



การปฏิบัติการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม โดยวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีค้นหา
อะตอม

วิทยานิพนธ์
ของ
สุวภัทร โภษาแสง

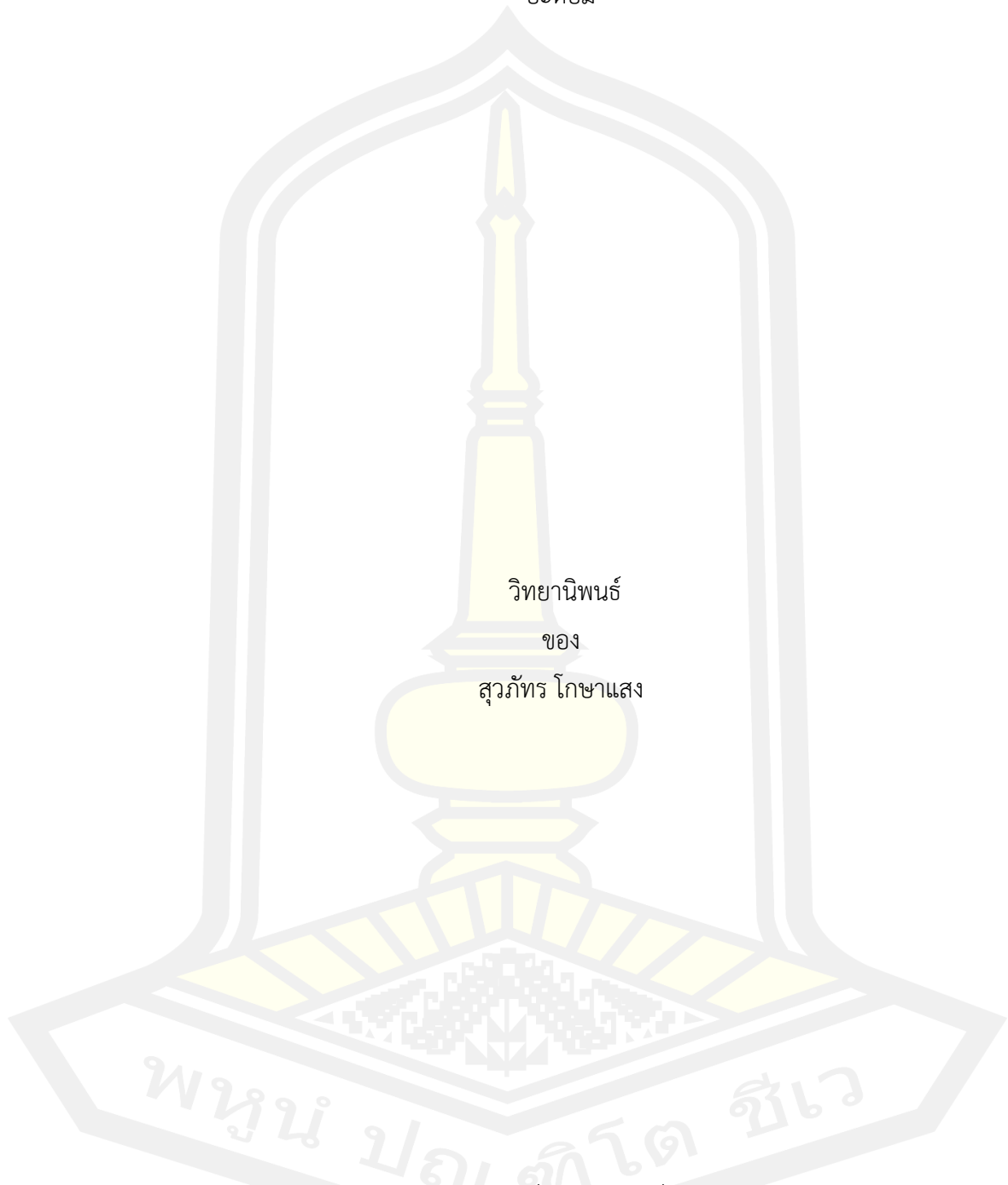
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

พฤษภาคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การปฏิบัติการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม โดยวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีค้นหา

อะตอม



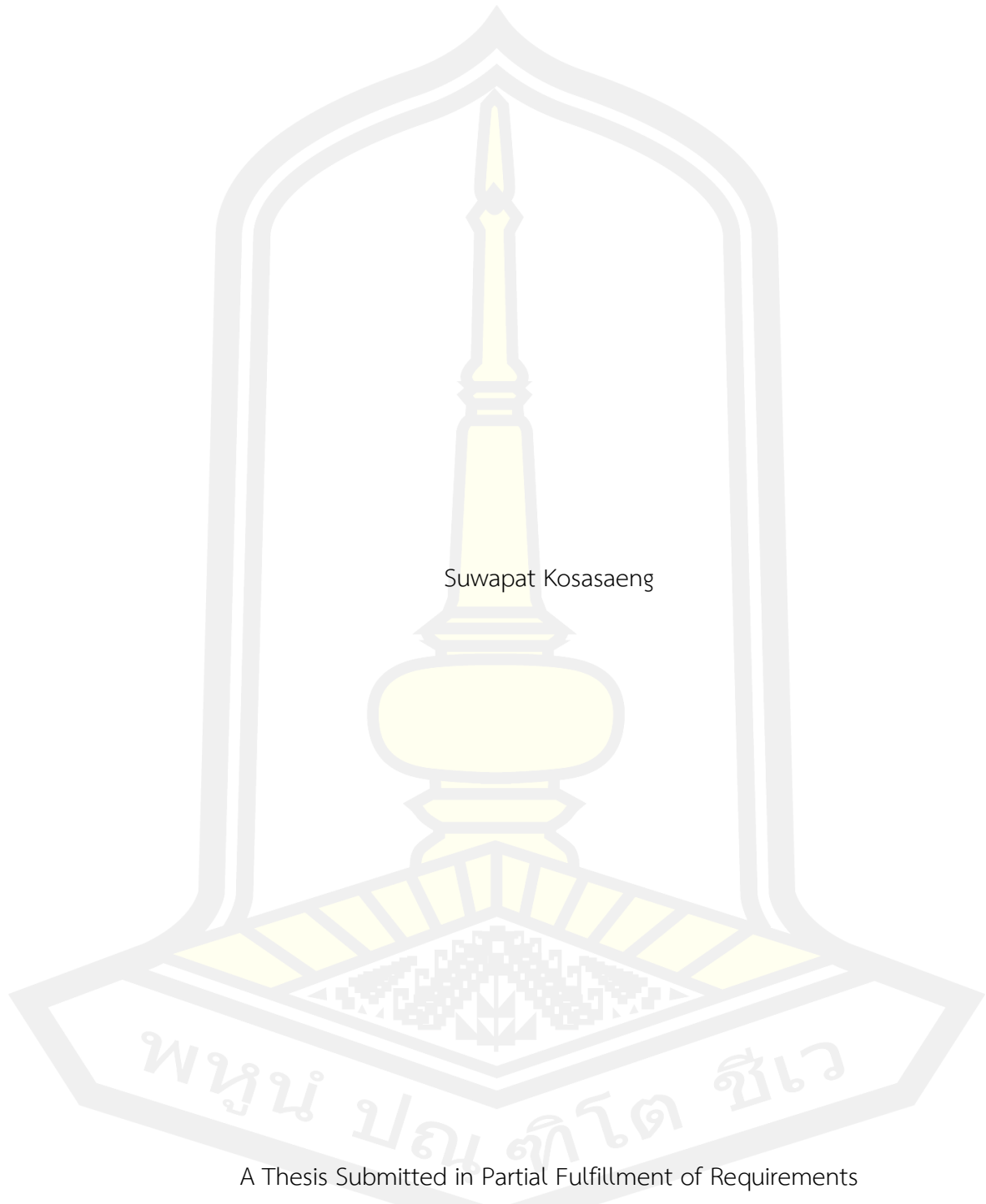
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

พฤษภาคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Optimal operation of multi-reservoir system using Atom search optimization



Suwapat Kosasaeng

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

May 2022

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายสุวัชร โกษาแสง
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา
วิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. หริส ประสารฉ่ำ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)

..... กรรมการ

(ผศ. ดร. รัตนา หอมวิเชียร)

..... กรรมการ

(ผศ. ดร. ศีวา แก้วปลั่ง)

..... กรรมการ

(ผศ. ดร. อลงกรณ์ ละม่อม)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การปฏิบัติการเครื่องจ่ายอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม โดยวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีค้นหาอะตอม		
ผู้วิจัย	สุภภัทร โกษาแสง		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง		
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2565

บทคัดย่อ

การบริหารจัดการน้ำของเครื่องจ่ายอ่างเก็บน้ำหลายอ่างที่ดำเนินการในรูปแบบอ่างเดี่ยว จะทำให้อ่างเก็บน้ำที่อยู่ตอนล่างประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำหรือปัญหาการน้ำไหลล้นสูงมากขึ้น การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบเครื่องจ่ายเป็นแนวทางลดปัญหาน้ำท่วมและภัยแล้งในพื้นที่ท้ายอ่างที่สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำที่มีความซับซ้อน การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีค้นหาอะตอม (ASO) ร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบระบบอ่างเก็บน้ำ เพื่อค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมของเครื่องจ่ายอ่างเก็บน้ำ โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนน้ำต่อปีน้อยที่สุด และค่าเฉลี่ยของการไหลล้นต่อปีน้อยที่สุด ระบบเครื่องจ่ายอ่างเก็บน้ำที่ศึกษาประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำ จำนวน 5 แห่ง ในพื้นที่จังหวัดสกลนคร ได้แก่ อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น การศึกษานี้พิจารณาโค้งควบคุมแบบรายเดือน ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2563 ข้อมูลความต้องการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลอุทกวิทยา และข้อมูลทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ นอกจากนี้ยังได้ประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมที่ได้จากแบบจำลองโดยเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่ดำเนินการแบบอ่างเดี่ยวและดำเนินการแบบเครื่องจ่ายอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะแสดงผลเป็นสถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้น ในรูปแบบความถี่ ปริมาณน้ำเฉลี่ย และปริมาณน้ำสูงสุด นอกจากนี้ยังประเมินประสิทธิภาพในการค้นหาค่าตอบโค้งควบคุมด้วยเทคนิค ASO กับการค้นหาค่าตอบด้วยเทคนิค GA

ผลการศึกษาพบว่า โค้งควบคุมที่ได้จากการพิจารณาดำเนินการแบบเครื่องจ่ายอ่างเก็บน้ำ มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 43.828 ล้าน ลบ.ม./ปี น้อยกว่ากรณีพิจารณาดำเนินการแบบอ่างเดี่ยวที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.788 ล้าน ลบ.ม./ปี การวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำที่อยู่ตอนล่างของระบบอ่างเก็บน้ำเครื่องจ่าย จากปริมาณน้ำระบายของ

เครื่องช่วยอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมที่พัฒนาด้วย ASO กรณีดำเนินการแบบเครื่องช่วยอ่างเก็บน้ำ มีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุมที่พิจารณาดำเนินการแบบอ่างเดี่ยวและโค้งควบคุมเดิม สามารถลดระยะเวลาที่น้ำเกินความจุลำนํ้าบริเวณฝายห้วยทรายได้ 1 เดือน จากระยะเวลาเดิม 2 เดือน ผลการศึกษายังพบว่าประสิทธิภาพในการค้นหาค่าตอบด้วยเทคนิค ASO ใช้เวลาในการค้นหาค่าตอบได้เร็วกว่าเทคนิค GA อีกด้วย

คำสำคัญ : การค้นหาค่าที่เหมาะสม, เครื่องช่วยอ่างเก็บน้ำ, โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ, เทคนิคการค้นหาอะตอม



TITLE	Optimal operation of multi-reservoir system using Atom search optimization		
AUTHOR	Suwapat Kosasaeng		
ADVISORS	Professor Anongrit Kangrang , Ph.D.		
DEGREE	Doctor of Philosophy	MAJOR	Civil Engineering
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2022

ABSTRACT

This research aims to apply optimization technique using conditional atom search optimization (CASO) with reservoir simulation model for searching optimal rule curves of multi-reservoir system. The minimal average excess water per year were used as the objective functions for searching procedure. The network reservoir consists of 5 reservoirs located in Sakon Nakhon province, Thailand including the Huai Nam Bo reservoir, the Upper Huai Sai-1 reservoir, the Upper Huai Sai-2 reservoir, the Upper Huai Sai-3 reservoir, and the Huai Sai Khamin reservoir. This study considered the monthly reservoir curves, the average monthly inflow into reservoirs from 2005 - 2020 years, the downstream water demand from reservoirs, hydrological data and physical data of the reservoirs. In addition, the performance of the new obtained rule curves was evaluated by comparison between operation with single reservoir and operation with multi-reservoirs network.

The results were displayed situations of water shortage and excess water in term of frequency, duration time, average water and the highest water. In addition, the efficiency of searching optimal rule curves between using CASO and using conditional genetic algorithm (CGA) techniques were performed. The results shown that the new obtained rule curves from the multi-reservoir system case had an average excess water of 43.828 MCM/year which less than optimal curves from the single reservoir case of average excess water of 45.788 MCM/year. An analysis of downstream reservoir of the network reservoir derived water from above reservoirs of

the Upper Huai Sai-1 reservoir, the Upper Huai Sai-2 reservoir and the Upper Huai Sai reservoir-3 was investigated. The results shown that the new obtained rule curves of the ASO operated as network reservoir was higher performance than operated as single reservoir. In addition, they can reduce the amount of time that water exceeding the river capacity at Huai Sai Weir by 1 month from the original period

Keyword : optimization technique, multi-reservoir system, reservoir rule curve, Atom search optimization



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้ความกรุณาเสียสละเวลาแนะนำแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดีตลอดมา ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หริส ประสารฉ่ำ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนา หอมวิเชียร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวา แก้วปลั่ง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ ละม่อม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ เสนอข้อคิดเห็น ข้อปรับปรุงและแนวทาง ที่เป็นประโยชน์ รวมถึงการตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และประสบการณ์ที่มีคุณค่ายิ่ง ตลอดจนการอำนวยความสะดวกในทุก ๆ ด้าน ตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษา ขอขอบคุณ พี่ ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจตลอดมา ขอขอบคุณสำนักงานชลประทานที่ 5 กรมชลประทาน ที่เอื้อเฟื้อสนับสนุนข้อมูลในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษาให้การสนับสนุน เป็นกำลังใจ และมีความห่วงใยที่ดีตลอดมา ผู้วิจัยขออุทิศความดีที่เกิดจากการศึกษาในครั้งนี้ให้กับผู้มีพระคุณดังกล่าว ทุกท่าน

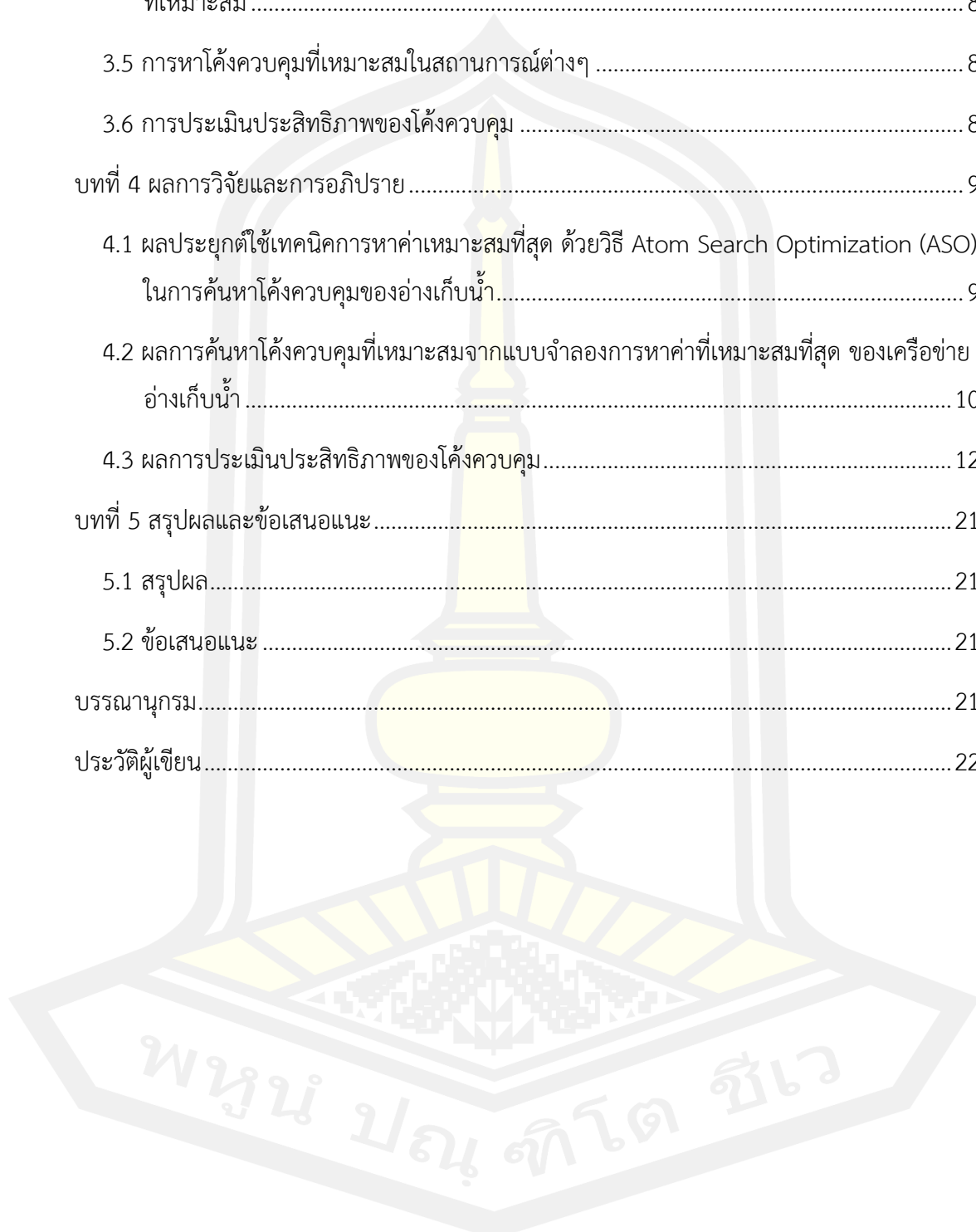
สุวภัทร โกษาแสง

พหุบัณฑิต โขเว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	น
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	5
1.3 ผลการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.4 ขอบเขตงานวิจัย.....	6
บทที่ 2 ปรีทัศน์เอกสารข้อมูล.....	8
2.1 การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ.....	8
2.2 การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ.....	12
2.3 โครงการชลประทาน.....	32
2.4 เทคนิคการหาค่าเหมาะสมสูงสุดด้วยเทคนิค Atom search Optimization (ASO).....	34
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	40
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	52
3.1 พื้นที่ศึกษา.....	54
3.2 การศึกษาเลียนแบบระบบอ่างเก็บน้ำ.....	66
3.3 การวิเคราะห์รอบปีการเกิดซ้ำเพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ของการค้นหาโค้งควบคุม.....	76

3.4 การประยุกต์เทคนิคการหาค่าเหมาะสมสูงสุดร่วมกับการศึกษาเลียนแบบเพื่อค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสม	82
3.5 การหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆ	86
3.6 การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม	88
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย	90
4.1 ผลประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด ด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) ในการค้นหาโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ.....	90
4.2 ผลการค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ	106
4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม.....	123
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	213
5.1 สรุปผล.....	213
5.2 ข้อเสนอแนะ	215
บรรณานุกรม.....	217
ประวัติผู้เขียน.....	225



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำด้วย Reservoir Operation Rule Curves..	20
ตารางที่ 2 เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของระบบอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรม	24
ตารางที่ 3 เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำทั่วไปของระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนาน	27
ตารางที่ 4 ประเภทโครงการชลประทาน	34
ตารางที่ 5 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ	70
ตารางที่ 6 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1	70
ตารางที่ 7 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2	71
ตารางที่ 8 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3	71
ตารางที่ 9 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น	72
ตารางที่ 10 ข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ย ปริมาณฝนใช้การรายเดือน และปริมาณการระเหยรายเดือน จังหวัดสกลนคร	75
ตารางที่ 11 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม	75
ตารางที่ 12 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค – บริโภค (ผลิตประปา)	76
ตารางที่ 13 ค่าสูงสุดรายวันแต่ละปีของแต่ละข้อมูล และค่าเฉลี่ยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	78
ตารางที่ 14 ค่าปริมาณฝนรายวัน , Inflow สูงสุด และน้ำนองสูงสุด (Outflow) ที่รอบปีการเกิดซ้ำ ต่างๆ	79
ตารางที่ 15 สัญลักษณ์การจัดทำโค้งควบคุมในกรณีต่าง ๆ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของค้นหาเป็นค่าเฉลี่ย ของการไหลล้นน้อยที่สุด และ ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด	91
ตารางที่ 16 เกณฑ์การเก็บกักน้ำที่เหมาะสมที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ปริมาณน้ำขาดแคลนนํ้า เฉลี่ยน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอย่างเดี่ยว (หน่วย: ล้าน ลบ. ม.)	119

ตารางที่ 17 เกณฑ์การเก็บกักน้ำที่เหมาะสมที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าปริมาณการไหลล้น
เฉลี่ยน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว (หน่วย: ล้าน ลบ.
ม.)..... 120

ตารางที่ 18 เกณฑ์การเก็บกักน้ำที่เหมาะสมที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ปริมาณน้ำขาดแคลนน้ำ
เฉลี่ยน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ
(หน่วย: ล้าน ลบ.ม.)..... 121

ตารางที่ 19 เกณฑ์การเก็บกักน้ำที่เหมาะสมที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าปริมาณการไหลล้น
เฉลี่ยน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ (หน่วย:
ล้าน ลบ.ม.)..... 122

ตารางที่ 20 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย
น้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCB-ASO, S-RCB-GA)..... 126

ตารางที่ 21 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาด
แคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC1-ASO, S-RC1-GA)..... 126

ตารางที่ 22 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาด
แคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC2-ASO, S-RC2-GA)..... 127

ตารางที่ 23 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาด
แคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC3-ASO, S-RC3-GA)..... 127

ตารางที่ 24 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลน
เฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA)..... 128

ตารางที่ 25 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อย
ที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCB-ASO, S-RCB-GA)..... 130

ตารางที่ 34 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำ ขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA)	137
ตารางที่ 35 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้น เฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCB-ASO, M-RCB-GA).....	140
ตารางที่ 36 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณ น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC1-ASO, M-RC1-GA)	140
ตารางที่ 37 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณ น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC2-ASO, M-RC2-GA)	141
ตารางที่ 38 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณ น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC3-ASO, M-RC3-GA)	141
ตารางที่ 39 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำ ไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA)	142
ตารางที่ 40 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย น้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCB-ASO, S-RCB-GA) 1000 ชุด เหตุการณ์.....	145
ตารางที่ 41 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาด	

แคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC1-ASO, S-RC1-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์ 146

ตารางที่ 42 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC2-ASO, S-RC2-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์ 147

ตารางที่ 43 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC3-ASO, S-RC3-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์ 148

ตารางที่ 44 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์ 149

ตารางที่ 45 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCB-ASO, S-RCB-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์ 152

ตารางที่ 46 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC1-ASO, S-RC1-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์ 153

ตารางที่ 47 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC2-ASO, S-RC2-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์ 154

ตารางที่ 48 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหล

ล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC3-ASO, S-RC3-GA) 1000 ชุด เหตุการณ์.....	155
ตารางที่ 49 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้น เฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA) 1000 ชุด เหตุการณ์.....	156
ตารางที่ 50 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาด แคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCB-ASO, M-RCB-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์.....	159
ตารางที่ 51 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC1-ASO, M- RC1-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์.....	160
ตารางที่ 52 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC2-ASO, M- RC2-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์.....	161
ตารางที่ 53 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC3-ASO, M- RC3-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์.....	162
ตารางที่ 54 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำ ขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์.....	163
ตารางที่ 55 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้น	

เฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCB-ASO, M-RCB-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์.....	166
ตารางที่ 56 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC1-ASO, M-RC1-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์	167
ตารางที่ 57 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC2-ASO, M-RC2-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์	168
ตารางที่ 58 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC3-ASO, M-RC3-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์	169
ตารางที่ 59 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์	170
ตารางที่ 60 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCB-ASO, S-RCB-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย.....	174
ตารางที่ 61 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC1-ASO, S-RC1-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย.....	175
ตารางที่ 62 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาด	

น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC1-ASO, M-RC1-GA) 199
 กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย.....

ตารางที่ 77 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
 ห้วยทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณ
 น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC2-ASO, M-RC2-GA)
 กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย..... 200

ตารางที่ 78 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
 ห้วยทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณ
 น้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC3-ASO, M-RC3-GA)
 กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย..... 201

ตารางที่ 79 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
 ห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำ
 ไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA)
 กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย..... 202

ตารางที่ 80 ความต้องการใช้น้ำชลประทานที่เพิ่มขึ้นตามศักยภาพของอ่างเก็บน้ำในด้านเกษตรกรรม
 และการอุปโภค-บริโภค โดยวิธี ROS..... 203

ตารางที่ 81 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
 ห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลน
 เฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA) 100 ชุด
 เหตุการณ์ กรณีเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทาน..... 206

ตารางที่ 82 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
 ห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย
 น้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA) 100 ชุดเหตุการณ์
 กรณีเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทาน..... 207

ตารางที่ 83 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
 ห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำ
 ขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA)
 100 ชุดเหตุการณ์ กรณีเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทาน..... 208

ตารางที่ 84 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำ
ไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA) 100
ชุดเหตุการณ์ กรณีเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทาน 209

ตารางที่ 85 ปริมาณน้ำที่ไหลล้นรวมผ่านฝายห้วยทราย ปี 2560 จากการใช้โค้งควบคุม RC-existing,
S-ASO-sh , S-GA-sh , S-ASO-ex ,S-GA-ex ,M-ASO-sh , M-GA-sh , M-ASO-ex และ M-GA-ex
..... 211



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 วงจรการจัดการน้ำของโครงการชลประทาน.....	9
ภาพที่ 2 สถานะของการวางแผน IWRM และการดำเนินการ.....	10
ภาพที่ 3 การแบ่งปริมาตรอ่างเก็บน้ำ.....	15
ภาพที่ 4 เกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (Kangrang & Chaleraktragoon, 2007).....	16
ภาพที่ 5 เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve).....	18
ภาพที่ 6 ระบบอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรม (อารียา ฤทธิมา, 2561).....	24
ภาพที่ 7 ระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนาน (อารียา ฤทธิมา, 2561).....	26
ภาพที่ 8 การพร่องน้ำในช่วงเริ่มต้นฤดูฝน (อนงค์ฤทธิ แข็งแรง, 2551).....	29
ภาพที่ 9 การสำรองน้ำในช่วงฤดูแล้ง (อนงค์ฤทธิ แข็งแรง, 2551).....	29
ภาพที่ 10 Water molecules and their composition.....	35
ภาพที่ 11 L-J potential curve.....	36
ภาพที่ 12 Pseudo code of ASO algorithm.....	37
ภาพที่ 13 ASO method of optimizing controller parameters.....	39
ภาพที่ 14 The ASO procedures.....	40
ภาพที่ 15 แผนผังกระบวนการทำงาน.....	53
ภาพที่ 16 ที่ตั้งพื้นที่ศึกษาวิจัย เครื่องข่ายอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำอูน จังหวัดสกลนคร.....	54
ภาพที่ 17 พื้นที่ชลประทานและระบบส่งน้ำของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ จำนวน 5 อ่าง.....	55
ภาพที่ 18 โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น.....	57
ภาพที่ 19 โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ.....	59
ภาพที่ 20 โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1.....	60
ภาพที่ 21 โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2.....	62

ภาพที่ 22 โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3	64
ภาพที่ 23 แผนที่พื้นที่รับน้ำและทิศทางการไหลของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ จำนวน 5 อ่าง.....	65
ภาพที่ 24 แผนผังการไหลของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ จำนวน 5 อ่าง	66
ภาพที่ 25 กราฟข้อมูลน้ำท่าอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ.....	72
ภาพที่ 26 กราฟข้อมูลน้ำท่าอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1	73
ภาพที่ 27 กราฟข้อมูลน้ำท่าอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2	73
ภาพที่ 28 กราฟข้อมูลน้ำท่าอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3	74
ภาพที่ 29 กราฟข้อมูลน้ำท่าอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น	74
ภาพที่ 30 กราฟข้อมูลข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ย ปริมาณฝนใช้การรายเดือน และปริมาณการระเหยรายเดือน จังหวัดสกลนคร	75
ภาพที่ 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฝนรายวัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ.....	80
ภาพที่ 32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ Inflow รายวัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ.....	80
ภาพที่ 33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ Outflow รายวัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ	81
ภาพที่ 34 การประยุกต์ใช้เทคนิค Atom Search Optimization (ASO) Algorithm เพื่อปรับปรุง โค้งควบคุม	83
ภาพที่ 35 การหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิควิธี Atom Search Optimization (ASO) ...	85
ภาพที่ 36 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว	92
ภาพที่ 37 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว	94
ภาพที่ 38 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว	95
ภาพที่ 39 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว	96
ภาพที่ 40 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายขมิ้น ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว	98

ภาพที่ 54 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่
ไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา 117

ภาพที่ 55 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้น
น้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา 118

ภาพที่ 56 กราฟปริมาณน้ำที่ไหลล้นรวมผ่านฝายห้วยทราย ปี 2560 จากการใช้โค้งควบคุม RC-
existing, S-ASO-sh , S-GA-sh , S-ASO-ex ,S-GA-ex ,M-ASO-sh , M-GA-sh , M-ASO-ex และ
M-GA-ex 212



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ทรัพยากรน้ำ มีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีพของพืชและสัตว์ รวมถึงมนุษย์ มีทั้งแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น และแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่เราไม่สามารถผลิตเพิ่มขึ้นมา หรือลดปริมาณที่มีอยู่ในธรรมชาติได้เองตามต้องการ (Lomsadze et al., 2017) ซึ่งแหล่งน้ำธรรมชาติถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดของน้ำแทบทั้งหมด ที่มีอยู่ในโลก คือ น้ำฝน ปริมาณฝนที่ตกลงมาเมื่อไหลลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง แอ่งน้ำ หรืออ่างเก็บน้ำ จะเรียกว่า น้ำท่า เมื่อซึมลงสู่ใต้ดินจะเรียกว่า น้ำใต้ดิน ในปัจจุบันได้เกิดปัญหาของด้านทรัพยากรน้ำ ซึ่งปัญหาสำคัญ ๆ ที่เกิดขึ้น คือ ปัญหาด้านปริมาณ และด้านคุณภาพ ซึ่งปัญหาเหล่านี้ มีสาเหตุมาจาก การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate Change) กับ สภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จะส่งผลกระทบต่อวัฏจักรของน้ำเปลี่ยนแปลงรูปแบบและปริมาณของฝน และปัญหาจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use change) (Awotwi et al., 2017) ทำให้เกิดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำ รวมถึงปริมาณน้ำท่าหรือน้ำผิวดิน (Yawson et al., 2020) รวมทั้งการถูกล้ำทางน้ำ จากการก่อสร้างเส้นทางคมนาคม หรือการก่อสร้างบ้านเรือนของประชาชนก็จะส่งผลกระทบต่อไหลของน้ำท่าเช่นกัน จากปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ ส่งผลกระทบโดยตรงกับการนำทรัพยากรน้ำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ทั้ง การอุปโภค การบริโภค การเกษตรกรรม การประมง การอุตสาหกรรม การผลิตพลังงานกระแสไฟฟ้า การคมนาคม การท่องเที่ยว การรักษาระบบนิเวศ ตลอดจนใช้ในการชลประทานน้ำเสียในแหล่งน้ำ และการผลักดันน้ำเค็ม เป็นต้น (Cosgrove & Loucks, 2015)

การบริหารจัดการน้ำ จึงเป็นกระบวนการจัดการน้ำ โดยเกี่ยวข้องกับการจัดการหาน้ำ เพื่อให้มีแหล่งน้ำใช้เพียงพอ สำหรับการดำรงชีวิตและการพัฒนาในด้านต่าง ๆ การจัดสรรและการใช้น้ำ เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่มีอย่างมีประสิทธิภาพและยุติธรรม รวมตลอดถึงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำให้คงอยู่และมีใช้อย่างยั่งยืน รวมทั้งการแก้ไขปัญหาอันเกิดจากทรัพยากรน้ำทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพ (Ngene et al., 2021) ทั้งนี้ เครื่องมือสำหรับการบริหารจัดการน้ำจึงถูกคิดค้นและพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์และวิธีการสำหรับการบริหารจัดการน้ำ ทั้งเป็นวิธีการไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง และการใช้สิ่งก่อสร้าง สิ่งก่อสร้างที่เป็นเครื่องมือช่วยในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เช่น อ่างเก็บน้ำ แก้มลิง ฝายทดน้ำ อุโมงค์ผันน้ำ หรือแม้แต่การขุดสระไว้ใช้ตามไร่ สวน ก็นับว่าเป็นเครื่องมือใน

การจัดการทรัพยากรน้ำเช่นกัน ส่วนเครื่องมือการบริหารจัดการน้ำที่ไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง เช่น การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System, DSS) ใช้สำหรับวางแผนการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจัดสรรน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค รวมถึงข้อมูลน้ำท่วมและน้ำแล้ง (Jonoski & Popescu, 2012; Phumiphan & Kangrang, 2021) ปัจจุบัน อ่างเก็บน้ำเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในไทย ที่ดำเนินการก่อสร้างโดยหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในด้านการบริหารจัดการน้ำ โดยสามารถแบ่งประเภทของอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน หากอ่างเก็บน้ำทำหน้าที่เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะจะเรียกว่า อ่างเก็บน้ำอเนกประสงค์ (Single Purpose Reservoir) และถ้าอ่างเก็บน้ำทำหน้าที่เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์หลาย ๆ อย่างจะเรียกว่า อ่างเก็บน้ำอเนกประสงค์ (Multipurpose Reservoir) (Xu et al., 2020) หากจำแนกประเภทตามขนาดความสามารถในการเก็บกักน้ำ และขนาดของพื้นที่ชลประทาน สามารถจำแนกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ มีปริมาณน้ำกักเก็บมากกว่าหรือเท่ากับ 100 ล้านลูกบาศก์เมตรหรือมีพื้นที่ชลประทานมากกว่า 80,000 ไร่ อ่างเก็บน้ำขนาดกลาง มีปริมาณน้ำกักเก็บน้อยกว่า 100 ล้านลูกบาศก์เมตรหรือมีพื้นที่ชลประทานระหว่าง 3,000 ถึง 80,000 ไร่ และอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก มีปริมาณน้ำกักเก็บน้อยกว่า 1 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือมีพื้นที่ชลประทานน้อยกว่า 3,000 ไร่ (กรมชลประทาน, 2562; วราวุธ วุฒินิชย์ และคณะ, 2550) และการแบ่งประเภทของอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับลักษณะกายภาพกลุ่มน้ำหรือลักษณะการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ จะมี 2 ประเภท ได้แก่ อ่างเก็บน้ำแบบเดี่ยว (Single reservoir) และอ่างเก็บน้ำแบบเครือข่าย (Multi reservoir)

เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Rules) จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำให้ประสบผลสำเร็จ และเพิ่มความเชื่อมั่นในการตัดสินใจปล่อยน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงวิกฤตของอ่างเก็บน้ำซึ่งมีโอกาสเสี่ยงที่จะปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำล้มเหลว ทั้งจากการปล่อยน้ำส่วนเกินให้ไหลล้นอ่าง และการส่งน้ำไม่เพียงพอตามปริมาณความต้องการน้ำ ส่งผลให้เกิดการขาดน้ำตามมา ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องหาแนวทางปฏิบัติเพื่อให้การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบรรลุผลสำเร็จตามแผนที่ตั้งไว้ โดยทั่วไปเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจะอยู่ในรูปของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Rule Curve) และส่วนใหญ่จะอาศัยทั้งเทคนิคการจำลองระบบ (Simulation Technique) และเทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Technique) ในการพัฒนาเครื่องมือดังกล่าว อย่างไรก็ตามวิธีการสร้างโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่อาศัยองค์ความรู้และแนวคิดในการพัฒนาที่ไม่ซับซ้อนมีหลายวิธี ได้แก่ โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบนพื้นฐานความน่าจะเป็น (Probability Based Rule Curve) และโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบหาปริมาตรเก็บกักกว้างต่ำสุด (Minimum Vacancy Storage Requirement Rule Curve) (Vudhivanich & Rittima, 2003) การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจึงนับได้

ว่าเป็นส่วนที่สำคัญ และจำเป็นต้องพัฒนาขึ้นมาในขั้นตอนของการวางแผนโครงการ ส่วนการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำแบบหลายอ่าง (Operation of a Multi-Reservoir System) เป็นการวางแผนปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำร่วมกันของระบบอ่างเก็บน้ำแบบหลายอ่างนั้น ให้ผลประโยชน์สูงกว่าการปฏิบัติการแยกอ่างเก็บน้ำเดี่ยว โดยอ่างเก็บน้ำสามารถตอบสนองความต้องการน้ำต่าง ๆ ได้สูงสุด ด้วยการลดปริมาณการปล่อยน้ำที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrolled Outflow) จากรบบ (Al-Aqeeli & Mahmood Agha, 2020; Ehteram et al., 2021) นอกจากนี้ปริมาณน้ำส่วนเกินที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำตอนบน จะถูกเก็บกักไว้ที่อ่างเก็บน้ำทางตอนล่างอีกครั้ง ดังนั้นปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำตอนบนจะเต็มอ่างก่อนเนื่องมาจากปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง ตามมาด้วยอ่างเก็บน้ำตอนล่าง ซึ่งกลยุทธ์นี้จะยังคงเก็บกักน้ำที่ไหลล้นอ่างจากทางด้านบนไว้ใช้ประโยชน์ในระบบ โดยมีอ่างเก็บน้ำทางตอนล่างรับน้ำไว้ ซึ่งมีทั้งการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำไม่ว่าจะเป็นระบบอ่างเก็บน้ำที่เชื่อมต่อกันแบบอนุกรม หรือแบบขนาน หรือผสมผสานกันทั้งสองแบบ (Lund & Guzman, 1999)

เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Technique) ไม่ว่าจะเป็นโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) โปรแกรมไม่เชิงเส้น (Non-Linear Programming) และโปรแกรมเชิงพลวัต (Dynamic Programming) นับเป็นเทคนิคที่นิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในงานวิศวกรรมแหล่งน้ำ และการพยากรณ์ สำหรับการศึกษาด้านอุทกวิทยา การพยากรณ์ความเข้มข้นของโอโซน (Yafouz et al., 2022) การพยากรณ์การไหลของน้ำในลำน้ำ (Osman et al., 2020) การพยากรณ์การระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Allawi et al., 2021; Allawi et al., 2019) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำซึ่งจำเป็นต้องทราบแนวทางการปล่อยน้ำที่ดีที่สุดในช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อให้สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ของโครงการได้สูงสุดภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดของระบบที่มีความสลับซับซ้อนก็สามารถนำเทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุดมาประยุกต์ใช้ได้ (Jain & Singh, 2003) ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Technique) โดยมีหลากหลายเทคนิคที่นำไปใช้ในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่สุด เช่น อัลกอริทึมการเรียนรู้ด้วยเครื่องของฉลาม (Shark machine learning algorithm) (Allawi et al., 2018) เทคนิคหมาป่าสีเทา (Gray Wolf) ค้นหาอีกา (Crow Search) และ อัลกอริทึมปลาวาฬ (Whale algorithm) (Donyaii et al., 2021) ซึ่งเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) เป็นวิธีที่นักวิจัยนิยมนำมาประยุกต์ใช้ในการค้นหาของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ โดยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งเลียนแบบหลักการของทฤษฎีวิวัฒนาการของดาร์วินที่ได้รับความนิยมและใช้กัน (Chang et al., 2005; Chaves & Chang, 2008; Chen et al., 2007; Chen & Chang, 2009; Kangrang & Chaleeraktragoon, 2007) GA สามารถค้นหาค่าตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาที่ซับซ้อนโดยใช้ข้อมูลน้อยลง ในทศวรรษที่ผ่านมา GA ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาการจัดการทรัพยากรน้ำ เช่น

การทำงานของอ่างเก็บน้ำ และเพื่อปรับปรุงเส้นโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม (Kangrang et al., 2011; Taghian et al., 2014) การปรับปรุงการทำงานของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอ่างเก็บน้ำเอนกประสงค์ (Hakimi-Asiabar et al., 2010; Mathur & Nikam, 2009) และการพัฒนาเส้นโค้งกฎรายวันที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดสรรน้ำ (Al-taie & M., 2011) นอกจากนี้ GA ยังสามารถรวมเงื่อนไขทั้งหมดได้ เมื่อเชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบระบบอ่างเก็บน้ำ เช่น ความจุของอ่างเก็บน้ำกับระยะเวลาของการไหลเข้า (!!! INVALID CITATION !!!) แต่อย่างไรก็ตาม นักวิจัยยังมีการพัฒนาอัลกอริทึมเทคนิคต่าง ๆ ให้เป็น Global optimum สามารถลู่เข้าหาคำตอบได้รวดเร็วขึ้น และเพื่อลดความยุ่งยาก และซับซ้อนในการนำมาประยุกต์ใช้งาน ให้มีความเหมาะสมกับการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมด้านต่างๆ

อีกหนึ่งเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการค้นหา ค่าที่เหมาะสม คือเทคนิค Atom Search Optimization (ASO) ได้รับแรงบันดาลใจจากการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลชั้นพื้นฐาน และยังเป็นอัลกอริทึมฮิวริสติก และยังไม่มีการศึกษาในเรื่องนี้ ซึ่ง ASO เลียนแบบการเคลื่อนไหวของอะตอมที่ควบคุมโดยแรงปฏิกิริยา หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบกับฟังก์ชันการเปรียบเทียบต่างๆ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ในเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ โดยการนำไปใช้กับการแก้ปัญหาการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางอุทกธรณีวิทยา ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า ASO เหนือกว่าอัลกอริทึมแบบคลาสสิกและอัลกอริทึมใหม่บางตัว ซึ่งเป็นอีกแนวทางสำหรับการไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรม (Zhao et al., 2019) ต่อมาได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพของ ASO โดยวิธีการไฮบริดร่วมกับเทคนิคอื่นๆ ในการแก้ไขปัญหาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Almagboul et al., 2019; Barshandeh & Haghzadeh, 2021; Kamel et al., 2019; Sun et al., 2021) อย่างไรก็ตาม วิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนัก แต่เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ลูเข้าหาคำตอบได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เหมาะที่จะเลือกนำมาประยุกต์ใช้ในการหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ

แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาการปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำที่ผ่านมา มักจะทำการศึกษาการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำแบบเดี่ยว และเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ หรือขนาดกลาง ที่ก่อสร้างแล้วเสร็จเป็นระยะเวลาหลายปี มีการเก็บข้อมูลในอดีตย้อนหลังหลายปี แต่ในปัจจุบันการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการน้ำทำได้ยากขึ้น เนื่องจากปัญหาด้านระเบียบ กฎหมาย หรือการขออนุญาตใช้พื้นที่ในการก่อสร้าง (Loucks & van Beek, 2017) จึงแก้ปัญหาโดยการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กหลาย ๆ อ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำย่อยเดียวกัน หรืออยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน เกิดเป็นอ่างเก็บน้ำแบบเครือข่าย โดยมีระบบเครือข่ายที่ซับซ้อน เนื่องจากมีทั้งเครือข่ายอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรม และเครือข่ายอ่างเก็บน้ำแบบขนาน รวมอยู่ในเครือข่ายเดียวกัน โดยมีพื้นที่รับประโยชน์ หรือกลุ่มผู้ใช้น้ำในแต่ละอ่างเก็บน้ำเป็นเกณฑ์การกำหนดเพื่อใช้พิจารณาในการส่งน้ำ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในด้านการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ ให้เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ

และการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเพื่อการป้องกันอุทกภัย หากดำเนินการบริหารจัดการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ โดยวิธีการบริหารจัดการในรูปแบบอ่างเดียว จะทำให้อ่างเก็บน้ำที่อยู่ตอนล่างประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำเมื่ออ่างเก็บน้ำตอนบนไม่ระบายน้ำลงมาด้านล่างท้ายอ่าง หรือปัญหาการน้ำไหลล้นเมื่ออ่างเก็บน้ำตอนบนระบายน้ำลงมาด้านล่างท้ายปริมาณมากเกินไป หนึ่งในตัวอย่างเครือข่ายอ่างเก็บน้ำที่บริหารจัดการแบบอ่างเดียว ทำให้เกิดความรุนแรงของปัญหาในพื้นที่จังหวัดสกลนคร ที่เกิดปัญหาอุทกภัยในปี 2560 (Petvirojchai & Sarpa, 2018) อันเนื่องมาจากปริมาณน้ำไหลล้นของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำที่อยู่ตอนบนจำนวน 4 อ่าง ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นที่อยู่ตอนล่างสุดของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ส่งผลให้อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นไม่สามารถระบายน้ำหลากได้ทัน เนื่องจากมีปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำเกินศักยภาพของอาคารระบายน้ำล้น จึงทำให้เกิดน้ำไหลล้นทำนบดินส่งผลให้ตัวเขื่อนชำรุดเสียหาย และทำให้เกิดอุทกภัยเป็นวงกว้าง

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งหมายที่จะทำการศึกษากำหนดวิธีการบริหารจัดการน้ำโดยไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด ด้วยวิธี Atom Search Optimization ร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบระบบอ่างเก็บ โดยใช้เกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (Standard Operating Rule) เพื่อสร้างโค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่สุด โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์การไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด และการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุด หลังจากนั้นดำเนินการประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำโดยเทคนิค Genetic Algorithm ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความนิยมในการจัดการปัญหาด้านวิศวกรรม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด ด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) ในการค้นหาโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ

1.2.2 เพื่อค้นหาโค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่สุด

1.2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ

1.3 ผลการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 โค้งควบคุมจากแบบจำลองการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำแบบเครือข่าย โดยใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีค้นหาห่อตอมเทคนิค Atom Search Optimization (ASO)

1.3.2 สามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำแบบเครือข่าย เพื่อแก้ไขปัญหาในสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ไหลล้น ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกอ่างเก็บน้ำที่ทำงานร่วมกันเป็นระบบเพื่อตอบสนองความต้องการใช้น้ำทำอย่างร่วมกัน อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง ลุ่มน้ำย่อยลุ่มน้ำอุบล ในพื้นที่จังหวัดสกลนคร ได้แก่ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3

1.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.4.2.1 โปรแกรม Matlab เวอร์ชัน 6.1

1.4.2.2 ใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) สำหรับการปรับปรุงโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ

1.4.3 ชุดข้อมูลด้านอุตุ - อุทกวิทยา

1.4.3.1 ข้อมูลน้ำท่า ช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2563 (16 ปี)

1.4.3.2 ข้อมูลการระเหย ใช้ข้อมูลสถานีตรวจอากาศ อ.เมือง สกลนคร (เฉลี่ย 30 ปี)

1.4.3.3 ข้อมูลฝน ใช้ข้อมูลสถานีอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2563 (16 ปี)

1.4.3.4 ข้อมูลฝนใช้การ จ.สกลนคร

1.4.3.5 ข้อมูลการจัดสรรน้ำในปัจจุบัน ใช้ข้อมูลกรมชลประทาน (ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี)

1.4.4 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

กำหนด Objective Function ในการหา Rule Curve ที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำสำหรับการศึกษานี้ได้ใช้การคำนวณหาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุด และการไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยพิจารณาความต้องการน้ำ 3 ประเภท คือ การชลประทานเพื่อเพาะปลูก การอุปโภค บริโภค และความต้องการน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศวิทยาทำอย่างเก็บน้ำ

1.4.5 การประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุม

จะดำเนินการเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิม เทคนิค Atom search optimization (ASO) และเทคนิค Genetic algorithm (GA) โดยการประเมินประสิทธิภาพฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุด และการไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดเป็น 4 ค่าพารามิเตอร์ คือ

- 1) ความถี่ของการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด
- 2) ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด
- 3) ความถี่ของการไหลล้นน้อยที่สุด
- 4) ค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด



บทที่ 2

ปรัชญาเอกสารข้อมูล

2.1 การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

2.1.1 แนวคิดและหลักการทั่วไป

ระบบบริหารจัดการน้ำคือ ส่วนที่จะขับเคลื่อนให้ระบบชลประทานสามารถทำหน้าที่ส่งน้ำ และให้น้ำแก่พืชได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ (1) กฎระเบียบ หลักเกณฑ์ และวิธีการในการบริหารจัดการน้ำ หรือส่วนที่เรียกว่า ซอฟต์แวร์ (Soft wares) และ (2) บุคลากรที่ทำหน้าที่ในการบริหารจัดการน้ำ และรูปแบบการจัดองค์กรการบริหารจัดการน้ำ หรือที่เรียกว่าฮิวแมนแวร์ (Human wares) การบริหารจัดการน้ำจะบรรลุเป้าหมาย ที่ตั้งไว้ก็ต่อเมื่อมีระบบการบริหารจัดการที่เหมาะสม นั่นคือมีกฎ ระเบียบ หลักเกณฑ์และวิธีการที่เหมาะสม มีบุคลากรตลอดจนรูปแบบการจัดองค์กรที่เหมาะสม

การบริหารจัดการน้ำ แบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ (วรารุช วุฒินิชย์, 2538a) คือ

- (1) การบริหารจัดการน้ำระดับลุ่มน้ำ
- (2) การบริหารจัดการน้ำระดับโครงการ
- (3) การบริหารจัดการน้ำระดับไร่นา

การบริหารจัดการน้ำระดับลุ่มน้ำ มีความหมายครอบคลุมถึงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ร่วมกับทรัพยากรอื่น ๆ ในลุ่มน้ำในลักษณะของการบูรณาการ เพื่อให้การใช้น้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน สำนักงานคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติได้ให้นิยามคำว่า การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ (River Basin Water Resources Management) ไว้ดังนี้

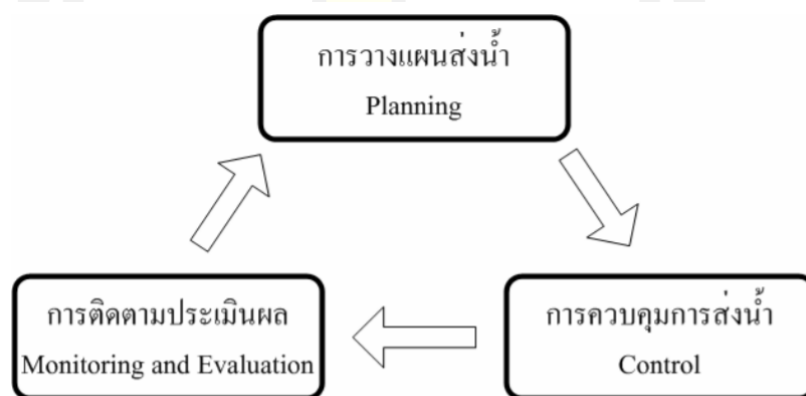
การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ หมายถึงการที่จะดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ เพื่อให้มีการจัดหาน้ำ (พัฒนาแหล่งน้ำ) ตลอดจนการแก้ปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำในทุกพื้นที่ของแต่ละลุ่มน้ำ โดยมีเป้าหมายเพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิตของทุก ๆ สิ่งในสังคม ทั้งคน สัตว์ และพืช ฯลฯ อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และให้มีการใช้น้ำอย่างยั่งยืน การจัดการทรัพยากรน้ำในแต่ละลุ่มน้ำ จึงประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้ (คณะกรรมการวิสามัญ วุฒิสภา, 2546)

- (1) การพัฒนาแหล่งน้ำ (จัดหาน้ำ) เพื่อประโยชน์ด้านต่าง ๆ
- (2) การจัดสรรและใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ
- (3) การอนุรักษ์แหล่งน้ำ

(4) การแก้ปัญหาทั่วม

(5) การแก้ปัญหาด้านคุณภาพน้ำ

ในปัจจุบันแนวคิดของการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจะมีลักษณะเป็นการบริหารจัดการน้ำแบบผสมผสาน หรือแบบบูรณาการ ซึ่ง Global Water Partnership (GWP) ได้นิยามว่า การบริหารจัดการน้ำแบบผสมผสานหรือบูรณาการ (Integrated Water Resources Management, IWRM) คือกระบวนการในการส่งเสริมการประสานการพัฒนาและจัดการน้ำดินและทรัพยากรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาซึ่งประโยชน์สูงสุดทางเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ที่ดีของสังคมอย่างทัดเทียมกัน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศที่สำคัญแนวคิดของการบริหารจัดการน้ำแบบผสมผสานสามารถแสดงในรูปของทรีที่เรียกว่า “GWP Comb” ดังภาพที่ 1 ซึ่งแสดงถึงการผสมผสานภาคการใช้น้ำต่าง ๆ และ 3 องค์ประกอบที่สำคัญต่อการบริหารจัดการน้ำแบบผสมผสาน



ภาพที่ 1 วงจรการจัดการน้ำของโครงการชลประทาน

2.1.2 การบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำแบบบูรณาการ (Water Resources Management: IWRM)

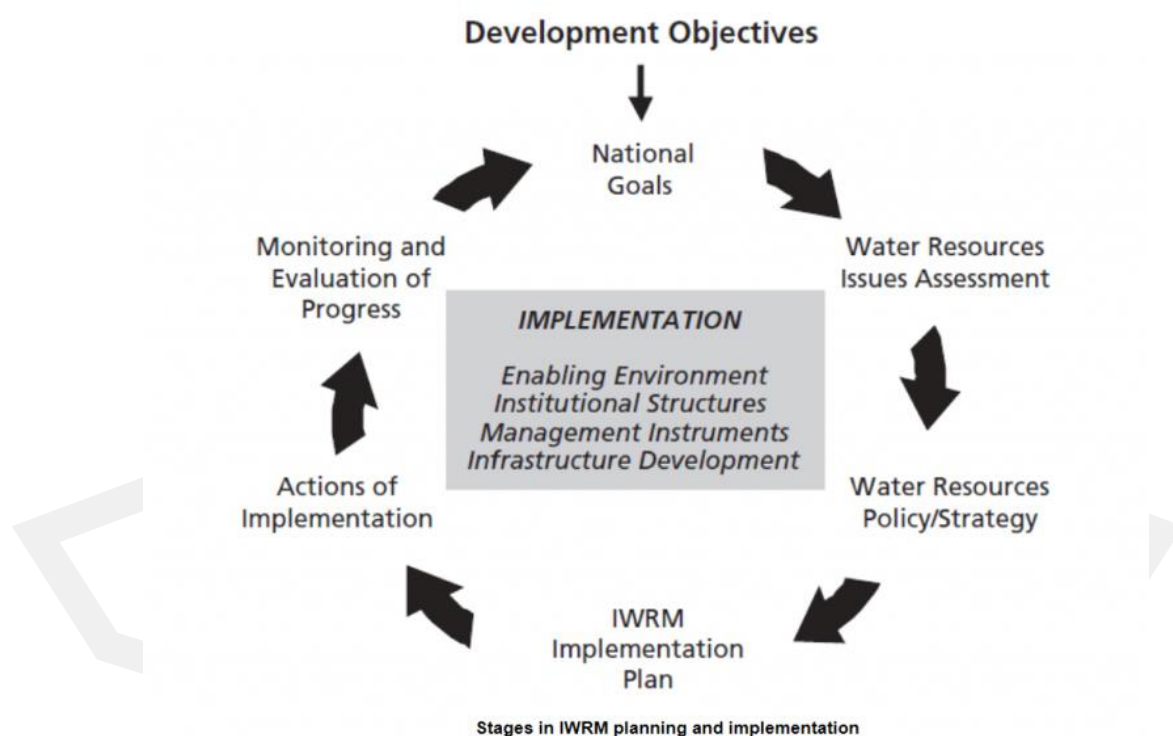
การบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการ หมายถึง กระบวนการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งโดยทั่วไปเกี่ยวข้องกับการจัดหาและพัฒนาการใช้เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ การอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำให้คงอยู่และมีใช้อย่างยั่งยืน รวมทั้งการแก้ไขปัญหาอันเกิดจากทรัพยากรน้ำ ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ

ทรัพยากรแหล่งน้ำ ถือได้ว่าเป็นปัจจัยในการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจและการพัฒนาสังคม อีกทั้งถือเป็นทรัพยากรพื้นฐานที่สำคัญในการรักษาความสมบูรณ์ของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ หน่วยงานที่ดูแลจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นภาครัฐหรือภาคเอกชน ควรมีการจัดการ

ทรัพยากรแหล่งน้ำให้มีความสมดุลกับความต้องการใช้น้ำที่มีเพิ่มขึ้น รวมถึงสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

IWRM นั้นเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในระดับสากล เนื่องจากเป็นการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ ยั่งยืน และลดความขัดแย้ง นอกจากนี้ IWRM เป็นการจัดการและการพัฒนาทรัพยากรแหล่งน้ำ ดินและทรัพยากรอื่น ๆ เพื่อความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และความยั่งยืนของระบบนิเวศ

IWRM มีส่วนช่วยในการปกป้องสภาพแวดล้อมของโลก ส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจ และการพัฒนาด้านการเกษตรที่ยั่งยืน ส่งเสริมการปกครองระบอบประชาธิปไตย และปรับปรุงสุขลักษณะของมนุษย์ทั่วโลก นโยบายเกี่ยวกับการจัดการน้ำถือเป็นจุดเริ่มต้น ที่จะสะท้อนให้เห็นถึงลักษณะที่เชื่อมต่อกันโดยพื้นฐานของทรัพยากรทางอุทกวิทยา และเป็นที่ยอมรับว่าเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในรูปแบบการจัดการและการแปลงนโยบายสู่ภาคปฏิบัติที่มีความโดดเด่น สถานะของการวางแผน IWRM และการดำเนินการ (Global Water, 2021) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สถานะของการวางแผน IWRM และการดำเนินการ

2.1.3 องค์ประกอบการบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำ

- 1) การจัดสรรน้ำ – การจัดสรรน้ำให้กับผู้ใช้น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการดูแลสังคมและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเป็นปัจจัยซึ่งความเท่าเทียมกันในการพัฒนาสังคม
- 2) การวางแผนลุ่มน้ำ – การจัดเตรียมและปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการวางแผนลุ่มน้ำ การผสมผสานในการพัฒนาและการจัดลำดับความสำคัญของลุ่มน้ำ
- 3) การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย – การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการตัดสินใจที่คำนึงถึงผลประโยชน์สูงสุดของสังคมและสภาพแวดล้อม การพัฒนาและการใช้ทรัพยากรแหล่งน้ำ
- 4) การควบคุมมลพิษ – การจัดการมลพิษโดยใช้หลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย และการสร้างแรงจูงใจที่เหมาะสมในการลดปัญหามลพิษที่สำคัญและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- 5) การตรวจสอบ – การใช้ระบบการตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพ ช่วยให้มีการจัดการข้อมูลที่จำเป็น และสามารถระบุและการตอบสนองต่อการละเมิดกฎหมายระเบียบและใบอนุญาต
- 6) การจัดการทางเศรษฐกิจและการเงิน – การใช้เครื่องมือทางเศรษฐกิจและการเงินสำหรับการลงทุน การสนับสนุนการกู้คืนและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเพื่อเข้าถึงเป้าหมายผลประโยชน์ที่ยั่งยืนเพื่อการใช้น้ำของสังคม
- 7) การจัดการข้อมูล – การให้ข้อมูลที่สำคัญที่จำเป็นเพื่อให้ข้อมูลในการตัดสินใจและมีความโปร่งใสและการพัฒนาอย่างยั่งยืนและการจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำ
- 8) ความมั่นคงด้านน้ำ – ความมั่นคงด้านน้ำ ถูกกำหนดให้เป็นปัจจัยซึ่งถึงความต้องการทรัพยากรน้ำของประชากร ความมั่นคง ความยั่งยืน และเพียงพอต่อความต้องการในการดำรงชีวิตในการเข้าถึงทรัพยากรแหล่งน้ำ การพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ความเชื่อมั่นในการป้องกันการปนเปื้อนของมลพิษสู่แหล่งน้ำ การป้องกันภัยพิบัติที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและการดูแลรักษาระบบนิเวศน์เพื่อความสะดวกและความมั่นคงทางด้านการเมือง สุจริต คุณธนกุลวงศ์, 2556 #92}
- 9) น้ำและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ – น้ำเป็นเป็นสื่อหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมีอิทธิพลต่อระบบนิเวศน์ของโลก การดำรงชีวิตและความเป็นอยู่ของสังคม อุณหภูมิที่สูงขึ้นและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงส่งผลกระทบต่อกระจายของปริมาณน้ำฝน หิมะละลาย ทิศทางการไหลของแม่น้ำและน้ำใต้ดิน อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อความเสื่อมของคุณภาพน้ำ ซึ่งคนยากจนมีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบมากที่สุด

ทรัพยากรน้ำมีผลกระทบต่อกระบวนการจัดการทุกด้านของเศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดูแลสุขภาพ การผลิตอาหาร การผลิตน้ำประปาและสาธารณสุข โภค พลังงาน อุตสาหกรรม และการทำงานของระบบนิเวศ ภายใต้อากาศที่แปรปรวน ส่งผลให้มีความตั้ง

เครียดในการจัดสรรน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศกำลังพัฒนาซึ่งมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนในการปรับปรุงการบริหารจัดการน้ำ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายการลดความยากจน ซึ่งเป็นเป้าหมายการพัฒนา สหัสวรรษและการพัฒนาอย่างยั่งยืนในมิติของเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับการจัดการ แหล่งน้ำในด้านของการพัฒนาอย่างยั่งยืน เพื่อให้ตระหนักถึงปัญหาและสนองต่อนโยบายในการ พัฒนา มาตรการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการปฏิบัติ เพื่อ เสริมสร้างศักยภาพและความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลง เพื่อความมั่นคงด้านน้ำ การมีส่วนร่วมใน การดำเนินการการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่าง ๆ การดำเนินกลยุทธ์การปรับตัวที่มี ความสำคัญและเหมาะสม เช่นเดียวกับการบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงจึงเป็นเรื่อง เร่งด่วน ซึ่งน้ำมีบทบาทสำคัญในเรื่องนี้ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2563)

2.2 การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ

2.2.1 คำจำกัดความของอ่างเก็บน้ำ (Definition of Reservoir)

อ่างเก็บน้ำ (Reservoir) คือพื้นที่เก็บกักน้ำขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือที่ มนุษย์สร้างขึ้นจากการสร้างเขื่อน (Dam) ซึ่งเป็นอาคารโครงสร้างทางชลศาสตร์ที่สร้างตัดขวางลำน้ำ เพื่อควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลตามธรรมชาติ รวมถึงยกระดับน้ำหน้าเขื่อนให้สูงขึ้น ส่งผลให้พื้นที่เก็บกัก น้ำเหนือเขื่อนกลายเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่สำหรับนำไปใช้ในวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะหรือหลายอย่างประกอบกัน เช่น การอุปโภคบริโภค การชลประทาน การอุตสาหกรรม การรักษาระบบนิเวศน์ทางด้านทำนน้ำ การผลิตดินน้ำเค็มในช่วงฤดูแล้ง การควบคุมคุณภาพน้ำ การ คมนาคมทางน้ำ การประมง การควบคุมและบรรเทาน้ำท่วม แหล่งท่องเที่ยว และการผลิตพลังงาน ไฟฟ้า เป็นต้น (วรารุช วุฒินิชย์ และคณะ, 2550)

2.2.2 ความสำคัญของอ่างเก็บน้ำ (Needs for Reservoir)

อ่างเก็บน้ำถูกออกแบบขึ้นเพื่อทำหน้าที่เก็บกักน้ำในลำน้ำและผันไปใช้ตามวัตถุประสงค์ ของโครงการที่ตั้งไว้ ด้วยเหตุนี้อ่างเก็บน้ำจึงนับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในงานพัฒนาแหล่งน้ำ รวมถึงงานบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเป็นอย่างยิ่ง หลายต่อหลายครั้งพบว่าอ่างเก็บน้ำมีบทบาท สำคัญในการลดผลกระทบและความเสียหายจากวิกฤตอุทกภัยหรือภัยแล้งรุนแรง หรือแม้กระทั่งยังเป็น ส่วนสำคัญในการแก้ปัญหาภาวะวิกฤตด้านพลังงานไฟฟ้า แนวคิดของอ่างเก็บน้ำยังได้ถูกนำมาใช้ ในชีวิตประจำวันอยู่บ่อยครั้งยกตัวอย่างเช่น ในพื้นที่ชุมชนเมืองซึ่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคขาด แคลนและมีความไม่แน่นอนสูง ผู้อยู่อาศัยจะใช้ภาชนะเพื่อสำรองน้ำเก็บไว้เมื่อมีน้ำประปาไหล และ

น้ำที่เก็บสำรองไว้นี้จะถูกนำมาใช้ตามความต้องการในช่วงที่น้ำประปาไม่ไหล เป็นต้น ในอดีตโครงการพัฒนาอ่างเก็บน้ำได้มีการขยายตัวเป็นอย่างมากทั่วโลกจากการตระหนักถึงความสำคัญของอ่างเก็บน้ำในการเป็นแหล่งน้ำต้นทุน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ซึ่งเขื่อนและอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ถูกออกแบบและก่อสร้างขึ้นเป็นจำนวนมากเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อกิจกรรมการใช้น้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ได้อย่างเพียงพอ อย่างไรก็ตามในการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมาก ตลอดจนทรัพยากรมนุษย์ ทรัพยากรที่ดินและทรัพยากรอื่น ๆ ยิ่งไปกว่านั้นโครงการพัฒนาเหล่านี้ยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ประชากร และเศรษฐกิจโดยรวมในพื้นที่ในขณะเดียวกันเงื่อนไขของทรัพยากรทางการเงินที่มีอยู่อย่างจำกัดก็จำเป็นต้องตระหนักถึงผลประโยชน์สูงสุดที่จะได้รับทั้งต่อโครงการ และเศรษฐกิจโดยรวมอีกด้วย (อาเรีย ฤทธิมา, 2561)

2.2.3 ประเภทของอ่างเก็บน้ำ (Classification of Reservoirs)

หลักเกณฑ์ในการจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ขนาดของอ่างเก็บน้ำ และปริมาตรเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ (Jain & Singh, 2003) โดยมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

1) การจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน (Classification Based on Purposes) การจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับจำนวนวัตถุประสงค์ของการนำน้ำจากอ่างเก็บน้ำไปใช้ประโยชน์ กล่าวคือ หากอ่างเก็บน้ำทำหน้าที่เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะจะเรียกว่า อ่างเก็บน้ำอเนกประสงค์ (Single Purpose Reservoir) และถ้าอ่างเก็บน้ำทำหน้าที่เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์หลาย ๆ อย่างจะเรียกว่า อ่างเก็บน้ำอเนกประสงค์ (Multipurpose Reservoir)

2) การจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำตามขนาด (Classification Based on Size) การจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับขนาดของอ่างเก็บน้ำซึ่งแบ่งได้เป็น อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ (Major Reservoir) อ่างเก็บน้ำขนาดกลาง (Medium Reservoir) และอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (Minor Reservoir) ซึ่งโดยปกติแล้วการจัดแบ่งประเภทของอ่างเก็บน้ำตามขนาดนั้นจะแตกต่างกันออกไปในแต่ละประเทศ อย่างไรก็ตามสำหรับประเทศไทยหากอ่างเก็บน้ำมีปริมาตรเก็บกักสูงกว่า 100 ล้านลูกบาศก์เมตร จะเรียกว่าอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ และหากอ่างเก็บน้ำมีปริมาตรเก็บกักอยู่ระหว่าง 1-100 ล้านลูกบาศก์เมตร จะเรียกว่าอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และอ่างเก็บน้ำมีปริมาตรเก็บกักต่ำกว่า 1 ล้านลูกบาศก์เมตร จะเรียกว่าอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก

2.2.4 การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation)

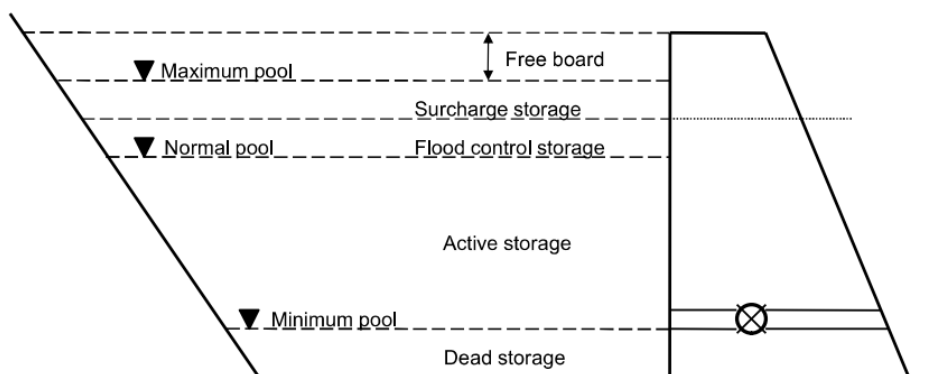
การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation) หมายถึง การเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำ และการส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ โดยมีการวางแผนล่วงหน้าว่าควรเก็บกักและส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาเป็นปริมาณเท่าใด และมีการปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ตรงเท่าที่สภาพในอนาคตเป็นไปได้ตามที่คาดคะเนไว้ถ้าสภาพในอนาคตต่างจากที่คาดคะเนไว้ในตอนวางแผนการปฏิบัติการอาจต่างจากแผนที่วางไว้เพื่อลดสถานะการขาดแคลนน้ำหรือน้ำล้นอ่างเก็บน้ำ (วรารุช วุฒิวิชัย, 2538b) โดยจะเป็นการอธิบายข้อมูลในรูปของระดับและเวลา หรือปริมาตรและเวลา ข้อมูลเหล่านี้ยังแสดงระดับเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ ระดับเก็บกักต่ำสุด (Minimum Pool Level) ระดับเก็บกักปกติ (Normal Pool Level) ระดับเก็บกักสูงสุด (Maximum Water Surface) โดยระดับเหล่านี้จะอยู่ภายใต้การใช้โค้งควบคุมปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญและจำเป็นพื้นฐานในการปรับปรุงการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โค้งควบคุมการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Rule Curve) การแบ่งปริมาตรอ่างเก็บน้ำดังแสดงในภาพที่ 3

ระดับเก็บกักต่ำสุด (Minimum Water Level) หมายถึง ระดับต่ำสุดซึ่งสามารถนำน้ำออกจากอ่างไปใช้ได้ เป็นปริมาตรอ่างเก็บน้ำที่เผื่อไว้สำหรับการตกตะกอนที่จะเกิดขึ้นในช่วงอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำ และจะไม่มีน้ำปล่อยน้ำไปใช้จากปริมาตรอ่างเก็บน้ำในส่วนนี้ ระดับนี้จะเป็นตัวกำหนดปากของอาคารทางออก (Outlet) ตัวที่อยู่ต่ำที่สุด ปริมาตรน้ำที่อยู่ต่ำกว่าระดับเก็บกักต่ำสุดนี้ เรียกว่า “ปริมาตรสูญเปล่า (Dead Storage หรือ Inactive Storage)”

ระดับเก็บกักปกติ (Normal Water Level) หมายถึง ระดับเก็บกักสูงสุดของอ่างในการปฏิบัติงานตามปกติ (Normal Operation) บางครั้งเรียกว่า “ระดับน้ำสูงสุดปกติ (Normal High Water Level)” ระดับนี้ จะเป็นตัวกำหนดระดับเส้นทางระบายน้ำล้นแบบไม่มีประตูควบคุม ปริมาตรเก็บกักที่อยู่ระหว่างระดับน้ำเก็บกักต่ำสุด และระดับเก็บกักปกติ เรียกว่า “ปริมาตรใช้การ (Active Storage)”

ระดับเก็บกักสูงสุด (Maximum Flood Level) หมายถึง ระดับน้ำสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาที่มีน้ำท่วมขนาดใหญ่เคลื่อนตัวเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ เป็นปริมาตรที่ทำหน้าที่หน่วงคลื่นน้ำท่วมไม่ให้เคลื่อนที่ไปทางด้านท้ายน้ำเร็วและมีอัตรามากเกินไปจนก่อให้เกิดน้ำท่วมทางด้านท้ายน้ำ

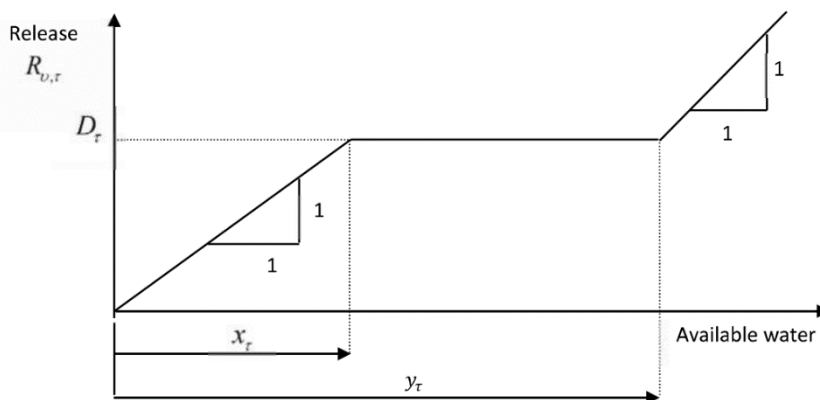
Surcharge Storage หมายถึง ปริมาตรอ่างเก็บน้ำที่สำรองไว้ใช้ในกรณีที่ทางระบายน้ำล้นฉุกเฉิน (Emergency Spillway) ไม่สามารถระบายน้ำได้ทันในช่วงที่เกิดน้ำท่วม



ภาพที่ 3 การแบ่งปริมาตรอ่างเก็บน้ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและผลผลิตของอ่างเก็บน้ำ จะบอกให้รู้ว่าความจุของอ่างเก็บน้ำที่ต่างกันย่อมมีผลผลิตที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้น ผลผลิตของอ่างเก็บน้ำจึงเป็นปริมาณน้ำที่สามารถนำเอาไปใช้จากอ่างเก็บน้ำได้ในช่วงระยะเวลาที่กำหนด โดยปกติช่วงระยะเวลาที่กำหนดคือ 1 ปี และผลผลิตของอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดความจุที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะมีความผันแปรในแต่ละปี ดังนั้นในการออกแบบเพื่อความปลอดภัยจึงใช้ผลผลิตที่แน่นอน (Firm Yield) เป็นผลผลิตที่น้อยที่สุด ซึ่งจะเป็นปริมาณน้ำที่มากที่สุดที่จะประกันได้ว่าสามารถนำเอาไปใช้จากอ่างเก็บน้ำที่มีความจุที่กำหนดไว้ในช่วงเวลาที่วิกฤต (Critical Period) ซึ่งช่วงเวลาที่วิกฤตคือช่วงที่มีความแตกต่างของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำกับความต้องการใช้น้ำมากที่สุดซึ่งก็คือฤดูแล้ง ดังนั้น ผลผลิตที่แน่นอนคือผลผลิตที่มีค่าน้อยที่สุดในช่วงอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นในปีที่แล้งที่สุดสามารถประกันได้ว่าจะมีน้ำใช้อย่างเพียงพอสำหรับความต้องการน้ำประเภทต่าง ๆ และหากมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากจะให้ผลผลิตมากกว่าผลผลิตที่แน่นอน ซึ่งส่วนนั้นเรียกว่าผลผลิตรอง (Secondary Yield) สามารถจะนำไปใช้กับวัตถุประสงค์อื่นที่รองลงมาได้ และอ่างเก็บน้ำไม่ว่าจะสร้างให้มีความจุขนาดใหญ่ได้เพียงใด ผลผลิตที่แน่นอนก็จะไม่มากเกินกว่าผลผลิตที่เป็นไปได้สูงสุด (Maximum Possible Yield) ซึ่งผลผลิตที่เป็นไปได้สูงสุดจะเท่ากับปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย (Mean Flow) หักด้วยการสูญเสียต่าง ๆ จากอ่างเก็บน้ำ หลังจากการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำแล้วเสร็จ เพื่อให้บรรลุมวลวัตถุประสงค์และใช้ประโยชน์อย่างเต็มศักยภาพ การบริหารจัดการน้ำจากอ่างเก็บน้ำจึงมีความสำคัญยิ่ง ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ควบคุมการใช้อ่างเก็บน้ำและปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ดังกล่าวมา และก่อให้เกิดผลผลิตในเชิงเศรษฐศาสตร์มากที่สุด จึงจำเป็นต้องมีการวางกฎการปฏิบัติงานของอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operating Rules) ซึ่งกฎนี้จะใช้ในช่วงเวลาการปฏิบัติงานตามปกติ ไม่ใช่ช่วงหลังการก่อสร้างเสร็จใหม่ ๆ หรือช่วงที่มีการ

เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์การใช้อ่างเก็บน้ำ ในการเริ่มต้นคำนวณสภาพสมมูลน้ำของแต่ละอ่างจาก โค้งควบคุม จะกำหนดให้ปริมาตรเก็บกักเริ่มต้นของอ่างที่ระดับเต็มอ่างหรือระดับเก็บกักสูงสุด (Full Capacity) ส่วนปริมาณน้ำระบายจะหาได้ตามเกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (Standard Operating Rule) ดังแสดงในภาพที่ 4 และสมการที่ 1



ภาพที่ 4 เกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (Kangrang & Chaleeraktragoon, 2007)

$$R_{v,\tau} = \begin{cases} D_{\tau} + W_{v,\tau} - y_{\tau}, & \text{for } W_{v,\tau} \geq y_{\tau} + D_{\tau} \\ D_{\tau}, & \text{for } x_{\tau} \leq W_{v,\tau} < y_{\tau} + D_{\tau} \\ D_{\tau} + W_{v,\tau} - x_{\tau}, & \text{for } W_{v,\tau} < x_{\tau} - D_{\tau} \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (1)$$

เมื่อ $R_{v,\tau}$ คือปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงปี v ของเดือน τ ($\tau = 1$ ถึง 12 แทนเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม) D_{τ} เป็นความต้องการใช้น้ำทำอ่างของเดือน τ , x_{τ} เป็นขอบเขตล่างของโค้งควบคุมของเดือน τ , y_{τ} เป็นขอบเขตบนของโค้งควบคุมของเดือน τ และ $W_{v,\tau}$ เป็นปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างในเดือน τ จากนั้นคำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างเก็บน้ำในเดือนถัดไป โดยใช้หลักสมการสมมูลน้ำต่อไปนี้

$$W_{v,\tau+1} = S_{v,\tau} + Q_{v,\tau} - R_{v,\tau} - E_{\tau} - DS \quad (2)$$

เมื่อ $S_{v,\tau}$ เป็นปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเมื่อสิ้นสุดเดือน τ , $Q_{v,\tau}$ เป็นปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างในเดือน τ ปี v , E_{τ} เป็นค่าการระเหยรายเดือนเฉลี่ยเดือน τ และ DS เป็นปริมาตรเก็บกักที่ไม่ได้ใช้การ (dead storage) เมื่อทำการจำลองสภาพสมมูลน้ำโดยใช้แบบจำลองการเลียนแบบสภาพสมมูลน้ำที่สร้างขึ้นจนครบจำนวนปีที่มีข้อมูลแล้ว ก็จะได้ผลการจำลองเป็นสถาน

กาณ์ขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ที่เกิดน้ำส่วนเกินได้ (ความถี่ ขนาด ช่วงเวลา) จากนั้นก็ทำการบันทึกข้อมูลดังกล่าวไว้สำหรับกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ ซึ่งมีหลายแบบแต่ละแบบจะบอกปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยจากอ่างเก็บน้ำหรือไม่ก็บอกปริมาณน้ำที่ต้องการเก็บกักในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปีซึ่งเรียก โค้งกฎการปฏิบัติงาน (Rule Curves) และ หนึ่งในจำนวนที่มากมายของเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำคือ โค้งกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Rule Curves) โค้งกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำหรือบางครั้งเรียกว่าโค้งแนวปฏิบัติ (guide curves)

2.2.4.1 โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Rule Curve)

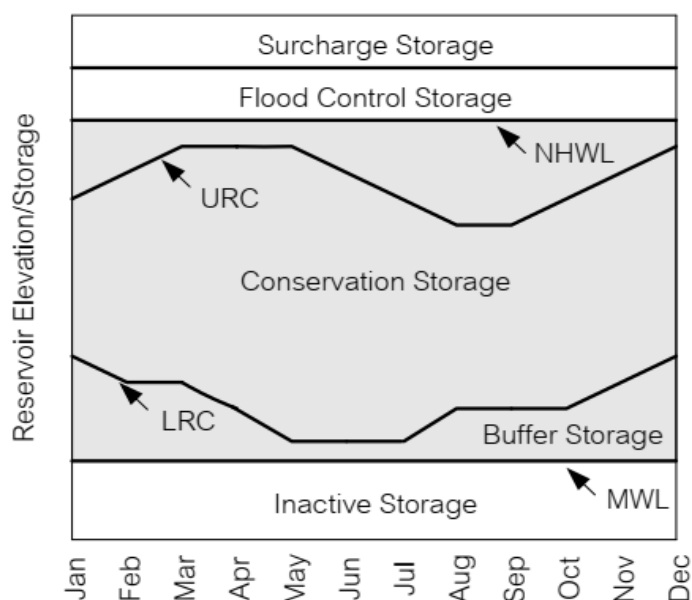
เป็นเกณฑ์ปฏิบัติการซึ่งกำหนดระดับน้ำเก็บกักเป้าหมาย (Target Storage Level) สำหรับช่วยในการตัดสินใจปล่อยน้ำ Rule Curve ปรากฏให้เห็นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ระดับน้ำเก็บกักเทียบกับเวลา หรือปริมาตรเก็บกักเทียบกับเวลา เป็นต้น การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในปัจจุบันนิยมนำ Rule Curve มาใช้ ส่วนใหญ่แล้ว Rule Curve จะสร้างขึ้นโดยดึงข้อมูลและสารสนเทศในช่วงวิกฤติมาใช้เป็นสำคัญ นอกจากนี้ Rule Curve ยังสร้างความเชื่อมั่นว่าน้ำในอ่างจะมีเพียงพอที่จะสนองตอบความต้องการในอนาคตตราบเท่าที่สภาพเงื่อนไขทางอุทกวิทยาไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (กรมชลประทาน, 2554)

โดยทั่วไปแล้วโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสร้างขึ้นจากผลการศึกษาการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โดยอาศัยข้อมูลที่ทำให้การตรวจวัดไว้ในอดีต หรือข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ รวมถึงสารสนเทศในช่วงวิกฤติมาใช้เป็นสำคัญ อาจกล่าวได้ว่าโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำพัฒนาขึ้นมาภายใต้ข้อสมมุติฐานที่อ่างเก็บน้ำสามารถปล่อยน้ำไปใช้ในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ จนเป็นที่พึงพอใจโดยพยายามรักษาระดับน้ำเก็บกักเป้าหมาย ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ให้สอดคล้องตามโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ นอกจากนี้ โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำอาจจะพัฒนาขึ้นสำหรับใช้เพื่อวัตถุประสงค์การใช้น้ำแต่ละประเภทโดยเฉพาะเช่น การอุปโภคบริโภค การชลประทาน การผลิตพลังงานไฟฟ้า และการควบคุมน้ำท่วม เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำประกอบด้วย

1) เกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve, URC) หมายถึง ระดับหรือปริมาณน้ำสูงสุดที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานของอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน จำเป็นต้องรักษาระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำไม่ให้มีระดับหรือปริมาณน้ำสูงเกินกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุดในฤดูแล้ง ทั้งนี้ เพื่อสำรองปริมาณความจุของอ่างเก็บน้ำที่อยู่ระหว่างระดับน้ำตามเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุดกับระดับน้ำเก็บกักสูงสุดไว้สำหรับป้องกันการเกิดภาวะน้ำล้นอ่าง และภาวะน้ำท่วมด้านท้ายเขื่อนในฤดูฝน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง

คือ เป็นเส้นระดับน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำที่ทำให้ความเสี่ยงต่อการมีปริมาตรอ่างไม่เพียงพอที่จะรับน้ำนองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2) เกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุด (Lower Rule Curve, LRC) หมายถึง ระดับหรือปริมาณน้ำต่ำสุดที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานของอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน จำเป็นต้องรักษาระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำตลอดทั้งปีไม่ให้มีระดับหรือปริมาณน้ำต่ำเกินกว่าเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุด ทั้งนี้ เพื่อสำรองปริมาณน้ำเก็บกักให้เพียงพอต่อกิจกรรมการใช้น้ำในปีถัดไป และลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะขาดแคลนน้ำ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ เป็นเส้นระดับน้ำต่ำสุดที่ควรรักษาไว้เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่อการขาดแคลนในอนาคต หรือค่าความเสี่ยงดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้



ภาพที่ 5 เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve)

2.2.4.2 การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้วยโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Operation of a Reservoir Using Rule Curves)

แนวทางหากนำโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำไปใช้ดำเนินการ กล่าวคือ หากระดับน้ำในอ่างที่เวลาใด ๆ สูงกว่าระดับเก็บกักน้ำเป้าหมายของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เวลานั้น ๆ ผู้ปฏิบัติงานสามารถปล่อยน้ำได้เพียงพอตามความต้องการ และเมื่อปริมาณเก็บกักที่มีอยู่ในอ่างเข้าใกล้ระดับเก็บกักน้ำเป้าหมายของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ การปล่อยน้ำจะถูกจำกัดด้วยปริมาณน้ำที่มีอยู่เพื่อรักษาระดับน้ำเก็บกักในอ่างไม่ให้ต่ำกว่าระดับของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ และในบางช่วงเวลาหากระดับน้ำเก็บกักในอ่างต่ำกว่าระดับของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการ

อ่างเก็บน้ำค่อนข้างมาก จะลดปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างลงเพื่อรักษาปริมาณน้ำเก็บกักเป้าหมายในอ่างตามโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำนั้น (อารียา ฤทธิมา, 2561)

โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำยังบ่งบอกถึงระดับความสำคัญของวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ของโครงการในระยะยาว อย่างไรก็ตาม โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับใช้ปฏิบัติงานในช่วงระยะสั้นเป็นแค่เครื่องมือชี้แนะแนวทางในการปฏิบัติงานเท่านั้น ซึ่งผู้ปฏิบัติงานสามารถปรับเปลี่ยนแนวทางการปล่อยน้ำจริงเพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ในระยะยาวได้สูงสุด ด้วยเหตุนี้ แผนปฏิบัติการที่ดีจึงเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยในการตัดสินใจนอกเหนือจากประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเอง ทั้งนี้ เพื่อกระจายน้ำส่วนเกินและการขาดน้ำในแต่ละพื้นที่และช่วงเวลาอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ การตัดสินใจปล่อยน้ำอาจจะนำลำดับความสำคัญของกิจกรรมการใช้น้ำมาร่วมพิจารณา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างน้อย ในหลักการแล้วกิจกรรมการใช้น้ำที่มีความสำคัญสูงเท่านั้นจะได้รับน้ำก่อน

การบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ ตามหลักการจะพยายามควบคุมให้ระดับน้ำอยู่ในกรอบของ “เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ” (Reservoir Operation Rule Curve) ได้แก่ เส้นปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านบน (Upper Rule Curve, URC) และเส้นปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านล่าง (Lower Rule Curve, LRC) ซึ่งช่วยให้สามารถบริหารจัดการน้ำในเขื่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดในภาพรวมตลอดทั้งปี ตัวอย่างหลักเกณฑ์ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำดังแสดงในตารางที่ 1 (กรมชลประทาน, 2554)

2.2.5 การสร้างโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

โค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) จะถูกสร้างขึ้นโดยยึดหลักการปริมาณน้ำขาดแคลนเฉื่อยน้อยที่สุด ในขณะที่เดียวกันต้องปล่อยน้ำให้เพียงพอกับความต้องการด้านต่าง ๆ แนวคิดของโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ คือ การบริหารจัดการระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาใด ๆ ให้เป็นไปตามโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่สร้างขึ้นมา

ในการสร้างโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ นั้นมีเงื่อนไขมากมายที่นำมาพิจารณา เช่น ความต้องการน้ำด้านชลประทาน ด้านการอุปโภคบริโภค ด้านการอุตสาหกรรม เพื่อการรักษาระบบนิเวศและอื่น ๆ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และข้อกำหนดในการระบายน้ำของระบบชลประทาน เพื่อใช้เป็นแนวทางการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำให้เป็นไปอย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ สามารถบรรเทาผลกระทบน้ำท่วม และกักเก็บน้ำไว้ใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ในช่วงฤดูแล้งได้อย่างเต็มศักยภาพ

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำด้วย Reservoir Operation Rule Curves

เงื่อนไข	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ	เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ
1	ระดับน้ำเกินระดับเก็บกักปกติ Normal High Water Level (NHWL) ระดับน้ำสูงกว่า URC ในสภาวะปกติ	- ปล่อยน้ำผ่านทางระบายน้ำล้น (Spillway)
2	ระดับน้ำสูงกว่า URC และมีแนวโน้ม จะเกิดสภาวะน้ำหลาก	- ปล่อยน้ำให้กับความต่อน้ำด้านต่าง ๆ ให้เต็มที่
3	ระดับน้ำอยู่ระหว่าง URC และ LRC	- ปล่อยน้ำเพิ่มทางท่อระบายน้ำ (Outlet Work) ให้เต็มที่ เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำ หลาก
4	ระดับน้ำต่ำกว่าระดับ LRC	- ปล่อยน้ำให้กับความต่อน้ำด้านต่าง ๆ เป็นผลพลอยได้
5	ระดับน้ำต่ำลงถึงระดับเก็บกักต่ำสุด	- ปล่อยน้ำให้กับความต่อน้ำเท่าที่จำเป็น ตามลำดับความสำคัญ
6	Minimum Water Level (MinWL)	- ไม่มีการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

1) ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ประกอบด้วย

1.1) ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญดังนี้

- ระดับความจุของอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วย ระดับความจุต่ำสุด ระดับความจุ
เก็บกักและระดับความจุสูงสุด

- โค้งความสัมพันธ์ระดับเก็บกัก-ความจุ-พื้นที่ผิวน้ำ

1.2) ข้อมูลอุทกวิทยา ประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญ ดังนี้

- ข้อมูลรายเดือนของปริมาณฝน

- ข้อมูลปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำ

- ข้อมูลปริมาณการระเหย

1.3) ข้อมูลความต้องการใช้น้ำ ประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญ ดังนี้

- ความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทาน

- ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค/การประปา

- ความต้องการใช้น้ำเพื่อการคมนาคม/รักษาระบบนิเวศ

- ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม และอื่น ๆ

2) ขั้นตอนการสร้างโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

การคำนวณและการจัดทำ Rule Curve ได้นำเสนอการคำนวณและจัดทำโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ด้วยเทคนิคของการทำสมดุลน้ำ และใช้จัดเตรียมข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการคำนวณ

ขั้นตอนที่ 1 จัดเตรียมข้อมูลปริมาณการระเหยเฉลี่ย, การใช้น้ำด้านอุตสาหกรรม, ข้อมูลน้ำฝน, อุปกคบริโภค, รักษาบบนิเวศ, ฝนใช้การ, ความต้องการด้านชลประทาน, ปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำ (ข้อมูลอย่างน้อย 3 ปีย้อนหลัง) เป็นข้อมูลรายเดือน หน่วยล้าน ลบ.ม. (MCM.)

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาความต้องการน้ำสุทธิจากอ่างเก็บน้ำ Net Demand from reservoir (ND) จากสมการ

ในกรณีเดือนที่ความต้องการด้านชลประทานมีปริมาณความต้องการสูงกว่าฝนใช้การ

$$\text{Net Demand} = E_v + W_s + I_{dd} + (I_{rr} - \text{Eff_rainfall}) \quad (3)$$

ในกรณีเดือนที่ความต้องการด้านชลประทานมีปริมาณความต้องการต่ำกว่าฝนใช้การ

$$\text{Net Demand} = E_v + W_s + I_{dd} \quad \text{เมื่อ } \text{Eff_rainfall} > I_{rr} \quad (4)$$

เมื่อ E_v คือ ความต้องการด้านรักษาระบบนิเวศทำนน้ำ หน่วย ล้าน ลบ.ม.

W_s คือ ความต้องการด้านอุปกคบริโภค หน่วย ล้าน ลบ.ม.

I_{dd} คือ ความต้องการด้านอุตสาหกรรม หน่วย ล้าน ลบ.ม.

I_{rr} คือ ความต้องการด้านชลประทาน หน่วย ล้าน ลบ.ม.

Eff_rainfall คือ ปริมาณฝนใช้การ หน่วย ล้าน ลบ.ม

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาปริมาณน้ำที่สามารถใช้การ $W_{t(\text{available})}$ (W) จากสมการ

$$W_{t(\text{available})} = S_t + Q_{\text{inflow}} + P_t - E_t \quad (5)$$

เมื่อ W_t คือ ปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้ในเดือน t

(t= 1 ถึง 12 แทน เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม)

S_t	คือ	ปริมาณน้ำที่เก็บกักของเดือน t
Q_{inflow}	คือ	ปริมาณที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำของเดือน t
P_t	คือ	ปริมาณฝนของเดือน t
E_t	คือ	อัตราการคายระเหยของเดือน t

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาน้ำเก็บกักในอ่าง Storage (S) จากสมการ

$$S_{t+1} = S_t + Q_{inflow} + P_t - R_{t (release)} - E_t \quad (6)$$

เมื่อ S_{t+1} คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเดือน t
(t = 1 ถึง 12 แทน เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม)

S_t	คือ	ปริมาณน้ำในอ่างของเดือน t
Q_{inflow}	คือ	ปริมาณที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำของเดือน t
P_t	คือ	ปริมาณฝนของเดือน t
$R_{t (release)}$	คือ	การปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเดือน t
E_t	คือ	อัตราการคายระเหยของเดือน t

ขั้นตอนที่ 5 การสร้าง Rule Curves ตั้งสมมติฐานเนื่องจากการไหลของน้ำตามธรรมชาติ จะมีความแตกต่างกันตามฤดูกาลในแต่ละเดือนและในแต่ละปี ดังนั้นการสร้าง Rule Curves จึงต้องใช้ข้อมูลสำหรับเป็นตัวแทนของปีน้ำมาก ปีน้ำปกติ และปีน้ำแล้ง มาเป็นตัวกำหนดหรือสร้าง Rule Curves กล่าวคือ ปริมาณน้ำตัวแทนปีน้ำมากจะใช้สร้างเส้น URC และปริมาณน้ำตัวแทนปีน้ำแล้งจะใช้สร้างเส้น LRC โดยการบริหารจัดการน้ำในปีต่างๆ จะต้องพยายามควบคุมให้อยู่ในช่วงระหว่าง URC และ LRC จากข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ พบว่า ช่วงฤดูฝนจะครอบคลุมระยะเวลา 5 เดือน นับตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม และอีก 7 เดือนที่เหลือจะเป็นช่วงฤดูแล้งเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม ในการบริหารจัดการระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยพิจารณาจากอัตราการไหลของน้ำ จะเห็นได้ว่าควรเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำให้มีระดับน้ำสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้เมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อให้มีปริมาณน้ำเพียงพอในความต้องการในช่วงฤดูแล้งและระดับน้ำในอ่างจะอยู่ที่ระดับต่ำสุดในเดือนพฤษภาคมเพื่อจะทำให้อ่างเก็บน้ำมีพื้นที่ว่างเพียงพอสำหรับกักเก็บน้ำในช่วงฤดูฝนต่อไป เพื่อให้การสร้าง Rule Curves สะท้อนให้เห็นถึงอัตราการไหลของน้ำตามธรรมชาติ และความเป็นจริง ดังนั้นจึงได้นำข้อสมมติฐานดังต่อไปนี้มาใช้

- การสร้างเส้น URC คือ ปริมาณน้ำทั้งหมดระหว่างเดือนของฤดูแล้งนั้นสามารถหาได้จากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ บวกกับผลรวมของปริมาณน้ำรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของปีน้ำปกติในช่วงเวลาเดียวกัน และลบด้วยปริมาณการระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำ แล้วลบด้วยปริมาณน้ำรวมสำหรับการบริหารจัดการในช่วงฤดูแล้งโดยการที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำ

- การสร้างเส้น LRC คือ ปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุด บวกกับต้องการน้ำสุทธิจากอ่างเก็บน้ำ

ขั้นตอนที่ 6 การพิจารณาการปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำในด้านต่าง ๆ

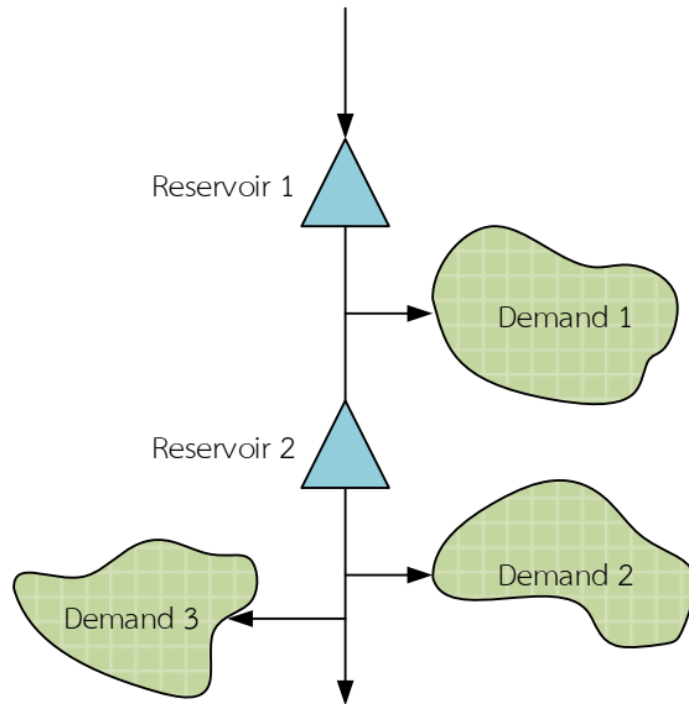
ขั้นตอนที่ 7 การตรวจสอบการขาดแคลนและการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำ

2.2.6 การปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำแบบหลายอ่าง (Operation of a Multi-Reservoir System)

เป็นที่ทราบกันดีว่าการวางแผนทางปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำร่วมกันของระบบอ่างเก็บน้ำแบบหลายอ่างนั้นให้ผลประโยชน์สูงกว่าการปฏิบัติการแยกอ่างเก็บน้ำเดี่ยว ด้วยเหตุนี้ นโยบายการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำไม่ว่าจะเป็นระบบอ่างเก็บน้ำที่เชื่อมต่อกันแบบอนุกรม หรือแบบขนาน หรือผสมผสานกันทั้งสองแบบ มีแนวทางที่แตกต่างกันดังนี้

2.2.6.1 ระบบอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรม (Reservoirs in Series)

ระบบอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรม (Reservoirs in Series) ดังแสดงในภาพที่ 6 สามารถแยกองค์ประกอบที่สำคัญของระบบได้ดังนี้ คือ สามารถผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำแรก (Reservoir 1) เพื่อตอบสนองปริมาณความต้องการน้ำ D1 (Demand 1) ในขณะที่สามารถผันน้ำไปใช้ได้จากทั้งสองอ่าง (Reservoir 1 & Reservoir 2) เพื่อตอบสนองปริมาณความต้องการน้ำ D2 (Demand 2) และ D3 (Demand 3) ซึ่งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของระบบอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรมทั้งในช่วงน้ำมาก และน้ำน้อยเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ได้สรุปไว้ในตารางที่ 2 (Jain & Singh, 2003)



ภาพที่ 6 ระบบอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรม (อารียา ฤทธิมา, 2561)

ตารางที่ 2 เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของระบบอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรม

วัตถุประสงค์	ช่วงน้ำมาก (Refilled Period)	ช่วงน้ำน้อย (Drawdown Period)
อุปโภคบริโภค	เก็บกักน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำตอนบนก่อน	ปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำตอนล่างก่อน
การควบคุมน้ำท่วม	เก็บกักน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำตอนบนก่อน	ปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำตอนล่างก่อน
การเก็บกักพลังงาน	เก็บกักน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำตอนบนก่อน	ปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำตอนล่างก่อน
การผลิตพลังงานไฟฟ้า	เก็บกักน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำตอนบนเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด	เก็บกักน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำตอนล่างเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด
การท่องเที่ยว	-	กระจายการเก็บกักน้ำให้เพิ่มขึ้นทั้งระบบ

จะเห็นได้ว่าอ่างเก็บน้ำสามารถตอบสนองความต้องการน้ำต่าง ๆ ได้สูงสุดด้วยการลดปริมาณการปล่อยน้ำที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrolled Outflow) จากระบบลง นอกจากนี้ ปริมาณน้ำส่วนเกินที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำตอนบนจะถูกเก็บกักไว้ที่อ่างเก็บน้ำทางตอนล่างอีกครั้ง ดังนั้นปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำตอนบนจะเต็มอ่างก่อนเนื่องจากปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างตามมาด้วยอ่างเก็บน้ำตอนล่าง ซึ่งกลยุทธ์นี้ จะยังคงเก็บกักน้ำที่ไหลล้นอ่างจากทางด้านบนไว้ใช้ประโยชน์ในระบบโดยมีอ่างเก็บน้ำทางตอนล่างรับน้ำไว้

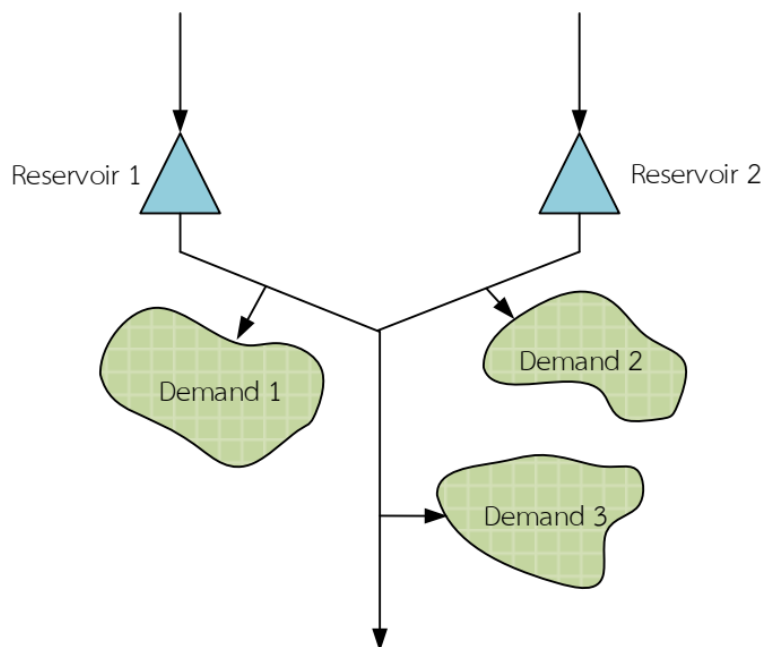
สำหรับในช่วงฤดูน้ำน้อย ซึ่งปริมาณน้ำในลำน้ำธรรมชาติมีค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการน้ำ พบว่า จำเป็นต้องปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำทางตอนล่างก่อน หลังจากนั้นเมื่อปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างล่างลดลงต่ำสุดจึงค่อยปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำทางตอนบนมาสมทบ อย่างไรก็ตามในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจริงอาจไม่เป็นไปตามเกณฑ์ข้างต้นนี้ ยกตัวอย่างเช่น ลักษณะภูมิประเทศ และระบบอ่างเก็บน้ำไม่เหมาะสม เป็นต้น ซึ่งการตอบสนองความต้องการน้ำในทุกกิจกรรมไม่สามารถกระทำได้ นอกจากนี้ ปริมาณการสูญเสียน้ำจากการระเหยและการรั่วซึมของทุกอ่างเก็บน้ำในระบบควรนำมาพิจารณาด้วยหากดำเนินการปฏิบัติงานโดยใช้เกณฑ์ข้างต้นนี้

หากนำเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำของระบบอ่างเก็บน้ำแบบอนุกรมข้างต้นมาประยุกต์ใช้กับระบบอ่างเก็บน้ำในภาพที่ 6 พบว่า ปริมาณความต้องการน้ำ D1 (Demand 1) จะได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำแรก (อย่างไรก็ตามสามารถดึงน้ำจากอ่างเก็บน้ำที่ 2 ได้โดยใช้ปั๊มน้ำสูบขึ้นมา) ในขณะที่ปริมาณความต้องการน้ำ D2 (Demand 2) และ D3 (Demand 3) จะได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำที่ 2 หากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ 2 มีไม่เพียงพอ จะปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำแรกมาใช้แทน โดยสมมุติว่ามีน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ 1 เพียงพอ เกณฑ์ดังกล่าวนี้ เป็นการรับประกันว่าปริมาณน้ำที่ไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำที่ 2 เกิดขึ้นน้อยที่สุด ในขณะที่เดียวกันปริมาณน้ำที่ไหลล้นอ่างจากอ่างเก็บน้ำที่ 1 จะถูกเก็บกักไว้อีกครั้งในระบบโดยอ่างเก็บน้ำที่ 2 ทำหน้าที่รับน้ำดังกล่าวไว้ (อารียา ฤทธิมา, 2561)

2.2.6.2 ระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนาน (Reservoirs in Parallel)

ลักษณะของระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนาน (Reservoirs in Parallel) อย่างง่ายแสดงไว้ในภาพที่ 7 ซึ่งประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำ 2 อ่าง ซึ่งตั้งอยู่บนลำน้ำที่เชื่อมโยงกันแบบขนานก่อนที่จะไหลรวมกันทางตอนล่าง ซึ่งอ่างเก็บน้ำ 1 (Reservoir 1) และอ่างเก็บน้ำ 2 (Reservoir 2) จะจัดสรรน้ำไปใช้สำหรับตอบสนองความต้องการน้ำ D1 (Demand 1) และ D2 (Demand 2) ตามลำดับ นอกจากนี้ อาจจัดสรรน้ำจากอ่างเก็บน้ำใดอ่างเก็บน้ำหนึ่ง หรือทั้งสองอ่างเก็บน้ำไปใช้สำหรับความต้องการน้ำ D3 (Demand 3) ความแตกต่างที่เห็นได้ชัดในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนานกับแบบอนุกรมที่กล่าวมาแล้วข้างต้นก็คือ การปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำตอนบนจะไม่

สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้อีกที่อ่างเก็บน้ำทางตอนล่าง ดังนั้นการสร้างสมดุลในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ จึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเกณฑ์ในการปฏิบัติการของระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนานได้สรุปไว้ในตารางที่ 3



ภาพที่ 7 ระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนาน (อารียา ฤทธิมา, 2561)

แนวทางในการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนานทั่วไปพบว่า จะปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดพื้นที่รับน้ำ (Drainage Area) ใหญ่กว่าก่อน หรือมีศักยภาพของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างต่อหนึ่งหน่วยความจุเก็บกักของอ่างสูงกว่า ด้วยเหตุนี้ สัดส่วนระหว่างพื้นที่รับน้ำต่อปริมาตรความจุเก็บกักของอ่างของทั้งสองอ่างเก็บน้ำจะถูกนำมาเปรียบเทียบกัน โดยสมมุติว่าปริมาณน้ำท่าต่อพื้นที่รับน้ำ 1 หน่วยมีค่าเท่ากัน นอกจากนี้ อ่างเก็บน้ำที่มีค่าสัดส่วนนี้สูงกว่าจะถูกแนะนำให้จัดหาน้ำเพื่อตอบสนองความต้องการน้ำ D3 (Demand 3) ก่อนอ่างเก็บน้ำอื่น ๆ อีกด้วย

เกณฑ์ในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำรูปแบบต่าง ๆ ได้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับใช้ปฏิบัติงานกับระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนานโดยมีวัตถุประสงค์หลักก็เพื่อลดปริมาณการขาดน้ำที่คาดว่า จะเกิดขึ้นให้น้อยที่สุด ซึ่งเกณฑ์เหล่านี้ อาจอธิบายแนวคิดในการปล่อยน้ำ หรือแสดงในรูปของระดับน้ำเก็บกักเป้าหมายของอ่างเก็บน้ำทั้งระบบเพื่อหลีกเลี่ยงสถานการณ์ที่อ่างเก็บน้ำหนึ่งมีน้ำเต็มอ่างหรือจำเป็นต้องปล่อยน้ำส่วนเกินผ่านทางระบายน้ำล้นออกไป ในขณะที่อีกอ่างเก็บน้ำหนึ่งมีปริมาณอ่างว่าง นอกจากนี้ ยังสามารถลดความรุนแรงของการขาดน้ำในระบบให้น้อยลงได้ ด้วยการควบคุมของปริมาณน้ำที่ไหลล้นอ่างให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดสำหรับเก็บกักน้ำบางส่วนไว้ใช้ในระบบนั่นเอง

ตารางที่ 3 เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำทั่วไปของระบบอ่างเก็บน้ำแบบขนาน

วัตถุประสงค์	ช่วงน้ำมาก (Refilled Period)	ช่วงน้ำน้อย (Drawdown Period)
อุปโภคบริโภค	กระจายโอกาสความน่าจะเป็นที่จะเกิดการไหลล้นอ่างทั้งระบบ	กระจายโอกาสความน่าจะเป็นที่อ่างเก็บน้ำจะมีปริมาตรว่างทั้งระบบ
การควบคุมน้ำท่วม	รักษาปริมาตรว่างของอ่างเก็บน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่	
การเก็บกักพลังงาน	กระจายค่าความคาดหวังของการสูญเสียพลังงานของอ่างเก็บน้ำทั้งระบบ	ในช่วงเวลาสิ้นสุดต้องกระจายค่าความคาดหวังของการสูญเสียพลังงานของอ่างเก็บน้ำทั้งระบบ
การผลิตพลังงานไฟฟ้า	เก็บกักน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยของน้ำสูงสุด	เก็บกักน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยของน้ำสูงสุด
การท่องเที่ยว	กระจายการเก็บกักน้ำให้เพิ่มขึ้นทั้งระบบ	กระจายการเก็บกักน้ำให้เพิ่มขึ้นทั้งระบบ

2.2.7 เทคนิคในการพัฒนาโค้งเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve Development Techniques)

เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Rules) นับเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำให้ประสบผลสำเร็จ และเพิ่มความเชื่อมั่นในการตัดสินใจปล่อยน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงวิกฤตของอ่างเก็บน้ำซึ่งมีโอกาสเสี่ยงที่จะปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำล้มเหลว ทั้งจากการปล่อยน้ำส่วนเกินให้ไหลล้นอ่าง และการส่งน้ำไม่เพียงพอตามปริมาณความต้องการน้ำ ส่งผลให้เกิดการขาดน้ำตามมา ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องหาแนวทางปฏิบัติเพื่อให้การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบรรลุผลสำเร็จตามแผนที่ตั้งไว้ โดยทั่วไปเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจะอยู่ในรูปของโค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Rule Curve) และส่วนใหญ่จะอาศัยทั้งเทคนิคการจำลองระบบ (Simulation Technique) และเทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Technique) ในการพัฒนาเครื่องมือดังกล่าว (อารียา ฤทธิมา, 2561)

ในปัจจุบัน การพัฒนาโค้งเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โดยการใช้เทคนิคการหาเหมาะสมสูงสุดสำหรับหาโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ มีด้วยกันอยู่หลากหลายวิธี ได้แก่ การศึกษาการ

จำลองระบบ (Simulation) โปรแกรมเชิงพลวัต (Dynamic programming) เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) ซึ่งรายละเอียดของแต่ละเทคนิคจะอธิบายดังต่อไปนี้

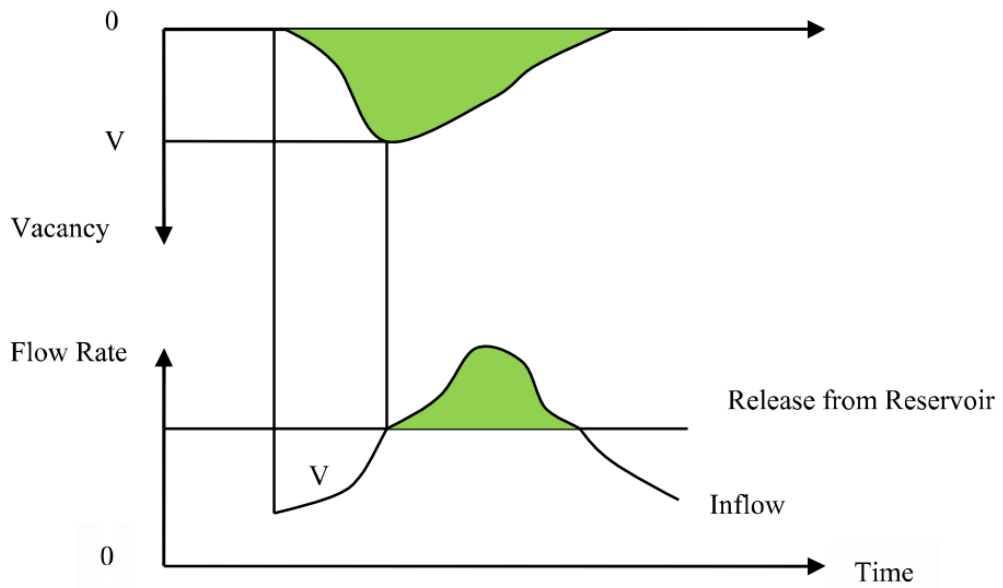
1) เทคนิคการจำลองระบบ หรือวิธีการศึกษาเลียนแบบ (Simulation Technique)

วิธีการศึกษาเลียนแบบเป็นกระบวนการจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบ จากกฎของการจัดการและควบคุม แต่ไม่สามารถประกันได้ว่ากฎของการจัดการและการควบคุมนั้นดีที่สุด ซึ่งในการพัฒนาโค้งงอการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่ใช้วิธีนี้ ได้แก่

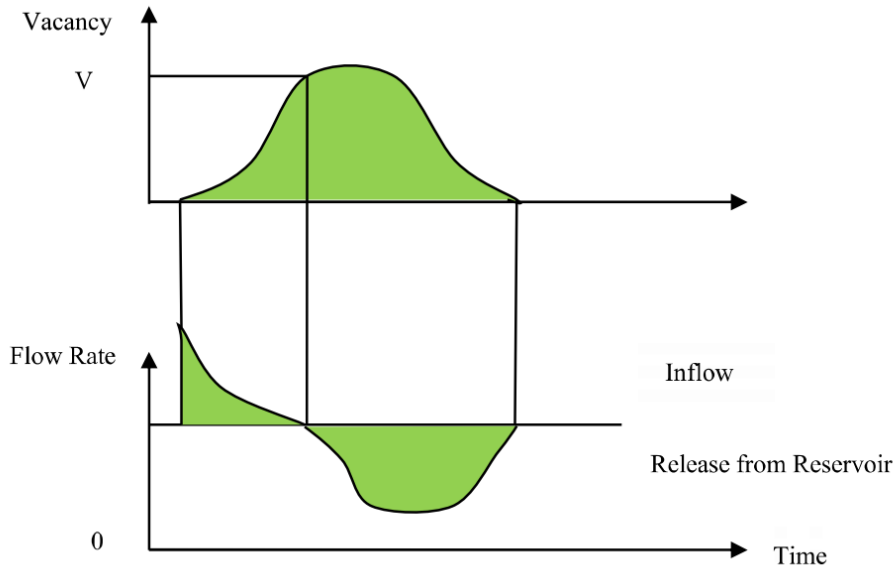
1.1) การวิเคราะห์ระบบอ่างเก็บน้ำสำหรับการเก็บกักน้ำ (Reservoir system Analysis for Conservation) เป็นการจำลองพฤติกรรมของระบบอ่างเก็บน้ำจากกฎต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ว่าจะผันน้ำหรือขาดน้ำในช่วงใด เท่าใด เป็นต้น ซึ่งสามารถนำผลการวิเคราะห์จากระบบอ่างเก็บน้ำมาสร้างโค้งงอการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำได้ โดยทั่วไปก็คือโปรแกรม HEC-3

1.2) โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบหาปริมาณเก็บกักกว้างต่ำสุด (Vacancy - Minimum Storage Requirements Rule Curve) จะอาศัยแนวคิดที่ว่า ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่จะเต็มอ่างพอดีเมื่อสิ้นฤดูฝน ในขณะที่เดียวกันเมื่อสิ้นฤดูแล้งปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำจะแห้งอ่างเก็บน้ำพอดี ดังนั้น ในช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจะต้องมีการพร่องน้ำในอ่างเก็บน้ำไว้เพื่อรองรับน้ำที่คาดว่าจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงฤดูฝน ดังใน ภาพที่ 8 โดยปล่อยน้ำในอัตราที่เพิ่มขึ้น และในช่วงเริ่มต้นฤดูแล้งจะต้องสำรองน้ำในอ่างเก็บน้ำให้เพียงพอกับความ ต้องการตลอดช่วงฤดูแล้งดังใน ภาพที่ 9

1.3) Standard Operating Policy เป็นเกณฑ์ที่ค่อนข้างง่าย โดยจะปล่อยน้ำให้ เป็นไปตามความต้องการทุก ๆ ช่วงเวลา ดังนั้นหากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมีไม่เพียงพอตามความต้องการระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำก็จะลดลงเรื่อย ๆ ขณะเดียวกันในช่วงฤดูฝนที่มีน้ำมาก ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำก็จะเพิ่มสูงขึ้น จนกระทั่งปล่อยน้ำให้ไหลล้นอ่างเก็บน้ำต่อไปหรืออาจกล่าวได้ว่าเกณฑ์การปฏิบัติงานโดยวิธี Standard Operating Policy นี้เป็นเกณฑ์ที่มีศักยภาพมากในการลดประมาณการขาดน้ำทั้งหมด (Total deficit) ในช่วงเวลาที่พิจารณา



ภาพที่ 8 การพร่องน้ำในช่วงเริ่มต้นฤดูฝน (อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง, 2551)



ภาพที่ 9 การสำรองน้ำในช่วงฤดูแล้ง (อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง, 2551)

1.4) โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบนพื้นฐานความน่าจะเป็น (Probability Based Rule Curve) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยอาศัยข้อมูลสมมูลน้ำของอ่างเก็บน้ำที่ทำการตรวจวัดในอดีตระยะยาวมาทำการวิเคราะห์เพื่อสร้างเส้นปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านบน (Upper Rule Curve, URC) และเส้นปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านล่าง (Lower Rule Curve, LRC) โดยประยุกต์หลักทฤษฎีของความน่าจะเป็น (Probability Approach) โดยเส้น URC เป็นเส้นระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำมากที่สุดที่ทำให้ความเสี่ยงต่อการที่อ่างมีปริมาณไม่พอที่จะรับน้ำหลากอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ในขณะที่เส้น LRC เป็นระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ควรรักษาไว้เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในอนาคต หรือความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในอนาคตอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ด้วยเหตุนี้ ผู้ปฏิบัติงานจะมีทางเลือกในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำโดยน้ำ Rule Curve ที่ระดับความเสี่ยงต่าง ๆ ไปประกอบการตัดสินใจเพื่อกำหนดแนวทางการปล่อยน้ำที่เหมาะสมโดยเฉพาะในสถานการณ์น้ำหลากวิกฤต

1.5) โค้งเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้วยเทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Technique) เป็นกระบวนการหาค่าตอบที่ดีที่สุด จากการจัดการตามวัตถุประสงค์ (objectives) และข้อจำกัด (Constraint) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้ เพราะสามารถหาค่าตอบที่ดีที่สุดได้ตามวัตถุประสงค์และข้อจำกัดต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตามการใช้วิธีการหาค่าตอบที่ดีที่สุดจำเป็นต้องจำลองระบบเสียก่อนซึ่งในการพัฒนาโค้งกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่ใช้วิธีนี้ได้แก่ Chance-Constrained Model with Linear Decision Rule เป็นการพัฒนากฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำด้วยแบบจำลอง โอกาส-ข้อจำกัด ร่วมกับกฎการตัดสินใจเชิงเส้น

2.2.8 แบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำแบบหลายอ่าง (Multi-Reservoir Simulation Model)

ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากนโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำรูปแบบต่าง ๆ นั้นนับได้ว่ามีประโยชน์อย่างมาก หากนำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองผลทั้งหมดมาศึกษาเพื่อเปรียบเทียบ และประเมินผลที่ได้ ซึ่งสามารถทำได้โดยการคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความแปรปรวน (Variance) ตลอดจนการกระจายตัวทางด้านเวลา (Time Distribution) ของดัชนีแสดงผลการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Performance Indicators) เช่น ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Storage Volume) ปริมาณน้ำที่ปล่อย (Release) ผลประโยชน์ที่ได้รับ (Benefit) หรือความเสียหายที่เกิดขึ้น (Losses) เป็นต้น ซึ่งดัชนีชี้วัดเหล่านี้ สามารถนำมาใช้เพื่อประเมินผล และเปรียบเทียบนโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำรูปแบบต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้ การประเมินผลอาจปรากฏอยู่ในรูปของค่าดัชนีความน่าเชื่อถือได้ (Reliability Index) ดัชนีวัดความ

รุนแรง (Vulnerability Index) และดัชนีวัดความฟื้นตัวจากความล้มเหลว (Resiliency Index) เป็นต้น อาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองระบบของการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำนั้น เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการประเมินผลกระทบที่จะเป็นไปได้ของนโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำรูปแบบต่าง ๆ ตลอดจนสามารถทำนายสถานการณ์ของระบบในอนาคต เมื่อกำหนดสถานการณ์สมมุติ (Scenarios) ทั้งในรูปแบบของนโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ และผลการคาดการณ์ข้อมูลทางอุทกวิทยาในอนาคต

สำหรับขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ มีดังต่อไปนี้

(1) จัดเตรียมข้อมูลกายภาพของระบบ ซึ่งครอบคลุมถึงเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ ฝายผันน้ำ/โครงสร้างตัดผ่านลำน้ำอื่น ๆ ตำแหน่งที่ตั้ง ความยาวและทิศทางของแม่น้ำและแม่น้ำสาขา โครงการชลประทาน เป็นต้น

(2) รวบรวมข้อมูลที่มีรายละเอียดเกี่ยวข้องกับแนวทางของการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ เช่น จำนวนและตำแหน่งของจุดควบคุมในระบบ ช่วงเวลาของการปฏิบัติการ เป็นต้น

(3) กำหนดจำนวนจุดควบคุมทั้งหมดของระบบ เช่น อ่างเก็บน้ำเก็บกัก ฝายผันน้ำ โครงสร้างตัดผ่านลำน้ำอื่น ๆ เป็นต้น

(4) รวบรวมข้อมูลทั่วไปอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละจุดควบคุม เช่น ความจุเก็บกักสูงสุด และระดับเก็บกักสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำเก็บกักที่เวลาเริ่มต้น โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับ - พื้นที่ - ความจุของอ่างเก็บน้ำ ปริมาณความต้องการน้ำ และปริมาณน้ำที่ปล่อยได้ต่ำสุดตามความจุเก็บกักสูงสุดของลำน้ำ ระดับน้ำที่ระเหยออกไปจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน เป็นต้น

(5) ในแต่ละโครงสร้างอาคารชลศาสตร์ จำเป็นต้องตรวจวัดปริมาณน้ำที่ไหลในลำน้ำ ซึ่งไหลมาจากพื้นที่ลุ่มน้ำทางด้านบนทุก ๆ ช่วงเวลาของการปฏิบัติการ บางครั้งอาจต้องมีการศึกษาถึงการเคลื่อนตัวของน้ำก่อนจะไหลเข้าสู่โครงสร้างอาคารชลศาสตร์ใด ๆ ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ต้องการก่อน

(6) พัฒนาแบบจำลองการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของทั้งระบบ จำลองผลการปฏิบัติการภายใต้นโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำรูปแบบต่าง ๆ และประเมินประสิทธิผลของการปฏิบัติการ ทั้งนี้ ในการประเมินประสิทธิผล อาจทำการตรวจสอบในรูปของตารางผลการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ สถิติของดัชนีแสดงผลการปฏิบัติการ ไม่ว่าจะเป็นค่าดัชนีความน่าเชื่อถือได้บนพื้นฐานด้านเวลา และด้านปริมาณ ค่าปริมาณการขาดน้ำสูงสุด ค่าปริมาณการไหลล้นอ่างสูงสุด ความถี่ของการไหลล้นอ่าง และช่วงเวลาสูงสุดที่เกิดการขาดน้ำติดต่อกัน หรือแสดงผลในรูปของกราฟความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณน้ำที่ปล่อย ปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณความต้องการน้ำ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ จะแสดงให้เห็นถึงแนวทางการปรับปรุงผลการปฏิบัติการโดยอาศัยนโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม

(7) ปรับเปลี่ยนรูปแบบของนโยบายการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ และทดสอบผลการรับจนกระทั่งได้ผลลัพธ์ที่พึงพอใจ

2.3 โครงการชลประทาน

กิจการชลประทานทุกแห่ง มักจะประกอบด้วยงานจัดหาน้ำให้มีจำนวนเพียงพอกับความต้องการ งานยกระดับน้ำให้สูงพอที่จะส่งต่อไปยังพื้นที่เพาะปลูกให้ได้อย่างทั่วถึง และงานระบบการนำน้ำหรือส่งน้ำ ไปสู่พื้นที่เพาะปลูกทุกแห่งที่ต้องการ โดยงานจัดหาน้ำกับงานยกระดับน้ำอาจต้องจัดทำร่วมกัน หรือจัดทำเพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่งก็ได้ตามความเหมาะสม

กิจการชลประทานที่จัดสร้างขึ้น โดยประกอบด้วยงานด้านต่าง ๆ ตลอดจนพื้นที่ทั้งหมดที่มีโอกาสได้รับน้ำ เพื่อทำการเพาะปลูกนั้น รวมเรียกว่า "โครงการชลประทาน" พื้นที่ในเขตโครงการชลประทาน ส่วนที่ได้รับน้ำจากระบบส่งน้ำ และสามารถนำน้ำไปใช้เป็นประโยชน์ เพื่อการเพาะปลูกได้ เรียกว่า "พื้นที่ชลประทาน" น้ำที่ส่งให้พื้นที่เพาะปลูกด้วยระบบส่งน้ำ เรียกว่า "น้ำชลประทาน"

โครงการชลประทานแต่ละแห่งมักจะมีขอบเขต และความมากมายของงานแตกต่างกันไป กล่าวคือ บางโครงการอาจจะมีพื้นที่ชลประทานจำนวนเล็กน้อย โดยกิจการชลประทานที่จัดทำขึ้นจะมีขนาดเล็ก รวมทั้งวิธีการชลประทานก็เป็นแบบง่าย ๆ เป็นต้นว่า อาจใช้เพียงระหัด หรือเครื่องสูบน้ำขนาดเล็กยกน้ำหรือสูบน้ำ จากแม่น้ำลำคลองขึ้นมา แล้วปล่อยให้ไหลไปตามคูส่งน้ำ จนถึงแปลงเพาะปลูกตามที่ต้องการ บางโครงการที่มีพื้นที่ชลประทานขนาดใหญ่ ซึ่งต้องสร้างกิจการชลประทานอันประกอบด้วยอาคาร และอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ทำให้มีระบบงานที่ยุ่งยากซับซ้อน รวมทั้งต้องใช้เวลาในการก่อสร้างตลอดจนการบำรุงรักษาเป็นจำนวนมากด้วย (อดุล วรรณจนา, 2538)

ประเภทของโครงการชลประทาน

1) โครงการชลประทานขนาดใหญ่ คือ งานชลประทานอันประกอบด้วยการก่อสร้างที่ก่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านเกษตร การอุปโภคบริโภค การบรรเทาอุทกภัย การอุตสาหกรรม การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังน้ำ การคมนาคม แหล่งเพาะพันธุ์ประมงน้ำจืด แหล่งท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ และอื่น ๆ ในแต่ละโครงการมีงานก่อสร้างหลายประเภท เช่น เขื่อนเก็บกักน้ำ เขื่อนหรือฝายทดน้ำ การสูบน้ำ ระบบส่งน้ำ ระบบระบายน้ำ ระบบชลประทานในแปลงนา ถ้าเป็นการก่อสร้างประเภทเขื่อนเก็บกักน้ำ สามารถเก็บกักน้ำได้มากกว่า 100 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือมีพื้นที่อ่างเก็บน้ำตั้งแต่ 15 ตารางกิโลเมตร หรือมีพื้นที่ชลประทานมากกว่า 80,000 ไร่ เช่น เขื่อนเจ้าพระยา จ.ชัยนาท เขื่อนขุนด่านปราการชล จ.นครนายก

2) โครงการชลประทานขนาดกลาง หมายถึง โครงการชลประทานที่มีขนาดเล็กกว่าโครงการชลประทานขนาดใหญ่ โดยต้องเป็นโครงการที่มีการจัดทำรายงานความเหมาะสมแล้ว มีปริมาตรเก็บกักน้ำน้อยกว่า 100 ล้านลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่เก็บกักน้ำน้อยกว่า 15 ตารางกิโลเมตร หรือมีพื้นที่ชลประทานน้อยกว่า 80,000 ไร่ ซึ่งจะเป็งานก่อสร้างอาคารชลประทานประเภทต่าง ๆ อาทิ เขื่อนเก็บกัก เขื่อนทดน้ำ ฝาย โรงสูบน้ำ ระบบส่งน้ำและระบายน้ำ ฯลฯ รวมทั้งงานก่อสร้างทางลำเลียงผลผลิตและงานแปรสภาพลำนน้ำ

3) โครงการชลประทานขนาดเล็ก หมายถึง งานพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก ที่กรมชลประทานได้เริ่มก่อสร้างมาตั้งแต่ พ.ศ.2520 เพื่อแก้ปัญหาหรือบรรเทาความเดือดร้อนเกี่ยวกับเรื่องน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภค และการเกษตร ซึ่งเป็นความจำเป็นขั้นพื้นฐานของราษฎรในชนบท หรือพื้นที่ที่ห่างไกล รวมทั้งการแก้ไขบรรเทาความเดือดร้อนจากอุทกภัยและน้ำเค็มที่ขึ้นถึงพื้นที่เพาะปลูก โดยการก่อสร้างอาคารชลประทานขนาดเล็กประเภทต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศและปัญหาที่เกิดขึ้นตามความต้องการของราษฎร

4) โครงการหมู่บ้านป้องกันตนเองชายแดน หมายถึง โครงการที่ผสมผสานระหว่าง แผนด้านความมั่นคงและแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม โดยการก่อสร้างและพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กประเภทต่าง ๆ เช่น อ่างเก็บน้ำ ฝายทดน้ำพร้อมระบบส่งน้ำ เพื่อเก็บกักน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การเกษตร การประมง และการปศุสัตว์ เป็นต้น ให้กับหมู่บ้านป้องกันตนเองชายแดน

5) โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า หมายถึง โครงการที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูบน้ำเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม เป็นการเร่งรัดจัดปัญหาความแห้งแล้งในพื้นที่นอกเขตชลประทาน โดยการจัดตั้งสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าขึ้นที่บริเวณริมฝั่งของแหล่งน้ำ ที่มีน้ำบริบูรณ์ตลอดทั้งปี

6) โครงการชลประทานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ หมายถึง โครงการชลประทานที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทาน รวมทั้งโครงการที่ราษฎรทูลเกล้าฯ ขอพระราชทานความช่วยเหลือ มีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาหรือบรรเทาความเดือดร้อนเกี่ยวกับน้ำจนสามารถสนอง ความต้องการขั้นพื้นฐานของราษฎรได้เป็นหลัก ซึ่งกรมชลประทานก่อสร้างโครงการชลประทานขนาดต่าง ๆ โดยใช้งบประมาณ 2 ส่วน คือ งบประมาณปกติ และงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.)

7) โครงการพัฒนาระบบชลประทานในระดับไร่นา หมายถึง งานกระจาย น้ำจากระบบโครงการชลประทานขนาดใหญ่ ขนาดกลาง หรือขนาดเล็ก เข้าสู่พื้นที่เกษตรกรรม โดยพระราชบัญญัติคั้นและคูนน้ำ พ.ศ. 2505 และพระราชบัญญัติจัดสภาพที่ดินเพื่อเกษตรกรรม พ.ศ.2517 เป็นหลักปฏิบัติ จึงสามารถแยกประเภทงานกระจายน้ำเข้าสู่พื้นที่เกษตรกรรมออกได้เป็น 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 การจัดทำคั้นและคูนน้ำ

วิธีที่ 2 การจัดสภาพที่ดิน

ซึ่งวิธีการดำเนินงานทั้งสองวิธีจะมีระดับการพัฒนาที่แตกต่างกันออกไป ตั้งแต่การพัฒนาในระดับพื้นฐาน (คันและคูน้ำ) จนถึงระดับสูง (จัดภาพที่ดิน) โดยทั้งสองวิธีนี้เจ้าของที่ดินจะเป็นผู้ มีบทบาทสำคัญในการเข้ามามีส่วนร่วม และยินยอมที่จะพัฒนาไปพร้อมกับทางราชการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำในพื้นที่เกษตรกรรมให้มีประสิทธิผลสูงสุด อีกทั้งพระราชบัญญัติจัดภาพที่ดินเพื่อเกษตรกรรม พ.ศ. 2517 มีบทบัญญัติในการให้ความคุ้มครองและดูแลพื้นที่เกษตรกรรมอันจะทำให้พื้นที่ มีคุณค่าและให้ผลิตผลที่สมบูรณ์ของประเทศยังคงอยู่ตลอดไป การจำแนกประเภทโครงการชลประทาน ตามขนาดความสามารถในการเก็บกักน้ำ และขนาดของพื้นที่ชลประทาน โดยจำแนกเป็น 3 ประเภทหลัก ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประเภทโครงการชลประทาน

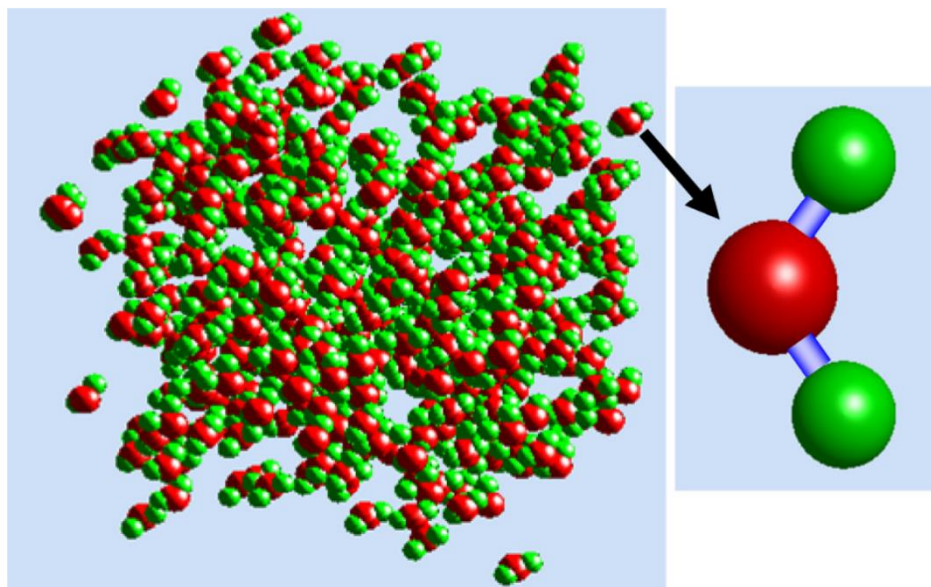
ประเภทโครงการชลประทาน	ความจุ (ล้าน ลบ.ม.)	พื้นที่ชลประทาน (ไร่)
ขนาดใหญ่	มากกว่า/เท่ากับ 100	มากกว่า 80,000
ขนาดกลาง	น้อยกว่า 100	ระหว่าง 3,000 - 80,000
ขนาดเล็ก	น้อยกว่า 1	น้อยกว่า 3,000

2.4 เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิค Atom search Optimization (ASO)

2.4.1 พลวัตเชิงโมเลกุลพื้นฐาน

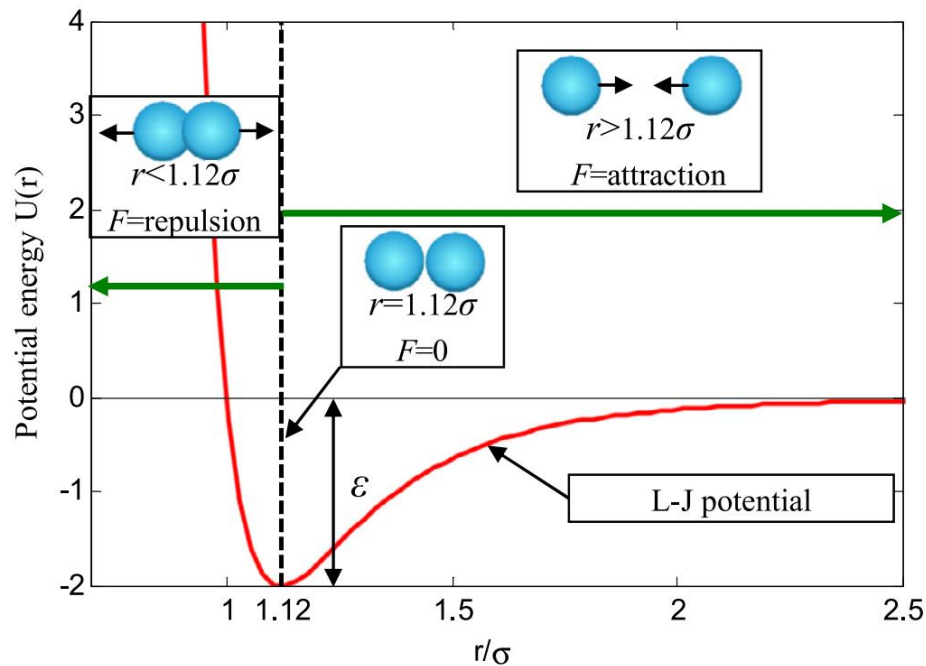
ขั้นตอนวิธีแบบ ASO ได้รับแรงบันดาลใจมาจากพลวัตเชิงโมเลกุลพื้นฐาน จากมุมมองระดับจุลภาค คำนิยามของ “สสาร” จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีและกายภาพที่เกิดจากโมเลกุล โมเลกุลคือหน่วยขนาดเล็กที่สุดของสารเคมีและแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติทางเคมีเช่นเดียวกันในฐานที่เป็นสารจำเพาะ โมเลกุลจะประกอบไปด้วยอะตอมที่ยึดกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ที่แตกต่างกันเป็น อย่างยิ่งในแง่ของขนาดและความซับซ้อน ดังนั้นสารทั้งหมดที่เกิดจากอะตอมและอะตอมทุกตัวก็มีมวลและปริมาตรเช่นกัน ภาพที่ 10 แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของโมเลกุลน้ำซึ่งแต่ละโมเลกุลเกิดจากไฮโดรเจนสองอะตอมและออกซิเจนหนึ่งอะตอมที่ยึดกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ทั้งคู่ร่วมกัน สำหรับระบบเชิงอะตอมนั้น อะตอมทุกตัวจะทำปฏิริยากันและเคลื่อนไหวต่อเนื่องไม่ว่าจะอยู่ในสถานะก๊าซของแข็งหรือของเหลว พวกมันมีความสลับซับซ้อนเป็นอันมากในแง่ของโครงสร้างเหล่านั้นและอันตรกิริยาขนาดเล็กมากๆ เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วระบบเชิงอะตอมมักจะประกอบไปด้วยอะตอมเป็นจำนวนมากจึงไม่มีความเป็นไปได้ในเชิงวิเคราะห์เลยที่จะตรวจสอบคุณสมบัติที่ได้รับผลกระทบมาจากปัจจัยต่าง ๆ อาทิเช่น อุณหภูมิ ความดันและอื่น ๆ ด้วยการพัฒนาของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทำให้

เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการพัฒนาพลวัตเชิงโมเลกุล (MD) ขึ้นมาอย่างรวดเร็ว การหลีกเลี่ยงปัญหานี้โดยใช้วิธีจำลองทางคอมพิวเตอร์ก็เพื่อตรวจสอบการเคลื่อนไหวทางกายภาพของอะตอมและโมเลกุล



ภาพที่ 10 Water molecules and their composition.

แรกเริ่มเดิมทีเชื่อกันว่า MD อยู่ในสาขาฟิสิกส์เชิงทฤษฎี แต่ได้มีการขยายขอบเขตไปสู่เคมีเชิงคำนวณ วัสดุศาสตร์และชีววิทยา โดยการเคลื่อนที่ของอะตอมจะเป็นไปตามกลไกดั้งเดิม แรงอันตรกิริยาระหว่างอะตอมจะมีลักษณะตามหลักการอยู่สองแบบในระบบเชิงอะตอม แบบแรกคือแรงผลักไปสู่แรงอัดซึ่งจะผลักให้อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับความกลุ่ม ส่วนแบบที่สองคือแรงดูดที่จับอะตอมเข้าด้วยกันดังเช่นในสถานะของแข็งปละของเหลว อะตอมจะดึงดูดกันเองตลอดทั้งช่วงแบ่งแยก พลังงานศักย์ของอะตอมอาจจะถูกนำมาพิจารณากับลักษณะทั้งสองแบบนี้และมีหลักเกณฑ์การจับคู่อยู่อีกมากมายในบทความที่นำมาใช้เพื่อแสดงพลังงานศักย์ เดิมทีได้มีการนำเสนอ Lennard-Jones (L-J) potential ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 L-J potential curve

โดยสรุปแล้ว พลวัตเชิงโมเลกุลพื้นฐานได้อธิบายถึงหลักการเคลื่อนที่ของอะตอมอันประกอบด้วย ลักษณะของฟังก์ชันศักย์ รูปแบบการเคลื่อนที่ของอะตอมแรงอันตรกิริยาที่ไม่มีค่าคอนสเตรนส์และแรง geometric constraint แม้ว่าแบบจำลองเชิงวิเคราะห์จะเข้าใจได้ง่าย แต่การวิจัยพลวัตเชิงโมเลกุลโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพอาจจะถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติเชิงเทอร์โมไดนามิกส์ของระบบ และอันที่จริงได้แสดงให้เห็นถึงโอกาสของงานวิจัยเชิงทฤษฎีและการปฏิบัติการทั้งหลาย

2.4.2 วิธีค้นหาอะตอม (ASO)

วิธีค้นหาอะตอม (ASO) ซึ่งได้รับแรงบันดาลใจมาจากพลวัตเชิงโมเลกุล ในขั้นตอนวิธีแบบ ASO ตำแหน่งของแต่ละอะตอมภายในปริภูมิการค้นหาแสดงให้เห็นถึงคำตอบที่วัดได้ด้วยมวลทั้งยังมีคำตอบที่ดีกว่าอันบ่งบอกถึงมวลที่หนักขึ้นในทำนองเดียวกัน อะตอมทุกตัวในประชากรจะคู่หูหรือผลักกันตามระยะห่างระหว่างกันเพื่อสนับสนุนอะตอมที่เบากว่าให้เคลื่อนไปหาอะตอมที่หนักกว่า โดยอะตอมที่หนักกว่าจะมีความเร่งน้อยกว่าซึ่งทำให้แสวงหาคำตอบที่ดีกว่าในพื้นที่เฉพาะได้อย่างรวดเร็ว ส่วนอะตอมที่เบากว่าจะมีความเร่งมากกว่าซึ่งทำให้ค้นหาบริเวณใหม่ ๆ อันเป็นที่ยอมรับทั่วทั้งปริภูมิการค้นหาได้อย่างครอบคลุม

2.4.3 ขอบข่ายโครงสร้างของขั้นตอนวิธีแบบ ASO

ขั้นตอนวิธีแบบ ASO จะเริ่มต้นการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการสร้างคำตอบอย่างสุ่มขึ้นมาชุดหนึ่ง อะตอมปรับปรุงตำแหน่งเหล่านั้นและความเร็วในการทำซ้ำแต่ละครั้ง อีกทั้งตำแหน่งของอะตอมที่ดีที่สุดซึ่งพบนอกเหนือไปจากนั้นยังได้รับการปรับปรุงในการทำซ้ำแต่ละครั้ง ยิ่งไปกว่านั้น ความแรงของอะตอมมาจากสองส่วน โดยส่วนแรกเป็นแรงอันตรกิริยาที่มีสาเหตุมาจาก L-J potential ซึ่งอันที่จริงแล้วก็คือการรวมแรงแยกตัวของแรงดูดและแรงผลักที่ถูกกระทำจากอะตอมอื่น ๆ อีกส่วนหนึ่งเป็นแรงคอนสเตรนส์ที่มีสาเหตุมาจากค้ำยที่มีความยาวพันธะซึ่งถ่วงน้ำหนักความแตกต่างของตำแหน่งระหว่างแต่ละอะตอมและอะตอมที่ดีที่สุด โดยดำเนินการปรับปรุงและการคำนวณทั้งหมดจนกว่าจะตอบสนองต่อเกณฑ์การยุติ สุดท้าย ตำแหน่งและค่าความเหมาะสมของอะตอมที่ดีที่สุดกลับเป็นการประมาณค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบวงกว้าง โดยได้มอบริทัศน์ของขั้นตอนวิธีแบบ ASO ดังแสดงในภาพที่ 12

```

Randomly initialize a set of atoms  $X$  (solutions) and their velocity  $v$ , and  $Fit_{Best} = \text{Inf}$ .
While the stop criterion is not satisfied do
  For each atom  $X_i$  do
    Calculate the fitness value  $Fit_i$ ;
    If  $Fit_i < Fit_{Best}$  then
       $Fit_{Best} = Fit_i$ ;
       $X_{Best} = X_i$ ;
    End If.
  Calculate the mass using equations (26) and (27);
  Determine its  $K$  neighbors using equation (32);
  Calculate the interaction force  $F_i$  and the constraint force  $G_i$  using equations (20)
  and (23), respectively;
  Calculate the acceleration using equation (25);
  Update the velocity using equation (30);
  Update the position using equation (31);
  End For.
End While.
Find the best solution so far  $X_{Best}$ .

```

ภาพที่ 12 Pseudo code of ASO algorithm

ขั้นตอนวิธีแบบ ASO ง่ายต่อการดำเนินการมากและไม่ต้องการพารามิเตอร์มากมายนัก เว้นเสียแต่จำนวนสูงสุดของการทำซ้ำ จำนวนของประชากรอะตอมและทิศทางของปัญหาที่ได้รับ การแก้ไขซึ่งเป็นพารามิเตอร์ร่วมกับขั้นตอนวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 13 และภาพที่ 14 โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ

(1) ขั้นตอนวิธีแบบ ASO ทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบเฟ้นสุ่มในตัวของอะตอมตามความจริง ฉะนั้นภายในจึงมีความสามารถในการสำรวจหาภายในปริภูมิการค้นหาจึงทำให้สามารถหลีกเลี่ยงที่จะหลงอยู่ในค่าที่ดีที่สุดเฉพาะที่เมื่อเทียบกับคู่แข่ง

(2) ยิ่งไปกว่านั้นขั้นตอนวิธีแบบ ASO ก็ยังเป็นขั้นตอนวิธีหาค่าเหมาะสมที่สุดที่อาศัยประชากรเป็นหลักในกรณีที่แรงอันตรกิริยาประกอบไปด้วยแรงดูดและแรงผลัก แรงคอนสเตรนส์เป็นสื่อที่มีความสำคัญต่อการส่งมอบข้อมูลภายในประชากร

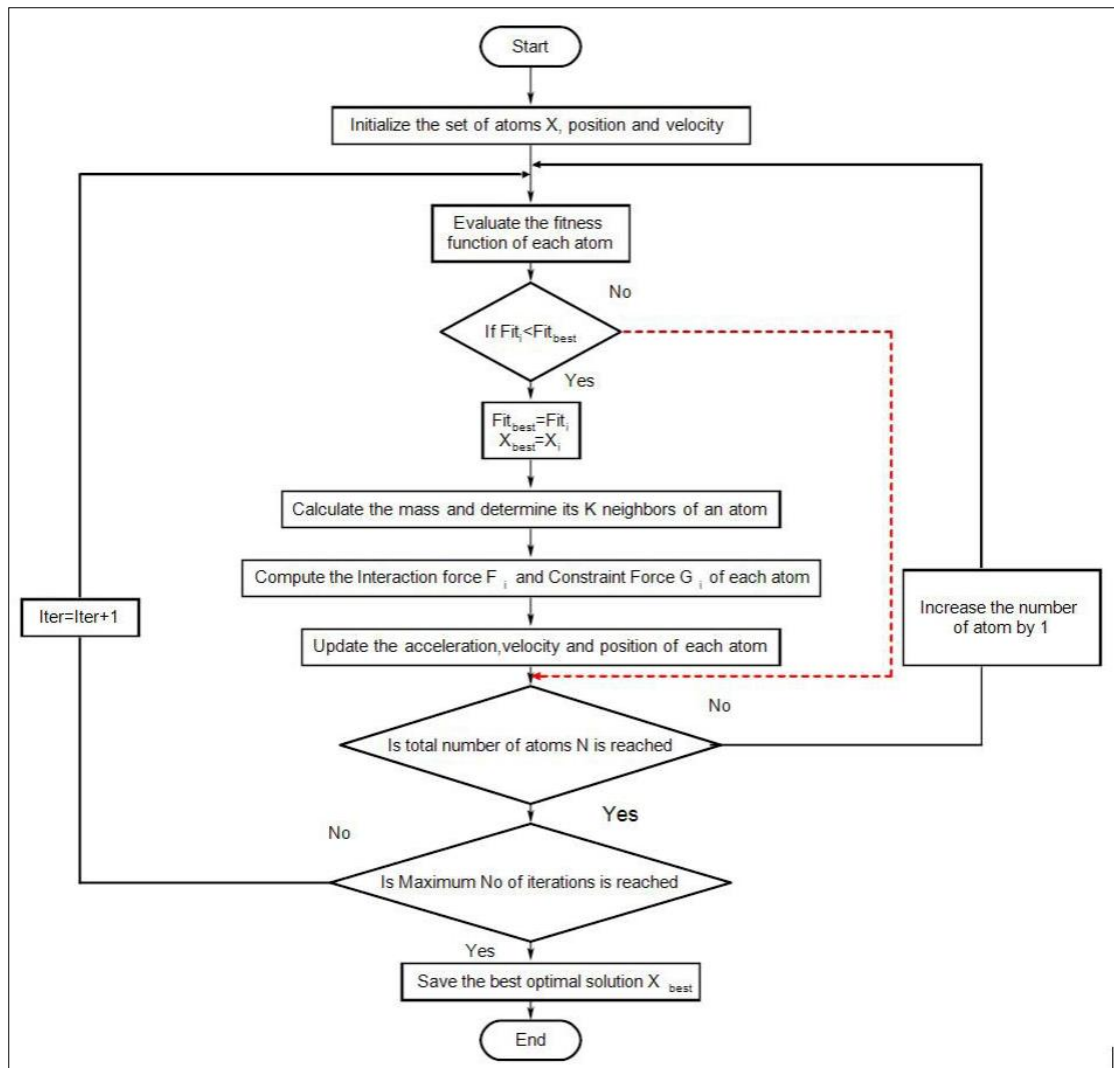
(3) แรงดูดและแรงผลักสามารถรับรองการสำรวจหาและการแสวงหาประโยชน์ตามลำดับ ด้วยระยะเวลาที่ผ่านไปของการทำซ้ำ ปัจจัยคลาดเคลื่อนอาจจะทำให้เกิดแรงอันตรกิริยาที่กระทำกับอะตอมที่ค่อย ๆ สลับจากการรวมตัวกันของแรงดูดและแรงผลักให้เป็นแรงผลักเพียงอย่างเดียวจึงบ่งบอกถึงการสลับจากการสำรวจหาให้เป็นการแสวงหาประโยชน์

(4) ในขั้นก่อนของขั้นตอนวิธีแบบ ASO ไม่ว่าจะแรงอันตรกิริยาที่กระทำกับอะตอมแสดงให้เห็นถึงแรงดูดหรือแรงผลักขึ้นอยู่กับค่าฟังก์ชันอัตราส่วนของ $r_j(t)$ กับ $\sigma_j(t)$ และ $\sigma_j(t)$ ที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับประเภท (แรงดูดหรือแรงผลัก) ของแรงอันตรกิริยาที่กระทำกับอะตอม

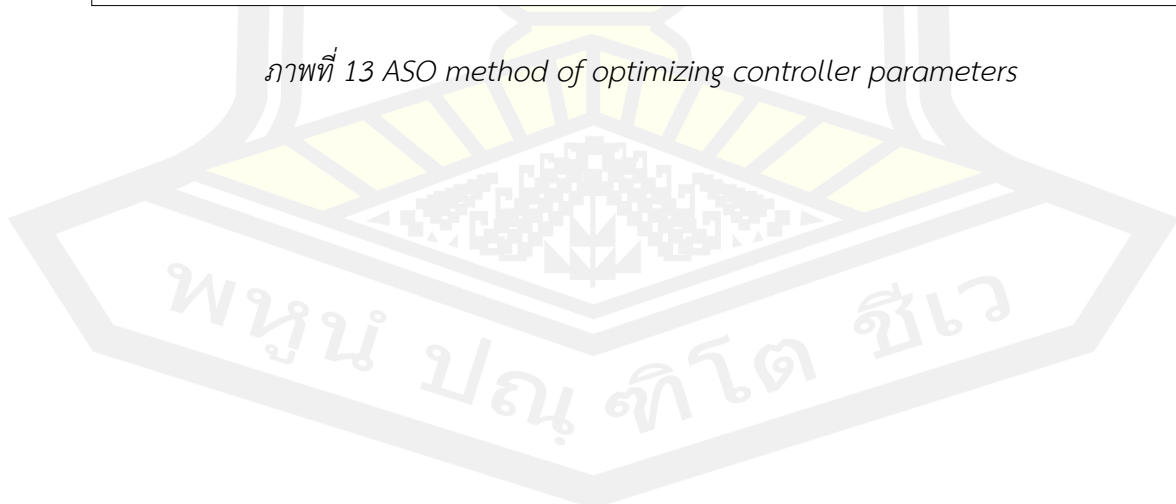
(5) อะตอมที่มีค่าความเหมาะสมดีกว่าจะมีมวลที่มากกว่าซึ่งนำไปสู่ความเร่งที่น้อยลงจึงแสดงถึงการค้นหาเฉพาะแห่ง ส่วนอะตอมที่มีค่าความเหมาะสมแย่งจะมีมวลที่น้อยลงจึงแสดงถึงการค้นหาโดยรวม

(6) แต่ละอะตอมในประชากรที่ทำปฏิกิริยาเฉพาะกับ $KBest$ ข้างเคียงด้วยแรงอันตรกิริยาเท่านั้นจะทำให้จำนวนของ $KBest$ ค่อย ๆ ลดลงร่วมกับระยะเวลาที่ผ่านไปของการทำซ้ำ ในขณะที่อะตอมแต่ละตัวและตัวที่ดีที่สุดมักจะทำให้เกิดแรงคอนสเตรนส์ในการทำซ้ำแต่ละครั้ง

พหุ ประสิทธิภาพ



ภาพที่ 13 ASO method of optimizing controller parameters



The ASO procedures

```

(1) Initialize the population of atoms ( $\{X_i\}_{i=1}^N$ ) at random and the velocity of atom ( $v$ )
(2) Set the initial best fitness:  $Fit_{Best} = \text{Inf}$ 
(3) While  $t \leq T$ 
(4)     for  $i = 1$  to  $N$  do
(5)         Compute the fitness of each atom ( $Fit_i$ )
(6)         If  $Fit_i < Fit_{Best}$  then
(7)              $Fit_{Best} = Fit_i$ ;  $X_{Best} = X_i$ 
(8)         end If
(9)         Obtain the value of mass by Equation (28)
(10)        Define the neighbors ( $K$ ) of the current solution by Equation (33)
(11)        Calculate the forces of interaction ( $F_i$ ) and constraint ( $G_i$ ) by Equations (21) and (25), respectively
(12)        Determine the acceleration ( $a_i$ ) by Equation (27)
(13)        Update both of velocity by Equation (31) and position by Equation (32)
(14)    end
(15) end
(16) Output:  $Fit_{Best}$ ;  $X_{Best}$ 

```

ภาพที่ 14 The ASO procedures

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวข้องกับ Multi Reservoir System

Zhang และคณะ (2020) ได้มีการศึกษา แบบจำลองการหาค่าเหมาะสมสูงสุดแบบหลายวัตถุประสงค์ โดยพิจารณาถึงการผลิตกระแสไฟฟ้า ลดผลกระทบทางนิเวศวิทยา และการเดินเรือ โดยการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคการบินของผีเสื้อราตรี และปรับปรุงกระบวนการของเปลวไฟ โดยเรียกว่า improved MFO (IMFO) algorithm ซึ่งสามารถแก้ไขข้อบกพร่องของ MFO ที่ติดอยู่ในการค้นหาและวิเคราะห์แบบ local optimal ไปสู่การค้นหาคำตอบแบบ global optimal และถูกนำไปใช้เพื่อแก้ไขฟังก์ชันมาตรฐาน และแบบจำลองการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ Nine state-of-the-art algorithms เพื่อทำการเปรียบเทียบเกี่ยวกับความสามารถของอัลกอริทึมทั้ง 10 พบว่า R-IMOMFO ว่ามีประสิทธิภาพดีที่สุด ในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ของการทำงานของแบบจำลอง และได้ใช้วิธีค้นหาคำตอบจาก R-IMOMFO เพื่อวิเคราะห์ผลของความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตกระแสไฟฟ้า วัตถุประสงค์ทางนิเวศวิทยา และวัตถุประสงค์การเดินเรือ ซึ่งแสดงผลอยู่ในรูปแบบของการวิเคราะห์กระบวนการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ และกระบวนการเปลี่ยนแปลงอัตราการระบายของน้ำ

Karami และคณะ (2019) ได้มีการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการอ่างเก็บน้ำ โดยการใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมสูงสุดได้พัฒนาอัลกอริทึมต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการจัดสรรน้ำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อที่จะลดผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำและภัยแล้ง ของอ่าง

เก็บน้ำแบบเครือข่าย ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง จำนวน 2 แห่ง ที่เชื่อมต่อกันในรูปแบบขนาน โดยใช้เทคนิค Hybrid Algorithm (HA) ซึ่งรวม Gravitational Search Algorithm (GSA) เข้ากับ Particle Swarm Optimization Algorithm (PSOA) และจะใช้ Genetic Algorithm (GA) เพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอ่างเก็บน้ำแบบเครือข่าย เพื่อลดการขาดแคลนน้ำชลประทาน เป็นการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นปัญหาที่ซับซ้อน ต้องอาศัยการจัดการกับข้อจำกัดต่าง ๆ และเป้าหมายที่หลากหลาย เนื่องจากระบบดังกล่าวมีการส่งน้ำเพื่อชลประทานสำหรับพื้นที่การเกษตรที่อยู่ด้านท้ายน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความสำคัญต่อสภาพเศรษฐกิจของภูมิภาค พบว่า Hybrid Algorithm (HA) สามารถเป็นเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำได้ดี ทั้งสามารถลดการขาดแคลนน้ำชลประทานของอ่างเก็บน้ำได้ทั้ง 2 แห่ง และให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ สำหรับดัชนีชี้วัดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำ รวมทั้งสามารถหาคำตอบโดยใช้จำนวนรอบที่ต่ำ จึงใช้ระยะเวลาในการคำนวณน้อย

Zhang และคณะ (2013) ได้ศึกษาการปรับปรุง PSO มาตรฐานที่เคยมีการนำไปใช้หาค่าเหมาะสมที่สุดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ที่มีการลู่เข้าหาคำตอบในช่วง Local optimal โดยการปรับปรุง PSO เดิมเป็นฝูงอนุภาคแบบหลายทิศทาง (MGPSO) เพื่อการหาค่าเหมาะสมที่สุดของการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบเครือข่ายในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบเครือข่าย เป็นการหาค่าเหมาะสมที่สุดมีตัวแปรเป็นจำนวนมากซึ่งเรียกว่าเป็นข้อมูลที่มีจำนวนมิติมาก เป็นปัญหาไม่เชิงเส้นมีหลายขั้นตอน และซับซ้อน วิธีการทั่วไปยังคงมีข้อบกพร่องบางประการ เช่น the curse of dimensionality ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อวิเคราะห์และจัดระเบียบข้อมูลในพื้นที่มิติสูง ความต้องการหน่วยความจำจำนวนมากเวลาในการคำนวณ และวิธีแก้ปัญหาก็ไม่สามารถทำได้

Haddad และคณะ (2011) ได้ศึกษาการใช้ HBMO algorithms มาใช้ในการหาค่าเหมาะสมที่สุดของปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำแบบเครือข่าย และนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของ evolutionary algorithms อื่นๆ ซึ่ง HBMO algorithms ได้รับแรงบันดาลใจจากกระบวนการผสมพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตโดยใช้แนวคิดจาก SA และ GA ได้ถูกนำมาใช้ในการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำแบบเดี่ยวและแบบเครือข่ายแล้ว อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพและความสามารถของ HBMO algorithms ยังไม่ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของ evolutionary algorithms อื่นๆ ในการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำแบบเครือข่ายในรูปแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

2.5.2 งานวิจัยเกี่ยวข้องกับการปรับปรุงโค้งควบคุม

ในปัจจุบัน ได้มีการศึกษาประยุกต์ใช้วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำแบบอ่างเดี่ยว (Single reservoir) ดังตัวอย่างเช่น

วิชญ์กรณีย์ ชัยภูมิ (2553) ได้ศึกษาโดยใช้โค้งควบคุมรายเดือนที่ได้จากอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวของอ่างเก็บน้ำสิรินธร ซึ่งมีลักษณะไม่สอดคล้องกับโค้งควบคุมเดิมโดยโค้งควบคุมใหม่จะมีลักษณะต่ำลงไปจากโค้งควบคุมเดิม เส้นขอบเขตบนในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนธันวาคม จึงทำให้มีพื้นที่เก็บกักน้ำเพิ่มได้ดีกว่าโค้งควบคุมเดิมในช่วงฤดูน้ำหลาก ส่วนเส้นขอบเขตล่างในช่วงฤดูแล้งสามารถปล่อยน้ำตามความต้องการได้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมรายเดือนเดิมของอ่างเก็บน้ำสิรินธร และอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ โค้งควบคุมใหม่ที่ได้เส้นขอบเขตบนระดับเก็บกักสูงขึ้นกว่าโค้งควบคุมเดิมในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนธันวาคม ทำให้โค้งควบคุมที่ได้จากอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวนี้สามารถเก็บกักปริมาณน้ำได้น้อยกว่าโค้งควบคุมเดิม แต่ในช่วงเดือนตุลาถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมใหม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้งเพื่อตอบสนองความต้องการใช้น้ำได้ดีกว่าโค้งควบคุมเดิม ส่วนเส้นล่างที่ได้จากโค้งควบคุมใหม่มีลักษณะสอดคล้องกับโค้งควบคุมเดิม แต่ในช่วงฤดูแล้ง โค้งควบคุมใหม่มีระดับเก็บกักต่ำกว่าโค้งควบคุมเดิม จึงทำให้มีโอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการได้ดีกว่าโค้งเดิม และเมื่อนำโค้งควบคุมใหม่และโค้งควบคุมเดิมของอ่างเก็บน้ำทั้งสองไปจำลองระบบกับข้อมูลสังเคราะห์จำนวน 100 ชุด โดยการลดปริมาณน้ำท่าลง 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าโค้งควบคุมใหม่ของอ่างเก็บน้ำสิรินธรและอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ สามารถบรรเทาสถานการณ์ภัยแล้งและอุทกภัยได้ดีกว่าโค้งควบคุมเดิม

รัตนา หอมวิเชียร (2553) ได้พัฒนาโค้งควบคุมโดยใช้วิธีการดิฟเฟอเรนเชียลเอฟโวลูชัน และเมื่อทำการเปรียบเทียบโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำจากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น ด้วยระเบียบวิธีการดิฟเฟอเรนเชียลเอฟโวลูชัน กับโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำจากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นด้วยวิธีการอื่น ได้แก่ ระเบียบวิธีการเชิงพันธุกรรม ซึ่งเป็นระเบียบวิธีการล่าสุดที่มุ่งเข้าหาคำตอบแบบ Global โดยสามารถแก้ปัญหาที่มีคำตอบอยู่เป็นจำนวนมาก มีขนาดใหญ่และสลับซับซ้อน และหาคำตอบได้รวดเร็วกว่าวิธีการอื่น ๆ พบว่าทั้งสองวิธีให้โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำในลักษณะเหมือนกัน การเกิดการขาดแคลนน้ำและการปล่อยน้ำส่วนเกินเหมือนกันเนื่องจากทั้งสองวิธีเป็นระเบียบวิธีการที่มุ่งเข้าหาคำตอบแบบ Global เหมือนกัน ซึ่งแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นด้วยระเบียบวิธีการที่มุ่งเข้าหาคำตอบได้รวดเร็วกว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นด้วยระเบียบวิธีการเชิงพันธุกรรม เนื่องจากมีโครงสร้างของระเบียบวิธีการแตกต่างกัน และพารามิเตอร์ที่ใช้ของระเบียบวิธีการดิฟเฟอเรนเชียลเอฟโวลูชันเป็นจำนวนจริง จึงทำให้มุ่งเข้าหาคำตอบได้รวดเร็วกว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นด้วยระเบียบวิธีการเชิงพันธุกรรม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นด้วยระเบียบวิธีการดิฟเฟอเรนเชียลเอฟโวลูชัน สามารถค้นหาโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมอย่างมีประสิทธิภาพ นำไปใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำได้ดี

เชษฐพันธ์ โล่คำ (2555) ได้หาเกณฑ์การจัดสรรน้ำที่เหมาะสมด้วยกระบวนการอาณานิคมกรณีศึกษาโครงการส่งและบำรุงรักษาลำปาว ซึ่งการใช้วิธีการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์เพื่อคัดเลือกทางเลือกโดยใช้เทคนิคของกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytical Hierarchy; AHP)

ในสถานะที่ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำน้อย จะให้ความสำคัญด้านเศรษฐกิจ 43.1% ด้านความเท่าเทียม 33.2% ด้านความเชื่อมั่น 23.7% ส่งผลให้หากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำน้อยเจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่ที่มีความชำนาญในด้านการบริหารจัดการน้ำ รับผิดชอบพื้นที่ชลประทานและสามารถชี้แจงเหตุผลการจัดสรรน้ำ เลือกที่จะดำเนินการลดพื้นที่การเกษตรลง 3% ประมาณ 7,985 ไร่ คิดเป็นผลตอบแทนประมาณ 24,755,298 บาท ลดพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลง 3% ประมาณ 233 ไร่ คิดเป็นผลตอบแทนประมาณ 4,909,080 บาท และลดปริมาณการจัดสรรน้ำรักษาสมดุลินเวศวิทยาสูง 3% คิดเป็นเดือนละประมาณ 0.39 ล้าน ลบ.ม. แสดงว่าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว ให้ความสำคัญด้านเศรษฐกิจ สังคม และการจัดการ หลีกเลี่ยงการเกิดปัญหาความขัดแย้งด้านความต้องการใช้น้ำแต่ละกิจกรรม ตลอดจนตำแหน่งพื้นที่ทำการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นช่วงต้นคลอง กลางคลอง และปลายคลอง ปัญหาความขัดแย้งของตำแหน่งพื้นที่ทำการเกษตรค่อนข้างละเอียดอ่อน การแก้ปัญหาการจัดการน้ำ ไม่ว่าจะเป็นเพิ่มหรือลดพื้นที่ทางการเกษตร ควรที่จะมีการสร้างองค์ความรู้กระบวนการชุมชนเข้มแข็งเป็นแนวทางในการจัดสรรน้ำโดยเกษตรกรมีส่วนร่วม ซึ่งอาจจะต้องใช้กระบวนการมีส่วนร่วมต่าง ๆ อาทิ กระบวนการ PIM (Participatory Irrigation Management 11 ขั้นตอน) กระบวนการ JMC (Joint Management Committee of Irrigation) และกระบวนการชุมชนเข้มแข็งต่าง ๆ มาประยุกต์ ปรับใช้ ตลอดจนการประสานความร่วมมือของคณะกรรมการจัดการชลประทาน ซึ่งประกอบด้วย เกษตรกร กรมชลประทาน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในด้านต่าง ๆ

วิวัฒน์ พาโคกหม (2557) ได้หาเกณฑ์การจัดสรรน้ำที่เหมาะสมด้วยเทคนิคกดูเหว่า ซึ่งจากการประเมินประสิทธิภาพของโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ของอ่างเก็บน้ำที่ได้จากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นด้วยเทคนิคกดูเหว่า (CS) ผลการประเมินพบว่าโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยแบ่งออกเป็นกรณีดังนี้ กรณีที่ 1 ความต้องการใช้น้ำปกติโดยใช้ข้อมูลน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ 44 ปี (พ.ศ. 2511-2554) สถานการณ์การขาดแคลนน้ำ ความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 0.743, 78.194 และ 3.635 ตามลำดับ กรณีที่ 2 ความต้องการใช้น้ำปกติโดยใช้ข้อมูล สังเคราะห์น้ำต้นทุนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือนจากข้อมูลเดิม 44 ปี จำนวน 100 ชุดเหตุการณ์ สถานการณ์การขาดแคลนน้ำ ความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่าลดลงเท่ากับ 0.763, 84.109 และ 3.980 ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.929, 917.501 และ 13.624 ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.945, 910.468 และ 16.933 ตามลำดับ กรณีที่ 3 กรณีเพิ่มพื้นที่ชลประทาน 50,000 ไร่ โดยใช้ข้อมูลที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ 44 ปี (พ.ศ. 2511-

2554) สถานการณ์การขาดแคลนน้ำ ความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่าลดลงเท่ากับ 0.749, 127.035 และ 3.712 ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยและช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่าเพิ่มขึ้น เท่ากับ 0.923, 816.966 และ 13.443 ตามลำดับ กรณีที่ 4 กรณีเพิ่มพื้นที่ชลประทาน 50,000 ไร่ โดยใช้ข้อมูลสังเคราะห์น้ำต้นทุนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือน จากข้อมูลเดิม 44 ปี จำนวน 100 ชุดเหตุการณ์ สถานการณ์การขาดแคลนน้ำความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ย มีค่าลดลงเท่ากับ 0.800, 144.540 และ 4.765 ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.915, 835.837 และ 11.588 ตามลำดับ

เกียรติพงษ์ สายเมือง (2559) ประยุกต์ใช้วิธีหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยวิธีเทคนิคการค้นหาแบบทาวเวอร์ร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบเพื่อปรับปรุงโครงสร้างควบคุมของอ่างเก็บน้ำ โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ 3 กรณี คือ ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด ความถี่ของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด และปริมาณการขาดแคลนสูงสุดที่น้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาคำตอบ การศึกษาวิจัยพิจารณาข้อมูลโครงสร้างควบคุมรายเดือนของอ่างเก็บน้ำลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นกรณีศึกษา ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้ง 3 รูปแบบข้างต้นนั้นจะได้โครงสร้างควบคุมใหม่ที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกับโครงสร้างควบคุมเดิม เนื่องจากอิทธิพลของน้ำท่าในแต่ละฤดูกาลและเงื่อนไขอื่นที่เหมือนกัน เมื่อนำโครงสร้างควบคุมใหม่เหล่านี้ไปทดสอบและเปรียบเทียบกับโครงสร้างควบคุมเดิมที่ใช้อยู่ พบว่าโครงสร้างใหม่ที่ทำโดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาสามารถบรรเทาสภาวะน้ำท่วม และน้ำขาดแคลนได้ดีกว่าโครงสร้างที่เกิดจากการใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์อื่น และยังดีกว่าโครงสร้างควบคุมเดิมด้วย หลังจากนั้นนำโครงสร้างควบคุมที่ได้จากเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดมาทดสอบและเปรียบเทียบกับโครงสร้างควบคุมเดิมเพิ่มเติมอีก โดยการเพิ่มการใช้ชลประทาน 20% และเพิ่มปริมาณฝนใช้การ 20% ใช้ข้อมูลการไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำที่สังเคราะห์ในอดีต 47 ปี จำนวน 100 ชุดข้อมูล พบว่า ดีกว่าโครงสร้างควบคุมเดิมอีกด้วย

ตระการ กาสีใส (2559) ประยุกต์ใช้วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีการอาณาจักรผึ้งร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบเพื่อปรับปรุงโครงสร้างควบคุมของอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด ความถี่ของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด และปริมาณการขาดแคลนสูงสุดที่น้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาคำตอบ นอกจากนี้ยังได้สังเคราะห์ข้อมูลน้ำรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจำนวน 100 ชุด เพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของโครงสร้างควบคุมที่ได้จากแบบจำลอง ซึ่งจะแสดงผลเป็นสถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้น ในรูปแบบความถี่ ช่วงเวลาของเหตุการณ์ ปริมาณน้ำเฉลี่ย และปริมาณน้ำสูงสุด โดยศึกษาพิจารณาข้อมูลโครงสร้างควบคุมรายเดือน

ของอ่างเก็บน้ำลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นกรณีศึกษาซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2511-2557 ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้ง 3 รูปแบบข้างต้นนั้น จะได้โค้งควบคุมใหม่ที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกับโค้งควบคุมเดิม เมื่อนำโค้งใหม่ที่หาโดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาคำตอบมาทดสอบ และเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้อยู่พบว่า สามารถบรรเทาสถานะน้ำท่วมและน้ำขาดแคลนได้ดีกว่าโค้งที่เกิดจากการใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์อื่นและดีกว่าโค้งควบคุมเดิมด้วย จากนั้นเมื่อนำมาทดสอบและเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิมเพิ่มเติมอีก โดยการเพิ่มการใช้น้ำชลประทาน 20% และเพิ่มปริมาณฝนใช้การ 20% และใช้ข้อมูลการไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำที่สังเคราะห์ในอดีตจำนวน 47 ปี 100 ชุดข้อมูล พบว่า ดีกว่าโค้งควบคุมเดิมอีกด้วย

เจษฎา ตงศิริ (2561) ได้ศึกษาประมาณค่าปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้ำอุ้มด้วยแบบจำลอง SWAT โดยพิจารณาสภาพภูมิอากาศอนาคตจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS ในสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 และ B2 ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ A2 มากกว่า B2 และข้อมูลการใช้ที่ดินเหนืออ่างเก็บน้ำจากแผนที่ Agri-Map ซึ่งพื้นที่ปลูกข้าวลดลงและพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพดเพิ่มขึ้น วัตถุประสงค์ที่สองเพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำโดยใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GAs) ร่วมกับแบบจำลองอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992 - 2016 สังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่า 1,000 เหตุการณ์จากข้อมูลอดีต เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม โดยแสดงผลเป็นปริมาณน้ำที่ขาดแคลนและไหลล้น ในรูปความถี่ ขนาด และช่วงเวลา ผลการศึกษาพบว่าน้ำท่าอนาคตทั้งสองกรณีสูงกว่าน้ำท่าอดีต น้ำท่าอนาคต A2 มีปริมาณสูงกว่าน้ำท่าอนาคต B2 ส่วนโค้งควบคุมใหม่ที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิค GAs สามารถลดสถานการณ์น้ำไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมเดิมจากความถี่การไหลล้น 0.997 เป็น 0.992 ครั้งต่อปี และลดปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยจาก 251.685 เป็น 246.222 ล้านลูกบาศก์เมตร

ปกรณ์ ณ ศิริ และ ปกรณ์ ดิษฐ์กิจ (2018) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับค้นหาโค้งกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยใช้วิธีฮาร์โมนีเซิร์ชร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบ โดยพิจารณาปริมาณการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดร่วมกับปริมาณน้ำล้นอ่างน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาคำตอบ ประกอบด้วย 24 ตัวแปรตัดสินใจสำหรับโค้งเกณฑ์การควบคุมบน (12 ตัวแปร) และล่าง (12 ตัวแปร) ตามช่วงเวลาที่พิจารณาเป็นรายเดือน ผลการศึกษาพบว่าโค้งกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ที่ได้จากวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้วิธีฮาร์โมนีเซิร์ชร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบมีประสิทธิภาพที่ดีเนื่องจากไม่มีเหตุการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นอ่างเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ทดสอบจำนวน 216 เดือน เมื่อเทียบกับโค้งกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเดิมซึ่งมีน้ำขาดแคลนจำนวน 11 ครั้ง เกิดเป็นปริมาณน้ำที่ขาดเท่ากับ 18.0 ล้านลูกบาศก์

เมตร และน้ำไหลล้นอ่างจำนวน 2 ครั้ง คิดเป็นปริมาณน้ำที่ไหลล้นอ่าง 243.68 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยโค้งควบคุมเส้นล่างใหม่ มีรูปร่างแตกต่างจากโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำเดิมเล็กน้อย คือในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่เดือนเมษายนถึงปลายเดือนพฤษภาคม จะสูงกว่าโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำเดิมเล็กน้อย เพื่อเก็บกักน้ำไว้ตอบสนองความต้องการใช้น้ำ ส่วนโค้งควบคุมเส้นบนใหม่ ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม จะสูงกว่าโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำเดิม เพื่อกักเก็บน้ำไว้ตอบสนองความต้องการใช้น้ำ

ทัตตวัฒน์ ดารากำหนดง (2562) ประยุกต์ใช้วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการถ่ายละอองเรณูดอกไม้ร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบเพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยการไหลล้นน้อยที่สุด ความถี่ของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด ความถี่ของการไหลล้นน้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาค่าตอบโค้งควบคุมที่เหมาะสม การศึกษานี้พิจารณาข้อมูลโค้งควบคุมรายเดือนของอ่างเก็บน้ำน้ำอูน จังหวัดสกลนคร อ่างเก็บน้ำลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ และอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น เป็นกรณีศึกษา ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้ง 4 รูปแบบข้างต้นนั้นจะได้โค้งควบคุมใหม่ที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกับโค้งควบคุมเดิมทุกอ่าง เนื่องจากอิทธิพลของน้ำท่าในแต่ละฤดูกาล และเงื่อนไขอื่นในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมือนกัน เมื่อนำโค้งควบคุมใหม่เหล่านี้ไปประเมินและเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้อยู่ พบว่าโค้งใหม่ที่ทำโดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหา สามารถบรรเทาสภาวะน้ำท่วม และน้ำขาดแคลนได้ดีกว่าโค้งที่เกิดจากการใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์อื่น และยังดีกว่าโค้งควบคุมเดิมเหมือนกันทุกอ่าง

นัฐพงษ์ ศรีกมล (2562) ได้ศึกษาปรับปรุงโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำน้ำอูนโดยใช้วิธีหึ่งห้อยร่วมกับแบบจำลองการ โดยหาค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการค้นหาค่าตอบโค้งควบคุม ข้อมูลที่นำมาพิจารณาในการศึกษาค้นหาค่าตอบโค้งควบคุมใหม่ครั้งนี้คือ ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 - 2560 ข้อมูลความต้องการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำน้ำอูน และโค้งควบคุมรายเดือนของอ่างเก็บน้ำน้ำอูน จังหวัดสกลนคร เป็นกรณีศึกษา นอกจากนี้ยังได้สังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจำนวน 1,000 ชุด เพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมที่ได้จากแบบจำลองซึ่งจะแสดงผลเป็นสถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นในรูปแบบความถี่ ช่วงเวลาของเหตุการณ์ ปริมาณน้ำเฉลี่ย และปริมาณน้ำสูงสุด ผลการศึกษาพบว่าโค้งควบคุมใหม่ที่ได้ลุ่มีลักษณะคล้ายคลึงกับโค้งควบคุมเดิม เนื่องจากข้อมูลและเงื่อนไขที่นำมาใช้เหมือนกันเมื่อนำโค้งควบคุมใหม่เหล่านี้ไปทดสอบและเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้อยู่ และโค้งควบคุมที่ค้นหาด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม พบว่าโค้งใหม่สามารถบรรเทาสภาวะน้ำท่วม และน้ำขาดแคลนได้ดีกว่าโค้งควบคุมเดิม แต่น้อยกว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม หลังจากนั้นนำโค้งควบคุมมาทดสอบกับข้อมูลน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสังเคราะห์ พบว่าโค้งควบคุมจากเทคนิค

หึ่งห้อยมีประสิทธิภาพมากกว่าโค้งควบคุมเดิม แต่ต่ำกว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม

นัฐพิทักษ์ สินธูชัย (2562) ประยุกต์ใช้วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีเทคนิคการค้นหาลักษณะมาป่าสีเทาร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบเพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยการไหลล้นน้อยที่สุด ความถี่ของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด ความถี่ของการไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาค่าตอบโค้งควบคุมที่เหมาะสม การศึกษานี้พิจารณาข้อมูลโค้งควบคุมรายเดือนของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น อ่างเก็บน้ำลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ และอ่างเก็บน้ำน้ำอูน จังหวัดสกลนคร เป็นกรณีศึกษา ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้ง 4 รูปแบบข้างต้นนั้นจะได้โค้งควบคุมใหม่ที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกับโค้งควบคุมเดิมทุกอ่าง เนื่องจากอิทธิพลของน้ำท่าในแต่ละฤดูกาล และเงื่อนไขอื่นในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมือนกัน เมื่อนำโค้งควบคุมใหม่เหล่านี้ไปประเมิน และเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้อยู่ พบว่าโค้งใหม่ที่ทำโดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ในกระบวนการค้นหาสามารถบรรเทาสภาวะน้ำท่วม และน้ำขาดแคลนได้ดีกว่าโค้งที่เกิดจากการใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์อื่น และยังดีกว่าโค้งควบคุมเดิมเหมือนกันทุกอ่าง ผลการศึกษาสรุปรได้ว่าวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีเทคนิคมาป่าสีเทาโดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ในกระบวนการค้นหาสามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับการศึกษาเลียนแบบเพื่อค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำได้

รพีภัทร เตชะรุ่งเรืองสกุล (2562) ประยุกต์ใช้วิธี Wind Driven Optimization ร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบระบบอ่างเก็บน้ำเพื่อค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำ โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด การศึกษานี้พิจารณาข้อมูลโค้งควบคุมรายเดือนของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน จังหวัดยโสธร เป็นกรณีศึกษา ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 - พ.ศ. 2560 ข้อมูลความต้องการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลอุทกวิทยา และข้อมูลทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำห้วยลิงโจน นอกจากนี้ยังได้สังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจำนวน 1,000 ชุด เพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมที่ได้จากแบบจำลอง ซึ่งจะแสดงผลเป็นสถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้น ในรูปแบบความถี่ ช่วงเวลาของเหตุการณ์ ปริมาณน้ำเฉลี่ย และปริมาณน้ำสูงสุด ผลการศึกษาพบว่าโค้งควบคุมใหม่ที่ได้สุ่มไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากอิทธิพลของน้ำท่าในแต่ละฤดูกาลและเงื่อนไขอื่นที่เหมือนกัน เมื่อนำโค้งควบคุมใหม่เหล่านี้ไปทดสอบและเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้อยู่ และโค้งควบคุมที่ค้นหาด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม พบว่าโค้งใหม่สามารถบรรเทาสภาวะน้ำท่วมและน้ำขาดแคลนได้ดีกว่าโค้งควบคุมเดิม แต่น้อยกว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม หลังจากนั้นนำโค้งควบคุมมาทดสอบกับข้อมูลน้ำไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ

สังเคราะห์ พบว่าโค้งควบคุมจากเทคนิค Wind Driven Optimization มีประสิทธิภาพมากกว่าโค้งควบคุมเดิม แต่ต่ำกว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเล็กน้อย

เอกพงษ์ มานิล (2562) ประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการค้นหาแบบแบท ร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบเพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น และอ่างเก็บน้ำน้ำอูน จังหวัดสกลนคร โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด ค่าความถี่ของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด และค่าความถี่การไหลล้นน้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาค่าตอบ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ทั้ง 4 รูปแบบข้างต้นนั้นจะได้โค้งควบคุมใหม่ที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกับโค้งควบคุมเดิมทุกอ่าง เนื่องจากอิทธิพลของน้ำท่าในแต่ละฤดูกาลและเงื่อนไขอื่นที่เหมือนกัน เมื่อนำโค้งควบคุมใหม่เหล่านี้ไปทดสอบ และเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้อยู่ พบว่าโค้งใหม่ที่หาโดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้า น้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหา สามารถบรรเทาสภาวะน้ำไหลล้นและน้ำขาดแคลนได้ดีกว่าโค้งที่เกิดจากการใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์อื่น และยังดีกว่าโค้งควบคุมเดิมเหมือนกันทุกอ่าง ผลการศึกษาสรุปรูปได้ว่าวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการค้นหาแบบแบท โดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้ง 4 รูปแบบในการค้นหาค่าตอบสามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับการศึกษาเลียนแบบเพื่อค้นหาโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำได้

2.5.3 งานวิจัยเกี่ยวข้องกับ Atom Search Optimization (ASO)

Zhao และคณะ (2019) ได้พัฒนาอัลกอริทึมใหม่ชื่อ Atom search optimization (ASO) ได้รับแรงบันดาลใจจากการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลชั้นพื้นฐาน และยังเป็นอัลกอริทึมฮิวริสติก และยังไม่มีการศึกษาในเรื่องนี้ ซึ่ง ASO เลียนแบบการเคลื่อนไหวของอะตอมที่ควบคุมโดยแรงปฏิกิริยาและข้อจำกัดของวิธีการค้นหา ASO ที่เสนอนั้นได้สอบเทียบกับ optimization ชุดของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลายรูปแบบ เพื่อพัฒนาไปสู่ global optimization จากการศึกษาของนักวิจัยต่าง ๆ ได้มีการเสนออัลกอริทึมจำนวนมากที่มีแรงบันดาลใจที่แตกต่างกันและนำไปใช้อย่างประสบความสำเร็จในหลากหลายสาขาซึ่งแบ่งออกเป็นสามประเภทโดยคร่าว ๆ ได้แก่ แรงบันดาลใจจากวิวัฒนาการ แรงบันดาลใจจากฟิสิกส์ และแรงบันดาลใจจากกลุ่มอนุภาค แม้ว่าอัลกอริทึมการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจะมีหลายประเภท แต่อัลกอริทึมการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดใหม่ยังคงได้รับการพัฒนา เพื่อจัดการกับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ซับซ้อนที่เกิดขึ้นใหม่เพื่อให้ได้รูปแบบที่ดีขึ้น นอกจากนี้ตามทฤษฎี No Free Lunch of Optimization ไม่มีอัลกอริทึมใดดีที่สุดสำหรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาประเภทต่างๆ ได้ทั้งหมด ทฤษฎีบทนี้ช่วยให้สาขาการวิจัยนี้ทำงานอยู่และกระตุ้นให้นักวิชาการที่เกี่ยวข้องพัฒนาอัลกอริทึมใหม่เพื่อการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ดีขึ้น หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบกับฟังก์ชันการเปรียบเทียบต่างๆ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ในเชิงคุณภาพและ

เชิงปริมาณ โดยการนำไปใช้กับการแก้ปัญหาการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางอุทกธรณีวิทยา ผลลัพธ์ แสดงให้เห็นว่า ASO เหนือกว่าอัลกอริทึมแบบคลาสสิกและอัลกอริทึมใหม่บางตัว ซึ่งเป็นอีกแนวทาง สำหรับการไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรม

Almagboul และคณะ (2019) มีการใช้ ASO ไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยด้าน Electronic Engineering ในการสังเคราะห์เครื่องรับไฮบริด-ULA ที่เชื่อมต่อบางส่วน บีมฟอร์มเมอร์แบบดิจิทัล ได้รับการปรับให้เหมาะสมโดยใช้แอมพลิจูดอย่างเดียว และเมทริกซ์บีมฟอร์มเมอร์แบบแอนล็อกได้รับการปรับให้เหมาะสมโดยวิธีการค้นหาเชิงเส้น โดยมีวัตถุประสงค์คือเพื่อระงับ sidelobes และใส่ nulls ไปในทิศทางที่ต้องการ เพื่อจุดประสงค์นี้ ปัญหาการปรับให้เหมาะสมจะถูกกำหนดขึ้น และใช้ ASO เพื่อทำกระบวนการปรับให้เหมาะสม ข้อได้เปรียบหลักของ ASO คือความเรียบง่ายและการใช้งานที่ง่าย โดยมีพารามิเตอร์ควบคุมไม่กี่ตัวให้ปรับแต่ง นอกจากนี้ การเปรียบเทียบอย่างละเอียดถี่ถ้วนกับอัลกอริทึมที่นิยมอื่น ๆ (เช่น PSO, FPA, IWO, BA และ WOA) แสดงให้เห็นว่า ASO เหนือกว่าอัลกอริทึมคู่อื่น ๆ ในแง่ของการลด SLL สูงสุดและการจัดวางค่าว่างอัลกอริทึม ASO มีประสิทธิภาพสูงในแง่ของการลดขนาด SLL และความลึกของ null ด้วยขนาดอาเรย์เสาอากาศขนาดใหญ่ที่เชื่อมต่อกับ RF chains จำนวนมากเมื่อเทียบกับรุ่นอื่น ๆ

Kamel และคณะ (2019) นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิค ASO เพื่อศึกษาการสร้างเครือข่ายการกระจายสัญญาณแวนอร์คมีมาตรฐานใหม่ที่เหมาะสมที่สุด โดยมีเป้าหมายเพื่อลดการสูญเสียพลังงานจริงโดยรวมของระบบ ซึ่งนำเสนอเทคนิคในการประมาณค่า และรับกลุ่มสวิตช์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะเปิดขึ้นเพื่อสร้างระบบการกระจายแวนอร์คมีสำหรับลดการสูญเสียพลังงานเครือข่ายขั้นต่ำ ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ขั้นตอนการกำหนดค่าใหม่ การลดการสูญเสียพลังงานของเครือข่ายโดยรวมกลายเป็น 38.0074 % ซึ่งเทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่นำเสนอสามารถได้ผลลัพธ์ที่เหนือกว่า เมื่อเทียบกับอัลกอริทึมการหาค่าเหมาะสมที่สุดอื่น ๆ และลักษณะเฉพาะของการบรรจบกันของเทคนิค ASO แสดงให้เห็นประสิทธิภาพที่เหนือกว่าและความสามารถของอัลกอริทึม ASO เพื่อนำเสนอการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด สำหรับการแก้ปัญหาความเหมาะสมสูงสุดที่ยากในด้านต่าง ๆ

Agwa และคณะ (2019) ประยุกต์ใช้ ASO ในการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบจำลองเซลล์เชื้อเพลิง PEM เพื่อให้มั่นใจถึงการสร้างแบบจำลองและการจำลองที่แม่นยำ ASO สร้างค่าพารามิเตอร์ที่ซับซ้อนได้ดีที่สุดสำหรับเซลล์เชื้อเพลิง PEM ผลลัพธ์ที่คำนวณจากสองโมเดลจะถูกเปรียบเทียบกับผลการวัดเพื่อแสดงการทำงานที่เหมาะสมของ ASO จากความเหมาะสมที่ดีที่สุดระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้และที่คำนวณได้นั้น ผลลัพธ์ที่ได้จาก ASO กับผลลัพธ์ด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีอื่น ๆ บ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ และคุณสมบัติของวิธีการ ASO ได้มีการวัด

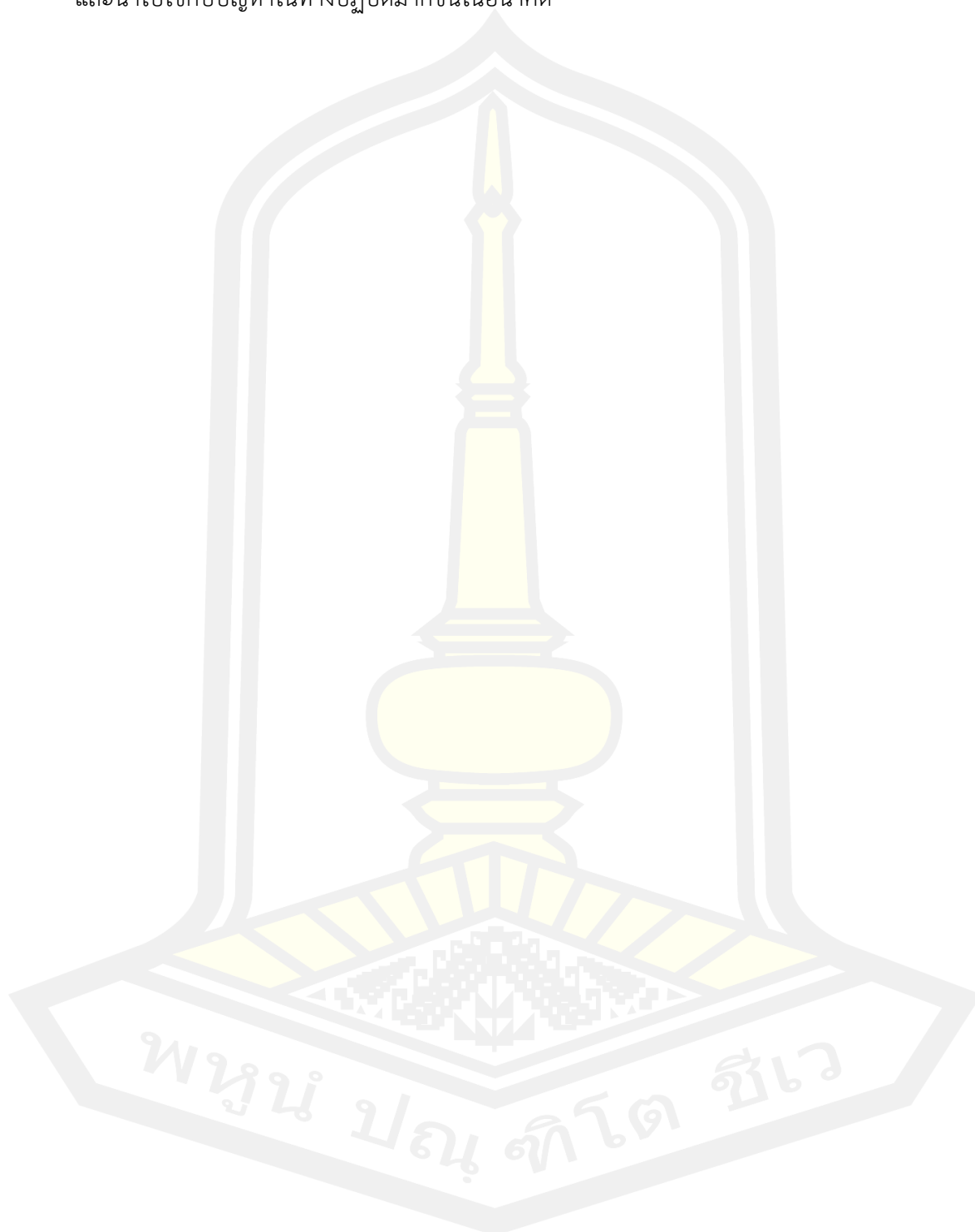
ประสิทธิภาพซึ่งพิสูจน์ประสิทธิภาพที่ดั่งนั้น ผู้เขียนสามารถแนะนำ ASO ให้เป็นเครื่องมือหาค่าที่เหมาะสมที่สุดใหม่ สำหรับปัญหาที่ซับซ้อนทางวิศวกรรมอื่น ๆ

Mossa และคณะ (2021) ได้ประยุกต์ใช้ ASO ในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับการระบุพารามิเตอร์ที่ไม่รู้จักเจ็ดตัวของ PEMFC ซึ่งเป็นระบบไดนามิกที่ซับซ้อนแบบไม่เชิงเส้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกันมากมาย ซึ่งผลการค้นหาคำตอบ สามารถพิสูจน์ได้ว่ามีประสิทธิภาพในการเข้าถึงโซลูชันที่ดีที่สุดที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับผลลัพธ์ในการศึกษาอื่น

Barshandeh & Haghzadeh (2021) ได้พัฒนาเพื่อปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบและสร้างสมดุลง่ายๆ โดยใช้ Atom search optimization (ASO) ร่วมกับ Tree-seed (TSA) ที่เป็นอัลกอริทึมประเภท meta-heuristic ในชื่อใหม่ว่า PHOA ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ซึ่งได้รับแรงบันดาลใจจากการเติบโตของต้นไม้ และแพร่กระจายเมล็ดพืช และมีความสามารถในการค้นหาคำตอบที่ดี หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพ โดยทดสอบกับฟังก์ชันเบนซ์มาร์ก 83 รายการในประเภทต่าง ๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมต่าง ๆ 14 อัลกอริทึม ผลลัพธ์ของฟังก์ชันเบนซ์มาร์กแบบ unimodal และ multimodal แสดงให้เห็นว่า PHOA มีความสามารถในการค้นหาคำตอบ และการสำรวจสูงตามลำดับ นอกจากนี้ ผลลัพธ์ของการทดสอบจากฟังก์ชันเบนซ์มาร์ก สามารถหลีกเลี่ยงค่าที่เหมาะสมในท้องถิ่นได้ และยังมีประสิทธิภาพดีกว่าอัลกอริทึมของคู่แข่งในฟังก์ชันมาตรฐานมากที่สุด

Sun และคณะ (2021) ได้เสนอกฎการปรับปรุงเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของ ASO ซึ่งเรียกว่า ASOINU การปรับปรุงการค้นหาอะตอมให้เหมาะสมด้วยปัจจัยน้ำหนักความเฉื่อยไม่เชิงเส้น ลดลงจาก 1 เป็น 0 และแนวโน้มนี้ เป็นกระบวนการปรับให้เหมาะสมของอะตอม และการสำรวจสมดุลง่ายๆ เพื่อการค้นหาคำตอบที่ดีขึ้น ทั้งนี้ยังช่วยแลกเปลี่ยนข้อมูลประชากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการเรียนรู้วิธีแก้ปัญหาที่ดีกว่าในสำหรับแต่ละอะตอม และการเพิ่มความหลากหลายของประชากร จะเป็นประโยชน์ในการบรรจบกันก่อนที่จะได้คำตอบที่ดีที่สุด และการอัปเดตของ Gbest และ Gworst จะปรับปรุงความแม่นยำในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดของอัลกอริทึม ซึ่งเกิดจากการกระโดดออกจาก local optimum โดยตัวชี้วัดสี่ตัวของผลลัพธ์เชิงคุณภาพ (กระบวนการค้นหา เส้นโค้งวิถี เส้นโค้งการบรรจบกัน เส้นโค้งวิถีแห่งความเร่ง พบว่า มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นในการสร้างสมดุลง่ายๆระหว่างการสำรวจเพื่อการหาค่าตอบ ผลลัพธ์เชิงตัวเลขในฟังก์ชันเกณฑ์มาตรฐาน CEC2017 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม ASOONU นั้นดีกว่าอัลกอริทึมที่นำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ การศึกษาเปรียบเทียบปัญหาการออกแบบทางวิศวกรรมแสดงให้เห็นถึงความเหนือกว่าของอัลกอริทึมที่ปรับปรุงใหม่ จึงเหมาะสำหรับการแก้ปัญหาการออกแบบทางวิศวกรรม และมีประสิทธิภาพ และเรียบง่าย และยังเป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์เชิงทฤษฎีของอัลกอริทึมยังไม่ดีพอ จำเป็นต้องได้รับการ

วิจัยเพิ่มเติม ในขณะเดียวกัน ความเสถียรของอัลกอริทึม ASOONU ต้องได้รับการปรับปรุงเพิ่มเติม และนำไปใช้กับปัญหาในทางปฏิบัติมากขึ้นในอนาคต



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมที่สุดของอ่างเก็บน้ำแบบเครือข่ายด้วยเทคนิควิธีค้นหาอะตอม Atom search Optimization โดยมีแผนผังกระบวนการทำงานดังแสดงในภาพที่ 15 และจะมีหัวข้อและวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

3.1 พื้นที่ศึกษา

3.1.1 ข้อมูลทั่วไปอ่างเก็บน้ำ

3.1.2 แผนผังการไหลของน้ำ

3.2 การศึกษาเลียนแบบระบบอ่างเก็บน้ำ

3.2.1 แบบจำลองการศึกษาเลียนแบบอ่างเก็บน้ำ โดยใช้สมการสมดุลงน้ำ

3.2.2 ข้อมูลเข้า

- 1) ข้อมูลอุทกวิทยา
- 2) ข้อมูลอุตุวิทยามหาวิทยาลัย
- 3) ข้อมูลน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ
- 4) ข้อมูลความต้องการใช้น้ำ

3.2.3 ข้อมูลออก

3.3 การประยุกต์เทคนิคการหาค่าเหมาะสมสูงสุดร่วมกับการศึกษาเลียนแบบเพื่อค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสม

3.3.1 การประยุกต์ใช้เทคนิควิธีค้นหาอะตอม (Atom Search Optimization)

3.3.2 การประยุกต์ใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm)

3.4 การหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมในสถานการณ์ต่าง ๆ

3.4.1 การเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์

3.4.2 การพิจารณาแบบอย่างเดี่ยว

3.4.3 การพิจารณาแบบอย่างเครือข่าย

3.5 การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม

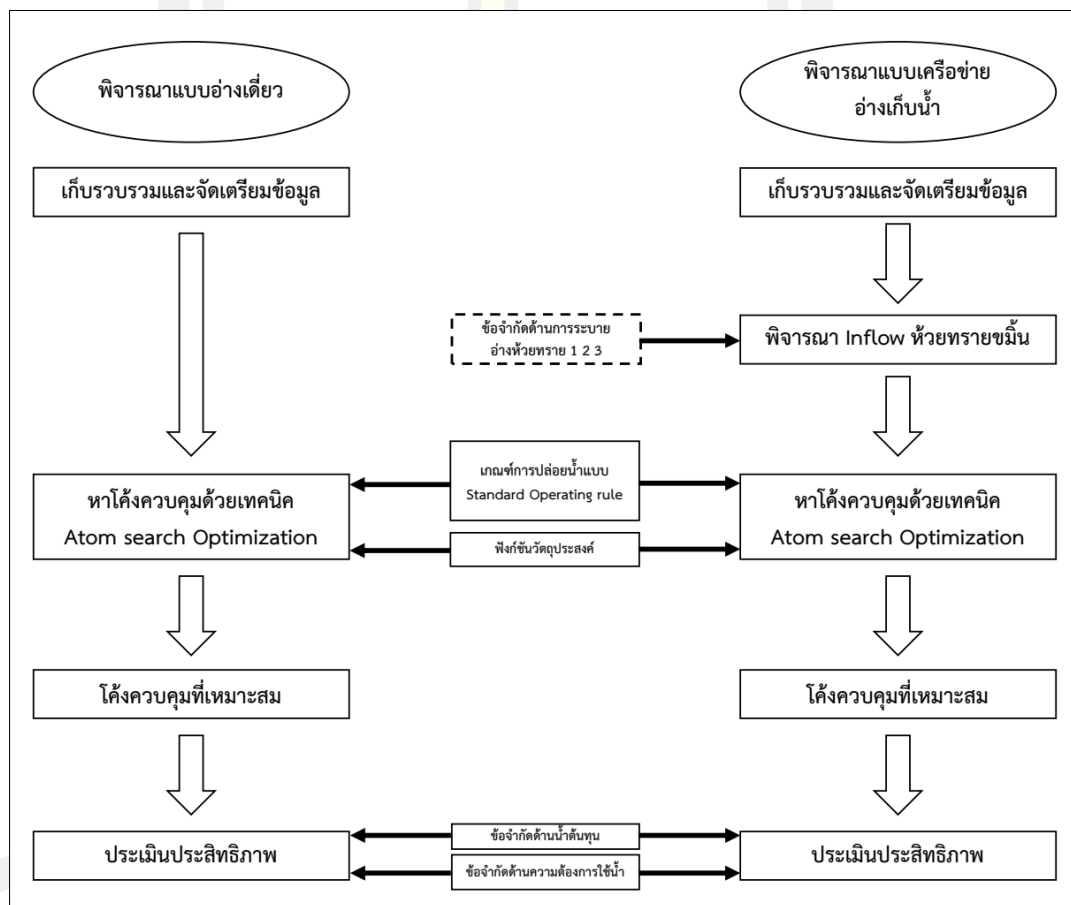
3.5.1 ประเมินโดยการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยพิจารณาจากความถี่ ปริมาณ และระยะเวลาการไหลล้น

- 1) กรณีใช้ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนจากอดีต
- 2) กรณีใช้ข้อมูลน้ำท่าอดีตรายเดือนสังเคราะห์ จำนวน 1,000 ชุดเหตุการณ์

- 3) กรณีข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในอดีต ในปีน้ำมาก น้ำน้อย และน้ำเฉลี่ย
- 4) กรณีเพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำ ส่งผลให้ความต้องการใช้น้ำชลประทานเพิ่มมากขึ้น

ขึ้น

3.5.2 ประเมินจากปริมาณน้ำระบายจากอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่ระบายรวมกันผ่านฝายห้วยทราย ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อลำน้ำด้านท้าย

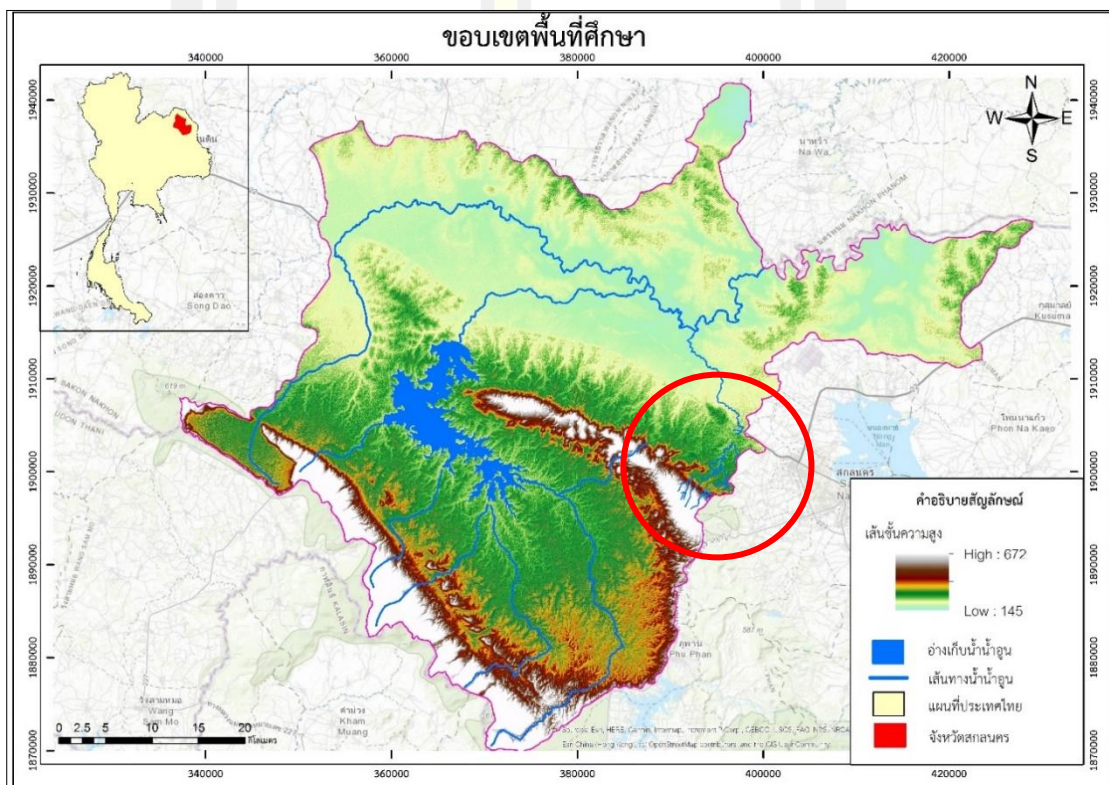


ภาพที่ 15 แผนผังกระบวนการทำงาน

3.1 พื้นที่ศึกษา

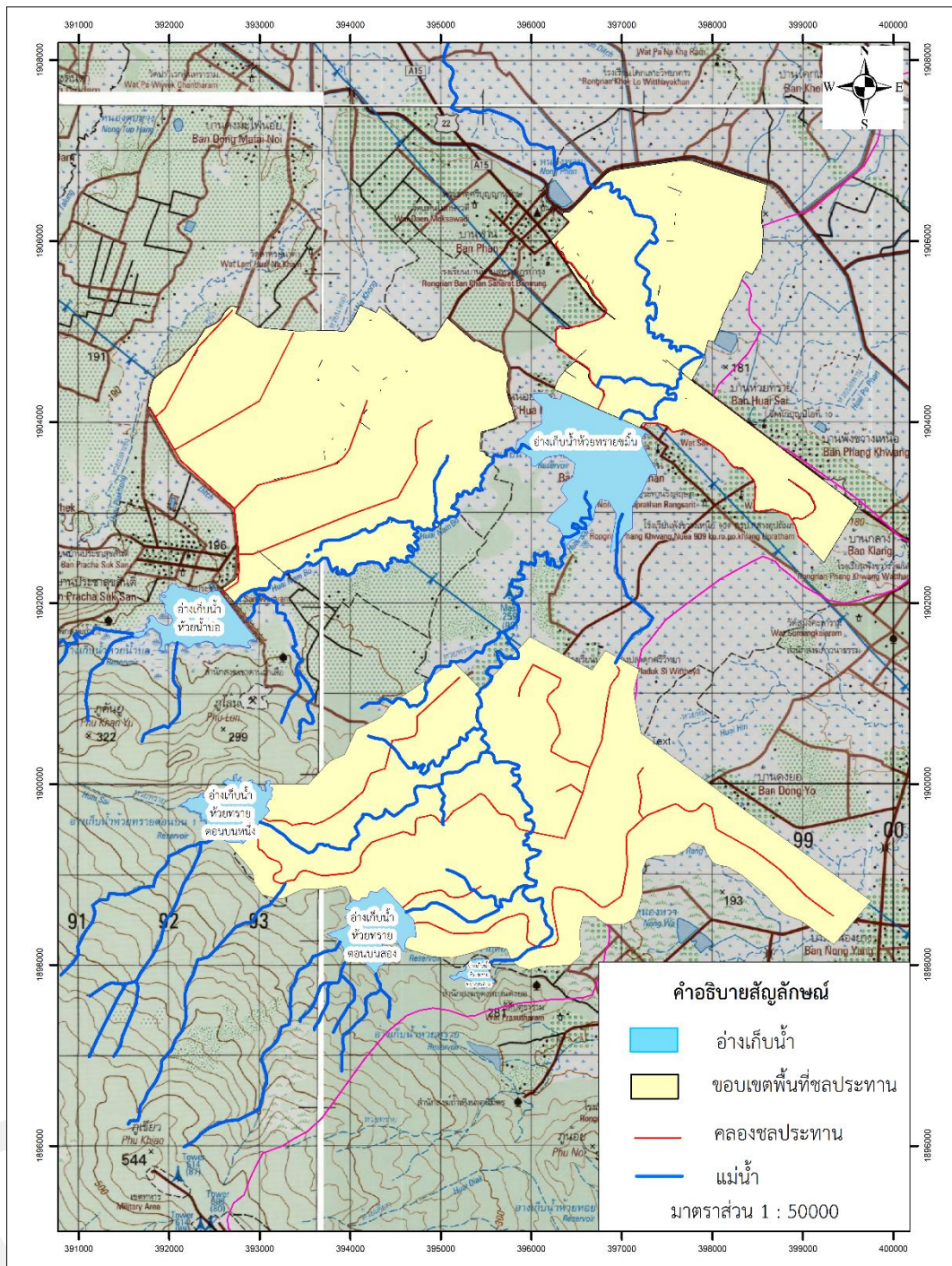
3.1.1 ข้อมูลทั่วไปอ่างเก็บน้ำ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นเครือข่ายอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำอุบล จังหวัดสกลนคร ประกอบด้วย อ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และขนาดเล็ก จำนวน 5 อ่าง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ดังแสดงในภาพที่ 16 และภาพที่ 17



ภาพที่ 16 ที่ตั้งพื้นที่ศึกษาวิจัย เครือข่ายอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำอุบล จังหวัดสกลนคร

พหุ ประทีป ชีวะ



ภาพที่ 17 พื้นที่ชลประทานและระบบส่งน้ำของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ จำนวน 5 อ่าง

1) อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น

ที่ตั้งโครงการ

อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น มีที่ตั้งห้วงงานอยู่ที่พิกัด 48 QUF 970-038 ระวัง 5843 III ลำดับชุด L7018 ตามแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ในพื้นที่บ้านห้วยทราย ตำบลพังขว้าง อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร

สภาพโครงการในปัจจุบัน

อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น เป็นโครงการชลประทานขนาดกลางก่อสร้างเมื่อปี 2496 แล้วเสร็จเมื่อปี 2499 และมีการปรับปรุงอาคารระบายน้ำล้นเมื่อปี 2561

ลักษณะโครงการเดิม

- ลุ่มน้ำประธาน	ลุ่มน้ำโขง (02)
- ลุ่มน้ำหลัก	ลุ่มน้ำอูน (02.29)
- พื้นที่รับน้ำฝน	29 ตร.กม
- ชนิดพื้นที่รับน้ำ	Terrain C

อาคารห้วงงาน เชื่อนดิน

- ความกว้างสันเขื่อน	5.00	ม.
- ความยาว	1,300.00	ม.
- ความสูงตัวเขื่อน	8.30	ม.
- ระดับสันเขื่อน	+	ม.(รทก.)
ระดับน้ำสูงสุด	+ 182.900	ม.(รทก.)
ระดับน้ำเก็บกัก	+ 181.900	ม.(รทก.)
ระดับน้ำต่ำสุด	+ 179.100	ม.(รทก.)
- ความจุ		
ระดับน้ำสูงสุด	4.741	ล้าน ลบ.ม.
ระดับน้ำเก็บกัก	3.179	ล้าน ลบ.ม.
ระดับน้ำต่ำสุด	0.241	ล้าน ลบ.ม.

อาคารประกอบ

อาคารระบายน้ำล้น Duck weir อัตราการระบายน้ำสูงสุดเท่ากับ 85.50 ลบ.ม./วินาที
ระบบส่งน้ำ

คลองส่งน้ำ RMC. (ตาดคอนกรีต) ยาว 2.29 กม.

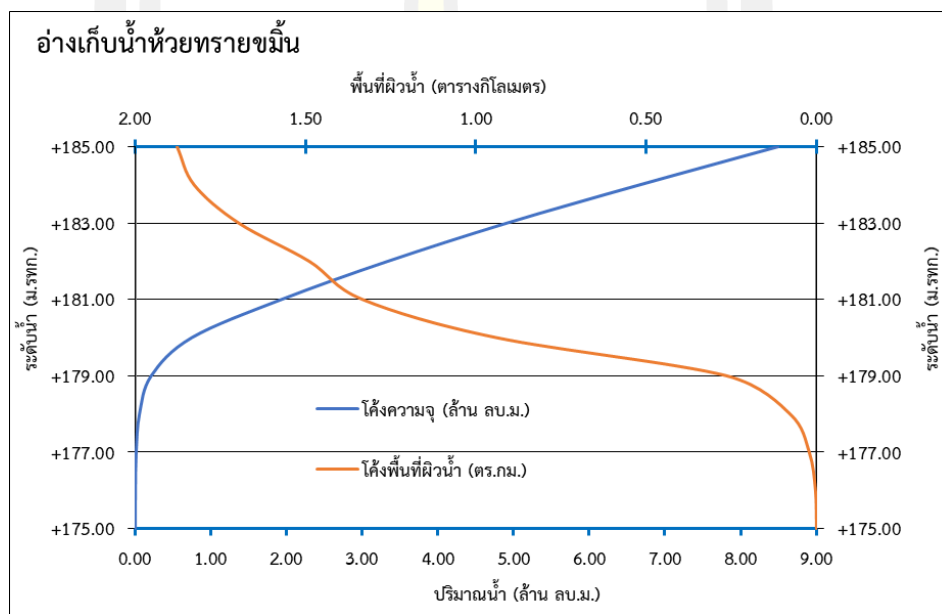
คลองส่งน้ำ LMC. (ตาดคอนกรีต) ยาว 2.717 กม.

ท่อระบายปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา ขนาด 0.60 ม. อัตราการระบายสูงสุด 0.60 ลบ.ม./วินาที

ท่อระบายปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา ขนาด 0.60 ม. อัตราการระบายสูงสุด 0.20 ลบ.ม./วินาที

พื้นที่โครงการ 4,500 ไร่ พื้นที่ชลประทานฤดูฝนประมาณ 4,000 ไร่ พื้นที่ชลประทานฤดูแล้งประมาณ 760 ไร่

โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นดังแสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 18 โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น

2) อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ

ที่ตั้งโครงการ

อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ มีที่ตั้งห้วงงานอยู่ที่พิกัด 48 QUE 933-016 ระวัง 5743 III ลำดับชุด L7018 ตามแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ในพื้นที่บ้านประชาสุขสันต์ ตำบลขมิ้น อำเภอมะนัง จังหวัดสงขลา

สภาพโครงการในปัจจุบัน

อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ เป็นโครงการชลประทานขนาดกลางก่อสร้างเมื่อปี 2506 แล้วเสร็จเมื่อปี 2507

ลักษณะโครงการเดิม

- กลุ่มน้ำประธาน กลุ่มน้ำโขง (02)
- กลุ่มน้ำหลัก กลุ่มน้ำอุน (02.29)
- พื้นที่รับน้ำฝน 9.87 ตร.กม
- ชนิดพื้นที่รับน้ำ Terrain C

อาคารห้วงงาน เขื่อนดิน

- ความกว้างสันเขื่อน 6.00 ม.
- ความยาว 950.00 ม.
- ความสูงตัวเขื่อน 17.00 ม.
- ระดับสันเขื่อน + 172.500 ม.(รทก.)
- ระดับน้ำสูงสุด + 172.500 ม.(รทก.)
- ระดับน้ำเก็บกัก + 171.500 ม.(รทก.)
- ระดับน้ำต่ำสุด + 167.000 ม.(รทก.)
- ความจุ
- ระดับน้ำสูงสุด 2.250 ล้าน ลบ.ม.
- ระดับน้ำเก็บกัก 2.200 ล้าน ลบ.ม.
- ระดับน้ำต่ำสุด 0.075 ล้าน ลบ.ม.

อาคารประกอบ

- อาคารระบายน้ำล้น Morning Glory อัตราการระบายสูงสุด 15 ลบ.ม./

วินาที

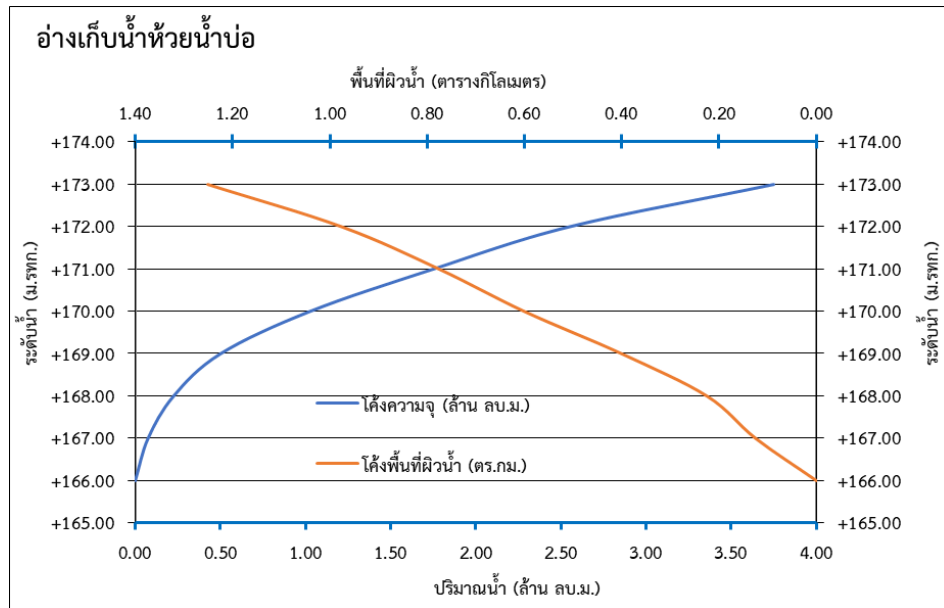
ระบบส่งน้ำ

- ทרב. ฝั่งซ้าย อัตราการระบาย 0.394 ลบ.ม./วินาที

พื้นที่โครงการ 3,960 ไร่ พื้นที่ชลประทานฤดูฝนประมาณ 3,000 ไร่ พื้นที่ชลประทานฤดู
แล้งประมาณ 700 ไร่

โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ดังแสดงในภาพที่ 19

พูน บณู ทิโต ชิว



ภาพที่ 19 โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ

3) อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1

ที่ตั้งโครงการ

อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 มีที่ตั้งห้วงงานอยู่ที่พิกัด 48 QVD 934-993 ระบาย 5843III ลำดับชุด L7018 ตามแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ในพื้นที่บ้านหนองปลาตุ๊ก ตำบลพังขว้าง อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร

สภาพโครงการในปัจจุบัน

อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 (พรต.) เป็นโครงการชลประทานขนาดกลาง ก่อสร้างเมื่อปี 2530 แล้วเสร็จเมื่อปี 2534

ลักษณะโครงการเดิม

- | | |
|---------------------|----------------------|
| - กลุ่มน้ำประธาน | กลุ่มน้ำโขง (02) |
| - กลุ่มน้ำหลัก | กลุ่มน้ำอุ้น (02.29) |
| - พื้นที่รับน้ำฝน | 6.63 ตร.กม |
| - ชนิดพื้นที่รับน้ำ | Terrain C |

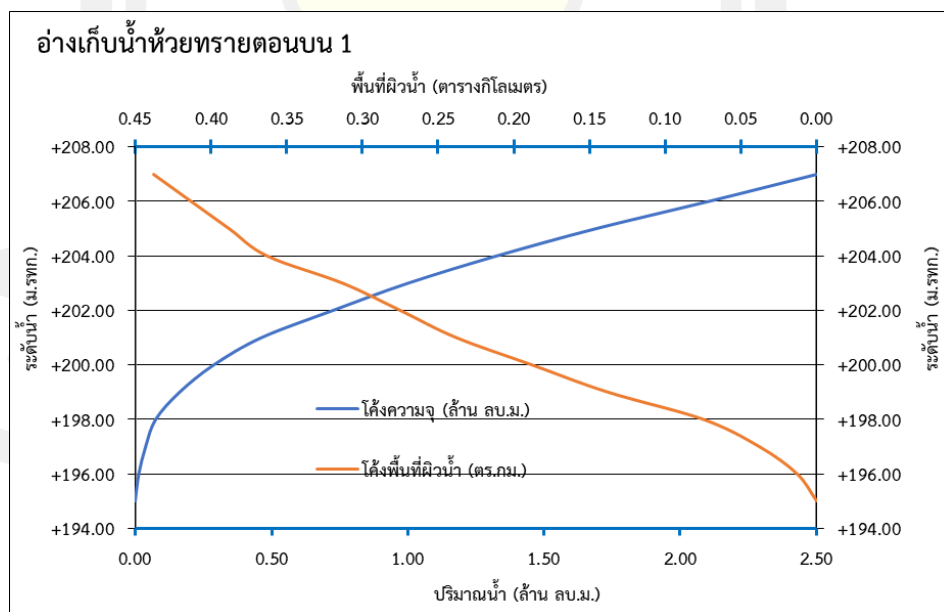
อาคารห้วงงาน เชื่อนดิน

- | | | |
|----------------------|--------|----|
| - ความกว้างสันเขื่อน | 6.00 | ม. |
| - ความยาว | 575.00 | ม. |
| - ความสูงตัวเขื่อน | 13.50 | ม. |

- ระดับสันเขื่อน	+ 207.800	ม.(รทก.)
- ระดับน้ำสูงสุด	+ 206.800	ม.(รทก.)
- ระดับน้ำเก็บกัก	+ 206.000	ม.(รทก.)
- ระดับน้ำต่ำสุด	+ 200.000	ม.(รทก.)
- ความจุ		
- ระดับน้ำสูงสุด	2.350	ล้าน ลบ.ม.
- ระดับน้ำเก็บกัก	2.100	ล้าน ลบ.ม.
- ระดับน้ำต่ำสุด	0.270	ล้าน ลบ.ม.

อาคารประกอบ

- อาคารระบายน้ำล้น Duck weir ขนาด 2.00 X 2.50 เมตร จำนวน 2 ช่อง อัตราการระบายน้ำสูงสุดเท่ากับ 25.00 ลบ.ม./วินาที ระบบส่งน้ำ
 - อาคารควบคุมน้ำชนิด Gate Valve
 - ท่อส่งน้ำฝั่งซ้าย และท่อส่งน้ำฝั่งขวา อัตราการระบาย 0.50 ลบ.ม./วินาที จำนวน 2 ช่อง พื้นที่โครงการ 6,975 ไร่ พื้นที่ชลประทานฤดูฝนประมาณ 4,000 ไร่ พื้นที่ชลประทานฤดูแล้งประมาณ 600 ไร่
- โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ดังแสดงในภาพที่ 20



ภาพที่ 20 โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1

4) อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2

ที่ตั้งโครงการ

อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 มีที่ตั้งห้วงงานอยู่ที่พิกัด 48 QUD 951-983 ระบาย 5843 III ลำดับชุด L7018 ตามแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ในพื้นที่บ้านดงยอ ตำบลพังขว้าง อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร

สภาพโครงการในปัจจุบัน

อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 (พรต.) เป็นโครงการชลประทานขนาดเล็ก ก่อสร้างเมื่อปี 2529 แล้วเสร็จเมื่อปี 2529

ลักษณะโครงการเดิม

- | | | |
|---|-------------------|---------------------|
| - | ลุ่มน้ำประธาน | ลุ่มน้ำโขง (02) |
| - | ลุ่มน้ำหลัก | ลุ่มน้ำอุบล (02.29) |
| - | พื้นที่รับน้ำฝน | 5.60 ตร.กม |
| - | ชนิดพื้นที่รับน้ำ | Terrain C |

อาคารห้วงงาน เชื่อนดิน

- | | | | |
|---|--------------------|-----------|------------|
| - | ความกว้างสันเขื่อน | 6.00 | ม. |
| - | ความยาว | 690.00 | ม. |
| - | ความสูงตัวเขื่อน | 12.90 | ม. |
| - | ระดับสันเขื่อน | + 209.800 | ม.(รทก.) |
| - | ระดับน้ำสูงสุด | + 208.800 | ม.(รทก.) |
| - | ระดับน้ำเก็บกัก | + 208.000 | ม.(รทก.) |
| - | ระดับน้ำต่ำสุด | + 202.000 | ม.(รทก.) |
| - | ความจุ | | |
| - | ระดับน้ำสูงสุด | 2.460 | ล้าน ลบ.ม. |
| - | ระดับน้ำเก็บกัก | 2.100 | ล้าน ลบ.ม. |
| - | ระดับน้ำต่ำสุด | 0.150 | ล้าน ลบ.ม. |

อาคารประกอบ

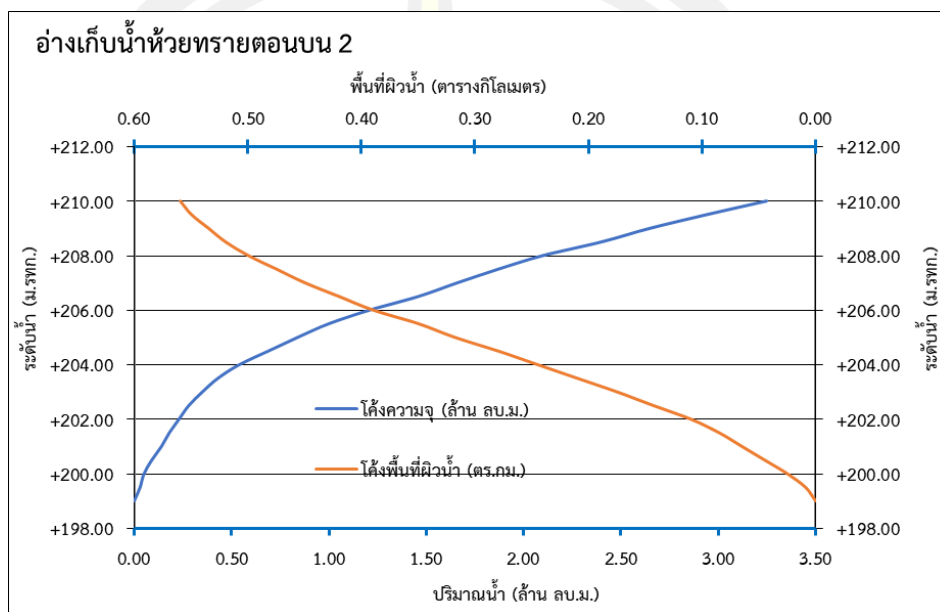
- อาคารระบายน้ำล้นแบบท่อเหลี่ยม กว้าง 2.50 ม. จำนวน 2 ช่อง

ระบบส่งน้ำ

- อาคารควบคุมน้ำชนิด Gate Valve
- ท่อส่งน้ำฝั่งซ้าย อัตราการระบาย 0.15 ลบ.ม./วินาที จำนวน 1 ช่อง

- ท่อส่งน้ำฝั่งขวา อัตราการระบาย 0.30 ลบ.ม./วินาที จำนวน 1 ช่อง
พื้นที่โครงการ 4,100 ไร่ พื้นที่ชลประทานฤดูฝนประมาณ 3,800 ไร่ พื้นที่ชลประทานฤดู
แล้งประมาณ 650 ไร่

โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ดังแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2

5) อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3

ที่ตั้งโครงการ

อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 มีที่ตั้งห้วงงานอยู่ที่พิกัด 48 QUE 959-943
ระหว่าง 5843 III ลำดับชุด L7018 ตามแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ในพื้นที่
บ้านโนนสวรรค์ ตำบลพังขว้าง อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร

สภาพโครงการในปัจจุบัน

อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 (พรต.) เป็นโครงการชลประทานขนาดเล็ก
ก่อสร้างเมื่อปี 2528 แล้วเสร็จเมื่อปี 2528

ลักษณะโครงการเดิม

- กลุ่มน้ำประธาน กลุ่มน้ำโขง (02)
- กลุ่มน้ำหลัก กลุ่มน้ำอูน (02.29)
- พื้นที่รับน้ำฝน 0.58 ตร.กม.

- ชนิดพื้นที่รับน้ำ	Terrain C
อาคารห้วงงาน เขื่อนดิน	
- ความกว้างสันเขื่อน	5.00 ม.
- ความยาว	450.00 ม.
- ความสูงตัวเขื่อน	8.00 ม.
- ระดับสันเขื่อน	+ 214.000 ม.(รทก.)
- ระดับน้ำสูงสุด	+ 212.800 ม.(รทก.)
- ระดับน้ำเก็บกัก	+ 212.500 ม.(รทก.)
- ระดับน้ำต่ำสุด	+ 209.000 ม.(รทก.)
- ความจุ	
- ระดับน้ำสูงสุด	0.240 ล้าน ลบ.ม.
- ระดับน้ำเก็บกัก	0.210 ล้าน ลบ.ม.
- ระดับน้ำต่ำสุด	0.012 ล้าน ลบ.ม.

อาคารประกอบ

- อาคารระบายน้ำล้น Drop inlet ขนาด 1.60 X 1.60 เมตร

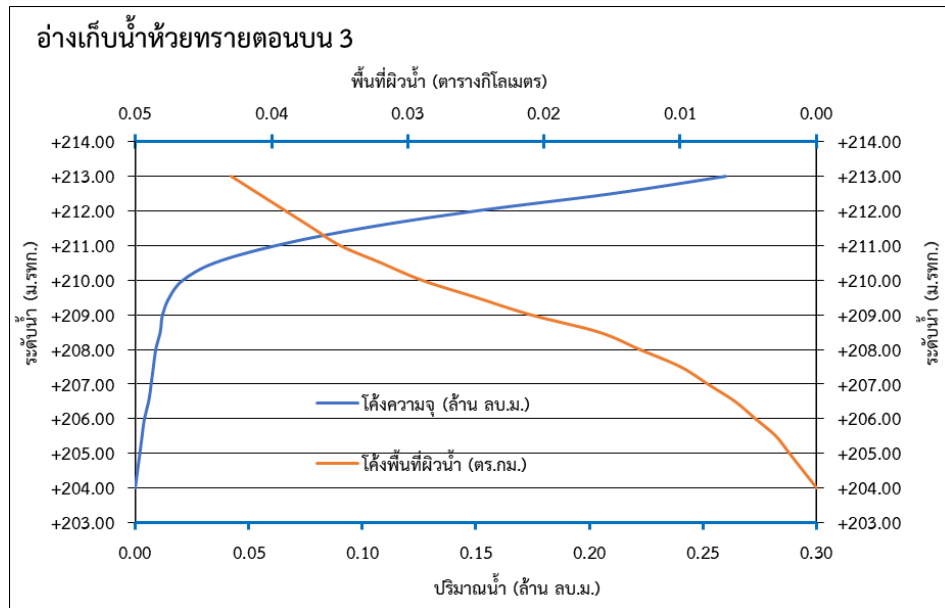
ระบบส่งน้ำ

- อาคารควบคุมน้ำชนิด Gate Valve
- ท่อส่งน้ำฝั่งขวา อัตราการระบาย 0.15 ลบ.ม./วินาที จำนวน 1 ช่อง

พื้นที่โครงการ 800 ไร่ พื้นที่ชลประทานฤดูฝนประมาณ 700 ไร่ พื้นที่ชลประทานฤดูแล้งประมาณ 100 ไร่

โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ดังแสดงในภาพที่ ภาพที่ 22

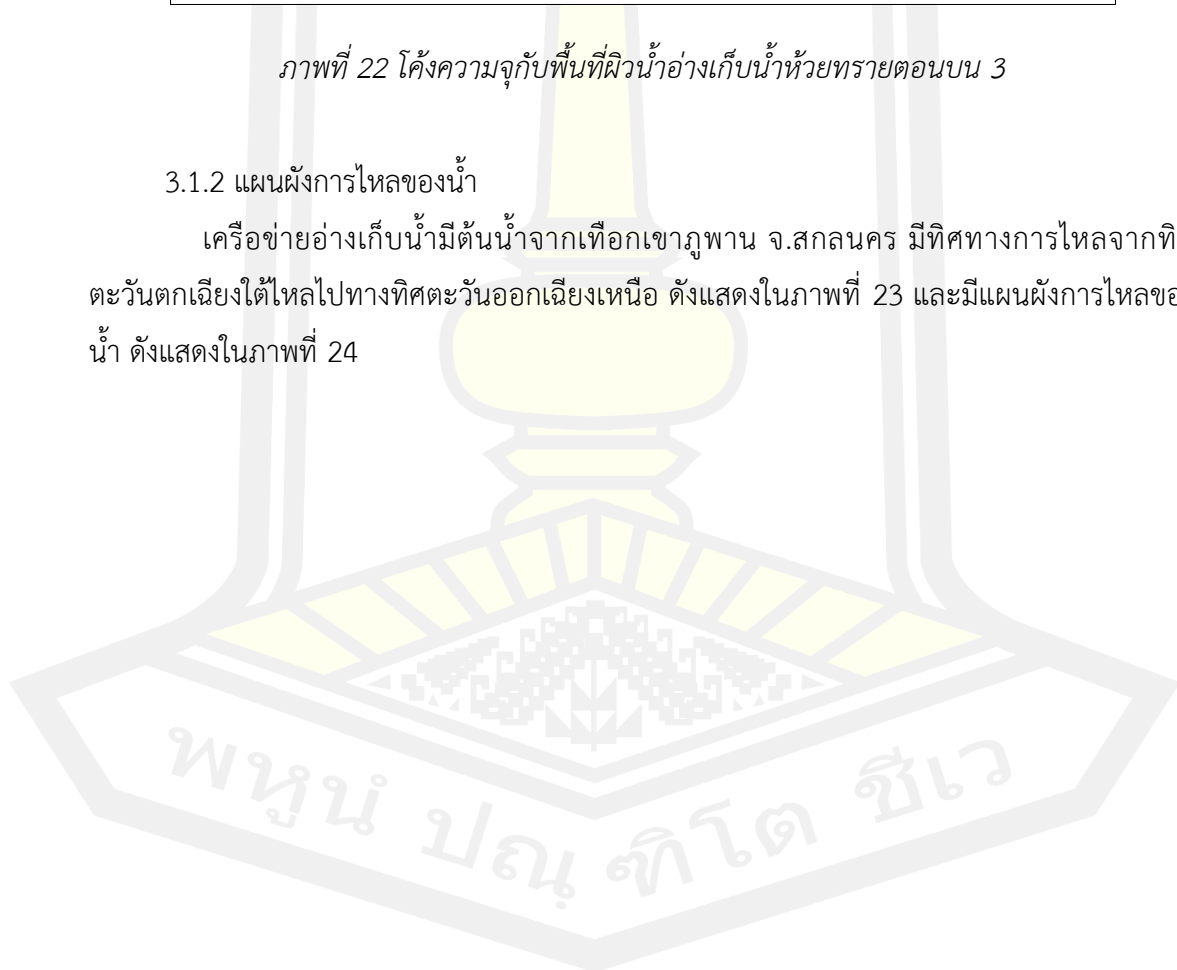
พหุ ม. ปณ. ที. โตะ ชี. เว

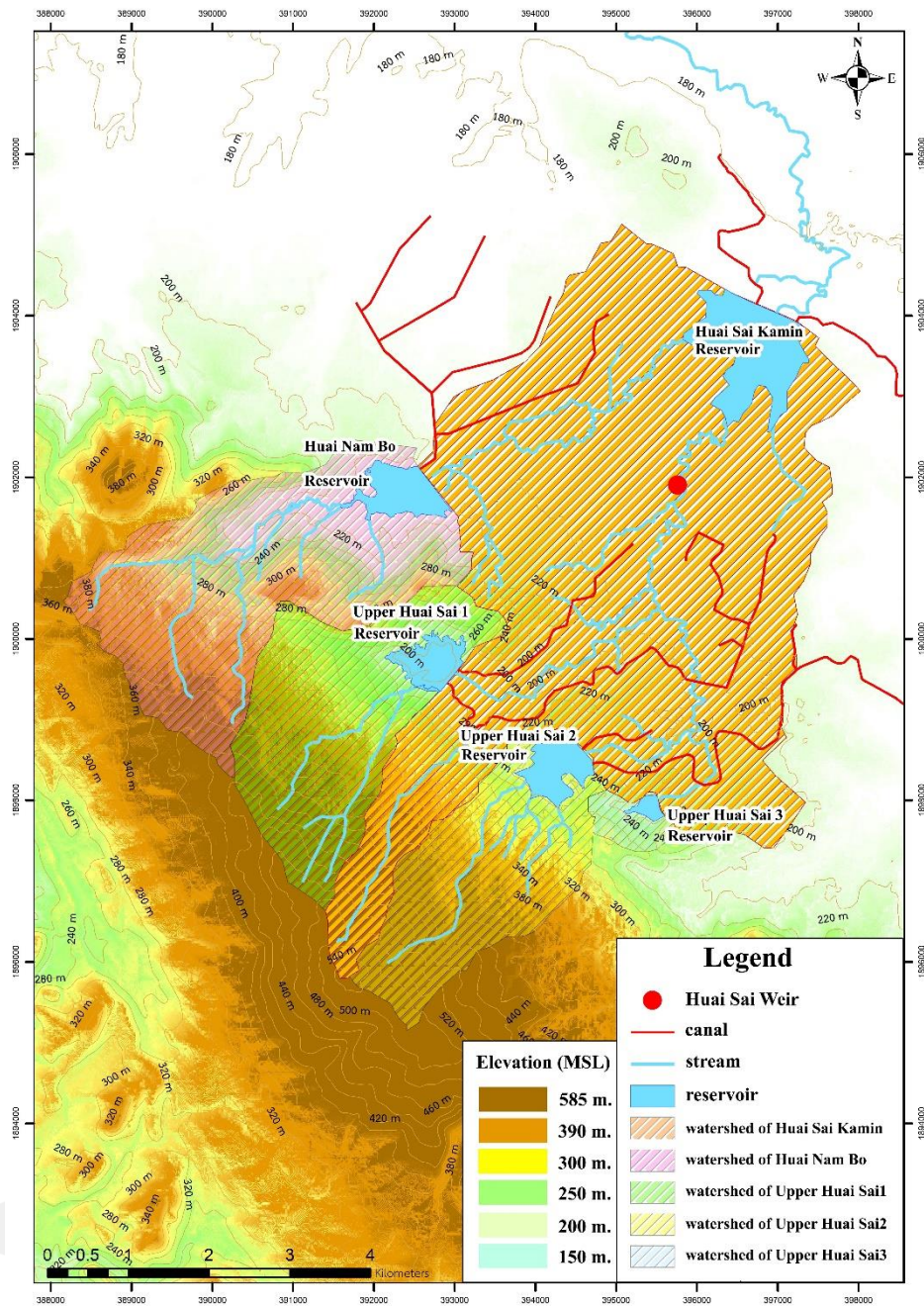


ภาพที่ 22 โค้งความจุกับพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3

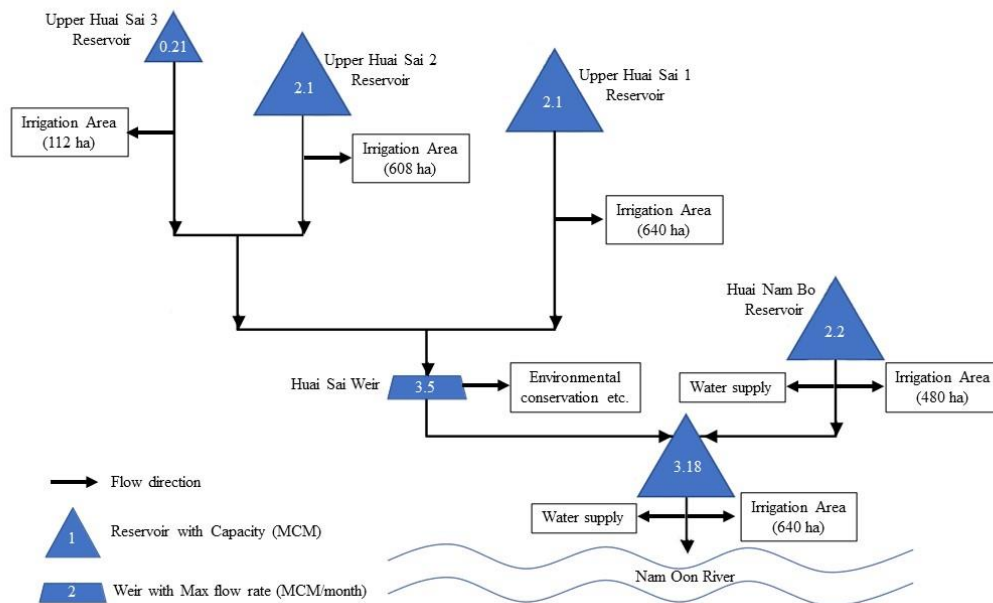
3.1.2 แผนผังการไหลของน้ำ

เครือข่ายอ่างเก็บน้ำมีต้นน้ำจากเทือกเขาภูพาน จ.สกลนคร มีทิศทางการไหลจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ดังแสดงในภาพที่ 23 และมีแผนผังการไหลของน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 24





ภาพที่ 23 แผนที่พื้นที่รับน้ำและทิศทางการไหลของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ จำนวน 5 อ่าง



ภาพที่ 24 แผนผังการไหลของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ จำนวน 5 อ่าง

3.2 การศึกษาเลียนแบบระบบอ่างเก็บน้ำ

3.2.1 แบบจำลองการศึกษาเลียนแบบอ่างเก็บน้ำ

- การสร้างสมการสมดุลของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยใช้หลักสมการสมดุลน้ำ (Water balance equation) สามารถกำหนดสมการสมดุลของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ได้ดังนี้

สมการสมดุลอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ดังแสดงในสมการที่ (7)

$$Wb_{v,\tau+1} = Sb_{v,\tau} + Qb_{v,\tau} - Rb_{v,\tau} - Eb_{\tau} - DSb \quad (7)$$

เมื่อ

$Wb_{v,\tau+1}$ คือ ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อในเดือน $\tau + 1$

$Sb_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อเมื่อสิ้นสุดเดือน τ

$Qb_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อในเดือน τ ปี v

$Rb_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อในช่วงปี v ของเดือน τ

Eb_τ คือ ค่าการระเหยรายเดือนเฉลี่ยเดือน τ ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ

DSb คือ เป็นปริมาตรเก็บกักที่ไม่ได้ใช้การ (dead storage) ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ
($\tau = 1$ ถึง 12 แทนเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม)

สมการสมดุลอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ดังแสดงในสมการที่ (8)

$$W1_{v,\tau+1} = S1_{v,\tau} + Q1_{v,\tau} - R1_{v,\tau} - E1_\tau - DS1 \quad (8)$$

เมื่อ

$W1_{v,\tau+1}$ คือ ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ในเดือน $\tau + 1$

$S1_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 เมื่อสิ้นสุดเดือน τ

$Q1_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ในเดือน τ ปี v

$R1_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ในช่วงปี v ของเดือน τ

$E1_\tau$ คือ ค่าการระเหยรายเดือนเฉลี่ยเดือน τ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1

$DS1$ คือ เป็นปริมาตรเก็บกักที่ไม่ได้ใช้การ (dead storage) ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1

($\tau = 1$ ถึง 12 แทนเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม)

สมการสมดุลอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ดังแสดงในสมการที่ (9)

$$W2_{v,\tau+1} = S2_{v,\tau} + Q2_{v,\tau} - R2_{v,\tau} - E2_\tau - DS2 \quad (9)$$

เมื่อ

$W2_{v,\tau+1}$ คือ ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ในเดือน $\tau + 1$

$S2_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 เมื่อสิ้นสุดเดือน τ

$Q2_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ในเดือน τ ปี v

$R2_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ในช่วงปี v ของเดือน τ

$E2_\tau$ คือ ค่าการระเหยรายเดือนเฉลี่ยเดือน τ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2

$DS2$ คือ เป็นปริมาตรเก็บกักที่ไม่ได้ใช้การ (dead storage) ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2

($\tau = 1$ ถึง 12 แทนเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม)

สมการสมดุลอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ดังแสดงในสมการที่ (10)

$$W3_{v,\tau+1} = S3_{v,\tau} + Q3_{v,\tau} - R3_{v,\tau} - E3_{\tau} - DS3 \quad (10)$$

เมื่อ

$W3_{v,\tau+1}$ คือ ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ในเดือน $\tau + 1$

$S3_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 เมื่อสิ้นสุดเดือน τ

$Q3_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ในเดือน τ ปี v

$R3_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ในช่วงปี v ของเดือน τ

$E3_{\tau}$ คือ ค่าการระเหยรายเดือนเฉลี่ยเดือน τ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3

$DS3$ คือ เป็นปริมาตรเก็บกักที่ไม่ได้ใช้การ (dead storage) ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3

($\tau = 1$ ถึง 12 แทนเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม)

สมการสมดุลอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ดังแสดงในสมการที่ (11)

$$Wk_{v,\tau+1} = Sk_{v,\tau} + Qk_{v,\tau} + Rb_{v,\tau} + R1_{v,\tau} + R2_{v,\tau} + R3_{v,\tau} - Rk_{v,\tau} - Ek_{\tau} - DSk \quad (11)$$

เมื่อ

$Wk_{v,\tau+1}$ คือ ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นในเดือน $\tau + 1$

$Sk_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นเมื่อสิ้นสุดเดือน τ

$Qk_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นในเดือน τ ปี v

$Rk_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นในช่วงปี v ของเดือน τ

$Rb_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อในช่วงปี v ของเดือน τ

$R1_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ในช่วงปี v ของเดือน τ

$R2_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ในช่วงปี v ของเดือน τ

$R3_{v,\tau}$ คือ ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ในช่วงปี v ของเดือน τ

Ek_{τ} คือ ค่าการระเหยรายเดือนเฉลี่ยเดือน τ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น

DSk คือ เป็นปริมาตรเก็บกักที่ไม่ได้ใช้การ (dead storage) ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ($\tau = 1$ ถึง 12 แทนเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม)

จากข้อจำกัดของสภาพลำน้ำด้านท้ายของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ห้วยทรายตอนบน 2 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ซึ่งหลังจากที่ลำน้ำด้านท้ายของแต่ละอ่างเก็บน้ำไหลรวมกัน จะถูกจำกัดการไหลจากฝายลำห้วยทรายจำนวน 1 แห่ง สามารถระบายน้ำสูงสุดได้ 3.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังนั้น ข้อจำกัดการระบายด้านท้ายของทั้ง 3 แห่ง จะพิจารณาจากสมการที่ (12)

$$R1_{v,\tau} + R2_{v,\tau} + R3_{v,\tau} + S_{weir} \leq 3.5 \text{ MCM} \quad (12)$$

S_{weir} คือ ปริมาณน้ำท่าพื้นที่รับน้ำเหนือฝายที่ไหลผ่านฝายลำห้วยทราย

3.2.2 ข้อมูลนำเข้า

- ข้อมูลอุทกวิทยา ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 เป็นข้อมูลรายเดือน เพื่อใช้สำหรับการสร้างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ดังแสดงในตารางที่ 5 ตารางที่ 6 ตารางที่ 7 ตารางที่ 8 ตารางที่ 9 และกราฟข้อมูลน้ำท่าอ่างเก็บน้ำภาพที่ 25 ภาพที่ 26 ภาพที่ 27 ภาพที่ 28 และภาพที่ 29 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ

ปี/เดือน	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวมรายปี
2548	0.068	0.027	0.221	0.101	0.216	0.948	2.895	2.829	3.088	1.247	0.101	0.537	12.278
2549	0.423	0.528	0.483	0.199	0.412	0.951	0.866	0.947	0.902	1.538	0.901	0.444	8.594
2550	0.045	0.099	0.316	0.530	0.335	1.055	1.017	1.172	1.367	3.024	0.626	0.134	9.719
2551	0.343	0.355	0.337	0.316	0.880	0.562	0.720	1.728	4.958	1.688	0.171	0.128	12.186
2552	0.135	0.204	0.098	0.087	0.443	0.814	1.172	0.705	0.705	0.786	0.200	0.022	5.370
2553	0.018	0.027	0.030	0.025	0.085	0.077	0.174	2.207	1.231	1.618	1.083	0.199	6.776
2554	0.426	0.462	0.331	0.325	0.556	1.413	1.157	2.221	4.197	3.065	0.064	0.310	14.526
2555	0.175	0.059	0.575	0.210	0.437	0.890	1.788	0.950	1.045	1.195	0.130	0.025	7.479
2556	0.020	0.019	0.009	0.003	0.103	0.107	1.406	1.605	1.147	1.017	0.070	0.163	5.669
2557	0.059	0.061	0.076	0.093	0.077	1.040	3.919	1.681	2.654	1.662	0.047	0.040	11.409
2558	0.043	0.044	0.050	0.055	0.050	0.814	1.288	1.749	0.580	1.219	0.113	0.028	6.033
2559	0.024	0.027	0.006	0.005	0.002	0.236	1.456	0.634	1.713	1.382	0.455	0.054	5.993
2560	0.241	0.052	0.062	0.125	0.757	5.397	7.225	3.951	2.970	1.371	0.031	0.038	22.222
2561	0.039	0.067	0.826	0.318	0.041	1.433	1.943	2.600	1.014	0.008	0.004	0.002	8.295
2562	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.398	1.333	1.184	0.194	0.019	3.130
2563	0.015	0.019	0.022	0.018	0.115	0.392	1.402	0.906	0.809	1.229	0.069	0.042	5.037

ตารางที่ 6 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1

ปี/เดือน	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวมรายปี
2548	0.065	0.056	0.094	0.071	0.093	0.237	0.618	0.605	0.655	0.295	0.071	0.156	3.016
2549	0.134	0.154	0.146	0.090	0.132	0.237	0.221	0.236	0.228	0.352	0.227	0.138	2.295
2550	0.060	0.071	0.113	0.155	0.117	0.258	0.250	0.280	0.319	0.643	0.174	0.077	2.515
2551	0.118	0.121	0.117	0.113	0.223	0.161	0.192	0.389	1.021	0.381	0.085	0.076	2.998
2552	0.078	0.091	0.070	0.068	0.138	0.210	0.280	0.189	0.189	0.205	0.090	0.055	1.664
2553	0.055	0.056	0.057	0.056	0.068	0.066	0.085	0.483	0.292	0.368	0.263	0.090	1.939
2554	0.004	0.004	0.007	0.002	0.424	0.558	0.302	0.598	0.047	0.878	0.020	0.009	2.852
2555	0.008	0.008	0.031	0.039	0.409	0.641	0.321	0.031	0.084	0.766	0.000	0.002	2.339
2556	0.000	0.000	0.000	0.000	0.143	0.415	0.926	0.718	0.058	0.954	0.038	0.015	3.268
2557	0.005	0.000	0.004	0.002	0.304	0.412	1.144	0.143	0.140	0.615	0.013	0.022	2.804
2558	0.020	0.021	0.018	0.006	0.014	0.028	0.046	0.275	0.158	0.023	0.003	0.009	0.621
2559	0.015	0.029	0.034	0.031	0.026	0.123	0.079	0.333	0.801	0.025	0.037	0.038	1.570
2560	0.040	0.041	0.069	0.051	0.089	0.487	0.745	2.016	2.681	0.867	0.044	0.036	7.167
2561	0.027	0.030	0.031	0.024	0.062	0.043	0.414	0.149	0.037	0.035	0.034	0.025	0.912
2562	0.033	0.031	0.012	0.025	0.020	0.022	0.041	0.202	0.809	0.043	0.041	0.036	1.316

2563	0.038	0.031	0.025	0.021	0.096	0.100	0.098	0.156	0.146	0.082	0.036	0.029	0.858
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

ตารางที่ 7 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2

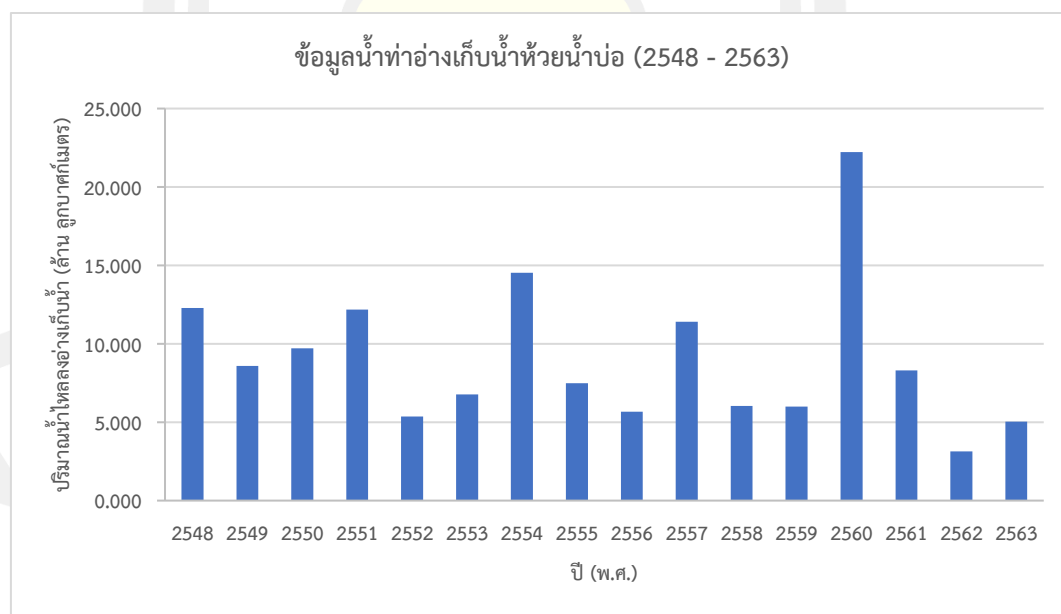
ปี/เดือน	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)												รวมรายปี
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
2548	0.051	0.046	0.068	0.055	0.068	0.151	0.371	0.363	0.393	0.184	0.055	0.104	1.909
2549	0.091	0.103	0.098	0.066	0.090	0.151	0.141	0.150	0.145	0.217	0.145	0.094	1.492
2550	0.048	0.054	0.079	0.103	0.081	0.163	0.158	0.176	0.198	0.386	0.114	0.058	1.619
2551	0.082	0.083	0.081	0.079	0.143	0.107	0.125	0.239	0.604	0.234	0.063	0.058	1.898
2552	0.059	0.066	0.054	0.053	0.093	0.135	0.176	0.123	0.123	0.132	0.066	0.046	1.127
2553	0.045	0.046	0.047	0.046	0.053	0.052	0.063	0.293	0.183	0.226	0.166	0.066	1.286
2554	0.014	0.000	0.005	0.007	0.153	0.296	0.098	0.777	0.056	0.240	0.027	0.011	1.684
2555	0.007	0.009	0.039	0.037	0.129	0.277	0.077	0.024	0.084	0.207	0.000	0.000	0.890
2556	0.001	0.004	0.000	0.000	0.136	0.349	0.695	0.818	0.061	0.276	0.043	0.024	2.407
2557	0.005	0.005	0.002	0.000	0.089	0.205	0.959	0.152	0.040	0.155	0.023	0.032	1.667
2558	0.028	0.038	0.041	0.008	0.091	0.055	0.070	0.277	0.101	0.015	0.004	0.014	0.741
2559	0.013	0.016	0.019	0.017	0.013	0.037	0.028	0.158	0.596	0.024	0.030	0.031	0.980
2560	0.036	0.028	0.074	0.042	0.117	0.560	1.033	0.500	0.064	0.101	0.478	0.044	3.079
2561	0.037	0.032	0.041	0.035	0.031	0.064	0.894	0.043	0.045	0.039	0.044	0.034	1.339
2562	0.037	0.041	0.030	0.033	0.018	0.018	0.036	0.261	0.315	0.033	0.034	0.034	0.890
2563	0.831	0.037	0.035	0.030	0.068	0.057	0.109	0.218	0.136	0.081	0.041	0.035	1.677

ตารางที่ 8 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3

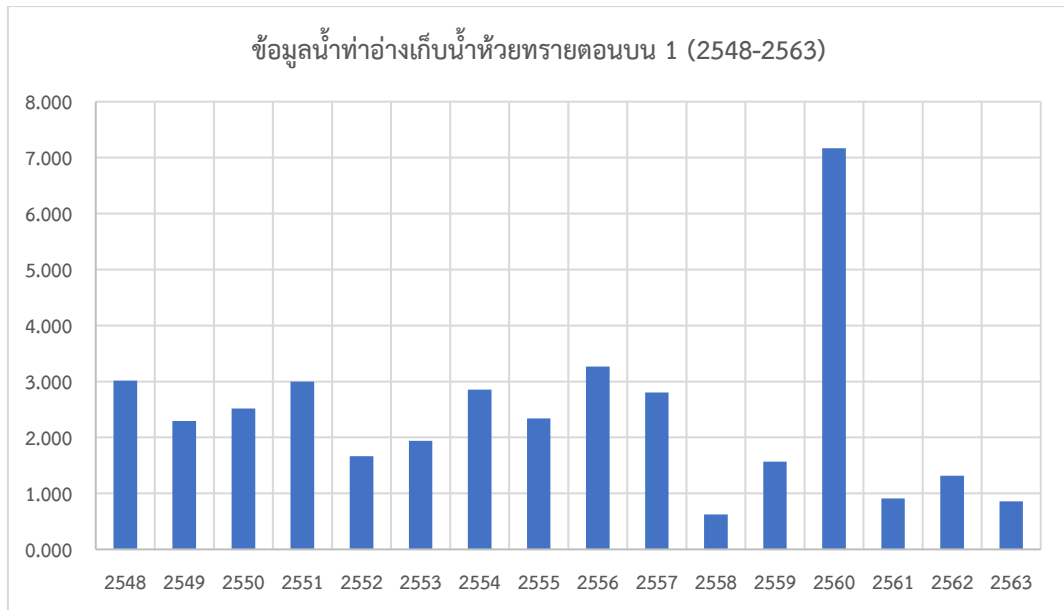
ปี/เดือน	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)												รวมรายปี
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
2548	0.001	0.001	0.002	0.007	0.133	0.326	0.205	0.146	0.148	0.242	0.001	0.002	1.215
2549	0.001	0.002	0.003	0.005	0.088	0.102	0.044	0.126	0.096	0.438	0.012	0.008	0.926
2550	0.001	0.003	0.005	0.014	0.060	0.093	0.007	0.143	0.120	0.652	0.045	0.013	1.157
2551	0.003	0.001	0.004	0.012	0.087	0.104	0.097	0.144	0.172	0.388	0.038	0.012	1.063
2552	0.003	0.004	0.007	0.026	0.226	0.187	0.053	0.110	0.052	0.146	0.001	0.001	0.815
2553	0.002	0.002	0.004	0.010	0.081	0.063	0.003	0.033	0.041	0.093	0.002	0.011	0.346
2554	0.001	0.000	0.000	0.000	0.096	0.229	0.009	0.177	0.008	0.224	0.003	0.001	0.746
2555	0.000	0.002	0.001	0.003	0.099	0.226	0.010	0.014	0.057	0.221	0.000	0.000	0.633
2556	0.000	0.000	0.002	0.003	0.097	0.227	0.098	0.086	0.008	0.231	0.003	0.002	0.758
2557	0.002	0.000	0.000	0.003	0.098	0.225	0.195	0.002	0.015	0.222	0.000	0.003	0.765
2558	0.003	0.004	0.004	0.001	0.094	0.064	0.003	0.015	0.012	0.015	0.001	0.002	0.216
2559	0.002	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.017	0.101	0.004	0.003	0.005	0.146
2560	0.004	0.003	0.011	0.005	0.025	0.119	0.111	0.023	0.006	0.007	0.004	0.004	0.322
2561	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.010	0.019	0.016	0.006	0.004	0.004	0.004	0.079
2562	0.003	0.004	0.005	0.005	0.003	0.002	0.003	0.023	0.080	0.004	0.004	0.004	0.141
2563	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.008	0.018	0.046	0.042	0.015	0.005	0.004	0.157

ตารางที่ 9 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น

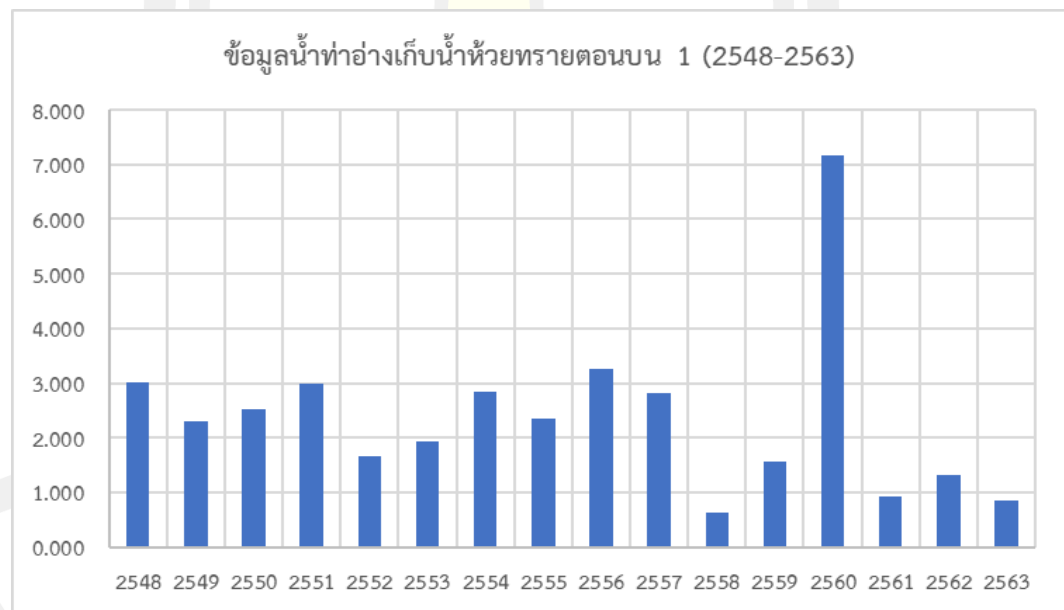
ปี/เดือน	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)												รวมรายปี
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
2548	0.303	0.353	0.371	0.281	0.741	2.598	31.122	21.238	25.690	7.575	0.106	0.177	90.554
2549	0.439	0.581	0.605	0.193	0.491	0.808	6.667	18.386	16.612	13.702	1.938	0.667	61.090
2550	0.378	0.820	0.957	0.600	0.334	0.744	1.047	20.714	20.869	20.397	7.208	1.018	75.086
2551	1.202	0.307	0.714	0.493	0.484	0.832	14.772	20.937	29.803	12.141	6.052	0.959	88.696
2552	1.250	1.103	1.209	1.066	1.254	1.491	8.003	16.042	8.977	4.566	0.131	0.089	45.181
2553	0.846	0.566	0.708	0.412	0.449	0.505	0.436	4.782	7.184	2.911	0.376	0.929	20.104
2554	0.787	0.578	0.524	0.274	0.692	9.301	4.187	10.774	11.104	5.713	0.170	0.715	44.819
2555	1.138	0.877	0.953	0.331	0.272	10.867	6.814	6.908	6.556	1.321	0.342	0.502	36.882
2556	1.115	0.954	0.625	0.033	0.261	0.388	22.502	19.928	17.680	8.790	0.979	0.105	73.359
2557	0.408	0.667	1.167	0.645	0.339	0.659	14.392	17.247	11.213	3.054	0.091	0.183	50.065
2558	1.208	0.755	1.152	0.111	0.171	0.296	0.195	7.579	9.832	4.988	0.105	0.226	26.617
2559	0.996	0.808	0.934	0.045	0.088	0.325	0.576	11.500	15.625	3.464	1.736	0.582	36.679
2560	0.953	0.882	0.379	0.151	2.325	7.755	12.994	2.648	1.306	4.531	0.356	0.368	34.647
2561	0.576	0.493	0.857	0.839	0.100	0.395	1.975	2.939	2.541	1.227	1.522	0.186	13.651
2562	1.431	0.312	0.651	0.217	0.498	1.285	1.590	2.241	3.776	3.074	0.762	1.150	16.986
2563	1.011	0.876	0.652	0.285	0.381	0.395	3.307	2.593	4.086	3.687	0.545	0.124	17.942



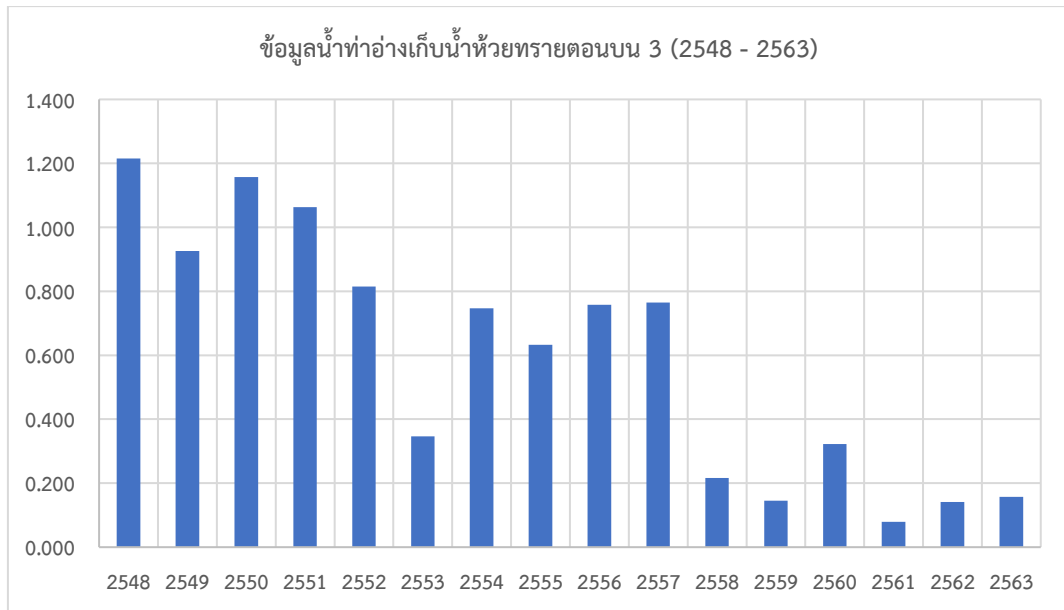
ภาพที่ 25 กราฟข้อมูลน้ำท่าอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ



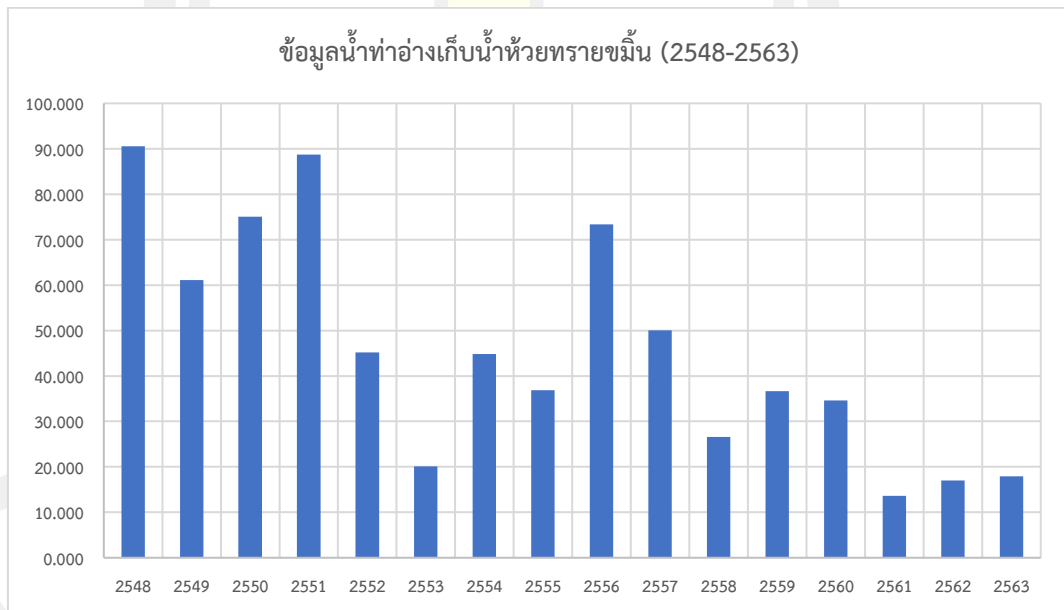
ภาพที่ 26 กราฟข้อมูลน้ำท่าอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1



ภาพที่ 27 กราฟข้อมูลน้ำท่าอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2



ภาพที่ 28 กราฟข้อมูลน้ำท่าอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3

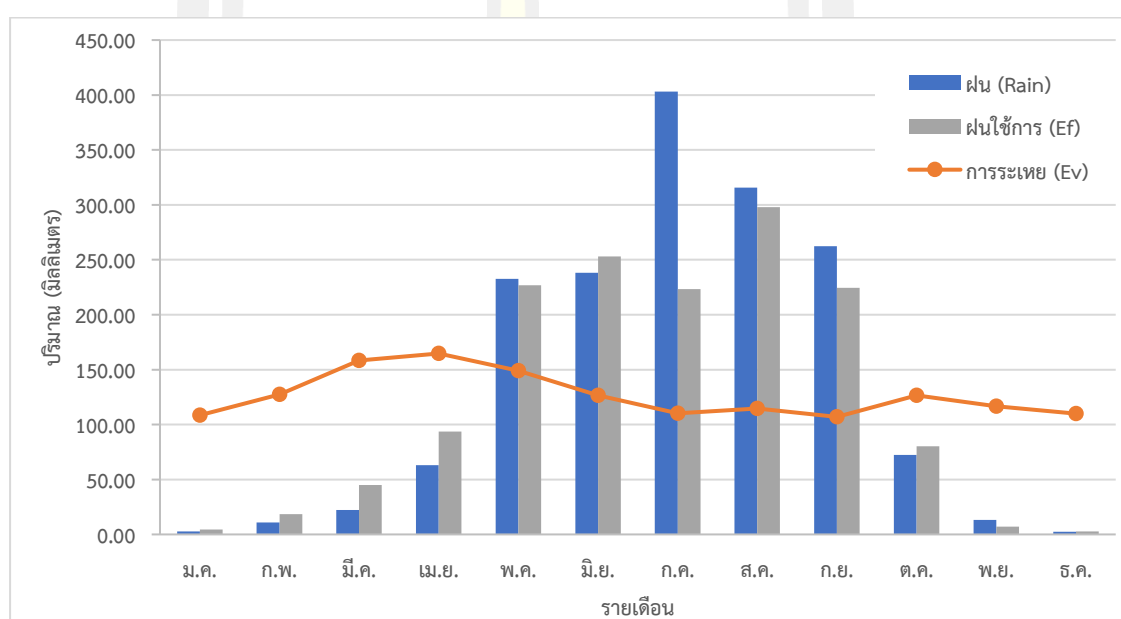


ภาพที่ 29 กราฟข้อมูลน้ำท่าอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น

- ข้อมูลอุตุวิทยามหาวิทยาลัย ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 ปริมาณฝนเฉลี่ย ปริมาณฝนใช้การรายเดือน และปริมาณการระเหยรายเดือนจังหวัดสกลนคร ดังแสดงในตารางที่ 10 และภาพที่ 30

ตารางที่ 10 ข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ย ปริมาณฝนใช้การรายเดือน และปริมาณการระเหยรายเดือน จังหวัดสกลนคร

ข้อมูล	รายเดือน (มม.)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ฝน (Rain)	2.78	10.84	22.26	63.19	232.60	238.13	403.22	315.55	262.40	72.27	13.33	2.45
การระเหย (Ev)	108.5	127.4	158.4	164.7	149.1	126.7	110.4	114.5	107	126.5	116.8	109.9
ฝนใช้การ (Ef)	4.4	18.6	44.9	93.7	226.8	252.9	223.3	297.9	224.5	80.3	7.1	2.7



ภาพที่ 30 กราฟข้อมูลข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ย ปริมาณฝนใช้การรายเดือน และปริมาณการระเหยรายเดือน จังหวัดสกลนคร

- ข้อมูลความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม

อ่างเก็บน้ำ	ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรม รายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ	0.030	0.027	0.014	0.006	0.005	1.446	1.286	1.124	0.481	0.007	0.006	0.043
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1	0.051	0.055	0.031	0.004	0.004	0.327	0.590	0.439	0.276	0.023	0.003	0.013
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2	0.141	0.273	0.236	0.036	0.469	0.217	0.521	0.313	0.415	0.000	0.000	0.000
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3	0.022	0.042	0.036	0.006	0.086	0.040	0.096	0.058	0.076	0.000	0.000	0.000
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น	0.179	0.157	0.065	0.016	1.701	1.248	0.362	0.008	0.009	0.021	0.026	0.266

- ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค - บริโภค (ผลิตประปา) ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค - บริโภค (ผลิตประปา)

อ่างเก็บน้ำ	ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค รายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ห้วยน้ำบ่อ	0.0074	0.0067	0.0074	0.0072	0.0074	0.0072	0.0074	0.0074	0.0072	0.0072	0.0072	0.0074
ห้วยทรายตอนบน 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ห้วยทรายตอนบน 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ห้วยทรายตอนบน 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ห้วยทรายขมิ้น	0.0074	0.0067	0.0074	0.0072	0.0074	0.0072	0.0074	0.0074	0.0072	0.0072	0.0072	0.0074

3.2.3 ผลลัพธ์

ได้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จากการพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว และพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ และการเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

- ระดับควบคุมตอนบน (Upper Rule Curve, URC) คือ ระดับน้ำตอนบนที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานของอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน จำเป็นต้องรักษาระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำไม่ให้มีระดับน้ำสูงเกินกว่าระดับควบคุมตอนบน ทั้งนี้เพื่อสำรองปริมาณน้ำที่อยู่ระหว่างระดับน้ำควบคุมตอนบนกับระดับน้ำเก็บกักสูงสุดไว้สำหรับป้องกันน้ำท่วม

- ระดับควบคุมตอนล่าง (Lower Rule Curve, LRC) คือ ระดับน้ำที่ควบคุมต่ำสุดในอ่างเก็บน้ำของแต่ละเดือนที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานไม่ให้มีระดับน้ำต่ำกว่าระดับควบคุมตอนล่าง ทั้งนี้เพื่อสำรองปริมาณน้ำที่อยู่ระหว่างระดับน้ำควบคุมตอนล่างกับระดับน้ำเก็บกักต่ำสุดไว้สำหรับการเพาะปลูกในช่วงฤดูแล้งที่มีการขาดแคลนน้ำ

3.3 การวิเคราะห์รอบปีการเกิดซ้ำเพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ของการค้นหาโค้งควบคุม

การวิเคราะห์น้ำท่วมด้วยหลักสถิติโดยใช้ทฤษฎีแกมเบล เป็นวิธีการที่น่าสนใจและเหมาะสมสำหรับลำน้ำของประเทศไทย โดยทั่ว ๆ ไปแล้วข้อมูลสถิติน้ำท่วมสูงสุดรายปีของสถานีต่าง ๆ มีไม่ยาวนานนัก การใช้ทฤษฎีการแจกแจงความถี่ที่มีพารามิเตอร์ 2 ตัว จะให้ผลดีกว่าหรือมีโอกาสผิดพลาดได้น้อยกว่าทฤษฎีการแจกแจงความถี่ที่มีพารามิเตอร์มากกว่า 2 ตัวขึ้นไป การประมาณค่าพารามิเตอร์ของทฤษฎีแกมเบลทำได้ไม่ยากนักทั้งวิธีโมเมนต์และวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด

การวิเคราะห์รอบปีการเกิดซ้ำ

วิเคราะห์ปริมาณฝนรายวัน ,ปริมาณ Inflow สูงสุด และปริมาณน้ำนองสูงสุด (Outflow) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ด้วยวิธีแจกแจงความน่าจะเป็นสูงสุดของกัมเบล ดังสมการที่ (13)

$$X_{Tr} = X_{ave} - 0.45S_x - 0.7797 S_x \ln[-\ln(1-1/Tr)] \quad (13)$$

เมื่อ X_{Tr} = ค่าที่รอบปีการเกิดซ้ำนั้นๆ

X_{ave} = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

คำนวณได้จาก $X_{ave} = \sum_{i=1}^N X_i / N$ เมื่อ N คือจำนวนข้อมูล

S_x = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

$$\text{คำนวณได้จาก } S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X_{ave})^2}{N-1}} \quad (14)$$

Tr = รอบปีการเกิดซ้ำนั้นๆ

จากการรวบรวมรายวันสูงสุด ของข้อมูลปริมาณฝนของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น, ปริมาณ Inflow สูงสุด และปริมาณน้ำนองสูงสุด (Outflow) ตั้งแต่ปี 2548 - 2563 สรุปไว้ในตารางที่ 13

พหุบัณฑิต ชีวะ

ตารางที่ 13 ค่าสูงสุดรายวันแต่ละปีของแต่ละข้อมูล และค่าเฉลี่ยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ปี	ปริมาณฝนรายวัน	ปริมาณ Inflow รายวัน	ปริมาณ Outflow รายวัน
	สูงสุด (มม.)	สูงสุด (ล้าน ลบ.ม.)	สูงสุด (ล้าน ลบ.ม.)
2548	166	1.94	23.74
2549	90.5	1.06	13.17
2550	95	1.76	20.65
2551	120	2.80	33.57
2552	120	1.12	15.96
2553	82	0.80	12.26
2554	85	0.75	8.92
2555	91	0.84	12.26
2556	96	1.91	24.29
2557	128	1.24	15.96
2558	85.5	0.53	6.53
2559	97	1.21	9.56
2560	185	3.28	55.53
2561	92.5	0.72	1.38
2562	75	0.49	1.87
2563	76	0.58	1.74
ค่าเฉลี่ยสูงสุด	105.3	1.31	16.09
ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	31.6	0.82	13.80

จากสมการการแจกแจงของกัมเบล ตัวแปร X ในที่นี้คือปริมาณฝนรายวัน (R), ปริมาณ Inflow สูงสุด Q_{in} และและปริมาณน้ำนองสูงสุด Q_{out} ดังนั้น ในสมการข้างต้นจะเปลี่ยนเป็น

$$R_{Tr} = R_{ave} - 0.45S_R - 0.7797 S_R \ln[-\ln(1-1/T_r)]$$

$$Q_{inTr} = Q_{inave} - 0.45S_{Q_{in}} - 0.7797 S_{Q_{in}} \ln[-\ln(1-1/T_r)]$$

$$Q_{outTr} = Q_{outave} - 0.45S_{Q_{out}} - 0.7797 S_{Q_{out}} \ln[-\ln(1-1/T_r)]$$

ซึ่งในที่นี้จะแสดงตัวอย่างค่าปริมาณ Outflow สูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี โดยใช้ค่า ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากตารางที่ดังต่อไปนี้ การจากตารางที่ 3.9 มาคำนวณตามสมการข้างต้นได้ดังนี้

$$\text{จากสมการ } Q_{outTr} = Q_{outave} - 0.45S_{Q_{out}} - 0.7797 S_{Q_{out}} \ln[-\ln(1-1/T_r)]$$

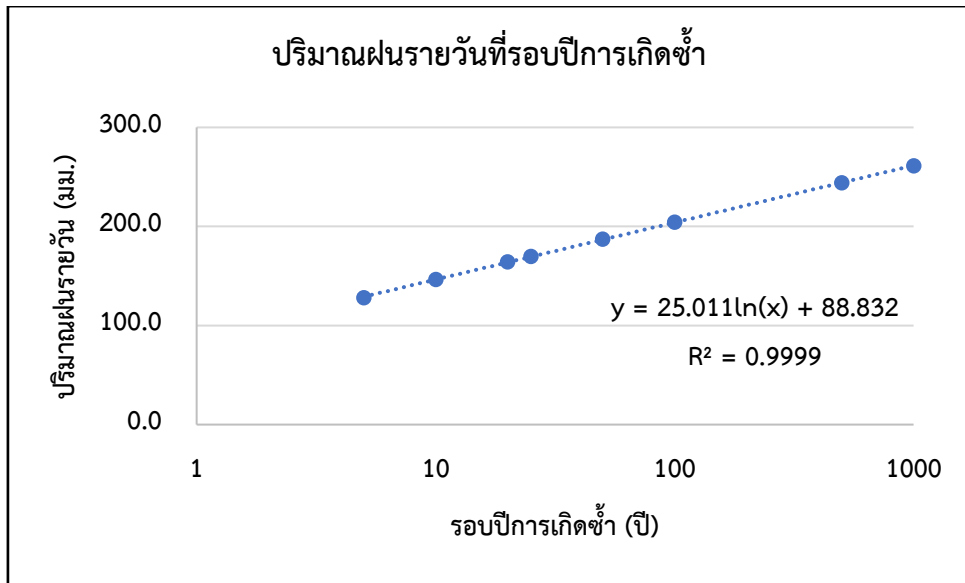
$$\text{แทนค่า } Q_{outave} = 16.09, S_{Q_{out}} = 13.80 \text{ และ } T_r = 50$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } Q_{out50} &= 16.09 - (0.45 \times 13.80) - 0.7797 \times 13.80 \times \ln[-\ln(1-1/50)] \\ &= 51.9 \text{ ลบ.ม./วินาที} \end{aligned}$$

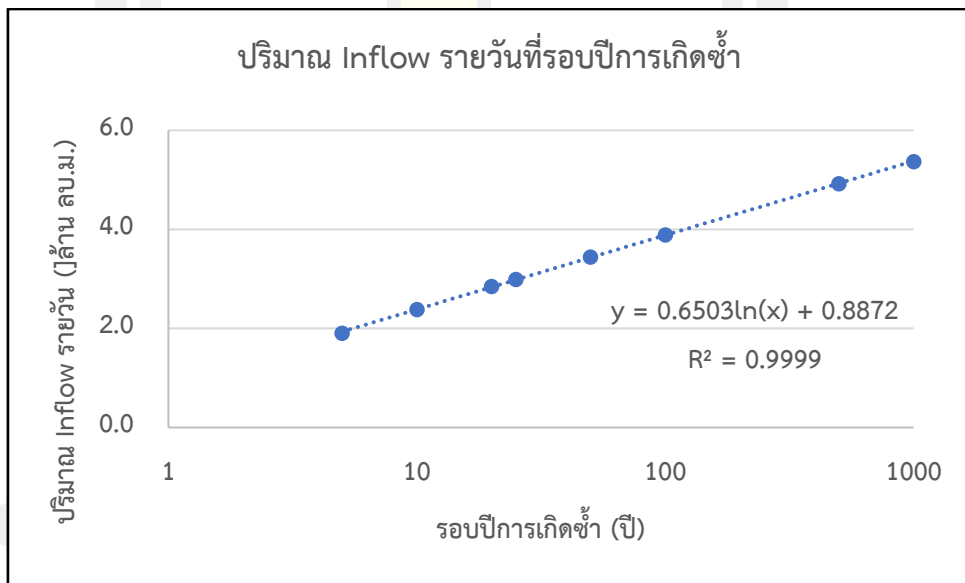
เมื่อทำการคำนวณในลักษณะเดียวกันกับค่าอื่นๆ จะได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 14 จากนั้นจึงนำมาพล็อตกราฟล็อกการที่มบนแกน X เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ ภาพที่ 31 สำหรับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฝนรายวัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ภาพที่ 32 สำหรับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ Inflow รายวัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ และ ภาพที่ 33 สำหรับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ Outflow รายวัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

ตารางที่ 14 ค่าปริมาณฝนรายวัน , Inflow สูงสุด และน้ำนองสูงสุด (Outflow) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

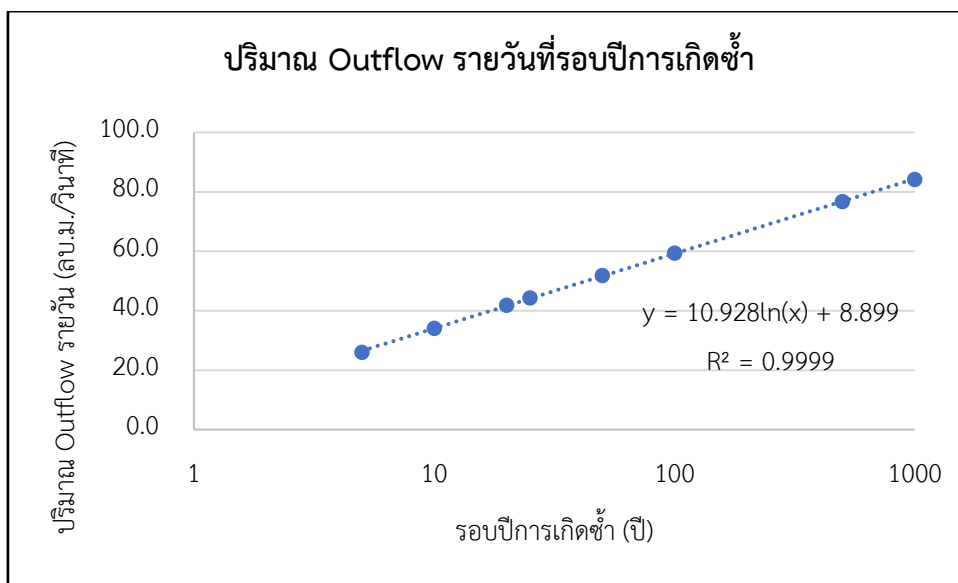
รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)	Avg.	5	10	20	25	50	100	500	1000
ฝนรายวันสูงสุด ที่รอบปีต่างๆ (มม.)	105.3	128.0	146.5	164.2	169.8	187.1	204.3	244.1	261.1
Inflow รายวันสูงสุด ที่รอบปีต่างๆ (ล้าน ลบ.ม.)	1.3	1.9	2.4	2.8	3.0	3.4	3.9	4.9	5.4
Outflow รายวันสูงสุด ที่รอบปีต่างๆ (ลบ.ม./วินาที)	16.09	26.0	34.1	41.8	44.3	51.9	59.4	76.7	84.2



ภาพที่ 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฝนรายวัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ



ภาพที่ 32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ Inflow รายวัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ



ภาพที่ 33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ Outflow รายวัน ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

จากตารางและกราฟข้างต้น นำมาใช้ประเมินหารอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณฝน ปริมาณ Inflow และ Outflow ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นเมื่อปี 2560 ได้ดังนี้

ปริมาณฝน รายวันสูงสุดเมื่อปี 2560 คือ 185 มิลลิเมตร นำมาแทนค่าเพื่อหาค่ารอบปีการเกิดซ้ำในสมการ

$$y = 25.011\ln(x) + 88.832$$

$$185 = 25.011\ln(x) + 88.832$$

$$\ln(x) = (185 - 88.832) / 25.011$$

$$x = 46.7 \text{ ปี}$$

ปริมาณ Inflow รายวันสูงสุดเมื่อปี 2560 คือ 3.28 ล้าน ลบ.ม. นำมาแทนค่าเพื่อหาค่ารอบปีการเกิดซ้ำในสมการ

$$y = 0.6503\ln(x) + 0.8872$$

$$3.28 = 0.6503\ln(x) + 0.8872$$

$$\ln(x) = (3.28 - 0.8872) / 0.6503$$

$$x = 39.6 \text{ ปี}$$

ปริมาณ Outflow รายวันสูงสุดเมื่อปี 2560 คือ 55.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที นำมาแทนค่าเพื่อหาค่ารอบปีการเกิดซ้ำในสมการ

$$y = 10.928\ln(x) + 8.899$$

$$55.53 = 10.928\ln(x) + 8.899$$

$$\ln(x) = (55.53 - 8.899) / 10.928$$

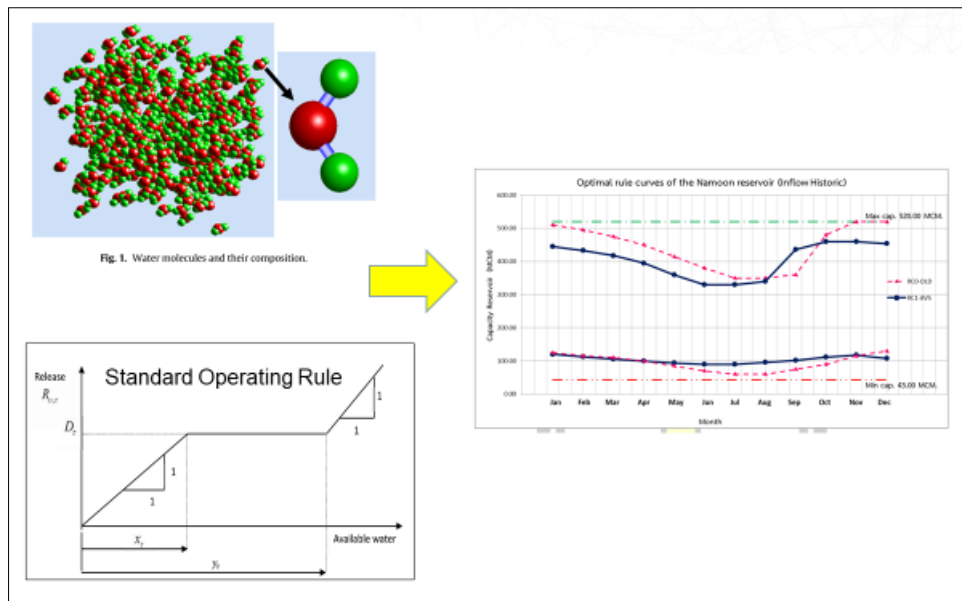
$$x = 71.3 \text{ ปี}$$

เมื่อพิจารณาปริมาณฝน ปริมาณ Inflow และ Outflow สูงสุดรายวันของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นเมื่อปี 2560 แล้วพบว่า ปริมาณฝนรายวันสูงสุดเมื่อปี 2560 คือ 185 มิลลิเมตร อยู่ในช่วงรอบปีการเกิดซ้ำที่ 46.7 ปี ปริมาณ Inflow รายวันสูงสุดเมื่อปี 2560 คือ 3.28 ล้าน ลบ.ม. อยู่ในช่วงรอบปีการเกิดซ้ำที่ 39.6 ปี และ ปริมาณ Outflow รายวันสูงสุดเมื่อปี 2560 คือ 55.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที อยู่ในช่วงรอบปีการเกิดซ้ำที่ 71.3 ปี ซึ่งหมายถึงมีปริมาณ Outflow รายวันสูงสุดเกินศักยภาพการระบายของอ่างเก็บน้ำที่ใช้ออกแบบซึ่งสามารถรองรับการระบายสูงสุด ที่รอบปีการเกิดซ้ำที่ 25 ถึง 50 ปี จึงส่งผลให้น้ำไหลล้นอ่างเก็บน้ำ และทำนบดิน ทำให้เกิดความเสียหายของเขื่อนในช่วงเวลาดังกล่าว ดังนั้น การพิจารณากำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาโค้งควบคุม จึงใช้ค่าการไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดในการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ อย่างไรก็ตาม การบริหารจัดการของอ่างเก็บน้ำที่อยู่ทางตอนบนของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ จะต้องพิจารณาจัดสรรน้ำให้แก่พื้นที่ชลประทานของอ่างเก็บน้ำ และจะต้องพิจารณาระบายน้ำให้ไม่ส่งผลกระทบต่ออ่างเก็บน้ำที่อยู่ตอนท้าย ประกอบกับการวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะขอบเขตบนและขอบเขตล่างของโค้งควบคุมแต่ละฟังก์ชันวัตถุประสงค์ จึงกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์การขาดแคลนน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุด เป็นอีกหนึ่งฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ด้วย

3.4 การประยุกต์เทคนิคการหาค่าเหมาะสมสูงสุดร่วมกับการศึกษาเลียนแบบเพื่อค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสม

ในการศึกษานี้ได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณหา Rule Curve ที่เหมาะสมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำอุบล จังหวัดสกลนคร ประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และขนาดเล็ก จำนวน 5 อ่าง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 สำหรับเป็นเกณฑ์ในการปล่อยน้ำเพื่อความต้องการน้ำด้านต่าง ๆ ทำให้อ่างเก็บน้ำ ซึ่งภายในโปรแกรมจะประกอบไปด้วยแบบจำลองสภาพอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Simulation Mode) จำลองสภาพน้ำโดยอาศัยหลักสมดุลน้ำในการหา Rule Curve ที่เหมาะสม โดยใช้วิธีค้นหาอะตอม (Atom Search Optimization , ASO) และ วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm , GA)

การประยุกต์ใช้เทคนิค Atom Search Optimization (ASO) Algorithm เพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมดังแสดงในภาพที่ 34



ภาพที่ 34 การประยุกต์ใช้เทคนิค Atom Search Optimization (ASO) Algorithm เพื่อปรับปรุง
โค้งควบคุม

ในการหา Rule Curve ที่เหมาะสมด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) ดังแสดง
ในภาพที่ 35 แบ่งเป็นขั้นตอนได้ ดังนี้

1. กำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ช่วงขอบเขตของ Upper Rule Curve และ Lower Rule Curve เป็นประชากรเริ่มต้น (Initial Population) ที่ต้องการให้ ASO ค้นหาค่าที่เหมาะสม

2. กำหนด Objective Function ในการหา Rule Curve ที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำ
สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้การคำนวณหาค่าการไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด และค่าการขาดแคลนนํ้าน้อย
ที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยพิจารณาความต้องการน้ำ 3 ประเภท คือ การ
ชลประทานเพื่อเพาะปลูก การอุปโภค บริโภค และความต้องการน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศวิทยาทำ
อ่างเก็บน้ำ และพิจารณาความจุลํ้าได้ท้ายที่สามารถรับน้ำได้สูงสุดที่ไม่ทำให้เกิดน้ำล้นตลิ่ง

3. กำหนดตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) ในการศึกษาตัวแปรตัดสินใจก็คือ
ระดับควบคุมตอนบน (Upper Rule Surface) หรือ ปริมาตรวิกฤติสูงสุด (Volume Upper Critical,
 V_u) และระดับควบคุมตอนล่าง (Lower Rule Surface) หรือ ปริมาตรวิกฤติต่ำสุด (Volume Lower
Critical, V_l) โดยประยุกต์ใช้ Atom Search Optimization (ASO) สุ่ม Rule Curve ขึ้นมาหลายชุด
แล้วทำการจำลองสภาพอ่าง Rule Curve ที่เหมาะสมก็คือ Rule Curve ที่พิจารณาวัตถุประสงค์
เพื่อให้เกิดการไหลล้นน้อยที่สุด

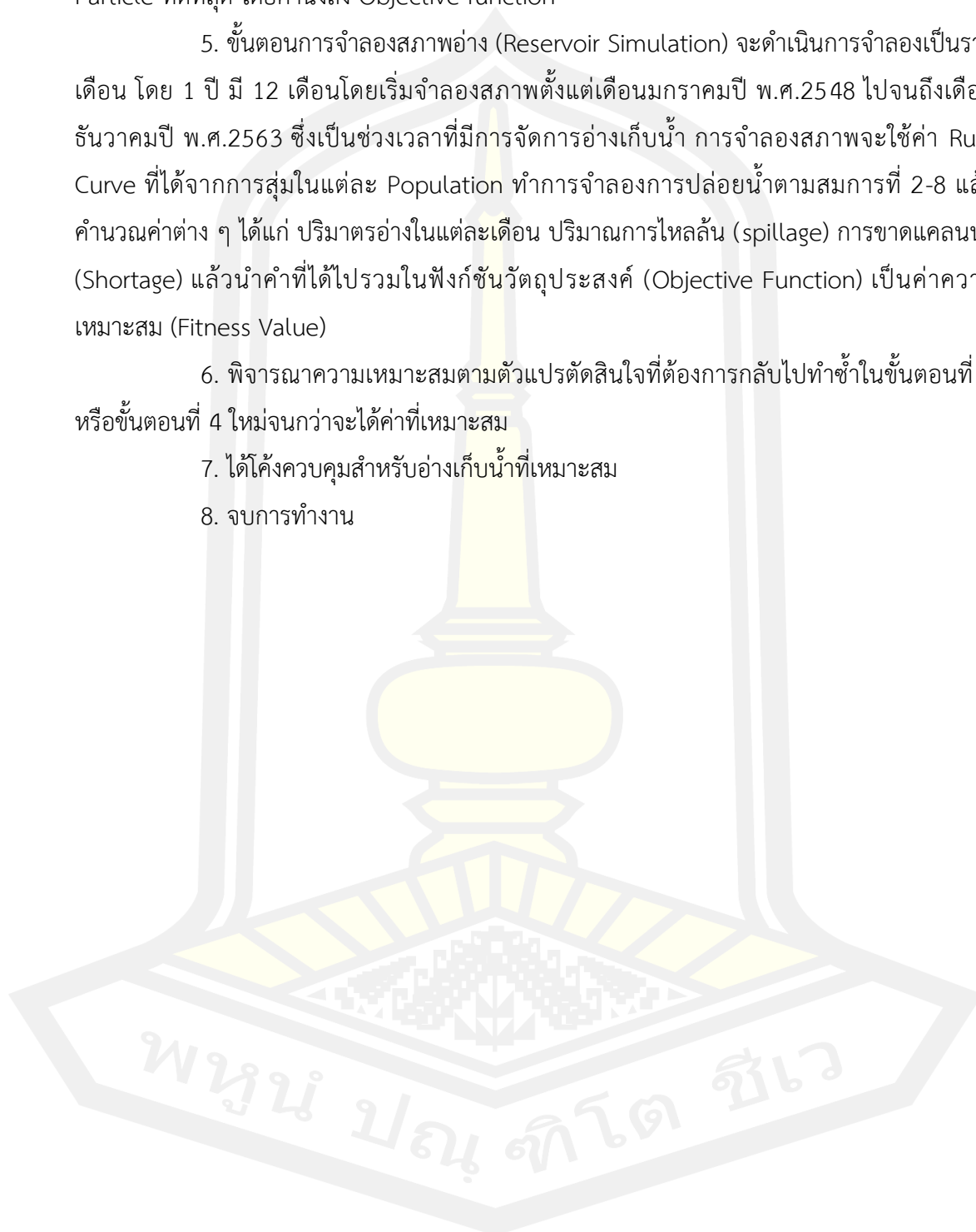
4. ค้นหาคำตอบด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) โดยจะทำการค้นหา Particle ที่ดีที่สุด โดยคำนึงถึง Objective function

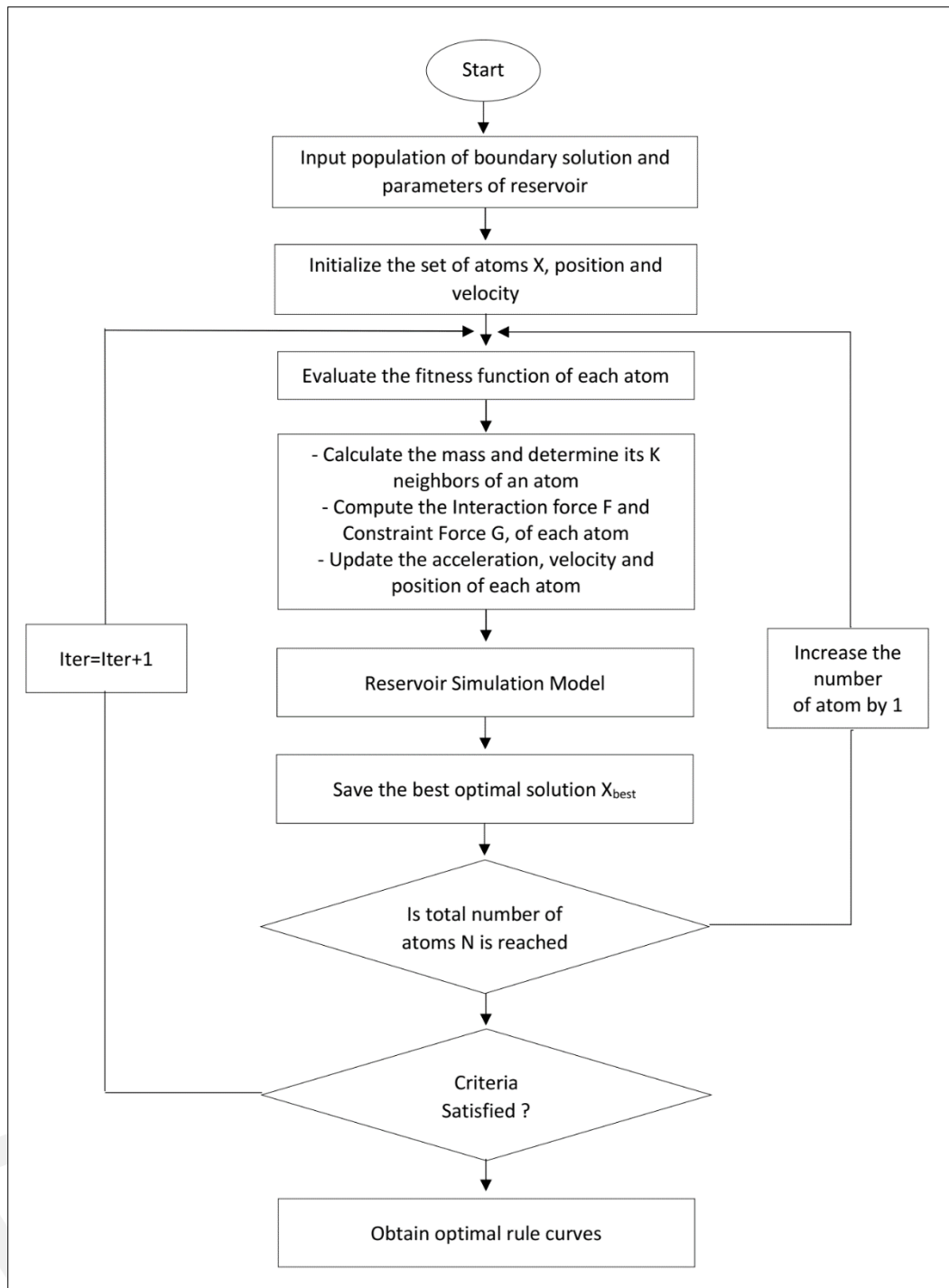
5. ขั้นตอนการจำลองสภาพอ่าง (Reservoir Simulation) จะดำเนินการจำลองเป็นรายเดือน โดย 1 ปี มี 12 เดือน โดยเริ่มจำลองสภาพตั้งแต่เดือนมกราคมปี พ.ศ.2548 ไปจนถึงเดือนธันวาคมปี พ.ศ.2563 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการจัดการอ่างเก็บน้ำ การจำลองสภาพจะใช้ค่า Rule Curve ที่ได้จากการสุ่มในแต่ละ Population ทำการจำลองการปล่อยน้ำตามสมการที่ 2-8 แล้วคำนวณค่าต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาตรอ่างในแต่ละเดือน ปริมาณการไหลล้น (spillage) การขาดแคลนน้ำ (Shortage) แล้วนำค่าที่ได้ไปรวมในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) เป็นค่าความเหมาะสม (Fitness Value)

6. พิจารณาความเหมาะสมตามตัวแปรตัดสินใจที่ต้องการกลับไปทำซ้ำในขั้นตอนที่ 1 หรือขั้นตอนที่ 4 ใหม่จนกว่าจะได้ค่าที่เหมาะสม

7. ได้โค้งควบคุมสำหรับอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม

8. จบการทำงาน





ภาพที่ 35 การหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิควิธี Atom Search Optimization (ASO)

3.5 การหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆ

3.5.1 การเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดของระดับโค้งควบคุมเส้นบนและระดับโค้งควบคุมเส้นล่างนั้น ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นฟังก์ชันประเมินความดีของคำตอบ ในการประเมินว่าคำตอบที่สร้างขึ้นใหม่ดีหรือไม่ดีนั้นจะวัดจากความต้องการสำหรับกิจกรรมการใช้น้ำ โดยจะต้องพยายามใช้น้ำต้นทุนที่มีอยู่ ให้เกิดประสิทธิภาพที่สูงสุด โดยพยายามใช้น้ำต้นทุนนั้น ให้สอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำ ในขณะที่ไม่ทำให้น้ำเกิดการขาดแคลน จากนั้นนำค่าเหล่านี้ไปใช้เป็นค่าของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ ในแบบจำลองการศึกษาเลียนแบบ แล้วคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยในแต่ละเดือนภายใต้โค้งควบคุมชุดนี้ เพื่อนำไปประเมินสถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้น ซึ่งนำไปใช้ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคำตอบการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่าปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย และปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคำตอบ ซึ่งแสดงดัง สมการที่ (15) และ (16)

$$\text{Min}(Aver) = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n Sh_v \quad (15)$$

$$\text{Min}(Aver) = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n Sp_v \quad (16)$$

เมื่อ n เป็นความยาวของชุดข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุน Sh_v ปริมาณน้ำที่ขาดในปี v (ปริมาณน้ำที่ปล่อยน้อยกว่าเป้าหมายความต้องการใช้น้ำ)

เมื่อ n เป็นความยาวของชุดข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุน Sp_v ปริมาณน้ำที่เกินในปี v (ปริมาณน้ำที่ปล่อยมากกว่าเป้าหมายความต้องการใช้น้ำ)

3.5.2 การพิจารณาแบบอย่างเดี่ยว

การจัดทำโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคการค้นหาด้วยวิธีค้นหาอะตอม Atom Search Optimization (ASO) และวิธีเชิงพันธุกรรม Genetic Algorithm (GA) โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการค้นหาคำตอบคือ มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด และปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยใช้ข้อมูลจากปริมาณน้ำท่ารายเดือนข้อมูลความต้องการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และข้อมูลทางอุตุวิทยามาต่าง ๆ ดังนี้

1. เตรียมข้อมูลทางอุทกวิทยา ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 เป็นข้อมูลรายเดือน เพื่อใช้สำหรับการสร้างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ ปริมาณน้ำท่า ปริมาณฝนเฉลี่ย ปริมาณฝนใช้การรายเดือน และปริมาณการระเหยรายเดือน

- 1.1 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำ
- 1.2 ปริมาณฝนเฉลี่ย ปริมาณฝนใช้การรายเดือน และปริมาณการระเหยรายเดือน
2. จัดเตรียมข้อมูลความต้องการใช้น้ำด้านท้ายน้ำ คือ ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรม ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภคซึ่งได้จากข้อมูลของโครงการ
3. สร้างโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ โดยการใช้เทคนิคหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) และวิธีเชิงพันธุกรรม Genetic Algorithm (GA) โดยการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด และปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุด ด้วยการใช้เกณฑ์การปล่อยน้ำแบบ Standard Operating rule

3.5.3 การพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ

การจัดทำโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคการค้นหาค่าด้วย Atom Search Optimization (ASO) และวิธีเชิงพันธุกรรม Genetic Algorithm (GA) โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการค้นหาค่าตอบคือ มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด และปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยใช้ข้อมูลจากปริมาณน้ำท่ารายเดือน ข้อมูลความต้องการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และข้อมูลทางอุตุวิทยามาต่าง ๆ ดังนี้

1. เตรียมข้อมูลทางอุทกวิทยา ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 เป็นข้อมูลรายเดือน เพื่อใช้ในการสร้างโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ ปริมาณน้ำท่า ปริมาณฝนเฉลี่ย ปริมาณฝนใช้การรายเดือน และปริมาณการระเหยรายเดือน

1.1 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำ โดยทำการกำหนดข้อจำกัดการระบายด้านท้ายของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ บริเวณลำน้ำด้านท้ายของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ซึ่งหลังจากที่ลำน้ำด้านท้ายของแต่ละอ่างเก็บน้ำไหลรวมกัน จะถูกจำกัดการไหลจากฝ่ายพระราชดำริจำนวน 1 แห่ง สามารถระบายน้ำสูงสุดได้ 45 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังนั้น ข้อจำกัดการระบายด้านท้ายของทั้ง 3 แห่ง จะพิจารณาจากสัดส่วนน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยปริมาณน้ำท่าในพื้นที่รับน้ำของฝ่ายพระราชดำริมีสัดส่วนน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 50.4% อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 มีสัดส่วนน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 25.7% อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 มีสัดส่วนน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 21.7% และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 มีสัดส่วนน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 2.2% ดังนั้น การกำหนดอัตราการระบายสูงสุดที่ไม่ทำให้เกิดผลกระทบของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 จะเท่ากับ 11.89, 10.05 และ 1.04 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีตามลำดับ

- 1.2 ปริมาณฝนเฉลี่ย ปริมาณฝนใช้การรายเดือน และปริมาณการระเหยรายเดือน

2. จัดเตรียมข้อมูลความต้องการใช้น้ำด้านทำน้ำ คือ ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรม ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภคซึ่งได้จากข้อมูลของโครงการ

3. สร้างโค้งควบคุมของเก็บน้ำ โดยการใช้เทคนิคหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) โดยการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดด้วยการใช้เกณฑ์การปล่อยน้ำแบบ Standard Operating rule

4. โค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ที่ใช้ในการจัดสรรน้ำให้กับส่วนต่าง ๆ ในปัจจุบัน โดยโค้งควบคุมนี้จะใช้เพื่อเป็นการตรวจสอบ และประเมินประสิทธิภาพกับโค้งควบคุมใหม่ที่ได้สร้างขึ้นโดยเทคนิคการค้นหาค่าด้วย Atom Search Optimization (ASO) และวิธีเชิงพันธุกรรม Genetic Algorithm (GA)

3.6 การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม

3.6.1 ประเมินโดยการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยพิจารณาจากควมถี่ ปริมาณ และระยะเวลาการไหลล้น จากการพิจารณาโค้งควบคุมแบบอ่างเดี่ยว และพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ และการเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

เป็นการตรวจสอบว่าโค้งควบคุมที่เราสร้างขึ้นนั้นสามารถนำมาใช้ได้กับเหตุการณ์ต่าง ๆ จากข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในอดีต และข้อมูลน้ำท่าที่สังเคราะห์ขึ้น เพื่อประเมินว่าโค้งควบคุมที่ได้มีความสอดคล้องกับเหตุการณ์ต่าง ๆ ตลอดช่วงที่พิจารณาหรือไม่ คือมีช่วงของการขาดแคลนน้ำ ในช่วงฤดูแล้ง และช่วงของการไหลล้นในช่วงอุทกภัย มากน้อยเพียงใด สามารถทำได้โดยการใช้ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในอดีตซึ่งมีข้อมูลอยู่ในช่วง พ.ศ. 2548 - 2563 โดยประเมินความถี่ของการเกิดการไหลล้น หรือการขาดแคลน ค่าเฉลี่ย ค่ามากที่สุดของปริมาณ และช่วงเวลาที่เกิด โดยแยกพิจารณา ดังนี้

1. การนำโค้งควบคุมที่ได้มาทดสอบกับข้อมูลน้ำท่าในอดีตในช่วง พ.ศ. 2548 - 2563 ด้วยเกณฑ์การปล่อยน้ำแบบ Standard Operating Rule

2. การนำโค้งควบคุมที่ได้มาทดสอบกับข้อมูลน้ำท่าอดีตรายเดือนสังเคราะห์ จำนวน 1,000 ชุดเหตุการณ์

3. การนำโค้งควบคุมที่ได้มาทดสอบกับข้อมูลน้ำท่าในอดีตโดยมีสถานการณ์ในการประเมิน ดังนี้

3.1 ข้อจำกัดด้านน้ำต้นทุน

- กรณีปีน้ำน้อย
- กรณีปีน้ำมาก

- กรณีปีน้ำเฉลี่ย

3.2 ข้อจำกัดด้านความต้องการใช้น้ำ

- กรณีเพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำฤดูแล้ง ส่งผลให้ความต้องการใช้น้ำชลประทานในฤดูแล้งเพิ่มมากขึ้น

4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิคการค้นหาด้วย Atom Search Optimization (ASO) กับ โค้งควบคุมที่ใช้งานในปัจจุบัน และโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีเชิงพันธุกรรม Genetic Algorithm (GA) โดยการเปรียบเทียบจากการเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ การพิจารณาแบบอย่างเดี่ยว และการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ

3.6.2 ประเมินจากปริมาณน้ำที่เกินความจุลำนน้ำจากการระบายของอ่างเก็บน้ำที่อยู่ตอนบนบน

ประเมินจากปริมาณน้ำที่เกินความจุลำนน้ำจากการระบายของอ่างเก็บน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่ระบายรวมกันผ่านฝายห้วยทราย ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อลำน้ำด้านท้ายซึ่งมีความจุลำนน้ำ 3.50 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ก่อนที่จะไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

บทนี้เป็นกรอธบายถึงผลการวิจัยและการอภิปราย ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ต่อเนื่องจึงจะอธิบายถึงผลการวิจัยและการอภิปราย ผลการค้นหาค่าที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และ GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ ซึ่งได้ประยุกต์ใช้การค้นหาค่าที่เหมาะสมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ 5 อ่าง คือ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ในการค้นหาค่าที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำทั้งหมดจะใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด และ ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด และจะพิจารณาโครงสร้างแบบอ่างเดี่ยว (single reservoir) และแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ (multi reservoir) การจัดทำค่าควบคุมจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ระหว่าง พ.ศ. 2548-2563 (16 ปี) ซึ่งจะใช้สำหรับกรณีสถานการณ์น้ำเป็นปกติ โดยสัญลักษณ์การจัดทำค่าควบคุมในกรณีต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 15

การอธิบายลักษณะของค่าควบคุมที่ได้จัดทำขึ้นใหม่ นี้ จะมีการนำไปเปรียบเทียบกับค่าควบคุมเดิมที่ใช้งานอยู่ ณ เวลาปัจจุบัน และค่าใหม่ที่ค้นหาค่าด้วยเทคนิค GA ที่มีประสิทธิภาพในการค้นหาค่าควบคุมสูง เพื่อแสดงให้เห็นลักษณะรูปร่างที่มีความแตกต่าง รวมถึงการอธิบายประสิทธิภาพของค่าควบคุมใหม่ที่มีความเหมาะสม สามารถแสดงผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) ในการค้นหาค่าควบคุมของอ่างเก็บน้ำ

การค้นหาค่าควบคุมที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด *กรณีพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว*

4.1.1 ค่าควบคุมที่เหมาะสมที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

ตารางที่ 15 สัญลักษณ์การจัดทำโค้งควบคุมในกรณีต่าง ๆ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของค้นหาเป็นค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด และ ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด

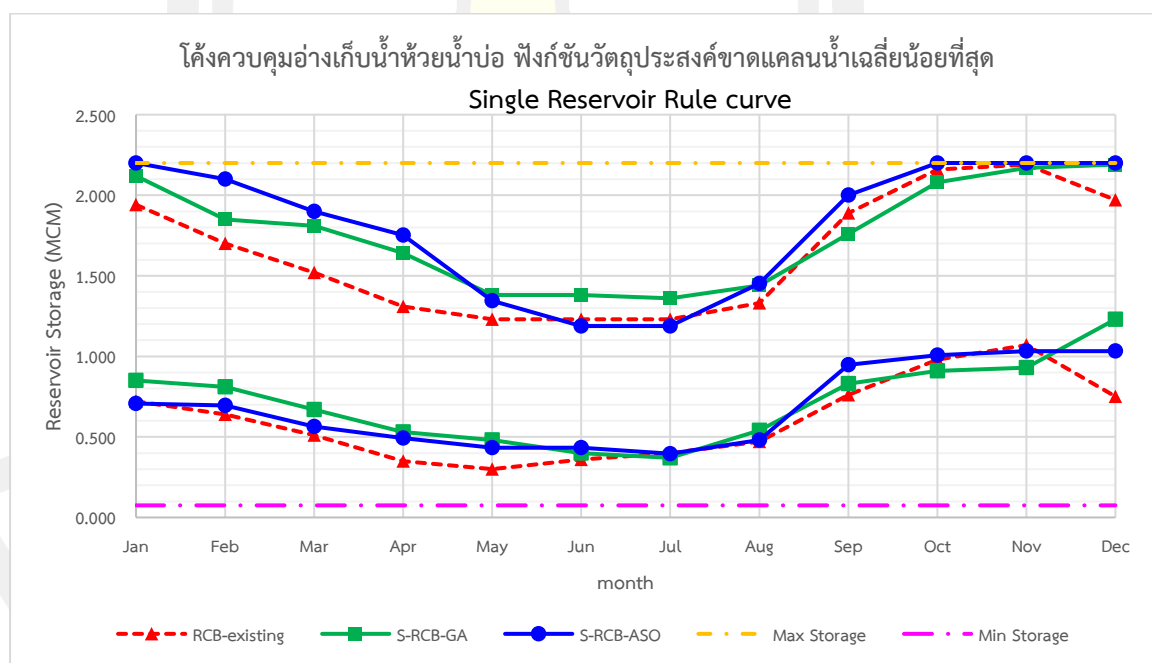
โค้งควบคุม	ใช้งานปัจจุบัน	พิจารณาแบบอ่างเดียว		พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ	
		ASO	GA	ASO	GA
อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ	RCB-existing	S-RCB-ASO	S-RCB-GA	M-RCB-ASO	M-RCB-GA
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1	RC1-existing	S-RC1-ASO	S-RC1-GA	M-RC1-ASO	M-RC1-GA
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2	RC2-existing	S-RC2-ASO	S-RC2-GA	M-RC2-ASO	M-RC2-GA
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3	RC3-existing	S-RC3-ASO	S-RC3-GA	M-RC3-ASO	M-RC3-GA
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น	RCK-existing	S-RCK-ASO	S-RCK-GA	M-RCK-ASO	M-RCK-GA

โค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบอ่างเดียว ซึ่งได้ประยุกต์ใช้การค้นหาโค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ 5 อ่าง คือ อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ดังแสดงในภาพที่ 36 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ดังแสดงในภาพที่ 37 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ดังแสดงในภาพที่ 38 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ดังแสดงในภาพที่ 39 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ดังแสดงในภาพที่ 40 จากการพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของค้นหาเป็นค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด มีค่าปริมาณน้ำเก็บกักของโค้งควบคุมบนและโค้งควบคุมล่างดังแสดงในตารางที่ 16 ซึ่งพบว่าโค้งควบคุมใหม่ มีลักษณะรูปร่างที่ใกล้เคียงกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานอยู่ ซึ่งมีบางค่าที่แตกต่างกัน แต่การลู่ขึ้นลู่ลงไปในทิศทางเดียวกัน สามารถอธิบายลักษณะและรายละเอียดของแต่ละอ่างฯ ได้ดังนี้

4.1.1.1 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบอ่างเดียว พบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCB-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีการเตรียมน้ำสำหรับระบบชลประทานในฤดูแล้งซึ่งจะมีการใช้น้ำตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ส่วนในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCB-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักใกล้เคียงกับ RCB-existing และโค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า S-RCB-ASO และ RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCB-GA มีความต้องการเพิ่มปริมาตรเก็บกักน้ำป้องกันการขาดแคลน

น้ำในช่วงฝนทิ้งช่วง หลังจากนั้นในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RCB-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RCB-ASO และ S-RCB-GA ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมิถุนายน จะมีเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะเพิ่มระดับเกณฑ์ขั้นต่ำสำหรับน้ำที่สำรองไว้ใช้ในต้นฤดูฝน ในช่วงเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนสิงหาคมมีความสอดคล้องกัน ส่วนในช่วงเดือนกันยายน ค่าโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้น ส่วนในช่วงเดือนตุลาคมและเดือนพฤศจิกายน มีค่าใกล้เคียงกับ RCB-existing และในช่วงเดือนธันวาคม ค่าโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ดังแสดงในภาพที่ 36

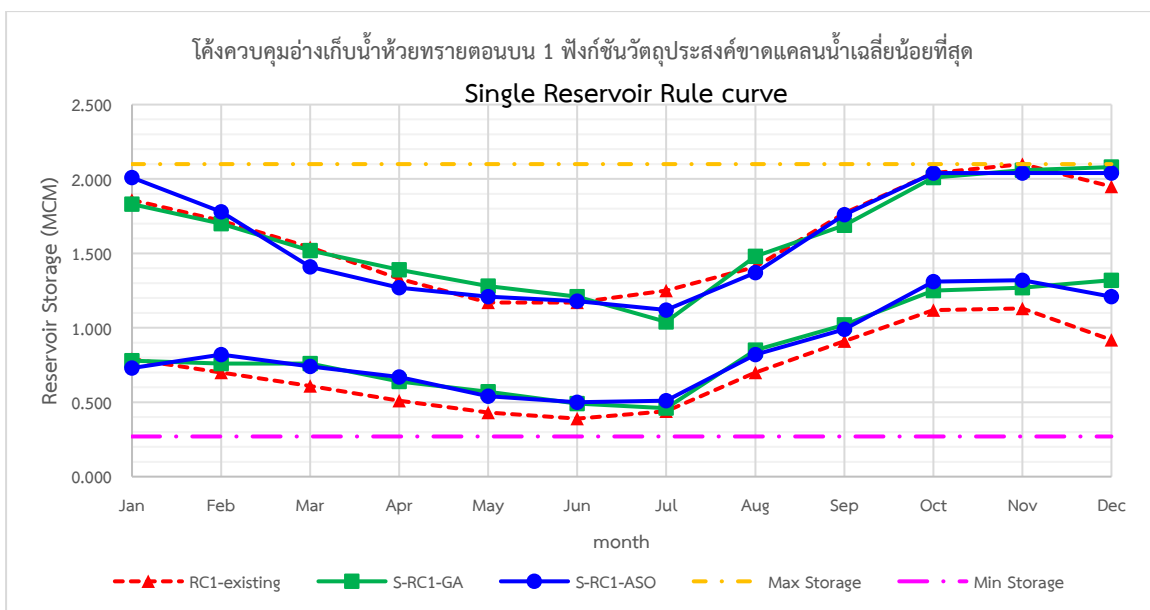


ภาพที่ 36 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้ำน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอย่างเดี่ยว

4.1.1.2 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว พบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RC1-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า S-RC1-GA และ RC1-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC1-ASO มีความต้องการเพิ่มปริมาตรเก็บกักน้ำลดการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน โค้งควบคุม S-RC1-ASO , S-RC1-GA และ RC1-existing มีลักษณะใกล้เคียงกัน ส่วนในช่วงเดือนกรกฎาคม โค้งควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่น้อยกว่า RC1-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่าเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RC1-ASO และ S-RC1-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RC1-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RC1-ASO และ S-RC1-GA ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนธันวาคม จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC1-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC1-ASO และ S-RC1-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งในปีถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 37

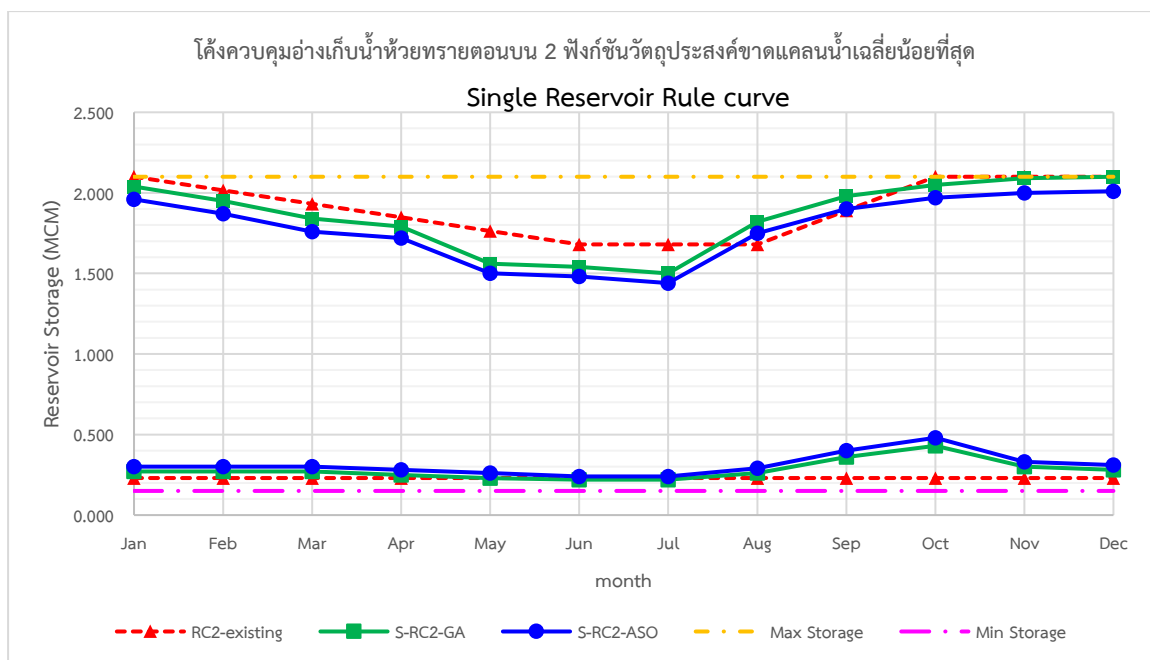




ภาพที่ 37 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้ำน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอย่างเดี่ยว

4.1.1.3 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบอย่างเดี่ยวพบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RC2-ASO และ S-RC2-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ต่ำกว่า RC2-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีความต้องการลดปริมาณเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RC2-ASO และ S-RC2-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RC2-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RC2-ASO และ S-RC2-GA ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC2-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งในปีถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 38

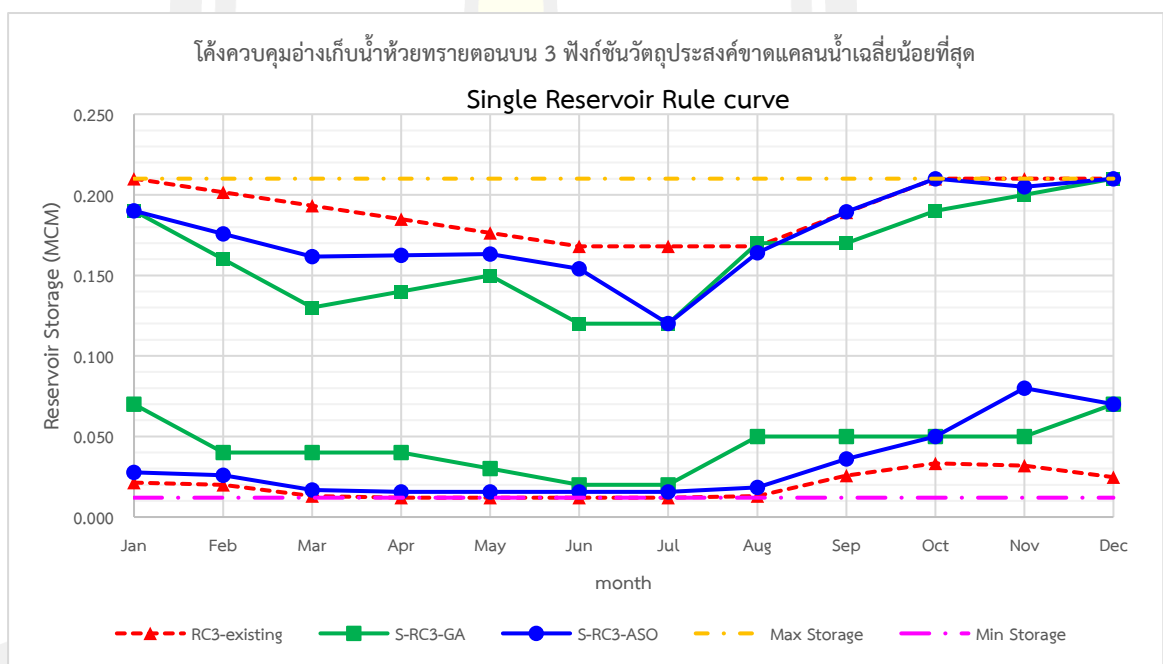


ภาพที่ 38 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้ำน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอ่วงเดี่ยว

4.1.1.4 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบอ่วงเดี่ยวพบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RC3-ASO และ S-RC3-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ต่ำกว่า RC3-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีความต้องการลดปริมาณเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RC3-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RC3-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป ส่วนโค้งควบคุม S-RC3-GA จะมีเกณฑ์เก็บกักที่ต่ำกว่า S-RC3-ASO และ RC3-existing ในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC3-GA มีความต้องการลดปริมาณเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝนส่วนในเดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม โค้งควบคุม S-RC3-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่

ใกล้เคียง S-RC3-ASO และ RC3-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RC3-ASO ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC3-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC3-ASO มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งในปีถัดไป ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RC3-GA ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนกันยายน จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า S-RC3-ASO และ RC3-existing และในช่วงเดือนพฤศจิกายนจะมีเกณฑ์เก็บกักต่ำกว่า S-RC3-ASO และสูงกว่า RC3-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC3-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ดังแสดงในภาพที่ 39



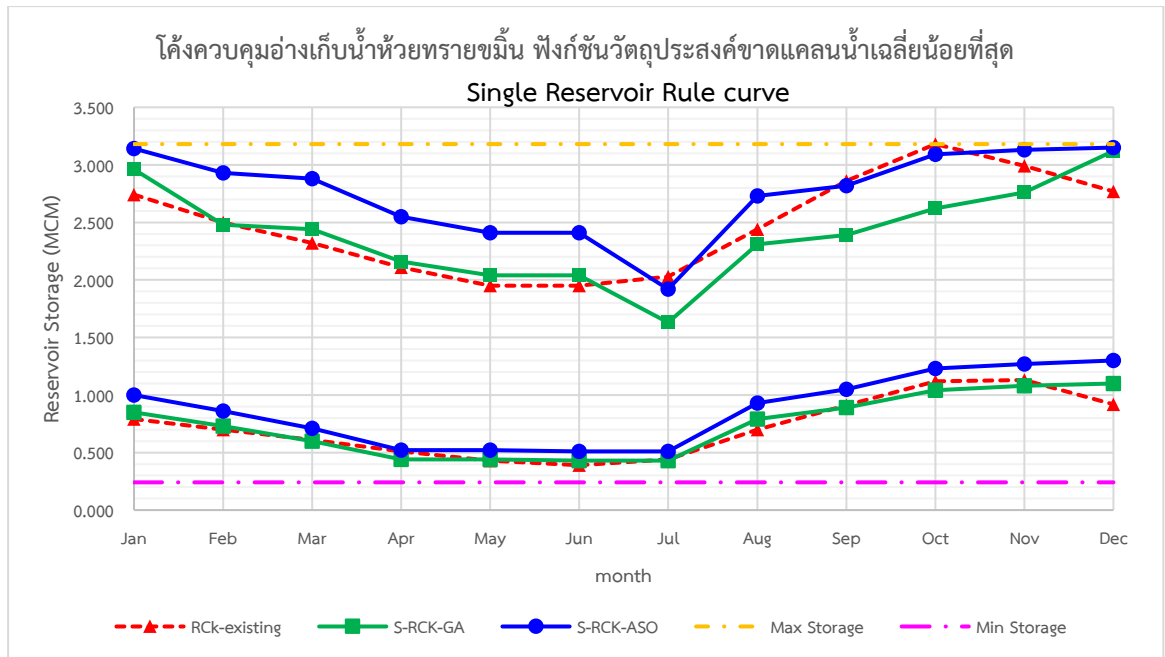
ภาพที่ 39 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอ่วงเดี่ยว

4.1.1.5 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายขมิ้น ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบอ่วงเดี่ยวพบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCK-ASO และ S-RCK-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่

สูงกว่า RCK-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCK-ASO และ S-RCK-GA มีการเตรียมน้ำสำหรับระบบชลประทานในฤดูแล้งซึ่งจะมีการใช้น้ำตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน ส่วนในช่วงเดือนกรกฎาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCK-ASO และ S-RCK-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักต่ำกว่า RCK-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCK-ASO และ S-RCK-GA มีความต้องการลดปริมาณเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ส่วนในช่วงเดือนสิงหาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCK-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า S-RCK-GA และ RCK-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCK-ASO มีความต้องการเพิ่มปริมาณเก็บกักเพื่อลดการขาดแคลนน้ำในช่วงต้นฤดูฝน ในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน มีเกณฑ์การเก็บกักใกล้เคียงกับ RCK-existing ในช่วงเดือนธันวาคม โค้งควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCK-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า โค้งควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA จะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RCK-ASO ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม จะมีเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCK-existing และ S-RCK-GA เล็กน้อย อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCK-ASO จะเพิ่มระดับเกณฑ์ขั้นต่ำสำหรับน้ำที่สำรอง เพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ดังแสดงในภาพที่ 40





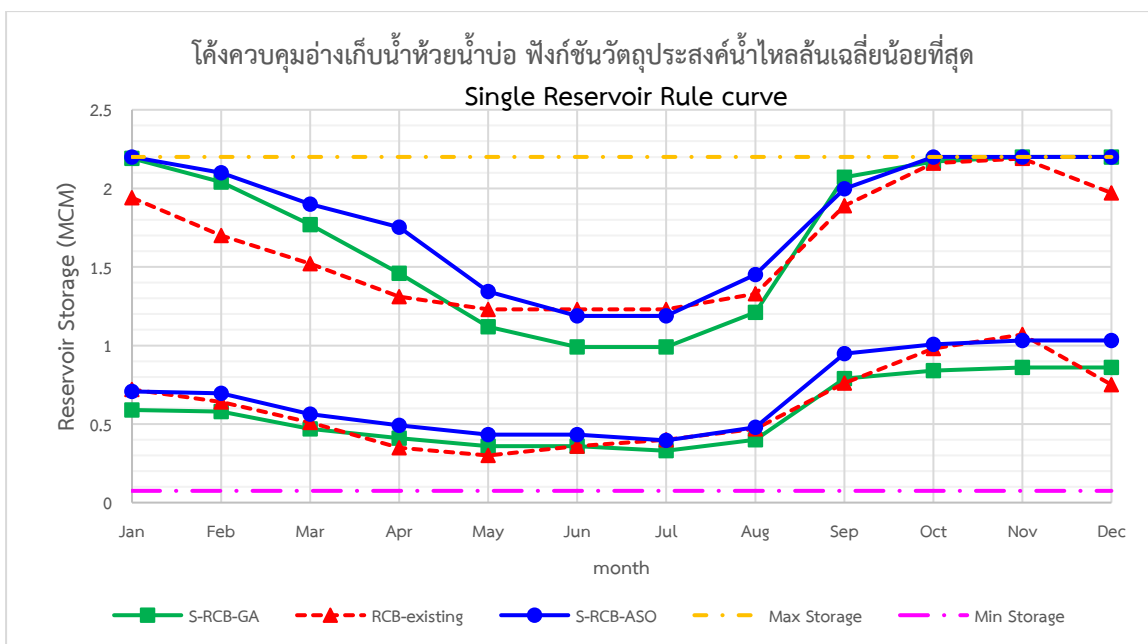
ภาพที่ 40 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายขมิ้น ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้ำที่ต่ำสุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว

4.1.2 โค้งควบคุมที่เหมาะสมที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้ำที่ต่ำสุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

โค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ซึ่งได้ประยุกต์ใช้การค้นหาโค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ 5 อ่าง คือ อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ดังแสดงในภาพที่ 41 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ดังแสดงในภาพที่ 42 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ดังแสดงในภาพที่ 43 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ดังแสดงในภาพที่ 44 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ดังแสดงในภาพที่ 45 จากการพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาเป็นค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้ำที่ต่ำสุด มีค่าปริมาณน้ำเก็บกักของโค้งควบคุมบนและโค้งควบคุมล่างดังแสดงในตารางที่ 17 ซึ่งพบว่าโค้งควบคุมใหม่ มีลักษณะรูปร่างที่ลู่ไปกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานอยู่ ซึ่งมีบางค่าที่แตกต่างกัน แต่การลู่ขึ้นลู่ลงไปในทิศทางเดียวกัน สามารถอธิบายลักษณะและรายละเอียดของแต่ละอ่างฯ ได้ดังนี้

4.1.2.1 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว พบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCB-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีการเตรียมน้ำสำหรับระบบชลประทานในฤดูแล้งซึ่งจะมีการใช้น้ำตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ส่วนในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCB-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักใกล้เคียงกับ RCB-existing และช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ต่ำกว่า S-RCB-ASO และ RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCB-GA มีความต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝนสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ หลังจากนั้นในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RCB-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป

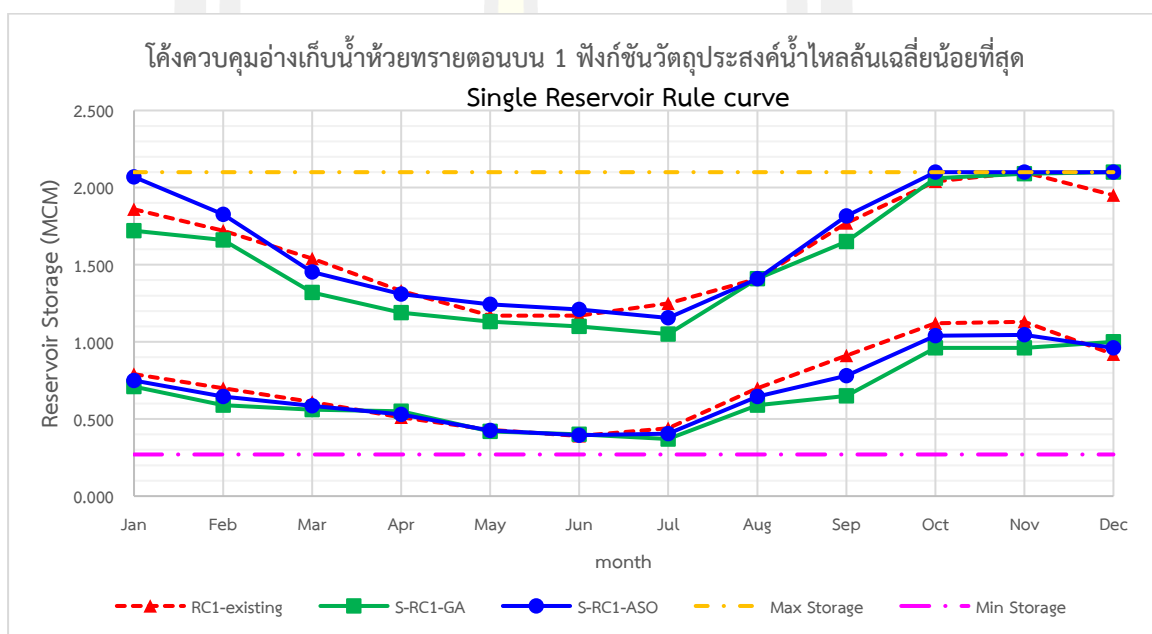
ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RCB-ASO และ S-RCB-GA ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมิถุนายน จะมีเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะเพิ่มระดับเกณฑ์ขั้นต่ำสำหรับน้ำที่สำรองไว้ใช้ในต้นฤดูฝนในช่วงเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนสิงหาคมมีความสอดคล้องกัน ส่วนในช่วงเดือนกันยายน ค่าโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้น ส่วนในช่วงเดือนตุลาคมและเดือนพฤศจิกายน มีค่าใกล้เคียงกับ RCB-existing และในช่วงเดือนธันวาคม ค่าโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ดังแสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 41 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.1.2.2 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว พบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RC1-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า S-RC1-GA และ RC1-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC1-ASO มีความต้องการเพิ่มปริมาตรเก็บกักน้ำลดการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน โค้งควบคุม S-RC1-ASO และ RC1-existing มีลักษณะใกล้เคียงกัน ส่วนในช่วงเดือนกรกฎาคม โค้งควบคุม S-RC1-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่น้อยกว่า RC1-existing และโค้งควบคุม S-RC1-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ต่ำกว่า S-RC1-GA และ RC1-existing ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่าเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RC1-ASO และ S-RC1-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RC1-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RC1-ASO , S-RC1-GA และ RC1- existing ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนกรกฎาคม จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียงกัน ส่วนในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายน โค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RC1-ASO และ S-RC1-GA อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่า RC1- existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC1-ASO และ S-RC1-GA มีความต้องการเพิ่มการระบายน้ำ เนื่องจากมีสถิติน้ำไหลลงอ่างปริมาณมากในช่วงเวลาดังกล่าว ส่วนในช่วงเดือนธันวาคม S-RC1-ASO , S-RC1-GA และ RC1- existing อยู่ในเกณฑ์เก็บกักที่ใกล้เคียงกันตามปริมาณความต้องการใช้ในช่วงฤดูแล้งที่ต่ำที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 42

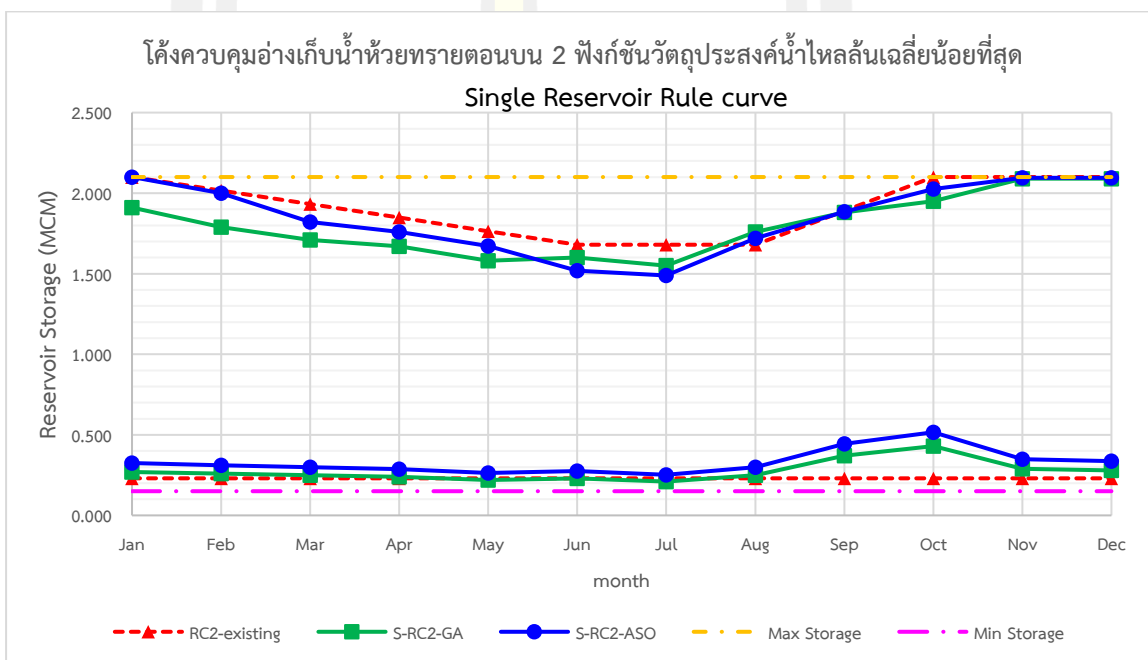


ภาพที่ 42 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.1.2.3 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบอ่างเดี่ยวพบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RC2-ASO และ S-RC2-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ต่ำกว่า RC2- existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีความต้องการลดปริมาณเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลาก

ได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RC2-ASO และ S-RC2-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RC2- existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RC2-ASO และ S-RC2-GA ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC2- existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งในปีถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 43

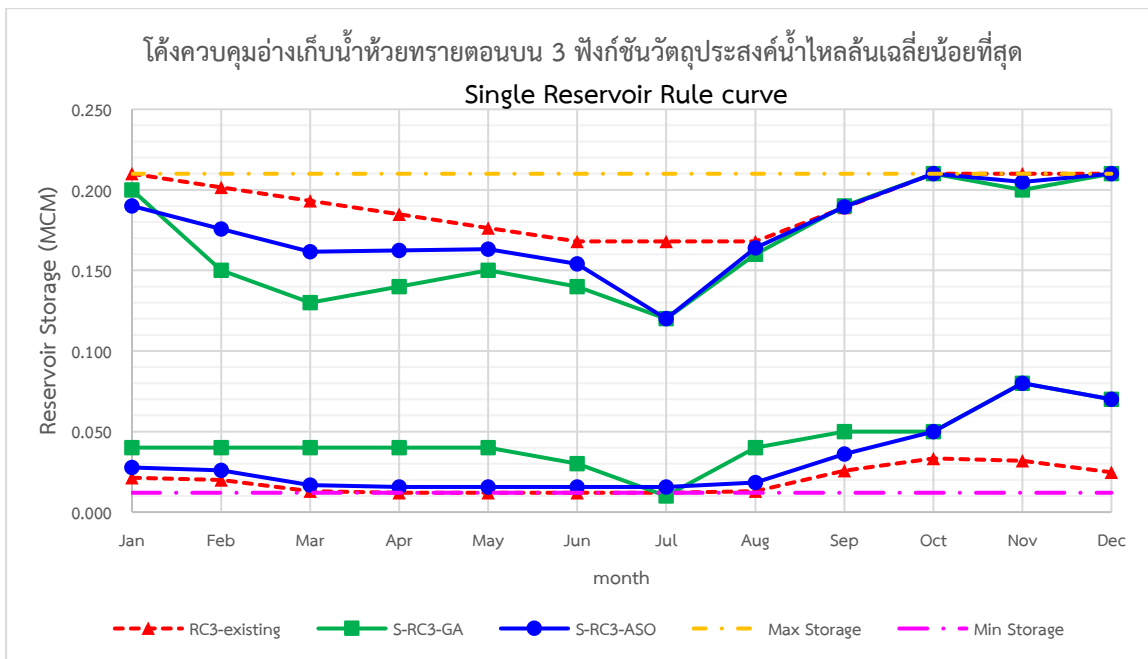


ภาพที่ 43 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.1.2.4 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบอย่างเดี่ยวพบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RC3-ASO และ S-RC3-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ต่ำกว่า RC3-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีความต้องการลดปริมาณเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกัก

น้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม โคว้ควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RC3-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RC3- existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป ส่วนคว้ควบคุม S-RC3-GA จะมีเกณฑ์เก็บกักที่ต่ำกว่า S-RC3-ASO และ RC3-existing ในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนตุลาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC3-GA มีความต้องการลดปริมาตรเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน ส่วนในเดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม โคว้ควบคุม S-RC3-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง S-RC3-ASO และ RC3-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน

ส่วนคว้ควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RC3-ASO ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC3- existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC3-ASO มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งในปีถัดไป ส่วนคว้ควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RC3-GA ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนกันยายน จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า S-RC3-ASO และ RC3- existing และในช่วงเดือนพฤศจิกายนจะมีเกณฑ์เก็บกักเท่ากับ S-RC3-ASO และสูงกว่า RC3- existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC3-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ดังแสดงในภาพที่ 44

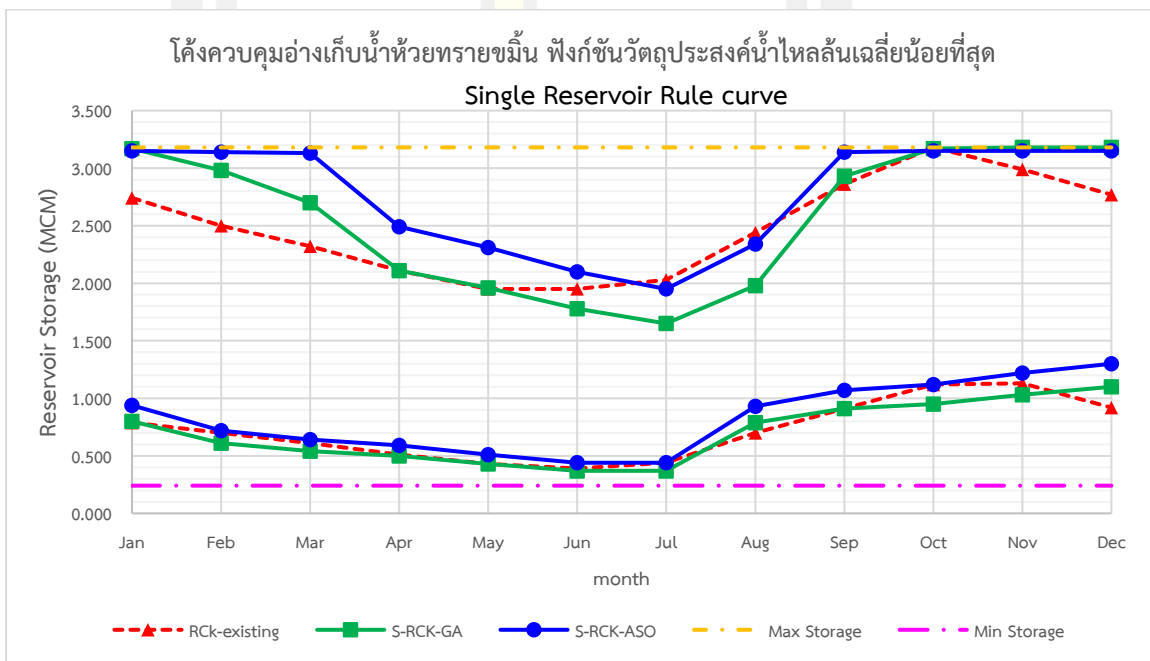


ภาพที่ 44 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.1.2.5 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบอ่างเดี่ยวพบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCK-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCK-existing และ S-RCK-GA ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCK-ASO มีการเตรียมน้ำสำหรับระบบชลประทานในฤดูแล้งซึ่งจะมีการใช้น้ำตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน ส่วนในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCK-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักต่ำกว่า RCK-existing และสูงกว่า S-RCK-GA อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCK-ASO มีความต้องการลดปริมาณเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ส่วนในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ S-RCK-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า S-RCK-GA และ RCK-existing และมีค่าเท่ากับ S-RCK-GA และ RCK-existing ในเดือนตุลาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCK-ASO มีความต้องการเพิ่มปริมาณเก็บกักเพื่อลดการขาดแคลนน้ำในช่วงต้นฤดูฝน ในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน มีเกณฑ์การเก็บกักใกล้เคียงกับ RCK-existing ในช่วงเดือน

ชั้นวาคม โค้งควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCK-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า โค้งควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA จะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ S-RCK-ASO ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม จะมีเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCK-existing และ S-RCK-GA เล็กน้อย อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RCK-ASO จะเพิ่มระดับเกณฑ์ขั้นต่ำสำหรับน้ำที่สำรอง เพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ดังแสดงในภาพที่ 45



ภาพที่ 45 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา



4.2 ผลการค้นหาคำโค้งควบคุมที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ

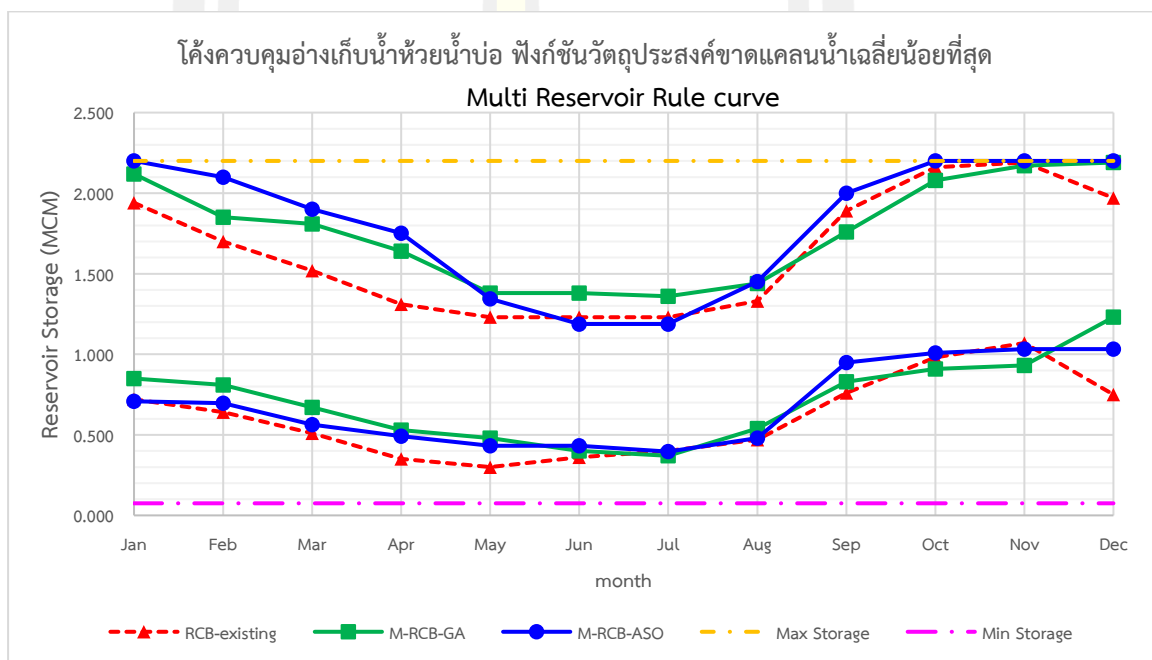
4.2.1 โค้งควบคุมที่เหมาะสมที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

โค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ซึ่งได้ประยุกต์ใช้การค้นหาโค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ 5 อ่าง คือ อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ดังแสดงในภาพที่ 46 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ดังแสดงในภาพที่ 47 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ดังแสดงในภาพที่ 48 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ดังแสดงในภาพที่ 49 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ดังแสดงในภาพที่ 50 จากการพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาเป็นค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนน้อยที่สุด มีค่าปริมาณน้ำเก็บกักของโค้งควบคุมบนและโค้งควบคุมล่างดังแสดงในตารางที่ 18 ซึ่งพบว่าโค้งควบคุมใหม่ มีลักษณะรูปร่างที่ลู่ไปกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานอยู่ ซึ่งมีบางค่าที่แตกต่างกัน แต่การลู่ขึ้นลู่ลงไปในทิศทางเดียวกัน สามารถอธิบายลักษณะและรายละเอียดของแต่ละอ่างฯ ได้ดังนี้

4.2.1.1 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ พบว่าโค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCB-ASO และ M-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCB-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีการเตรียมน้ำสำหรับระบบชลประทานในฤดูแล้งซึ่งจะมีการใช้น้ำตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ส่วนในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCB-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักใกล้เคียงกับ RCB-existing และโค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า M-RCB-ASO และ RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCB-GA มีความต้องการเพิ่มปริมาตรเก็บกักน้ำป้องกันการขาดแคลนน้ำในช่วงฝนทิ้งช่วง หลังจากนั้นในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCB-ASO และ M-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RCB-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ M-RCB-ASO และ M-RCB-GA ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมิถุนายน จะมีเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้

ได้ว่า M-RCB-ASO และ M-RCB-GA จะเพิ่มระดับเกณฑ์ขั้นต่ำสำหรับน้ำที่สำรองไว้ในต้นฤดูฝน ในช่วงเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนสิงหาคมมีความสอดคล้องกัน ส่วนในช่วงเดือนกันยายน ค่าโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ M-RCB-ASO และ M-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้น ส่วนในช่วงเดือนตุลาคมและเดือนพฤศจิกายน มีค่าใกล้เคียงกับ RCB-existing และในช่วงเดือนธันวาคม ค่าโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ M-RCB-ASO และ M-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ดังแสดงในภาพที่ 46

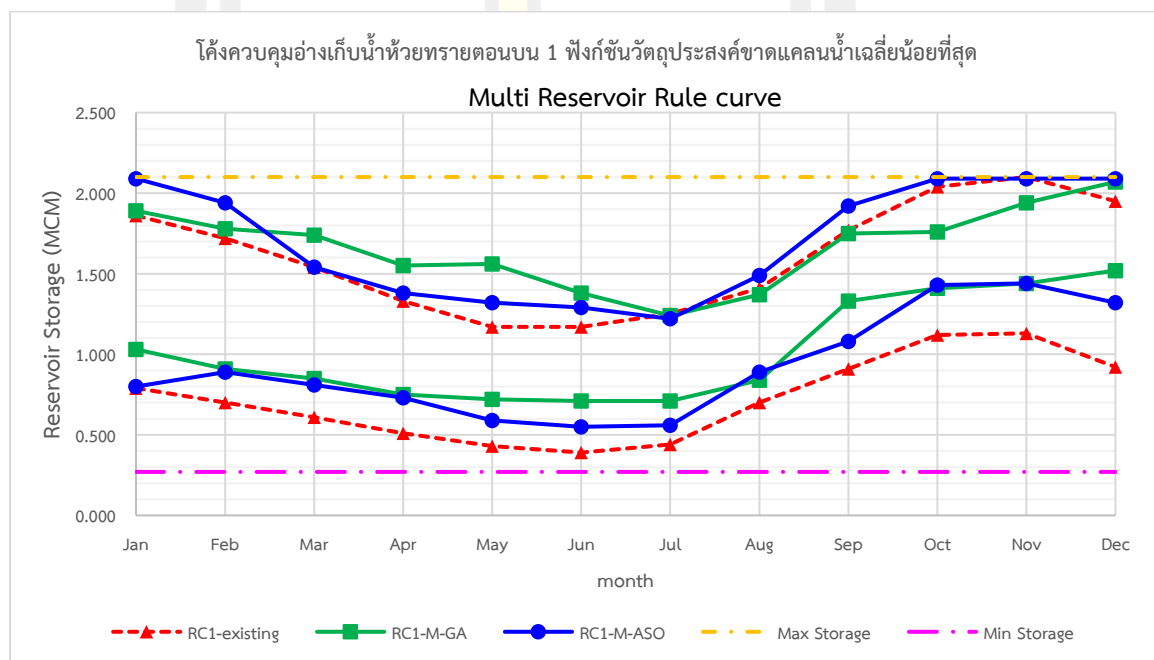


ภาพที่ 46 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้ำน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.2.1.2 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ พบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RC1-ASO และ M-RC1-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC1-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีความต้องการเพิ่มปริมาณเก็บกักน้ำลดการขาดแคลนน้ำในช่วง

ฤดูแล้ง ส่วนในช่วงเดือนมิถุนายน โค้งควบคุม M-RC1-ASO ,M-RC1-GA และ RC1-existing มีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียงกัน ส่วนในช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม โค้งควบคุม M-RC1-ASO มีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า M-RC1-GA และ RC1-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC1-ASO มีความต้องการเพิ่มปริมาณเก็บกักน้ำในช่วงท้ายของฤดูฝนให้เร็วขึ้น

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ M-RC1-ASO และ M-RC1-GA ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC1-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีความต้องการนำ้ใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งในปีถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 47

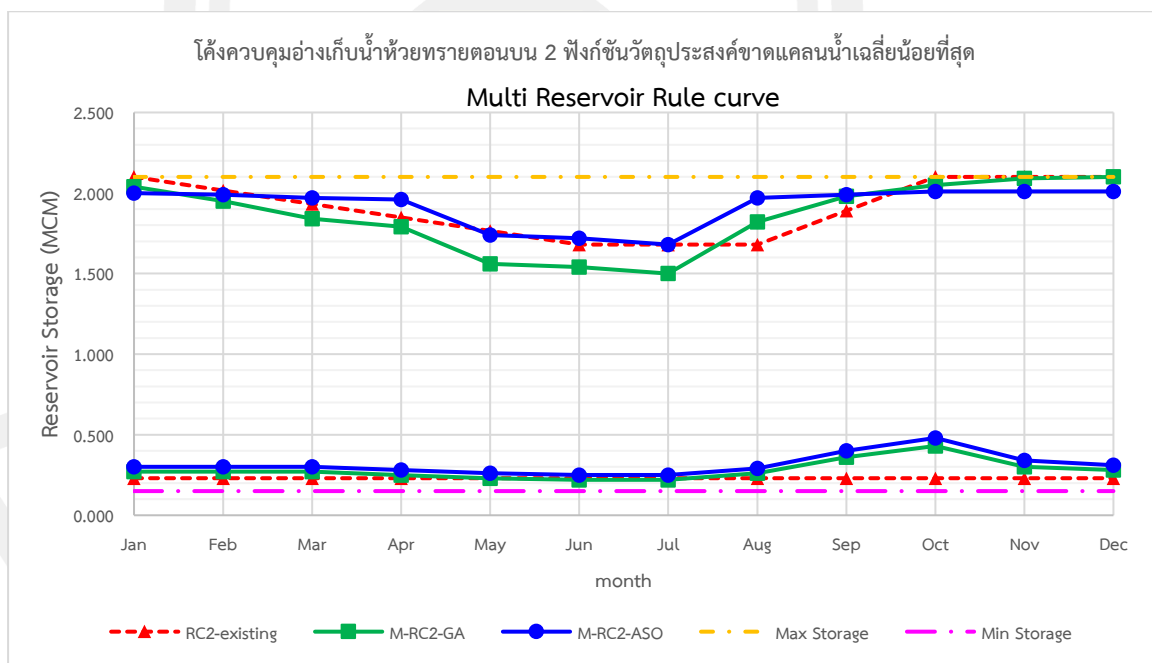


ภาพที่ 47 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้ำที่ต่ำสุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.2.1.3 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ พบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RC2-ASO และ M-RC2-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RC2-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนในเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน โค้งควบคุมตอนบนของ M-RC2-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูง

กว่า M-RC2-GA และ RC2- existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC2-ASO ความต้องการเพิ่ม ปริมาตรเก็บกักน้ำลดการขาดแคลนน้ำในช่วงท้ายของฤดูแล้ง ส่วนในช่วงของเดือนพฤษภาคมถึงเดือน กรกฎาคม โค้งควบคุมตอนบนของ M-RC2-ASO จะมีเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงกว่า M-RC2-GA แต่ ใกล้เคียงกับ RC2- existing ซึ่งเป็นช่วงพร่องน้ำเพื่อเตรียมรับน้ำหลากในฤดูฝน ส่วนช่วงเดือน สิงหาคมถึงเดือนกันยายน โค้งควบคุมตอนบนของ M-RC2-ASO และ M-RC2-GA จะมีแนวโน้ม เกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC2- existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC2-ASO และ M-RC2-GA ต้องการเพิ่มปริมาตรเก็บกักน้ำเพื่อป้องกันการขาดแคลนน้ำ และในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบนของ M-RC2-ASO ,M-RC2-GA และ RC2- existing มีเกณฑ์เก็บกักน้ำใกล้เคียง กันที่ระดับเก็บกัก เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อ ใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ M-RC2-ASO และ M-RC2-GA ในช่วงเดือน มกราคมจนถึงเดือนธันวาคม จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC2- existing อธิบายเกณฑ์ ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการ ขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งในปีถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 48

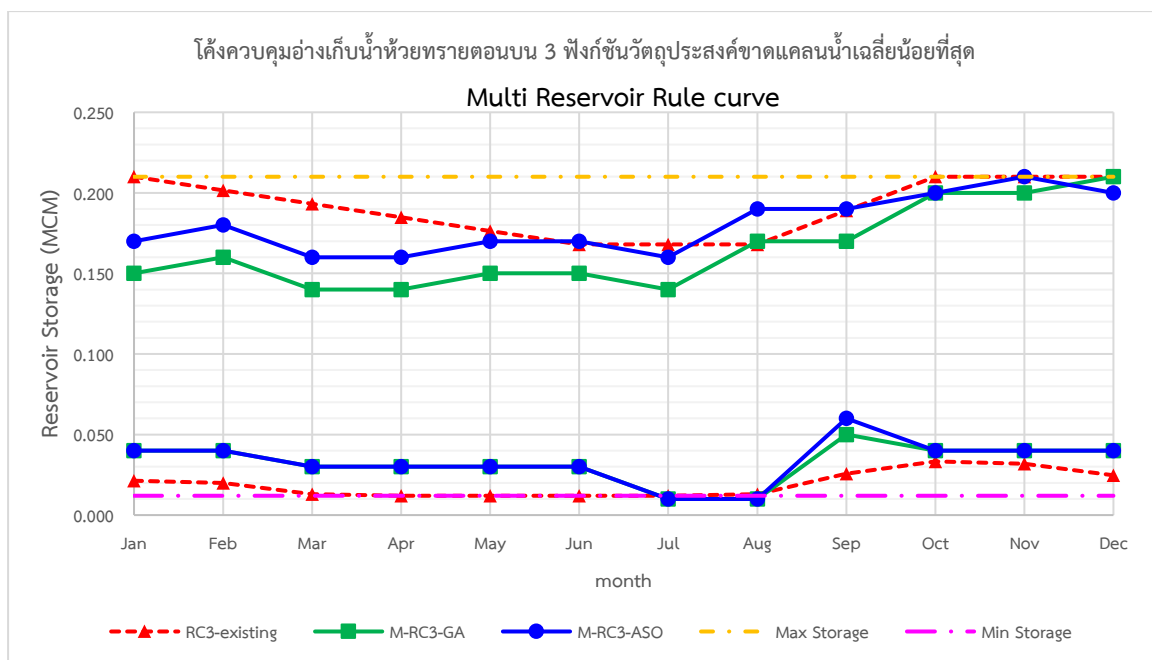


ภาพที่ 48 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ ขาดแคลนน้ำน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.2.1.4 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ พบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RC3-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ต่ำกว่า RC3-existing และสูงกว่า M-RC3-GA ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC3-ASO มีความต้องการลดปริมาณเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ส่วนในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RC3-ASO มีเกณฑ์ใกล้เคียงกับ RC3-existing และสูงกว่า M-RC3-GA และในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RC3-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RC3-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป ส่วนโค้งควบคุม M-RC3-GA จะมีเกณฑ์เก็บกักที่ต่ำกว่า M-RC3-ASO และ RC3-existing ในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนตุลาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC3-GA มีความต้องการลดปริมาณเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน ส่วนในเดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม โค้งควบคุม M-RC3-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง M-RC3-ASO และ RC3-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักใกล้เคียงกัน ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม และจะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC3-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งในปีถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 49



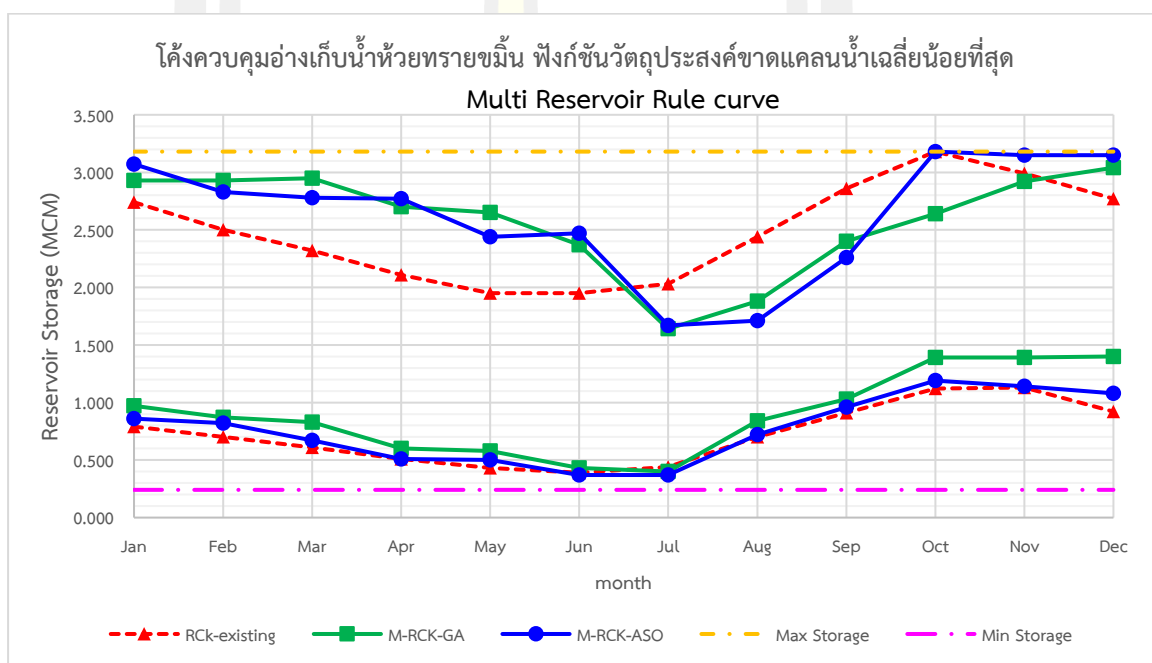


ภาพที่ 49 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้ำที่ต่ำที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.2.1.5 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายขมิ้น ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ พบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCK-ASO และ M-RCK-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCK-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCK-ASO และ M-RCK-GA มีการเตรียมน้ำสำหรับระบบชลประทานในฤดูแล้งซึ่งจะมีการใช้น้ำตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน ส่วนในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCK-ASO และ M-RCK-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักต่ำกว่า RCK-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCK-ASO มีความต้องการลดปริมาณเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ส่วนในช่วงเดือนตุลาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCK-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักเท่ากับ RCK-existing และสูงกว่า M-RCK-GA อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCK-ASO มีความต้องการเพิ่มปริมาณเก็บกักเพื่อลดการขาดแคลนน้ำในช่วงปลายฤดูฝน ส่วนในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือน

ธันวาคม โคว้ควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCK-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียงระดับเก็บกักปกติ เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน

ส่วนคว้ควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ M-RCK-ASO , M-RCK-GA และ RCK-existing ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม จะมีเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียงกัน ส่วนคว้ควบคุมตอนล่างของ M-RCK-GA ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม จะมีเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า M-RCK-ASO และ RCK-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCK-GA จะเพิ่มระดับเกณฑ์ขั้นต่ำสำหรับน้ำที่สำรอง เพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ในช่วงฤดูแล้ง ดังแสดงในภาพที่ 50



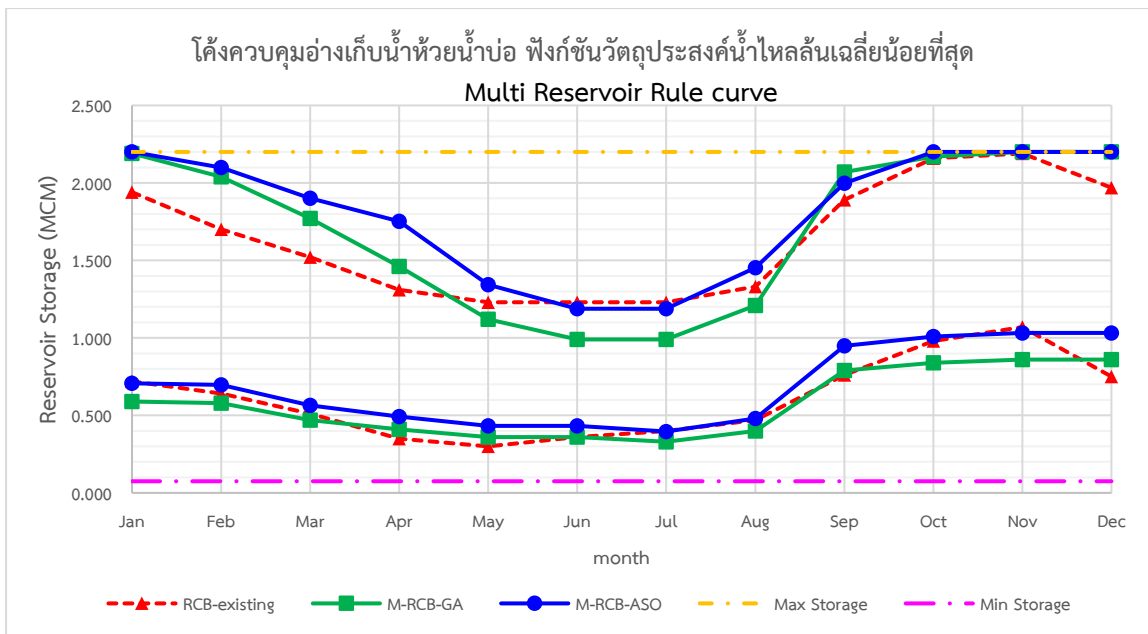
ภาพที่ 50 คว้ควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้ต่ำสุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.2.2 คว้ควบคุมที่เหมาะสมที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

คว้ควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ซึ่งได้ประยุกต์ใช้การค้นหาคว้ควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ 5 อ่าง คือ อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ดังแสดงในภาพที่ 51 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ดังแสดงในภาพที่ 52 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2

ดังแสดงในภาพที่ 53 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ดังแสดงในภาพที่ 54 และอ่างเก็บน้ำห้วยทราย
 ขมื่น ดังแสดงในภาพที่ 55 จากการพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของค้นหาเป็นค่าเฉลี่ยของการ
 ไหลล้นน้อยที่สุด มีค่าปริมาณน้ำเก็บกักของโค้งควบคุมบนและโค้งควบคุมล่างดังแสดงในตารางที่ 18
 ซึ่งพบว่าโค้งควบคุมใหม่ มีลักษณะรูปร่างที่ลู่ไปกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้งานอยู่ ซึ่งมีบางค่าที่แตกต่าง
 กัน แต่การลู่ขึ้นลู่ลงไปในทิศทางเดียวกัน สามารถอธิบายลักษณะและรายละเอียดของแต่ละอ่างฯ ได้
 ดังนี้

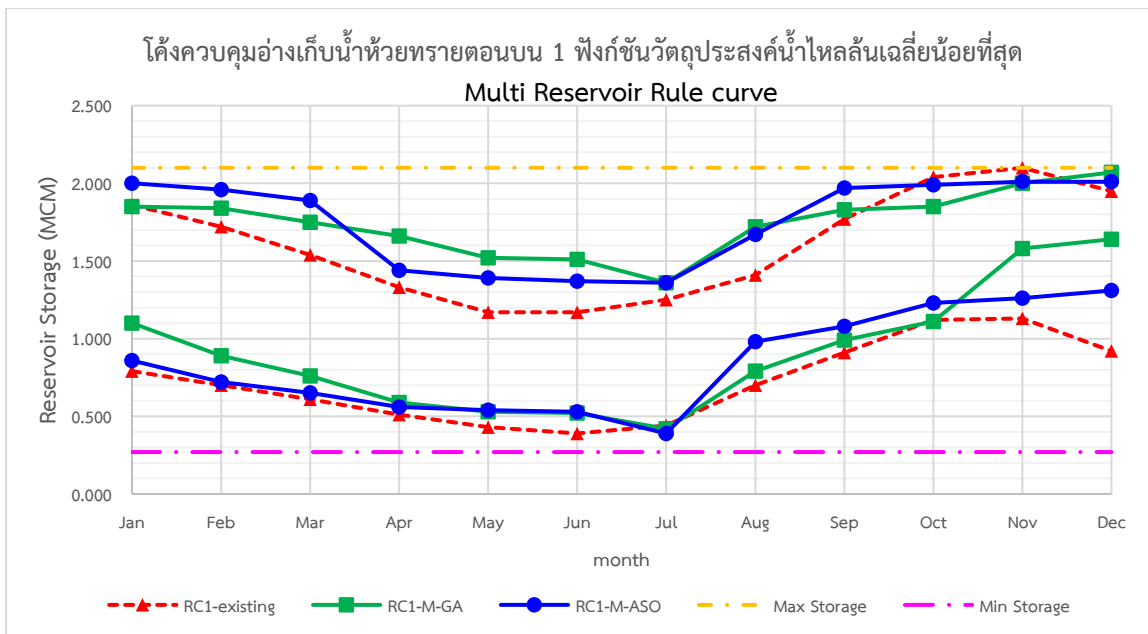
4.2.2.1 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical
 Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อ
 กับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ พบว่า
 โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCB-ASO และ M-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูง
 กว่า RCB-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-
 RCB-ASO และ M-RCB-GA มีการเตรียมน้ำสำหรับระบบชลประทานในฤดูแล้งซึ่งจะมีการใช้น้ำตั้งแต่
 เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ส่วนในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม โค้งควบคุมตอนบน
 (URC) ของ M-RCB-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักใกล้เคียงกับ RCB-existing และช่วงเดือน
 พฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคมโค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บ
 กักที่ต่ำกว่า M-RCB-ASO และ RCB-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCB-GA มีความ
 ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วง
 ฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ หลังจาก
 นั้นในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCB-ASO และ M-
 RCB-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RCB-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกัก
 น้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปี
 ถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 51



ภาพที่ 51 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.2.2.2 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ พบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RC1-ASO และ M-RC1-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC1-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีความต้องการเพิ่มปริมาตรเก็บกักน้ำลดการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ส่วนในช่วงเดือนมิถุนายน โค้งควบคุม M-RC1-ASO ,M-RC1-GA และ RC1-existing มีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียงกัน ส่วนในช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม โค้งควบคุม M-RC1-ASO มีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า M-RC1-GA และ RC1-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC1-ASO มีความต้องการเพิ่มปริมาตรเก็บกักน้ำในช่วงท้ายของฤดูฝนให้เร็วขึ้น

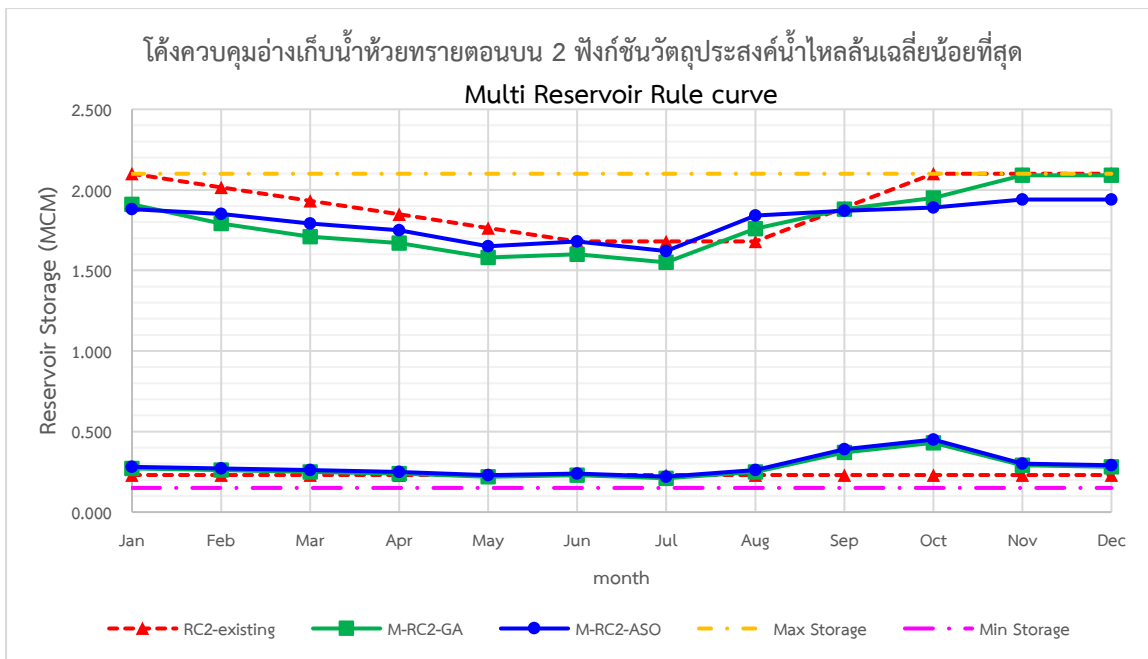
ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ M-RC1-ASO และ M-RC1-GA ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC1-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งในปีถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 52



ภาพที่ 52 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.2.2.3 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ พบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RC2-ASO และ M-RC2-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ต่ำกว่า RC2-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีความต้องการลดปริมาตรเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RC2-ASO และ M-RC2-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RC2-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ M-RC2-ASO และ M-RC2-GA ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC2-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งในปีถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 53



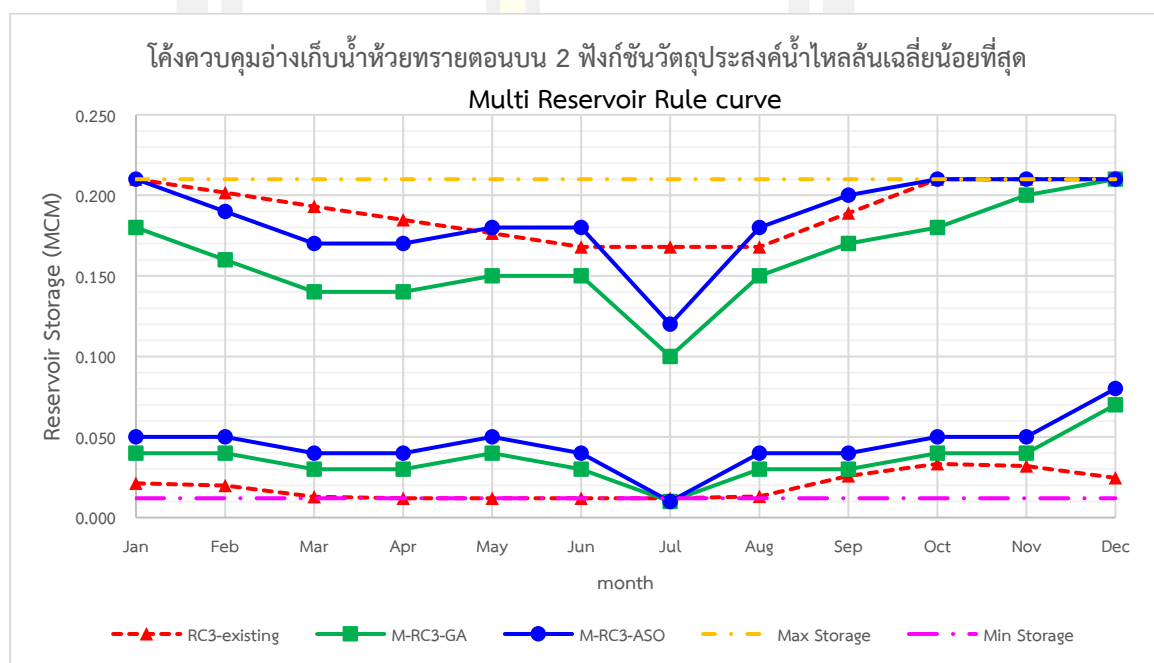
ภาพที่ 53 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.2.2.4 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ พบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RC3-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ต่ำกว่า RC3-existing และสูงกว่า M-RC3-GA ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า S-RC3-ASO มีความต้องการลดปริมาตรเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ส่วนในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RC3-ASO มีเกณฑ์ใกล้เคียงกับ RC3-existing และสูงกว่า M-RC3-GA และในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RC3-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง RC3-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน เพื่อใช้เป็นน้ำต้นทุนสำหรับการชลประทานฤดูแล้งในปีถัดไป ส่วนโค้งควบคุม M-RC3-GA จะมีเกณฑ์เก็บกักที่ต่ำกว่า M-RC3-ASO และ RC3-existing ในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนตุลาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC3-GA มีความต้องการลดปริมาตรเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน ส่วนในเดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม

โค้งควบคุม M-RC3-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียง M-RC3-ASO และ RC3-existing เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักใกล้เคียงกัน ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม และจะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RC3-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีความต้องการน้ำใช้การที่เพิ่มขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งในปีถัดไป ดังแสดงในภาพที่

54

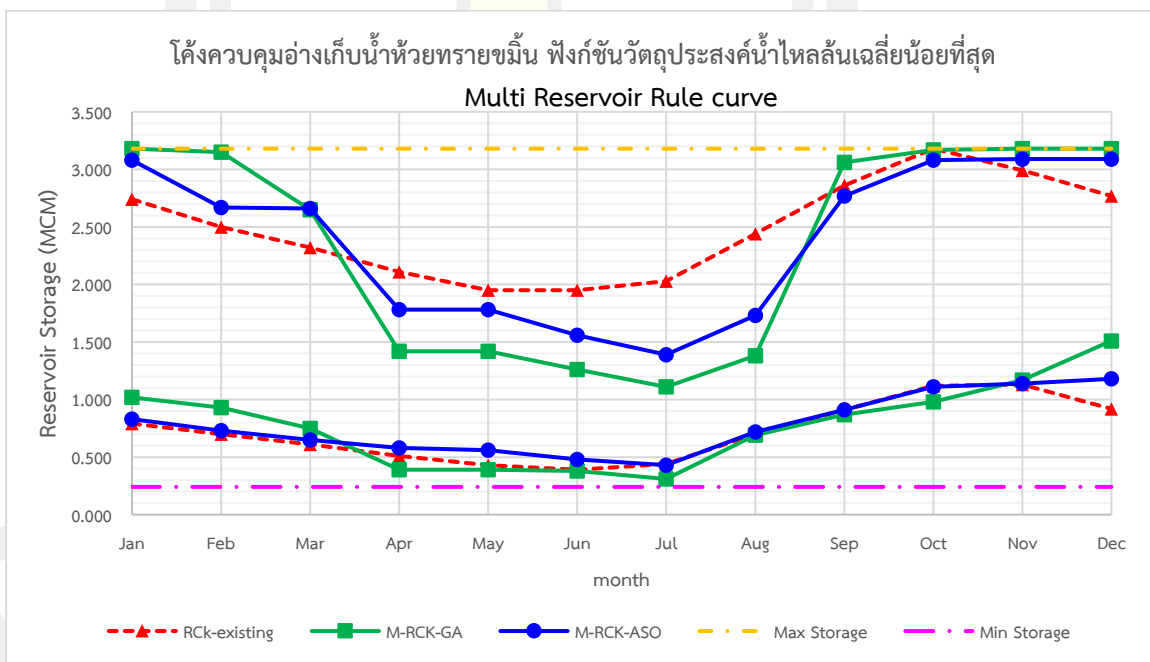


ภาพที่ 54 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

4.2.2.5 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายขมิ้น ที่สร้างจากข้อมูลในอดีต (Historical Rule Curve) ที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี ASO และวิธี GA เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ พบว่า โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCK-ASO และ M-RCK-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า RCK-existing ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCK-ASO และ M-RCK-GA มีการเตรียมน้ำสำหรับระบบชลประทานในฤดูแล้งซึ่งจะมีการใช้น้ำตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ส่วนในช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคม โค้งควบคุมตอนบน

(URC) ของ M-RCK-ASO และ M-RCK-GA จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักต่ำกว่า RCK-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCK-ASO มีความต้องการลดปริมาณเก็บกักน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน สามารถรองรับปริมาณน้ำหลากได้ดีขึ้นเพื่อลดการไหลล้นของน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ส่วนในช่วงเดือนกันยายน โค้งควบคุมตอนบน (URC) ของ M-RCK-ASO จะมีแนวโน้มเกณฑ์การเก็บกักใกล้เคียงกับ RCK-existing และ M-RCK-GA ที่ระดับเก็บกักปกติ อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCK-ASO เนื่องจากจะต้องดำเนินการเก็บกักน้ำให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน

ส่วนโค้งควบคุมตอนล่าง (LRC) ของ M-RCK-ASO , M-RCK-GA และ RCK-existing ในช่วงเดือนมกราคมจนถึงเดือนพฤศจิกายน จะมีเกณฑ์การเก็บกักที่ใกล้เคียงกัน ส่วนโค้งควบคุมตอนล่างของ M-RCK-GA ช่วงเดือนธันวาคม จะมีเกณฑ์การเก็บกักที่สูงกว่า M-RCK-ASO และ RCK-existing อธิบายเกณฑ์ในช่วงนี้ได้ว่า M-RCK-GA จะเพิ่มระดับเกณฑ์ขั้นต่ำสำหรับน้ำที่สำรอง เพื่อไม่ให้เกิดผลการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ดังแสดงในภาพที่ 55



ภาพที่ 55 โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา

ตารางที่ 16 เกณฑ์การเก็บกักน้ำที่เหมาะสมที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ปริมาณน้ำขาดแคลนน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว (หน่วย: ล้าน ลบ.ม.)

อ่างเก็บน้ำ	โครงสร้าง	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ	RCB-existing	LRC	0.720	0.640	0.510	0.350	0.300	0.360	0.400	0.470	0.760	0.980	1.070	0.750
		URC	1.940	1.700	1.520	1.310	1.230	1.230	1.230	1.330	1.890	2.160	2.190	1.970
	S-RCB-ASO	LRC	0.708	0.696	0.564	0.492	0.432	0.432	0.396	0.480	0.948	1.008	1.032	1.032
		URC	2.200	2.100	1.900	1.752	1.344	1.188	1.188	1.452	2.000	2.200	2.200	2.200
	S-RCB-GA	LRC	0.850	0.810	0.670	0.530	0.480	0.400	0.370	0.540	0.830	0.910	0.930	1.230
		URC	2.120	1.850	1.810	1.640	1.380	1.380	1.360	1.440	1.760	2.080	2.170	2.190
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน1	RC1-existing	LRC	0.790	0.700	0.610	0.510	0.430	0.390	0.440	0.700	0.910	1.120	1.130	0.920
		URC	1.860	1.720	1.540	1.330	1.170	1.170	1.250	1.410	1.770	2.040	2.100	1.950
	S-RC1-ASO	LRC	0.730	0.820	0.740	0.670	0.540	0.500	0.510	0.820	0.990	1.310	1.320	1.210
		URC	2.010	1.780	1.410	1.270	1.210	1.180	1.120	1.370	1.760	2.040	2.040	2.040
	S-RC1-GA	LRC	0.780	0.760	0.760	0.640	0.570	0.490	0.460	0.850	1.020	1.250	1.270	1.320
		URC	1.830	1.700	1.520	1.390	1.280	1.210	1.040	1.480	1.690	2.010	2.060	2.080
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน2	RC2-existing	LRC	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230
		URC	2.100	2.016	1.932	1.848	1.764	1.680	1.680	1.680	1.890	2.100	2.100	2.100
	S-RC2-ASO	LRC	0.300	0.300	0.300	0.280	0.260	0.240	0.240	0.290	0.400	0.480	0.330	0.310
		URC	1.960	1.870	1.760	1.720	1.500	1.480	1.440	1.750	1.900	1.970	2.000	2.010
	S-RC2-GA	LRC	0.270	0.270	0.270	0.250	0.230	0.220	0.220	0.260	0.360	0.430	0.300	0.280
		URC	2.040	1.950	1.840	1.790	1.560	1.540	1.500	1.820	1.980	2.050	2.090	2.100
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน3	RC3-existing	LRC	0.021	0.020	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.013	0.026	0.033	0.032	0.025
		URC	0.210	0.202	0.193	0.185	0.176	0.168	0.168	0.168	0.189	0.210	0.210	0.210
	S-RC3-ASO	LRC	0.028	0.026	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.018	0.036	0.050	0.080	0.070
		URC	0.190	0.176	0.162	0.162	0.163	0.154	0.120	0.164	0.190	0.210	0.205	0.210
	S-RC3-GA	LRC	0.070	0.040	0.040	0.040	0.030	0.020	0.020	0.050	0.050	0.050	0.050	0.070
		URC	0.190	0.160	0.130	0.140	0.150	0.120	0.120	0.170	0.170	0.190	0.200	0.210
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น	RCk-existing	LRC	0.790	0.700	0.610	0.510	0.430	0.390	0.440	0.700	0.910	1.120	1.130	0.920
		URC	2.740	2.500	2.320	2.110	1.950	1.950	2.030	2.440	2.860	3.180	2.990	2.770
	S-RCK-ASO	LRC	1.000	0.860	0.710	0.520	0.520	0.510	0.510	0.930	1.050	1.230	1.270	1.300
		URC	3.140	2.930	2.880	2.550	2.410	2.410	1.920	2.730	2.820	3.090	3.130	3.150
	S-RCK-GA	LRC	0.850	0.730	0.600	0.440	0.440	0.430	0.430	0.790	0.890	1.040	1.080	1.100
		URC	2.960	2.480	2.440	2.160	2.040	2.040	1.630	2.310	2.390	2.620	2.760	3.120

ตารางที่ 17 เกณฑ์การเก็บกักน้ำที่เหมาะสมที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าปริมาณการไหลสั้นเฉลี่ยน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบอ่างเดียว (หน่วย: ล้าน ลบ.ม.)

อ่างเก็บน้ำ	โครงสร้าง	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ	RCB-existing	LRC	0.720	0.640	0.510	0.350	0.300	0.360	0.400	0.470	0.760	0.980	1.070	0.750
		URC	1.940	1.700	1.520	1.310	1.230	1.230	1.230	1.330	1.890	2.160	2.190	1.970
	S-RCB-ASO	LRC	0.708	0.696	0.564	0.492	0.432	0.432	0.396	0.480	0.948	1.008	1.032	1.032
		URC	2.200	2.100	1.900	1.752	1.344	1.188	1.188	1.452	1.998	2.200	2.200	2.200
	S-RCB-GA	LRC	0.590	0.580	0.470	0.410	0.360	0.360	0.330	0.400	0.790	0.840	0.860	0.860
		URC	2.190	2.040	1.770	1.460	1.120	0.990	0.990	1.210	2.070	2.170	2.200	2.200
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน1	RC1-existing	LRC	0.790	0.700	0.610	0.510	0.430	0.390	0.440	0.700	0.910	1.120	1.130	0.920
		URC	1.860	1.720	1.540	1.330	1.170	1.170	1.250	1.410	1.770	2.040	2.100	1.950
	S-RC1-ASO	LRC	0.750	0.645	0.585	0.530	0.425	0.395	0.405	0.645	0.780	1.040	1.045	0.960
		URC	2.070	1.826	1.452	1.309	1.243	1.210	1.155	1.410	1.815	2.100	2.100	2.100
	S-RC1-GA	LRC	0.710	0.590	0.560	0.550	0.420	0.400	0.370	0.590	0.650	0.960	0.960	1.000
		URC	1.720	1.660	1.320	1.190	1.130	1.100	1.050	1.410	1.650	2.060	2.090	2.100
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน2	RC2-existing	LRC	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230
		URC	2.100	2.016	1.932	1.848	1.764	1.680	1.680	1.680	1.890	2.100	2.100	2.100
	S-RC2-ASO	LRC	0.324	0.312	0.300	0.288	0.264	0.276	0.252	0.300	0.444	0.516	0.348	0.336
		URC	2.100	2.000	1.821	1.759	1.672	1.520	1.489	1.720	1.885	2.025	2.095	2.095
	S-RC2-GA	LRC	0.270	0.260	0.250	0.240	0.220	0.230	0.210	0.250	0.370	0.430	0.290	0.280
		URC	1.910	1.790	1.710	1.670	1.580	1.600	1.550	1.760	1.880	1.950	2.090	2.090
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน3	RC3-existing	LRC	0.021	0.020	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.013	0.026	0.033	0.032	0.025
		URC	0.210	0.202	0.193	0.185	0.176	0.168	0.168	0.168	0.189	0.210	0.210	0.210
	S-RC3-ASO	LRC	0.028	0.026	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.018	0.036	0.050	0.080	0.070
		URC	0.190	0.176	0.162	0.162	0.163	0.154	0.120	0.164	0.190	0.210	0.205	0.210
	S-RC3-GA	LRC	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.030	0.010	0.040	0.050	0.050	0.080	0.070
		URC	0.200	0.150	0.130	0.140	0.150	0.140	0.120	0.160	0.190	0.210	0.200	0.210
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น	RCk-existing	LRC	0.790	0.700	0.610	0.510	0.430	0.390	0.440	0.700	0.910	1.120	1.130	0.920
		URC	2.740	2.500	2.320	2.110	1.950	1.950	2.030	2.440	2.860	3.180	2.990	2.770
	S-RCk-ASO	LRC	0.940	0.720	0.640	0.590	0.510	0.440	0.440	0.930	1.070	1.120	1.220	1.300
		URC	3.150	3.140	3.130	2.490	2.310	2.100	1.950	2.340	3.140	3.150	3.150	3.150
	S-RCk-GA	LRC	0.800	0.610	0.540	0.500	0.430	0.370	0.370	0.790	0.910	0.950	1.030	1.100
		URC	3.170	2.980	2.700	2.110	1.960	1.780	1.650	1.980	2.930	3.170	3.180	3.180

ตารางที่ 18 เกณฑ์การเก็บกักน้ำที่เหมาะสมที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ปริมาณน้ำขาดแคลนน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ (หน่วย: ล้าน ลบ.ม.)

อ่างเก็บน้ำ	โครงสร้าง	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ	RCB-existing	LRC	0.720	0.640	0.510	0.350	0.300	0.360	0.400	0.470	0.760	0.980	1.070	0.750
		URC	1.940	1.700	1.520	1.310	1.230	1.230	1.230	1.330	1.890	2.160	2.190	1.970
	M-RCB-ASO	LRC	0.708	0.696	0.564	0.492	0.432	0.432	0.396	0.480	0.948	1.008	1.032	1.032
		URC	2.200	2.100	1.900	1.752	1.344	1.188	1.188	1.452	2.000	2.200	2.200	2.200
	M-RCB-GA	LRC	0.850	0.810	0.670	0.530	0.480	0.400	0.370	0.540	0.830	0.910	0.930	1.230
		URC	2.120	1.850	1.810	1.640	1.380	1.380	1.360	1.440	1.760	2.080	2.170	2.190
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน1	RC1-existing	LRC	0.790	0.700	0.610	0.510	0.430	0.390	0.440	0.700	0.910	1.120	1.130	0.920
		URC	1.860	1.720	1.540	1.330	1.170	1.170	1.250	1.410	1.770	2.040	2.100	1.950
	M-RC1-ASO	LRC	0.800	0.890	0.810	0.730	0.590	0.550	0.560	0.890	1.080	1.430	1.440	1.320
		URC	2.090	1.940	1.540	1.380	1.320	1.290	1.220	1.490	1.920	2.090	2.090	2.090
	M-RC1-GA	LRC	1.030	0.910	0.850	0.750	0.720	0.710	0.710	0.840	1.330	1.410	1.440	1.520
		URC	1.890	1.780	1.740	1.550	1.560	1.380	1.240	1.370	1.750	1.760	1.940	2.070
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน2	RC2-existing	LRC	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230
		URC	2.100	2.016	1.932	1.848	1.764	1.680	1.680	1.680	1.890	2.100	2.100	2.100
	M-RC2-ASO	LRC	0.300	0.300	0.300	0.280	0.260	0.250	0.250	0.290	0.400	0.480	0.340	0.310
		URC	2.000	1.990	1.970	1.960	1.740	1.720	1.680	1.970	1.990	2.010	2.010	2.010
	M-RC2-GA	LRC	0.270	0.270	0.270	0.250	0.230	0.220	0.220	0.260	0.360	0.430	0.300	0.280
		URC	2.040	1.950	1.840	1.790	1.560	1.540	1.500	1.820	1.980	2.050	2.090	2.100
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน3	RC3-existing	LRC	0.021	0.020	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.013	0.026	0.033	0.032	0.025
		URC	0.210	0.202	0.193	0.185	0.176	0.168	0.168	0.168	0.189	0.210	0.210	0.210
	M-RC3-ASO	LRC	0.040	0.040	0.030	0.030	0.030	0.030	0.010	0.010	0.060	0.040	0.040	0.040
		URC	0.170	0.180	0.160	0.160	0.170	0.170	0.160	0.190	0.190	0.200	0.210	0.200
	M-RC3-GA	LRC	0.040	0.040	0.030	0.030	0.030	0.030	0.010	0.010	0.050	0.040	0.040	0.040
		URC	0.150	0.160	0.140	0.140	0.150	0.150	0.140	0.170	0.170	0.200	0.200	0.210
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น	RCk-existing	LRC	0.790	0.700	0.610	0.510	0.430	0.390	0.440	0.700	0.910	1.120	1.130	0.920
		URC	2.740	2.500	2.320	2.110	1.950	1.950	2.030	2.440	2.860	3.180	2.990	2.770
	M-RCK-ASO	LRC	0.860	0.820	0.670	0.510	0.500	0.370	0.370	0.720	0.960	1.190	1.140	1.080
		URC	3.070	2.830	2.780	2.770	2.440	2.470	1.670	1.710	2.260	3.180	3.150	3.150
	M-RCK-GA	LRC	0.970	0.870	0.830	0.600	0.580	0.430	0.400	0.840	1.030	1.390	1.390	1.400
		URC	2.930	2.930	2.950	2.700	2.650	2.370	1.640	1.880	2.400	2.640	2.920	3.040

ตารางที่ 19 เกณฑ์การเก็บกักน้ำที่เหมาะสมที่ได้จาก ASO และ GA กรณีใช้ค่าปริมาณการไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหา กรณีพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ (หน่วย: ล้าน ลบ.ม.)

อ่างเก็บน้ำ	โครงสร้าง	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ	RCB-existing	LRC	0.720	0.640	0.510	0.350	0.300	0.360	0.400	0.470	0.760	0.980	1.070	0.750
		URC	1.940	1.700	1.520	1.310	1.230	1.230	1.230	1.330	1.890	2.160	2.190	1.970
	M-RCB-ASO	LRC	0.708	0.696	0.564	0.492	0.432	0.432	0.396	0.480	0.948	1.008	1.032	1.032
		URC	2.200	2.100	1.900	1.752	1.344	1.188	1.188	1.452	1.998	2.200	2.200	2.200
	M-RCB-GA	LRC	0.590	0.580	0.470	0.410	0.360	0.360	0.330	0.400	0.790	0.840	0.860	0.860
		URC	2.190	2.040	1.770	1.460	1.120	0.990	0.990	1.210	2.070	2.170	2.200	2.200
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน1	RC1-existing	LRC	0.790	0.700	0.610	0.510	0.430	0.390	0.440	0.700	0.910	1.120	1.130	0.920
		URC	1.860	1.720	1.540	1.330	1.170	1.170	1.250	1.410	1.770	2.040	2.100	1.950
	M-RC1-ASO	LRC	0.860	0.720	0.650	0.560	0.540	0.530	0.390	0.980	1.080	1.230	1.260	1.310
		URC	2.000	1.960	1.890	1.440	1.390	1.370	1.360	1.670	1.970	1.990	2.010	2.010
	M-RC1-GA	LRC	1.100	0.890	0.760	0.590	0.530	0.520	0.420	0.790	0.990	1.110	1.580	1.640
		URC	1.850	1.840	1.750	1.660	1.520	1.510	1.360	1.720	1.830	1.850	2.000	2.070
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน2	RC2-existing	LRC	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230
		URC	2.100	2.016	1.932	1.848	1.764	1.680	1.680	1.680	1.890	2.100	2.100	2.100
	M-RC2-ASO	LRC	0.280	0.270	0.260	0.250	0.230	0.240	0.220	0.260	0.390	0.450	0.300	0.290
		URC	1.880	1.850	1.790	1.750	1.650	1.680	1.620	1.840	1.870	1.890	1.940	1.940
	M-RC2-GA	LRC	0.270	0.260	0.250	0.240	0.220	0.230	0.210	0.250	0.370	0.430	0.290	0.280
		URC	1.910	1.790	1.710	1.670	1.580	1.600	1.550	1.760	1.880	1.950	2.090	2.090
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน3	RC3-existing	LRC	0.021	0.020	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.013	0.026	0.033	0.032	0.025
		URC	0.210	0.202	0.193	0.185	0.176	0.168	0.168	0.168	0.189	0.210	0.210	0.210
	M-RC3-ASO	LRC	0.050	0.050	0.040	0.040	0.050	0.040	0.010	0.040	0.040	0.050	0.050	0.080
		URC	0.210	0.190	0.170	0.170	0.180	0.180	0.120	0.180	0.200	0.210	0.210	0.210
	M-RC3-GA	LRC	0.040	0.040	0.030	0.030	0.040	0.030	0.010	0.030	0.030	0.040	0.040	0.070
		URC	0.180	0.160	0.140	0.140	0.150	0.150	0.100	0.150	0.170	0.180	0.200	0.210
อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น	RCk-existing	LRC	0.790	0.700	0.610	0.510	0.430	0.390	0.440	0.700	0.910	1.120	1.130	0.920
		URC	2.740	2.500	2.320	2.110	1.950	1.950	2.030	2.440	2.860	3.180	2.990	2.770
	M-RCK-ASO	LRC	0.830	0.730	0.650	0.580	0.560	0.480	0.430	0.720	0.910	1.110	1.140	1.180
		URC	3.080	2.670	2.660	1.780	1.780	1.560	1.390	1.730	2.770	3.080	3.090	3.090
	M-RCK-GA	LRC	1.020	0.930	0.750	0.390	0.390	0.380	0.310	0.690	0.870	0.980	1.170	1.510
		URC	3.180	3.150	2.650	1.420	1.420	1.260	1.110	1.380	3.060	3.170	3.180	3.180

4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม

4.3.1 ผลการประเมินโดยการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยพิจารณาจากความถี่ ปริมาณ ระยะเวลาการขาดแคลนน้ำ และระยะเวลาการไหลล้น จาก RC-Existing, RC-ASO และ RC-GA การประเมินประสิทธิภาพในครั้งนี้จะนำโค้งควบคุมทั้งหมดจากทั้ง 5 อ่างมาทำการประเมินโดยการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในสถานการณ์ต่าง ๆ 4 กรณี คือ การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม กรณีใช้ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนจากอดีต การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม กรณีใช้ข้อมูลน้ำท่าอดีตรายเดือนสังเคราะห์ จำนวน 1,000 ชุดเหตุการณ์ การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม กรณีข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในอดีต ในปีน้ำมาก น้ำน้อย และน้ำเฉลี่ย และการประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม กรณีเพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำ ส่งผลให้ความต้องการใช้น้ำชลประทานเพิ่มมากขึ้น

4.3.1.1 การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมกรณีใช้ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนจากอดีต จะทำการประเมินจากโค้งควบคุมที่พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว และพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ และเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

1) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 20 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม S-RCB-ASO, S-RCB-GA มีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ทั้งในด้านสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ไหลล้น โดยโค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.375 ครั้งต่อปี และ 0.438 ครั้งต่อปีตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า โค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.500 ครั้งต่อปี โค้งควบคุม S-RCB-ASO มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.375 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing และ S-RCB-GA ที่มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.625 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.938 ครั้งต่อปี ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 1 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 4.000 ล้าน ลบ.ม. และ 4.015 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 4.027 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA

นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การขาดแคลนน้ำและไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RCB-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีตของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 21 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม S-RC1-ASO, S-RC1-GA และ RC1-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RC1-ASO, S-RC1-GA และ RC1-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.688 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.596 ล้าน ลบ.ม. และ 0.589 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.617 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RC1-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 22 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม S-RC2-ASO, S-RC2-GA และ RC2-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RC2-ASO, S-RC2-GA และ RC2-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.625 ครั้งต่อปี โค้งควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.245 ล้าน ลบ.ม. และ 0.242 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.277 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RC2-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 23 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม S-RC3-ASO, S-RC3-GA และ RC3-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ

สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น ไค้คงควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.750 ครั้งต่อปี ซึ่งน้อยกว่าไค้คงควบคุม RC3-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.813 ครั้งต่อปี และไค้คงควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.372 ล้าน ลบ.ม. และ 0.343 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าไค้คงควบคุม RC3-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.402 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าไค้คงควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าไค้คงควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RC3-existing

ผลการประเมินไค้คงควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 24 พบว่า ประสิทธิภาพของไค้คงควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต ไค้คงควบคุม S-RCK-ASO, S-RCK-GA และ RCK-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น ไค้คงควบคุม S-RCK-ASO , S-RCK-GA และ RCK-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 1 ครั้งต่อปี และไค้คงควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.635 ล้าน ลบ.ม. และ 45.668 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าไค้คงควบคุม RCK-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.788 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าไค้คงควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าไค้คงควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RCK-existing

ตารางที่ 20 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCB-ASO, S-RCB-GA)

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RCB-existing	0.500	0.625	3.000	1.750	3.000
	S-RCB-ASO	0.375	0.375	1.000	1.500	2.000
	S-RCB-GA	0.438	0.625	2.000	1.600	3.000
ไหลล้น	RCB-existing	1.000	4.027	16.526	16.000	16.000
	S-RCB-ASO	0.938	4.000	16.661	7.500	14.000
	S-RCB-GA	0.938	4.015	16.670	7.500	14.000

ตารางที่ 21 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC1-ASO, S-RC1-GA)

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC1-existing	0.688	0.617	3.703	3.667	5.000
	S-RC1-ASO	0.688	0.596	3.683	3.667	5.000
	S-RC1-GA	0.688	0.589	3.711	3.667	5.000

ตารางที่ 22 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC2-ASO, S-RC2-GA)

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC2-existing	0.625	0.277	0.829	2.500	5.000
	S-RC2-ASO	0.625	0.245	0.707	2.500	5.000
	S-RC2-GA	0.625	0.242	0.677	2.500	5.000

ตารางที่ 23 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC3-ASO, S-RC3-GA)

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC3-existing	0.813	0.402	0.983	4.333	11.000
	S-RC3-ASO	0.750	0.372	0.930	6.000	11.000
	S-RC3-GA	0.750	0.343	0.916	6.000	11.000

ตารางที่ 24 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA)

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RCK-existing	1.000	45.788	90.945	16.000	16.000
	S-RCK-ASO	1.000	45.635	90.553	16.000	16.000
	S-RCK-GA	1.000	45.668	90.607	16.000	16.000

2) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

ผลการประเมินโครงการควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 25 พบว่า ประสิทธิภาพของโครงการควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โครงการควบคุม S-RCK-ASO, S-RCK-GA มีประสิทธิภาพดีกว่าโครงการควบคุม RCB-existing ทั้งในด้านสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ไหลล้น โดย S-RCK-ASO และ S-RCK-GA มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.438 ครั้งต่อปี และ 0.375 ครั้งต่อปีตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.500 ครั้งต่อปี โครงการควบคุม S-RCK-ASO มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.625 ล้าน ลบ.ม. เท่ากับโครงการควบคุม RCB-existing และ S-RCK-GA ที่มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.500 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โครงการควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.938 ครั้งต่อปี ซึ่งน้อยกว่า RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 1 ครั้งต่อปี โครงการควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.949 ล้าน ลบ.ม. และ 3.975 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโครงการควบคุม RCB-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 4.027 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโครงการควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์ น้ำปกติ สามารถลดความถี่ของการขาดแคลนน้ำและไหลล้นได้ดีกว่าโครงการควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RCB-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่าย อ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทราย ตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 26 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทราย ตอนบน 1 ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม S-RC1-ASO, S-RC1-GA และ RC1-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RC1-ASO, S-RC1-GA และ RC1-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.688 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.596 ล้าน ลบ.ม. และ 0.609 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่ง น้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.617 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์ เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และ เหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งาน อยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RC1-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่าย อ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทราย ตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 27 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทราย ตอนบน 2 ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม S-RC2-ASO, S-RC2-GA และ RC2-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RC2-ASO, S-RC2-GA และ RC2-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.625 ครั้งต่อปี โค้งควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.232 ล้าน ลบ.ม. และ 0.261 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.277 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้ สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสม กับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ใน ช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RC2-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่าย อ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทราย ตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 28 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทราย ตอนบน 3 ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม S-RC3-ASO, S-RC3-GA และ RC3-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มี ค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.750 ครั้งต่อปี ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ที่มี

ค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.813 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.330 ล้าน ลบ.ม. และ 0.333 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.402 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RC3-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 29 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม S-RCK-ASO, S-RCK-GA และ RCK-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RCK-ASO , S-RCK-GA และ RCK-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 1 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.602 ล้าน ลบ.ม. และ 45.562 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCK-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.788 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RCK-existing

ตารางที่ 25 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) ที่พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCB-ASO, S-RCB-GA)

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RCB-existing	0.500	0.625	3.000	1.750	3.000
	S-RCB-ASO	0.438	0.625	3.000	1.750	3.000
	S-RCB-GA	0.375	0.500	3.000	1.500	2.000
ไหลล้น	RCB-existing	1.000	4.027	16.526	16.000	16.000
	S-RCB-ASO	0.938	3.949	16.560	7.500	14.000
	S-RCB-GA	0.938	3.975	16.625	7.500	14.000

ตารางที่ 26 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC1-ASO, S-RC1-GA)

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC1-existing	0.688	0.617	3.703	3.667	5.000
	S-RC1-ASO	0.688	0.596	3.683	3.667	5.000
	S-RC1-GA	0.688	0.609	3.625	3.667	5.000

ตารางที่ 27 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC2-ASO, S-RC2-GA)

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC2-existing	0.625	0.277	0.829	2.500	5.000
	S-RC2-ASO	0.625	0.232	0.702	2.500	5.000
	S-RC2-GA	0.625	0.261	0.691	2.500	5.000

ตารางที่ 28 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC3-ASO, S-RC3-GA)

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC3-existing	0.813	0.402	0.983	4.333	11.000
	S-RC3-ASO	0.750	0.330	0.897	6.000	11.000
	S-RC3-GA	0.750	0.333	0.902	6.000	11.000

ตารางที่ 29 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA)

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RCK-existing	1.000	45.788	90.945	16.000	16.000
	S-RCK-ASO	1.000	45.602	90.550	16.000	16.000
	S-RCK-GA	1.000	45.562	90.408	16.000	16.000

3) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 30 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อที่พัฒนาด้วย ASO

และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม M-RCB-ASO, M-RCB-GA มีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ทั้งในด้านสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ไหลล้น โดยโค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.375 ครั้งต่อปี และ 0.438 ครั้งต่อปีตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า โค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.500 ครั้งต่อปี โค้งควบคุม M-RCB-ASO มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.375 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing และ M-RCB-GA ที่มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.625 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.938 ครั้งต่อปี ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 1 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 4.000 ล้าน ลบ.ม. และ 4.015 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 4.027 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การขาดแคลนน้ำและไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RCB-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 31 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม M-RC1-ASO, M-RC1-GA และ RC1-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RC1-ASO, M-RC1-GA และ RC1-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.688 ครั้งต่อปี และ โค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.575 ล้าน ลบ.ม. และ 0.596 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.617 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RC1-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 32 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม M-RC2-ASO, M-RC2-GA และ RC2-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RC2-ASO มีค่าความถี่ของ

การไหลล้นเท่ากันที่ 0.500 ครั้งต่อปี ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม M-RC2-GA และ RC2-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.625 ครั้งต่อปี โค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.200 ล้าน ลบ.ม. และ 0.245 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.277 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RC2-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 33 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม M-RC3-ASO, M-RC3-GA และ RC3-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.750 ครั้งต่อปี ซึ่งน้อยกว่า RC3-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.813 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.352 ล้าน ลบ.ม. และ 0.355 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.402 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RC3-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 34 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม M-RCK-ASO, M-RCK-GA และ RCK-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RCK-ASO , M-RCK-GA และ RCK-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 1 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 44.003 ล้าน ลบ.ม. และ 44.040 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCK-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.788 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RCK-existing

ตารางที่ 30 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCB-ASO, M-RCB-GA)

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RCB-existing	0.500	0.625	3.000	1.750	3.000
	M-RCB-ASO	0.375	0.375	1.000	1.500	2.000
	M-RCB-GA	0.438	0.625	2.000	1.600	3.000
ไหลล้น	RCB-existing	1.000	4.027	16.526	16.000	16.000
	M-RCB-ASO	0.938	4.000	16.661	7.500	14.000
	M-RCB-GA	0.938	4.015	16.670	7.500	14.000

ตารางที่ 31 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC1-ASO, M-RC1-GA)

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC1-existing	0.688	0.617	3.703	3.667	5.000
	M-RC1-ASO	0.688	0.575	3.720	3.667	5.000
	M-RC1-GA	0.688	0.596	3.683	3.667	5.000

ตารางที่ 32 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC2-ASO, M-RC2-GA)

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC2-existing	0.625	0.277	0.829	2.500	5.000
	M-RC2-ASO	0.500	0.200	0.645	2.667	4.000
	M-RC2-GA	0.625	0.245	0.707	2.500	5.000

ตารางที่ 33 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC3-ASO, M-RC3-GA)

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC3-existing	0.813	0.402	0.983	4.333	11.000
	M-RC3-ASO	0.750	0.352	0.938	6.000	11.000
	M-RC3-GA	0.750	0.355	0.938	6.000	11.000

ตารางที่ 34 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA)

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RCK-existing	1.000	45.788	90.945	16.000	16.000
	M-RCK-ASO	1.000	44.003	89.197	16.000	16.000
	M-RCK-GA	1.000	44.040	88.955	16.000	16.000

4) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 35 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม M-RCB-ASO, M-RCB-GA มีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ทั้งในด้านสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ไหลล้น โดยโค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.438 ครั้งต่อปี และ 0.375 ครั้งต่อปีตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.500 ครั้งต่อปี โค้งควบคุม M-RCB-ASO มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.625 ล้าน ลบ.ม. เท่ากับโค้งควบคุม RCB-existing และ M-RCB-GA ที่มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.500 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.938 ครั้งต่อปี ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 1 ครั้งต่อปี M-RCB-ASO และ M-RCB-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.949 ล้าน ลบ.ม. และ 3.975 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 4.027 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การขาดแคลนน้ำ และไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RCB-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 36 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม M-RC1-ASO, M-RC1-GA และ RC1-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RC1-ASO และ RC1-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.688 ครั้งต่อปี ซึ่งมากกว่าโค้งควบคุม M-RC1-GA ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.625 ครั้งต่อปี และ โค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.583 ล้าน ลบ.ม. และ 0.509 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.617 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RC1-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 37 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม M-RC2-ASO, M-RC2-GA และ RC2-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RC2-ASO มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.563 ครั้งต่อปี ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม M-RC2-GA และ RC2-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.625 ครั้งต่อปี โค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.242 ล้าน ลบ.ม. และ 0.261 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.277 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RC2-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 38 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม M-RC3-ASO, M-RC3-GA และ RC3-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ

สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.750 ครั้งต่อปี ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.813 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.339 ล้าน ลบ.ม. และ 0.357 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.402 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RC3-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) จำนวน 1 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 39 พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต โค้งควบคุม M-RCK-ASO, M-RCK-GA และ RCK-existing เมื่อประเมินประสิทธิภาพแล้วไม่เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RCK-ASO , M-RCK-GA และ RCK-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 1 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 43.828 ล้าน ลบ.ม. และ 43.722 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCK-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.788 ล้าน ลบ.ม. จากผลลัพธ์เหล่านี้สามารถอธิบายได้ว่าโค้งควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA นั้น มีประสิทธิภาพที่ดี และเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดความถี่การไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในช่วงเวลาปัจจุบันหรือ RCK-existing



ตารางที่ 35 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCB-ASO, M-RCB-GA)

สถานการณ์	โครงควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RCB-existing	0.500	0.625	3.000	1.750	3.000
	M-RCB-ASO	0.438	0.625	3.000	1.750	3.000
	M-RCB-GA	0.375	0.500	3.000	1.500	2.000
ไหลล้น	RCB-existing	1.000	4.027	16.526	16.000	16.000
	M-RCB-ASO	0.938	3.949	16.560	7.500	14.000
	M-RCB-GA	0.938	3.975	16.625	7.500	14.000

ตารางที่ 36 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC1-ASO, M-RC1-GA)

สถานการณ์	โครงควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC1-existing	0.688	0.617	3.703	3.667	5.000
	M-RC1-ASO	0.688	0.583	3.897	3.667	5.000
	M-RC1-GA	0.625	0.509	3.943	2.500	4.000

ตารางที่ 37 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC2-ASO, M-RC2-GA)

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC2-existing	0.625	0.277	0.829	2.500	5.000
	M-RC2-ASO	0.563	0.242	0.797	2.250	4.000
	M-RC2-GA	0.625	0.261	0.691	2.500	5.000

ตารางที่ 38 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC3-ASO, M-RC3-GA)

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC3-existing	0.813	0.402	0.983	4.333	11.000
	M-RC3-ASO	0.750	0.339	0.908	6.000	11.000
	M-RC3-GA	0.750	0.357	0.944	6.000	11.000

ตารางที่ 39 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA)

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RCK-existing	1.000	45.788	90.945	16.000	16.000
	M-RCK-ASO	1.000	43.828	88.345	16.000	16.000
	M-RCK-GA	1.000	43.722	88.794	16.000	16.000

4.3.1.2 การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม กรณีใช้ข้อมูลน้ำท่าอดีตรายเดือนสังเคราะห์ จำนวน 1,000 ชุดเหตุการณ์ จะทำการประเมินจากโค้งควบคุมที่พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว และพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ และเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

1) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังเคราะห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 40 พบว่า โค้งควบคุม S-RCB-ASO, S-RCB-GA มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.281 ± 0.112 ครั้งต่อปี และ 0.384 ± 0.126 ครั้งต่อปีตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า โค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.407 ± 0.121 ครั้งต่อปี มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.315 ± 0.133 ล้าน ลบ.ม. และ 0.441 ± 0.155 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.473 ± 0.153 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.999 ± 0.007 ครั้งต่อปี และ 0.999 ± 0.008 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.999 ± 0.006 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.908 ± 0.625 ล้าน ลบ.ม. และ 3.901 ± 0.646 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.871 ± 0.601 ล้าน ลบ.

ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำขาดแคลนโค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะมีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุม RCB-existing และสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะสูงกว่าโค้งควบคุม RCB-existing เล็กน้อย

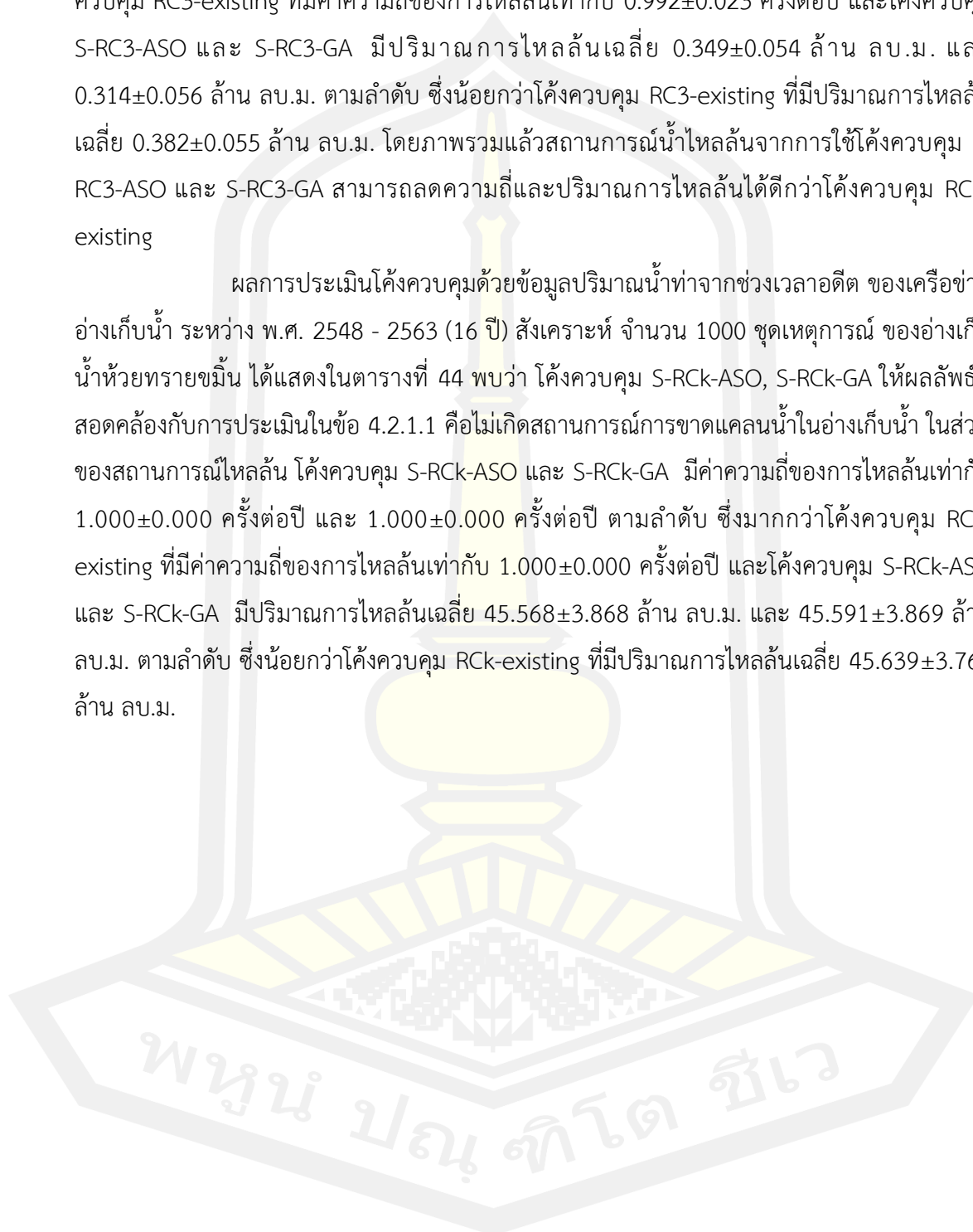
ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังเคราะห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 41 พบว่า โค้งควบคุม S-RC1-ASO, S-RC1-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.662 ± 0.130 ครั้งต่อปี และ 0.657 ± 0.131 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.712 ± 0.122 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.456 ± 0.179 ล้าน ลบ.ม. และ 0.444 ± 0.174 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.506 ± 0.178 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุม RC1-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังเคราะห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 42 พบว่า โค้งควบคุม S-RC2-ASO, S-RC2-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.502 ± 0.158 ครั้งต่อปี และ 0.512 ± 0.157 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.576 ± 0.149 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.234 ± 0.103 ล้าน ลบ.ม. และ 0.238 ± 0.103 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.288 ± 0.108 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุม RC2-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังเคราะห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 43 พบว่า โค้งควบคุม S-RC3-ASO, S-RC3-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีค่าความถี่ของการ

ไหลล้นเท่ากับ 0.985 ± 0.031 ครั้งต่อปี และ 0.965 ± 0.048 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่าควบคุม RC3-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.992 ± 0.023 ครั้งต่อปี และค่าควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.349 ± 0.054 ล้าน ลบ.ม. และ 0.314 ± 0.056 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่าควบคุม RC3-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.382 ± 0.055 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้ค่าควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าค่าควบคุม RC3-existing

ผลการประเมินค่าควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังกะสี จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 44 พบว่า ค่าควบคุม S-Rck-ASO, S-Rck-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น ค่าควบคุม S-Rck-ASO และ S-Rck-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี และ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าค่าควบคุม Rck-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี และค่าควบคุม S-Rck-ASO และ S-Rck-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.568 ± 3.868 ล้าน ลบ.ม. และ 45.591 ± 3.869 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่าควบคุม Rck-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.639 ± 3.769 ล้าน ลบ.ม.



ตารางที่ 40 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCB-ASO, S-RCB-GA) 1000 ชุด เหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RCB-existing	μ	0.407	0.473	1.704	1.696	2.745
		σ	0.121	0.153	0.557	0.575	1.248
	S-RCB-ASO	μ	0.281	0.315	1.414	1.392	1.917
		σ	0.112	0.133	0.503	0.464	0.901
	S-RCB-GA	μ	0.384	0.441	1.615	1.581	2.494
		σ	0.126	0.155	0.523	0.541	1.189
ไหลล้น	RCB-existing	μ	0.999	3.871	9.311	15.915	15.952
		σ	0.006	0.601	2.174	0.846	0.516
	S-RCB-ASO	μ	0.999	3.908	9.371	15.898	15.938
		σ	0.007	0.625	2.114	0.926	0.605
	S-RCB-GA	μ	0.999	3.901	9.294	15.895	15.934
		σ	0.008	0.646	2.144	0.927	0.616

ตารางที่ 41 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC1-ASO, S-RC1-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RC1-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	S-RC1-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	S-RC1-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	ไหลล้น	RC1-existing	μ	0.712	0.506	1.942	3.642
			σ	0.122	0.178	0.744	2.049
S-RC1-ASO		μ	0.662	0.456	1.824	3.112	
		σ	0.130	0.179	0.736	1.606	
S-RC1-GA		μ	0.657	0.444	1.802	3.074	
		σ	0.131	0.174	0.736	1.425	



ตารางที่ 42 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC2-ASO, S-RC2-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RC2-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	S-RC2-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	S-RC2-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	ไหลล้น	RC2-existing	μ	0.577	0.288	1.162	2.678
			σ	0.149	0.108	0.342	1.133
S-RC2-ASO		μ	0.503	0.234	1.065	2.369	
		σ	0.158	0.103	0.374	1.028	
S-RC2-GA		μ	0.512	0.238	1.071	2.433	
		σ	0.157	0.104	0.358	1.184	



ตารางที่ 43 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC3-ASO, S-RC3-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC3-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC3-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC3-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC3-existing	μ	0.992	0.382	0.836	14.976
		σ	0.023	0.055	0.150	2.784
	S-RC3-ASO	μ	0.985	0.349	0.797	14.329
		σ	0.031	0.054	0.150	3.432
	S-RC3-GA	μ	0.965	0.314	0.755	12.324
		σ	0.048	0.056	0.151	4.516



ตารางที่ 44 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA) 1000 ชุด เหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RCK-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	S-RCK-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	S-RCK-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	ไหลล้น	RCK-existing	μ	1.000	45.639	75.388	16.000
			σ	0.000	3.769	10.006	0.000
S-RCK-ASO		μ	1.000	45.568	74.864	16.000	
		σ	0.000	3.868	9.570	0.000	
S-RCK-GA		μ	1.000	45.591	74.882	16.000	
		σ	0.000	3.869	9.572	0.000	

2) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังเคราะห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 45 พบว่า โค้งควบคุม S-RCB-ASO, S-RCB-GA มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.317 ± 0.114 ครั้งต่อปี และ 0.298 ± 0.109 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า โค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.407 ± 0.121 ครั้งต่อปี มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.367 ± 0.141 ล้าน ลบ.ม. และ 0.335 ± 0.131 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.473 ± 0.153 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.999 ± 0.008 ครั้งต่อปี ซึ่งมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.999 ± 0.006 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มี

ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.735 ± 0.617 ล้าน ลบ.ม. และ 3.810 ± 0.628 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่าควบคุม RCB-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.871 ± 0.601 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำขาดแคลน และสถานการณ์น้ำไหลล้น ค่าควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA จะมีประสิทธิภาพดีกว่าค่าควบคุม RCB-existing

ผลการประเมินค่าควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังกะหรณ์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 46 พบว่า ค่าควบคุม S-RC1-ASO, S-RC1-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น ค่าควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.673 ± 0.127 ครั้งต่อปี และ 0.701 ± 0.123 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่าควบคุม RC1-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.712 ± 0.122 ครั้งต่อปี และค่าควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.463 ± 0.169 ล้าน ลบ.ม. และ 0.507 ± 0.170 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่าควบคุม RC1-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.506 ± 0.178 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้ค่าควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าค่าควบคุม RC1-existing

ผลการประเมินค่าควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังกะหรณ์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 47 พบว่า ค่าควบคุม S-RC2-ASO, S-RC2-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น ค่าควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.475 ± 0.160 ครั้งต่อปี และ 0.544 ± 0.151 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่าควบคุม RC2-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.577 ± 0.149 ครั้งต่อปี และค่าควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.226 ± 0.101 ล้าน ลบ.ม. และ 0.260 ± 0.102 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่าควบคุม RC2-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.288 ± 0.108 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้ค่าควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าค่าควบคุม RC2-existing

ผลการประเมินค่าควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังกะหรณ์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 48 พบว่า ค่าควบคุม S-RC3-ASO, S-RC3-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น ค่าควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีค่าความถี่ของการไหล

ล้นเท่ากับ 0.984 ± 0.033 ครั้งต่อปี และ 0.946 ± 0.058 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.992 ± 0.023 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.350 ± 0.054 ล้าน ลบ.ม. และ 0.293 ± 0.055 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.382 ± 0.055 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุม RC3-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังกะหรณ์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 49 พบว่า โค้งควบคุม S-RCK-ASO, S-RCK-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี และ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าโค้งควบคุม RCK-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.536 ± 3.869 ล้าน ลบ.ม. และ 45.495 ± 3.868 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCK-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.639 ± 3.769 ล้าน ลบ.ม.



ตารางที่ 45 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCB-ASO, S-RCB-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RCB-existing	μ	0.407	0.473	1.704	1.696	2.745
		σ	0.121	0.153	0.557	0.575	1.248
	S-RCB-ASO	μ	0.317	0.367	1.544	1.439	2.117
		σ	0.114	0.141	0.506	0.487	1.037
	S-RCB-GA	μ	0.298	0.335	1.454	1.411	2.020
		σ	0.109	0.131	0.506	0.438	0.947
ไหลล้น	RCB-existing	μ	0.999	3.871	9.311	15.915	15.952
		σ	0.006	0.601	2.174	0.846	0.516
	S-RCB-ASO	μ	0.999	3.735	9.062	15.872	15.928
		σ	0.008	0.617	2.068	1.038	0.652
	S-RCB-GA	μ	0.999	3.810	9.102	15.872	15.920
		σ	0.008	0.628	2.129	1.034	0.686



ตารางที่ 46 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบอ่าวเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC1-ASO, S-RC1-GA) 1000 ชุด เหตุการณ์

สถานการณ์	โครงการ	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC1-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC1-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RC1-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC1-existing	μ	0.712	0.506	1.942	3.642
		σ	0.122	0.178	0.744	2.049
	S-RC1-ASO	μ	0.673	0.463	1.842	3.198
		σ	0.127	0.169	0.709	1.570
	S-RC1-GA	μ	0.701	0.507	1.922	3.416
		σ	0.123	0.170	0.703	1.651



ตารางที่ 47 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบอ่าวเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC2-ASO, S-RC2-GA) 1000 ชุด เหตุการณ์

สถานการณ์	โครงการ	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RC2-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	S-RC2-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	S-RC2-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	ไหลล้น	RC2-existing	μ	0.577	0.288	1.162	2.678
			σ	0.149	0.108	0.342	1.133
S-RC2-ASO		μ	0.475	0.226	1.053	2.329	
		σ	0.160	0.101	0.360	1.112	
S-RC2-GA		μ	0.544	0.260	1.115	2.503	
		σ	0.151	0.102	0.344	1.230	



ตารางที่ 48 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC3-ASO, S-RC3-GA) 1000 ชุด เหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RC3-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	S-RC3-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	S-RC3-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	ไหลล้น	RC3-existing	μ	0.992	0.382	0.836	14.976
			σ	0.023	0.055	0.150	2.784
S-RC3-ASO		μ	0.984	0.350	0.800	14.145	
		σ	0.033	0.054	0.156	3.580	
S-RC3-GA		μ	0.946	0.293	0.733	10.919	
		σ	0.058	0.055	0.156	4.807	



ตารางที่ 49 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA) 1000 ชุด เหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RCK-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RCK-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
	S-RCK-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RCK-existing	μ	1.000	45.639	75.388	16.000
		σ	0.000	3.769	10.006	0.000
	S-RCK-ASO	μ	1.000	45.536	74.834	16.000
		σ	0.000	3.869	9.569	0.000
	S-RCK-GA	μ	1.000	45.495	74.793	16.000
		σ	0.000	3.868	9.569	0.000

3) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำทำจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังเคราะห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 50 พบว่า โค้งควบคุม M-RCB-ASO, M-RCB-GA มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.281 ± 0.112 ครั้งต่อปี และ 0.384 ± 0.126 ครั้งต่อปีตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า โค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.407 ± 0.121 ครั้งต่อปี มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.315 ± 0.133 ล้าน ลบ.ม. และ 0.441 ± 0.155 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.473 ± 0.153 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.999 ± 0.007 ครั้งต่อปี และ 0.999 ± 0.008 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า

โค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.999 ± 0.006 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.908 ± 0.625 ล้าน ลบ.ม. และ 3.901 ± 0.646 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.871 ± 0.601 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำขาดแคลน โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA จะมีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุม RCB-existing และสถานการณ์น้ำไหลล้น โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA จะมีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยสูงกว่าโค้งควบคุม RCB-existing เล็กน้อย

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังเคราะห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 51 พบว่า โค้งควบคุม M-RC1-ASO, M-RC1-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.636 ± 0.140 ครั้งต่อปี และ 0.673 ± 0.125 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.712 ± 0.122 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.431 ± 0.173 ล้าน ลบ.ม. และ 0.462 ± 0.164 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.506 ± 0.178 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุม RC1-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังเคราะห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 52 พบว่า โค้งควบคุม M-RC2-ASO, M-RC2-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.430 ± 0.154 ครั้งต่อปี และ 0.505 ± 0.157 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.577 ± 0.149 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.201 ± 0.099 ล้าน ลบ.ม. และ 0.236 ± 0.104 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.288 ± 0.108 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุม RC2-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังกะระห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 53 พบว่า โค้งควบคุม M-RC3-ASO, M-RC3-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.985 ± 0.032 ครั้งต่อปี และ 0.987 ± 0.031 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.992 ± 0.023 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.331 ± 0.058 ล้าน ลบ.ม. และ 0.332 ± 0.056 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.382 ± 0.055 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุม RC3-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังกะระห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 54 พบว่า โค้งควบคุม โค้งควบคุม M-RCK-ASO, M-RCK-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี ซึ่งเท่ากับโค้งควบคุม RCK-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 43.954 ± 3.721 ล้าน ลบ.ม. และ 43.739 ± 3.750 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCK-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.639 ± 3.769 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุม RCK-existing

ตารางที่ 50 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาด
แคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCB-ASO, M-RCB-GA)
1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RCB-existing	μ	0.407	0.473	1.704	1.696	2.745
		σ	0.121	0.153	0.557	0.575	1.248
	M-RCB-ASO	μ	0.281	0.315	1.414	1.392	1.917
		σ	0.112	0.133	0.503	0.464	0.901
	M-RCB-GA	μ	0.384	0.441	1.615	1.581	2.494
		σ	0.126	0.155	0.523	0.541	1.189
ไหลล้น	RCB-existing	μ	0.999	3.871	9.311	15.915	15.952
		σ	0.006	0.601	2.174	0.846	0.516
	M-RCB-ASO	μ	0.999	3.908	9.371	15.898	15.938
		σ	0.007	0.625	2.114	0.926	0.605
	M-RCB-GA	μ	0.999	3.901	9.294	15.895	15.934
		σ	0.008	0.646	2.144	0.927	0.616



ตารางที่ 51 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC1-ASO, M-RC1-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โครงการ	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RC1-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	M-RC1-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	M-RC1-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	ไหลล้น	RC1-existing	μ	0.712	0.506	1.942	3.642
			σ	0.122	0.178	0.744	2.049
M-RC1-ASO		μ	0.636	0.431	1.786	3.006	
		σ	0.140	0.173	0.739	1.615	
M-RC1-GA		μ	0.673	0.462	1.836	3.187	
		σ	0.125	0.164	0.682	1.633	



ตารางที่ 52 ลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยน้ำทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์
ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC2-ASO, M-
RC2-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RC2-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	M-RC2-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	M-RC2-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	ไหลล้น	RC2-existing	μ	0.577	0.288	1.162	2.678
			σ	0.149	0.108	0.342	1.133
M-RC2-ASO		μ	0.430	0.201	1.006	2.039	
		σ	0.154	0.099	0.379	0.855	
M-RC2-GA		μ	0.505	0.236	1.054	2.445	
		σ	0.157	0.104	0.350	1.233	



ตารางที่ 53 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยน้ำทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์
ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC3-ASO, M-
RC3-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RC3-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	M-RC3-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	M-RC3-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	ไหลล้น	RC3-existing	μ	0.992	0.382	0.836	14.976
			σ	0.023	0.055	0.150	2.784
M-RC3-ASO		μ	0.985	0.331	0.777	14.328	
		σ	0.032	0.058	0.156	3.439	
M-RC3-GA		μ	0.987	0.332	0.773	14.537	
		σ	0.031	0.056	0.149	3.276	



ตารางที่ 54 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RCK-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RCK-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RCK-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RCK-existing	μ	1.000	45.639	75.388	16.000
		σ	0.000	3.769	10.006	0.000
	M-RCK-ASO	μ	1.000	43.954	72.809	16.000
		σ	0.000	3.721	9.475	0.000
	M-RCK-GA	μ	1.000	43.739	72.406	16.000
		σ	0.000	3.750	9.537	0.000

4) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังเคราะห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 55 พบว่า โค้งควบคุม M-RCB-ASO, M-RCB-GA มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.317 ± 0.114 ครั้งต่อปี และ 0.298 ± 0.109 ครั้งต่อปีตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า โค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ 0.407 ± 0.121 ครั้งต่อปี มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.367 ± 0.141 ล้าน ลบ.ม. และ 0.335 ± 0.131 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย 0.473 ± 0.153 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันที่ 0.999 ± 0.008 ครั้งต่อปี ซึ่งมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีค่าความถี่

ของการไหลล้นเท่ากับ 0.999 ± 0.006 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.735 ± 0.617 ล้าน ลบ.ม. และ 3.810 ± 0.628 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.871 ± 0.601 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำขาดแคลน และสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA จะมีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุม RCB-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังเคราะห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 56 พบว่า โค้งควบคุม M-RC1-ASO, M-RC1-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.662 ± 0.138 ครั้งต่อปี และ 0.596 ± 0.149 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.712 ± 0.122 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.447 ± 0.177 ล้าน ลบ.ม. และ 0.386 ± 0.165 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.506 ± 0.178 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุม RC1-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังเคราะห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 57 พบว่า โค้งควบคุม M-RC2-ASO, M-RC2-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.503 ± 0.152 ครั้งต่อปี และ 0.546 ± 0.158 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.577 ± 0.149 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.244 ± 0.103 ล้าน ลบ.ม. และ 0.256 ± 0.105 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.288 ± 0.108 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุม RC2-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สังเคราะห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บ

น้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 58 พบว่า โค้งควบคุม M-RC3-ASO, M-RC3-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.938 ± 0.062 ครั้งต่อปี และ 0.966 ± 0.046 ครั้งต่อปี ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.992 ± 0.023 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.294 ± 0.055 ล้าน ลบ.ม. และ 0.327 ± 0.055 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.382 ± 0.055 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุม RC3-existing

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548 - 2563 (16 ปี) สัปดาห์ จำนวน 1000 ชุดเหตุการณ์ ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 59 พบว่า โค้งควบคุม M-RCK-ASO, M-RCK-GA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการประเมินในข้อ 4.2.1.1 คือไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี ซึ่งเท่ากับโค้งควบคุม RCK-existing ที่มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 43.833 ± 3.697 ล้าน ลบ.ม. และ 46.673 ± 3.798 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม RCK-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.639 ± 3.769 ล้าน ลบ.ม. โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นจากการใช้โค้งควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA สามารถลดความถี่และปริมาณการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุม RCK-existing

ตารางที่ 55 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) ที่พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCB-ASO, M-RCB-GA) 1000 ชุด เหตุการณ์

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RCB-existing	μ	0.407	0.473	1.704	1.696	2.745
		σ	0.121	0.153	0.557	0.575	1.248
	M-RCB-ASO	μ	0.317	0.367	1.544	1.439	2.117
		σ	0.114	0.141	0.506	0.487	1.037
	M-RCB-GA	μ	0.298	0.335	1.454	1.411	2.020
		σ	0.109	0.131	0.506	0.438	0.947
ไหลล้น	RCB-existing	μ	0.999	3.871	9.311	15.915	15.952
		σ	0.006	0.601	2.174	0.846	0.516
	M-RCB-ASO	μ	0.999	3.735	9.062	15.872	15.928
		σ	0.008	0.617	2.068	1.038	0.652
	M-RCB-GA	μ	0.999	3.810	9.102	15.872	15.920
		σ	0.008	0.628	2.129	1.034	0.686



ตารางที่ 56 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยน้ำทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์
ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC1-ASO, M-
RC1-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RC1-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	M-RC1-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	M-RC1-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	ไหลล้น	RC1-existing	μ	0.712	0.506	1.942	3.642
			σ	0.122	0.178	0.744	2.049
M-RC1-ASO		μ	0.662	0.447	1.926	3.232	
		σ	0.138	0.177	0.761	1.826	
M-RC1-GA		μ	0.596	0.386	1.934	2.968	
		σ	0.149	0.165	0.808	1.601	



ตารางที่ 57 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยน้ำทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์
ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC2-ASO, M-
RC2-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RC2-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	M-RC2-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	M-RC2-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	ไหลล้น	RC2-existing	μ	0.577	0.288	1.162	2.678
			σ	0.149	0.108	0.342	1.133
M-RC2-ASO		μ	0.503	0.244	1.083	2.323	
		σ	0.152	0.103	0.381	1.171	
M-RC2-GA		μ	0.546	0.256	1.081	2.568	
		σ	0.158	0.105	0.350	1.319	



ตารางที่ 58 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC3-ASO, M-RC3-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โครงการ	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	RC3-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC3-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
	M-RC3-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	RC3-existing	μ	0.992	0.382	0.836	14.976
		σ	0.023	0.055	0.150	2.784
	M-RC3-ASO	μ	0.938	0.294	0.735	10.371
		σ	0.062	0.055	0.151	4.814
	M-RC3-GA	μ	0.966	0.327	0.771	12.388
		σ	0.046	0.055	0.151	4.479

ตารางที่ 59 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA) 1000 ชุดเหตุการณ์

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	RCK-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	M-RCK-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	M-RCK-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
		σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	ไหลล้น	RCK-existing	μ	1.000	45.639	75.388	16.000
			σ	0.000	3.769	10.006	0.000
M-RCK-ASO		μ	1.000	43.833	72.389	16.000	
		σ	0.000	3.697	9.286	0.000	
M-RCK-GA		μ	1.000	43.673	72.893	16.000	
		σ	0.000	3.798	9.939	0.000	

4.3.1.3 การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม กรณีข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในอดีต ในปีน้ำมาก น้ำน้อย และน้ำเฉลี่ย จะทำการประเมินจากโค้งควบคุมที่พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว และพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ และเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

1) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด

กรณีปีน้ำมาก

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 60 พบว่า โค้งควบคุม S-RCB-ASO, S-RCB-GA และ RCB-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มี

ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 16.756 ล้าน ลบ.ม. และ 16.788 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 16.750 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 61 พบว่าโค้งควบคุม S-RC1-ASO, S-RC1-GA และ RC1-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 4.866 ล้าน ลบ.ม. และ 4.893 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 4.925 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 62 พบว่าโค้งควบคุม S-RC2-ASO, S-RC2-GA และ RC2-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 1.733 ล้าน ลบ.ม. และ 1.633 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 1.722 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 63 พบว่าโค้งควบคุม S-RC3-ASO, S-RC3-GA และ RC3-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.930 ล้าน ลบ.ม. และ 0.916 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.963 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 64 พบว่า โค้งควบคุม S-RCK-ASO, S-RCK-GA และ RCK-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 90.553 ล้าน ลบ.ม. และ 91.007 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RCK-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 90.945 ล้าน ลบ.ม.

กรณีปีน้ำน้อย

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 60 พบว่า โค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย โค้งควบคุม RCB-existing มีปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย 3.000 ล้าน ลบ.ม. ส่วนสถานการณ์การ

ไหลล้น ไค้ควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.434 ล้าน ลบ.ม. และ 0.436 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไค้ควบคุม RCB-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.628 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 61 พบว่า ไค้ควบคุม S-RC1-ASO, S-RC1-GA และ RC1-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.552 ล้าน ลบ.ม. และ 0.480 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไค้ควบคุม RC1-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.591 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 62 พบว่า ไค้ควบคุม S-RC2-ASO, S-RC2-GA และ RC2-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.052 ล้าน ลบ.ม. และ 0.000 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าไค้ควบคุม RC2-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.012 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 63 พบว่า ไค้ควบคุม S-RC3-ASO, S-RC3-GA และ RC3-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.000 ล้าน ลบ.ม. และ 0.000 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไค้ควบคุม RC3-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.019 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 64 พบว่า ไค้ควบคุม S-RCK-ASO, S-RCK-GA และ RCK-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 13.540 ล้าน ลบ.ม. และ 13.905 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไค้ควบคุม RCK-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 13.912 ล้าน ลบ.ม.

กรณีปีน้ำเฉลี่ย

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 60 พบว่า ไค้ควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำ

เฉลี่ย ไค้ควบคุม RCB-existing มีปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย 1.000 ล้าน ลบ.ม. ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 3.679 ล้าน ลบ.ม. และ 3.629 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไค้ควบคุม RCB-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.975 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 61 พบว่า ไค้ควบคุม S-RC1-ASO, S-RC1-GA และ RC1-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 1.268 ล้าน ลบ.ม. และ 1.235 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไค้ควบคุม RC1-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 1.278 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 62 พบว่า ไค้ควบคุม S-RC2-ASO, S-RC2-GA และ RC2-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.370 ล้าน ลบ.ม. และ 0.303 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าไค้ควบคุม RC2-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.143 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 63 พบว่า ไค้ควบคุม S-RC3-ASO, S-RC3-GA และ RC3-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.381 ล้าน ลบ.ม. และ 0.339 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไค้ควบคุม RC3-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.471 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 64 พบว่า ไค้ควบคุม S-Rck-ASO, S-Rck-GA และ Rck-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม S-Rck-ASO และ S-Rck-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 45.242 ล้าน ลบ.ม. และ 45.696 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไค้ควบคุม Rck-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.443 ล้าน ลบ.ม.

ตารางที่ 60 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCB-ASO, S-RCB-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RCB-existing	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCB-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCB-GA	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RCB-existing	1.000	3.000	3.000	1.000
		S-RCB-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCB-GA	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCB-existing	1.000	1.000	1.000	1.000
		S-RCB-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCB-GA	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RCB-existing	1.000	16.750	16.750	1.000
		S-RCB-ASO	1.000	16.756	16.756	1.000
		S-RCB-GA	1.000	16.788	16.788	1.000
	ปีน้ำน้อย	RCB-existing	1.000	0.628	0.628	1.000
		S-RCB-ASO	1.000	0.434	0.434	1.000
		S-RCB-GA	1.000	0.436	0.436	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCB-existing	1.000	3.975	3.975	1.000
		S-RCB-ASO	1.000	3.679	3.679	1.000
		S-RCB-GA	1.000	3.629	3.629	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ ชีว

ตารางที่ 61 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC1-ASO, S-RC1-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงการ	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RC1-existing	1.000	4.925	4.925	1.000	1.000
		S-RC1-ASO	1.000	4.866	4.866	1.000	1.000
		S-RC1-GA	1.000	4.893	4.893	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RC1-existing	1.000	0.591	0.591	1.000	1.000
		S-RC1-ASO	1.000	0.552	0.552	1.000	1.000
		S-RC1-GA	1.000	0.480	0.480	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC1-existing	1.000	1.278	1.278	1.000	1.000
		S-RC1-ASO	1.000	1.268	1.268	1.000	1.000
		S-RC1-GA	1.000	1.235	1.235	1.000	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 62 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาด
แคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC2-ASO, S-RC2-GA) กรณีปี
น้ำมาก ปีนําน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงควบคุม	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีนําน้อย	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RC2-existing	1.000	1.722	1.722	1.000	1.000
		S-RC2-ASO	1.000	1.733	1.733	1.000	1.000
		S-RC2-GA	1.000	1.633	1.633	1.000	1.000
	ปีนําน้อย	RC2-existing	1.000	0.012	0.012	1.000	1.000
		S-RC2-ASO	1.000	0.052	0.052	1.000	1.000
		S-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC2-existing	1.000	0.143	0.143	1.000	1.000
		S-RC2-ASO	1.000	0.370	0.370	1.000	1.000
		S-RC2-GA	1.000	0.303	0.303	1.000	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 63 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาด
แคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC3-ASO, S-RC3-GA) กรณีปี
น้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงควบคุม	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RC3-existing	1.000	0.963	0.963	1.000	1.000
		S-RC3-ASO	1.000	0.930	0.930	1.000	1.000
		S-RC3-GA	1.000	0.916	0.916	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RC3-existing	1.000	0.019	0.019	1.000	1.000
		S-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC3-existing	1.000	0.471	0.471	1.000	1.000
		S-RC3-ASO	1.000	0.381	0.381	1.000	1.000
		S-RC3-GA	1.000	0.339	0.339	1.000	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 64 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงการ	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RCK-existing	1.000	90.945	90.945	1.000	1.000
		S-RCK-ASO	1.000	90.553	90.553	1.000	1.000
		S-RCK-GA	1.000	91.007	91.007	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RCK-existing	1.000	13.912	13.912	1.000	1.000
		S-RCK-ASO	1.000	13.540	13.540	1.000	1.000
		S-RCK-GA	1.000	13.905	13.905	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCK-existing	1.000	45.443	45.443	1.000	1.000
		S-RCK-ASO	1.000	45.242	45.242	1.000	1.000
		S-RCK-GA	1.000	45.696	45.696	1.000	1.000

2) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด
กรณีปีน้ำมาก

ผลการประเมินโครงการด้วยข้อมูลปริมาณน้ำทำจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 65 พบว่า โครงการ S-RCB-ASO, S-RCB-GA และ RCB-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โครงการ S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มี

ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 16.650 ล้าน ลบ.ม. และ 16.716 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 16.750 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 66 พบว่าโค้งควบคุม S-RC1-ASO, S-RC1-GA และ RC1-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 4.866 ล้าน ลบ.ม. และ 4.856 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 4.925 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 67 พบว่าโค้งควบคุม S-RC2-ASO, S-RC2-GA และ RC2-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 1.632 ล้าน ลบ.ม. และ 1.642 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 1.722 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 68 พบว่าโค้งควบคุม S-RC3-ASO, S-RC3-GA และ RC3-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.930 ล้าน ลบ.ม. และ 0.902 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.963 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายชั้น ได้แสดงในตารางที่ 69 พบว่า โค้งควบคุม S-RCK-ASO, S-RCK-GA และ RCK-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 90.550 ล้าน ลบ.ม. และ 90.408 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RCK-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 90.945 ล้าน ลบ.ม.

กรณีปีน้ำน้อย

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 65 พบว่า โค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย โค้งควบคุม RCB-existing มีปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย 3.000 ล้าน ลบ.ม. ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.168 ล้าน ลบ.ม. และ 0.398 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.628 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 66 พบว่า โค้งควบคุม S-RC1-ASO, S-RC1-GA และ RC1-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.552 ล้าน ลบ.ม. และ 0.638 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.591 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 67 พบว่า โค้งควบคุม S-RC2-ASO, S-RC2-GA และ RC2-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.000 ล้าน ลบ.ม. และ 0.099 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.012 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 68 พบว่า โค้งควบคุม S-RC3-ASO, S-RC3-GA และ RC3-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.000 ล้าน ลบ.ม. และ 0.000 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.019 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 69 พบว่า โค้งควบคุม S-RCK-ASO, S-RCK-GA และ RCK-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RCK-ASO และ S-RCK-GA

มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 13.594 ล้าน ลบ.ม. และ 13.435 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RCk-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 13.912 ล้าน ลบ.ม.

กรณีปีน้ำเฉลี่ย

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 65 พบว่า โค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย โค้งควบคุม RCB-existing มีปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย 1.000 ล้าน ลบ.ม. ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RCB-ASO และ S-RCB-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 3.659 ล้าน ลบ.ม. และ 3.801 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.975 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 66 พบว่า โค้งควบคุม S-RC1-ASO, S-RC1-GA และ RC1-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RC1-ASO และ S-RC1-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 1.268 ล้าน ลบ.ม. และ 1.356 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 1.278 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 67 พบว่า โค้งควบคุม S-RC2-ASO, S-RC2-GA และ RC2-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RC2-ASO และ S-RC2-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.312 ล้าน ลบ.ม. และ 0.262 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.143 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 68 พบว่า โค้งควบคุม S-RC3-ASO, S-RC3-GA และ RC3-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RC3-ASO และ S-RC3-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.381 ล้าน ลบ.ม. และ 0.324 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.471 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 69 พบว่า โค้งควบคุม S-RCK-ASO, S-RCK-GA และ RCK-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหา

การขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม S-RcK-ASO และ S-RcK-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 45.239 ล้าน ลบ.ม. และ 45.097 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RCK-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.443 ล้าน ลบ.ม.

ตารางที่ 65 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCB-ASO, S-RCB-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RCB-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCB-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCB-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RCB-existing	1.000	3.000	3.000	1.000	1.000
		S-RCB-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCB-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCB-existing	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
		S-RCB-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCB-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RCB-existing	1.000	16.750	16.750	1.000	1.000
		S-RCB-ASO	1.000	16.650	16.650	1.000	1.000
		S-RCB-GA	1.000	16.716	16.716	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RCB-existing	1.000	0.628	0.628	1.000	1.000
		S-RCB-ASO	1.000	0.168	0.168	1.000	1.000
		S-RCB-GA	1.000	0.398	0.398	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCB-existing	1.000	3.975	3.975	1.000	1.000
		S-RCB-ASO	1.000	3.659	3.659	1.000	1.000
		S-RCB-GA	1.000	3.801	3.801	1.000	1.000

ตารางที่ 66 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้น
เฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC1-ASO, S-RC1-GA) กรณีปีน้ำ
มาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงควบคุม	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RC1-existing	1.000	4.925	4.925	1.000	1.000
		S-RC1-ASO	1.000	4.866	4.866	1.000	1.000
		S-RC1-GA	1.000	4.856	4.856	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RC1-existing	1.000	0.591	0.591	1.000	1.000
		S-RC1-ASO	1.000	0.552	0.552	1.000	1.000
		S-RC1-GA	1.000	0.638	0.638	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC1-existing	1.000	1.278	1.278	1.000	1.000
		S-RC1-ASO	1.000	1.268	1.268	1.000	1.000
		S-RC1-GA	1.000	1.356	1.356	1.000	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 67 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC2-ASO, S-RC2-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงควบคุม	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RC2-existing	1.000	1.722	1.722	1.000	1.000
		S-RC2-ASO	1.000	1.632	1.632	1.000	1.000
		S-RC2-GA	1.000	1.642	1.642	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RC2-existing	1.000	0.012	0.012	1.000	1.000
		S-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC2-GA	1.000	0.099	0.099	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC2-existing	1.000	0.143	0.143	1.000	1.000
		S-RC2-ASO	1.000	0.312	0.312	1.000	1.000
		S-RC2-GA	1.000	0.262	0.262	1.000	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 68 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงควบคุมอ่างเก็บน้ำ
ห้วยทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้น
เฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RC3-ASO, S-RC3-GA) กรณีปีน้ำ
มาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงควบคุม	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RC3-existing	1.000	0.963	0.963	1.000	1.000
		S-RC3-ASO	1.000	0.930	0.930	1.000	1.000
		S-RC3-GA	1.000	0.902	0.902	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RC3-existing	1.000	0.019	0.019	1.000	1.000
		S-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC3-existing	1.000	0.471	0.471	1.000	1.000
		S-RC3-ASO	1.000	0.381	0.381	1.000	1.000
		S-RC3-GA	1.000	0.324	0.324	1.000	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 69 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงควบคุม	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		S-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RCK-existing	1.000	90.945	90.945	1.000	1.000
		S-RCK-ASO	1.000	90.550	90.550	1.000	1.000
		S-RCK-GA	1.000	90.408	90.408	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RCK-existing	1.000	13.912	13.912	1.000	1.000
		S-RCK-ASO	1.000	13.594	13.594	1.000	1.000
		S-RCK-GA	1.000	13.435	13.435	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCK-existing	1.000	45.443	45.443	1.000	1.000
		S-RCK-ASO	1.000	45.239	45.239	1.000	1.000
		S-RCK-GA	1.000	45.097	45.097	1.000	1.000

3) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด

กรณีปีน้ำมาก

ผลการประเมินโครงควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 70 พบว่า โครงควบคุม M-RCB-ASO, M-RCB-GA และ RCB-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาด

แคลนน้ำในป็น้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 16.756 ล้าน ลบ.ม. และ 16.788 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 16.750 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในป็น้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 71 พบว่า โค้งควบคุม M-RC1-ASO, M-RC1-GA และ RC1-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในป็น้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 4.804 ล้าน ลบ.ม. และ 4.866 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 4.925 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในป็น้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 72 พบว่า โค้งควบคุม M-RC2-ASO, M-RC2-GA และ RC2-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในป็น้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 1.702 ล้าน ลบ.ม. และ 1.633 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 1.722 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในป็น้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 73 พบว่า โค้งควบคุม M-RC3-ASO, M-RC3-GA และ RC3-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในป็น้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.938 ล้าน ลบ.ม. และ 0.938 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.963 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในป็น้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 74 พบว่า โค้งควบคุม M-RCK-ASO, M-RCK-GA และ RCK-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในป็น้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 89.197 ล้าน ลบ.ม. และ 88.955 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RCK-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 90.945 ล้าน ลบ.ม.

กรณีปีน้ำน้อย

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 70 พบว่า โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย โค้งควบคุม RCB-existing มีปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย 3.000 ล้าน ลบ.ม. ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.434 ล้าน ลบ.ม. และ 0.436 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.628 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 71 พบว่า โค้งควบคุม M-RC1-ASO, M-RC1-GA และ RC1-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.437 ล้าน ลบ.ม. และ 0.552 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.591 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 72 พบว่า โค้งควบคุม M-RC2-ASO, M-RC2-GA และ RC2-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.009 ล้าน ลบ.ม. และ 0.000 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.012 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 73 พบว่า โค้งควบคุม M-RC3-ASO, M-RC3-GA และ RC3-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.017 ล้าน ลบ.ม. และ 0.037 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.019 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 74 พบว่า โค้งควบคุม M-RCK-ASO, M-RCK-GA และ RCK-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA

มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 13.005 ล้าน ลบ.ม. และ 12.525 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RCk-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 13.912 ล้าน ลบ.ม.

กรณีปีน้ำเฉลี่ย

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 70 พบว่า โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย โค้งควบคุม RCB-existing มีปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย 1.000 ล้าน ลบ.ม. ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 3.679 ล้าน ลบ.ม. และ 3.629 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.975 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 71 พบว่า โค้งควบคุม M-RC1-ASO, M-RC1-GA และ RC1-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 1.152 ล้าน ลบ.ม. และ 1.268 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 1.278 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 72 พบว่า โค้งควบคุม M-RC2-ASO, M-RC2-GA และ RC2-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.119 ล้าน ลบ.ม. และ 0.303 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.143 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 73 พบว่า โค้งควบคุม M-RC3-ASO, M-RC3-GA และ RC3-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.388 ล้าน ลบ.ม. และ 0.389 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.471 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 74 พบว่า โค้ง

ควบคุม M-RcK-ASO, M-RcK-GA และ RcK-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหา การขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RcK-ASO และ M-RcK-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 43.853 ล้าน ลบ.ม. และ 43.836 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RcK-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.443 ล้าน ลบ.ม.

ตารางที่ 70 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาด แคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCB-ASO, M-RCB-GA) กรณี ปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RCB-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCB-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCB-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RCB-existing	1.000	3.000	3.000	1.000	1.000
		M-RCB-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCB-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCB-existing	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
		M-RCB-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCB-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RCB-existing	1.000	16.750	16.750	1.000	1.000
		M-RCB-ASO	1.000	16.756	16.756	1.000	1.000
		M-RCB-GA	1.000	16.788	16.788	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RCB-existing	1.000	0.628	0.628	1.000	1.000
		M-RCB-ASO	1.000	0.434	0.434	1.000	1.000
		M-RCB-GA	1.000	0.436	0.436	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCB-existing	1.000	3.975	3.975	1.000	1.000
		M-RCB-ASO	1.000	3.679	3.679	1.000	1.000
		M-RCB-GA	1.000	3.629	3.629	1.000	1.000

ตารางที่ 71 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC1-ASO, M-RC1-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงการ	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RC1-existing	1.000	4.925	4.925	1.000	1.000
		M-RC1-ASO	1.000	4.804	4.804	1.000	1.000
		M-RC1-GA	1.000	4.866	4.866	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RC1-existing	1.000	0.591	0.591	1.000	1.000
		M-RC1-ASO	1.000	0.437	0.437	1.000	1.000
		M-RC1-GA	1.000	0.552	0.552	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC1-existing	1.000	1.278	1.278	1.000	1.000
		M-RC1-ASO	1.000	1.152	1.152	1.000	1.000
		M-RC1-GA	1.000	1.268	1.268	1.000	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 72 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC2-ASO, M-RC2-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงการ	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RC2-existing	1.000	1.722	1.722	1.000	1.000
		M-RC2-ASO	1.000	1.702	1.702	1.000	1.000
		M-RC2-GA	1.000	1.633	1.633	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RC2-existing	1.000	0.012	0.012	1.000	1.000
		M-RC2-ASO	1.000	0.009	0.009	1.000	1.000
		M-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC2-existing	1.000	0.143	0.143	1.000	1.000
		M-RC2-ASO	1.000	0.119	0.119	1.000	1.000
		M-RC2-GA	1.000	0.303	0.303	1.000	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 73 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC3-ASO, M-RC3-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงการ	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RC3-existing	1.000	0.963	0.963	1.000	1.000
		M-RC3-ASO	1.000	0.938	0.938	1.000	1.000
		M-RC3-GA	1.000	0.938	0.938	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RC3-existing	1.000	0.019	0.019	1.000	1.000
		M-RC3-ASO	1.000	0.017	0.017	1.000	1.000
		M-RC3-GA	1.000	0.037	0.037	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC3-existing	1.000	0.471	0.471	1.000	1.000
		M-RC3-ASO	1.000	0.388	0.388	1.000	1.000
		M-RC3-GA	1.000	0.389	0.389	1.000	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 74 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โค้งควบคุม	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RCK-existing	1.000	90.945	90.945	1.000	1.000
		M-RCK-ASO	1.000	89.197	89.197	1.000	1.000
		M-RCK-GA	1.000	88.955	88.955	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RCK-existing	1.000	13.912	13.912	1.000	1.000
		M-RCK-ASO	1.000	13.005	13.005	1.000	1.000
		M-RCK-GA	1.000	12.525	12.525	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCK-existing	1.000	45.443	45.443	1.000	1.000
		M-RCK-ASO	1.000	43.853	43.853	1.000	1.000
		M-RCK-GA	1.000	43.836	43.836	1.000	1.000

4) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด กรณีปีน้ำมาก

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 75 พบว่า โค้งควบคุม M-RCB-ASO, M-RCB-GA และ RCB-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มี

ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 16.650 ล้าน ลบ.ม. และ 16.716 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าค่าควบคุม RCB-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 16.750 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินค่าควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 76 พบว่าค่าควบคุม M-RC1-ASO, M-RC1-GA และ RC1-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ค่าควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 4.895 ล้าน ลบ.ม. และ 5.033 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าค่าควบคุม RC1-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 4.925 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินค่าควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 77 พบว่าค่าควบคุม M-RC2-ASO, M-RC2-GA และ RC2-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ค่าควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 1.821 ล้าน ลบ.ม. และ 1.642 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าค่าควบคุม RC2-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 1.722 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินค่าควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 78 พบว่าค่าควบคุม M-RC3-ASO, M-RC3-GA และ RC3-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ค่าควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.908 ล้าน ลบ.ม. และ 0.944 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าค่าควบคุม RC3-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.963 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินค่าควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำมาก ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 79 พบว่าค่าควบคุม M-RCK-ASO, M-RCK-GA และ RCK-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำมาก ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ค่าควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 88.345 ล้าน ลบ.ม. และ 90.794 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าค่าควบคุม RCK-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 90.945 ล้าน ลบ.ม.

กรณีปีน้ำน้อย

ผลการประเมินค่าควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 75 พบว่าค่าควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ค่าควบคุม RCB-existing มีปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย 3.000 ล้าน ลบ.ม. ส่วนสถานการณ์การ

ไหลล้น ไค้ควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.168 ล้าน ลบ.ม. และ 0.398 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไค้ควบคุม RCB-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.628 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 76 พบว่า ไค้ควบคุม M-RC1-ASO, M-RC1-GA และ RC1-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.364 ล้าน ลบ.ม. และ 0.235 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไค้ควบคุม RC1-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.591 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 77 พบว่า ไค้ควบคุม M-RC2-ASO, M-RC2-GA และ RC2-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.129 ล้าน ลบ.ม. และ 0.099 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าไค้ควบคุม RC2-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.012 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 78 พบว่า ไค้ควบคุม M-RC3-ASO, M-RC3-GA และ RC3-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.000 ล้าน ลบ.ม. และ 0.000 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไค้ควบคุม RC3-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.019 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำน้อย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 79 พบว่า ไค้ควบคุม M-RCK-ASO, M-RCK-GA และ RCK-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น ไค้ควบคุม M-RCK-ASO และ M-RCK-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 12.265 ล้าน ลบ.ม. และ 14.079 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไค้ควบคุม RCK-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 13.912 ล้าน ลบ.ม.

กรณีปีน้ำเฉลี่ย

ผลการประเมินไค้ควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ ได้แสดงในตารางที่ 75 พบว่า ไค้ควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำ

เฉลี่ย โค้งควบคุม RCB-existing มีปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย 1.000 ล้าน ลบ.ม. ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RCB-ASO และ M-RCB-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 3.659 ล้าน ลบ.ม. และ 3.801 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RCB-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 3.975 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ได้แสดงในตารางที่ 76 พบว่า โค้งควบคุม M-RC1-ASO, M-RC1-GA และ RC1-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RC1-ASO และ M-RC1-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 1.068 ล้าน ลบ.ม. และ 0.927 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC1-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 1.278 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 ได้แสดงในตารางที่ 77 พบว่า โค้งควบคุม M-RC2-ASO, M-RC2-GA และ RC2-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RC2-ASO และ M-RC2-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.192 ล้าน ลบ.ม. และ 0.262 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าโค้งควบคุม RC2-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.143 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ได้แสดงในตารางที่ 78 พบว่า โค้งควบคุม M-RC3-ASO, M-RC3-GA และ RC3-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RC3-ASO และ M-RC3-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 0.336 ล้าน ลบ.ม. และ 0.391 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RC3-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 0.471 ล้าน ลบ.ม.

ผลการประเมินโค้งควบคุมด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต กรณีประเมินจากข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในปีน้ำเฉลี่ย ของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้แสดงในตารางที่ 79 พบว่า โค้งควบคุม M-RcK-ASO, M-RcK-GA และ RcK-existing ในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ ไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในปีน้ำเฉลี่ย ส่วนสถานการณ์การไหลล้น โค้งควบคุม M-RcK-ASO และ M-RcK-GA มีปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย 43.506 ล้าน ลบ.ม. และ 45.722 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโค้งควบคุม RcK-existing ซึ่งมีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 45.443 ล้าน ลบ.ม.

ตารางที่ 75 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ (RCB-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCB-ASO, M-RCB-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงการควบคุม	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RCB-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCB-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCB-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RCB-existing	1.000	3.000	3.000	1.000	1.000
		M-RCB-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCB-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCB-existing	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
		M-RCB-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCB-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RCB-existing	1.000	16.750	16.750	1.000	1.000
		M-RCB-ASO	1.000	16.650	16.650	1.000	1.000
		M-RCB-GA	1.000	16.716	16.716	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RCB-existing	1.000	0.628	0.628	1.000	1.000
		M-RCB-ASO	1.000	0.168	0.168	1.000	1.000
		M-RCB-GA	1.000	0.398	0.398	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCB-existing	1.000	3.975	3.975	1.000	1.000
		M-RCB-ASO	1.000	3.659	3.659	1.000	1.000
		M-RCB-GA	1.000	3.801	3.801	1.000	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ ชีว

ตารางที่ 76 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 (RC1-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC1-ASO, M-RC1-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงการ	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC1-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC1-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC1-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RC1-existing	1.000	4.925	4.925	1.000	1.000
		M-RC1-ASO	1.000	4.895	4.895	1.000	1.000
		M-RC1-GA	1.000	5.033	5.033	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RC1-existing	1.000	0.591	0.591	1.000	1.000
		M-RC1-ASO	1.000	0.364	0.364	1.000	1.000
		M-RC1-GA	1.000	0.235	0.235	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC1-existing	1.000	1.278	1.278	1.000	1.000
		M-RC1-ASO	1.000	1.068	1.068	1.000	1.000
		M-RC1-GA	1.000	0.927	0.927	1.000	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 77 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 (RC2-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC2-ASO, M-RC2-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงการ	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
			เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC2-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC2-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC2-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RC2-existing	1.000	1.722	1.722	1.000	1.000
		M-RC2-ASO	1.000	1.821	1.821	1.000	1.000
		M-RC2-GA	1.000	1.642	1.642	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RC2-existing	1.000	0.012	0.012	1.000	1.000
		M-RC2-ASO	1.000	0.129	0.129	1.000	1.000
		M-RC2-GA	1.000	0.099	0.099	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC2-existing	1.000	0.143	0.143	1.000	1.000
		M-RC2-ASO	1.000	0.192	0.192	1.000	1.000
		M-RC2-GA	1.000	0.262	0.262	1.000	1.000

ตารางที่ 78 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 (RC3-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RC3-ASO, M-RC3-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงการ	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC3-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RC3-existing	1.000	0.963	0.963	1.000	1.000
		M-RC3-ASO	1.000	0.908	0.908	1.000	1.000
		M-RC3-GA	1.000	0.944	0.944	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RC3-existing	1.000	0.019	0.019	1.000	1.000
		M-RC3-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RC3-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RC3-existing	1.000	0.471	0.471	1.000	1.000
		M-RC3-ASO	1.000	0.336	0.336	1.000	1.000
		M-RC3-GA	1.000	0.391	0.391	1.000	1.000

พหุ ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 79 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA) กรณีปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย

สถานการณ์	โครงควบคุม	ความถี่	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		(ครั้ง/ปี)	เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
ขาดแคลนน้ำ	ปีน้ำมาก	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำน้อย	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCK-existing	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCK-ASO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		M-RCK-GA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ไหลล้น	ปีน้ำมาก	RCK-existing	1.000	90.945	90.945	1.000	1.000
		M-RCK-ASO	1.000	88.345	88.345	1.000	1.000
		M-RCK-GA	1.000	88.794	88.794	1.000	1.000
	ปีน้ำน้อย	RCK-existing	1.000	13.912	13.912	1.000	1.000
		M-RCK-ASO	1.000	12.265	12.265	1.000	1.000
		M-RCK-GA	1.000	13.079	13.079	1.000	1.000
	ปีน้ำเฉลี่ย	RCK-existing	1.000	45.443	45.443	1.000	1.000
		M-RCK-ASO	1.000	43.506	43.506	1.000	1.000
		M-RCK-GA	1.000	43.722	43.722	1.000	1.000

4.3.1.4 การประเมินประสิทธิภาพของโครงควบคุม กรณีเพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำ ส่งผลให้ความต้องการใช้น้ำชลประทานเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 80 ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นที่อยู่ตอนท้ายสุดของกลุ่มน้ำ และจะทำการประเมินจากโครงควบคุมที่พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว และพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ และเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

ตารางที่ 80 ความต้องการใช้น้ำชลประทานที่เพิ่มขึ้นตามศักยภาพของอ่างเก็บน้ำในด้านเกษตรกรรม และการอุปโภค-บริโภค โดยวิธี ROS

อ่างเก็บน้ำ	ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรม รายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
อ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำบ่อ	0.152	0.294	0.255	0.039	0.005	1.446	1.286	1.124	0.481	0.007	0.006	0.043
อ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายตอนบน 1	0.130	0.252	0.218	0.033	0.004	0.327	0.590	0.439	0.276	0.023	0.003	0.013
อ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายตอนบน 2	0.141	0.273	0.236	0.036	0.469	0.217	0.521	0.313	0.415	0.000	0.000	0.000
อ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายตอนบน 3	0.022	0.042	0.036	0.006	0.086	0.040	0.096	0.058	0.076	0.000	0.000	0.000
อ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายขมิ้น	0.867	1.680	1.454	0.221	1.701	1.248	0.362	0.008	0.009	0.021	0.026	0.266

อ่างเก็บน้ำ	ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค รายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
อ่างเก็บน้ำ ห้วยน้ำบ่อ	0.0074	0.0067	0.0074	0.0072	0.0074	0.0072	0.0074	0.0074	0.0072	0.0072	0.0072	0.0074
อ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายตอนบน 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายตอนบน 2	0.0074	0.0067	0.0074	0.0072	0.0074	0.0072	0.0074	0.0074	0.0072	0.0072	0.0072	0.0074
อ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายตอนบน 3	0.0074	0.0067	0.0074	0.0072	0.0074	0.0072	0.0074	0.0074	0.0072	0.0072	0.0072	0.0074
อ่างเก็บน้ำ ห้วยทรายขมิ้น	0.0074	0.0067	0.0074	0.0072	0.0074	0.0072	0.0074	0.0074	0.0072	0.0072	0.0072	0.0074

ผลการประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม กรณีการเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทาน ในฤดูแล้ง ตามศักยภาพของอ่างเก็บน้ำโดยประเมินความต้องการใช้น้ำชลประทานจากโปรแกรม ROS (Reservoir Operation Study) ของกรมชลประทาน ร่วมประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม กับการสังเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ระหว่าง พ.ศ. 2548-2563 (16 ปี) จำนวน 100 ชุดเหตุการณ์ สามารถอภิปรายได้ดังนี้

1) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด

ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุม S-Rck-ASO และ S-Rck-GA ในกรณีที่เพิ่มความ ต้องการใช้น้ำชลประทานของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำตามศักยภาพแล้ว ได้แสดงในตารางที่ 81

พบว่า ไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-Rck-ASO , S-Rck-GA และ Rck-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันคือ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-Rck-ASO และ S-Rck-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 42.997 ± 3.823 ล้าน ลบ.ม. และ 42.507 ± 3.927 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม Rck-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 44.223 ± 3.981 ล้าน ลบ.ม. สามารถอธิบายได้ว่า จากการเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทานของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น โดยโค้งควบคุม S-Rck-ASO และ S-Rck-GA ยังคงมีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุม Rck-existing ทั้งในสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ไหลล้น

2) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

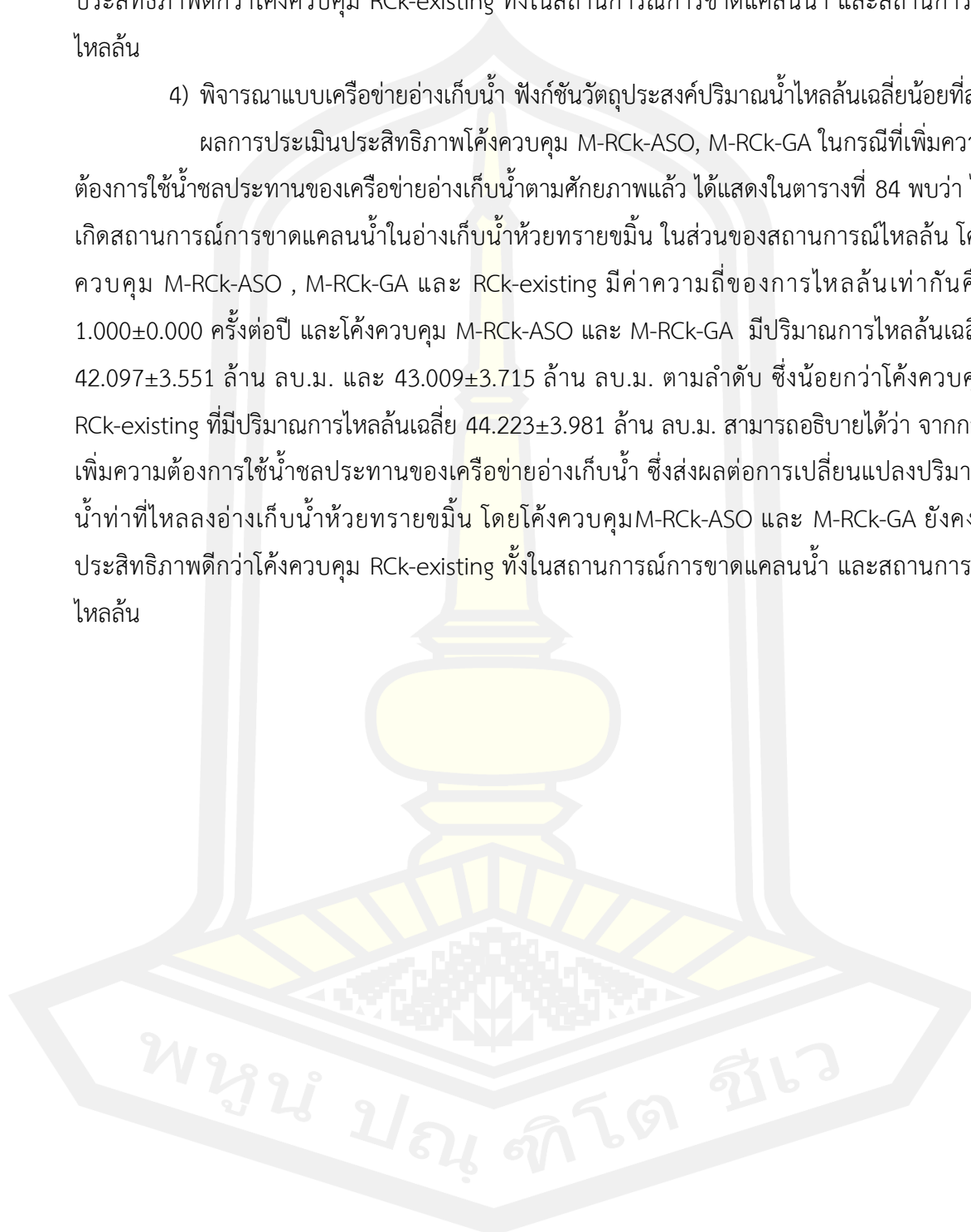
ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุม S-Rck-ASO และ S-Rck-GA ในกรณีที่เพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทานของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำตามศักยภาพแล้ว ได้แสดงในตารางที่ 82 พบว่า ไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม S-Rck-ASO , S-Rck-GA และ Rck-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันคือ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม S-Rck-ASO และ S-Rck-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 42.957 ± 3.575 ล้าน ลบ.ม. และ 42.366 ± 3.855 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม Rck-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 44.223 ± 3.981 ล้าน ลบ.ม. สามารถอธิบายได้ว่า จากการเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทานของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น โดยโค้งควบคุม S-Rck-ASO และ S-Rck-GA ยังคงมีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุม Rck-existing ทั้งในสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ไหลล้น

3) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด

ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุม M-Rck-ASO และ M-Rck-GA ในกรณีที่เพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทานของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำตามศักยภาพแล้ว ได้แสดงในตารางที่ 83 พบว่า ไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-Rck-ASO , M-Rck-GA และ Rck-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันคือ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-Rck-ASO และ M-Rck-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 42.387 ± 3.587 ล้าน ลบ.ม. และ 42.301 ± 3.491 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม Rck-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 44.223 ± 3.981 ล้าน ลบ.ม. สามารถอธิบายได้ว่า จากการเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทานของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ

น้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น โดยโค้งควบคุม M-Rck-ASO และ M-Rck-GA ยังคงมีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุม Rck-existing ทั้งในสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ไหลล้น

4) พิจารณาแบบเครื่องข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุม M-Rck-ASO, M-Rck-GA ในกรณีที่เพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทานของเครื่องข่ายอ่างเก็บน้ำตามศักยภาพแล้ว ได้แสดงในตารางที่ 84 พบว่า ไม่เกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ในส่วนของสถานการณ์ไหลล้น โค้งควบคุม M-Rck-ASO , M-Rck-GA และ Rck-existing มีค่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากันคือ 1.000 ± 0.000 ครั้งต่อปี และโค้งควบคุม M-Rck-ASO และ M-Rck-GA มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 42.097 ± 3.551 ล้าน ลบ.ม. และ 43.009 ± 3.715 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าโค้งควบคุม Rck-existing ที่มีปริมาณการไหลล้นเฉลี่ย 44.223 ± 3.981 ล้าน ลบ.ม. สามารถอธิบายได้ว่า จากการเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทานของเครื่องข่ายอ่างเก็บน้ำ ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น โดยโค้งควบคุม M-Rck-ASO และ M-Rck-GA ยังคงมีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุม Rck-existing ทั้งในสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ไหลล้น



ตารางที่ 81 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA) 100 ชุด เหตุการณ์ กรณีเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทาน

โครงควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
RCK-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
S-RCK-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
S-RCK-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
RCK-existing	μ	1.000	44.223	74.659	16.000	16.000
	σ	0.000	3.981	10.352	0.000	0.000
S-RCK-ASO	μ	1.000	42.997	73.017	16.000	16.000
	σ	0.000	3.823	9.737	0.000	0.000
S-RCK-GA	μ	1.000	42.507	71.622	16.000	16.000
	σ	0.000	3.927	9.605	0.000	0.000



ตารางที่ 82 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโครงควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (S-RCK-ASO, S-RCK-GA) 100 ชุดเหตุการณ์กรณีเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทาน

โครงควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)		
		เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด	
RCK-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
S-RCK-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
S-RCK-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000	
	σ	0.000	0.000	0.000	0.000	
RCK-existing	μ	1.000	44.223	74.659	16.000	16.000
	σ	0.000	3.981	10.352	0.000	0.000
S-RCK-ASO	μ	1.000	42.957	70.297	16.000	16.000
	σ	0.000	3.575	9.230	0.000	0.000
S-RCK-GA	μ	1.000	42.366	71.371	16.000	16.000
	σ	0.000	3.855	10.630	0.000	0.000



ตารางที่ 83 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโคงควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA) 100 ชุดเหตุการณ์ กรณีเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทาน

โคงควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
		เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
RCK-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
	σ	0.000	0.000	0.000	0.000
M-RCK-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
	σ	0.000	0.000	0.000	0.000
M-RCK-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
	σ	0.000	0.000	0.000	0.000
RCK-existing	μ	1.000	44.223	74.659	16.000
	σ	0.000	3.981	10.352	0.000
M-RCK-ASO	μ	1.000	42.387	70.076	16.000
	σ	0.000	3.587	9.148	0.000
M-RCK-GA	μ	1.000	42.301	71.942	16.000
	σ	0.000	3.491	10.258	0.000



ตารางที่ 84 ผลการประเมินเหตุการณ์ปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น (RCK-existing) พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุดที่พัฒนาด้วย ASO และ GA จากข้อมูลในอดีต (M-RCK-ASO, M-RCK-GA) 100 ชุดเหตุการณ์ กรณีเพิ่มความต้องการใช้น้ำชลประทาน

โค้งควบคุม	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		ช่วงเวลา (ปี)	
		เฉลี่ย	มากที่สุด	เฉลี่ย	มากที่สุด
RCK-existing	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
	σ	0.000	0.000	0.000	0.000
M-RCK-ASO	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
	σ	0.000	0.000	0.000	0.000
M-RCK-GA	μ	0.000	0.000	0.000	0.000
	σ	0.000	0.000	0.000	0.000
RCK-existing	μ	1.000	44.223	74.659	16.000
	σ	0.000	3.981	10.352	0.000
M-RCK-ASO	μ	1.000	42.097	69.695	16.000
	σ	0.000	3.551	9.243	0.000
M-RCK-GA	μ	1.000	42.009	69.892	16.000
	σ	0.000	3.715	9.091	0.000

4.3.2 ผลการประเมินจากปริมาณน้ำที่เกินความจุลำน้จากการระบายของอ่างเก็บน้ำที่อยู่ตอนบนบนของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ

การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม จากปริมาณน้ำระบายของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 จากการจัดทำโค้งควบคุมในกรณีทีพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ และเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด ที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำในลำน้ำด้านท้ายที่ไหลผ่านฝายห้วยทราย และปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ซึ่งอยู่ตอนท้ายสุดของกลุ่มน้ำ โดยเกณฑ์ปริมาณน้ำระบายที่ส่งผลกระทบต่อลำน้ำบริเวณฝายห้วยทรายเท่ากับ 3.5 ล้าน ลบ.ม./เดือน และได้กำหนดสัญลักษณ์ของโค้งควบคุม RC-existing แทนปริมาณน้ำระบายรวมจากโค้งควบคุม RC1-

existing, RC2- existing และ RC3- existing โค้งควบคุม S-ASO-sh แทนปริมาณน้ำระบายรวมจาก โค้งควบคุม S-RC1-ASO, S-RC2-ASO และ S-RC3-ASO ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด โค้งควบคุม S-GA -sh แทนปริมาณน้ำระบายรวมจาก โค้งควบคุม S-RC1-GA, S-RC2-GA และ S-RC3-GA ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด โค้งควบคุม S-ASO-ex แทนปริมาณน้ำระบายรวมจาก โค้งควบคุม S-RC1-ASO, S-RC2-ASO และ S-RC3-ASO ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด โค้งควบคุม S-GA-ex แทนปริมาณน้ำระบายรวมจาก โค้งควบคุม S-RC1-GA, S-RC2-GA และ S-RC3-GA ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด โค้งควบคุม M-ASO-sh แทนปริมาณน้ำระบายรวมจาก โค้งควบคุม M-RC1-ASO, M-RC2-ASO และ M-RC3-ASO ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด โค้งควบคุม M-GA-sh แทนปริมาณน้ำระบายรวมจาก โค้งควบคุม M-RC1-GA, M-RC2-GA และ M-RC3-GA ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด โค้งควบคุม M-ASO-ex แทนปริมาณน้ำระบายรวมจาก โค้งควบคุม M-RC1-ASO, M-RC2-ASO และ M-RC3-ASO ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด และ โค้งควบคุม M-GA-ex แทนปริมาณน้ำระบายรวมจาก โค้งควบคุม M-RC1-GA, M-RC2-GA และ M-RC3-GA ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด

ผลการประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม จากปริมาณน้ำระบายของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 พบว่า ปริมาณน้ำระบายจากโค้งควบคุมของข้อมูลน้ำ ปี 2560 ส่งผลกระทบต่อความจุลำนํ้าบริเวณฝายห้วยทราย ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นจริงในปี 2560 ดังแสดงในตารางที่ 85 และ ภาพที่ 56 จะเห็นได้ว่า โค้งควบคุม RC-existing มีปริมาณน้ำเกินความจุลำนํ้าในเดือนสิงหาคมและกันยายน มีปริมาณน้ำไหลผ่านฝายห้วยทราย 4.175 ล้าน ลบ.ม./เดือน และ 4.741 ล้าน ลบ.ม./เดือน ตามลำดับ โค้งควบคุม S-ASO-sh มีปริมาณน้ำเกินความจุลำนํ้าในเดือนสิงหาคมและกันยายน มีปริมาณน้ำไหลผ่านฝายห้วยทราย 3.755 ล้าน ลบ.ม./เดือน และ 4.716 ล้าน ลบ.ม./เดือน ตามลำดับ โค้งควบคุม S-GA-sh มีปริมาณน้ำเกินความจุลำนํ้าในเดือนสิงหาคมและกันยายน มีปริมาณน้ำไหลผ่านฝายห้วยทราย 3.569 ล้าน ลบ.ม./เดือน และ 4.896 ล้าน ลบ.ม./เดือน ตามลำดับ โค้งควบคุม S-ASO-ex มีปริมาณน้ำเกินความจุลำนํ้าในเดือนสิงหาคมและกันยายน มีปริมาณน้ำไหลผ่านฝายห้วยทราย 3.835 ล้าน ลบ.ม./เดือน และ 4.716 ล้าน ลบ.ม./เดือน ตามลำดับ โค้งควบคุม S-GA-ex มีปริมาณน้ำเกินความจุลำนํ้าในเดือนสิงหาคมและกันยายน มีปริมาณน้ำไหลผ่านฝายห้วยทราย 3.759 ล้าน ลบ.ม./เดือน และ 4.866 ล้าน ลบ.ม./เดือน ตามลำดับ โค้งควบคุม M-ASO-sh มีปริมาณน้ำเกินความจุลำนํ้าในเดือนกันยายน มีปริมาณน้ำไหลผ่านฝายห้วยทราย 4.596 ล้าน ลบ.ม./เดือน โค้งควบคุม M-GA-sh มีปริมาณน้ำเกินความจุลำนํ้าในเดือนกันยายน มีปริมาณน้ำไหลผ่านฝายห้วยทราย 4.636 ล้าน ลบ.ม./เดือน โค้งควบคุม M-ASO-ex มีปริมาณน้ำเกินความจุลำนํ้าในเดือนกันยายน มีปริมาณน้ำไหลผ่าน

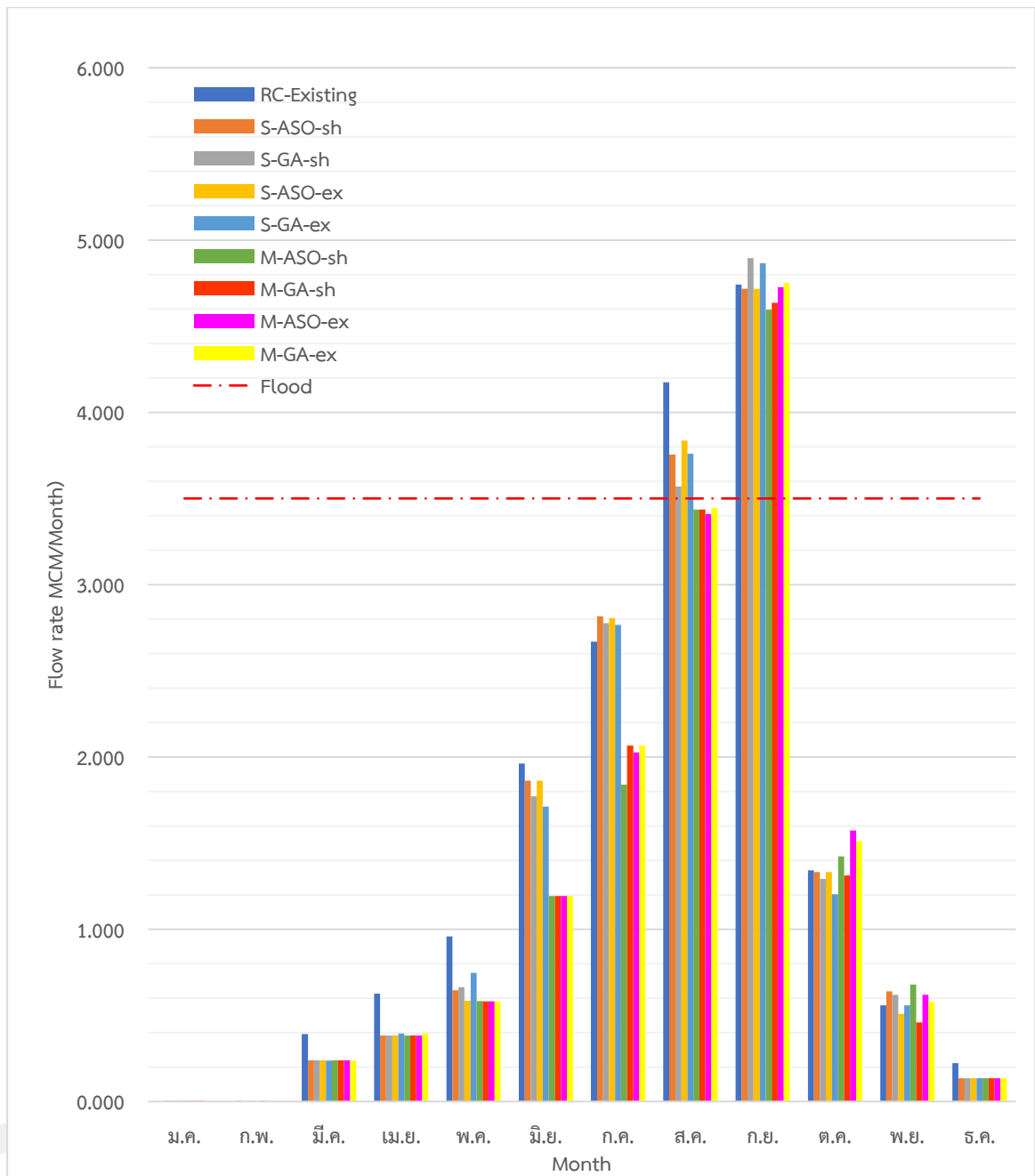
ฝายห้วยทราย 4.726 ล้าน ลบ.ม./เดือน โค้งควบคุม M-GA-ex มีปริมาณน้ำเกินความจุลำน้ในเดือนกันยายน มีปริมาณน้ำไหลผ่านฝายห้วยทราย 4.751 ล้าน ลบ.ม./เดือน

โดยภาพรวมแล้วสถานการณ์น้ำไหลล้นรวมที่ไหลผ่านฝายห้วยทราย จากการใช้โค้งควบคุม M-ASO-sh , M-GA-sh , M-ASO-ex และ M-GA-ex ซึ่งเป็นโค้งควบคุมที่ได้จากการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ โดยเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด สามารถลดช่วงเวลาและปริมาณการไหลล้นรวมที่ไหลผ่านฝายห้วยทราย ได้ดีกว่าโค้งควบคุมเดิม RC-existing และโค้งควบคุมที่พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว S-ASO-sh , S-GA-sh , S-ASO-ex และ S-GA-ex

ตารางที่ 85 ปริมาณน้ำที่ไหลล้นรวมผ่านฝายห้วยทราย ปี 2560 จากการใช้โค้งควบคุม RC-existing, S-ASO-sh , S-GA-sh , S-ASO-ex ,S-GA-ex ,M-ASO-sh , M-GA-sh , M-ASO-ex และ M-GA-ex

โค้งควบคุม	ปริมาณน้ำไหลผ่านฝายห้วยทราย (ล้าน ลบ.ม./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.
RC-Existing	0.000	0.000	0.392	0.626	0.959	1.962	2.668	4.175	4.741	1.342	0.559	0.223
S-ASO-sh	0.005	0.004	0.238	0.383	0.645	1.862	2.816	3.755	4.716	1.332	0.639	0.135
S-GA-sh	0.005	0.000	0.238	0.383	0.664	1.772	2.776	3.569	4.896	1.292	0.619	0.135
S-ASO-ex	0.005	0.004	0.238	0.383	0.585	1.862	2.806	3.835	4.716	1.332	0.509	0.135
S-GA-ex	0.005	0.000	0.238	0.395	0.747	1.712	2.766	3.759	4.866	1.202	0.559	0.135
M-ASO-sh	0.005	0.004	0.238	0.383	0.584	1.192	1.838	3.435	4.596	1.422	0.679	0.135
M-GA-sh	0.005	0.000	0.238	0.383	0.581	1.192	2.066	3.435	4.636	1.312	0.459	0.135
M-ASO-ex	0.005	0.000	0.238	0.383	0.581	1.192	2.026	3.409	4.726	1.572	0.619	0.135
M-GA-ex	0.000	0.000	0.238	0.395	0.581	1.192	2.066	3.445	4.751	1.512	0.579	0.135

ปริมาณน้ำเกินความจุลำน้



ภาพที่ 56 กราฟปริมาณน้ำที่ไหลล้นรวมผ่านฝายห้วยทราย ปี 2560 จากการใช้โค้งควบคุม RC-existing, S-ASO-sh, S-GA-sh, S-ASO-ex, S-GA-ex, M-ASO-sh, M-GA-sh, M-ASO-ex และ M-GA-ex

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้ เป็นการนำเสนอการสรุปผลการศึกษิตตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และการแสดงข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปศึกษาต่อในอนาคต รายละเอียดของการสรุปผลและข้อเสนอแนะสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

5.1.1 ผลการประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด ด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการค้นหาโค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ 5 อ่าง คือ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 โดยพิจารณาสร้างโค้งควบคุมจากการพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว แล้วเปลี่ยนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของค้นหาเป็นค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด และค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้ำน้อยที่สุด โดยมีผลการค้นหาเส้น URC และ LRC ได้ใกล้เคียงกับวิธี Genetic Algorithm (GA)

5.1.2 ผลการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) และวิธีเชิงพันธุกรรม Genetic Algorithm (GA) เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ ซึ่งได้ประยุกต์ใช้ในการค้นหาโค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ 5 อ่าง คือ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 โดยพิจารณาสร้างโค้งควบคุมจากการพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว และพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ แล้วเปลี่ยนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของค้นหาเป็นค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด และค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้ำน้อยที่สุด โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากช่วงเวลาอดีต ระหว่าง พ.ศ. 2548-2563 (16 ปี) พบว่า โค้งควบคุมที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) และวิธีเชิงพันธุกรรม Genetic Algorithm (GA) จากการพิจารณาแบบอ่างเดี่ยว และพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ มีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำตามวัตถุประสงค์หลักคือ ป้องกันการขาดแคลนน้ำ และป้องกันการไหลล้นของน้ำได้เหมาะสมกว่าโค้งควบคุมเดิม ดังแสดงได้จากโค้งควบคุมบน ในช่วงฤดูแล้งมีเกณฑ์กักเก็บน้ำอยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์เดิม ซึ่งจะหมายถึงอ่างเก็บน้ำจะรักษาระดับเก็บกักเพื่อเป็นน้ำต้นทุนสำหรับตอบสนองความต้องการใช้น้ำในช่วงฤดูแล้ง

ป้องกันสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ ส่วนในช่วงต้นของฤดูฝนมีเกณฑ์กักเก็บน้ำอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์เดิม ซึ่งจะหมายถึงอ่างเก็บน้ำจะระบายน้ำในช่วงต้นฤดูฝนเพื่อเพิ่มพื้นที่เก็บกักสำหรับเตรียมการรองรับปริมาณน้ำท่าในช่วงเดือนสิงหาคม ลดโอกาสการไหลล้นของน้ำ และในช่วงปลายฤดูฝนโค้งควบคุมใหม่จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับโค้งควบคุมเดิม คือจะดำเนินการเก็บกักน้ำที่ไหลมาในช่วงปลายฤดูฝนให้เต็มความจุอ่างเก็บน้ำไว้ใช้ในฤดูแล้งในปีถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 ในช่วงปลายฤดูฝนจะมีเกณฑ์กักเก็บน้ำต่ำกว่าเกณฑ์เดิม ทำให้ต้องการเพิ่มการระบายน้ำในช่วงดังกล่าว เนื่องจากมีสถิติน้ำไหลลงอ่างในช่วงท้ายฤดูฝนปริมาณมาก ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น จะมีเกณฑ์กักเก็บน้ำสูงกว่าเกณฑ์เดิมทำให้ลดการปล่อยน้ำออกจากอ่าง เพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ตามความต้องการทำอ่างในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งทำให้ลดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำของอ่างเก็บน้ำได้ดียิ่งขึ้น

5.1.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมที่สร้างจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าในอดีต ที่พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ และเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด เพื่อประเมินสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์การไหลล้น โดยประเมินจากค่าความถี่ในการขาดแคลนเฉลี่ย ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ย ค่าความถี่ในการไหลล้นเฉลี่ย และปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ย โดยกำหนดสถานการณ์การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมกรณีใช้ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนจากอดีต การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมกรณีใช้ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนสังเคราะห์ จำนวน 1,000 ชุดเหตุการณ์ การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมกรณีใช้ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนในอดีตในปี น้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมกรณีเพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำ ส่งผลให้ความต้องการใช้น้ำชลประทานเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นที่อยู่ตอนท้ายสุดของกลุ่มน้ำ พบว่า ประสิทธิภาพของโค้งควบคุมที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) และวิธีเชิงพันธุกรรม Genetic Algorithm (GA) จากการพิจารณาแบบอย่างเดี่ยว การพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ และเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยน้อยที่สุด มีประสิทธิภาพเหมาะสมกว่าโค้งควบคุมเดิมทั้งในสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์การไหลล้น สามารถลดความถี่การขาดแคลนน้ำ ความถี่การไหลล้น ลดปริมาณการขาดแคลนน้ำเฉลี่ย และการไหลล้นเฉลี่ยของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำทั้ง 5 แห่ง ได้ทั้งกรณีพิจารณาแบบอย่างเดี่ยว และพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ และโค้งควบคุมที่พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นที่อยู่ตอนล่างสุดของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ สามารถลดปริมาณการไหลล้นเฉลี่ยได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่พิจารณาแบบอย่างเดี่ยว เนื่องจากการ

ค้นหาโค้งควบคุมโดยการพิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ทำให้เกิดความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำที่ระบายของอ่างเก็บน้ำที่อยู่ตอนบนของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ทั้งในเรื่องของปริมาณและช่วงเวลาที่เหมาะสมของปริมาณน้ำที่ระบายของอ่างเก็บน้ำที่อยู่ตอนบนจากการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำที่อยู่ตอนล่างสุดของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ อย่างไรก็ตาม ปริมาณการไหลล้นเฉลี่ยจากการพิจารณาแบบเครือข่าย มีปริมาณน้อยกว่าการพิจารณาแบบอ่างเดี่ยวไม่มากนัก เนื่องจากอิทธิพลของน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นนั้น จะเกิดจากปริมาณน้ำท่าในพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นโดยตรง ซึ่งมีสัดส่วนการเกิดน้ำท่าที่มากกว่าปริมาณน้ำที่ระบายจากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ตอนบน

ผลการประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม จากปริมาณน้ำระบายของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 ที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำในลำน้ำด้านท้ายที่ไหลผ่านฝายห้วยทราย และปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น พบว่า ปริมาณน้ำระบายจากโค้งควบคุมจากข้อมูลน้ำในอดีตในปี 2560 ส่งผลกระทบต่อความจุลำนน้ำบริเวณฝายห้วยทราย ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นจริงในปี 2560 โดยโค้งควบคุมเดิมและโค้งควบคุมที่พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว จะมีปริมาณน้ำเกินความจุลำนน้ำในเดือนสิงหาคมและกันยายน รวม 2 เดือน ส่วนโค้งควบคุมที่พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ จะมีปริมาณน้ำเกินความจุลำนน้ำในเดือนกันยายน รวม 1 เดือน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าโค้งควบคุมที่เหมาะสมจากแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี Atom Search Optimization (ASO) และวิธีเชิงพันธุกรรม Genetic Algorithm (GA) ที่พิจารณาแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ มีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุมที่พิจารณาแบบอ่างเดี่ยว

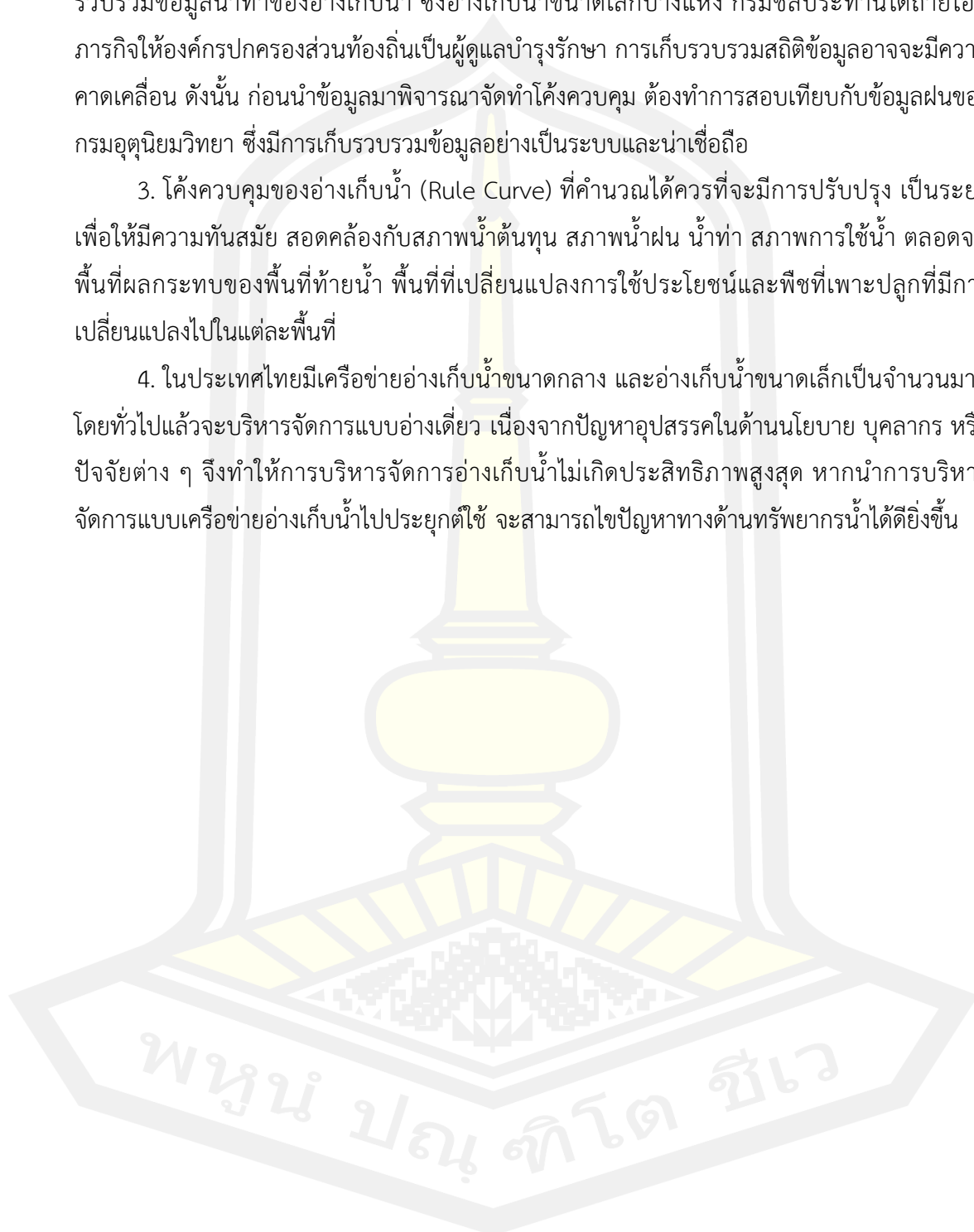
5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การประยุกต์ใช้การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีเทคนิค Atom Search Optimization (ASO) และ Genetic Algorithm (GA) สำหรับโค้งควบคุมของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ (Multi Rule Curve) ของอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำบ่อ อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 1 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 2 อ่างเก็บน้ำห้วยทรายตอนบน 3 และอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้น ได้พิจารณาการเป็นรายเดือน ดังนั้นหากต้องการให้ผลจากการวิเคราะห์มีความละเอียด และความแม่นยำสูง การศึกษาในครั้งต่อไปควรจะมีการพิจารณาการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำเป็นรายสัปดาห์ ตามแผนการความต้องการใช้น้ำของแต่ละฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาของโครงการนั้น ๆ เพื่อนำมาข้อมูลที่ได้มาปรับใช้กับการสร้างโค้งควบคุมใหม่ต่อไป

2. การจัดทำโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก มีข้อจำกัดในการรวบรวมข้อมูลน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กบางแห่ง กรมชลประทานได้ถ่ายโอนภารกิจให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้ดูแลบำรุงรักษา การเก็บรวบรวมสถิติข้อมูลอาจมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้น ก่อนนำข้อมูลมาพิจารณาจัดทำโค้งควบคุม ต้องทำการสอบเทียบกับข้อมูลฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบและน่าเชื่อถือ

3. โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ที่คำนวณได้ควรที่จะมีการปรับปรุง เป็นระยะ เพื่อให้มีความทันสมัย สอดคล้องกับสภาพน้ำต้นทุน สภาพน้ำฝน น้ำท่า สภาพการใช้น้ำ ตลอดจนพื้นที่ผลกระทบของพื้นที่ท้ายน้ำ พื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์และพืชที่เพาะปลูกที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละพื้นที่

4. ในประเทศไทยมีเครือข่ายอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปแล้วจะบริหารจัดการแบบอ่างเดี่ยว เนื่องจากปัญหาอุปสรรคในด้านนโยบาย บุคลากร หรือปัจจัยต่าง ๆ จึงทำให้การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำไม่เกิดประสิทธิภาพสูงสุด หากนำการบริหารจัดการแบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำไปประยุกต์ใช้ จะสามารถไขปัญหาทางด้านทรัพยากรน้ำได้ดียิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

- Agwa, A. M., El-Fergany, A. A., & Sarhan, G. M. (2019). Steady-state modeling of fuel cells based on atom search optimizer. *Energies*, 12(10).
<https://doi.org/10.3390/en12101884>
- Al-Aqeeli, Y. H., & Mahmood Agha, O. M. A. (2020). Optimal Operation of Multi-reservoir System for Hydropower Production Using Particle Swarm Optimization Algorithm. *Water Resources Management*, 34(10).
<https://doi.org/10.1007/s11269-020-02583-8>
- Al-taiee, & M., T. (2011). Optimization In Searching Daily Rule Curve At Mosul Regulating Reservoir , North Iraq Using Genetic Algorithms. *Tikrit Journal of Engineering Sciences*, 18(4), 48-59.
- Allawi, M. F., Aidan, I. A., & El-Shafie, A. (2021). Enhancing the performance of data-driven models for monthly reservoir evaporation prediction. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(7). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11062-x>
- Allawi, M. F., Jaafar, O., Mohamad Hamzah, F., Ehteram, M., Hossain, M. S., & El-Shafie, A. (2018). Operating a reservoir system based on the shark machine learning algorithm. *Environmental Earth Sciences*, 77(10). <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7546-8>
- Allawi, M. F., Othman, F. B., Afan, H. A., Ahmed, A. N., Hossain, M. S., Fai, C. M., & El-Shafie, A. (2019). Reservoir evaporation prediction modeling based on artificial intelligence methods. *Water (Switzerland)*, 11(6).
<https://doi.org/10.3390/w11061226>
- Almagboul, M. A., Shu, F., Qian, Y., Zhou, X., Wang, J., & Hu, J. (2019). Atom search optimization algorithm based hybrid antenna array receive beamforming to control sidelobe level and steering the null. *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, 111.
<https://doi.org/10.1016/j.aeue.2019.152854>

- Awotwi, A., Anornu, G. K., Quaye-Ballard, J., Annor, T., & Forkuo, E. K. (2017). Analysis of climate and anthropogenic impacts on runoff in the Lower Pra River Basin of Ghana. *Heliyon*, 3(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00477>
- Barshandeh, S., & Haghzadeh, M. (2021). A new hybrid chaotic atom search optimization based on tree-seed algorithm and Levy flight for solving optimization problems. *Engineering with Computers*, 37(4). <https://doi.org/10.1007/s00366-020-00994-0>
- Chang, F. J., Chen, L., & Chang, L. C. (2005). Optimizing the reservoir operating rule curves by genetic algorithms. *Hydrological Processes*, 19(11). <https://doi.org/10.1002/hyp.5674>
- Chaves, P., & Chang, F. J. (2008). Intelligent reservoir operation system based on evolving artificial neural networks. *Advances in Water Resources*, 31(6). <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2008.03.002>
- Chen, L., McPhee, J., & Yeh, W. W. G. (2007). A diversified multiobjective GA for optimizing reservoir rule curves. *Advances in Water Resources*, 30(5). <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2006.10.001>
- Chen, Y. h., & Chang, F. J. (2009). Evolutionary artificial neural networks for hydrological systems forecasting. *Journal of Hydrology*, 367(1-2). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.01.009>
- Cosgrove, W. J., & Loucks, D. P. (2015). Water management: Current and future challenges and research directions. In (Vol. 51).
- Donyaii, A., Sarraf, A., & Ahmadi, H. (2021). Optimization of Reservoir Dam Operation Using Gray Wolf, Crow Search and Whale Algorithms Based on the Solution of the Nonlinear Programming Model. *Journal of Water and Soil Science*, 24(4). <https://doi.org/10.47176/jwss.24.4.42751>
- Ehteram, M., Banadkooki, F. B., Fai, C. M., Moslemzadeh, M., Sapitang, M., Ahmed, A. N., Irwan, D., & El-Shafie, A. (2021). Optimal operation of multi-reservoir systems for increasing power generation using a seagull optimization algorithm and heading policy. *Energy Reports*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.06.008>
- Global Water, P. (2021). Integrated Water Resources Management (IWRM). In.
- Haddad, O. B., Afshar, A., & Marino, M. A. (2011). Multireservoir optimisation in discrete and continuous domains. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water*

- Management*, 164(2). <https://doi.org/10.1680/wama.900077>
- Hakimi-Asiabar, M., Ghodsypour, S. H., & Kerachian, R. (2010). Deriving operating policies for multi-objective reservoir systems: Application of Self-Learning Genetic Algorithm. *Applied Soft Computing Journal*, 10(4).
<https://doi.org/10.1016/j.asoc.2009.08.016>
- Jain, S. K., & Singh, V. P. (2003). *Water Resource System Planning and Management* (Vol. 369).
- Jonoski, A., & Popescu, I. (2012). Distance Learning in Support of Water Resources Management: An Online Course on Decision Support Systems in River Basin Management. *Water Resources Management*, 26(5).
<https://doi.org/10.1007/s11269-011-9959-y>
- Kamel, S., Hamour, H., Ahmed, M. H., & Nasrat, L. (2019, 2019). Atom search optimization algorithm for optimal radial distribution system reconfiguration. 2019 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE),
- Kangrang, A., & Chaleeraktragoon, C. (2007). Genetic algorithms connected simulation with smoothing function for searching rule curves. *American Journal of Applied Sciences*, 4(2). <https://doi.org/10.3844/ajassp.2007.73.79>
- Kangrang, A., Compliew, S., & Hormwichian, R. (2011). Optimal reservoir rule curves using simulated annealing. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management*, 164(1). <https://doi.org/10.1680/wama.800103>
- Karami, H., Farzin, S., Jahangiri, A., Ehteram, M., Kisi, O., & El-Shafie, A. (2019). Multi-Reservoir System Optimization Based on Hybrid Gravitational Algorithm to Minimize Water-Supply Deficiencies. *Water Resources Management*, 33(8).
<https://doi.org/10.1007/s11269-019-02238-3>
- Lomsadze, Z., Makharadze, K., Tsitskishvili, M., & Pirtskhalava, R. (2017). Water resources of Kakheti and ecological problems. *Annals of Agrarian Science*, 15(2).
<https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.03.002>
- Loucks, D. P., & van Beek, E. (2017). Water Resources Planning and Management: An Overview. In. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44234-1_1
- Lund, J. R., & Guzman, J. (1999). Derived Operating Rules for Reservoirs in Series or in

- Parallel. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 125(3).
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9496\(1999\)125:3\(143\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9496(1999)125:3(143))
- Mathur, Y. P., & Nikam, S. J. (2009). Optimal Reservoir Operation Policies Using Genetic Algorithm. *International Journal of Engineering and Technology*, 1(2).
<https://doi.org/10.7763/ijet.2009.v1.34>
- Mossa, M. A., Kamel, O. M., Sultan, H. M., & Diab, A. A. Z. (2021). Parameter estimation of PEMFC model based on Harris Hawks' optimization and atom search optimization algorithms. *Neural Computing and Applications*, 33(11).
<https://doi.org/10.1007/s00521-020-05333-4>
- Ngene, B. U., Nwafor, C. O., Bamigboye, G. O., Ogbiye, A. S., Ogundare, J. O., & Akpan, V. E. (2021). Assessment of water resources development and exploitation in Nigeria: A review of integrated water resources management approach. In (Vol. 7).
- Osman, A., Afan, H. A., Allawi, M. F., Jaafar, O., Noureldin, A., Hamzah, F. M., Ahmed, A. N., & El-shafie, A. (2020). Adaptive Fast Orthogonal Search (FOS) algorithm for forecasting streamflow. *Journal of Hydrology*, 586.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124896>
- Petvirojchai, P., & Sarpa, S. (2018). Current Technology for Alerting and Warning Tropical Cyclones in Thailand. *Tropical Cyclone Research and Review*, 7(3).
- Phumiphan, A., & Kangrang, A. (2021). Development of decision-making support tools for future reservoir management under climate and land cover variability: A case study. *International Review of Civil Engineering*, 12(4).
<https://doi.org/10.15866/irece.v12i4.20303>
- Sun, P., Liu, H., Zhang, Y., Tu, L., & Meng, Q. (2021). An intensify atom search optimization for engineering design problems. *Applied Mathematical Modelling*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.07.052>
- Taghian, M., Rosbjerg, D., Haghghi, A., & Madsen, H. (2014). Optimization of Conventional Rule Curves Coupled with Hedging Rules for Reservoir Operation. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 140(5).
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000355](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000355)
- Vudhivanich, V., & Rittima, A. (2003). *Development of Probability Based Rule Curves for*

a Reservoir.

- Xu, D., Lyon, S. W., Mao, J., Dai, H., & Jarsjö, J. (2020). Impacts of multi-purpose reservoir construction, land-use change and climate change on runoff characteristics in the Poyang Lake basin, China. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100694>
- Yafouz, A., AlDahoul, N., Birima, A. H., Ahmed, A. N., Sherif, M., Sefelnasr, A., Allawi, M. F., & Elshafie, A. (2022). Comprehensive comparison of various machine learning algorithms for short-term ozone concentration prediction. *Alexandria Engineering Journal*, 61(6). <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.10.021>
- Yawson, D. O., Mohan, S., Armah, F. A., Ball, T., Mulholland, B., Adu, M. O., & White, P. J. (2020). Virtual water flows under projected climate, land use and population change: the case of UK feed barley and meat. *Heliyon*, 6(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03127>
- Zhang, R., Zhou, J., Ouyang, S., Wang, X., & Zhang, H. (2013). Optimal operation of multi-reservoir system by multi-elite guide particle swarm optimization. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 48(1). <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2012.11.031>
- Zhang, Z., Qin, H., Yao, L., Liu, Y., Jiang, Z., Feng, Z., & Ouyang, S. (2020). Improved Multi-objective Moth-flame Optimization Algorithm based on R-domination for cascade reservoirs operation. *Journal of Hydrology*, 581. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124431>
- Zhao, W., Wang, L., & Zhang, Z. (2019). Atom search optimization and its application to solve a hydrogeologic parameter estimation problem. *Knowledge-Based Systems*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.08.030>
- กรมชลประทาน. (2554). คู่มือการปฏิบัติงาน เล่มที่ 9/16 การจัดทำโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมชลประทาน. (2562). ข้อมูลสารสนเทศโครงการชลประทาน 2562. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2563). คู่มือ การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศสำหรับชุมชนเมือง. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- เกียรติพงษ์ สายเมือง. (2559). เหนือการจัดการสรรน้ำที่เหมาะสมด้วยวิธีเทคนิคการค้นหาแบบทาบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- คณะกรรมการวิชาการวิสามัญ วุฒิสภา. (2546). รายงานการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่
สัมฤทธิ์ผลในประเทศไทย.
- เจษฎา ตงศิริ. (2561). การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างด้วยแบบจำลอง SWAT และการปรับปรุง
โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เชษฐพันธ์ โล่คำ. (2555). เกณฑ์การจัดสรรน้ำที่เหมาะสมด้วยกระบวนการอาณานิคมมดกรณีศึกษา
โครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษาลำปาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ตระการ กาสีใส. (2559). เกณฑ์การจัดสรรน้ำที่เหมาะสมด้วยเทคนิควิธีการอาณาจักรผึ้ง. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ทัตตวัฒน์ ดาราก้านตง. (2562). การปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำด้วยเทคนิคการถ่ายละอองเรณู
ดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- นัฐพงษ์ ศรีกมล. (2562). การปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์และอ่างเก็บน้ำน้ำอูนโดยใช้
วิธีหึ่งห้อย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- รพีภัทร เตชะรุ่งเรืองสกุล. (2562). การประเมินปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วม
ร่วม และการปฏิบัติการอ่างเก็บ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- รัตนา หอมวิเชียร. (2553). การพัฒนาโค้งควบคุมโดยใช้วิธีดิฟเฟอเรนเชียลเอฟฟิวชัน. วิทยานิพนธ์
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วรารุช วุฒินิชย์. (2538a). การจัดการน้ำขั้นสูง. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน.
- วรารุช วุฒินิชย์. (2538b). การจัดการเรื่องน้ำขั้นสูง เล่ม 2. คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- วรารุช วุฒินิชย์ และคณะ. (2550). อุทกวิทยาทางวิศวกรรม. สถาบันพัฒนาการชลประทาน ,กรม
ชลประทาน.
- วิทวัส พาโคกทม. (2557). เกณฑ์การจัดสรรน้ำที่เหมาะสมด้วยเทคนิคคนกดูเหว่า. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วิษณุกรณ์ ชัยภูมิ. (2553). การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวเพื่อหาค่าที่เหมาะสม
ของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำสิรินธร และอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรม
ศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- อดุล วรณจนา. (2538). การวางโครงการชลประทาน. คณะวิศวกรรมศาสตร์,

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

อารียา ฤทธิมา. (2561). อ่างเก็บน้ำและการวางแผนปฏิบัติการ. คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยมหิดล.

เอกพงษ์ มานิล. (2562). การประยุกต์ใช้การค้นหาวีธีแบท เพื่อค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสม.

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	สุวภัทร โกษาแสง
วันเกิด	วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	อำเภอหนองบัว จังหวัดนครพนม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 115 หมู่ 12 ตำบลหมู่น อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	วิศวกรชลประทานชำนาญการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ส่วนบริหารจัดการน้ำและบำรุงรักษา สำนักงานชลประทานที่ 5 จังหวัดอุดรธานี
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2542 มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสกลราชวิทยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร พ.ศ. 2545 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสกลราชวิทยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร พ.ศ. 2552 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2556 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2565 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ ติโต ชีเว