณภาพน้ำดิบค่อนข้างเปลี่ยนแปลงบ่อย จึงส่งผลต่อข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม ที่มาใช้ในการสร้างแบบจำลองสำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปา เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้ง 6 ทฤษฎี พบว่า แบบจำลองทั้ง 6 ทฤษฎี มีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ เมื่อแยกพิจารณาตามฤดูกาล ประสิทธิภาพของแบบจำลองก็ค่อนข้างต่ำในทุกฤดูกาล

ในโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน แบบจำลองที่สามารถนำมาใช้สำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาได้ ประกอบด้วย 4 แบบจำลอง ดังนี้

- แบบจำลองที่ 1 ใช้ได้ทั้ง 3 ฤดูกาล โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT)
- แบบจำลองที่ 5 ใช้เฉพาะฤดูร้อนเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี W-M5P
- แบบจำลองที่ 6 ใช้เฉพาะฤดูฝนเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี W-M5P
- แบบจำลองที่ 7 ใช้เฉพาะฤดูหนาวเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT)

ในโรงผลิตน้ำบ้านนิคม แบบจำลองที่สามารถนำมาใช้สำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาได้ ประกอบด้วย 3 แบบจำลอง ดังนี้

- แบบจำลองที่ 2 ใช้ได้ทั้ง 3 ฤดูกาล โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT)
- แบบจำลองที่ 8 ใช้เฉพาะฤดูร้อนเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT)
- แบบจำลองที่ 9 ใช้เฉพาะฤดูหนาวเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT)

เมื่อต้องการให้โรงผลิตน้ำบ้านถ่อนและบ้านนิคมสามารถใช้แบบจำลองเดียวกันได้ เนื่องจากโรงผลิตน้ำทั้งสองได้นำน้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง ซึ่งประกอบด้วย 2 แบบจำลอง ดังนี้

- แบบจำลองที่ 3 ใช้ในโรงผลิตน้ำที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง ซึ่งใช้ได้ทั้ง 3 ฤดูกาล โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT)
- แบบจำลองที่ 10 ใช้ในโรงผลิตน้ำที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง ซึ่งใช้ได้เฉพาะฤดูหนาวเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี W-M5P

นอกจากนี้ หากต้องการใช้แบบจำลองเดียวกันทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ สามารถนำมาใช้สำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ได้ ประกอบด้วย 1 แบบจำลอง ดังนี้

- แบบจำลองที่ 4 ใช้เฉพาะฤดูร้อนเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี W-M5P

ข้อควรระวังสำหรับการใช้แบบจำลองที่ 1 2 3 และ 6 ที่ใช้ในฤดูฝนได้ ควรทำ Jar-Test) ควบคู่ไปด้วย เนื่องจากในช่วงเวลาฝนตก ความขุ่นน้ำดิบค่อยข้างเปลี่ยนแปลง หากใช้แบบจำลองเพียงอย่างเดียว การทำนายปริมาณการใช้สารส้ม (มก./ล.) อาจคลาดเคลื่อนได้

สำหรับการพิจารณาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด จากแบบจำลองทั้ง 10 แบบจำลองพบว่า แบบจำลองที่ 8 ใช้ในโรงผลิตน้ำบ้านนิคม ซึ่งใช้เฉพาะฤดูร้อนเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และเมื่อนำไปทดสอบการทำนายปริมาณการใช้

สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาของโรงผลิตน้ำบ้านนิคมในช่วงฤดูร้อน จะได้กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าปริมาตรสารส้มที่ใช้จริง

### 5.1.2 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลองสำหรับการลดปริมาณการใช้สารส้ม

ในโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน แบบจำลองที่สามารถนำมาใช้สำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาได้ โดยเลือกใช้เฉพาะชุดข้อมูลที่มีค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองที่อยู่ในช่วงระหว่าง 2 ถึง 6.5 เอ็นทียู เพื่อลดปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปา ประกอบด้วย 3 แบบจำลอง ดังนี้

- แบบจำลองที่ 1 ใช้ได้ทั้ง 3 ฤดูกาล โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) จะสามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 11.67 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 220,028 บาทต่อปี

- แบบจำลองที่ 5 ใช้เฉพาะฤดูร้อนเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี W-M5P และแบบจำลองที่ 7 ใช้เฉพาะฤดูหนาวเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) มาใช้ร่วมกันจะสามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 21.69 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 243,230 บาทต่อปี

ในโรงผลิตน้ำบ้านนิคม แบบจำลองที่สามารถนำมาใช้สำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาได้ โดยเลือกใช้เฉพาะชุดข้อมูลที่มีค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองที่อยู่ในช่วงระหว่าง 2 ถึง 6.5 เอ็นทียู เพื่อลดปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปา ประกอบด้วย 2 แบบจำลอง ดังนี้

- แบบจำลองที่ 2 ใช้ได้ทั้ง 3 ฤดูกาล โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) จะสามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 9.13 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 163,498 บาทต่อปี

- แบบจำลองที่ 9 ใช้เฉพาะฤดูหนาวเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) จะสามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 4.77 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 26,913 บาทต่อปี

เมื่อต้องการให้โรงผลิตน้ำบ้านถ่อนและบ้านนิคมสามารถใช้แบบจำลองเดียวกันได้ เนื่องจากโรงผลิตน้ำทั้งสองได้ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง โดยเลือกใช้เฉพาะชุดข้อมูลที่มีค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองที่อยู่ในช่วงระหว่าง 2 ถึง 6.5 เอ็นทียู เพื่อลดปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปา ซึ่งประกอบด้วย 2 แบบจำลอง ดังนี้



- แบบจำลองที่ 3 ใช้ในโรงผลิตน้ำที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง ซึ่งใช้ได้ทั้ง 3 ฤดูกาล โดยใช้ทฤษฎี Gradient Boosted Tree (GBT) จะสามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 4.74 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 181,964 บาทต่อปี
- แบบจำลองที่ 10 ใช้ในโรงผลิตน้ำที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง ซึ่งใช้ได้เฉพาะฤดูหนาวเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี W-M5P จะสามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 1.87 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 23,513 บาทต่อปี

นอกจากนี้ หากต้องการใช้แบบจำลองเดียวกันทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ สามารถนำมาใช้สำหรับการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ได้ โดยเลือกใช้เฉพาะชุดข้อมูลที่มีค่าความขุ่นน้ำก่อนกรองที่อยู่ในช่วงระหว่าง 2 ถึง 6.5 เอ็นทียู เพื่อลดปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปา ประกอบด้วย 1 แบบจำลอง ดังนี้

- แบบจำลองที่ 4 ใช้ในเฉพาะฤดูร้อนเท่านั้น โดยใช้ทฤษฎี W-M5P จะสามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ร้อยละ 4.55 ต่อปี คิดเป็นเงินสามารถลดลง 42,830 บาทต่อปี

### 5.1.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ทั้ง 10 แบบจำลอง พบว่า มีข้อมูลอินพุต (Input) 3 ตัวแปรที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนกรอง และค่าความขุ่นของน้ำดิบ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานควรจัดบันทึกข้อมูลอินพุต (Input) ทั้ง 3 ค่า อย่างรอบคอบ ไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนหรือเพี้ยนไป นอกจากนี้ควรทำการทวนสอบเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าความขุ่นแบบ Realtime ทุกๆ 6 เดือน ทำให้ค่าที่ได้ไม่มีความคลาดเคลื่อนหรือเพี้ยนไป

## 5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

5.2.1 ผู้ปฏิบัติงานสามารถนำแบบจำลองการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธาณิดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ได้ ทั้งในสภาวะปกติ เพื่อลดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน และสภาวะฉุกเฉิน ได้แก่ เครื่องทำจาร์เทศชำรุด

5.2.2 การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธาณิดสามารถบริหารจัดการการใช้สารส้มได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.2.3 เป็นแนวทางการในการศึกษาครั้งต่อไป สำหรับผู้วิจัยที่สนใจในการศึกษาในหัวข้อการทำนายปริมาณการใช้สารส้มหรือสารเคมีอื่นๆ ในระบบผลิตน้ำประปา

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและปริมาณการใช้สารส้มของการประปาส่วนภูมิภาค สาขาอุดรธานี ทางหน่วยงานควรตรวจสอบหรือทวนสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำต่างๆ แบบ Realtime ทุกๆ 6 เดือน จะส่งผลต่อความแม่นยำของเครื่องมือวัดและเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองการทำนายปริมาณการใช้สารส้มได้

5.3.2 ในปัจจุบันการบันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำดิบของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานียังใช้การจดบันทึกจากเครื่องวัดคุณภาพน้ำดิบต่างๆ โดยผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งยังไม่มีกรบันทึกข้อมูลดังกล่าวไปยังเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ทำให้ยากต่อการรวบรวมข้อมูลหรือเกิดการสูญหายของข้อมูล ดังนั้น ทางหน่วยงานควรติดตั้งเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) เพิ่มเติม ซึ่งจะทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้เป็นระยะเวลานานๆ และสะดวกสำหรับการโหลดข้อมูลต่างๆ หรือทำการเชื่อมต่อเครื่องวัดคุณภาพน้ำดิบกับระบบสกาตา (Supervisory Control And Data Acquisition : SCADA) ที่มีอยู่แล้ว เพื่อแสดงค่าคุณภาพน้ำดิบในจอมอนิเตอร์ (Monitor) และบันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำดิบต่างๆ ลงในระบบเซิร์ฟเวอร์ (Server)

5.3.3 งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรม RapidMiner V.9.2 สำหรับการทำนายปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานีเท่านั้น หากนำโปรแกรมดังกล่าวไปประยุกต์ใช้หรือสร้างแบบจำลองในการทำนายปริมาณการใช้สารเคมีอื่นๆ อาทิ เช่น คลอรีน ในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี จะช่วยลดระยะเวลาในการปฏิบัติงานและช่วยในการบริหารจัดการการใช้สารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2557. วิศวกรรมประปา. 4. นนทบุรี:
- เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์ดา. (2562). Introduction to Data Mining with RapidMiner Studio 7[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: [http://dataminingtrend.com/2014/wp-content/uploads/2014/02/RM7\\_chapter1.pdf](http://dataminingtrend.com/2014/wp-content/uploads/2014/02/RM7_chapter1.pdf) [28 เมษายน 2562].
- กรมควบคุมมลพิษ. (2562). มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_water05.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html) [28 เมษายน 2562].
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2546). คู่มือก่อสร้างประปาผิวดินขนาดกลาง[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: [http://irrigation.rid.go.th/rid14/water/library/shelf/formula/page/natural\\_environment/DGR/DGR.html](http://irrigation.rid.go.th/rid14/water/library/shelf/formula/page/natural_environment/DGR/DGR.html) [25 เมษายน 2562].
- กรินทร์ กาญจนานนท์. 2561. การพยากรณ์ทางสถิติ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- การประปาส่วนภูมิภาค. (2554). มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.pwa.co.th/download/pwastandard50-1.pdf> [25 เมษายน 2562].
- การประปาส่วนภูมิภาค. (2560). คู่มือวิธีปฏิบัติงาน : การทดลองจาร์เทส[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER38/DRAWER032/GENERAL/DATA000/00000054.PDF> [1 มิถุนายน 2562].
- การประปาส่วนภูมิภาค. 2561. คู่มือกระบวนการหลัก : ด้านกระบวนการผลิตน้ำประปาและควบคุมคุณภาพน้ำ.
- การประปาส่วนภูมิภาค. (2562). ข้อมูลของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.pwa.co.th/province/branch/5520311> [25 เมษายน 2562].
- ชุมคำ รัตตวงศ์. 2559. การทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้ในกระบวนการโคเอคกูเลชันด้วยโปรแกรมวีก้า (Weka) : กรณีศึกษาในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. (ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรัฐติกาล ทรัพย์สมบูรณ์. 2558. การศึกษาแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรด้วยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบสมการถดถอยโพลีโนเมียลกำลังสอง : กรณีศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชา

- วิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิราภา เลหาหวรรณันท์, รชต ลิมสุทธีวันภูมิ, บัณฑิต ฐานะโสภณ และ พรฤดี เนติโสภากุล. 2558. การใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลในการจำแนกและคัดเลือก แขนงวิชาสำหรับนักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศลาดกระบัง.
- ชัยภัทร เนื่องคำมา. (2561). Gradient Boosting Machine[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://medium.com/cw-quantlab/optimize-trading-system-with-gradient-boosting-machine-8db7d392f92d> [16 กันยายน 2562].
- ณัฐพงษ์ วารีประเสริฐ และ ณรงค์ ลำดี. 2552. ปัญญาประดิษฐ์. กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.
- ดารณี พิมพ์ช่างทอง. 2561. การวิเคราะห์กลุ่มเพื่อการรณรงค์ทางการตลาดด้วยการใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์. วารสารวิชาการคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 13(1).
- ทวีศักดิ์ วั่งไพศาล. 2557. วิศวกรรมการประปา. 2000, 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธัชพงศ์ กัตถัญญกุล. 2560. การเรียนรู้ของเครื่องเบื้องต้น. 100, 1. ขอนแก่น: หน่วยงานสารบรรณงานบริหารและธุรการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- นุชนาฏ ปิ่นเมือง และ จาริ ทองคำ. 2561. การจำแนกความคิดเห็นของคนไทยเกี่ยวกับสื่อออนไลน์ โดยใช้การทำเหมืองข้อความ. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสารคาม 37(3).
- พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ. (2550). กระบวนการโคเอกกุลเช้นและพลีอคคูลเช้น[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: [https://www.mwa.co.th/ewt\\_dl\\_link.php?nid=441](https://www.mwa.co.th/ewt_dl_link.php?nid=441) [28 เมษายน 2562].
- มันสิน ตันทุลเวศม์. 2542. วิศวกรรมการประปา. 1000, 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วราภรณ์ ม้วนทอง, วรณศักดิ์ เลี่ยมแหลม และ เสฎฐา ศาสนนันท์. 2558. แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับ Clarifier กรณีศึกษา: โรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 10(1).
- สายชล สิ้นสมบูรณ์ทอง. 2560. การทำเหมืองข้อมูล เล่ม 1. 2000, 2. กรุงเทพฯ: จารจรีโปรดักส์.
- สุชาดา กิระนันท์. (2545). คำถามคำตอบเกี่ยวกับการทำเหมืองข้อมูลเบื้องต้น[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: [https://home.kku.ac.th/wichuda/Knowledge/6DataMining/Datamining\\_Suchada.pdf](https://home.kku.ac.th/wichuda/Knowledge/6DataMining/Datamining_Suchada.pdf) [28 เมษายน 2562].
- สุรพงศ์ เอื้อวัฒนามงคล. 2561. การทำเหมืองข้อมูล. 562, 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

- อดุลย์ ยิ้มงาม . (2562). การทำเหมืองข้อมูล[ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://compcenter.bu.ac.th/news-information/data-mining> [28 เมษายน 2562].
- อภิสิทธิ์ ทิพย์นาง. 2561. การเพิ่มความถูกต้องในการทำนายค่าสารส้มในกระบวนการรวมตะกอนโดยใช้เหมืองข้อมูล กรณีศึกษา : โรงผลิตน้ำประปาบางเขน, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย (ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและพลังงานเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

### **ภาษาอังกฤษ**

- Abdullahi, M. E., Folorunsho, A. D., Agaie, B. G. and Jibril, M. 2012. Predictive model for lime dosage in water treatment plant. International Journal of Scientific Research Publications 2(12): 1-5.
- Bastos, P., Lopes, I. and Pires, L. C. M. 2014. Application of data mining in a maintenance system for failure prediction. Safety, Reliability Risk Analysis: Beyond the Horizon: 22nd European Safety Reliability 1: 933-940.
- Chawakitchareon, P., Boonao, N. and Charutragulchai, P. 2017. Prediction of Alum Dosage in Water Supply by WEKA Data Mining Software. Information Modelling Knowledge Bases XXVIII 292: 83-93.
- Chou, J. S., Ho, C. C. and Hoang, H. S. 2018. Determining quality of water in reservoir using machine learning. Ecological informatics 44: 57-75.
- Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J. and Tchobanoglous, G. 2012. MWH's water treatment: principles and design. 3. Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Farhaoui, M., Hasnaoui, L. and Derraz, M. 2016. Optimization of drinking water treatment process by modeling the aluminum sulfate dose. British Journal of Applied Science & Technology 17(1): 1-14.
- Geetha, A. and Nasira, G. (2014). Data mining for meteorological applications: Decision trees for modeling rainfall prediction. 2014 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, 1-4. IEEE.
- Kim, C. M. and Parnichkun, M. 2017. Prediction of settled water turbidity and optimal coagulant dosage in drinking water treatment plant using a hybrid model of k-

- means clustering and adaptive neuro-fuzzy inference system. Applied Water Science 7(7): 3885-3902.
- Ladsavong, K., Chawakitchareon, P. and Kiyoki, Y. 2018. Application of Data Mining Software to Predict the Alum Dosage in Coagulation Process: A Case Study of Vientiane Capital, Lao PDR. Information Modelling and Knowledge Base XXIX 301: 110-124.
- Maier, Holger R, Morgan, N. and Chow, C. W. 2004. Use of artificial neural networks for predicting optimal alum doses and treated water quality parameters. Environmental Modelling Software 19(5): 485-494.
- Robenson, A., Shukor, S. A. and Aziz, N. 2009. Development of process inverse neural network model to determine the required alum dosage at Segama water treatment plant Sabah, Malaysia. Computer aided chemical engineering 27: 525-530.
- Sengul, AB and Gormez, Z. (2013). Prediction of optimal coagulant dosage in drinking water treatment by artificial neural network. 1st EWAS-MED International Conference: Improving Efficiency of Water Systems in a Changing Natural and Financial Environment.
- Xiaojie, W., Yunzhe, J. and Xiaojing, L. (2011). Research on the prediction of water treatment plant coagulant dosage based on feed-forward artificial neural network. 2011 International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 1615-1617. IEEE.
- Yadav, A. K., Malik, H. and Chandel, S. 2015. Application of rapid miner in ANN based prediction of solar radiation for assessment of solar energy resource potential of 76 sites in Northwestern India. Renewable Sustainable Energy Reviews 52: 1093-1106.

ภาคผนวก ก เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบผิวดินแต่ละ  
ประเภท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ก-1 เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบผิวดินแต่ละประเภท

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด แบ่งตามประเภทการใช้ประโยชน์				
		1	2	3	4	5
สี กลิ่นและรส	-	๘	๘	๘	๘	๘
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	-	๘	5-9	5-9	5-9	-
ออกซิเจนละลายน้ำ	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	6.0	4.0	2.0	-
บีโอดี (BOD)	มิลลิกรัม/ลิตรMPN	๘	1.5	2.0	4.0	-
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	MPN	๘	5,000	20,000	-	-
ฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย		๘	1,000	4,000	-	-
ไนเตรต ( $\text{NO}_3^-$ as N)	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	5.0	5.0	5.0	-
แอมโมเนีย ( $\text{NH}_4$ as N)	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	0.5	0.5	0.5	-
ฟีนอล	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	0.005	0.005	0.005	-
ทองแดง (Cu)	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	0.1	0.1	0.1	-
นิลเกิล (Ni)	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	0.1	0.1	0.1	-
แมงกานีส (Mn)	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	1.0	1.0	1.0	-
สังกะสี (Zn)	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	1.0	1.0	1.0	-
แคดเมียม (Cd)	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	0.005	0.005	0.005	-
โครเมียม (Cr)	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	0.05	0.05	0.05	-
ตะกั่ว (Pb)	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	0.05	0.05	0.05	-
ปรอท (Hg)	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	0.002	0.002	0.002	-
อาร์เซนิก (As)	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	0.01	0.01	0.01	-
ไซยาไนด์ (CN)	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	0.005	0.005	0.005	-
กัมมันตภาพรังสี - แอลฟา	เบคเคอเรล/ลิตร	๘	0.1	0.1	0.1	-
กัมมันตภาพรังสี - บีตา	เบคเคอเรล/ลิตร	๘	1.0	1.0	1.0	-
ยาฆ่าแมลงที่มีคลอรีน	มิลลิกรัม/ลิตร	๘	0.05	0.05	0.05	-
DDT	ไมโครกรัม/ลิตร	๘	1.0	1.0	1.0	-
Alpha-BHC	ไมโครกรัม/ลิตร	๘	0.02	0.02	0.02	-
Dieldrin	ไมโครกรัม/ลิตร	๘	0.1	0.1	0.1	-
Aldrin	ไมโครกรัม/ลิตร	๘	0.1	0.1	0.1	-
Heptachlor	ไมโครกรัม/ลิตร	๘	0.2	0.2	0.2	-
Endrin	ไมโครกรัม/ลิตร	๘	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	-

หมายเหตุ ๘ คือ เป็นไปตามธรรมชาติ

(กรมควบคุมมลพิษ, 2562)



ภาคผนวก ข เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา



ตารางที่ ข-1 เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	
			WHO	กรมอนามัย
กายภาพ	สี (Color)	Pt-Co	< 300	< 300
	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	-	5-9
เคมี	เหล็ก (Fe)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 50	50
	แมงกานีส (Mn)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 50	5
	ทองแดง (Cu)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 50	1.5
	สังกะสี (Zn)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 50	1.5
	ฟลูออไรด์ (F)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 50	< 1.5
	ไนเตรด (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	มิลลิกรัม/ลิตร	< 45 (as NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	< 10 (as N)
	ความกระด้าง (Hardness)	มิลลิกรัม/ลิตร	-	< 500
	ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ (Total Dissolved Solids)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 1,500	< 1,500
	MgSO <sub>4</sub> + Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	มิลลิกรัม/ลิตร	< 1,000	-
	Alkyl Benzyl Sulfonates (ABS)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 0.5	-
สารประกอบฟีนอล	มิลลิกรัม/ลิตร	< 0.002	-	
สารพิษ	อาร์เซนิก (As)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 0.05	-
	ไซยาไนด์ (CN)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 0.2	-
	ตะกั่ว (Pb)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 0.05	< 0.05
	โครเมียม (Cr)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 0.05	< 0.05
	แคดเมียม (Cd)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 0.01	< 0.05
	ซีลีเนียม (Se)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 0.01	-
	แอมโมเนีย	มิลลิกรัม/ลิตร	< 0.5	-
อื่นๆ	ไขมัน (Grease)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 1.0	-
	สารกัมมันตรังสี	มิลลิกรัม/ลิตร	< 1,000	-
	บีโอดี (BOD)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 6.0	< 6.0
	ซีโอดี (COD)	มิลลิกรัม/ลิตร	< 10	-
	โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	MPN/100 ml	-	-
	ฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	MPN/100 ml	-	-

(ทวิศกดิ์ วังไพศาล, 2557)

ภาคผนวก ค เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา



ตารางที่ ค-1 เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

รายการ	หน่วย	มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา
<b>1. คุณลักษณะทางกาย</b>		
สีปรากฏ	Pt-Co Unit	15
รสและกลิ่น	-	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
ความขุ่น	NTU	4
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5 – 8.5
<b>2. คุณลักษณะทางเคมี</b>		
ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด (TDS)	มิลลิกรัม/ลิตร	600
เหล็ก	มิลลิกรัม/ลิตร	0.3
แมงกานีส	มิลลิกรัม/ลิตร	0.3
ทองแดง	มิลลิกรัม/ลิตร	2.0
สังกะสี	มิลลิกรัม/ลิตร	3.0
ความกระด้างทั้งหมด	มิลลิกรัม/ลิตร	300
ซัลเฟต	มิลลิกรัม/ลิตร	250
คลอไรด์	มิลลิกรัม/ลิตร	250
ฟลูออไรด์	มิลลิกรัม/ลิตร	0.7
ไนเตรทในรูปไนเตรท	มิลลิกรัม/ลิตร	50
ไนไตรท์ในรูปไนไตรท์	มิลลิกรัม/ลิตร	3
<b>3. คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา</b>		
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	ต่อ 100 มิลลิกรัม	ไม่พบ
อีโคไลน์	ต่อ 100 มิลลิกรัม	ไม่พบ
สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส	ต่อ 100 มิลลิกรัม	ไม่พบ
แซลโมเนลลา	ต่อ 100 มิลลิกรัม	ไม่พบ
คลอสทริเดียมเพอร์ฟริงเจนส์	ต่อ 100 มิลลิกรัม	ไม่พบ
<b>4. สารเป็นพิษ</b>		
ปรอท	มิลลิกรัม/ลิตร	0.001
ตะกั่วสารหนู	มิลลิกรัม/ลิตร	0.01

ตารางที่ ค-1 เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา (ต่อ)

รายการ	หน่วย	มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา
ซีลีเนียม	มิลลิกรัม/ลิตร	0.01
โครเนียม	มิลลิกรัม/ลิตร	0.05
แคดเมียม	มิลลิกรัม/ลิตร	0.003
แบเรียม	มิลลิกรัม/ลิตร	0.7
ไซยาไนด์	มิลลิกรัม/ลิตร	0.07
<b>5. สารเคมีที่ใช้ป้องกันและกำจัดศัตรูพืช</b>		
อัลดรินและดิลดริน	ไมโครกรัม/ลิตร	0.03
คลอเดน	ไมโครกรัม/ลิตร	0.2
ดีดีที	ไมโครกรัม/ลิตร	1
เฮปาคลอและเฮปตาคลออีพอกไซด์	ไมโครกรัม/ลิตร	0.03
เฮกซะคลอโรเบนซีน	ไมโครกรัม/ลิตร	1
ลินเดน	ไมโครกรัม/ลิตร	2
เมททอกซิลคอล์ร์	ไมโครกรัม/ลิตร	20
<b>6. ไตรฮาโลมีเทน</b>		
คลอโรฟอร์ม	ไมโครกรัม/ลิตร	300
โบรโมไดคลอโรมีเทน	ไมโครกรัม/ลิตร	60
ไดโบรโมคลอโรมีเทน	ไมโครกรัม/ลิตร	100
โบรโมฟอร์ม	ไมโครกรัม/ลิตร	100
<b>7. สารกัมมันตภาพรังสี</b>		
ความเข้มรังสีแอลฟา	เบคเคอเรล/ลิตร	0.5
ความเข้มรังสีเบต้า	เบคเคอเรล/ลิตร	1

หมายเหตุ คลอรีนคงเหลือในระบบจ่ายน้ำประปาไม่น้อยกว่า 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร

(การประปาส่วนภูมิภาค, 2554)

ภาคผนวก ง ขั้นตอนการทำจารึกเทสต์และการเตรียมสารละลาย  
เพื่อใช้ในกระบวนการผลิต



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับทำจาร์เทสต์ ดังนี้

- เครื่องจาร์เทสต์ชนิด 4 หรือ 6 ใบพัด ซึ่งสามารถให้ความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 0-300 รอบ ต่อวินาที

- ปีกเกอร์ ขนาด 1,000 มล. 4 หรือ 6 ใบ, กระจบอกลง ขนาด 1,000 มล. 1 อัน

- ปีกเกอร์ ขนาด 250 มล. จำนวน 4 หรือ 6 ใบ

- ปีเปต ขนาด 5 มล. หรือ 10 มล. 2 อัน

- เครื่องสำหรับหาความขุ่น ความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) สี

- สารละลายสารส้ม 1% (สำหรับทำจาร์เทสต์) เตรียมโดยละลายสารส้ม 10 กรัมลงในน้ำ 1 ลิตร ละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บใส่ภาชนะที่ปิดสนิท

- นาฬิกาจับเวลา

2. ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ความขุ่น และสังเกตสีของน้ำดิบ แล้วบันทึกผลในรูปแบบฟอร์ม

3. หาปริมาณสารส้มที่ใช้ที่เหมาะสม (จ)

3.1 ตวงน้ำดิบ 1000 มล. ด้วยกระจบอกลง เทลงในปีกเกอร์ขนาด 1000 มล. จำนวน 4 หรือ 6 ใบ แล้ววางในเครื่องจาร์เทสต์

3.2 เริ่มกวนด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที แล้วเติมสารละลายสารส้ม 1% พร้อมกันทุกความเข้มข้นตามปริมาณที่คาดการณ์ ซึ่งพิจารณาจากค่าความขุ่นของน้ำหรือสีของน้ำเป็นหลัก อาจใช้จากสถิติที่เคยมีการทำไว้ก่อนล่วงหน้าก็ได้ เช่น

ตารางที่ ง-1 ตัวอย่างการเติมสารละลายสารส้ม

ปีกเกอร์ใบที่	1	2	3	4	5	6
เติมสารส้ม 1% มล.	0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
ปริมาณสารส้ม (มก./ล., ppm)	0	10	15	20	25	30

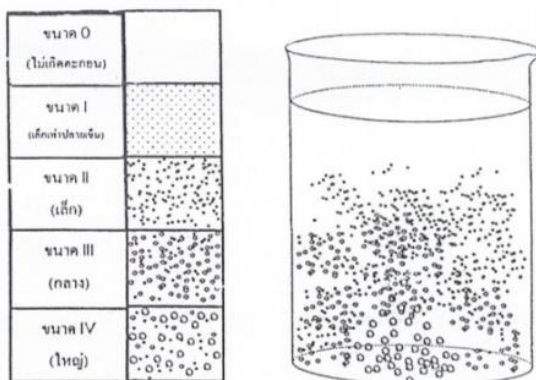
3.3 กวนต่อไปอีก 30 วินาที

3.4 ลดความเร็วในการกวนลงเป็น 60 รอบต่อนาที กวนต่อไปนาน 7.30 นาที

3.5 ลดความเร็วในการกวนลงเป็น 40 รอบต่อนาที กวนต่อไปนาน 7.30 นาที

3.6 ลดความเร็วในการกวนลงเป็น 25 รอบต่อนาที กวนต่อไปนาน 5 นาที

3.7 สังเกตขนาดของตะกอนที่เกิดขึ้น ( Floc Size ) เมื่อสิ้นสุดการกวน โดยเปรียบเทียบขนาด Floc ดังภาพที่ ง-1 และบันทึกขนาดของ Floc ลงในรูปแบบฟอร์ม



ภาพที่ ง-1 ตะกอนขนาดต่างๆ

3.8 จากนั้นหยุดเครื่องจาร์เทสต์ แล้วนำไบพัดออกจากบีกเกอร์ด้วยความระมัดระวัง และตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 30 นาที

3.9 ตรวจสอบวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ความขุ่น ค่าความนำไฟฟ้า และสังเกตสีของน้ำดิบบันทึกผล

3.10 จากนั้นใช้สายยางดูดน้ำส่วนใสของแต่ละบีกเกอร์ประมาณ 200 มล. ลงในบีกเกอร์อีกใบหนึ่ง เพื่อนำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ความขุ่น และสังเกตสี แล้วเขียนกราฟระหว่างปริมาณสารส้มกับค่าความขุ่นเพื่อหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสม

3.11 เลือกปริมาณสารส้มที่เหมาะสม (Optimum Dose) คือ เลือกปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุด ซึ่งทำให้การตกตะกอนได้ดีที่สุดหรือเลือกการเติมสารส้มที่ทำให้น้ำส่วนใสมีความขุ่นต่ำกว่า 10 เอ็นทียู และค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) อยู่ในช่วง 6.50 - 8.50 หรือน้ำสีของน้ำมาพิจารณาด้วย

3.12 ถ้าหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมได้แล้ว นักวิทยาศาสตร์ให้พนักงานผลิตน้ำควบคุมการอัตราการจ่ายสารส้มตามผลการทำจาร์เทสต์ โดยให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 5\%$

3.13 ทำจาร์เทสต์ซ้ำอีกครั้ง ในกรณีน้ำส่วนใสมีความขุ่นมากกว่า 10 เอ็นทียู และค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) อยู่ในช่วง 6.50 - 8.50 โดยอาจเพิ่มช่วงความเข้มข้นของสารส้มให้มากขึ้น

4. การเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต โดยหาความเข้มข้นของสารส้มในถังจ่าย (ป) จากสูตร ดังนี้

$$ป = \text{ความเข้มข้นของสารส้มในถังจ่าย (\%)}$$



$$p = \frac{j \times \text{อส}}{36 \times \text{ออ}}$$

จ = ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมได้จากการทำจาร์เทศ (มก./ล.)

อส = อัตราการสูบน้ำดิบ (ลบ.ม./ชม.)

ออจ = อัตราการจ่ายสารละลายสารส้มของเครื่องจ่าย (มล./วินาที)

จากนั้นหาปริมาณสารส้ม (กก.) จากสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณสารส้ม(กก.)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของสารส้มในถังจ่าย(\%)} \times \text{ปริมาตรของถัง(ล.)}{100}$$



ภาคผนวก จ ตัวอย่างรายงานที่ได้รับความอนุเคราะห์  
จากการประสานงานภูมิภาคสาขาอุดรธานี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ จ-1 รายงานผลทดสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำดิบ

วันที่	เวลา	ชื่อแหล่งน้ำ	รายการทดสอบ										ผู้ทดสอบ
			pH	ค่าความขุ่น (NTU)	สี*	กลิ่น**	การนำไฟฟ้า*** (µS/cm)	DO*** (mg/L)	นิทราเจน*** (mg/L)	คลอรีน*** (mg/L)	ORP*** (mV)	อื่นๆ	
1	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	3.46	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	131	4.67			264		นายศุภกร เอร่าวัน
2	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	4.12	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	126	4.71			244		นายศุภกร เอร่าวัน
3	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	3.67	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	130	4.66			266		นายศุภกร เอร่าวัน
4	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	3.44	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	132	4.5			240		นายศุภกร เอร่าวัน
5	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	3.76	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	127	4.5			250		นายศุภกร เอร่าวัน
6	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	4.2	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	125	4.5			250		นายศุภกร เอร่าวัน
7	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	5.61	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	135	4.55			248		นายศุภกร เอร่าวัน
8	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	5.47	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	130	4.65			240		นายศุภกร เอร่าวัน
9	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	4.39	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	130	4.5			248		นายศุภกร เอร่าวัน
10	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	4.77	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	125	4.16			255		นายศุภกร เอร่าวัน
11	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	5.12	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	125	4.66			265		นายศุภกร เอร่าวัน
12	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	5.66	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	126	4.76			240		นายศุภกร เอร่าวัน
13	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7	4.77	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	134	4.44			246		นายศุภกร เอร่าวัน
14	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7.2	5.66	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	125	4.81			220		นายศุภกร เอร่าวัน
15	09:00	เขื่อนห้วยหลวง	7.2	5.47	ธรรมชาติ	ธรรมชาติ	125	5.61			220		นายศุภกร เอร่าวัน

หมายเหตุ \* สี ให้ระบุ ( ) สีปรากฏ ( ) สีแท้จริง \*\* กลิ่น ให้ระบุ..... \*\*\*เฉพาะที่มีความเสี่ยงคุณภาพน้ำ

ตารางที่ จ-2 รายงานผลทดสอบคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำ

วันที่	เวลา(น.)	ผลทดสอบคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำ									ผู้ทดสอบ
		น้ำดิบหลังเติมสารตกตะกอน	น้ำก่อนกรอง		น้ำหลังกรอง		น้ำประปา				
			pH	pH	ความขุ่น (NTU)	ความขุ่น (NTU)	pH	ความขุ่น (NTU)	สี* (Pt-Co)	คลอรีนคงเหลือ (mg/L)	
1	08:00	6.8	6.8	2.42	0.67	6.8	0.76	ใส	1	ไม่พบ	นายศุภกร เอร่าวัน
1	16:00	6.8	6.8	2.67	0.72	6.8	0.84	ใส	1	ไม่ตรวจ	นายศุภกร เอร่าวัน
1	22:00	6.8	6.8	2.34	0.82	6.8	0.84	ใส	1.2	ไม่ตรวจ	นายศุภกร เอร่าวัน
2	08:00	7	6.8	2.67	0.86	6.8	0.88	ใส	1.2	ไม่พบ	นายศุภกร เอร่าวัน
2	16:00	7	7	2.46	0.76	7	0.76	ใส	1	ไม่ตรวจ	นายศุภกร เอร่าวัน
2	22:00	6.8	6.8	3.16	0.72	6.8	0.74	ใส	1.2	ไม่ตรวจ	นายศุภกร เอร่าวัน
3	08:00	6.8	6.8	2.07	0.6	6.8	0.64	ใส	1	ไม่พบ	นายศุภกร เอร่าวัน
3	16:00	6.8	6.8	2.27	0.6	6.8	0.66	ใส	1	ไม่ตรวจ	นายศุภกร เอร่าวัน
3	22:00	7	7	2.91	0.7	7	0.79	ใส	1.2	ไม่ตรวจ	นายศุภกร เอร่าวัน
4	08:00	7	6.8	2.76	0.7	6.8	0.76	ใส	1	ไม่พบ	นายศุภกร เอร่าวัน

หมายเหตุ \*สี ให้ระบุ ( ) สีปรากฏ ( ) สีแท้จริง

ตารางที่ จ-3 รายงานการกำกับและติดตามผลการจ่ายสารเคมีประจำวันและการทำจาร์เทส

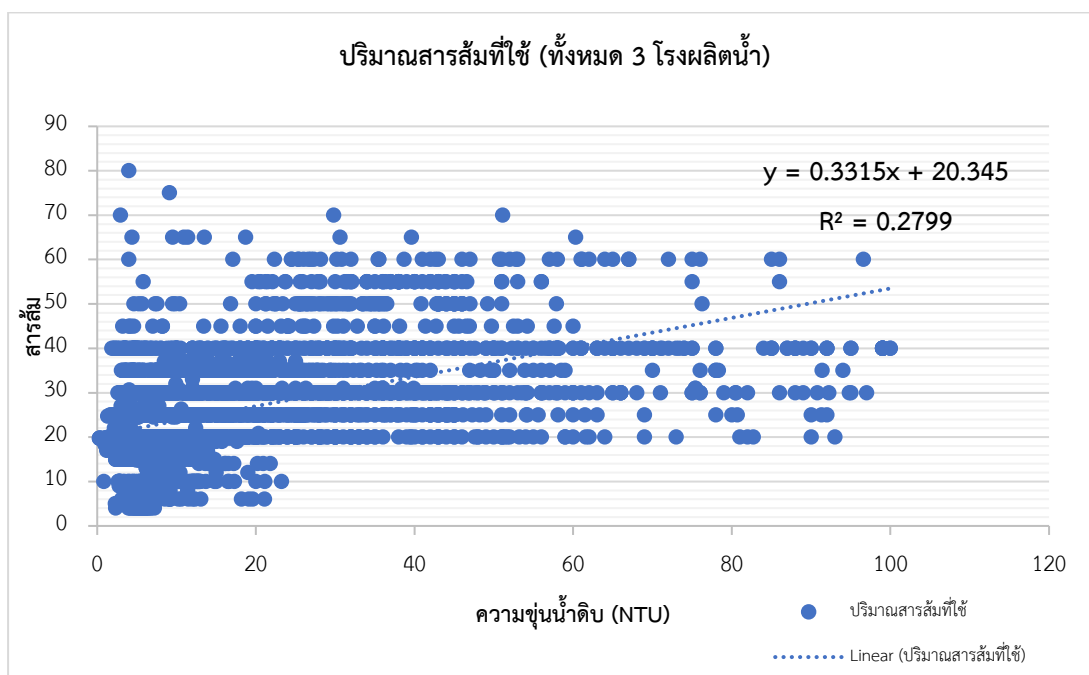
แบบรายงานการกำกับและติดตามผลการจ่ายสารเคมีประจำวันและการทำจาร์เทส																									
การประสานภูมิภาคสาขา อุตรธานี											หน่วยบริการ/สถานีผลิตน้ำ สถานีผลิตน้ำหนองประจักษ์														
แหล่งน้ำดิบ : เขื่อนห้วยหลวง และ หนองสำโรง											เดือน เมษายน พ.ศ. 2562														
ปริมาตรทั้งหมด 2880 ลิตร											เครื่องจ่ายสารเคมี ชื่อ/รุ่น/Milton Roy อัตราจ่ายสูงสุด 1233 ลิตร/ชั่วโมง														
วันที่	การผลิตน้ำ		สารเคมี										จาร์เทส (JAR TEST)									ผู้บันทึก			
	อัตราสูบ น้ำดิบ (ลบ.ม./ชม.)	เดินเครื่อง เวลา (ชั่วโมง)	การเตรียมและการจ่ายสารเคมี										ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อวัน (กิโลกรัม : กก.)			คุณภาพน้ำดิบ ก่อนทำ Jar Test			ปริมาณสารเคมีที่ผสมรวม จากทำ Jar Test (มก./ล.)				คุณภาพน้ำใส หลังทำ Jar Test		
			สารส้ม					ปูนคลอรีน					แก๊สคลอรีน			pH	ความขุ่น (NTU)	สี	สารส้ม	ปูนขาว	อื่นๆ		pH	ความขุ่น (NTU)	
			ชนิดคลอรีน (กก.)	ความเข้มข้น (%)	Storage (%)	อัตราจ่าย (ลิตร/ชม.)	ชนิดคลอรีน (กก.)	ความเข้มข้น (%)	Storage (%)	อัตราจ่าย (ลิตร/ชม.)	จ่ายน้ำดิบ (ลบ.ม./ชม.)	จ่ายน้ำใส (ลบ.ม./ชม.)	สารส้ม	ปูน คลอรีน	แก๊ส คลอรีน										อื่นๆ
1	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	3.46	-	20	-	-	6.8	1.04	ศุภกร
2	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	4.12	-	20	-	-	6.8	1.06	ศุภกร
3	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	3.67	-	20	-	-	6.8	0.98	ศุภกร
4	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	3.44	-	20	-	-	6.8	0.97	ศุภกร
5	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	3.76	-	20	-	-	6.8	0.79	ศุภกร
6	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	4.2	-	20	-	-	6.8	1.16	ศุภกร
7	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	5.61	-	20	-	-	6.8	1.05	ศุภกร
8	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	5.47	-	20	-	-	6.8	0.89	ศุภกร
9	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	4.39	-	20	-	-	6.8	0.97	ศุภกร
10	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	4.77	-	20	-	-	6.8	1.11	ศุภกร
11	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	5.12	-	20	-	-	6.8	1.24	ศุภกร
12	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	5.66	-	20	-	-	6.8	1.26	ศุภกร
13	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	4.77	-	20	-	-	6.8	0.85	ศุภกร
14	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7.2	5.66	-	20	-	-	6.8	1.24	ศุภกร
15	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7.2	5.47	-	20	-	-	6.8	1.16	ศุภกร
16	350	24	150	5.2	11	134	-	-	-	-	1	1	625	-	36	-	7	4.12	-	20	-	-	6.8	1.2	ศุภกร



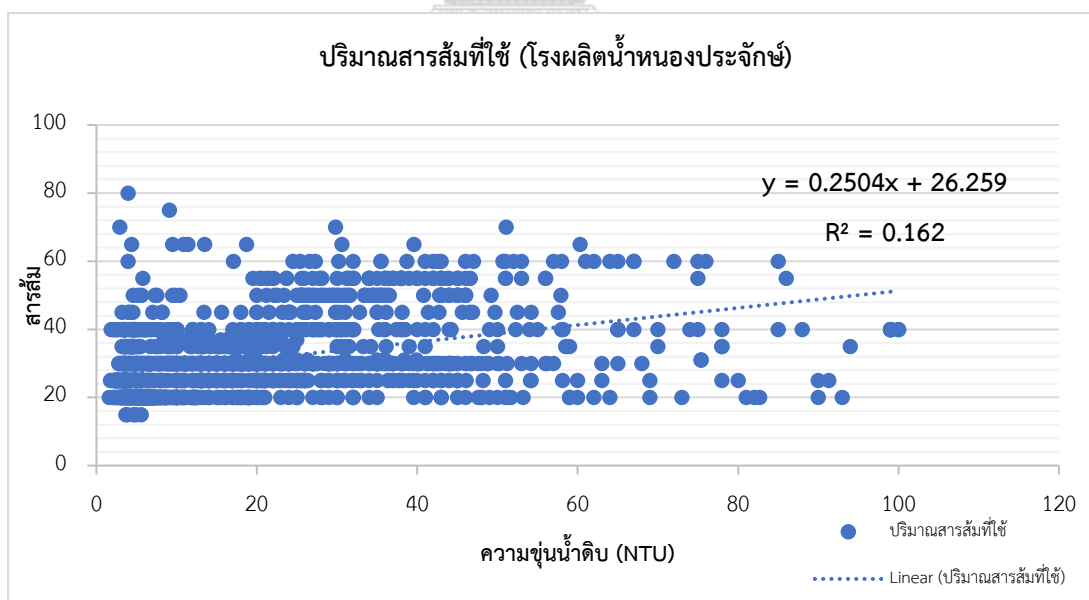
ภาคผนวก ฉ กราฟแผนภูมิกระจาย (Scatter) ของข้อมูลที่ได้รับความอนุเคราะห์จาก  
การประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

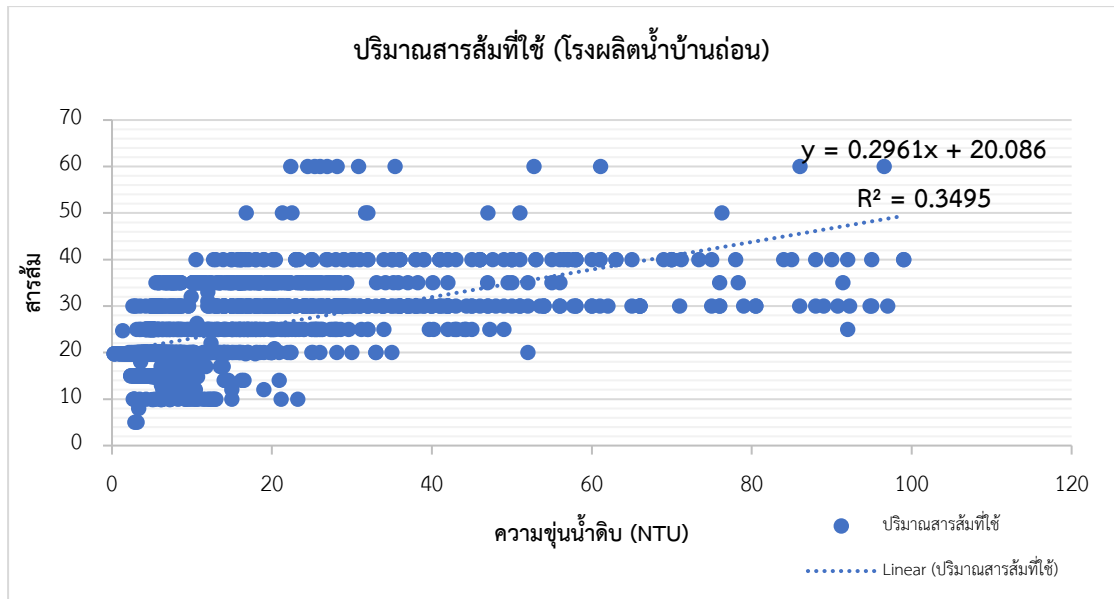
กราฟแผนภูมิกระจาย (Scatter) ระหว่างความขุ่นน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้



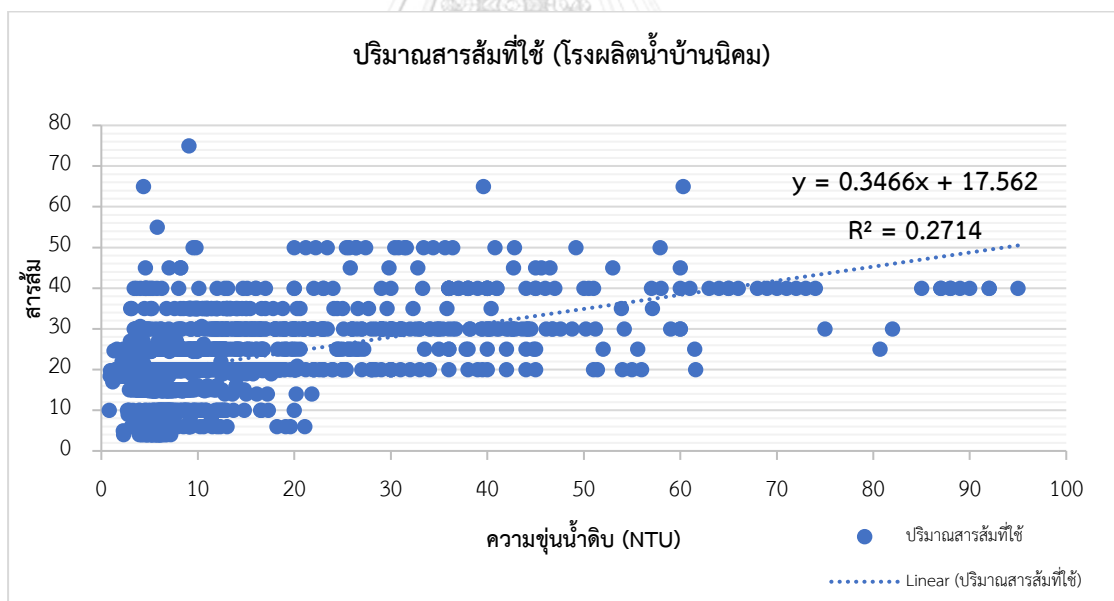
ภาพที่ ฉ-1 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความขุ่นน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้ทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ



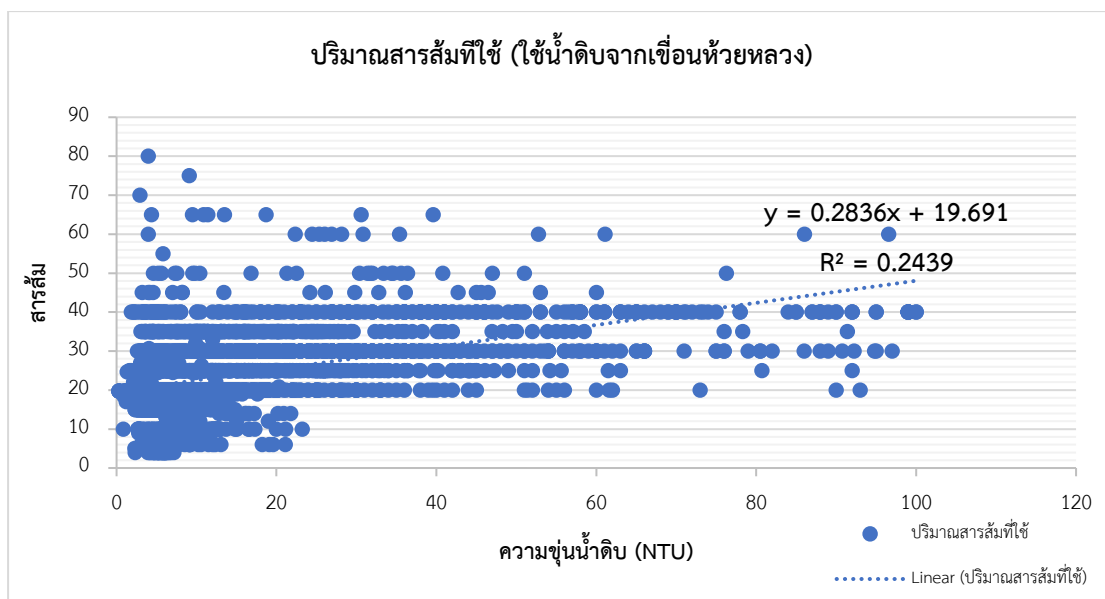
ภาพที่ ฉ-2 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความขุ่นน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้  
ในโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์



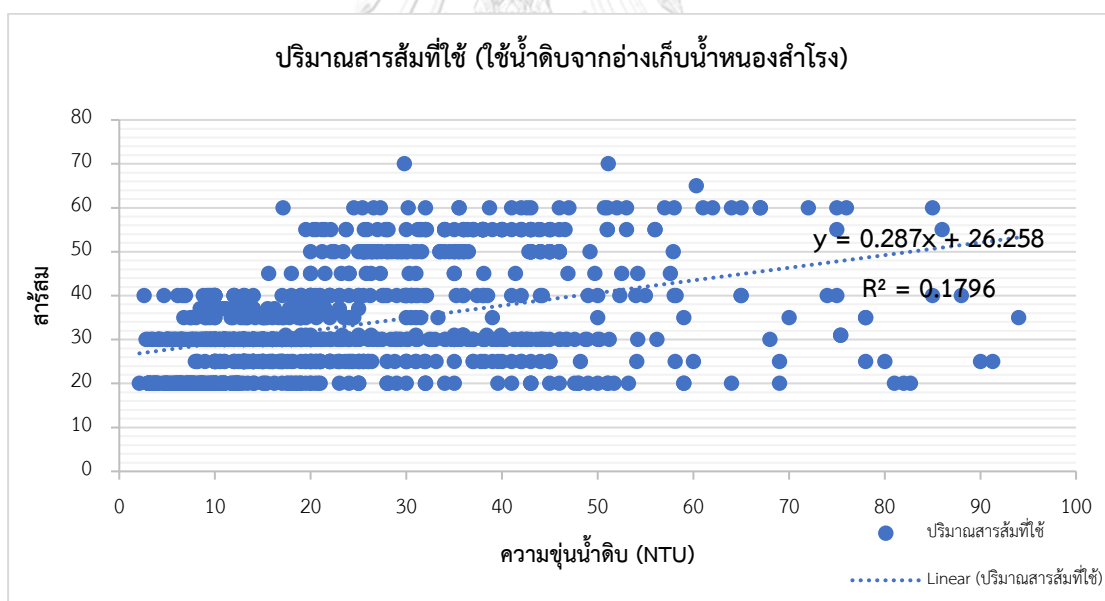
ภาพที่ ฉ-3 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความขุ่นน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้  
ในโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน



ภาพที่ ฉ-4 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความขุ่นน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้  
ในโรงผลิตน้ำบ้านนิคม



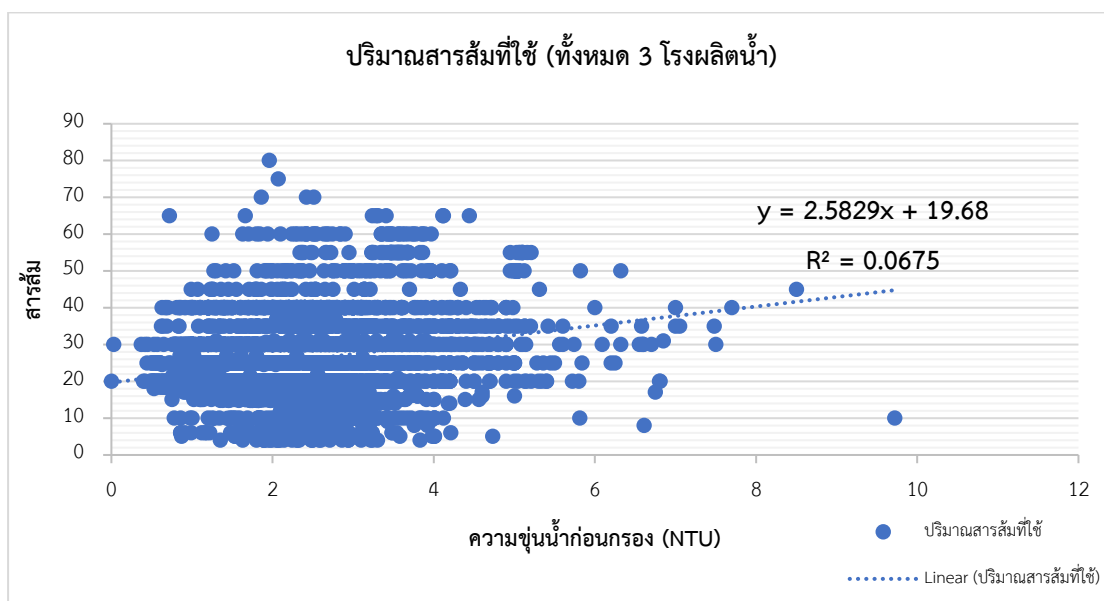
ภาพที่ ฉ-5 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความขุ่นน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้  
ในโรงผลิตน้ำที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง



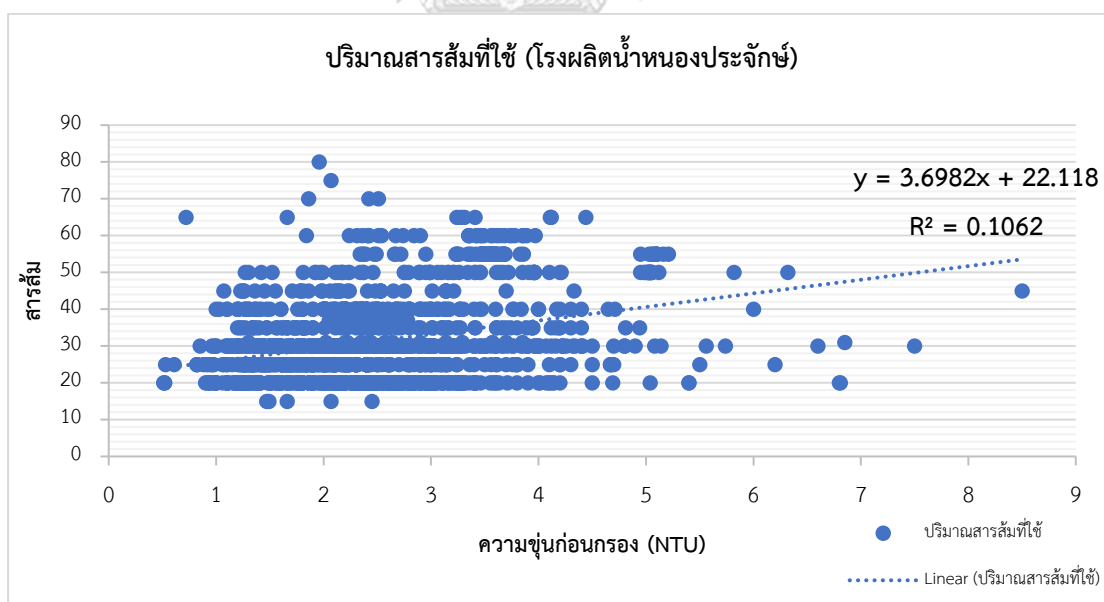
ภาพที่ ฉ-6 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความขุ่นน้ำดิบกับปริมาณสารส้มที่ใช้  
ในโรงผลิตน้ำที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง



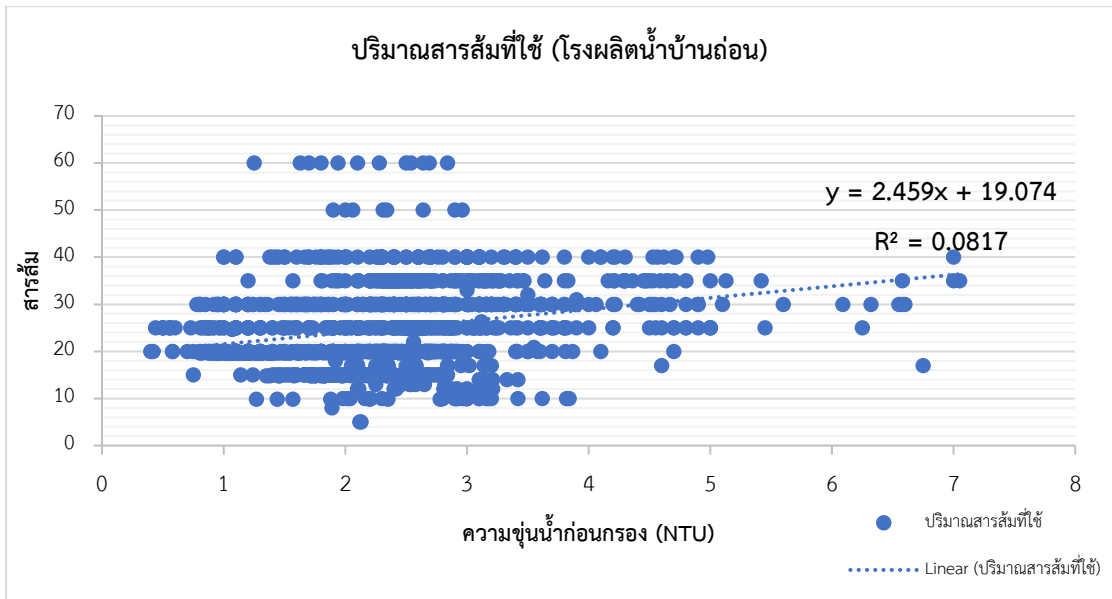
กราฟแผนภูมิกระจาย (Scatter) ระหว่างความขุ่นน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้



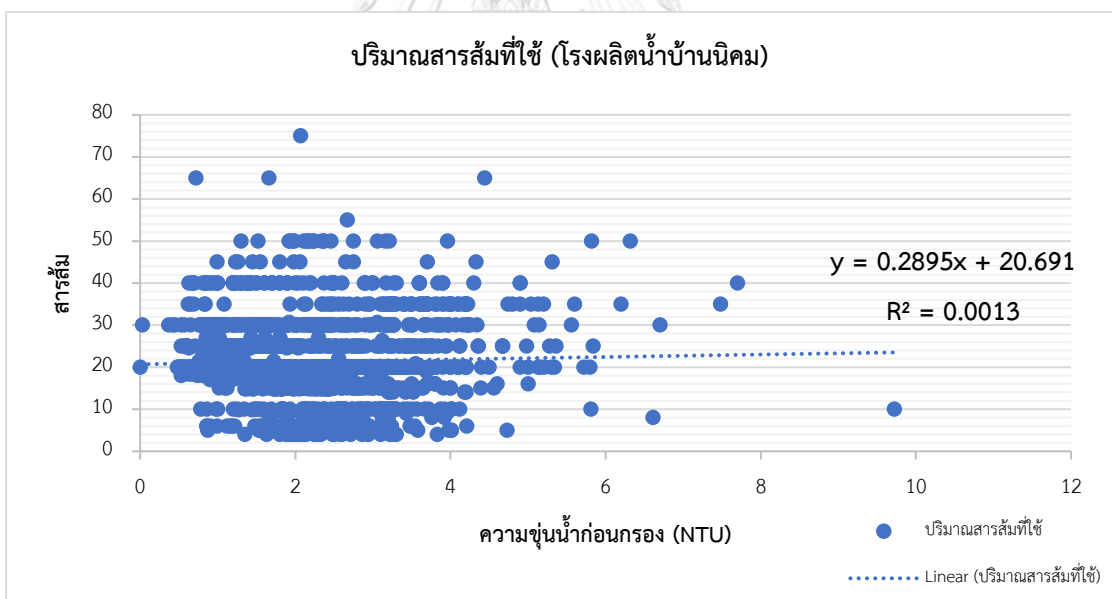
ภาพที่ ฉ-7 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความขุ่นน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้  
ในทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ



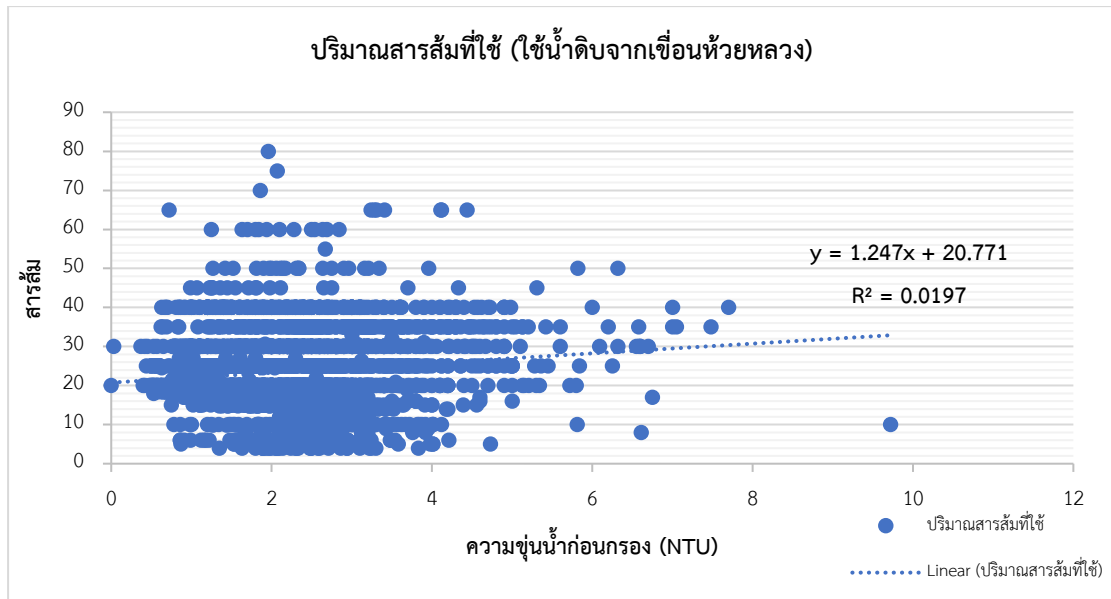
ภาพที่ ฉ-8 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความขุ่นน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้  
ในโรงผลิตน้ำหนองประจักษ์



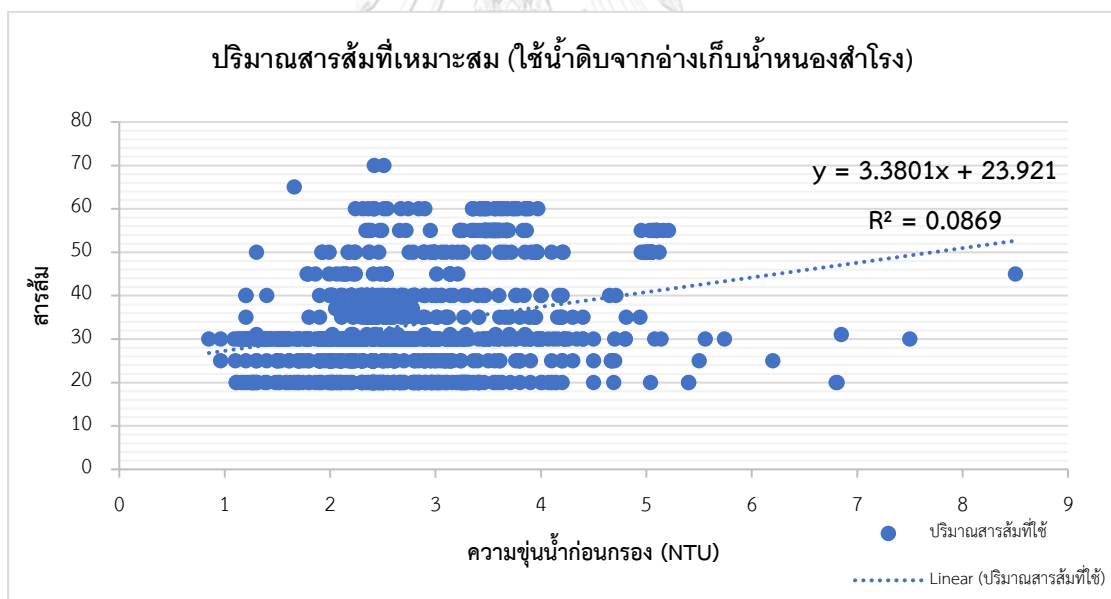
ภาพที่ ฉ-9 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความขุ่นน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้  
ในโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน



ภาพที่ ฉ-10 กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความขุ่นน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้  
ในโรงผลิตน้ำบ้านนิคม



**ภาพที่ ฉ-11** กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความขุ่นน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้  
ในโรงผลิตน้ำที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง



**ภาพที่ ฉ-12** กราฟแผนภูมิกระจายระหว่างความขุ่นน้ำก่อนกรองกับปริมาณสารส้มที่ใช้  
ในโรงผลิตน้ำที่ใช้น้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำหนองสำโรง

ภาคผนวก ช ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด  
ในแต่ละรูปแบบ



## ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 1 : เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-3)

### GradientBoosted

Model Metrics Type: Regression

Description: N/A

model id: rm-h2o-model-gradient\_boosted\_trees-2113

frame id: rm-h2o-frame-gradient\_boosted\_trees-131398

MSE: 22.88313

R<sup>2</sup>: 0.7310457

mean residual deviance: 22.88313

Variable Importances:

Variable	Relative Importance	Scaled Importance	Percentage
ค่าความขุ่นน้ำดิบ	2322490.250000	1.000000	0.559087
pH น้ำดิบ	686578.937500	0.295622	0.165278
pH น้ำก่อนกรอง	653713.312500	0.281471	0.157367
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง	491296.562500	0.211539	0.118268

Model Summary:

Number of Trees	Model Size in Bytes	Min. Depth	Max. Depth	Mean Depth	Min. Leaves	Max. Leaves	Mean Leaves
1000	250915	5	5	5.00000	8	32	16.15000

Scoring History:

Timestamp	Duration	Number of Trees	Training MSE	Training Deviance
2019-09-15 16:09:20	0.001 sec	0	85.08187	85.08187
2019-09-15 16:09:20	0.004 sec	1	84.24309	84.24309
2019-09-15 16:09:20	0.007 sec	2	83.42100	83.42100
2019-09-15 16:09:20	0.010 sec	3	82.61527	82.61527
2019-09-15 16:09:20	0.014 sec	4	81.82548	81.82548
2019-09-15 16:09:20	0.016 sec	5	81.04873	81.04873
2019-09-15 16:09:20	0.018 sec	6	80.28975	80.28975
2019-09-15 16:09:20	0.021 sec	7	79.54316	79.54316
2019-09-15 16:09:20	0.023 sec	8	78.81368	78.81368
2019-09-15 16:09:20	0.025 sec	9	78.09606	78.09606
---				
2019-09-15 16:09:24	3.933 sec	688	25.14216	25.14216
2019-09-15 16:09:24	3.941 sec	689	25.13154	25.13154
2019-09-15 16:09:24	3.949 sec	690	25.12432	25.12432
2019-09-15 16:09:24	3.958 sec	691	25.11536	25.11536
2019-09-15 16:09:24	3.966 sec	692	25.10290	25.10290
2019-09-15 16:09:24	3.975 sec	693	25.09510	25.09510
2019-09-15 16:09:24	3.983 sec	694	25.08612	25.08612
2019-09-15 16:09:24	3.993 sec	695	25.07887	25.07887
2019-09-15 16:09:24	4.001 sec	696	25.06852	25.06852
2019-09-15 16:09:25	4.459 sec	1000	22.88313	22.88313

H2O version: 3.8.2.6-rm9.0.0

## ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 2 : เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-4)

### GradientBoosted

Model Metrics Type: Regression

Description: N/A

model id: rm-h2o-model-gradient\_boosted\_trees-811308

frame id: rm-h2o-frame-gradient\_boosted\_trees-131650

MSE: 15.59486

R<sup>2</sup>: 0.7868001

mean residual deviance: 15.59486

Variable Importances:

Variable	Relative Importance	Scaled Importance	Percentage
ค่าความขุ่นน้ำดิบ	23672724.000000	1.000000	0.609326
pH น้ำก่อนกรอง	6785058.000000	0.286619	0.174645
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง	6108228.500000	0.258028	0.157223
pH น้ำดิบ	2284663.500000	0.096510	0.058806

Model Summary:

Number of Trees	Model Size in Bytes	Min. Depth	Max. Depth	Mean Depth	Min. Leaves	Max. Leaves	Mean Leaves
5000	3752645	10	10	10.00000	13	100	59.08600

Scoring History:

Timestamp	Duration	Number of Trees	Training MSE	Training Deviance
2019-09-15 16:16:05	0.010 sec	0	73.14666	73.14666
2019-09-15 16:16:05	0.023 sec	1	73.05055	73.05055
2019-09-15 16:16:05	0.033 sec	2	72.95463	72.95463
2019-09-15 16:16:05	0.041 sec	3	72.85891	72.85891
2019-09-15 16:16:05	0.047 sec	4	72.76338	72.76338
2019-09-15 16:16:05	0.053 sec	5	72.66804	72.66804
2019-09-15 16:16:05	0.060 sec	6	72.57288	72.57288
2019-09-15 16:16:05	0.065 sec	7	72.47792	72.47792
2019-09-15 16:16:05	0.070 sec	8	72.38315	72.38315
2019-09-15 16:16:05	0.076 sec	9	72.28857	72.28857
---				
2019-09-15 16:16:09	3.954 sec	566	39.64437	39.64437
2019-09-15 16:16:09	3.964 sec	567	39.61100	39.61100
2019-09-15 16:16:09	3.973 sec	568	39.57719	39.57719
2019-09-15 16:16:09	3.983 sec	569	39.54362	39.54362
2019-09-15 16:16:09	3.993 sec	570	39.50992	39.50992
2019-09-15 16:16:09	4.004 sec	571	39.47711	39.47711
2019-09-15 16:16:13	8.006 sec	1678	22.28046	22.28046
2019-09-15 16:16:17	12.008 sec	2973	17.51597	17.51597
2019-09-15 16:16:21	16.009 sec	4605	15.87060	15.87060
2019-09-15 16:16:22	16.976 sec	5000	15.59486	15.59486

H2O version: 3.8.2.6-rm9.0.0

### ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 3 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-5)

#### GradientBoosted

Model Metrics Type: Regression

Description: N/A

model id: rm-h2o-model-gradient\_boosted\_trees-671639

frame id: rm-h2o-frame-gradient\_boosted\_trees-912836

MSE: 23.875582

R<sup>2</sup>: 0.73794055

mean residual deviance: 23.875582

Variable Importances:

Variable	Relative Importance	Scaled Importance	Percentage
ค่าความขุ่นน้ำดิบ	5935533.000000	1.000000	0.566642
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง	2192961.250000	0.369463	0.209353
pH น้ำก่อนกรอง	1330264.750000	0.224119	0.126995
pH น้ำดิบ	1016172.625000	0.171202	0.097010

Model Summary:

Number of Trees	Model Size in Bytes	Min. Depth	Max. Depth	Mean Depth	Min. Leaves	Max. Leaves	Mean Leaves
5000	1244144	5	5	5.00000	6	31	15.85980

Scoring History:

Timestamp	Duration	Number of Trees	Training MSE	Training Deviance
2019-09-15 16:19:21	0.002 sec	0	91.10751	91.10751
2019-09-15 16:19:21	0.007 sec	1	90.39073	90.39073
2019-09-15 16:19:21	0.011 sec	2	89.68819	89.68819
2019-09-15 16:19:21	0.016 sec	3	88.99962	88.99962
2019-09-15 16:19:21	0.022 sec	4	88.32691	88.32691
2019-09-15 16:19:21	0.026 sec	5	87.66297	87.66297
2019-09-15 16:19:21	0.029 sec	6	87.01224	87.01224
2019-09-15 16:19:21	0.034 sec	7	86.37446	86.37446
2019-09-15 16:19:21	0.039 sec	8	85.74937	85.74937
2019-09-15 16:19:21	0.043 sec	9	85.13583	85.13583
---				
2019-09-15 16:19:24	3.950 sec	580	41.61705	41.61705
2019-09-15 16:19:24	3.958 sec	581	41.57030	41.57030
2019-09-15 16:19:24	3.969 sec	582	41.56448	41.56448
2019-09-15 16:19:24	3.977 sec	583	41.55877	41.55877
2019-09-15 16:19:24	3.985 sec	584	41.55077	41.55077
2019-09-15 16:19:24	3.993 sec	585	41.54533	41.54533
2019-09-15 16:19:29	7.997 sec	2066	31.90302	31.90302
2019-09-15 16:19:33	11.999 sec	3509	27.22365	27.22365
2019-09-15 16:19:37	16.001 sec	4950	24.00012	24.00012
2019-09-15 16:19:37	16.146 sec	5000	23.87558	23.87558

H2O version: 3.8.2.6-rm9.0.0





ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-7)  
(ต่อ)

ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.365 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 12.75 : LM76 (7/78.8859%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 3.185 : LM50 (6/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 12.75 : LM77 (3/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 3.185 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 14.575 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.795 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 34.1 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.675 :	pH น้ำดิบ <= 7.185 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.355 : LM51 (6/49.193%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.985 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.355 : LM52 (7/65.323%)	pH น้ำดิบ <= 6.975 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.675 : LM53 (4/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.95 : LM78 (28/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.795 : LM54 (5/52.8%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.95 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.365 :	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.645 : LM79 (4/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.16 : LM55 (7/102.42%)	pH น้ำก่อนกรอง > 6.645 : LM80 (5/49.39%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.16 : LM56 (2/98.999%)	pH น้ำดิบ > 6.975 :
pH น้ำดิบ > 7.05 : LM57 (10/0%)	pH น้ำดิบ <= 7.015 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.615 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.25 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 9.115 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.57 : LM81 (8/80.833%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 7.03 : LM58 (7/32.661%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.57 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 7.03 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 19.03 : LM82 (3/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 7.91 : LM59 (8/79.131%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 19.03 : LM83 (7/32.661%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 7.91 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.25 : LM84 (7/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 8.74 : LM60 (5/52.8%)	pH น้ำดิบ > 7.015 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 8.74 : LM61 (5/64.666%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 18.995 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 9.115 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 16.215 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.62 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 15.265 : LM85 (5/49.39%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 9.73 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 15.265 : LM86 (5/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.845 : LM62 (3/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 16.215 : LM87 (26/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.845 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 18.995 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.41 : LM63 (2/0%)	pH น้ำดิบ <= 7.075 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.41 : LM64 (7/92.38%)	pH น้ำดิบ <= 7.055 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 9.73 :	pH น้ำดิบ <= 7.045 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.29 :	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.7 : LM88 (2/33%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.175 :	pH น้ำก่อนกรอง > 6.7 : LM89 (7/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 12.7 :	pH น้ำดิบ > 7.045 : LM90 (3/31.112%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.98 :	pH น้ำดิบ > 7.055 : LM91 (5/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 10.45 : LM65 (5/26.4%)	pH น้ำดิบ > 7.075 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 10.45 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 25.355 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 11.55 : LM66	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 22.57 :
(4/97.615%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 20.61 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 11.55 : LM67	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.785 :
(6/50.408%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.705 : LM92
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.98 : LM68 (5/76.968%)	(7/59.631%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 12.7 : LM69 (6/124.158%)	pH น้ำก่อนกรอง > 6.705 : LM93
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.175 : LM70 (8/76.95%)	(3/31.112%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.29 :	pH น้ำก่อนกรอง > 6.785 : LM94 (7/23.095%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 10.3 : LM71 (3/62.225%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 20.61 : LM95 (5/79.199%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 10.3 : LM72 (7/29.816%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 22.57 : LM96 (6/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.62 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 25.355 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 9.93 : LM73 (7/59.631%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.87 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 9.93 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.81 : LM97 (7/42.166%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 4.55 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.81 : LM98 (2/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 4.045 : LM74 (8/56.559%)	pH น้ำก่อนกรอง > 6.87 : LM99 (5/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 4.045 : LM75 (4/33%)	pH น้ำก่อนกรอง > 6.985 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 4.55 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.98 :

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-7)  
(ต่อ)

ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.46 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 43.5 : LM126 (7/46.19%)
pH น้ำดิบ <= 7.01 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 43.5 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 24.15 : LM100 (7/0%)	pH น้ำดิบ <= 6.88 : LM127 (6/66%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 24.15 : LM101 (2/0%)	pH น้ำดิบ > 6.88 : LM128 (6/31.112%)
pH น้ำดิบ > 7.01 : LM102 (5/32.333%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 83.5 : LM129 (5/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.46 :	pH น้ำก่อนกรอง > 6.835 : LM130 (9/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.61 :	pH น้ำดิบ > 6.92 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 19.555 : LM103 (8/86.919%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 64 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 19.555 : LM104 (4/28.579%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 41.005 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.61 : LM105 (4/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.165 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.98 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.445 : LM131 (7/120.744%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 17.265 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.445 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 16.22 : LM106 (5/49.39%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.72 : LM132 (2/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 16.22 : LM107 (4/0%)	pH น้ำก่อนกรอง > 6.72 : LM133 (7/85.379%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 17.265 : LM108 (3/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.165 : LM134 (6/45.354%)
pH น้ำดิบ > 7.185 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 41.005 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 4.08 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 45.5 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 20.96 :	pH น้ำดิบ <= 7.195 : LM135 (4/54.724%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.05 : LM109 (7/65.323%)	pH น้ำดิบ > 7.195 : LM136 (6/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.05 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 45.5 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.45 :	pH น้ำดิบ <= 7.195 :
pH น้ำดิบ <= 7.23 : LM110 (3/31.112%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.915 :
pH น้ำดิบ > 7.23 : LM111 (7/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.665 : LM137 (7/89.447%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.45 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.665 : LM138 (3/0%)
pH น้ำดิบ <= 7.325 : LM112 (6/45.354%)	pH น้ำก่อนกรอง > 6.915 : LM139 (7/29.816%)
pH น้ำดิบ > 7.325 : LM113 (7/52.054%)	pH น้ำดิบ > 7.195 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 20.96 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.95 : LM140 (6/53.888%)
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.915 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.95 : LM141 (4/33%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 22.65 : LM114 (7/85.379%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 64 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 22.65 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 94 :
pH น้ำดิบ <= 7.485 :	pH น้ำดิบ <= 7.185 :
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.84 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.615 : LM142 (8/33%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.35 : LM115 (2/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.615 : LM143 (6/80.081%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.35 : LM116 (7/78.885%)	pH น้ำดิบ > 7.185 :
pH น้ำก่อนกรอง > 6.84 : LM117 (6/0%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 7.035 :
pH น้ำดิบ > 7.485 : LM118 (4/28.579%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.95 : LM144 (3/0%)
pH น้ำก่อนกรอง > 6.915 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.95 : LM145 (7/65.323%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 31.85 :	pH น้ำก่อนกรอง > 7.035 : LM146 (3/0%)
pH น้ำดิบ <= 7.31 : LM119 (7/76.598%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 94 : LM147 (11/0%)
pH น้ำดิบ > 7.31 : LM120 (2/0%)	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 31.85 : LM121 (3/0%)	
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 4.08 :	
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 5.435 :	
pH น้ำดิบ <= 7.23 :	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 15.9 : LM122 (5/41.742%)	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 15.9 : LM123 (10/0%)	
pH น้ำดิบ > 7.23 : LM124 (4/0%)	
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 5.435 : LM125 (5/32.333%)	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 34.1 :	
pH น้ำดิบ <= 6.92 :	
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.835 :	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 83.5 :	
	LM num: 1
	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 20
	LM num: 2
	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 20.2857
	LM num: 3
	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 22.3333
	LM num: 4
	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 20
	LM num: 5
	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 20
	LM num: 6
	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 20

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ถุดร่อน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-7)

(ต่อ)

LM num: 7		LM num: 33	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 24	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 35
LM num: 8		LM num: 34	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 9		LM num: 35	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15
LM num: 10		LM num: 36	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 19.3333	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 11		LM num: 37	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 18	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 23
LM num: 12		LM num: 38	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15
LM num: 13		LM num: 39	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 16	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 28
LM num: 14		LM num: 40	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15
LM num: 15		LM num: 41	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 21	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 16		LM num: 42	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 21.4286	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20.625
LM num: 17		LM num: 43	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 18		LM num: 44	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 19		LM num: 45	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 29.375
LM num: 20		LM num: 46	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 21		LM num: 47	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 28.5714	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 28.3333
LM num: 22		LM num: 48	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 27.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17.5714
LM num: 23		LM num: 49	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.8571	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 28.75
LM num: 24		LM num: 50	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 25		LM num: 51	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 26.6667
LM num: 26		LM num: 52	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 24	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30.7143
LM num: 27		LM num: 53	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 23.75	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 28		LM num: 54	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 27.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 33
LM num: 29		LM num: 55	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25.625	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 34.2857
LM num: 30		LM num: 56	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 42.5
LM num: 31		LM num: 57	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 26.6667	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 35
LM num: 32		LM num: 58	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 33.3333	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17.8571

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-7)

(ต่อ)

LM num: 59		LM num: 85	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 23.75	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 26
LM num: 60		LM num: 86	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 28	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 61		LM num: 87	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 31	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 62		LM num: 88	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 27.5
LM num: 63		LM num: 89	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 64		LM num: 90	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 27.8571	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 26.6667
LM num: 65		LM num: 91	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 24	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 66		LM num: 92	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 23.75	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 27.1429
LM num: 67		LM num: 93	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 27.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 23.3333
LM num: 68		LM num: 94	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 31	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 29.2857
LM num: 69		LM num: 95	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 29.8333	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 33
LM num: 70		LM num: 96	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30.625	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 71		LM num: 97	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 31.6667	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25.7143
LM num: 72		LM num: 98	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 23.5714	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 73		LM num: 99	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 32.1429	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 74		LM num: 100	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 26.875	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 35
LM num: 75		LM num: 101	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 45
LM num: 76		LM num: 102	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 28
LM num: 77		LM num: 103	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 35	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 26.875
LM num: 78		LM num: 104	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 28.75
LM num: 79		LM num: 105	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 80		LM num: 106	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 26	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 34
LM num: 81		LM num: 107	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 27.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 82		LM num: 108	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 35	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 35
LM num: 83		LM num: 109	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 32.1429	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 29.2857
LM num: 84		LM num: 110	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 35	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 21.6667

### ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 4 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ (ฤดูร้อน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-7)

(ต่อ)

LM num: 111		LM num: 137	
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 25,7143
LM num: 112		LM num: 138	
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 25.8333	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 30
LM num: 113		LM num: 139	
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 18.1429	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 21.4286
LM num: 114		LM num: 140	
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 27.8571	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 25
LM num: 115		LM num: 141	
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 40	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 37.5
LM num: 116		LM num: 142	
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 35	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 22.5
LM num: 117		LM num: 143	
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 40	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 34.1667
LM num: 118		LM num: 144	
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 28.75	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 40
LM num: 119		LM num: 145	
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 28.5714	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 34.2857
LM num: 120		LM num: 146	
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 30	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 40
LM num: 121		LM num: 147	
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 40
LM num: 122			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 35	Number of Rules : 147	
LM num: 123			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 35		
LM num: 124			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 40		
LM num: 125			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 28		
LM num: 126			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 31.4286		
LM num: 127			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 35		
LM num: 128			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 41.6667		
LM num: 129			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 40		
LM num: 130			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 40		
LM num: 131			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 36.4286		
LM num: 132			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 30		
LM num: 133			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 27.1429		
LM num: 134			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 35.8333		
LM num: 135			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 26.25		
LM num: 136			
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม =	+ 25		



ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 : เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-13)  
(ต่อ)

ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 16 :	pH น้ำดิบ <= 7.355 : LM76 (2/91.198%)
pH น้ำดิบ <= 7.14 : LM50 (2/0%)	pH น้ำดิบ > 7.355 : LM77 (4/0%)
pH น้ำดิบ > 7.14 : LM51 (2/30.399%)	pH น้ำก่อนกรอง > 6.935 : LM78 (2/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 16 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 39 : LM79 (6/0%)
pH น้ำดิบ <= 7.05 : LM52 (3/0%)	
pH น้ำดิบ > 7.05 :	LM num: 1
pH น้ำดิบ <= 7.14 :	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 20
pH น้ำดิบ <= 7.095 : LM53 (2/60.799%)	LM num: 2
pH น้ำดิบ > 7.095 : LM54 (2/60.799%)	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 20
pH น้ำดิบ > 7.14 :	LM num: 3
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 4.26 : LM55 (2/0%)	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 25
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 4.26 :	LM num: 4
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 17.52 : LM56 (2/30.399%)	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 20
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 17.52 : LM57 (2/0%)	LM num: 5
pH น้ำดิบ > 7.185 :	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 30
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 4.54 :	LM num: 6
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 16.16 : LM58 (7/0%)	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 27.5
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 16.16 : LM59 (3/28.661%)	LM num: 7
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 4.54 :	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 25
pH น้ำดิบ <= 7.23 :	LM num: 8
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 16.15 : LM60 (3/57.321%)	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 30
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 16.15 : LM61 (3/0%)	LM num: 9
pH น้ำดิบ > 7.23 : LM62 (3/28.661%)	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 20
pH น้ำดิบ > 7.25 :	LM num: 10
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 22.65 :	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 25
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 4.16 :	LM num: 11
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.75 :	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 23.3333
pH น้ำดิบ <= 7.55 :	LM num: 12
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 20.51 :	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 20
pH น้ำดิบ <= 7.36 : LM63 (2/0%)	LM num: 13
pH น้ำดิบ > 7.36 : LM64 (2/30.399%)	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 25
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 20.51 : LM65 (2/0%)	LM num: 14
pH น้ำดิบ > 7.55 : LM66 (2/0%)	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 25
pH น้ำก่อนกรอง > 6.75 :	LM num: 15
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.455 : LM67 (6/0%)	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 20
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.455 : LM68 (2/0%)	LM num: 16
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 4.16 :	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 26.6667
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 5.085 : LM69 (3/0%)	LM num: 17
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 5.085 :	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 23.3333
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 6.4 : LM70 (2/0%)	LM num: 18
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 6.4 : LM71 (2/0%)	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 23.3333
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 22.65 :	LM num: 19
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.9 :	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 25
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.815 : LM72 (4/0%)	LM num: 20
pH น้ำก่อนกรอง > 6.815 :	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 30
pH น้ำดิบ <= 7.54 : LM73 (4/0%)	LM num: 21
pH น้ำดิบ > 7.54 :	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 20
pH น้ำดิบ <= 7.675 : LM74 (2/30.399%)	LM num: 22
pH น้ำดิบ > 7.675 : LM75 (2/0%)	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 28.3333
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.9 :	LM num: 23
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 39 :	ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 33.3333
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.935 :	





ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 5 : เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูร้อน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-13)  
(ต่อ)

LM num: 76  
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 32.5  
LM num: 77  
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 40  
LM num: 78  
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 30  
LM num: 79  
ปริมาณสารสัมพันธ์เหมาะสม = + 40

Number of Rules : 79

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 6 : เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูฝน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-14)

W-M5P	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 8.645 : LM23 (6/0%)
M5 unpruned model tree:	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 8.645 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 22.05 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 9.095 : LM24 (3/29.532%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 10.04 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 9.095 : LM25 (2/0%)
pH น้ำดิบ <= 6.94 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.72 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.09 : LM1 (17/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.1 : LM26 (7/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.09 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.1 : LM27 (2/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.245 :	pH น้ำดิบ > 7.05 : LM28 (13/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.025 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 10.04 :
pH น้ำดิบ <= 6.85 : LM2 (3/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.73 :
pH น้ำดิบ > 6.85 : LM3 (2/31.324%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.69 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.025 :	pH น้ำดิบ <= 7.18 :
pH น้ำดิบ <= 6.85 : LM4 (3/0%)	pH น้ำดิบ <= 7.035 :
pH น้ำดิบ > 6.85 : LM5 (2/31.324%)	pH น้ำดิบ <= 6.905 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.245 :	pH น้ำดิบ <= 6.875 : LM29 (2/31.324%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.945 : LM6 (18/0%)	pH น้ำดิบ > 6.875 : LM30 (5/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.945 :	pH น้ำดิบ > 6.905 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.755 : LM7 (2/31.324%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.565 : LM31 (4/31.324%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.755 : LM8 (3/0%)	pH น้ำก่อนกรอง > 6.565 :
pH น้ำดิบ > 6.94 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 18.1 :
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.65 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 15.35 : LM32 (3/106.481%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.865 : LM9 (14/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 15.35 : LM33 (3/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.865 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 18.1 : LM34 (2/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.82 :	pH น้ำดิบ > 7.035 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.85 : LM10 (3/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 14.5 : LM35 (4/31.324%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.85 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 14.5 : LM36 (9/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 7.075 : LM11 (2/31.324%)	pH น้ำดิบ > 7.18 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 7.075 :	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.625 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 9.445 : LM12 (4/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.98 : LM37 (5/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 9.445 : LM13 (2/31.324%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.98 : LM38 (4/70.042%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.82 : LM14 (4/0%)	pH น้ำก่อนกรอง > 6.625 : LM39 (3/0%)
pH น้ำก่อนกรอง > 6.65 :	pH น้ำก่อนกรอง > 6.69 :
pH น้ำดิบ <= 7.05 :	pH น้ำดิบ <= 6.995 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.72 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 10.975 : LM40 (11/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.295 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 10.975 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.27 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.355 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.595 : LM15 (3/29.532%)	pH น้ำดิบ <= 6.91 : LM41 (3/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.595 :	pH น้ำดิบ > 6.91 : LM42 (3/29.532%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 8.15 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.355 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 7.365 : LM16 (3/59.065%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 16.45 : LM43 (12/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 7.365 : LM17 (3/29.532%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 16.45 : LM44 (4/54.255%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 8.15 : LM18 (2/0%)	pH น้ำดิบ > 6.995 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.27 : LM19 (3/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 14.565 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.295 :	pH น้ำดิบ <= 7.08 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 7.84 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 13.66 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.855 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 12.185 : LM45 (4/76.728%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.75 : LM20 (2/62.648%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 12.185 : LM46 (3/118.13%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.75 : LM21 (3/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 13.04 : LM47 (3/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.855 : LM22 (4/99.055%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 13.66 : LM48 (3/29.532%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 7.84 :	pH น้ำดิบ > 7.08 : LM49 (4/51.945%)
	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 14.565 :

## ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 6 : เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูฝน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-14)

(ต่อ)

ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.945 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 36 : LM76 (2/31.324%)
pH น้ำดิบ <= 7.34 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 49.255 : LM77 (4/27.127%)
pH น้ำดิบ <= 7.18 : LM50 (2/31.324%)	pH น้ำดิบ > 6.995 :
pH น้ำดิบ > 7.18 :	pH น้ำดิบ <= 7.45 :
pH น้ำดิบ <= 7.25 : LM51 (2/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.52 :
pH น้ำดิบ > 7.25 : LM52 (3/29.532%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.345 :
pH น้ำดิบ > 7.34 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 34.06 :
pH น้ำดิบ <= 7.56 : LM53 (3/0%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.65 :
pH น้ำดิบ > 7.56 : LM54 (2/62.648%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.55 : LM78 (4/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.945 :	pH น้ำก่อนกรอง > 6.55 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 16.765 :	pH น้ำดิบ <= 7.21 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 16.085 : LM55 (4/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.785 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 16.085 :	pH น้ำดิบ <= 7.095 : LM79 (2/31.324%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 16.485 : LM56 (2/31.324%)	pH น้ำดิบ > 7.095 : LM80 (3/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 16.485 : LM57 (3/59.065%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.785 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 16.765 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 25.635 : LM81
pH น้ำดิบ <= 7.1 :	(2/31.324%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.39 : LM58 (7/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 25.635 : LM82
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.39 : LM59 (3/29.532%)	(4/81.382%)
pH น้ำดิบ > 7.1 :	pH น้ำดิบ > 7.21 : LM83 (3/156.271%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 20.97 :	pH น้ำก่อนกรอง > 6.65 :
pH น้ำดิบ <= 7.315 : LM60 (4/44.299%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 23.5 : LM84 (4/0%)
pH น้ำดิบ > 7.315 : LM61 (3/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 23.5 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 20.97 : LM62 (2/0%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.72 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.73 :	pH น้ำดิบ <= 7.18 : LM85 (3/0%)
pH น้ำดิบ <= 6.945 : LM63 (13/0%)	pH น้ำดิบ > 7.18 : LM86 (2/31.324%)
pH น้ำดิบ > 6.945 :	pH น้ำก่อนกรอง > 6.72 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 13.47 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 27.15 : LM87 (3/0%)
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.675 : LM64 (4/31.324%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 27.15 : LM88 (2/62.648%)
pH น้ำก่อนกรอง > 6.675 : LM65 (6/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 34.06 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 13.47 :	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.79 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.55 :	pH น้ำดิบ <= 7.04 : LM89 (3/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 20 :	pH น้ำดิบ > 7.04 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 16.645 :	pH น้ำดิบ <= 7.215 : LM90 (4/0%)
pH น้ำดิบ <= 7.075 : LM66 (4/54.255%)	pH น้ำดิบ > 7.215 :
pH น้ำดิบ > 7.075 : LM67 (2/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 36.595 : LM91 (2/31.324%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 16.645 : LM68 (4/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 36.595 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 20 : LM69 (3/29.532%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.895 : LM92 (2/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.55 : LM70 (4/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.895 : LM93
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 22.05 :	(3/29.532%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.98 :	pH น้ำก่อนกรอง > 6.79 :
pH น้ำดิบ <= 6.995 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.05 : LM94 (2/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.15 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.05 : LM95 (3/177.195%)
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.79 : LM71 (10/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.345 :
pH น้ำก่อนกรอง > 6.79 : LM72 (3/29.532%)	pH น้ำดิบ <= 7.275 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.15 :	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.71 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 25.435 : LM73 (4/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 37.575 : LM96 (3/59.065%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 25.435 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 37.575 : LM97 (2/31.324%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 49.255 :	pH น้ำก่อนกรอง > 6.71 : LM98 (4/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.345 : LM74 (3/78.136%)	pH น้ำดิบ > 7.275 : LM99 (6/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.345 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.52 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 36 : LM75 (4/68.269%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 74.75 :

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 6 : เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูฝน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-14)  
(ต่อ)

ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 25.03 :	pH น้ำดิบ > 7.86 : LM128 (2/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 22.215 : LM100 (2/0%)	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 22.215 : LM101 (4/223.697%)	LM num: 1
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 25.03 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 25
pH น้ำดิบ <= 7.065 : LM102 (4/68.269%)	LM num: 2
pH น้ำดิบ > 7.065 : LM103 (3/0%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 20
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 74.75 : LM104 (4/187.943%)	LM num: 3
pH น้ำดิบ > 7.45 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 22.5
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.71 :	LM num: 4
pH น้ำดิบ <= 7.49 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 25
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 42.33 : LM105 (3/0%)	LM num: 5
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 42.33 : LM106 (2/125.296%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 27.5
pH น้ำดิบ > 7.49 :	LM num: 6
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 44.22 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 25
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 33 :	LM num: 7
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 28.735 : LM107 (2/0%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 22.5
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 28.735 : LM108 (4/120.302%)	LM num: 8
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 33 : LM109 (3/0%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 25
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 44.22 : LM110 (3/0%)	LM num: 9
pH น้ำก่อนกรอง > 6.71 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 20
pH น้ำดิบ <= 7.62 :	LM num: 10
pH น้ำดิบ <= 7.555 : LM111 (3/0%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 20
pH น้ำดิบ > 7.555 : LM112 (2/62.648%)	LM num: 11
pH น้ำดิบ > 7.62 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 17.5
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.7 : LM113 (4/0%)	LM num: 12
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.7 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 20
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 38 : LM114 (3/0%)	LM num: 13
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 38 : LM115 (4/54.255%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 22.5
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.98 :	LM num: 14
pH น้ำดิบ <= 6.95 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 20
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.69 :	LM num: 15
pH น้ำดิบ <= 6.845 : LM116 (2/0%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 21.6667
pH น้ำดิบ > 6.845 : LM117 (3/29.532%)	LM num: 16
pH น้ำก่อนกรอง > 6.69 : LM118 (7/0%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 23.3333
pH น้ำดิบ > 6.95 :	LM num: 17
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.46 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 31.6667
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 24.85 : LM119 (6/0%)	LM num: 18
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 24.85 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 20
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 25.85 : LM120 (4/62.648%)	LM num: 19
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 25.85 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 30
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 32.25 : LM121 (6/0%)	LM num: 20
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 32.25 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 25
pH น้ำดิบ <= 7.46 : LM122 (3/29.532%)	LM num: 21
pH น้ำดิบ > 7.46 : LM123 (2/0%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 20
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.46 :	LM num: 22
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 32.8 : LM124 (4/44.299%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 25
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 32.8 :	LM num: 23
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.74 : LM125 (4/0%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 20
pH น้ำก่อนกรอง > 6.74 :	LM num: 24
pH น้ำดิบ <= 7.86 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 26.6667
pH น้ำดิบ <= 7.37 : LM126 (2/31.324%)	LM num: 25
pH น้ำดิบ > 7.37 : LM127 (4/0%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม = + 20



## ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 6 : เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน (ฤดูฝน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-14)

(ต่อ)

LM num: 78		LM num: 104	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 45
LM num: 79		LM num: 105	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 27.	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 60
LM num: 80		LM num: 106	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 50
LM num: 81		LM num: 107	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 37.5	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 82		LM num: 108	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 33.75	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 46.25
LM num: 83		LM num: 109	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 43.3333	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 84		LM num: 110	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 50
LM num: 85		LM num: 111	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 35	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 86		LM num: 112	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 27.5	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 35
LM num: 87		LM num: 113	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 40
LM num: 88		LM num: 114	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 89		LM num: 115	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 40	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 37.5
LM num: 90		LM num: 116	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 91		LM num: 117	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 37.5	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 21.6667
LM num: 92		LM num: 118	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 93		LM num: 119	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 33.3333	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 35
LM num: 94		LM num: 120	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 40	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 95		LM num: 121	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 50	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 35
LM num: 96		LM num: 122	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 28.3333	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 36.6667
LM num: 97		LM num: 123	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 37.5	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 98		LM num: 124	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 99		LM num: 125	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 100		LM num: 126	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 35	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 37.5
LM num: 101		LM num: 127	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 42.5	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 35
LM num: 102		LM num: 128	
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 33.75	ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 103			
ปริมาณสารตั้งต้นที่เหมาะสม =	+ 30	Number of Rules : 128	

## ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 7 : เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านถ่อน(ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-15)

### GradientBoosted

Model Metrics Type: Regression

Description: N/A

model id: rm-h2o-model-gradient\_boosted\_trees-536035

frame id: rm-h2o-frame-gradient\_boosted\_trees-93460

MSE: 1.1484169

R<sup>2</sup>: 0.98810387

mean residual deviance: 1.1484169

Variable Importances:

	Variable	Relative Importance	Scaled Importance	Percentage
	ค่าความขุ่นน้ำดิบ	1359003.375000	1.000000	0.565493
	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง	519246.343750	0.382079	0.216063
	pH น้ำก่อนกรอง	282184.187500	0.207641	0.117419
	pH น้ำดิบ	242783.171875	0.178648	0.101024

Model Summary:

Number of Trees Model Size in Bytes Min. Depth Max. Depth Mean Depth Min. Leaves Max. Leaves Mean Leaves

5000	1992144	9	10	9.99340	13	43	28.68720
------	---------	---	----	---------	----	----	----------

Scoring History:

Timestamp	Duration	Number of Trees	Training MSE	Training Deviance
2019-09-15 16:22:04	0.001 sec	0	96.53684	96.53684
2019-09-15 16:22:04	0.005 sec	1	95.59207	95.59207
2019-09-15 16:22:04	0.007 sec	2	94.65257	94.65257
2019-09-15 16:22:04	0.009 sec	3	93.74425	93.74425
2019-09-15 16:22:04	0.011 sec	4	92.84105	92.84105
2019-09-15 16:22:04	0.013 sec	5	91.96777	91.96777
2019-09-15 16:22:04	0.014 sec	6	91.10251	91.10251
2019-09-15 16:22:04	0.017 sec	7	90.26282	90.26282
2019-09-15 16:22:04	0.020 sec	8	89.43055	89.43055
2019-09-15 16:22:04	0.023 sec	9	88.62973	88.62973
---				
2019-09-15 16:22:08	3.936 sec	702	21.67498	21.67498
2019-09-15 16:22:08	3.946 sec	703	21.65027	21.65027
2019-09-15 16:22:08	3.953 sec	704	21.61851	21.61851
2019-09-15 16:22:08	3.962 sec	705	21.59558	21.59558
2019-09-15 16:22:08	3.970 sec	706	21.56453	21.56453
2019-09-15 16:22:08	3.978 sec	707	21.54830	21.54830
2019-09-15 16:22:08	3.987 sec	708	21.52586	21.52586
2019-09-15 16:22:08	3.995 sec	709	21.50386	21.50386
2019-09-15 16:22:12	7.996 sec	3412	2.80174	2.80174
2019-09-15 16:22:14	10.329 sec	5000	1.14842	1.14842

H2O version: 3.8.2.6-rm9.0.0

## ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 8 : เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม (ฤดูร้อน) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-16)

### GradientBoosted

Model Metrics Type: Regression

Description: N/A

model id: rm-h2o-model-gradient\_boosted\_trees-364648

frame id: rm-h2o-frame-gradient\_boosted\_trees-417194

MSE: 4.1969237

R<sup>2</sup>: 0.9161611

mean residual deviance: 4.1969237

Variable Importances:

Variable Relative Importance Scaled Importance Percentage

ค่าความขุ่นน้ำดิบ	472022.093750	1.000000	0.636038
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง	119836.710938	0.253879	0.161477
pH น้ำดิบ	118474.617188	0.250994	0.159642
pH น้ำก่อนกรอง	31795.271484	0.067360	0.042843

Model Summary:

Number of Trees Model Size in Bytes Min. Depth Max. Depth Mean Depth Min. Leaves Max. Leaves Mean Leaves

1000	310816	7	10	9.86900	12	28	21.23800
------	--------	---	----	---------	----	----	----------

Scoring History:

Timestamp Duration Number of Trees Training MSE Training Deviance

2019-09-15 16:24:43	0.003 sec	0	50.05941	50.05941
2019-09-15 16:24:43	0.006 sec	1	49.29573	49.29573
2019-09-15 16:24:43	0.008 sec	2	48.54714	48.54714
2019-09-15 16:24:43	0.010 sec	3	47.81347	47.81347
2019-09-15 16:24:43	0.011 sec	4	47.09284	47.09284
2019-09-15 16:24:43	0.013 sec	5	46.38794	46.38794
2019-09-15 16:24:43	0.014 sec	6	45.69619	45.69619
2019-09-15 16:24:43	0.016 sec	7	45.01714	45.01714
2019-09-15 16:24:43	0.017 sec	8	44.35233	44.35233
2019-09-15 16:24:43	0.019 sec	9	43.69972	43.69972
---				
2019-09-15 16:24:47	3.927 sec	725	5.05994	5.05994
2019-09-15 16:24:47	3.935 sec	726	5.05557	5.05557
2019-09-15 16:24:47	3.946 sec	727	5.04980	5.04980
2019-09-15 16:24:47	3.953 sec	728	5.04765	5.04765
2019-09-15 16:24:47	3.962 sec	729	5.04373	5.04373
2019-09-15 16:24:47	3.971 sec	730	5.04119	5.04119
2019-09-15 16:24:47	3.979 sec	731	5.03674	5.03674
2019-09-15 16:24:47	3.988 sec	732	5.03026	5.03026
2019-09-15 16:24:47	3.996 sec	733	5.02816	5.02816
2019-09-15 16:24:48	4.348 sec	1000	4.19692	4.19692

H2O version: 3.8.2.6-rm9.0.0



## ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 9 : เฉพาะโรงผลิตน้ำบ้านนิคม(ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-18)

### GradientBoosted

Model Metrics Type: Regression

Description: N/A

model id: rm-h2o-model-gradient\_boosted\_trees-148278

frame id: rm-h2o-frame-gradient\_boosted\_trees-461790

MSE: 11.227101

R<sup>2</sup>: 0.85696393

mean residual deviance: 11.227101

Variable Importances:

Variable	Relative Importance	Scaled Importance	Percentage
pH น้ำก่อนกรอง	8227381.500000	1.000000	0.481279
ค่าความขุ่นน้ำดิบ	7117002.500000	0.865039	0.416325
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง	1181590.500000	0.143617	0.069120
pH น้ำดิบ	568868.562500	0.069143	0.033277

Model Summary:

Number of Trees Model Size in Bytes Min. Depth Max. Depth Mean Depth Min. Leaves Max. Leaves Mean Leaves

5000	1201246	5	5	5.00000	6	22	15.11020
------	---------	---	---	---------	---	----	----------

Scoring History:

Timestamp	Duration	Number of Trees	Training MSE	Training Deviance
2019-09-15 16:27:28	0.002 sec	0	78.49139	78.49139
2019-09-15 16:27:28	0.004 sec	1	78.36826	78.36826
2019-09-15 16:27:28	0.006 sec	2	78.24537	78.24537
2019-09-15 16:27:28	0.008 sec	3	78.12272	78.12272
2019-09-15 16:27:28	0.010 sec	4	78.00032	78.00032
2019-09-15 16:27:28	0.011 sec	5	77.87817	77.87817
2019-09-15 16:27:28	0.013 sec	6	77.75626	77.75626
2019-09-15 16:27:28	0.017 sec	7	77.63459	77.63459
2019-09-15 16:27:28	0.019 sec	8	77.51316	77.51316
2019-09-15 16:27:28	0.021 sec	9	77.39198	77.39198
...				
2019-09-15 16:27:32	3.942 sec	737	30.56440	30.56440
2019-09-15 16:27:32	3.951 sec	738	30.53539	30.53539
2019-09-15 16:27:32	3.960 sec	739	30.50552	30.50552
2019-09-15 16:27:32	3.967 sec	740	30.47638	30.47638
2019-09-15 16:27:32	3.976 sec	741	30.44699	30.44699
2019-09-15 16:27:32	3.984 sec	742	30.41749	30.41749
2019-09-15 16:27:32	3.992 sec	743	30.38810	30.38810
2019-09-15 16:27:32	4.001 sec	744	30.35932	30.35932
2019-09-15 16:27:36	8.002 sec	4410	11.42994	11.42994
2019-09-15 16:27:37	8.489 sec	5000	11.22710	11.22710

H2O version: 3.8.2.6-rm9.0.0



ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 10 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง  
(ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-21) (ต่อ)

					ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.46 :						pH น้ำดิบ <= 7.19 : LM73 (11/0%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 3.14 : LM48 (6/0%)						pH น้ำดิบ > 7.19 : LM74 (3/0%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 3.14 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.85 :
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 3.6 : LM49 (5/77.294%)						ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 7.1 : LM75 (21/0%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 3.6 : LM50 (5/21.037%)						ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 7.1 :
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 3.95 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 7.25 : LM76 (2/26.296%)
					ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.345 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 7.25 : LM77 (4/0%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 8.9 :						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.85 :
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.165 : LM51 (3/24.792%)						pH น้ำก่อนกรอง <= 6.99 :
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.165 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 3.72 :
					ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.075 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 3.345 :
					ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 0.755 : LM52						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.36 :
					(2/26.296%)						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.11 :
					ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 0.755 : LM53						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.045 :
					(4/22.773%)						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.885 : LM78 (3/0%)
					ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.075 : LM54 (5/53.634%)						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.885 : LM79 (5/31.625%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 8.9 :						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.045 : LM80 (7/0%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 11 : LM55 (4/0%)						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.11 :
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 11 :						pH น้ำก่อนกรอง <= 6.85 :
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 12.28 : LM56 (2/78.888%)						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.135 : LM81 (3/74.376%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 12.28 : LM57 (4/22.773%)						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.135 :
					ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.345 :						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.175 : LM82 (4/22.773%)
					pH น้ำดิบ <= 6.95 :						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.175 :
					ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.75 :						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.26 : LM83 (4/58.8%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 9.7 :						ค่าความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.26 : LM84 (2/0%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.35 : LM58 (2/26.296%)						pH น้ำก่อนกรอง > 6.85 : LM85 (5/21.037%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.35 : LM59 (6/0%)						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.36 :
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 9.7 : LM60 (3/42.941%)						ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 3.18 :
					ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.75 : LM61 (4/0%)						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.715 :
					pH น้ำดิบ > 6.95 :						pH น้ำก่อนกรอง <= 6.775 : LM86 (2/26.296%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.92 :						pH น้ำก่อนกรอง > 6.775 : LM87 (5/25.765%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.25 : LM62 (3/24.792%)						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.715 : LM88 (3/85.882%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.25 : LM63 (4/43.607%)						ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 3.18 : LM89 (8/0%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.92 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 3.345 :
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 7.99 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 3.465 :
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.205 : LM64 (4/73.394%)						ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 3.435 :
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.205 : LM65 (2/31.555%)						pH น้ำดิบ <= 6.95 : LM90 (5/91.697%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 7.99 : LM66 (3/24.792%)						pH น้ำดิบ > 6.95 : LM91 (2/0%)
					pH น้ำดิบ > 7.07 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 3.435 : LM92 (2/736.289%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.85 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 3.465 :
					pH น้ำก่อนกรอง <= 6.845 :						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.64 :
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.05 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 3.63 :
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.85 :						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.435 :
					ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 0.975 : LM67 (2/0%)						ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 3.535 : LM93 (2/0%)
					ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 0.975 : LM68 (5/42.074%)						ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 3.535 : LM94 (5/106.771%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.85 : LM69 (3/24.792%)						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.435 : LM95 (3/65.594%)
					ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.05 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 3.63 : LM96 (5/33.262%)
					ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 0.99 : LM70 (3/0%)						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.64 : LM97 (5/0%)
					ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 0.99 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 3.72 :
					pH น้ำดิบ <= 7.15 : LM71 (5/25.765%)						ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.355 :
					pH น้ำดิบ > 7.15 : LM72 (3/24.792%)						pH น้ำดิบ <= 7.05 :
					pH น้ำก่อนกรอง > 6.845 :						ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.57 :

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 10 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง  
(ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-21) (ต่อ)

ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.29 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.015 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.18 : LM98 (7/0%)	pH น้ำดิบ <= 6.85 : LM124 (7/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.18 :	pH น้ำดิบ > 6.85 : LM125 (13/0%)
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.85 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.015 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.25 : LM99 (4/22.773%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.62 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.25 : LM100 (3/0%)	pH น้ำดิบ <= 6.785 :
pH น้ำก่อนกรอง > 6.85 : LM101 (5/0%)	pH น้ำดิบ <= 6.625 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.29 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.52 : LM126
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.215 :	(3/52.475%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.195 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.52 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.41 :	pH น้ำดิบ <= 6.545 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.85 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.78 : LM127
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.5 : LM102 (2/0%)	(3/19.834%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.5 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.78 : LM128 (3/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.65 : LM103	pH น้ำดิบ > 6.545 : LM129 (5/16.829%)
(5/25.765%)	pH น้ำดิบ > 6.625 : LM130 (4/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.65 : LM104	pH น้ำดิบ > 6.785 :
(2/26.296%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.735 : LM131 (5/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.85 : LM105 (5/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.735 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.41 : LM106 (4/22.773%)	pH น้ำดิบ <= 6.98 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.195 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.61 : LM132 (2/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.75 : LM107 (5/21.037%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.61 : LM133 (6/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.75 : LM108 (5/0%)	pH น้ำดิบ > 6.98 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.215 :	pH น้ำดิบ <= 7.075 : LM134 (3/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.05 : LM109 (7/0%)	pH น้ำดิบ > 7.075 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.05 : LM110 (2/26.296%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 12.2 : LM135
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.57 :	(5/39.017%)
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.85 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 12.2 : LM136 (2/0%)
pH น้ำดิบ <= 6.685 :	pH น้ำก่อนกรอง > 6.62 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 7.255 : LM111 (2/21.037%)	pH น้ำดิบ <= 6.925 : LM137 (5/86.379%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 7.255 : LM112 (7/0%)	pH น้ำดิบ > 6.925 :
pH น้ำดิบ > 6.685 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.19 :
pH น้ำดิบ <= 6.95 :	pH น้ำดิบ <= 7.125 : LM138 (2/52.592%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 8.96 :	pH น้ำดิบ > 7.125 :
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.55 : LM113 (2/0%)	pH น้ำดิบ <= 7.195 : LM139 (3/0%)
pH น้ำก่อนกรอง > 6.55 : LM114 (5/85.348%)	pH น้ำดิบ > 7.195 : LM140 (3/45.445%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 8.96 : LM115 (4/55.906%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.19 : LM141 (3/19.834%)
pH น้ำดิบ > 6.95 : LM116 (5/25.765%)	pH น้ำก่อนกรอง > 6.66 :
pH น้ำก่อนกรอง > 6.85 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.92 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.15 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.735 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 9.05 :	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.75 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.65 : LM117 (4/22.773%)	pH น้ำดิบ <= 6.95 : LM142 (5/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.65 : LM118 (6/0%)	pH น้ำดิบ > 6.95 : LM143 (7/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 9.05 : LM119 (3/24.792%)	pH น้ำก่อนกรอง > 6.75 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.15 : LM120 (10/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.41 :
pH น้ำดิบ > 7.05 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.39 : LM144
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.645 :	(5/117.128%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.25 : LM121 (4/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.39 : LM145 (3/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.25 : LM122 (2/26.296%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.41 :
pH น้ำก่อนกรอง > 6.645 : LM123 (21/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.635 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.355 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.5 :
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.66 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.4 :

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 10 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง  
(ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-21) (ต่อ)

ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.11 : LM146 (4/26.296%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.14 : LM171 (5/88.355%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.11 : LM147 (3/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.125 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.4 : LM148 (3/24.792%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.38 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.5 : LM149 (5/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.19 : LM172 (2/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.635 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.19 : LM173 (4/26.296%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.205 : LM150 (3/99.169%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.38 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.205 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 2.905 : LM174 (2/31.555%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 8.15 : LM151 (4/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 2.905 : LM175 (5/98.806%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 8.15 : LM152 (2/52.592%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.675 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.735 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.535 :
pH น้ำดิบ <= 6.95 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.355 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.7 : LM153 (4/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.195 : LM176 (5/45.89%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.7 : LM154 (5/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.195 : LM177 (5/78.881%)
pH น้ำดิบ > 6.95 : LM155 (7/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.355 : LM178 (5/24.533%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.92 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.535 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.95 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.905 : LM179 (4/18.218%)
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.775 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.905 : LM180 (2/5.259%)
pH น้ำดิบ <= 7.45 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.03 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 12.185 : LM156 (2/5.259%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.19 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 12.185 : LM157 (4/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.15 : LM181 (5/126.676%)
pH น้ำดิบ > 7.45 : LM158 (3/58.459%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.15 : LM182 (2/52.592%)
pH น้ำก่อนกรอง > 6.775 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.19 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.205 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.565 : LM183 (4/29.164%)
pH น้ำดิบ <= 6.95 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.565 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.4 : LM159 (2/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.465 : LM184 (3/29.751%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.4 : LM160 (5/42.074%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.465 : LM185 (3/49.584%)
pH น้ำดิบ > 6.95 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.615 :
pH น้ำดิบ <= 7.07 : LM161 (4/68.319%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 7.125 :
pH น้ำดิบ > 7.07 : LM162 (2/52.592%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.35 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.205 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.1 :
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.85 : LM163 (2/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.215 : LM186 (4/26.296%)
pH น้ำก่อนกรอง > 6.85 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.215 : LM187 (2/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.635 : LM164 (2/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.1 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 4.635 : LM165 (5/103.059%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.28 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.95 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.195 : LM188 (3/4.958%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.9 : LM166 (3/24.792%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.195 : LM189 (4/41.411%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.9 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.28 : LM190 (2/0%)
pH น้ำดิบ <= 6.93 : LM167 (8/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.35 :
pH น้ำดิบ > 6.93 : LM168 (3/39.667%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.885 :
pH น้ำก่อนกรอง > 6.99 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.76 : LM191 (5/26.61%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.615 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.76 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.03 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.83 : LM192 (4/47.624%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.675 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.83 : LM193 (2/15.778%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.125 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.885 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 3.87 : LM169 (3/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.83 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 3.87 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.465 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 4.14 : LM170 (3/54.543%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.375 :
	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.11 :
	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.025 :
	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 5.955 : LM194 (3/4.958%)

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 10 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง  
(ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-21) (ต่อ)

ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 5.955 : LM195 (3/22.722%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.85 : LM220 (2/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.025 : LM196 (2/0%)	pH น้ำก่อนกรอง > 6.85 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.11 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.085 : LM221 (2/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 6.2 : LM197 (4/27.328%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.085 : LM222 (4/45.546%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.2 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 21.6 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.88 : LM198 (4/29.164%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.125 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.88 : LM199 (2/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 32.25 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.375 : LM200 (5/8.415%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 29.21 : LM223 (5/47.04%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.465 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 29.21 : LM224 (2/52.592%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.56 : LM201 (4/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 32.25 : LM225 (2/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.56 : LM202 (2/10.518%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.125 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 6.83 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.23 : LM226 (2/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.575 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.23 : LM227 (4/105.184%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.935 : LM203 (2/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.68 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.935 : LM204 (4/9.109%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.42 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.575 : LM205 (4/13.664%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 22 : LM228 (2/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 7.125 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 22 : LM229 (5/51.529%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.185 : LM206 (4/179.18%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.42 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.185 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.55 : LM230 (5/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 7.66 : LM207 (4/0%)	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.55 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 7.66 :	pH น้ำดิบ <= 6.785 : LM231 (4/45.546%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 11.35 :	pH น้ำดิบ > 6.785 : LM232 (3/49.584%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 7.945 : LM208 (2/5.259%)	pH น้ำดิบ > 6.995 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 7.945 : LM209 (4/57.311%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 23.75 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 11.35 : LM210 (3/0%)	pH น้ำดิบ <= 7.3 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 13.955 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.82 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 35.755 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 16.225 : LM233 (2/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 15.95 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 16.225 : LM234 (5/42.074%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 14.05 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.82 : LM235 (2/26.296%)
pH น้ำดิบ <= 6.89 : LM211 (5/0%)	pH น้ำดิบ > 7.3 : LM236 (3/0%)
pH น้ำดิบ > 6.89 : LM212 (3/24.792%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 23.75 : LM237 (4/45.546%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 14.05 :	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.72 :
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.71 :	pH น้ำดิบ <= 7.165 :
pH น้ำดิบ <= 7.2 : LM213 (4/89.058%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 18.38 :
pH น้ำดิบ > 7.2 : LM214 (3/0%)	pH น้ำดิบ <= 6.79 : LM238 (2/26.296%)
pH น้ำก่อนกรอง > 6.71 :	pH น้ำดิบ > 6.79 : LM239 (4/0%)
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.85 : LM215 (7/0%)	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 18.38 :
pH น้ำก่อนกรอง > 6.85 :	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.555 : LM240 (5/99.919%)
pH น้ำดิบ <= 6.85 :	pH น้ำก่อนกรอง > 6.555 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 0.525 : LM216 (2/52.592%)	pH น้ำดิบ <= 6.825 : LM241 (7/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 0.525 : LM217 (4/0%)	pH น้ำดิบ > 6.825 :
pH น้ำดิบ > 6.85 : LM218 (5/21.037%)	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.8 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 15.95 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 31.21 : LM242 (4/0%)
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.72 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 31.21 : LM243 (2/105.184%)
pH น้ำดิบ <= 6.995 :	pH น้ำก่อนกรอง > 6.8 : LM244 (2/52.592%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 18.2 : LM219 (11/0%)	pH น้ำดิบ > 7.165 : LM245 (13/0%)
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 18.2 :	ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 35.755 :
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.68 :	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.77 :
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 21.6 :	pH น้ำดิบ <= 6.795 :
	pH น้ำก่อนกรอง <= 6.535 : LM246 (6/0%)
	pH น้ำก่อนกรอง > 6.535 :
	ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.45 :

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 10 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง  
(ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-21) (ต่อ)

ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 2.05 :	LM num: 8	
pH น้ำก่อนกรอง <= 6.61 : LM247 (2/0%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5
pH น้ำก่อนกรอง > 6.61 : LM248 (5/42.074%)	LM num: 9	
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 2.05 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
pH น้ำดิบ <= 6.675 : LM249 (3/49.584%)	LM num: 10	
pH น้ำดิบ > 6.675 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 21.6667
pH น้ำดิบ <= 6.735 : LM250 (5/0%)	LM num: 11	
pH น้ำดิบ > 6.735 : LM251 (2/52.592%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.45 : LM252 (5/51.529%)	LM num: 12	
pH น้ำดิบ > 6.795 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
pH น้ำดิบ <= 6.97 : LM253 (16/0%)	LM num: 13	
pH น้ำดิบ > 6.97 : LM254 (5/51.529%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
pH น้ำก่อนกรอง > 6.77 :	LM num: 14	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 44.5 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.1 : LM255 (5/0%)	LM num: 15	
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.1 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 21
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 3.17 :	LM num: 16	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 39.25 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 36.5 : LM256 (3/74.376%)	LM num: 17	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 36.5 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง <= 1.21 : LM257 (3/0%)	LM num: 18	
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 1.21 : LM258 (4/68.319%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 39.25 : LM259 (3/89.389%)	LM num: 19	
ความขุ่นน้ำก่อนกรอง > 3.17 : LM260 (4/0%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 44.5 :	LM num: 20	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 63.3 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 51.2 :	LM num: 21	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 45.5 : LM261 (3/89.389%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 45.5 : LM262 (4/91.092%)	LM num: 22	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 51.2 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 24
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 56.875 : LM263 (5/21.037%)	LM num: 23	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 56.875 :	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 60.5 : LM264 (4/45.546%)	LM num: 24	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 60.5 : LM265 (2/105.184%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 63.3 :	LM num: 25	
ค่าความขุ่นน้ำดิบ <= 73.5 : LM266 (5/0%)	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 21.25
ค่าความขุ่นน้ำดิบ > 73.5 : LM267 (5/51.529%)	LM num: 26	
LM num: 1	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 2	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5
LM num: 3	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 4	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 21.6667
LM num: 5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 6	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5
LM num: 7	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 8	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5
LM num: 9	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 10	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 11	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 21.6667
LM num: 12	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 13	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 14	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 16	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 21
LM num: 17	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 18	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 19	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5
LM num: 21	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 22	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 23	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 24
LM num: 24	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 26	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 21.25
LM num: 27	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 28	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 29	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 26
LM num: 30	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 31	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 23.3333
LM num: 32	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17.5
LM num: 33	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15
LM num: 34	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 10 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง  
(ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-21) (ต่อ)

LM num: 34		LM num: 60	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 35		LM num: 61	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 36		LM num: 62	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 26	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 23.3333
LM num: 37		LM num: 63	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 18.75
LM num: 38		LM num: 64	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 36.25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 10.75
LM num: 39		LM num: 65	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 7
LM num: 40		LM num: 66	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 31	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 16.6667
LM num: 41		LM num: 67	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 42		LM num: 68	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 23
LM num: 43		LM num: 69	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 21.25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 28.3333
LM num: 44		LM num: 70	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 45		LM num: 71	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22
LM num: 46		LM num: 72	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 23.3333
LM num: 47		LM num: 73	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 48		LM num: 74	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 49		LM num: 75	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 31	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 50		LM num: 76	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 24	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5
LM num: 51		LM num: 77	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 18.3333	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 52		LM num: 78	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15
LM num: 53		LM num: 79	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 28.75	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 12.6
LM num: 54		LM num: 80	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 23	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15
LM num: 55		LM num: 81	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 10
LM num: 56		LM num: 82	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 32.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 13.75
LM num: 57		LM num: 83	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 28.75	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17.5
LM num: 58		LM num: 84	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15
LM num: 59		LM num: 85	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 14



ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 10 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง  
(ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-21) (ต่อ)

LM num: 86		LM num: 112	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 27.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17
LM num: 87		LM num: 113	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 18	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 88		LM num: 114	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 26.4
LM num: 89		LM num: 115	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 16.5
LM num: 90		LM num: 116	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 33	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 18
LM num: 91		LM num: 117	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 18.75
LM num: 92		LM num: 118	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 80	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 93		LM num: 119	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 18.3333
LM num: 94		LM num: 120	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 27.6	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 95		LM num: 121	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 31.6667	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 96		LM num: 122	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17.5
LM num: 97		LM num: 123	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 98		LM num: 124	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 99		LM num: 125	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 13.75	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 100		LM num: 126	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 18.3333
LM num: 101		LM num: 127	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15.6667
LM num: 102		LM num: 128	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 13
LM num: 103		LM num: 129	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 16.2
LM num: 104		LM num: 130	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17
LM num: 105		LM num: 131	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 12
LM num: 106		LM num: 132	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 13.75	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 12
LM num: 107		LM num: 133	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 19	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 10
LM num: 108		LM num: 134	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 109		LM num: 135	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 12.8
LM num: 110		LM num: 136	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 111		LM num: 137	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25.6

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 10 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง  
(ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-21) (ต่อ)

LM num: 138		LM num: 164	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15
LM num: 139		LM num: 165	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 10	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22
LM num: 140		LM num: 166	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 14	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 16.6667
LM num: 141		LM num: 167	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 11.3333	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 142		LM num: 168	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 19.6667
LM num: 143		LM num: 169	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 144		LM num: 170	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 31	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 7.6667
LM num: 145		LM num: 171	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20.8
LM num: 146		LM num: 172	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 17.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15
LM num: 147		LM num: 173	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 12.5
LM num: 148		LM num: 174	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 16.6667	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 7
LM num: 149		LM num: 175	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 14.6
LM num: 150		LM num: 176	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 33.3333	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 7.2
LM num: 151		LM num: 177	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 14.6
LM num: 152		LM num: 178	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 10.4
LM num: 153		LM num: 179	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 7
LM num: 154		LM num: 180	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 4.5
LM num: 155		LM num: 181	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 16.4
LM num: 156		LM num: 182	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 31.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 45
LM num: 157		LM num: 183	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 12.25
LM num: 158		LM num: 184	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.3333	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 6
LM num: 159		LM num: 185	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 11.6667
LM num: 160		LM num: 186	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 6.5
LM num: 161		LM num: 187	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 36.25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 4
LM num: 162		LM num: 188	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 9.6667
LM num: 163		LM num: 189	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 50	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 9

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 10 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง  
(ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-21) (ต่อ)

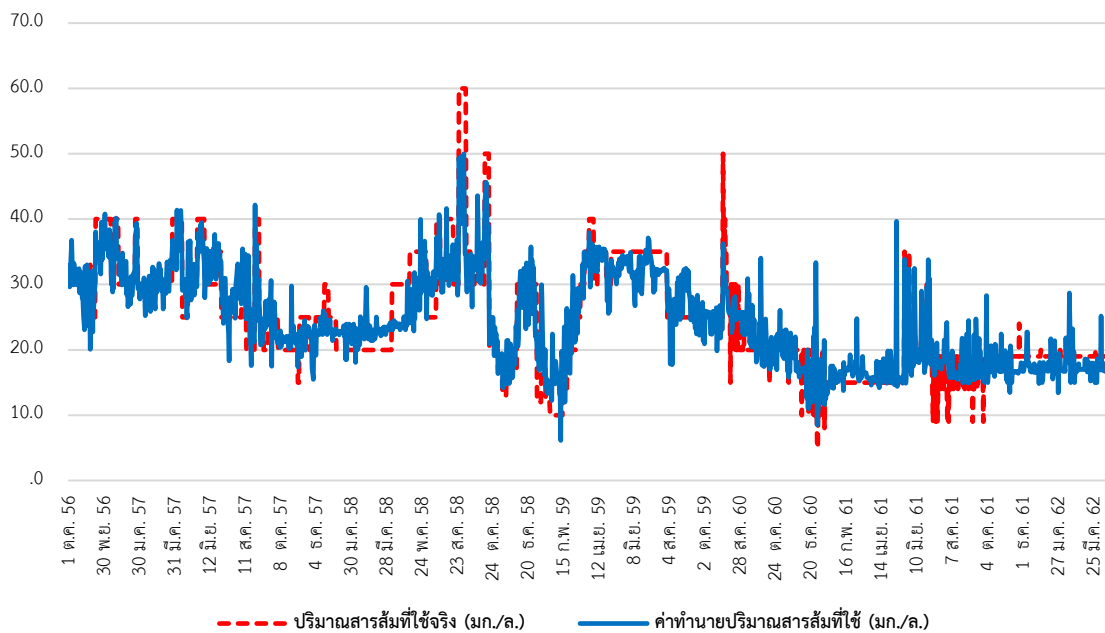
LM num: 187		LM num: 213	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 4	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 19.25
LM num: 188		LM num: 214	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 9.6667	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 189		LM num: 215	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 9	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 190		LM num: 216	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 191		LM num: 217	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 7	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 20
LM num: 192		LM num: 218	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 11	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 29
LM num: 193		LM num: 219	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 6.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 194		LM num: 220	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 9.6667	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 195		LM num: 221	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 7	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 196		LM num: 222	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 10	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5
LM num: 197		LM num: 223	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 6.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 198		LM num: 224	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 7.25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 35
LM num: 199		LM num: 225	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 10	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 25
LM num: 200		LM num: 226	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 9.6	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 40
LM num: 201		LM num: 227	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 10	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 202		LM num: 228	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 9	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 40
LM num: 203		LM num: 229	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 34
LM num: 204		LM num: 230	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 9.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30
LM num: 205		LM num: 231	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 5.75	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 32.5
LM num: 206		LM num: 232	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 36.6667
LM num: 207		LM num: 233	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 10	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 4
LM num: 208		LM num: 234	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 9.5	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 32
LM num: 209		LM num: 235	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 16.25	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5
LM num: 210		LM num: 236	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 10	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 50
LM num: 211		LM num: 237	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 22.5
LM num: 212		LM num: 238	
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 26.6667	ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 27.5

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ 10 : ภาพรวมทั้ง 3 โรงผลิตน้ำ ที่ใช้น้ำดิบจากเขื่อนห้วยหลวง  
(ฤดูหนาว) (ใช้รูปแบบชุดข้อมูลที่ 1-21) (ต่อ)

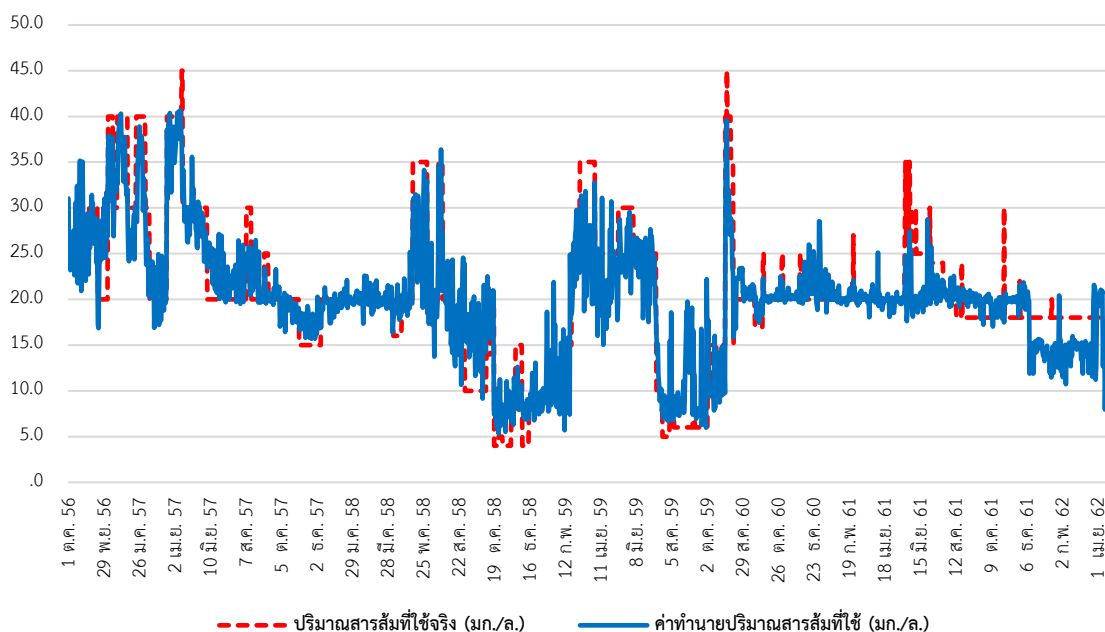
LM num: 242		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	Number of Rules : 267
LM num: 243		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	
LM num: 244		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 15	
LM num: 245		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	
LM num: 246		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	
LM num: 247		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 40	
LM num: 248		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 32	
LM num: 249		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 36.6667	
LM num: 250		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 40	
LM num: 251		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 35	
LM num: 252		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 31	
LM num: 253		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 40	
LM num: 254		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 34	
LM num: 255		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 40	
LM num: 256		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	
LM num: 257		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 40	
LM num: 258		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 36.25	
LM num: 259		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 28.3333	
LM num: 260		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 40	
LM num: 261		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 28.3333	
LM num: 262		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 35	
LM num: 263		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 21	
LM num: 264		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 32.5	
LM num: 265		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 30	
LM num: 266		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 40	
LM num: 267		
ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม =	+ 31	

ภาคผนวก ช กราฟผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละรูปแบบ

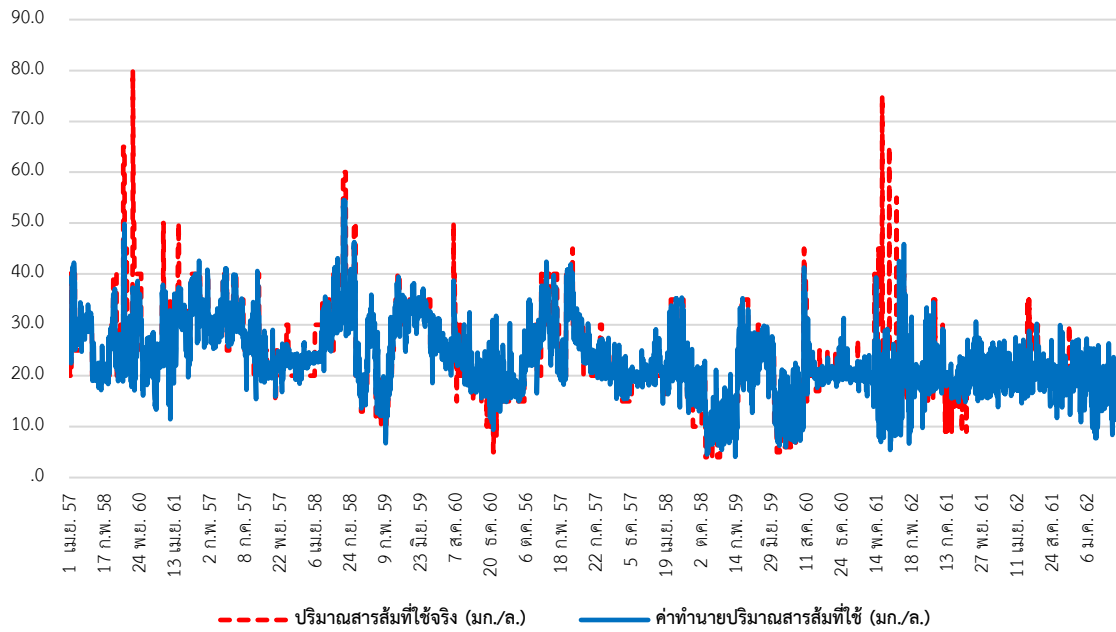




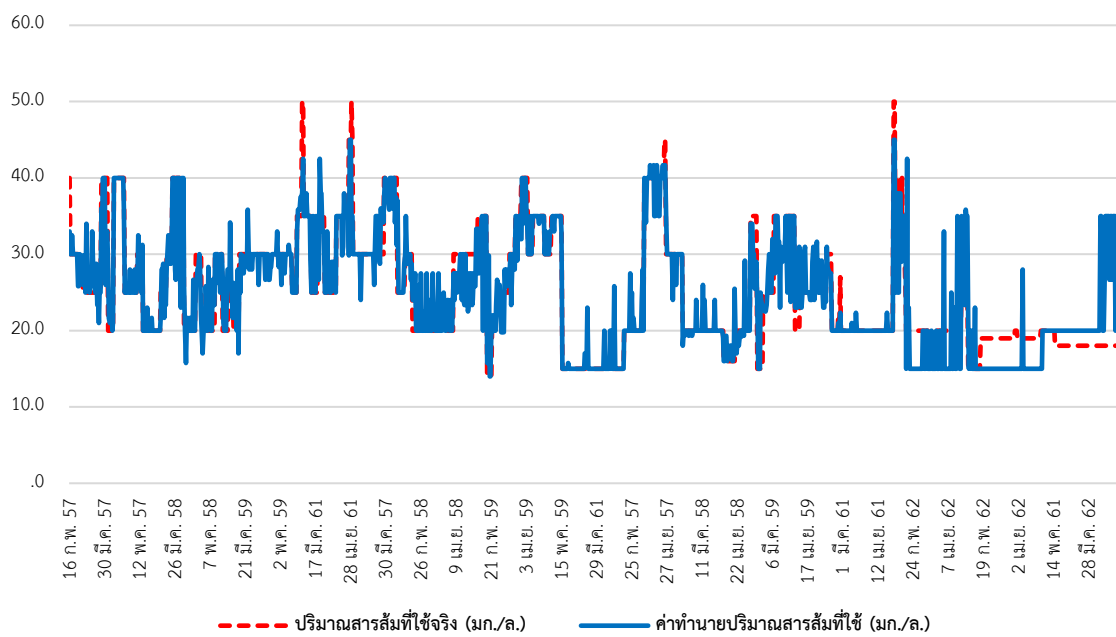
ภาพที่ ซ-1 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 1 ใช้ทฤษฎี GBT



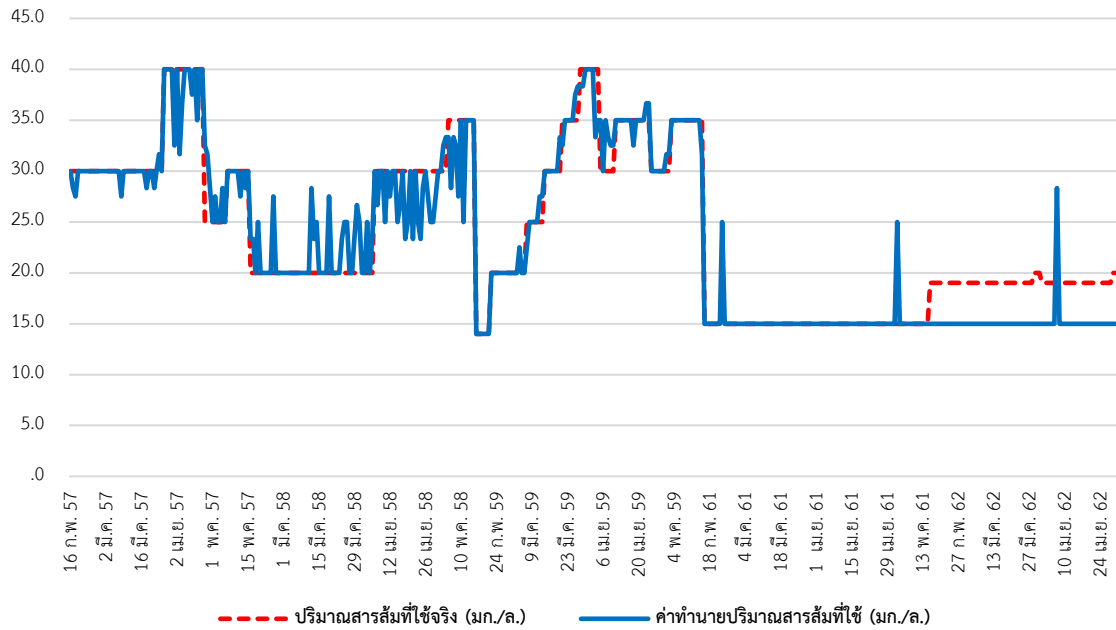
ภาพที่ ซ-2 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 2 ใช้ทฤษฎี GBT



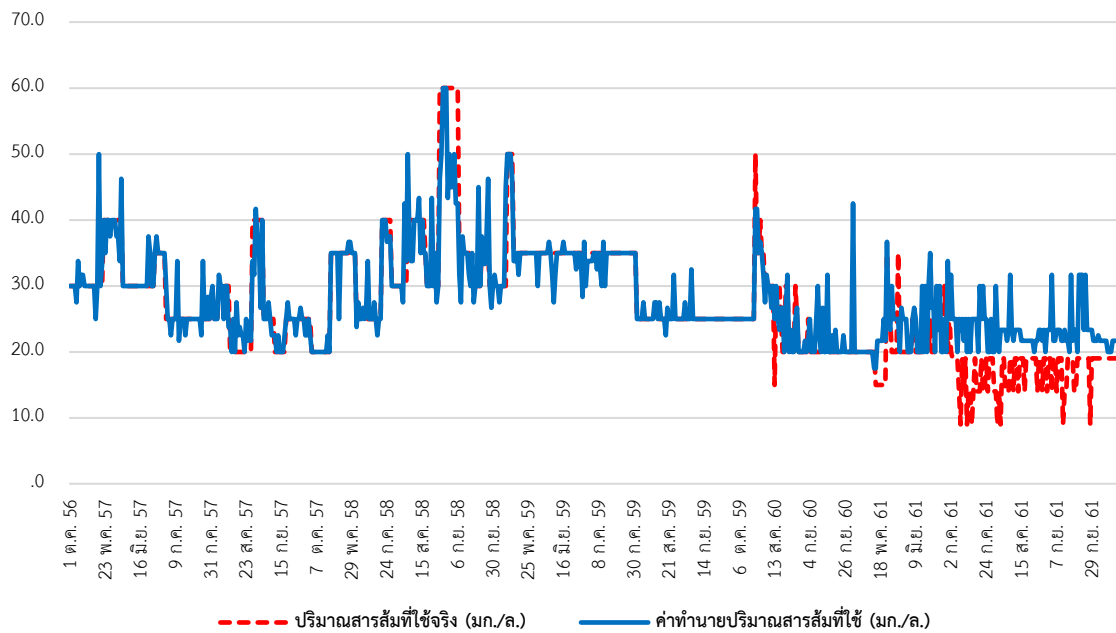
ภาพที่ ซ-3 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 3 ใช้ทฤษฎี GBT



ภาพที่ ซ-4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 4  
ใช้ทฤษฎี W-M5P

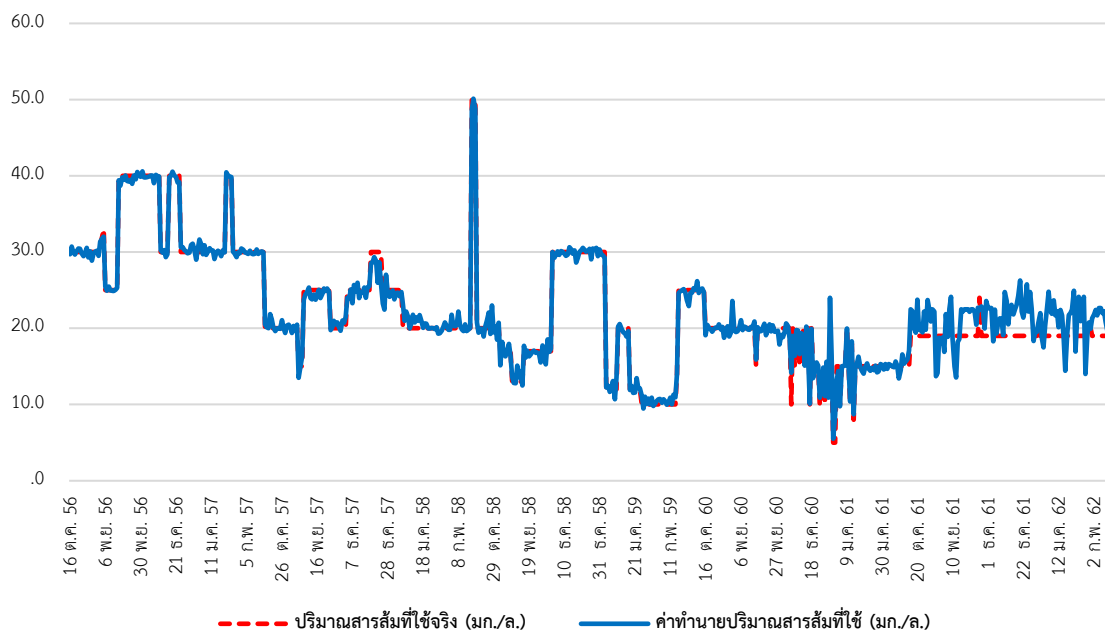


ภาพที่ ซ-5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 5  
ใช้ทฤษฎี W-M5P

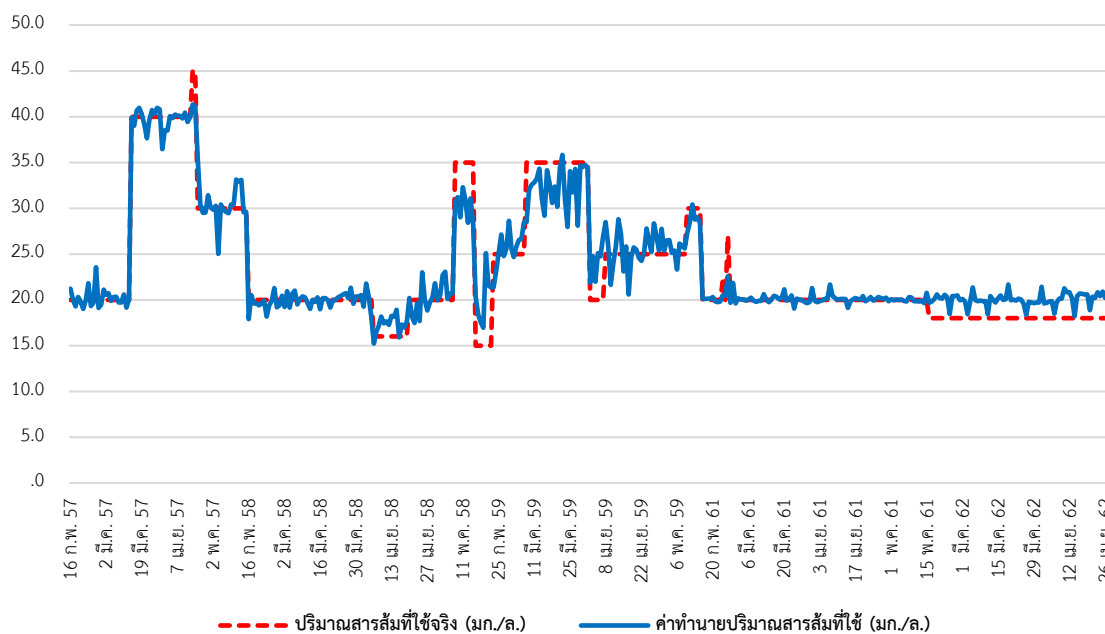


ภาพที่ ซ-6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 6 ใช้ทฤษฎี W-M5P

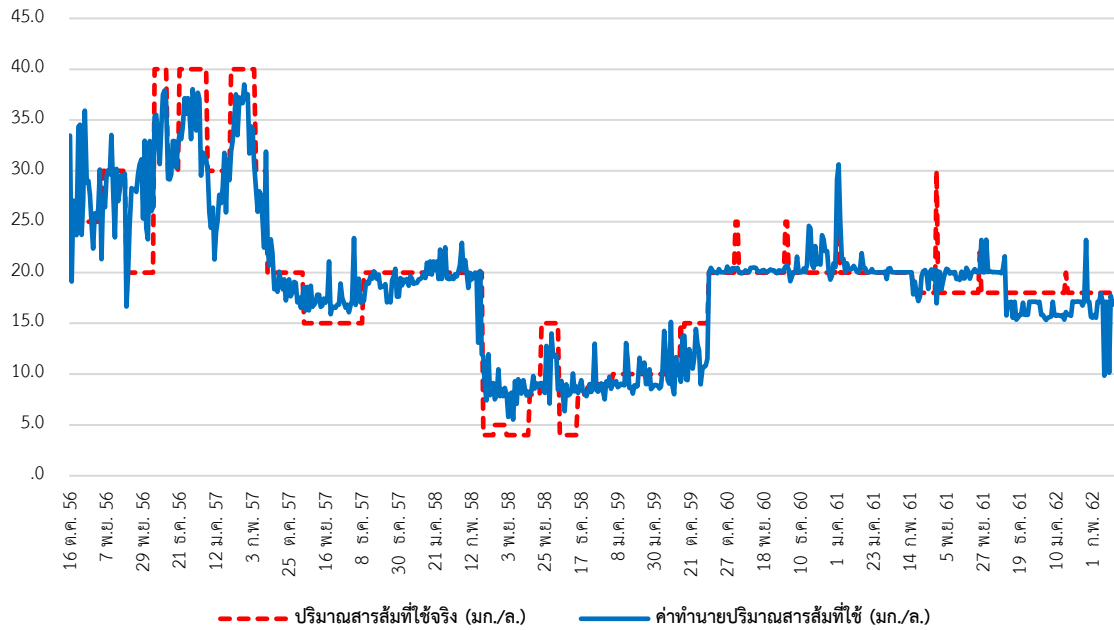




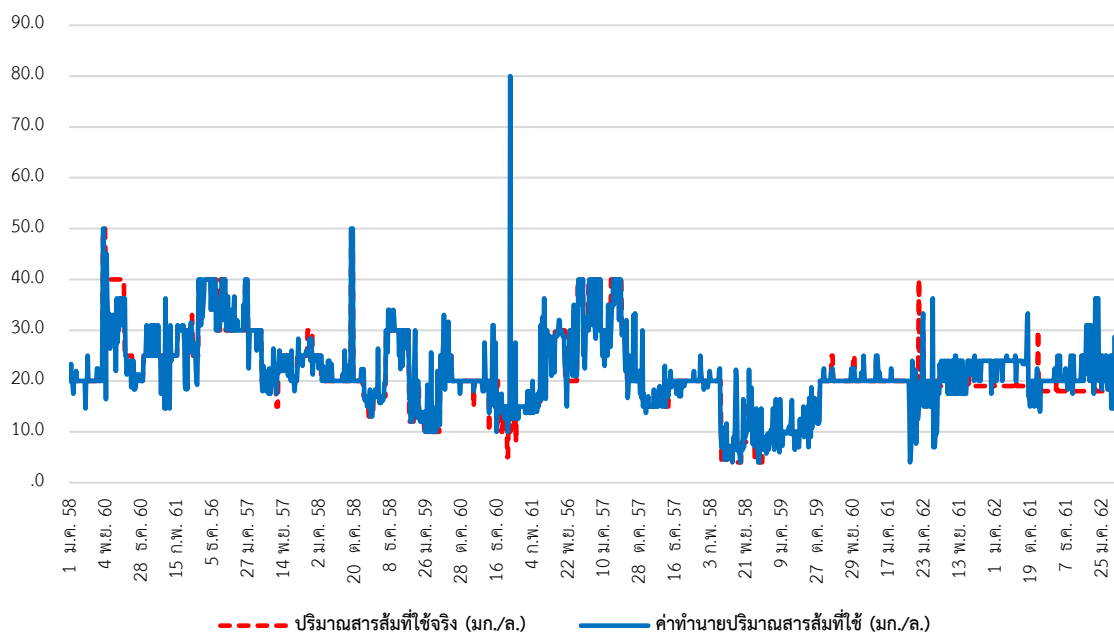
ภาพที่ ข-7 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 7 ใช้ทฤษฎี GBT



ภาพที่ ข-8 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 8 ใช้ทฤษฎี GBT



ภาพที่ ข-9 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 9 ใช้ทฤษฎี GBT



ภาพที่ ข-10 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าทำนาย แบบจำลองที่ 10 ใช้ทฤษฎี GBT

ภาคผนวก ฅ ตารางคาดการณ์ปริมาณสารส้มที่ใช้ทั้ง 10 แบบจำลอง



ตารางที่ ฅ-1 คาคการฅปริมาณสารสัฅที่ใ้ของแบบจ้ลองที่ 1

ความขุ่นน้ำดิบ (เอันทียู)	pH น้ำดิบ	ความขุ่นน้ำก่อน กรอง (เอันทียู)	pH น้ำก่อน กรอง	ปริมาณสารสัฅ (มก./ล.)
10.1-40.0	6.1-7.0	4.0-6.9	6.5-8.5	30.0
		7.0-9.9		30.0
	7.1-8.0	4.0-6.9		30.0
		7.0-9.9		30.0
	8.1-9.0	4.0-6.9		30.0
		7.0-9.9		30.0
40.1-70.0	6.1-7.0	4.0-6.9	35.0	
		7.0-9.9	35.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	35.0	
		7.0-9.9	35.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	35.0	
		7.0-9.9	35.0	
70.1-100.0	6.1-7.0	4.0-6.9	35.0	
		7.0-9.9	35.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	

ตารางที่ ฅ-2 คาคการฅปริมาณสารสัฅที่ใ้ของแบบจ้ลองที่ 2

ความขุ่นน้ำดิบ (เอันทียู)	pH น้ำดิบ	ความขุ่นน้ำก่อน กรอง (เอันทียู)	pH น้ำก่อน กรอง	ปริมาณสารสัฅ (มก./ล.)
10.1-40.0	6.1-7.0	4.0-6.9	6.5-8.5	35.0
		7.0-9.9		35.0
	7.1-8.0	4.0-6.9		35.0
		7.0-9.9		35.0
	8.1-9.0	4.0-6.9		35.0
		7.0-9.9		35.0
40.1-70.0	6.1-7.0	4.0-6.9	35.0	
		7.0-9.9	35.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
70.1-100.0	6.1-7.0	4.0-6.9	35.0	
		7.0-9.9	35.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	

ตารางที่ ฅ-3 คาคการฅปริมาณสารสัฅที่ใ้ของแบบจ้าลองที่ 3

ความขุ่นน้ำดิบ (เอันทียู)	pH น้ำดิบ	ความขุ่นน้ำก่อน กรอง (เอันทียู)	pH น้ำก่อน กรอง	ปริมาณสารสัฅ (มก./ล.)
10.1-40.0	6.1-7.0	4.0-6.9	6.5-8.5	35.0
		7.0-9.9		35.0
	7.1-8.0	4.0-6.9		35.0
		7.0-9.9		35.0
	8.1-9.0	4.0-6.9		30.0
		7.0-9.9		30.0
40.1-70.0	6.1-7.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	45.0	
		7.0-9.9	45.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
70.1-100.0	6.1-7.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	45.0	
		7.0-9.9	45.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	45.0	
		7.0-9.9	45.0	

ตารางที่ ๓-4 คาคการณ์ปริมาณสารส้มที่ใช้ของแบบจำลองที่ 4

ความขุ่นน้ำดิบ (เฮ็นทียู)	pH น้ำดิบ	ความขุ่นน้ำก่อน กรอง (เฮ็นทียู)	pH น้ำก่อน กรอง	ปริมาณสารส้ม (มก./ล.)
10.1-40.0	6.1-7.0	4.0-6.9	6.5-8.5	40.0
		7.0-9.9		40.0
	7.1-8.0	4.0-6.9		35.0
		7.0-9.9		35.0
	8.1-9.0	4.0-6.9		35.0
		7.0-9.9		35.0
40.1-70.0	6.1-7.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
70.1-100.0	6.1-7.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	

ตารางที่ ๓-5 คาคการณ์ปริมาณสารส้มที่ใช้ของแบบจำลองที่ 5

ความขุ่นน้ำดิบ (เฮ็นทียู)	pH น้ำดิบ	ความขุ่นน้ำก่อน กรอง (เฮ็นทียู)	pH น้ำก่อน กรอง	ปริมาณสารส้ม (มก./ล.)
10.1-40.0	6.1-7.0	4.0-6.9	6.5-8.5	30.0
		7.0-9.9		30.0
	7.1-8.0	4.0-6.9		40.0
		7.0-9.9		40.0
	8.1-9.0	4.0-6.9		40.0
		7.0-9.9		40.0
40.1-70.0	6.1-7.0	4.0-6.9	30.0	
		7.0-9.9	30.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
70.1-100.0	6.1-7.0	4.0-6.9	30.0	
		7.0-9.9	30.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	



ตารางที่ ฅ-6 คาคการฅปริมาณสารสัฅที่ใ้ของแบบจ้าลองที่ 6

ความขุ่นน้ำดิบ (เอันทียู)	pH น้ำดิบ	ความขุ่นน้ำก่อน กรอง (เอันทียู)	pH น้ำก่อน กรอง	ปริมาณสารสัฅ (มก./ล.)
10.1-40.0	6.1-7.0	4.0-6.9	6.5-8.5	25.0
		7.0-9.9		25.0
	7.1-8.0	4.0-6.9		30.0
		7.0-9.9		30.0
	8.1-9.0	4.0-6.9		30.0
		7.0-9.9		30.0
40.1-70.0	6.1-7.0	4.0-6.9	25.0	
		7.0-9.9	25.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	30.0	
		7.0-9.9	30.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	30.0	
		7.0-9.9	30.0	
70.1-100.0	6.1-7.0	4.0-6.9	30.0	
		7.0-9.9	30.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	35.0	
		7.0-9.9	35.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	30.0	
		7.0-9.9	30.0	

ตารางที่ ๗-7 คาคการณ์ปริมาณสารส้มที่ใช้ของแบบจำลองที่ 7

ความขุ่นน้ำดิบ (เฮ็นทียู)	pH น้ำดิบ	ความขุ่นน้ำก่อน กรอง (เฮ็นทียู)	pH น้ำก่อน กรอง	ปริมาณสารส้ม (มก./ล.)
10.1-40.0	6.1-7.0	4.0-6.9	6.5-8.5	25.0
		7.0-9.9		25.0
	7.1-8.0	4.0-6.9		30.0
		7.0-9.9		30.0
	8.1-9.0	4.0-6.9		30.0
		7.0-9.9		30.0
40.1-70.0	6.1-7.0	4.0-6.9	30.0	
		7.0-9.9	30.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	30.0	
		7.0-9.9	30.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	30.0	
		7.0-9.9	30.0	
70.1-100.0	6.1-7.0	4.0-6.9	30.0	
		7.0-9.9	30.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	35.0	
		7.0-9.9	35.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	30.0	
		7.0-9.9	30.0	

ตารางที่ ฅ-8 คาคการฅปริมาณสารสัฅที่ใ้ของแบบจ้ลองที่ 8

ความขุ่นน้ำดิบ (เ็นทียู)	pH น้ำดิบ	ความขุ่นน้ำก่อน กรอง (เ็นทียู)	pH น้ำก่อน กรอง	ปริมาณสารสัฅ (มก./ล.)
10.1-40.0	6.1-7.0	4.0-6.9	6.5-8.5	40.0
		7.0-9.9		40.0
	7.1-8.0	4.0-6.9		40.0
		7.0-9.9		40.0
	8.1-9.0	4.0-6.9		40.0
		7.0-9.9		40.0
40.1-70.0	6.1-7.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
70.1-100.0	6.1-7.0	4.0-6.9	45.0	
		7.0-9.9	45.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	45.0	
		7.0-9.9	45.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	45.0	
		7.0-9.9	45.0	

ตารางที่ ๓-๑ คัดการณ์ปริมาณสารส้มที่ใช้ของแบบจำลองที่ ๑

ความขุ่นน้ำดิบ (เอ็นทียู)	pH น้ำดิบ	ความขุ่นน้ำก่อน กรอง (เอ็นทียู)	pH น้ำก่อน กรอง	ปริมาณสารส้ม (มก./ล.)
10.1-40.0	6.1-7.0	4.0-6.9	6.5-8.5	20.0
		7.0-9.9		20.0
	7.1-8.0	4.0-6.9		20.0
		7.0-9.9		20.0
	8.1-9.0	4.0-6.9		20.0
		7.0-9.9		20.0
40.1-70.0	6.1-7.0	4.0-6.9	20.0	
		7.0-9.9	20.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	20.0	
		7.0-9.9	20.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	20.0	
		7.0-9.9	20.0	
70.1-100.0	6.1-7.0	4.0-6.9	20.0	
		7.0-9.9	20.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	25.0	
		7.0-9.9	25.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	25.0	
		7.0-9.9	25.0	

ตารางที่ ฅ-10 คาคการฅปริมาณสารสัฅที่ใ้ของแบบจำลองที่ 10

ความขุฅน้ำดิบ (เ็นทียู)	pH น้ำดิบ	ความขุฅน้ำกัอง กรอง (เ็นทียู)	pH น้ำกัอง กรอง	ปริมาณสารสัฅ (มก./ล.)
10.1-40.0	6.1-7.0	4.0-6.9	6.5-8.5	40.0
		7.0-9.9		40.0
	7.1-8.0	4.0-6.9		40.0
		7.0-9.9		40.0
	8.1-9.0	4.0-6.9		40.0
		7.0-9.9		40.0
40.1-70.0	6.1-7.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	40.0	
		7.0-9.9	40.0	
70.1-100.0	6.1-7.0	4.0-6.9	45.0	
		7.0-9.9	45.0	
	7.1-8.0	4.0-6.9	45.0	
		7.0-9.9	45.0	
	8.1-9.0	4.0-6.9	45.0	
		7.0-9.9	45.0	

ภาคผนวก ญ การคำนวณการประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง  
สำหรับการลดปริมาณสารสัมผัส



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปริมาณสารส้มที่ใช้ ดังนี้

1. โรงผลิตน้ำประปาหนองประจักษ์ ได้แก่
 

อัตราสูบน้ำดิบ	เท่ากับ 350 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
อัตราการจ่ายใช้สารส้ม	เท่ากับ 134 ลิตรต่อชั่วโมง
ชั่วโมงสูบน้ำดิบ	เท่ากับ 24 ชั่วโมง
ปริมาณถังหมัก	เท่ากับ 2,880 ลิตร
2. โรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน ได้แก่
 

อัตราสูบน้ำดิบ	เท่ากับ 1,900 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
อัตราการจ่ายใช้สารส้ม	เท่ากับ 393 ลิตรต่อชั่วโมง
ชั่วโมงสูบน้ำดิบ	เท่ากับ 24 ชั่วโมง
ปริมาณถังหมัก	เท่ากับ 9,420 ลิตร
3. โรงผลิตน้ำประปาบ้านนิคม ได้แก่
 

อัตราสูบน้ำดิบ	เท่ากับ 1,700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
อัตราการจ่ายใช้สารส้ม	เท่ากับ 500 ลิตรต่อชั่วโมง
ชั่วโมงสูบน้ำดิบ	เท่ากับ 24 ชั่วโมง
ปริมาณถังหมัก (2 ถัง ถังละ 6,000 ลิตร)	เท่ากับ 12,000 ลิตร

### ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารส้มที่ใช้ในโรงผลิตน้ำประปาบ้านถ่อน

ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม (ค่าจริง) เท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ข้อมูลจากรายงานการกำกับและติดตามผลการจ่ายสารเคมีประจำวันและการทำจารีเทส

ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม (ค่าทำนาย) เท่ากับ 18.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ข้อมูลจากการรันแบบจำลองจากโปรแกรม RapidMiner V.9.2

คำนวณหาค่าความเข้มข้นสารละลายในถังหมักสารส้ม (ทั้งค่าจริงและทำนาย) ด้วยสูตร ดังนี้

$$\text{ความเข้มข้นสารละลายในถังหมัก} = \frac{\text{ปริมาณสารส้ม(กก./ล.)} \times \text{อัตราสูบน้ำดิบ(ลบ.ม./ชม.)}}{\text{อัตราการจ่ายสารส้ม(ล./ชม.)}} \times 100$$

1000

$$\text{ความเข้มข้นสารละลายในถังหมัก (ใช้จริง)} = \frac{20 \times 10^{-6} \times 1,900}{393} \times 100 = \text{ร้อยละ } 9.55$$

$$\text{ความเข้มข้นสารละลายในถังหมัก (ทำนาย)} = \frac{18.3 \times 10^{-6} \times 1,900}{393} \times 100 = \text{ร้อยละ } 8.73$$

คำนวณหาปริมาณการใช้สารส้ม (กิโลกรัมต่อวัน) (ทั้งค่าใช้จริงและค่าทำนาย) ด้วยสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณการใช้สารส้ม(กก./ วัน)} = \frac{\text{ความเข้มข้นสารละลายในถังหมัก(ร้อยละ)}}{\text{ปริมาณถังหมัก(ล.)}} \times 100$$

$$\text{ปริมาณการใช้สารส้ม (ใช้จริง)} = \frac{9.55 \times 9,420}{100} = 900 \text{ กิโลกรัมต่อวัน}$$

$$\text{ปริมาณการใช้สารส้ม (ทำนาย)} = \frac{8.73 \times 9,420}{100} = 823 \text{ กิโลกรัมต่อวัน}$$

สามารถสรุปได้ว่า เมื่อนำแบบจำลองการทำนายปริมาณสารส้มที่ใช้จากโปรแกรม RapidMiner V.9.2 มีค่าน้อยกว่าค่าปริมาณสารส้มที่ใช้จริง ซึ่งสามารถลดลงได้ถึง 77 กิโลกรัมต่อวัน หรือ 475.42 บาทต่อวัน



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายจันทวัฒน์ ละชินลา
วัน เดือน ปี เกิด	5 กันยายน 2534
สถานที่เกิด	อุดรธานี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2546-2549 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล จังหวัดอุดรธานี พ.ศ. 2549-2552 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนอุดรพิชัยรัชัษพิทยา จังหวัดอุดรธานี พ.ศ. 2552-2556 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 95/1 หมู่ 6 ตำบลปะโค อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี 41250
ที่อยู่ปัจจุบัน	Lachinla,J. and Chawakitchareon, P. 2019. Chemical Dosage Prediction for Water Supply System of Udonthani Thailand using Data Mining Software. The 6th Environmental Technology and Management Conference, 165.
ผลงานตีพิมพ์	จันทวัฒน์ ละชินลา และ เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ, การลดปริมาณการใช้สารส้มในระบบผลิตน้ำประปาและวิเคราะห์ความอ่อนไหว โดยใช้โปรแกรมเหมืองข้อมูล กรณีศึกษาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอุดรธานี. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมประจำปี ครั้งที่ 31 สวสท.'62, 125-132.