



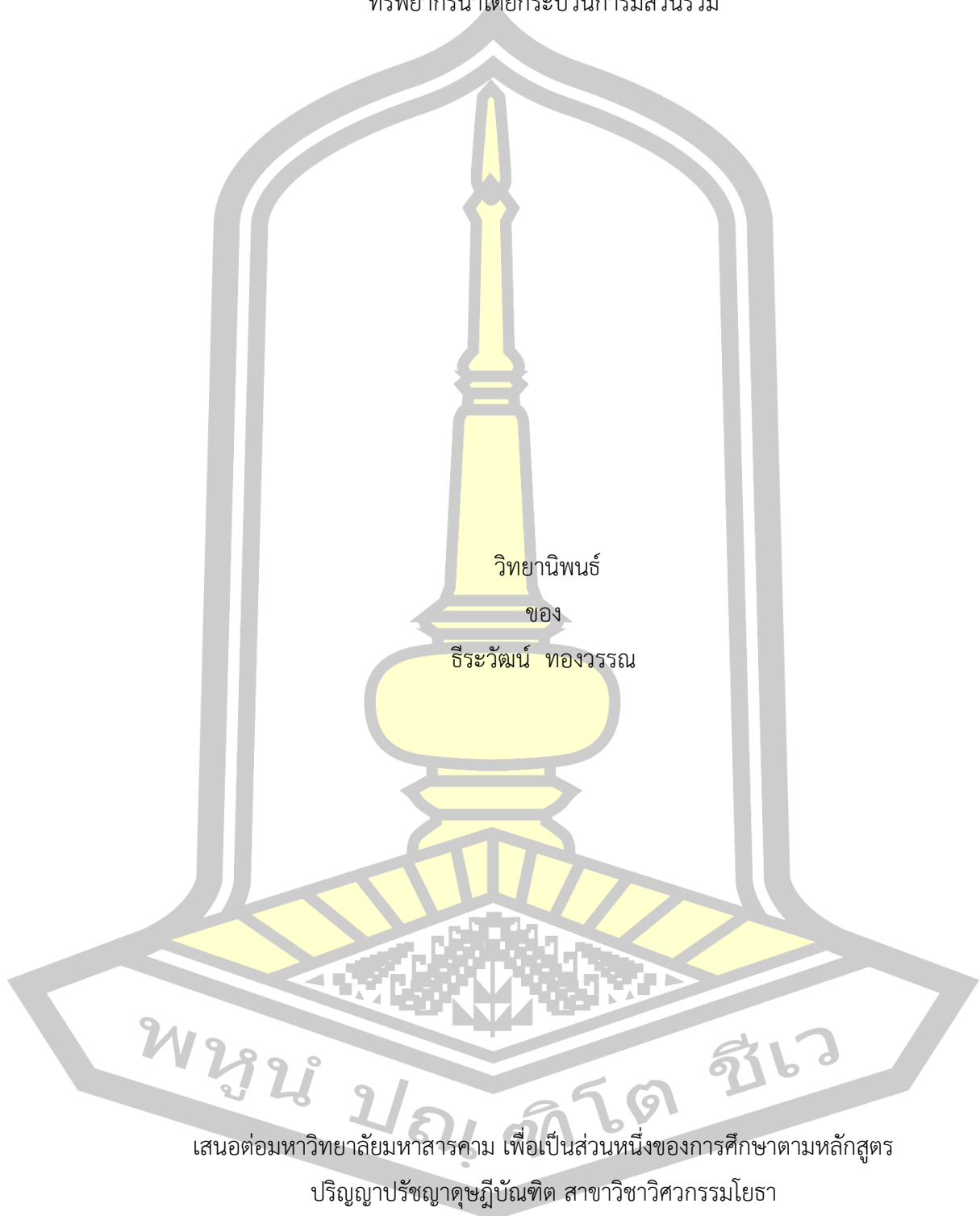
ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการบริหารจัดการ
ทรัพยากรน้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

วิทยานิพนธ์
ของ
ธีระวัฒน์ ทองวรรณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
เมษายน 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการบริหารจัดการ
ทรัพยากรน้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

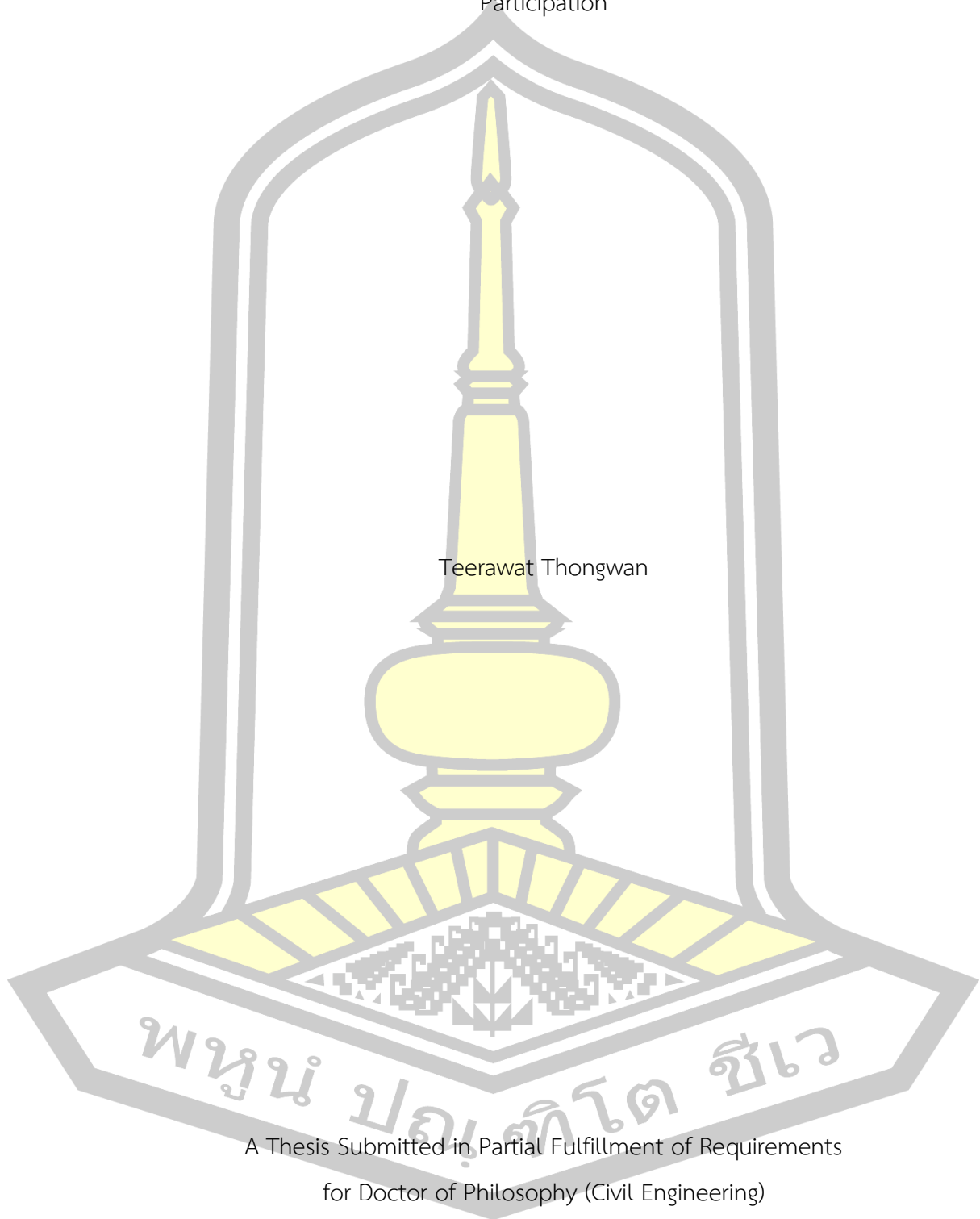


วิทยานิพนธ์
ของ
ธีระวัฒน์ ทองวรรณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
เมษายน 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Impact of Climate and Land Use Changes on Water Resources Management by Public
Participation



Teerawat Thongwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Doctor of Philosophy (Civil Engineering)

April 2019

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายธีระวัฒน์ ทองวรรณ
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา
วิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. กิตติเวช ชันติยวิชัย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. รัตนา หอมวิเชียร)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. อลงกรณ์ ละม่อม)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. ศีวา แก้วปลั่ง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(รศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)

(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พูน ปนฺตฺโต ชิว

ชื่อเรื่อง	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อ การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม		
ผู้วิจัย	ธีระวัฒน์ ทองวรรณ		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง		
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมในพื้นที่ด้านเหนืออ่างและด้านท้ายอ่างของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกและอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน จังหวัดยโสธร โดยคาดการณ์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคต 50 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2561 - 2610 โดยใช้แบบจำลอง SWAT ร่วมกับการจำลองสภาพภูมิอากาศระดับภูมิภาคด้วยแบบจำลอง PRECIS ภายใต้สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ B2 พิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตด้วยแบบจำลอง CA Markov แบบปกติและแบบผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม รวมถึงการประมาณความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำทั้งการใช้น้ำในปัจจุบันแบบปกติและแบบมีกระบวนการมีส่วนร่วมโดยใช้แบบสอบถามตอบกลับเป็นเครื่องมือในกระบวนการมีส่วนร่วมของกลุ่มประชากรตัวอย่าง นอกจากนี้แล้วยังดำเนินการปรับปรุงโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) ที่เชื่อมต่อกับแบบจำลองเลียนแบบอ่างเก็บน้ำ พร้อมทั้งสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าอดีตจำนวน 1,000 ชุดข้อมูล เพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน ซึ่งแสดงในรูปแบบความถี่ ช่วงเวลา ปริมาณน้ำเฉลี่ยและมากที่สุด ทั้งในสถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้น

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำท่าในอนาคตที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าในอดีต ส่วนอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนปริมาณน้ำท่าในอนาคตที่ไหลเข้าอ่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าในอดีต และยังพบว่าปริมาณน้ำท่าในอนาคตที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำกรณีสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ B2 ร่วมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตจากแบบจำลอง CA Markov แบบมีส่วนร่วมมีปริมาณที่สูงกว่ากรณีสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ B2 ร่วมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตแบบไม่มีส่วนร่วมอย่างไม่มีนัยสำคัญทั้งสองอ่าง ส่วนการประมาณความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมทั้งสองอ่าง พบว่า

มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นเฉพาะในด้านเกษตรกรรม สำหรับผลการปรับปรุงโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมด้วยเทคนิค GA พบว่าสามารถบรรเทาทั้งสถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน ทั้งในกรณีปริมาณน้ำท่าอนาคตแบบปกติและน้ำท่าอนาคตแบบมีกระบวนการมีส่วนร่วม รวมถึงสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำในปัจจุบัน ความต้องการใช้น้ำทำอ่างแบบมีกระบวนการมีส่วนร่วม และกรณีที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าอดีตสังเคราะห์ 1,000 ชุดข้อมูล โดยสรุปการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมในพื้นที่ด้านเหนืออ่างและด้านท้ายอ่างของอ่างเก็บน้ำ และพิจารณาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและการใช้ประโยชน์ที่ดินจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการบริหารจัดการแบบเดิม

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน, แบบจำลองทางอุทกวิทยา, กระบวนการมีส่วนร่วม, โค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ



TITLE Impact of Climate and Land Use Changes on Water Resources Management by Public Participation

AUTHOR Teerawat Thongwan

ADVISORS Associate Professor Anongrit Kangrang , Ph.D.

DEGREE Doctor of Philosophy **MAJOR** Civil Engineering

UNIVERSITY Mahasarakham **YEAR** 2019
University

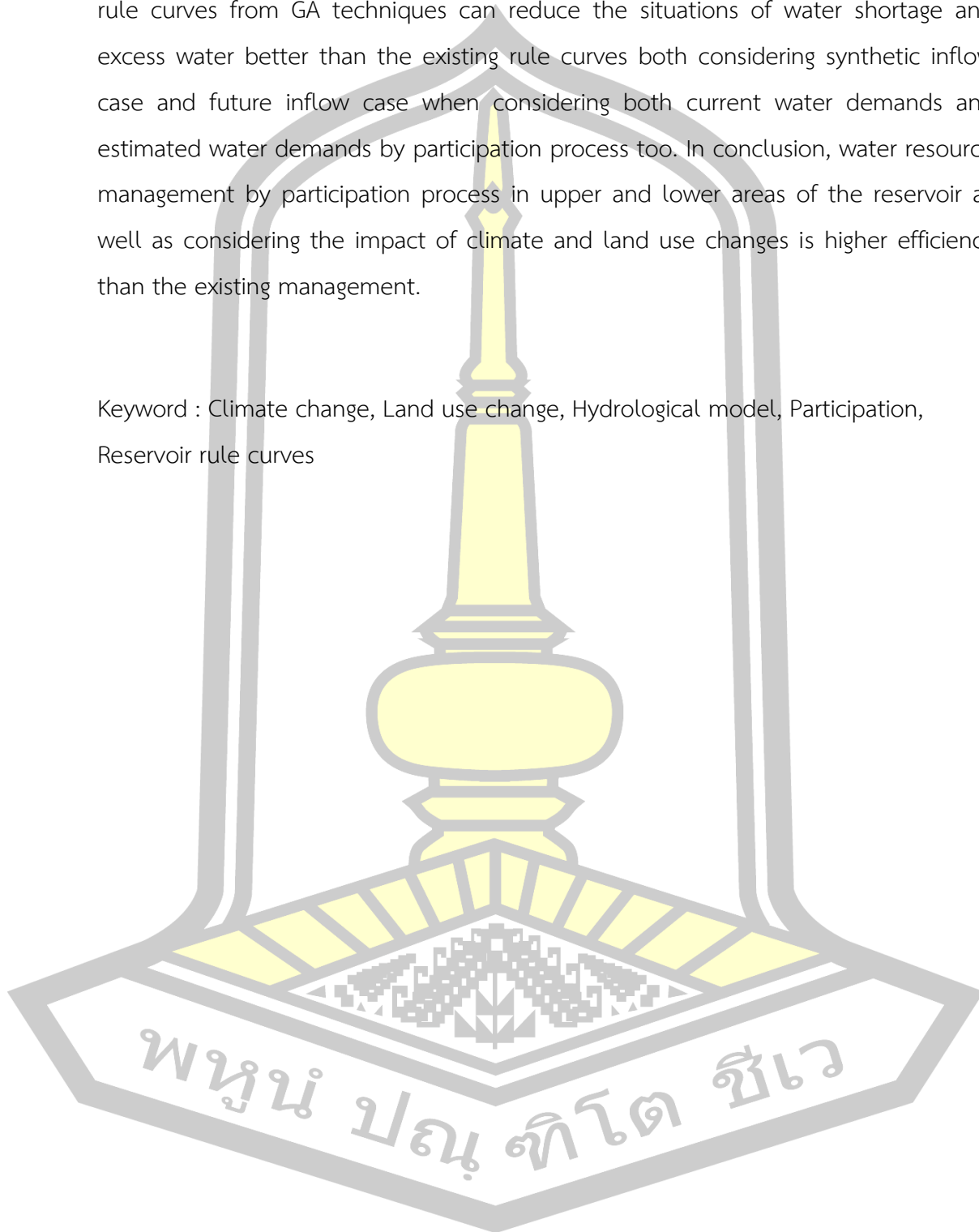
ABSTRACT

This objective of this study was to assess the impact of climate and land use changes on water resources management considering participation process in upper and lower reservoir areas of the Huay Sabag and Huay Lingjone reservoirs, Yasothon province. The 50 years of future inflow into reservoirs during 2018 – 2067 were estimated by using the SWAT model with the PRECIS regional climate model of B2 emission scenario and the land use data upper the reservoir from the CA Markov model both adjusted land use by participation process type and without adjusted type. Furthermore, the downstream water demands from reservoir were estimated both the current case and participation case by using questionnaires. Another objective was to improve reservoir rule curves by applying genetic algorithm (GA) technique connected to reservoir simulation model for searching optimal rule curves. In addition, 1,000 samples of synthetic inflow were used to evaluate the efficiency of the obtained rule curves and the existing rule curves, that presenting in terms of frequency, magnitude and duration of water shortage and excess water.

The results found that the future inflows into the Huay Sabag reservoir were decreased whereas the future inflows into the Huay Lingjone reservoir were increased as compared with the historic inflows. The results also found that future inflow from the case of using CA Markov adjusting by participation process were higher than the future inflow from the case of using CA Markov without adjusting insignificantly for both reservoirs. The estimated downstream demands form both

reservoirs were increased in agricultural sector only. Furthermore, the new obtained rule curves from GA techniques can reduce the situations of water shortage and excess water better than the existing rule curves both considering synthetic inflow case and future inflow case when considering both current water demands and estimated water demands by participation process too. In conclusion, water resource management by participation process in upper and lower areas of the reservoir as well as considering the impact of climate and land use changes is higher efficiency than the existing management.

Keyword : Climate change, Land use change, Hydrological model, Participation, Reservoir rule curves



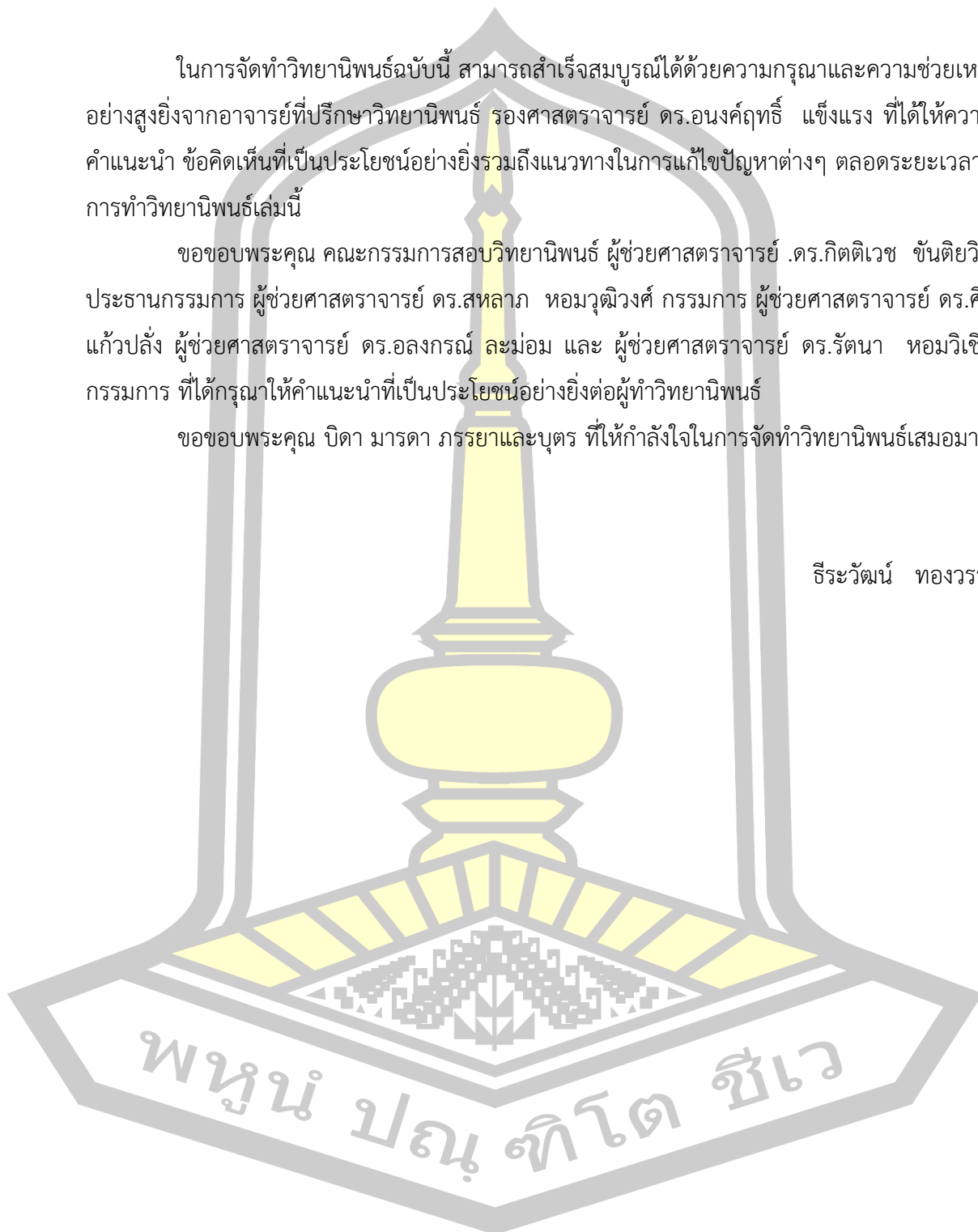
กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งรวมถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ .ดร.กิตติเวช ชันติวิชัย ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สพลาภ หอมวุฒิมังค์ กรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวา แก้วปลั่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ ละม่อม และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนา หอมวิเชียร กรรมการ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้ทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ภรรยาและบุตร ที่ให้กำลังใจในการจัดทำวิทยานิพนธ์เสมอมา

ธีระวัฒน์ ทองวรรณ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญภาพประกอบ.....	ธ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	7
2.2 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CA Markov.....	15
2.3 แบบจำลองด้านอุทกวิทยา.....	19
2.4 ความต้องการใช้น้ำ (Water Demand).....	34
2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการมีส่วนร่วม.....	42
2.6 การมีส่วนร่วมของภาคประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ.....	46
2.7 การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ.....	49
2.8 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม.....	53
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	57

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	67
3.1 พื้นที่ศึกษา	67
3.1.1 อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	69
3.1.2 อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	71
3.2 เก็บรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล	74
3.3 คาดการณ์สภาพอุตุนิยมวิทยาและปริมาณฝนในอนาคต ด้วยแบบจำลอง PRECIS	75
3.4 การสร้างแผนที่ข้อมูลการใช้ที่ดินในอนาคต	79
3.5 ปรับแผนที่ข้อมูลการใช้ที่ดิน ด้วยกระบวนการมีส่วนร่วม	79
3.6 การประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ ด้วยแบบจำลอง SWAT	82
3.7 การคำนวณความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำ	85
3.8 การประยุกต์ใช้ GA สำหรับการสร้างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ	91
บทที่ 4 ผลการศึกษา	96
4.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	96
4.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov	102
4.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT	118
4.3.5 ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในปีอนาคต	130
4.4 ผลความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกทั้งกรณีปัจจุบัน และกรณีใช้กระบวนการมีส่วนร่วม	136
4.4.1 ความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำกรณีปัจจุบัน	136
4.4.2 ผลการประมาณความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะ แบกกรณีใช้กระบวนการมีส่วนร่วม	155
4.5 ผลการศึกษาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่พัฒนาด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA)	178
4.6 ผลการประเมินประสิทธิภาพระหว่างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันกับโค้ง ควบคุมที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA)	187

4.6.1	กรณีน้ำท่าอดีดีร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	188
4.6.2	กรณีน้ำท่าอดีดีร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม	196
4.6.3	กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี กรณีการเปลี่ยนแปลงของ ก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	203
4.6.4	กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ. 2561- 2610 จำนวน 50 ปี กรณีการเปลี่ยนแปลงของ ก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม	206
4.6.5	กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี โดยกระบวนการมีส่วนร่วม กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน .	209
4.6.6	กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี โดยกระบวนการมีส่วนร่วม กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดย กระบวนการมีส่วนร่วม	212
4.7	ผลการศึกษาโคงควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่พัฒนาด้วยเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ (Flower Pollination Algorithm : FPA)	216
4.8	ผลการประเมินประสิทธิภาพระหว่างโคงควบคุมอ่างเก็บน้ำเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันกับโคง ควบคุมที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ (FPA)	225
4.8.1	กรณีน้ำท่าอดีดีร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	226
4.8.2	กรณีน้ำท่าอดีดีร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม	233
4.8.3	กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี กรณีการเปลี่ยนแปลงของ ก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	240
4.8.4	กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี กรณีการเปลี่ยนแปลงของ ก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม	243
4.8.5	กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี โดยกระบวนการมีส่วนร่วม กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน .	246
4.8.6	กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี โดยกระบวนการมีส่วนร่วม กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดย กระบวนการมีส่วนร่วม	249
บทที่ 5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	253

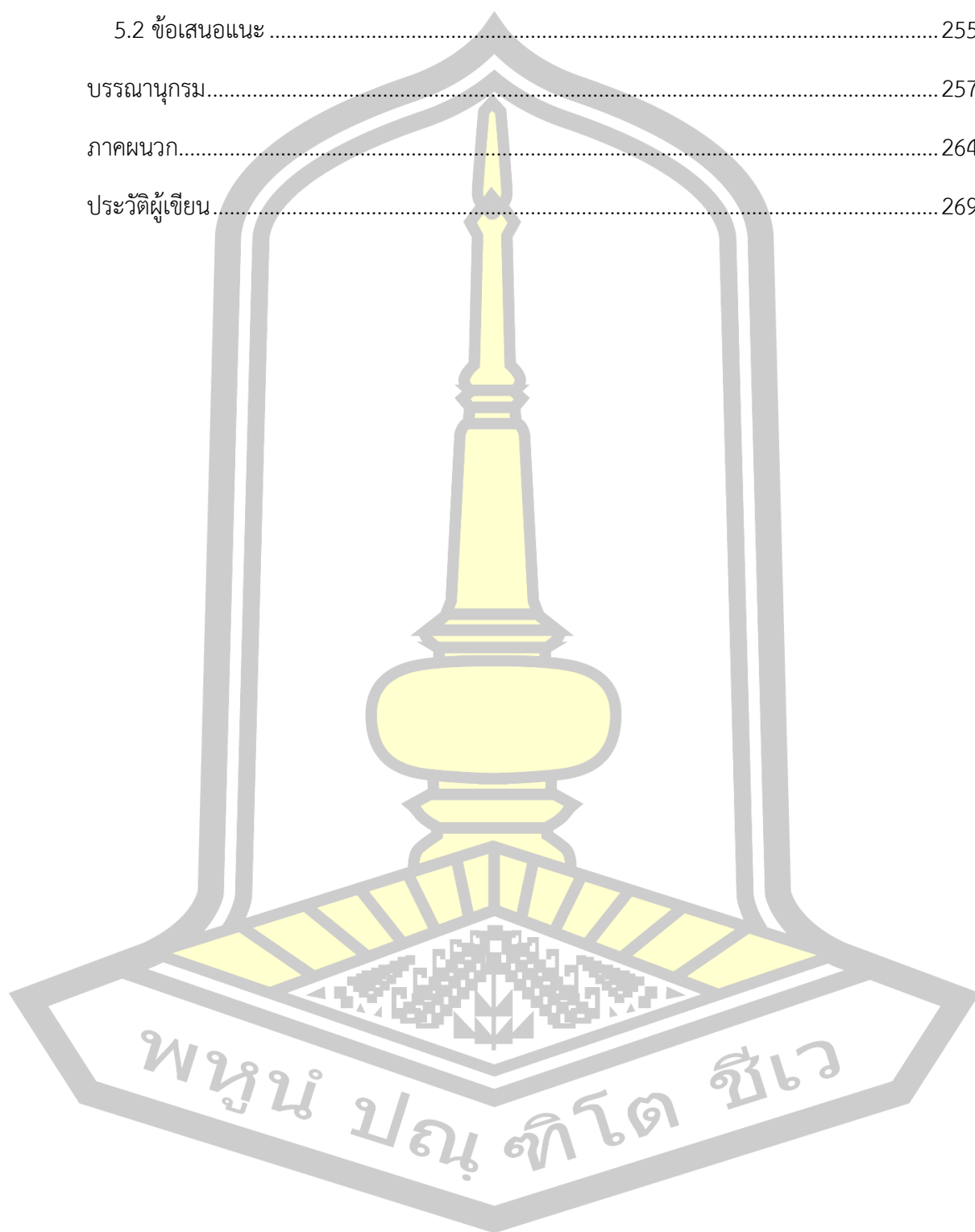
5.1 สรุปผล.....253

5.2 ข้อเสนอแนะ255

บรรณานุกรม.....257

ภาคผนวก.....264

ประวัติผู้เขียน.....269



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2. 1 การประยุกต์เกณฑ์ความหนาแน่นน้อยสุดเครือข่ายสถานีวัดน้ำฝน สำหรับประเทศไทย.....	28
ตาราง 2. 2 ปริมาณการใช้น้ำในเขตพื้นที่ต่างๆ.....	35
ตาราง 2. 3 อัตราการใช้น้ำด้านอุตสาหกรรม.....	36
ตาราง 2. 4 อัตราการใช้น้ำและจำนวนวันที่ใช้เลี้ยงสัตว์.....	37
ตาราง 2. 5 ตัวอย่างของค่าสัมประสิทธิ์พีชเฉลี่ยตลอดอายุที่ได้จากผลการทดลอง.....	41
ตาราง 3. 1 ปริมาณน้ำเก็บกักของโครงการชลประทานขนาดกลางของจังหวัดยโสธร ปี 2554 - 2559.....	69
ตาราง 3. 2 พื้นที่การใช้ประโยชน์ของโครงการชลประทานขนาดกลางของจังหวัดยโสธรปี 2554 - 2559.....	69
ตาราง 3. 3 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจาก PRECIS ที่ใช้ในการศึกษา.....	75
ตาราง 3. 4 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก.....	81
ตาราง 3. 5 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน.....	81
ตาราง 3. 6 ความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำกรณีปัจจุบันอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (ล้านลูกบาศก์เมตร).....	87
ตาราง 3. 7 ความต้องการใช้น้ำรวมพื้นที่ทำอ่างเก็บน้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ล้านลูกบาศก์เมตร).....	88
ตาราง 3. 8 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน.....	90
ตาราง 3. 9 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก.....	91
ตาราง 4. 1 ค่าคงที่ C สำหรับการปรับลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลสภาพภูมิอากาศจาก PRECIS กรณี B297	
ตาราง 4. 2 ผลการปรับเทียบและสอบเทียบข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540 - 2560 จากสถานีตรวจวัดเปรียบเทียบกับ PRECIS กรณี B2.....	98

หน้า

ตาราง 4. 3 ผลการปรับเทียบและสอบเทียบข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540 - 2560 จากสถานีตรวจวัดเปรียบเทียบกับ PRECIS กรณี B2.....	99
ตาราง 4. 4 ชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	103
ตาราง 4. 5 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ที่สร้างจาก CA Markov พื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก.....	104
ตาราง 4. 6 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ที่สร้างจาก CA Markov พื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน.....	104
ตาราง 4. 7 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 (หน่วย : ตร.กม.).....	106
ตาราง 4. 8 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 (หน่วย : ตร.กม.).....	107
ตาราง 4. 9 จำนวนร้อยละของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มตัวอย่าง.....	110
ตาราง 4. 10 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับการมีส่วนร่วมส่วนของกลุ่มตัวอย่าง อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก.....	111
ตาราง 4. 11 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 (หน่วย : ตร.กม.).....	113
ตาราง 4. 12 จำนวนร้อยละของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มตัวอย่าง.....	115
ตาราง 4. 13 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับการมีส่วนร่วมส่วนของกลุ่มตัวอย่าง อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน.....	115
ตาราง 4. 14 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 (หน่วย : ตร.กม.).....	117
ตาราง 4. 15 ค่าพารามิเตอร์ความอ่อนไหวสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก.....	120
ตาราง 4. 16 ค่าพารามิเตอร์ความอ่อนไหวสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน.....	120
ตาราง 4. 17 ค่าดัชนีสำหรับประเมินความแม่นยำของผลการคำนวณจากแบบจำลอง SWAT.....	121
ตาราง 4. 18 ค่าดัชนีสำหรับประเมินความแม่นยำของผลการคำนวณจากแบบจำลอง SWAT.....	122

ตาราง 4. 19 ปริมาณน้ำท่ารวมเฉลี่ยต่อปี	123
ตาราง 4. 20 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนปีคาดการณ์และปีฐานตามช่วงฤดูกาล	124
ตาราง 4. 21 ปริมาณน้ำท่ารวมเฉลี่ยต่อปี	127
ตาราง 4. 22 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนปีคาดการณ์และปีฐานตามช่วงฤดูกาล	128
ตาราง 4. 23 ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 กรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม	131
ตาราง 4. 24 ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 กรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม	133
ตาราง 4. 25 ระยะเวลาเพาะปลูกพืช ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	137
ตาราง 4. 26 ระยะเวลาเพาะปลูกพืช ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	138
ตาราง 4. 27 ปริมาณการใช้น้ำรายเดือนของพืช อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	139
ตาราง 4. 28 ปริมาณการใช้น้ำรายเดือนของพืช อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	141
ตาราง 4. 29 ปริมาณการใช้น้ำรายเดือนของพืช อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	143
ตาราง 4. 30 ปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	144
ตาราง 4. 31 ปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	145
ตาราง 4. 32 ปริมาณความต้องการใช้น้ำอุปโภค-บริโภค อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	148
ตาราง 4. 33 ปริมาณความต้องการใช้น้ำอุปโภค-บริโภค อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	149
ตาราง 4. 34 ปริมาณความต้องการใช้น้ำสัตว์แต่ละชนิด อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	151
ตาราง 4. 35 ปริมาณความต้องการใช้น้ำสัตว์แต่ละชนิด อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	152
ตาราง 4. 36 ความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำกรณีน้ำปัจจุบันกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร)	154
ตาราง 4. 37 จำนวนร้อยละเกี่ยวกับสภาพของผู้กลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	155

ตาราง 4. 38 จำนวนร้อยละเกี่ยวกับสถานภาพของผู้กลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	159
ตาราง 4. 39 ความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำด้านการเกษตรรายเดือนโดยกระบวนการมีส่วนร่วมบริหารจัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน.....	164
ตาราง 4. 40 ความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำด้านการเกษตรรายเดือนโดยกระบวนการมีส่วนร่วมบริหารจัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก.....	165
ตาราง 4. 41 ความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำด้านอุปโภค-บริโภคเดือนโดยกระบวนการมีส่วนร่วมบริหารจัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	166
ตาราง 4. 42 ความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำด้านอุปโภค-บริโภคเดือน โดยกระบวนการมีส่วนร่วมบริหารจัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	167
ตาราง 4. 43 ความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำด้านปศุสัตว์รายเดือน โดยกระบวนการมีส่วนร่วมบริหารจัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน.....	168
ตาราง 4. 44 ความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำด้านปศุสัตว์รายเดือน โดยกระบวนการมีส่วนร่วมบริหารจัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำสะแบก	169
ตาราง 4. 45 ความต้องการใช้น้ำท้ายอ่างเก็บน้ำกรณีมีส่วนร่วมกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร).....	170
ตาราง 4. 46 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับการมีส่วนร่วมส่วนบริหารจัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	171
ตาราง 4. 47 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับการมีส่วนร่วมส่วนบริหารจัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก.....	174
ตาราง 4. 48 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนใน เดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	189
ตาราง 4. 49 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหล ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน สังเคราะห์ข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน.....	191

หน้า

ตาราง 4. 77 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน	248
ตาราง 4. 78 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม	250
ตาราง 4. 79 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม	251



สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 2.1 ภาพระบบแบบจำลองโลก.....	9
ภาพประกอบ 2.2 ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตจากรายงานของ IPC	14
ภาพประกอบ 2.3 ตำแหน่งของเซลล์แวดล้อมทั้ง 8 หรือ 3x3 neighborhood	16
ภาพประกอบ 2.4 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาตามกฎการเปลี่ยนแปลง.....	17
ภาพประกอบ 2.5 กฎการมีชีวิต และการตายของเซลล์ ตามทฤษฎี “Game of life”	17
ภาพประกอบ 2.6 วัฏจักรของอุทกวิทยา	20
ภาพประกอบ 2.7 เกณฑ์การติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝน	23
ภาพประกอบ 2.8 ตัวอย่างวิธีหาค่าเฉลี่ยน้ำฝน แบบ Arithmetic mean.....	25
ภาพประกอบ 2.9 ตัวอย่างวิธีหาค่าเฉลี่ยน้ำฝนแบบ Thiessen method.....	26
ภาพประกอบ 2.10 ตัวอย่างวิธีหาค่าเฉลี่ยน้ำฝนแบบ Isohytal method	27
ภาพประกอบ 2.11 แนวคิดการเกิดน้ำท่าในแบบจำลอง SWAT.....	30
ภาพประกอบ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดินกับน้ำฝนรายวันและค่า CN... 32	
ภาพประกอบ 2.13 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม.....	44
ภาพประกอบ 2.14 การแบ่งปริมาตรอ่างเก็บน้ำ.....	50
ภาพประกอบ 2.15 เกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน	52
ภาพประกอบ 2.16 ตัวอย่างโครโมโซมที่ประกอบด้วยยีน 4 ตัว โดยยีนแต่ละตัวจะประกอบด้วย....	54
ภาพประกอบ 2.17 รูปแบบของการแลกเปลี่ยนยีน.....	55
ภาพประกอบ 2.18 ขั้นตอนการทำงานของ GA	56
ภาพประกอบ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	67
ภาพประกอบ 3.2 พื้นที่ศึกษา อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก และอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน.....	68
ภาพประกอบ 3.3 แผนผังการไหล ลุ่มน้ำลำเซบาย.....	68

ภาพประกอบ 3.4 ที่ตั้งอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	70
ภาพประกอบ 3.5 โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	71
ภาพประกอบ 3.6 ที่ตั้งอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	72
ภาพประกอบ 3.7 โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	73
ภาพประกอบ 3.8 ตำแหน่งพิกัดกริดจำนวน 8 จุด ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ	76
ภาพประกอบ 3.9 การเข้าร่วมรับฟังความคิดเห็นของประชาชน	80
ภาพประกอบ 3.10 ให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้มีส่วนร่วม	80
ภาพประกอบ 3.11 ทหารเรือและเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนร่วมได้แสดงความคิดเห็น	81
ภาพประกอบ 3.12 ขั้นตอนการหาปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองโดยตรง	82
ภาพประกอบ 3.13 ขั้นตอนการหาปริมาณน้ำท่าจากแผนข้อมูลการใช้ที่ดิน	83
ภาพประกอบ 3.14 การประยุกต์ใช้ GA และแบบจำลองเลียนแบบสถานการณ์	92
ภาพประกอบ 4.1 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540-2560 จากสถานีตรวจวัด เปรียบเทียบกับ PRECIS กรณี B2 ก่อนการปรับลดความคลาดเคลื่อน	98
ภาพประกอบ 4.2 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540-2560 จากสถานีตรวจวัด เปรียบเทียบกับ PRECIS กรณี B2 เมื่อปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว	99
ภาพประกอบ 4.3 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540-2560 จากสถานี ตรวจวัดเปรียบเทียบกับ PRECIS กรณี B2 ก่อนการปรับลดความคลาดเคลื่อน	100
ภาพประกอบ 4.4 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540-2560 จากสถานี ตรวจวัดเปรียบเทียบกับ PRECIS กรณี B2 เมื่อปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว	100
ภาพประกอบ 4.5 การเปรียบเทียบปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนปฐฐาน (พ.ศ. 2540-2560) กับปอนาคต (พ.ศ. 2561-2610) ระหว่างสถานีตรวจวัดกับ PRECIS	101
ภาพประกอบ 4.6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนปฐฐาน (พ.ศ. 2540-2560) กับปอนาคต (พ.ศ. 2561-2610) ระหว่างสถานีตรวจวัดกับ PRECIS	101
ภาพประกอบ 4.7 ปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 ที่คำนวณได้ จาก PRECIS กรณี B2	102

หน้า

ภาพประกอบ 4.8 แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (a) แผนที่จริง พ.ศ. 2553 (b) แผนที่จริง พ.ศ. 2558 (c) แผนที่จริง พ.ศ. 2560 และ (d) แผนที่ พ.ศ. 2560 105

ภาพประกอบ 4.9 แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (a) แผนที่จริง พ.ศ. 2553 (b) แผนที่จริง พ.ศ. 2558 (c) แผนที่จริง พ.ศ. 2560 และ (d) แผนที่ พ.ศ. 2560 105

ภาพประกอบ 4.10 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610..... 107

ภาพประกอบ 4.11 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจน ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 108

ภาพประกอบ 4.12 ตัวอย่างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 ที่สร้างจาก CA Markov (ระยะห่าง 7 ปี)..... 108

ภาพประกอบ 4.13 ตัวอย่างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจน ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 ที่สร้างจาก CA Markov (ระยะห่าง 7 ปี)..... 109

ภาพประกอบ 4.14 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 113

ภาพประกอบ 4.15 ตัวอย่างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 ที่สร้างจาก CA Markov (ระยะห่าง 7 ปี)..... 114

ภาพประกอบ 4.16 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจนผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610..... 118

ภาพประกอบ 4.17 ตัวอย่างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจนผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 ที่สร้างจาก CA Markov (ระยะห่าง 7 ปี)..... 118

ภาพประกอบ 4.18 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างข้อมูลจากสถานีตรวจวัดและผลการคำนวณจากแบบจำลองระหว่าง พ.ศ. 2548-2554 อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 121

ภาพประกอบ 4.19 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างข้อมูลจากสถานีตรวจวัดและผลการคำนวณจากแบบจำลองระหว่าง พ.ศ. 2548-2554 อ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจน..... 122

ภาพประกอบ 4.20 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนระหว่างผลการคำนวณจากแบบจำลองปีคาดการณ์และสถานีตรวจวัดปีฐาน อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 125

ภาพประกอบ 4.21 ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง กรณีคาดการณ์จากแบบจำลอง CA-Markov ..	126
ภาพประกอบ 4.22 ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง กรณีคาดการณ์จากแบบจำลอง CA-Markov ..	126
ภาพประกอบ 4.23 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนระหว่างผลการคำนวณจาก แบบจำลองปีคาดการณ์และสถานีตรวจวัดปีฐาน อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน.....	128
ภาพประกอบ 4.24 ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง กรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov.....	129
ภาพประกอบ 4.25 ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง กรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov.....	130
ภาพประกอบ 4.26 ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกในอนาคต กรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม.....	135
ภาพประกอบ 4.27 ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนในอนาคต กรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม.....	135
ภาพประกอบ 4.28 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	179
ภาพประกอบ 4.29 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	181
ภาพประกอบ 4.30 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	182
ภาพประกอบ 4.31 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	185
ภาพประกอบ 4.32 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	217
ภาพประกอบ 4.33 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	219
ภาพประกอบ 4.34 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน	220
ภาพประกอบ 4.35 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก	223
ภาพประกอบ ก. 1 เรียกประชุมผู้มีส่วนร่วม อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน.....	266
ภาพประกอบ ก. 2 เรียกประชุมผู้มีส่วนร่วม อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน.....	266
ภาพประกอบ ก. 3 สำรองการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาจริง.....	267
ภาพประกอบ ก. 4 สำรองการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาจริง.....	267
ภาพประกอบ ก. 5 การให้ความร่วมมือของผู้มีส่วนร่วม	268
ภาพประกอบ ก. 6 การให้ความร่วมมือของผู้มีส่วนร่วม	268

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ทรัพยากรน้ำมีความสำคัญในการดำรงชีวิตเป็นอย่างมากทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม และในปัจจุบันปัญหาที่พบมากเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำก็จะมีปัญหาน้ำท่วมและปัญหาฝนแล้งและมีแนวโน้มการกระจายตัวของปัญหาเกิดขึ้นทุกปีซ้ำๆและก่อให้เกิดความเสียหายทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมเป็นอย่างมาก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วปัญหาเหล่านี้ล้วนมาเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (Global climate change) รวมทั้งส่งผลกระทบต่อปัจจัยทางสภาพอากาศเช่น ปริมาณฝน อุณหภูมิเฉลี่ย ลมมรสุม (เฉลิมรัฐ แสงมณี, 2552) หรือบางพื้นที่ที่มีปริมาณฝนลดลง มีอุณหภูมิสูงขึ้น (Don et al., 2012) และมีอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก คือการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use change) โดยมีสาเหตุจากการเพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็วและความต้องการพื้นที่สำหรับที่อยู่อาศัยหรือแม้กระทั่ง การเกษตรกรรม อุตสาหกรรม เป็นต้น แนวทางการแก้ไขปัญหาทรัพยากรน้ำจะมีทั้งการบริหารจัดการความต้องการน้ำ (Demand management) สำหรับภาคการเกษตรกรรม รวมถึงความต้องการใช้น้ำภาคส่วนอื่นๆ ที่ต้องพิจารณาร่วมกัน เช่น การอุปโภค-บริโภค อุตสาหกรรม การรักษาระบบนิเวศ การประมง การคมนาคมผลักดันน้ำเค็ม ป้องกันน้ำท่วม และการบริหารจัดการน้ำต้นทุน (Supply management) ในแหล่งเก็บน้ำเช่น อ่างเก็บน้ำ แม่น้ำ ลำห้วย หนอง คลอง บึง ในส่วนของการบริหารจัดการน้ำต้นทุนมีทั้งแบบการใช้สิ่งก่อสร้างเช่น การใช้สถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้า การผันน้ำเพื่อมาเติมน้ำในแหล่งน้ำ การเจาะบ่อบาดาล การสร้างแก้มลิง เป็นต้น และอีกแนวทางคือการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ

เครื่องมือที่สำคัญและจำเป็นในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ คือการใช้โค้งกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยทั่วไปในปัจจุบันเน้นความสะดวกและการใช้งานจะประกอบด้วย เส้นกราฟสองเส้นคือ เส้นบน (Upper Rule Curve) และเส้นล่าง (Lower Rule Curve) โค้งทั้งสองเส้นนั้นเป็นเพียงขอบเขตบนและล่างของช่วงการควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเท่านั้น โดยจะพยายามควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำให้ใกล้เคียงขอบเขตบนและล่างมากที่สุดในฤดูฝนและฤดูแล้ง ปัจจุบันข้อมูลทางอุทกวิทยามีการเก็บวิเคราะห์อยู่ตลอดเวลาและมีการปรับปรุงให้ทันสถานการณ์อยู่แล้วนั้นสามารถนำมาเป็นองค์ประกอบช่วยในการตัดสินใจจัดการอ่างเก็บน้ำให้มีความถูกต้องเหมาะสมกับสภาพอุทกวิทยาของธรรมชาติ เช่น ปริมาณน้ำต้นทุนในขณะนั้นๆ ที่ผ่านมา มี

วิธีการที่ใช้ในการศึกษาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการดำเนินการจัดการในงานวิศวกรรมด้านต่างๆ รวมทั้งในด้านวิศวกรรมการจัดสรรน้ำ ได้แก่ เทคนิคการหาค่าเหมาะสมด้วยวิธีการศึกษาเลียนแบบ (Electricity Generating Authority of Thailand-EGAT, 2002; EGAT, 2004) เทคนิคการหาค่าเหมาะสมด้วยวิธีโปรแกรมเชิงพลวัต (Bellman, 1959 Yakowitz, 1982 และ Esogbue, 1989) เทคนิคการหาค่าเหมาะสมด้วยเทคนิคเจนีติกอัลกอริธึม (Chang and Yang, 2002 และ Chaleeraktragoon and Kangrang, 2005) อย่างไรก็ตามเทคนิคต่างๆ เหล่านี้ก็มีข้อจำกัดในการทำงานของตนเอง หากมีเทคนิคการหาค่าความเหมาะสมสูงสุดอันใหม่ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ง่าย และมีความเหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ก็เป็นที่น่าสนใจและน่าศึกษา

เทคนิคการหาค่าความเหมาะสมสูงสุดและการประยุกต์ใช้งานง่ายสะดวกและมีคำตอบแม่นยำซึ่งได้ถูกประยุกต์ใช้แก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรมอย่างแพร่หลายมากมาย การแก้ปัญหาในทางวิศวกรรมโดยใช้เทคนิคการปรับตัวของอาณานิคมผึ้ง (Kumar et al., 2012) กระบวนการเชิงวัฒนธรรมแบบฝูงผึ้งสำหรับการแก้ปัญหาค่าการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด (ชัยยุทธ์ สัมภาวะคุปต์ และคณะ, 2012) การแก้ปัญหาสายงานการผลิตกับระยะเวลาโดยใช้เทคนิคการปรับตัวของอาณานิคมผึ้ง (Jawarneh et al., 2014) อย่างไรก็ตามยังไม่ปรากฏว่ามีการนำมาใช้ในการหาโค้งควบคุมที่เหมาะสม ยิ่งไปกว่านั้นการใช้เทคนิคหาค่าความเหมาะสม จำเป็นต้องใช้ข้อมูลสำคัญในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำมีข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นต้องใช้เช่นความต้องการใช้น้ำทำอย่าง ลักษณะทางกายภาพของอ่าง ปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเป็นต้น การคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเป็นต้น การคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำนิยมใช้แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินสภาพทางอุทกวิทยา ปริมาณน้ำท่า ทั้งในสภาพอดีต ปัจจุบันและการคาดการณ์อนาคต สามารถวิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่และมีระบบที่สลับซับซ้อน (Large-complex watershed) อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพดิน การใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเพิ่มความต้องการน้ำที่สูงขึ้นและการป้องกันน้ำท่วม เป็นต้น เนื่องจากแบบจำลอง SWAT ได้ถูกประยุกต์ให้สามารถใช้ร่วมกับข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) โดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) เช่น แบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM) แผนที่การใช้ที่ดิน (Land use map) และแผนที่จำแนกชนิดของดิน (soil type map) แผนที่ลำน้ำ ร่วมกับข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (Climate data) เช่น อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ SWAT จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาร่วมกับแบบจำลองการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศทั้งในระดับ GCMs และ RCMs เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อระบบอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Chalermrat et al., 2011) การวิเคราะห์คาดการณ์ปริมาณน้ำ

ใช้การเฉลี่ยรายปี เหตุการณ์ภัยแล้ง หรืออุทกภัยในอนาคต (Gosain et al., 2011) การศึกษาปริมาณการไหลของน้ำในแม่น้ำ (Mango et al., 2011) นอกจากนี้แบบจำลองยังสามารถคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเหนืออ่างเก็บน้ำและสภาวะภูมิอากาศในอนาคตด้วย อย่างไรก็ตาม ข้อมูลการใช้ที่ดินในอนาคตที่ใช้เป็นตัวนำเข้าแบบจำลองอาจจะไม่สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริงและเป็นที่ยอมรับของประชาชนในพื้นที่หากมีกระบวนการมีส่วนร่วมเพื่อสร้างรูปแบบการใช้ที่ดินในอนาคต จะทำให้ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT มีความถูกต้องและได้รับการยอมรับและจะทำให้การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำมีความถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

การสร้างแผนที่การใช้ที่ดินในอนาคตนิยมใช้แบบจำลองต่างๆเช่น แบบจำลอง CA Markov ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีความสามารถในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเชิงพื้นที่และเชิงปริมาณ แบบจำลอง CA Markov ยังสามารถสร้างภาพฉายแผนที่การใช้ที่ดินในอนาคตเพื่อศึกษาผลกระทบจากการเพิ่มพื้นที่ชุมชนเมืองต่อสภาพทางอุทกวิทยา โดยใช้ร่วมกับแบบจำลองการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี, อัตราการไหลสูงสุด และโอกาสเกิดน้ำท่วม (Jinkang et al., 2012) แบบจำลองเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในลักษณะของการกระจายพื้นที่ (Distributed model) ทำให้ทราบถึงขนาดและรูปแบบการกระจายการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นโดยแบบจำลอง CA Markov ให้ความแม่นยำในการคาดการณ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงค่อนข้างสูง แต่อย่างไรก็ตามแผนที่การใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองดังกล่าวเป็นแค่เพียงแผนที่จากแบบจำลองเท่านั้นยังไม่มี ความเชื่อมั่นว่าจะเป็นที่ยอมรับของชุมชนในพื้นที่นั้นๆ หรือเป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ดังกล่าว

กระบวนการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการน้ำในโครงการต่างๆเป็นแนวทางที่ทำให้โครงการหรือกิจกรรมต่างๆเป็นที่ยอมรับ ตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2540 พระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน (ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2545 และพระราชกฤษฎีกาว่าด้วยหลักเกณฑ์และวิธีการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี พ.ศ. 2546 จึงต่างให้ความสำคัญต่อการบริหารราชการอย่างโปร่งใส สุจริต เปิดเผยข้อมูล และการเปิดโอกาสให้ประชาชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบายสาธารณะ เช่นการมีส่วนร่วมในกระบวนการวางแผน การพัฒนาการมีส่วนร่วมในการวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความขัดแย้ง จรรยา อภิพลสกุล และคณะ, 2014) การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของแม่น้ำ Haihe ประเทศจีน (Jingling et al., 2010)

ปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงไปได้รับอิทธิพลมาจากสภาวะภูมิอากาศที่เปลี่ยนไปแบบจำลองที่ใช้ในการคาดการณ์ปริมาณฝนที่นิยมใช้มีหลากหลายเช่นแบบจำลองสภาพอากาศเชิงตัวเลข (Numerical Weather Prediction, NWP) ในระดับภูมิภาค (Regional Model) โดยใช้หลักการย่อส่วนเชิงพลวัต (Dynamical Downscaling) แบบจำลอง MRI GCM ของสถาบันวิจัยอุตุนิยมวิทยา

(Meteorological Research Institute; MRI) แห่งประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นแบบจำลอง AGCM ที่มี ความละเอียดในการคำนวณสูงจากระดับความกว้างของ กริดเท่ากับ 20 x 20 กิโลเมตร อย่างไรก็ตาม ยังมีแบบจำลองที่ใช้ง่ายและสะดวกเช่น แบบจำลอง PRECIS สำหรับวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้ข้อมูลคาดการณ์สภาพภูมิอากาศที่วิเคราะห์โดย PRECIS จะใช้เป็นข้อมูล นำเข้าในแบบจำลองทางอุทกวิทยา (Hydrological model) เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำท่าหรือความ ต้องการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมต่างๆ ต่อไป และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่าง รวดเร็ว (Haris et al., 2013) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน การระเหยของน้ำ และ ปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้ได้ (Water availability) ในอนาคต (เฉลิมรัฐ แสงมณี, 2552; Wei Xiong et al., 2010) ศึกษาการเกิดเหตุการณ์ภัยแล้งและภัยน้ำท่วมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต (Gosain et al., 2011)

ที่ผ่านมาการคำนวณความต้องการใช้น้ำทำอย่างจะคำนวณจากการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆที่ ต้องการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำที่ปล่อยให้เช่นการเกษตรกรรม การอุตสาหกรรม การรักษาระบบนิเวศ ทำน้ำ หรือน้ำสำหรับผลิตน้ำประปา เป็นต้นซึ่งนิยมคำนวณเป็นรายเดือนหรือรายสัปดาห์ และใช้ค่า เหล่านี้เป็นค่าคงที่เหมือนกันทุกๆ ปี เมื่อนำไปใช้ในการวางแผนร่วมกับการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจะ ทำให้ค่าที่ได้ไม่สอดคล้องกับสภาพความต้องการใช้น้ำจริงที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปี หากสามารถ ประมาณค่าความต้องการใช้น้ำรายเดือนโดยกระบวนการมีส่วนร่วมในแต่ละกิจกรรมที่แปรตาม ระยะเวลาจริงได้ จะทำให้การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำปล่อยน้ำได้ตรงตามความต้องการใช้น้ำแต่ละ ช่วงเวลาและได้รับการยอมรับ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศโลกและการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตบริเวณพื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่าง เก็บน้ำห้วยสะแบกโดยจะดำเนินการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อคำนวณปริมาณน้ำท่าที่ไหล เข้าสู่อ่างเก็บน้ำ โดยคำนึงถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (Global climate change) โดย วิเคราะห์ได้จากแบบจำลอง PRECIS และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use change) โดยใช้แบบจำลอง CA Markov โดยกระบวนการมีส่วนร่วม (Public participations) และ ปรับปรุงโครงสร้างควบคุมโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าความเหมาะสม โดยใช้เทคนิค GA เพื่อปล่อยน้ำ ให้สอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำรายเดือนที่แปรเปลี่ยนไปตามกาลเวลา

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก และการใช้ประโยชน์ ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ โดยกระบวนการมีส่วนร่วม

2. เพื่อประมาณการความต้องการใช้น้ำรายเดือนจากอ่างเก็บน้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม
3. เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิค Genetic Algorithm เพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ในการประเมินปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกและอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน โดยกระบวนการมีส่วนร่วมจากข้อมูลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจาก CA Markov ใช้ข้อมูลการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศจากแบบจำลอง PRECIS โดยแบบจำลอง SWAT มีขอบเขตการวิจัยและข้อจำกัดดังต่อไปนี้

1. พื้นที่ศึกษา

1.1 อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน ตั้งอยู่ที่บ้านหนองบึง ตำบลห้องแซง อำเภอเลิงนกทา จังหวัดยโสธร อยู่ทีบริเวณ ละติจูด 16.15 องศาเหนือ ลองจิจูด 104.36 องศาตะวันออก หรือที่พิกัด 48 QVC 367 - 960 ระวัง 5841 II เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดกลางของกรมชลประทาน พื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนพื้นที่รับน้ำฝน 53 ตารางกิโลเมตร

1.2 อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ตั้งอยู่ที่บ้านป่าซ้อย ตำบลป่งคำ อำเภอเลิงนกทา จังหวัดยโสธร อยู่ทีบริเวณ ละติจูด 16.86 องศาเหนือ ลองจิจูด 104.66 องศาตะวันออก หรือที่พิกัด 48 QVC 668 - 860 ระวัง 5941 III เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดกลางของกรมชลประทาน พื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกพื้นที่รับน้ำฝน 48 ตารางกิโลเมตร

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1 แบบจำลอง SWAT เวอร์ชัน 2012 เพื่อใช้ประเมินปริมาณน้ำท่า
- 2.2 แบบจำลอง PRECIS เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศแบบจำลอง
- 2.3 แบบจำลอง CA Markov เพื่อใช้คาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต
- 2.4 ใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิค Genetic Algorithm (GA) สำหรับการปรับปรุงโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ

3. ข้อมูลช่วงปีฐานสำหรับข้อมูลสภาพภูมิอากาศ จำนวน 21 ปี คือระหว่างปี พ.ศ. 2540 – 2560 และศึกษาช่วงปีอนาคต 50 ปี คือระหว่างปี พ.ศ. 2561 – 2610

4. ข้อมูลช่วงปีฐานสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัด จำนวน 8 ปี คือระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2554 และ ปี พ.ศ.2560 และศึกษาช่วงปีอนาคต 50 ปี คือระหว่างปี พ.ศ. 2561 – 2610

5. การคาดการณ์สถานการณ์สภาพภูมิอากาศโลกตามการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจกโดยใช้กรณี B2

6. พื้นที่การมีส่วนร่วม

6.1 การมีส่วนร่วมในพื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำ ในขอบเขตพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำ โดยจะหาแนวทางจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกัน ทั้งหมด 4 หมู่บ้านได้แก่ บ้านน้อมเกล้า บ้านช่องเม็ก บ้านดงยาง บ้านห้องแซง

6.2 การมีส่วนร่วมของประชาชนผู้มีส่วนได้เสียในพื้นที่โครงการชลประทาน ในการร่วมหาแนวทางจัดสรรน้ำภายใต้ลักษณะพื้นที่และสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนไปตามปริมาณความต้องการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรม โดยกลุ่มประชาชนผู้มีส่วนได้เสียได้แก่

6.2.1 อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน จำนวน 2 ตำบลประกอบด้วย ตำบลสามัคคี ตำบลห้องแซง

6.2.2 อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก จำนวน 2 ตำบล 1 เทศบาล ประกอบด้วย ตำบลบุงคำ ตำบลโคกสำราญ เทศบาลตำบลบ้านไร่ศรีสุข

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แบบจำลองการไหลของน้ำฝน เพื่อที่จะวิเคราะห์ประเมินค่าปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ รวมถึงระดับน้ำ และการเคลื่อนที่ของน้ำ
2. สามารถประเมินปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงโดยใช้แบบจำลองได้
3. สามารถใช้เทคนิค Genetic Algorithm พัฒนาและปรับปรุงโค้งควบคุมที่เหมาะสมได้
4. ประยุกต์ใช้กระบวนการมีส่วนร่วมเพื่อประเมินการปล่อยน้ำตามปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำ
5. เพิ่มประสิทธิภาพการชลประทานและเป็นข้อมูลด้านการชลประทาน
6. เพื่อพัฒนาศักยภาพเพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้ด้านการออกแบบและนำการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน
7. สามารถนำงานวิจัยนี้ไปช่วยในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและห้วยสะแบก เพื่อช่วยลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องและจะแบ่งเนื้อหาเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้ ส่วนที่ หนึ่ง การอธิบายถึงรายละเอียดทฤษฎี วิธีการ เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการวิจัย และเครื่องมือต่างๆในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังเช่น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่สอง เป็นการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง โดยมีการสรุปวิธีการ และสรุปผล การศึกษาต่างๆจุดเด่นจุดสนใจต่างๆและข้อเสนอแนะจากงานวิจัยต่างๆของผู้ที่ได้ทำการศึกษามาก่อนหน้าจากอดีต และเป็นการทบทวนบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับอีกทั้งมีการเผยแพร่ในวารสารต่างๆการประชุมทางวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศรายละเอียดแต่ละหัวข้อมีดังต่อไปนี้

รายละเอียดในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจะเป็นการอธิบายถึง หลักการพื้นฐาน เทคนิค วิธีการและเครื่องมือต่างๆ อาทิเช่น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในการวิเคราะห์หรือสังเคราะห์ข้อมูลทางอุทกวิทยาหรือข้อมูลเชิงพื้นที่ในพื้นที่ศึกษา โดยอธิบายหลักการทำงานองค์ประกอบของแบบจำลอง ได้แก่

1. แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
2. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากแบบจำลอง CA Markov
3. แบบจำลองด้านอุทกวิทยา
4. ความต้องการใช้น้ำทำอย่าง (Water Demand)
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการมีส่วนร่วม
6. การมีส่วนร่วมของภาคประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ
7. การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ
8. เทคนิค Genetic Algorithm (GA)
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2.1.1 แบบจำลองสภาพอากาศเชิงตัวเลข (Numerical Weather Prediction, NWP)

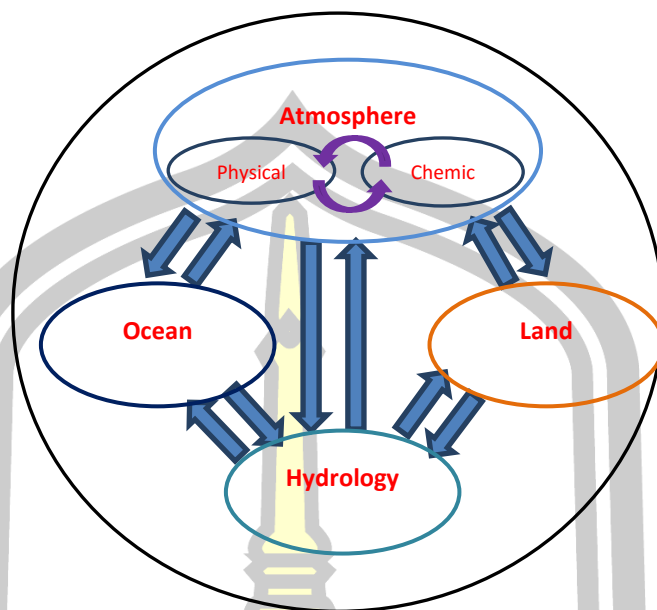
ในระดับภูมิภาค (Regional Model) แบบจำลองการคาดการณ์ฝนที่ใช้ในปัจจุบันเป็นแบบจำลองสภาพอากาศเชิงตัวเลข (Numerical Weather Prediction, NWP) ในระดับภูมิภาค

(Regional Model) โดยใช้หลักการย่อส่วนเชิงพลวัต (Dynamical Downscaling) นั่นคือใช้ข้อมูลจากแบบจำลองโลก (Global Circulation Models, GCMs) เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับเป็นเงื่อนไขเริ่มต้น (Initial Condition) และเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition) หรือ เรียกอีกนัยหนึ่งว่า “Large Scale Forcing” ให้แก่แบบจำลองในระดับภูมิภาค และแบบจำลองในระดับภูมิภาครับข้อมูลตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา เงื่อนไขขอบเขตจากแบบจำลองโลกเช่น ลม อุณหภูมิ ความชื้น ทั้งสี่ด้านของพื้นที่ เรียกว่า “Coarse Domain” โดยใช้เป็นข้อมูลเงื่อนไขขอบเขตตั้งแต่ระดับผิวพื้นจนถึงระดับสูงสุดของแบบจำลองที่ตั้งค่าไว้ แล้วคำนวณตามหลักสมการทางกายภาพของกระบวนการทางบรรยากาศต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระยะทางที่เล็กลง เช่น การพาความร้อน ลมแปรปรวน การเคลื่อนที่ขึ้น-ลงตามแนวตั้ง ผลกระทบที่เกิดจากความสูงต่ำของลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่ที่เล็กลง หรือ เรียกว่า “Fine/Nest Domain” ตามลักษณะทางกายภาพที่ตั้งไว้ในแบบจำลอง (เจียมใจ เครือสุวรรณ และคณะ, 2553)

ในปัจจุบันการคาดการณ์ฝนด้วยแบบจำลองสภาพอากาศเชิงตัวเลขยังคงมีความคลาดเคลื่อน ไม่ใช่เพียงแค่เฉพาะผลการคาดการณ์บริเวณประเทศไทยแต่ผลการคาดการณ์จากทั่วโลกก็เช่นเดียวกัน เนื่องจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศเป็นปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อน ต้องอาศัยระบบประมวลผลของแบบจำลองที่มีสมรรถนะสูง ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการเพิ่มสมรรถนะของระบบการคำนวณเพื่อให้รองรับการปรับเพิ่มสมการที่ใช้จำลองสภาพอากาศมาเป็นลำดับ การศึกษาวิจัยเพื่อปรับ/เพิ่มสมการสำหรับจำลองสภาพอากาศภายในแบบจำลองเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สามารถช่วยเพิ่มความถูกต้องให้การคาดการณ์ด้วยแบบจำลองได้ และอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อค่าความถูกต้องของการคาดการณ์ของแบบจำลองสภาพอากาศเชิงตัวเลขคือ จำนวนและคุณภาพจากการตรวจวัดที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสู่แบบจำลองโลก

2.1.2 ระบบแบบจำลองโลก (Earth System Model)

พหุ ปรณ ทัต ธีเว



ภาพประกอบ 2.1 ภาพระบบแบบจำลองโลก

การพัฒนาแบบจำลองโลกเป็นอีกหนึ่งแนวคิดเพื่อเพิ่มความเข้าใจกระบวนการที่เกิดขึ้นทั้งในชั้นบรรยากาศและปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในโลก ระบบแบบจำลองโลกเป็นการพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกเช่น กระบวนการทางกายภาพและเคมีในชั้นบรรยากาศ กระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมหาสมุทรและบรรยากาศ กระบวนการระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำ เป็นต้น โดยกระบวนการเหล่านี้ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติเช่น ฝนตก พายุ ลมสินค้า ในปัจจุบันระบบแบบจำลองโลกพบในแบบจำลองโลก (GCMs) ที่ใช้ศึกษาในภาพรวมของแต่ละภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลก แต่ไม่สามารถให้รายละเอียดสูงที่มีปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดใน sub-grid scale ได้ ดังนั้นการพัฒนาแบบจำลองโลกในระดับภูมิภาคจะสามารถให้รายละเอียดของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ดีกว่า เช่นการลอยตัวขึ้นของอากาศจากพื้นดินขึ้นสู่บรรยากาศ (Updraft) ด้วยการพาความร้อนซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ก่อให้เกิดฝนตก และการเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง เป็นต้น

การพัฒนาแบบจำลองโลก เป็นการคู่ควบแบบจำลองต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น การคู่ควบแบบจำลองสภาพอากาศเข้ากับแบบจำลองมหาสมุทร การคู่ควบแบบจำลองสภาพอากาศเข้ากับมลภาวะอากาศ การคู่ควบแบบจำลองสภาพอากาศเข้ากับแบบจำลองพื้นดิน การคู่ควบแบบจำลองสภาพอากาศเข้ากับแบบจำลองวัฏจักรน้ำ ในการคู่ควบระหว่างแบบจำลองหากมีการกระทำกันโดยสมบูรณ์คือทุกตัวแปรที่เป็นไปได้ของแต่ละแบบจำลองมีการคำนวณด้วยชุดสมการพื้นฐานที่เหมือนกันจะช่วยทำให้ระบบภายในแบบจำลองมีลักษณะคล้ายคลึงกับโลกแห่งความเป็น

จริง ปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ร่วมกันช่วยให้มีความเป็นไปได้ในการเพิ่มความแม่นยำในการจำลองปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ ที่เกิดขึ้น

ในต่างประเทศและในประเทศไทยได้มีการเริ่มพัฒนาระบบแบบจำลองโลกในระดับภูมิภาคโดยการคู่ควบระหว่างแบบจำลองต่าง ๆ เช่น Amnuaylojaroen et al., 2014 ได้ใช้แบบจำลอง the Weather Research and Forecasting Model with Chemistry (WRF-Chem) ซึ่งมีการพิจารณาการคู่ควบอย่างสมบูรณ์ระหว่าง กระบวนการทางกายภาพและเคมีในชั้นบรรยากาศและพื้นดินเพื่อดูผลของสภาพอากาศต่อมลภาวะที่เกิดขึ้นในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ Barth et al., 2013 ได้ริเริ่มพัฒนา Earth System Model Framework บนพื้นฐานของระบบแบบจำลอง The Nested Regional Climate Model with Chemistry (NRCM-Chem) โดยในเบื้องต้นได้มีการพิจารณาการคู่ควบกันอย่างสมบูรณ์ระหว่าง พื้นดิน ภูมิอากาศทั้งทางกายภาพและเคมี เพื่อศึกษา ระบบภูมิอากาศและมลภาวะอากาศในทวีปเอเชีย Trent, 2007 ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง WRF คู่ควบกับ Price-Weller-Pinkel (PWP) ในการจำลองปฏิสัมพันธ์ระหว่างมหาสมุทรและพายุเฮอริเคน Katrina การศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองคู่ควบต่าง ๆ ในประเทศไทยได้มีการประยุกต์ใช้ The Nested Regional Climate Model with Chemistry (NRCM-Chem) ที่มีการพิจารณาการคู่ควบกันอย่างสมบูรณ์ระหว่าง พื้นดิน ภูมิอากาศทั้งทางกายภาพและเคมีเพื่อคาดการณ์ภูมิอากาศและมลภาวะอากาศที่จะเกิดขึ้นในประเทศไทยในอนาคต และ Torsri et al., 2014 ได้ใช้แบบจำลองคู่ควบบรรยากาศและมหาสมุทร WRF-ROMs เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิน้ำทะเลต่อการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย

2.1.3 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศระดับโลก (General Circulation Models, GCMs)

การสร้างเหตุการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต (Climate change scenario) เมื่อบรรยากาศโลกมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นเป็นข้อมูลที่มีความจำเป็นอันดับแรกในการศึกษาวิจัยเพื่อเตรียมการรับมือกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้น พร้อมทั้งแสวงหาแนวทางในการปรับตัวเพื่อบรรเทาความเสียหาย ภาพเหตุการณ์ภูมิอากาศในอนาคตถูกสร้างขึ้นมาจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่เรียกว่าแบบจำลองการหมุนเวียนอากาศทั่วไปหรือแบบจำลองภูมิอากาศโลก (General circulation models, GCMs) ซึ่งใช้ข้อมูลด้านการถ่ายเทพลังงานระหว่างส่วนประกอบที่สำคัญของโลก 5 ส่วน คือ บรรยากาศ (Atmosphere) อุทกภาค (Hydrosphere) พื้นธรณี (Geosphere) ชีวภาพ (Biosphere) และธารน้ำแข็ง (Cryosphere) การถ่ายเทความร้อนระหว่างส่วนประกอบของโลกเหล่านี้ ทำให้เกิดสมดุลของพลังงานโลก ซึ่งมีผลต่อสภาพภูมิอากาศและฤดูกาลในที่ต่างๆ และมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิต การแพร่กระจาย และการสืบทอดเผ่าพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลต่อผลผลิตการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทย

และประเทศกำลังพัฒนาอื่นๆ ที่พึ่งพาน้ำฝนตามธรรมชาติเป็นปัจจัยในการผลิต เมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งขององค์ประกอบภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เช่น ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มขึ้น หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (ป่าไม้) ย่อมมีผลต่อสมดุลของพลังงานโลก และส่งผลให้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงการพัฒนาแบบจำลองภูมิอากาศโลกจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ละเอียด ครอบคลุมวิทยาศาสตร์พื้นฐานและนักวิจัยในหลายสาขา เช่น กลุ่มนักวิจัยทางด้านฟิสิกส์ นักเขียนโปรแกรม นักวิทยาศาสตร์ด้านภูมิอากาศ (Atmospheric science) รวมทั้งเครื่องประมวลผลข้อมูลที่มีสมรรถนะสูง (super computer) เป็นต้น

ภาพจำลองภูมิอากาศในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก มีพื้นที่แสดงผลขนาดใหญ่ประมาณ 300x300 ตารางกิโลเมตร ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ศึกษาผลกระทบในระดับท้องถิ่นหรือประเทศซึ่งต้องใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ขนาดเล็กเช่น 50x50 ตารางกิโลเมตร ผลลัพธ์ของ GCMs ประกอบด้วยตัวแปรภูมิอากาศ (climate variables) ที่เป็นเครือข่ายของหน่วยแยกต่าง (grid) ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก ในปี พ.ศ.2537 (ค.ศ.1994) มีผลลัพธ์ของ GCMs จากสถาบันต่างๆ ประมาณ 20 แบบ ต่อมาในปี พ.ศ.2550 มีผลลัพธ์ดังกล่าวเพิ่มขึ้นถึงกว่า 50 แบบ อย่างไรก็ตาม ในระยะเริ่มต้นการสร้างภาพจำลองภูมิอากาศของ GCMs เหล่านี้ยังมีความไม่แน่นอนอยู่มาก ข้อดีของ GCMs ประกอบด้วย

- 1) การจำลองกระบวนการทางกายภาพของเมฆยังไม่ดีพอ
- 2) พื้นที่แสดงผลมีสเกลหยาบ หน่วยแยกต่างส่วนที่ดีที่สุดในแนวราบมีขนาด 250 กิโลเมตร
- 3) พื้นที่ที่เป็นแบบเดียวกัน ขาดตัวแปรทางภูมิศาสตร์ในภูมิภาคที่มีอิทธิพลต่อภูมิอากาศ เช่น สภาพภูมิประเทศ เป็นต้น
- 4) การจำลองปฏิสัมพันธ์ของบรรยากาศและมหาสมุทรเป็นแบบไม่ซับซ้อน

ข้อดีเหล่านี้ทำให้ GCMs ในระยะเริ่มต้นของการพัฒนาไม่สามารถแม้แต่จะเลียนแบบการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลในปัจจุบันของภูมิภาคได้ ดังนั้นประโยชน์สูงสุดของการใช้ GCMs คือการแสดงความเป็นไปได้ของภูมิอากาศในภาพกว้างในอนาคต และไม่ควรจัดเป็นการทำนายสภาพภูมิอากาศการประมาณค่าข้อมูลซึ่งมีความละเอียดเชิงระยะทางวิธีการหนึ่ง คือ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสเกลหยาบจากการพยากรณ์ และข้อมูลภูมิอากาศจากการตรวจวัด หรือที่เรียกว่า วิธีแฟกเตอร์เปลี่ยนแปลง (change factor method) และนิยมประยุกต์ใช้เมื่อไม่มีข้อมูลจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศระดับภูมิภาค (regional climate models, RCMs) ข้อมูลจาก RCMs มีความผันแปรสูงจากความซับซ้อนของกระบวนการที่ใช้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับภูมิภาค (regional climate change) ซึ่งมีเวลาและระยะทางในช่วงกว้าง และความยุ่งยากของการประมาณค่าข้อมูลระดับภูมิภาคในสเกลละเอียดจาก

ข้อมูลแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศบรรยากาศ-มหาสมุทร (Atmosphere-Ocean General Circulation Models, AOGCMs) ซึ่งมีสเกลหยาบ

2.1.4 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศระดับภูมิภาค (Regional Circulation Models, RCMs) เทคนิคของแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภูมิภาคแบบซ้อนใน (Nested Regional Climate Modeling) ประกอบด้วยการใช้เงื่อนไขเริ่มต้นที่เป็นข้อมูลอุตุนิยมวิทยาซึ่งเป็นอิสระกับเวลาและอยู่รอบนอกของพื้นที่ศึกษา พร้อมทั้งเงื่อนไขขอบพื้นผิว ในการขับเคลื่อน RCMs ซึ่งมีความละเอียดสูง ข้อกำหนดดังกล่าวได้จากแบบจำลอง GCMs หรือการตรวจวัดโดยตรง และยังสามารถใช้ก๊าซเรือนกระจกและละอองลอยเป็นแรงบังคับ เทคนิคดังกล่าวถูกประยุกต์ใช้ในลักษณะทิศทางเดียว กล่าวคือผลการสร้างภาพจำลองด้วย RCMs จะไม่ใช้ในการขับเคลื่อน GCMs หลักการของเทคนิคนี้ คือ การใช้แบบจำลองระดับโลกในการจำลองแบบการตอบสนองของการหมุนเวียนระดับโลกต่อแรงบังคับสเกลใหญ่ และ RCMs เพื่อคำนึงถึงแรงบังคับจากส่วนย่อยของ GCMs ในเชิงกายภาพ เช่น ลักษณะภูมิประเทศที่ซับซ้อน พื้นที่ที่ไม่เสมอกัน การปกคลุมดินที่ไม่สม่ำเสมอ (Inhomogeneity) และเพิ่มสมรรถนะการจำลองแบบการหมุนเวียนของบรรยากาศ และตัวแปรภูมิอากาศในสเกลที่ละเอียดมากขึ้น เทคนิคแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภูมิภาคแบบซ้อนในมีต้นกำเนิดจากการพยากรณ์อากาศ การใช้ RCMs ในการศึกษาด้านภูมิอากาศ ในปัจจุบัน RCMs ถูกประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านภูมิอากาศอย่างหลากหลาย ตั้งแต่บรรพภูมิอากาศ (Palaeoclimate) จนถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากการกระทำของมนุษย์ RCMs สามารถให้ผลที่มีความละเอียดสูงในระดับ 10–20 กิโลเมตร หรือต่ำกว่า ครอบคลุมช่วงเวลาทศวรรษ และมีความสามารถในการแสดงให้เห็นกลไกการตอบสนองของภูมิอากาศในสเกลระดับภูมิภาค

2.1.5 แบบจำลองเชิงตัวเลข PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies)

เป็นแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (RCMs) ที่พัฒนาขึ้นที่ The Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research ประเทศอังกฤษ โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ได้กับทุกพื้นที่ทั่วโลกโดยคำนวณได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ประสิทธิภาพสูงเพื่อตอบสนองความต้องการของประเทศต่างๆ ที่มีความประสงค์จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของภูมิภาคตัวเอง โดยมีพื้นฐานการพัฒนาจากแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาครุ่นที่ 3 ของ Hadley Centre โดยเน้นการพัฒนาไปที่ความสะดวกของการใช้งานและการแสดงผลแก่ผู้ใช้

รายละเอียดทางเทคนิคของแบบจำลอง PRECIS และการจำลองบรรยากาศภายในแบบจำลองประกอบด้วย

1) พลศาสตร์ ประกอบด้วยการจำลองการไหลเวียนของบรรยากาศในทางอุตุนิยมวิทยา และเทอร์โมไดนามิกของบรรยากาศ รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นบริเวณผิวพื้นและการรบกวนการไหลเวียนของบรรยากาศเนื่องจากอิทธิพลของความสูงของพื้นที่

2) วัฏจักรของซัลเฟตในบรรยากาศพิจารณาการกระจายตัวและช่วงชีวิตของผงซัลเฟตในบรรยากาศ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของความหนาแน่นและปริมาณการปลดปล่อยซัลเฟรไดออกไซด์ทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์

3) เมฆและหยาดน้ำฟ้าพิจารณาการเกิดเมฆก่อตัวทางตั้งและเมฆแผ่นขนาดใหญ่จากผลของหยาดน้ำฟ้ารวมถึงปริมาณรังสีที่บรรยากาศได้รับ

4) กระบวนการในการรับและแผ่รังสีภายในแบบจำลองจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิความชื้น ความหนาแน่น คุณสมบัติของก๊าซในบรรยากาศ ความหนาแน่นของซัลเฟต ผุ่นควัน แขนงลอยในบรรยากาศ เมฆ การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณรังสีที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาของปี

5) คุณสมบัติของพื้นดิน พิจารณาถึงการปกคลุมดินในแง่ผลกระทบต่อ การไหลเวียนของอากาศ การรับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ หยาดน้ำฟ้า การปลดปล่อยพลังงาน ความร้อนและความชื้นกลับสู่บรรยากาศ การไหลบ่าของน้ำที่เกิดจากฝน อุณหภูมิตามความลึกของดิน

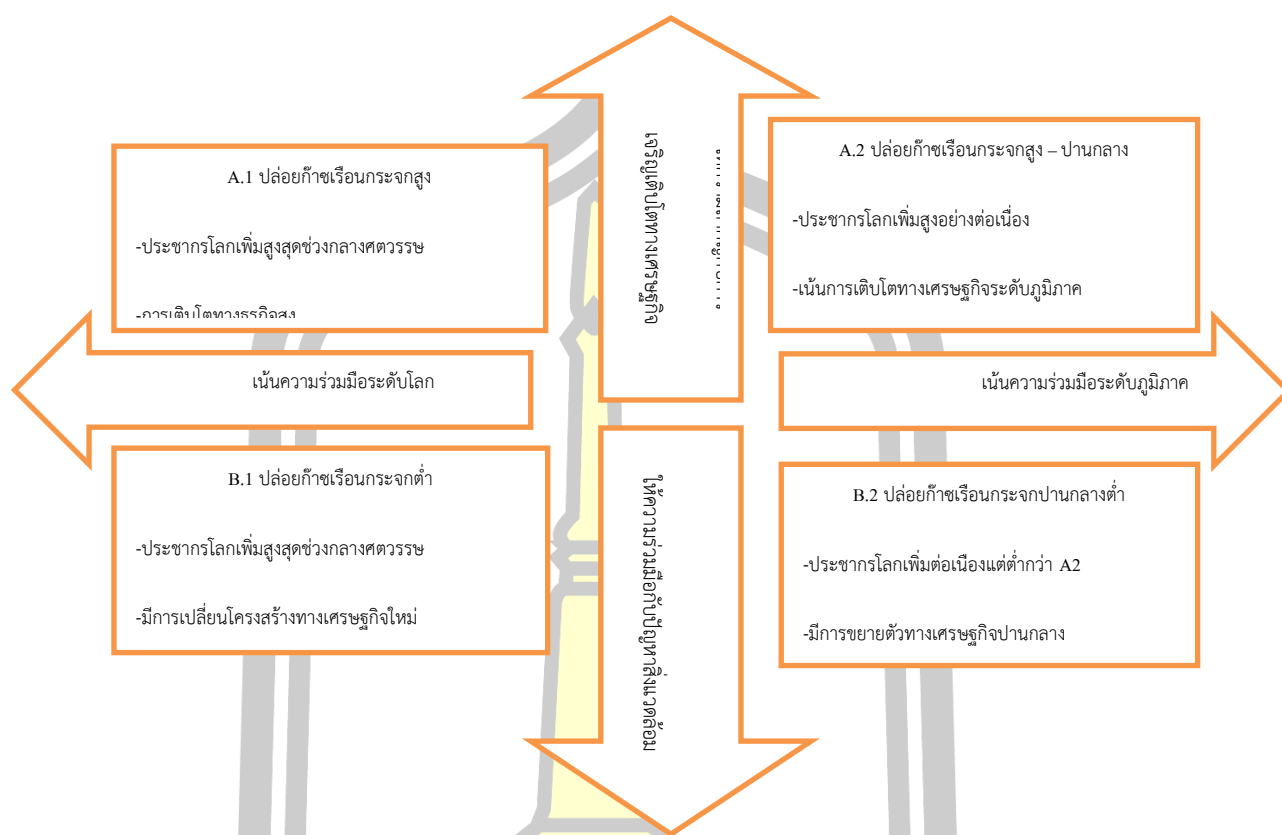
ความสามารถในการรองรับและการดูดซึมน้ำเงื่อนไขบริเวณขอบเขตของการคำนวณ แบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่

1) ขอบเขตบนพื้นผิวของการคำนวณ ต้องการข้อมูลนำเข้าเฉพาะในบริเวณที่ปกคลุมด้วยน้ำเท่านั้น โดยปัจจัยที่ต้องการได้แก่ อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวและการปกคลุมของน้ำแข็งตลอดช่วงเวลาที่ทำกรคำนวณด้วยแบบจำลอง

2) ขอบเขตด้านข้างของการคำนวณ ต้องการข้อมูลทางพลศาสตร์ของบรรยากาศที่ขอบของการคำนวณประกอบด้วยข้อมูล ความกดอากาศที่ผิวพื้น ลม อุณหภูมิ ความชื้น และข้อมูลทางเคมีของบรรยากาศ สำหรับขอบเขตด้านบนของการคำนวณต้องการเพียงข้อมูลปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์เท่านั้น

2.1.6 แบบจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศในอนาคตเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าให้กับแบบจำลองภูมิอากาศ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกอาจเปลี่ยนแปลงไปตามอนาคตตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในทิศทางต่างกัน คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ได้กำหนดความเป็นไปได้ของการพัฒนาเป็น 4 รูปแบบหลักดังแสดงในภาพประกอบ 2.2



ภาพประกอบ 2.2 ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตจากรายงานของ IPC
ที่มา: อำนาจ ชิดไธสง และคณะ (2553)

สามารถอธิบายรายละเอียดจากภาพประกอบ 2.2 การจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตได้ดังต่อไปนี้คือ

1.1) แบบ A เป็นการพัฒนาโดยให้ความสำคัญกับการเติบโตทางเศรษฐกิจเป็นหลัก โดยแบ่งออกเป็น

1.1.1) แบบ A1 คือการเติบโตทางเศรษฐกิจสูง ประชากรโลกสูงสุดในกึ่งศตวรรษและลดลงเล็กน้อยหลังจากนั้น มีเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง มีการพัฒนาบุคลากร มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัฒนธรรม ความแตกต่างของรายได้ประชาชาติระหว่างภูมิภาคลดลง ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Scenario) แบบ A1 นี้ยังแยกออกเป็นภาพจำลองย่อยต่าง ๆ กันคือ

(1) A1F1 (fossil intensive) เป็นการพัฒนาที่ขึ้นอยู่กับพลังงานฟอสซิล เช่น น้ำมัน ถ่านหิน อย่างมาก

(1) A1T (Non-fossil energy sources and technology) เป็นการ พัฒนาโดยไม่ใช้พลังงานฟอสซิลเป็นหลักแต่ใช้เทคโนโลยีอื่นๆแทน

(2) A1B (Balance of all source) พัฒนาโดยมีความสมดุลของแหล่ง พลังงานที่ใช้ไม่เน้น พลังงานฟอสซิลหรือ พลังงานหมุนเวียนแต่ให้มีการผสมผสานระหว่างพลังงานทั้ง สองแบบ

1.1.2) แบบ A2 คือการพัฒนาในอนาคตของโลกมีความหลากหลาย พึ่งตนเองมากขึ้นภายในภูมิภาค มีการอนุรักษ์เอกลักษณ์ท้องถิ่น จำนวนประชากรเพิ่มอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับภูมิภาค การเติบโตทางเศรษฐกิจและการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีช้ากว่า แบบอื่น และกระจายตามท้องถิ่นและภูมิภาค

1.1.3) แบบ B เป็นการพัฒนาโดยให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมมากกว่า การพัฒนาแบบ A โดยแบ่งย่อยเป็น

(1) แบบ B1 เป็นภาพการจำลองการพัฒนาที่ในอนาคต ประชากรเพิ่ม สูงในตอนกึ่งกลางศตวรรษเช่นเดียวกับแบบ A1 และลดลงหลังจากนั้น แต่โครงสร้างทางเศรษฐกิจ เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วไปเป็นภาคบริการและสารสนเทศ ลดการใช้วัตถุ มีการใช้เทคโนโลยีที่ สะอาด เน้นการแก้ปัญหาทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนในระดับนานาชาติมีความเสมอ ภาค แต่ไม่มีการนำประเด็นด้านภูมิอากาศเป็นแรงจูงใจ

(2) แบบ B2 เป็นภาพจำลองการพัฒนาที่เน้นการแก้ปัญหาด้าน เศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนในระดับท้องถิ่นหรือระดับภูมิภาค ประชากรเพิ่มขึ้นอย่าง ต่อเนื่อง แต่น้อยกว่า A2 มีการพัฒนาเศรษฐกิจปานกลาง การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีหลากหลาย และช้าลงกว่า B1 และ A1 โดยมีการปกป้องสิ่งแวดล้อม และความเสมอภาคของสังคมที่เน้นที่ท้องถิ่น และภูมิภาค

2.2 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CA Markov

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้แบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นวิธีการที่แพร่หลายมากในปัจจุบันเนื่องจาก สามารถแสดงผลในเชิงพื้นที่ได้ ซึ่งต่างจากแบบจำลองในสมัยก่อนที่แสดงผลในเชิงปริมาณเท่านั้น แบบจำลอง CA Markov มีลักษณะเป็นแบบจำลองประเภท Deterministic model ที่จัดอยู่ในกลุ่ม ของ Distributed model หรือแบบจำลองที่มีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นหน่วยย่อยเพื่อทำให้แต่ละหน่วย พื้นที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) มากที่สุด โดยให้แต่ละหน่วยมีอัตราหรือพฤติกรรม ของแต่ละกระบวนการ เช่น ปริมาณการตกของฝน การเกิดการพังทลายดินแตกต่างกันไปตาม

ลักษณะของแต่ละหน่วยพื้นที่ แล้วเชื่อมโยงผลที่ได้จากแต่ละหน่วยเข้าหากันอย่างเป็นระบบ แบบจำลอง CA Markov เป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับการตัดสินใจ โดยเป็นการทำงานร่วมกันของแบบจำลอง Cellular Automata และแบบจำลอง Markov Chain ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งใช้ผลการคาดการณ์ปริมาณการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากแบบจำลอง Markov Chain จะได้เป็น Transition area files นำไปใช้ประมวลผลในแบบจำลอง CA Markov โดยจะทำการเชื่อมโยงและกรองข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลา T+1 ไปสู่ช่วงเวลาที่ต้องการคาดการณ์คือช่วงเวลา T+2

แต่เดิมแบบจำลอง Markov Chain เป็นการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคตโดยใช้การวิเคราะห์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีต ซึ่งพิจารณาจากสถานะของเซลล์เพียงอย่างเดียว และไม่ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเซลล์รอบข้างที่มีผลต่อสถานะของเซลล์ตรงกลาง ดังนั้นแบบจำลอง CA Markov จึงได้เพิ่มความสำคัญของอิทธิพลจากเซลล์รอบข้างโดยใช้แบบจำลอง Cellular Automata ในการอธิบายข้อมูลเชิงพื้นที่

แบบจำลอง Cellular Automata เป็นแบบจำลองที่มีความสามารถในการอธิบายข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นพลวัตตามการประมาณค่า อธิบายได้ว่าพื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินรอบข้างที่มีลักษณะเหมือนกัน ซึ่งการใช้แบบจำลอง Cellular Automata จะแสดงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลายๆ แบบจำลอง Cellular Automata นั้น กฎการเปลี่ยนแปลงที่ใช้ส่วนใหญ่ประกอบขึ้นมาจากกระบวนการการกรอง (Filtering) และการจัดชั้นข้อมูล (Reclassification) โดย Tommaso and Norman., 1987 กล่าวว่าในปี ค.ศ.1970 นักคณิตศาสตร์ชื่อจอห์น คอนเวย์ (John Conway) ได้นำ Cellular Automata มาใช้ร่วมกับทฤษฎี “Game of Life” โดยกำหนดให้หนึ่งหน่วยของเซลล์แทนค่าด้วย 1 หรือ เซลล์ที่มีชีวิต (Live) และกำหนดให้ 0 หรือ เซลล์ที่ไม่มีชีวิต (Dead) ดังแสดงในภาพประกอบ 2.3 ซึ่งมีสมมติฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของเซลล์ที่มีชีวิตและเซลล์ที่ไม่มีชีวิตไว้ตามเงื่อนไขดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 2.4 โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

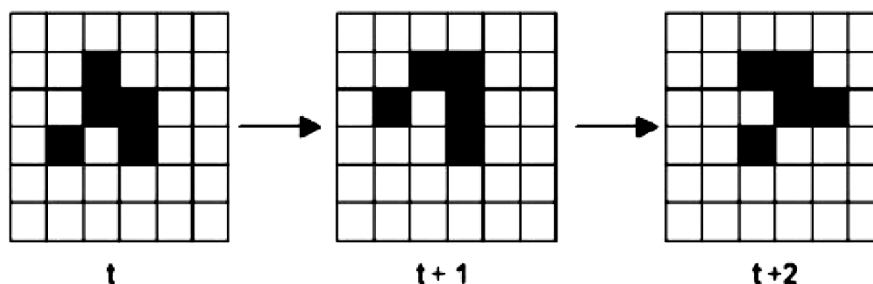
n-west	North	n-east
west	Central	east
s-west	South	s-east

ภาพประกอบ 2.3 ตำแหน่งของเซลล์แวดล้อมทั้ง 8 หรือ 3x3 neighborhood

ที่มา: ชูติพงศ์ ร่มสนธิ (2551)

1) เซลล์ที่ตายแล้วในช่วงเวลา T จะเปลี่ยนเป็นเซลล์ที่มีชีวิตในช่วงเวลา $T+1$ ถ้า เซลล์รอบๆ เซลล์ที่ว่างอยู่นั้นมีจำนวนเท่ากับ 3 เซลล์ ในเซลล์ล้อมรอบ (Neighborhood) ขนาด 3×3

2) เซลล์ที่มีชีวิตอยู่ในช่วงเวลา T จะตายในช่วงเวลา $T+1$ ถ้ามีเซลล์ล้อมรอบด้วยจำนวนน้อยกว่า 2 หรือมากกว่า 3 เซลล์ ในเซลล์ล้อมรอบ (Neighborhood) ขนาด 3×3



ภาพประกอบ 2.4 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาตามกฎการเปลี่ยนแปลง

“Game of life” ของ John Conway

ที่มา: ชูติพงศ์ รมสนธิ์ (2551)

Pontius กล่าวถึงทฤษฎี “Game of life” ดังนี้ เซลล์ที่ตายแล้วจะกลับมามีชีวิต เมื่อมีเซลล์ที่มีชีวิต 3 เซลล์ในพื้นที่ 3×3 neighborhood ล้อมรอบอยู่ และจะยังอยู่ต่อไปเมื่อยังมี 2 ใน 3 ของเซลล์ที่มีชีวิตล้อมรอบอยู่ แต่ถ้ามีเซลล์ที่มีชีวิตล้อมรอบน้อยกว่านั้น เซลล์จะตายลงเพราะอยู่โดดเดี่ยว และถ้าเซลล์ที่มีชีวิตมีมากกว่านั้น เซลล์ก็จะตายลงเพราะการแข่งขันดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 2.5

1	1	1
1	0	1
1	1	1

ภาพประกอบ 2.5 กฎการมีชีวิต และการตายของเซลล์ ตามทฤษฎี “Game of life”

ที่มา: ชูติพงศ์ รมสนธิ์ (2551)

จากภาพประกอบ 2.5 สามารถตรวจสอบผลตามทฤษฎี โดยการแทนค่าเซลล์ตรงกลาง ด้วย 10 เซลล์ ณ จุดตรงกลางจะตายลง (มีค่าเท่ากับ 0) หรือสามารถมีชีวิต (มีค่าเท่ากับ 1) ตามทฤษฎี ได้ดังนี้

เมื่อ

$$0 - 2 = 2$$

$$3 - 4 = 1$$

$$4 - 11 = 0$$

$$12 - 13 = 1$$

$$14 - 18 = 0$$

ทฤษฎี “Game of Life” ถูกนำไปประยุกต์ร่วมกับ Cellular Automata เพื่อใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่เรียกว่า “CA Markov” กระบวนการการทำงานของแบบจำลอง CA Markov เพื่อใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน สามารถสรุปกระบวนการทำงานได้ดังนี้

1) ใช้แบบจำลอง Markov Chain เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเชิงปริมาณ

2) ใช้การวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติก หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินกับปัจจัยทางกายภาพเพื่อหาค่าความน่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเชิงพื้นที่ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความหลากหลายเงื่อนไข (multi-criteria evaluation)

3) ใช้แบบจำลอง Cellular Automata เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเชิงพื้นที่ โดยใช้ CA filter ขนาด 5x5 neighborhood ในการกรองข้อมูลที่ละเซลล์ในพื้นที่ศึกษาตามทฤษฎี “Game of Life” เป็นกฎการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลอง CA Markov โดยได้ผลลัพธ์สุดท้ายแสดงเป็นแผนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการคาดการณ์

4) วัตถุประสงค์

4.1) เพื่อประเมินสภาพทางอุทกวิทยาและปริมาณการไหลที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ

4.2) เพื่อวางแผนการพัฒนาโครงการในลุ่มน้ำอย่างเหมาะสม

4.3) เพื่อช่วยในการวางแผนและการบริหารจัดการระบบชลประทานในลุ่มน้ำ

4.4) เพื่อช่วยในการวางแผนโครงการพัฒนาแหล่งน้ำใหม่ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

เช่น โครงการผันน้ำ โครงการไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น

5.5) เพื่อประยุกต์ใช้กับสภาพการณ์จำลอง (Scenarios) เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน, การเติบโตด้านความต้องการน้ำที่สูงขึ้น และการป้องกันน้ำท่วม เป็นต้น

6) ข้อมูลที่ต้องการ

6.1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ได้แก่

6.1.1) Digital Elevation Model (DEM)

6.1.2) แผนที่การใช้ที่ดิน

6.1.3) แผนที่จำแนกชนิดที่ดิน

6.2) ข้อมูลภูมิอากาศ (Weather data) ได้แก่

6.2.1) อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุด ใช้ข้อมูลรายวัน หน่วยเป็น องศาเซลเซียส

6.2.2) พลังงานแสงอาทิตย์ ใช้ข้อมูลรายวัน หน่วยเป็น เมกะจูลต่อวัน

6.2.3) ความเร็วลม ใช้ข้อมูลรายวัน หน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

6.2.4) ความชื้นสัมพัทธ์ ใช้ข้อมูลรายวัน หน่วยเป็น มิลลิเมตร

6.3) ข้อมูลด้านอุทกวิทยา (Hydrological data) ได้แก่ ปริมาณการไหลในลำน้ำ ใช้ข้อมูลรายวัน หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการสอบเทียบแบบจำลอง

2.3 แบบจำลองด้านอุทกวิทยา

น้ำฝน จุดสำคัญที่สุดของวัฏจักรน้ำ เป็นข้อมูลที่ได้รับการพิจารณาเป็นอันดับแรกของความสำคัญในด้าน การวางแผนในการปฏิบัติงานและเกี่ยวกับการออกแบบน้ำฝน จึงเป็นข้อมูลที่ต้องใช้องค์ความรู้ความเข้าใจ ตลอดจนความละเอียดอ่อนทางวิชาการอย่างมาก เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการที่สุด สิ่งที่เราควรรู้มีอะไรบ้าง ปัจจัยการเกิดฝน ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนักเบา ระยะเวลาตก ปริมาณ ความถี่ และการกระจาย การหาค่าเฉลี่ยน้ำฝนของกลุ่มน้ำ วิเคราะห์พื้นที่รับน้ำฝน การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนใช้การ (Effective Rainfall)

ปัจจัยการเกิดฝน

1. ไอน้ำในบรรยากาศ ปริมาณฝนจะตกมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ

2. อนุภาคของฝุ่นละออง เปรียบเสมือนแกนกลางที่จะดูดซับไอน้ำให้เป็นการก่อฟอร์มเม็ดฝน

3. กระบวนการเกิดความเย็น ที่สามารถทำให้เกิดการควบแน่น ทั้ง 3 ปัจจัยนี้ จะขาดปัจจัยหนึ่งปัจจัยใดไม่ได้เพราะขาดไปเพียงปัจจัยเดียวก็ไม่สามารถทำให้เกิดฝนได้



ภาพประกอบ 2.6 วัฏจักรของอุทกวิทยา

ที่มา : Periman et al. (2013)

วัฏจักรน้ำ คือการเคลื่อนย้ายของน้ำ จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง หรือจากระบบหนึ่งไปยังอีก ระบบหนึ่ง โดย อาจเปลี่ยนสถานะ (ของแข็ง ของเหลวและก๊าซ) หรือไม่เปลี่ยนสถานะก็ได้ ซึ่งในที่สุด ก็จะหมุนเวียนกลับมาสู่ที่เดิม หรือระบบเดิม วัฏจักรน้ำที่สมบูรณ์ที่สุด โดยเริ่มจาก เมฆ (Cloud) -> ฝน (Precipitation) -> การดัก (Interception) -> การตกผ่าน (Throughfall) -> การไหลบ่า (Overland flow) -> การไหลในลำน้ำ (Stream flow) -> การแทรกซึม (Infiltration) -> การซึมลึก (Percolation) -> การซึมออก (Exfiltration) -> การคายระเหย (Evapotranspiration) -> เมฆ (Cloud)

ข้อมูลความสัมพันธ์ ระหว่าง ความหนักเบา (Intensity) ระยะเวลาตก (Duration) ปริมาณ (Depth) ความถี่ในการตก (Frequency) และการกระจาย (Area distribution)

สภาพฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำน้ำมีอิทธิพลโดยตรงต่อน้ำที่เกิดในลำน้ำลำธาร ดังนี้

1. ความเข้มของฝนที่ตก หมายถึง ปริมาณฝนที่ตกในหนึ่งหน่วยเวลา นิยมวัดเป็น มิลลิเมตรต่อนาที่หรือ มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ความเข้มของฝนตกเมื่อมากกว่าอัตราการซึมของน้ำที่ไหลลง ไปในดินแล้ว ปริมาณน้ำท่าที่ไหล บนผิวดินจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามอัตราการเพิ่มของฝนที่ตก อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำท่าที่ไหลบนผิวดินอาจไม่ เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนน้ำฝนที่เหลือจากการซึมสูญหายลง ไปในดินเท่าใดนัก ทั้งนี้เพราะฝนที่เหลือดังกล่าวส่วนหนึ่งมักถูกเก็บกักขังในลักษณะน้ำนองในที่ลุ่มก่อนที่ จะไหลหลากเป็นน้ำท่า

2. ระยะเวลาที่ฝนตก ระยะเวลาที่ฝนตกในพื้นที่ลุ่มน้ำมีส่วนสำคัญที่จะทำให้เกิดน้ำท่าเป็น จำนวนมาก หรือน้อยเพียงใด เมื่อฝนตกครั้งหนึ่งๆระยะเวลาที่ฝนตกนี้ยังมีส่วนเกี่ยวข้องต่อการลดอัตราการไหลซึมของน้ำลงไปในดินด้วย ดังนั้นแม้ว่าอัตราการความซึมของฝนที่ตกในเขตพื้นที่ลุ่มจะอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง แต่ถ้าฝนตกเป็นระยะ เวลานานแล้วก็ย่อมจะเกิดน้ำท่าในลำธารลำห้วยได้เช่นกัน

3. การแผ่กระจายของฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสภาพฝนที่ตกแผ่กระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ลุ่มน้ำมักจะทำให้เกิดน้ำท่าไหลมาเป็นจำนวนมาก สำหรับลุ่มน้ำขนาดใหญ่การเกิดน้ำท่าวมอาจเนื่องมาจากฝนธรรมดาที่ตกครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำมากกว่าฝนที่ตกหนักแต่ไม่กระจายทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ สำหรับการเกิดลำธารและแม่น้ำของลุ่มน้ำหนึ่งๆ กล่าวได้ว่ามีต้นกำเนิดซึ่งอาจเริ่มจากบริเวณภูเขา แหล่งน้ำซับน้ำพุ หรือทะเลสาบในที่สูง ในระยะแรกเมื่อเกิดน้ำไหลบนผิวดินไปตามสภาพภูมิประเทศที่มีความลาดเอียง ซึ่ง น้ำที่ไหลสะสมจะมีปริมาณมากขึ้นเป็นลำดับและไหลเร็วขึ้น จึงเริ่มกัดเซาะแผ่นดินเกิดเป็นร่องน้ำ น้ำและลำธารเล็กๆ ต่อจากนั้นน้ำที่ไหลมาจากลำธารหลายสายจะรวมตัวกันมีปริมาณมากขึ้นแล้วไหลลงสู่บริเวณที่ต่ำ ซึ่งการกัดเซาะ ร่องน้ำยังเกิดขึ้นทั้งแนวตั้งและแนวราบตามทางที่น้ำไหลผ่านจนกว่าลำน้ำจะมีความลาดเท ขนาดความกว้าง และความลึกของลำน้ำมีสภาพสมดุลสามารถรองรับปริมาณน้ำ น้ำไหลหลากที่เกิดจากบริเวณลุ่มน้ำทั้งหมดได้แล้วไหลออกสู่ปากแม่น้ำและทะเลต่อไป

ปริมาณน้ำฝนที่ลงมายังพื้นดินบางครั้งไม่ได้แทรกซึมลงไปในดินทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการแทรกซึม (Infiltration Rate) ถ้าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในอัตราน้อยกว่าการแทรกซึม น้ำฝนจะแทรกซึมลงไปในดินทั้งหมด แต่ถ้าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในอัตราที่มากกว่าอัตราแทรกซึม น้ำฝนที่เหลือจากการแทรกซึมลงไปในดินก็จะเกิดการ ไหลบ่าผ่านผิวดิน (Surface Runoff) ลงสู่ที่ต่ำ กรณีที่มีพืชพรรณหรือป่าไม้ขึ้นปกคลุม พื้นดิน ปริมาณน้ำฝนที่ตก ลงมาบางส่วนจะถูกยึดไว้ (Interception) โดยใบ กิ่ง ก้าน และลำต้น จะมีมากหรือน้อย ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช พรรณหรือประเภทของป่าไม้ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกจะแทรกซึมลงไปในดินทั้งหมดหรือเป็นบางส่วนก็ตาม ดินก็จะได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นทำให้ดินมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจึงมีผลทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวลดินด้วยกันหรือระหว่างมวลดินกับหิน ลดลง ขณะเดียวกันแรงต้านต่อการยึดเหนี่ยวหรือแรงผลักดันมีเพิ่มมากขึ้นประกอบกับสภาพพื้นที่ตามลาดไหล่ เขามีความลาดชันและมีแรงโน้มถ่วงของโลกจึงเป็นสาเหตุให้ดินและหินแตกหลุดออกจากกันและเกิดการถล่มลงมา

Nianxuc และ Zhuping (1991) ได้รายงานผลการศึกษาจากการคาดคะเนปริมาณและความหนาแน่น ของฝนเป็น 3 ระดับ กล่าวคือ

1. ระดับรุนแรงน้อย ต้องมีฝนตกติดต่อกันมากกว่า 3 วัน มีปริมาณฝนระหว่าง 270-300 มิลลิเมตร และ ความหนาแน่นของฝนระหว่าง 90-100 มิลลิเมตรต่อวัน

2. ระดับปานกลาง ต้องมีฝนตกติดต่อกันมากกว่า 2 วัน มีปริมาณฝนระหว่าง 280-300 มิลลิเมตร และความหนาแน่นของฝนระหว่าง 140-150 มิลลิเมตรต่อวัน

3. ระดับรุนแรง ต้องมีฝนตกมากกว่า 6 วัน มีปริมาณฝนระหว่าง 480-500 มิลลิเมตร และความหนาแน่นของฝนระหว่าง 80-85 มิลลิเมตรต่อวัน

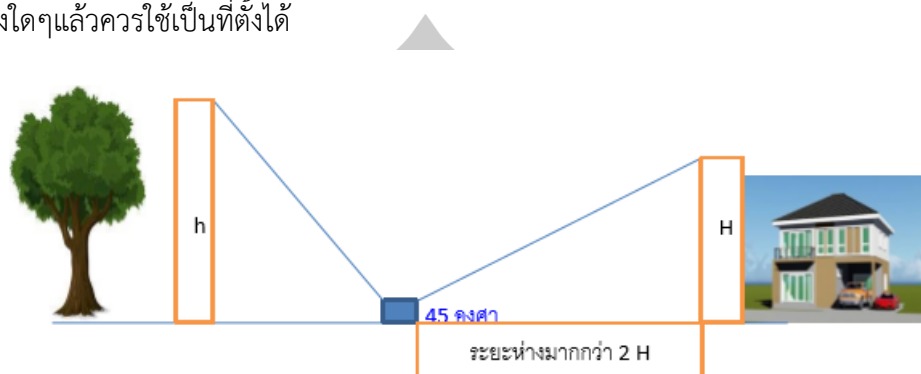
2.3.1 การวัดปริมาณน้ำฝน (Measurement of precipitation)

การวัดปริมาณน้ำฝน (Measurement of Precipitation) ที่ใช้ในลุ่มน้ำต่างๆ เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ที่ใช้กับข้อมูลเกี่ยวกับฝน ได้มีการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพเสมอ เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณและความหนักเบาของน้ำ ฝนจึงมีความสำคัญมาก ปริมาณน้ำฝนที่วัดเป็นความสูง ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ฝนตกบริเวณหนึ่งๆจะมีน้ำ ฝน สม่ำเสมอกันทั่วบริเวณ ความสูงของสัดส่วนโดยตรงกับน้ำฝนที่ตกลงมาบนพื้นที่นั้นจะเท่ากันตลอดทั่วทั้งบริเวณ แม้สิ่งที่รองรับจะใหญ่หรือเล็กก็ตาม ดังนั้นการ วัดโดยใช้หน่วยความสูงจึงเป็นการสะดวกกว่าวัดเป็นปริมาตร

น้ำฝนจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของพื้นที่ โดยทั่วไปใช้วัดความสูงของน้ำฝนเป็น มิลลิเมตร (mm) หรือ นิ้ว (Inch) และถ้าฝนตกต่ำกว่า 0.01 มิลลิเมตร หรือ 0.005" ถือว่าไม่มีฝนตก เครื่องมือวัดน้ำฝนแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ แบบที่บันทึกไม่ได้ (Non - Recording Rainuage) และแบบที่บันทึกข้อมูลลงในกระดาษกราฟได้ (Recording rainuage) เหมาะสำหรับบันทึกทำสถิติข้อมูลน้ำฝน สำหรับ Non - recording rainuage เป็น Standard rainuage) ของ U.S. Weather Bureau ทำด้วยโลหะรูปทรงกระบอกมีกรวยครอบ (Catch Funnel) เป็นที่รองรับน้ำฝน ขนาด Diameter 8" น้ำฝนจะไหลผ่านที่รองรับเข้าไปในกระบอกวัดน้ำฝนที่อยู่ภายในเนื้อที่ หน้าตัดของกระบอกวัดน้ำฝนเป็น 1/10 เท่าของเนื้อที่กรวยที่สวมอยู่ภายนอก ทั้งนี้เพื่อจะให้วัดน้ำฝนให้ละเอียด ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น การวัดน้ำฝนได้ 10 มิลลิเมตร คือ ต้องเอา 10 ไปหารจึงจะได้ค่าที่แท้จริง แต่ในทาง ปฏิบัตินิยมใช้ไม้บรรทัดที่เป็นไม้วัด Scale 1:10 เมื่ออ่านค่าจากไม้วัดได้เท่าไร จะเป็นค่าของฝนที่ตกทันที การอ่านค่าน้ำฝนทุกครั้งจะต้องเทน้ำฝนที่วัดแล้วทิ้งออกจากกระบอกเพื่อรองรับน้ำฝนครั้งต่อไป เครื่องวัดน้ำฝนนี้ตั้งอยู่บนขาตั้งความสูงจากขาตั้งถึงปากกรวยครอบตอนบนสุดประมาณ 34 " ขาตั้งนี้ใช้ยึดติดกับฐานไม้ซึ่ง ติดตั้งไว้ในแนวระดับ และเนื่องจากปัจจัยที่เกี่ยวกับลม ควรใช้ขนาดและรูปร่างแบบเดียวกันและติดตั้งในที่โล่งแจ้ง เช่นเดียวกันด้วย

ส่วนแบบ Recording rainuage ใช้สำหรับวัดค่า Intensity และ Duration ของน้ำฝน ออกมาในรูปของ Graph ที่ใช้อยู่เป็นส่วนใหญ่ในขณะนี้ของ U.S. Weather Bureau ชนิด Weighing Type น้ำหนักของน้ำฝนที่ ตกลงมาในที่รองรับน้ำฝน ซึ่งตั้งอยู่บนตาชั่ง ทำให้ปากกาบันทึกการทวีขึ้นตามความหนักเบาและเวลาที่ฝนตก เครื่องมือนี้ควรติดตั้งให้ได้ระดับและอยู่เหนือพื้นดินไม่น้อยกว่า 12" และไม่เกิน 24" เครื่องมือวัดน้ำฝนควรติดตั้งใน ที่โล่งแจ้งไม่มีต้นไม้หรือสิ่งเบียด

บัง อย่างน้อยจากศูนย์กลางของเครื่องมือวัดน้ำฝนทำมุมขึ้นไป 45° กับแนว Horizontal ถ้าไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆแล้วควรใช้เป็นที่ตั้งได้



ภาพประกอบ 2.7 เกณฑ์การติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝน

เกณฑ์การพิจารณาปริมาณฝนในระยะเวลา 24 ชั่วโมงของแต่ละวันตั้งแต่เวลา 07.00 น. ของวันหนึ่งถึง เวลา 07.00 น. ของวันรุ่งขึ้น ตามลักษณะของฝนที่ตกในประเทศที่อยู่ในเขตร้อน ย่านมรสุมมีดังนี้

ฝนวัดจำนวนไม่ได้	ปริมาณฝนน้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร
ฝนเล็กน้อย	ปริมาณฝนระหว่าง 0.1 - 10.0 มิลลิเมตร
ฝนปานกลาง	ปริมาณฝนระหว่าง 10.1 - 35.0 มิลลิเมตร
ฝนหนัก	ปริมาณฝนระหว่าง 35.1 - 90.0 มิลลิเมตร
ฝนหนักมาก	ปริมาณฝนตั้งแต่ 90.1 มิลลิเมตรขึ้นไป

เกณฑ์การกระจายของฝน

1. ฝนบางพื้นที่(Isolated) หมายถึง มีฝนตกน้อยกว่า 20% ของพื้นที่
2. ฝนกระจายเป็นแห่งๆ (Widely Scattered) หมายถึง มีฝนตกตั้งแต่ 20% ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 40% ของ พื้นที่
3. ฝนกระจาย(Scattered) หมายถึง มีฝนตกตั้งแต่ 40% ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 60% ของพื้นที่
4. ฝนเกือบทั่วไป(Almost Widespread) หมายถึง มีฝนตกตั้งแต่ 60% ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 80% ของพื้นที่
5. ฝนทั่วไป(Widespread) หมายถึง มีฝนตกตั้งแต่ 80% ของพื้นที่ ขึ้นไป

2.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน

การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนในช่วงพายุฝนอาจจำแนกการศึกษาและวิเคราะห์ขั้นพื้นฐานได้ 3 แบบด้วยกัน คือ (1) การวิเคราะห์เฉพาะจุดหรือสถานี (Point or station Analysis) (2) การวิเคราะห์การแจกแจงตาม กาลเวลา (Time Distribution Analysis) และ (3) การวิเคราะห์การแจกแจงตามพื้นที่ (Areal Distribution Analysis)

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะจุดหรือสถานี สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนเฉพาะจุดหรือสถานี พอสรุปได้ว่ามีสองลักษณะด้วยกันคือ (1) การประมาณค่าข้อมูลน้ำฝนที่ขาดหายไป และ (2) การตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลน้ำฝน การประมาณค่าข้อมูลน้ำฝนที่ขาดหายไป อาจกระทำได้ 3 วิธีด้วยกันคือ

1.1 การหาค่าเฉลี่ยข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากสถานีใกล้เคียงอย่างน้อย 3 สถานี

1.2 การหาค่าข้อมูลที่ขาดหายไปด้วยการเขียนเส้นชั้นความลึกน้ำฝน (Isohyetal)

1.3 การหาค่าข้อมูลที่ขาดหายไปด้วยวิธีสัดส่วนปกติ (Normal ratio method)

การตรวจสอบความเชื่อถือได้ (Consistency) ของข้อมูลน้ำฝน นิยมใช้วิธีวิเคราะห์สะสมเชิงซ้อน (Double mass analysis) วิธีการตรวจสอบกระทำโดยการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำฝนรายปีสะสมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเฉลี่ยจากสถานีต่างๆ ที่ตั้งอยู่รอบๆ การเปรียบเทียบกระทำโดยการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณ น้ำฝนรายปีสะสมของสถานีที่ต้องการจะตรวจสอบกับค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปีสะสมจากสถานีต่างๆ หากข้อมูลเชื่อถือได้ กราฟที่พล็อตได้ จะเป็นเส้นตรงและมีความลาดชันคงที่ แต่ถ้าหากว่ากราฟที่พล็อตได้มีความลาดชันได้ หลายค่าแสดงว่าข้อมูลปริมาณฝนของสถานีที่ตรวจสอบยังเชื่อถือไม่ได้ เพราะอาจมีการเปลี่ยนแปลงอย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้นในปีที่เป็นจุดเปลี่ยนความลาดชันของกราฟที่พล็อต ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวก็คือ อาจจะมีการ ย้ายที่ตั้งเครื่องวัดน้ำ น้ำฝนอาจจะมีการเปลี่ยนเครื่องวัดใหม่ เปลี่ยนเวลาทำการวัด เป็นต้น ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลไป ใช้ จะต้องทำการปรับแก้ข้อมูลเสียก่อน

2. การวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลตามกาลเวลา

การวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลตามกาลเวลามีขีดจำกัดทำได้เฉพาะข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ เท่านั้น ข้อมูลดังกล่าวอาจจะตีพิมพ์เป็นตารางข้อมูลรายชั่วโมง การวิเคราะห์กระทำโดยคัดลอกข้อมูลรายชั่วโมง และคำนวณหาค่าสะสมของข้อมูลรายชั่วโมงจนตลอดช่วงเวลาของฝนที่ตก กราฟที่เกิดจากการพล็อตข้อมูลสะสม รายชั่วโมงกับเวลาเรียกว่า กราฟความลึกน้ำฝนสะสม (Rainfall mass curve) ซึ่งสามารถทำให้ทราบช่วงเวลาของ พายุฝนที่ตกหนักและเบาต่างๆ หรือช่วงเวลาที่มีความเข้มของฝนต่างๆ กันได้ นอกจากนั้น การเปรียบเทียบกราฟ น้ำฝนสะสม

จากหลายๆ สถานีของพายุฝนลูกเดียวกัน จะทำให้สามารถทราบทิศทางเคลื่อนที่ของพายุฝนดังกล่าวได้

3. การวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลตามพื้นที่

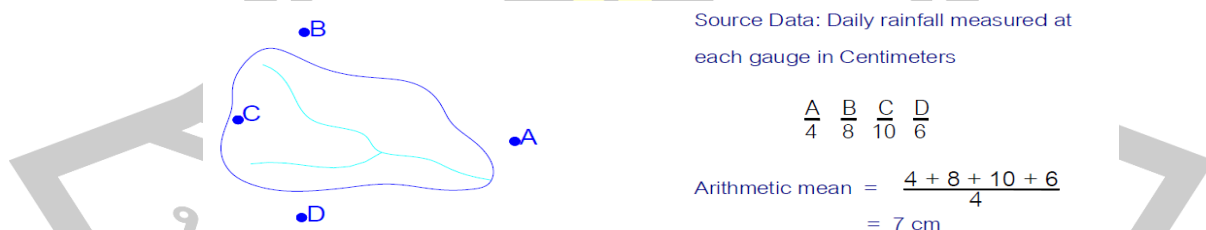
ในการวิเคราะห์วิธีนี้ ปริมาณน้ำฝนที่วัดทุกสถานีในพื้นที่ใดๆ จะนำมาวิเคราะห์รวมกันเพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยของ ฝนที่ตกลงบนพื้นที่นั้น เนื่องจากค่าเฉลี่ย (Average หรือ mean) ได้ใช้บ่อยครั้งในอุทกวิทยา ในกรณีความลึก เฉลี่ยของปริมาณฝนจึงนิยมใช้คำว่า ความลึกสม่าเสมอเทียบเท่า (Equivalent uniform depth) แทน การ คำนวณความลึกสม่าเสมอเทียบเท่าของปริมาณฝนนั้น กระทำได้ 3 วิธีด้วยกันคือ

1. เฉลี่ยด้วยวิธีคณิตศาสตร์
2. เฉลี่ยด้วยวิธีรูปสี่เหลี่ยมโพลีกอน (Thiessen Polygon)
3. เฉลี่ยด้วยวิธีเส้นชั้นความลึกน้ำฝน (Isohyetal)

2.3.3 การหาค่าเฉลี่ยน้ำฝน

การหาค่าเฉลี่ยน้ำฝน (Average precipitation) มีหลายวิธีดังนี้

1. แบบ Arithmetic mean เป็นวิธีง่ายและธรรมดาที่สุด วิธีนี้ได้ผลดีในที่ราบ ถ้าเครื่องวัดน้ำฝนตั้งกระจายอย่างมีระเบียบแบบแผน (Uniform) ค่าเฉลี่ยที่ได้จะไม่แตกต่างกับที่วัดได้จากเครื่องวัดน้ำฝนแต่ละเครื่องมากนัก อิทธิพลเกี่ยวกับเนื้อที่และภูมิประเทศอาจไม่เป็นอุปสรรค ถ้าได้เลือกที่ตั้งวัดน้ำฝน อย่างถูกต้อง สำหรับที่ลุ่มน้ำที่กำหนดให้หรือลุ่มน้ำอื่นใดที่มีเนื้อที่ไม่กว้างขวางมากนักและที่ตั้งเครื่องวัดน้ำฝน ได้พิจารณา เลือกตั้งอย่างดีแล้ว การใช้ค่าเฉลี่ยน้ำฝนแบบ Arithmetic mean จะได้ค่าที่น่าเชื่อถือ ดังตัวอย่าง ภาพประกอบ 2.8



ภาพประกอบ 2.8 ตัวอย่างวิธีหาค่าเฉลี่ยน้ำฝน แบบ Arithmetic mean

2. แบบ Thiessen method เป็นการหาค่าเฉลี่ยโดยเอาเนื้อที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับวิธีการ คือ

2.1 หาพื้นที่ที่เครื่องวัดน้ำฝนในแต่ละสถานีคลุมไปถึง ทำได้โดยลากเส้นโยงระหว่างสถานีต่างๆ ทุกสถานีให้เป็นรูปสามเหลี่ยม แล้วลากเส้นตั้งฉาก จากจุดแบ่งครึ่งของด้านทั้ง

สามของสามเหลี่ยมต่าง ๆ นั้นเกิดเป็นรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) ล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝนต่างๆ ซึ่งแสดงถึงพื้นที่ที่สถานีนั้นๆ ครอบคลุมไปถึง

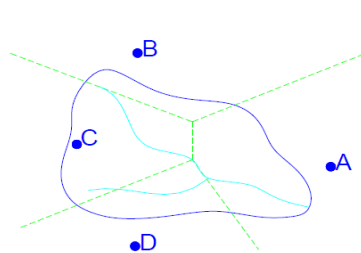
2.2 หาเปอร์เซ็นต์เนื้อที่ของแต่ละ Polygon ต่อเนื้อที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำ (ซึ่งเกิดจากการลากเส้นเชื่อมจุดตัดกับของเส้นในแต่ละด้าน)

2.3 ผลบวกของผลคูณระหว่างเปอร์เซ็นต์เนื้อที่ Polygon ต่างๆ กับปริมาณน้ำฝนของสถานีนั้นๆ จะเป็นค่าเฉลี่ยน้ำฝนตามต้องการ

2.4 การคำนวณหาพื้นที่ใช้เครื่องมือ วัดจากแผนที่กลุ่มน้ำ

2.5 การหาเปอร์เซ็นต์ (%) Total area

2.6 หา Weigh precipitation (mm.) Weigh precipitation ของสถานี A จะมีค่าเป็นผลคูณของค่าที่ หาได้ระหว่างผลของ Observed pre. กับ % Total area $A = 4.0 \times 0.28 = 1.12$ cm. สถานีอื่นๆ ก็ใช้การคำนวณ เช่นเดียวกัน



Thiessen Polygon

Station	Depth (CM)	Area in Polygon ^a	Volume (CM)
A	4	X 0.28	= 1.12
B	8	X 0.09	= 0.72
C	10	X 0.49	= 4.9
D	6	X 0.14	= 0.84
SUM			= 7.58

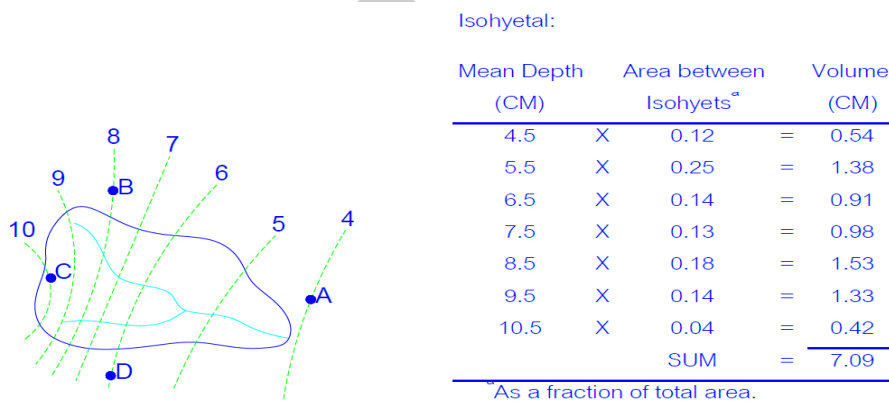
^aAs a fraction of total area.

ภาพประกอบ 2.9 ตัวอย่างวิธีหาค่าเฉลี่ยน้ำฝนแบบ Thiessen method

3. แบบ Isohytal method โดยทั่วไปเป็นวิธีที่ถูกตั้งมากที่สุด เนื่องจากสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดของภูมิประเทศ ได้ แต่ต้องใช้ความชำนาญ ประสบการณ์ ตลอดจนเครื่องมือที่จะใช้ เช่น แผนที่ เครื่องมือคำนวณหาเนื้อที่ (Polar planimeter) จะต้องมีความละเอียด (Accuracy) สูง มิฉะนั้นแล้วจะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้มากเช่นกัน วิธีการของ Isohytal method นั้นที่สำคัญอยู่ที่การลากเส้นน้ำฝนเท่ากัน (Isohytes) ซึ่งต้องใช้ความชำนาญ ของผู้บันทึกมาก วิธีการมีดังนี้

3.1 ลากเส้น Isohytal หรือเส้นน้ำฝนเท่า โดยการลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างสถานีวัดน้ำฝนต่างๆ ทั้งหมดเข้าด้วยกันในแผนที่ จากนั้นใส่ค่าน้ำฝนแต่ละสถานีวัดได้ลงในแผนที่ หลักการเขียนเส้น Isohytes เหมือนกับเส้น Contour โดยพยายามใช้หลักการและความชำนาญให้เส้นดังกล่าวเป็นเส้นสมมุติ (Imagine line) ที่หมายถึงว่าทุกๆจุดบนเส้น Isohytes แต่ละเส้น จะมีปริมาณ Precipitation เท่ากัน

3.2 ทำการวัดพื้นที่ในแต่ละช่วง Interval ของ Isohytes โดยใช้เครื่องมือ Polar planimeter ซึ่งหลักการใช้เครื่องมือทำการรังวัดได้แสดงไว้แล้วในตอนต้นเหมือนกัน



ภาพประกอบ 2.10 ตัวอย่างวิธีหาค่าเฉลี่ยน้ำฝนแบบ Isohytal method

โดยหลักการทั่วไป ถ้าสถานีวัดน้ำฝนตั้งกระจายอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม และภูมิประเทศเป็นที่ราบแล้ว Arithmetic method จะได้ค่าที่น่าเชื่อถือมาก แต่ภูมิประเทศจริงไม่เป็นเช่นนั้น ดังนั้นการใช้ค่า Thiessen method จะให้ค่าที่ถูกต้องน่าเชื่อถือมากกว่า เนื่องจากได้เอาเนื้อที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับด้วย สถานีอื่นๆ นอกลุ่มน้ำที่อยู่ใกล้เคียงจะมีผลต่อลุ่มน้ำด้วย ส่วนค่า Isohytal method จะให้ค่าที่น่าเชื่อถือมากที่สุด เนื่อง จากได้แก้ไขผิดพลาด (Error) เกี่ยวกับ Topographic effect ด้วย

เกณฑ์ความเพียงพอของโครงข่ายสถานีอุตุนิยมวิทยา

1. แนวทางการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย

จากเกณฑ์ความพอเพียงของโครงข่ายสถานีประเภทต่างๆ ตามมาตรฐานองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก พบว่า ประเทศไทยซึ่งจัดอยู่ในเขตร้อนและมีสภาพภูมิประเทศทั้งที่เป็นภูเขาและที่ราบ ซึ่งมีช่วงความหนาแน่นสถานีวัดน้ำฝนที่ต้องการอยู่ในช่วง 100 ถึง 900 ตร.กม./สถานี ในสภาวะปกติ และความหนาแน่นสถานีวัดน้ำท่าที่ต้องการอยู่ในช่วง 300 ถึง 2,500 ตร.กม./สถานี ในสภาวะปกติ จึงได้ทำการแบ่งความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำท่า ที่ต้องการออกเป็นช่วงตามลักษณะภูมิประเทศของแต่ละลุ่มน้ำสาขาได้เป็น 6 ช่วง ดังตาราง 2.1 ตามลำดับ ได้แก่

- 1) เขตภูเขาทั่วไปจนถึงเขตภูเขาสลับซับซ้อน โดยไม่มีที่ราบอยู่เลย
- 2) เขตที่ราบสูง ที่ราบซึ่งมีภูเขากระจัดกระจายอยู่ในพื้นที่ที่ราบที่อยู่ระหว่างแนวเขา

3) เขตที่ราบมีความลาดเอียง มีแนวลำน้ำชัดเจน อาจมีเนินเขาเล็กๆปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย

4) เขตที่ราบมีความลาดเอียงของพื้นที่น้อยมากไม่สามารถระบุขอบเขตลุ่มน้ำได้ชัดเจนรวมถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเล

5) พื้นที่เกาะ มีภูเขาขนาดเล็กกระจายอยู่ มีลักษณะผืนดินแปรอย่างมา

6) เขตพื้นที่บริเวณชุมชนเมืองที่ต้องการจะศึกษาสภาพปัญหาโดยเฉพาะ เช่น การระบายน้ำ และบรรเทาอุทกภัย

ตาราง 2. 1 การประยุกต์เกณฑ์ความหนาแน่นน้อยสุดเครือข่ายสถานีวัดน้ำฝน สำหรับประเทศไทย

สภาพภูมิประเทศ	ช่วงความหนาแน่นตามเกณฑ์ WMO (ตร.กม./สถานี)	เกณฑ์ที่เลือกใช้ (ตร.กม./สถานี)	หมายเหตุ
1.เขตภูเขาทั่วไปจนถึงเขตภูเขา สลับซับซ้อนโดยไม่มีที่ราบอยู่เลย	100-250	250	เนื่องจากเป็นเขตภูเขามีสภาพการอาศัยอยู่น้อย จึงมีอุปสรรคในด้านเก็บข้อมูลและดูแลรักษา
2. เขตที่ราบสูง ที่ราบซึ่งมีภูเขากระจัดกระจายอยู่ในพื้นที่ที่ราบที่อยู่ระหว่างแนวเขา	250-600	400	
3. เขตที่ราบที่มีความลาดเอียง มีแนวลำน้ำชัดเจน อาจมีเนินเขาเล็กๆปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย	600-900	600	
4. เขตที่ราบมีความลาดเอียงของพื้นที่น้อยมากไม่สามารถระบุขอบเขตลุ่มน้ำชัดเจนรวมถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเล	600-900	750	

ตาราง 2.1 การประยุกต์เกณฑ์ความหนาแน่นน้อยสุดเครือข่ายสถานีวัดน้ำฝน สำหรับประเทศไทย (ต่อ)

สภาพภูมิประเทศ	ช่วงความหนาแน่นตามเกณฑ์ WMO (ตร.กม./สถานี)	เกณฑ์ที่เลือกใช้ (ตร.กม./สถานี)	หมายเหตุ
5. เขตพื้นที่เกาะ มีภูเขาขนาดใหญ่กระจายอยู่มีลักษณะฝนผันแปรอย่างมาก	25-25	25	
6. เขตพื้นที่บริเวณชุมชนเมืองที่ต้องการจะศึกษาสภาพปัญหา โดยเฉพาะ เช่น การระบายน้ำและบรรเทาอุทกภัย		10-20	ควรเป็นสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติ

หมายเหตุ: เกณฑ์ดังกล่าวใช้กับสถานีวัดน้ำฝนแบบธรรมดา สำหรับสถานีวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ นั้น จะพิจารณาในประเด็นของความจำเป็นในการใช้ข้อมูลน้ำฝนแบบต่อเนื่อง ซึ่งเป็นรูปแบบของข้อมูลที่สำคัญต่อการศึกษาพยากรณ์การประเมินปริมาณน้ำหลาก

2.3.4 แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool)

เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่ พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่า การวิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ซึ่งได้แก่ น้ำท่า ตะกอน และสารเคมีจากการเกษตรกรรม ของพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่และมี ระบบที่สลับซับซ้อน (Large-Complex Watershed) อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพดินและการใช้ที่ดิน โดยแบบจำลองนี้ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องภายใต้ความร่วมมือระหว่าง Blackland research center, TAES กับ United States Department of Agriculture–Agricultural Research Service (USDA-ARS) ตั้งแต่ ปี ค.ศ.1990 จนถึงรุ่นล่าสุดในปี ค.ศ. 2000 ซึ่งได้มีการนำข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) จาก แบบจำลอง ArcGIS ประยุกต์ใช้กับร่วมกับแบบจำลอง SWAT หรือ ArcSWAT

แบบจำลอง SWAT อาศัยข้อมูลเชิงกายภาพ โดยมีส่วนประกอบหลัก ๆ ได้แก่ ข้อมูลด้านภูมิอากาศ ด้านอุทกวิทยา ด้านอุณหภูมิตามดิน และด้านการจัดการที่ดินโดยการแบ่งพื้นที่

ลุ่มน้ำเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยก็จะถูกแบ่งเป็น หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units, HRUs) ซึ่งเป็นการซ้อนทับกันของชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน การจัดการที่ดิน และคุณสมบัติที่ดิน การประมาณค่าทางอุทกวิทยาจะใช้หลักการทางด้านสมดุลของน้ำ โดยปริมาณน้ำ น้ำที่ถูกกักเก็บไว้ในดินจะเท่ากับ ปริมาณน้ำที่ดินได้รับมา ลบกับปริมาณน้ำที่ดินสูญเสียไป ปริมาณน้ำที่ดินได้รับมาประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนและ ปริมาณน้ำชลประทานส่วน ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปประกอบด้วยปริมาณน้ำไหลบ่า ปริมาณการคายระเหยของน้ำ ปริมาณการซึมลึกลงใต้ดินของน้ำ และปริมาณการไหลลงแม่น้ำ ดังสมการที่ (2-2)

$$S_{Wt} = SW + \sum (R_i - Q_i - E_{ti} - P_i - Q_{Ri}) \quad (2-2)$$

โดยที่

S_{Wt} = ปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในดิน (มม.)

t = ช่วงเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณ

i = ลำดับของเวลาในแต่ละชั้นของการคำนวณ

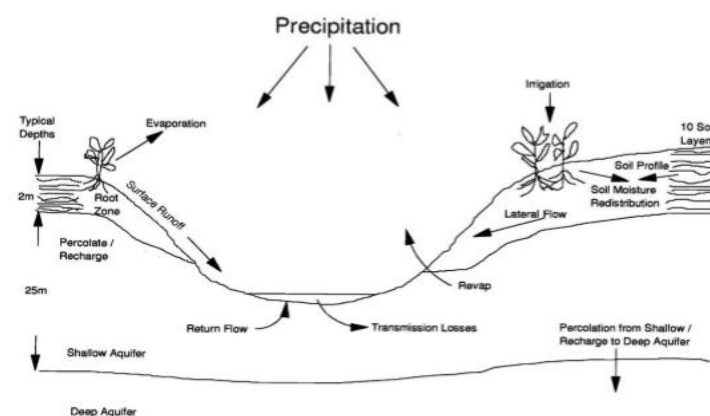
R_i = ปริมาณน้ำฝน (มม.)

Q_i = ปริมาณน้ำไหลบ่า (มม.)

E_{Ti} = ปริมาณการคายระเหย (มม.)

P_i = ปริมาณน้ำที่ซึมลึกลงดิน (มม.)

Q_{Ri} = ปริมาณน้ำที่ไหลลงแม่น้ำ (มม.)



ภาพประกอบ 2.11 แนวคิดการเกิดน้ำท่าในแบบจำลอง SWAT

ที่มา: Arnold, J.G., et al., (1998)

ข้อมูลที่ต้องการสำหรับสมการสมดุลของน้ำในแบบจำลอง SWAT ได้แก่ ข้อมูลภูมิอากาศ(ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูล เกี่ยวกับพืชที่ทำการเพาะปลูก และ ข้อมูลดิน (ประกอบด้วย คุณสมบัติของดินในแต่ละชั้นดิน) หลักการประเมิน น้ำท่าในแบบจำลอง SWATแบบจำลอง SWAT วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าโดยวิธี SCS curve number พัฒนาโดย U.S. Department of Agriculture ซึ่งเป็นทฤษฎีการหาปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (Rainfall Excess) โดยจะทำการ แบ่งปริมาณน้ำฝน (Precipitation, P) ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ปริมาณการไหลโดยตรง (Direct Runoff, P_e) ปริมาณการไหลซึมลงดิน (Infiltration, F_a) และ ปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (Initial Abstraction, I_a) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ดังสมการ (2-3)

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (2-3)$$

การคำนวณปริมาณการสูญเสียของปริมาณฝน เพื่อประเมินปริมาณการไหลโดยตรง ทำได้โดยการพัฒนา Curve Number (CN) ซึ่งได้จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนและข้อมูลปริมาณการไหลโดยตรงโดยการ พล็อตค่าสะสมของข้อมูลจะเห็นว่าปริมาณการไหลโดยตรง จะเกิดหลังจากฝนตกแล้วช่วงเวลาหนึ่ง จึงได้ ความสัมพันธ์ดังสมการ (2-4)

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - I_a)^2}{(R_{day} - I_a + S)} \quad (2-4)$$

โดยที่

Q_{surf} = ปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดิน (มม.)

R_{day} = ปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.)

I_a = การดักและการแทรกซึมก่อนการไหลบ่า (มม.)

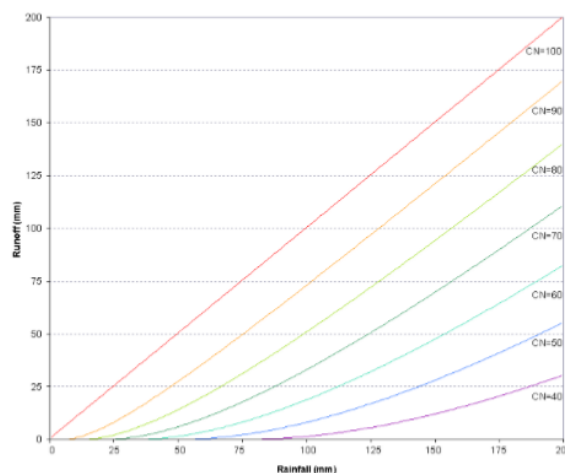
S = ตัวแปรการกักเก็บ (มม.) หรือค่า Retention Parameter

แปรผันตามลักษณะพื้นที่ ได้แก่ ชนิดดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน การจัดการและความลาดชันผิวดิน และแปรผันตามปริมาณ ความชื้นในดิน ณ ช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งถูกรวมอยู่ในตัวแปรเพียงตัวเดียว เรียกว่า Curve Number โดยมี ความสัมพันธ์ดังสมการ (2-5)

$$S = \left(\frac{1000}{CN} \right) - 10 \quad (2-5)$$

โดยที่ CN คือ Curve Number เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างความยากง่ายของน้ำในการซึมผ่านชั้นดิน (Soil's Permeability) CN จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 100 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดินกับ ปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.) ที่ระดับค่า CN ต่างๆ แสดงในรูปที่ 2.18

โดยในปี ค.ศ. 1996 The U.S. Natural Resource Conservation Service (NRCS) Soil Survey Staff ได้แบ่งกลุ่มดินทางอุทกวิทยา (Hydrologic Soil Group) ตามคุณลักษณะการซึมน้ำ(Infiltration) ของดิน ออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่



ภาพประกอบ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดินกับน้ำฝนรายวันและค่า CN

ที่มา: Arnold, J.G., et al., (1998)

กลุ่ม A: ดินมีศักยภาพของการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินต่ำดินมีอัตราการซึมน้ำสูงเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำแล้ว ลักษณะที่สำคัญของกลุ่มดินนี้ คือ ดินมีความลึกมากเนื้อดินเป็นดินทรายหรือกรวด และดินมีการระบายน้ำดีถึงดีมากมีอัตราการซึมน้ำต่อเนื่องในดินสูง

กลุ่ม B: ดินมีอัตราการซึมน้ำปานกลางเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำแล้วลักษณะที่สำคัญของกลุ่มดินนี้ คือดินมีความลึกปานกลางถึงลึกมากดินมีการระบายน้ำปานกลางถึงระบายน้ำดีเนื้อดินค่อนข้างละเอียดถึงค่อนข้างหยาบมี อัตราการซึมน้ำต่อเนื่องในดินปานกลาง

กลุ่ม C: ดินมีอัตราการซึมน้ำช้าเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำแล้วลักษณะที่สำคัญของกลุ่มดินนี้ คือ มีชั้นดินที่ ชะลอการไหลของน้ำลงไปใ้ดินเนื้อดินค่อนข้างละเอียดถึงละเอียดมีอัตราการซึมน้ำต่อเนื่องในดินช้า

กลุ่ม D: ดินมีศักยภาพการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินสูงดินมีอัตราการซึมน้ำช้ามากเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ลักษณะที่สำคัญของกลุ่มดินนี้ คือ เนื้อดินเป็นดินเหนียวที่มีศักยภาพในการขยายตัว

สูง เมื่อดินชื้นทำให้น้ำไม่ สามารถซึมผ่านลงไปได้ระดับน้ำในดินคงที่มีชั้นดินตื้นอยู่บนชั้นดินเหนียวที่ น้ำ ซึมผ่านได้ยากและอยู่ใกล้กับผิวดินมี อัตราการซึมน้ำต่อเนื่องช้ามาก

นอกจากนี้แบบจำลอง SWAT ยังสามารถจำลองกระบวนการต่างๆ ทางกายภาพ ที่ เกิดขึ้นภายในลุ่มน้ำ ได้ โดยผู้ใช้จะต้องแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำที่ต้องการศึกษาออกเป็นลุ่มน้ำย่อยๆ ตาม ลักษณะการใช้ที่ดิน หรือชนิดของดินที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ซึ่งจะส่งผลทำให้ลักษณะทางด้านอุทก วิทยาของลุ่มน้ำนั้นเป็นแบบเดียวกัน ส่วนข้อมูลของ ลุ่มน้ำย่อยที่ผู้ใช้งานต้องกำหนดให้แบบจำลอง นั้น ประกอบด้วย ข้อมูลภูมิอากาศ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ระดับน้ำใต้ดิน ลักษณะของดินและการใช้ ประโยชน์ที่ดิน ลำน้ำสายหลัก และทางระบายน้ำ ต่าง ๆ เป็นต้น

1. ส่วนประกอบของแบบจำลอง SWAT สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1.1 การจำลองแบบในส่วนของพื้นดิน หรือ ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (Upland phase or sub-basin component) การวิเคราะห์ในส่วนนี้จะเป็นการศึกษาวัฏจักรทางอุทกวิทยาเพื่อ ประเมินปริมาณน้ำท่า ปริมาณการตกตะกอน อุณหภูมิของดิน การเติบโตของพืช ปริมาณไนโตรเจน พอสฟอรัส และปริมาณสารเคมีจากการเกษตรกรรม ก่อนไหลลงสู่ลำน้ำสายหลักในแต่ละลุ่มน้ำย่อย

1.2 การจำลองแบบในส่วนของการเคลื่อนตัวของน้ำ (Routing phase) จะ เป็น การคำนวณการ เคลื่อนที่ของน้ำผ่านทางน้ำ และการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำ การเคลื่อนตัว ของตะกอนในทางน้ำ การพัฒนาและการแพร่กระจายของสารเคมีปนเปื้อนชนิดต่างๆ ในลำน้ำ ตลอด ทั้งโครงข่ายของระบบลุ่มน้ำที่ทำการศึกษา

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อประเมินสภาพทางอุทกวิทยาและปริมาณการไหลที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ

2.2 เพื่อวางแผนการพัฒนาโครงการในลุ่มน้ำอย่างเหมาะสม

2.3 เพื่อช่วยในการวางแผนและการบริหารจัดการระบบชลประทานในลุ่มน้ำ

2.4 เพื่อช่วยในการวางแผนโครงการพัฒนาแหล่งน้ำใหม่ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น โครงการผันน้ำโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น

2.5 เพื่อประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จำลอง (Scenarios) เช่น การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน การเติบโตด้านความต้องการน้ำที่สูงขึ้น และการ ป้องกันน้ำท่วม เป็นต้น

3. ข้อมูลที่ต้องการ

3.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ได้แก่

3.1.1 Digital Elevation Model (DEM)

3.1.2 แผนที่การใช้ที่ดิน

3.1.3 แผนที่จำแนกชนิดที่ดิน

3.2 ข้อมูลภูมิอากาศ (Weather data) ได้แก่

3.2.1 อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุด ใช้ข้อมูลรายวันหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

3.2.2 พลังงานแสงอาทิตย์ ใช้ข้อมูลรายวัน หน่วยเป็น เมกะจูลต่อวัน

3.2.3 ความเร็วลม ใช้ข้อมูลรายวัน หน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

3.2.4 ความชื้นสัมพัทธ์ ใช้ข้อมูลรายวัน หน่วยเป็น มิลลิเมตร

3.3 ข้อมูลด้านอุทกวิทยา (Hydrological data) ได้แก่ ปริมาณการไหลในลำน้ำ ใช้ข้อมูลรายวัน หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการสอบเทียบแบบจำลอง

4. การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ค่าดัชนีที่ใช้สำหรับการประเมินความแม่นยำระหว่างผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT และข้อมูลจากสถานีตรวจวัดในการศึกษา ประกอบด้วย R^2 RE และค่าสัมประสิทธิ์ของ Nash-Suttcliffe (E_{ns}) ค่า RE และ E_{ns} สามารถแสดงได้ดังสมการ (2-6) และ (2-7) ตามลำดับ คือ

$$RE = \frac{Q_{sim} - Q_{obs}}{Q_{obs}} \times 100\% \quad (2-6)$$

$$E_{ns} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{avr})^2} \quad (2-7)$$

โดยที่ Q_{sim} = ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง

Q_{obs} = ปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด

Q_{avr} = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัด

n = จำนวนข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด

2.4 ความต้องการใช้น้ำ (Water Demand)

การวิเคราะห์ระบบทรัพยากรน้ำมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาถึงความต้องการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ ภายในลุ่มน้ำ เช่น ด้านอุปโภคบริโภค การเกษตร อุตสาหกรรม และการท่องเที่ยว ทั้งนี้ความต้องการใช้น้ำ เพื่อกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ย่อมขึ้นกับการเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจ การขยายตัวทางด้าน อุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว เป็นผลให้ประชากรทั้งใน

เมืองและชนบทมีความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้น รวมทั้งการ ส่งเสริมการเกษตรโดยเฉพาะการใช้น้ำในภาคเกษตรซึ่งมีปริมาณร้อยละ 85 ของการใช้น้ำทั้งหมด มีการเพิ่มพื้นที่ เพาะปลูกในฤดูแล้งมากขึ้น ทำให้มีแนวโน้มการใช้น้ำเพิ่มขึ้นในอนาคต ในการประเมินความต้องการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำได้ทำการพิจารณาแบ่งกิจกรรมการใช้น้ำในลุ่มน้ำดังนี้

- 1) ด้านอุปโภค บริโภค
- 2) ด้านอุตสาหกรรม
- 3) ด้านการท่องเที่ยว
- 4) ด้านการปศุสัตว์
- 5) ด้านรักษาสมดุลนิเวศน์ทำนน้ำ เช่น การรักษาสภาพลาน้ำ การเดินเรือการ ส่งเสริมวัฒนธรรม และการส่งเสริมประเพณี เป็นต้น

- 6) ด้านการเกษตร โดยจะแยกประเมินเป็น 2 ระยะ คือ ปัจจุบันและในอนาคตอีก 10 ปี

2.4.1 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค (Consumption demand)

การประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค คำนวณได้จากการใช้ข้อมูลอัตราใช้น้ำควบคู่กับจำนวนประชากรในเขตเมืองและชนบทในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งรวบรวมจากสำนักบริหารการทะเบียนกระทรวงมหาดไทยและสำนักงานสถิติแห่งชาติ โดยขั้นตอนการประเมิน สำหรับอัตราการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในเขตเมืองและเขตชนบท กำหนดดังนี้

อัตราการใช้น้ำของประชากรในเขตเมืองและนอกเมือง จะมีค่าแปรเปลี่ยนตามจำนวนประชากร โดยกำหนดจำนวนประชากรเริ่มต้นที่ 3,000 คน ใช้น้ำในอัตรา 120 ลิตร /คน/วัน และเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรจนถึงประชากรมากกว่า 50,000 คน ใช้น้ำในอัตรา 300 ลิตร/คน/วัน

ตาราง 2. 2 ปริมาณการใช้น้ำในเขตพื้นที่ต่างๆ

เขตพื้นที่	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลิตร/คน/วัน)
กรุงเทพมหานคร	300
นอกเขตเทศบาล	50
เทศบาลตำบล	120
เทศบาลเมือง	200
เทศบาลนคร	250
ชุมชนเมืองที่ยกฐานะเป็นเทศบาลตำบล	110

2.4.2 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม (Industrial demand)

โรงงานอุตสาหกรรมมีอยู่หลายประเภท บางประเภทจะไม่ต้องการนำน้ำใช้มากนักในกระบวนการผลิต เพียงแต่ใช้สำหรับห้องน้ำเท่านั้น แต่บางประเภทจะต้องการน้ำประปามากในกระบวนการผลิตทำให้จำเป็นต้องค้นคว้าหาข้อมูลของการใช้น้ำในโรงงานให้เป็นไปตามความเป็นจริงที่สุด โดยอาจพิจารณาอัตราการใช้น้ำประปาในหน่วยของลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่โรงงานหรือต่อน้ำหนักของสินค้าที่ผลิตได้ การประเมินอัตราการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมตามประเภทของอุตสาหกรรมหลักในประเทศไทย ซึ่งได้ทำการประเมินโดยสำนักนโยบายสาธารณะ สำนักงานสภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ พ.ศ.2547 ได้แสดงรายละเอียดการประเมินไว้ในตาราง 2.1 สำหรับชุมชนหรือประเทศที่มีการพัฒนาทางอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง ปริมาณน้ำใช้เพื่อกิจการอาจมีสัดส่วนสูงกว่าปริมาณน้ำใช้ในครัวเรือนเป็นอย่างมาก เช่น ในประเทศอังกฤษ ร้อยละ 85 ของน้ำที่มีอยู่ถูกใช้ไปในกิจการอุตสาหกรรม ที่เหลือร้อยละ 15 จะใช้สำหรับในครัวเรือน การใช้น้ำส่วนใหญ่มักใช้เพื่อการระบายความร้อน ถัดลงมาคือการใช้ในสายการผลิต

ตาราง 2. 3 อัตราการใช้น้ำด้านอุตสาหกรรม

รหัส	ประเภท	รายละเอียดประเภทอุตสาหกรรมหลัก	ปริมาณความต้องการ (ลบ.ม./ไร่/วัน)
01	Accessory	อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์	6
02	Chemical	อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์	8
03	Food	อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม	12
04	Metal	อุตสาหกรรมถลุง หล่อ โลหะ	5
05	Other	อุตสาหกรรมทั่วไป	7
06	Outside	อุตสาหกรรมกลางแจ้ง เช่น ไม้-บดหิน ดูดทราย เผาถ่าน หีบฝ้าย อบเมล็ดพืช	4
07	Paper	อุตสาหกรรมกระดาษ เช่น ผลิตเยื่อ กระดาษ ภาชนะจากกระดาษ ฯลฯ	4
08	Textile	อุตสาหกรรมสิ่งทอ ฟอกหนัง ย้อมสี	5
09	Unmetal	อุตสาหกรรมอโลหะ เช่น แก้ว กระเบื้องเคลือบ ปูนซีเมนต์ ฯลฯ	8
10	Wood	อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ไม้ เครื่องเรือน	3

ที่มา: สำนักนโยบายสาธารณะ สำนักงานสภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2547)

2.4.3 ความต้องการน้ำเพื่อการท่องเที่ยว (Tourism demand)

การประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยว พิจารณาแบ่งประเภทความต้องการใช้น้ำของนักท่องเที่ยวออกเป็น 2 ประเภท คือ

- 1) นักทัศนาจร หมายถึง นักท่องเที่ยวที่ไม่ค้างคืน
- 2) นักท่องเที่ยวที่ค้างคืน

โดยกำหนดให้นักท่องเที่ยวที่มีการพักค้างคืนเฉลี่ย 3 วัน มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 350 ลิตรต่อคนต่อวัน โดยพิจารณาจากอัตราการใช้น้ำของนักท่องเที่ยวที่พักในโรงแรมที่คิดในอัตรา 300-400 ลิตรต่อคนต่อวัน สำหรับนักทัศนาจรที่ไม่พักค้างคืน กำหนดให้มีการใช้น้ำในอัตราเฉลี่ย 30 ลิตรต่อคนต่อวัน

2.4.4 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการปศุสัตว์

การประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อการปศุสัตว์ ในที่นี้ครอบคลุมถึงฟาร์มปศุสัตว์และสัตว์เลี้ยงในครัวเรือน โดยรวบรวมจำนวนสัตว์เลี้ยงที่นิยมเลี้ยงของแต่ละจังหวัดในพื้นที่ลุ่มน้ำ จากข้อมูลสถิติของกรมปศุสัตว์ซึ่งได้มาจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ ประกอบกับปริมาณน้ำใช้ของสัตว์แต่ละชนิดดังตาราง 2.5

ตาราง 2. 4 อัตราการใช้น้ำและจำนวนวันที่ใช้เลี้ยงสัตว์

สัตว์	อัตราการใช้น้ำ(ลิตร/ตัว/วัน)	จำนวนวันที่เลี้ยง(วัน)
โค/กระบือ (Cattle/Bufaloes)	40	365
เป็ด/ไก่(Duck/Chicken)	0.15	120
สุกร(Swine)	10	180

2.4.5 ความต้องการน้ำเพื่อรักษาสมดุลระบบนิเวศน์ท้ายน้ำ

เนื่องจากการใช้น้ำในพื้นที่ต้นน้ำมีผลทำให้น้ำในพื้นที่ปลายน้ำลดลง จึงต้องมีการวางแผนและจัดการการใช้น้ำให้เกิดความเป็นธรรม อนึ่งในการใช้น้ำจะต้องมีการปล่อยน้ำลงท้ายน้ำในปริมาณที่เหมาะสม เป็นธรรมต่อผู้ที่อยู่ท้ายน้ำได้ใช้น้ำและเป็นการรักษาสมดุลนิเวศน์ท้ายน้ำ ความต้องการใช้น้ำเพื่อรักษาสมดุลนิเวศน์ท้ายน้ำ คือ ปริมาณน้ำต่ำสุดที่ไหลในฤดูแล้งของลำน้ำนั้นๆ ในอดีต ซึ่งประเมินจากอัตราการไหลรายวัน ในช่วงระยะเวลาระหว่างเดือนมกราคมถึงเมษายน เนื่องจากเป็นช่วงที่อัตราการไหลมีค่าต่ำ และทำการวิเคราะห์จากสถิติข้อมูลน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำในลุ่มน้ำ ซึ่งค่าอัตราการไหลต่ำสุดที่ได้เป็นค่าที่ความมั่นคงไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของเวลา ณ สถานีที่น้ำ

มาวิเคราะห์ ผลที่ได้จะนำมากำหนดอัตราการไหลขั้นต่ำ (Minimum flow) ในทุกลำน้ำของกลุ่มน้ำย่อย ต่อพื้นที่รับน้ำ 1 ตารางกิโลเมตร ความต้องการปริมาณน้ำต่ำสุดด้านท้ายน้ำ โดยปกติจะกำหนดจากผลการวิเคราะห์ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมเพื่อรักษาสมดุลของระบบ และในบางครั้งก็จะกำหนดตามปริมาณความต้องการน้ำด้านท้ายน้ำ เช่น การขับไล่น้ำเค็ม-น้ำเสีย การรักษาระดับน้ำเพื่อการเดินเรือ ความต้องการด้านอุปโภค-บริโภค อุตสาหกรรม เป็นต้น ดังนั้น ปริมาณน้ำต่ำสุดด้านท้ายน้ำที่จำเป็นต้องรักษาไว้ในแต่ละโครงการจึงมีความแตกต่างกัน จากรายงานการศึกษาโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) และรายงานการศึกษาโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำกกและโขง (ภาคเหนือ) โดยกรมทรัพยากรน้ำ ปี พ.ศ. 2549 พิจารณาปริมาณน้ำต่ำสุดจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาหรือร้อยละของเวลาทั้งหมด กับข้อมูลอัตราการไหลที่เรียงกัน หรือเรียกว่า Flow duration curve ของปริมาณน้ำทำรายเดือนโดยพิจารณาที่ค่าปริมาณน้ำทำร้อยละ 90 ซึ่งจากการคำนวณตามเกณฑ์ดังกล่าว พบว่า ลุ่มน้ำโขง (ภาคเหนือ) มีความต้องการน้ำเพื่อรักษานิเวศท้ายน้ำ 20.45 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ส่วนลุ่มน้ำโขง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) มีความต้องการน้ำเพื่อรักษานิเวศท้ายน้ำ 529.3 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รวมความต้องการน้ำเพื่อรักษานิเวศท้ายน้ำลุ่มน้ำโขง 549.75 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2556)

2.4.6 ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร

ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรเป็นความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทานเพื่อการเพาะปลูกพืชเป็นหลักโดยจะต้องคำนวณความต้องการใช้น้ำชลประทานสำหรับพื้นที่เพาะปลูกที่ตั้งอยู่ในโครงการชลประทานเป็นหลักซึ่งในความต้องการใช้น้ำด้านการเกษตรมีองค์ประกอบหลักที่ต้องนำมาใช้ประเมินดังนี้

1. พื้นที่ชลประทานในปัจจุบันและในอนาคต

พื้นที่ชลประทานในปัจจุบันและที่วางแผนในอนาคตสำหรับลุ่มน้ำที่พิจารณาประกอบด้วยโครงการพัฒนาแหล่งน้ำทั้งขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก รวมทั้งโครงการชลประทานสูบน้ำด้วยไฟฟ้า ซึ่งเป็นแหล่งน้ำต้นทุนในด้านการเกษตร อุปโภคบริโภค และการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่างๆซึ่งข้อมูลพื้นที่ชลประทานเหล่านี้ได้รวบรวมมาจากสถิติโครงการชลประทานสำหรับข้อมูลพื้นที่ชลประทานทั้งในปัจจุบันและอนาคตที่รวบรวมได้นี้ จะนำไปใช้ในการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืชในการคำนวณสมดุลน้ำของลุ่มน้ำต่อไป

2. รูปแบบการเพาะปลูกพืชและพื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูฝนและฤดูแล้ง

ในการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืชจำเป็นต้องทราบรูปแบบการเพาะปลูก รวมทั้งพืชที่ใช้ในการเพาะปลูกแต่ละชนิดในแต่ละฤดูกาล การกำหนดพื้นที่เพาะปลูกพืชชนิดต่างๆ ฤดูฝนและฤดูแล้งรวมทั้งปฏิทินปลูกพืชชนิดต่างๆ ในพื้นที่โครงการชลประทานในลุ่มน้ำที่พิจารณา จะ

แยกพิจารณา ดังนี้ ในกรณีโครงการชลประทานขนาดใหญ่ พื้นที่เพาะปลูกพืชในฤดูฝนและฤดูแล้ง คำนวณ ค่าเฉลี่ยของพื้นที่เพาะปลูกในฤดูต่างๆ โดยใช้ข้อมูลอดีตและให้ถือว่าเป็นรูปแบบการเพาะปลูกพืชโดยเฉลี่ยของกลุ่มน้ำต่างๆ ที่พิจารณานั้น สำหรับโครงการชลประทานขนาดกลาง (ความจุอ่างเก็บน้ำขนาด 30-90 ล้าน ลบ.ม.) ถ้าไม่มีสถิติของพื้นที่เพาะปลูกในฤดูฝนและฤดูแล้ง ให้คำนวณโดยใช้ข้อมูลรูปแบบการเพาะปลูกของโครงการชลประทานขนาดใหญ่ในบริเวณใกล้เคียงในกลุ่มน้ำเดียวกัน ประกอบกับข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกจากเกษตรจังหวัด โดยพิจารณาเป็นรายจังหวัดและรายอำเภอในพื้นที่ชลประทานของโครงการ ในกรณีโครงการของชลประทานขนาดกลาง ขนาดเล็กและโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าซึ่งไม่มีสถิติของพื้นที่เพาะปลูกของโครงการ ให้คำนวณจากข้อมูลการเพาะปลูกในพื้นที่ชลประทานขนาดใหญ่ในกลุ่มน้ำประกอบกับรูปแบบการเพาะปลูกของโครงการขนาดใหญ่และข้อมูลการเกษตรรายจังหวัดและอำเภอ โดยพิจารณาเป็นกลุ่มของโครงการที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงกันให้มีรูปแบบเหมือนกัน สัมประสิทธิ์การคายระเหยของพืชชนิดต่างๆ นำค่ามาจากการศึกษาและคำนวณไว้เป็นมาตรฐานโดยกรมชลประทานสำหรับการพยากรณ์การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชลประทานมีหลักเกณฑ์และข้อกำหนดดังนี้

1) สำหรับโครงการชลประทานขนาดใหญ่และขนาดกลางใช้สถิติของพื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่โครงการเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์อัตราเพิ่มขึ้นในการคาดการณ์พื้นที่เพาะปลูกในอนาคตโดยมีเงื่อนไขคือพื้นที่เพาะปลูกที่มากที่สุดที่คาดการณ์ได้ต้องไม่เกินขนาดพื้นที่เพาะปลูกเป้าหมายของโครงการนั้นๆ

2) สำหรับโครงการขนาดเล็กและโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า พิจารณาจากการเพิ่มของพื้นที่เพาะปลูกจากข้อมูลสถิติพื้นที่เพาะปลูกในอดีตจนถึงปัจจุบันโดยรวบรวมข้อมูลจากกรมชลประทานและรายงานการศึกษาต่างๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอัตราเพิ่มขึ้นของพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละโครงการจะแตกต่างกันและให้นำเอาอัตราเพิ่มขึ้นนี้ไปใช้ในการคาดการณ์พื้นที่เพาะปลูกในอนาคตอีก 10 ปีข้างหน้า

3. องค์ประกอบในการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

1) การคายน้ำของพืช (Transpiration, T) หมายถึง การระเหยของน้ำออกจากต้นพืชโดยผ่านทางปากใบและผิวใบมีหน่วยเป็นความลึกของน้ำ/หน่วยเวลาหรือปริมาตรของน้ำ/หน่วยเวลา/หน่วยพื้นที่ เช่นมิลลิเมตร/วัน

2) การระเหย (Evaporation, E) หมายถึง การระเหยของน้ำจากผิวน้ำและ/หรือผิวดิน มีหน่วยเป็นความลึกของน้ำ/หน่วยเวลาหรือปริมาตรของน้ำ/หน่วยเวลา/หน่วยพื้นที่ เช่น มิลลิเมตร/วัน

3) ปริมาณการใช้น้ำของพืช หรือ การคายระเหยน้ำของพืช (Crop Evapotranspiration, ET)หมายถึง ปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริงๆ รวมถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไป

จากแปลงปลูกโดยขบวนการคายน้ำของพืชและการระเหย มีหน่วยเป็นความลึกของน้ำ/หน่วยเวลา หรือปริมาตรของน้ำ/หน่วยเวลา /หน่วยพื้นที่ เช่นมิลลิเมตร/วัน

4) ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ETo) หรืออาจจะหมายถึงค่า Potential Evapotranspiration, ETp ด้วยนั้น หมายถึงหลักการในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่สูญเสียดังกล่าวที่เพาะปลูกที่มีพืชปกคลุมอยู่อย่างทั่วถึงโดยที่ดินจะต้องมีความชื้นอยู่อย่างเพียงพอกับความต้องการของพืชตลอดเวลาและพื้นที่เพาะปลูกนั้นจะต้องมีบริเวณกว้างใหญ่พอที่จะไม่ทำให้การระเหยและการคายน้ำของพืชต้องกระทบกระเทือนจากอิทธิพลภายนอกมากนัก เช่นการพัดผ่านของลมที่แห้งและร้อนทั้งนี้เพราะเพื่อต้องการให้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงนี้ขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศรอบข้างแต่เพียงอย่างเดียว เช่นอิทธิพลที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ชั่วโมงแสงแดด เป็นต้น การคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง จะเป็นการนำเอาข้อมูลของสภาพภูมิอากาศ ณ ช่วงเวลาและสถานที่ที่ใช่ทดลองนั้นหรือเป็นสถานที่ที่จะนำค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงไปใช้งาน ข้อมูลดังกล่าวจะต้องผ่านการตรวจสอบ วิเคราะห์ ปรับปรุงตลอดจนแบ่งช่วงให้ตรงกับช่วงการเจริญเติบโตหรืออายุพืชหรือช่วงเวลาที่นำไปใช้ โดยใช้สูตรหรือวิธีการคิดคำนวณที่ปัจจุบันนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น Modified Penman, Penman Monteith, Pan Method เป็นต้น

5) ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Crop Coefficient, Kc) หมายถึง ค่าคงที่ของพืชที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET) ที่ทำการทดลองและตรวจวัดได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) กับผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) จากสูตรใดสูตรหนึ่ง โดยอยู่ในรูปสมการ(2.3)

$$ET = ETo \times Kc \quad (2.3)$$

โดย ET คือ อัตราความต้องการใช้น้ำของพืชต่อหน่วยพื้นที่ (มม./วัน)

ETo คือ ค่าการคายระเหยรวมการระเหยน้ำอ้างอิงของพืช

Kc คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำในแต่ละช่วงอายุสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ

ค่าสัมประสิทธิ์พืชจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการนำไปใช้งานในด้านชลประทานและการเกษตร ในกรณีที่ต้องการปลูกพืชในท้องถิ่นอื่นที่ยังไม่มีการทำการทดลองหาปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดนั้นมาก่อนเลย เมื่อต้องการทราบก็สามารถนำค่า Kc มาคำนวณหาค่า ET ร่วมกับค่า ETo ที่ได้จากข้อมูลของสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นนั้นได้สิ่งสำคัญที่สุดของการนำค่าสัมประสิทธิ์พืชไปใช้งานคือ จะต้องจำไว้เสมอว่าพืชแต่ละชนิด Kc ที่ได้จากการคำนวณสูตรหลายค่า

ด้วยกัน ดังนั้นก่อนนำค่า Kc ไปใช้งานต้องตรวจสอบเสียก่อนว่าเป็นค่า Kc ของสูตรใดเพื่อจะได้นำค่า ETo ของสูตรนั้นมาใช้ เพื่อค่า ET ที่ถูกต้องและนำไปใช้งานงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าสัมประสิทธิ์พืชจะมีค่าที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและช่วงการเจริญเติบโตของพืชและสูตรที่ใช้ในการคำนวณหา ETo เป็นสำคัญ

ตาราง 2. 5 ตัวอย่างของค่าสัมประสิทธิ์พืชเฉลี่ยตลอดอายุที่ได้จากผลการทดลอง

สูตรหรือวิธีการคำนวณ	ค่าสัมประสิทธิ์พืชเฉลี่ยตลอดอายุ		
	ข้าว (117 วัน)	งาดำ(89 วัน)	มะระ(74 วัน)
Modified Penman	1.37	0.84	1.03
Blaney-Criddle	0.98	0.64	1.21
Pan Method	1.49	0.89	1.08

ความต้องการใช้น้ำชลประทานหรือการเกษตรเป็นการศึกษาความต้องการใช้น้ำนอกเหนือจากปริมาณฝนใช้การของพื้นที่เกษตรกรรมพื้นที่ต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำโดยพิจารณาจากชนิดของพืช ขนาดพื้นที่ และปริมาณฝนใช้การ ในการประมาณการความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมของพื้นที่ลุ่มน้ำ อาจจัดกลุ่มพืชตามแผนที่ใช้งานประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน และปรับปรุงการจัดกลุ่มบางส่วนเพื่อความสะดวกในการศึกษา เช่น นาข้าว พืชไร่ผสม มันสำปะหลัง สับปะรด ไม้ผลผสม ไม้ยืนต้นผสม ยางพารา มะพร้าว ป่าผลัดใบเสื่อมโทรม ป่าเบญจพรรณ ไม้พุ่ม ทึ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม เป็นต้น พืชแต่ละกลุ่มจะมีปริมาณการใช้น้ำ และอายุพืชไม่เท่ากัน ข้อมูลอัตราการใช้น้ำตลอดอายุพืช (ลบ.ม. /ไร่) และอายุพืช(เดือน) แต่ละกลุ่มนั้นได้จากสมการ (2.4)

คำนวณหาความต้องการใช้น้ำชลประทานจากสมการ

$$Va = ET \times A \dots\dots\dots (2.4)$$

โดย Va คือ ความต้องการใช้น้ำชลประทานประมาณการ

ET คือ อัตราความต้องการใช้น้ำของพืชต่อหน่วยพื้นที่ (มม. /วัน)

A คือ พื้นที่ชลประทาน

2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการมีส่วนร่วม

1. วิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างวิธีการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีด้วยกันหลากหลายวิธี ในที่นี้จะเสนอการกำหนดขนาดของ กลุ่มตัวอย่างจากการกำหนดเกณฑ์ การใช้เกณฑ์และสูตรคำนวณ ดังนี้

1.1 การกำหนดเกณฑ์

ในกรณีนี้ผู้วิจัยต้องทราบจำนวนประชากรที่แน่นอนก่อนแล้ว ใช้เกณฑ์โดยกำหนด เป็นร้อยละของประชากรในการพิจารณา ดังนี้

ถ้าขนาดประชากรเป็นหลักร้อย ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 25%

ถ้าขนาดประชากรเป็นหลักพัน ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 10%

ถ้าขนาดประชากรเป็นหลักหมื่น ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 5%

ถ้าขนาดประชากรเป็นหลักแสน ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 1%

1.2 การใช้สูตรคำนวณประชากร

1. กรณีทราบขนาดของประชากร

สูตรของ ทาโร ยามาเน่

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

เมื่อ n แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

N แทน ขนาดประชากรทั้งหมด

e แทน ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับ

ได้ ระดับความเชื่อมั่น 90% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.10, ระดับความเชื่อมั่น 95% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05, ระดับความเชื่อมั่น 99% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.01

2. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น ของแบบสอบถามทั้งฉบับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์ อัลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (บุญชม ศรีสะอาด, 2543) สูตร (Alpha Coefficient)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left\{ \frac{1 - \sum s_i^2}{s_i^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา
	n	แทน	จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
	$\sum r_i^2$	แทน	ผลรวมค่าความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ
	S_r^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมของแต่ละคน

3. สถิติพื้นฐาน ได้แก่

3.1 ร้อยละ โดยใช้สูตรต่อไปนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2543)

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ	P	แทน	ร้อยละ
	f	แทน	ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
	N	แทน	จำนวนความถี่ทั้งหมด

3.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum fx}{N}$$

เมื่อ	\bar{x}	แทน	คะแนนค่าเฉลี่ย
	$\sum fx$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
	N	แทน	จำนวนคะแนนในกลุ่ม

3.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ	$S.D.$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X	แทน	ค่าแต่ละตัว
	\bar{x}	แทน	ค่าเฉลี่ย
	N	แทน	จำนวนคะแนนในกลุ่ม
	Σ	แทน	ผลรวม

3.4 ค่าความแปรปรวน

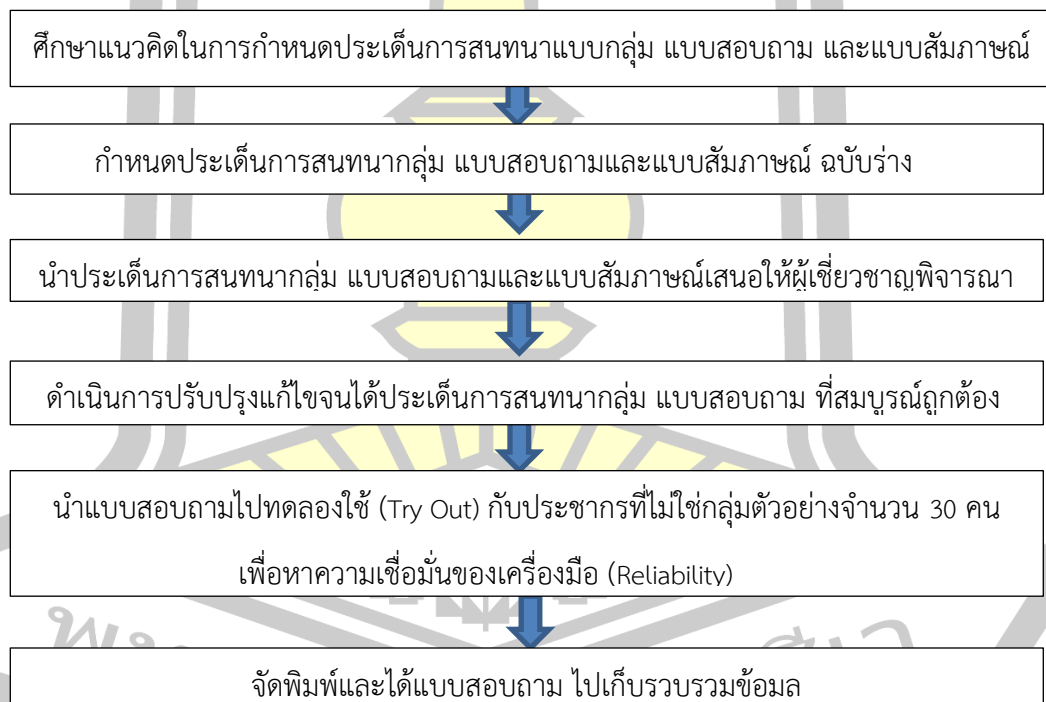
$$s^2 = \frac{\sum(X - \bar{x})^2}{N - 1}$$

เมื่อ	s^2	แทน	ความแปรปรวน
	X	แทน	ค่าแต่ละตัว
	\bar{x}	แทน	ค่าเฉลี่ย
	N	แทน	จำนวนคะแนนในกลุ่ม
	Σ	แทน	ผลรวม

4. การจัดการกระทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. แบบสอบถาม

1.1 การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามที่ได้รับกลับคืนมา



ภาพประกอบ 2.13 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม

ที่มา: อาติอานา นิโด และคณะ (2557)

1.2 ตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนตามหลักเกณฑ์ (บุญชม ศรีสะอาด. 2543 : 102-103) ดังต่อไปนี้

มีความพึงพอใจมากที่สุด	กำหนดให้ 5 คะแนน
มีความพึงพอใจมาก	กำหนดให้ 4 คะแนน
มีความพึงพอใจปานกลาง	กำหนดให้ 3 คะแนน
มีความพึงพอใจน้อย	กำหนดให้ 2 คะแนน
มีความพึงพอใจน้อยที่สุด	กำหนดให้ 1 คะแนน

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำค่าคะแนนของผู้ตอบแบบสอบถามในแต่ละแบบสอบถาม ไปหาค่าเฉลี่ยและกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ยสำหรับการประมาณความต้องการใช้น้ำ โดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับกรมชลประทานอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก เพื่อหาช่วงค่าเฉลี่ยในการแปลผลให้ออกมาอยู่ในรูปแบบเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำรายเดือนในแต่ละความต้องการใช้น้ำ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง	ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง	ระดับความพึงพอใจ มาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง	ระดับความพึงพอใจ ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง	ระดับความพึงพอใจ น้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง	ระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด

5 หมายถึงเกินหรือขาดในระดับมากที่สุดและเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำ	20%
4 หมายถึงเกินหรือขาดในระดับมากและเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำ	15%
3 หมายถึงเกินหรือขาดในระดับปานกลางและเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำ	10%
2 หมายถึงเกินหรือขาดในระดับน้อยและเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำ	5%
1 หมายถึงเกินหรือขาดในระดับน้อยที่สุดและเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำ	0%

นำค่าคะแนนของผู้ตอบแบบสอบถามในแต่ละแบบสอบถาม ไปหาค่าเฉลี่ยและกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง	เกินหรือขาดในระดับ มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง	เกินหรือขาดในระดับ มาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง	เกินหรือขาดในระดับ ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง	เกินหรือขาดในระดับ น้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง	เกินหรือขาดในระดับ น้อยที่สุด

1.3 แบบสอบถามส่วนที่ 3 คำถามปลายเปิด (Open End) ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา โดยการสรุปประเด็นเพื่อหาความหมาย นำมาแจกแจงความถี่ในแต่ละด้าน

1.4 จัดเรียงแบบสอบถามตามตัวแปรที่ศึกษา แล้วบันทึกข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean = \bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation = S.D.)

2.6 การมีส่วนร่วมของภาคประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

การมีส่วนร่วมของประชาชน เป็นหลักการสากลที่อารยประเทศให้ความสำคัญ และเป็นประเด็นหลักที่สังคมไทยให้ความสนใจเพื่อพัฒนาการเมืองเข้าสู่ระบอบประชาธิปไตยแบบมีส่วนร่วม ตามหลักการธรรมาภิบาลที่ภาครัฐจะต้องเปิดโอกาสให้ประชาชนและผู้เกี่ยวข้องทุกภาคส่วนรับรู้ ร่วมคิด ร่วมตัดสินใจ เพื่อสร้างความโปร่งใสและเพิ่มคุณภาพการตัดสินใจของภาครัฐให้ดีขึ้น และเป็นที่ยอมรับร่วมกันของทุก ๆ ฝ่าย ในการบริหารราชการเพื่อประโยชน์สุขของประชาชนตามรัฐธรรมนูญ แห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ.2540 พระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน (ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2545 และพระราชกฤษฎีกาว่าด้วยหลักเกณฑ์และวิธีการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี พ.ศ. 2546 จึงต่างให้ความสำคัญต่อการบริหารราชการอย่างโปร่งใส สุจริต เปิดเผยข้อมูล และการเปิดโอกาสให้ประชาชน ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบายสาธารณะ การตัดสินใจทางการเมือง รวมถึงการตรวจสอบ การใช้อำนาจรัฐในทุกระดับ

2.6.1 หลักการสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชน หมายถึง การเปิดโอกาสให้ประชาชน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วนของสังคมได้เข้ามามีส่วนร่วมกับภาครัฐการนั้น International Association for Public Participation ได้แบ่งระดับของการสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1) การให้ข้อมูลข่าวสาร ถือเป็น การมีส่วนร่วมของประชาชนในระดับต่ำที่สุด แต่เป็นระดับที่สำคัญที่สุด เพราะเป็นก้าวแรกของการที่ภาครัฐจะเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้าสู่กระบวนการมีส่วนร่วมในเรื่องต่าง ๆ วิธีการให้ข้อมูลสามารถใช้ช่องทางต่าง ๆ เช่น เอกสารสิ่งพิมพ์ การเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารผ่านทางสื่อต่าง ๆ การจัดนิทรรศการ จัดหมายข่าว การจัดงานแถลงข่าว การตีพิมพ์ และ การให้ข้อมูลผ่านเว็บไซต์ เป็นต้น

2) การรับฟังความคิดเห็น เป็นกระบวนการที่เปิดให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลข้อเท็จจริงและความคิดเห็นเพื่อประกอบการตัดสินใจของหน่วยงานภาครัฐด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การรับฟังความคิดเห็น การสำรวจความคิดเห็น การจัดเวทีสาธารณะ การแสดงความคิดเห็นผ่านเว็บไซต์ เป็นต้น

3) การเกี่ยวข้อง เป็นการเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงาน หรือร่วมเสนอแนะทางที่นำไปสู่การตัดสินใจ เพื่อสร้างความมั่นใจให้ประชาชนว่าข้อมูลความคิดเห็นและความต้องการของประชาชนจะถูกนำไปพิจารณาเป็นทางเลือกในการบริหารงานของภาครัฐ เช่น การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพิจารณาประเด็นนโยบายสาธารณะ ประชาพิจารณ์ การจัดตั้งคณะทำงานเพื่อเสนอแนะประเด็นนโยบาย เป็นต้น

4) ความร่วมมือ เป็นการให้กลุ่มประชาชนผู้แทนภาคสาธารณะมีส่วนร่วม โดยเป็นส่วนหนึ่งกับภาครัฐในทุกขั้นตอนของการตัดสินใจ และมีการดำเนินกิจกรรมร่วมกันอย่างต่อเนื่อง เช่น คณะกรรมการที่มีฝ่ายประชาชนร่วมเป็นกรรมการ เป็นต้น

5) การเสริมอำนาจแก่ประชาชน เป็นขั้นที่ให้บทบาทประชาชนในระดับสูงที่สุด โดยให้ประชาชนเป็นผู้ตัดสินใจ เช่น การลงประชามติในประเด็นสาธารณะต่าง ๆ โครงการกองทุนหมู่บ้านที่มอบอำนาจให้ประชาชนเป็นผู้ตัดสินใจทั้งหมด

การสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชน อาจทำได้หลายระดับและหลายวิธี ซึ่งบางวิธีสามารถทำได้ง่าย ๆ แต่บางวิธีก็ต้องใช้เวลา ขึ้นอยู่กับความต้องการเข้ามามีส่วนร่วมของประชาชน ค่าใช้จ่ายและความจำเป็นในการเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม การมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นเรื่องละเอียดอ่อน จึงต้องมีการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในการให้ข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้องแก่ประชาชน การรับฟังความคิดเห็น การเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม รวมทั้งพัฒนาทักษะและศักยภาพของข้าราชการทุกระดับควบคู่กันไปด้วย การมีส่วนร่วมที่มาจากทุกภาคส่วนของสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ประชาชนผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และชุมชนท้องถิ่น จะช่วยทำให้ได้รับทราบความต้องการและปัญหาที่แท้จริง ลดความขัดแย้งและต่อต้าน ทั้งยังเป็นการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ที่เสริมสร้างให้ประชาชน ร่วมคิด ร่วมตัดสินใจในประเด็นสาธารณะ ซึ่งเป็นบทบาทที่จะต้องดำเนินการให้เกิดขึ้น

2.6.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการมีส่วนร่วม

ทฤษฎีเกี่ยวกับการมีส่วนร่วม มีนักวิชาการได้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

1. ทฤษฎีการกระทำสังคม (The Theory of Social Action)

ทฤษฎีการกระทำสังคมที่เกี่ยวข้องตำราทางวิชาการของนักวิชาการหลากหลายท่านจึงได้ให้ความหมายมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รีเดอร์ (Reeder) ได้ให้ความหมายว่า การกระทำของมนุษย์ในเรื่องใดก็ตามขึ้นอยู่กับปัจจัยดังกล่าวต่อไปนี้

- 1) เป้าหมาย (Gold)
- 2) ความเชื่อที่สืบทอดกันมา (Believes Orientation)
- 3) ค่านิยมมาตรฐาน (Standard Values)

4) นิสัยและขนบธรรมเนียมประเพณี (Habit and Custom)

5) ความคาดหวัง (Expectation)

6) ความผูกพัน (Commitments)

7) แรงเสริม (Reinforcement)

8) โอกาส (Opportunity)

9) ความสามารถ (Ability)

10) การสนับสนุน (Support)

รีดเดอร์ (Reeder) ได้อธิบายถึง ปัจจัยหรือสาเหตุที่มีผลต่อการกระทำทาง

สังคมไว้ดังนี้

1) สถานการณ์การกระทำของสังคม จะเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมทางสังคม ซึ่งแต่ละคนก็มีเหตุผลแต่ละอย่างใน การตัดสินใจในการกระทำ

2) บุคคลหรือองค์การ จะตัดสินใจหรือแสดงการกระทำบนพื้นฐานของกลุ่มเหตุผลซึ่งตัดสินใจเองได้ว่ามัน สอดคล้อง หรือตรงปัญหาและสถานการณ์นั้นๆ

3) เหตุผลบางประการอาจสนับสนุนการตัดสินใจ และเหตุผลบางประการ อาจต่อต้านการตัดสินใจ

4) เหตุผลนั้นผู้ตัดสินใจให้น้ำหนักที่แตกต่างกัน การเลือกเหตุผลหรือ ปัจจัยที่มีอิทธิพล ต่อการตัดสินใจ

5) เหตุผลในการตัดสินใจนั้นมีไม่มาจากเหตุผลใดเหตุผลหนึ่ง

6) การตัดสินใจของกลุ่มเหตุผลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้นๆจะมี อิทธิพลต่อการตัดสินใจในทุกโอกาส

7) กลุ่มของปัจจัยหรือเหตุผลที่มีอิทธิพลต่อการกระทำทางสังคมนั้น ย่อมจะมีการเปลี่ยนแปลง

8) สำหรับกรณีเฉพาะอย่างภายใต้การกระทำทางสังคมจะมีบ่อยครั้งที่ ทางเลือกสองหรือสามทาง เพื่อที่จะตอบสนองต่อสถานการณ์นั้นๆ

9) ผู้กระทำหรือผู้ตัดสินใจอาจเลือกทางใดทางหนึ่ง

10) เหตุผลที่จะตัดสินใจสามารถที่จะมองเห็นได้จากทางเลือกที่ถูกต้อง แล้ว

2.6.3 ทฤษฎีจิตวิทยาสังคม (Theory of Social Psychology)

ทฤษฎีจิตวิทยาสังคมที่เกี่ยวข้องดาราทงวิชาการของนักวิชาการหลากหลาย ท่านจึงได้ให้ความหมายมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

มาสโลว์ (Maslow) ได้ค้นคว้าเกี่ยวกับแรงจูงใจ (Motivation) ของการกระทำของมนุษย์ไว้หลายประการ และได้อธิบายถึงพฤติกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวกับความต้องการพื้นฐานที่เกิดขึ้นจากความพึงพอใจ ความต้องการเหล่านั้น ถูกจำกัดลำดับขั้นของความต้องการจากน้อยไปหามากเมื่อความต้องการใดเกิดขึ้นแล้วไม่ได้รับการบำบัดเพียงพอ ความต้องการเหล่านั้นก็ยังคงอยู่และจะเป็นแรงขับที่มีพลังผลักดันให้บุคคลที่พฤติกรรมโน้มไปในทางที่ จะบำบัดความต้องการเหล่านั้นอยู่เสมอ ความต้องการพื้นฐานที่ทำให้แสดงพฤติกรรมต่างๆ มีอยู่ 1 ประการแยกออกเป็นระดับต่างๆดังนี้

- 1) ความต้องการทางด้านร่างกาย (Physiological Need) เป็นความต้องการขั้นแรก
- 2) ความต้องการความปลอดภัย (Safety Need)
- 3) ความต้องการความรัก (Love or Belong Need)
- 4) ความต้องการความยกย่องนับถือจากคนอื่นหรือมีเกียรติในสังคม (Esteem Need)
- 5) ความต้องการประสพผลสำเร็จ (Self-Actualization Need) ต้องการแสดงความสามารถของตนให้ประจักษ์แก่ผู้อื่น

2.7 การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

อ่างเก็บน้ำ คือกลไกที่มนุษย์สร้างขึ้นมา เพื่อทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลมาตามธรรมชาติ เพื่อวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง (Single Purpose Reservoir) หรือหลายอย่าง (Multipurpose Reservoir) เช่น การเกษตร การอุปโภค-บริโภค การอุตสาหกรรม การคมนาคม เป็นต้น อ่างเก็บน้ำจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ตัวอ่างเก็บน้ำ (Reservoir) ทางระบายน้ำล้น (Spillway) และอาคารทางออก (Outlet Works) (วรารุธ วุฒิวิณิช, 2539)

1) ตัวอ่างเก็บน้ำ (Reservoir) เกิดจากการสร้างเขื่อนกันหุบเขา ปริมาตรอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับลักษณะหุบเขาและความสูงของเขื่อนอ่างเก็บน้ำจะแบ่งปริมาตรออกเป็นส่วนต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย ระดับต่ำสุด (Minimum Pool Level) ระดับเก็บกักปกติ (Normal Pool Level) ระดับสูงสุด (Maximum Level) และฟรีบอร์ด (Freeboard)

1.1) ปริมาตรน้ำตาย คือ ปริมาณน้ำที่อยู่ต่ำกว่าระดับเก็บกักต่ำสุด ซึ่งไม่สามารถนำเอาปริมาณน้ำส่วนนี้ไปใช้งานได้ และปริมาตรนี้จะใช้ประโยชน์สำหรับการตกตะกอนในช่วงอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำ สำหรับระดับเก็บกักต่ำสุดจะเป็นระดับน้ำต่ำสุดที่จะส่งน้ำออกจากเขื่อนได้และจะเป็นค่าระดับเดียวกันกับระดับธรณีของอาคารทางออก

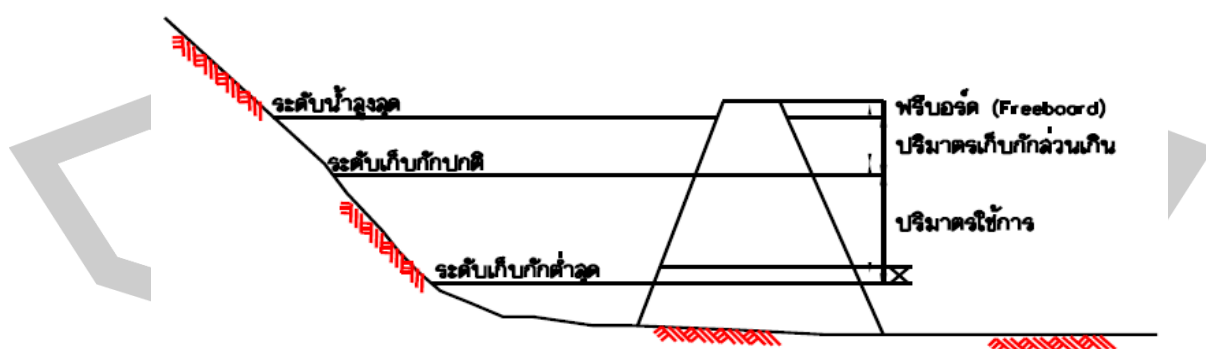
1.2) ปริมาณน้ำใช้การ คือ ปริมาณน้ำที่อยู่ระหว่างระดับเก็บกักปกติกับระดับเก็บกักต่ำสุดซึ่งปริมาณน้ำในส่วนนี้จะสามารถนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ และระดับเก็บกักปกติจะเป็นค่าระดับเดียวกันกับสันทางระบายน้ำล้น

1.3) ปริมาณน้ำส่วนเกิน คือ ปริมาณน้ำที่อยู่ระหว่างระดับน้ำสูงสุดกับระดับเก็บกักปกติ ใช้สำหรับเก็บกักน้ำในช่วงเวลาที่มีน้ำไหลหลากมาก ๆ เข้ามาสู่อ่างเก็บน้ำและจะชะลอไม่ให้ปริมาณน้ำส่วนนี้ไปก่อให้เกิดน้ำท่วมด้านท้ายอ่างเก็บน้ำ

ทั้งนี้ยังมีปริมาตรส่วนหนึ่งที่อยู่ระหว่างระดับสันเขื่อนกับระดับน้ำสูงสุดที่เรียกว่า ฟรีบอร์ด(Freeboard) ซึ่งเพื่อไว้ไม่ให้เกิดการไหลล้นข้ามสันเขื่อน เมื่อมีปริมาณน้ำไหลหลากขนาดใหญ่ผ่านอ่างเก็บน้ำ (วรารุช วุฒิวิชัย, 2539)

2) ทางระบายน้ำล้น (Spillway) เป็นอาคารประกอบเขื่อนที่ทำหน้าที่ในการระบายน้ำส่วนเกินความจุจากระดับเก็บกักปกติ ในช่วงที่มีปริมาณน้ำไหลหลากเข้าอ่างเก็บน้ำมาก ๆ เพื่อความปลอดภัยต่อตัวเขื่อนและเป็นการชะลอปริมาณน้ำส่วนเกินนี้ไปก่อให้เกิดน้ำท่วมทางด้านท้ายอ่างเก็บน้ำ ซึ่งขนาดและลักษณะของทางระบายน้ำล้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของปริมาณน้ำสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบเป็นสำคัญอาคารส่งน้ำ เป็นอาคารประกอบเขื่อนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเข้าสู่ระบบส่งน้ำชลประทานเพื่อนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ดังที่กล่าวมา และอาคารส่งน้ำจะมีทั้งเป็นท่อสี่เหลี่ยมหรือท่อกลม และมีประตูที่ใช้สำหรับปิด-เปิด เพื่อควบคุมปริมาณน้ำตามที่มีความต้องการในแต่ละช่วงเวลา

3) อาคารทางออก (Outlet works) เป็นอาคารที่ทำหน้าที่ควบคุมการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ต่างๆ



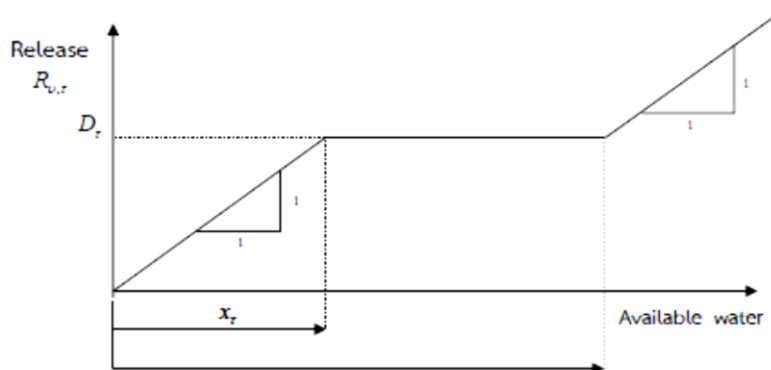
ภาพประกอบ 2.14 การแบ่งปริมาตรอ่างเก็บน้ำ

ที่มา: อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง (2553)

ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและผลผลิตของอ่างเก็บน้ำ จะบอกให้รู้ว่าความจุของอ่างเก็บน้ำที่ต่างกันย่อมมีผลผลิตที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นผลผลิตของอ่างเก็บน้ำจึงเป็นปริมาณน้ำที่จะสามารถนำไปใช้จากอ่างเก็บน้ำได้ในช่วงระยะเวลาที่กำหนด โดยปกติช่วงระยะเวลาที่กำหนดคือ 1 ปี และผลผลิตของอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดความจุที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะมีความผันแปรในแต่ละปี ดังนั้นในการออกแบบเพื่อความปลอดภัยจึงใช้ ผลผลิตที่แน่นอน (Firm Yield) เป็นผลผลิตที่น้อยที่สุด ซึ่งจะเป็นปริมาณน้ำที่มากที่สุดที่จะประกันได้ว่าสามารถนำไปใช้จากอ่างเก็บน้ำที่มีความจุที่กำหนดไว้ในช่วงเวลาที่วิกฤต (Critical Period) ซึ่งช่วงเวลาวิกฤตคือช่วงที่มีความแตกต่างของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำกับความต้องการใช้น้ำมากที่สุดซึ่งก็คือฤดูแล้ง ดังนั้นผลผลิตที่แน่นอนคือผลผลิตที่มีค่าน้อยที่สุดในช่วงอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นในปีที่แล้งที่สุดสามารถประกันได้ว่าจะมีน้ำใช้อย่างเพียงพอสำหรับความต้องการน้ำประเภทต่างๆ และหากมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากจะทำให้ผลผลิตมากกว่าผลผลิตที่แน่นอน ซึ่งส่วนนั้นเรียกว่าผลผลิตรอง (Secondary Yield) สามารถจะนำไปใช้กับวัตถุประสงค์อื่นที่รองลงมาได้ และอ่างเก็บน้ำไม่ว่าจะสร้างให้มีความจุขนาดใหญ่ได้เพียงใด ผลผลิตที่แน่นอนก็จะไม่มากเกินกว่าผลผลิตที่เป็นไปได้สูงสุด (Maximum Possible Yield) ซึ่งผลผลิตที่เป็นไปได้สูงสุดจะเท่ากับปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย (Mean Flow) หักด้วยการสูญเสียต่าง ๆ จากอ่างเก็บน้ำ (วรารุช วุฒินิชย์, 2539)

เพื่อที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์และใช้ประโยชน์อย่างเต็มศักยภาพ การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ควบคุมการใช้อ่างเก็บน้ำและปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กล่าวมา และก่อให้เกิดผลผลิตในเชิงเศรษฐศาสตร์มากที่สุด จึงจำเป็นต้องมีการวางกฎการปฏิบัติงานของอ่างเก็บน้ำ (Reservoir operating rule) ซึ่งกฎนี้จะใช้ในช่วงเวลาการปฏิบัติงานตามปกติ ไม่ใช่ช่วงหลังการก่อสร้างใหม่ หรือช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์การใช้อ่างเก็บน้ำ ในการเริ่มต้นคำนวณสภาพสมดุลน้ำของแต่ละอ่างจากโค้งควบคุม จะกำหนดให้ปริมาตรเก็บกักเริ่มต้นของอ่างเก็บน้ำที่ระดับเต็มอ่างหรือระดับเก็บกักสูงสุด (Full capacity) ส่วนปริมาณน้ำระบายจะหาได้ตามเกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (Standard operating rule) ดังแสดงในภาพประกอบ 2.15 และสมการที่ 2-8

พหุ ประถมศึกษา



ภาพประกอบ 2.15 เกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน

ที่มา: อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง (2551)

$$R_{v,\tau} = \begin{cases} D_{\tau} + W_{v,\tau} - y_{\tau}, & \text{for } W_{v,\tau} \geq y_{\tau} + D_{\tau} \\ D_{\tau}, & \text{for } x_{\tau} \leq W_{v,\tau} < y_{\tau} + D_{\tau} \\ D_{\tau} + W_{v,\tau} - x_{\tau}, & \text{for } x_{\tau} - D_{\tau} \leq W_{v,\tau} < x_{\tau} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-8)$$

เมื่อ $R_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงปี v ของเดือน τ

($\tau = 1$ ถึง 12 แทน เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม)

D_{τ} คือ ความต้องการใช้น้ำทำอ่างของเดือน τ

x_{τ} คือ ขอบเขตล่างของโค้งกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของเดือน τ

y_{τ} คือ ขอบเขตบนของโค้งกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของเดือน τ

$W_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างในเดือน τ

จากนั้นคำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างเก็บน้ำในเดือนถัดไป โดยใช้หลักสมดุลของน้ำ (Water Balance) เมื่อทำการจำลองสภาพสมดุลน้ำโดยการจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพสมดุลน้ำที่สร้างขึ้นจนครบจำนวนปีที่มีข้อมูลอยู่แล้ว จะทำให้ผลการจำลองเป็นสถานการณ์ที่ขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์น้ำส่วนเกินได้ (ความถี่ ขนาด ช่วงเวลา) จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลดังกล่าวไว้สำหรับกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ ซึ่งมีหลายรูปแบบ แต่ละแบบจะแสดงปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยจากอ่างเก็บน้ำหรือเป็นการแสดงถึงปริมาณน้ำที่ต้องการเก็บกักในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาต่างๆ ของปี ซึ่งเรียกว่า โค้งปฏิบัติงาน (Rule curve) และ

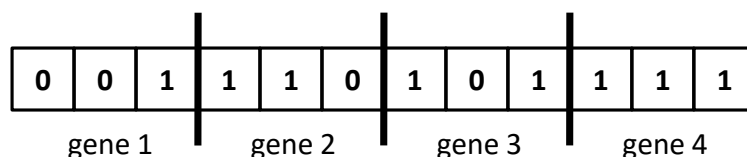
หนึ่งในจำนวนที่มากมายของเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำคือ โค้งกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir operation rule curves)

โค้งการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำหรือบางครั้งเรียกว่าโค้งแนวปฏิบัติ (Guide curve) ซึ่งจะได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลอุทกวิทยาในอดีต (Historical data) ซึ่งมีเงื่อนไขต่างๆ กันร่วมกับความต้องการน้ำในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โดยเฉพาะอ่างเก็บน้ำแบบเอนกประสงค์นั้น จำเป็นต้องมีเกณฑ์ในการปฏิบัติงานหลายเกณฑ์ร่วมกัน เช่น เกณฑ์ทางด้านสังคม เศรษฐศาสตร์และวิศวกรรม เป็นต้น ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ มีความยุติธรรมและประสิทธิภาพมากที่สุด หลังจากนั้นจึงสร้างเป็นกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ และพัฒนาให้เป็นเครื่องมืออย่างง่ายในการปฏิบัติคือ โค้งการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ ซึ่งหลักการของการพัฒนาโค้งกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ คือช่วงฤดูฝนจะพร่องน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดในปริมาณเท่าใด เพื่อให้มีปริมาตรว่างสำหรับรับปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยไม่เกิดการไหลล้นอ่าง ซึ่งจะก่อให้เกิดอุทกภัยในบริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำ หรือหากเกิดการไหลล้นอ่างก็ให้น้อยที่สุด และในขณะเดียวกันต้องรักษาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำไว้ใช้ในฤดูแล้ง ซึ่งเส้นโค้งของกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเส้นนี้เรียกว่า Upper Rule Curve (URC) และในช่วงฤดูแล้งจะรักษาปริมาณน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดไว้เท่าใด จึงจะลดความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำแห้งในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งโค้งของกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเส้นนี้เรียกว่า Lower Rule Curve (LRC)

2.8 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm, GA) เป็นปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้ในการค้นหา (Search) ความเหมาะสม (Optimization) การเรียนรู้ (Learning) ค่าสูงสุด ต่ำสุด และค่าอุดมภาพ (Optimization Problem) ของฟังก์ชันใด ๆ ที่ต้องการ ไม่ว่าจะฟังก์ชันดังกล่าวจะเป็นเส้นตรง (Linear) หรือไม่เป็นเส้นตรง (Non-Linear) ก็ตาม GA ถูกค้นค้นขึ้นครั้งแรกโดย John Holland ในปี ค.ศ. 1971 และมีการนำมาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาความเหมาะสมในหลาย ๆ แขนงวิชาเรื่อยมา ไม่ว่าจะเป็นงานวิศวกรรม คอมพิวเตอร์ การวิจัยดำเนินการ อุตสาหกรรม ชีววิทยา ฟิสิกส์ การแพทย์ การบริหารธุรกิจ เป็นต้น วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่เลียนแบบกลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติ กล่าวคือ ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) ของปัญหาจะถูกแทนค่าโดยแถวของตัวเลข (String) หรือเรียกโดยใช้ศัพท์ทางชีววิทยาว่าโครโมโซม (Chromosome) GA จะทำการสร้างโครโมโซมขึ้นมาเรียกว่า Population โดยแต่ละโครโมโซมจะประกอบไปด้วย บล็อกหรือยีน (Gene) ที่แทนค่าด้วยตัวแปรตัดสินใจแต่ละตัว ยีนในยุคเริ่มแรกของ GA จะประกอบด้วยเลขไบนารี (Binary Bits) คือ 0 และ 1 ดังแสดงในภาพประกอบ 2.9 ที่แต่ละยีน

ประกอบไปด้วยเลขไบนารี 3 ตัว หรือเรียกว่า 3 อัลลีลส์ (Alleles) ซึ่งเมื่อถอดรหัสแล้วจะได้ค่าของตัวแปรตัดสินใจออกมาซึ่งอาจจะเป็นจำนวนจริง (Real-Value) จำนวนเต็ม (Integer) เซต (Set) หรือแมทริกซ์ (Matrix) ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ศึกษาเป็นผู้กำหนดให้เหมาะสมกับปัญหา



ภาพประกอบ 2.16 ตัวอย่างโครโมโซมที่ประกอบด้วยยีน 4 ตัว โดยยีนแต่ละตัวจะประกอบด้วยตัวเลขไบนารี 3 ตัว
ที่มา: อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง (2551)

GA ในยุคหลังนิยมใช้จำนวนจริงแทนการใช้เลขไบนารี ทำให้โครโมโซมสั้นลง เนื่องจากไม่ต้องแบ่งยีนเป็นหลาย ๆ อัลลีลส์ เมื่อทำการถอดรหัสยีนทุกตัวในโครโมโซมออกมาเป็นตัวแปรและทำการแทนค่าตัวแปรเหล่านั้นลงในฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) แล้ว โครโมโซมหนึ่งจะให้ผลลัพธ์ออกมาเรียกว่าค่า Fitness ของโครโมโซมนั้น ซึ่งค่า Fitness ของโครโมโซมแต่ละตัวใน Population นี้เป็นเพียงค่าที่เป็นไปได้ (Possible Solution) แต่อาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา โครโมโซมเหล่านี้จะต้องผ่านกระบวนการของ GA ซึ่งเป็นกระบวนการเลียนแบบกลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติอีก 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการคัดเลือก ขั้นตอนการแลกเปลี่ยนยีน และขั้นตอนการตัดแปลงยีน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการคัดเลือก (Selection Operation)

หลักการของขั้นตอนการคัดเลือกคือ โครโมโซมที่มีค่า Fitness ดีที่สุดใน Population (สูงสุดหรือต่ำสุดแล้วแต่ประเภทของปัญหา) จะมีโอกาสถูกคัดเลือกให้เข้าไปสู่กระบวนการในขั้นตอนถัดไปมากที่สุด วิธีที่ใช้กันโดยทั่วไปเรียกว่า Proportional Selection ซึ่งกำหนดค่าความเป็นไปได้ในการถูกคัดเลือก (Probability of Selection, P_i) ให้แต่ละโครโมโซมทั้งหมดใน Population

2) ขั้นตอนการแลกเปลี่ยนยีน (Crossover Operation)

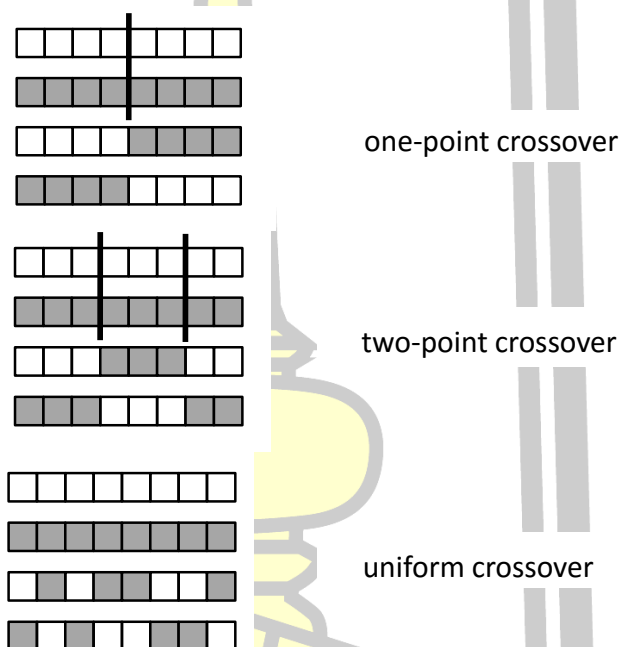
ขั้นตอนนี้จะทำการสุ่มเลือกโครโมโซมใน Population นั้นมาทำการจับคู่แลกเปลี่ยนยีนกัน โดยโอกาสที่แต่ละโครโมโซมจะถูกสุ่มขึ้นมาจับคู่กันขึ้นอยู่กับค่า Probability of Crossover ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ผู้ศึกษานำเข้าสู่กระบวนการ ส่วนประเภทของ Crossover จำแนกไว้มีอยู่ 3 ประเภทคือ

2.1) Crossover 1 ตำแหน่ง (One-Point Crossover) ซึ่งจะทำการแลกเปลี่ยนยีนของโครโมโซมที่ถูกจับคู่กัน ณ ตำแหน่งจันที่ถูกสุ่มขึ้นมาจนถึงยีนในตำแหน่งสุดท้าย

2.2) Crossover 2 ตำแหน่ง (Two-Point Crossover) จะทำการแลกเปลี่ยนยีนที่อยู่ระหว่างตำแหน่งทั้ง 2 ที่ถูกสุ่มขึ้นมา และ

2.3) Crossover หลายตำแหน่ง (Uniform Crossover) ยีนที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันของโครโมโซมที่ถูกจับคู่กันจะถูกสุ่มให้มีการแลกเปลี่ยนกันแบบยีนต่อยีน

Crossover ทั้ง 3 ประเภท ได้แสดงในภาพประกอบ 2.17 คือ



ภาพประกอบ 2.17 รูปแบบของการแลกเปลี่ยนยีน

ที่มา: อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง (2551)

3) ขั้นตอนการดัดแปลงยีน (Mutation Operation)

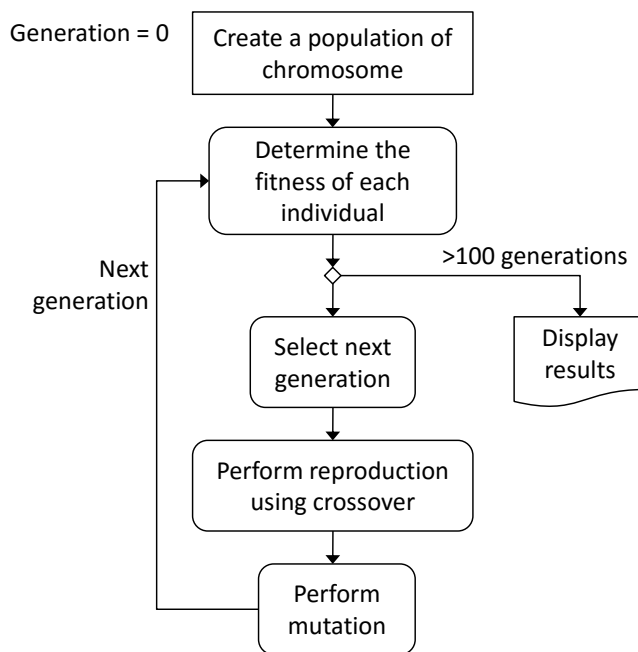
ในขั้นตอนนี้ยีนจะถูกสุ่มดัดแปลงให้ผิดแผกไปจากเดิมโดยสิ้นเชิง และความเป็นไปได้ที่ยีนจะถูกสุ่มขึ้นมาทำการดัดแปลงนั้นขึ้นอยู่กับค่า Probability of Mutation ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ผู้ศึกษานำเข้าสู่กระบวนการใน GA ที่ใช้รหัสแบบไบนารี การดัดแปลงยีนจะกระทำโดยการเปลี่ยนค่า 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0 สำหรับ GA ที่ใช้รหัสแบบจำนวนจริง (Real-Value Coding) นั้น มี

รูปแบบการดัดแปลงยีนที่มีรายละเอียดมากกว่าแบบโบราณมากมาย โดย Michalewicz ได้จำแนกไว้ 3 แบบคือ

3.1) Uniform Mutation ซึ่งค่าของยีนจะถูกดัดแปลงภายในพิสัย (Range) ที่กำหนด

3.2) Non-Uniform Mutation ซึ่งจะดัดแปลงยีนด้วยค่าที่ค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ ใน generation ถัดไปของกระบวนการ GA และ

3.3) Modified Uniform Mutation ซึ่งค่าของยีนจะถูกดัดแปลงโดยค่าคงที่เพียงค่าเดียว เมื่อผ่านขั้นตอนทั้ง 3 นี้เรียบร้อยแล้วจะได้โครโมโซมชุดใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม โครโมโซมชุดนี้จะถูกแทนที่ด้วยโครโมโซมชุดเดิมที่กลายเป็น Population ใหม่ กระบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่าเป็นหนึ่ง Generation จากนั้น GA จะดำเนินการกระบวนการทั้งหมดกับ Population ใหม่ นี้อีกครั้งหนึ่ง และจะกระทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะครบตามจำนวน Generation ที่ผู้ศึกษากำหนด และได้ใช้ชุดของโครโมโซมที่ทำให้ค่า Fitness ที่ดีที่สุดในตอนท้ายของกระบวนการ GA สำหรับขั้นตอนการทำงานของ GA ได้แสดงในภาพประกอบ 2.18



ภาพประกอบ 2.18 ขั้นตอนการทำงานของ GA

ที่มา: อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง (2553)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนไป

เฉลิมรัฐ แสงมณี (2552) ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเข้าสู่ลุ่มน้ำและการสูญเสียน้ำไปบางส่วนซึ่งเกิดจากการใช้น้ำของพืชอันเนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นในอนาคต เป็นการคาดการณ์โดย IPCC ตามแนวทาง A2 คำนวณโดยแบบจำลองสภาพภูมิอากาศระดับภาค PRECIS และใช้ ECHAM4 เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง ซึ่งได้พิจารณาปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้ได้ (Water availability) โดยวิเคราะห์ถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 5 ประเภท คือ การเพาะปลูกข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง และพื้นที่ป่าไม้ ช่วงเวลาที่ศึกษาระหว่างปี ค.ศ.2010-2039 โดยเทียบกับปี ค.ศ.1980-2009 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฝนรายปี ค.ศ.2010-2039 เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 3 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ.1980-2009 และปริมาณการใช้น้ำของพืชเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 2 ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำฝนในอนาคตเพียงพอกับความต้องการน้ำของพืชในอนาคตหากการเพาะปลูกยังเป็นรูปแบบเดิมเหมือนปัจจุบัน

ศุภกร ชินวรรณ และคณะ (2552) ศึกษาผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในเขตลุ่มน้ำชี-มูล โดยใช้แบบจำลอง PRECIS ใช้ข้อมูลตั้งต้นจากแบบจำลอง ECHAM4 โดยคาดการณ์ตลอดช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 21 ตามแนวทางแบบ A2 แต่ยังคงมีความคาดเคลื่อนจากผลของการตรวจวัด จึงต้องมีการปรับผลจากแบบจำลองด้วยวิธี Rescale ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิในลุ่มน้ำชี-มูลมีแนวโน้มที่จะสูงเพิ่มขึ้น และมีช่วงเวลาที่มียากอากาศร้อนในรอบปียาวนานมากขึ้น พื้นที่อากาศร้อนจะแพร่กระจายเป็นวงกว้างโดยเฉพาะในเขตลุ่มน้ำมูล และปริมาณฝนในรอบปีก็จะมีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน

Xiong และคณะ (2010) ต้องการวิเคราะห์ถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้ได้ (Water availability) สำหรับการเพาะปลูกพืชเพื่อนำไปเป็นอาหาร รวมถึงความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมและการอุปโภค-บริโภคของประเทศจีนในอนาคตช่วงระหว่างปี ค.ศ. 2020-2050 โดยใช้ข้อมูลอากาศในอดีตปี ค.ศ.1961-1990 เป็นพื้นฐาน ในการศึกษาการจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้เลือกใช้แบบจำลอง RCMs PRECIS ที่ความละเอียดประมาณ 50x50 ตารางกิโลเมตร ภายใต้เงื่อนไข A2 และ B2 แบบจำลอง CERES สำหรับการจำลองความต้องการใช้น้ำชลประทาน และแบบจำลอง VIC (Variable Infiltration Capacity) สำหรับการจำลองสภาพทางอุทกวิทยา โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกมีผลกระทบน้อยมากต่อปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้สำหรับการชลประทาน ผลจากแบบจำลอง VIC พบว่ามีปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้ได้เพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันความต้องการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมต่างๆ

ได้มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน และมีแนวโน้มว่าจะไม่เพียงพอต่อความต้องการในอนาคตอันมีสาเหตุจากการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูก และความต้องการใช้เพื่อการผลิตน้ำประปาเพิ่มขึ้น

Chalermrat และคณะ (2011) ศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศกับระบบอุทกวิทยาของพื้นที่ ลุ่มน้ำคลองใหญ่ จังหวัดกระบี่ โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลก GCMs 5 แบบจำลอง คือ CCMA CGCM 3.1, MPI_ECHAM5, CCCMA CGCM3_1, CNRM_CM3, IPSL_CM4, GFDL_CM 2.0 ร่วมกับแบบจำลอง SWAT ข้อมูลที่ศึกษาได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด ช่วงเวลาที่ศึกษาอยู่ระหว่างปี ค.ศ.1961-1980 และในอนาคตคือปี ค.ศ. 2045-2064 จากการศึกษาพบว่าปริมาณฝนรายปีเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่างร้อยละ 3 ถึงร้อยละ 20 ทำให้ปริมาณน้ำไหลเข้าในพื้นที่เพิ่มขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อุณหภูมิสูงสุดเพิ่มเฉลี่ยระหว่าง 1.6 ถึง 3.8 องศา อย่างไรก็ตามยังมีความกังวลถึงปริมาณการใช้น้ำเพื่ออุปโภค บริโภคและการเพาะปลูกว่าจะเพียงพอหรือไม่เมื่อสิ้นสุดฤดูมรสุม อันเกิดจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนบริหารจัดการน้ำที่ดีในอนาคตเพื่อจัดการกับผลกระทบดังกล่าว

Gosain และคณะ (2011) ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรแหล่งน้ำภายใต้เงื่อนไขความไม่แน่นอน (Uncertainty) ของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและปริมาณน้ำใช้การเฉลี่ยรายปี และศึกษาการเกิดเหตุการณ์ภัยแล้งและภัยน้ำท่วมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตในประเทศอินเดีย จำนวน 19 พื้นที่ลุ่มน้ำ โดยได้พิจารณาใช้แบบจำลองการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศระดับท้องถิ่น RCMs-PRECIS ขนาดการแสดงผล 50x50 ตารางกิโลเมตร ภายใต้เงื่อนไข A1B IPCC SRES และ SWAT สำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบด้านอุทกวิทยาร่วมกับ GIS ผลการศึกษาพบว่าสมดุลน้ำ (Water balance), ปริมาณฝน, ปริมาณน้ำใช้การและการคายระเหยมีจำนวนร้อยละที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีเพียงบางลุ่มน้ำย่อยเท่านั้นที่มีจำนวนร้อยละที่ลดลง การประเมินผลกระทบด้านภัยแล้งโดยใช้ค่าความชื้นในดิน พบว่าพื้นที่ที่มีปริมาณฝนหรือการคายระเหยที่ลดลงจะมีโอกาสเกิดภัยแล้งเพิ่มขึ้น การประเมินผลกระทบด้านน้ำท่วมและภัยแล้งพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีแนวโน้มอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นในอนาคตอยู่ระหว่างร้อยละ 10-50 และพื้นที่ภาคตะวันตกและภาคใต้จะเกิดการขาดแคลนน้ำในอนาคต

McFarlane และคณะ (2012) ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณน้ำที่สามารถใช้การได้ (water yield) ปริมาณน้ำใต้ดิน และความต้องการใช้น้ำระหว่างปี ค.ศ.1975-2030 โดยเลือกพื้นที่ศึกษาในภาคตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศออสเตรเลียบนพื้นที่ประมาณ 62,500 ตารางกิโลเมตร ด้านข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้นำเอาผลการศึกษาจากรายงานการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตฉบับที่ 4 ของ IPCC จากแบบจำลอง GCMs จำนวน 15 แบบจำลองมาใช้เป็นฐานข้อมูล โดยนำเข้าข้อมูลในแบบจำลองทางอุทกวิทยา IHACRES

และทำการสอบเทียบผลกับข้อมูลอุทกวิทยาในอดีตระหว่างปี ค.ศ.1975-2007 ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าน้ำที่สามารถใช้การได้จากแหล่งน้ำผิวดินมีปริมาณลดลงเฉลี่ยร้อยละ 24 เช่นเดียวกับปริมาณน้ำท่าในอนาคตที่คาดว่าจะลดลงร้อยละ 25 และรวมถึงปริมาณน้ำใต้ซึ่งคาดว่าจะลดลงเฉลี่ยร้อยละ 2 โดยสาเหตุคาดว่าจะเกิดจากอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นและมีความต้องการใช้น้ำเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต

2.9.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Rounsevell (2009) ได้ศึกษาทบทวนวิธีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตั้งแต่อดีต ปัจจุบันและคาดการณ์ในอนาคต ซึ่งมีความสัมพันธ์กับก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่จากการใช้แบบจำลองจำนวน 6 ชนิด ซึ่งแบ่งแยกตามความละเอียดของเขตพื้นที่ ได้แก่ REGIS, CLUAM, ATEAM project, ACCELERATES project, ALARM, IMAGE 2.2 model และใช้แบบจำลอง UK Climate Impacts Programme ในการคาดการณ์สภาพอากาศในอนาคต จากการทบทวนพบว่าพื้นที่เกษตรกรรมที่ใช้ปลูกพืชเพื่อผลิตเป็นอาหารมีปริมาณที่ลดลงเนื่องจากมีความต้องการพื้นที่สำหรับการเพาะปลูกพืชที่ใช้ผลิตเป็นพลังงานเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ชุมชนเมือง ถนน ระบบขนส่งมวลชนพื้นฐานต่างๆ มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง พื้นที่ป่าไม้เพิ่มปริมาณมากขึ้น ซึ่งในระยะยาวจะทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมได้ ปริมาณคาร์บอนในดินมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในอีก 30-40 ปีข้างหน้า

โอฬาร เวศอุไร (2548) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน เพื่อต้องการประเมินผลกระทบจากน้ำท่าเนื่องจากสาเหตุการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยพบว่าโครงข่ายลำน้ำจำลองมีสภาพใกล้เคียงกับลำน้ำจริงและปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้ใกล้เคียงกับการตรวจวัดจริง จากการศึกษาพบว่ายังมีพารามิเตอร์ที่อ่อนไหวต่อการวิเคราะห์ เช่น คุณสมบัติทางกายภาพของดิน ค่า CN ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับเทียบอย่างละเอียด

Surang (2006) ได้ใช้แบบจำลอง CA Markov การคาดการณ์รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ช่วงระหว่างปี พ.ศ.2533, 2543, 2548 และคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ.2553 ซึ่งทำให้รู้ค่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างปีการศึกษา และใช้ข้อมูลดังกล่าวมาคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตโดยมีการสอบเทียบเพื่อความถูกต้องของข้อมูล ผลการศึกษาพบว่าควรศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจและสังคมเพิ่มเติม

Usawadee (2006) ศึกษาการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดกระบี่ ช่วงเวลาก่อนและหลังการเกิดสึนามิ โดยใช้แบบจำลอง CA Markov ร่วมกับการใช้ฐานข้อมูลจากอดีตนำมาใช้วิเคราะห์คาดการณ์การใช้พื้นที่ในอนาคตโดยใช้หลักสถิติ จากการศึกษาพบว่าการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ในหลายประเภทเป็นเหตุทำให้พื้นที่เกษตรกรรมลดลง และควรทำการศึกษามลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจและสังคมเพิ่มเติม

Aingon (2008) ได้ประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศและแบบจำลองเพื่อการคาดการณ์ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในจังหวัดน่าน โดยเป็นการศึกษารูปแบบและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ด้านเกษตรกรรมในปี พ.ศ.2533-2548 และคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต 10 ปี แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาคือ CA Markov และวิธี Regression ผลการศึกษาพบว่าจากช่วงอดีตที่ผ่านมาพื้นที่ป่ามี ปริมาณลดลงและมีพืชไร่เพิ่มมากขึ้น ในอนาคตพบว่ามีความไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว, ข้าวโพดและลำไย โดยได้ให้ข้อเสนอแนะในการใช้ข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินควรเป็นข้อมูลที่ใหม่ล่าสุด เนื่องจากจะทำให้ช่วยลดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์ได้เป็นอย่างดี

Jinkang และคณะ (2012) พัฒนาและทดสอบวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเพิ่ม พื้นที่ชุมชนเมืองต่อปริมาณน้ำท่าและการเกิดน้ำท่วมโดยใช้วิธีคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ จากภาพถ่ายดาวเทียม และศึกษาผลกระทบจากการเพิ่มพื้นที่ชุมชนเมืองต่อสภาพทางอุทกวิทยา โดยใช้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินร่วมกับแบบจำลองการวิเคราะห์ทางอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่ม น้ำ Quinhuai ประเทศจีน โดยใช้แบบจำลอง CA Markov สร้างภาพฉายแผนที่การใช้ที่ดินในอนาคต ในปี ค.ศ.2012-2018 โดยใช้แผนที่การใช้ที่ดินในอดีตเป็นฐานข้อมูล ร่วมกับแบบจำลอง HEC-HMS สำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า จากการศึกษาพบว่า พื้นที่ชุมชนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 17 จากอดีตถึงปัจจุบัน การคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต พบว่าพื้นที่ปลูกข้าวมีปริมาณ ลดลงอย่างรวดเร็ว รวมถึงพื้นที่ป่าและพื้นที่แห้งแล้งพบว่ามีปริมาณลดลงเช่นเดียวกัน ใน ขณะเดียวกันพื้นที่ชุมชนเมืองพบว่ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้น สำหรับผลการศึกษาสภาพทางอุทกวิทยา ชี้ให้เห็นว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี, อัตราการไหลสูงสุด และโอกาสเกิดน้ำท่วมจะเพิ่มขึ้นระหว่างปีที่ ทำการศึกษา และมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากสาเหตุของการเพิ่มพื้นที่ชุมชนในอนาคต

ชุตินพงศ์ รมสนต์ (2551) ได้วิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดินเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2531-2540 โดยใช้แบบจำลอง CA Markov แปลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อคาดการณ์และ ตรวจสอบความถูกต้องของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลง เชิงปริมาณมีความสอดคล้องกับอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของ พื้นที่ป่าไม่มีความสัมพันธ์กับความสูงของภูมิประเทศ ความลาดชันและลักษณะดิน การตรวจสอบ ความถูกต้องของการคาดการณ์จากแบบจำลอง CA Markov พบว่าการใช้ข้อมูลแต่ละช่วงปีมีค่าความ ถูกต้องเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่สูงกว่าการใช้ข้อมูลปีตั้งต้น

สุภักดิ์ กุลโท (2555) ได้ประมาณปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลการคาดการณ์การใช้ ประโยชน์ที่ดินอาศัยแบบจำลอง CA-Makov โดยแบบจำลอง SWAT กรณีศึกษา ลำน้ำย่อยห้วยตุงสูง ในลุ่มน้ำมูลโดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีความสัมพันธ์ โดยตรงกับปริมาณน้ำท่าให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R) เท่ากับ 0.792 และ 0.918 ตามลำดับ

ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้มีความสัมพันธ์ผกผันกับปริมาณน้ำท่าโดยให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R) เท่ากับ 0.9018 และพบว่าพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีบทบาทสำคัญในการควบคุมปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ศึกษามากกว่าพื้นที่เกษตรกรรม ดังนั้นในการจัดการน้ำท่าควรให้ความสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าผลัดใบสมบูรณ์และทุ่งหญ้า

2.9.3 การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ออร์ครัฐ (2546) ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อการระเหยและสมดุลของน้ำในกลุ่มน้ำชี-มูล อันเนื่องมาจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยสร้างสมการทางอุทกวิทยาและคำนวณใน MS excel จากนั้นจึงทำการทดสอบค่าสหสัมพันธ์สัมประสิทธิ์สัมพันธ์ด้วยวิธี t-test พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลงทำให้อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นในเกือบทุกกลุ่มน้ำย่อย ปริมาณการสูญเสียน้ำจากการคำนวณสมดุลน้ำไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนเนื่องจากพื้นที่มีขนาดใหญ่ จึงควรศึกษาในระดับกลุ่มน้ำย่อยเพิ่มเติม

Zhi Li และคณะ (2009) ศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสภาพอากาศในอดีตต่อปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำในดินและการคายระเหย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการนำผลการศึกษาไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับตัดสินใจสำหรับการส่งเสริมการปลูกพืชเกษตรกรรมและการพัฒนาทรัพยากรแหล่งน้ำอย่างยั่งยืน ในพื้นที่ Loess Plateau ของประเทศจีน แบบจำลองอุทกวิทยาที่ใช้ได้แก่ SWAT รวมถึงการใช้วิธี Nash-Sutcliffe (Ens), ร้อยละของความเอนเอียง (PBIAS), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (RSR) วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลอง รวมถึงการใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ Mann-Kandall (MK) เพื่อทดสอบหาแนวโน้มความต่อเนื่องของฝนเฉลี่ยและอุณหภูมิ โดยผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง SWAT สามารถวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำในดินและการคายระเหยที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ทางสถิติที่ใช้ทดสอบแบบจำลองอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ทำให้ปริมาณน้ำท่า ความชื้นในดินและการคายระเหยมีแนวโน้มลดลง และความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ปริมาณน้ำผิวดินเพิ่มขึ้นมากกว่าสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

J. Jarsjo และคณะ (2012) ศึกษาเกี่ยวกับการตอบสนองของระบบอุทกวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการใช้น้ำในอดีตที่ผ่านมา โดยทำการศึกษาในพื้นที่ Aral Sea Drainage Basin (ASDB) ซึ่งอยู่ในตอนกลางของทวีปเอเชีย วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความไม่แน่นอนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการกระจายน้ำเพื่อการชลประทานและการกระจายน้ำสู่แหล่งน้ำที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ โดยมีการใช้แบบจำลองการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศโลกระดับ GCMs จำนวน 20 แบบจำลองและใช้รูปแบบการสูญเสียน้ำจากการคายระเหย (evapotranspiration, ET)

ซึ่งสัมพันธ์กับอุณหภูมิและปริมาณฝนมาเป็นตัวกำหนดปริมาณน้ำและการใช้น้ำจากอดีตจนถึงอนาคต ระหว่างปี ค.ศ.2010-2039 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศทำให้ปริมาณน้ำสุทธิ (net water) มีการสูญเสียเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่า ET มีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงและการใช้น้ำเพื่อการชลประทานที่เพิ่มขึ้น รวมถึงยังเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณน้ำท่าลดลงในบริเวณพื้นที่ท้ายน้ำ

L. M. Mango และคณะ (2011) ได้ศึกษาถึงผลกระทบหรือความอ่อนไหวที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน สภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณฝนและอุณหภูมิ ต่อปริมาณการไหลของน้ำในแม่น้ำและสภาพอุทกวิทยา และใช้แบบจำลอง SWAT คาดการณ์ข้อมูลทางอุทกวิทยาและนำข้อมูลไปใช้เพื่อการวางพัฒนาทรัพยากรแหล่งน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ Mara ซึ่งเป็นพื้นที่อยู่ระหว่างประเทศเคนยาและแทนซาเนีย แต่เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนในพื้นที่มีเพียง 2 สถานี จึงจำเป็นต้องมีการขยายข้อมูลด้วยวิธี RFE ซึ่งเป็นการแปลงข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อสร้างเป็นข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนเพิ่มเติม รวมถึงการวิเคราะห์คาดการณ์สภาพการใช้ที่ดินในอนาคต โดยคาดการณ์ว่าพื้นที่ป่าจะถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมหรือทุ่งหญ้า สำหรับการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตได้ใช้ข้อมูลจากรายงานของ IPCC ปี ค.ศ. 2007 เงื่อนไข A1B โดยผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรมหรือทุ่งหญ้าในบริเวณพื้นที่ป่าต้นน้ำ จะทำให้ปริมาณการไหลในแม่น้ำช่วงหน้าแล้งลดลง อาจทำให้เกิดภาวะภัยแล้งในช่วงที่ต้องการใช้น้ำมากในรอบปี และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อปริมาณน้ำใช้การเฉลี่ยรายปีหรืออัตราการไหลเฉลี่ย

J. I. Lopez-Moreno และคณะ (2011) ศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำที่นำไปใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำ Ebro ประเทศสเปน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปริมาณน้ำท่า โดยต้องการที่จะระบุถึงสัญญาณที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำและคาดการณ์สภาพอากาศ สิ่งแวดล้อมในพื้นที่ในอีก 10 ปีข้างหน้า ข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการศึกษาได้จากสถานีตรวจวัดทางอุทกวิทยาในพื้นที่จำนวน 88 สถานี และข้อมูลสภาพอากาศรายเดือนโดยแบ่งเป็นข้อมูลฝน 429 ชุด และสภาพอากาศ 55 ชุด โดยได้นำมาเชื่อมโยงกับแบบจำลอง HIRHAM5 model เพื่อคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคต และแบบจำลองทางอุทกวิทยา Nonparametric Mann-Kendall (MK) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า ผลการศึกษาแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ต้นน้ำทำให้ปริมาณน้ำท่าลดลงเนื่องจากมีความต้องการใช้น้ำสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ปลายน้ำมีน้ำใช้ไม่เพียงพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้งหรือฝนเกิดทิ้งช่วง

Susanna T. Y. Tong และคณะ (2012) ศึกษาข้อมูลเชิงปริมาณในระบบอุทกวิทยาและคุณภาพน้ำที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ที่ดิน และประเมินผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของประชากรเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน รวมถึงการ

คาดการณ์ปริมาณน้ำท่าล่วงหน้าถึงปี ค.ศ. 2050 โดยใช้พื้นที่ลุ่มน้ำ Little Miami River (LMR) ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นพื้นที่ศึกษา แบบจำลองที่ใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินคือ CA Markov มีการใช้ข้อมูลการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศจากผู้ที่ได้เคยศึกษามาก่อนเพื่อวิเคราะห์ ประเมินร่วมกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและใช้แบบจำลอง HSPF ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า ผลการศึกษาแสดงถึงสถานการณ์ที่มีปริมาณฝนมากและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จะมีผลทำให้ ปริมาณน้ำท่าเกิดขึ้นมากที่สุด การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตทำให้ปริมาณน้ำท่าสูงขึ้นตาม

Prasanchum และคณะ (2013) ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างรวดเร็วที่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำปาว ตอนล่าง โดยใช้แบบจำลองการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศระดับท้องถิ่น (RCMs) PRECIS ที่ความละเอียด 0.22 องศาหรือประมาณ 20x20 ตารางกิโลเมตร โดยใช้ข้อมูล ปี ค. .2006-2012 เป็นปีฐาน และคาดการณ์สภาพภูมิอากาศล่วงหน้าจากปี ค.ศ. 2013-2062 ในเงื่อนไข B1 ของ IPCC SRES ร่วมกับแบบจำลอง SWAT โดยมีการจำลองให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากนาข้าวเป็นพืชไร่และ ชุมชนเมืองร้อยละ 20 ต่อ 10 ปี โดยเริ่มจากปี ค.ศ.2013-2062 ซึ่งพบว่าปริมาณน้ำท่าภายในช่วง ระยะเวลา 50 ปี มีปริมาณลดลงจากปีฐานอยู่ระหว่างร้อยละ 17-35

V. K. Mehta และคณะ (2013) ได้ทำการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศและการใช้ที่ดินต่อความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทานและการผลิตน้ำประปาใน ลุ่มน้ำ Cache Creek เมือง Yolo, California สหรัฐอเมริกา โดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา WEAP (Water Evaluation And Planning) และมีการสอบเทียบผลจากแบบจำลองกับข้อมูลจากปี ค.ศ. 1971-2000 ได้แก่ ปริมาณน้ำท่า การจัดส่งน้ำเพื่อการชลประทานและการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ และ คาดการณ์เหตุการณ์อนาคตถึงปี ค.ศ.2099 ในการศึกษาได้ทำการตั้งวัตถุประสงค์จากการ เปลี่ยนแปลง 3 เหตุการณ์ ได้แก่ 1) การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการปลูกพืชโดยยึดตามมิติการ คาดการณ์ทางเศรษฐศาสตร์ (Econometric Forecasts), 2) การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการปลูกพืชที่มี ความหลากหลายมากขึ้นในอนาคต และ 3) การปรับปรุงเทคโนโลยีการชลประทานผสมผสานกับ รูปแบบการเปลี่ยนแปลงการปลูกพืช ผลการศึกษาพบว่าความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานมี ปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 26 และ 23 ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ B1 และ A2 ตามลำดับ ปริมาณน้ำจากอ่างเก็บน้ำสำหรับปล่อยให้ใช้เพื่อการชลประทานพบว่ามีเพียงพอต่อความ ต้องการเนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนไหลเข้าในช่วงฤดูใบไม้ผลิ อย่างไรก็ตาม ยังมีความต้องการใช้น้ำที่ เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการปลูกพืชและสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง

2.9.4 กระบวนการมีส่วนร่วมต่อทรัพยากรน้ำ

Chanya Apipalakul et al. (2014) การพัฒนาการมีส่วนร่วมในการวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความขัดแย้งของชุมชน เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในพื้นที่ลุ่มน้ำ

พอง โดยประกอบด้วย 3 หมู่บ้าน บ้านห้วยโจด บ้านหนองบัวน้อย บ้านโนนขามผา ตำบลกุดน้ำใน อำเภอพอง จังหวัดขอนแก่น ข้อมูลทั้งหมดนี้นำมารวบรวมและเข้าสู่กระบวนการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในการบริหารจัดการเพื่อลดความขัดแย้งและสร้างกฎกติการ่วมกันอีก ทั้งนี้จะมีการประเมินติดตามผลร่วมกันของทุกฝ่าย โดยสรุปได้ดังนี้

- 1) มีการตั้งคณะกรรมการตรวจสอบควบคุมดูแลคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ
- 2) จัดให้มีการร่วมตรวจสอบการใช้น้ำของภาคอุตสาหกรรมร่วมกัน
- 3) จัดให้มีการสร้างข้อตกลงและกฎระเบียบ บทลงโทษของการใช้น้ำร่วมกัน
- 4) หยุดการทิ้งขยะลงแม่น้ำ
- 5) จัดกิจกรรมการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และป้องกันแม่น้ำ
- 6) ภาคอุตสาหกรรมควรให้ความสำคัญกับการจ้างแรงงานในพื้นที่เข้าทำงานใน

โรงงานอุตสาหกรรม

Kuntiyawichai และ Inthavong (2017) ได้ศึกษาการประเมินการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการน้ำชลประทานในโครงการชลประทานน้ำแสด (NHLIP) โดยพิจารณาบทบาทในครัวเรือนและชุมชน และหาระดับการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการจัดการน้ำชลประทานของ NHLIP ใช้กลุ่มตัวอย่างจากสมการ ทาโร้ ยาโกมา ที่ความเชื่อมั่น 90% เพื่อคำนวณหากลุ่มตัวอย่างจากการตอบกลับของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่าบทบาทในครัวเรือนของสามีภรรยา มีบทบาทโดดเด่นในการจัดการน้ำชลประทานของ NHLIP ในการทำงานปี ผลการวิจัยพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานของโครงการ NHLIP โดยมีระดับการมีส่วนร่วมอยู่ที่ระดับสูง 3.80 (คะแนนเต็ม 5) มีผลต่อการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการจัดการน้ำชลประทานของ NHLIP ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความเต็มใจที่จะมีส่วนร่วมในการให้ความร่วมมือและสนับสนุนกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงและบริหารโครงการ NHLIP

Liu Jingling และคณะ (2010) การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของแม่น้ำ Haihe ประเทศจีน ปัจจัยที่สำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้ประสบความสำเร็จคือการบริหารจัดการที่ครอบคลุม จนถึงการบริหารจัดการพื้นที่เชิงนิเวศน์ที่เป็นป่าต้นน้ำ การมีส่วนร่วมของชุมชนโดยการสำรวจความต้องการ การตอบแบบสอบถามกับกลุ่มคนที่มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่และการขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ เพื่อที่จะให้เห็นสภาพความต้องการที่จริงจะได้นำมาวิเคราะห์ประเมิน รวมไปถึงการประเมินสภาพสิ่งแวดล้อมของผู้อยู่อาศัยในพื้นที่อีกด้วยเหล่านี้ล้วนเป็นข้อมูลสำคัญอย่างยิ่ง การมีส่วนร่วมของประชาชนจะมีลักษณะที่แตกต่างกันตามพฤติกรรมกรใช้น้ำ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าพื้นที่ชุมชนตระหนักถึงการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำส่วนพื้นที่ชนบทการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำค่อนข้างน้อยและมีความรู้เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมยังมีไม่มากดังนั้นควร

ดำเนินการกิจกรรมประชาสัมพันธ์อย่างง่ายในรูปแบบที่เป็นการยอมรับเช่น ในรูปแบบภาพยนตร์ รวมถึงการประชาสัมพันธ์ทางด้านสื่อภาพถ่าย และโครงการที่ควรดำเนินการคือในรูปแบบของการรวมตัวกันของการทำมาหากินเพื่อต่อต้านความยากจนและการรักษาและป้องกันระบบนิเวศน์เพื่อส่งเสริมให้ประชาชนในท้องถิ่นได้มีส่วนร่วมในการดำเนินงาน

เสื่อ อภิชาติเกรียงไกร (2543) ได้ศึกษาเรื่อง การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการทรัพยากรน้ำกรณีพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงสภาพปัญหาต่างๆ ของลุ่มน้ำในปัจจุบัน ซึ่งหน่วยงาน ราชการ ต่างๆ รวมทั้งภาคประชาชนได้มีความพยายามที่จะใช้กระบวนการต่างๆ มาแก้ปัญหา แต่ก็ยัง ไม่มีผู้หนึ่งผู้ใดหรือองค์กรหนึ่งองค์กรใดมีความสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างครบถ้วนและมีความยั่งยืน การศึกษาพบว่า ประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง เคยมีส่วนร่วมในการ จัดการทรัพยากรน้ำค่อนข้างน้อยหรือน้อยมาก ทั้งบทบาทในการนำเสนอปัญหา หรือเข้าร่วมประชุมเพื่อค้นหาสาเหตุ บทบาทในการร่วมวางแผนดำเนินการ บทบาทในการออกค่าใช้จ่าย บทบาทในการ ออกแรงหรือเข้าร่วมแก้ไขปัญหา และบทบาทในการร่วมติดตามหรือประเมินผล การเข้าร่วมกิจกรรม ต่างๆ นั้นมักมีแรงจูงใจจากการชักนำ หรือริเริ่มจากหน่วยงานราชการต่างๆ ทั้งนี้เพราะประชาชน คิดว่าหน้าที่ในการจัดการนั้นเป็นเรื่องของหน่วยงานราชการเท่านั้น ประชาชนไม่ควรยุ่งเกี่ยว แต่หากหน่วยงานราชการใดๆ มาชักชวนหรือขอร่วมก็จะเข้าร่วมมือด้วย บทบาทของประชาชนยังไม่ได้รับการส่งเสริมอย่างจริงจัง ในขณะที่หน่วยงานราชการระดับล่าง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต่างๆ ประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำ และองค์กรพัฒนาเอกชนมีบทบาทมากขึ้น และได้พยายามที่จะผสมผสานบทบาทของทุกภาคส่วน ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ ลุ่มน้ำลำตะคอง เพื่อร่วมกันบริหารจัดการแต่ยังไม่ประสบความสำเร็จ เพราะการกำหนดบทบาทที่ชัดเจนของแต่ละภาคส่วนนั้นยังไม่ได้เริ่มแต่อย่างใดโอกาสต่างๆ ยังเป็นเพียงข้อบัญญัติในนโยบายและกฎหมายเท่านั้น

โสรัจจ์ ตาปณานนท์ (2543) ได้ศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมของชาวบ้าน ในการจัดการพื้นที่ต้นน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่คาบอง จังหวัดแพร่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมในการจัดการพื้นที่ต้นน้ำของชาวบ้านที่อาศัยอยู่ ในหมู่บ้านที่มีการดำเนินโครงการปกป้องป่าไม้เมืองไทย เพื่อเร่งรัดฟื้นฟูต้นน้ำลำธาร (รพต.) และเพื่อ ศึกษาปัจจัยด้านผู้นำชุมชน การทำงานในหน่วยงานป่าไม้ และการติดตามงานของเจ้าหน้าที่ป่าไม้ที่ มีผลต่อการมีส่วนร่วมของชาวบ้าน วิธีการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงปริมาณ วิธีการรวบรวม ข้อมูล ใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผลการศึกษาพบว่าในขั้นตอนการค้นหาปัญหาและสาเหตุของปัญหาชาวบ้าน มีส่วนร่วมในระดับปานกลาง ขั้นตอนการวางแผนแก้ไขปัญหาชาวบ้านมีส่วนร่วมในระดับต่ำ ขั้นตอน การปฏิบัติตามแผนชาวบ้านมีส่วนร่วมในระดับปานกลาง ขั้นตอนการติดตามประเมินผลชาวบ้าน มีส่วนร่วม ในระดับต่ำ และภาพรวมของการมีส่วนร่วมในการจัดการพื้นที่ต้นน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ แม่คาบอง ของชาวบ้านอยู่ในระดับต่ำ

นิตาชล ทองขาว (2547) ได้ศึกษาเรื่องความร่วมมือของชาวบ้านโดยการแก้ไข ปัญหาความขัดแย้งเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรน้ำ : กรณีศึกษากลุ่มน้ำแม่ตาช้าง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงสาเหตุของเกิดความขัดแย้งเกี่ยวกับการใช้น้ำและบทบาทความร่วมมือของชาวบ้านในการจัดการความขัดแย้งในการใช้น้ำจากกลุ่มน้ำแม่ตาช้าง ผลการศึกษาพบว่า

1) การเพิ่มของประชากรและผู้ประกอบการรีสอร์ท โรงแรม มีส่วนสำคัญที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาความขัดแย้งรุนแรงในการแย่งชิงน้ำโดยเฉพาะผู้ประกอบการที่เป็นนายทุน ที่กักเก็บน้ำไว้ใช้เฉพาะกิจการของตนโดยไม่คำนึงถึงส่วนรวม ความขัดแย้งในการแย่งชิงน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาช้าง จัดเป็นปัญหาทางด้านสังคมและเป็นปัญหาสาธารณสุขที่ชาวบ้านในท้องถิ่นส่วนใหญ่ เสียประโยชน์จากกลุ่มนายทุนที่เข้ามาบุกรุกเพื่อแสวงหาผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ทำให้การเอื้อเพื่อแบ่งปันมีน้อยลง

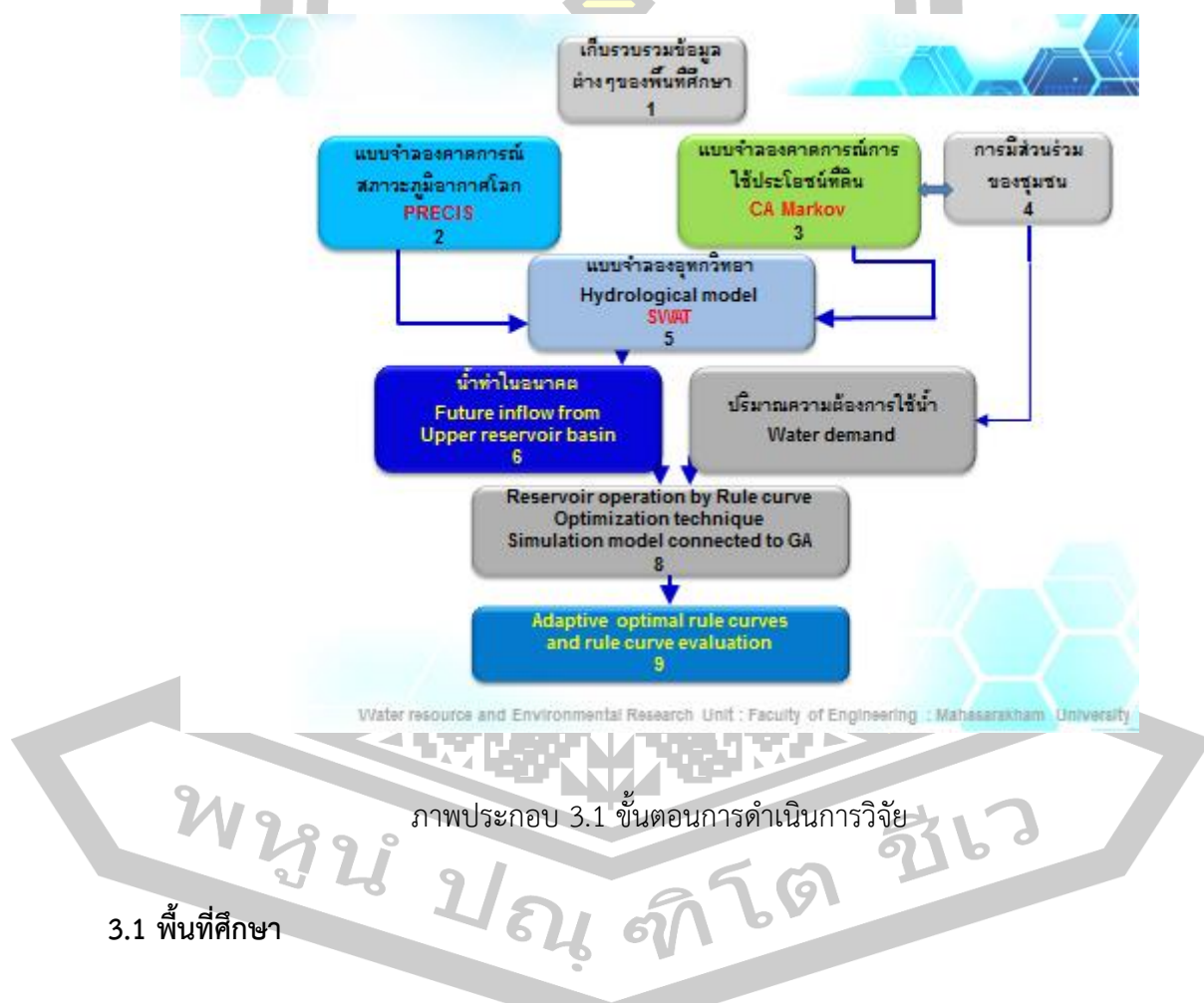
2) การรวมตัวกันของชาวบ้านในการแก้ไขปัญหามหาการจัดสรรทรัพยากรน้ำมีสาเหตุหลายประการ คือ ปัญหาการเพิ่มของประชากรและผู้ประกอบการรีสอร์ท โรงแรม ปัญหาขาดแคลนน้ำในการอุปโภคบริโภค ปัญหาการบุกรุกตัดไม้ทำลายป่า ปัญหาการรุกรานลำน้ำสาธารณะ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็น ปัจจัยสำคัญ ที่ผลักดันให้ชาวบ้านเกิดความตระหนักและรวมตัวกัน แต่ชาวบ้านส่วนใหญ่ยังไม่มี บทบาทเท่าที่ควร และไม่มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาคความขัดแย้งเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรน้ำ ถ้าจะมี ก็เพียงเข้าร่วมประชุมในหมู่บ้าน หรือร่วมแสดงความคิดเห็นในเวทีอื่นๆ เท่านั้น



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

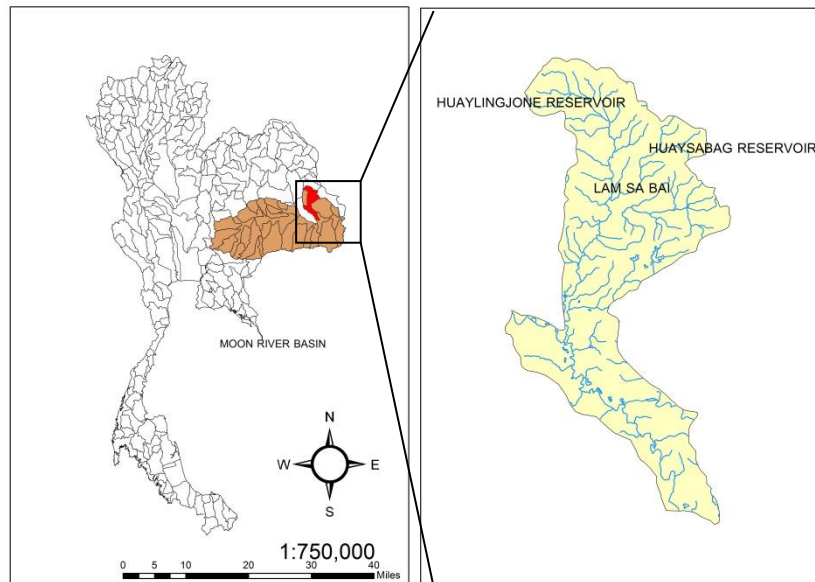
ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัย ได้แบ่งเป็น 3 หัวข้อหลัก คือ หัวข้อแรกพื้นที่ศึกษา อธิบายถึงสภาพข้อมูลทั่วไป ปัญหาด้านทรัพยากรน้ำของพื้นที่อ่างเก็บน้ำ หัวข้อต่อมาเป็นการแสดงถึงรายละเอียดของอ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำไหลเข้าและการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ และส่วนสุดท้ายเป็นการนำเสนอถึงลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน รายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยสามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 3.1



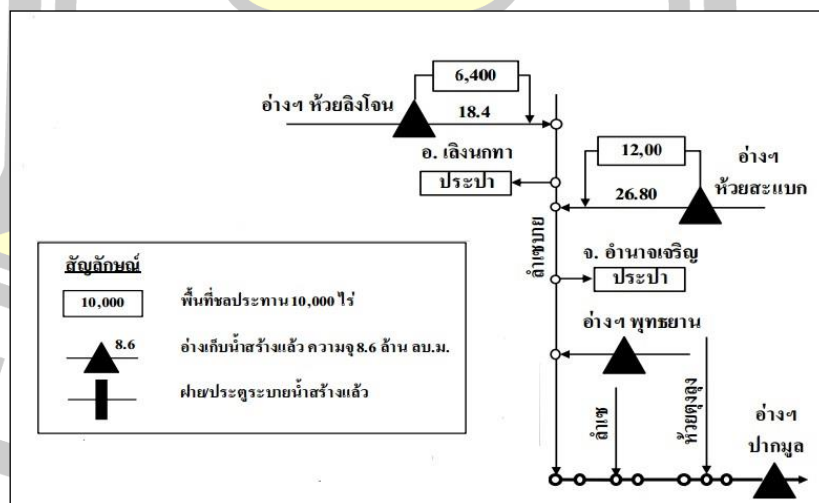
3.1 พื้นที่ศึกษา

ในการทำการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ศึกษาเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง 2 แห่ง คืออ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก และอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน จังหวัดยโสธร ซึ่งอยู่ในลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำย่อยลำเซบาย (ภาพประกอบ 3.2, 3.3) และมีรายละเอียดของพื้นที่ ดังแสดงในตาราง 3.1, 3.2 โดยจะศึกษาถึงการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งมีผลต่อปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ตลอดจนศึกษาความต้องการใช้น้ำในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ เพื่อจัดสรรน้ำตามความต้องการของผู้ใช้น้ำในพื้นที่ทั้งเหนือน้ำและท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำตามวัตถุประสงค์ต่างๆ



ภาพประกอบ 3.2 พื้นที่ศึกษา อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก และอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน



ภาพประกอบ 3.3 แผนผังการไหล กลุ่มน้ำลำซำบาย

ตาราง 3. 1 ปริมาณน้ำเก็บกักของโครงการชลประทานขนาดกลางของจังหวัดยโสธร ปี 2554 –2559

โครงการ ชลประทาน	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559
	ปริมาณน้ำ เก็บกัก (MCM)	ปริมาณน้ำ เก็บกัก (MCM)	ปริมาณ น้ำเก็บกัก (MCM)	ปริมาณ น้ำเก็บกัก (MCM)	ปริมาณ น้ำเก็บกัก (MCM)	ปริมาณ น้ำเก็บกัก (MCM)
อ่างเก็บน้ำ ห้วยสะแบก	23.51	6.20	22.41	25.68	18.19	9.25
อ่างเก็บน้ำ ห้วยลิงโจน	15.70	2.99	16.95	17.05	8.26	3.62
รวม	39.21	9.19	39.36	42.73	26.45	12.87

ที่มา : โครงการชลประทานยโสธร ข้อมูล ณ 1 กรกฎาคม 2559

ตาราง 3. 2 พื้นที่การใช้ประโยชน์ของโครงการชลประทานขนาดกลางของจังหวัดยโสธรปี 2554-2559

โครงการ ชลประทาน	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559
	พื้นที่ใช้ ประโยชน์ (ไร่)	พื้นที่ใช้ ประโยชน์ (ไร่)	พื้นที่ใช้ ประโยชน์ (ไร่)	พื้นที่ใช้ ประโยชน์ (ไร่)	พื้นที่ใช้ ประโยชน์ (ไร่)	พื้นที่ใช้ ประโยชน์ (ไร่)
อ่างเก็บน้ำ ห้วยสะแบก	12,672	12,672	12,672	12,672	12,672	12,672
อ่างเก็บน้ำ ห้วยลิงโจน	14,544	14,544	14,544	14,544	14,544	14,544
รวม	27,216	27,216	27,216	27,216	27,216	27,216

ที่มา : โครงการชลประทานยโสธร ข้อมูล ณ 1 กรกฎาคม 2559

3.1.1 อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง ตั้งอยู่ที่ บ้านป่าซ้อย ตำบลบุงคำ อำเภอลำดวน จังหวัดยโสธร หรือที่พิกัด 48 QVC 668-850 ระวัง 5941 III เส้นทางคมนาคม จาก

อำเภอเมืองยโสธร ไปตามถนนหมายเลข 2169 (ยโสธร – อ.เลิงนกทา) ระยะทาง ประมาณ 70 กิโลเมตร แยกขวา ตามทางหมายเลข 212 (อ.เลิงนกทา - อุบลราชธานี) ระยะทางประมาณ 12 กิโลเมตร ถึงบ้านห้วยสะแบก แยกซ้าย ตามถนนลาดยางถึง บ้านนาออก ระยะทางประมาณ 6 กิโลเมตร แยกขวาตามถนน รพช.จาก บ้านนาออกถึงอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ระยะทางประมาณ 6 กิโลเมตร รวมระยะทางทั้งสิ้น 94 กิโลเมตร เริ่มก่อสร้างเมื่อปีงบประมาณ 2529 แล้วเสร็จเมื่อปีงบประมาณ 2536 งบประมาณในการก่อสร้าง 174.110 ล้านบาท



ภาพประกอบ 3.4 ที่ตั้งอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

1) ข้อมูลด้านอุทกวิทยา

- 1.1) พื้นที่รับน้ำฝน (W.A) 49 ตารางกิโลเมตร
- 1.2) ฝนตกเฉลี่ย 1,633 มิลลิเมตรต่อปี ที่อำเภอเลิงนกทา (2495-2534)
- 1.3) ปริมาณน้ำไหลลง (Inflow) 20.00 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- 1.4) การระเหยเฉลี่ย 1,602.50 มิลลิเมตร

2) ข้อมูลหัวงาน ทำนบดินแบบ ZoneType หลังทำนบลาด Asphalt ผิวจราจร

กว้าง 6 เมตร

- 2.1) กว้าง 8.00 เมตร – ยาว 1,932.00 เมตร
- 2.2) สูงสุด 19.00 เมตร อาคารระบายน้ำล้นแบบ Ogee Weir Side Channel

Spillway

- 2.3) เส้นทางระบายยาว 40.00 เมตร
- 2.4) Channel กว้าง 40.00 เมตร ยาว 275.00 เมตร
- 2.5) ระบายน้ำได้ 100.00 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

3) ข้อมูลการเก็บกักน้ำ

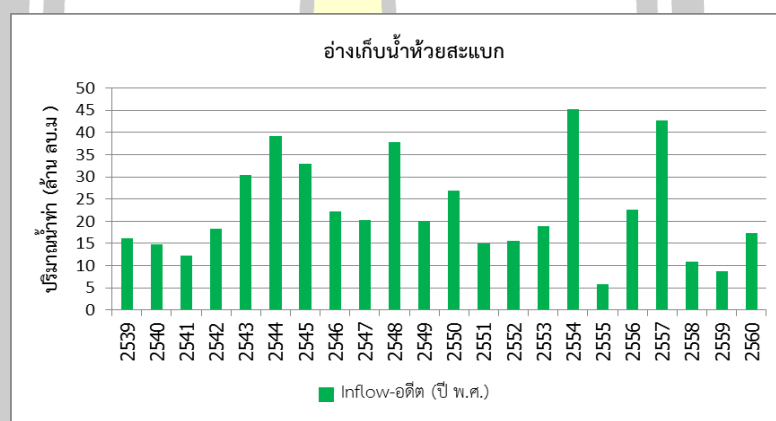
3.1) ที่ระดับธรณีต่อ +167.00 ระดับน้ำทะเลปานกลาง ปริมาณน้ำ 0.60 ล้าน ลูกบาศก์เมตร พื้นที่ผิวน้ำ 500 ไร่

3.2) ที่ระดับเก็บกัก +176.00 ระดับน้ำทะเลปานกลาง ปริมาณน้ำ 26.80 ล้าน ลูกบาศก์เมตร พื้นที่ผิวน้ำ 4,068 ไร่

3.3) ที่ระดับน้ำสูงสุด +177.250 ระดับน้ำทะเลปานกลาง ปริมาณน้ำ 36.00 ล้าน ลบ.ม.

3.4) ระดับหลังทำนบดิน +179.500 ระดับน้ำทะเลปานกลาง

3.5) พื้นที่รับประโยชน์ : ฤดูแล้ง 2,000 ไร่ (พืชไร่ - พืชผัก) ฤดูฝน 12,672 ไร่



ภาพประกอบ 3.5 โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

3.1.2 อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง ตั้งอยู่ที่บ้านหนองบึง ตำบลห้องแซง อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดยโสธร หรือที่พิกัด 48 QVC 367 - 960 ระวัง 5841 II เส้นทางกรมคมนาคม จากอำเภอมือเืองยโสธร ตามถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 2169 สายยโสธร - บ้านเลิงเก่า ระยะทาง 65 กิโลเมตร จากเลิงเก่า แยกซ้ายตามถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 212 สายเลิงเก่า - อ.หนองพอก ถึงบ้านห้องแซง ระยะทาง 22 กิโลเมตร จากบ้านห้องแซง แยกซ้ายเข้า อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน ระยะทาง 3 กิโลเมตร รวมระยะทางทั้งสิ้น 90 กิโลเมตร ปีที่ก่อสร้าง เริ่มก่อสร้างเมื่อปีงบประมาณ 2530 แล้วเสร็จเมื่อปีงบประมาณ 2536



ภาพประกอบ 3.6 ที่ตั้งอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

1) ข้อมูลด้านอุทกวิทยา

- 1.1) พื้นที่รับน้ำฝน (w.A) 52 ตารางกิโลเมตร
- 1.2) ฝนตกเฉลี่ย 1,633 มิลลิเมตรต่อปี ที่อำเภอเลิงนกทา (พ.ศ. 2495 - พ.ศ. 2539)
- 1.3) ปริมาณน้ำไหลลง (Inflow) 22.89 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- 1.4) การระเหยเฉลี่ย 1,135.3 มิลลิเมตรต่อปี (ที่จังหวัดมุกดาหาร)

2) ข้อมูลห้วงงาน

- 2.1) ทำนบดิน แบบ Zone type หลังทำนบลาด Asphalt ผิวจราจร 6 เมตร
 - 2.1.1) กว้าง 8 เมตร
 - 2.1.2) ยาว 2,000 เมตร
 - 2.1.3) สูง (สุด) 13.50 เมตร
- 2.2) อาคารระบายน้ำล้น แบบ Ogee Modified Side Channel Spillway
 - 2.2.1) เส้นทางระบายยาว 60.71 เมตร
 - 2.2.2) Channel กว้าง 10.00 เมตร ยาว 101.00 เมตร
 - 2.2.3) ระบายน้ำได้ 129 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

3) ข้อมูลการเก็บกักน้ำ

- 3.1) เก็บกักน้ำ ประมาณ 80 % ของปริมาณไหลลง (Inflow)
 - 3.1.1) ที่ระดับธรณีทอ + 168.00 ระดับน้ำทะเลปานกลาง ปริมาณน้ำ 0.40 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่ผิวน้ำ 250 ไร่

3.1.2) ที่ระดับเก็บกัก + 175.00 ระดับน้ำทะเลปานกลาง ปริมาณน้ำ 18.40 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่ผิวน้ำ 3,172 ไร่

3.1.3) ที่ระดับน้ำสูงสุด + 176.45 ระดับน้ำทะเลปานกลาง

3.1.4) ระดับหลังทำนบดิน + 178.50 ระดับน้ำทะเลปานกลาง

4) พื้นที่รับประโยชน์

4.1) ฤดูแล้ง 2,500 ไร่ (พืชไร่ - พืชผัก)

4.2) ฤดูฝน 14,544 ไร่ (นาปี)

5) ข้อมูลคลองส่งน้ำและเกษตรกรผู้รับน้ำ

5.1) คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย

5.1.1) ความจุคลอง 0.5642 ลบ.ม. /วินาที ยาว 5+000 กม.

5.1.2) พื้นที่รับน้ำ 1,121 ไร่ ไม่มีคลองส่งน้ำสายย่อย

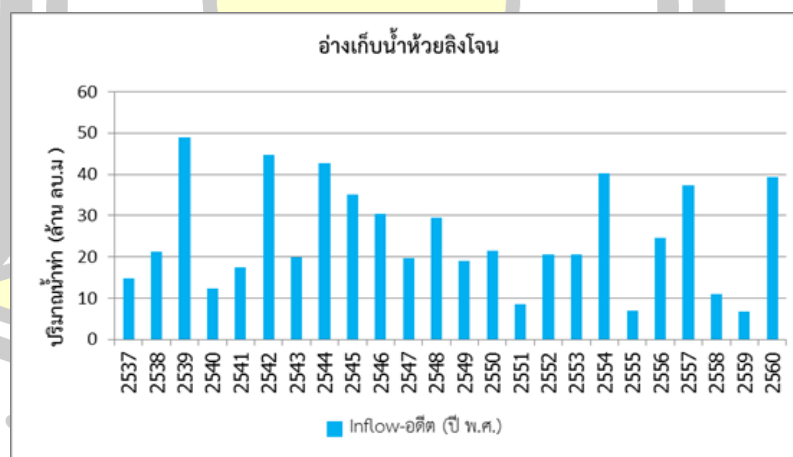
5.1.3) จำนวนเกษตรกร 113 ราย

5.2) คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา

5.2.1) ความจุคลอง 3.0465 ม³ /วินาที ยาว 12+830 กม.

5.2.2) พื้นที่รับน้ำ 12,423 ไร่ มีคลองส่งน้ำสายย่อย และแยกย่อย 10 สาย

5.2.3) จำนวนเกษตรกร 251 ราย



ภาพประกอบ 3.7 โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

3.2 เก็บรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล

ในการรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูลเพื่อจะประเมินปริมาณน้ำท่าที่จะไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน และอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกในปี พ.ศ. 2561-2610 ด้วยแบบจำลอง SWAT และคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA Markov คาดการณ์สภาพอุตุนิยมวิทยาโดยใช้แบบจำลอง PRECIS จะแบ่งข้อมูลออกเป็น 6 ชุดข้อมูล ดังต่อไปนี้

3.2.1 ข้อมูลน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ

- 1) อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2548 – พ.ศ. 2560
- 2) อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน ใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2548 – พ.ศ. 2560

3.2.2 ข้อมูลสำหรับใช้ในการเทียบมาตรฐาน (Calibration) สำหรับใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าในอนาคต

1) ข้อมูลพื้นฐาน ในปี พ.ศ. 2548 - 2554

- 1.1) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2560 ตามรหัสของแบบจำลอง SWAT
- 1.2) ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงตัวเลข (DEM)
- 1.3) ข้อมูลชุดดิน
- 1.4) ข้อมูลน้ำฝนรายเดือน พ.ศ. 2548 - 2554
- 1.5) ข้อมูลน้ำท่ารายเดือน พ.ศ. 2548 - 2554
- 1.6) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (ข้อมูลแสงแดด, อุณหภูมิ, ความชื้น และความเร็วลม)

พ.ศ. 2540 - 2560

3.2.3 ชุดข้อมูลสำหรับใช้ทดสอบความสมเหตุสมผล ประกอบด้วย

1) ข้อมูลพื้นฐาน ในปี พ.ศ. 2560

- 1.1) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2560 ตามรหัสของแบบจำลอง SWAT
- 1.2) ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงตัวเลข (DEM)
- 1.3) ข้อมูลชุดดิน
- 1.4) ข้อมูลน้ำฝนรายเดือน พ.ศ. 2560
- 1.5) ข้อมูลน้ำท่ารายเดือน พ.ศ. 2560
- 1.6) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (ข้อมูลแสงแดด, อุณหภูมิ, ความชื้น และความเร็วลม)

พ.ศ. 2560

3.2.4 ข้อมูลสำหรับใช้คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ปี พ.ศ. 2610 โดยแบบจำลอง CA Markov

- 1) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2553 ตามรหัสของแบบจำลอง SWAT

2) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2558 ตามรหัสของแบบจำลอง SWAT

3) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2560 ตามรหัสของแบบจำลอง SWAT

3.2.5 ข้อมูลสำหรับใช้คาดการณ์สภาพอุตุนิยมวิทยาในอนาคตปี พ.ศ. 2561 – 2610 โดยใช้แบบจำลอง PRECIS ประกอบด้วย

1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (ข้อมูลแสงแดด, อุณหภูมิ, ความชื้น และความเร็วลม) พ.ศ. 2540 - 2560

3.3 คาดการณ์สภาพอุตุนิยมวิทยาและปริมาณฝนในอนาคต ด้วยแบบจำลอง PRECIS

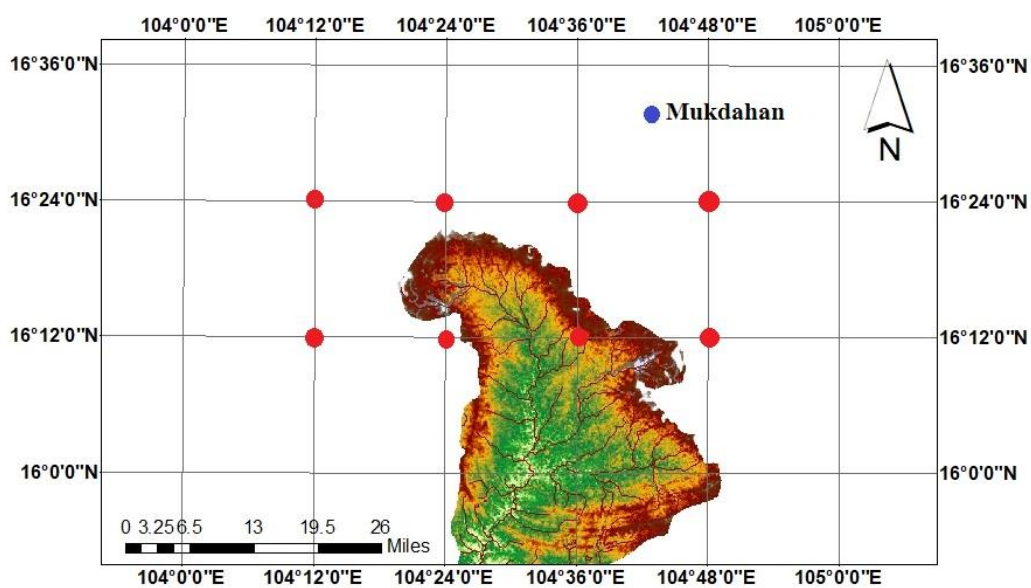
ข้อมูลจากสภาพภูมิอากาศ ที่จะนำมาป้อนข้อมูลเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อคำนวณสภาพภูมิอากาศและปริมาณฝนในอนาคต สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ของ ศูนย์จัดการความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือ <http://www.start.or.th/> ข้อมูลจากแบบจำลองจะอยู่ในรูปแบบของนามสกุล *.txt (Text Document) ซึ่งสามารถแปลงเป็นไฟล์ ในรูปแบบตารางนามสกุล *.xls หรือ Worksheet ได้ ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน ทั้งนี้ได้ทำการดาวน์โหลด ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากแบบจำลองเป็นรายวัน จำนวน 6 ชนิด ดังแสดงในตาราง 3.3

ตาราง 3. 3 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจาก PRECIS ที่ใช้ในการศึกษา

ที่	ข้อมูล	อักษรย่อ	หน่วย
1	ปริมาณฝน (Precipitation)	PC	มิลลิเมตร
2	อุณหภูมิสูงสุด (Maximum Temperature)	TX	องศาเซลเซียส
3	อุณหภูมิต่ำสุด (Minimum Temperature)	TN	องศาเซลเซียส
4	ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)	HD	ร้อยละ
5	ความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar Radiation)	SL	เมกะจูล/ตารางเมตร/วัน
6	ความเร็วลม (Win speed)	WS	เมตร/วินาที

ข้อมูลที่ต้องการจาก PRECIS จะมีทั้งหมด 46 ปี ซึ่งจะแบ่งเป็นปีฐาน จำนวน 21 ปี คือระหว่าง พ.ศ.2540-2560 สำหรับการปรับเทียบ (Calibration) และการสอบเทียบ (Validation) และปีอนาคตจำนวน 50 ปี คือระหว่าง พ.ศ.2561-2585

PRECIS จะแสดงข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ตำแหน่งตามพิกัดกริดแบบละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) ซึ่งจะมีความละเอียดเชิงพื้นที่ประมาณ 0.22×0.22 องศา หรือ ประมาณ 25×25 กิโลเมตร โดยพื้นที่ศึกษาจะอยู่ระหว่างพิกัด $16^{\circ} 24' N$ $104^{\circ} 48' E$ และ $16^{\circ} 12' N$ $104^{\circ} 12' E$ และใช้ตำแหน่งพิกัดกริดจำนวน 8 จุด สำหรับการดาวน์โหลดข้อมูล ดังแสดงใน ภาพประกอบ 3.6



ภาพประกอบ 3.8 ตำแหน่งพิกัดกริดจำนวน 8 จุด ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

3.3.1 การเปรียบเทียบและสอบเทียบข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากแบบจำลอง

เนื่องจากการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศบนพื้นฐานของแบบจำลองนั้นจะมีข้อจำกัดที่อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นการทดสอบความถูกต้องของผลการคำนวณจากแบบจำลองจึงมีความจำเป็น ด้วยเหตุนี้ข้อมูลที่ไดจาก PRECIS ที่จะนำมาใช้ในการศึกษาจะต้องมีการทดสอบความถูกต้องโดยการใชข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงจากสถานีตรวจอากาศ โดยการเปรียบเทียบผลการจำลองสภาพภูมิอากาศจะต้องใช้ข้อมูลที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยจะมุ่งเน้นไปที่การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณฝนและอุณหภูมิ วิธีการเปรียบเทียบและ สอบเทียบข้อมูลสภาพภูมิอากาศสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

1) ผู้ศึกษาได้เลือกพื้นที่สำหรับการเปรียบเทียบและสอบเทียบข้อมูลคือพื้นที่ลุ่มน้ำลำเซบายตอนบน ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบกับสถานีตรวจอากาศจังหวัดมุกดาหาร ณ ตำแหน่งพิกัด

16° 32' N 104° 43' E เนื่องจากเป็นสถานีตรวจอากาศที่ใกล้กับพื้นที่ศึกษามากที่สุด ดังแสดงในภาพประกอบ 3.8

2) ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2540-2560 จะทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองในปีเดียวกัน โดยจะต้องทำการเฉลี่ยข้อมูลเป็นรายเดือนสำหรับแต่ละปี จากการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ตรวจวัดจริงและข้อมูลจากแบบจำลอง ณ ที่ตำแหน่งพิกัดสถานี มุกดาหาร พบว่า

2.1) ปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดมีค่าสูงกว่าแบบจำลอง จึงควรมีการปรับแก้ด้วยการเพิ่มค่า

2.2) ค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริง มีค่ามากกว่าข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง จึงควรมีการปรับแก้ด้วยการลดค่า

3) จากความแตกต่างของข้อมูลที่พบในข้อ 2) ผู้ศึกษาจึงได้นำข้อมูลสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยเป็นรายเดือนในปีเดียวกันมาคำนวณหาค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงกับแบบจำลอง ซึ่งจะทำให้ได้ค่าคงที่ (C) สำหรับใช้ในการปรับค่าที่ได้จากแบบจำลองเป็นรายเดือนที่ตำแหน่งนั้น ๆ ดังแสดงในสมการ 3-1 - 3-3 สำหรับค่า C ที่คำนวณได้จากวิธีนี้จะนำไปแสดงไว้ในบทที่ 4 ต่อไป

$$C_{PC} = \frac{PC_{obs}}{PC_{sim, base}} \quad (3-1)$$

$$C_{TX} = TX_{model} - TX_{obs} \quad (3-2)$$

$$C_{TN} = TN_{model} - TN_{obs} \quad (3-3)$$

โดยที่ C_{PC} = ค่าคงที่สำหรับการปรับความคลาดเคลื่อนปริมาณฝน

C_{TX} = ค่าคงที่สำหรับการปรับความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิสูงสุด

C_{TN} = ค่าคงที่สำหรับการปรับความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิต่ำสุด

PC_{obs} = ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนปีฐานที่ตำแหน่งพิกัดสถานีตรวจวัด (มิลลิเมตร)

$PC_{sim, base}$ = ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนปีฐานจากแบบจำลองที่ตำแหน่งพิกัดสถานีตรวจวัด (มิลลิเมตร)

TX_{obs} = อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัด (°C)

TX_{model} = อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนจากแบบจำลอง (°C)

TN_{obs} = อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัด (°C)

TN_{model} = อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนจากแบบจำลอง (°C)

4) ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบข้อมูลจากสถานีตรวจวัดจริงกับแบบจำลองจะถูกนำไปใช้ปรับความคลาดเคลื่อนผลการคำนวณสภาพภูมิอากาศที่ได้จากแบบจำลองเพื่อทดสอบค่าความถูกต้องระหว่างปี พ.ศ. 2540-2560 โดยจะต้องมีการปรับแต่งค่า C เพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องระหว่างข้อมูลตรวจวัดจริงและข้อมูลจากแบบจำลองมากที่สุด และสมการ 3-4 - 3-6 เป็นสมการสำหรับปรับลดความคลาดเคลื่อนข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ได้จากแบบจำลอง ดังนี้

$$PC_{rev} = PC_{model} \times C_{PC} \quad (3-4)$$

$$TX_{rev} = TX_{model} - C_{TX} \quad (3-5)$$

$$TN_{rev} = TN_{model} - C_{TN} \quad (3-6)$$

โดยที่ PC_{rev} = ปริมาณฝนที่ปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว (มิลลิเมตร)

TX_{rev} = อุณหภูมิสูงสุดที่ปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว (°C)

TN_{rev} = อุณหภูมิต่ำสุดที่ปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว (°C)

5) นำค่า C ที่ผ่านการปรับเทียบแล้วไปทดสอบปรับเทียบความคลาดเคลื่อนผลจากแบบจำลองในปี พ.ศ. 2540-2559 จากนั้นจึงนำผลที่ปรับความคลาดเคลื่อนไปเปรียบเทียบกับข้อมูลในปี พ.ศ. 2540-2559 จากสถานีตรวจวัดจริง โดยผลการเปรียบเทียบข้อมูลสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลาดังกล่าวจะนำไปแสดงไว้ในบทที่ 4 ต่อไป สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ได้ผ่านการปรับลดความคลาดเคลื่อนเปรียบเทียบกับข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัด ข้อมูลทั้งคู่จะมีการประเมินความสมบูรณ์ของข้อมูล (Goodness of Fit) แสดงได้ด้วยค่าสหสัมพันธ์ (Relative Correlation, R^2) และค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์ (Relative Error, RE)

6) เมื่อค่า C ที่ได้ผ่านการปรับแต่งค่าด้วยวิธีลองผิด-ลองถูกจนทำให้ได้ค่าความสมบูรณ์ของข้อมูล ค่าสหสัมพันธ์และค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์ เป็นที่น่าพอใจแล้ว ข้อมูลปริมาณฝนและอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวันระหว่าง พ.ศ. 2561-2579 จะถูกนำมาปรับลดค่าความคลาดเคลื่อนโดยใช้ค่า C ตามวิธีการที่แสดงในสมการ 3-4 - 3-6 ตามลำดับ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ได้ผ่านการปรับลดค่าความคลาดเคลื่อนแล้ว จะถือว่าเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้เพื่อการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในอนาคตด้วยแบบจำลองทางอุทกวิทยา กรณีคาดการณ์ B2 ซึ่งจะได้แสดงไว้ในบทที่ 4

3.4 การสร้างแผนที่ข้อมูลการใช้ที่ดินในอนาคต

การเตรียมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยเป็นการคาดการณ์แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดินในอนาคตระยะเวลา 50 ปี ระหว่าง พ.ศ.2561-2610 โดยใช้ CA Markov ผลการจำลองแผนที่ดังกล่าวจะถูกแปลงเป็นข้อมูลนำไปเข้าสู่ SWAT เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบกับปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ศึกษาต่อไป การสร้างแผนที่คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วย CA Markov มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.5.1 การสร้างข้อมูลแผนที่ในอนาคตจำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เป็นลักษณะ *.shp (Shape-File) ที่สร้างไว้แล้วในอดีตเป็นแผนที่ฐาน (Base Map) เพื่อนำไปสังเคราะห์เป็นแผนที่ในอนาคตต่อไป ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีตจะเป็นข้อมูลที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดินของแต่ละจังหวัดที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา ช่วงของแผนที่ในอดีตที่จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดินที่ใช้ทั้งหมด 3 ช่วงปี ได้แก่ พ.ศ. 2553-2554 2558-2559 และ 2560

3.5.2 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจะสร้างเป็นแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของทั้ง 3 ลุ่มน้ำด้วยการใช้เทคนิคจาก ArcGIS

3.5.3 การประเมินความแม่นยำของแผนที่ที่สร้างจาก CA Markov จะใช้วิธีการสร้างแผนที่ในอนาคตใหม่โดยใช้ข้อมูลจากแผนที่ปีฐาน ระหว่าง พ.ศ. 2549-2554 สร้างแผนที่อนาคตปี พ.ศ.2556 เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง โดยการสอบเทียบกับข้อมูลแผนที่ที่มีอยู่แล้ว สำหรับการสอบเทียบจะใช้ค่าสถิติ Regressive Analysis ในการประเมินความแม่นยำจากการคำนวณจากแบบจำลอง

3.5.4 เมื่อแผนที่ที่สร้างจากแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ จากนั้นจึงเป็นการสังเคราะห์แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 50 ปีอนาคต ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 โดยจะเป็นการสร้างแผนที่อนาคตที่มีการเปลี่ยนแปลงทุก ๆ 1 ปี จำนวน 50 แผนที่ โดยแต่ละแผนที่จะสามารถแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบแผนที่เชิงพื้นที่ (Spatial Map) และแสดงปริมาณพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต สำหรับแผนที่แต่ละปีที่ได้จากขั้นตอนนี้จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อนำเข้าสู่การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในแบบจำลองอุทกวิทยาซึ่งจะแสดงวิธีการในหัวข้อลำดับถัดไปรวมถึงการแสดงผลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจาก CA Markov ในบทที่ 4 ต่อไป

3.5 ปรับแผนที่ข้อมูลการใช้ที่ดิน ด้วยกระบวนการมีส่วนร่วม

เมื่อเราได้แผนที่การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2560 จากนั้นจะทำการปรับแก้ข้อมูลแผนที่ด้วยกระบวนการมีส่วนร่วม โดยจะรับฟังความคิดเห็นของประชาชนว่าแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินใน

อนาคตเป็นไปตามความเป็นจริงมาน้อยเพียงใด ตรงตามบริบทของพื้นที่หรือไม่เพราะประชาชนจะเป็นผู้ตัดสินใจร่วมกัน เราจะได้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินชุดใหม่ที่ได้ผ่าน กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนและตรงตามความต้องการของพื้นที่มากขึ้น ซึ่งจะมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- 1) จัดเตรียมข้อมูลแผนการใช้ที่ดินในอนาคตปี พ.ศ. 2560
- 2) เตรียมองค์กร และวิทยากร เพื่อให้ความรู้ให้แก่ผู้มีส่วนร่วม
- 3) การรวบรวมข้อมูล เป็นการรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่แล้ว เช่น ข้อมูลพื้นฐานของหมู่บ้าน ข้อมูลองค์กรต่าง ๆ
- 4) จัดเตรียมสถานที่นัดประชุม และแจ้งวันเวลาประชุมกับผู้มีส่วนร่วม



ภาพประกอบ 3.9 การเข้าร่วมรับฟังความคิดเห็นของประชาชน

- 5) วิทยากรให้ความรู้และความเข้าใจในแผนการปฏิบัติงาน ว่ามีวัตถุประสงค์อย่างไร และให้ความรู้แก่ผู้มีส่วนร่วม



ภาพประกอบ 3.10 ให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้มีส่วนร่วม

- 6) พุดคุยสอบถามข้อมูล เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ ประเพณี วัฒนธรรม ตลอดจนภูมิ ปัญญาท้องถิ่น เพื่อหาแนวทางการพัฒนาแผนการใช้ที่ดิน
- 7) แจกแบบสอบถามเพื่อทำการสำรวจเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนร่วมได้เข้ามาทำการปรับแก้แผนที่ และตัดสินใจร่วมกัน



ภาพประกอบ 3.11 ทหารเรือและเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนร่วมได้แสดงความคิดเห็น

8) วิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลที่ได้จากผู้มีส่วนร่วม เพื่อนำไปจัดทำเป็นแผนที่การใช้ที่ดินในอนาคตใหม่ ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ซึ่งการเลือกประชากรมาเป็นกลุ่มตัวอย่างนั้น จะเลือกบริเวณหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่รับน้ำฝนของอ่างนั้นๆ ซึ่งเลือกที่ค่าความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 3. 4 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

ตำบล	กลุ่มตัวอย่าง			
	หมู่ที่	หมู่บ้าน	ครัวเรือน	กลุ่มตัวอย่าง
1. บุ่งคำ	11	น้อมเกล้า	162	38
	16	ช่องเม็ก	181	43
	17	น้อมเกล้า	171	40
	รวม		514	120

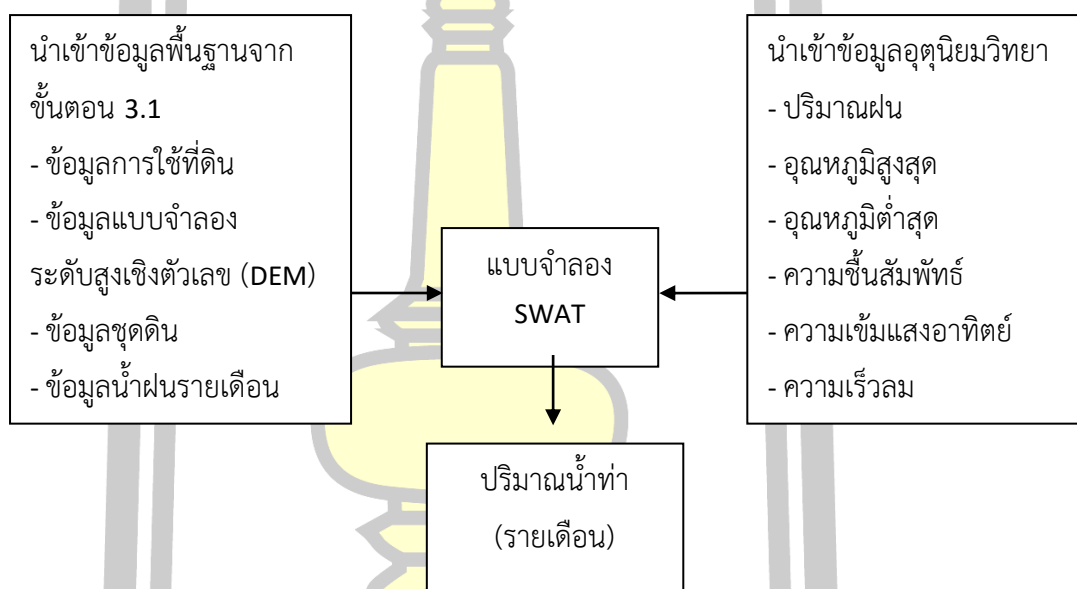
ตาราง 3. 5 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

ตำบล	กลุ่มตัวอย่าง			
	หมู่ที่	หมู่บ้าน	ครัวเรือน	กลุ่มตัวอย่าง
1. ห้อยแขง	16	ดงยาง	217	46
	17	ห้อยแขง	217	46
	18	ห้อยแขง	130	28
	รวม		564	120

3.6 การประเมินปริมาณน้ำท่าที่จะไหลเข้าเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ ด้วยแบบจำลอง SWAT

ในขั้นตอนนี้จะนำพารามิเตอร์และข้อมูลต่างๆ ที่ได้เตรียมไว้ในขั้นตอนที่ 3.1 นำมาป้อนในแบบจำลอง SWAT เพื่อให้แบบจำลองคำนวณปริมาณน้ำท่าที่จะเกิดขึ้น โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ส่วนคือ (1) การประเมินน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำโดยใช้แผนที่ข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองโดยตรง (2) การประเมินน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ โดยใช้แผนที่ข้อมูลการใช้ที่ดินที่ปรับแก้จากกระบวนการมีส่วนร่วมจาก ซึ่งจะมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

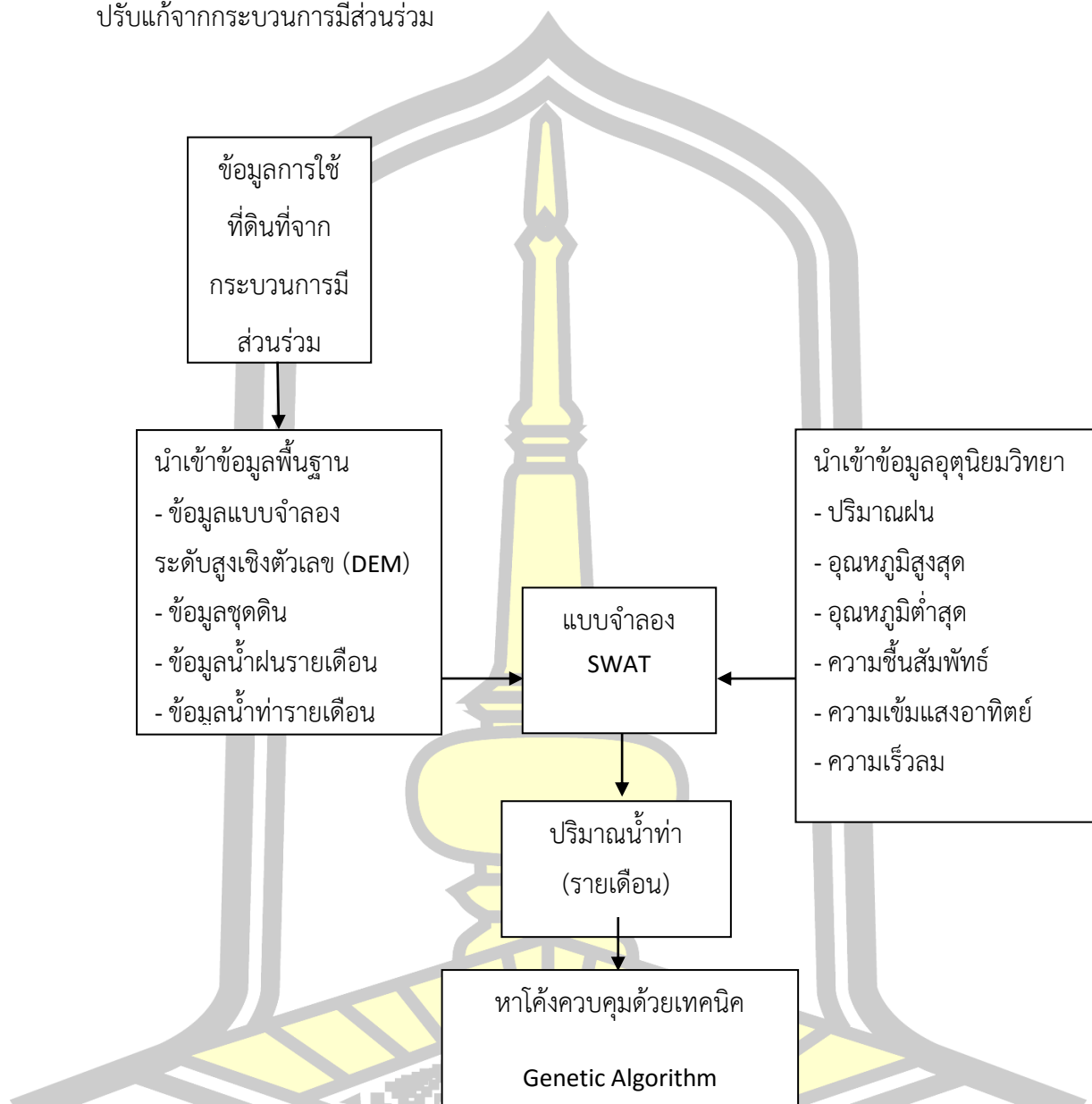
3.6.1 การประเมินน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำโดยใช้แผนที่ข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองโดยตรง



ภาพประกอบ 3.12 ขั้นตอนการหาปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองโดยตรง

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

3.6.2 การประเมินน้ำท่าที่จะไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ โดยใช้แผนที่ข้อมูลการใช้ที่ดินที่
ปรับแก้จากกระบวนการมีส่วนร่วม



ภาพประกอบ 3.13 ขั้นตอนการหาปริมาณน้ำท่าจากแผนข้อมูลการใช้ที่ดินที่ปรับแก้แล้ว จากกระบวนการมีส่วนร่วม

มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

- 1) นำเข้าข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมแล้ว ในปีในอนาคตที่ต้องการทราบคือ ปี พ.ศ.2561 – พ.ศ.2610 ในแบบจำลอง SWAT จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละพื้นที่

2) นำเข้าข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model : DEM) ในแบบจำลอง SWAT ใช้ข้อมูลความสูงเชิงตัวเลขนำมาลากแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำสำหรับคำนวณทิศทางการไหล (Flow Direction) และผลรวมหน่วยการไหลสะสม (Flow Accumulation) จำนวนหน่วยข้อมูลที่ไหลมารวมจากพื้นที่ ที่อยู่สูงลงสู่พื้นที่ต่ำ การกำหนดเส้นลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ และขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

3) นำเข้าข้อมูลแผนที่ของดิน ในแบบจำลอง SWAT MODEL จะนำเข้าข้อมูลคุณลักษณะ ของดินในประเทศไทย จากระบบฐานข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินที่ได้ทำการพัฒนาโปรแกรม DLD ข้อมูลดินเป็น 62 กลุ่มดิน

4) นำเข้าข้อมูลอุตุนิมวิทยาที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS ในปีที่อนาคตที่ต้องการทราบคือ ปี พ.ศ.2561 – พ.ศ.2610 ได้แก่ ปริมาณฝนรายเดือน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายเดือน ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสงแดด และความเร็วลม

5) การหาปริมาณน้ำท่า จะใช้แบบจำลอง SWAT เชื่อมต่อกับโปรแกรม ArcGIS มาช่วยวิเคราะห์โดยแบบจำลอง SWAT กำหนดตัวแปรที่ใช้ได้แก่ ข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ จุดกำหนดให้น้ำออกจากลุ่มน้ำ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลคุณลักษณะของดิน ข้อมูลหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ข้อมูลที่ตั้งสถานีตรวจอากาศ ข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูล ที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่า และข้อมูลน้ำท่า แบบจำลอง SWAT จะนำข้อมูลให้อยู่ในลักษณะระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำท่า การเปรียบเทียบแบบจำลอง เป็นการลดความแตกต่างระหว่างข้อมูลจากการวัดจริงกับ ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง

7) ผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT คือปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก และอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนในอนาคต ซึ่งแสดงข้อมูลเป็นรายเดือน

8) นำปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT มาเป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก และอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนที่เหมาะสม โดยใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมด้วย

9) วิธี Genetic Algorithm โดยกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือการควบคุมปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมในช่วงฤดูฝนมากที่สุด และการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุดในฤดูแล้ง ซึ่งปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT เป็นน้ำท่าที่ผ่านทั้งการคำนวณผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน และผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของคนในพื้นที่แล้ว ปริมาณน้ำท่าที่ได้นั้นจึงมีสภาพใกล้เคียงความเป็นจริง สามารถนำมาหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

10) สามารถใช้โค้งควบคุมที่ได้ จัดสรรน้ำตามความต้องการน้ำทำอย่างของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก และอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนได้อย่างเหมาะสม

3.6.3 การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ค่าดัชนีที่ใช้สำหรับการประเมินความแม่นยำระหว่างผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT และข้อมูลจากสถานีตรวจวัดในการศึกษา ประกอบด้วย R^2 RE ค่าสัมประสิทธิ์ ของ Nash-Suttcliffe (E_{ns}) ค่า RE และ E_{ns} สามารถแสดงได้ดังสมการ (3.9) และ (3.10) ตามลำดับ คือ

$$RE = \frac{Q_{sim} - Q_{obs}}{Q_{obs}} \times 100 \quad (3.9)$$

$$E_{ns} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{avr})^2} \quad (3.10)$$

โดยที่ Q_{sim} = ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง
 Q_{obs} = ปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด
 Q_{avr} = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัด
 n = จำนวนข้อมูลปริมาณน้ำจากสถานีตรวจวัด

3.7 การคำนวณความต้องการใช้น้ำทำอย่างเก็บน้ำ

3.7.1 การคำนวณความต้องการใช้น้ำทำอย่างเก็บน้ำแบบเดิม

โดยทั่วไปการคำนวณความต้องการใช้น้ำทำอย่าง เป็นความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทาน เป็นการคำนวณศึกษาความต้องการใช้น้ำนอกเหนือจากปริมาณฝนใช้การของพื้นที่เกษตรกรรมพื้นที่ต่าง ๆ ในพื้นที่ทำอย่างเก็บน้ำโดยพิจารณาจากชนิดของพืช ขนาดพื้นที่ และปริมาณฝนใช้การ ในการคำนวณการประมาณการความต้องการใช้น้ำ อาจจัดกลุ่มของพืชตามแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน

3.7.2 การคำนวณความต้องการใช้น้ำทำอย่างเก็บน้ำ โดยกระบวนการมีส่วนร่วม

เนื่องจากความต้องการใช้น้ำทำอย่างเก็บน้ำในปัจจุบันจะเน้นหนักไปยังภาคการเกษตร ดังนั้นทิศทางการใช้น้ำทำอย่างไม่เคยมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกกว่าเมื่อมีการเปลี่ยนพื้นที่เพาะปลูกพืชชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้น หรือลดลงในอนาคตจะเป็นอย่างไรหรือปรับเปลี่ยนตามนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หรือกรมชลประทาน แม้กระทั่งตามความต้องการของสภาเกษตรกร

โลก และในปัจจุบันรัฐบาลได้ส่งเสริมให้มีการเพาะพืชให้เหมาะสมกับพื้นที่ และการส่งน้ำให้กับพื้นที่เพาะปลูกจะต้องเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดพืชและความต้องการใช้น้ำของพืชที่เกิดขึ้น ดังนั้นในอนาคตแผนที่ใช้ที่ดินจะเปลี่ยนไปตามการส่งเสริมพื้นที่เพาะปลูก ดังนั้นผู้วิจัยจะดำเนินการศึกษาความต้องการใช้น้ำทำอย่างโดยกระบวนการมีส่วนร่วม ดังนี้

1) ลงพื้นที่แสดงรูปแบบแผนการดำเนินงานให้แก่ผู้นำแต่ละตำบลเพื่อให้เข้าใจวัตถุประสงค์และนัดหมายคนในชุมชนเข้าร่วมกระบวนการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลความต้องการใช้น้ำจากอดีตจนถึงปัจจุบัน

2) คำนวณหาความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภคของประชากรทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ทำอย่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนและห้วยสะแบกตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามข้อมูลปัจจุบันหรือตามปริมาณที่ขอใช้น้ำ

3) คำนวณหาความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมสำหรับพื้นที่การเกษตรในภาพรวมทั้งหมด ให้นำพื้นที่เพาะปลูก แต่ละชนิดที่ได้จากการลงพื้นที่โดยให้ผู้มีส่วนได้เสียทำอย่างแสดงข้อมูล ความคิดเห็น เกี่ยวกับชนิดพืชที่ปลูก และช่วงเวลาเพาะปลูกในปัจจุบัน แล้วนำข้อมูลไปคำนวณค่าความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรม

4) ปรับเปลี่ยนพื้นที่การเพาะปลูกพืชชนิดเดิมแต่ปรับเปลี่ยนเป็นร้อยละของพื้นที่เพาะปลูกทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง เพื่อที่จะให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ร่วมตัดสินใจในความต้องการใช้น้ำพื้นที่ทำอย่างเก็บน้ำดังกล่าว

5) รวบรวมข้อมูลจากข้อ 2 - 4 แล้วนำไปผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมโดยชี้แจงด้านข้อมูล ปริมาณความต้องการใช้น้ำทั้งด้านอุปโภค-บริโภค และเกษตรกรรม เพื่อผ่านการเห็นชอบของผู้มีส่วนได้เสียในพื้นที่ทำอย่างเก็บน้ำอีกครั้งก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาโค้งควบคุมที่เหมาะสมสูงสุดในหัวข้อต่อไป

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตาราง 3. 6 ความต้องการใช้น้ำท่าอย่างเกินน้ำท่ากรณีปัจจุบันอย่างเกินน้ำท่าห้วยลิ่งโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (ล้านลูกบาศก์เมตร)

อ่างเก็บน้ำ	ชนิดการใช้น้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ฉ.ค.
ห้วยลิ่งโจน	ด้านการเกษตร	0.127	0.809	0.809	0.841	3.029	3.029	2.997	2.997	2.979	2.979	0.127	0.127
	ด้านการอุปโภค-บริโภค	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026
	ด้านปศุสัตว์	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	รักษาระบบนิเวศ ท่าชัยน้ำ	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
ห้วยสะแบก	ด้านการเกษตร	0.332	0.428	0.428	0.505	3.053	2.975	2.975	2.975	2.864	2.864	0.224	0.332
	ด้านการอุปโภค-บริโภค	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022
	ด้านปศุสัตว์	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	รักษาระบบนิเวศ ท่าชัยน้ำ	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006

หมายเหตุ ความต้องการใช้น้ำอื่น ๆ คือ ผลักดินเดิม รักษาระบบนิเวศท่าชัยน้ำ

ตาราง 3. 7 ความต้องการใช้น้ำรวมพื้นที่ทำयोगเก็บน้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ล้านลูกบาศก์เมตร)

อ่างเก็บน้ำ	ชนิดการใช้น้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ห้วยถึงโจน	ด้านการเกษตร	0.044	0.440	0.047	0.046	0.244	4.346	5.339	5.530	2.950	0.503	0.036	0.044
	ด้านการอุปโภค-บริโภค	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028
	ด้านปศุสัตว์	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
	รักษาระบบนิเวศ-ทำน้ำ	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
ห้วยสะแบก	ด้านการเกษตร	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041
	ด้านการอุปโภค-บริโภค	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
	ด้านปศุสัตว์	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
	รักษาระบบนิเวศ-ทำน้ำ	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006

หมายเหตุ ความต้องการใช้น้ำอื่น ๆ คือ ผลักดินเดิม รักษากระบบนิเวศน์ทำน้ำ (ตัวเลขสมมุติ)

3.7.3 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร

1.1) ประชากรเชิงปริมาณ

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณในครั้งนี้ คือ ประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ชลประทานท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

1.1.1) อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน จำนวน 2 ตำบล คือ 1) ตำบลห้องแซง จำนวน 3 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ 1 บ้านห้องแซง จำนวน 542 คน หมู่ 5 บ้านห้องแซง จำนวน 565 คน บ้านโพธิ์ทอง หมู่ 12 จำนวน 466 คน 2) ตำบลสามัคคี จำนวน 6 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 3 บ้านไทยเจริญ จำนวน 390 คน หมู่ที่ 7 บ้านแสงสุวรรณ จำนวน 345 คน หมู่ที่ 9 นาเซ จำนวน 225 คน หมู่ที่ 10 บ้านนาจาน จำนวน 487 คน หมู่ที่ 12 บ้านโคกวิไล จำนวน 624 คน หมู่ที่ 15 บ้านหวาย จำนวน 576 คน จำนวนประชากรทั้งหมด 4,220 คน

1.1.2) อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก จำนวน 3 ตำบล คือ 1) ตำบลไร่สีสุก จ.อำนาจเจริญ จำนวน 1 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 1 บ้านไร่สีสุก จำนวน 1,024 คน 2) ตำบลโคกสำราญ จำนวน 1 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 11 บ้านหนองยางใต้ จำนวน 1,121 คน 3) ตำบลบึงคำ จำนวน 3 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 2 บ้านป่าขี้ยาง จำนวน 667 คน หมู่ที่ 3 บ้านหนองแคน จำนวน 744 คน หมู่ที่ 9 บ้านโคกกอง จำนวน 522 คน จำนวนประชากรทั้งหมด 4,078 คน

2) กลุ่มตัวอย่าง

2.1) การวิจัยเชิงปริมาณ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณ คือ ชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ชลประทานท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก กระจายตามตำบลต่าง ๆ

2.1.1) อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน จำนวน 2 ตำบล คือ 1) ตำบลห้องแซง จำนวน 3 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ 1 บ้านห้องแซง จำนวน 13 คน หมู่ 5 บ้านห้องแซง จำนวน 13 คน บ้านโพธิ์ทอง หมู่ 12 จำนวน 11 คน 2) ตำบลสามัคคี จำนวน 6 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 3 บ้านไทยเจริญ จำนวน 9 คน หมู่ที่ 7 บ้านแสงสุวรรณ จำนวน 8 คน หมู่ที่ 9 นาเซ จำนวน 5 คน หมู่ที่ 10 บ้านนาจาน จำนวน 11 คน หมู่ที่ 12 บ้านโคกวิไล จำนวน 14 คน หมู่ที่ 15 บ้านหวาย จำนวน 13 คน จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 98 คน

2.1.2) อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก จำนวน 3 ตำบล คือ 1) ตำบลไร่สีสุก จ.อำนาจเจริญ จำนวน 1 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 1 บ้านไร่สีสุก จำนวน 27 คน 2) ตำบลโคกสำราญ จำนวน 1 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 11 บ้านหนองยางใต้ จำนวน 16 คน 3) ตำบลบึงคำ จำนวน 3

หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 2 บ้านป่าซึ่ียง จำนวน 18 คน หมู่ที่ 3 บ้านหนองแคน จำนวน 12 คน หมู่ที่ 9 บ้านโคกก่อง จำนวน 25 คน จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 98 คน โดยผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้การสุ่มแบบชั้น

ขั้นตอนที่ 1 ใช้วิธีการเปรียบเทียบบัญญัติไตรยางศ์ให้เป็นไปตามสัดส่วนของชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ชลประทานท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก และทำการกระจายกลุ่มตัวอย่างให้เป็นไปตามสัดส่วนของประชาชนแต่ละตำบล

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้กลุ่มตัวอย่างตามที่กำหนดแล้วทำการสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) จนได้จำนวนครบในแต่ละหมู่บ้านและตามตำบลที่ต้องการ ดังแสดงในตาราง 3.8 และ 3.9

ตาราง 3. 8 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

ตำบล	กลุ่มตัวอย่าง			
	หมู่ที่	หมู่บ้าน	ประชากร	กลุ่มตัวอย่าง
1. ห้างแซง	1	ห้างแซง	542	13
	5	ห้างแซง	565	13
	12	โพธิ์ทอง	466	11
2. สามัคคี	3	ไทยเจริญ	390	9
	7	แสงสุวรรณ	345	8
	9	นาเซ	225	6
	10	นาจาน	487	11
	12	โคกวิไล	624	14
	15	หวาย	576	13
	รวม		4,220	98

ตาราง 3. 9 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

ตำบล	กลุ่มตัวอย่าง			
	หมู่ที่	หมู่บ้าน	ประชากร	กลุ่มตัวอย่าง
1. โศกสำราญ	11	หนองยางใต้	1,121	27
2. บุ่งคำ	2	ป่าซึ่ียง	667	16
	3	หนองแคน	744	18
	9	โคกก่อง	522	12
3. ไร่สีสุก จ.อำนาจเจริญ	1	ไร่สีสุก	1,024	25
	รวม		4,078	98

3.8 การประยุกต์ใช้ GA สำหรับการสร้างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ

การประยุกต์ใช้ GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองเลียนแบบสถานการณ์เพื่อค้นหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

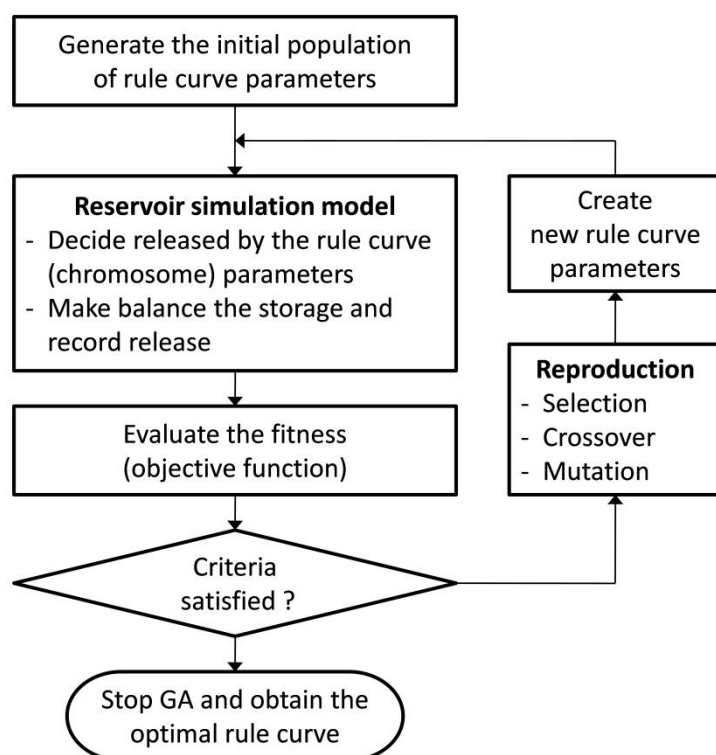
3.8.1 GA มีความต้องการรูปแบบการเข้ารหัส (Encoding Schemes) เพื่อต้องการปรับเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของโครโมโซม (Chromosome) จากนั้นจะมีการดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operations) หรือการผสมพันธุ์ (Reproduction) ซึ่งประกอบด้วย การคัดเลือก (Selection) การข้ามสายพันธุ์ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) ซึ่งจะทำให้เกิดกลุ่มโครโมโซมใหม่หลังจากที่ผ่านกระบวนการในขั้นตอนนี้

3.8.2 สำหรับในการศึกษานี้ ตัวแปรสำหรับการตัดสินใจ (Decision Variable) คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักเฉลี่ยในแต่ละเดือนของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะกำหนดเป็นขอบเขตบน (Upper Bound) และขอบเขตล่าง (Lower Bound) โดยเป็นค่าที่อยู่ระหว่างโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ ณ เวลาปัจจุบัน (Existing Rule Curve)

3.8.3 หลังจากที่มีโครโมโซมจำนวน 1 ชุด (หรือโค้งควบคุมจำนวน 24 ค่า จากโค้งควบคุมบน 12 ค่า และโค้งควบคุมล่าง 12 ค่า) ซึ่งเป็นประชากรต้นกำเนิด (Initial Population) ได้ถูกคำนวณแล้วนั้น ปริมาณการปล่อยน้ำจะถูกคำนวณซ้ำอีกครั้งด้วยวิธีการแบบจำลองเลียนแบบสถานการณ์โดยใช้โค้งควบคุมนี้

3.8.5 ปริมาณน้ำที่ถูกปล่อยจะถูกนำไปใช้เพื่อคำนวณหาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยมี วัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness) ของ GA

3.8.6 หลังจากนั้น กระบวนการทางพันธุกรรมที่ประกอบด้วย การคัดเลือก การข้ามสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์ จะดำเนินการสร้างโค้งควบคุมขึ้นมาใหม่ในรุ่นถัดไป โดยขั้นตอนนี้จะมี การกระทำซ้ำจนกระทั่งได้โค้งควบคุมจำนวน 24 ค่าที่เหมาะสมที่สุด ดังแสดงในภาพประกอบ 3.10



ภาพประกอบ 3.14 การประยุกต์ใช้ GA และแบบจำลองเลียนแบบสถานการณ์
ที่มา: Hornwichian et al., (2009)

3.8.7 สมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการค้นหาค่าตอบโค้งควบคุมที่เหมาะสมคือ ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด (Average Water Shortage) ดังแสดงในสมการ 3.11 คือ

$$\text{Min.avr.} = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n \text{Sh}_v \quad (3.11)$$

โดยที่ Min.avr. = ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด (ล้าน ลบ.ม.)

n = ผลรวมของจำนวนปีที่ต้องการพิจารณา

Sh_v = ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนระหว่างปี v

3.8.8 จัดทำโค้งควบคุม

การจัดทำโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคการค้นหาคำตอบด้วย Genetic Algorithm โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการค้นหาคำตอบคือ มีปริมาณการขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดสำหรับอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน และปริมาณการไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด สำหรับอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก โดยใช้ข้อมูลจากปริมาณน้ำท่ารายเดือน ข้อมูลความต้องการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงอนาคต และข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆ โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 สถานการณ์ คือ ใช้ข้อมูลในช่วงอดีต และ ใช้ข้อมูลในช่วงอนาคต ดังนี้

1) การจัดทำโค้งควบคุมจากข้อมูลในอดีต สำหรับกรณีสถานการณ์น้ำท่าปกติ

1.1) เตรียมข้อมูลทางอุทกวิทยา ระหว่าง พ.ศ. 2537 – 2560 (อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน) และ พ.ศ. 2539 – 2560 (อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก) เป็นข้อมูลรายเดือน เพื่อใช้สำหรับการสร้างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ ปริมาณน้ำท่า ปริมาณฝนเฉลี่ย ปริมาณฝนใช้การรายเดือน และปริมาณการระเหยรายเดือน

1.2) จัดเตรียมข้อมูลความต้องการใช้น้ำด้านท้ายน้ำคือ ความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภค ซึ่งได้จากข้อมูลของโครงการ

1.3) จัดเตรียมความต้องการใช้น้ำจากกระบวนการมีส่วนร่วม

1.4) สร้างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ โดยการใช้เทคนิคหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี Genetic Algorithm (GA) โดยการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือมีปริมาณการขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด และปริมาณการไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

2) การจัดทำโค้งควบคุมที่สร้างจากข้อมูลในอนาคต สำหรับกรณีที่น้ำท่าได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และการใช้ที่ดิน

2.1) จัดเตรียมข้อมูลฝนเฉลี่ยรายเดือน คำนวณปริมาณฝนใช้การรายเดือน และปริมาณการระเหยรายเดือน ระหว่าง พ.ศ. 2561 – 2610 เป็นกรณี B2

2.2) จัดเตรียมข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในอนาคต ระหว่าง พ.ศ. 2561 – 2610 (50 ปี) เป็นข้อมูลที่แปลงค่ามาจากปริมาณน้ำท่าในพื้นที่เหนืออ่างที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและการใช้ที่ดินในอนาคตจาก CA Markov โดยสามารถแบ่งการคาดการณ์เป็นกรณีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ B2

2.3) จัดเตรียมข้อมูลความต้องการใช้น้ำด้านท้ายน้ำคือ ความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภค โดยใช้ข้อมูลเช่นเดียวกับกรณีอดีต

2.4) จัดเตรียมความต้องการใช้น้ำจากกระบวนการมีส่วนร่วม

2.5) สร้างโมเดลควบคุมอ่างเก็บน้ำ โดยการใช้เทคนิคหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี Genetic Algorithm (GA) โดยการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือมีปริมาณการขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด สำหรับอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน และปริมาณการไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด สำหรับอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ของทั้งสองอ่างเก็บน้ำ ได้แก่

2.5.1) ชุดข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในอนาคต B2 และการใช้ที่ดินอนาคตจาก CA Markov

2.5.2) ชุดข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในอนาคต B2 การใช้ที่ดินอนาคตจาก CA Markov และกระบวนการมีส่วนร่วม

2.5) โมเดลควบคุมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันคือโมเดลควบคุมที่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน และอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกใช้ในการจัดสรรน้ำให้กับส่วนต่างๆ ในปัจจุบัน โดยโมเดลควบคุมนี้จะใช้เพื่อเป็นการตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพกับโมเดลควบคุมใหม่ที่ได้สร้างขึ้น

3.8.9 ตรวจสอบโมเดลควบคุมและประเมินประสิทธิภาพโมเดลควบคุม

เป็นการตรวจสอบว่าโมเดลควบคุมที่เราสร้างขึ้นนั้นสามารถนำมาใช้ได้กับเหตุการณ์ต่างๆ จากข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าอ่างในอดีตและข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าอ่างในอนาคตที่เกิดจากการใช้ที่ดินและภูมิอากาศในอนาคตที่เปลี่ยนแปลง เพื่อประเมินว่าโมเดลควบคุมที่ได้มีความสอดคล้องกับเหตุการณ์ต่างๆ ตลอดช่วงที่พิจารณาหรือไม่ คือมีช่วงของการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งและช่วงของการไหลล้นในช่วงอุทกภัย มากน้อยเพียงใด สามารถทำได้โดยการใช้ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในอดีตซึ่งมีข้อมูลอยู่ในช่วง พ.ศ. 2537 – 2560 (อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน) และ พ.ศ. 2539 – 2560 (อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก) เป็นข้อมูลตั้งต้นเพื่อนำไปสังเคราะห์โดยใช้ HEC4 จำนวน 1,000 เหตุการณ์ หรือ 24,000 และ 22,000 ปี และเปลี่ยนความต้องการใช้น้ำตามกระบวนการมีส่วนร่วม โดยประเมินความถี่ของการเกิดการไหลล้นและขาดแคลน ค่าเฉลี่ยและค่ามากที่สุดของปริมาณและช่วงเวลาที่เกิดโดยแยกพิจารณา ดังนี้

1) การนำโมเดลควบคุมที่ได้มาทดสอบกับข้อมูลน้ำท่าในอดีตในช่วง พ.ศ. 2537 – 2560 (อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน) และ พ.ศ. 2539 – 2560 (อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก) ใช้ความต้องการใช้น้ำปกติ

2) การนำโมเดลควบคุมที่ได้มาทดสอบกับข้อมูลน้ำท่าสังเคราะห์จำนวน 1,000 เหตุการณ์ ซึ่งใช้ข้อมูลน้ำท่าอดีต 24 ปี และ 22 ปี เป็นข้อมูลตั้งต้น ใช้ความต้องการใช้น้ำปกติ

3) การนำโมเดลควบคุมที่ได้มาทดสอบกับข้อมูลน้ำท่าในอนาคตที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ B2 และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CA Markov ใช้ความต้องการใช้น้ำปกติ

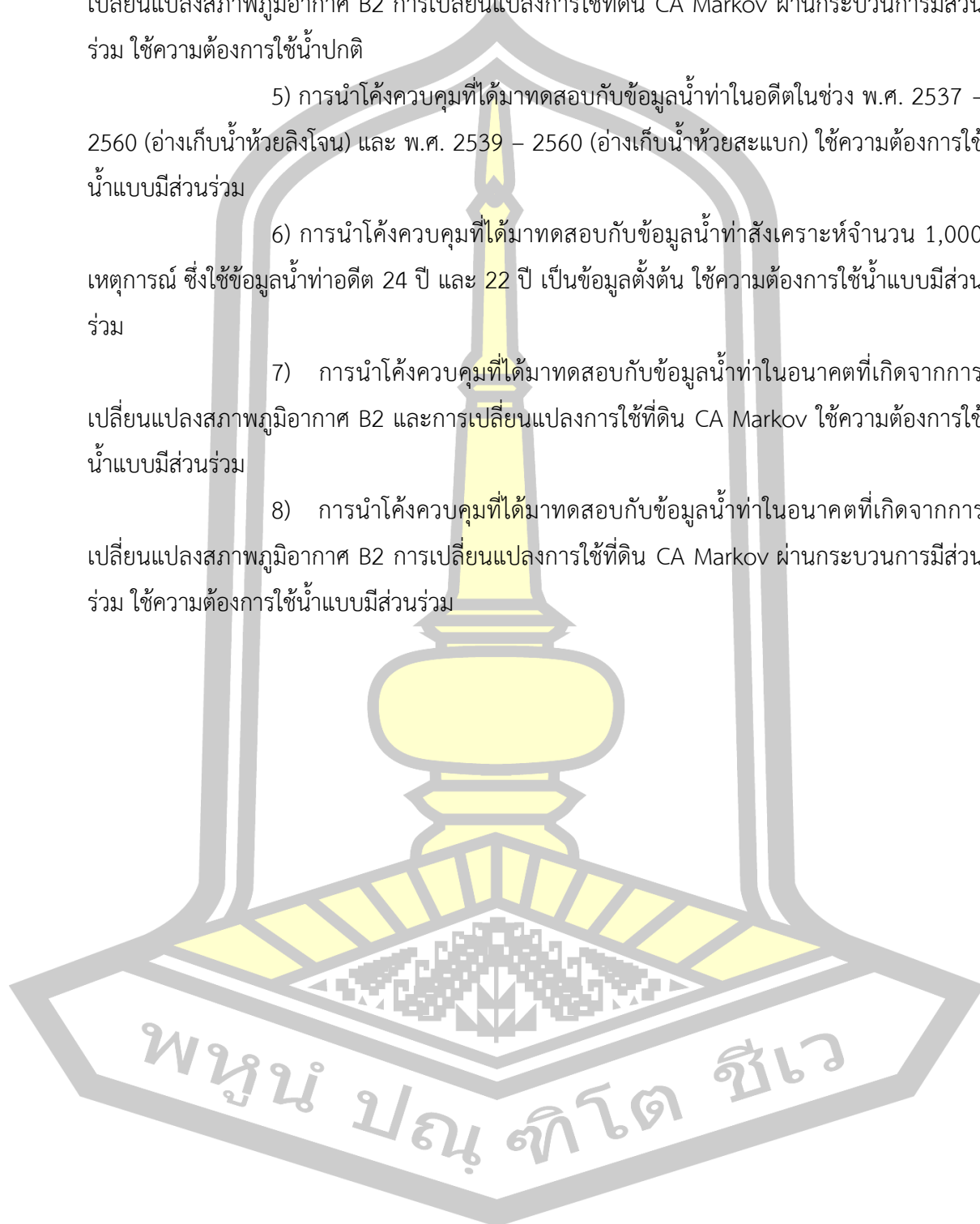
4) การนำโค้งควบคุมที่ได้มาทดสอบกับข้อมูลน้ำท่าในอนาคตที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ B2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CA Markov ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ใช้ความต้องการใช้น้ำปกติ

5) การนำโค้งควบคุมที่ได้มาทดสอบกับข้อมูลน้ำท่าในอดีตในช่วง พ.ศ. 2537 – 2560 (อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน) และ พ.ศ. 2539 – 2560 (อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก) ใช้ความต้องการใช้น้ำแบบมีส่วนร่วม

6) การนำโค้งควบคุมที่ได้มาทดสอบกับข้อมูลน้ำท่าสังเคราะห์จำนวน 1,000 เหตุการณ์ ซึ่งใช้ข้อมูลน้ำท่าอดีต 24 ปี และ 22 ปี เป็นข้อมูลตั้งต้น ใช้ความต้องการใช้น้ำแบบมีส่วนร่วม

7) การนำโค้งควบคุมที่ได้มาทดสอบกับข้อมูลน้ำท่าในอนาคตที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ B2 และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CA Markov ใช้ความต้องการใช้น้ำแบบมีส่วนร่วม

8) การนำโค้งควบคุมที่ได้มาทดสอบกับข้อมูลน้ำท่าในอนาคตที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ B2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CA Markov ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ใช้ความต้องการใช้น้ำแบบมีส่วนร่วม



บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกและอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน ที่ได้แสดงรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการไว้ในบทที่ 3 แล้วนั้น ได้นำมาแสดงรายละเอียดไว้ในบทนี้ โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ส่วนแรกเป็นการแสดงผลของข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคตที่คำนวณได้จาก PRECIS ส่วนที่สองเป็นคาดการณ์แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตจากแบบจำลอง CA-Markov และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตจากแบบจำลอง CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ส่วนที่สามเป็นการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในอนาคตจากการใช้แบบจำลอง SWAT โดยเป็นการตรวจสอบความแม่นยำของผลคำนวณและสร้างปริมาณน้ำท่าในอนาคตที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและการใช้ประโยชน์ที่ดิน สำหรับส่วนที่สี่เป็นการจัดทำโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมเนื่องจากปริมาณน้ำท่าที่เปลี่ยนแปลง และการเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้น้ำจากกระบวนการมีส่วนร่วม โดยใช้แบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์เชื่อมต่อกับเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมที่สร้างขึ้นใหม่ รายละเอียดของผลการศึกษาสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

4.1.1 การเปรียบเทียบและสอบเทียบข้อมูลสภาพภูมิอากาศปีฐาน

เมื่อได้นำข้อมูลสภาพภูมิอากาศระหว่างสถานีตรวจวัดและข้อมูลที่คำนวณจาก PRECIS กรณีคาดการณ์ B2 ในปีฐานจำนวน 21 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2560 มาเปรียบเทียบกัน พบว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดและจากแบบจำลองมีค่าความแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดจะมีค่าเฉลี่ยรายเดือนสูงกว่าแบบจำลอง หรืออุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจากสถานีตรวจวัดมีค่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำกว่าข้อมูลจากแบบจำลอง ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองเพื่อปรับลดความคลาดเคลื่อน หลังจากนั้นจึงทำการสอบเทียบกับข้อมูลปี พ.ศ. 2555-2560 เพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ด้านอุทกวิทยาต่อไป ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงระหว่างปี พ.ศ. 2540-2560 จะใช้สำหรับเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองในปีเดียวกันโดยจะต้องทำการเฉลี่ยข้อมูลเป็นรายเดือนสำหรับแต่ละปีจาก ความแตกต่างของข้อมูลผู้ศึกษาจึงได้นำข้อมูลสภาพภูมิอากาศ 3 ประเภท คือ ปริมาณฝน (PC) อุณหภูมิสูงสุด (TX) และ

อุณหภูมิต่ำสุด (TN) นำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นรายเดือนในปีเดียวกัน และ คำนวณหาค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงกับแบบจำลอง กรณีคาดการณ์ B2 ซึ่งจะทำให้ได้ค่าคงที่ (C) ซึ่งสามารถสร้างได้จากสมการ 3.1-3.3 ดังแสดงในบทที่ 3 สำหรับใช้ในการปรับค่าที่ได้จากแบบจำลองกรณี B2 เป็นรายเดือนที่ตำแหน่งนั้นๆ ดังแสดงในตาราง 4.1 ดังนี้

ตาราง 4. 1 ค่าคงที่ C สำหรับการปรับลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลสภาพภูมิอากาศจาก PRECIS กรณี B2

เดือน	กรณีคาดการณ์ B2		
	C_{B2-PC}	C_{B2-TX}	C_{B2-TN}
มกราคม	0.0205	-3.0132	2.1493
กุมภาพันธ์	0.6304	1.0955	0.2319
มีนาคม	0.2598	5.4399	-0.6438
เมษายน	0.3006	6.9677	-0.1987
พฤษภาคม	0.9123	5.9701	0.1312
มิถุนายน	0.6358	6.3789	1.6135
กรกฎาคม	0.8056	5.1159	2.0981
สิงหาคม	0.9282	3.9734	2.2911
กันยายน	1.8392	2.8762	2.6516
ตุลาคม	0.9356	1.2691	2.0680
พฤศจิกายน	0.4510	-1.4511	1.4168
ธันวาคม	0.2171	-4.7202	1.2564

การปรับเทียบผลจากแบบจำลองสามารถทำได้โดยใช้ค่า C โดยสมการ 3.1-3.3 ผลของการปรับเทียบข้อมูลระหว่าง พ.ศ. 2540-2554 และสอบเทียบกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคือ พ.ศ. 2555-2560 แสดงได้ด้วยค่า R^2 และค่า RE ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

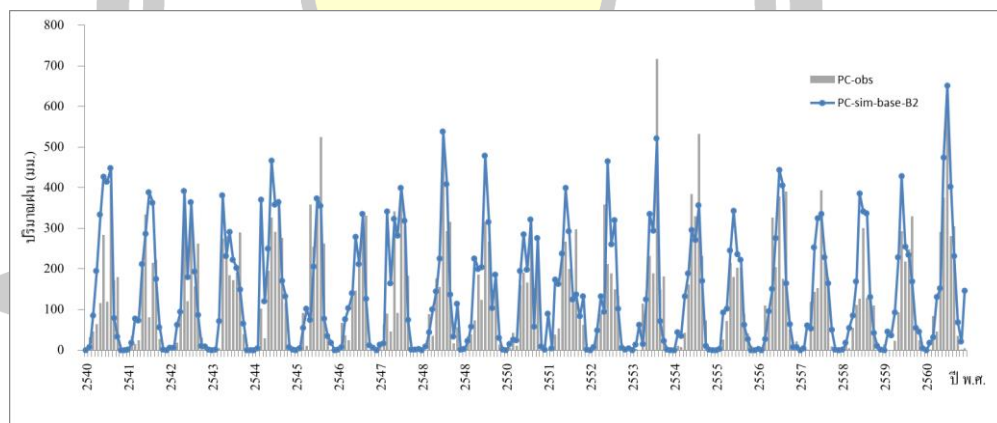
1) ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนช่วงปีฐาน

การเปรียบเทียบปริมาณฝนในช่วงปีฐาน (พ.ศ. 2540-2560) ที่คำนวณได้จากแบบจำลองซึ่งยังไม่ผ่านการปรับลดความคลาดเคลื่อนพบว่ามีความมากกว่าค่าปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดจากกรณีคาดการณ์ B2 การพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลได้แสดงค่า R^2 เท่ากับ 0.65 ค่า

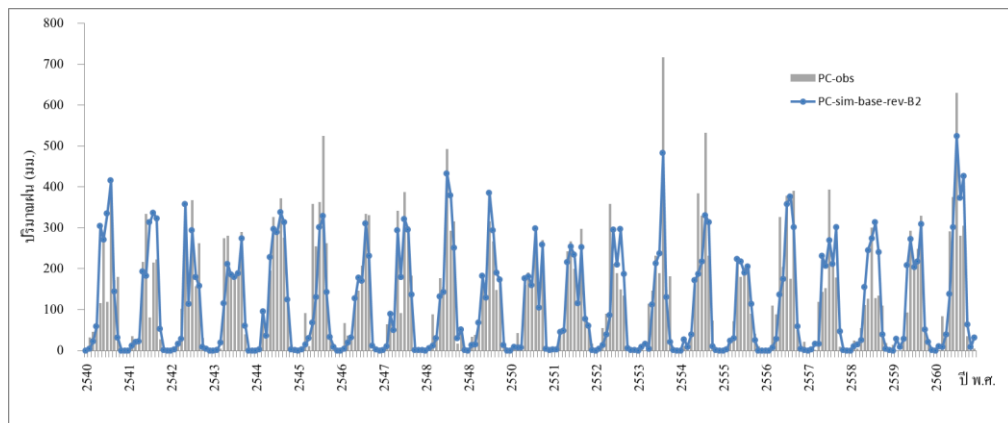
RE เท่ากับร้อยละ 12.45 ผลการปรับลดความคลาดเคลื่อนปริมาณฝนจากแบบจำลองด้วยการใช้ค่าคงที่ C_{pc} พบว่าค่า R^2 ที่ดีที่สุดเท่ากับ 0.77 เมื่อนำค่า C_{pc} ไปทำการสอบเทียบความแม่นยำของผลการปรับแก้และค่า C_{pc} โดยใช้ช่วงข้อมูลปี พ.ศ. 2544-2560 พบว่าค่า R^2 เท่ากับ 0.77 เมื่อนำข้อมูลปริมาณฝนที่ได้ผ่านการปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้วมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดระหว่างพ.ศ. 2540-2560 อีกครั้ง พบว่ามีความเข้ากันได้ของข้อมูลที่แสดงด้วยค่า R^2 เท่ากับ 0.76 ค่า RE เท่ากับร้อยละ 5.04 ผลการปรับเทียบและสอบเทียบข้อมูลปริมาณฝนสามารถแสดงได้ใน ตาราง 4.2 ภาพประกอบ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

ตาราง 4. 2 ผลการปรับเทียบและสอบเทียบข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540 - 2560 จากสถานีตรวจวัดเปรียบเทียบกับ PRECIS กรณี B2

ความคลาดเคลื่อน	กรณี คาดการณ์	ปริมาณฝนรายเฉลี่ยรายเดือน (มม.)		R^2	RE (%)
		สถานี	แบบจำลอง		
ยังไม่ปรับลด	B2	1,465.38	1,647.86	0.65	12.45
ผ่านการปรับลดแล้ว	B2	1,465.38	1,391.48	0.76	5.04



ภาพประกอบ 4.1 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540-2560 จากสถานีตรวจวัดเปรียบเทียบกับ PRECIS กรณี B2 ก่อนการปรับลดความคลาดเคลื่อน



ภาพประกอบ 4.2 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540-2560 จากสถานีตรวจวัดเปรียบเทียบกับ PRECIS กรณี B2 เมื่อปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว

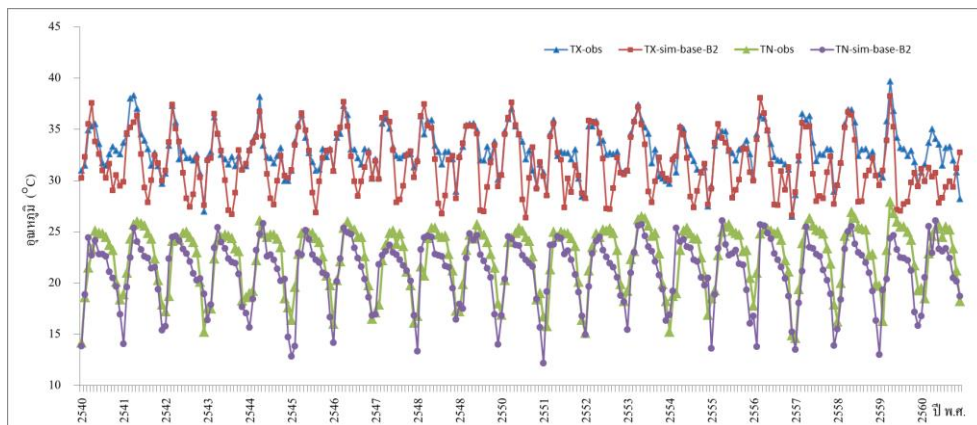
2) อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนช่วงปีฐาน

ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดและต่ำสุดที่คำนวณได้จาก PRECIS จากกรณีคาดการณ์ B2 จะมีค่าต่ำกว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดดังแสดงได้จากค่า RE เท่ากับร้อยละ 3.64 ร้อยละ 5.78 การตรวจสอบความเข้ากันได้ดีของทั้งสองข้อมูลจากแบบจำลองและสถานีตรวจวัด จากการประเมินด้วยค่า R^2 พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.54 และ 0.69 ตามลำดับ

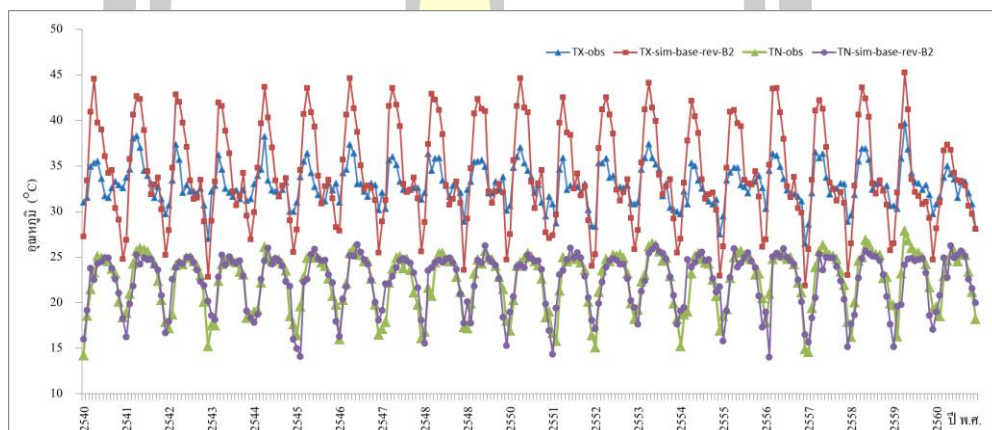
การปรับลดความคลาดเคลื่อนด้วยการใช้ค่า C_{tx} และ C_{tm} ที่ได้จากการคำนวณ (จากตาราง 4.1) สำหรับกรณี B2 ผลการปรับเทียบให้ค่า R^2 คือ 0.75 และ 0.78 และผลการสอบเทียบให้ค่า R^2 คือ 0.84 และ 0.75 ตามลำดับ การเปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540-2560 ค่า RE มีค่าร้อยละ 3.95 และร้อยละ 3.65 และค่า R^2 เท่ากับ 0.76 และ 0.76 ตามลำดับ

ตาราง 4. 3 ผลการปรับเทียบและสอบเทียบข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540-2560 จากสถานีตรวจวัดเปรียบเทียบกับ PRECIS กรณี B2

ความคลาดเคลื่อน	กรณีคาดการณ์	ประเภท	อุณหภูมิรายเดือน (มม.)		R^2	RE (%)
			สถานี	แบบจำลอง		
ยังไม่ปรับลด	B2	อุณหภูมิสูงสุด	32.9	31.7	0.54	3.64
		อุณหภูมิต่ำสุด	22.5	21.2	0.69	5.78
ผ่านการปรับลดแล้ว	B2	อุณหภูมิสูงสุด	32.9	34.2	0.76	3.95
		อุณหภูมิต่ำสุด	22.5	22.4	0.76	3.65



ภาพประกอบ 4.3 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540-2560 จากสถานีตรวจวัดเปรียบเทียบกับ PRECIS กรณี B2 ก่อนการปรับลดความคลาดเคลื่อน

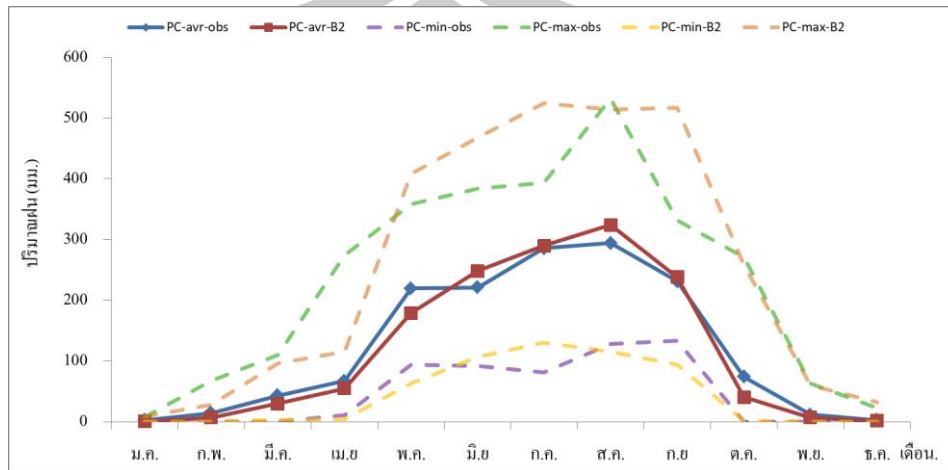


ภาพประกอบ 4.4 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2540-2560 จากสถานีตรวจวัดเปรียบเทียบกับ PRECIS กรณี B2 เมื่อปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว

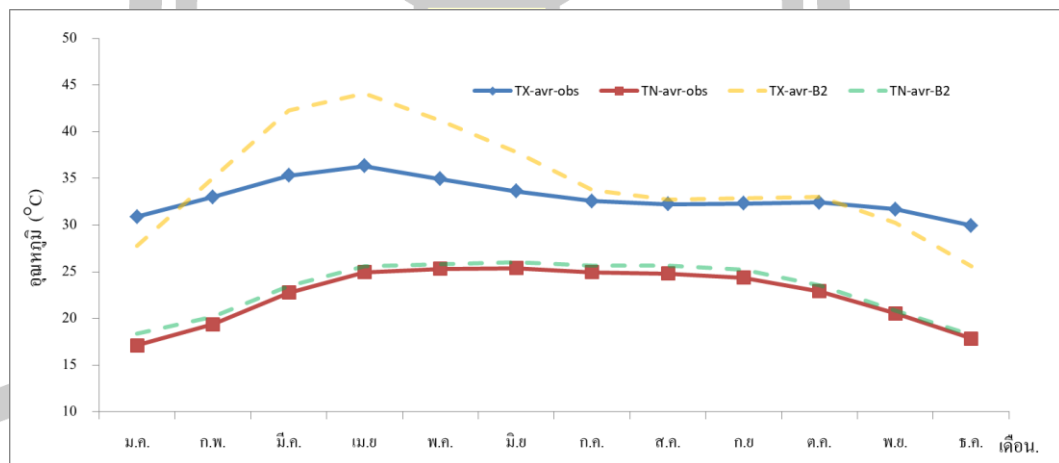
4.1.2 การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคต

ผลการคำนวณข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคต (พ.ศ. 2561-2610) ที่ได้ผ่านการปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว เปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดช่วงปฐม (พ.ศ. 2540-2560) ในส่วนของปริมาณฝนรวมรายปี ข้อมูลระหว่างปฐมจากสถานีตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 1,418.44 มิลลิเมตร ในขณะที่แบบจำลองได้แสดงค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในอนาคตกรณี B2 ต่ำกว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดเท่ากับ 1,341.91 มิลลิเมตร เมื่อพิจารณาเป็นช่วงฤดูกลาง พบว่าในช่วงฤดูฝน (มิถุนายน-พฤศจิกายน) ปริมาณฝนคาดการณ์จากกรณี B2 มีค่าสูงกว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัด (1,117.41 มิลลิเมตร) เท่ากับ 29.4 มิลลิเมตร ในขณะที่ช่วงฤดูแล้ง (ธันวาคม-พฤษภาคม)

แบบจำลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณฝนคาดการณ์ในช่วงเวลานี้มีค่าน้อยกว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัด (347.9619) เท่ากับ 76.33 มิลลิเมตร และ ดังแสดงใน ภาพประกอบ 4.5



ภาพประกอบ 4.5 การเปรียบเทียบปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนปฐฐาน (พ.ศ. 2540-2560) กับปอนาคต (พ.ศ. 2561-2610) ระหว่างสถานีตรวจวัดกับ PRECIS

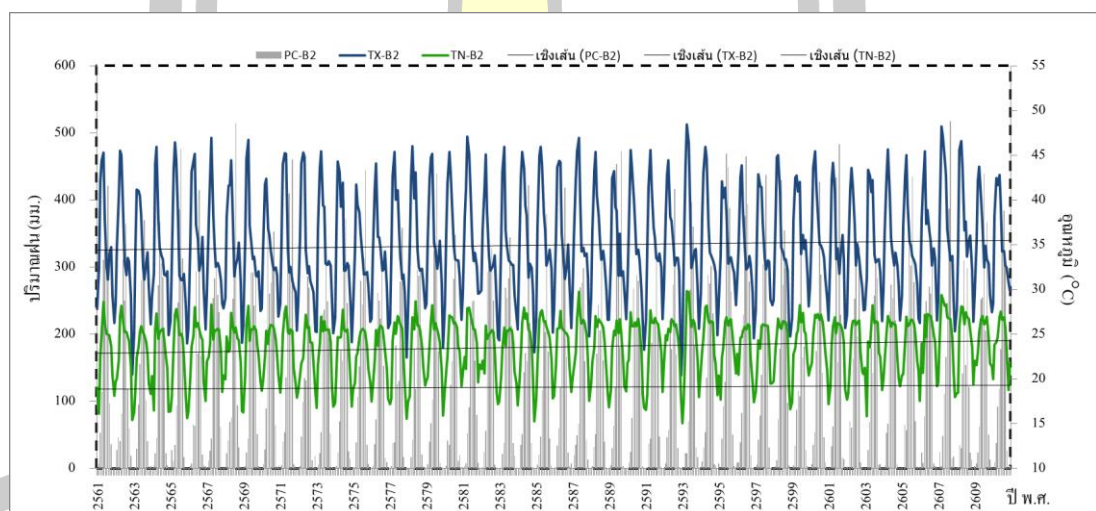


ภาพประกอบ 4.6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนปฐฐาน (พ.ศ. 2540-2560) กับปอนาคต (พ.ศ. 2561-2610) ระหว่างสถานีตรวจวัดกับ PRECIS

ภาพประกอบ 4.6 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน จากสถานีตรวจวัดในปฐฐานและแบบจำลองกรณี B2 ในปคาคการณ โดยแสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิที่คำนวณได้จากแบบจำลองทั้งสองกรณี มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิระหว่างปฐฐาน ค่าอุณหภูมิสูงสุด

จากแบบจำลองและข้อมูลจากสถานีตรวจวัดปฐานมีค่าเฉลี่ยรายปเท่ากับ 34.9 และ 32.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยข้อมูลจากแบบจำลองจะมีค่าสูงกว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดเท่ากับ 2.0 องศาเซลเซียส ในสวนของคาอุณหภูมิต่ำสุด มีค่าจากแบบจำลองกรณี B2 และสถานีตรวจวัดเท่ากับ 23.6 และ 23.1 องศาเซลเซียส โดยข้อมูลจากแบบจำลองจะมีค่าต่ำกว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดเท่ากับ 0.5 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนในกรณีของอุณหภูมิสูงสุด พบว่าช่วงเวลาระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน เป็นช่วงที่แบบจำลองกรณีค่าอุณหภูมิสูงสุด มีค่าสูงกว่าข้อมูลปฐานมากที่สุดระหว่าง 7.8 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาระหว่างเดือนกรกฎาคมถึง มกราคมจะมีค่าเฉลี่ยที่เข้าใกล้กับปฐาน ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนจากแบบจำลอง แสดงให้เห็นถึงค่าที่สูงกว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดในปฐานตลอดช่วงระยะ 1 ปี

สำหรับภาพประกอบ 4.7 แสดงถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดในระยะเวลาช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2561-2610 ที่คำนวณได้จากแบบจำลองกรณี B2 ซึ่งให้เห็นว่าปริมาณฝนในช่วงปีคาดการณ์มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.0086 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิสูงสุดมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.0017 องศาเซลเซียสต่อปี และอุณหภูมิต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น 0.0024 องศาเซลเซียสต่อปี



ภาพประกอบ 4.7 ปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 ที่คำนวณได้จาก PRECIS กรณี B2

4.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov

การสร้างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปฐานในพื้นที่ศึกษาคือพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก มีพื้นที่ประมาณ 54 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจน มี

พื้นที่ประมาณ 50 ตารางกิโลเมตร จากผลการใช้ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดยโสธร การใช้เทคนิคจากแบบจำลอง ArcGIS สร้างแผนที่ปีฐาน คือปี พ.ศ. 2553 และ 2558 แผนที่ฐานเหล่านี้ จะถูกนำไปเข้าสู่แบบจำลอง CA-Markov เพื่อสังเคราะห์สร้างแผนที่ในอนาคต อย่างไรก็ตามแผนที่ที่สร้างจากแบบจำลองยังจำเป็นที่จะต้องมีการปรับเทียบและสอบเทียบกับข้อมูลแผนที่จริงจนได้ผลเป็นที่น่าพอใจเสียก่อน จึงจะสามารถนำไปสร้างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตจำนวน 50 ปี ที่มีความน่าเชื่อถือของข้อมูลและนำไปใช้งานต่อไป

4.2.1 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปีฐาน

การสร้างแผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตด้วย CA-Markov นั้นจำเป็นจะต้องมีแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีตที่ได้มีการจัดทำไว้แล้วโดยมีระยะเวลาห่างกันอย่างน้อย 1 ปี ในวิธีการศึกษานี้ผู้ศึกษาเลือกใช้แผนที่ปีฐาน 3 ชุดแผนที่ ชุดที่ 1 เป็นแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2553 2558 และ 2560 โดยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน สำหรับการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแผนที่ฐานในการศึกษานี้ ได้จัดหมวดหมู่ชนิดของการใช้ประโยชน์ ที่ดินเป็นทั้งหมด 9 ประเภท ดังแสดงในตาราง 4.4 และภาพประกอบ 4.8 (a) และ (b) โดยแผนที่ทั้ง 2 ชุดนี้จะเป็แผนที่ฐานสำหรับนำเข้าสู่ CA Markov เพื่อให้แบบจำลองคำนวณสร้างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินคาดการณ์ในอนาคต

ตาราง 4. 4 ชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ลำดับที่	ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ	อักษรย่อ
1	พืชไร่ผสม	Agriculture land-Generic	AG
2	อ้อย	Sugarcane	SG
3	นาข้าว	Rice	RC
4	ยางพารา	Para Rubber	PR
5	มันสำปะหลัง	Cassava	CS
6	สวนป่าสมบูรณ์	Forest-Evergreen	FE
7	ทุ่งหญ้า/ไม้ละเมาะ	Pasture	PT
8	ชุมชน	Urban	UB
9	แหล่งน้ำ	Water	WT

ผลการสอบเทียบความแม่นยำของแผนที่จำลองปี 2560 ของพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกและพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน โดยนำเข้าแผนที่ปี พ.ศ.2560 ที่ได้จากแบบจำลองกับแผนที่ปี พ.ศ.2560 ที่ใช้งานจริง ซึ่งจะเป็นการประเมินความแม่นยำผลของจุดภาพ (Pixel) ในแผนที่ที่คำนวณได้จากแบบจำลองและแผนที่จริง โดยจะแสดงค่าความแม่นยำที่ค่าเข้าใกล้ 1 ผลการสอบเทียบพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก แสดงค่า R^2 อยู่ที่ 0.91 และพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนแสดงค่า R^2 อยู่ที่ 0.90 ดังแสดงในตาราง 4.5 และ 4.6 และภาพประกอบ 4.8 และ 4.9 (c) และ (d) เป็นการแสดงผลของการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันระหว่างแผนที่จำลอง พ.ศ. 2560 และแผนที่จริง พ.ศ. 2560 แสดงให้เห็นว่าผลการคำนวณจาก CA Markov มีความเหมาะสมในการสร้างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

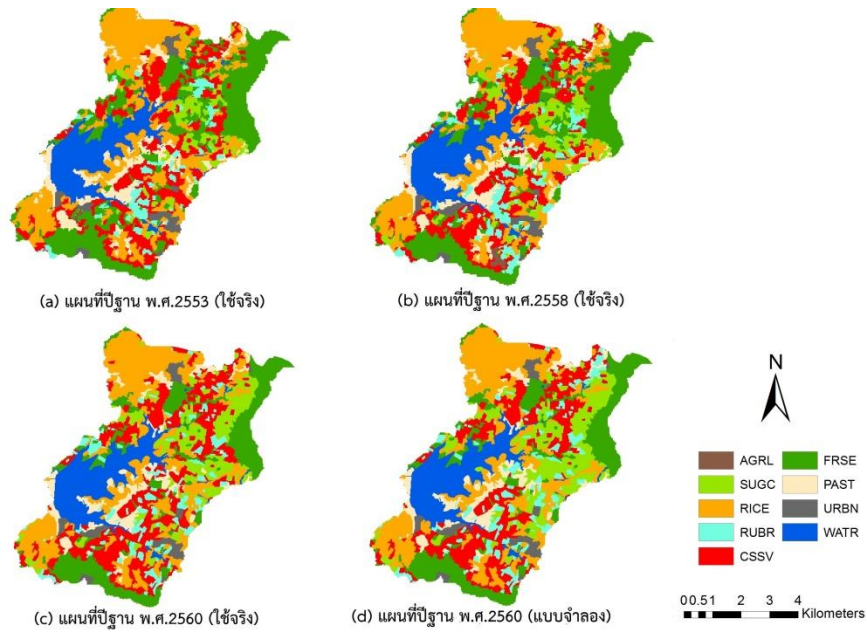
ตาราง 4. 5 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ที่สร้างจาก CA Markov พื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

ชนิดของการประเมินความละเอียด	ผลลัพธ์
Regressive Analysis	0.90

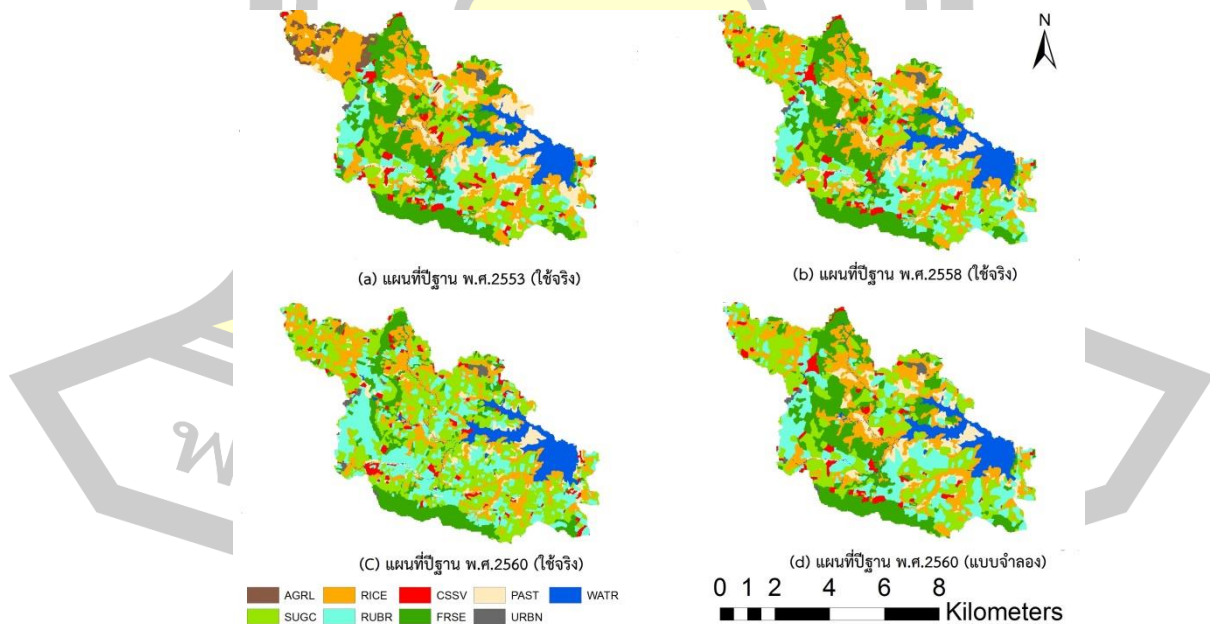
ตาราง 4. 6 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ที่สร้างจาก CA Markov พื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

ชนิดของการประเมินความละเอียด	ผลลัพธ์
Regressive Analysis	0.91

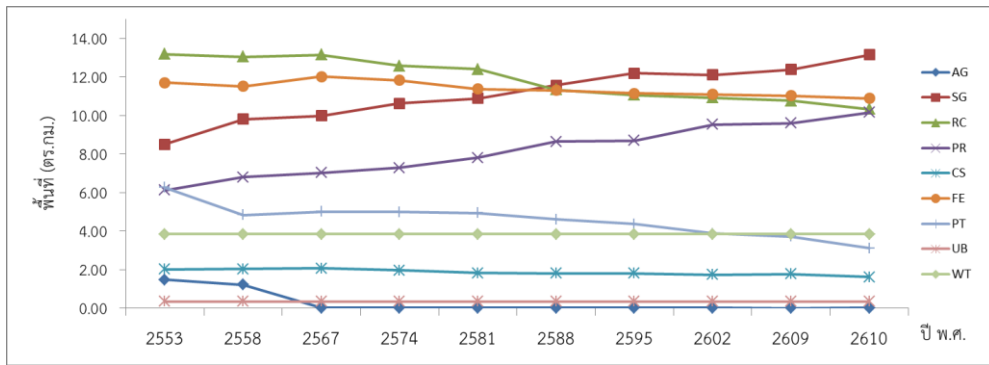
พหุ ประถมศึกษา



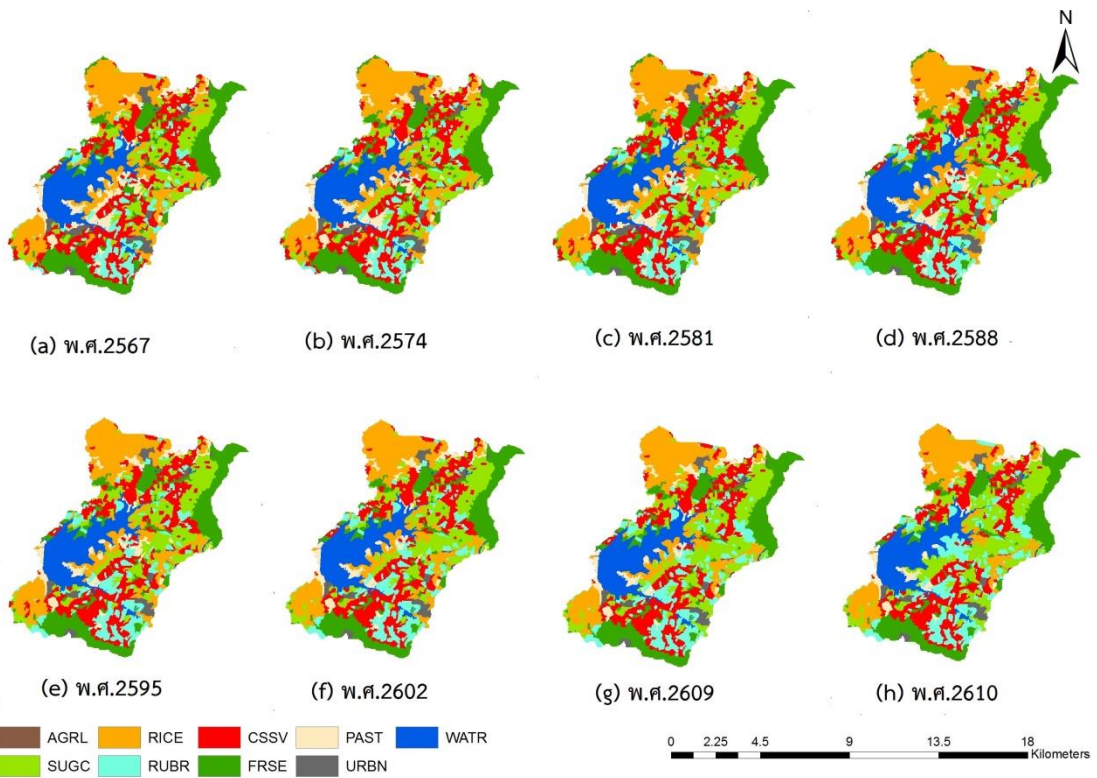
ภาพประกอบ 4.8 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (a) แผนที่จริง พ.ศ. 2553 (b) แผนที่จริง พ.ศ. 2558 (c) แผนที่จริง พ.ศ. 2560 และ (d) แผนที่ พ.ศ. 2560 ที่สร้างจาก CA Markov



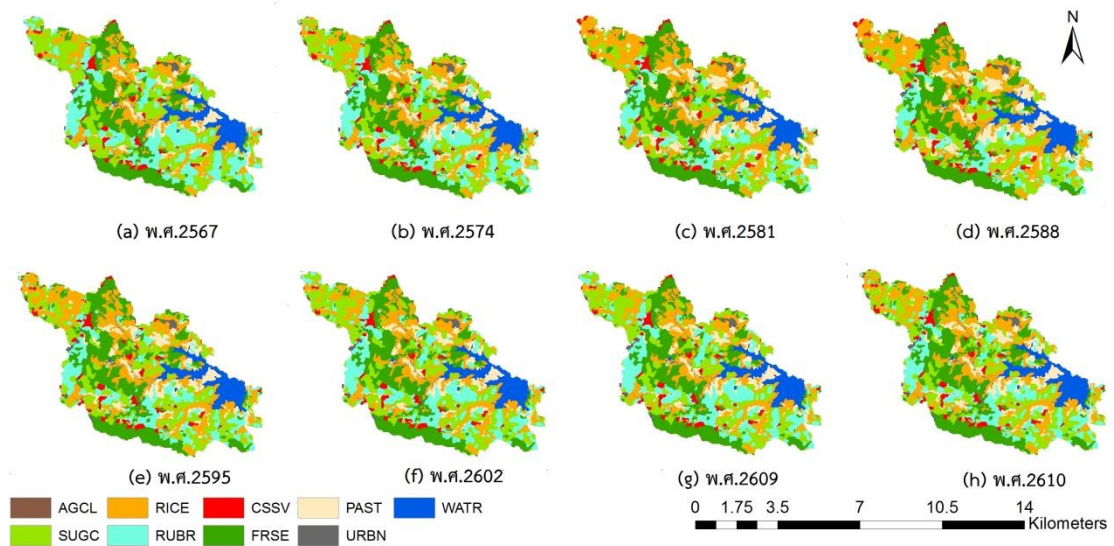
ภาพประกอบ 4.9 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (a) แผนที่จริง พ.ศ. 2553 (b) แผนที่จริง พ.ศ. 2558 (c) แผนที่จริง พ.ศ. 2560 และ (d) แผนที่ พ.ศ. 2560 ที่สร้างจาก CA Markov



ภาพประกอบ 4.11 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ในพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610



ภาพประกอบ 4.12 ตัวอย่างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 ที่สร้างจาก CA Markov (ระยะห่าง 7 ปี)



ภาพประกอบ 4.13 ตัวอย่างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 ที่สร้างจาก CA Markov (ระยะห่าง 7 ปี)

ภาพประกอบ 4.11 และ 4.12 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ในเชิงกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำลำปาวจากช่วงเวลาอดีตจนถึงอนาคต (แสดงช่วงระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงแผนที่ละ 7 ปี) พบว่าการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่เกิดจากพื้นที่จากนาข้าว มันสำปะหลัง และสวนป่าสมบูรณ์ได้เปลี่ยนเป็นพื้นที่อ้อยและสวนยางพาราซึ่งเป็นบริเวณทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเฉพาะบริเวณรอบแหล่งน้ำ ได้ถูกแทนที่ด้วยยางพารา อย่างไรก็ตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกและห้วยลิงโจนคือการพื้นที่การเกษตรดั้งเดิมส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนแปลงเป็นการปลูกอ้อยและยางพารา โดยเปลี่ยนจากพื้นที่การเพาะปลูกข้าว มันสำปะหลัง พืชหญ้าเลี้ยงสัตว์ และสวนป่าสมบูรณ์

4.2.3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปีอนาคต ปรับแก้ด้วยกระบวนการมีส่วนร่วม

จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลแบบสอบถามการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก และพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนนั้น เมื่อนำแบบสอบถามมาวิเคราะห์ผลจะได้ค่าร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเพื่อมาปรับแก้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อนำเข้าแบบจำลอง CA Markov เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอีก 50 ปีอนาคต

1) พื้นที่ลุ่มน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

1.1) สภาพข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากแบบสอบถาม

จากผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ใช้พื้นที่ไปสำหรับการปลูกข้าว คิดเป็นร้อยละ 28.35 รองลงมาได้แก่ ใช้ปลูกอ้อย ที่อยู่อาศัย มันสำปะหลัง บ่อน้ำ เกษตรกรรมทั่วไป ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และทุ่งเลี้ยงสัตว์ คิดเป็นร้อยละ 16.08, 15.55, 14.24, 12.34, 8.01, 3.67, 1.38, 0.39 ของการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง ตามลำดับดังแสดงในตาราง 4.9

ตาราง 4. 9 จำนวนร้อยละของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มตัวอย่าง

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ขนาดพื้นที่ทั้งหมด		หมายเหตุ
	ไร่	ร้อยละ	
ข้าว	432	28.35	ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ
อ้อย	245	16.08	
มันสำปะหลัง	217	14.24	
ยางพารา	56	3.67	
ปาล์มน้ำมัน	21	1.38	
ทุ่งเลี้ยงสัตว์	6	0.39	
บ่อน้ำ	188	12.34	
เกษตรกรรมทั่วไป	122	8.01	
ที่อยู่อาศัย	237	15.55	
รวม	1,524	100.00	

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

ตาราง 4. 10 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับการมีส่วนร่วมส่วนของกลุ่มตัวอย่าง อ่างเก็บน้ำ
ห้วยสะแบก

คำถาม	\bar{x}	S.D.	ระดับ
1.การมีส่วนร่วมในการวางแผน			
1.1 ท่านเคยเข้าร่วมประชุมชี้แจงความคิดเห็น ผังเมืองรวมจังหวัดยโสธรที่ประกาศเป็นกฎกระทรวงอยู่หรือไม่	3.13	0.34	ปานกลาง
1.2 ท่านเคยเข้าร่วมกิจกรรมที่ทางภาครัฐจัดขึ้นเพื่อจัดทำข้อตกลงต่างๆ กับชุมชน หรือไม่	3.96	0.43	มาก
1.3 ท่านเคยเสนอความคิดเห็น แจ้งความต้องการและปัญหาให้กับภาครัฐรับทราบ หรือไม่	3.91	0.42	มาก
รวม	3.67	0.40	มาก
2. การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน			
2.1 ท่านได้เข้าร่วมปฏิบัติตามนโยบาย แผนงานโครงการหรือกิจกรรมที่อาศัยการบริหารส่วนท้องถิ่น และได้นำไป ดำเนินการในท้องถิ่นให้บรรลุตามเป้าหมาย	3.44	0.38	ปานกลาง
2.2 ท่านได้มีส่วนร่วมประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุผลสำเร็จ เช่น ประชาชนในท้องถิ่นและหน่วยงานต่าง ๆ	3.76	0.41	มาก
2.3 ท่านเคยประชาสัมพันธ์ข้อตกลง เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจในท้องถิ่นของตนเอง หรือไม่	3.29	0.36	ปานกลาง
รวม	3.50	0.38	ปานกลาง
3.การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล			
3.1 ท่านเคยเป็นกรรมการตรวจสอบการดำเนินกิจกรรมกับทางภาครัฐ หรือไม่	2.69	0.29	ปานกลาง
3.2 ท่านมีส่วนร่วมในการติดตามผลของการแสดงความคิดเห็น	3.14	0.35	ปานกลาง
3.3 ท่านมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลความสำเร็จของโครงการ หรือไม่	3.79	0.41	มาก
รวม	3.21	0.35	ปานกลาง

จากตาราง 4.10 พบว่าระดับการมีส่วนร่วมในการใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มตัวอย่าง อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก มีดังต่อไปนี้

1) การมีส่วนร่วมในด้านการวางแผนรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.67$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงจากมากไปน้อยได้ดังนี้ เข้าร่วมกิจกรรมที่ทางภาครัฐจัดขึ้นเพื่อจัดทำข้อตกลงต่างๆ กับชุมชน, เสนอความคิดเห็น แจ้งความต้องการและปัญหาให้กับภาครัฐรับทราบ, เข้าร่วมประชุมชี้แจงความคิดเห็น ผังเมืองรวมจังหวัดโดยโยธาที่ประกาศเป็นกฎกระทรวงอยู่

2) การมีส่วนร่วมในการดำเนินงานรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.50$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงจากมากไปน้อยได้ดังนี้ มีส่วนร่วมประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุผลสำเร็จ, เข้าร่วมปฏิบัติตามนโยบาย แผนงาน โครงการหรือกิจกรรมที่อาศัยการบริหารส่วนท้องถิ่น และได้นำไป ดำเนินการในท้องถิ่นให้บรรลุตามเป้าหมาย, ประชาสัมพันธ์ข้อตกลง เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจในท้องถิ่นของตนเอง

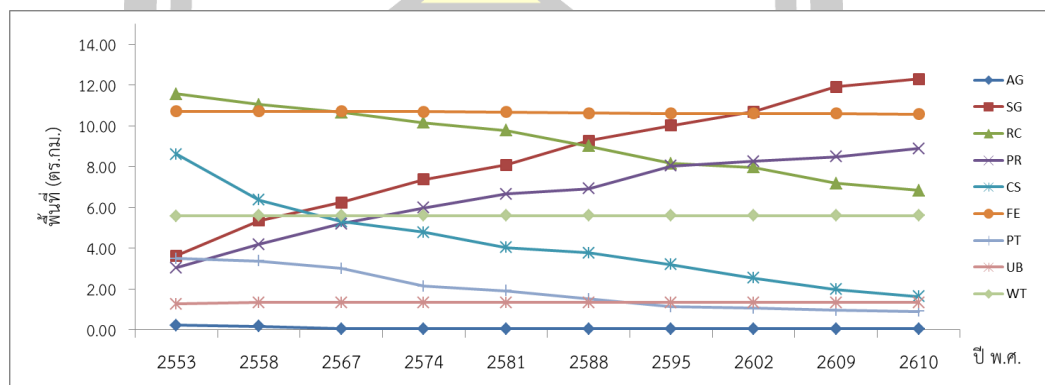
3) การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.21$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงจากมากไปน้อยได้ดังนี้ มีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผลความสำเร็จของโครงการ, ท่านมีส่วนร่วมในการติดตามผลของการแสดงความคิดเห็น, เป็นกรรมการตรวจสอบการดำเนินกิจกรรมกับทางภาครัฐ

เมื่อนำค่าร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบสอบถาม จากนั้นนำไปปรับแก้กับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและคำนวณแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามค่าน้ำหนักของการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA Markov จะได้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2610 ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม เพื่อนำไปคาดการณ์น้ำท่าอนาคต ดังตาราง 4.11 และภาพประกอบ 4.15



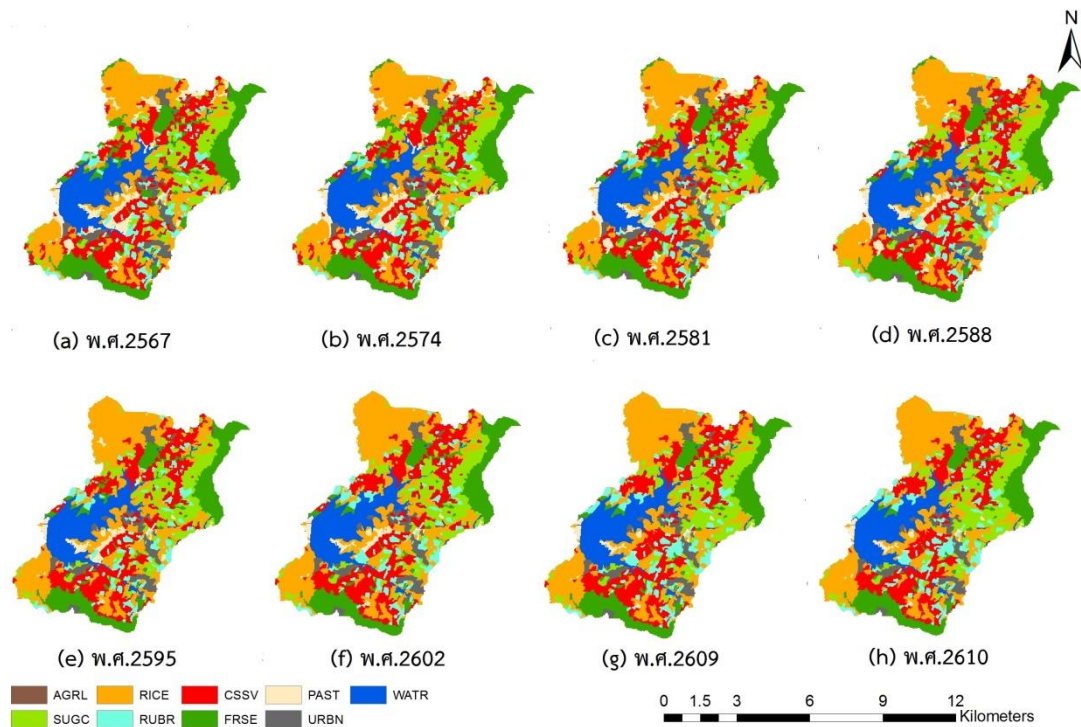
ตาราง 4. 11 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 (หน่วย : ตร.กม.)

ประเภท	ปีฐาน (พ.ศ.)		ปีคาดการณ์ (พ.ศ.)							
	2553	2558	2567	2574	2581	2588	2595	2602	2609	2610
AG	0.22	0.17	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
SG	3.63	5.35	6.25	7.37	8.09	9.26	10.02	10.69	11.92	12.30
RC	11.57	11.04	10.66	10.16	9.77	9.01	8.15	7.97	7.18	6.83
RB	3.04	4.18	5.20	5.98	6.65	6.92	8.03	8.26	8.49	8.88
CS	8.60	6.36	5.31	4.78	4.03	3.78	3.19	2.53	1.98	1.63
FE	10.72	10.71	10.71	10.70	10.67	10.63	10.61	10.60	10.60	10.57
PT	3.50	3.37	3.00	2.14	1.91	1.51	1.12	1.06	0.95	0.90
UB	1.27	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
WT	5.58	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60
รวม	48.11	48.11	48.11	48.11	48.11	48.11	48.11	48.11	48.11	48.11



ภาพประกอบ 4.14 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610

พหุบัณฑิต



ภาพประกอบ 4.15 ตัวอย่างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 ที่สร้างจาก CA Markov (ระยะห่าง 7 ปี)

2) พื้นที่ลุ่มน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจน

2.1) สภาพข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มตัวอย่างที่ได้จาก

แบบสอบถาม

จากผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ใช้พื้นที่ไปสำหรับการปลูกข้าว คิดเป็นร้อยละ 29.52 รองลงมาได้แก่ ไร่ปลูกอ้อย ที่อยู่อาศัย มันสำปะหลัง เกษตรกรรมทั่วไป บ่อน้ำ ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และทุ่งเลี้ยงสัตว์ คิดเป็นร้อยละ 20.25, 17.82, 12.47, 9.47, 7.74, 1.83, 0.61, 0.31 ของการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.12

พหุบัณฑิตวิทยาลัย

ตาราง 4. 12 จำนวนร้อยละของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มตัวอย่าง

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ขนาดพื้นที่ทั้งหมด		หมายเหตุ
	ไร่	ร้อยละ	
ข้าว	580	29.52	ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ
อ้อย	398	20.25	
มันสำปะหลัง	245	12.47	
ยางพารา	36	1.83	
ปาล์มน้ำมัน	12	0.61	
ทุ่งเลี้ยงสัตว์	6	0.31	
บ่อน้ำ	152	7.74	
เกษตรกรรมทั่วไป	186	9.47	
ที่อยู่อาศัย	350	17.82	
รวม	1,965	100.00	

ตาราง 4. 13 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับการมีส่วนร่วมส่วนของกลุ่มตัวอย่าง ว่างเก็บน้ำ
ห้วยลิงโจน

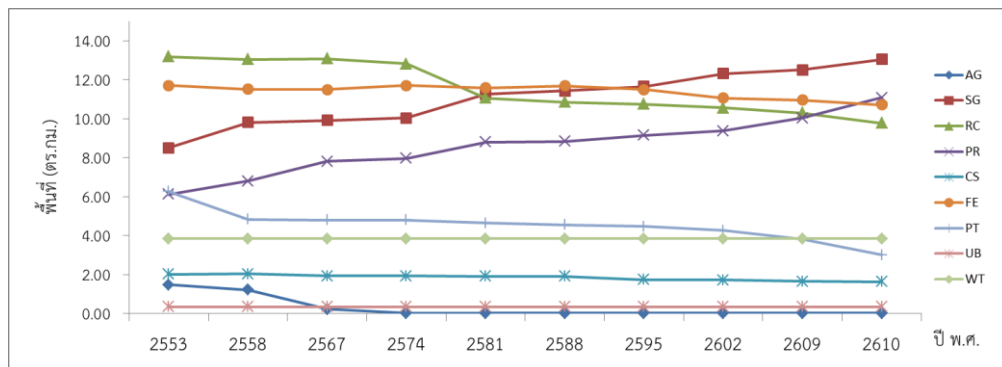
คำถาม	\bar{x}	S.D.	ระดับ
1.การมีส่วนร่วมในการวางแผน			
1.1 ท่านเคยเข้าร่วมประชุมชี้แจงความคิดเห็น ผังเมืองรวมจังหวัดยโสธรที่ประกาศเป็นกฎกระทรวงอยู่หรือไม่	3.26	0.35	ปานกลาง
1.2 ท่านเคยเข้าร่วมกิจกรรมที่ทางภาครัฐจัดขึ้นเพื่อจัดทำข้อตกลงต่างๆ กับชุมชน หรือไม่	3.98	0.44	มาก
1.3 ท่านเคยเสนอความคิดเห็น แจ้งความต้องการและปัญหาให้กับภาครัฐรับทราบ หรือไม่	3.65	0.39	มาก
รวม	3.63	0.39	มาก

ตาราง 4.13 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับการมีส่วนร่วมส่วนของกลุ่มตัวอย่าง อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน (ต่อ)

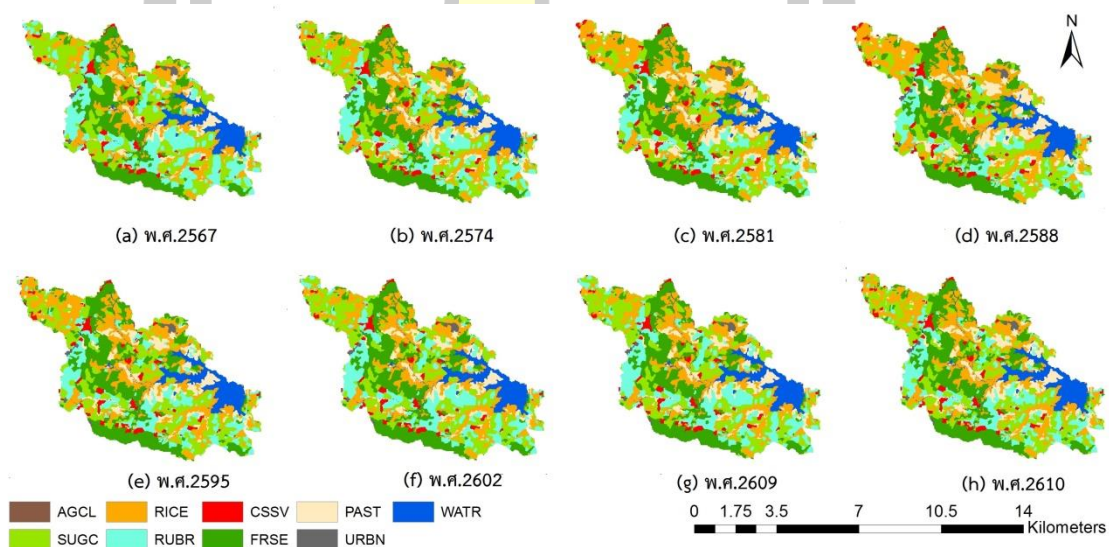
คำถาม	\bar{x}	S.D.	ระดับ
2. การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน			
2.1 ท่านได้เข้าร่วมปฏิบัติตามนโยบาย แผนงาน โครงการหรือกิจกรรมที่อาศัยการบริหารส่วนท้องถิ่น และได้นำไป ดำเนินการในท้องถิ่นให้บรรลุตามเป้าหมาย	3.54	0.38	มาก
2.2 ท่านได้มีส่วนร่วมประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุผลสำเร็จ เช่น ประชาชนในท้องถิ่นและหน่วยงานต่าง ๆ	3.63	0.39	มาก
2.3 ท่านเคยประชาสัมพันธ์ข้อตกลง เพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจในท้องถิ่นของตนเอง หรือไม่	3.26	0.36	ปานกลาง
รวม	3.48	0.38	ปานกลาง
3.การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล			
3.1 ท่านเคยเป็นกรรมการตรวจสอบการดำเนิน กิจกรรมกับทางภาครัฐ หรือไม่	2.93	0.32	ปานกลาง
3.2 ท่านมีส่วนร่วมในการติดตามผลของการแสดง ความคิดเห็น	3.61	0.41	มาก
3.3 ท่านมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล ความสำเร็จของโครงการ หรือไม่	2.90	0.31	ปานกลาง
รวม	3.15	0.35	ปานกลาง

จากตาราง 4.13 พบว่าระดับการมีส่วนร่วมในการใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มตัวอย่าง อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน มีดังต่อไปนี้

1) การมีส่วนร่วมในด้านการวางแผนรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.63$) เมื่อพิจารณาเป็นรายชื่อเรียงจากมากไปน้อยได้ดังนี้ เข้าร่วมกิจกรรมที่ทางภาครัฐจัดขึ้นเพื่อจัดทำข้อตกลงต่างๆ กับชุมชน, เสนอความคิดเห็น แจ้งความต้องการและปัญหาให้กับภาครัฐรับทราบ, เข้าร่วมประชุมชี้แจงความคิดเห็น ผังเมืองรวมจังหวัดยโสธรที่ประกาศเป็นกฎกระทรวงอยู่



ภาพประกอบ 4.16 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610



ภาพประกอบ 4.17 ตัวอย่างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ระหว่าง พ.ศ. 2553-2610 ที่สร้างจาก CA Markov (ระยะห่าง 7 ปี)

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงถึงรายละเอียดการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อนำเข้าสู่แบบจำลองอุทกวิทยา SWAT ข้อมูลสำคัญที่แบบจำลองต้องการได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ แบบจำลองความสูงเชิงเลข แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน แผนที่ลำน้ำ ที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่า ที่ตั้งสถานีตรวจวัดอากาศ ที่ตั้ง

อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น รวมถึงข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันจากสถานีตรวจวัดจริงในพื้นที่ลุ่มน้ำช่วงระหว่างปีฐานเพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบและสอบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลอง ลำดับขั้นตอนของการดำเนินการเกี่ยวกับแบบจำลอง SWAT มีดังต่อไปนี้

4.3.1 การเปรียบเทียบและสอบเทียบแบบจำลอง

ข้อมูลที่น่าเข้าสู่แบบจำลอง SWAT สำหรับการคำนวณปริมาณน้ำท่าในช่วงปีฐานเพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบและสอบเทียบความแม่นยำจากผลการคำนวณของแบบจำลอง แบ่งออกเป็น (1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ได้แก่ ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) ความละเอียดที่ 30x30 เมตร แผนที่ลำน้ำ (Digital Stream Map) แผนที่ชนิดของดิน (Soil Type Map) มาตรฐาน 1:50,000 และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Map) จากกรมพัฒนาที่ดิน โดยเป็นข้อมูลใน พ.ศ. 2560 (2) ข้อมูลสภาพเชิงภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดระหว่าง พ.ศ. 2540-2560 จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และพลังงานแสงอาทิตย์ (3) ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดระหว่าง พ.ศ. 2548-2560 โดยข้อมูลระหว่าง พ.ศ. 2548-2554 จะใช้สำหรับการเปรียบเทียบ และข้อมูล พ.ศ. 2560 จะใช้สำหรับการสอบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลอง

4.3.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง

เนื่องจากแบบจำลอง SWAT จะนำเอาข้อมูลเชิงพื้นที่ต่างๆ ไปประมวลผลเพื่อสร้างเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (Sub-Basin) โดยในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยนั้นๆ จะประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่าหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Unit, HRU) ซึ่งจะมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สามารถปรับแต่งได้เพื่อให้ผลการคำนวณจากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดมากที่สุด หรือเรียกว่าการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง (Model Sensitivity Analysis) โดยจะเป็นการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากที่ได้มีการตั้งค่าอัตโนมัติเริ่มต้นไว้ในแบบจำลอง หลังจากขั้นตอนการสร้างสภาพทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำในแบบจำลองแล้ว วิธีการโดยทั่วไปในการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองดำเนินการได้โดยทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญให้เปลี่ยนไปจากค่าเดิมที่ตั้งต้นไว้ทีละตัว โดยปรับทั้งในทิศทางเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามสัดส่วนที่เท่าๆ กันภายในช่วงของค่าที่แนะนำสำหรับแต่ละพารามิเตอร์ การเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้ผลการคำนวณจากแบบจำลองมีความแตกต่างจากผลที่ได้จากการกำหนดค่าตั้งต้นการคำนวณครั้งแรก ผลต่างของปริมาณน้ำท่านี้แสดงถึงความอ่อนไหวหรือนัยสำคัญของพารามิเตอร์นั้นๆ ที่มีต่อแบบจำลอง

ค่าพารามิเตอร์จำนวน 8 ค่าของแบบจำลองที่มีความอ่อนไหวมากที่สุดได้ถูกคัดเลือกสำหรับใช้วิเคราะห์ความอ่อนไหว ผลการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดมากที่สุด ได้แสดงไว้ใน

ตาราง 4.15 และ 4.16 ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAT ระหว่าง พ.ศ. 2548-2554 จะถูกเลือกใช้เพื่อการวิเคราะห์ความอ่อนไหว โดยจะถูกนำไปปรับเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำท่า สำหรับช่วงเวลาเดียวกันระหว่างข้อมูลสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

ตาราง 4. 15 ค่าพารามิเตอร์ความอ่อนไหวสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

ที่	ชื่อพารามิเตอร์	รายละเอียด	ค่าที่ปรับแก้แล้ว
1	ALPHA_BF	Base Flow Alpha Factor	0.9
2	GWQMN	Threshold Water Depth in the Shallow Aquifer for Flow	1000
3	GW_REVAP	Water Uptake Directly from the Shallow Aquifer by Deep Tree	0.10
4	CN2	Initial Curve Number (II) Value	90
5	SOL_AWC	Available Water Capacity	0.9
6	EPCO	Plant Uptake Compensation Factor	0.9
7	ESCO	Soil Evaporation Compensation Factor	0.1
8	GW_DELAY	Groundwater Delay Time	31

ตาราง 4. 16 ค่าพารามิเตอร์ความอ่อนไหวสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจน

ที่	ชื่อพารามิเตอร์	รายละเอียด	ค่าที่ปรับแก้แล้ว
1	ALPHA_BF	Base Flow Alpha Factor	0.9
2	GWQMN	Threshold Water Depth in the Shallow Aquifer for Flow	1000
3	GW_REVAP	Water Uptake Directly from the Shallow Aquifer by Deep Tree	0.18
4	CN2	Initial Curve Number (II) Value	80
5	SOL_AWC	Available Water Capacity	0.1
6	EPCO	Plant Uptake Compensation Factor	0.1
7	ESCO	Soil Evaporation Compensation Factor	0.9
8	GW_DELAY	Groundwater Delay Time	31

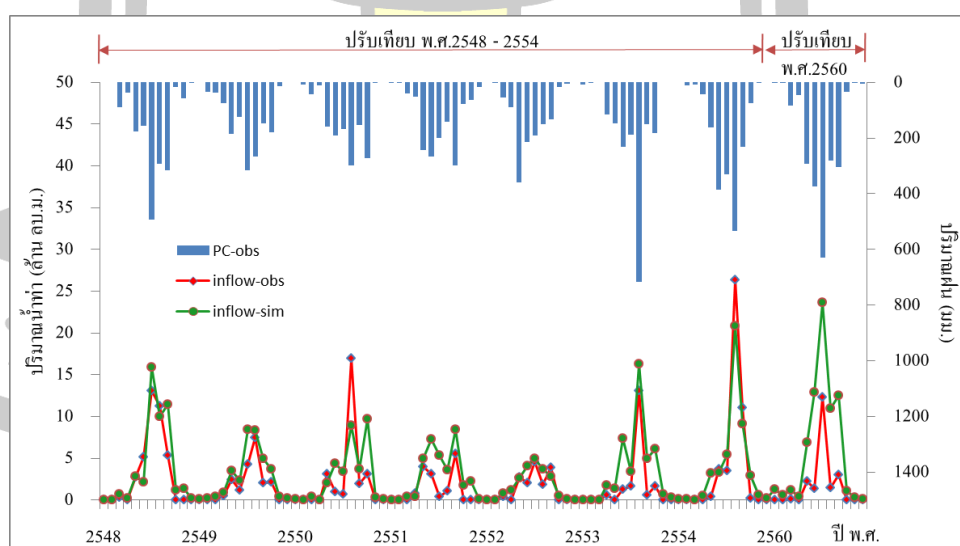
4.3.3 การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

1) อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากแบบจำลองในช่วงของการปรับเทียบ (พ.ศ. 2548-2554) มีค่าเท่ากับ 3.052 ล้านลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดเท่ากับ 2.135 ล้านลูกบาศก์เมตร การประเมินความแม่นยำของผลการคำนวณด้วยค่า R^2 , RE และ E_{ns} สำหรับช่วงปรับเทียบเท่ากับ 0.76, ร้อยละ 42.95 และ 0.71 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความแม่นยำที่ยอมรับได้ ในการสอบเทียบจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากแบบจำลองที่เป็นอิสระและปราศจากการปรับแต่งกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดใน พ.ศ. 2560 โดยได้แสดงค่า R^2 , RE และ E_{ns} เท่ากับ 0.78, ร้อยละ 93.92 และ 0.56 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความแม่นยำที่ยอมรับได้เช่นเดียวกับการปรับเทียบ ค่าดัชนีสำหรับประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง SWAT ได้แสดงไว้ในตาราง 4.17 และผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าได้แสดงในภาพประกอบ 4.18

ตาราง 4. 17 ค่าดัชนีสำหรับประเมินความแม่นยำของผลการคำนวณจากแบบจำลอง SWAT

ช่วงประเมิน/ค่าดัชนี	R^2	RE (%)	E_{ns}
การปรับเทียบ (พ.ศ. 2548-2554)	0.76	42.95	0.71
การสอบเทียบ (พ.ศ. 2560)	0.78	93.92	0.56



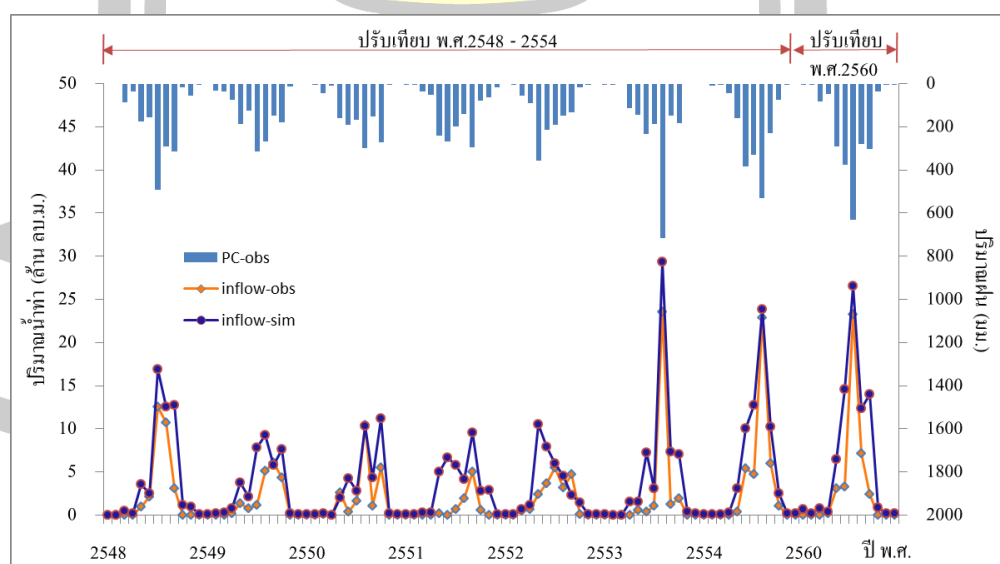
ภาพประกอบ 4.18 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างข้อมูลจากสถานีตรวจวัดและผลการคำนวณจากแบบจำลองระหว่าง พ.ศ. 2548-2554 อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

2) อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากแบบจำลองในช่วงของการปรับเทียบ (พ.ศ. 2548-2554) มีค่าเท่ากับ 3.790 ล้านลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดเท่ากับ 2.002 ล้านลูกบาศก์เมตร การประเมินความแม่นยำของผลการคำนวณด้วยค่า R^2 , RE และ E_{ns} สำหรับช่วงปรับเทียบเท่ากับ 0.70, ร้อยละ 89.31 และ 0.49 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความแม่นยำที่ยอมรับได้ ในการสอบเทียบจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากแบบจำลองที่เป็นอิสระและปราศจากการปรับแต่งกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดใน พ.ศ. 2560 โดยได้แสดงค่า R^2 , RE และ E_{ns} เท่ากับ 0.98, ร้อยละ 43.025 และ 0.38 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความแม่นยำที่ยอมรับได้เช่นเดียวกับการปรับเทียบ ค่าดัชนีสำหรับประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง SWAT ได้แสดงไว้ในตาราง 4.18 และผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าได้แสดงในภาพประกอบ 4.19

ตาราง 4. 18 ค่าดัชนีสำหรับประเมินความแม่นยำของผลการคำนวณจากแบบจำลอง SWAT

ช่วงประเมิน/ค่าดัชนี	R^2	RE (%)	E_{ns}
การปรับเทียบ (พ.ศ. 2548-2554)	0.81	89.31	0.49
การสอบเทียบ (พ.ศ. 2560)	0.77	43.025	0.38



ภาพประกอบ 4.19 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างข้อมูลจากสถานีตรวจวัดและผลการคำนวณจากแบบจำลองระหว่าง พ.ศ. 2548-2554 อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

4.3.4 ปริมาณน้ำท่าคาดการณ์ในอนาคต

ปริมาณน้ำท่าในอนาคตปีคาดการณ์ระหว่าง พ.ศ. 2561-2580 ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ภายใต้กรณีคาดการณ์ B2 ของ IPCC SRES สามารถดำเนินการได้โดยการนำเข้าสู่ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจำนวน 6 ชนิด จากแบบจำลอง PRECIS กรณี B2 ที่ได้ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนแล้ว และเปลี่ยนแปลงข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CA-Markov เป็นเครื่องมือการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตและนำไปผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมโดยใช้คาพารามิเตอร์ความอ่อนไหวที่ได้ผ่านการปรับแก้มาแล้วเป็นค่าตั้งต้น เพื่อคำนวณปริมาณน้ำท่าแบบจำลองในช่วงเวลาอนาคต ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 จาก SWAT แสดงได้ดังต่อไปนี้

1) อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

1.1) ปริมาณน้ำท่ารวมต่อปี

ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่อปีในช่วงอนาคต (พ.ศ. 2561-2610) ด้วยแบบจำลอง SWAT เมื่อนำเข้าสู่ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากแบบจำลอง PRECIS ภายใต้กรณีคาดการณ์ และ B2 รวมถึงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม พบว่ามีค่า 23.913 และ 23.984 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดในปัฐาน (พ.ศ. 2548-2554) ที่มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 25.613 ล้านลูกบาศก์เมตร อยู่ที่ 1.700 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 6.64) และ 1.629 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 6.36) ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.15

ตาราง 4. 19 ปริมาณน้ำท่ารวมเฉลี่ยต่อปี

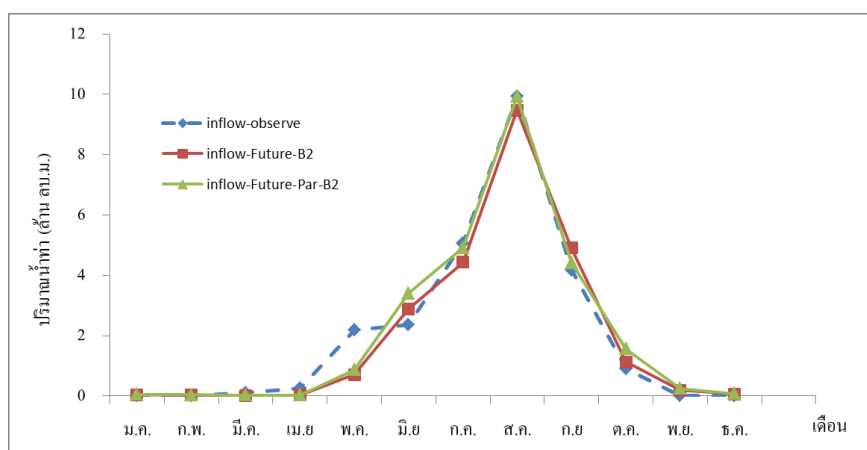
ช่วงเวลา	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)		
	ปริมาณเฉลี่ยต่อปี	ปริมาณที่ต่างจากปัฐาน	คิดเป็น (%)
ปัฐาน	25.613	-	-
ปีคาดการณ์ CA-Markov	23.913	1.700	6.64
ปีคาดการณ์ CA-Markov -Participation	23.984	1.629	6.36

1.2) ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนตามช่วงฤดูกาล

ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดในปฐฐาน (พ.ศ. 2548-2560) พบว่าในช่วงฤดูฝนหรือระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน กรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม มีค่าเฉลี่ย 3.389 และ 3.423 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าปฐฐานที่มีค่าเฉลี่ย 3.157 ล้านลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 0.232 และ 0.266 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 7.35 และ 8.42 ตามลำดับ ช่วงสิ้นสุดฤดูฝนระหว่างเดือนธันวาคมถึงเมษายน กรณีคาดการณ์จาก CA-Markov มีค่าเฉลี่ย 0.038 ล้านลูกบาศก์เมตร มีค่าต่ำกว่าปฐฐานที่มีค่าเฉลี่ย 0.072 ล้านลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 0.034 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 47.2 และกรณีคาดการณ์จาก CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม มีค่าเฉลี่ย 0.045 ล้านลูกบาศก์เมตร มีค่าต่ำกว่าปฐฐานที่มีค่าเฉลี่ย 0.072 ล้านลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 0.027 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 37.50 ดังแสดงในตาราง 4.14 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 ที่คำนวณจากแบบจำลอง SWAT เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนปฐฐานจากสถานีตรวจวัดน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำ แสดงได้ดังภาพประกอบ 4.16 ซึ่งจะแสดงได้ชัดเจนว่าช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ปริมาณน้ำท่าในกรณีคาดการณ์จาก CA-Markov จะมีค่าเฉลี่ยรายเดือนใกล้เคียงกับข้อมูลปฐฐาน เช่นเดียวกันกับกรณีคาดการณ์จาก CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม

ตาราง 4. 20 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนปีคาดการณ์และปฐฐานตามช่วงฤดูกาล

ช่วงเวลา	ช่วง พ.ศ.-พ.ย. (ล้าน ลบ.ม.)			ช่วง ธ.ค.-เม.ย. (ล้าน ลบ.ม.)		
	ปริมาณเฉลี่ย	ปริมาณที่ต่างจากปฐฐาน	คิดเป็น (%)	ปริมาณเฉลี่ย	ปริมาณที่ต่างจากปฐฐาน	คิดเป็น (%)
ปฐฐาน	3.157	-	-	0.072	-	-
ปีคาดการณ์ CA-Markov	3.389	0.232	7.35	0.038	0.034	47.22
ปีคาดการณ์ CA-Markov-Participation	3.423	0.266	8.42	0.045	0.027	37.50

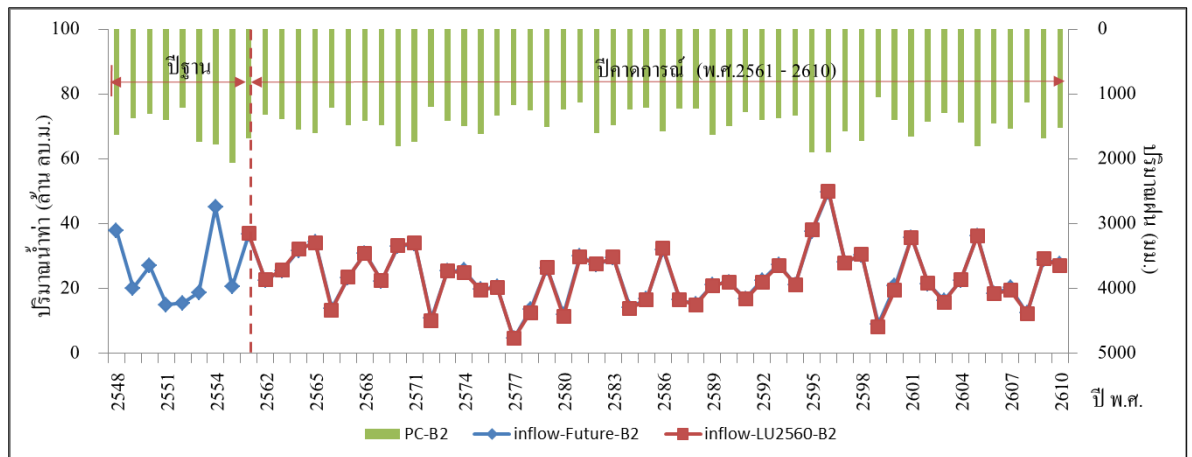


ภาพประกอบ 4.20 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนระหว่างผลการคำนวณจากแบบจำลองปีคาดการณ์และสถานีตรวจวัดปริมาณ อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

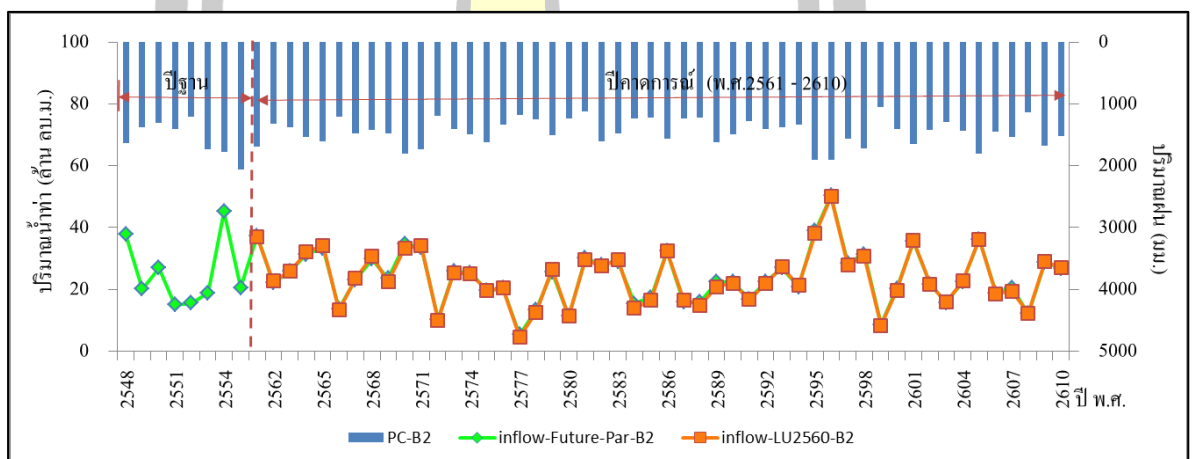
1.3) แนวโน้มปริมาณน้ำท่าในระยะยาว 50 ปี

ปริมาณน้ำท่ารายปีระหว่างปี พ.ศ. 2561-2610 ที่ได้จากสถานีตรวจวัดและการคำนวณจากแบบจำลอง SWAT ได้แสดงในภาพประกอบ 4.17 และ 4.18 เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างของปริมาณน้ำท่า ในกรณีที่มิได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2560 จะถูกทดลองใช้เพื่อเป็นตัวแทนสำหรับการคำนวณปริมาณน้ำท่าตลอดระยะเวลา 50 ปีอนาคต (พ.ศ. 2561-2610) มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการเปรียบเทียบและแสดงความแตกต่างกับปริมาณน้ำท่าที่ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เงื่อนไขเดียวกันคือการนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงในอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS กรณีคาดการณ์ B2 แบ่งเป็นกรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2560 พบว่าภายใต้กรณีคาดการณ์แบบ และ B2 มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีคือ 23.778 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อเปลี่ยนแปลงข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2561 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2561 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีคือ 23.913 และ 23.984 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2560 อยู่ที่ 0.135 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 0.57) และ 0.206 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 0.87) ตามลำดับ



ภาพประกอบ 4.21 ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง กรณีคาดการณ์จากแบบจำลอง CA-Markov ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก



ภาพประกอบ 4.22 ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง กรณีคาดการณ์จากแบบจำลอง CA-Markov ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

2) อ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจน

2.1) ปริมาณน้ำท่ารวมต่อปี

ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่อปีในช่วงอนาคต (พ.ศ. 2561-2610) ด้วยแบบจำลอง SWAT เมื่อนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากแบบจำลอง PRECIS ภายใต้กรณีคาดการณ์ และ B2 รวมถึงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม พบว่ามีค่า 24.308 และ

24.124 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดในปีฐาน (พ.ศ. 2548-2554) ที่มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 24.027 ล้านลูกบาศก์เมตร อยู่ที่ 0.281 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 1.16) และ 0.097 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 0.40) ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.21

ตาราง 4. 21 ปริมาณน้ำท่ารวมเฉลี่ยต่อปี

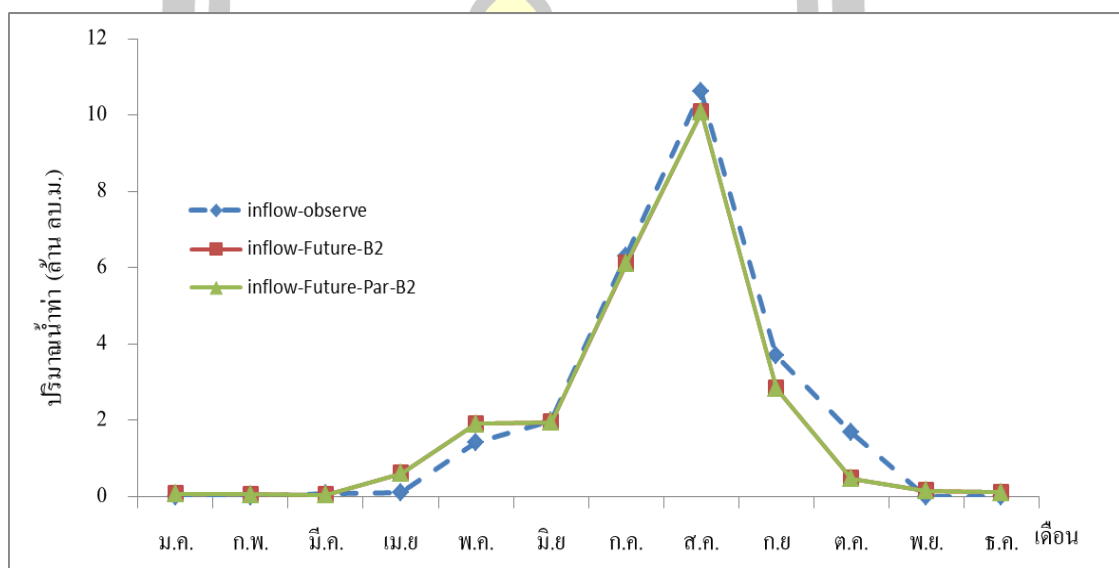
ช่วงเวลา	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)		
	ปริมาณเฉลี่ยต่อปี	ปริมาณที่ต่างจากปีฐาน	คิดเป็น (%)
ปีฐาน	24.027	-	-
ปีคาดการณ์ CA-Markov	24.313	0.286	1.19
ปีคาดการณ์ CA-Markov -Participation	24.321	0.294	1.22

2.2) ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนตามช่วงฤดูกาล

ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดในปีฐาน (พ.ศ. 2548-2560) พบว่าในช่วงฤดูฝนหรือระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายนกรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม มีค่าเฉลี่ย 3.361 และ 3.362 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าปีฐานที่มีค่าเฉลี่ย 4.291 ล้านลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 0.930 และ 0.929 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 21.67 และ 21.65 ตามลำดับ ช่วงสิ้นสุดฤดูฝนระหว่างเดือนธันวาคมถึงเมษายน กรณีคาดการณ์จากแบบจำลอง CA-Markov มีค่าเฉลี่ย 0.059 ล้านลูกบาศก์เมตร มีค่าต่ำกว่าปีฐานที่มีค่าเฉลี่ย 0.038 ล้านลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 0.021 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 55.26 และ กรณีคาดการณ์จากแบบจำลอง CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม มีค่าเฉลี่ย 0.060 ล้านลูกบาศก์เมตร มีค่าต่ำกว่าปีฐานที่มีค่าเฉลี่ย 0.038 ล้านลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 0.022 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 57.89 ดังแสดงในตาราง 4.22 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 ที่คำนวณจากแบบจำลอง SWAT เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนปีฐานจากสถานีตรวจวัดน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำ แสดงได้ดังภาพประกอบ 4.23 ซึ่งจะแสดงได้ชัดเจนว่าช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ปริมาณน้ำท่าในกรณีคาดการณ์จากแบบจำลอง CA-Markov จะมีค่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำกว่าข้อมูลปีฐาน เช่นเดียวกับกรณีคาดการณ์จากแบบจำลอง CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม

ตาราง 4. 22 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนปีคาดการณ์และปีฐานตามช่วงฤดูกาล

ช่วงเวลา	ช่วง พ.ค.-พ.ย. (ล้าน ลบ.ม.)			ช่วง ธ.ค.-เม.ย. (ล้าน ลบ.ม.)		
	ปริมาณเฉลี่ย	ปริมาณที่ต่างจากปีฐาน	คิดเป็น (%)	ปริมาณเฉลี่ย	ปริมาณที่ต่างจากปีฐาน	คิดเป็น (%)
ปีฐาน	4.291	-	-	0.038	-	-
ปีคาดการณ์ CA-Markov	3.361	0.930	21.67	0.059	0.021	55.26
ปีคาดการณ์ CA-Markov-Participation	3.362	0.929	21.65	0.060	0.022	57.89



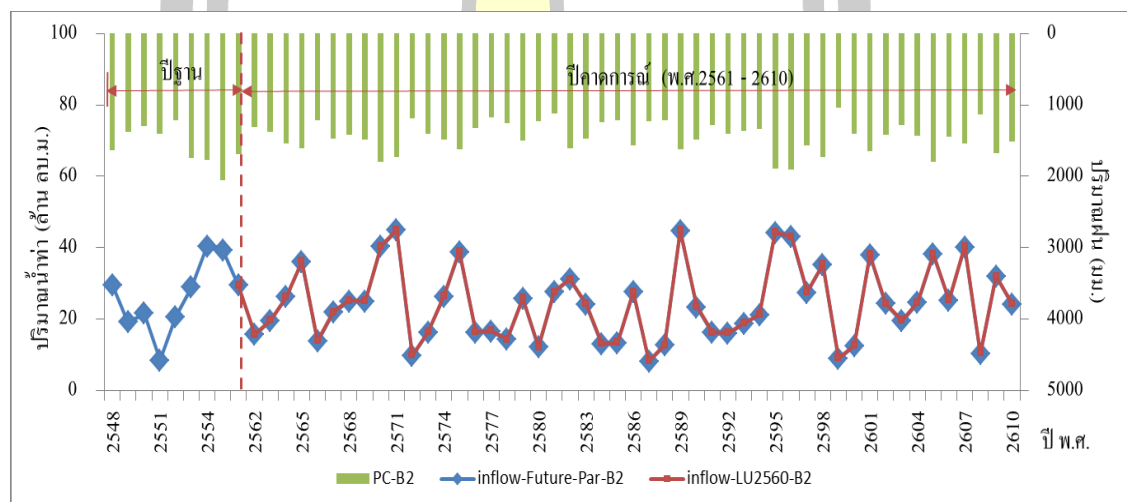
ภาพประกอบ 4.23 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนระหว่างผลการคำนวณจากแบบจำลองปีคาดการณ์และสถานีตรวจวัดปีฐาน อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

2.3) แนวโน้มปริมาณน้ำท่าในระยะยาว 50 ปี

ปริมาณน้ำท่ารายปีระหว่างปี พ.ศ. 2561-2610 ที่ได้จากสถานีตรวจวัดและการคำนวณจากแบบจำลอง SWAT ได้แสดงในภาพประกอบ 4.20 และ 4.21 เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างของปริมาณน้ำท่า ในกรณีที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2560 จะถูกทดลองใช้เพื่อเป็นตัวแทนสำหรับการคำนวณปริมาณน้ำท่าตลอดระยะเวลา 50 ปีอนาคต (พ.ศ. 2561-2610) มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการเปรียบเทียบและแสดงความแตกต่างกับปริมาณน้ำท่าที่ได้รับอิทธิพลจากการ

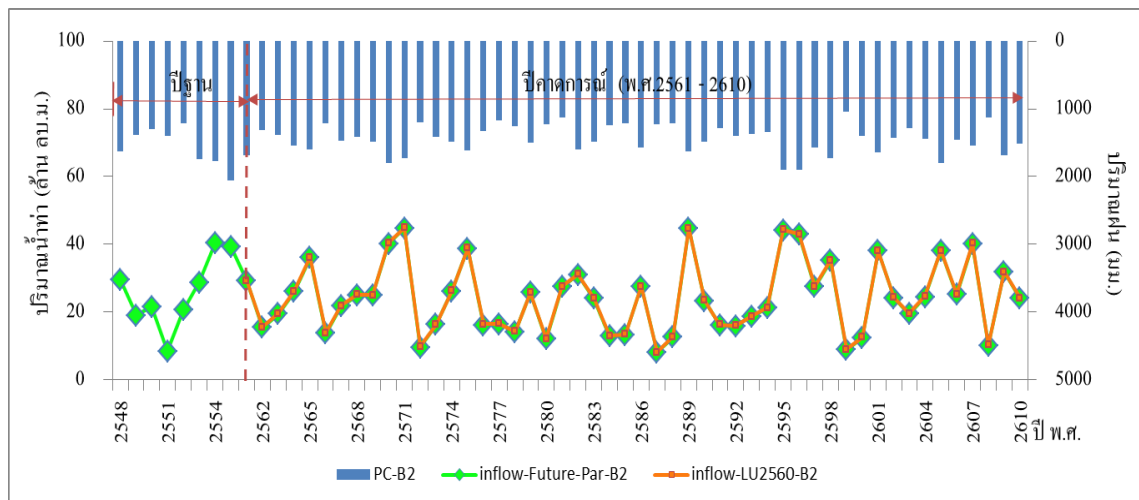
เปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เงื่อนไขเดียวกันคือการนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงในอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง PRECIS กรณีคาดการณ์ B2 แบ่งเป็นกรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2560 พบว่าภายใต้กรณีคาดการณ์แบบ B2 มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีคือ 24.465 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อเปลี่ยนแปลงข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov ในอนาคต 50 ปี แล้วนำไปผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีคือ 24.313 และ 24.321 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2560 อยู่ที่ 0.152 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 0.62) และ 0.144 ล้านลูกบาศก์เมตร (ร้อยละ 0.59) ตามลำดับ



ภาพประกอบ 4.24 ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง กรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

พหุบัณฑิต ชีวะ



ภาพประกอบ 4.25 ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง กรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

4.3.5 ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในป้อนาคต

ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยเดือนที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAT ณ ตำแหน่งของน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ กรณีคาดการณ์ทั้งสองแบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการสร้างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำในอนาคตต่อไป ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก และอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 (50 ปี) โดยปริมาณน้ำท่ารายปีได้แสดงไว้ในตาราง 4.23 และ 4.24

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

ตาราง 4. 23 ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 กรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม

พ.ศ.	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)	
	Inflow CA Markov-B2	Inflow CA Markov-Parcipation-B2
2561	36.792	37.315
2562	22.576	22.117
2563	25.569	25.808
2564	31.775	31.427
2565	34.455	33.388
2566	13.885	13.784
2567	23.336	23.161
2568	30.859	29.864
2569	22.239	23.551
2570	33.113	34.659
2571	33.747	33.697
2572	10.823	10.312
2573	25.385	25.873
2574	25.638	25.419
2575	19.661	19.583
2576	20.525	20.453
2577	4.670	5.278
2578	13.552	13.462
2579	26.280	25.674
2580	11.994	11.319
2581	30.099	30.076
2582	27.322	28.007
2583	29.583	29.073
2584	14.230	15.478
2585	16.803	17.381

ตาราง 4.23 ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 กรณี
คาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม (ต่อ)

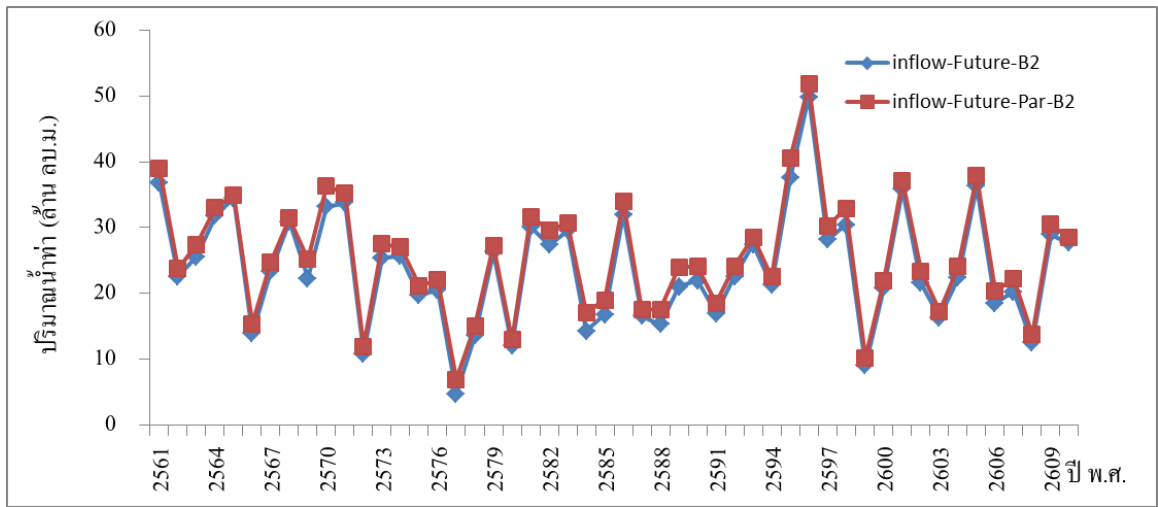
พ.ศ.	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)	
	Inflow CA Markov-B2	Inflow CA Markov-Participation-B2
2586	32.011	32.423
2587	16.494	15.844
2588	15.278	15.977
2589	21.026	22.374
2590	21.954	22.446
2591	16.923	16.893
2592	22.573	22.529
2593	27.415	26.901
2594	21.219	20.908
2595	37.541	38.931
2596	49.860	50.247
2597	28.124	28.537
2598	30.385	31.333
2599	9.001	8.548
2600	20.836	20.311
2601	35.841	35.552
2602	21.534	21.741
2603	16.299	15.650
2604	22.363	22.454
2605	36.272	36.234
2606	18.514	18.781
2607	20.254	20.600
2608	12.425	12.123
2609	28.936	28.877
2610	27.670	26.850

ตาราง 4. 24 ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 กรณีคาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม

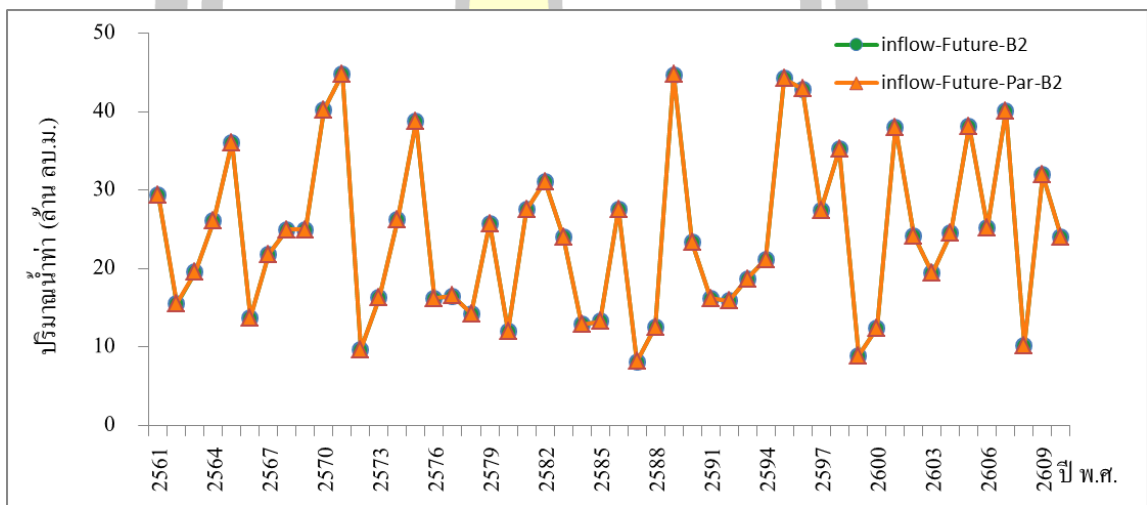
พ.ศ.	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)	
	Inflow CA Markov-B2	Inflow CA Markov-Parcipation-B2
2561	29.347	29.355
2562	15.500	15.509
2563	19.501	19.512
2564	26.070	26.089
2565	36.041	36.047
2566	13.724	13.733
2567	21.782	21.786
2568	24.957	24.957
2569	24.961	24.967
2570	40.231	40.236
2571	44.795	44.805
2572	9.657	9.670
2573	16.270	16.276
2574	26.184	26.187
2575	38.742	38.755
2576	16.201	16.212
2577	16.481	16.488
2578	14.233	14.242
2579	25.700	25.708
2580	12.002	12.012
2581	27.468	27.476
2582	31.093	31.106
2583	24.030	24.041
2584	12.856	12.855
2585	13.267	13.271

ตาราง 4.24 ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 กรณี
คาดการณ์จากแผนที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม (ต่อ)

พ.ศ.	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)	
	Inflow CA Markov-B2	Inflow CA Markov-Parcipation-B2
2586	27.541	27.547
2587	8.121	8.132
2588	12.527	12.538
2589	44.710	44.721
2590	23.309	23.315
2591	16.167	16.178
2592	15.848	15.852
2593	18.684	18.692
2594	21.143	21.143
2595	44.191	44.203
2596	42.875	42.888
2597	27.401	27.405
2598	35.201	35.205
2599	8.847	8.852
2600	12.398	12.407
2601	37.985	38.001
2602	24.187	24.195
2603	19.399	19.409
2604	24.514	24.512
2605	38.124	38.138
2606	25.191	25.202
2607	40.079	40.083
2608	10.158	10.170
2609	31.913	31.925
2610	24.028	24.034



ภาพประกอบ 4.26 ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกในอนาคต กรณีคาดการณ์จากแผน
ที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม



ภาพประกอบ 4.27 ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจนในอนาคต กรณีคาดการณ์จากแผน
ที่ CA-Markov และแผนที่ CA-Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม



4.4 ผลความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกทั้งกรณีปัจจุบันและกรณีใช้กระบวนการมีส่วนร่วม

4.4.1 ความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำกรณีปัจจุบัน

ความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำกรณีปัจจุบันของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกจากการรวบรวมเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษา มีดังต่อไปนี้

1) ความต้องการใช้น้ำด้านการเกษตร

ข้อมูลที่นำมาพิจารณาในการคำนวณความต้องการใช้น้ำด้านการเกษตรในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ได้แก่ ข้อมูลชนิดพืชเพาะปลูก พื้นที่การเพาะปลูก ช่วงระยะเวลาการเพาะปลูก ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในแต่ละช่วงอายุสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ อัตราความต้องการใช้น้ำของพืชต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้จากการสำรวจและข้อมูลจากหน่วยงานราชการ นำมารวบรวมและวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 4.25 ถึง 4.26 ตามลำดับ



ตาราง 4. 25 ระยะเวลาเพาะปลูกพืชในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

ลำดับ	ชนิดพืช	ระยะเวลาเพาะปลูก (เดือน)												พื้นที่ (ไร่)			
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.				
1	ข้าว กข (นาปี)																2,259
2	ข้าว กข (นาปล้ง)																1,425
3	ข้าวหอมมะลิ																3,881
4	ข้าวโพดหวาน																303
5	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์																345
6	มันสำปะหลัง																812
7	อ้อย																3,417
8	มะพร้าว																420
9	แตงโม																236
10	ยางพารา																252
																รวม	13,350

ที่มา: กลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทานอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน ประจำปี พ.ศ.2560
หมายเหตุ: พื้นที่ชลประทานทั้งหมด 14,544 ไร่

ตาราง 4. 26 ระยะเวลาเพาะปลูกพืช ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

ลำดับ	ชนิดพืช	ระยะเวลาเพาะปลูก (เดือน)												พื้นที่ (ไร่)			
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.				
1	ข้าว กข (นาปี)																3,570
2	ข้าว กข (นาปล้ง)																1,190
3	ข้าวหอมมะลิ																4,596
4	ข้าวโพดหวาน																450
5	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์																115
6	มันสำปะหลัง																580
7	อ้อย																450
8	แตงโม																90
9	ถั่วลิสง																103
10	ถั่วเหลือง																210
11	น้ำเต้า																128
12	ฟักทอง																63
13	ยางพารา																150
												รวม		11,695			

ที่มา: กลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทานอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ประจำปี 2560

หมายเหตุ พื้นที่ชลประทานทั้งหมด 12,672 ไร่

ตาราง 4. 27 ปริมาณการใช้น้ำรายเดือนของพืช อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

เดือน	ET ₀	ชนิดพืช												ปริมาณความ ต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม.)
		ข้าว กข (นาปี)		ข้าว กข (นาปล้ง)		ข้าวหอมมะลิ		ข้าวโพดหวาน		ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์		พื้นที่ (ไร่)		
		Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)			
ม.ค.	108.27	-	-	1.628	1,425	-	-	-	-	0.393	345	-	-	0.425
ก.พ.	117.27	-	-	1.143	1,425	-	-	-	-	-	-	-	-	0.306
มี.ค.	156.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เม.ย.	159.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พ.ค.	144.29	1.000	2,259	-	-	1.000	3,881	-	-	-	-	-	-	1.417
มิ.ย.	125.30	1.130	2,259	-	-	0.900	3,881	-	-	-	-	-	-	1.212
ก.ค.	126.60	1.450	2,259	-	-	1.528	3,881	-	-	-	-	-	-	1.865
ส.ค.	116.75	1.230	2,259	-	-	1.558	3,881	-	-	-	-	-	-	1.649
ก.ย.	119.71	0.860	2,259	-	-	0.590	3,881	-	-	-	-	-	-	0.811
ต.ค.	124.48	-	-	-	-	-	-	0.790	303	0.835	345	-	-	0.105
พ.ค.	113.44	-	-	0.463	1,425	-	-	1.185	303	1.528	345	-	-	0.281
ธ.ค.	105.40	-	-	1.425	1,425	-	-	0.573	303	1.403	345	-	-	0.453

หมายเหตุ ET₀ คือ ค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิงของพืช, ETc คือ อัตราความต้องการใช้น้ำของพืชต่อหน่วยพื้นที่ (มิลลิเมตรต่อเดือน)

Kc คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในแต่ละช่วง ภายสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ (ภาคผนวก)

ตาราง 4.27 ปริมาณการใช้น้ำรายเดือนของพืช อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน (ต่อ)

เดือน	ET ₀	ชนิดพืช												ปริมาณความ ต้องการใช้น้ำ (ล้านลบ.ม.)
		มันสำปะหลัง		อ้อย		มะระ		แตงโม		ยางพารา				
		Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)			
ม.ค.	108.27	0.400	812	-	-	-	-	1.415	236	2.570	252	-	-	0.226
ก.พ.	117.27	0.600	812	-	-	-	-	1.793	236	2.010	252	-	-	0.266
มี.ค.	156.70	0.800	812	-	-	-	-	0.738	236	1.410	252	-	-	0.296
เม.ย.	159.45	0.800	812	-	-	-	-	-	-	2.130	252	-	-	0.303
พ.ค.	144.29	0.800	812	-	-	-	-	-	-	1.250	252	-	-	0.223
มิ.ย.	125.30	0.800	812	-	-	-	-	-	-	1.780	252	-	-	0.220
ก.ค.	126.60	0.800	812	-	-	-	-	-	-	2.710	252	-	-	0.270
ส.ค.	116.75	0.700	812	-	-	-	-	-	-	2.490	252	-	-	0.223
ก.ย.	119.71	0.600	812	-	-	-	-	-	-	1.870	252	-	-	0.184
ต.ค.	124.48	0.500	812	0.998	3,417	1.138	420	-	-	2.180	252	-	-	0.965
พ.ค.	113.44	0.300	812	1.245	3,417	1.460	420	-	-	3.990	252	-	-	1.110
ธ.ค.	105.40	0.300	812	0.288	3,417	1.015	420	-	-	3.640	252	-	-	0.434

หมายเหตุ ET₀ คือ ค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิงของพืช, ETc คือ อัตราความต้องการใช้น้ำของพืชต่อหน่วยพื้นที่ (มิลลิเมตรต่อเดือน)

Kc คือ เพาะปลูก ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในแต่ละช่วง อายุสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ (ภาคผนวก)

ตาราง 4. 28 ปริมาณการใช้รายการเดือนของพืช ว่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

เดือน	ET ₀	ชนิดพืช												ปริมาณความ ต้องการใช้น้ำ (ล้านลบ.ม.)
		ข้าว กข (นาปี)		ข้าว กข (นาปล้ง)		ข้าวหอมมะลิ		ข้าวโพดหวาน		ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์		พื้นที่ (ไร่)		
		Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)			
ม.ค.	108.27	-	-	1.628	1,190	-	-	0.573	450	1.403	115	-	-	0.408
ก.พ.	117.27	-	-	1.143	1,190	-	-	-	-	0.393	115	-	-	0.264
มี.ค.	156.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เม.ย.	159.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พ.ค.	144.29	1.000	3,570	-	-	1.000	4,596	-	-	-	-	-	-	1.885
มิ.ย.	125.30	1.130	3,570	-	-	0.900	4,596	-	-	-	-	-	-	1.638
ก.ค.	126.60	1.450	3,570	-	-	1.528	4,596	-	-	-	-	-	-	2.471
ส.ค.	116.75	1.230	3,570	-	-	1.558	4,596	-	-	-	-	-	-	2.158
ก.ย.	119.71	0.860	3,570	-	-	0.590	4,596	-	-	-	-	-	-	1.107
ต.ค.	124.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พ.ค.	113.44	-	-	0.463	1,190	-	-	0.790	450	0.835	115	-	-	0.182
ธ.ค.	105.40	-	-	1.425	1,190	-	-	1.185	450	1.528	115	-	-	0.406

หมายเหตุ ET₀ คือ ค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิงของพืช, ETc คือ อัตราความต้องการใช้น้ำของพืชต่อหน่วยพื้นที่ (มิลลิเมตรต่อเดือน)

Kc คือ พืชปลูก ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในแต่ละช่วง ว่างสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ (ภาคผนวก)

ตาราง 4.28 ปริมาณการใช้รายเดือนของพีช อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (ต่อ)

เดือน	ET ₀	ชนิดพีช												ปริมาณความ ต้องการใช้น้ำ (ล้าน ลบ.ม.)
		มันสำปะหลัง		อ้อย		แตงโม		ถั่วลิสง		ถั่วเหลือง		ปริมาณความ ต้องการใช้น้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		
		Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)			
ม.ค.	108.27	0.400	580	0.288	450	1.415	90	0.778	103	0.788	210	0.121		
ก.พ.	117.27	0.600	580	-	-	1.793	90	1.263	103	1.310	210	0.172		
มี.ค.	156.70	0.800	580	-	-	0.738	90	0.928	103	0.988	210	0.209		
เม.ย.	159.45	0.800	580	-	-	-	-	0.388	103	0.365	210	0.148		
พ.ค.	144.29	0.800	580	-	-	-	-	-	-	-	-	0.107		
มิ.ย.	125.30	0.800	580	-	-	-	-	-	-	-	-	0.093		
ก.ค.	126.60	0.800	580	-	-	-	-	-	-	-	-	0.094		
ส.ค.	116.75	0.700	580	-	-	-	-	-	-	-	-	0.076		
ก.ย.	119.71	0.600	580	-	-	-	-	-	-	-	-	0.067		
ต.ค.	124.48	0.500	580	-	-	-	-	-	-	-	-	0.058		
พ.ค.	113.44	0.300	580	0.998	450	-	-	-	-	-	-	0.090		
ธ.ค.	105.40	0.300	580	1.245	450	-	-	-	-	-	-	0.097		

หมายเหตุ ET₀ คือ ค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิงของพีช, ETc คือ อัตราความต้องการใช้น้ำของพืชต่อหน่วยพื้นที่ (มีลมตรงต่อเดือน)

Kc คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในแต่ละช่วง อายุสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ (ภาคผนวก)

ตาราง 4. 29 ปริมาณการใช้น้ำรายเดือนของพืช อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (ต่อ)

เดือน	ET ₀	ชนิดพืช										ปริมาณความ ต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม.)
		น้ำเต้า		ผักทอง		ยางพารา						
		Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)	Kc	พื้นที่ (ไร่)					
ม.ค.	108.27	1.420	128	1.000	63	2.570	150					0.109
ก.พ.	117.27	0.790	128	0.910	63	2.010	150					0.086
มี.ค.	156.70	0.740	128	1.080	63	1.410	150					0.094
เม.ย.	159.45	-	-	1.000	-	2.130	150					0.098
พ.ค.	144.29	-	-	-	-	1.250	150					0.043
มิ.ย.	125.30	-	-	-	-	1.780	150					0.054
ก.ค.	126.60	-	-	-	-	2.710	150					0.082
ส.ค.	116.75	-	-	-	-	2.490	150					0.070
ก.ย.	119.71	-	-	-	-	1.870	150					0.054
ต.ค.	124.48	-	-	-	-	2.180	150					0.065
พ.ค.	113.44	-	-	-	-	3.990	150					0.109
ธ.ค.	105.40	-	-	-	-	3.640	150					0.092

หมายเหตุ ET₀ คือ ค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิงของพืช, ETC คือ อัตราความต้องการใช้น้ำของพืชต่อหน่วยพื้นที่ (ลิเมตรต่อเดือน)

Kc คือ พหุคูณการใช้น้ำในแต่ละช่วง आयुสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ (ภาคผนวก)

ตาราง 4. 30 ปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

ชนิดพืช	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
	ปริมาณความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม./เดือน)											
ข้าว กข (นาปี)	-	-	-	-	0.522	0.512	0.664	0.519	0.372	-	-	-
ข้าว กข (นาปลัง)	0.402	0.306	-	-	-	-	-	-	-	-	0.120	0.342
ข้าวหอมมะลิ	-	-	-	-	0.896	0.700	1.201	1.130	0.439	-	-	-
ข้าวโพดหวาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.048	0.065	0.029
ข้าวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	0.023	-	-	-	-	-	-	-	-	0.057	0.096	0.082
มันสำปะหลัง	0.056	0.091	0.163	0.166	0.150	0.130	0.132	0.106	0.093	0.081	0.044	0.041
อ้อย	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.679	0.772	0.166
มะระ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.095	0.111	0.072
แตงโม	0.058	0.079	0.044	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ยางพารา	0.112	0.095	0.089	0.137	0.073	0.090	0.138	0.117	0.090	0.109	0.183	0.155
รวม	0.652	0.571	0.296	0.303	1.640	1.432	2.135	1.872	0.994	1.070	1.391	0.887

ตาราง 4. 31 ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าเพื่อการเกษตร อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

ชนิดพืช	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
	ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า (ล้าน ลม.ม./เดือน)											
ข้าว กข (นาปี)	-	-	-	-	0.824	0.809	1.049	0.820	0.588	-	-	-
ข้าว กข (นาปล้ง)	0.336	0.255	-	-	-	-	-	-	-	-	0.100	0.286
ข้าวหอมมะลิ	-	-	-	-	1.061	0.829	1.423	1.338	0.519	-	-	-
ข้าวโพดหวาน	0.045	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.065	0.090
ข้าวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	0.028	0.008	-	-	-	-	-	-	-	-	0.017	0.030
มันสำปะหลัง	0.040	0.065	0.116	0.118	0.107	0.093	0.094	0.076	0.067	0.058	0.032	0.029
อ้อย	0.016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.058	0.067
แตงโม	0.022	0.030	0.017	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ถั่วลิสง	0.014	0.024	0.024	0.010	-	-	-	-	-	-	-	-
ถั่วเหลือง	0.029	0.052	0.052	0.020	-	-	-	-	-	-	-	-
น้ำเต้า	0.031	0.019	0.024	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ฟักทอง	0.011	0.011	0.017	0.016	-	-	-	-	-	-	-	-
ยางพารา	0.067	0.057	0.053	0.082	0.043	0.054	0.082	0.070	0.054	0.065	0.109	0.092
รวม	0.638	0.522	0.303	0.246	2.036	1.785	2.647	2.304	1.228	0.123	0.380	0.594

ตัวอย่างการคำนวณ

จากตาราง 4.31 กำหนดให้ปลูกถั่วเหลือง ในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน จำนวน 210 ไร่ ค่าการคายระเหยรวมการระเหยน้ำอ้างอิงของพืช (ET_0) เท่ากับ 108.27 117.27 156.70 159.45 มิลลิเมตร/เดือน และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (K_c) รายเดือน เท่ากับ 0.788 1.310 0.988 0.365 ตามลำดับ

วิธีทำ

จากสมการ

$$\text{อัตราความต้องการใช้น้ำของพืชต่อหน่วยพื้นที่ (ETc)} = ET_0 \times K_c$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} ET_{c\text{Jan}} &= ET_0 \times K_{c\text{Jan}} \\ &= 108.27 \times 0.788 \\ &= 85.317 \text{ มิลลิเมตรต่อเดือน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ET_{c\text{Feb}} &= ET_0 \times K_{c\text{Feb}} \\ &= 117.27 \times 1.310 \\ &= 153.624 \text{ มิลลิเมตรต่อเดือน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ET_{c\text{Mar}} &= ET_0 \times K_{c\text{Mar}} \\ &= 156.70 \times 0.988 \\ &= 154.820 \text{ มิลลิเมตรต่อเดือน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ET_{c\text{Apr}} &= ET_0 \times K_{c\text{Apr}} \\ &= 159.450 \times 0.365 \\ &= 58.199 \text{ มิลลิเมตรต่อเดือน} \end{aligned}$$

จากสมการ

$$\text{ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร (Vd)} = ET_c \times A$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} V_{d\text{Jan}} &= (85.317 \times 210 \times 1,600 \times 10^{-3}) \\ &= 28,666.512 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน} \\ &= 0.029 \text{ ล้าน ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{d_{Feb}} &= (153.624 \times 210 \times 1,600 \times 10^{-3}) \\ &= 51,617.664 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน} \\ &= 0.052 \text{ ล้าน ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{d_{Mar}} &= (154.820 \times 210 \times 1,600 \times 10^{-3}) \\ &= 52,019.520 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน} \\ &= 0.052 \text{ ล้าน ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{d_{Apr}} &= (58.199 \times 210 \times 1,600 \times 10^{-3}) \\ &= 19,554.864 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน} \\ &= 0.020 \text{ ล้าน ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน} \end{aligned}$$

ดังนั้นปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกกล้วยเหลือง ในเดือนมกราคมถึงเมษายน จำนวน 210 ไร่ เท่ากับ 0.029 0.052 0.052 0.020 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือนตามลำดับ



2) ความต้องการใช้น้ำด้านการอุปโภค-บริโภค

ข้อมูลที่นำมาพิจารณาในการคำนวณความต้องการใช้น้ำด้านการอุปโภค-บริโภคในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ได้แก่ ข้อมูลจำนวนประชากร อัตราความต้องการใช้น้ำรายวัน นำมารวบรวมและวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 4.32 และ 4.33 ตามลำดับ

ตาราง 4. 32 ปริมาณความต้องการใช้น้ำอุปโภค-บริโภค อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

ตำบล	หมู่ที่	หมู่บ้าน	จำนวนประชากร (คน)	ปริมาณความต้องการใช้น้ำ (ลิตร/วัน)	ปริมาณความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./เดือน)
1. ห้างแสง	1	ห้างแสง	542	120	1,951.200
	5	ห้างแสง	565	120	2,034.000
	12	โพธิ์ทอง	466	120	1,677.600
2. สามัคคี	3	ไทยเจริญ	390	120	1,404.000
	7	แสงสุวรรณ	345	120	1,242.000
	9	นาเซ	225	120	810.000
	10	นาจาน	487	120	1,753.200
	12	โคกวิไล	624	120	2,246.400
	15	ห้วย	576	120	2,073.600
รวม			4,220		15,192.000

หมายเหตุ อัตราการใช้น้ำของประชากรในเขตเมืองและนอกเมืองจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามจำนวนประชากรโดยกำหนดจำนวนประชากรจำนวนเริ่มตั้งแต่ 3,000 คน ใช้น้ำในอัตรา 120 ลิตรต่อคนต่อวัน และเพิ่มประชากรมากกว่า 50,000 คน ใช้น้ำในอัตรา 300 ลิตรต่อคนต่อวัน

พูน ปณ ทิโต ชิว

ตาราง 4. 33 ปริมาณความต้องการใช้น้ำอุปโภค-บริโภค อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

ตำบล	หมู่ที่	หมู่บ้าน	จำนวน ประชากร (คน)	ปริมาณความ ต้องการ ใช้น้ำ(ลิตร/ วัน)	ปริมาณความ ต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./เดือน)
1. โคกสำราญ	11	หนองยางใต้	1,121	120	4,035.600
2. บุ่งคำ	2	ป่าขี้ยาง	667	120	2,401.200
	3	หนองแคน	744	120	2,678.400
	9	โคกก่อง	522	120	1,879.200
3. ไร่สีสุก จ.อำนาจเจริญ	1	ไร่สีสุก	1,024	120	3,686.400
รวม			4,078		21,639.600

หมายเหตุ อัตราการใช้น้ำของประชากรในเขตเมืองและนอกเมืองจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามจำนวนประชากรโดยกำหนดจำนวนประชากรจำนวนเริ่มตั้งแต่ 3,000 คน ใช้น้ำในอัตรา 120 ลิตรต่อคนต่อวัน และ เพิ่มประชากรมากกว่า 50,000 คน ใช้น้ำในอัตรา 300 ลิตรต่อคนต่อวัน

ตัวอย่างการคำนวณ

จากตาราง 4.32 หมู่ 3 บ้านไทยเจริญ ตำบลสามัคคี มีจำนวนประชากรจำนวน 390 คน กำหนดให้อัตราการใช้น้ำ 120 ลิตรต่อคนต่อวัน

วิธีทำ

จากสมการ

$$\text{อัตราความต้องการใช้น้ำด้านการอุปโภค-บริโภค (Vd)} = P \times \text{Rd}$$

โดย

P คือ จำนวนประชากร (คน)

Rd คือ อัตราการใช้น้ำรายวัน (ลบ.ม./วัน)

แทนค่า

$$Vd = P \times Rd$$

$$= [(390 \times 120 \times 30) / 1000]$$

$$= 1,404.000 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน}$$

ดังนั้นปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค หมู่ 3 บ้านไทยเจริญ ตำบลสามัคคี เท่ากับ 1,404.000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน หรือ 0.001 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

3) ความต้องการใช้น้ำด้านปศุสัตว์

ข้อมูลที่นำมาพิจารณาในการคำนวณความต้องการใช้น้ำด้านการปศุสัตว์ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ได้แก่ ข้อมูลชนิดสัตว์ จำนวนสัตว์ อัตราความต้องการใช้น้ำรายวัน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้จากการสำรวจข้อมูลจากหน่วยงาน นำมารวบรวมและวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 4.34 และ 4.35 ตามลำดับ



ตาราง 4.34 ปริมาณความต้องการใช้น้ำสดในแต่ละชนิด อย่างเป็นทางการอื่น ๆ

ชนิด	สุกร (พื้นที่)	โค	กระบือ	แพะ	แกะ	สัตว์ปีก	ปริมาณความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./เดือน)	
อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)	20	80	80	15	15	0.5		
พื้นที่								
ตำบล	หมู่	บ้าน	จำนวน (ตัว)					
ห้องแซง	1	ห้องแซง	54	-	-	-	451.800	
	5	ห้องแซง	24	-	-	-	241.200	
	12	โพธิ์ทอง	38	-	-	-	198.000	
สามัคคี	3	ไทยเจริญ	29	32	24	-	202.800	
	7	แสงสุวรรณ	47	-	-	-	198.000	
บ่อปลา								
รวม								136,000.000
รวม								137,291.800

หมายเหตุ 1. จำนวนสัตว์ ที่มา รายงานจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์ ระดับ เขต/จังหวัด/อำเภอ กรมปศุสัตว์ ณ วันที่ 19 เดือน มิถุนายน 2560

2. อัตราการใช้น้ำรายงาน คู่มือปฏิบัติการ จัดสรรน้ำ เล่ม ๘

ตาราง 4. 35 ปริมาณความต้องการใช้น้ำสำหรับแต่ละชนิด อย่างเกินน้ำช่วยเหลือแบบ

ชนิด		สุกร(พื้นที่)	โค	กระบือ	แพะ	แกะ	สัตว์ปีก	ปริมาณความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./เดือน)	
อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/ตัว/วันสัปดาห์)		20	80	80	15	15	0.5		
พื้นที่		จำนวน (ตัว)							
ตำบล	หมู่	บ้าน							
โคกลำราญ	11	หนองยางใต้	98	47	-	22	-	357.900	
บึงคำ	2	ป่าขี้ยาง	64	51	-	-	-	276.000	
	3	หนองแคน	102	43	-	2	-	363.300	
	9	โคกก่อง	41	52	-	-	-	225.000	
ไร่สีสุก	1	ไร่สีสุก	32	61	-	-	-	223.200	
			บ่อปลา						62,000.000
			รวม						63,445.400

หมายเหตุ 1. จำนวนสัตว์ ที่มา รายงานจำนวนเกษตรกรเลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์ ระดับ เขต/จังหวัด/อำเภอ กรมปศุสัตว์ ณ : วันที่ 19 เดือนมิถุนายน 2560

2. อัตราการใช้น้ำรายวัน คูณอุปโภคบริโภค จัดสรรน้ำ เล่ม ๘

ตัวอย่างการคำนวณ

จากตาราง 4.34 หมู่ 12 บ้านโพธิ์ทอง มีจำนวนโคทั้งหมด จำนวน 43 ตัว กำหนดให้อัตราการใช้น้ำ 80 ลิตรต่อตัวต่อวัน

วิธีทำ

จากสมการ

$$\text{อัตราความต้องการใช้น้ำของโค (ลิตร/ตัว/วัน)} = \text{จำนวนวัว (ตัว)} \times \text{อัตราการใช้น้ำรายวัน (ลิตร/ตัว/วัน)}$$

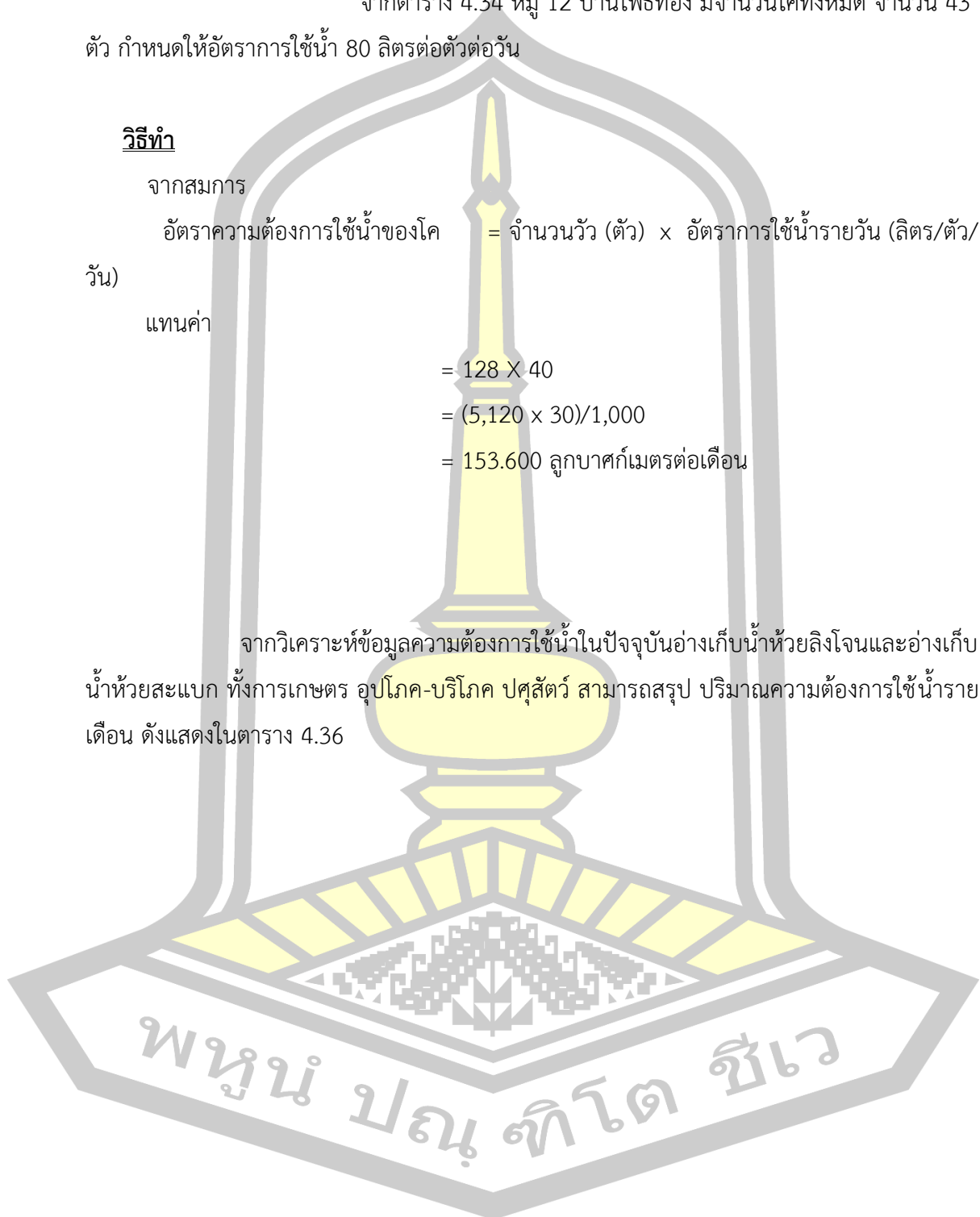
แทนค่า

$$= 128 \times 40$$

$$= (5,120 \times 30)/1,000$$

$$= 153.600 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน}$$

จากวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการใช้น้ำในปัจจุบันอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ทั้งการเกษตร อุปโภค-บริโภค ปศุสัตว์ สามารถสรุป ปริมาณความต้องการใช้น้ำรายเดือน ดังแสดงในตาราง 4.36



ตาราง 4. 36 ความต้องการใช้น้ำทำอย่างเก็บน้ำกรณิน้ำปัจจุบันกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร)

อ่างเก็บน้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ชนิดการใช้น้ำ												
ด้านการเกษตร	0.652	0.571	0.296	0.303	1.640	1.432	2.135	1.872	0.994	1.070	1.391	0.887
*ด้านการอุปโภค-บริโภค	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515
ด้านปศุสัตว์	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137
ด้านการเกษตร	0.638	0.522	0.303	0.246	2.036	1.785	2.647	2.304	1.228	0.123	0.380	0.594
ด้านการอุปโภค-บริโภค	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
ด้านปศุสัตว์	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063

หมายเหตุ * การประปาเสิงนททาขอใช้น้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจน 500,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

4.4.2 ผลการประมาณความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกกรณีใช้กระบวนการมีส่วนร่วม

ผลความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกกรณีใช้กระบวนการมีส่วนร่วม เป็นการประมาณความต้องการใช้น้ำทำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกโดยกระบวนการมีส่วนร่วม ในที่นี้ ได้ผลจากการสำรวจเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างประชากรกลุ่มผู้ใช้น้ำในพื้นที่ศึกษา โดยข้อมูลที่ได้จากการตอบกลับแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ ความถี่และค่าร้อยละของแบบสอบถามส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ตาราง 4. 37 จำนวนร้อยละเกี่ยวกับสถานภาพของผู้กลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่ (N= 98)	ร้อยละ
1. เพศ		
1.1 ชาย	52	53.1
1.2 หญิง	46	46.9
2. อายุ		
2.1 ต่ำกว่า 20 ปี	4	4.1
2.2 21-30 ปี	21	21.4
2.3 31-40 ปี	42	42.9
2.4 41-50 ปี	28	28.6
2.5 มากกว่า 50 ปี	3	3.1
3. ระดับการศึกษา		
3.1 ประถมศึกษา	25	25.5
3.2 มัธยมต้น	21	21.4
3.3 มัธยมปลาย	43	43.9
3.4 ปริญญาตรี	8	8.2
3.5 สูงกว่าปริญญาตรี	1	1.0

ตาราง 4.37 จำนวนร้อยละเกี่ยวกับสถานภาพของผู้กลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน (ต่อ)

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่ (N=98)	ร้อยละ
4. อาชีพ		
4.1 รับราชการ	11	11.2
4.2 เอกชน/รัฐวิสาหกิจ	3	3.1
4.3 นักเรียน/นักศึกษา	15	15.3
4.4 ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	14	14.3
4.5 เกษตรกรรม	54	55.1
4.6 อื่น ๆ	1	1.0
5. ตำแหน่งปัจจุบัน		
5.1 ประธานกลุ่มผู้ใช้น้ำ	1	1.0
5.2 คณะกรรมการกลุ่มผู้ใช้น้ำ	12	12.2
5.3 สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำ	85	86.7
5.4 อื่นๆ (ระบุ)	5	5.1
6. ตำแหน่งคลองส่งน้ำที่ท่านใช้		
6.1 ใกล้กับอ่างเก็บน้ำ	37	37.8
6.2 ไกลจากอ่างเก็บน้ำ	61	62.2
7. ผู้กรอกข้อมูล		
7.1 ห้องแซง หมู่ 1	13	12.8
7.2 ห้องแซง หมู่ 5	13	13.3
7.3 โพธิ์ทอง	11	11.0
7.4 ไทยเจริญ	9	9.2
7.5 แสงสุวรรณ	8	8.1
7.6 นาเซ	5	5.3
7.7 นาจาน	11	11.5
7.8 โคกวิไล	14	14.7
7.9 หวาย	13	13.6

ตาราง 4.37 จำนวนร้อยละเกี่ยวกับสถานภาพของผู้กลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน (ต่อ)

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่ (N=98)	ร้อยละ
8. แหล่งน้ำหลักที่ใช้ทางการเกษตร		
8.1 น้ำฝน	3	3.1
8.2 คลองชลประทาน	58	59.2
8.3 ประปา	0	0.0
8.4 บ่อบาดาล	13	13.3
8.5 อ่างเก็บน้ำ	2	2.0
8.6 สระน้ำ	15	15.3
8.7 ห้วย/หนอง	3	3.1
8.8 อื่นๆ ระบุ.....	4	4.1
9. แหล่งน้ำสำรองที่ใช้ทางการเกษตร		
9.1 น้ำฝน	23	23.5
9.2 คลองชลประทาน	2	2.0
9.3 ประปา	0	0.0
9.4 บ่อบาดาล	25	25.5
9.5 อ่างเก็บน้ำ	0	0.0
9.6 สระน้ำ	30	30.6
9.7 ห้วย/หนอง	14	14.3
9.8 อื่นๆ ระบุ.....	4	4.1
10. แหล่งน้ำหลักที่ใช้อุปโภค-บริโภค		
10.1 น้ำฝน	3	3.1
10.2 คลองชลประทาน	3	3.1
10.3 บ่อบาดาล	10	10.2
10.4 ประปา	73	74.5
10.5 อ่างเก็บน้ำ	0	0.0
10.6 สระน้ำ	0	0.0
10.7 ห้วย/หนอง	0	0.0
10.8 อื่นๆ ระบุ.....	9	9.2

ตาราง 4.37 จำนวนร้อยละเกี่ยวกับสถานภาพของผู้กลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน (ต่อ)

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่ (N=98)	ร้อยละ
11. แหล่งน้ำสำรองที่ใช้อุปโภค-บริโภค		
11.1 น้ำฝน	2	2.0
11.2 คลองชลประทาน	57	58.2
11.3 บ่อบาดาล	16	16.3
11.4 ประปา	5	5.1
11.5 อ่างเก็บน้ำ	0	0.0
11.6 สระน้ำ	0	0.0
11.7 ห้วย/หนอง	0	0.0
11.8 อื่นๆ ระบุ.....	18	18.4
12. แหล่งน้ำหลักที่ใช้ทางปศุสัตว์		
12.1 น้ำฝน	0	0.0
12.2 คลองชลประทาน	13	13.3
12.3 ประปา	0	0.0
12.4 บ่อบาดาล	11	11.2
12.5 อ่างเก็บน้ำ	0	0.0
12.6 สระน้ำ	26	26.5
12.7 ห้วย/หนอง	48	49.0
12.8 อื่นๆ ระบุ.....	0	0.0
13. แหล่งน้ำสำรองที่ใช้ทางปศุสัตว์		
13.1 น้ำฝน	14	14.3
13.2 คลองชลประทาน	9	9.2
13.3 ประปา	2	2.0
13.4 บ่อบาดาล	41	41.8
13.5 อ่างเก็บน้ำ	14	14.3
13.6 สระน้ำ	11	11.2
13.7 ห้วย/หนอง	7	7.1
13.8 อื่นๆ ระบุ.....	0	0.0

ตาราง 4.37 จำนวนร้อยละเกี่ยวกับสถานภาพของผู้กลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน (ต่อ)

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่ (N=98)	ร้อยละ
14. พื้นที่การเกษตรไกลแหล่งน้ำ		
14.1 ใช่	65	66.3
14.2 ไม่ใช่	33	33.7
15. คุณภาพน้ำอุปโภค-บริโภค		
15.1 สะอาด	78	79.6
15.2 สกปรก	20	20.4

จากตาราง 4.37 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุระหว่าง 31-40 ปี ระดับการศึกษา มีมัธยมปลาย อาชีพเกษตรกร เป็นสมาชิกกลุ่มใช้น้ำ ตำแหน่งคลองส่งน้ำอยู่ไกลจากบริเวณที่ใช้น้ำ ผู้กรอกข้อมูลส่วนใหญ่กระจายในหมู่บ้านต่าง ๆ ในเขตชลประทาน แหล่งน้ำหลักที่ใช้ในการเกษตรคือ คลองชลประทาน แหล่งน้ำสำรองทางการเกษตรคือ สระน้ำ ส่วนแหล่งน้ำหลักในการอุปโภค-บริโภค คือ ประปา แหล่งน้ำสำรองในการอุปโภค-บริโภค คือ คลองชลประทาน และแหล่งน้ำหลักในการปศุสัตว์ คือ ห้วย/หนอง แหล่งน้ำสำรองในการปศุสัตว์ คือ บ่อบาดาล พื้นที่การเกษตรไกลจากแหล่งน้ำ คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสะอาด

ตาราง 4. 38 จำนวนร้อยละเกี่ยวกับสถานภาพของผู้กลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่ (N=98)	ร้อยละ
1. เพศ		
1.1 ชาย	61	62.2
1.2 หญิง	37	37.8
2. อายุ		
2.1 ต่ำกว่า 20 ปี	0	0.0
2.2 21-30 ปี	21	21.4
2.3 31-40 ปี	46	46.9
2.4 41-50 ปี	25	25.5
2.5 มากกว่า 50 ปี	6	6.1

ตาราง 4.38 จำนวนร้อยละเกี่ยวกับสถานภาพของผู้กลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (ต่อ)

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่ (N=98)	ร้อยละ
3. ระดับการศึกษา		
3.1 ประถมศึกษา	51	52.0
3.2 มัธยมต้น	18	18.4
3.3 มัธยมปลาย	20	20.4
3.4 ปริญญาตรี	7	7.1
3.5 สูงกว่าปริญญาตรี	2	2.0
4. อาชีพ		
4.1 รับราชการ	16	16.3
4.2 เอกชน/รัฐวิสาหกิจ	1	1.0
4.3 นักเรียน/นักศึกษา	6	6.1
4.4 ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	16	16.3
4.5 เกษตร	59	60.2
4.6 อื่น ๆ	0	0.00
5. ตำแหน่งปัจจุบัน		
5.1 ประธานกลุ่มผู้ใช้น้ำ	1	1.0
5.2 คณะกรรมการกลุ่มผู้ใช้น้ำ	17	17.3
5.3 สมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำ	80	81.6
5.4 อื่นๆ (ระบุ)	2	2.0
6. ตำแหน่งคลองส่งน้ำที่ท่านใช้		
6.1 ใกล้กับอ่างเก็บน้ำ	21	21.4
6.2 ไกลจากอ่างเก็บน้ำ	77	78.6
7. ผู้กรอกข้อมูล		
7.1 นหนองยางใต้	27	27.6
7.2 ป่าขี้ยาง	16	16.3
7.3 นหนองแคน	18	18.4
7.4 โคกก่อง	12	12.2
7.5 ไร่สีสุก หมู่1 จ.อำนาจเจริญ	25	25.5

ตาราง 4.38 จำนวนร้อยละเกี่ยวกับสถานภาพของผู้กลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (ต่อ)

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่ (N=98)	ร้อยละ
8. แหล่งน้ำหลักที่ใช้ทางการเกษตร		
8.1 น้ำฝน	6	6.1
8.2 คลองชลประทาน	63	64.3
8.3 บ่อบาดาล	10	10.2
8.4 ประปา	0	0.0
8.5 อ่างเก็บน้ำ	0	0.0
8.6 สระน้ำ	11	11.2
8.7 ห้วย/หนอง	8	8.2
8.8 อื่นๆ ระบุ.....	0	0.0
9. แหล่งน้ำสำรองที่ใช้ทางการเกษตร		
9.1 น้ำฝน	13	13.3
9.2 คลองชลประทาน	3	3.1
9.3 บ่อบาดาล	29	29.6
9.4 ประปา	0	0.0
9.5 อ่างเก็บน้ำ	0	0.0
9.6 สระน้ำ	33	33.7
9.7 ห้วย/หนอง	18	18.4
9.8 อื่นๆ ระบุ.....	2	2.0
10. แหล่งน้ำหลักที่ใช้อุปโภค-บริโภค		
10.1 น้ำฝน	2	2.0
10.2 คลองชลประทาน	4	4.1
10.3 บ่อบาดาล	15	15.3
10.4 ประปา	66	67.3
10.5 สระน้ำ	0	0.0
10.6 อ่างเก็บน้ำ	0	0.0
10.7 ห้วย/หนอง	0	0.0
10.8 อื่นๆ ระบุ.....	11	11.2

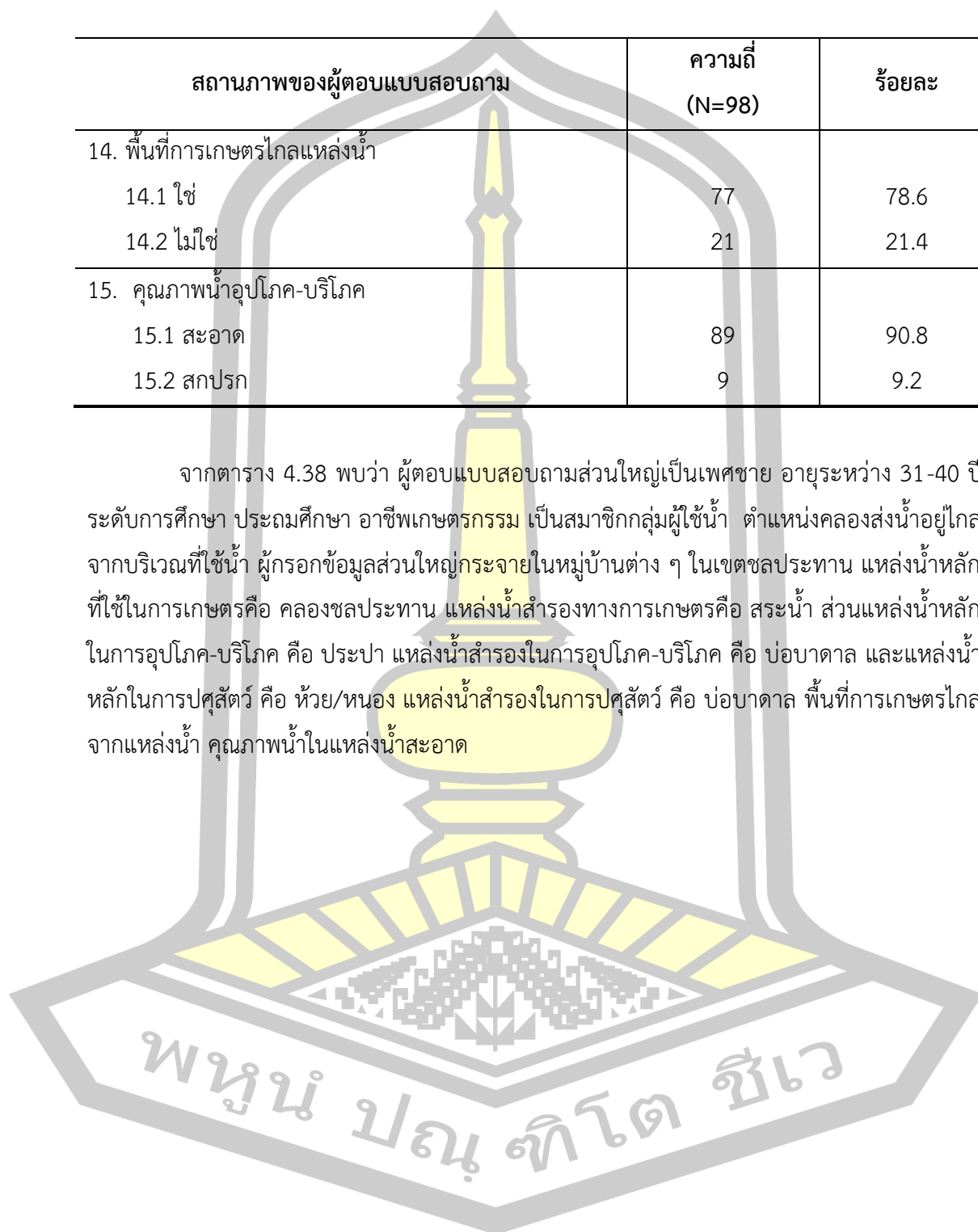
ตาราง 4.38 จำนวนร้อยละเกี่ยวกับสถานภาพของผู้กลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (ต่อ)

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่ (N=98)	ร้อยละ
11. แหล่งน้ำสำรองที่ใช้อุปโภค-บริโภค		
11.1 น้ำฝน	3	3.1
11.2 คลองชลประทาน	28	28.6
11.3 บ่อบาดาล	5	5.1
11.4 ประปา	29	29.6
11.5 สระน้ำ	0	0.0
11.6 อ่างเก็บน้ำ	0	0.0
11.7 ห้วย/หนอง	0	0.0
11.8 อื่นๆ ระบุ.....	33	33.7
12. แหล่งน้ำหลักที่ใช้ทางปศุสัตว์		
12.1 น้ำฝน	0	0.0
12.2 คลองชลประทาน	16	16.3
12.3 ประปา	0	0.0
12.4 บ่อบาดาล	13	13.3
12.5 อ่างเก็บน้ำ	0	0.0
12.6 สระน้ำ	28	28.6
12.7 ห้วย/หนอง	41	41.8
12.8 อื่นๆ ระบุ.....	0	0.0
13. แหล่งน้ำสำรองที่ใช้ทางปศุสัตว์		
13.1 น้ำฝน	12	12.2
13.2 คลองชลประทาน	13	13.3
13.3 ประปา	0	0.0
13.4 บ่อบาดาล	47	48.0
13.5 อ่างเก็บน้ำ	10	10.2
13.6 สระน้ำ	8	8.2
13.7 ห้วย/หนอง	5	5.1
13.8 อื่นๆ ระบุ.....	3	3.1

ตาราง 4.38 จำนวนร้อยละเกี่ยวกับสถานภาพของผู้กลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (ต่อ)

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่ (N=98)	ร้อยละ
14. พื้นที่การเกษตรไกลแหล่งน้ำ		
14.1 ใช่	77	78.6
14.2 ไม่ใช่	21	21.4
15. คุณภาพน้ำอุปโภค-บริโภค		
15.1 สะอาด	89	90.8
15.2 สกปรก	9	9.2

จากตาราง 4.38 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุระหว่าง 31-40 ปี ระดับการศึกษา ประถมศึกษา อาชีพเกษตรกรกรรม เป็นสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำ ตำแหน่งคลองส่งน้ำอยู่ไกลจากบริเวณที่ใช้น้ำ ผู้กรอกข้อมูลส่วนใหญ่กระจายในหมู่บ้านต่าง ๆ ในเขตชลประทาน แหล่งน้ำหลักที่ใช้ในการเกษตรคือ คลองชลประทาน แหล่งน้ำสำรองทางการเกษตรคือ สระน้ำ ส่วนแหล่งน้ำหลักในการอุปโภค-บริโภค คือ ประปา แหล่งน้ำสำรองในการอุปโภค-บริโภค คือ บ่อบาดาล และแหล่งน้ำหลักในการปศุสัตว์ คือ ห้วย/หนอง แหล่งน้ำสำรองในการปศุสัตว์ คือ บ่อบาดาล พื้นที่การเกษตรไกลจากแหล่งน้ำ คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสะอาด



ความถี่และค่าร้อยละของแบบสอบถามส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความต้องการใช้น้ำรายเดือนโดย
กระบวนกรมีส่วนร่วมบริหารจัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำ

ตาราง 4. 39 ความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำด้านการเกษตรรายเดือนโดยกระบวน
การมีส่วนร่วมบริหารจัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

เดือน	ความต้องการใช้น้ำ				ระดับความ ต้องการใช้น้ำ
	ขาด		เกิน		
	\bar{x}	S.D	\bar{x}	S.D	
1. มกราคม	4.60	0.00	0.00	0.00	เพิ่ม 20%
2. กุมภาพันธ์	4.66	0.00	0.00	0.00	เพิ่ม 20%
3. มีนาคม	4.20	0.00	0.00	0.00	เพิ่ม 15%
4. เมษายน	4.35	0.00	0.00	0.00	เพิ่ม 15%
5. พฤษภาคม	2.33	0.28	1.59	0.27	เพิ่ม 5%
6. มิถุนายน	2.49	0.28	1.58	0.27	เพิ่ม 5%
7. กรกฎาคม	2.50	0.28	1.60	0.27	เพิ่ม 5%
8. สิงหาคม	0.68	0.17	1.39	0.17	คงที่
9. กันยายน	0.94	0.17	1.21	0.17	คงที่
10. ตุลาคม	4.59	0.00	0.00	0.00	เพิ่ม 20%
11. พฤศจิกายน	4.56	0.00	0.00	0.00	เพิ่ม 20%
12. ธันวาคม	4.65	0.00	0.00	0.00	เพิ่ม 20%
รวม	3.38	0.46	0.61	0.10	เพิ่ม

จากตาราง 4.38 พบว่า โดยภาพรวม ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วย
ลิงโจนมีความต้องการเพิ่มปริมาณความต้องการใช้น้ำ (\bar{x} =3.38) เพิ่มจากความต้องการใช้น้ำปกติเป็น
ร้อยละ 20 ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์และช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ส่วนช่วง
เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม ผู้ตอบแบบสอบถามมีความต้องการเพิ่มปริมาณความต้องการใช้
น้ำ โดยเพิ่มจากความต้องการใช้น้ำปกติเป็นร้อยละ 5 จากปริมาณความต้องการใช้น้ำปกติ ส่วนเดือน
สิงหาคมถึงเดือนกันยายนไม่มีการเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำความต้องการใช้น้ำ

ตาราง 4. 40 ความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำด้านการเกษตรรายเดือนโดยกระบวนการมีส่วนร่วมบริหาร จัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

เดือน	ความต้องการใช้น้ำ				ระดับความต้องการใช้น้ำ
	ขาด		เกิน		
	\bar{x}	S.D	\bar{x}	S.D	
มกราคม	4.07	0.00	0.00	0.00	เพิ่ม 15%
กุมภาพันธ์	4.07	0.00	0.00	0.00	เพิ่ม 15%
มีนาคม	4.07	0.00	0.00	0.00	เพิ่ม 15%
เมษายน	4.07	0.00	0.00	0.00	เพิ่ม 15%
พฤษภาคม	0.85	0.40	3.38	0.45	ลด 10%
มิถุนายน	0.12	0.39	3.57	0.44	ลด 15%
กรกฎาคม	0.08	0.39	3.56	0.44	ลด 15%
สิงหาคม	0.18	0.38	3.34	0.43	ลด 15%
กันยายน	0.18	0.38	3.41	0.43	ลด 10%
ตุลาคม	3.14	0.21	0.79	0.19	เพิ่ม 15%
พฤศจิกายน	3.54	0.13	0.26	0.11	เพิ่ม 15%
ธันวาคม	3.66	0.00	0.00	0.00	เพิ่ม 15%
รวม	2.34	0.19	1.53	0.17	เพิ่ม

จากตาราง 4.40 พบว่า ภาพรวมผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกมีความต้องการเพิ่มปริมาณความต้องการใช้น้ำช่วงเดือน มกราคมถึงเมษายนและช่วงเดือน ตุลาคมถึงเดือนธันวาคม โดยเพิ่มจากปริมาณความต้องการใช้น้ำปกติร้อยละ 15 และต้องการลดปริมาณความต้องการใช้น้ำลงร้อยละ 10 ในเดือนพฤษภาคมและเดือนกันยายน ส่วนในช่วงเดือน มิถุนายนถึงเดือนสิงหาคมต้องการลดปริมาณความต้องการใช้น้ำลงร้อยละ 15 จากความต้องการใช้น้ำปกติ

ตาราง 4. 41 ความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำด้านอุปโภค-บริโภคเดือนโดยกระบวนการมีส่วนร่วมบริหาร จัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

เดือน	ความต้องการใช้น้ำ				ระดับความ ต้องการใช้น้ำ
	ขาด		เกิน		
	\bar{x}	S.D	\bar{x}	S.D	
มกราคม	0.59	0.130	1.01	0.208	0%
กุมภาพันธ์	0.59	0.130	1.01	0.208	0%
มีนาคม	0.59	0.130	1.01	0.208	0%
เมษายน	0.59	0.130	0.00	0.00	0%
พฤษภาคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
มิถุนายน	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
กรกฎาคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
สิงหาคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
กันยายน	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
ตุลาคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
พฤศจิกายน	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
ธันวาคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
รวม	0.20	0.04	0.25	0.05	คงที่

จากตาราง 4.41 พบว่า ภาพรวมผู้ตอบแบบสอบถามในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนส่วนใหญ่ไม่มีความต้องการเพิ่มและลดปริมาณความต้องการใช้น้ำ จากปริมาณความต้องการใช้น้ำแบบปกติ

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 4. 42 ความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำด้านอุปโภค-บริโภคเดือน โดยกระบวนการมีส่วนร่วมบริหาร จัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

เดือน	ความต้องการใช้น้ำ				ระดับความ ต้องการใช้น้ำ
	ขาด		เกิน		
	\bar{x}	S.D	\bar{x}	S.D	
มกราคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
กุมภาพันธ์	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
มีนาคม	0.00	0.00	0.04	0.03	0%
เมษายน	0.01	0.01	0.01	0.01	0%
พฤษภาคม	0.00	0.00	0.02	0.02	0%
มิถุนายน	0.02	0.01	0.04	0.03	0%
กรกฎาคม	0.01	0.01	0.07	0.04	0%
สิงหาคม	0.01	0.01	0.01	0.01	0%
กันยายน	0.00	0.00	0.02	0.02	0%
ตุลาคม	0.00	0.00	0.04	0.03	0%
พฤศจิกายน	0.02	0.01	0.12	0.05	0%
ธันวาคม	0.01	0.01	0.01	0.01	0%
รวม	0.00	0.00	0.03	0.02	คงที่

จากตาราง 4.42 พบว่า ภาพรวมผู้ตอบแบบสอบถามในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกส่วนใหญ่ไม่มีความต้องการเพิ่มและลดปริมาณความต้องการใช้น้ำ จากปริมาณความต้องการใช้น้ำแบบปกติ

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

ตาราง 4. 43 ความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำด้านปศุสัตว์รายเดือน โดยกระบวนการมีส่วนร่วมบริหาร จัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

เดือน	ความต้องการใช้น้ำ				ระดับความ ต้องการใช้น้ำ
	ขาด		เกิน		
	\bar{x}	S.D	\bar{x}	S.D	
มกราคม	0.73	0.15	0.00	0.00	0%
กุมภาพันธ์	0.73	0.15	0.00	0.00	0%
มีนาคม	0.40	0.11	0.00	0.00	0%
เมษายน	0.40	0.11	0.00	0.00	0%
พฤษภาคม	0.08	0.05	0.00	0.00	0%
มิถุนายน	0.12	0.05	0.00	0.00	0%
กรกฎาคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
สิงหาคม	0.18	0.06	0.00	0.00	0%
กันยายน	0.18	0.06	0.00	0.00	0%
ตุลาคม	0.50	0.12	0.00	0.00	0%
พฤศจิกายน	0.31	0.10	0.00	0.00	0%
ธันวาคม	0.28	0.09	0.00	0.00	0%
รวม	0.33	0.09	0.00	0.00	คงที่

จากตาราง 4.43 พบว่า ภาพรวมผู้ตอบแบบสอบถามในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนส่วนใหญ่
ไม่มีความต้องการเพิ่มและลดปริมาณความต้องการใช้น้ำ จากปริมาณความต้องการใช้น้ำแบบปกติ

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 4. 44 ความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำด้านปศุสัตว์รายเดือน โดยกระบวนการมีส่วนร่วมบริหาร จัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำสะแบก

เดือน	ความต้องการใช้น้ำ				ระดับความ ต้องการใช้น้ำ
	ขาด		เกิน		
	\bar{x}	S.D	\bar{x}	S.D	
1. มกราคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
2. กุมภาพันธ์	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
3. มีนาคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
4. เมษายน	0.28	0.09	0.00	0.00	0%
5. พฤษภาคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
6. มิถุนายน	0.00	0.00	0.04	0.03	0%
7. กรกฎาคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
8. สิงหาคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
9. กันยายน	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
10. ตุลาคม	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
11. พฤศจิกายน	0.00	0.00	0.00	0.00	0%
12. ธันวาคม	0.01	0.01	0.07	0.04	0%
รวม	0.02	0.00	0.00	0.00	คงที่

จากตาราง 4.44 พบว่า ภาพรวมผู้ตอบแบบสอบถามในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกส่วนใหญ่ไม่มีความต้องการเพิ่มและลดปริมาณความต้องการใช้น้ำ จากปริมาณความต้องการใช้น้ำแบบปกติ

จากตาราง 4.26 ถึง 4.44 พบว่าความถี่และค่าร้อยละ ระดับความต้องการใช้น้ำรายเดือนโดยกระบวนการมีส่วนร่วมบริหารจัดการน้ำของเกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก สามารถสรุปได้ดังตาราง 4.45

ตาราง 4. 45 ความต้องการใช้น้ำที่จ่ายอ่างเก็บน้ำท่าอากาศยานมีส่วนรวมกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (หน่วยล้านลูกบาศก์เมตร)

อ่างเก็บน้ำ	ชนิดการใช้น้ำ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ห้วยสิงโจน	ด้านการเกษตร	0.782	0.686	0.340	0.348	1.722	1.504	2.241	1.872	0.994	1.284	1.669	1.064
	ด้านการอุปโภค-บริโภค	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515
	ด้านปศุสัตว์	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137
ห้วยสะแบก	ด้านการเกษตร	0.734	0.600	0.348	0.283	2.341	2.052	3.045	2.649	1.412	0.141	0.437	0.683
	ด้านการอุปโภค-บริโภค	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
	ด้านปศุสัตว์	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063

ตาราง 4. 46 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับการมีส่วนร่วมส่วนบริหารจัดการน้ำของ
เกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

คำถาม	\bar{x}	S.D.	ระดับ
ด้านการบริหารจัดการน้ำ			
1. ท่านเข้าร่วมประชุมวางแผนการใช้น้ำในแต่ละปี เพื่อ ทราบวัตถุประสงค์ ในการบริหารจัดการน้ำ	2.53	0.33	ปานกลาง
2. ท่านเข้าร่วมประชุมวางแผนการจัดทำข้อตกลงในการ จัดสรรน้ำและส่งน้ำ	2.78	0.35	ปานกลาง
3. ท่านมีส่วนร่วมกับเจ้าหน้าที่ในการส่งน้ำเข้าสู่พื้นที่ การเกษตร ให้ทันกับความต้องการใช้น้ำ	3.02	0.38	ปานกลาง
4. ท่านช่วยเหลือเจ้าหน้าที่ที่ทำการเปิดปิดน้ำตาม ระยะเวลา	2.43	0.30	น้อย
5. ท่านเข้าร่วมประชุม กำหนดแผนการปลูกพืชในแต่ละ ปี	2.48	0.32	น้อย
6. ท่านแจ้งความต้องการน้ำ ชนิดพืชที่ปลูก จำนวน พื้นที่เพาะปลูก และช่วงเวลาในการเพาะปลูก	2.50	0.32	น้อย
7. ท่านแก้ไขปัญหาการล้นล้นขโมยน้ำก่อนถึงรอบรับ การใช้น้ำของสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำ	2.39	0.29	น้อย
8. ท่านแก้ไขปัญหาการจัดสรรน้ำ และความขัดแย้งใน การใช้น้ำภายในกลุ่มผู้ใช้น้ำ	2.45	0.31	น้อย
9. ท่านไปศึกษาหรือเข้าร่วมกิจกรรมให้ความรู้เกษตรกร เกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำและการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์ สูงสุด	2.45	0.31	น้อย
10. ท่านใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด	2.47	0.32	น้อย
11. ท่านประชาสัมพันธ์ กับกลุ่มผู้ใช้น้ำด้วยกันเองเพื่อ สร้างความความเข้าใจในการจัดสรรน้ำไปยังพื้นที่เพาะปลูก	2.50	0.32	น้อย
12. ท่านปฏิบัติตามข้อตกลงในการใช้น้ำ	2.27	0.28	น้อย
13. ท่านแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการ จัดสรรน้ำ	2.31	0.29	น้อย

ตาราง 4.46 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับการมีส่วนร่วมส่วนบริหารจัดการน้ำของ
เกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน (ต่อ)

คำถาม	\bar{X}	S.D.	ระดับ
14. ท่านแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแผนการเพาะปลูกพืช	2.32	0.29	น้อย
รวม	2.49	0.31	น้อย
ด้านการบำรุงรักษา			
15. ท่านดูแลรักษา คลองส่งน้ำ	2.34	0.31	น้อย
16. ท่านขุดลอกคูคลองส่งน้ำ/ การกำจัดวัชพืชมูลงในคลองส่งน้ำ	2.35	0.30	น้อย
17. ท่านแจ้งการพัง/ชำรุด ของคลองส่งน้ำ	2.42	0.31	น้อย
18. ท่านเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจ/การแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการบำรุงรักษาระบบชลประทาน	2.44	0.31	น้อย
19. ภายในกลุ่มผู้ใช้น้ำของท่าน มีส่วนร่วมในการดูแลรักษาคลองส่งน้ำ	2.17	0.26	น้อย
20. ภายในกลุ่มผู้ใช้น้ำทั้งหมด มีส่วนร่วมในการดูแลรักษาคลองส่งน้ำ	2.44	0.31	น้อย
รวม	2.36	0.30	น้อย
ด้านการติดตามและประเมินผล			
21. ท่านติดตามในการประชุมการวางแผนการจัดสรรน้ำ	2.18	0.27	น้อย
22. ท่านตรวจสอบ ติดตามและประเมินผลการจัดสรรน้ำ	2.58	0.32	ปานกลาง
23. ท่านร่วมเป็นคณะกรรมการตรวจสอบการดำเนินงานกลุ่มผู้ใช้น้ำ	2.39	0.30	น้อย
24. ท่านติดตามผลการซ่อมบำรุง/รักษาคลองส่งน้ำ	2.41	0.30	น้อย
รวม	2.39	0.30	น้อย

จากตาราง 4.46 พบว่า การมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนโดยภาพรวมอยู่ในระดับน้อย ($\bar{X} = 2.41$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า

1. การมีส่วนร่วมในด้านการบริหารจัดการน้ำรวมอยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงจากน้อยไปมากได้ดังนี้ ปฏิบัติตามข้อตกลงในการใช้น้ำ แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดสรรน้ำ แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแผนการเพาะปลูกพืช แก้ไขปัญหาการลักลอบขโมยน้ำก่อนถึงรอบรับการใช้ของสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำ เข้าร่วมประชุมกำหนดแผนการปลูกพืชในแต่ละปี แก้ไขปัญหาการจัดสรรน้ำ และความขัดแย้งในการใช้น้ำภายในกลุ่มผู้ใช้น้ำ ไปศึกษาหรือเข้าร่วมกิจกรรมให้ความรู้เกษตรกรเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำและการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เข้าร่วมประชุม กำหนดแผนการปลูกพืชในแต่ละปี แจ้งความต้องการน้ำ ชนิดพืชที่ปลูก จำนวนพื้นที่เพาะปลูก และช่วงเวลาในการเพาะปลูก ประชาสัมพันธ์ กับกลุ่มผู้ใช้น้ำด้วยกันเองเพื่อสร้างความเข้าใจในการจัดสรรน้ำไปยังพื้นที่เพาะปลูก และระดับปานกลาง พิจารณารายข้อเรียงจากน้อยไปมากได้ดังนี้ เข้าร่วมประชุมวางแผนการใช้น้ำในแต่ละปีเพื่อทราบวัตถุประสงค์ในการบริหารจัดการน้ำ เข้าร่วมประชุมวางแผนการจัดทำข้อตกลงในการจัดสรรน้ำและส่งน้ำ มีส่วนร่วมกับเจ้าหน้าที่ในการส่งน้ำเข้าสู่พื้นที่การเกษตรให้ทันกับความต้องการใช้น้ำ

2. การมีส่วนร่วมด้านการบำรุงรักษา อยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณารายข้อเรียงจากน้อยไปมากได้ดังนี้ กลุ่มผู้ใช้น้ำของท่าน มีส่วนร่วมในการดูแลรักษาคลองส่งน้ำ ดูแลรักษา คลองส่งน้ำ ขุดลอกคลองส่งน้ำ/ การกำจัดวัชพืช หญ้า ในคลองส่งน้ำ แจ้งการพัง/ชำรุด ของคลองส่งน้ำ เผยแพร่ความรู้ความเข้าใจ/การแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการบำรุงรักษาระบบชลประทาน กลุ่มผู้ใช้น้ำทั้งหมด มีส่วนร่วมในการดูแลรักษาคลองส่งน้ำ

3. การมีส่วนร่วมด้านการติดตามและประเมินผล อยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณารายข้อเรียงจากน้อยไปมากได้ดังนี้ ติดตามในการประชุมการวางแผนการจัดสรรน้ำ ร่วมเป็นคณะกรรมการตรวจสอบการดำเนินงานกลุ่มผู้ใช้น้ำ ติดตามผลการซ่อมบำรุง/รักษาคลองส่งน้ำ ตรวจสอบ ติดตามและประเมินผลการจัดสรรน้ำ

พหุ ประสิทธิภาพ

ตาราง 4. 47 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับการมีส่วนร่วมส่วนบริหารจัดการน้ำของ
เกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

คำถาม	\bar{x}	S.D.	ระดับ
ด้านการบริหารจัดการน้ำ			
1. ท่านเข้าร่วมประชุมวางแผนการใช้น้ำในแต่ละปี เพื่อทราบวัตถุประสงค์ ในการบริหารจัดการน้ำ	4.27	0.54	มาก
2. ท่านเข้าร่วมประชุมวางแผนการจัดทำข้อตกลงในการจัดสรรน้ำและส่งน้ำ	4.17	0.53	มาก
3. ท่านมีส่วนร่วมกับเจ้าหน้าที่ในการส่งน้ำเข้าสู่พื้นที่การเกษตร ให้ทันกับความต้องการใช้น้ำ	3.52	0.44	มาก
4. ท่านช่วยเหลือเจ้าหน้าที่ที่ทำการเปิดปิดน้ำตามระยะเวลา	3.33	0.41	ปานกลาง
5. ท่านเข้าร่วมประชุม กำหนดแผนการปลูกพืชในแต่ละปี	4.09	0.52	มาก
6. ท่านแจ้งความต้องการน้ำ ชนิดพืชที่ปลูก จำนวนพื้นที่เพาะปลูก และช่วงเวลาในการเพาะปลูก	4.13	0.52	มาก
7. ท่านแก้ไขปัญหาการล้นล้นของน้ำก่อนถึงรอบรับการใช้น้ำของสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำ	3.77	0.46	มาก
8. ท่านแก้ไขปัญหาการจัดสรรน้ำ และความขัดแย้งในการใช้น้ำภายในกลุ่มผู้ใช้น้ำ	3.98	0.50	มาก
9. ท่านไปศึกษาหรือเข้าร่วมกิจกรรมให้ความรู้เกษตรกรเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำและการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด	4.15	0.52	มาก
10. ท่านใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด	3.86	0.48	มาก
11. ท่านประชาสัมพันธ์ กับกลุ่มผู้ใช้น้ำด้วยกันเองเพื่อสร้างความความเข้าใจในการจัดสรรน้ำไปยังพื้นที่เพาะปลูก	3.89	0.48	มาก
12. ท่านปฏิบัติตามข้อตกลงในการใช้น้ำ	3.87	0.49	มาก
13. ท่านแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดสรรน้ำ	4.14	0.52	มาก
14. ท่านแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแผนการเพาะปลูกพืช	4.08	0.51	มาก
รวม	3.95	0.49	มาก

ตาราง 4.47 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับการมีส่วนร่วมส่วนบริหารจัดการน้ำของ
เกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (ต่อ)

คำถาม	\bar{x}	S.D.	ระดับ
ด้านการบำรุงรักษา			
15. ท่านดูแลรักษา คลองส่งน้ำ	3.67	0.46	มาก
16. ท่านขุดลอกคูคลองส่งน้ำ/ การกำจัดวัชพืชน้ำใน คลอง ส่งน้ำ	4.02	0.51	มาก
17. ท่านแจ้งการพัง/ชำรุด ของคลองส่งน้ำ	3.61	0.45	มาก
18. ท่านเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจ/การแสดง ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการบำรุงรักษาระบบ ชลประทาน	3.37	0.42	ปานกลาง
19. ภายในกลุ่มผู้ใช้น้ำของท่าน มีส่วนร่วมในการ ดูแลรักษาคลองส่งน้ำ	3.60	0.45	มาก
20. ภายในกลุ่มผู้ใช้น้ำทั้งหมด มีส่วนร่วมในการดูแลรักษา คูคลองส่งน้ำ	3.89	0.49	มาก
รวม	3.69	0.46	มาก
ด้านการติดตามและประเมินผล			
21. ท่านติดตามในการประชุมการวางแผนการจัดสรรน้ำ	3.60	0.44	มาก
22. ท่านตรวจสอบ ติดตามและประเมินผลการจัดสรรน้ำ	3.82	0.48	มาก
23. ท่านร่วมเป็นคณะกรรมการตรวจสอบการ ดำเนินงานกลุ่มผู้ใช้น้ำ	3.96	0.50	มาก
24. ท่านติดตามผลการซ่อมบำรุง/รักษาคลองส่งน้ำ	3.74	0.48	มาก
รวม	3.78	0.47	มาก

จากตาราง 4.47 พบว่า การมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.81$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า

1. การมีส่วนร่วมภาพรวมในด้านการบริหารจัดการน้ำรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.95$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงจากน้อยไปมากได้ดังนี้ มีส่วนร่วมช่วยเหลือเจ้าหน้าที่ที่ทำการเปิด

ปิดน้ำตามระยะเวลา ในระดับปานกลาง และมีส่วนร่วมกับเจ้าหน้าที่ในการส่งน้ำเข้าสู่พื้นที่การเกษตร ให้ทันกับความต้องการใช้น้ำ แก้ไขปัญหาการลักลอบขโมยน้ำก่อนถึงรอบบริการใช้น้ำของสมาชิก กลุ่มผู้ใช้น้ำ ปฏิบัติตามข้อตกลงในการใช้น้ำ ประชาสัมพันธ์ กับกลุ่มผู้ใช้น้ำด้วยกันเองเพื่อสร้างความเข้าใจในการจัดสรรน้ำไปยังพื้นที่เพาะปลูก แก้ไขปัญหาการจัดสรรน้ำ และความขัดแย้งในการใช้น้ำภายในกลุ่มผู้ใช้น้ำ แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแผนการเพาะปลูกพืช เข้าร่วมประชุมกำหนดแผนการปลูกพืชในแต่ละปี แจ้งความต้องการน้ำชนิดพืชที่ปลูกจำนวนพื้นที่เพาะปลูกและช่วงเวลาในการเพาะปลูก แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดสรรน้ำ ไปศึกษาหรือเข้าร่วมกิจกรรมให้ความรู้เกษตรกรเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำและการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เข้าร่วมประชุมวางแผนการจัดทำข้อตกลงในการจัดสรรน้ำและส่งน้ำ เข้าร่วมประชุมวางแผนการใช้น้ำในแต่ละปี เพื่อทราบวัตถุประสงค์ ในการบริหารจัดการน้ำ

2. การมีส่วนร่วมด้านการบำรุงรักษา อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.69$) เมื่อพิจารณารายข้อเรียงจากน้อยไปมากได้ดังนี้ มีส่วนร่วมเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจ/การแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการบำรุงรักษาระบบชลประทานระดับปานกลาง และกลุ่มผู้ใช้น้ำของท่าน มีส่วนร่วมในการดูแลรักษาคลองส่งน้ำ ดูแลรักษาคูคลองส่งน้ำ แจ้งการพัง/ชำรุด ของคูคลองส่งน้ำ ดูแลรักษาคูคลองส่งน้ำ กลุ่มผู้ใช้น้ำทั้งหมดมีส่วนร่วมในการดูแลรักษาคูคลองส่งน้ำ ขุดลอกคูคลองส่งน้ำ/การกำจัดวัชพืช หลุม ในคูคลองส่งน้ำ

3. การมีส่วนร่วมด้านการติดตามและประเมินผล อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.78$) เมื่อพิจารณารายข้อเรียงจากน้อยไปมากได้ดังนี้ ติดตามผลการซ่อมบำรุง/รักษาคูคลองส่งน้ำ ติดตามในการประชุมการวางแผนการจัดสรรน้ำ ตรวจสอบ ติดตามและประเมินผลการจัดสรรน้ำ ร่วมเป็นคณะกรรมการตรวจสอบการดำเนินงานกลุ่มผู้ใช้น้ำ

พหุ ประสิทธิภาพ

4. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

4.1 เกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสิงโจน

1. อยากรให้มีการปรับเปลี่ยนองค์กรกลุ่มผู้ใช้น้ำใหม่
2. ควรมีการจัดกิจกรรมระหว่างองค์กรกลุ่มผู้ใช้น้ำร่วมกับกลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อเชื่อมสัมพันธ์และเข้าถึงการบริหารงาน
3. ควรจัดสรรน้ำให้ตรงต่อความต้องการในช่วงฤดูเพาะปลูก
4. ประชาสัมพันธ์และรณรงค์ให้ความรู้แก่คนในชุมชนให้ช่วยกันดูแลคลองส่งน้ำให้มีความพร้อมในการใช้งานเสมอ
5. ควรดำเนินงานแก้ไขการจัดส่งน้ำให้รวดเร็ว
6. ควรมีการจัดการกับการลักลอบใช้น้ำในคลองส่งน้ำ เนื่องจากคนที่อยู่ท้ายน้ำไม่ได้รับน้ำ
7. ควรมีการตั้งกฎกติกา ของกลุ่มผู้ใช้น้ำในการใช้น้ำอย่างชัดเจน
8. รูปแบบการบริหารงานขององค์กรกลุ่มผู้ใช้น้ำควรมีความชัดเจน

4.2 เกษตรกรกลุ่มผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

1. ประชาสัมพันธ์การปล่อยน้ำหรือน้ำล้นปากกระโถนอ่างเก็บน้ำตามจริงและรวดเร็ว
2. รณรงค์ให้คนในชุมชนช่วยเหลือกันสอดส่อง แจ้ง การชำรุดของคลองส่งน้ำ
3. จัดกิจกรรมให้ความรู้การใช้น้ำอย่างรู้คุณค่า เพิ่มขึ้น

พหุ ประ โท ชีวะ

4.5 ผลการศึกษาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่พัฒนาด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA)

โค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่สร้างจากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) เชื่อมต่อกับแบบจำลองสมดุอ่างเก็บน้ำ รายละเอียดในการค้นหาที่มีดังต่อไปนี้

1. กรณีปริมาณน้ำทำรายเดือนในอดีต โดยแบ่งออกเป็น

1.1 อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

1.1.1 ปริมาณน้ำทำรายเดือนในอดีต 24 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2537- 2560 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

1.1.2 ปริมาณน้ำทำรายเดือนในอดีต 24 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2537- 2560 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

1.2 อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

1.2.1 ปริมาณน้ำทำรายเดือนในอนาคต 22 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2539- 2560 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

1.2.2 ปริมาณน้ำทำรายเดือนในอนาคต 22 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2539- 2560 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

2. กรณีปริมาณน้ำทำรายเดือนในอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610จำนวน 50 ปี กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 โดยแบ่งออกเป็น

2.1 ปริมาณน้ำทำรายเดือนร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

2.2 ปริมาณน้ำทำรายเดือนร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

2.3 ปริมาณน้ำทำรายเดือนมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

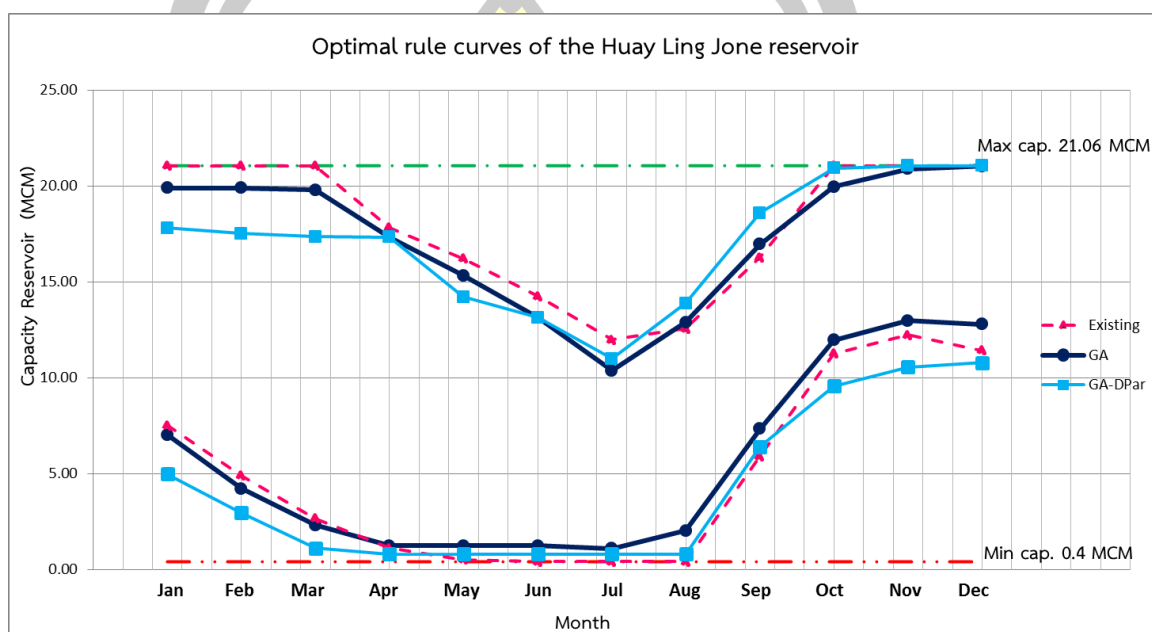
2.4 ปริมาณน้ำทำรายเดือนมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

3. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาโค้งปฏิบัติการเก็บน้ำ

การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา โดยกำหนดตามสถานการณ์ปัจจุบันที่เกิดขึ้นภายในอ่างเก็บน้ำ โดยกำหนดให้อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือ น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด ส่วนอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือ น้ำไหลล้นส่วนเกินเฉลี่ยน้อยที่สุด

รายละเอียดผลการโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำดังแสดงในหัวข้อถัดไป

4.5.1 โค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่สร้างจากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) เชื่อมต่อกับแบบจำลองสมดุลอ่างเก็บน้ำโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำทำในอดีต 24 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2537-2560 ผลของโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) ดังแสดงในรูปที่ 4.29



ภาพประกอบ 4.28 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน (กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีต 24 ปี ; ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด)

จากภาพประกอบ 4.29 ผลของการค้นหาโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA) และน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (GA-DPar) (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) พบว่าเส้นโค้งมีลักษณะรูปร่างการลู่เข้าหาค่าตอบคล้ายกับโค้งควบคุมเดิมทั้ง 2 กรณี แต่เส้นโค้งอาจจะมีลักษณะสูงต่ำแตกต่างกันไปเมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

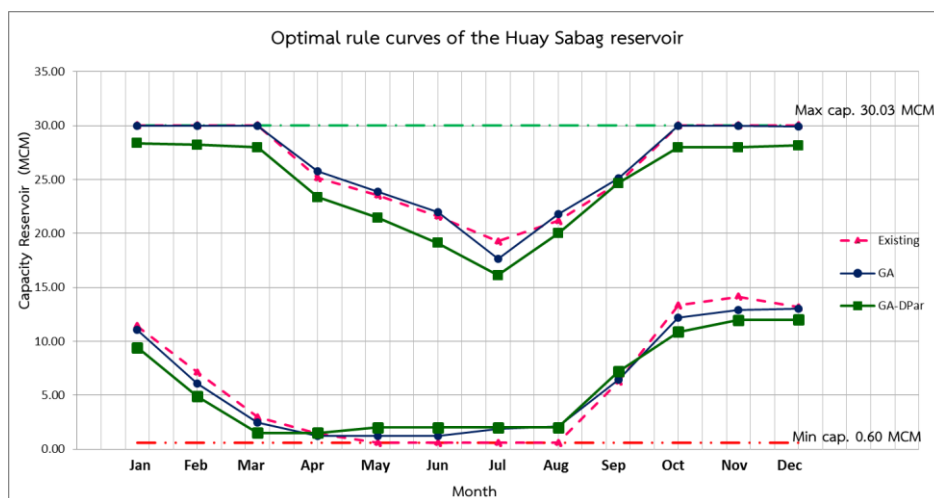
1. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA) ลักษณะเส้นโค้งที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำลงกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) เล็กน้อย แสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งาน

ปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงและสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเพื่อพร่องน้ำออกไว้สำหรับหากช่วงปีที่ฤดูฝนมาช้ากว่าปกติ ปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป

2. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (GA-DPar) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) ค่อนข้างมาก เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากเดิม เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะยกสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเพื่อเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป

4.5.2 โค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่สร้างจากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) เชื่อมต่อกับแบบจำลองสมดุอ่างเก็บน้ำโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำทำในอดีต 22 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2539- 2560 ผลของโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) ดังแสดงในรูปที่ 4.30





ภาพประกอบ 4.29 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก (กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีต 22 ปี ; ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด)

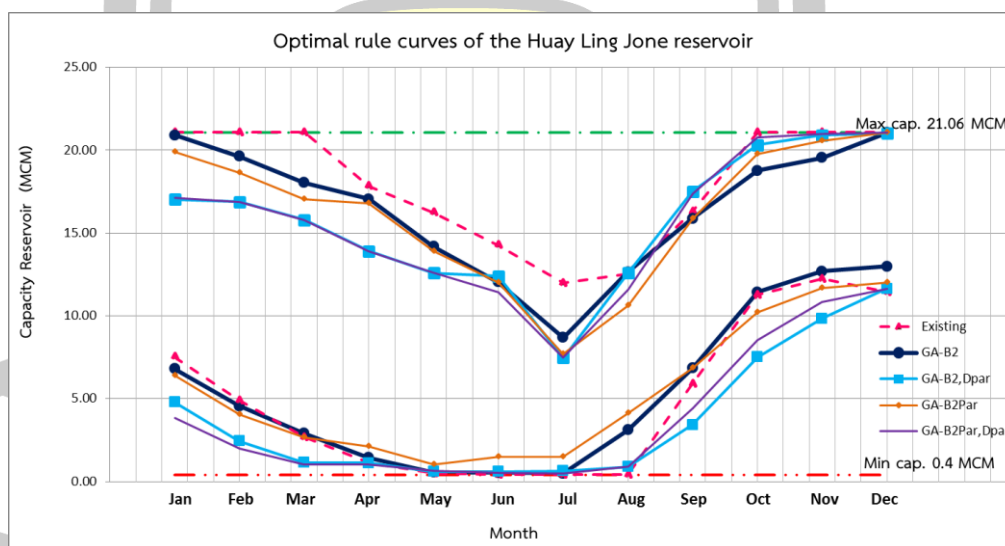
จากภาพประกอบ 4.30 ผลของการค้นหาโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA) และน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (GA-DPar) (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) พบว่าเส้นโค้งมีลักษณะรูปร่างการลู่เข้าหาค่าตอบคล้ายกับโค้งควบคุมเดิมทั้ง 2 กรณี แต่เส้นโค้งอาจจะมีลักษณะสูงต่ำแตกต่างกันไปเมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA) ลักษณะเส้นโค้งที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) เล็กน้อย แสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงและสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเพื่อพร่องน้ำออกไว้สำหรับหากช่วงปีที่ฤดูฝนมาช้ากว่าปกติ ปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป

2. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (GA-DPar) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) ค่อนข้างมาก

เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากเดิม เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะยกสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเพื่อเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป

4.5.3 โค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี การเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน, กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน, กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม, กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน และกรณีน้ำท่ารายเดือนอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) ดังแสดงในภาพประกอบ 4.31



ภาพประกอบ 4.30 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน
(กรณี น้ำท่ารายเดือนในอนาคต 50 ปี; ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด)

จากภาพประกอบ 4.31 ผลของการค้นหาโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA-B2), กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (GA-B2,DPar), กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA-B2Par) และกรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA-B2Par) และกรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA-B2Par,DPar) โดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด พบว่าเส้นโค้งมีลักษณะรูปร่างการลู่เข้าหาค่าตอบคล้ายกับโค้งควบคุมเดิมทั้ง 4 กรณี แต่เส้นโค้งอาจจะมีลักษณะสูงต่ำแตกต่างกันไปเมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบันลักษณะเส้นโค้งที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA-B2) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) เล็กน้อย แสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณน้ำใช้ในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงในช่วงฤดูฝนเพื่อพร่องน้ำออกไว้สำหรับรองรับปริมาณน้ำท่าที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสามารถบรรเทาอุทกภัย และเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป

2. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (GA-B2,DPar) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และเส้นโค้งกรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA-B2) ค่อนข้างมาก เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากเดิม เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะยกสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเพื่อเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป

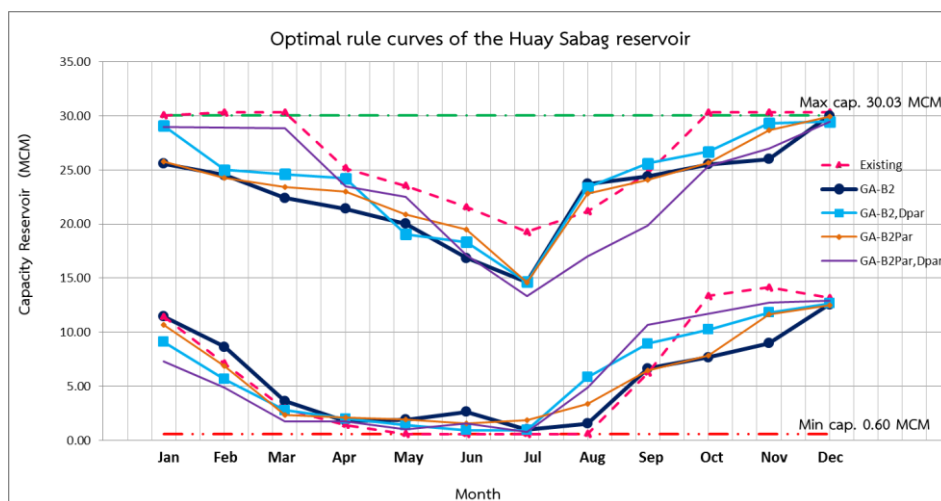
3. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA-B2Par) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing)

เล็กน้อย เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบัน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงในช่วงฤดูฝน เพื่อรองรับปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกถัดไป

4. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (GA-B2Par, DPar) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำลงกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) ค่อนข้างมาก ค่อนข้างมากเนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากเดิม เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะยกสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเพื่อรองรับปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกถัดไป

4.5.4 โค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี การเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน, กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน, กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม, กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน และกรณีน้ำท่ารายเดือนอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำไหลล้นส่วนเกินเฉลี่ยน้อยที่สุด) ดังภาพประกอบ 4.32

พหุ ประสิทธิภาพ ชีวะ



ภาพประกอบ 4.31 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก
(กรณี น้ำท่ารายเดือนในอนาคต 50 ปี; ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด)

จากภาพประกอบ 4.32 ผลของการค้นหาโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA-B2), กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (GA-B2,DPar), กรณีน้ำท่ารายเดือนอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA-B2Par) และกรณีน้ำท่ารายเดือนอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (GA-B2Par,DPar) โดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด พบว่าเส้นโค้งมีลักษณะรูปร่างการลู่เข้าหาคำตอบคล้ายกับโค้งควบคุมเดิมทั้ง 4 กรณี แต่เส้นโค้งอาจจะมีลักษณะสูงต่ำแตกต่างกันไปเมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบันลักษณะเส้นโค้งที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA-B2) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะรูปร่างที่สอดคล้องกับเส้นโค้งควบคุมเดิม แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงในช่วงฤดูฝนเพื่อพร่องน้ำออกไว้สำหรับรองรับปริมาณน้ำท่าที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสามารถบรรเทาอุทกภัย และเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูก ลดปริมาณการไหลล้นน้ำส่วนเกินจากอ่างเก็บน้ำ ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟสูงกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) แสดงถึงเกณฑ์การลดการปล่อยน้ำจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันเพื่อให้มีน้ำไว้ใช้ตลอดฤดูแล้งและเพิ่มปริมาณการปล่อยน้ำมากขึ้นในช่วงที่ต่ำกว่าโค้ง

ควบคุมเดิม ซึ่งเส้นระดับของเส้นของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำอย่างมีเป้าหมายมากขึ้นจึงลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวได้

2. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (GA-B2,DPar) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะรูปร่างที่สอดคล้องกับเส้นโค้งควบคุมเดิม แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงในช่วงเดือนกรกฎาคม เพื่อพร่องน้ำออกรอรับน้ำที่จะไหลเข้าอ่างในช่วงฝนก่อนสุดท้าย ทั้งนี้ไม่ทำให้น้ำส่วนเกินเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากมีปริมาตรของอ่างเก็บน้ำเหลือที่จะรองรับน้ำหลากได้ และยังเพื่อปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป ส่วนเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) ค่อนข้างมากเนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากเดิม เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป

3. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (GA-B2Par) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่าโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะรูปร่างที่สอดคล้องกับลักษณะเส้นโค้งควบคุมเดิม แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงในช่วงฤดูฝนเพื่อรองรับปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกถัดไป ส่วนเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) เล็กน้อย เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบัน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป

4. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (GA-B2Par,DPar) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะรูปร่างที่สอดคล้องกับเส้นโค้งควบคุมเดิม แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงในช่วงเดือนกรกฎาคม เป็นการพร่องน้ำออกเพื่อรอการรองรับน้ำที่จะไหลเข้าอ่าง ทั้งนี้ไม่ทำให้น้ำส่วนเกินเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากมีปริมาตรของอ่างเก็บน้ำเหลือที่จะรองรับน้ำหลากได้เพื่อรองรับปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกถัดไป ส่วนเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) ค่อนข้างมาก ค่อนข้างมากเนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากเดิม เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป

จากการพิจารณาโค้งควบคุมจากทั้งกรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำทั้งปัจจุบันและความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม และน้ำท่ารายเดือนในอนาคต 50 ปี ในสถานการณ์ B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำทั้งปัจจุบันและความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม พบว่าเส้นโค้งควบคุมเส้นล่างมีลักษณะต่ำลงจากเส้นโค้งเดิม เนื่องจากปริมาณน้ำท่าที่เปลี่ยนแปลงไปและความต้องการใช้น้ำที่เปลี่ยนไปทำให้เส้นโค้งที่ได้ต่ำลงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำท่าจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ซึ่งเหมาะสมกับสถานการณ์ทั้งขาดแคลนและไหลล้น ส่วนเส้นโค้งควบคุมเส้นบนที่สูงขึ้น แสดงเกณฑ์การกักเก็บน้ำสำรองไว้ใช้ให้เพียงพอรองรับในช่วงฤดูการเพาะปลูก ส่วนเส้นโค้งควบคุมเส้นบนที่ต่ำลงโดยเฉพาะในช่วงเดือนกรกฎาคม แสดงถึงการพร่องน้ำออกเพื่อรอการรองรับน้ำที่จะไหลเข้าอ่าง ทั้งนี้ก็ไม่ทำให้น้ำส่วนเกินเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากมีปริมาตรของอ่างเก็บน้ำเหลือที่จะรองรับน้ำหลากได้และเส้นกราฟค่อยสูงขึ้นเก็บกักน้ำสำรองไว้ใช้ในช่วงฤดูการเพาะปลูกถัดไป เหมาะสำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีสถานการณ์ไหลล้น

แต่อย่างไรก็ตามโค้งควบคุมใหม่ที่สร้างขึ้นจากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) รวมทั้งโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน ของทั้งสองอ่างเก็บน้ำจะต้องนำไปประเมินประสิทธิภาพการใช้งานในหัวข้อถัดไป เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้งานตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนดในการค้นหาโค้งควบคุมทั้งข้อมูลน้ำท่าในอดีตและน้ำท่าในอนาคต ตลอดจนน้ำท่าอดีตที่สังเคราะห์ 1,000 ชุดข้อมูล

4.6 ผลการประเมินประสิทธิภาพระหว่างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันกับโค้งควบคุมที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA)

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของโค้งควบคุมภายใต้สถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากความไม่แน่นอน ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาในอดีตที่ผ่านมาหรืออาจจะเกิดในอนาคต และปริมาณความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ชลประทานที่เปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการใช้น้ำด้านต่าง ๆ ซึ่งการประเมินจะแสดงผลเป็นสถานการณ์น้ำขาดแคลนน้ำไหลล้น ในรูปแบบความถี่ ช่วงเวลาของเหตุการณ์ ปริมาณน้ำเฉลี่ย และปริมาณน้ำสูงสุด สำหรับเหตุการณ์ที่นำมาทดสอบโค้งควบคุมประกอบไปด้วย 2 สถานการณ์หลัก ๆ

1. สถานการณ์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต โดยแบ่งออกเป็น

- 1.1 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต จำนวน 1 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
- 1.2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต จำนวน 1 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม
- 1.3 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
- 1.4 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

2. สถานการณ์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคต ระหว่าง พ.ศ. 2561- 2610 จำนวน 50 ปี กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 โดยแบ่งออกเป็น

- 2.1 ปริมาณน้ำท่ารายเดือน จำนวน 1 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
- 2.2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือน จำนวน 1 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม
- 2.3 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนมีส่วนร่วม จำนวน 1 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
- 2.4 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนมีส่วนร่วม จำนวน 1 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม
- รายละเอียดผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งกฏปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ มีดังต่อไปนี้

4.6.1 กรณีน้ำท่าอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

1. อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฏปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคเจเนติก

อัลกอริทึม (GA) เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.48

ตาราง 4. 48 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฏปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	0.708	1.292	7.000	2.833	7.000
	GA	0.417	0.692	3.000	2.400	4.000
	GA-DPar	0.500	0.992	3.000	2.000	3.000
	GA-B2	0.500	0.717	6.000	2.400	4.000
	GA-B2,DPar	0.583	1.167	7.000	2.000	4.000
	GA-B2Par	0.458	0.792	6.000	2.200	3.000
	GA-B2Par,DPar	0.542	1.125	7.000	1.857	4.000
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	Existing	1.000	11.477	15.857	11.500	24.000
	GA	0.958	10.941	13.705	7.330	22.000
	GA-DPar	1.000	11.070	13.805	7.330	12.000
	GA-B2	1.000	11.493	13.905	7.330	24.000
	GA-B2,DPar	0.917	11.093	13.807	7.330	12.000
	GA-B2Par	0.875	11.277	13.715	5.250	24.000
	GA-B2Par,DPar	0.875	11.208	13.705	5.240	12.000

จากตาราง 4.48 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฏปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น พบโค้งควบคุม GA ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ พบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย โค้งควบคุม

GA มีค่า 0.417 ครั้ง/ปี 0.692 ล้าน ลบ.ม. และ 2.833 ปี ตามลำดับ ส่วนสถานการณ์การไหลล้นพบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.958 ครั้ง/ปี 10.941 ล้าน ลบ.ม.และ 7.330 ปี ตามลำดับ

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 - 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากวิธี เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ดังแสดงในตาราง 4.49



ตาราง 4. 49 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน สักระยะข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม		ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
				เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	μ	0.717	4.599	10.819	5.388	9.433
		σ	0.137	1.041	2.506	3.422	4.074
	GA	μ	0.513	2.532	10.432	3.615	6.111
		σ	0.147	0.964	2.805	1.959	2.808
	GA-DPar	μ	0.532	2.640	10.517	3.852	6.500
		σ	0.148	0.978	2.935	2.080	2.951
	GA-B2	μ	0.513	2.533	10.437	3.623	6.126
		σ	0.147	0.964	2.821	1.976	2.840
	GA-B2,DPar	μ	0.513	2.533	10.437	3.623	6.126
		σ	0.147	0.964	2.821	1.976	2.840
	GA-B2Par	μ	0.717	4.599	10.819	5.388	9.433
		σ	0.137	1.041	2.506	3.422	4.074
	GA-B2Par,DPar	μ	0.513	2.532	10.432	3.615	6.111
		σ	0.147	0.964	2.805	1.959	2.808
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	Existing	μ	0.958	9.621	15.725	15.902	19.105
		σ	0.046	1.526	0.509	7.160	4.987
	GA	μ	0.836	7.527	15.569	6.894	11.895
		σ	0.083	1.751	0.926	4.327	4.740
	GA-DPar	μ	0.861	7.796	15.564	7.684	12.702
		σ	0.077	1.719	0.872	4.800	4.883
	GA-B2	μ	0.846	7.526	15.572	6.878	11.891
		σ	0.083	1.751	0.916	4.301	4.730
	GA-B2,DPar	μ	0.846	7.526	15.572	6.878	11.891
		σ	0.083	1.751	0.916	4.301	4.730

μ = ค่าเฉลี่ย σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตาราง 4.49 ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์

จากข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตร่วมกับความ ต้องการใช้น้ำปัจจุบัน พบโค้งควบคุม GA ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้ง ควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคู่อื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดย พิจารณาจากสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ พบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาด แคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 0.513 ± 0.147 ครั้ง/ปี 2.532 ± 0.964 ล้าน ลบ.ม. และ 3.615 ± 1.959 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้น จากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.836 ± 0.083 ครั้ง/ปี 7.527 ± 1.751 ล้าน ลบ.ม. และ 6.894 ± 4.327 ปี ตามลำดับ โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำขาด แคลนและสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุมใหม่ เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) ประสิทธิภาพจะสูงกว่าโค้งควบคุมเดิม(Existing)



2. อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

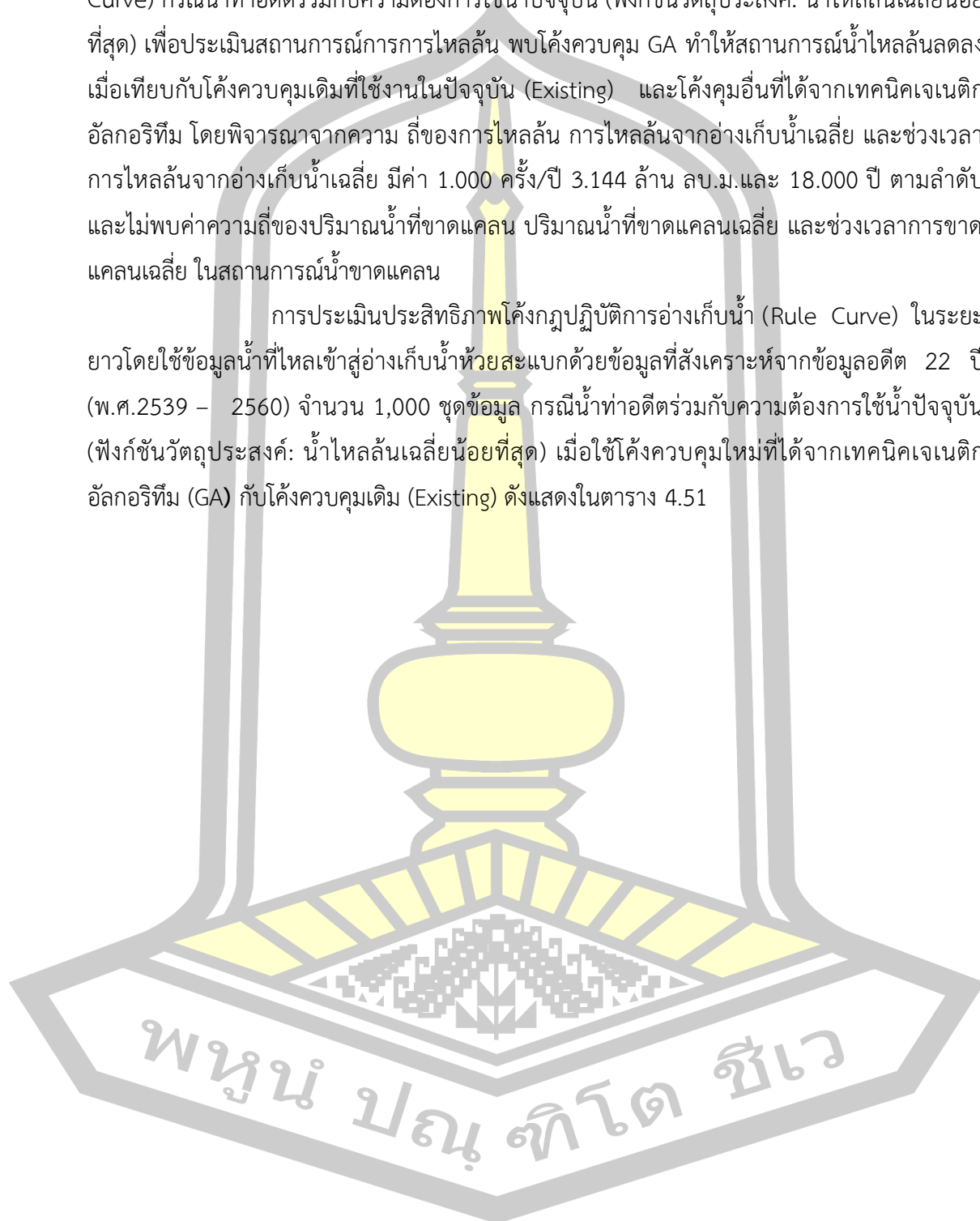
การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกด้วยข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและกรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: ไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การ การไหลล้น ขาดแคลนน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์น้ำไหลล้นส่วนเกินและการขาดแคลนน้ำ ของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุม ดังแสดงในตาราง 4.50

ตาราง 4. 50 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	GA-DPar	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	GA-B2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	GA-B2,DPar	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	GA-B2Par	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	GA-B2Par,DPar	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.000	3.159	3.859	20.000	22.000
	GA	1.000	3.144	3.159	18.000	20.000
	GA-DPar	1.000	3.159	3.759	20.000	22.000
	GA-B2	1.000	3.159	3.759	20.000	22.000
	GA-B2,DPar	1.000	3.159	3.759	20.000	22.000
	GA-B2Par	1.000	3.159	3.759	20.000	22.000
	GA-B2Par,DPar	1.000	3.159	3.759	20.000	22.000

จากตาราง 4.50 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น พบโค้งควบคุม GA ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลงเมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.000 ครั้ง/ปี 3.144 ล้าน ลบ.ม. และ 18.000 ปี ตามลำดับ และไม่พบค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย ในสถานการณ์น้ำขาดแคลน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) กับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ดังแสดงในตาราง 4.51



ตาราง 4. 51 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก สันเคราะห์ข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม		ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
				เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	GA-DPar	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	GA-B2	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	GA-B2,DPar	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	GA-B2Par	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	GA-B2Par,DPar	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	Existing	μ	1.000	3.189	3.691	22.000	22.000
		σ	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000
	GA	μ	1.000	3.146	3.159	18.000	20.000
		σ	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000
	GA-DPar	μ	1.000	3.159	3.179	22.000	22.000
		σ	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000
	GA-B2	μ	1.000	3.276	3.391	22.000	22.000
		σ	0.000	0.011	0.014	0.000	0.000

ตาราง 4.51 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก สันเคราะห์ข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ต่อ)

สถานการณ์	โค้งควบคุม		ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
				เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	GA-B2,DPar	μ	1.000	3.176	3.291	22.000	22.000
		σ	0.000	0.011	0.018	0.000	0.000
	GA-B2Par	μ	1.000	3.176	3.291	22.000	22.000
		σ	0.000	0.011	0.018	0.000	0.000
	GA-B2Par,DPar	μ	1.000	3.176	3.291	22.000	22.000
		σ	0.000	0.011	0.007	0.000	0.000

μ = ค่าเฉลี่ย σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตาราง 4.51 ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539– 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน พบโค้งควบคุม GA ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.000 ± 0.000 ครั้ง/ปี 3.146 ± 0.011 ล้าน ลบ.ม. และ 18.00 ± 0.000 ปี ตามลำดับ และไม่พบค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย ในสถานการณ์น้ำขาดแคลน

4.6.2 กรณีน้ำท่าอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

1. อ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนด้วยข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึง

สถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.52

ตาราง 4. 52 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	0.675	1.997	6.685	4.087	7.751
	GA	0.486	1.169	5.653	3.231	5.650
	GA-DPar	0.439	1.089	5.601	2.888	5.049
	GA-B2	0.550	1.420	6.107	3.480	6.406
	GA-B2,DPar	0.464	1.180	6.072	3.019	5.323
	GA-B2Par	0.570	1.395	5.739	3.649	6.703
	GA-B2Par,DPar	0.564	1.385	5.639	3.629	6.703
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	0.975	11.724	16.916	18.570	20.827
	GA	0.975	11.272	14.657	18.513	20.866
	GA-DPar	0.964	11.012	14.638	18.875	21.042
	GA-B2	0.983	11.319	16.659	20.227	21.884
	GA-B2,DPar	0.972	11.327	16.640	17.787	20.320
	GA-B2Par	0.984	11.376	16.630	20.413	21.961
	GA-B2Par,DPar	0.984	11.256	16.621	20.423	21.971

จากตาราง 4.52 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น พบโค้งควบคุม GA-DPar ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 0.439 ครั้ง/ปี 1.065 ล้าน ลบ.ม. และ 2.796 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น

การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.964 ครั้ง/ปี 11.012 ล้าน ลบ.ม.และ 18.865 ปี ตามลำดับ

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 - 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากวิธี เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ดังแสดงในตาราง 4.53

ตาราง 4. 53 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน สังเคราะห์ข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
น้ำขาดแคลน	Existing	μ	0.650	1.998	6.665	4.080	7.740
		σ	0.136	0.585	1.994	2.113	3.235
	GA	μ	0.485	1.169	5.653	3.231	5.650
		σ	0.142	0.475	1.836	1.472	2.465
	GA-DPar	μ	0.441	1.089	5.601	2.888	5.049
		σ	0.137	0.473	1.909	1.341	2.303
	GA-B2	μ	0.549	1.420	6.107	3.480	6.406
		σ	0.138	0.513	2.019	1.799	2.837
	GA-B2,DPar	μ	0.462	1.180	6.072	3.019	5.323
		σ	0.138	0.501	2.036	1.490	2.393
	GA-B2Par	μ	0.569	1.395	5.739	3.649	6.703
		σ	0.136	0.488	1.946	1.820	2.936
	GA-B2Par,DPar	μ	0.559	1.385	5.639	3.629	6.703
		σ	0.136	0.488	1.946	1.820	2.936
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	Existing	μ	0.975	11.726	16.916	18.580	20.817
		σ	0.034	2.047	0.607	6.678	4.450
	GA	μ	0.975	11.281	14.667	18.523	20.876
		σ	0.035	2.122	0.712	6.653	4.327

ตาราง 4.53 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน สักระยะที่ข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ต่อ)

สถานการณ์	โค้งควบคุม		ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
				เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	GA-DPar	μ	0.977	11.222	14.648	18.867	21.062
		σ	0.034	2.130	0.769	6.606	4.252
	GA-B2	μ	0.983	11.419	16.669	20.237	21.890
		σ	0.029	2.113	0.684	6.006	3.765
	GA-B2,DPar	μ	0.972	11.317	16.670	17.797	20.322
		σ	0.036	2.092	0.723	6.869	4.616
	GA-B2Par	μ	0.984	11.386	16.680	20.433	21.971
		σ	0.029	2.125	0.674	5.853	3.755
	GA-B2Par,DPar	μ	0.984	11.286	16.681	20.433	21.971
		σ	0.029	2.125	0.674	5.853	3.755

μ = ค่าเฉลี่ย σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตาราง 4.53 ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม พบโค้งควบคุม GA-DPar ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 0.441 ± 0.137 ครั้ง/ปี 1.089 ± 0.473 ล้าน ลบ.ม. และ 2.88 ± 1.341 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.977 ± 0.034 ครั้ง/ปี 11.222 ± 2.130 ล้าน ลบ.ม. และ 18.867 ± 6.606 ปี ตามลำดับ

2. อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกด้วยข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560 กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การไหลล้น และขาดแคลนน้ำ ของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุม ดังแสดงในตาราง 4.54

ตาราง 4. 54 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	1.000	3.500	7.000	5.000	8.000
	GA	0.955	2.000	5.000	4.000	8.000
	GA-DPar	0.955	2.000	5.000	4.000	8.000
	GA-B2	0.955	2.000	5.000	4.000	8.000
	GA-B2,DPar	0.955	2.000	5.000	4.000	8.000
	GA-B2Par	0.955	2.000	5.000	4.000	8.000
	GA-B2Par,DPar	0.955	2.000	5.000	4.000	8.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.000	2.985	3.598	19.000	21.000
	GA	1.000	2.964	3.469	18.000	20.000
	GA-DPar	1.000	2.903	3.121	16.000	18.000
	GA-B2	1.000	2.953	3.564	18.000	20.000
	GA-B2,DPar	1.000	2.928	3.597	19.500	21.000
	GA-B2Par	1.000	2.947	3.658	19.000	21.000
	GA-B2Par,DPar	1.000	2.914	3.148	20.000	22.000

จากตาราง 4.54 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) โค้งควบคุมใหม่ จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น และการขาดแคลนน้ำ พบโค้งควบคุม GA-DPar ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย ในสถานการณ์การไหลล้น มีค่า 1.000 ครั้ง/ปี 2.903 ล้าน ลบ.ม. 16.000 ปี ตามลำดับ และพบว่า ความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย ในสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ มีค่า 0.955 ครั้ง/ปี 2.000 ล้าน ลบ.ม. และ 4.000 ปี ตามลำดับ

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาว โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ. 2539 – 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากวิธี เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) กับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ดังแสดงในตาราง 4.55

ตาราง 4. 55 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก สังเคราะห์ข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
น้ำขาดแคลน	Existing	μ	1.000	3.987	8.000	5.525	8.000
		σ	0.000	0.008	0.125	0.012	0.000
	GA	μ	0.955	2.026	5.000	4.000	8.000
		σ	0.005	0.005	0.005	0.005	0.000
	GA-DPar	μ	0.955	2.022	5.000	4.000	8.000
		σ	0.005	0.011	0.005	0.005	0.005
GA-B2	μ	0.955	2.024	5.000	4.000	8.000	
	σ	0.005	0.014	0.005	0.005	0.005	

ตาราง 4.55 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก สังเคราะห์ข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ต่อ)

สถานการณ์	โค้งควบคุม		ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
				เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	GA-B2,DPar	μ	0.955	2.028	5.000	4.000	8.000
		σ	0.005	0.001	0.005	0.005	0.005
	GA-B2Par	μ	0.955	2.025	5.000	4.000	8.000
		σ	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	GA-B2Par,DPar	μ	0.955	2.026	5.000	4.000	8.000
		σ	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	Existing	μ	1.000	2.984	3.402	19.000	20.928
		σ	0.000	0.001	0.009	0.000	0.281
	GA	μ	1.000	2.968	3.469	18.000	21.998
		σ	0.000	0.002	0.005	0.000	0.063
	GA-DPar	μ	1.000	2.904	3.119	15.500	18.638
		σ	0.000	0.001	0.002	0.063	0.218
	GA-B2	μ	1.000	2.957	3.185	18.000	21.125
		σ	0.000	0.003	0.002	0.002	0.124
	GA-B2,DPar	μ	1.000	2.988	3.594	19.500	21.120
		σ	0.000	0.014	0.002	0.005	0.005
	GA-B2Par	μ	1.000	2.951	3.659	19.964	20.912
		σ	0.000	0.003	0.002	0.004	0.008
	GA-B2Par,DPar	μ	1.000	2.918	3.151	20.015	21.368
		σ	0.000	0.005	0.003	0.001	0.008

μ = ค่าเฉลี่ย σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตาราง 4.55 ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539– 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำ โดยกระบวนการมีส่วนร่วม ในสถานการณ์การน้ำไหลล้น พบโค้งควบคุม GA-DPar ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.000 ± 0.000 ครั้ง/ปี 2.904 ± 0.001 ล้าน ลบ.ม. และ 15.500 ± 0.063 ปี ตามลำดับ ส่วนสถานการณ์น้ำขาดแคลนพบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 0.955 ± 0.005 ครั้ง/ปี 2.022 ± 0.011 ล้าน ลบ.ม. และ 4.000 ± 0.005 ปี ตามลำดับ

4.6.3 กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 รวมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

1. อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตรวมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.56

พหุ ประสิทธิภาพ

ตาราง 4. 56 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคต 50 ปี ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	0.600	0.927	6.000	2.600	4.000
	GA	0.500	0.917	6.000	2.400	4.000
	GA-DPar	0.608	1.292	6.000	2.833	7.000
	GA-B2	0.417	0.792	3.000	2.000	3.000
	GA-B2,DPar	0.583	1.167	7.000	2.200	4.000
	GA-B2Par	0.458	0.796	3.000	2.000	3.000
	GA-B2Par,DPar	0.542	1.125	7.000	1.857	4.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.000	11.477	13.097	20.000	24.000
	GA	1.000	11.377	13.085	20.000	22.000
	GA-DPar	0.989	11.936	12.052	20.500	22.000
	GA-B2	0.958	11.262	10.097	11.500	20.000
	GA-B2,DPar	1.000	11.483	13.256	16.500	24.000
	GA-B2Par	0.965	11.370	11.354	14.000	20.000
	GA-B2Par,DPar	1.000	11.508	12.638	14.500	24.000

ประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอนาคต 50 ปี ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น พบโค้งควบคุม GA-B2 ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย โค้งควบคุมใหม่ เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม มีค่า 0.417 ครั้ง/ปี 0.792 ล้าน ลบ.ม. และ 11.262 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.958 ครั้ง/ปี 11.262 ล้าน ลบ.ม. และ 11.500 ปี ตามลำดับ

1. อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนด้วยข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การไหลล้น และการขาดแคลนน้ำ ของอ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.57

ตาราง 4. 57 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	1.000	2.000	4.000	4.000	8.000
	GA	1.000	2.000	4.000	4.000	8.000
	GA-DPar	1.000	2.000	4.000	4.000	8.000
	GA-B2	1.000	2.000	4.000	4.000	8.000
	GA-B2,DPar	1.000	2.000	4.000	4.000	8.000
	GA-B2Par	1.000	2.000	4.000	4.000	8.000
	GA-B2Par,DPar	1.000	2.000	4.000	4.000	8.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.000	1.752	1.773	22.000	22.000
	GA	1.000	1.747	1.758	19.500	22.000
	GA-DPar	1.000	1.737	1.745	22.000	22.000
	GA-B2	1.000	1.725	1.737	14.000	18.000
	GA-B2,DPar	1.000	1.733	1.740	18.000	22.000
	GA-B2Par	1.000	1.729	1.750	18.000	20.000
	GA-B2Par,DPar	1.000	1.741	1.753	18.000	20.000

จากตาราง 4.57 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอนาคตรวมกับความต้งการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ย น้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ในสถานการณ์การน้ำไหลล้น พบ โค้งควบคุม GA-B2 ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.000 ครั้ง/ปี 1.737 ล้าน ลบ.ม.และ 14.000 ปี ตามลำดับ ส่วนสถานการณ์น้ำขาดแคลนพบว่าความถี่ของปริมาณ น้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 1.000 ครั้ง/ปี 2.000 ล้าน ลบ.ม.และ 4.000 ปี ตามลำดับ

4.6.4 กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ. 2561- 2610 จำนวน 50 ปี กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้งการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

1. อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีน้ำท่า รายเดือนในอนาคตรวมกับความต้งการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำ ขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดง ถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จาก เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้ง ควบคุมดังแสดงในตาราง 4.58

พหุ ประ โท ชี เว

ตาราง 4. 58 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	0.708	2.083	7.000	2.833	7.000
	GA	0.625	1.375	8.000	2.143	4.000
	GA-DPar	0.467	1.042	7.000	2.200	4.000
	GA-B2	0.542	1.125	6.000	3.250	5.000
	GA-B2,DPar	0.458	0.958	7.000	2.200	4.000
	GA-B2Par	0.542	1.042	7.000	3.250	6.000
	GA-B2Par,DPar	0.583	1.333	6.000	2.000	4.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	0.958	10.976	12.834	19.500	24.000
	GA	1.000	10.559	12.821	12.000	24.000
	GA-DPar	0.958	10.410	12.845	14.000	24.000
	GA-B2	1.000	10.513	12.835	12.000	24.000
	GA-B2,DPar	0.958	10.318	13.834	11.500	22.000
	GA-B2Par	1.000	10.354	12.836	12.500	22.000
	GA-B2Par,DPar	1.000	10.622	12.844	13.500	22.000

จากตาราง 4.58 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้นพบโค้งควบคุม GA-B2Par ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย โค้งควบคุมใหม่ เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม มีค่า 0.458 ครั้ง/ปี 0.958 ล้าน ลบ.ม. และ 2.200 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.958 ครั้ง/ปี 10.318 ล้าน ลบ.ม. และ 11.500 ปี ตามลำดับ

1. อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนด้วยข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การไหลล้น และการขาดแคลนน้ำ ของอ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.59

ตาราง 4. 59 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	1.000	2.002	2.450	4.000	8.000
	GA	1.000	1.987	1.466	4.000	8.000
	GA-DPar	1.000	1.987	1.466	4.000	8.000
	GA-B2	1.000	1.987	1.466	4.000	8.000
	GA-B2,DPar	1.000	1.987	1.466	4.000	8.000
	GA-B2Par	1.000	1.987	2.000	4.000	8.000
	GA-B2Par,DPar	1.000	1.987	2.000	4.000	8.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.000	1.862	1.773	20.000	21.000
	GA	1.000	1.787	1.758	19.500	22.000
	GA-DPar	1.000	1.623	1.745	20.000	22.000
	GA-B2	1.000	1.525	1.737	14.000	18.000
	GA-B2,DPar	1.000	1.518	1.740	15.000	18.000
	GA-B2Par	1.000	1.541	1.750	18.000	20.000
	GA-B2Par,DPar	1.000	1.529	1.753	18.000	20.000

จากตาราง 4.59 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ในสถานการณ์การนำไหลล้น พบโค้งควบคุม GA-B2,DPar ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.000 ครั้ง/ปี 1.518 ล้าน ลบ.ม.และ 15.000 ปี ตามลำดับ ส่วนสถานการณ์น้ำขาดแคลนพบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 1.000 ครั้ง/ปี 1.987 ล้าน ลบ.ม.และ 4.000 ปี ตามลำดับ

4.6.5 กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี โดยกระบวนการมีส่วนร่วม กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

1. อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.60

พหุ ประสิทธิภาพ ชีวะ

ตาราง 4. 60 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำใช้ปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	0.500	0.917	6.000	2.400	6.000
	GA	0.500	0.801	6.000	2.300	6.000
	GA-DPar	0.708	1.292	9.000	2.833	5.000
	GA-B2	0.417	0.792	7.000	2.200	3.000
	GA-B2,DPar	0.583	1.167	7.000	2.200	3.000
	GA-B2Par	0.458	0.649	3.000	2.000	4.000
	GA-B2Par,DPar	0.542	1.125	9.000	1.857	5.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.000	11.477	22.097	24.000	24.000
	GA	0.988	11.467	22.097	24.000	24.000
	GA-DPar	1.000	11.936	22.097	11.000	22.000
	GA-B2	1.000	11.370	22.097	24.000	24.000
	GA-B2,DPar	1.000	11.493	22.097	24.000	24.000
	GA-B2Par	0.958	11.362	22.097	11.500	22.000
	GA-B2Par,DPar	1.000	11.508	22.097	24.000	24.000

จากตาราง 4.60 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น พบโค้งควบคุม GA-B2Par ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย โค้งควบคุมใหม่ เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม มีค่า 0.458 ครั้ง/ปี 0.649 ล้าน ลบ.ม.และ 2.000 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.958 ครั้ง/ปี 11.362 ล้าน ลบ.ม. และ 11.500 ปี ตามลำดับ

1. อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนด้วยข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การไหลล้น และการขาดแคลนน้ำ ของอ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.61

ตาราง 4. 61 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	1.000	2.000	2.400	4.000	8.000
	GA	1.000	1.857	2.000	4.000	8.000
	GA-DPar	1.000	1.857	2.000	4.000	8.000
	GA-B2	1.000	1.857	2.000	4.000	8.000
	GA-B2,DPar	1.000	1.857	2.000	4.000	8.000
	GA-B2Par	1.000	1.857	2.000	4.000	8.000
	GA-B2Par,DPar	1.000	1.857	2.000	4.000	8.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.000	1.862	1.773	20.000	21.000
	GA	1.000	1.787	1.758	19.500	22.000
	GA-DPar	1.000	1.623	1.745	20.000	22.000
	GA-B2	1.000	1.525	1.737	14.000	18.000
	GA-B2,DPar	1.000	1.518	1.740	15.000	18.000
	GA-B2Par	1.000	1.498	1.750	15.000	20.000
	GA-B2Par,DPar	1.000	1.529	1.753	18.000	20.000

จากตาราง 4.61 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ในสถานการณ์การน้ำไหลล้น พบโค้งควบคุม GA-B2Par ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.000 ครั้ง/ปี 1.498 ล้าน ลบ.ม.และ 15.000 ปี ตามลำดับ ส่วนสถานการณ์น้ำขาดแคลนพบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 1.857 ครั้ง/ปี 2.000 ล้าน ลบ.ม.และ 8.000 ปี ตามลำดับ

4.6.6 กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี โดยกระบวนการมีส่วนร่วม กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

1. อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.62

พหุ ประสิทธิภาพ ชีวะ

ตาราง 4. 62 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	0.583	1.333	8.000	3.250	4.000
	GA	0.458	1.375	7.000	3.150	4.000
	GA-DPar	0.708	1.042	7.000	2.833	7.000
	GA-B2	0.542	1.125	6.000	2.200	5.000
	GA-B2,DPar	0.625	1.083	7.000	2.143	4.000
	GA-B2Par	0.542	1.002	7.000	2.200	6.000
	GA-B2Par,DPar	0.458	0.958	6.000	2.000	4.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.000	10.622	12.814	19.000	21.000
	GA	0.958	10.510	12.717	10.000	16.000
	GA-DPar	0.958	10.476	11.734	11.500	16.000
	GA-B2	1.000	10.413	10.834	10.000	24.000
	GA-B2,DPar	1.000	7.834	10.559	11.500	14.000
	GA-B2Par	1.000	7.734	10.354	11.500	14.000
	GA-B2Par,DPar	0.958	7.425	10.410	11.500	14.000

จากตาราง 4.62 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้นพบโค้งควบคุม GA-B2Par,DPar ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคู่อื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย โค้งควบคุมใหม่ เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม มีค่า 0.458 ครั้ง/ปี 0.958 ล้าน ลบ.ม. และ 2.000 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย

และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.958 ครั้ง/ปี 7.425 ล้าน ลบ.ม.และ 11.500 ปี ตามลำดับ

1. อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนด้วยข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การไหลล้น และการขาดแคลนน้ำ ของอ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.63

ตาราง 4. 63 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	1.000	3.000	5.000	3.000	7.000
	GA	1.000	3.000	5.000	3.000	7.000
	GA-DPar	1.000	3.000	5.000	3.000	7.000
	GA-B2	1.000	3.000	5.000	3.000	7.000
	GA-B2,DPar	1.000	3.000	5.000	3.000	7.000
	GA-B2Par	1.000	3.000	5.000	3.000	7.000
	GA-B2Par,DPar	1.000	3.000	5.000	3.000	7.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.000	1.421	1.451	6.000	8.000
	GA	1.000	1.419	1.451	5.000	8.000
	GA-DPar	0.955	1.412	1.420	5.000	8.000
	GA-B2	1.000	1.416	1.423	5.000	8.000
	GA-B2,DPar	1.000	1.419	1.430	5.000	8.000
	GA-B2Par	0.955	1.408	1.415	4.000	8.000
	GA-B2Par,DPar	0.955	1.369	1.405	5.000	8.000

จากตาราง 4.63 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำ โดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ในสถานการณ์การน้ำไหลล้น พบโค้งควบคุม GA-B2Par,DPar ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.955 ครั้ง/ปี 1.369 ล้าน ลบ.ม.และ 5.000 ปี ตามลำดับ ส่วนสถานการณ์น้ำขาดแคลนพบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 1.000 ครั้ง/ปี 3.000 ล้าน ลบ.ม.และ 7.000 ปี ตามลำดับ



4.7 ผลการศึกษาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่พัฒนาด้วยเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ (Flower Pollination Algorithm : FPA)

โค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่สร้างจากเทคนิคเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้
(Flower Pollination Algorithm : FPA) เชื่อมต่อกับแบบจำลองสมดุอ่างเก็บน้ำ รายละเอียด
ในการค้นหาที่มีดังต่อไปนี้

1. กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต โดยแบ่งออกเป็น

1.1 อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

1.1.1 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต 24 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2537- 2560
ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

1.1.2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต 24 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2537- 2560
ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

1.2 อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

1.2.1 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคต 22 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2539-
2560 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

1.2.2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคต 22 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2539-
2560 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

2. กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610จำนวน 50 ปี กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 โดยแบ่งออกเป็น

2.1 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

2.2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

2.3 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

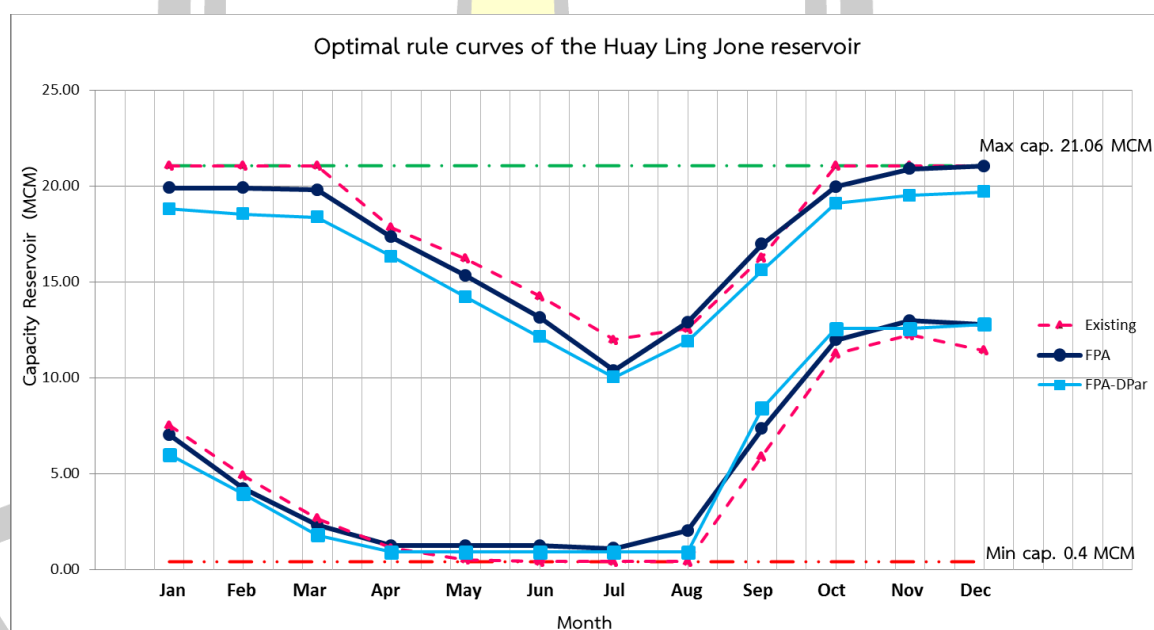
2.4 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดย
กระบวนการมีส่วนร่วม

3. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาโค้งปฏิบัติการเก็บน้ำ

การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา โดยกำหนดตามสถานการณ์ปัจจุบันที่เกิดขึ้นภายในอ่างเก็บน้ำ โดยกำหนดให้อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือ น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด ส่วนอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือ น้ำไหลล้นส่วนเกินเฉลี่ยน้อยที่สุด

รายละเอียดผลการโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำดังแสดงในหัวข้อถัดไป

4.7.1 โค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่สร้างจากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ (FPA) เชื่อมต่อกับแบบจำลองสมดุลอ่างเก็บน้ำโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าในอดีต 24 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2537-2560 ผลของโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) ดังแสดงในรูปที่ 4.33



ภาพประกอบ 4.32 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน (กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีต 24 ปี ; ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด)

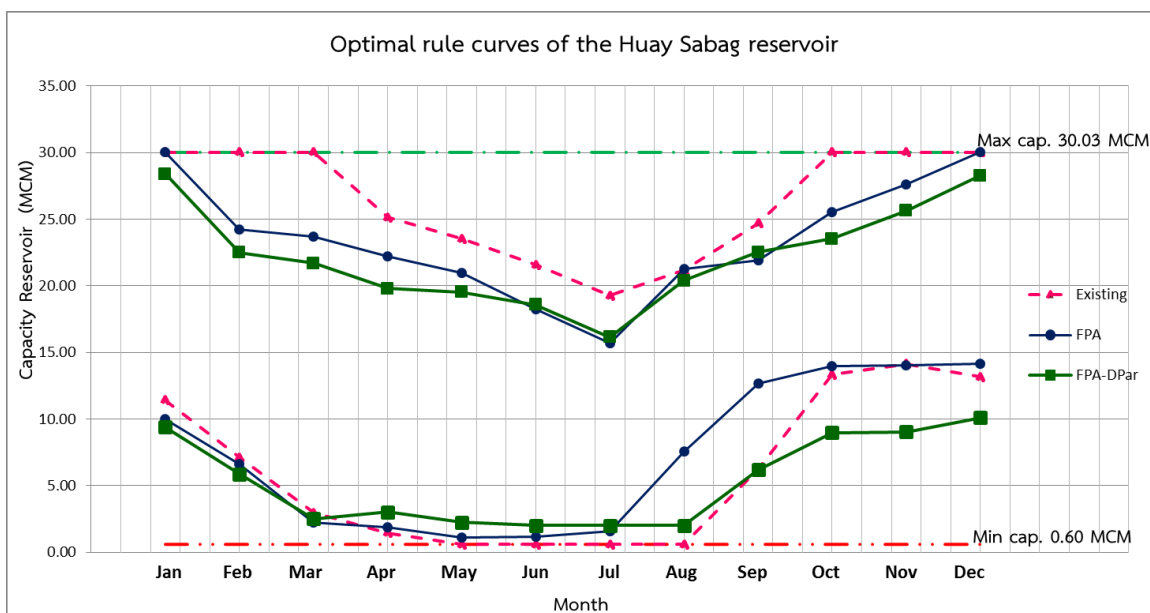
จากภาพประกอบ 4.33 ผลของการค้นหาโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (FPA) และน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (FPA-DPar) (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำ

ขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) พบว่าเส้นโค้งมีลักษณะรูปร่างการลู่เข้าหาคำตอบคล้ายกับโค้งควมคุมเดิม ทั้ง 2 กรณี แต่เส้นโค้งอาจจะมีลักษณะสูงต่ำแตกต่างกันไปเมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (FPA) ลักษณะเส้นโค้งที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกศรดอกไม้ (FPA) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) เล็กน้อย แสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงและสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเพื่อพร่องน้ำออกไว้สำหรับหากช่วงปีที่ฤดูฝนมาช้ากว่าปกติ ปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป

2. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (FPA-DPar) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) ค่อนข้างมาก เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากเดิม เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะยกสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเพื่อเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป

4.7.2 โค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่สร้างจากเทคนิคถ่ายละอองเกศรดอกไม้ (FPA) เชื่อมต่อกับแบบจำลองสมดุลงอ่างเก็บน้ำโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าในอดีต 22 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2539-2560 ผลของโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก กรณีความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) ดังแสดงในรูปที่ 4.34



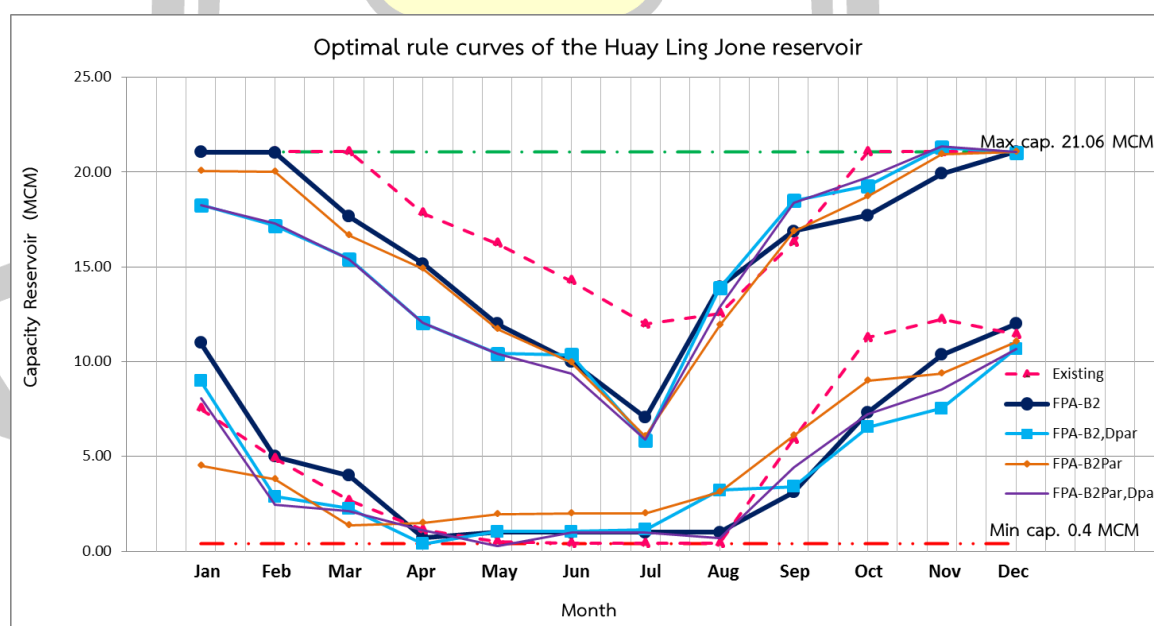
ภาพประกอบ 4.33 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก
(กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีต 22 ปี ; ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด)

จากภาพประกอบ 4.34 ผลของการค้นหาโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (FPA) และน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (FPA-DPar) (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) พบว่าเส้นโค้งมีลักษณะรูปร่างการลู่เข้าหาคำตอบคล้ายกับโค้งควบคุมเดิมทั้ง 2 กรณี แต่เส้นโค้งอาจจะมีลักษณะสูงต่ำแตกต่างกันไปเมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (FPA) ลักษณะเส้นโค้งที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ (FPA) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) เล็กน้อย แสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงและสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเพื่อพร่องน้ำออกไว้สำหรับหากช่วงปีที่ฤดูฝนมาช้ากว่าปกติ ปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป

2. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (FPA-DPar) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) ค่อนข้างมาก เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากเดิม เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะสูงไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะยกสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเพื่อเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป

4.7.3 โค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี การเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความ ต้องการใช้น้ำปัจจุบัน, กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน, กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม, กรณีน้ำท่ารายเดือนอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน และกรณีน้ำท่ารายเดือนอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) ดังแสดงในภาพประกอบ 4.35



ภาพประกอบ 4.34 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน
(กรณี น้ำท่ารายเดือนในอนาคต 50 ปี; ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด)

จากภาพประกอบ 4.35 ผลของการค้นหาโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (FPA-B2), กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (FPA-B2,DPar), กรณีน้ำท่ารายเดือนอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (FPA-B2Par) และกรณีน้ำท่ารายเดือนอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (FPA-B2Par,DPar) โดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด พบว่าเส้นโค้งมีลักษณะรูปร่างการลู่เข้าหาค่าตอบคล้ายกับโค้งควบคุมเดิมทั้ง 4 กรณี แต่เส้นโค้งอาจจะมีลักษณะสูงต่ำแตกต่างกันไปเมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบันลักษณะเส้นโค้งที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ (FPA-B2) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) เล็กน้อย แสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณน้ำใช้ในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงในช่วงฤดูฝนเพื่อพร่องน้ำออกไว้สำหรับรองรับปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสามารถบรรเทาอุทกภัย และเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป

2. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (FPA-B2,DPar) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และเส้นโค้งกรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (FPA-B2) ค่อนข้างมาก เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากเดิม เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะยกสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเพื่อเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป

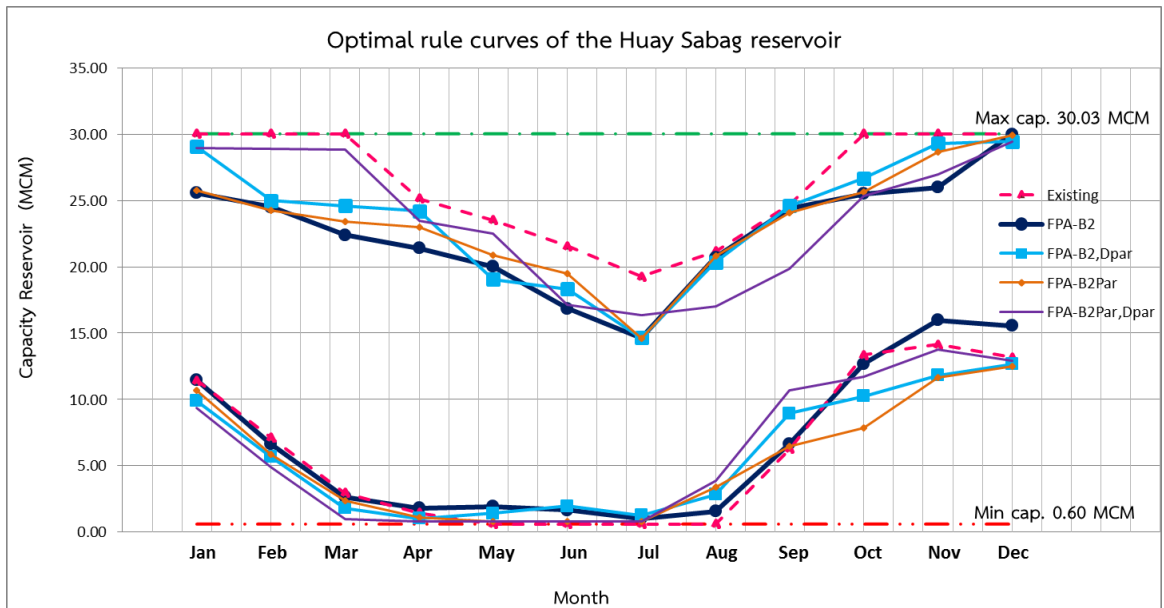
3. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (FPA-B2Par) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้ง

ควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) เล็กน้อย เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบัน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงในช่วงฤดูฝน เพื่อรองรับปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกถัดไป

4. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (FPA-B2Par, DPar) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) ค่อนข้างมาก ค่อนข้างมากเนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากเดิม เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะลู่ไปตามเส้นโค้งควบคุมเดิมเช่นกัน แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะยกสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเพื่อรองรับปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกถัดไป

4.7.4 โค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี การเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน, กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน, กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม, กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน และกรณีน้ำท่ารายเดือนอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำไหลล้นส่วนเกินเฉลี่ยน้อยที่สุด) ดังภาพประกอบ 4.36

พหุ ประเด็น ชีวะ



ภาพประกอบ 4.35 โค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก
(กรณี น้ำท่ารายเดือนในอนาคต 50 ปี; ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด)

จากภาพประกอบ 4.36 ผลของการค้นหาโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (FPA-B2), กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (FPA-B2,DPar), กรณีน้ำท่ารายเดือนอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (FPA-B2Par) และกรณีน้ำท่ารายเดือนอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (FPA-B2Par,DPar) โดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ : น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด พบว่าเส้นโค้งมีลักษณะรูปร่างการลู่เข้าหาค่าตอบคล้ายกับโค้งควบคุมเดิมทั้ง 4 กรณี แต่เส้นโค้งอาจจะมีลักษณะสูงต่ำแตกต่างกันไปเมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบันลักษณะเส้นโค้งที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ (FPA-B2) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะรูปร่างที่สอดคล้องกับเส้นโค้งควบคุมเดิม แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงในช่วงฤดูฝนเพื่อพร่องน้ำออกไว้สำหรับรองรับปริมาณน้ำท่าที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสามารถบรรเทาอุทกภัย และเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูก ลดปริมาณการไหลล้นน้ำส่วนเกินจากอ่างเก็บน้ำ ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟสูงกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) แสดงถึงเกณฑ์การลดการปล่อยน้ำจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งาน

ปัจจุบันเพื่อให้มีน้ำไว้ใช้ตลอดฤดูแล้งและเพิ่มปริมาณการปล่อยน้ำมากขึ้นในช่วงที่ต่ำกว่าโค้งควบคุมเดิม ซึ่งเส้นระดับของเส้นของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำอย่างมีเป้าหมายมากขึ้นจึงลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวได้

2. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (FPA-B2,DPar) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะรูปร่างที่สอดคล้องกับเส้นโค้งควบคุมเดิม แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงในช่วงเดือนกรกฎาคม เพื่อพร่องน้ำออกรอรับน้ำที่จะไหลเข้าอ่างในช่วงฝนก่อนสุดท้าย ทั้งนี้ก็ไม่ทำให้น้ำส่วนเกินเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากมีปริมาตรของอ่างเก็บน้ำเหลือที่จะรองรับน้ำหลากได้ และยังเพื่อปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกในฤดูแล้งสามารถบรรเทาความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำในฤดูเพาะปลูกถัดไป ส่วนเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำลงกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) ค่อนข้างมากเนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากเดิม เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป

3. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (FPA-B2Par) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่าโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะรูปร่างที่สอดคล้องกับลักษณะเส้นโค้งควบคุมเดิม แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงในช่วงฤดูฝนเพื่อรองรับปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกถัดไป ส่วนเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) เส้นกราฟต่ำลงกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) เล็กน้อย เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบัน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป

4. กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (FPA-B2Par,DPar) เมื่อเทียบกับเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานปัจจุบัน (Existing) พบว่า ลักษณะเส้นโค้งควบคุมเส้นบน (URC) มีลักษณะรูปร่างที่สอดคล้องกับเส้นโค้งควบคุมเดิม แต่ระดับเส้นกราฟมีลักษณะต่ำลงในช่วงเดือนกรกฎาคม เป็นการพร่องน้ำออกเพื่อรอการรองรับน้ำที่จะไหลเข้าอ่าง ทั้งนี้ก็ไม่ทำให้น้ำส่วนเกินเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากมีปริมาตรของอ่างเก็บน้ำเหลือที่จะรองรับน้ำหลากได้เพื่อรองรับปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำสำรองไว้ในฤดูการเพาะปลูกถัดไป ส่วนเส้นโค้งควบคุมเส้นล่าง (LRC) มีลักษณะ เส้นกราฟต่ำลงกว่าเส้นโค้งเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) ค่อนข้างมาก ค่อนข้างมากเนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากเดิม เส้นโค้งที่ได้จึงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อ

ความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป

จากการพิจารณาโค้งควบคุมจากทั้งกรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำทั้งปัจจุบันและความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม และน้ำท่ารายเดือนในอนาคต 50 ปี ในสถานการณ์ B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำทั้งปัจจุบันและความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม พบว่าเส้นโค้งควบคุมเส้นล่างมีลักษณะต่ำลงจากเส้นโค้งเดิม เนื่องจากปริมาณน้ำท่าที่เปลี่ยนแปลงไปและความต้องการใช้น้ำที่เปลี่ยนไปทำให้เส้นโค้งที่ได้ต่ำลงแสดงถึงเกณฑ์การปล่อยน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์การปล่อยน้ำที่ใช้งานปัจจุบันซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ปริมาณน้ำจะมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เขตชลประทาน หลังจากนั้นเส้นกราฟจะยกสูงขึ้นเพื่อเตรียมกักเก็บน้ำในช่วงฤดูการถัดไป ซึ่งเหมาะสมกับสถานการณ์ทั้งขาดแคลนและไหลล้น ส่วนเส้นโค้งควบคุมเส้นบนที่สูงขึ้น แสดงเกณฑ์การกักเก็บน้ำสำรองไว้ใช้ให้เพียงพอรองรับในช่วงฤดูการเพาะปลูก ส่วนเส้นโค้งควบคุมเส้นบนที่ต่ำลงโดยเฉพาะในช่วงเดือนกรกฎาคม แสดงถึงการพร่องน้ำออกเพื่อรองรับน้ำที่จะไหลเข้าอ่าง ทั้งนี้ก็ไม่นำให้น้ำส่วนเกินเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากมีปริมาตรของอ่างเก็บน้ำเหลือที่จะรองรับน้ำหลากได้และเส้นกราฟค่อยสูงขึ้นเก็บกักน้ำสำรองไว้ใช้ในช่วงฤดูการเพาะปลูกถัดไป เหมาะสำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีสถานการณ์ไหลล้น แต่อย่างไรก็ตามโค้งควบคุมใหม่ที่สร้างขึ้นจากเทคนิคถ่ายละอองเธรดดอกไม้ (FPA) รวมทั้งโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน ของทั้งสองอ่างเก็บน้ำจะต้องนำไปประเมินประสิทธิภาพการใช้งานในหัวข้อถัดไป เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้งานตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนดในการค้นหาโค้งควบคุมทั้งข้อมูลน้ำท่าในอดีตและน้ำท่าในอนาคตตลอดจนน้ำท่าอดีตที่สังเคราะห์ 1,000 ชุดข้อมูล

4.8 ผลการประเมินประสิทธิภาพระหว่างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันกับโค้งควบคุมที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยเทคนิคถ่ายละอองเธรดดอกไม้ (FPA)

การประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของโค้งควบคุมภายใต้สถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากความไม่แน่นอน ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาในอดีตที่ผ่านมาหรืออาจจะเกิดในอนาคต และปริมาณความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ชลประทานที่เปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการใช้น้ำด้านต่าง ๆ ซึ่งการประเมินจะแสดงผลเป็นสถานการณ์น้ำขาดแคลนน้ำไหลล้น ในรูปแบบความถี่ ช่วงเวลาของเหตุการณ์ ปริมาณน้ำเฉลี่ย และปริมาณน้ำสูงสุด สำหรับเหตุการณ์ที่นำมาทดสอบโค้งควบคุมประกอบไปด้วย 2 สถานการณ์หลัก ๆ

1. สถานการณ์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต โดยแบ่งออกเป็น

- 1.1 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต จำนวน 1 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
- 1.2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต จำนวน 1 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม
- 1.3 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
- 1.4 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

2. สถานการณ์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 โดยแบ่งออกเป็น

- 2.1 ปริมาณน้ำท่ารายเดือน จำนวน 1 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
- 2.2 ปริมาณน้ำท่ารายเดือน จำนวน 1 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม
- 2.3 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนมีส่วนร่วม จำนวน 1 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน
- 2.4 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนมีส่วนร่วม จำนวน 1 ชุดข้อมูล ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม
- รายละเอียดผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งกฏปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ มีดังต่อไปนี้

4.8.1 กรณีน้ำท่าอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

1. อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฏปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคถ่าย

ละอองเกสรดอกไม้ (FPA) เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.64

ตาราง 4. 64 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฏปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	1.000	1.294	10.000	2.933	7.000
	FPA	0.955	0.792	6.862	3.200	6.000
	FPA-DPar	1.000	0.896	7.826	2.200	5.000
	FPA-B2	1.000	0.917	7.000	2.500	6.000
	FPA-B2,DPar	1.000	1.267	6.000	2.700	6.000
	FPA-B2Par	0.955	0.812	8.000	2.500	5.000
	FPA-B2Par,DPar	0.955	1.136	7.000	1.957	5.000
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	Existing	1.000	11.497	15.856	11.500	24.000
	FPA	0.955	11.041	13.905	7.530	22.000
	FPA-DPar	1.000	11.070	13.925	7.580	12.000
	FPA-B2	1.000	11.593	13.935	7.580	24.000
	FPA-B2,DPar	1.000	11.102	13.927	7.580	12.000
	FPA-B2Par	0.955	11.297	13.978	5.583	24.000
	FPA-B2Par,DPar	0.955	11.248	13.805	5.582	12.000

จากตาราง 4.64 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฏปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น พบโค้งควบคุม FPA ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ โดยพิจารณาจากสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ พบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย โค้ง

ควบคุม FPA มีค่า 0.955 ครั้ง/ปี 0.792 ล้าน ลบ.ม. และ 3.200 ปี ตามลำดับ ส่วนสถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.955 ครั้ง/ปี 11.041 ล้าน ลบ.ม.และ 7.530 ปี ตามลำดับ

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากวิธี เทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ (FPA) เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ดังแสดงในตาราง 4.65

ตาราง 4. 65 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน สังเคราะห์ข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
น้ำขาดแคลน	Existing	μ	0.715	1.600	10.819	5.468	9.654
		σ	0.124	1.041	2.506	3.022	4.174
	FPA	μ	0.515	2.932	10.452	3.675	6.351
		σ	0.020	0.064	2.105	1.909	2.908
	FPA-DPar	μ	0.536	2.740	10.617	3.852	6.600
		σ	0.108	0.318	0.005	0.061	2.051
	FPA-B2	μ	0.523	2.533	10.537	3.523	6.226
		σ	0.107	0.964	0.001	1.976	2.640
	FPA-B2,DPar	μ	0.523	2.533	10.637	3.623	6.326
		σ	0.100	0.964	0.214	1.016	2.240
	FPA-B2Par	μ	0.727	4.599	11.819	5.398	9.333
		σ	0.100	1.041	2.506	0.022	4.174
	FPA-B2Par,DPar	μ	0.519	2.532	11.432	3.715	6.201
		σ	0.001	0.964	0.004	1.759	2.008

ตาราง 4.65 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน สักระยะข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ต่อ)

สถานการณ์	โค้งควบคุม		ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
				เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	Existing	μ	0.900	11.621	15.725	15.902	19.105
		σ	0.010	1.526	0.509	7.160	4.987
	FPA	μ	0.942	11.527	15.569	6.914	11.895
		σ	0.042	1.051	0.926	0.437	4.740
	FPA-DPar	μ	0.861	11.796	15.564	7.684	12.702
		σ	0.077	1.719	0.872	4.800	4.883
	FPA-B2	μ	0.846	11.546	15.572	6.878	11.891
		σ	0.083	1.751	0.916	4.301	4.730
	FPA-B2,DPar	μ	0.846	11.536	15.562	6.868	11.891
		σ	0.083	1.051	0.916	4.301	4.730
	FPA-B2Par	μ	0.900	11.631	15.715	15.912	19.115
		σ	0.010	1.526	0.509	7.160	4.987
	FPA-B2Par,DPar	μ	0.942	11.537	15.539	6.904	11.897
		σ	0.042	1.061	0.926	0.437	4.741

μ = ค่าเฉลี่ย σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตาราง 4.65 ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน พบโค้งควบคุม FPA ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ โดยพิจารณาจากสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ พบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 0.515 ± 0.020 ครั้ง/ปี 2.932 ± 0.064 ล้าน ลบ.ม. และ 3.675 ± 1.909 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.942 ± 0.042 ครั้ง/ปี 11.527 ± 1.051 ล้าน ลบ.ม. และ 6.914 ± 0.437 ปี ตามลำดับ โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำขาด

แคลนและสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุมใหม่ เทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ (FPA) ประสิทธิภาพจะสูงกว่าโค้งควบคุมเดิม(Existing)

2. อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

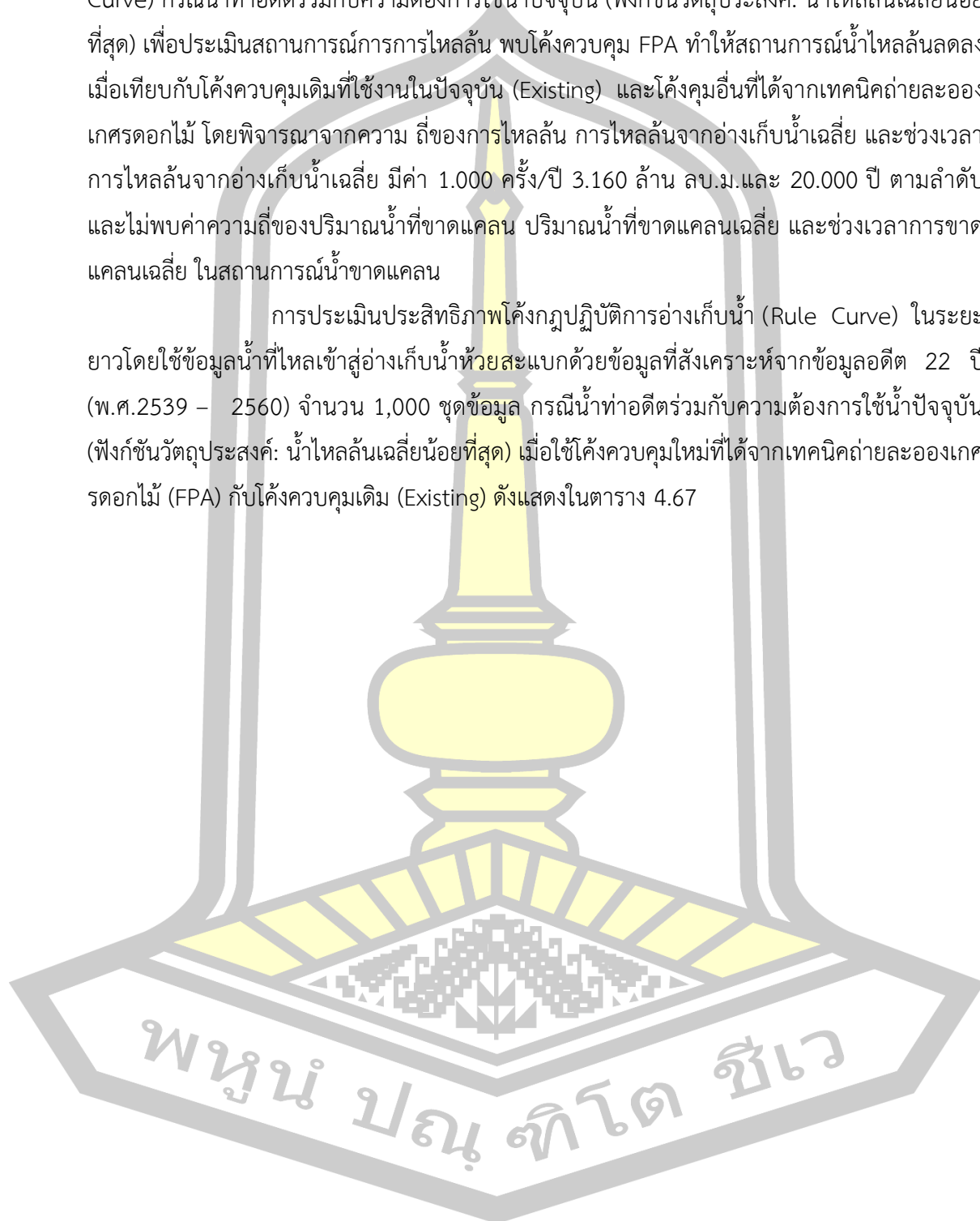
การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกด้วยข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบันและกรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: ไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การ การไหลล้น ขาดแคลนน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์น้ำไหลล้นส่วนเกินและการขาดแคลนน้ำ ของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ (FPA) เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพ ดังแสดงในตาราง 4.66

ตาราง 4. 66 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	FPA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	FPA-DPar	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	FPA-B2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	FPA-B2,DPar	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	FPA-B2Par	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	FPA-B2Par,DPar	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.000	3.172	3.859	20.000	22.000
	FPA	1.000	3.160	3.510	20.000	22.000
	FPA-DPar	1.000	3.164	3.780	20.000	22.000
	FPA-B2	1.000	3.168	3.810	20.000	22.000
	FPA-B2,DPar	1.000	3.167	3.779	20.000	22.000
	FPA-B2Par	1.000	3.172	3.769	20.000	22.000
	FPA-B2Par,DPar	1.000	3.163	3.770	20.000	22.000

จากตาราง 4.66 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอติตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น พบโค้งควบคุม FPA ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลงเมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกศรดอกไม้ โดยพิจารณาจากความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.000 ครั้ง/ปี 3.160 ล้าน ลบ.ม. และ 20.000 ปี ตามลำดับ และไม่พบค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย ในสถานการณ์น้ำขาดแคลน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอติตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกศรดอกไม้ (FPA) กับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ดังแสดงในตาราง 4.67



ตาราง 4. 67 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก สันเคราะห์ข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โครงสร้างควบคุม		ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
				เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	FPA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	FPA-DPar	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	FPA-B2	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	FPA-B2,DPar	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	FPA-B2Par	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	FPA-B2Par,DPar	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	Existing	μ	1.000	3.289	3.791	22.000	22.000
		σ	0.000	0.004	0.003	0.000	0.000
	FPA	μ	1.000	3.156	3.169	18.000	20.000
		σ	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
	FPA-DPar	μ	1.000	3.160	3.198	22.000	22.000
		σ	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000
	FPA-B2	μ	1.000	3.286	3.371	22.000	22.000
		σ	0.000	0.017	0.011	0.000	0.000
	FPA-B2,DPar	μ	1.000	3.186	3.301	22.000	22.000
		σ	0.000	0.011	0.010	0.000	0.000
	FPA-B2Par	μ	1.000	3.186	3.281	22.000	22.000
		σ	0.000	0.011	0.018	0.000	0.000
	FPA-B2Par,DPar	μ	1.000	3.186	3.221	22.000	22.000
		σ	0.000	0.011	0.003	0.000	0.000

จากตาราง 4.67 ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539– 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอติตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน พบโค้งควบคุม FPA ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.000 ± 0.000 ครั้ง/ปี 3.156 ± 0.001 ล้าน ลบ.ม. และ 18.00 ± 0.000 ปี ตามลำดับ และไม่พบค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย ในสถานการณ์น้ำขาดแคลน

4.8.2 กรณีน้ำท่าอติตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

1. อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.68

พหุ ประสิทธิภาพ ชีวะ

ตาราง 4. 68 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	0.675	1.997	6.695	4.081	7.751
	FPA	0.496	1.179	5.663	2.911	5.640
	FPA-DPar	0.449	1.189	5.671	3.878	5.009
	FPA-B2	0.560	1.420	6.187	3.410	6.416
	FPA-B2,DPar	0.469	1.191	6.172	3.009	5.333
	FPA-B2Par	0.582	1.398	5.729	3.649	6.713
	FPA-B2Par,DPar	0.574	1.386	5.619	3.629	6.713
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	0.976	11.724	16.916	18.570	20.827
	FPA	0.976	11.275	14.657	18.526	20.856
	FPA-DPar	0.965	11.012	14.638	18.895	21.032
	FPA-B2	0.985	11.319	16.659	20.237	21.894
	FPA-B2,DPar	0.975	11.327	16.640	17.797	20.330
	FPA-B2Par	0.986	11.376	16.630	20.423	21.971
	FPA-B2Par,DPar	0.986	11.256	16.621	20.433	21.971

จากตาราง 4.68 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น พบโค้งควบคุม FPA-DPar ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกศรดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 0.496 ครั้ง/ปี 1.179 ล้าน ลบ.ม. และ 2.911 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.976 ครั้ง/ปี 11.275 ล้าน ลบ.ม. และ 18.526 ปี ตามลำดับ

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ. 2537 – 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตพร้อมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากวิธีเทคนิคถ่ายละอองเศษรดอกไม้ (FPA) เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ดังแสดงในตาราง 4.69

ตาราง 4. 69 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน สังเคราะห์ข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตพร้อมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม		ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
				เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.136	0.585	1.994	2.113	3.235
	FPA	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.142	0.475	1.836	1.472	2.465
	FPA-DPar	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.137	0.473	1.909	1.341	2.303
	FPA-B2	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.138	0.513	2.019	1.799	2.837
	FPA-B2,DPar	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.138	0.501	2.036	1.490	2.393
	FPA-B2Par	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.136	0.488	1.946	1.820	2.936
	FPA-B2Par,DPar	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.136	0.488	1.946	1.820	2.936
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	Existing	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.034	2.047	0.607	6.678	4.450
	FPA	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.035	2.122	0.712	6.653	4.327
	FPA-DPar	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.034	2.130	0.769	6.606	4.252
	FPA-B2	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.029	2.113	0.684	6.006	3.765

ตาราง 4.69 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน สักระยะข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ต่อ)

สถานการณ์	โค้งควบคุม		ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
				เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	FPA-B2,DPar	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.036	2.092	0.723	6.869	4.616
	FPA-B2Par	μ	1.000	2.348	7.015	4.430	8.000
		σ	0.029	2.125	0.674	5.853	3.755
	FPA-B2Par,DPar	μ	1.334	11.636	17.031	20.783	22
		σ	0.029	2.125	0.674	5.853	3.755

μ = ค่าเฉลี่ย σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตาราง 4.69 ผลการประเมิน

ประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม พบโค้งควบคุม FPA-DPar ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคย่อยละอองเขตรดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 0.791 ± 0.137 ครั้ง/ปี 1.439 ± 0.473 ล้าน ลบ.ม. และ 3.230 ± 1.341 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.327 ± 0.034 ครั้ง/ปี 11.572 ± 2.130 ล้าน ลบ.ม. และ 19.217 ± 6.606 ปี ตามลำดับ

2. อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกด้วยข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การการไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การไหลล้น และขาดแคลนน้ำ ของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จาก

เทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ (FPA) เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุม ดังแสดงในตาราง 4.70

ตาราง 4. 70 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฏปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	1.300	3.800	7.300	5.300	8.000
	FPA	1.255	2.300	5.300	4.300	8.000
	FPA-DPar	1.255	2.300	5.300	4.300	8.000
	FPA-B2	1.255	2.300	5.300	4.300	8.000
	FPA-B2,DPar	1.255	2.300	5.300	4.300	8.000
	FPA-B2Par	1.255	2.300	5.300	4.300	8.000
	FPA-B2Par,DPar	1.255	2.300	5.300	4.300	8.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.300	3.285	3.898	19.300	21.000
	FPA	1.300	3.264	3.769	18.300	20.000
	FPA-DPar	1.300	3.203	3.421	16.300	18.000
	FPA-B2	1.300	3.253	3.864	18.300	20.000
	FPA-B2,DPar	1.300	3.228	3.897	19.800	21.000
	FPA-B2Par	1.300	3.247	3.958	19.300	21.000
	FPA-B2Par,DPar	1.300	3.214	3.448	20.300	22.000

จากตาราง 4.70 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฏปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) โค้งควบคุมใหม่ จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ (FPA) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้นและการขาดแคลนน้ำ พบโค้งควบคุม FPA-DPar ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย ในสถานการณ์การไหลล้น มีค่า 1.300 ครั้ง/ปี 1.203 ล้าน ลบ.ม. 16.300 ปี

ตามลำดับ และพบว่า ความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย ในสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ มีค่า 1.255 ครั้ง/ปี 2.300 ล้าน ลบ.ม. และ 4.300 ปี ตามลำดับ

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาว โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ. 2539 – 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีนี้ทำอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากวิธี เทคนิคถ่ายละอองเกษตรอกไม้ (FPA) กับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ดังแสดงในตาราง 4.71

ตาราง 4. 71 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก สังเคราะห์ข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำทำรายเดือนในอดีตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
น้ำขาดแคลน	Existing	μ	1.300	4.287	8.300	5.825	8.000
		σ	0.000	0.008	0.125	0.012	0.000
	FPA	μ	1.300	4.287	8.300	5.825	8.000
		σ	0.005	0.005	0.005	0.005	0.000
	FPA-DPar	μ	1.300	4.287	8.300	5.825	8.000
		σ	0.005	0.011	0.005	0.005	0.005
	FPA-B2	μ	1.255	2.324	5.300	4.300	8.000
		σ	0.005	0.014	0.005	0.005	0.005
	FPA-B2,DPar	μ	1.255	2.324	5.300	4.300	8.000
		σ	0.005	0.001	0.005	0.005	0.005
	FPA-B2Par	μ	1.255	2.324	5.300	4.300	8.000
		σ	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	FPA-B2Par,DPar	μ	1.255	2.324	5.300	4.300	8.000
		σ	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005

ตาราง 4.71 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก สังเคราะห์ข้อมูลขึ้นมา 1,000 ชุดข้อมูล กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ต่อ)

สถานการณ์	โค้งควบคุม		ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
				เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำไหลล้น ส่วนเกิน	Existing	μ	1.255	2.324	5.300	4.300	8.000
		σ	0.000	0.001	0.009	0.000	0.281
	FPA	μ	1.255	2.324	5.300	4.300	8.000
		σ	0.000	0.002	0.005	0.000	0.063
	FPA-DPar	μ	1.255	2.324	5.300	4.300	8.000
		σ	0.000	0.001	0.002	0.063	0.218
	FPA-B2	μ	1.255	2.324	5.300	4.300	8.000
		σ	0.000	0.003	0.002	0.002	0.124
	FPA-B2,DPar	μ	1.300	3.288	3.894	19.800	21.000
		σ	0.000	0.014	0.002	0.005	0.005
	FPA-B2Par	μ	1.300	3.288	3.894	19.800	21.000
		σ	0.000	0.003	0.002	0.004	0.008
	FPA-B2Par,DPar	μ	1.300	3.288	3.894	19.800	21.000
		σ	0.000	0.005	0.003	0.001	0.008

μ = ค่าเฉลี่ย σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากตาราง 4.71 ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิ่งโจนด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์จากข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539– 2560) จำนวน 1,000 ชุดข้อมูล กรณีน้ำท่าอดีตรวมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม ในสถานการณ์การน้ำไหลล้น พบโค้งควบคุม FPA-DPar ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกศรดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.300 ± 0.000 ครั้ง/ปี 3.204 ± 0.001 ล้าน ลบ.ม. และ 15.800 ± 0.063 ปี ตามลำดับ ส่วนสถานการณ์น้ำขาดแคลนพบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และ

ช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 1.255 ± 0.005 ครั้ง/ปี 2.322 ± 0.011 ล้าน ลบ.ม. และ 4.400 ± 0.005 ปี ตามลำดับ

4.8.3 กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

1. อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกศรดอกไม้ เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.72



ตาราง 4. 72 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคต 50 ปี ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	0.900	1.227	6.300	2.900	4.000
	FPA	0.800	1.217	6.300	2.700	4.000
	FPA-DPar	0.908	1.592	6.300	3.133	7.000
	FPA-B2	0.717	1.092	3.300	2.300	3.000
	FPA-B2,DPar	0.883	1.467	7.300	2.500	4.000
	FPA-B2Par	0.758	1.096	3.300	2.300	3.000
	FPA-B2Par,DPar	0.842	1.425	7.300	2.157	4.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.300	11.777	13.397	20.300	24.000
	FPA	1.300	11.677	13.385	20.300	22.000
	FPA-DPar	1.289	12.236	12.352	20.800	22.000
	FPA-B2	1.258	11.562	10.397	11.800	20.000
	FPA-B2,DPar	1.300	11.783	13.556	16.800	24.000
	FPA-B2Par	1.265	11.670	11.654	14.300	20.000
	FPA-B2Par,DPar	1.300	11.808	12.938	14.800	24.000

จากตาราง 4.72 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอนาคต 50 ปี ร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น พบโค้งควบคุม FPA-B2 ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกศรดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย โค้งควบคุมใหม่ เทคนิคถ่ายละอองเกศรดอกไม้ มีค่า 0.7

17 ครั้ง/ปี 1.092 ล้าน ลบ.ม.และ 11.562 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.258 ครั้ง/ปี 11.562 ล้าน ลบ.ม.และ 11.800 ปี ตามลำดับ

1. อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนด้วยข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การไหลล้น และการขาดแคลนน้ำ ของอ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคค่ายลอะองเกศรดอกไม้ เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.73

ตาราง 4. 73 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายรายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	1.300	2.300	4.300	4.300	8.000
	FPA	1.300	2.300	4.300	4.300	8.000
	FPA-DPar	1.300	2.300	4.300	4.300	8.000
	FPA-B2	1.300	2.300	4.300	4.300	8.000
	FPA-B2,DPar	1.300	2.300	4.300	4.300	8.000
	FPA-B2Par	1.300	2.300	4.300	4.300	8.000
	FPA-B2Par,DPar	1.300	2.300	4.300	4.300	8.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.300	2.052	2.073	22.300	22.000
	FPA	1.300	2.047	2.058	19.800	22.000
	FPA-DPar	1.300	2.037	2.045	22.300	22.000
	FPA-B2	1.300	2.025	2.037	14.300	18.000
	FPA-B2,DPar	1.300	2.033	2.040	18.300	22.000
	FPA-B2Par	1.300	2.029	2.050	18.300	20.000
	FPA-B2Par,DPar	1.300	2.041	2.053	18.300	20.000

จากตาราง 4.73 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอนาคตรวมกับความต้งการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ย น้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ในสถานการณ์การน้ำไหลล้น พบ โค้งควบคุม FPA-B2 ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกศรดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.300 ครั้ง/ปี 2.037 ล้าน ลบ.ม.และ 14.000 ปี ตามลำดับ ส่วนสถานการณ์น้ำขาดแคลนพบว่า ความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 1.300 ครั้ง/ปี 2.300 ล้าน ลบ.ม.และ 4.300 ปี ตามลำดับ

4.8.4 กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 รวมกับความต้งการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

1. อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดย ใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตรวมกับความต้งการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกศรดอกไม้ เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.74

พหุ ประ โท ชีวะ

ตาราง 4. 74 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	1.108	2.483	7.400	3.233	7.000
	FPA	1.025	1.775	8.400	2.543	4.000
	FPA-DPar	0.867	1.442	7.400	2.600	4.000
	FPA-B2	0.942	1.525	6.400	3.650	5.000
	FPA-B2,DPar	0.858	1.358	7.400	2.600	4.000
	FPA-B2Par	0.942	1.442	7.400	3.650	6.000
	FPA-B2Par,DPar	0.983	1.733	6.400	2.400	4.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.358	11.376	13.234	19.900	24.000
	FPA	1.400	10.959	13.221	12.400	24.000
	FPA-DPar	1.358	10.810	13.245	14.400	24.000
	FPA-B2	1.400	10.913	13.235	12.400	24.000
	FPA-B2,DPar	1.358	10.718	14.234	11.900	22.000
	FPA-B2Par	1.400	10.754	13.236	12.900	22.000
	FPA-B2Par,DPar	1.400	11.022	13.244	13.900	22.000

จากตาราง 4.74 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้นพบโค้งควบคุม FPA-B2Par ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย โค้งควบคุมใหม่ เทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ มีค่า 0.858 ครั้ง/ปี 1.358 ล้าน ลบ.ม.และ 2.600 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.358 ครั้ง/ปี 10.318 ล้าน ลบ.ม.และ 11.900 ปี ตามลำดับ

1. อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนด้วยข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การไหลล้น และการขาดแคลนน้ำ ของอ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.75

ตาราง 4. 75 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	1.400	2.402	2.850	4.400	8.000
	FPA	1.400	2.387	1.866	4.400	8.000
	FPA-DPar	1.400	2.387	1.866	4.400	8.000
	FPA-B2	1.400	2.387	1.866	4.400	8.000
	FPA-B2,DPar	1.400	2.387	1.866	4.400	8.000
	FPA-B2Par	1.400	2.387	2.400	4.400	8.000
	FPA-B2Par,DPar	1.400	2.387	2.400	4.400	8.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.400	2.262	2.173	20.400	21.000
	FPA	1.400	2.187	2.158	20.400	22.000
	FPA-DPar	1.400	2.023	2.145	20.400	22.000
	FPA-B2	1.400	1.925	2.137	14.400	18.000
	FPA-B2,DPar	1.400	1.918	2.140	15.400	18.000
	FPA-B2Par	1.400	1.941	2.150	18.400	20.000
	FPA-B2Par,DPar	1.400	1.929	2.153	18.400	20.000

จากตาราง 4.75 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่าอนาคตร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ในสถานการณ์การนำไหลล้น พบโค้งควบคุม FPA-B2,DPar ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.400 ครั้ง/ปี 1.918 ล้าน ลบ.ม.และ 15.000 ปี ตามลำดับ ส่วนสถานการณ์น้ำขาดแคลนพบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 1.400 ครั้ง/ปี 1.387 ล้าน ลบ.ม.และ 4.400 ปี ตามลำดับ

4.8.5 กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี โดยกระบวนการมีส่วนร่วม กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับการใช้น้ำปัจจุบัน

1. อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.76

พหุ ประสิทธิภาพ ชีวะ

ตาราง 4. 76 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำใช้ปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	0.900	1.317	6.400	3.000	6.000
	FPA	0.900	1.201	6.400	3.000	6.000
	FPA-DPar	1.108	1.692	9.400	3.000	5.000
	FPA-B2	0.817	1.192	7.400	3.000	3.000
	FPA-B2,DPar	0.983	1.567	7.400	3.000	3.000
	FPA-B2Par	0.858	1.049	3.400	2.000	4.000
	FPA-B2Par,DPar	0.942	1.525	9.400	2.000	5.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.400	11.877	22.497	24.000	24.000
	FPA	1.388	11.867	22.497	24.000	24.000
	FPA-DPar	1.400	12.336	22.497	11.000	22.000
	FPA-B2	1.400	11.770	22.497	24.000	24.000
	FPA-B2,DPar	1.400	11.893	22.497	24.000	24.000
	FPA-B2Par	1.358	11.762	22.497	12.000	22.000
	FPA-B2Par,DPar	1.400	11.908	22.497	24.000	24.000

จากตาราง 4.76 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น พบโค้งควบคุม FPA-B2Par ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย โค้งควบคุมใหม่ เทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ มีค่า 0.858 ครั้ง/ปี 1.049 ล้าน ลบ.ม. และ 4.000 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่าง

เก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.388 ครั้ง/ปี 11.762 ล้าน ลบ.ม. และ 24.000 ปี ตามลำดับ

1. อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกด้วยข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การไหลล้น และการขาดแคลนน้ำ ของอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเศษรดอกไม้ เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.77

ตาราง 4. 77 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	1.130	2.130	2.600	4.130	8.600
	FPA	1.130	1.987	2.600	4.130	8.600
	FPA-DPar	1.130	1.987	2.600	4.130	8.600
	FPA-B2	1.130	1.987	2.600	4.130	8.600
	FPA-B2,DPar	1.130	1.987	2.600	4.130	8.600
	FPA-B2Par	1.130	1.987	2.600	4.130	8.600
	FPA-B2Par,DPar	1.130	1.987	2.600	4.130	8.600
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.130	1.992	1.600	20.130	21.600
	FPA	1.130	1.917	1.600	19.630	22.600
	FPA-DPar	1.130	1.753	1.600	20.130	22.600
	FPA-B2	1.130	1.655	1.600	14.130	18.600
	FPA-B2,DPar	1.130	1.648	1.600	15.130	18.600
	FPA-B2Par	1.130	1.628	1.600	15.130	20.600
	FPA-B2Par,DPar	1.130	1.659	1.600	18.130	20.600

จากตาราง 4.77 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ในสถานการณ์การน้ำไหลล้น พบโค้งควบคุม FPA-B2Par ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 1.130 ครั้ง/ปี 1.628 ล้าน ลบ.ม. และ 15.130 ปี ตามลำดับ ส่วนสถานการณ์น้ำขาดแคลนพบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 1.130 ครั้ง/ปี 1.987 ล้าน ลบ.ม. และ 4.130 ปี ตามลำดับ

4.8.6 กรณีน้ำท่าอนาคต ระหว่าง พ.ศ.2561- 2610 จำนวน 50 ปี โดยกระบวนการมีส่วนร่วม กรณีการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจก B2 ร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

1. อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนด้วยข้อมูลอดีต 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน เมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.78

พหุ ประสิทธิภาพ ชีวะ

ตาราง 4. 78 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน 24 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	0.207	1.003	8.000	2.920	4.000
	FPA	0.128	1.045	7.000	2.820	4.000
	FPA-DPar	0.378	0.712	7.000	2.503	7.000
	FPA-B2	0.212	0.795	6.000	1.870	5.000
	FPA-B2,DPar	0.295	0.753	7.000	1.813	4.000
	FPA-B2Par	0.212	0.672	7.000	1.870	6.000
	FPA-B2Par,DPar	0.128	0.628	6.000	1.670	4.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	0.670	10.292	12.000	18.670	21.000
	FPA	0.628	10.18	12.000	11.170	16.000
	FPA-DPar	0.628	10.146	11.000	11.170	16.000
	FPA-B2	0.670	10.083	11.000	9.670	24.000
	FPA-B2,DPar	0.670	7.504	10.000	11.170	14.000
	FPA-B2Par	0.670	7.404	10.000	11.170	14.000
	FPA-B2Par,DPar	0.628	7.095	10.000	9.670	14.000

จากตาราง 4.78 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำปัจจุบัน (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้นพบโค้งควบคุม FPA-B2Par,DPar ทำให้สถานการณ์ขาดแคลนน้ำเฉลี่ยลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งควบคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกรตดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย โค้งควบคุมใหม่ เทคนิคถ่ายละอองเกรตดอกไม้ มีค่า 0.128 ครั้ง/ปี 0.628 ล้าน ลบ.ม.และ 6.000 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำ

เฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.628 ครั้ง/ปี 7.095 ล้าน ลบ.ม.และ 9.670 ปี ตามลำดับ

1. อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก

การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนด้วยข้อมูลอดีต 22 ปี (พ.ศ.2539 – 2560) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การไหลล้น และการขาดแคลนน้ำ ของอ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนเมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ เทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Existing) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4.79

ตาราง 4. 79 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก 22 ปี (พ.ศ.2537 – 2560) กรณีปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
น้ำขาดแคลน	Existing	1.131	3.125	5.000	5.000	9.000
	FPA	1.131	3.125	5.000	5.000	9.000
	FPA-DPar	1.131	3.125	5.000	5.000	9.000
	FPA-B2	1.131	3.125	5.000	5.000	9.000
	FPA-B2,DPar	1.131	3.125	5.000	5.000	9.000
	FPA-B2Par	1.131	3.125	5.000	5.000	9.000
	FPA-B2Par,DPar	1.131	3.125	5.000	5.000	9.000
น้ำไหลล้นส่วนเกิน	Existing	1.000	1.482	1.466	4.000	8.000
	FPA	1.136	1.519	1.598	4.000	8.000
	FPA-DPar	0.998	1.524	1.454	4.000	8.000
	FPA-B2	1.096	1.433	1.579	4.000	8.000
	FPA-B2,DPar	1.010	1.427	1.442	4.000	8.000
	FPA-B2Par	1.077	1.430	1.415	4.000	8.000
	FPA-B2Par,DPar	0.787	1.287	1.405	4.000	8.000

จากตาราง 4.79 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) กรณีน้ำท่ารายเดือนในอนาคตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมร่วมกับความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด) เพื่อประเมินสถานการณ์การไหลล้น การขาดแคลนน้ำ ในสถานการณ์การน้ำไหลล้น พบโค้งควบคุม FPA-B2Par, DPar ทำให้สถานการณ์น้ำไหลล้นลดลง เมื่อเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานในปัจจุบัน (Existing) และโค้งคุมอื่นที่ได้จากเทคนิคถ่ายละอองเกสรดอกไม้ โดยพิจารณาจากค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่า 0.787 ครั้ง/ปี 1.287 ล้าน ลบ.ม. และ 4.000 ปี ตามลำดับ ส่วนสถานการณ์น้ำขาดแคลนพบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่า 1.131 ครั้ง/ปี 3.125 ล้าน ลบ.ม. และ 5.000 ปี ตามลำดับ



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้เป็นการนำเสนอการสรุปผลการศึกษิตตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และการแสดงข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปศึกษาต่อยอดในอนาคต รายละเอียดของการสรุปผลและข้อเสนอแนะสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

การวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อทำการศึกษาใน 3 วัตถุประสงค์หลัก ลำดับแรกคือการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบกและอ่างเก็บน้ำห้วยลึงโจนในช่วงเวลาอนาคต ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 โดยกระบวนการมีส่วนร่วม ซึ่งปริมาณน้ำท่าที่มีการเปลี่ยนแปลงนี้จะไปใช้เป็นข้อมูลที่น่าไปสู่การปรับปรุงโครงสร้างอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิค Genetic Algorithm เชื่อมต่อกับแบบจำลองเลียนแบบสถานการณ์ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ลำดับถัดมา พร้อมทั้งประมาณความต้องการน้ำรายเดือนจากอ่างเก็บน้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม จากนั้นดำเนินการประเมินประสิทธิภาพของโครงสร้างอ่างเก็บน้ำที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยเทคนิค GA ในสถานการณ์น้ำต่างๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต การสรุปผลของแต่ละวัตถุประสงค์สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ โดยกระบวนการมีส่วนร่วม

จากการใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS คำนวณผลสภาพภูมิอากาศในอนาคตระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 พบว่าปริมาณฝนเฉลี่ยและอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีสำหรับกรณี B2 เพิ่มขึ้น 0.0086 มิลลิเมตรต่อปี ในส่วนของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในอนาคตมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น 0.0017 และ 0.0024 ตามลำดับ การสร้างแผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาด้วย CA Markov จากปี พ.ศ. 2560-2610 เพื่อแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ผลการจำลองแผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินบ่งบอกถึงการขยายตัวเพิ่มขึ้นส่วนหลักคือ ยางพารา และ อ้อย ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่ในอนาคต เป็นการทดแทนพื้นที่นาข้าว มันสำปะหลัง พืชไร่เลี้ยงสัตว์ และสวนป่าสมบูรณ์ ซึ่งเป็นประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ในช่วงเวลาอดีต ทั้งในกรณีการคาดการณ์จากแบบจำลอง CA Markov และการคาดการณ์จาก CA Markov ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ทั้งสองอ่างเก็บน้ำ การใช้แบบจำลอง

SWAT เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงจากสองปัจจัย คือ สภาพภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดิน และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดจริงในปี พ.ศ. 2548-2560 ภายใต้การคาดการณ์ B2 ร่วมกับการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA Markov และ ภายใต้การคาดการณ์ B2 ร่วมกับการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจาก CA Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ผลการจำลองปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มที่ลดลงกว่าปีฐานคือ อ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก ต่างจากปีฐานร้อยละ 6.64 และ 6.36 ตามลำดับ อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน ชี้ให้เห็นถึงปริมาณน้ำท่ารายปีลดลงกว่าปีฐาน ต่างจากปีฐานร้อยละ 1.19 และ 1.22 ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าปริมาณฝนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่าและปัจจัยการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จะทำให้ปริมาณน้ำท่าเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน

5.1.2 การประมาณความต้องการใช้น้ำรายเดือนจากกระบวนการมีส่วนร่วม

การประมาณความต้องการใช้น้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม พบว่าภาพรวมผู้ตอบแบบสอบถามอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจนและอ่างเก็บน้ำห้วยสะแบก มีความต้องเพิ่มความต้องการใช้น้ำด้านการเกษตร เนื่องจากเพาะปลูกพืชที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาตามเศรษฐกิจ ตามการส่งเสริมการเพาะปลูกของหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ดังนั้นค่าการประมาณความต้องการใช้น้ำด้านการเกษตรซึ่งเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมดังแสดงผลในบทที่ผ่านมา ส่วนความต้องการน้ำด้านอุปโภค-บริโภค และปศุสัตว์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มหรือลด

5.1.3 การปรับปรุงโครงสร้างอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม โดยใช้เทคนิควิธีการเชิงพันธุกรรม Genetic Algorithm (GA)

โครงสร้างที่สร้างจากเทคนิค GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองเลียนแบบสถานการณ์ที่สร้างจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าและปริมาณฝนในอนาคตที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน นำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับการจัดสร้าง ระหว่าง พ.ศ. 2561-2610 (50 ปี) พบว่าโครงสร้างใหม่มีประสิทธิภาพในการจัดสรรทรัพยากรน้ำตามวัตถุประสงค์หลักคือป้องกันการขาดแคลนของน้ำได้ดีกว่าโครงสร้างเดิม ดังแสดงได้จากโครงสร้างบน มีเกณฑ์กักเก็บน้ำอยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์เดิม ซึ่งจะหมายถึงอ่างเก็บน้ำสามารถเก็บน้ำฝนได้เพิ่มมากขึ้นกว่าโครงสร้างเดิม ทำให้สามารถกักเก็บน้ำไว้ในฤดูแล้ง หรือขยายพื้นที่ชลประทานให้เพิ่มขึ้นได้ในอนาคต ลดโอกาสการขาดแคลนของน้ำ พร้อมทั้งยังสามารถนำน้ำที่จะต้องปล่อยออกนั้นไปขยายพื้นที่ชลประทานให้เพิ่มขึ้นได้ในอนาคต ช่วงปลายฤดูฝนโครงสร้างใหม่จะสูงกว่าโครงสร้างเดิมทำให้สามารถเก็บกักน้ำที่ไหลมาในช่วงปลายฤดูฝนไว้ในช่วงฤดูแล้งได้ สำหรับทั้งสองสถานการณ์น้ำท่าอนาคต ซึ่งมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสูงกว่าสถานการณ์ปัจจุบัน โครงสร้างบนมีเกณฑ์การรักษาระดับน้ำในช่วงฤดูฝนไว้สูงกว่าโครงสร้างเดิม ทำให้สามารถเก็บน้ำที่ไหลเข้าอ่างไว้เพื่อรอการพร่องน้ำแต่จะมีประโยชน์อย่างมากในกรณีที่ฤดูฝนเริ่มต้นช้ากว่าฤดูกาลปกติ ซึ่งอาจเกิด

จากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกทำให้มีน้ำไว้ใช้ประโยชน์ในช่วงต้นฤดูฝน และในช่วงกลางฤดูฝนจะพร่องน้ำให้ต่ำกว่าเกินควบคุมเดิมเพื่อรองรับน้ำใหม่ที่จะไหลเข้าอ่างในช่วงปลายฤดูฝนสามารถบรรเทาสถานการณ์ไหลล้นของน้ำส่วนเกิน ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างมีเกณฑ์กักเก็บน้ำสูงกว่าเกณฑ์เดิม ทำให้ลดการปล่อยน้ำออกจากอ่างเพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ตามความต้องการทำอ่าง ซึ่งทำให้ลดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำของอ่างเก็บน้ำได้ดียิ่งขึ้น

ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมจะเห็นได้ว่าโค้งควบคุมใหม่ที่สร้างจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าในอดีต ด้วยเทคนิค GA และ FPA, ปริมาณน้ำท่าในอนาคตจากสถานการณ์กรณีคาดการณ์แผนในอนาคตจาก CA Markov และแผนในอนาคตจาก CA Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม, โค้งควบคุมเดิม และโค้งจากการเปลี่ยนแปลงความต้องการใช้น้ำแบบมีส่วนร่วม เพื่อประเมินค่าความถี่ในการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาที่เกิดการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย โดยใช้ข้อมูลสถานการณ์น้ำท่าในอดีต 22,24 ปี และอนาคต 50 ปี รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากการสังเคราะห์ จำนวน 1,000 เหตุการณ์ และเปลี่ยนแปลงความต้องการใช้น้ำจากกระบวนการมีส่วนร่วม ผลการประเมินพบว่าโค้งควบคุมใหม่ที่สร้างจากสถานการณ์ใด เมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพจะดีที่สุดที่สุดในสถานการณ์นั้นๆ และพบว่าเทคนิค GA สามารถค้นหาค่าตอบของวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ดีกว่าเทคนิค FPA ซึ่ง GA สามารถลดความถี่ในการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยต่อปี ลดค่าปริมาณขาดแคลนน้ำเฉลี่ย รวมถึงลดช่วงเวลาในการขาดแคลนน้ำส่วนเกินได้ดีกว่าโค้งควบคุมเดิมได้อีกด้วย เหตุนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าโค้งควบคุมที่พัฒนาจากเทคนิค GA เชื่อมต่อการจำลองสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ มีความเหมาะสม สามารถที่จะลดโอกาสในการเกิดเหตุการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำที่ไหลล้นได้ในอนาคต ทั้งในสถานการณ์แผนในอนาคตจาก CA Markov และแผนในอนาคตจาก CA Markov ที่ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ได้ดีกว่าเทคนิค FPA และโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานอยู่ในเวลาปัจจุบัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ให้ลองใช้โมเดลของการจำลองสภาพภูมิอากาศแบบอื่นๆ เพื่อนำมาศึกษาวิจัยแล้วเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้ เช่น ใช้โมเดล MM5 หรือ โมเดล GFDL-R30 เพื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโค้งควบคุมที่เกิดขึ้น

5.2.2 ทดลองเปลี่ยนแปลงรูปแบบหรือชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบอื่นๆ เช่น การเพิ่มพื้นที่ป่า การเพิ่มพื้นที่อยู่อาศัยมากขึ้น และการเพิ่มพื้นที่ของพืชชนิดอื่นที่อาจเป็นพืชเศรษฐกิจที่เกษตรกรนิยมปลูกในอนาคต เป็นต้น

5.2.3 สามารถเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับการค้นหาคำตอบ เงื่อนไข และข้อจำกัด สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับอ่างเก็บน้ำในพื้นที่อื่นๆ ได้

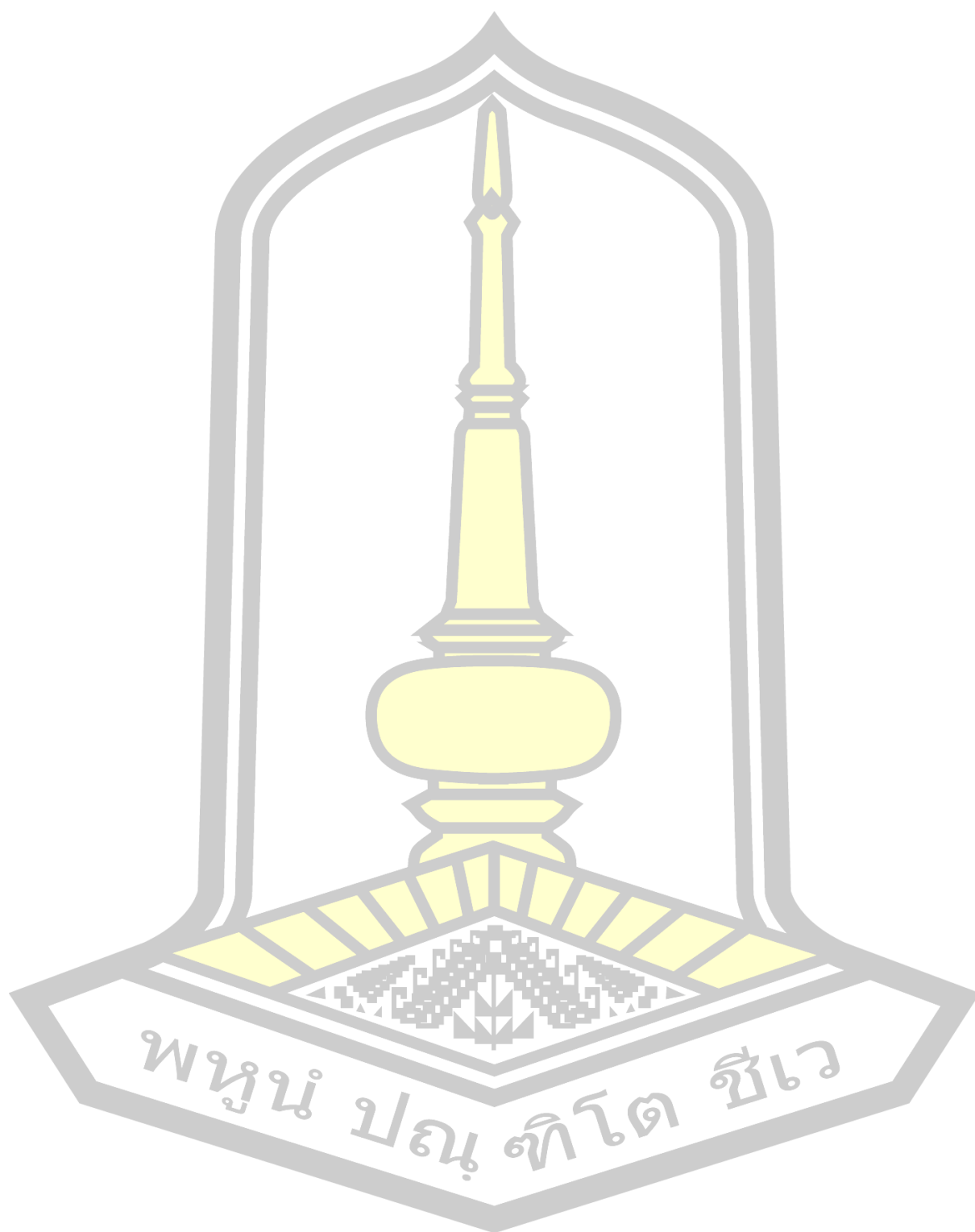
5.2.4 สามารถสร้างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมแบบอื่นๆ และนำผลที่ได้มาอภิปรายเปรียบเทียบกัน

5.2.5 กระบวนการมีส่วนร่วมควรเพิ่มปริมาณกลุ่มตัวอย่างเชิงปริมาณ และคุณภาพ และเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นให้มีความละเอียดและมากกว่างานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ เวลา และงบประมาณ

5.2.6 สามารถปรับเปลี่ยนช่วงของการเพิ่มลดน้ำในด้านของการประปาให้สามารถปล่อยได้มากกว่ากรใช้น้ำด้านอื่นๆ เนื่องจากการใช้น้ำประปาไม่มีเกณฑ์กำหนดการปล่อยน้ำ ซึ่งต่างจากการชลประทานซึ่งมีการกำหนดเกณฑ์การปล่อยน้ำเพิ่มอยู่แล้ว



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรน้ำ. (2552). มาตรฐานการแบ่งลุ่มน้ำหลักและลุ่มน้ำสาขาของประเทศไทย อ้างอิงแผนที่ภูมิประเทศชุด L7018 มาตราส่วน 1:50,000. ส่วนวิจัยและพัฒนาทรัพยากรน้ำ. กรมทรัพยากรน้ำ. กรุงเทพมหานคร.
- กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2549). *แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) มาตราส่วน 1 : 4,000*. [ออนไลน์]. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา: <http://www.lddservice.org/services/dem.php> [สืบค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2560].
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2548). สถิติภูมิอากาศของประเทศไทย ในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543). กรมอุตุนิยมวิทยา. กรุงเทพมหานคร.
- กิตติยา เกียรติจินดา. (2551). *การประเมินปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำสาขาที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กীরดี ลีวัจนกุล. (2554). *อุทกวิทยา*. พิมพ์ครั้งที่ 3. ปทุมธานี: สำนักพิมพ์ SPEC
- กীরดี ลีวัจนกุล. (2554). *อุทกวิทยา*. พิมพ์ครั้งที่ 3. ปทุมธานี: สำนักพิมพ์ SPEC.
- คณะกรรมการย่อยคู่มือการบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน. (2556). *คู่มือปฏิบัติงาน เล่มที่ 2/16 การประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำ*. ม.ป.ท.: กรมชลประทาน.
- จิรววัฒน์ ศุภโกศล. (2559). *ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำสงคราม*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เฉลิมรัฐ แสงมณี. (2552). ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในลุ่มน้ำชี.
- เชษฐพันธ์ โลหคำ. (2555). *เกณฑ์การจัดสรรน้ำที่เหมาะสมด้วยกระบวนการอาณานิคมมดกรณีศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เทวินทร์ แก้วเมืองมูล. (2552). *การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ท่าจังหวัดลำพูน โดยใช้แบบจำลอง SWAT*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นัฐพล ทองแท่ง และเสรี ศุภราทิตย์. (2557). *ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณฝนประเทศไทย. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19, 14-16 พฤษภาคม 2557* ขอนแก่น.

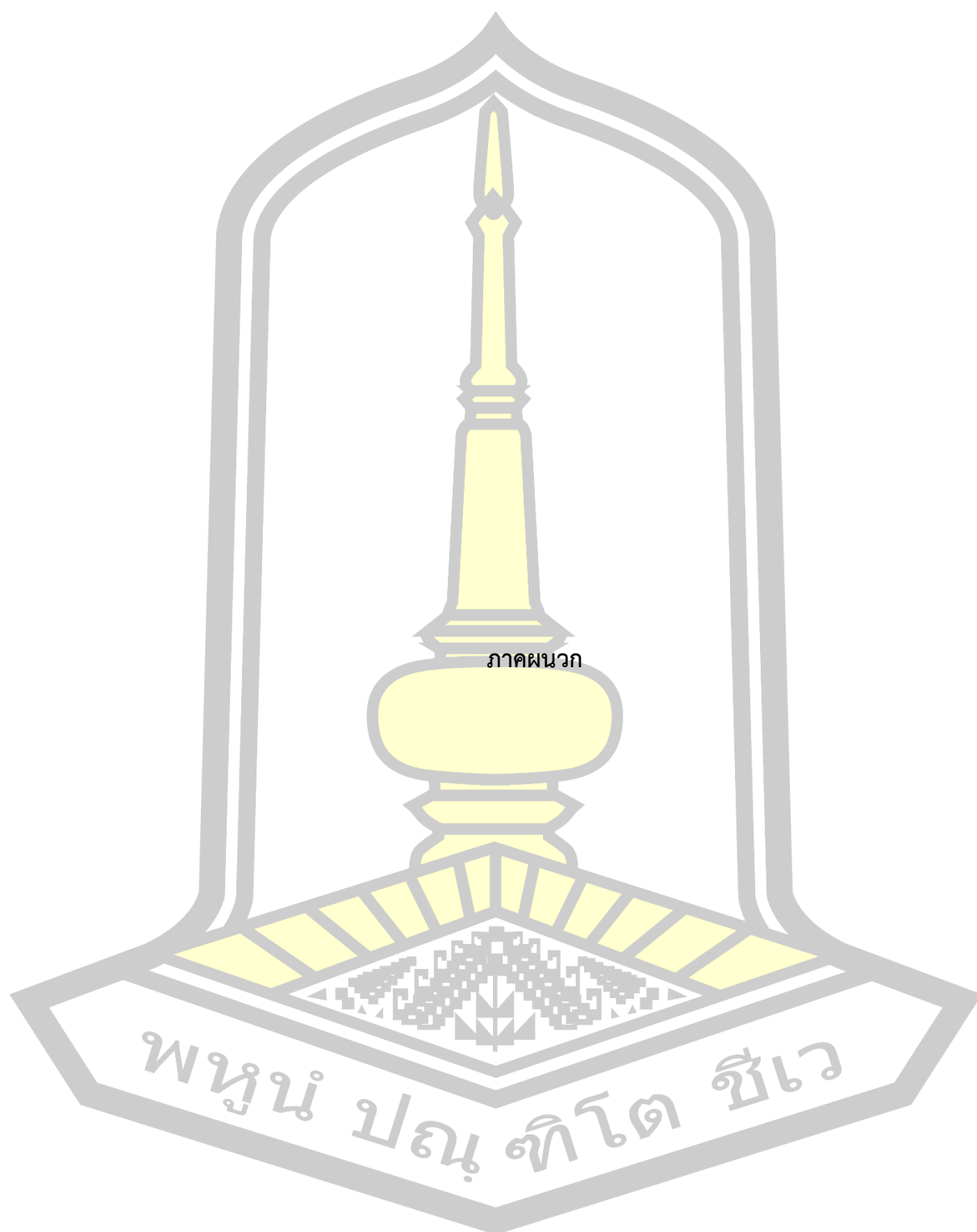
- ปกรณ ฌ ศิริ และ ดร.ปกรณ ดิษฐกิจ. โด่งกฏการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมโดยใช้วิธีฮาโมนี
 เซิร์ช: กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำห้วยใส, NGRC การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับ
 บัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 19 มีนาคม 2561.
- รัตน หอมวิเชียร. (2553). *การพัฒนาโค้งควบคุมโดยวิธีดิฟเฟอเรนเชียลเอฟโวลูชัน*. วิทยานิพนธ์
 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วรารุช วุฒิวิชัย. (2539). *อุทกวิทยาประยุกต์*. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะ
 วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- วรารุช วุฒิวิชัย. (2543). *เกณฑ์การจำลองหา Probability Based Rule Curves ของอ่างเก็บน้ำ*
 เอกสารประกอบการสอนวิชา 207591 (เทคนิคการวิจัยทางวิศวกรรม ชลประทาน)
 ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
 กำแพงแสน นครปฐม. *วารสารวิจัย มช.*, 14 (7), 601-610.
- วิเชียร ปลื้มกลม. (2536). การสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าโดยใช้โปรแกรม HEC-4. *วารสารวิจัย มช.*,
 20(1), 31-37.
- วิเชียร ปลื้มกลม. (2536). การสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าโดยใช้โปรแกรม HEC-4. *วารสารวิจัย มช.*,
- วินัย วังพิมุข. (2552). *คู่มือปฏิบัติการประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง SWAT*. ม.ป.ท.: ม.ป.ท.
- วิโรจน์ ชัยธรรม. (2528). *อุทกวิทยา*. ขอนแก่น: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์,
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วีระพล แต่สมบัติ. (2531). *อุทกวิทยาประยุกต์*. กรุงเทพฯ: พิสิษฐ์เซ็นเตอร์การพิมพ์.
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). (2555). การดำเนินการด้านการ
 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำและ
 แบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง, หน้า 11.
- สิริรักษ์ อินทรรักษา. (2555). *การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อการศึกษาปริมาณน้ำท่า โดย*
ใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา (SWAT) กรณีศึกษา : ลุ่มน้ำแม่จาง จังหวัดลำปาง.
 วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุภักดิ์ กุลโท. (2555). การประมาณปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินที่
 อาศัยแบบจำลอง CA-Markov โดยแบบจำลอง SWAT: กรณีศึกษาลุ่มน้ำย่อยห้วยตุงในลุ่ม
 น้ำมูล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- โสภิตา สุรินทะ. (2553). การมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำของประชาชน : กรณีศึกษาการพัฒนาห้วย
 ทวาย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต.
 มหาวิทยาลัยศิลปากร.

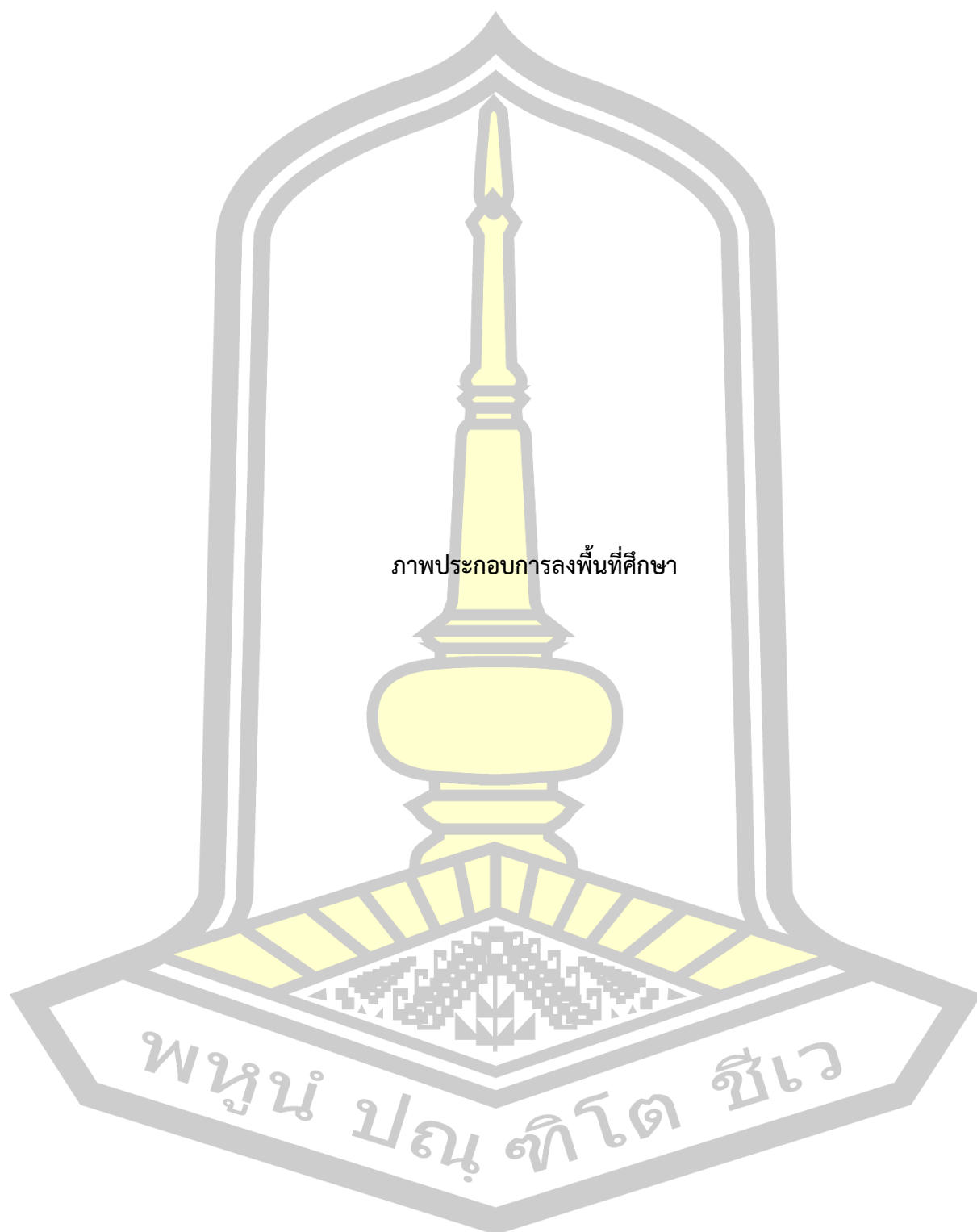
- อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง. (2550). *การวางแผนและจัดการทรัพยากรน้ำระดับลุ่มน้ำ*. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- . (2551). *การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยใช้โค้งควบคุมที่เหมาะสม*. มหาสารคาม: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- . (2553) *วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดในการพัฒนาโครงการแหล่งน้ำ*. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- อำนาจ ชิดไธสง, กัณษริย์ บุญประกอบ, เจียมใจ เครือสุวรรณ, และ ศุภกร ชินวรรณ. (2553). *การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 2 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิอากาศในอนาคต*. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- โอฬาร เวศอุไร. (2548). *ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน้ำดอนบนโดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Apipalakul, C., Wirojangu, W. and Ngang, T.K. (2015). Development of Community Participation on Water Resource Conflict Management. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, (108), 325-330.
- Basco-Carrera L., Warren A., Beek E., Jonoski A and Giardino A. (2017). Collaborative modelling or participatory modelling? A framework for water resources management. *Environmental Modelling & Software*, (91), 95-110.
- Basco-Carrera, L., Warren, A., van Beek, E., Jonoski, A., & Giardino, A. (2017). Collaborative modelling or participatory modelling? A framework for water resources management. *Environmental Modelling and Software*, 91, 95–110. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.01.014>
- Bayraktar, Z., Komurcu, M., Bossard, J. A., & Werner, D. H. (2013). The wind driven optimization technique and its application in electromagnetics. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 61(5), 2745–2757.
- Bhandari, A. K., Singh, V. K., Kumar, A., & Singh, G. K. (2014). Cuckoo search algorithm and wind driven optimization based study of satellite image segmentation for multilevel thresholding using Kapur's entropy. *Expert Systems with Applications*, 41(7), 3538–3560. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.10.059>

- Chaleeraktragoon C. & Kangrang A. (2005). A Dynamic Programming for Searching Rule Curves. The proceeding of International Conference on World Water and Environmental Resource Congress, 15-19 May, Anchorage, Alaska, USA
- Chow, V.T., Maidment D.R. and Mays, L.W. (1988). Applied Hydrology. New York: McGraw-Hill, 1988..
- Du, J., Qian, L., Rui, H., Zuo, T., Zheng, D., Xu, Y., & Xu, C. Y. (2012). Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China. *Journal of Hydrology*, 464–465, 127–139.
- Gashaw, T., Tulu, T., Argaw, M., & Worqlul, A. W. (2018). Modeling the hydrological impacts of land use/land cover changes in the Andassa watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia. *Science of the Total Environment*, 619–620, 1394–1408. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.191>
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: Synthesis Report*. Contribution of Working Group I, II, and III to the Third Assessment Report of the Inter-Governmental Panel on Climate Change. Watson, R. T. and Core, W. T. (Eds.) United Kingdom: Cambridge University Press, Cambridge.
- Islam Nazrul Md, Rafiuddin M, Ahmed Ahsan and Kolli Kumar Rupa. (2008). Calibration of PRECIS in employment future scenarios in Bangladesh. *International Journal of Climatology*, (28), 617-628
- Jingling , L. Yun, L. Liya, S. Zhiguo, C. and Baogiang, Z. 2010. Public participation in water resources management of Haihe river basin, China: the analysis and evaluation of status quo. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, (2),
- Kangrang Anongrit and Chaleeraktragoon Chavalit. (2007). Genetic algorithm connected simulation with smoothing function for searching rules curves. *American Journal of Applied Sciences*, (4), 73-79.
- Kangrang Anongrit and Chaleeraktragoon Chavalit. (2007). Genetic algorithm connected simulation with smoothing function for searching rules curves. *American Journal of Applied Sciences*, (4), 73-79.

- Kangrang A., Compliew S. & Hormwichian R. (2011). Optimal Reservoir Rule Curves Using Simulated Annealing. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Water Management, 164(WM1), 27-34.
- Kangrang Anongrit, Lehner Anges and Mayrhofer Peter. (2011). An improvement of small reservoir rule curves using genetic algorithms and water balance equation. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, (5), 707-714.
- Kumar, N., Tischbein, B., Kusche, J., Laux, P., Beg, M. K., & Bogardi, J. J. (2017). Impact of climate change on water resources of upper Kharun catchment in Chhattisgarh, India. Journal of Hydrology: Regional Studies, 13(September), 189–207. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.07.008>
- Kumara N., Tischbein B., Kusche J., Laux P., Bege M and Bogardi J. (2017). Impact of climate change on water resources of upper Kharun catchment in Chhattisgarh, India. Journal of Hydrology: Regional Studies, (13) 189-207
- Kundu, S. Khare, D. and Mondal, A. (2017). Individual and combined impacts of future climate and land use changes on the water balance. Ecological Engineering, (105), 42-57.
- Kundu, S. Khare, D. and Mondal, A. (2017). Past, present and future land use changes and their impact on water balance. Journal of Environmental Management,
- Kundu, S., Khare, D., & Mondal, A. (2017a). Individual and combined impacts of future climate and land use changes on the water balance. Ecological Engineering, 105, 42–57. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.04.061>
- Kundu, S., Khare, D., & Mondal, A. (2017b). Past, present and future land use changes and their impact on water balance. Journal of Environmental Management, 197, 582–596. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.018>
- Kuntiyawichai K., Dau-Q.V., Inthavong S. (2017). Community engagement for irrigation water management in Lao PDR. Journal of Water and Land Development. No. 35 p. 121–128. DOI: 10.1515/jwld-2017-0075
- Pandey A and Parhi D. R. (2017). Optimum path planning of mobile robot in unknown static and dynamic environments using Fuzzy-Wind Driven Optimization algorithm. Defence Technology, (13), 47-58.

- Pandey, A., & Parhi, D. R. (2017). Optimum path planning of mobile robot in unknown static and dynamic environments using Fuzzy-Wind Driven Optimization algorithm. *Defence Technology*, 13(1), 47–58. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2017.01.001>
- Ponpang-Nga P and Techamahasaranont J. (2016). Effects of climate and land use changes on water balance in upstream in the Chao Phraya River basin, Thailand. *Agriculture and Natural Resources*, (50), 310-320.
- Ponpang-Nga, P., & Techamahasaranont, J. (2016). Effects of climate and land use changes on water balance in upstream in the Chao Phraya River basin, Thailand. *Agriculture and Natural Resources*, 50(4), 310–320. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2016.10.005>
- Prasanchum Haris, Kangrang Anongrit, Hormwichian Rattana and Compliew Sudarat. (2013). Impact of rapid land use and climate change on runoff quantities in Lower-Lampao river basin. The Fifth International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being, 4-6 September 2013, Luang Prabang, Lao PDR.
- Rao, K. K., Patwardhan, S. K., Kulkarni, A., Kamala, K., Sabade, S. S., & Kumar, K. K. (2014). Projected changes in mean and extreme precipitation indices over India using PRECIS. *Global and Planetary Change*, 113, 77–90. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.12.006>
- Sangmanee Chalermrat, Chinvanho Suppakorn, Tanakitmethavut Jutatip, Bunsomboonsakul Suratta and Thitiwate Jariya. (2011). Impact of climate change on hydrological regime of Khlong Krabi Yai watershed, Krabi province, Thailand, Proceeding of SWAT-SEA conference, Soil and Water Assessment Tool-Sourtheast Asia, 6-7 January 2011, Ho Chi Minh city, Vietnam.
- Thoeun, H. C. (2015). Observed and projected changes in temperature and rainfall in Cambodia. *Weather and Climate Extremes*, 7, 61–71.
- Zikri Bayraktar, Muge Komurcu, Jeremy A Bossard, D. H. W. (2013). The wind driven optimization technique and its application in electromagnetics. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, (61).





ภาพประกอบการลงพื้นที่ศึกษา

พหุ ประจักษ์ ชิต ชิต ชิต



ภาพประกอบ 1 เรียกประชุมผู้มีส่วนร่วม อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน



ภาพประกอบ 2 เรียกประชุมผู้มีส่วนร่วม อ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน





ภาพประกอบ 3 สํารวจการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาจริง



ภาพประกอบ 4 สํารวจการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาจริง



ภาพประกอบ 5 การให้ความร่วมมือของผู้มีส่วนร่วม



ภาพประกอบ 6 การให้ความร่วมมือของผู้มีส่วนร่วม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย วีระวัฒน์ ทองวรรณ
วันเกิด	วันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2519
สถานที่เกิด	อำเภอเลิงนกทา จังหวัดยโสธร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 7/1 หมู่ที่ 8 ตำบลเชียงโน อำเภอเชียงโน จังหวัดอุบลราชธานี รหัสไปรษณีย์ 34150
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ผู้อำนวยการกองช่างองค์การบริหารส่วนตำบลค้อทอง
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ตำบลค้อทอง อำเภอเชียงโน จังหวัดอุบลราชธานี รหัสไปรษณีย์ 34150
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2538 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นต้น (ปวช.) โรงเรียนเทคโนโลยี อาชีวศึกษาอุบลราชธานี ตำบลขามใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ. 2540 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิค อุบลราชธานี ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ. 2545 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรม ชนบท มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2554 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรม โยธา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2562 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ ทัโต ชีเว