

ค้นหาโค้งควมคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี ด้วยเทคนิคอัลกอริธึมการค้นหาการ
ขนส่ง

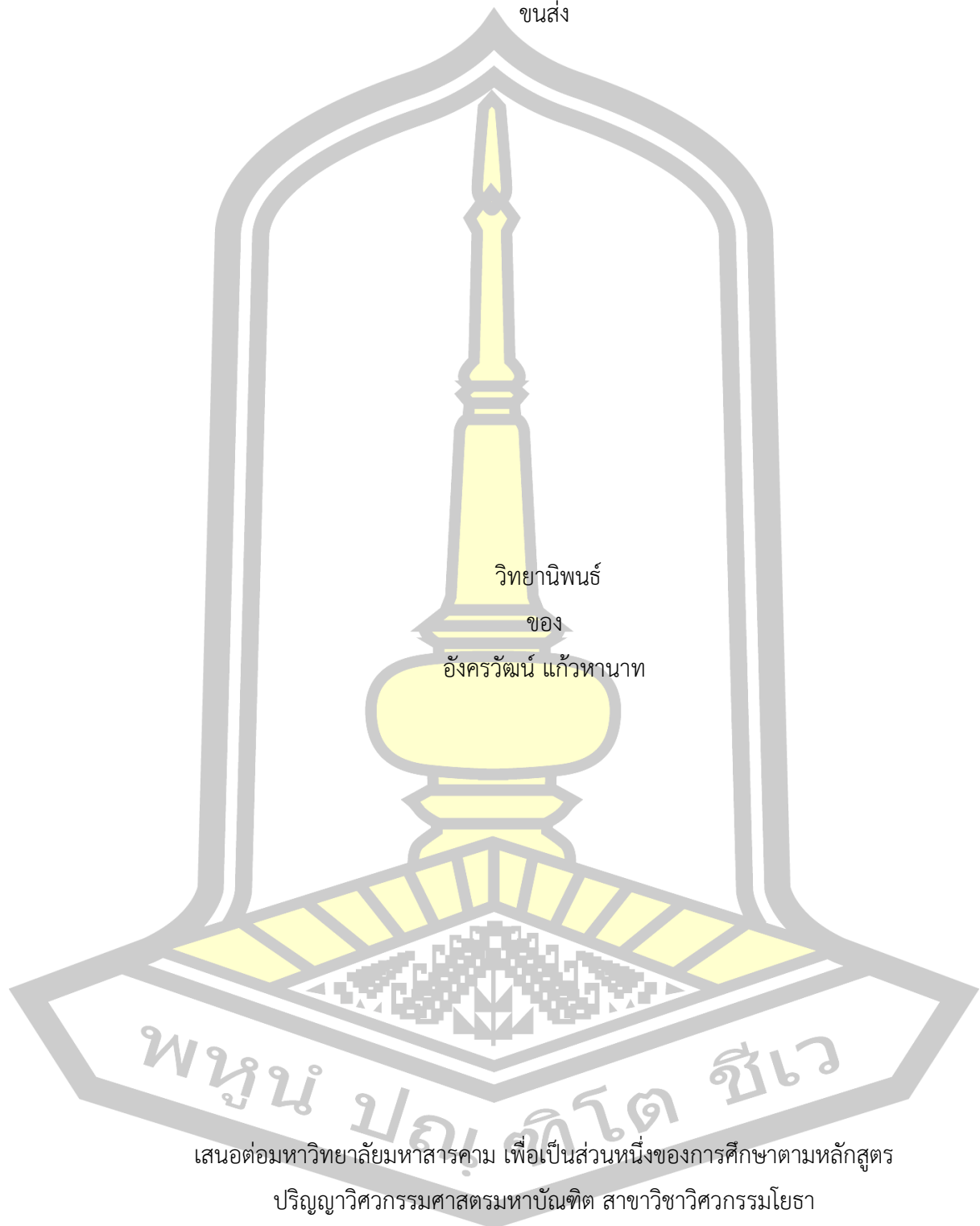
วิทยานิพนธ์
ของ
อังครวัฒน์ แก้วหานาท

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

กรกฎาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ค้นหาโค้งควมคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี ด้วยเทคนิคอัลกอริธึมการค้นหาการ
ขนส่ง

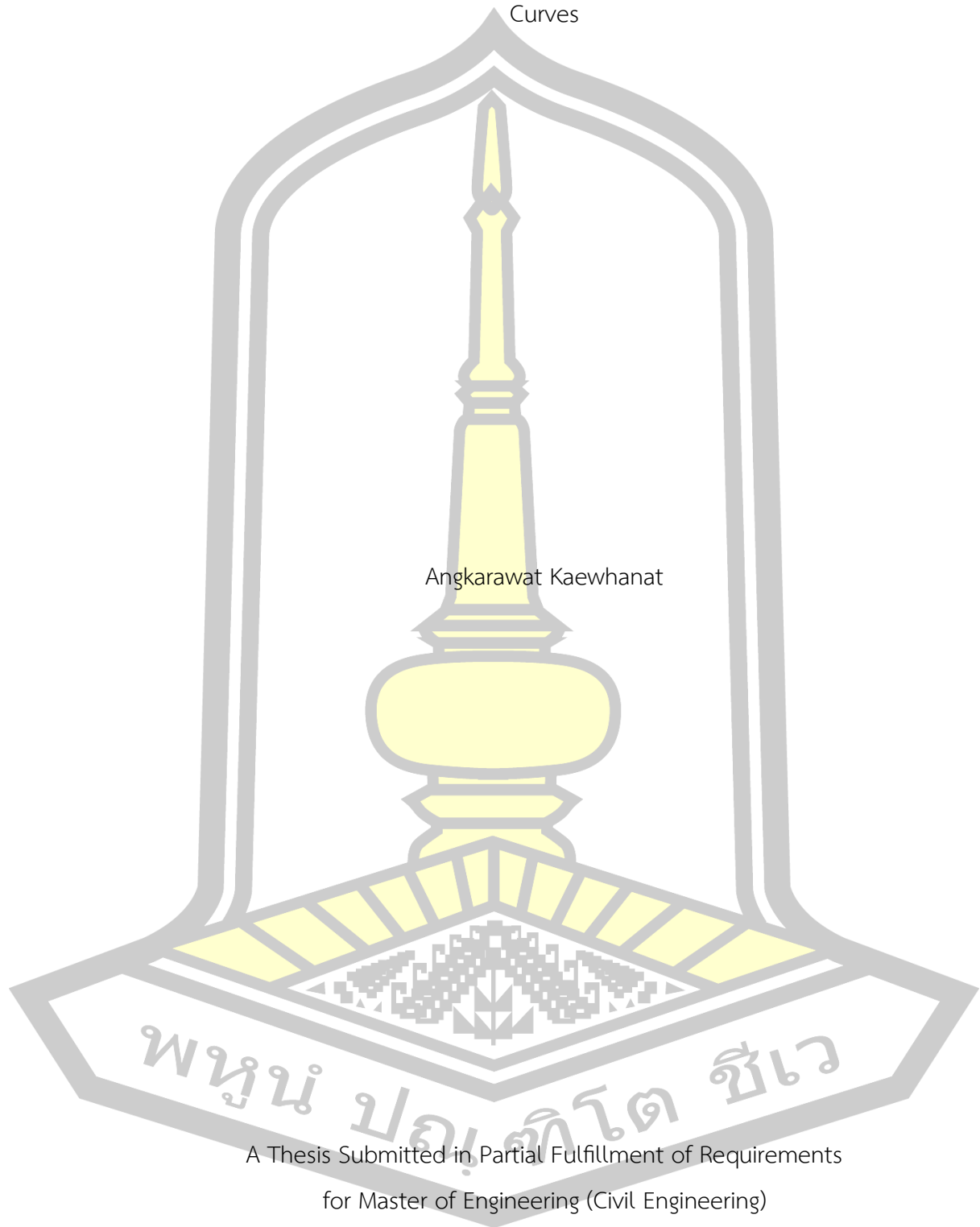


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

กรกฎาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Application of Transit search optimization algorithm for Searching Optimal Rule
Curves



Angkarawat Kaewhanat

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

July 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายอังครวัฒน์ แก้วหานาท
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. หริส ประสารฉ่ำ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)

กรรมการ

(ผศ. ดร. รัตนา หอมวิเชียร)

กรรมการ

(ผศ. ดร. ศีวา แก้วปลั่ง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(รศ. ดร. จักรมาส เลหาวนิช)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

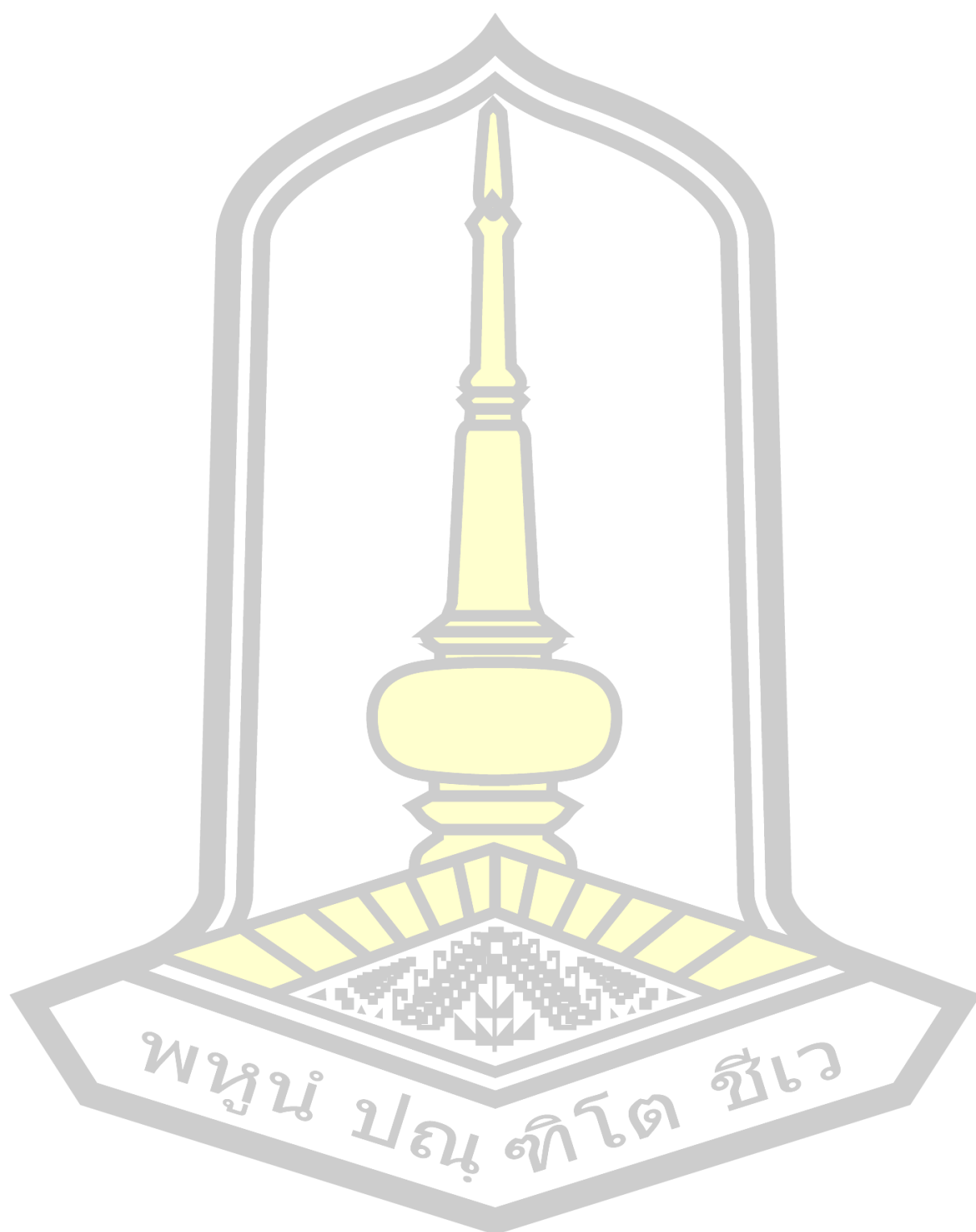
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	ค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี ด้วยเทคนิค อัลกอริธึมการค้นหาการขนส่ง		
ผู้วิจัย	อังครวัฒน์ แก้วหานาท		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง		
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้คือการนำวิธีการหาค่าที่เหมาะสมโดยใช้อัลกอริธึม Transit Search Optimization (TSO) ร่วมกับแบบจำลองการจำลองอ่างเก็บน้ำเพื่อปรับปรุงโค้งปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำ ประสิทธิภาพของโค้งปฏิบัติการของได้รับการประเมินโดยอิงตามความถี่ ขนาด และระยะเวลาของการขาดแคลนน้ำและการปล่อยน้ำส่วนเกิน การศึกษานี้พิจารณาข้อมูลรายเดือนของโค้งปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำจากอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี จังหวัดอุดรธานีเป็นกรณีศึกษา นอกจากนี้ยังมีการสังเคราะห์ข้อมูลการไหลเข้า 1000 ตัวอย่างเพื่อประเมินประสิทธิภาพของโค้งปฏิบัติการของใหม่จากแบบจำลองที่เสนอ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าโค้งปฏิบัติการของพัฒนาด้วยอัลกอริธึม TSO สามารถลดความถี่เฉลี่ยของการขาดแคลนน้ำจาก 0.500 ครั้งต่อปี เป็น 0.498 ครั้งต่อปี และขนาดเฉลี่ยของการขาดแคลนน้ำจาก 5.249 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เป็น 4.391 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ขนาดสูงสุดของการขาดแคลนน้ำลดลงจาก 11.041 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เป็น 10.428 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในทำนองเดียวกัน ความถี่เฉลี่ยของการปล่อยน้ำส่วนเกินยังคงอยู่ที่ 0.497 ครั้งต่อปี แต่ขนาดเฉลี่ยของการปล่อยน้ำส่วนเกินลดลงจาก 132.899 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เป็น 132.058 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ขนาดสูงสุดของการปล่อยน้ำส่วนเกินลดลงจาก 327.025 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เป็น 326.342 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ผลลัพธ์เหล่านี้แสดงให้เห็นว่าโค้งปฏิบัติการของที่พัฒนาด้วยอัลกอริธึม TSO สามารถปรับปรุงการจัดการการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำโดยลดทั้งการขาดแคลนน้ำและการปล่อยน้ำส่วนเกินเมื่อเทียบกับโค้งปฏิบัติการของที่มีอยู่

คำสำคัญ : การจัดการทรัพยากรน้ำ, โค้งปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำ, แบบจำลองทาง, อัลกอริธึมการค้นหาการขนส่ง, อัลกอริธึมเชิงพันธุกรรม



TITLE	Application of Transit search optimization algorithm for Searching Optimal Rule Curves		
AUTHOR	Angkarawat Kaewhanat		
ADVISORS	Assistant Professor Anongrit Kangrang , Ph.D.		
DEGREE	Master of Engineering	MAJOR	Civil Engineering
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2024

ABSTRACT

Rule curves of reservoir are necessary guides to operate reservoir system in the long run for both flood and draught control. The curves indicate either the interval (i.e., upper and lower bounds) of required water levels or desired storage volumes of each reservoir at any particular month. The main objective of each rule curves depends on each characteristic reservoir. The search for optimal rule curves is a non-linear optimization problem. Recently, an alternative optimization technique of Transit search optimization (TSO) has been applied to solve many engineering problems.

The purpose of this research was to apply the optimization method by using the Transit search Optimization (TSO) algorithm cooperating with the reservoir simulation model in order to improve the rule curves of reservoir. The efficiency of the rule curves which showed situations of water shortage and excess release water in terms of frequency, magnitude and duration. This study considered the monthly data of reservoir rule curves from the Nong Han-Kumphawapi reservoir, Udon Thani Province as the case study. Moreover, this study synthesized 1,000 samples of inflow data in order to evaluate the efficiency of new rule curves from the proposed model. The results were displayed the situations of water shortage and excess water in term of frequency, duration time, average water quantity and the highest water quantity. The

results after testing the new rule curves compared with the existing rule curves and the GA's rule curves.

The results found that the new obtained rule curves are more suitable for reservoir operation than the existing rule curves. The frequency and magnitude of water shortage and excess water release for using new obtained rule curves are lower than their existing rule curves. When comparing the new obtained rule curves with the rule curves of the GA method as well as the existing simulation. In conclude the TSO connecting with reservoir simulation model with the objective function of minimal average water shortage can apply to find the optimal rule curves effectively.

Keyword : water resource management. reservoir rule curves. simulation model.

Transit Search Optimization. genetic algorithm.



กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าสามารถสำเร็จสมบูรณได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงสุดจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศ.ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง ผู้ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง ทั้งยังมอบแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ อย่างละเอียดถี่ถ้วน ทำให้ข้าพเจ้าสามารถดำเนินการวิจัยได้อย่างมั่นใจและประสบความสำเร็จในที่สุด นอกจากนี้ อาจารย์ยังให้การสนับสนุนอย่างไม่ขาดสาย รวมถึงให้กำลังใจอันเป็นแรงผลักดันสำคัญ ทำให้ข้าพเจ้ามีความมุ่งมั่นและสามารถดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.สุวัชร โกษาแสง หัวหน้าฝ่ายปรับปรุงบำรุงรักษา ที่เป็นพี่เลี้ยงและเป็นที่ปรึกษาแนะแนววิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนสามารถดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วง ขอขอบพระคุณในความเอาใจใส่และการสนับสนุนอย่างทุ่มเท ที่ทำให้ข้าพเจ้าได้รับคำแนะนำที่มีค่าและแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ

ขอขอบพระคุณ นายทินกร แสงอาวุธ ผู้อำนวยการโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากุมภวาปี ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดหาข้อมูลที่สำคัญต่างๆ ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากุมภวาปี ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการดำเนินการวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณอย่างสูงยิ่งต่อคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ทริส ประสารฉ่า ประธานกรรมการ ผศ.ดร.รัตนา หอมวิเชียร และ ผศ.ดร.ศิวา แก้วปลั่ง ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบและให้คำแนะนำที่สร้างความสมบูรณ์ให้กับงานวิจัยนี้ และแนะนำแนวทางที่ชัดเจนและเป็นแรงบันดาลใจในการพัฒนาความรู้และทักษะทางวิชาการของข้าพเจ้าอย่างต่อเนื่อง

นอกจากนี้ ข้าพเจ้ายังขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยในการดำเนินการวิจัยและการจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ไม่ว่าจะเป็นครอบครัวที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจ บุคลากรในคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่คอยช่วยเหลือ และผู้ที่มีส่วนร่วมในการให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ที่ทำให้งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

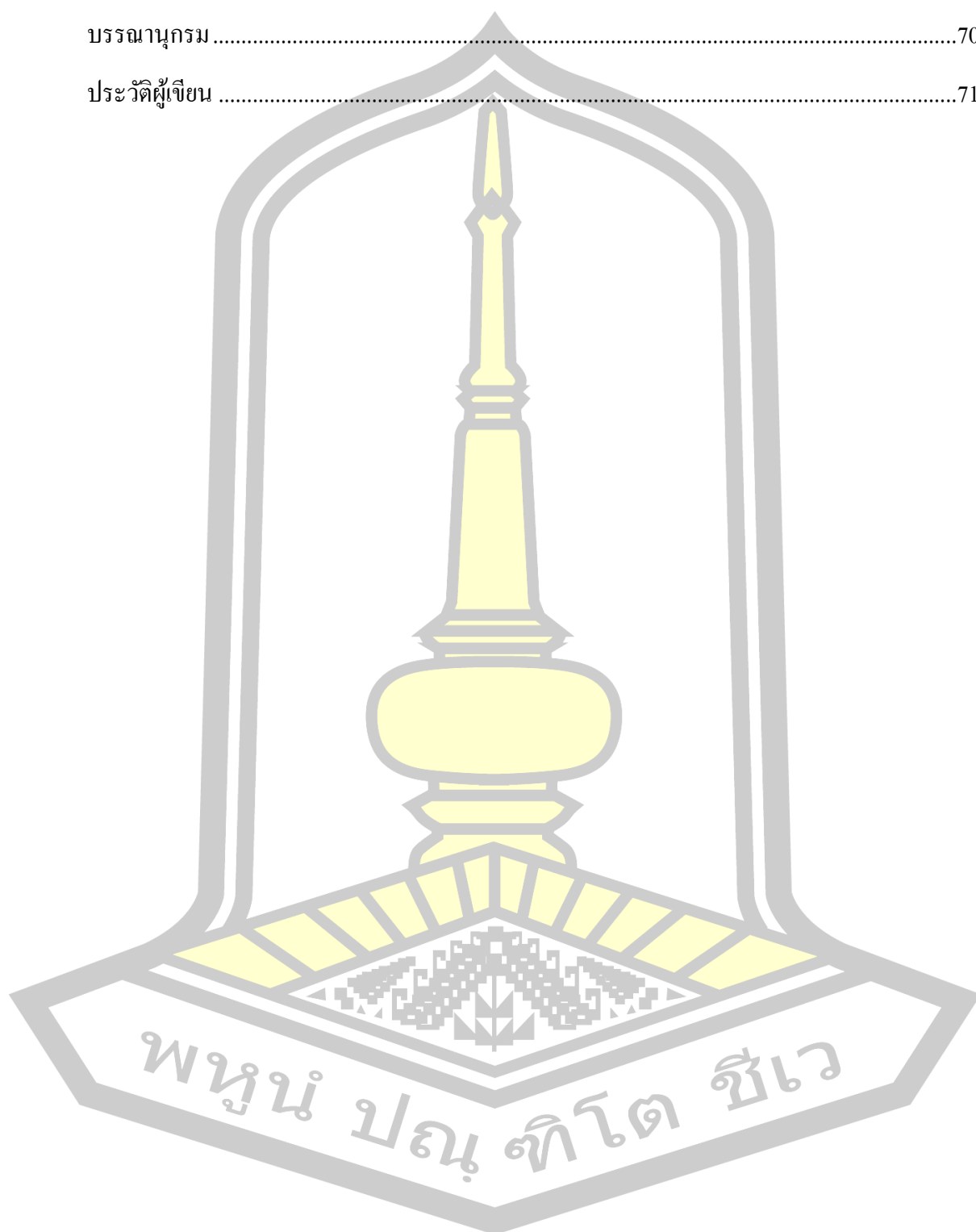
พูน ปณ จิตโต ชีวะ อังครวัฒน์ แก้วหานาท

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สาบัญภาพ	ฐ
บทที่1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 ปรีทัศน์เอกสารข้อมูล	4
2.1 การจัดการน้ำ.....	4
2.1.1การจัดการด้านน้ำต้นทุน.....	6
2.1.2. การจัดการด้านความต้องการน้ำ	7
2.2. การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operations).....	8
2.2.1. ประเภทของอ่างเก็บน้ำ.....	8
2.3 หลักการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้วยโค้งควบคุม.....	9
2.4 การปรับปรุงโค้งควบคุม	12
2.4.1. เทคนิคการหาค่าเหมาะสมด้วยวิธีการศึกษาเลียนแบบ (SM)	12
2.4.2 เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วย Transit search optimization algorithm.....	14
2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
3.1 พื้นที่ศึกษา.....	27
3.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา.....	31
3.2.1 สภาพภูมิอากาศ.....	31
3.2.2 อัตราการระเหย.....	34
3.2.3 ปริมาณความต้องการใช้น้ำ.....	34
3.2.4 การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมผลิต.....	36
3.2.5 การใช้น้ำเพื่อการชลประทานที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำ.....	37
3.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง Transit search optimization algorithm ปรับปรุงโครงสร้างควบคุมของอ่างเก็บน้ำ.....	39
3.3.1 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม.....	40
3.3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้.....	43
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	48
4.1 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด.....	49
4.2 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด.....	50
4.3 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด.....	52
4.4 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด.....	54
4.5 ผลการประเมินประสิทธิภาพโครงสร้างควบคุมอ่างเก็บน้ำ.....	57
4.6 นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับ การปล่อยน้ำในอดีตของอ่างเก็บน้ำ.....	60
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	65
5.1 ผลการสร้างโครงสร้างที่เหมาะสม.....	65
5.2 ผลการสร้างโครงสร้างที่เหมาะสม.....	65
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	66

บรรณานุกรม.....	67
บรรณานุกรม	70
ประวัติผู้เขียน	71



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ปริมาณฝนสะสมรายเดือน.....	33
ตารางที่ 2 อัตราการระเหยของอ่างเก็บน้ำรายเดือน.....	34
ตารางที่ 3 อัตราการใช้น้ำต่อคนต่อวัน	34
ตารางที่ 4 อัตราการใช้น้ำในพื้นที่	35
ตารางที่ 5 การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม	37
ตารางที่ 6 รวมการใช้น้ำทั้งหมดของอ่างเก็บน้ำ.....	38
ตารางที่ 7 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด	49
ตารางที่ 8 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด.....	51
ตารางที่ 9 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด.....	53
ตารางที่ 10 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด.....	55
ตารางที่ 11 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูล ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต ระหว่าง พ.ศ. 2549-2564 จำนวน 16 ปีข้อมูล.....	57
ตารางที่ 12 ในสถานการณ์น้ำส่วนเกินแสดงค่าน้ำไหลล้นเฉลี่ยและค่าความถี่น้ำไหลล้น	58
ตารางที่ 13 สถานการณ์น้ำขาดแคลนและไหลส่วนเกินจากค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด	59

พูน ปณ จิต ชีเว

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 โด่งปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ.....	10
ภาพที่ 2 เกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (Standard operating rule).....	11
ภาพที่ 3 การพร่องน้ำในช่วงเริ่มต้นฤดูฝน.....	13
ภาพที่ 4 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม Transit search optimization algorithm	15
ภาพที่ 5 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม Transit search optimization algorithm	16
ภาพที่ 6 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม Transit search optimization algorithm	17
ภาพที่ 7 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม Transit search optimization algorithm	18
ภาพที่ 8 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของอ่างเก็บน้ำหนองหาน – กุมภวาปี.....	27
ภาพที่ 9 ขั้นตอนการศึกษา	28
ภาพที่ 10 พื้นที่การเกษตรของอ่างเก็บน้ำหนองหาน – กุมภวาปี	29
ภาพที่ 11 Schematic diagram	30
ภาพที่ 12 แสดงปริมาณน้ำฝนในพื้นที่อ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภวาปี.....	32
ภาพที่ 13 ปริมาณน้ำท่ารายวันในหนองหานกุมภวาปี ช่วงปี 2554 ถึง 2556	33
ภาพที่ 14 ปริมาณน้ำท่ารายวันในหนองหานกุมภวาปี ปี 2557.....	34
ภาพที่ 15 ผังภูมิระบบการใช้น้ำจากหนองหานกุมภวาปี	37
ภาพที่ 16 รูปขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม	39
ภาพที่ 17 อัลกอริทึมที่ผู้วิจัยนำมาศึกษา.....	40
ภาพที่ 18 ลักษณะของโซนที่เหมาะสมแก่การอยู่อาศัย	41
ภาพที่ 19 ช่วงอายุของดาวฤกษ์ มีผลในการกำหนดโซนที่อยู่อาศัย (เหมาะสม 2- 4)	41
ภาพที่ 20 ใช้การหักเหหรือดบังแสงในการนับจำนวนในโซนที่สนใจ	41

ภาพที่ 21 การหักเหหรือบดบังแสง	42
ภาพที่ 22 ดาวเคราะห์ที่อยู่ในโซนที่เหมาะสมแก่การอยู่อาศัย	42
ภาพที่ 23 ค่าความถี่ในการค้นหา	42
ภาพที่ 24 กำหนดช่วงในการค้นหาค่าที่เหมาะสมใหม่ของอ่างเก็บน้ำ	44
ภาพที่ 25 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล	45
ภาพที่ 26 ภาพประกอบพื้นที่ศึกษาอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภาพันธ์	46
ภาพที่ 27 ภาพประกอบพื้นที่ศึกษาอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภาพันธ์	46
ภาพที่ 28 ภาพประกอบพื้นที่ศึกษาอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภาพันธ์	47
ภาพที่ 29 ภาพประกอบพื้นที่ศึกษาอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภาพันธ์	47
ภาพที่ 30 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด	50
ภาพที่ 31 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด	52
ภาพที่ 32 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด	54
ภาพที่ 33 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด	56
ภาพที่ 34 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด	60
ภาพที่ 35 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ไหลล้น	61
ภาพที่ 36 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด	62
ภาพที่ 37 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ของการขาดแคลนนํ้า	63

พจน ปรณ จิตโต ชีเว

บทที่1 บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

น้ำเป็นปัจจัยหลักและสำคัญในการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต ดังนั้น “หลักการสำคัญที่ว่า ต้องมีน้ำบริโภค น้ำใช้ น้ำเพื่อการเพาะปลูก เพราะว่ามีชีวิตอยู่ที่นั่น ถ้ามีน้ำทุกคนอยู่ได้ ถ้าไม่มีน้ำคนอยู่ไม่ได้ ไม่มีไฟฟ้าคนอยู่ได้ แต่ถ้ามีไฟฟ้าแต่ไม่มีน้ำคนอยู่ไม่ได้ “จากกระแสพระราชดำรัสพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ภูมิพลอดุลยเดช”รัชกาลที่ ๙ ที่อัญเชิญมาข้างต้นมีความหมายชัดเจนถึงความสำคัญของน้ำต่อชีวิตและการยังชีพของผู้คน น้ำจึงถือว่าเป็นสิ่งมหัศจรรย์ที่ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตขึ้นมาบนโลก น้ำจึงเป็นสัญลักษณ์ของการดำรงอยู่และการสิ้นสุดของสรรพสิ่ง ในโลกนี้น้ำเป็นสสารที่มีปริมาณมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสสารอื่นที่มีอยู่มนุษย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่นำน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ มากที่สุดเช่น การอุปโภค-บริโภค การพลังงาน การเกษตรกรรม การอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว การผลิตกระแสไฟฟ้า การรักษาระบบนิเวศรวมทั้งการผลักดันน้ำเค็มและการชลประทานในแหล่งน้ำ

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหากับภาวะน้ำท่วมและภัยแล้ง ในหลายพื้นที่ ยกตัวอย่างจากกรณีน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเมื่อปี 2565 มีครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย ในพื้นที่ กรุงเทพฯ และ 15 จังหวัด จำนวน 237,048 ครัวเรือน วงเงินผลกระทบความเสียหาย 1,190.46 ล้านบาท และในปี 2566 มีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมแล้ว 10 จังหวัด 27 อำเภอ 56 ตำบล/เทศบาล โดยมีบ้านเรือนที่ได้รับผลกระทบอย่างน้อย 217 หมู่บ้าน/ชุมชน ในจังหวัด เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ แม่ฮ่องสอน รวมทั้งจังหวัดเพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ เลย หนองบัวลำภู และ ปราจีนบุรี เป็นต้นจากกรณีดังกล่าวนี้ จำเป็นต้องพิจารณาถึงการบริหารจัดการน้ำที่เกี่ยวข้องและความสัมพันธ์ทั้งหมดในระบบอ่างเก็บน้ำ ทำให้ต้องศึกษาการจัดการน้ำให้มีความเหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพ

การบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ หมายถึง การเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำและการส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ วิธีการจัดการน้ำหลักโดยทั่วไปประกอบด้วย การจัดการทรัพยากรน้ำต้นทุน (Supply Management) แนวทางการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนให้กับลุ่มน้ำ เช่น การทำฝนหลวง การผันน้ำจากลุ่มน้ำข้างเคียง การสร้างเขื่อน อ่างเก็บน้ำ ฝายทดน้ำ แนวทางการเพิ่มศักยภาพให้น้ำต้นทุน การขุดลอกแหล่งน้ำ การปรับปรุงอ่างเพื่อเพิ่มความจุ การสร้างระบบส่งน้ำ การอนุรักษ์ป่าต้นน้ำ การปรับปรุงระบบการบริหารจัดการ

อ่างเก็บน้ำและบริหารจัดการแหล่งน้ำหลายแหล่งร่วมกันโดยใช้ระบบเครือข่ายน้ำ การจัดการด้านความต้องการใช้น้ำ (Demand Management) อีกวิธีหนึ่งสำหรับการจัดการน้ำในอ่างเก็บ

น้ำที่ไม่สิ้นเปลืองงบประมาณและมีประสิทธิภาพคือการปรับปรุงการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ คือการปรับปรุงการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ โดยไม่ใช้สิ่งก่อสร้างเนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัดและส่งผลกระทบต่อด้านอื่นน้อยที่สุด เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับและเห็นผลดีที่สุด กล่าวคือการเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำและการส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ โดยมีการวางแผนล่วงหน้าว่าจะเก็บกักและส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาเป็นปริมาณเท่าใดและมีการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ トラบเท่าที่สภาพการณ์ในอนาคตเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ ตลอดจนการคำนวณปริมาณความต้องการของแต่ละภาคส่วนทั้งในปัจจุบันและอนาคตของการปรับปรุงการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ

ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ เครื่องมือที่สำคัญและจำเป็นอย่างหนึ่งคือโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ โค้งปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Rule Curves) ซึ่งได้มาโดยการคำนวณข้อมูลเชิงสถิติ โค้งปฏิบัติการดังกล่าวประกอบด้วยอย่างน้อย 2 เส้น คือ เกณฑ์เก็บกักสูงสุด (Upper Rule Curve) และ เกณฑ์เก็บกักต่ำสุด (Lower Rule Curve) ทั้งนี้ การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำจะให้ปริมาณน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่างเส้นทั้งสอง และจะไม่ให้ปริมาณน้ำต่ำกว่าเส้นเกณฑ์เก็บกัก โค้งทั้งสองเส้น เส้นเหล่านี้เป็นเพียงขอบเขตบนและล่างของช่วงการควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ โดยจะพยายามควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำให้ใกล้เคียงขอบเขตบนและล่างมากที่สุดในฤดูฝนและฤดูแล้ง ซึ่งในการหาโค้งควบคุมที่เหมาะสม ได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าความเหมาะสมสูงสุดต่าง ๆ มาใช้อย่างแพร่หลาย

เทคนิควิธีการหาค่าความเหมาะสมที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่งคือ Transit Search (TS) optimization algorithm ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากดาราศาสตร์ฟิสิกส์ใหม่ ที่นำเสนอโดยอาศัยวิธีการสำรวจดาวเคราะห์นอกระบบที่สามารถตรวจพบดาวเคราะห์ใหม่ได้มากกว่า 3,800 ดวงโดยใช้เทคนิคระบบการขนส่งโดยฐานข้อมูลของกล้องโทรทรรศน์ โดยศึกษาแสงที่ได้รับจากดวงดาวในช่วงเวลาหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงของความส่องสว่างจะถูกตรวจสอบและหากพบว่าปริมาณแสงที่ได้รับลดลง แสดงว่าดาวเคราะห์ดวงหนึ่งผ่านด้านหน้าของดาวฤกษ์ อย่างไรก็ตามการดังกล่าวยังไม่ปรากฏว่าได้ถูกนำมาใช้ในการค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมแต่อย่างใด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ประยุกต์ใช้แบบจำลอง Transit search optimization algorithm ปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ
2. ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง Transit search optimization algorithm ในการปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. สร้างแบบจำลองเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ Transit search optimization algorithm
2. พื้นที่ศึกษา คือ โครงการอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี
3. ข้อมูลน้ำท่ารายเดือน จากสถานีวัดโครงการอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี
4. ความต้องการใช้น้ำของโครงการอ่างเก็บน้ำกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี
 - 4.1 พิจารณาการใช้น้ำด้านต่างๆ ได้แก่ การชลประทาน การอุปโภค-บริโภค การอุตสาหกรรม ผลิตไฟฟ้าและการรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ
 - 4.2 ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาปริมาณความต้องการน้ำรวบรวมและอ้างอิงจากรายงานการศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี
5. กรณีที่จะหาโค้งควบคุม โดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มี 4 ฟังก์ชัน คือ
 - 5.1 ค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด
 - 5.2 ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด
 - 5.3 ค่าเฉลี่ยการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด
 - 5.4 ค่าเฉลี่ยการไหลล้นน้อยที่สุด
6. ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง Transit search optimization algorithm

บทที่ 2 ปรัชญาเอกสารข้อมูล

ในบทนี้เป็นการศึกษาถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดความเข้าใจ จึงขอ
นำเสนอทฤษฎีต่างๆรวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

- 2.1 การจัดการน้ำ
- 2.2 การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ
- 2.3 หลักการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้วยโค้งควบคุม
- 2.4 การปรับปรุงโค้งควบคุม
- 2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการน้ำ

การจัดการน้ำ คือการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด กล่าวคือ การจัดการน้ำต้นทุน หรือเรียกว่าการจัดการด้านอุปทาน (Supply Management) และการจัดการด้านความต้องการสำหรับกิจกรรมการใช้น้ำ หรือที่เรียกว่าการจัดการด้านอุปสงค์ (Demand Management) ในการจัดการด้านอุปทาน จะต้องพยายามใช้น้ำต้นทุนที่มีอยู่ ทำให้เกิดประสิทธิภาพประกอบสูงสุด โดยพยายามใช้น้ำต้นทุนนั้น ให้สอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำ ในปัจจุบันปริมาณทรัพยากรน้ำมีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ต้องมีการวางแผนการจัดการอย่างรอบคอบ เพื่อไม่ทำให้เกิดวิกฤตการณ์น้ำ โดยมีงานหลายสาขาที่เกี่ยวข้อง เช่น ไฮโดรลิก การจัดการแหล่งน้ำ รวมทั้งด้านสิ่งแวดล้อม ร่วมกับการใช้ทรัพยากรด้านอื่น เช่น การใช้ที่ดิน แร่ธาตุ และการขยายตัวของชุมชน เป็นต้น เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อนึ่งเพื่อป้องกันปัญหาทางด้านแหล่งน้ำ ที่จะส่งผลกระทบต่อปัญหาด้านอื่นๆ เช่น กระบวนการผลิตอาหาร การเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ และอุตสาหกรรมที่มีความจำเป็นต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งผลิตพลังงาน และรักษาสสมดุลของสภาพสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ความต้องการน้ำที่มีมากขึ้น ทำให้ต้องมีการบริหารจัดการน้ำ เพื่ออุปโภค บริโภค มากขึ้น จากการเสด็จพระราชดำเนินไปเยี่ยมเยียนพสกนิกรนับตั้งแต่ทรงขึ้นครองราชย์ ทำให้ทรงตระหนักว่าภัยแล้งและน้ำเพื่อการเกษตรและบริโภคอุปโภคเป็นปัญหาที่รุนแรงและสำคัญที่สุด การจัดการทรัพยากรน้ำและการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเพาะปลูกและบริโภคอุปโภค นับว่าเป็นงานที่มีความสำคัญ และมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศในการช่วยให้เกษตรกรทำการเพาะปลูกได้อย่างสมบูรณ์ตลอดปี ในปัจจุบันพื้นที่การเพาะปลูกส่วนใหญ่ทุกภาคของประเทศ

เป็นพื้นที่เพาะปลูกนอกเขตชลประทาน ซึ่งต้องอาศัยเพียงน้ำฝน และน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นหลัก ทำให้พืชได้รับน้ำไม่สม่ำเสมอตามที่ต้องการ เป็นผลให้ผลผลิตที่ได้รับไม่ดีเท่าที่ควร พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงใฝ่พระราชหฤทัยเกี่ยวกับการจัดการพัฒนาแหล่งน้ำเป็นอย่างยิ่ง มีพระราชดำริน้ำคือปัจจัยสำคัญต่อมนุษย์และบรรดาสิ่งมีชีวิตอย่างถ่องแท้ ดังพระราชดำรัส ณ สวนจิตรลดา เมื่อวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2529 ความตอนหนึ่งว่า "หลักสำคัญว่าต้องมีน้ำบริโภค น้ำใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูก เพราะว่าชีวิตอยู่ที่นั่น ถ้ามีน้ำคนอยู่ได้ ถ้าไม่มีน้ำ คนอยู่ไม่ได้ ไม่มีไฟฟ้าคนอยู่ได้ แต่ถ้ามีไฟฟ้าแต่ไม่มีน้ำคนอยู่ไม่ได้ ในการจัดการทรัพยากรน้ำนั้นทรงมุ่งขจัดปัญหาความแห้งแล้งอันเนื่องมาจากสภาพของป่าไม้ต้นน้ำเสื่อมโทรม ลักษณะดินเป็นดินปนทราย หรือการขาดแหล่งน้ำจัดการจัดการทรัพยากรน้ำโดยการพัฒนาแหล่งน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำรินั้น มีหลักและวิธีการที่สำคัญ ๆ คือ การพัฒนาแหล่งน้ำจะเป็นรูปแบบใด ต้องเหมาะสมกับรายละเอียดสภาพภูมิประเทศแต่ละท้องที่เสมอ และการพัฒนาแหล่งน้ำต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในด้านเศรษฐกิจ และสังคมของท้องถิ่น หลีกเลี่ยงการเข้าไปสร้างปัญหาความเดือดร้อนให้กับคนกลุ่มหนึ่ง โดยสร้างประโยชน์ให้กับคนอีกกลุ่มหนึ่ง ไม่ว่าประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจเกี่ยวกับการลงทุนนั้นจะมีความเหมาะสมเพียงใดก็ตาม ด้วยเหตุนี้การทำงานโครงการพัฒนาแหล่งน้ำทุกแห่งจึงพระราชทานพระราชดำริไว้ว่า ราษฎรในหมู่บ้าน ซึ่งได้รับประโยชน์จะต้องดำเนินการแก้ไขปัญหาเรื่องที่ดิน โดยจัดการช่วยเหลือผู้ที่เสียประโยชน์ตามความเหมาะสมที่จะตกลงกันเอง เพื่อให้ทางราชการสามารถเข้าไปใช้ที่ดินทำการก่อสร้างได้ โดยไม่ต้องจัดซื้อที่ดิน ซึ่งเป็นพระบรมราโชบายที่มุ่งหวังให้ราษฎรมีส่วนร่วมกับรัฐบาล และช่วยเหลือเกื้อกูลกันภายในสังคมของตนเอง และมีความหวงแหน ที่จะต้องดูแลบำรุงรักษาสื่อก่อสร้างนั้นต่อไป

การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นต้องจัดทำทั้งระบบซึ่งการบริหารทรัพยากรน้ำไม่ใช่เป็นเรื่องที่ทำกันวันต่อวันหรือปีต่อปี แต่ต้องเป็นการบริหารระยะยาวหลายปี มีการวางแผนล่วงหน้า โดยมีหลักการกระจายน้ำจากพื้นที่ส่วนเกินไปยังพื้นที่ขาดแคลนในจังหวะเวลาที่พอดี ซึ่งก็คือ ต้องมีฐานข้อมูลปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำในอดีตและปัจจุบัน จำแนกตามพื้นที่ ฤดูกาล ลักษณะการใช้ และผู้ใช้อย่างละเอียด รวมทั้งมีการคำนวณถึงภาวะในอนาคต แล้วมีโครงการต่างๆ มารองรับ

การจัดการน้ำต้นทุน หรือเรียกว่าการจัดการด้านอุปทาน (Supply Management) และการจัดการด้านความต้องการสำหรับกิจกรรมการใช้น้ำ หรือที่เรียกว่าการจัดการด้านอุปสงค์ (Demand Management)

2.1.1 การจัดการด้านน้ำต้นทุน

การจัดการบริหารน้ำต้นทุนจะต้องพยายามใช้น้ำต้นทุนที่มีอยู่ ทำให้เกิดประสิทธิภาพที่สูงสุด โดยพยายามใช้น้ำต้นทุนนั้น ให้สอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำ อย่างไรก็ตามถ้าขนาดของต้นทุนไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำจะต้องพยายามหาน้ำมาเพิ่มเติมให้แก่ลุ่มน้ำก่อน เช่น การผลิตฝนหลวงเพื่อปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำ แต่การเพิ่มปริมาณน้ำให้แก่ลุ่มน้ำโดยการทำฝนหลวง จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เฉพาะในกรณีของการขาดแคลนน้ำ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากฝนทิ้งช่วงในฤดูฝนเท่านั้น หรือการสร้างอ่างเก็บน้ำและระบบท่อเพิ่มเติมในพื้นที่ที่จำเป็น นอกจากนี้ยังหาน้ำต้นทุนได้จากแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะทำได้เฉพาะพื้นที่ที่น้ำใต้ดินมีคุณภาพเหมาะสมเท่านั้น หรือการจัดตั้งโครงการธนาคารน้ำเป็นการรวบรวมเก็บกักน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำธรรมชาติตามศักยภาพของพื้นที่ไม่ว่าจะเป็นแหล่งน้ำจากน้ำฝน แหล่งน้ำจากน้ำผิวดิน แหล่งน้ำจากน้ำใต้ดิน เพื่อเก็บออมสะสมไว้ใช้ประโยชน์ โดยมีการบริหารจัดการร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นธรรมและยั่งยืน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการจัดการด้านอุปทานในที่นี้ก็คือ การจัดการอ่างเก็บน้ำ แต่ปัจจุบัน การบริหารจัดการน้ำถูกกระจายไปสู่หน่วยงานต่างๆ จำนวนมากหลายกรมหลายกระทรวง โดยไม่มีฐานข้อมูลที่เป็นเอกภาพ ไม่มีใครรู้จริงว่า ในแต่ละปี ประเทศไทยมีปริมาณน้ำเท่าใด กระจายในพื้นที่ใดบ้าง ลักษณะการใช้และผู้ใช้เป็นอย่างไร ในปีหน้าและปีต่อไป แต่ละพื้นที่จะมีน้ำพอใช้หรือไม่ แล้วควรจะมีโครงการผันน้ำอย่างไรและที่ใดบ้าง เป็นต้นดังนั้นการใช้ทรัพยากรน้ำต้นทุนที่มีอยู่และการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนให้แก่แหล่งน้ำธรรมชาติและอ่างเก็บน้ำที่ได้ก่อสร้างไว้แล้วให้เกิดประโยชน์สูงสุด นับเป็นอีกหนทางหนึ่งในการพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่แหล่งน้ำที่ควรจะดำเนินการคู่ขนานกันไป นอกจากนั้นการกระจายน้ำไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ให้แก่ราษฎรอย่างทั่วถึงนับเป็นความจำเป็นอย่างหนึ่งที่จะทำให้ราษฎรในพื้นที่ต่าง ๆ มีโอกาสได้มีน้ำใช้อย่างเพียงพออย่างน้อยเพื่อการอุปโภคบริโภคตลอดทั้งปี อันจะเป็นผลให้ราษฎรมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

พหุ ประสิทธิภาพ

2.1.2. การจัดการด้านความต้องการน้ำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต ทั้งเพื่อการอุปโภคบริโภคและเพื่อการเพาะปลูก ปริมาณน้ำที่มีอยู่ตามแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีอยู่เฉพาะในช่วงฤดูฝน แม้ว่าทางหน่วยราชการต่าง ๆ จะได้ก่อสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดต่าง ๆ กระจายอยู่ตามพื้นที่ที่มีความเหมาะสม เพื่อเก็บกักน้ำไว้ในฤดูแล้งให้มากที่สุดก็ตามก็ยังมีน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งนับวันจะมีความต้องการน้ำเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วจากจำนวนราษฎรที่มากขึ้น และน้ำซึ่งเคยเป็นทรัพยากรที่คิดกันว่ามามากมายในประเทศไทย ขณะนี้กำลังกลายเป็นทรัพยากรที่มีจำกัดและต้องแย่งชิงกัน ปัญหาเกิดจากความต้องการน้ำของกลุ่มต่างๆ ที่เพิ่มมากขึ้นในขณะที่การใช้น้ำยังขาดประสิทธิภาพ ปริมาณน้ำจืดที่หมุนเวียนในกระบวนการอุทกวิทยาตามธรรมชาติลดลงเนื่องจากการตัดไม้ทำลายป่า น้ำในบางส่วนก็เสื่อมคุณภาพจนยากต่อการนำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากน้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรม ตลอดจนสารเคมี

กลยุทธ์และมาตรการเพื่อการจัดหาน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการและควบคุมการใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ เสมอภาค และยุติธรรม จึงมีความสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ นอกจากนี้การจัดการขีดจำกัดและการประสานการใช้น้ำระหว่างกลุ่มผลประโยชน์ต่างๆอย่างยุติธรรม ยังเป็นฐานรากที่สำคัญสำหรับความมั่นคงของชุมชนและประเทศในปัจจุบัน ชุมชนที่มีความเจริญและมีประชากรหนาแน่นส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มที่มีความอุดมสมบูรณ์และน้ำเป็นปัจจัยสำคัญเพื่อการผลิตทางการเกษตร อุตสาหกรรม การคมนาคม ตลอดจนการท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ และกิจกรรมอื่นๆ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาวิธีที่รัดกุมในการวางแผนการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำแบบรายเดือน สำหรับการใช้ที่ดินในปัจจุบัน และแนวโน้มการใช้ที่ดินในอนาคต และเสนอแผนการผันน้ำ ที่เหมาะสมเมื่อความต้องการใช้น้ำ และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเปลี่ยนไป ดังนั้นจึงควรมีการวางแผนมาตรการเพื่อรับมือและป้องกันวิกฤตการณ์การขาดแคลนน้ำจากสาเหตุต่างๆ เช่น ความต้องการน้ำใช้ในกิจกรรมต่างๆ มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ความสมดุลของทรัพยากรน้ำระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนไม่สมดุล รวมถึงการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ ที่ขาดแผนการใช้ที่รัดกุมและเหมาะสม รวมทั้งขาดองค์กระระดับชาติที่จะเข้ามาบริหารจัดการแหล่งน้ำ ตลอดจนแหล่งน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบันมีสภาพเสื่อมโทรม เน่าเสีย คุณภาพไม่เหมาะสม ไม่สามารถนำมาใช้ได้ จากปัญหาที่กล่าวมานี้ เกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น

2.1.2.1 สภาพแหล่งต้นน้ำลำธารถูกทำลาย การบุกรุกทำลายแหล่งน้ำ ส่งผลให้ พื้นที่ต้นน้ำลำธารอันเป็นแหล่งกำเนิดน้ำ ไม่สามารถดูดซับหรือชะลอน้ำไว้ในดิน เมื่อเกิดฝนตกหนักจึงทำให้น้ำไหลบ่าลงมาท่วมพื้นที่ตอนล่างอย่างรวดเร็วและรุนแรง

2.1.2.2 สภาพน้ำท่า เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกชุก ในทุกๆ ภาคของประเทศมีปริมาณน้อยกว่าเกณฑ์เฉลี่ย โดยเฉพาะในภาคเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มแนวโน้มลดลง ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่ามีปริมาณลดลงไปด้วย

2.1.2.3 การใช้น้ำและความต้องการเพิ่มขึ้นทุกกลุ่มน้ำ กิจกรรมต่างๆทั้งทาง อุตสาหกรรม เกษตรกรรม อุปโภคและบริโภค การท่องเที่ยว ตลอดจนการพัฒนาด้านสังคมและวัฒนธรรมล้วนเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความต้องการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น

2.1.2.4 การบุกรุกทำลายพื้นที่ชุ่มน้ำ การขยายตัวของบ้านจัดสรรโรงงาน อุตสาหกรรม การพัฒนาการคมนาคมขนส่ง โดยขาดการวางแผนก่อให้เกิดการบุกรุกทำลายพื้นที่ชุ่มน้ำหรืออาจทำให้มีการปนเปื้อนของสารพิษลงสู่แหล่งน้ำ เป็นต้น

2.2. การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operations)

การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำหมายถึง การเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำและการส่งน้ำไปใช้ในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ โดยมีการวางแผนไว้ล่วงหน้า ว่าควรเก็บกักและส่งน้ำในแต่ละเดือนเท่าใด โดย การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ จะดำเนินการตามแผนที่วางไว้ หากสภาพที่คาดการณ์ไว้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าและการใช้น้ำด้านต่างๆ ก็จะมีการปฏิบัติการแตกต่างกันออกไปจากแผนที่วางไว้เพื่อลดสถานการณ์การน้ำขาดแคลนหรือการน้ำไหลล้น

2.2.1. ประเภทของอ่างเก็บน้ำ

อ่างเก็บน้ำถ้าแบ่งตามวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ อ่างเก็บน้ำเอกประสงค์ (Single purpose reservoir) และอ่างเก็บน้ำเอนกประสงค์ (multipurpose reservoir)

2.2.1.1 อ่างเก็บน้ำเอกประสงค์

เป็นอ่างเก็บน้ำที่ทำหน้าที่เก็บน้ำไว้ใช้สำหรับวัตถุประสงค์เพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่งเท่านั้น เช่น การเกษตร หรือการอุปโภค-บริโภค หรือการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำจะง่ายที่สุด เช่น อ่างเก็บน้ำสิรินธรมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว อ่างเก็บน้ำลำประเทืองซึ่งมีไว้เพื่อทำการชลประทาน เป็นต้น

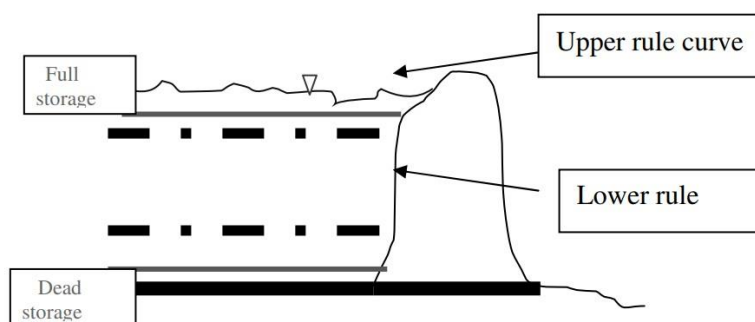
2.2.1.2 อ่างเก็บน้ำเอนกประสงค์

เป็นอ่างเก็บน้ำที่ทำหน้าที่เก็บน้ำไว้ใช้สำหรับหลายวัตถุประสงค์พร้อมกัน เช่น การเกษตร การอุปโภค-บริโภค การอุตสาหกรรม การคมนาคม เป็นต้น ดังนั้นการบริหารจัดการน้ำย่อมมีความสลับซับซ้อนและยุ่งยากมากขึ้นกว่าอ่างเก็บน้ำเอกประสงค์ เช่น อ่างเก็บน้ำภูมิพล อ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ ที่สร้างขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์หลายอย่าง เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า การชลประทาน การเกษตร และอุตสาหกรรมบางประเภท

2.3 หลักการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้วยโค้งควบคุม

อ่างเก็บน้ำ คือ กลไกที่มนุษย์สร้างขึ้นมา เพื่อทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลมาตามธรรมชาติ เพื่อวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง (Single Purpose Reservoir) หรือหลายอย่าง (Multipurpose Reservoir) เช่น การชลประทาน การอุปโภค-บริโภค การผลิตไฟฟ้า การท่องเที่ยว การรักษาระบบนิเวศ เป็นต้น อ่างเก็บน้ำประกอบด้วย ตัวอ่างเก็บน้ำ ทางระบายน้ำล้น และอาคารทางออกตัวอ่างเก็บน้ำ เกิดจากการสร้างสันเขื่อนกั้นน้ำ ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ชนิดและความสูงของเขื่อนเพิ่มขึ้นและเก็บกักน้ำเอาไว้ ตัวอ่างจะมีการเก็บกักในส่วนต่าง ๆ ซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 1 ดังนี้ ระดับต่ำสุด (Minimum Pool level) ระดับเก็บกักปกติ (Normal Pool level) ระดับสูงสุด (Maximum level) และฟรีบอร์ด (Freeboard) ทางระบายน้ำล้นเป็นอาคารที่ทำหน้าที่ระบายน้ำส่วนเกินในยามที่คลื่นน้ำท่วมขนาดใหญ่เคลื่อนตัวผ่านอ่างเก็บน้ำ และอาคารทางออก เป็นอาคารที่ทำหน้าที่ควบคุมการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและผลผลิตของอ่างเก็บน้ำ จะบอกให้รู้ว่าความจุของอ่างเก็บน้ำที่ต่างกันย่อมมีผลผลิตที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นผลผลิตของอ่างเก็บน้ำจึงเป็นปริมาณน้ำที่จะสามารถนำเอาไปใช้จากอ่างเก็บน้ำได้ในช่วงระยะเวลาที่กำหนด โดยปกติช่วงระยะเวลาที่กำหนดคือ 1 ปี

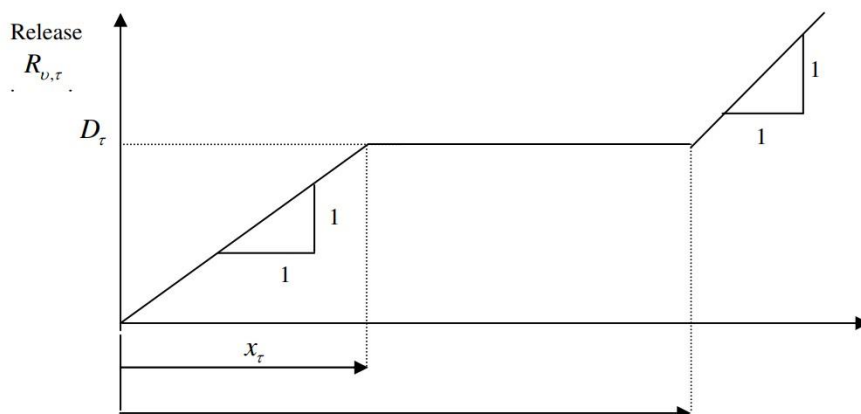
พหุ ประโยชน์ ชั่ว



ภาพที่ 1 โคงปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

และผลผลิตของอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดความจุที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะมีคามผันแปรในแต่ละปี ดังนั้นในการออกแบบเพื่อความปลอดภัยจึงใช้ผลผลิตที่แน่นอน (Firm Yield) เป็นผลผลิตที่น้อยที่สุด ซึ่งจะเป็นปริมาณน้ำที่มากที่สุดที่จะประกันได้ว่าสามารถนำเอาไปใช้จากอ่างเก็บน้ำที่มีความจุที่กำหนดไว้ในช่วงเวลาวิกฤต (Critical Period) ซึ่งช่วงเวลาวิกฤตคือช่วงที่มีความแตกต่างของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำกับความต้องการใช้น้ำมากที่สุดซึ่งก็คือฤดูแล้ง ดังนั้นผลผลิตที่แน่นอนคือผลผลิตที่มีค่าน้อยที่สุดในช่วงอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นในปีที่แล้งที่สุดสามารถประกันได้ว่าจะมีน้ำใช้อย่างเพียงพอสำหรับความต้องการน้ำประเภทต่าง ๆ และหากมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากจะให้ผลผลิตมากกว่าผลผลิตที่แน่นอน ซึ่งส่วนนั้นเรียกว่าผลผลิตรอง (Secondary Yield) สามารถจะนำไปใช้กับวัตถุประสงค์อื่นที่รองลงมาได้ และอ่างเก็บน้ำไม่ว่าจะสร้างให้มีความจุขนาดใหญ่ได้เพียงใด ผลผลิตที่แน่นอนก็จะไม่มากเกินกว่าผลผลิตที่เป็นไปได้สูงสุด (Maximum Possible Yield) ซึ่งผลผลิตที่เป็นไปได้สูงสุดจะเท่ากับปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย (Mean Flow) หักด้วยการสูญเสียต่าง ๆ จากอ่างเก็บน้ำ หลังจากการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำแล้วเสร็จเพื่อที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์และใช้ประโยชน์อย่างเต็มศักยภาพ การบริหารจัดการน้ำจากอ่างเก็บน้ำจึงมีความสำคัญยิ่ง ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ควบคุมการใช้อ่างเก็บน้ำและปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ดังที่กล่าวมา และก่อให้เกิดผลผลิตในเชิงเศรษฐศาสตร์มากที่สุด จึงจำเป็นต้องมีการวางกฎการปฏิบัติงานของอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operating Rules) ซึ่งกฎนี้จะใช้ในช่วงเวลาการปฏิบัติงานตามปกติ ไม่ใช่ช่วงหลังการก่อสร้างเสร็จใหม่ ๆ หรือช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์การใช้อ่างเก็บน้ำ ในการเริ่มต้นคำนวณสภาพสมดุลน้ำของแต่ละอ่างจากโค้งควบคุม จะกำหนดให้ปริมาตรเก็บกักเริ่มต้นของอ่างที่ระดับเต็มอ่างหรือระดับเก็บกักสูงสุด (Full capacity) ส่วน

ปริมาณน้ำระบายจะหาได้ตามเกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (Standard operating rule) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.2 และสมการที่ 2.1



ภาพที่ 2 เกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (Standard operating rule)

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

สมการที่ 2.1 สมการเกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (Standard operating rule)

เมื่อ $R_{v,\tau}$ คือปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงปี v ของเดือน τ ($\tau = 1$ ถึง 12 แทน เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม)

D_{τ} เป็นความต้องการใช้น้ำทำอ่างของเดือน τ

x_{τ} เป็นขอบเขตล่างของโค้งควบคุมของเดือน τ

y_{τ} เป็นขอบเขตบนของโค้งควบคุมของเดือน τ

$W_{v,\tau}$ เป็นปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างในเดือน τ

จากนั้นคำนวณหาน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างเก็บน้ำในเดือนถัดไป โดยใช้หลักสมการสมดุลน้ำ

2.4 การปรับปรุงโครงสร้าง

เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับหาโครงสร้างของอ่างเก็บน้ำ มีด้วยกันอยู่หลากหลายวิธี ดังนี้ การศึกษาเลียนแบบ (Simulation) โปรแกรมเชิงพลวัต (Dynamic Programming) เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) และวิธีหึ่งห้อย (FA) ซึ่งรายละเอียดของแต่ละเทคนิคจะอธิบายดังต่อไปนี้

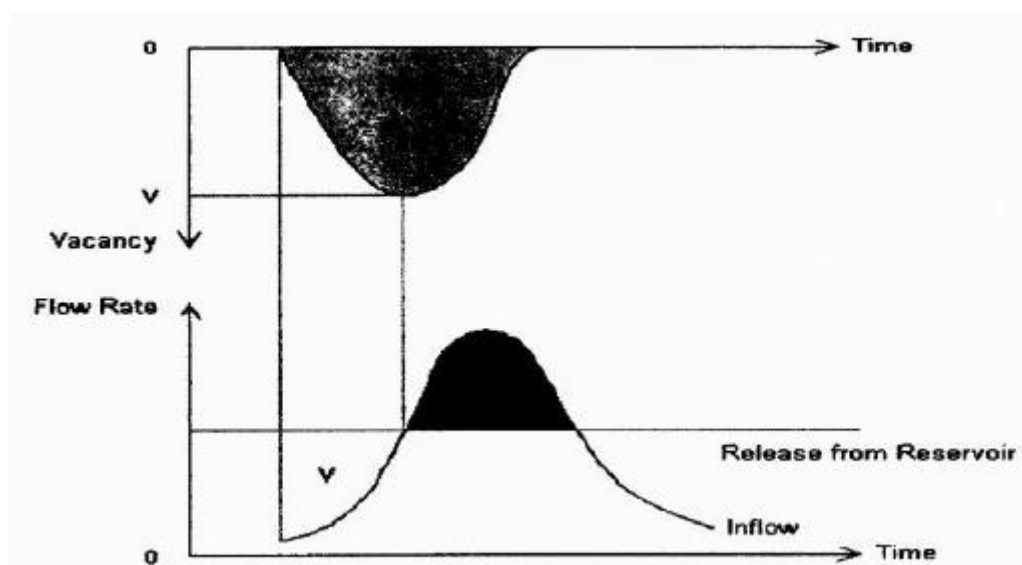
2.4.1. เทคนิคการหาค่าเหมาะสมด้วยวิธีการศึกษาเลียนแบบ (SM)

วิธีการศึกษาเลียนแบบเป็นกระบวนการจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบ จากกฎของการจัดการและควบคุม แต่ไม่สามารถประกันได้ว่ากฎของการจัดการและการควบคุมนั้นดีที่สุด ซึ่งในการพัฒนาโครงสร้างการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่ใช้วิธีนี้ได้แก่

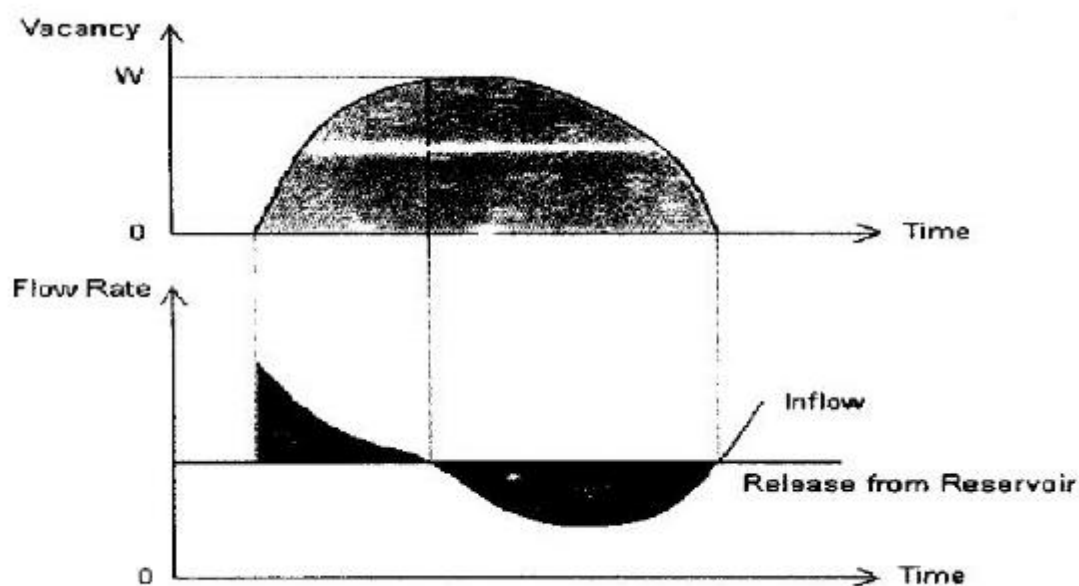
1. การวิเคราะห์ระบบอ่างเก็บน้ำสำหรับการเก็บกักน้ำ (Reservoir System Analysis for Conservation) เป็นการจำลองพฤติกรรมของระบบอ่างเก็บน้ำจากกฎต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ว่าจะผันน้ำหรือขาดน้ำในช่วงใด เท่าใด เป็นต้น ซึ่งสามารถนำผลการวิเคราะห์จากระบบอ่างเก็บน้ำมาสร้างโครงสร้างการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำได้ โดยทั่วไปก็คือโปรแกรม HEC-3

2. Vacancy-Minimum Storage Requirements Rule Curve จะอาศัยแนวคิดที่ว่า ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่จะเต็มอ่างพอดีเมื่อสิ้นฤดูฝน ในขณะเดียวกันเมื่อสิ้นสุดฤดูแล้งปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำจะแห้งอ่างเก็บน้ำพอดี ดังนั้นในช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจะต้องมีการพร่องน้ำในอ่างเก็บน้ำไว้เพื่อรองรับน้ำที่คาดว่าจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงฤดูฝนดังใน ภาพประกอบที่ 2.3 โดยปล่อยน้ำในอัตราที่เพิ่มขึ้น และในช่วงเริ่มต้นฤดูแล้งจะต้องสำรองน้ำในอ่างเก็บน้ำให้เพียงพอับความต้องการตลอดช่วงฤดูแล้งดังในภาพประกอบ





ภาพที่ 3 การพร่องน้ำในช่วงเริ่มต้นฤดูฝน



รูปที่ 2.4 การสำรองน้ำในช่วงฤดูแล้ง

3. Standard Operating Policy เป็นเกณฑ์ที่ค่อนข้างง่าย โดยจะปล่อยน้ำให้เป็นไปตามความต้องการทุก ๆ ช่วงเวลา ดังนั้นหากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมีไม่เพียงพอตามความต้องการ ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำก็จะลดลงเรื่อย ๆ ขณะเดียวกันในช่วงฤดูฝนที่มีน้ำมาก ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำก็จะเพิ่มสูงขึ้น จนกระทั่งปล่อยน้ำให้ไหลล้นอ่างเก็บน้ำต่อไปหรืออาจกล่าวได้ว่าเกณฑ์การปฏิบัติงาน

โดยวิธี Standard Operating Policy นี้เป็นเกณฑ์ที่มีศักยภาพมากในการลดประมาณการขาดน้ำทั้งหมด (Total deficit) ในช่วงเวลาที่พิจารณา

4. Probability Based Rule Curves เป็นวิธีที่ใช้หลักการของทฤษฎีความน่าจะเป็นเพื่อพิจารณาการเก็บกักและการระบายน้ำที่ความเสี่ยงต่างๆ โดยในฤดูน้ำหลากจะพิจารณาว่า จะรักษาระดับน้ำหรือปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่มากที่สุดที่จะทำให้ความเสี่ยงต่อการที่อ่างเก็บน้ำมีปริมาณไม่พอที่จะรับน้ำนองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ในทางตรงข้ามฤดูแล้งจะพิจารณาว่า ควรจะรักษาระดับน้ำหรือปริมาณน้ำไว้เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในอนาคต หรือความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในอนาคตอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

5. Optimization เป็นกระบวนการหาคำตอบที่ดีที่สุด จากการจัดการตามวัตถุประสงค์ (objectives) และข้อจำกัด (Constraint) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้เพราะสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ตามวัตถุประสงค์และข้อจำกัดต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตามการใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดจำเป็นต้องจำลองระบบเสียก่อนซึ่งในการพัฒนาโดเมนการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่ใช้วิธีนี้ได้แก่ Chance-Constrained Model with Linear Decision Rule เป็นการพัฒนากฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำด้วยแบบจำลอง โอกาส-ข้อจำกัด ร่วมกับกฎการตัดสินใจเชิงเส้น

2.4.2 เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วย Transit search optimization algorithm

เทคนิควิธีการหาค่าความเหมาะสมที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่งคือ Transit Search (TS) optimization algorithm ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากดาราศาสตร์ฟิสิกส์ใหม่ ที่นำเสนอโดยอาศัยวิธีการสำรวจดาวเคราะห์นอกระบบที่สามารถตรวจพบดาวเคราะห์ใหม่ได้มากกว่า 3800 ดวงโดยใช้เทคนิคระบบการขนส่งโดยฐานข้อมูลของกล้องโทรทรรศน์ โดยศึกษาแสงที่ได้รับจากดวงดาวในช่วงเวลาหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงของความส่องสว่างจะถูกตรวจสอบและหากพบว่าปริมาณแสงที่ได้รับลดลง แสดงว่าดาวเคราะห์ดวงหนึ่งผ่านจากด้านหน้าของดาวฤกษ์ อย่างไรก็ตามการดังกล่าวยังไม่ปรากฏว่าได้ถูกนำมาใช้ในการค้นหาโดเมนที่เหมาะสมแต่อย่างใด

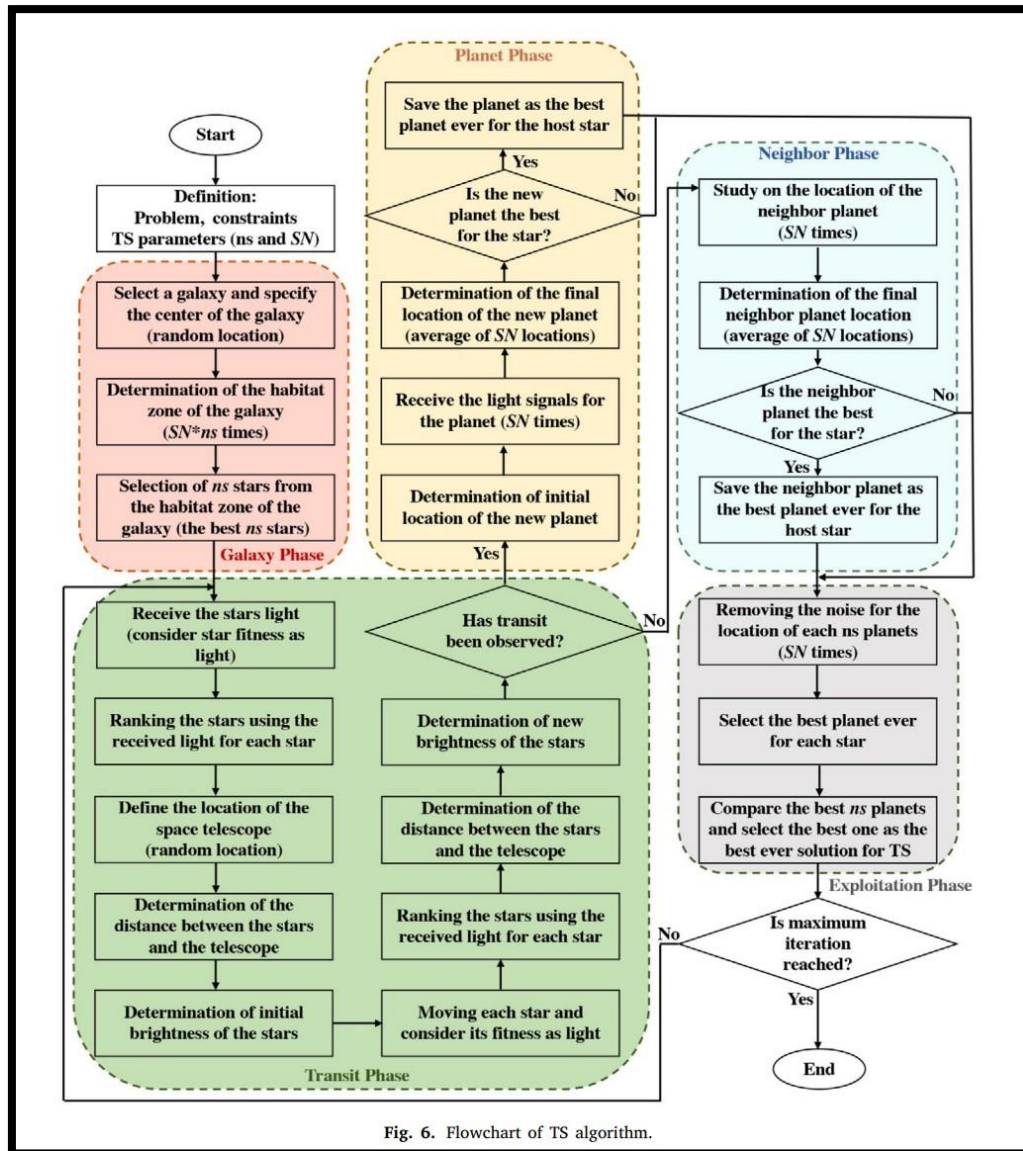


Fig. 6. Flowchart of TS algorithm.

$$L_{R,l} = L_{Galaxy} + D - Noise \quad l = 1, \dots, (n_s \times SN)$$

In which,

$$D = \begin{cases} c_1 L_{Galaxy} - L_r & \text{if } z = 1 \text{ (Negative Region)} \\ c_1 L_{Galaxy} + L_r & \text{if } z = 2 \text{ (Positive Region)} \end{cases}$$

$$Noise = (c_2)^3 L_r$$

ภาพที่ 4 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม Transit search optimization algorithm

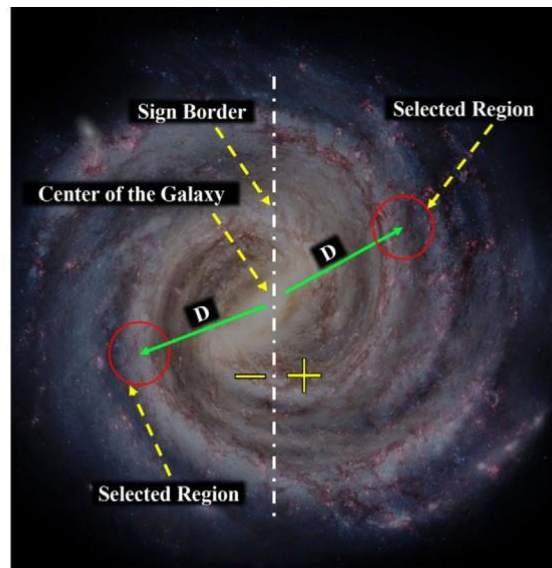


Fig. 7. An example for the selected regions by TS
 Source: The Artist's concept of the galaxy adopted from Budassi [48].

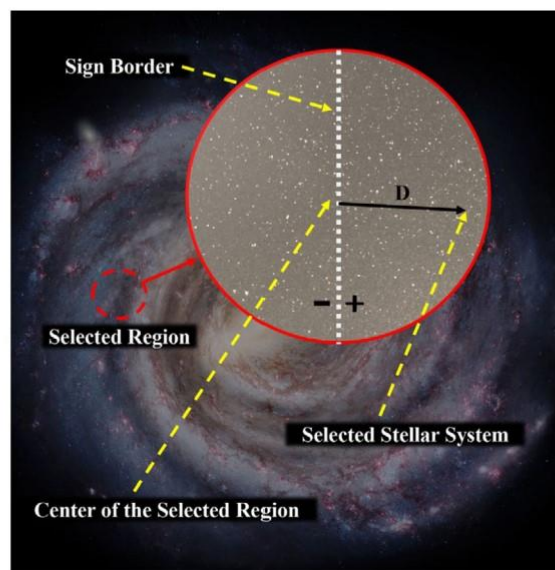


Fig. 8. The selection process of the stellar systems by TS
 Source: The Artist's concept of the galaxy adopted from Budassi [48].

ภาพที่ 5 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม Transit search optimization algorithm

Table 2
The meaning of star properties in TS.

Definition	Symbol in TS	L_s	f_s
First meaning	M_1	Location	Fitness
Second meaning	M_2	Signal properties	Brightness

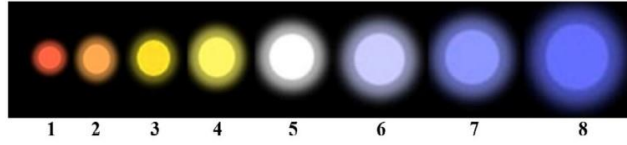


Fig. 9. Star ranking for example with eight stars (minimization goal).

$$L_{S,i} = L_{R,i} + D - Noise \quad i = 1, \dots, n_s$$

In which,

$$D = \begin{cases} c_4 L_{R,i} - c_3 L_r & \text{if } z = 1 \text{ (Negative Region)} \\ c_4 L_{R,i} + c_3 L_r & \text{if } z = 2 \text{ (Positive Region)} \end{cases}$$

$$Noise = (c_5)^3 L_r$$

Algorithm 1 Pseudocode of the Galaxy Phase

Inputs:

Number of host stars n_s ; Signal-to-noise ratio SN

Outputs:

Location of stellar systems, L_s

Initialization:

The random location for the center region of the galaxy

The initial locations for the best regions of the stellar systems, L_R

The initial locations for the best stellar systems, L_S

for $l = 1:(n_s * SN)$

 Determine z value (a random number between 1 or 2)

 Determine D using Eq. 2

 Determine $Noise$ using Eq. 3

 Update the stellar location $L_{R,l}$ using Eq. 1

 Determine the fitness of stellar system located at $L_{R,l}$

end

Sort the stellar systems

Select the best n_s systems as the location of best stars

for $i = 1:n_s$

for $j = 1:SN$

 Determine z value (a random number between 1 or 2)

 Determine D using Eq. 5

 Determine $Noise$ using Eq. 6

 Update the stellar location $L_{S,i,j}$ using Eq. 4

 Determine the fitness of each star located at $L_{S,i,j}$

if ($L_{S,i,j}$ is the location of the best star in the region i) **do**

 Return $L_{S,i,j}$ as $L_{S,i}$

end

end

Return L_S (for each star)

ภาพที่ 6 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม Transit search optimization algorithm

Algorithm 2 Pseudocode of the Transit Phase**Inputs:**Number of host stars n_s ; The parameter L_S for each star**Outputs:**Luminosity L_i ; The new luminosity $L_{i,new}$; The new $L_{S,new,i}$; Transit probability P_T **Initialization:**The random location for the telescope, L_S Use the definition of M_2 and determine the brightness for each star, f_s Use the definition of M_2 for ranking the stars**for** $i = 1:n_s$ Determine the distance between the star and telescope, d_i using Eq. 8Determine the luminosity of the star (L_i) using Eq. 7**end**Use definition of M_2 and update the light signals of the stars as $L_{S,new}$ (change the L_S)Use the definition of M_2 and determine the brightness for each star, f_s Use the definition of M_2 for ranking the stars**for** $i = 1:n_s$ Determine the new luminosity of the star ($L_{i,new}$) using Eq. 12**if** $L_{i,new} < L_i$ ($P_T = 1$)

do Planet phase

otherwise ($P_T = 0$)

do neighbor Phase

end**end****Return** L_i , $L_{i,new}$, P_T , $L_{S,new,i}$ (for each star)

ภาพที่ 7 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม Transit search optimization algorithm

2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่ผ่านมาด้านการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำต่างๆ พบว่า (T. R. Neelakantan 2000) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ของอ่างเก็บน้ำสำหรับการผลิตประปาที่เมืองเจนไน (Chennai City) ประเทศอินเดีย โดยกล่าวถึงการนำผลที่ได้จากเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ รูปแบบหนึ่งเรียกว่า หลักการอนุรักษ์น้ำ (Hedging Rule) ซึ่งเป็นวิธีการที่ยอมให้เกิดการขาดน้ำขึ้น ที่ละน้อยตั้งแต่ในช่วงระยะเวลาแรก ๆ ของการส่งน้ำเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการขาดน้ำอย่างรุนแรงใน ภายหลังเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากเกณฑ์การปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Rule) ซึ่งเป็นวิธีการส่งน้ำตามความต้องการ โดยในช่วงฤดูแล้งยอมให้มีการใช้น้ำจนอ่างเก็บน้ำแห้งได้ หรือ ในช่วงฤดูฝนมีปริมาณน้ำท่ามากจะยอมให้น้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจนกระทั่งเต็มและส่วนที่เกิน สามารถไหลล้นออกไปจากอ่างเก็บน้ำได้ (วิธีการนี้มีความเหมาะสมในกรณีที่ต้องการผลรวมของการขาดแคลนน้ำตลอดช่วงเวลาน้อยที่สุด) ผลการศึกษาพบว่า เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำโดยอาศัย หลักการอนุรักษ์น้ำสามารถลดดัชนีการขาดน้ำ (Overall Deficit Index) ซึ่งเป็นผลรวมของการขาด น้ำยกกำลังสองได้ดีกว่าการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำตามเกณฑ์การปฏิบัติงานมาตรฐาน

ด้านพัฒนาเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสม (Optimization Technique) สำหรับค้นหาโค้งควบคุม ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีได้แก่ วิธีแบบจำลองการเลียนแบบ (Simulation Study Model, SM) วิธีโปรแกรมเชิงพลวัต (Dynamic Programming, DP) และเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm, GA) เป็นต้น ซึ่งมีทั้งงานวิจัยที่ดำเนินการในประเทศไทยและต่างประเทศ ส่วนใหญ่ประยุกต์ใช้หาโค้งควบคุมรายเดือนของอ่างเก็บน้ำโดยใช้ฟังก์ชันของการค้นหาค่าตอบโค้งควบคุมเพียงเกณฑ์เดียวเท่านั้น รายละเอียดของงานที่เกี่ยวข้องพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

วิธีการศึกษาเลียนแบบ (Simulation) ในประเทศไทยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมโดยใช้ นั้น มีการศึกษาและนำผลมาใช้งานจริงกับอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2545) ซึ่งเป็นผู้กำกับดูแลอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่เกือบทั้งหมดของประเทศการค้นหาโค้ง ควบคุมที่เหมาะสมของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จะใช้แบบจำลอง HEC-3 (U.S. HEC3, 1974) ในการทำปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการค้นหาค่าตอบคือเพื่อให้เกิด การขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด ซึ่งในการค้นหาโค้งควบคุมที่ให้ค่าของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดนี้จะ สมมุติโค้งควบคุมเริ่มต้นที่เป็นไปได้ (Initial Feasible Rule Curves) และปรับโค้งควบคุมนี้แบบลอง ผิดลองถูก (Trial and Error) จนกระทั่งได้โค้งควบคุมที่เหมาะสม ซึ่งให้การขาดแคลนนํ้าในระยะยาว น้อยที่สุดตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุด ซึ่งวิธีนี้ กฟผ. ได้ใช้ในการหาโค้งควบคุมรายเดือนของอ่าง เก็บน้ำ เช่น เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนบางลาง และเขื่อนห้วยกุ่ม เป็นต้น

ในปี พ.ศ. 2015 (วิรัตน์ นวนนุกูล 2015) ผลการศึกษาพบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบ มีรูปร่างคล้ายคลึงกับโค้งควบคุมเดิม โดยโค้งควบคุมใหม่เส้นล่างจะสูงกว่าโค้งควบคุมเดิมในช่วงฤดูแล้งคือตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนพฤษภาคม เพื่อเก็บกักน้ำไว้ตอบสนองความต้องการใช้น้ำ ส่วนโค้งควบคุมใหม่เส้นบนนั้นต่ำกว่าโค้งควบคุมเดิมในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม ทำให้ต้องพร่องน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเพื่อลดความเสี่ยงโอกาสที่จะเกิดปัญหาน้ำท่วมในฤดูฝน ตลอดจนสามารถรองรับน้ำได้เพิ่มขึ้น ส่วนผลการประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมใหม่ที่ได้พบว่า สถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นมีค่าลดลงเล็กน้อย และเมื่อทดลองเพิ่มพื้นที่ชลประทานอีก 50,000 ไร่ พบว่าโค้งควบคุมใหม่นี้ยังสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำได้ แต่สถานการณ์น้ำขาดแคลนจะเพิ่มสูงขึ้นอีก โดยสรุป วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบสามารถประยุกต์ใช้ค้นหาโค้ง

ควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และโค้งควบคุมที่ได้ใหม่สามารถบรรเทาสถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นได้ดี

ในปี พ.ศ. 2558 (ตระการ กาสีใส 2016) ได้หาเกณฑ์การจัดสรรน้ำที่เหมาะสมด้วยเทคนิควิธีการ อาณาจักรผึ่ง ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้ง 3 รูปแบบข้างต้นนั้นจะได้โค้งควบคุมใหม่ที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกับโค้งควบคุมเดิม เนื่องจากอิทธิพลของน้ำท่าในแต่ละฤดูกาลและเงื่อนไขอื่น ที่เหมือนกัน เมื่อนำโค้งควบคุมใหม่เหล่านี้ไปทดสอบและเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิมที่ใช้อยู่พบว่า โค้งใหม่ที่ทำโดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการ ค้นหา สามารถบรรเทาสถานะน้ำท่วมและน้ำขาดแคลนได้ดีกว่าโค้งที่เกิดจากการใช้ฟังก์ชัน วัตถุประสงค์อื่นและยังดีกว่าโค้งควบคุมเดิมด้วย หลังจากนั้นนำโค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการ ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดมาทดสอบและเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิมเพิ่มเติมอีก โดยการเพิ่มการใช้ น้ำชลประทาน 20% และเพิ่มปริมาณฝนใช้การ 20% ใช้ข้อมูลการไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำที่สังเคราะห์ ในอดีตจำนวน 47 ปี 100 ชุดข้อมูล พบว่ายังก็ดีกว่าโค้งควบคุมเดิมอีกด้วย

(Teerawat Thongwan 2019) ได้ใช้อัลกอริทึมพันธุกรรม รวมเข้ากับแบบจำลองสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ โดยพิจารณาใช้ฟังก์ชันที่มีหลายวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำ โดยจำลองเหตุการณ์สังเคราะห์จำนวน 500 เหตุการณ์ของการน้ำท่าไหลเข้าในอดีตและ 25 ป้อนาคต ผลลัพธ์ที่ได้โค้งแนวทางแบบหลายวัตถุประสงค์ที่พัฒนาโดย CGA สามารถลดความถี่ของสถานการณ์น้ำท่วมและภัยแล้งได้ดีกว่าโค้งควบคุมเดิม พร้อมกับรักษาระดับน้ำได้มากขึ้นในช่วงปลายฤดูฝน ซึ่งยังคงมีประโยชน์ในช่วงฤดูแล้งเนื่องจากอ่างเก็บน้ำสามารถปล่อยน้ำในปริมาณที่เพียงพอไปยังพื้นที่ท้ายน้ำในช่วงฤดูแล้ง

(Anongrit Kangrang 2012) ได้ศึกษาการปรับปรุงโค้งควบคุมระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำเป็นแนวทางในการดำเนินการอ่างเก็บน้ำในระยะยาว เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อปรับปรุงกราฟการควบคุมระดับน้ำให้สามารถบรรเทาการขาดแคลนน้ำและการปล่อยน้ำเกินในการดำเนินงานระยะยาวได้ การประมวลผลแบบอะนัลลิ่ง (simulated annealing) เชื่อมต่อกับแบบจำลองการจำลองสถานการณ์อ่างเก็บน้ำเพื่อปรับปรุงกราฟการควบคุมระดับน้ำ โดยมีการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยขั้นต่ำเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการปรับปรุง โมเดลที่เสนอนี้ถูกนำมาใช้กำหนดกราฟการควบคุมระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำสิรินธรและอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ผลการศึกษาพบว่าลวดลายของกราฟการควบคุมระดับน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์มีความคล้ายคลึงกับกราฟการควบคุมระดับน้ำ

ที่มีอยู่ ในขณะที่กราฟการควบคุมระดับน้ำใหม่ของอ่างเก็บน้ำสิรินธรแตกต่างจากกราฟการควบคุมระดับน้ำที่มีอยู่ค่อนข้างมาก โดยกราฟใหม่มีระดับสูงกว่ากราฟเดิมทั้งกราฟบนและกราฟล่าง ความถี่ของการขาดแคลนน้ำและการขาดแคลนน้ำเฉลี่ยของอ่างเก็บน้ำสิรินธรลดลงเหลือ 25.88% และ 8.51% ตามลำดับ ขณะที่การปล่อยน้ำเกินและการปล่อยน้ำเกินเฉลี่ยลดลงเหลือ 57.43% และ 15.98% ตามลำดับ การประมวลผลแบบอะนาล็อกที่เชื่อมต่อกับแบบจำลองการจำลองสถานการณ์อ่างเก็บน้ำสามารถปรับปรุงกราฟการควบคุมระดับน้ำได้ โดยสถานการณ์ของการขาดแคลนน้ำและการปล่อยน้ำเกินสำหรับกราฟการควบคุมระดับน้ำใหม่มีขนาดเล็กกว่าสถานการณ์ของกราฟการควบคุมระดับน้ำก่อนหน้า

(มานิล 2020) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการค้นหาแบบแบท (Bat Algorithm) ร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบเพื่อปรับปรุงกราฟการควบคุมระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด ค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด และค่าความถี่การไหลล้นน้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาคำตอบ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้ง 4 รูปแบบ จะได้กราฟการควบคุมใหม่ที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกับกราฟการควบคุมเดิมทุกแห่ง เนื่องจากอิทธิพลของน้ำท่าในแต่ละฤดูกาลและเงื่อนไขอื่นที่เหมือนกัน เมื่อนำกราฟการควบคุมใหม่เหล่านี้ไปทดสอบและเปรียบเทียบกับกราฟการควบคุมเดิมที่ใช้อยู่ พบว่ากราฟใหม่ที่ใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหา สามารถบรรเทาสภาวะน้ำไหลล้นและน้ำขาดแคลนได้ดีกว่ากราฟที่เกิดจากการใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์อื่น และยังดีกว่ากราฟการควบคุมเดิมทุกแห่ง โดยสรุปได้ว่า วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการค้นหาแบบแบท โดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้ง 4 รูปแบบในการค้นหาคำตอบ สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับการศึกษาเลียนแบบเพื่อค้นหากลุ่มการควบคุมระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำได้

(ดารากันตง 2019) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการถ่ายละอองเรณู ดอกไม้ร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบเพื่อปรับปรุงกราฟการควบคุมระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยการไหลล้นน้อยที่สุด ความถี่ของการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด และความถี่ของการไหลล้นน้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาคำตอบ กราฟการควบคุมที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้ง 4 รูปแบบข้างต้น จะได้กราฟการควบคุมใหม่ที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกับกราฟการควบคุมเดิมทุกอ่าง เนื่องจากอิทธิพลของน้ำท่าในแต่ละฤดูกาลและเงื่อนไขอื่นในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมือนกัน เมื่อนำกราฟการควบคุม

ใหม่เหล่านี้ไปประเมินและเปรียบเทียบกับกราฟการควบคุมเดิมที่ใช้อยู่ พบว่ากราฟใหม่ที่หาโดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหา สามารถบรรเทาสภาวะน้ำท่วมและน้ำขาดแคลนได้ดีกว่ากราฟที่เกิดจากการใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์อื่น และยังดีกว่ากราฟการควบคุมเดิมทุกอ่าง โดยสรุปได้ว่า วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการถ่ายละอองเรณูดอกไม้โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหา สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(สินธุชัย 2019) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการค้นหาแบบหมาป่าสีเทาพร้อมกับแบบจำลองการเลียนแบบเพื่อปรับปรุงกราฟการควบคุมระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยการไหลล้นนํ้าน้อยที่สุด ความถี่ของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด และความถี่ของการไหลล้นนํ้าน้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาค่าตอบกราฟการควบคุมที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้ง 4 รูปแบบข้างต้นจะได้กราฟการควบคุมใหม่ที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกับกราฟการควบคุมเดิมทุกอ่าง เนื่องจากอิทธิพลของน้ำท่าในแต่ละฤดูกาลและเงื่อนไขอื่นในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมือนกัน เมื่อนำกราฟการควบคุมใหม่เหล่านี้ไปประเมินและเปรียบเทียบกับกราฟการควบคุมเดิมที่ใช้อยู่ พบว่ากราฟใหม่ที่หาโดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาสามารถบรรเทาสภาวะน้ำท่วมและน้ำขาดแคลนได้ดีกว่ากราฟที่เกิดจากการใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์อื่น และยังดีกว่ากราฟการควบคุมเดิมทุกอ่าง โดยสรุปได้ว่า เทคนิคการค้นหาแบบหมาป่าสีเทาโดยใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาสามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับการศึกษาเลียนแบบเพื่อค้นหกราฟการควบคุมที่เหมาะสมของอ่างเก็บน้ำได้

(Prasanchum and Kangrang 2017) ได้ค้นพบว่าความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ที่ดินได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการไหลเข้าของน้ำและการจัดการทรัพยากรน้ำในอ่างเก็บน้ำ กราฟการควบคุมระดับน้ำที่เหมาะสมเป็นเครื่องมือในการบรรเทาภัยแล้งและน้ำท่วม ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง การศึกษานี้ได้นำอัลกอริทึมพันธุกรรม (GA) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลองการจำลองสถานการณ์อ่างเก็บน้ำเพื่อค้นหกราฟการควบคุมระดับน้ำที่เหมาะสมในช่วงปี 2014-2064 สำหรับอ่างเก็บน้ำลำปาว โดยพิจารณาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วยแบบจำลอง PRECIS ภายใต้สองสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกคือ A2 และ B2 และสร้างแผนที่การใช้ที่ดินในอนาคตโดยใช้แบบจำลอง CA Markov รวมถึงการประเมินการไหลเข้าของน้ำในอนาคตเข้าสู่อ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลองไฮโดรลิก SWAT ในลุ่มน้ำ

ตอนบนของลำปาวซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำของอ่างเก็บน้ำ แสดงให้เห็นว่ากราฟการควบคุมระดับน้ำใหม่ที่ถูกรับปรุงโดยแบบจำลองการจำลองสถานการณ์ที่เชื่อมต่อกับ GA สามารถบรรเทาความถี่ของสถานการณ์ขาดแคลนน้ำและการปล่อยน้ำเกินในช่วงการเปลี่ยนแปลงการไหลเข้าในอนาคต รวมถึงสถานการณ์ที่ความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากการขยายพื้นที่ชลประทาน

(เจษฎา ตงศิริ 2018) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลต่อปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและการบริหารจัดการน้ำ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์แรกเพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT โดยพิจารณาสภาพภูมิอากาศอนาคตจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS ในสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 และ B2 ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ A2 มากกว่า B2 และข้อมูลการใช้ที่ดินเหนืออ่างเก็บน้ำจากแผนที่ Agri-Map ซึ่งพื้นที่ปลูกข้าวลดลงและพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง อ้อย และข้าวโพดเพิ่มขึ้น การปรับปรุงกราฟการควบคุมระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำโดยใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (GA) ร่วมกับแบบจำลองอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992 – 2016 และสังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่า 1,000 เหตุการณ์จากข้อมูลอดีตเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกราฟการควบคุม โดยแสดงผลเป็นปริมาณน้ำที่ขาดแคลนและน้ำไหลล้นในรูปความถี่ ขนาด และช่วงเวลา โดยการศึกษาพบว่าน้ำท่าในอนาคตทั้งสองกรณีสูงกว่าน้ำท่าในอดีต โดยน้ำท่าในอนาคตกรณี A2 มีปริมาณสูงกว่าน้ำท่าในอนาคตกรณี B2 ส่วนกราฟการควบคุมใหม่ที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิค GA สามารถลดสถานการณ์น้ำไหลล้นได้ดีกว่ากราฟการควบคุมเดิม โดยความถี่ของการไหลล้นลดลงจาก 0.997 เป็น 0.992 ครั้งต่อปี และปริมาณน้ำไหลล้นเฉลี่ยลดลงจาก 251.685 เป็น 246.222 ล้านลูกบาศก์เมตร

(T. R. Neelakantan 2000) มีความพยายามหลายครั้งในการใช้แบบจำลองการจำลองและการเพิ่มประสิทธิภาพร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ในหลายกรณีมีแบบจำลองการจำลองที่ซับซ้อนอยู่แล้ว แต่การนำเข้ามาใช้โดยตรงในกรอบการเพิ่มประสิทธิภาพนั้นเป็นเรื่องที่ต้องใช้ทรัพยากรการคำนวณมากเกินไป เพื่อแก้ปัญหานี้ ในการศึกษานี้ได้ทำการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมแบบย้อนกลับ (backpropagation neural network) เพื่อประมาณค่าแบบจำลองการจำลองที่พัฒนาขึ้นสำหรับปัญหาการจ่ายน้ำของเมืองเจนไน โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบจำลองย่อยในแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้นไม่เชิงเส้นของ Hooke และ Jeeves เพื่อค้นหานโยบายที่ "ใกล้เคียงกับการเป็นนโยบายที่ดีที่สุด" ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกปรับแต่งเพิ่มเติมโดยใช้แบบจำลองการจำลองและการเพิ่มประสิทธิภาพแบบดั้งเดิม

(Haris Prasanchum 2016) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นแนวโน้มของ อุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างรวดเร็วจากป่า ไปสู่การเกษตรและพื้นที่เมือง เป็นเหตุผลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการไหลบ่า (runoff) ทำให้ เกิดน้ำท่วมและภัยแล้งในหลายพื้นที่ การทำนายสภาพภูมิอากาศและการใช้ที่ดินในอนาคตสามารถมี ส่วนช่วยในการวางแผน การพัฒนา และการจัดการน้ำในลุ่มน้ำได้อย่างเหมาะสม การศึกษานี้คือเพื่อ ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ที่ดินต่อปริมาณการไหลบ่าในลุ่มน้ำ ลำปาวตอนล่าง ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำชี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ขั้นตอน การศึกษาประกอบด้วย: 1.การสร้างสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยใช้แบบจำลอง PRECIS 2.การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและปริมาณการไหลบ่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT การจำลองสภาพภูมิอากาศแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 14.54 มิลลิเมตร อุณหภูมิ เฉลี่ยรายวันที่สูงสุดเพิ่มขึ้นเป็น 2.59 องศาเซลเซียส และต่ำสุดเพิ่มขึ้นเป็น 1.83 องศาเซลเซียส การ จำลองการไหลบ่าแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากนาข้าวไปสู่พืชผลและพื้นที่เมือง เพิ่มขึ้น 20%, 40%, 60%, 80%, และ 100% ปริมาณการไหลบ่าเฉลี่ยรายปีต่ำกว่าปีฐานเฉลี่ย ระหว่าง 16.60% ถึง 34.96% ยกเว้นในช่วงปี 2013-2022 ที่การไหลบ่าเฉลี่ยสูงกว่าปีฐาน 13.39% สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ที่ดินมีผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณการไหลบ่า ที่ลดลง วิธีการและผลลัพธ์ของการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์การไหลบ่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ อื่นที่มีสภาพภูมิประเทศและสภาพอุทกวิทยาที่คล้ายคลึงกับพื้นที่ศึกษานี้

(Kosasaeng and Kangrang 2023) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาค้นหาอะตอมตาม เงื่อนไข (CASO) ในการค้นหากราฟการควบคุมระดับน้ำที่เหมาะสมที่สุดในระบบอ่างเก็บน้ำเครือข่าย โดยใช้แบบจำลองการจำลองสถานการณ์อ่างเก็บน้ำ ระบบอ่างเก็บน้ำเครือข่ายประกอบด้วยอ่างเก็บ น้ำ 5 แห่งในจังหวัดสกลนคร ประเทศไทย ประสิทธิภาพของกราฟการควบคุมระดับน้ำใหม่ที่ เหมาะสมที่สุดถูกกำหนดโดยการเปรียบเทียบระบบการดำเนินงานระหว่างอ่างเก็บน้ำเดียวและระบบ อ่างเก็บน้ำเครือข่าย ผลการศึกษาพบสถานการณ์การขาดแคลนและการเกินของน้ำ โดยสถานการณ์ การขาดแคลนคือความถี่และระยะเวลา ขณะที่การเกินของน้ำคือปริมาณน้ำเฉลี่ยและปริมาณน้ำสูงสุด นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการค้นหากราฟการควบคุมระดับน้ำที่เหมาะสม ระหว่างเทคนิคอัลกอริทึมพันธุกรรมตามเงื่อนไข (CGA) และ CASO กราฟการควบคุมระดับน้ำที่ เหมาะสมที่สุดจากระบบอ่างเก็บน้ำเครือข่ายมีปริมาณน้ำเกินเฉลี่ย 43.828 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณน้ำเกินเฉลี่ยนี้น้อยกว่าที่พบในกราฟการควบคุมที่เหมาะสมจากระบบอ่างเก็บน้ำเดียวซึ่งมี

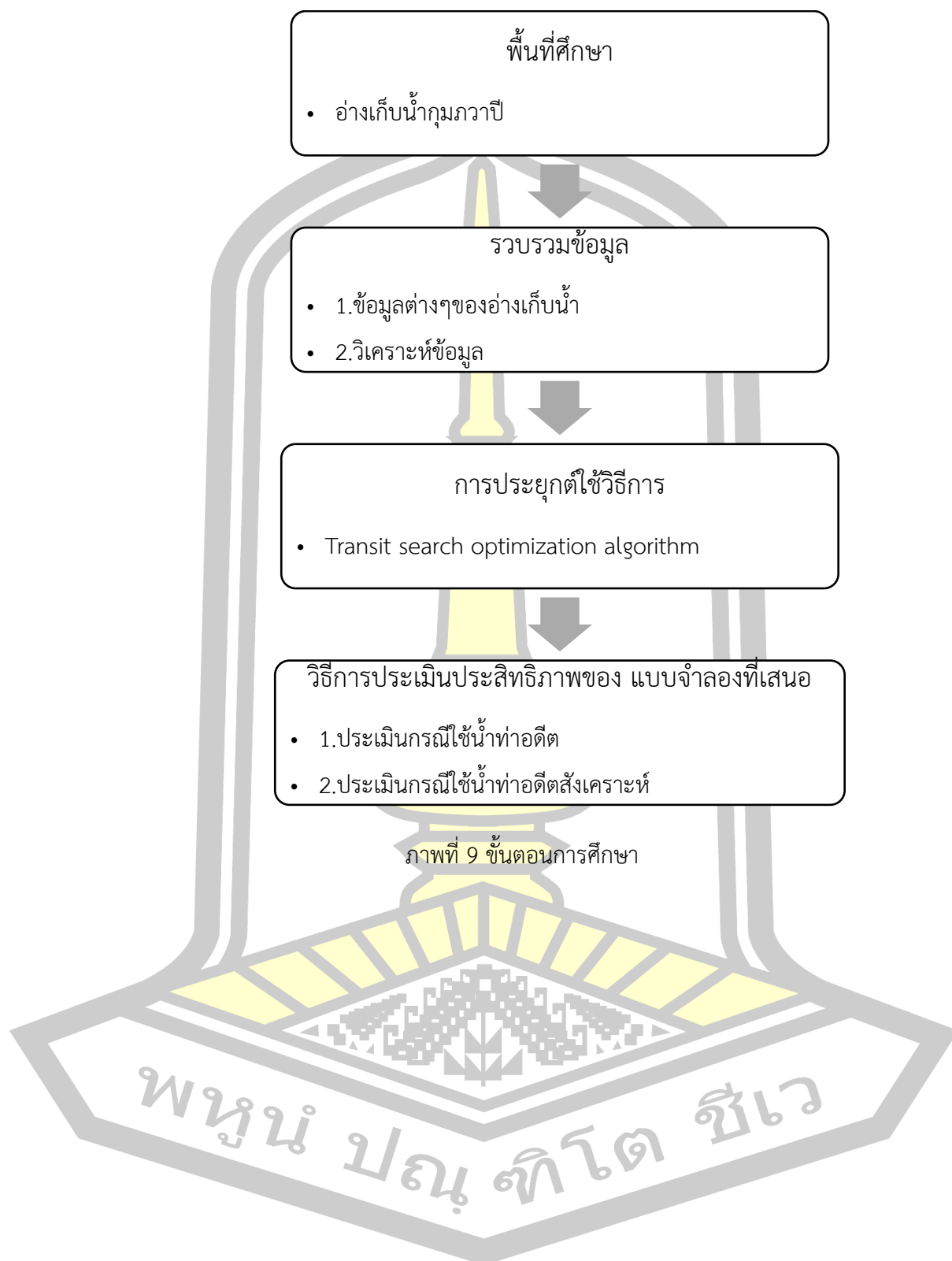
ปริมาณน้ำเกินเฉลี่ย 45.602 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี CASO มีประสิทธิภาพมากกว่าในการหากราฟการควบคุมระดับน้ำที่เหมาะสมเร็วกว่า CGA ถึง 40.00% สรุปได้ว่า CASO สามารถใช้ค้นหากราฟการควบคุมระดับน้ำที่เหมาะสมสำหรับระบบอ่างเก็บน้ำเครือข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับระบบอ่างเก็บน้ำเครือข่ายที่ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำต้นน้ำ ได้มีการวิเคราะห์อ่างเก็บน้ำปลายน้ำ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากราฟการควบคุมระดับน้ำที่เหมาะสมโดยใช้ CASO เมื่อดำเนินงานเป็นระบบอ่างเก็บน้ำเครือข่ายมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบอ่างเก็บน้ำเดี่ยว นอกจากนี้ยังลดระยะเวลาที่น้ำเกินความจุของแม่น้ำที่ฝายปลายน้ำลงได้หนึ่งเดือนเมื่อเทียบกับระยะเวลาเดิมสองเดือน

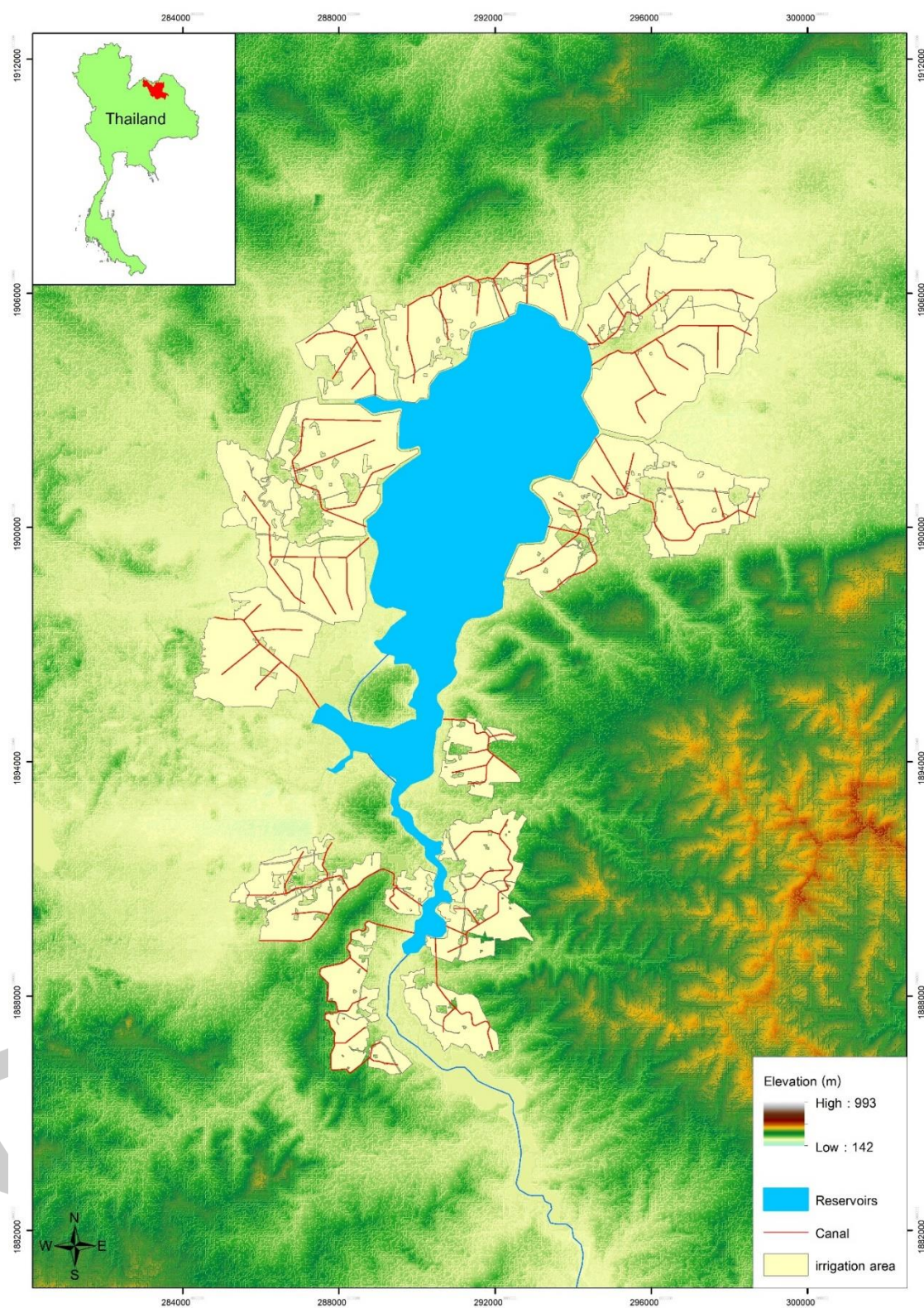
(Varawoot Vudhivanich 2003) ได้พัฒนาโค้งควบคุมตามความน่าจะเป็นสำหรับอ่างเก็บน้ำมูลบนและอ่างเก็บน้ำลำแชะ จังหวัดนครราชสีมา ใช้ลำดับการไหลเข้าแบบสังเคราะห์รายเดือนจำนวน 50 ชุด โดยแต่ละชุดมีความยาว 48 ปี มีระดับความเสี่ยง 4 ระดับ ได้แก่ 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.30 สำหรับกราฟการควบคุมระดับน้ำบนและล่าง อ่างเก็บน้ำมูลบนใช้การใช้น้ำจริงในการพัฒนากราฟการควบคุมระดับน้ำที่อิงตามความน่าจะเป็น เนื่องจากอ่างเก็บน้ำลำแชะเป็นอ่างเก็บน้ำที่สร้างใหม่ มีเพียงบางส่วนของโครงการที่ได้รับการชลประทาน การใช้น้ำสามารถถูกนำมาใช้ในการพัฒนากราฟการควบคุมระดับน้ำที่อิงตามความน่าจะเป็น ได้แก่ 100%, 75% และ 50% ของพื้นที่พืชไร่ กราฟการควบคุมระดับน้ำที่อิงตามความน่าจะเป็นของอ่างเก็บน้ำมูลบนและอ่างเก็บน้ำลำแชะถูกนำมาใช้ในการจำลองการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำโดยใช้กฎการดำเนินงานที่เสนอและข้อมูลประวัติศาสตร์รายเดือน 48 ปี ตั้งแต่ปี 1952-1999 นอกจากนี้ นโยบายการดำเนินงานมาตรฐานยังถูกใช้ในการจำลองการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำมูลบนและอ่างเก็บน้ำลำแชะโดยใช้ชุดข้อมูลเดียวกัน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกราฟการควบคุมระดับน้ำที่อิงตามความน่าจะเป็น ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าดัชนีความล้มเหลวในแง่ของจำนวนเดือน ผลรวม และผลรวมกำลังสองของการขาดแคลนน้ำของกราฟการควบคุมระดับน้ำที่อิงตามความน่าจะเป็นมีค่าน้อยกว่านโยบายการดำเนินงานมาตรฐานแบบปกติ

(Masoomeh Mirrashid 2022) ได้นำเสนออัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพแบบเมตาฮีริสติกใหม่ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากดาราศาสตร์ฟิสิกส์ ซึ่งเรียกว่า Transit Search (TS) โดยอิงตามวิธีการสำรวจดาวเคราะห์นอกระบบที่มีชื่อเสียง วิธี Transit นี้ได้ตรวจพบดาวเคราะห์มากกว่า 3,800 ดวงโดยใช้ฐานข้อมูลของกล้องโทรทรรศน์อวกาศ วิธี Transit เป็นวิธีที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพมากกว่าวิธีที่ประสบความสำเร็จอันดับสองที่เป็นที่รู้จักดี (ความเร็วแนวรัศมี) ซึ่งได้ค้นพบดาวเคราะห์ 915 ดวงจนถึงเดือนมีนาคม 2022 การตรวจหาดาวเคราะห์เป็นเรื่องยากเนื่องจากมิติที่เล็กของดาว

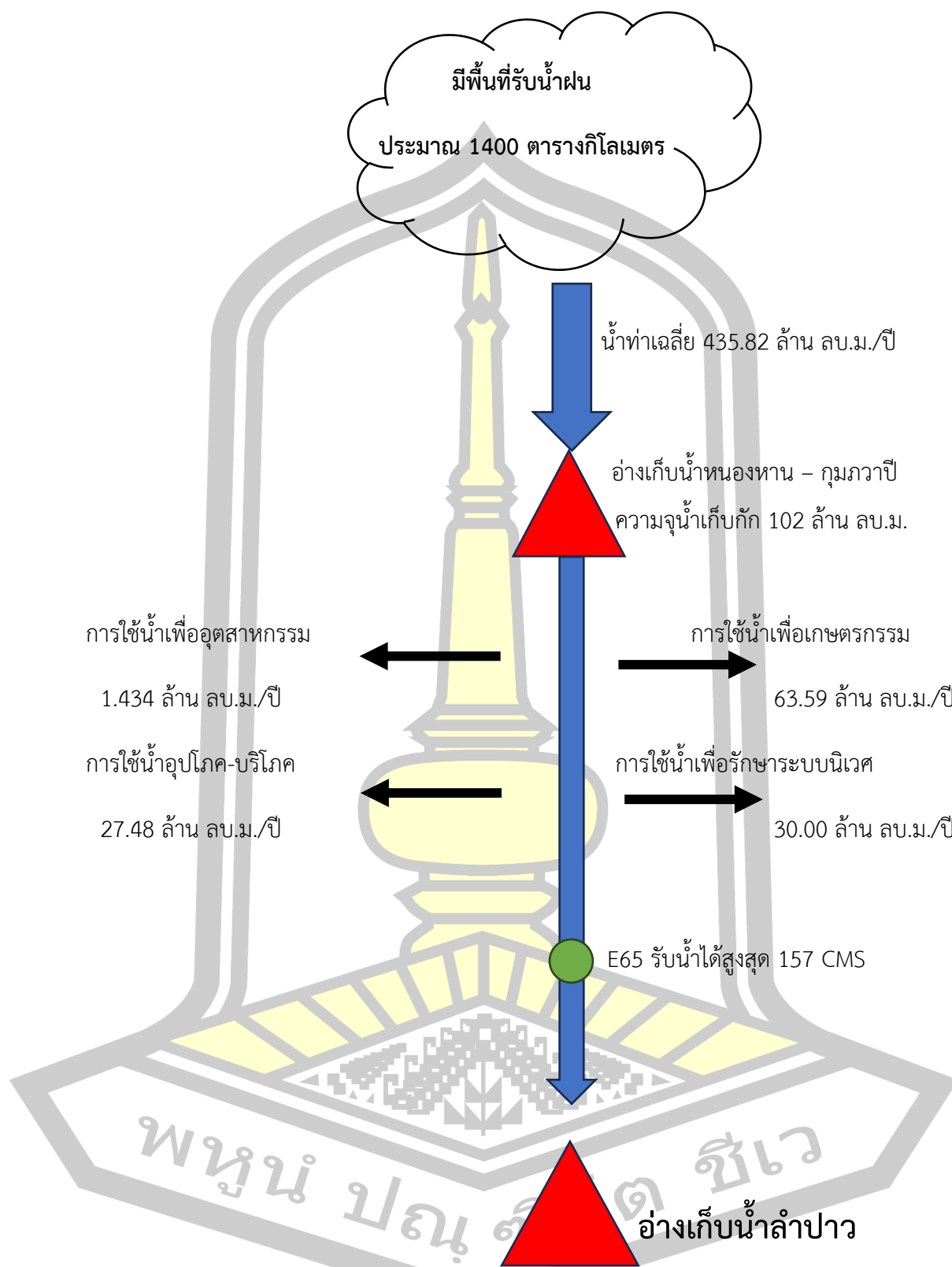
เคราะห์ในขนาดจักรวาล เนื่องจากประสิทธิภาพสูงของวิธี Transit ในด้านดาราศาสตร์ฟิสิกส์และความสามารถของมัน จึงถูกนำมาใช้ในการสร้างเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับการวิจัยอัลกอริทึม Transit โดยการศึกษาปริมาณแสงที่ได้รับจากดาวในช่วงเวลาที่กำหนด การเปลี่ยนแปลงในความสว่างจะถูกตรวจสอบและหากพบว่าการลดลงของปริมาณแสงที่ได้รับ แสดงว่ามีดาวเคราะห์ผ่านหน้าดาวนั้น ในการประเมินความสามารถของอัลกอริทึมที่เสนอ ปัญหาที่มีข้อจำกัดและไม่มีข้อจำกัด 73 ปัญหาได้ถูกพิจารณาและผลลัพธ์ถูกเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพที่มีชื่อเสียง 13 อัลกอริทึม ตัวอย่างเหล่านี้ครอบคลุมประเภทของปัญหาที่หลากหลายรวมถึงฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ (ปัญหามิติสูง 28 ปัญหาและปัญหามิติต่ำ 15 ปัญหา), ฟังก์ชัน CEC (10 ปัญหา), ปัญหาเกณฑ์มาตรฐานทางคณิตศาสตร์ที่มีข้อจำกัด (G01–G13), รวมถึงปัญหาทางวิศวกรรมที่มีข้อจำกัด 7 ปัญหา ผลได้แสดงให้เห็นว่าโดยรวมแล้วข้อผิดพลาดเฉลี่ยสำหรับอัลกอริทึมที่เสนอมีค่าน้อยที่สุดสำหรับปัญหาเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพอื่น ๆ







ภาพที่ 10 พื้นที่การเกษตรของอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภาวาปี



ภาพที่ 11 Schematic diagram

3.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

3.2.1 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา โดยทั่วไปอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดเอาไอน้ำจากอ่าวไทยและมหาสมุทรอินเดียไปตกเป็นฝนในบริเวณต่างๆ ของพื้นที่ศึกษา และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดพาเอาความหนาวเย็นและแห้งแล้งจากประเทศจีนเข้ามาในพื้นที่ประเทศไทยและพื้นที่ศึกษา ด้วยอิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิดนี้ จึงทำให้พื้นที่ศึกษามี 3 ฤดูกาล คือ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม นอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากลมพายุจร โดยเฉพาะพายุดีเปรสชันและพายุไต้ฝุ่นซึ่งพัดมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้มีฝนตกหนักในช่วงฤดูฝน ทิศทางและช่วงเวลาของการเกิดลมมรสุมและลมพายุจรที่พัดเข้าสู่ประเทศไทยและพื้นที่ศึกษา อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนั้นแล้วในแต่ละปีจะได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชัน ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม ทำให้พื้นที่ศึกษามีฝนตกชุกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม

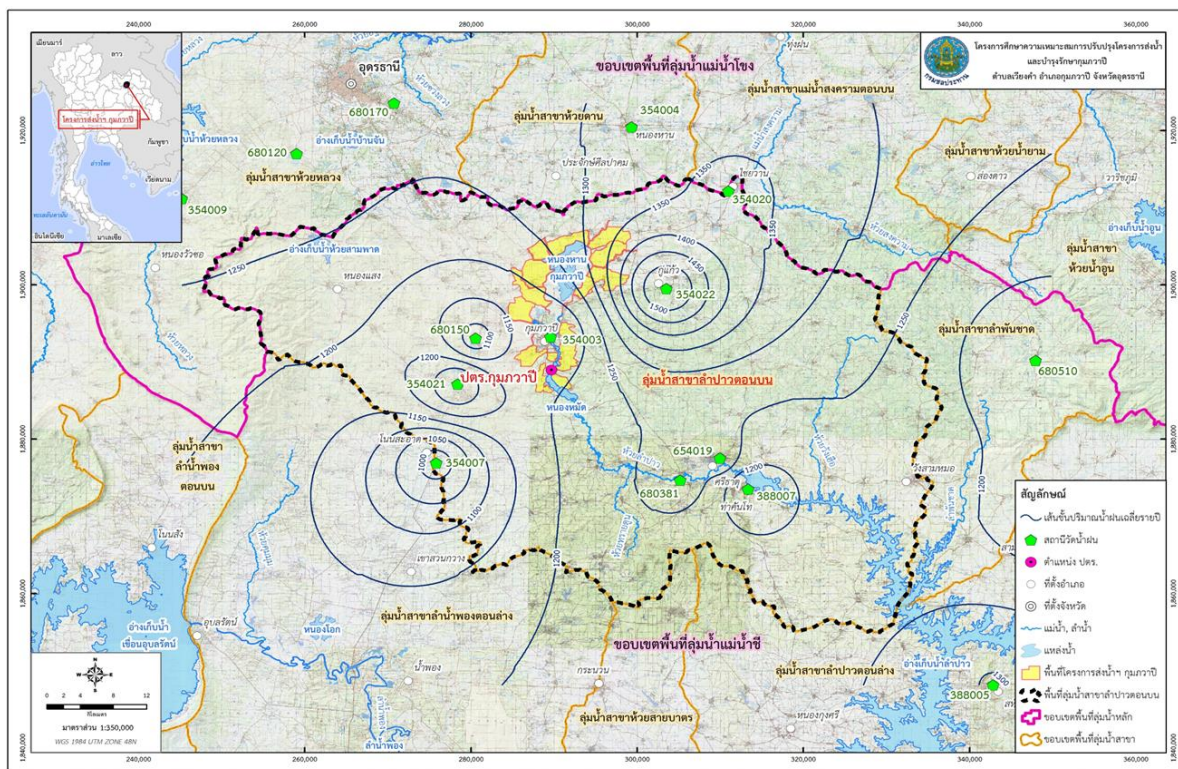
1.อุณหภูมิ เฉลี่ยทั้งปีมีค่าประมาณ 27.2 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยรายเดือนผันแปรอยู่ระหว่าง 23.2 ถึง 30.1 องศาเซลเซียส ต่ำสุดในเดือนธันวาคม และสูงสุดในเดือนเมษายน

2.ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ยทั้งปีมีค่าประมาณร้อยละ 72.4 มีค่าเฉลี่ยรายเดือนผันแปรอยู่ระหว่างร้อยละ 63.0 ถึง 82.5 ต่ำสุดในเดือนมีนาคม และสูงสุดในเดือนกันยายน

3.ความเร็วลม เฉลี่ยทั้งปีมีค่าประมาณ 2.9 น็อต มีค่าเฉลี่ยรายเดือนผันแปรอยู่ระหว่าง 2.3 ถึง 3.5 น็อต ต่ำสุดในเดือนกันยายน และสูงสุดในเดือนธันวาคม

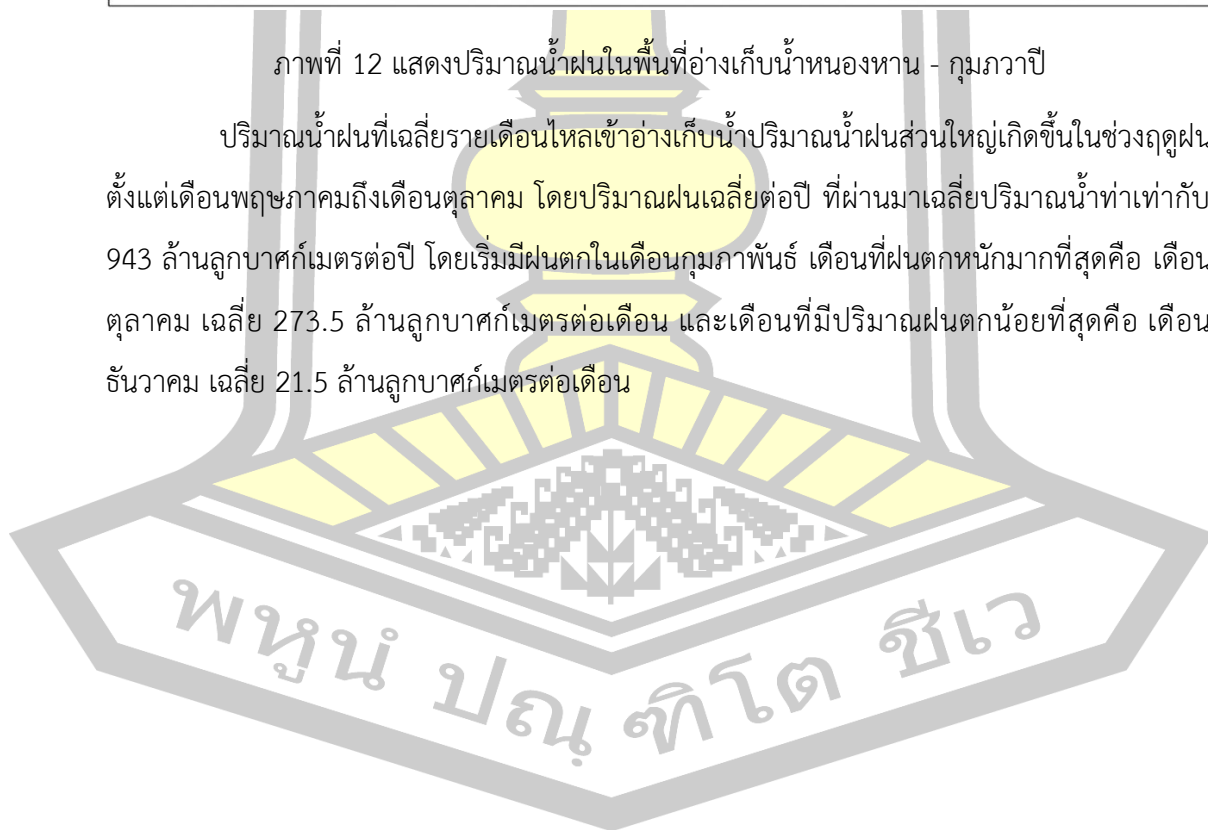
4.ความครึ้มเมฆ เฉลี่ยทั้งปีมีค่าประมาณ 4.7 ใน 10 ส่วนของท้องฟ้า มีค่าเฉลี่ยรายเดือนผันแปรอยู่ระหว่าง 2.3 ถึง 7.8 ใน 10 ส่วนของท้องฟ้า ต่ำสุดในเดือนมกราคม และสูงสุดในเดือนสิงหาคม

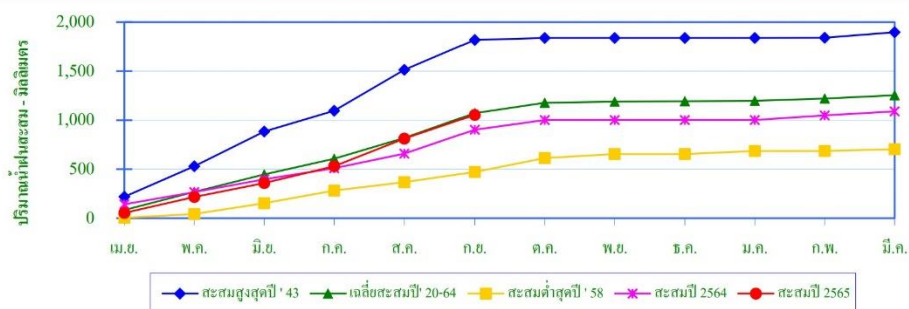
5.ปริมาณการระเหย เฉลี่ยทั้งปีมีค่าประมาณ 1,522.1 มม. มีค่าเฉลี่ยรายเดือนผันแปรอยู่ระหว่าง 103.7 ถึง 166.2 มม. ต่ำสุดอยู่ในเดือนธันวาคม และสูงสุดในเดือนเมษายน



ภาพที่ 12 แสดงปริมาณน้ำฝนในพื้นที่อ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภาพันธ์

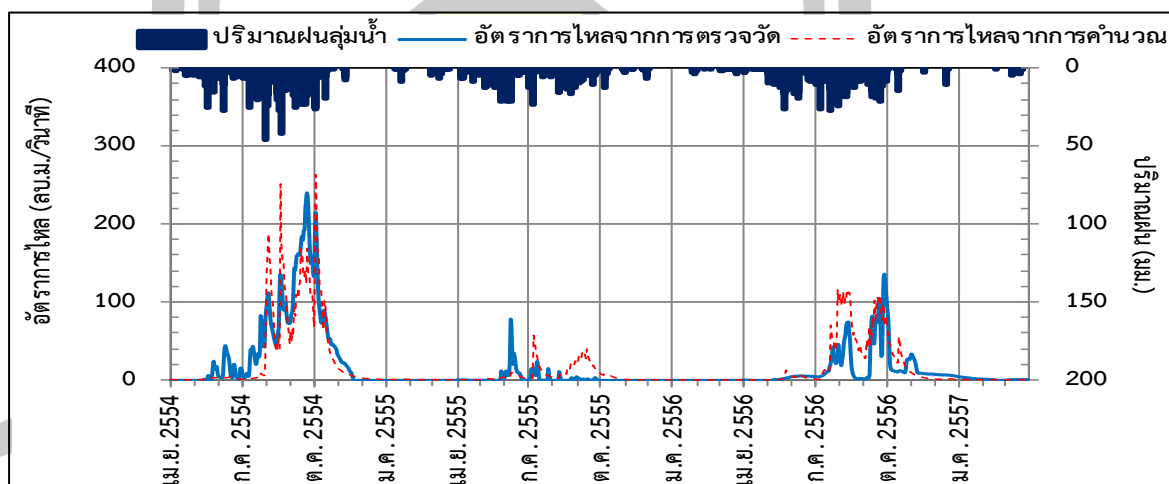
ปริมาณน้ำฝนที่เฉลี่ยรายเดือนไหลเข้าอ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำฝนส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยปริมาณฝนเฉลี่ยต่อปี ที่ผ่านมาเฉลี่ยปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 943 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยเริ่มมีฝนตกในเดือนกุมภาพันธ์ เดือนที่ฝนตกหนักมากที่สุดคือ เดือน ตุลาคม เฉลี่ย 273.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และเดือนที่มีปริมาณฝนตกน้อยที่สุดคือ เดือน ธันวาคม เฉลี่ย 21.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน





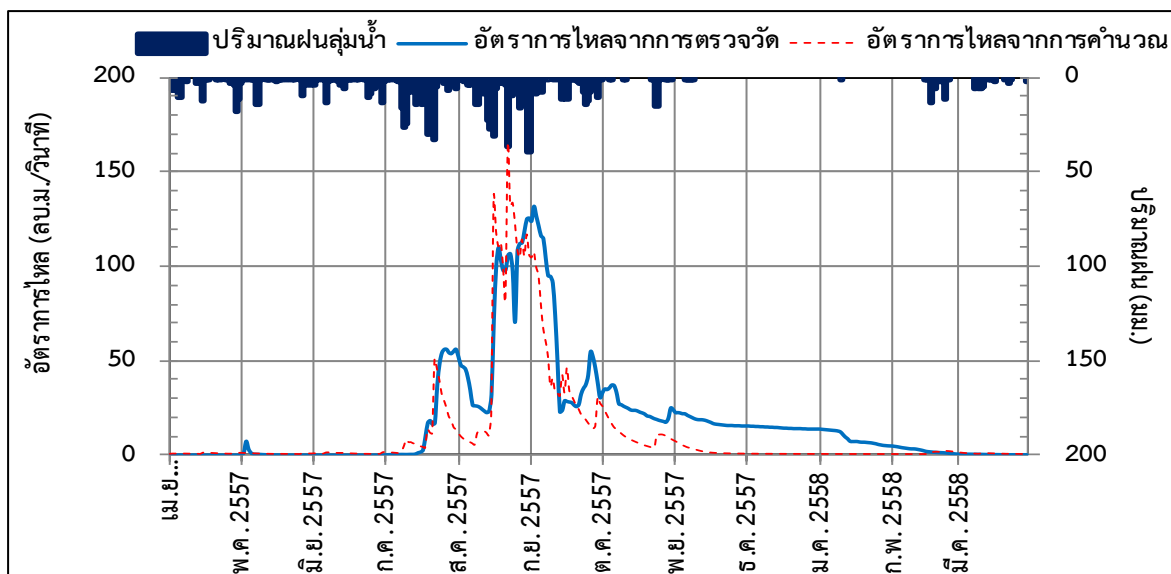
เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รวม
สูงสุดปี 2543	219.5	310.8	354.9	210.7	416.8	303.7	21.9	0.0	0.0	0.1	0.5	57.8	1,896.7
สะสมสูงสุดปี '43	219.5	530.3	885.2	1,095.9	1,512.7	1,816.4	1,838.3	1,838.3	1,838.3	1,838.4	1,838.9	1,896.7	
เฉลี่ยปี 2520 - 2564	83.9	184.3	179.2	159.3	212.4	252.8	104.6	12.4	4.7	4.0	23.5	31.8	1,252.8
เฉลี่ยสะสมปี 20-64	83.9	268.2	447.4	606.7	819.2	1,071.9	1,176.5	1,188.9	1,193.5	1,197.5	1,221.0	1,252.8	
ต่ำสุดปี 2558	5.1	38.5	110.4	127.6	87.5	103.1	142.3	39.6	0.0	32.3	0.0	18.2	704.6
สะสมต่ำสุดปี '58	5.1	43.6	154.0	281.6	369.1	472.2	614.5	654.1	654.1	686.4	686.4	704.6	
ปริมาณน้ำฝนปี 2564	143.2	123.8	129.5	114.3	148.8	242.4	98.6	0.0	0.0	1.6	46.9	39.5	1,088.6
สะสมปี 2564	143.2	267.0	396.5	510.8	659.6	902.0	1,000.6	1,000.6	1,000.6	1,002.2	1,049.1	1,088.6	
ปริมาณน้ำฝนปี 2565	54.9	162.9	141.5	170.7	281.6	240.8							1,052.4
สะสมปี 2565	54.9	217.8	359.3	530.0	811.6	1,052.4							

ตารางที่ 1 ปริมาณฝนสะสมรายเดือน



ภาพที่ 13 ปริมาณน้ำท่ารายวันในหนองทานกุ่มภวปี ช่วงปี 2554 ถึง 2556

พูน บณ ทิโต ชิง



ภาพที่ 14 ปริมาณน้ำท่ารายวันในหนองหานกุมภวาปี ปี 2557

3.2.2 อัตราการระเหย

การระเหยรายปีเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1,713.5 มิลลิเมตรต่อปี เดือนที่มีอัตราการระเหยมากที่สุดคือเดือนเมษายน มีค่า 187.8 มิลลิเมตร และเดือนที่อัตราการระเหยน้อยที่สุดคือ เดือนกันยายน มีค่า 122.2 มิลลิเมตร

ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	รายปี
127.7	136.8	177.2	187.8	171.2	144.4	137.2	130.5	122.2	130.1	125.3	123.2	878.0	835.6	1,713.5

ตารางที่ 2 อัตราการระเหยของอ่างเก็บน้ำรายเดือน

3.2.3 ปริมาณความต้องการใช้น้ำ

ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในพื้นที่โครงการ

ประเภทชุมชน	อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน)
เทศบาลตำบล	120
เทศบาลเมือง	200
เทศบาลนคร	250

ตารางที่ 3 อัตราการใช้น้ำต่อคนต่อวัน

อำเภอและตำบล	จำนวนประชากร (คน)	ความต้องการใช้น้ำ (ล้าน ลบ.ม./ปี)
อำเภอภูแก้ว		
ตำบลคอนสาย	8,337	0.47
อำเภอประจักษ์ศิลปาคม		
ตำบลนาม่วง	10,613	0.60
ตำบลอุ่มจาน	7,949	0.45
อำเภอกุมภวาปี		
ตำบลเชียงแหว	8,769	0.50
ตำบลแซแล	10,462	0.59
ตำบลผาสุก	6,473	0.37
ตำบลพันดอน	11,862	0.67
ตำบลกุมภวาปี	4,408	0.25
ตำบลเวียงคำ	10,606	0.60
ตำบลตูมใต้	7,078	0.40
ตำบลหนองหัว	8,119	0.46
อำเภอหนองหาน		
ตำบลพังงู	9,716	0.55
รวม	104,392	5.91

ตารางที่ 4 อัตราการใช้น้ำในพื้นที่

พูน ปณ ทัโต ชีเว

3.2.4 การใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมผลิต

ลำดับ	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ	ที่ตั้งโรงงาน	ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)
1	บริษัท โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม จำกัด	ผลิตน้ำตาลทราย	11 ถ.อุดรธานี-สกลนคร ม.6 ต.หนองสระปลา อ.หนองหาน จ.อุดรธานี	1,200
2	บริษัท น้ำตาลกุ่มกาวปี จำกัด	ผลิตน้ำตาลทราย	73 ถ.โพทอง บ.ท่าเปือย ม.11 ต.กุ่มกาวปี อ.กุ่มกาวปี จ.อุดรธานี	1,200
3	บริษัท น้ำตาลเกษตรผล จำกัด	ผลิตน้ำตาลทราย	9 บ.ปะโค ถ.อุดรธานี-ขอนแก่น ม.9 ต.ปะโค อ.กุ่มกาวปี จ.อุดรธานี	1,500
4	บริษัท น้ำตาลไทยอุดรธานี จำกัด	ผลิตน้ำตาลทราย	118 ม.10 ต.คำบัง อ.บ้านผือ จ.อุดรธานี	1,500
5	บริษัท ไทยน้ำมันสำปะหลัง จำกัด	ผลิตมันสำปะหลัง	173 ม.1 ต.โคกสะอาด อ.เมือง จ.อุดรธานี	2,000
6	บริษัท อุดรเพิ่มผล จำกัด	ผลิตมันสำปะหลัง	260 บ.หนองแขงน้อย ม.5 กม.13 ต.น้ำพัน อ.หนองวัวซอ จ.อุดรธานี	300
7	บริษัท เนเชอรัล ซัพพลาย 2000 จำกัด	ผลิตมันสำปะหลัง	152 ม.10 ถ.บ้านเหล่า-ท่ายม ต.หนองไฮ อ.เมือง จ.อุดรธานี	300
8	บริษัท ซูมิริบเบอร์ ไทยอีสเทิร์น คอร์ปอเรชั่น จำกัด	ผลิตยางแท่ง	333 ม.7 บ.หนองโพน ต.เชียงพิณ อ.เมือง จ.อุดรธานี	800
9	องค์การสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	ผลิตยางแท่ง	ช.บ้านสมสวัสดิ์ ม.15 ต.ผาสุก อ.วังสามหมอ จ.อุดรธานี	600
10	บริษัท ไทยอ้อยยางพารา จำกัด (มหาชน)	ผลิตยางแผ่นรมควัน	148 บ.โพนงาม ม.15 ต.โพนงาม อ.หนองหาน จ.อุดรธานี	1,000
11	บริษัท ศรีตังแอโกรอินดัสทรี จำกัด (มหาชน)	ผลิตยางเครป	328 ม.7 ช.บ้านจำปา ต.หนองนาคำ อ.เมือง จ.อุดรธานี	2,800
12	บริษัท กว้างเงิน รับเบอร์ (แม่น้ำโขง) จำกัด	ผลิตยางแท่ง	5 บ.ถ่อนใหญ่ ม.7 ถ.นาข่า-ส้มเส้า ต.นาข่า อ.เมือง จ.อุดรธานี	800
13	บริษัท วงศ์บัณฑิต อุดรธานี จำกัด	ผลิตยางแท่ง	555/1 ม.7 ช.บ้านจำปา ต.หนองนาคำ อ.เมือง จ.อุดรธานี	2,300
14	บริษัท มิตรไทย (1994) จำกัด	ฆ่าสัตว์/ชำแหละเนื้อสัตว์	211 ม.1 ถ.อุดรธานี-ขอนแก่น ต.ห้วยสามพาด อ.ประจักษ์ศิลปาคม จ.อุดรธานี	200
15	บริษัท เอ็ม.ที.9999 จำกัด	ฆ่าสัตว์/ชำแหละเนื้อสัตว์	111/1 ม.1 ต.ห้วยสามพาด อ.ประจักษ์ศิลปาคม จ.อุดรธานี	200

ลำดับ	Node ความต้องการน้ำ	ความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)			การขาดแคลนน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
1	การเกษตรและ ชลประทาน	พื้นที่เกษตร (ไร่)		CI 140%			
		48,950	19,580				
1.1	P1	1.13	1.64	2.77	0.05	0.11	0.16
1.2	P2	2.68	3.93	6.61	0.11	0.25	0.37
1.3	P3	0.85	1.3	2.15	0.03	0.06	0.09
1.4	P4	0.97	1.51	2.49	0.01	0.01	0.02
1.5	P5	2.25	3.5	5.74	0.03	0.01	0.04
1.6	P6A	2.4	3.74	6.14	0.03	0.02	0.04
1.7	P6B	2.2	3.44	5.64	0.02	0.01	0.04
1.8	P7	2.16	3.37	5.54	0.03	0.02	0.05
1.9	P8	1.13	1.76	2.89	0.03	0.01	0.04
1.1	P9	2.31	3.61	5.92	0.06	0.02	0.07
1.11	P10	2.08	3.25	5.33	0.05	0.01	0.06
1.12	P11	1.89	2.94	4.83	0.04	0.01	0.05
1.13	P12A	1.98	2.04	4.01	0.13	0.2	0.34
1.14	P12B	1.46	2.06	3.52	0.07	0.13	0.2
รวมเกษตรกรรม		25.5	38.09	63.59	0.68	0.88	1.56
2	การอุปโภค บริโภค	1.36	1.34	2.71	0.08	0.11	0.19
3	การท่องเที่ยว	4.33	4.26	8.59	0.26	0.35	0.61
4	การอุตสาหกรรม	0.22	0.22	0.44	0.01	0.02	0.03
รวมทั้งหมด		31.41	43.92	75.32	1.03	1.36	2.39

ตารางที่ 6 รวมการใช้น้ำทั้งหมดของอ่างเก็บน้ำ

พูน ปณ ทิโต ชีเว

3.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง Transit search optimization algorithm ปรับปรุงโครงสร้างควบคุมของอ่างเก็บน้ำ

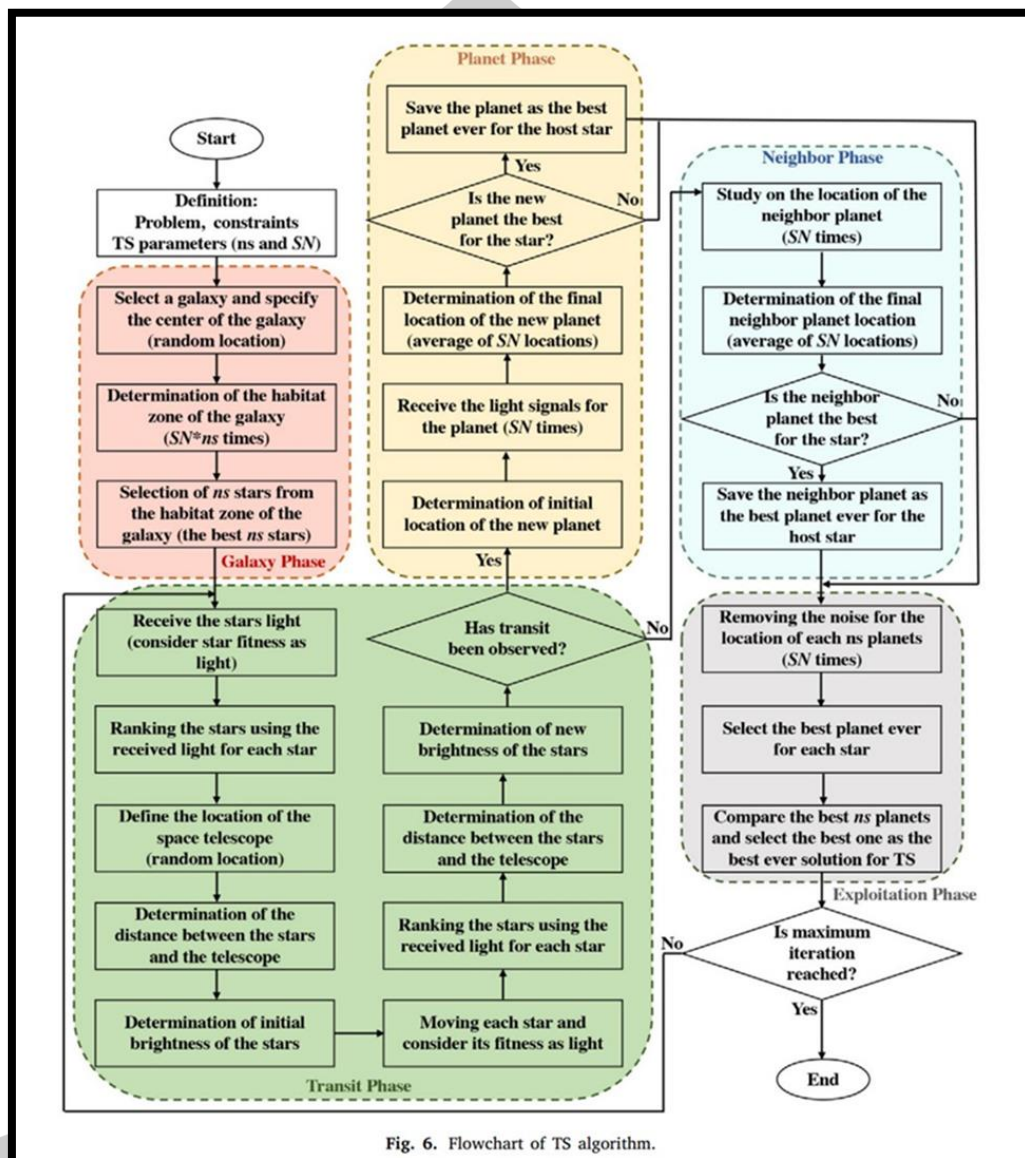


Fig. 6. Flowchart of TS algorithm.

ภาพที่ 16 รูปขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม

ในปี 2023 โมชาเมต และโฮซัน มีการเสนออัลกอริทึม Transit search optimization algorithm ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่มีลักษณะในการศึกษาหาจำนวนดาวที่เหมาะสมแก่การอยู่อาศัยของมนุษย์ ในโซนที่เอื้อต่อการอยู่อาศัยของระบบสุริยะเป้าหมาย ใช้วิธีในการนับจำนวนดาวด้วยการหักเหหรือบดบังแสงในขณะเคลื่อนที่ผ่านดาวฤกษ์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำอัลกอริทึมดังกล่าวมาการประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงโครงสร้างควบคุมของอ่างเก็บน้ำ

3.3.1 ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม

1.กำหนดพารามิเตอร์ปัญหา NS และ SN (NS จำนวนดาว, SN จำนวนรอบในการค้นหา)
กำหนดโซนที่อยู่อาศัย เลือกดาวที่มีเหมาะสมในการอยู่อาศัยในโซน

2.รับแสงจากดาวฤกษ์ พิจารณาว่าการหักเหหรือบดบังแสงหรือไม่ หาระยะห่างระหว่างดาวฤกษ์และดาวเคราะห์ หาอายุของดาวฤกษ์เพื่อกำหนดโซนที่เหมาะสมในการอยู่อาศัย

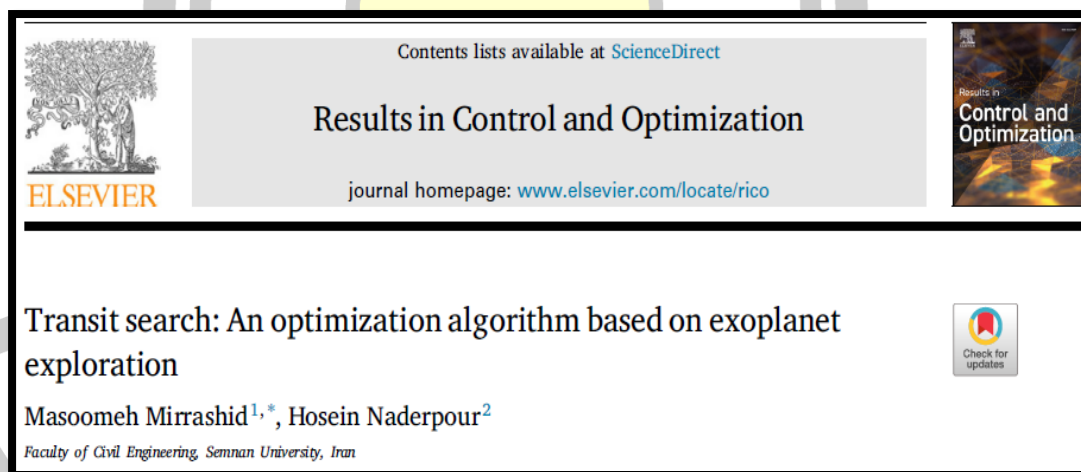
2.1 หากมี ให้ทำการตรวจสอบการหักเหหรือบดบังแสงเพื่อนับจำนวนดาวเคราะห์ในโซน และทำการตรวจสอบว่า ดาวฤกษ์ มีช่วงอายุที่เหมาะสมแก่การอยู่อาศัยของมนุษย์

2.2 หากไม่มี ให้ทำการค้นหาดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้กับระบบที่ทำการศึกษาและเริ่มขั้นตอนการค้นหาที่ 1 ใหม่

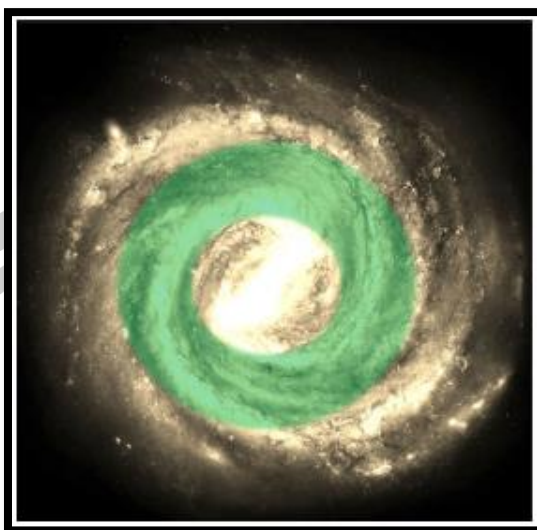
3.เมื่อได้จำนวนดาวเคราะห์ที่อยู่ในโซนที่เหมาะสมกับการอยู่อาศัยแล้ว จะทำการหาดาวที่เหมาะสมที่สุดในโซนที่เหมาะสมกับการอยู่อาศัย

3.1 เมื่อค้นพบแล้วให้หยุดการค้นหา

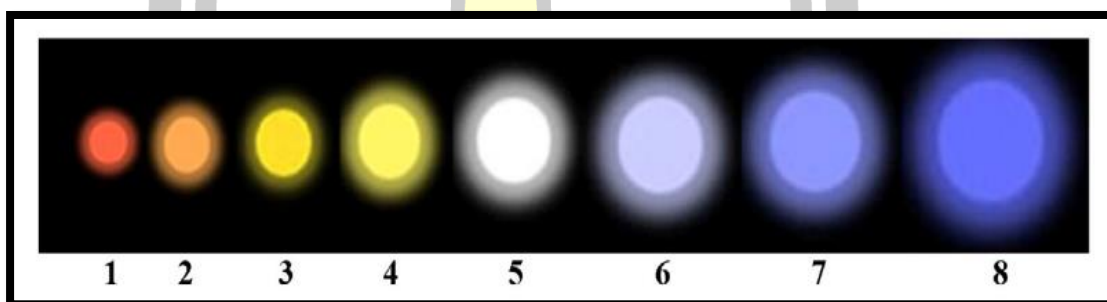
3.2 เมื่อไม่พบ ให้เริ่มกระบวนการค้นหาข้อที่ 1 ใหม่



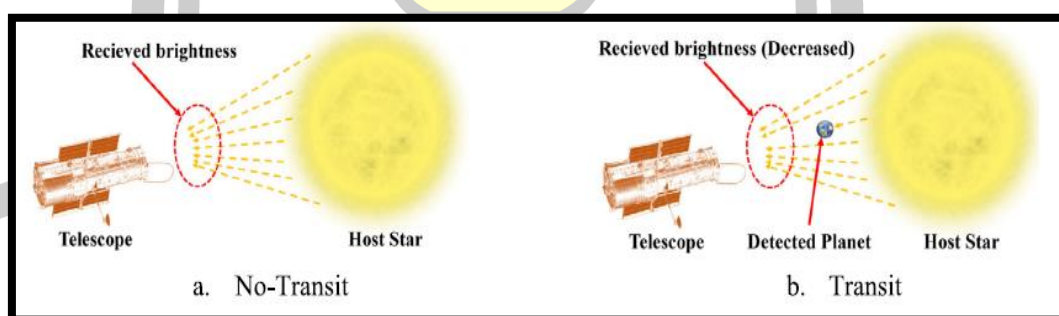
ภาพที่ 17 อัลกอริทึมที่ผู้วิจัยนำมาศึกษา



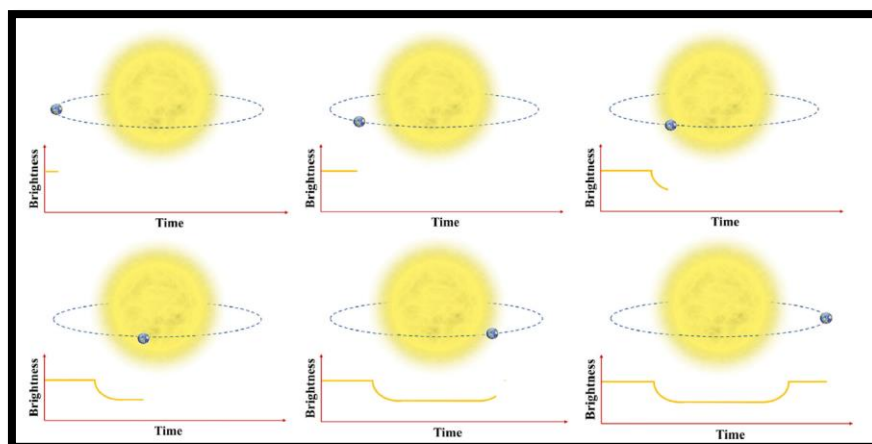
ภาพที่ 18 ลักษณะของโชนที่เหมาะสมแก่การอยู่อาศัย



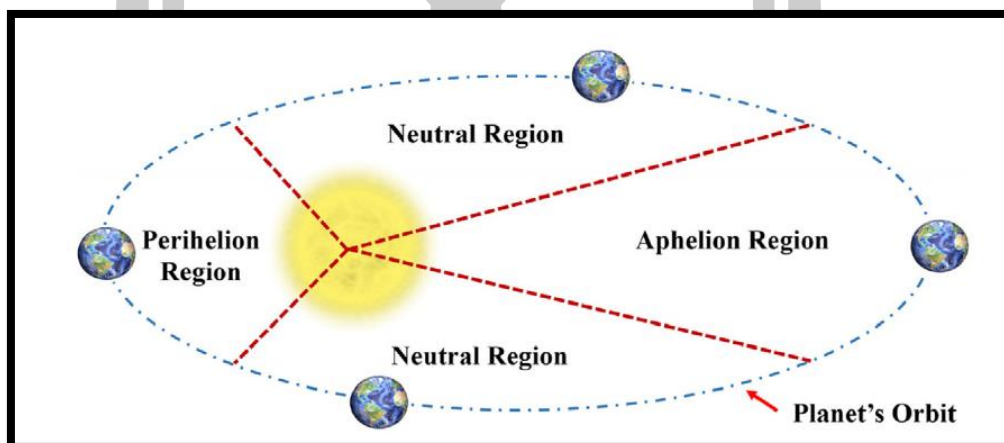
ภาพที่ 19 ช่วงอายุของดาวฤกษ์ มีผลในการกำหนดโชนที่อยู่อาศัย (เหมาะสม 2- 4)



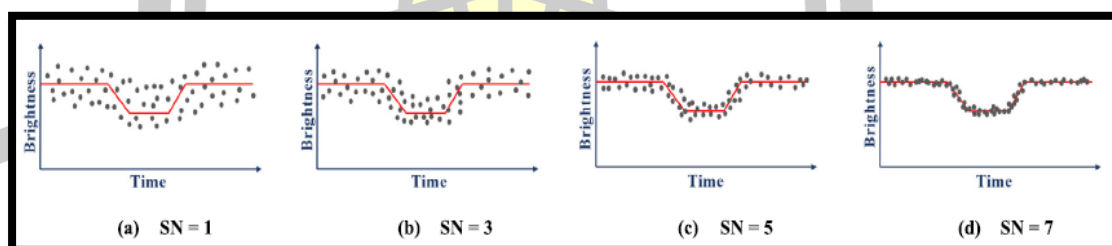
ภาพที่ 20 ใช้การหักเหหรือบดบังแสงในการนับจำนวนโชนที่น่าสนใจ



ภาพที่ 21 การหักเหหรือบดบังแสง



ภาพที่ 22 ดาวเคราะห์ที่อยู่ในโซนที่เหมาะสมแก่การอยู่อาศัย



ภาพที่ 23 ค่าความถี่ในการค้นหา

3.3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

1. จัดเตรียมข้อมูลดังต่อไปนี้

ปริมาณฝนใช้การเฉลี่ยรายเดือนของข้าว

อัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน

ปริมาณการส่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรมเฉลี่ยรายเดือน

ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ยรายเดือน

ปริมาณการส่งน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรายเดือน

ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน

ปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศน์เฉลี่ยรายเดือน

2. นำข้อมูลเข้าไฟล์โปรแกรม ดังนี้

Ef_n คือไฟล์สำหรับ ปริมาณฝนใช้การเฉลี่ยรายเดือนของข้าว, มม.

Ev_rate_BB คือไฟล์สำหรับ อัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน, มม.

Idd คือไฟล์สำหรับ ปริมาณส่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรมเฉลี่ยรายเดือน, ลบ.ม.

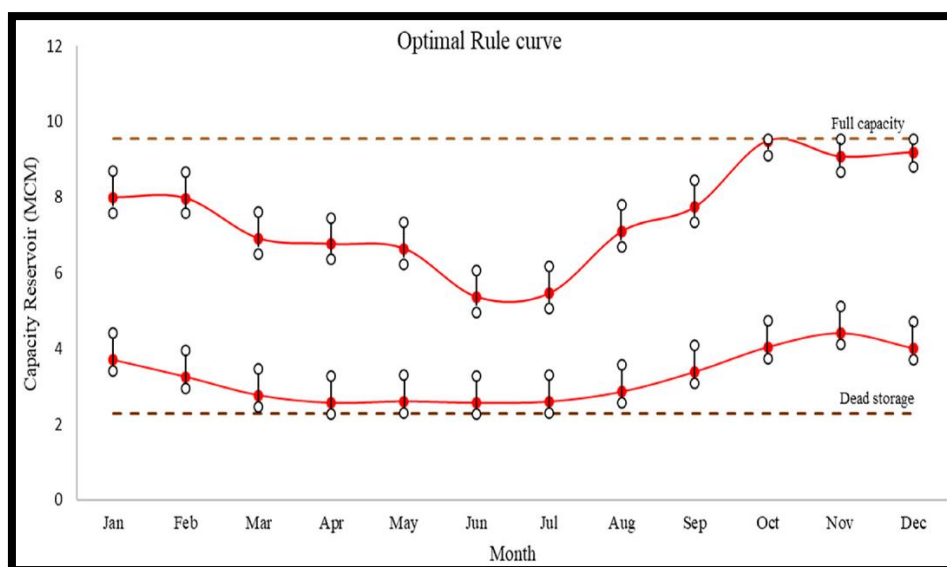
Inflow_BB คือไฟล์สำหรับ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ยรายเดือน, ล้าน ลบ.ม.

Irr_n คือไฟล์สำหรับ ปริมาณการส่งน้ำเพื่อการเกษตรเฉลี่ยรายเดือน, ลบ.ม.

Rain_BB คือไฟล์สำหรับ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน, มม.

Ws คือไฟล์สำหรับ ปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศน์เฉลี่ยรายเดือน, ลบ.ม.

3. กำหนดช่วงในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของโค้งควบคุมเดิมของอ่างเก็บน้ำ โดยกำหนดช่วงในการค้นหาค่าที่เหมาะสมใหม่ในช่วง บวก-ลบ 5 % ของค่า URC และ LRC เดิมของอ่างเก็บน้ำ



ภาพที่ 24 กำหนดช่วงในการค้นหาค่าที่เหมาะสมใหม่ของอ่างเก็บน้ำ

4. เริ่มการทำงานของโปรแกรมเพื่อให้โปรแกรมค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในช่วงที่จะค้นหาใหม่ของแต่ละเงื่อนไขในการค้นหาครั้งนี้

โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากค่าเฉลี่ยการไหลล้นน้อยที่สุด

โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากค่าเฉลี่ยการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด

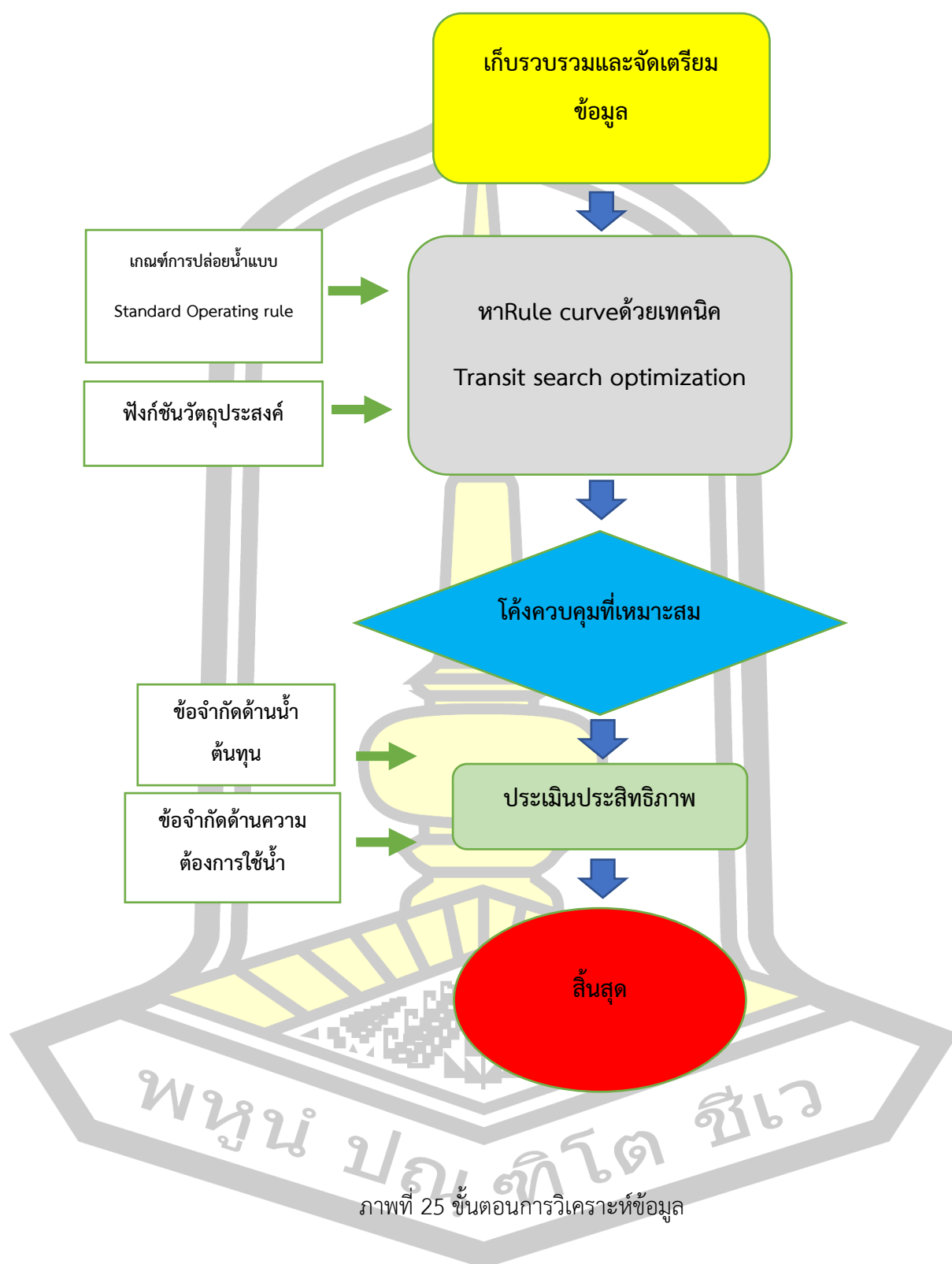
โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด

โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากค่าความถี่ขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด

5. เมื่อได้โค้งควบคุมใหม่แล้วให้ทำการทดสอบโค้งควบคุมที่ได้กับข้อมูลน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำใน ช่วงปี พ.ศ. 2549– 2564 (16 ปีข้อมูล) เพื่อประสิทธิภาพของโค้งควบคุมกับเทคนิควิธี Transit search optimization algorithm

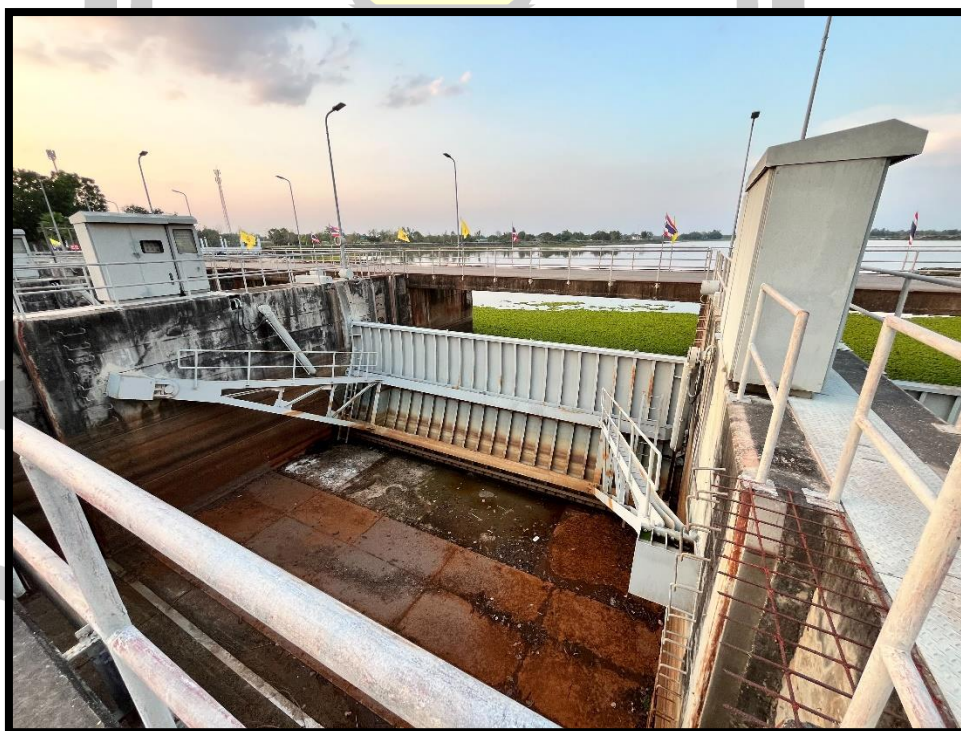
6. ประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธี Transit search optimization algorithm กับโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำเดิม และเปรียบเทียบกับเทคนิควิธีเชิงพันธุกรรม Genetic Algorithm (GA)

7. ทำการเปรียบเทียบโค้งควบคุมกับข้อมูลการปล่อยน้ำในอดีต และระดับในอ่างเก็บน้ำ เพื่อสอบเทียบในสภาวะการใช้งานจริง

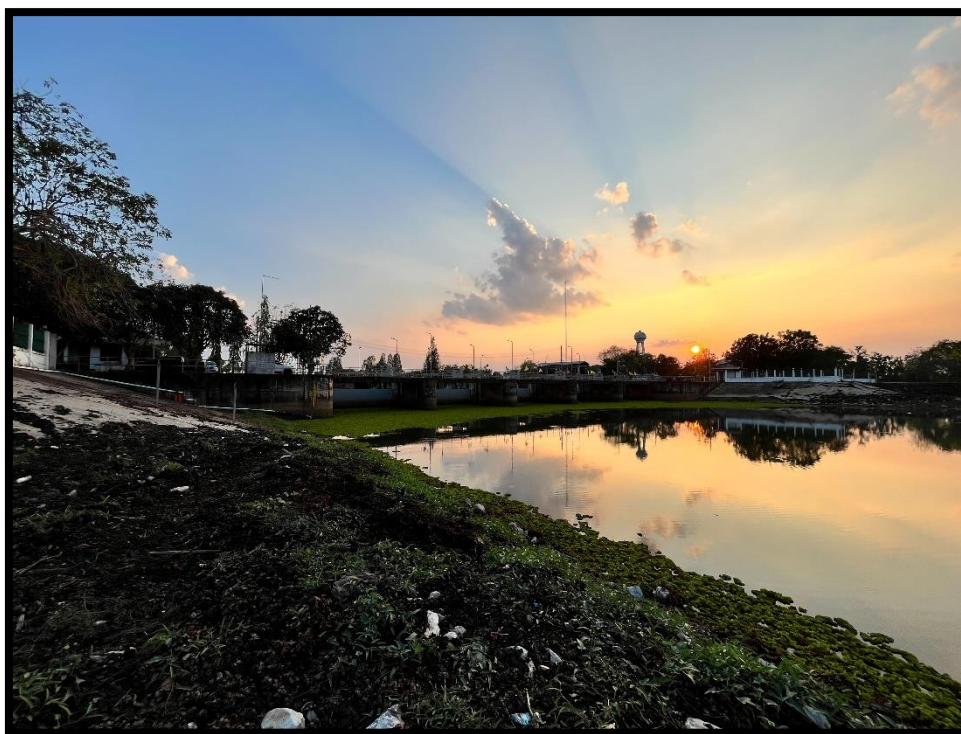




ภาพที่ 26 ภาพประกอบพื้นที่ศึกษาอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภวาปี



ภาพที่ 27 ภาพประกอบพื้นที่ศึกษาอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภวาปี



ภาพที่ 28 ภาพประกอบพื้นที่ศึกษาอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภาพันธ์



ภาพที่ 29 ภาพประกอบพื้นที่ศึกษาอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภาพันธ์

บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลของการศึกษาการประยุกต์วิธีการเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Transit search optimization algorithm) ปรับปรุงโครงสร้างควบคุมของอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี โดยผลของการค้นหาโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดของอ่างเก็บน้ำจะแยกแยะแสดงตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือ กรณีใช้ค่าความถี่ขาดแคลนน้อยที่สุด กรณีใช้ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด กรณีใช้ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนน้อยที่สุดและกรณีใช้ค่าเฉลี่ยไหลล้นน้อยที่สุด รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพของโครงสร้างการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่สร้างใหม่ ซึ่งรายละเอียดของผลการศึกษาสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าความถี่ขาดแคลนน้อยที่สุด

Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด

Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนน้อยที่สุด

Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด

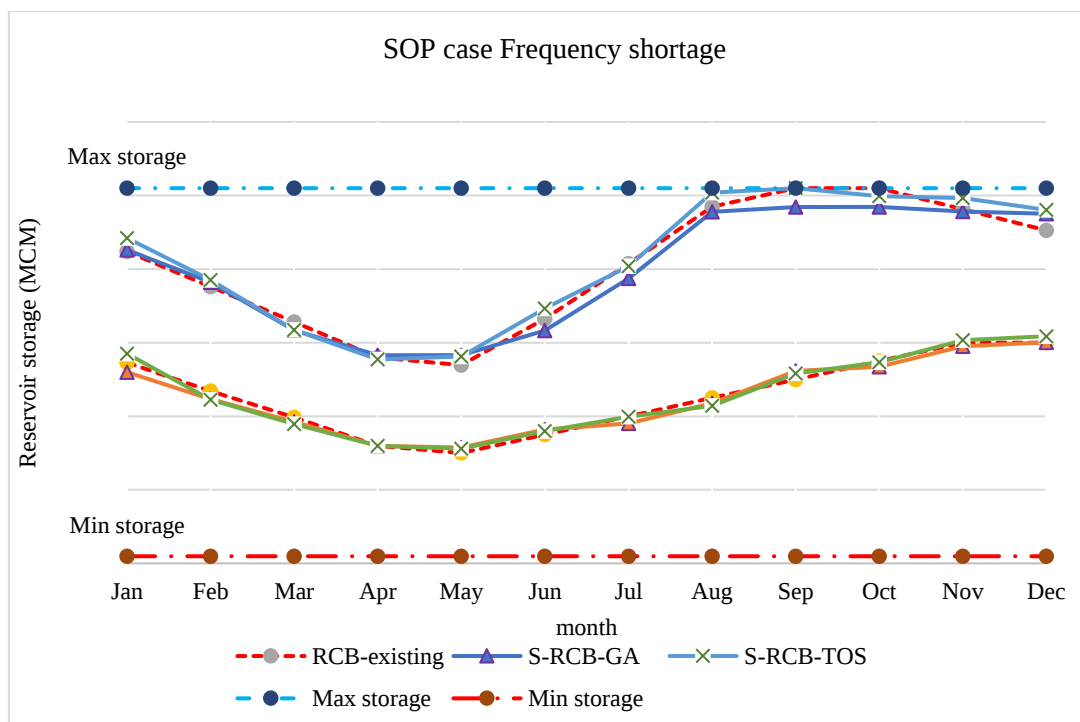
ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองวิธีการเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Transit search optimization algorithm) ในครั้งนี้ มีข้อมูลย้อนหลัง 16 ปี ตั้งแต่ปี 2549-2564 สำหรับอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี ประกอบไปด้วยปริมาณน้ำต้นทุนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณความต้องการน้ำรายเดือนแต่ละกิจกรรมการใช้น้ำรายปี อัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูง-พื้นที่ผิวน้ำ-ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลปริมาตรต่ำสุด-สูงสุดของระดับน้ำเก็บกัก เข้าสู่แบบจำลองเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Transit search optimization algorithm) ที่ได้ประยุกต์ขึ้น โดยแบบจำลองจะดำเนินการภายใต้กำหนดเกณฑ์การปล่อยน้ำและเกณฑ์การเก็บกักน้ำตามเงื่อนไขต่างๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีการตรวจสอบฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของค่าความถี่การขาดแคลนน้อยที่สุด ค่าความถี่การไหลล้นน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยการขาดแคลนน้อยที่สุดและค่าเฉลี่ยการไหลล้นน้อยที่สุด รวมถึงการอธิบายประสิทธิภาพของโครงสร้างควบคุมใหม่ที่มีความเหมาะสม การจัดทำโครงสร้างควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมสำหรับอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี

4.1 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าความถี่ขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองการจัดการน้ำได้นำวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Transit search optimization algorithm) มาประยุกต์เพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม ซึ่งใช้ข้อมูลย้อนหลัง ประกอบด้วย น้ำต้นทุนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำปริมาณความต้องการน้ำรายเดือนแต่ละกิจกรรมการใช้น้ำปี อัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูง -พื้นที่ผิวน้ำ-ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลปริมาตรต่ำสุด-สูงสุดของระดับน้ำเก็บกัก มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด โดยแบบจำลองที่ได้จากโค้งควบคุมใหม่ของอ่างเก็บน้ำนำมาเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิม ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพประกอบ 4.1 จากตารางและภาพประกอบจะเห็นว่า

เดือน	URC	LRC	GA - Frequency_shortage		TOS - Frequency_shortage	
	URC-existing	LRC-existing	S-URC-GA	S-LRC-GA	S-URC-TOS	S-LRC-TOS
มกราคม	84.82	54.55	85.19	51.94	88.4	57
กุมภาพันธ์	75.21	46.86	76.46	44.67	77	44.52
มีนาคม	65.60	39.67	63.33	38.48	63.48	37.87
เมษายน	55.98	31.98	56.62	31.99	55.45	31.94
พฤษภาคม	53.90	30.00	56.6	31.5	56.25	31.17
มิถุนายน	66.50	35.00	63.3	36.41	69.28	35.92
กรกฎาคม	81.50	40.00	77.44	38	80.77	39.83
สิงหาคม	97.00	45.00	95.61	43.5	100.82	42.83
กันยายน	102.00	50.00	96.9	52.35	101.99	51.61
ตุลาคม	102.00	55.00	96.91	53.47	99.81	54.7
พฤศจิกายน	96.27	60.00	95.67	59.04	99.29	60.69
ธันวาคม	90.55	60.00	95.08	60.1	96.11	61.75

ตารางที่ 7 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด



ภาพที่ 30 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ขาดแคลนนําน้อยที่สุด

รูปที่ 30 แสดงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ TOS มีเส้นบนจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ก็เพื่อรักษาปริมาณน้ำในอ่างไว้เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่เกิดการขาดแคลนนํานในฤดูแล้งถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างจะอยู่ใกล้เคียงควบคุมเส้นเดิมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน) ซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาการขาดแคลนนํานในช่วงเวลาดังกล่าวได้

4.2 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด

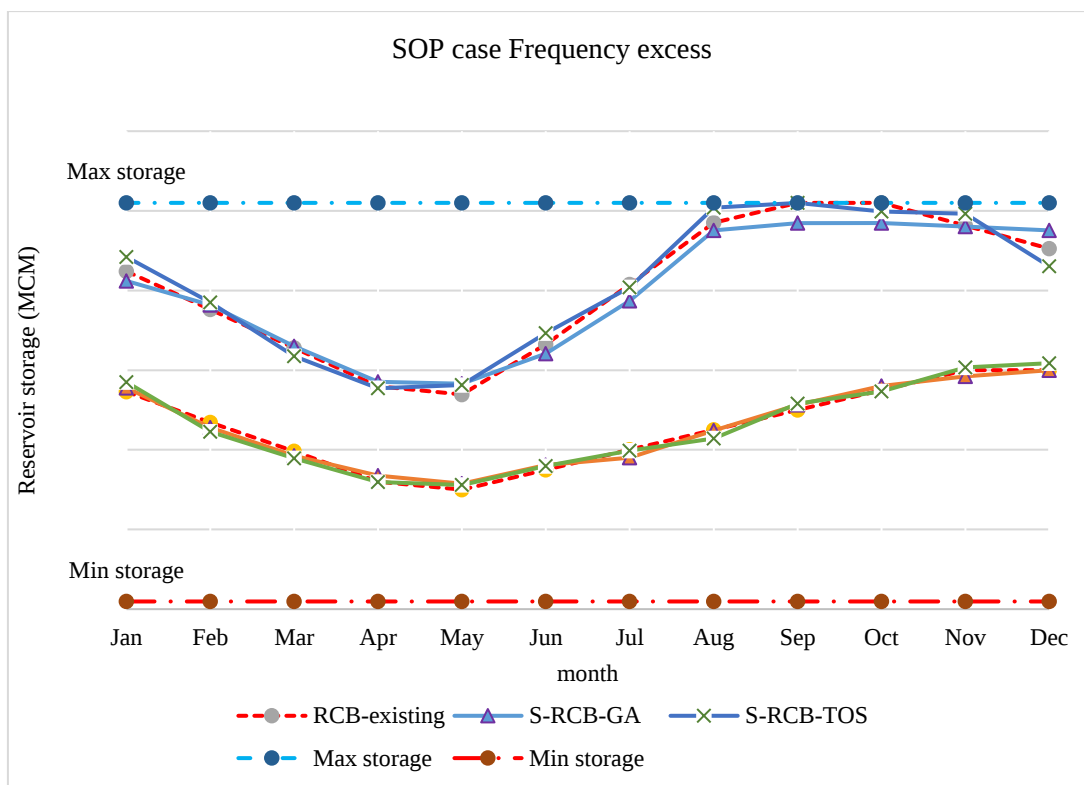
จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองการจัดการน้ำได้นำวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Transit search optimization algorithm) มาประยุกต์เพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม ซึ่งใช้ข้อมูลย้อนหลัง ประกอบด้วย น้ำต้นทุนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำปริมาณความต้องการน้ำรายเดือนแต่ละกิจกรรมการใช้น้ำปี อัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูง -พื้นที่ผิวน้ำ-ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลปริมาตรต่ำสุด-สูงสุดของระดับน้ำเก็บกัก มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือค่าความถี่ไหล

ล้นน้อยที่สุด โดยแบบจำลองที่ได้จากโค้งควบคุมใหม่ของอ่างเก็บน้ำนำมาเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิม ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และภาพประกอบ 4.2 จากตารางและภาพประกอบจะเห็นว่า

เดือน	URC	LRC	GA -Frequency excess		TOS -Frequency excess	
	URC- existing	LRC- existing	S-URC-GA	S-LRC-GA	S-URC- TOS	S-LRC- TOS
มกราคม	84.82	54.55	82.41	55.59	88.4	57
กุมภาพันธ์	75.21	46.86	76.4	45.59	77	44.52
มีนาคม	65.60	39.67	66.03	38.54	63.48	37.87
เมษายน	55.98	31.98	57.07	33.52	55.45	31.94
พฤษภาคม	53.90	30.00	56.6	31.5	56.25	31.17
มิถุนายน	66.50	35.00	64.12	36.19	69.28	35.92
กรกฎาคม	81.50	40.00	77.43	38	80.77	39.83
สิงหาคม	97.00	45.00	95.1	44.83	100.82	42.83
กันยายน	102.00	50.00	96.91	51.26	101.99	51.61
ตุลาคม	102.00	55.00	96.9	56	99.81	54.7
พฤศจิกายน	96.27	60.00	96.03	58.43	99.29	60.69
ธันวาคม	90.55	60.00	95.08	59.99	86.11	61.75

ตารางที่ 8 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด





ภาพที่ 31 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด

รูปที่ 31 แสดงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ TOS มีเส้นบนจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ก็เพื่อรักษาปริมาณน้ำในอ่างไว้เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่เกิดการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างจะอยู่ใกล้เคียงควบคุมเส้นเดิมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน) ซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวได้

4.3 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด

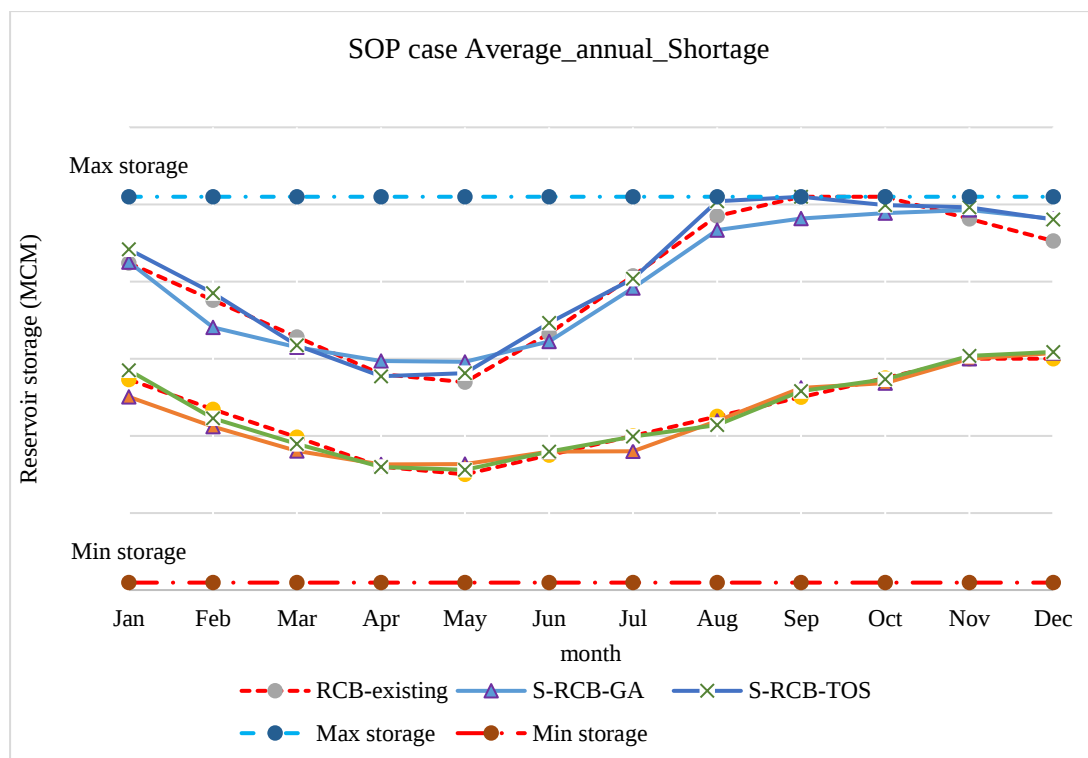
จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองการจัดการน้ำได้นำวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Transit search optimization algorithm) มาประยุกต์เพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม ซึ่งใช้ข้อมูลย้อนหลัง ประกอบด้วย น้ำต้นทุนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำปริมาณความต้องการน้ำรายเดือนแต่ละกิจกรรมการใช้น้ำปี อัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูง -พื้นที่ผิวน้ำ-ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลปริมาตรต่ำสุด-สูงสุดของระดับน้ำเก็บกัก มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือค่าเฉลี่ยของ

การขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด โดยแบบจำลองที่ได้จากโค้งควบคุมใหม่ของอ่างเก็บนํ้านำมาเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิม ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพประกอบ 4.3 จากตารางและภาพประกอบจะเห็นว่า

เดือน	URC	LRC	GA avg Shortage		TOS avg Shortage	
	URC-existing	LRC-existing	S-URC-GA	S-LRC-GA	S-URC-TOS	S-LRC-TOS
มกราคม	84.82	54.55	85.05	50.06	88.4	57
กุมภาพันธ์	75.21	46.86	68.14	42.34	77	44.52
มีนาคม	65.60	39.67	62.95	36.1	63.48	37.87
เมษายน	55.98	31.98	59.42	32.58	55.45	31.94
พฤษภาคม	53.90	30.00	59.19	32.64	56.25	31.17
มิถุนายน	66.50	35.00	64.46	35.91	69.28	35.92
กรกฎาคม	81.50	40.00	78.37	36	80.77	39.83
สิงหาคม	97.00	45.00	93.37	43.89	100.82	42.83
กันยายน	102.00	50.00	96.32	52.43	101.99	51.61
ตุลาคม	102.00	55.00	97.77	53.71	99.81	54.7
พฤศจิกายน	96.27	60.00	98.56	60	99.29	60.69
ธันวาคม	90.55	60.00	96.28	61.47	96.11	61.75

ตารางที่ 9 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด





ภาพที่ 32 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด

รูปที่ 32 แสดงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ TOS มีเส้นบนจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ก็เพื่อรักษาปริมาณน้ำในอ่างไว้เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่เกิดการขาดแคลนนํ้าในฤดูแล้งถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างจะอยู่ใกล้โค้งควบคุมเส้นเดิมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน) ซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้นํ้าเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาการขาดแคลนนํ้าในช่วงเวลาดังกล่าวได้

4.4 Rule curve จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด

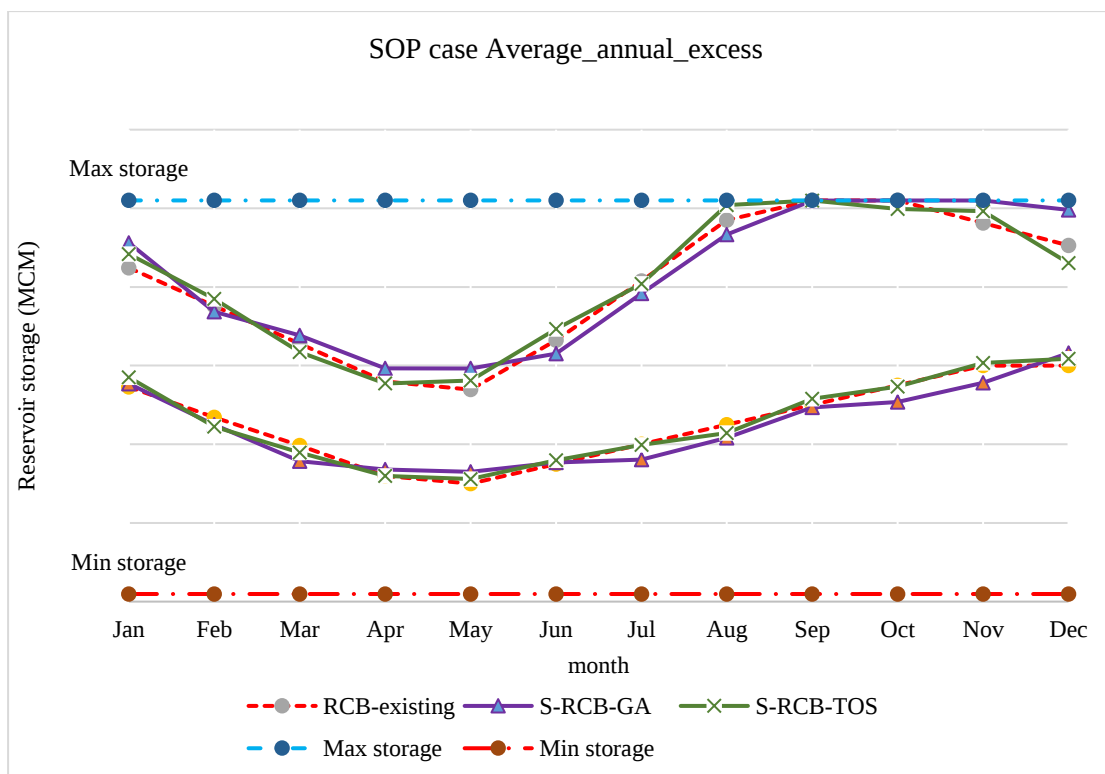
จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองการจัดการน้ำได้นำวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Transit search optimization algorithm) มาประยุกต์เพื่อปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม ซึ่งใช้ข้อมูลย้อนหลัง ประกอบด้วย น้ำต้นทุนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำปริมาณความต้องการน้ำรายเดือนแต่ละกิจกรรมการใช้นํ้าปี อัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูง -พื้นที่ผิวนํ้า-ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำ

ข้อมูลปริมาตรต่ำสุด-สูงสุดของระดับน้ำเก็บกัก มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคือค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด โดยแบบจำลองที่ได้จากโค้งควบคุมใหม่ของอ่างเก็บน้ำนำมาเปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิม ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพประกอบ 4.4 จากตารางและภาพประกอบจะเห็นว่า

เดือน	URC	LRC	GA avg excess		TOS avg excess	
	URC-existing	LRC-existing	S-URC-GA	S-LRC-GA	S-URC-TOS	S-LRC-TOS
มกราคม	84.82	54.55	91.19	55.36	88.4	57
กุมภาพันธ์	75.21	46.86	73.75	44.95	77	44.52
มีนาคม	65.60	39.67	67.71	35.71	63.48	37.87
เมษายน	55.98	31.98	59.31	33.6	55.45	31.94
พฤษภาคม	53.90	30.00	59.27	33	56.25	31.17
มิถุนายน	66.50	35.00	63.07	35.41	69.28	35.92
กรกฎาคม	81.50	40.00	78.35	36.08	80.77	39.83
สิงหาคม	97.00	45.00	93.31	41.6	100.82	42.83
กันยายน	102.00	50.00	101.95	49.4	101.99	51.61
ตุลาคม	102.00	55.00	101.99	50.75	99.81	54.7
พฤศจิกายน	96.27	60.00	101.99	55.68	99.29	60.69
ธันวาคม	90.55	60.00	99.6	63.19	86.11	61.75

ตารางที่ 10 ค่าโค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด





ภาพที่ 33 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด

รูปที่ 33 แสดงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ TOS มีเส้นบนจะยกสูงกว่าเส้นเดิมมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ก็เพื่อรักษาปริมาณน้ำในอ่างไว้เพื่อช่วยให้เกิดการไหลล้นน้อยลงสามารถลดน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำได้ และยังป้องกันความเสี่ยงที่เกิดการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งถัดไป ส่วนโค้งควบคุมเส้นล่างจะอยู่ใกล้โค้งควบคุมเส้นเดิมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน) ซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวได้

โดยสรุปโค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) มีความเหมาะสมที่จะใช้ได้ในทางปฏิบัติ และยังสามารถลดค่าความถี่การขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด ค่าความถี่การไหลล้นน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุดและค่าเฉลี่ยการไหลล้นน้อยที่สุด จากโค้งควบคุมอ่างเดิม

4.5 ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ

การประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการทดสอบการทำงานของโค้งควบคุมเพื่อที่จะรู้ถึงผลลัพธ์ว่าสามารถรองรับกับสถานการณ์น้ำที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความไม่แน่นอนต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาในอดีตที่ผ่านมา วิธีการประเมินจะเป็นการหาคำตอบของความถี่ในการขาดแคลนน้ำ ความถี่ในการไหลล้น ปริมาณเฉลี่ย และช่วงเวลาของการเกิดสถานการณ์ โดยเปรียบเทียบการทำงานของโค้งควบคุมใหม่กับโค้งควบคุมที่ใช้อยู่ปัจจุบัน สำหรับเหตุการณ์ที่นำมาทดสอบโค้งควบคุมโดยจะสังเคราะห์ร่วมกับสถานการณ์ปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต ระหว่าง พ.ศ. 2549-2564 จำนวน 16 ปี โดยจะสังเคราะห์ปริมาณน้ำจากข้อมูลในอดีต จำนวน 1,000 ชุดเหตุการณ์ ผลการประเมินได้แสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 11 การประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนในอดีต ระหว่าง พ.ศ. 2549-2564 จำนวน 16 ปีข้อมูล

Operating Rule	Rule curve	จำนวนชุดข้อมูล	Frequency (times/year)	Volume (Million cubic meters)		Time period (year)	
				Average	Maximum	Average	Maximum
น้ำไหลส่วนเกิน	existing	ข้อมูล 16 ปี ในอดีต	1	263.298	974.319	16	16
	GA Average excess		1	262.561	976.767	16	16
	TOS Average excess		1	261.752	976.532	16	16
น้ำขาดแคลน	existing	ข้อมูล 16 ปี ในอดีต	1	12.563	34	16	16
	GA Average shortage		1	11.875	37	16	16
	TOS Average shortage		1	11.188	33	16	16

จากตารางที่ 11 จากข้อมูล 16 ปีข้อมูลพบโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) เดิม มีน้ำไหลส่วนเกินใน 1 ปี คือ 263.29 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำไหลส่วนเกินมากที่สุดคือ 974.319 ล้าน ลบ.ม. ในกรณีเหตุการณ์น้ำขาดแคลนพบว่ามีน้ำขาดแคลนเฉลี่ย 12.563 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำขาดแคลนมากที่สุด 34.00 ล้าน ลบ.ม. ในส่วนของโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ได้จากเทคนิควิธีการ TOS ให้ผลดังนี้คือ มีน้ำไหลส่วนเกิน 261.752 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำไหลส่วนเกินมากที่สุดคือ 976.532 ล้าน ลบ.ม. ในกรณีเหตุการณ์น้ำขาดแคลนพบว่ามีน้ำขาดแคลนเฉลี่ย 11.188 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำขาดแคลนมากที่สุด 33.00 ล้าน ลบ.ม. ส่วนเทคนิควิธีการ GA ให้ผลดังนี้คือ มีน้ำไหล

ส่วนเกิน 262.561 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำไหลส่วนเกินมากที่สุดคือ 976.767 ล้าน ลบ.ม. ในกรณี เหตุการณ์น้ำขาดแคลนพบว่ามีน้ำขาดแคลนเฉลี่ย 11.875 ล้าน ลบ.ม. และมีน้ำขาดแคลนมากที่สุด 37.00 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ สามารถอธิบายได้ว่าเทคนิควิธีการ TOS นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าโค้ง ควบคุมที่ใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์อื่นๆ และโค้งควบคุมเดิมเหมาะสมกับเหตุการณ์สถานการณ์น้ำปกติ สามารถลดการไหลล้นได้ดีกว่าโค้งควบคุมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

ตารางที่ 12 ในสถานการณ์น้ำส่วนเกินแสดงค่าน้ำไหลล้นเฉลี่ยและค่าความถี่น้ำไหลล้น

Operating Rule	Rule curve	จำนวนชุดข้อมูลที่สังเคราะห์		Frequency (times/year)	Volume (Million cubic meters)		Time period (year)	
					Average	Maximum	Average	Maximum
น้ำไหลส่วนเกิน	existing Average excess	μ	1000	0.497	129.272	312.527	7.656	7.802
		σ	1000	0.497	132.899	327.025	7.832	7.869
	GA Average excess	μ	1000	0.497	128.967	311.872	7.664	7.809
		σ	1000	0.498	132.593	326.395	7.835	7.873
	TOS Average excess	μ	1000	0.497	128.399	311.762	7.607	7.771
		σ	1000	0.497	132.058	326.342	7.807	7.849
น้ำไหลส่วนเกิน	existing Frequency excess	μ	1000	0.497	129.272	312.527	7.656	7.802
		σ	1000	0.497	132.899	327.025	7.832	7.869
	GA Frequency excess	μ	1000	0.498	131.656	315.018	7.703	7.829
		σ	1000	0.498	135.229	329.464	7.856	7.887
	TOS Frequency excess	μ	1000	0.497	128.399	311.762	7.607	7.771
		σ	1000	0.497	132.058	326.342	7.807	7.849

μ = ค่าเฉลี่ย σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 12 แสดงสถานการณ์น้ำส่วนเกินของอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี เมื่อใช้ โค้งควบคุมใหม่และโค้งควบคุมที่ใช้อยู่เดิม จากตารางจะเห็นว่าในสถานการณ์ไหลส่วนเกิน กรณีใช้ โค้งใหม่จะมีค่าน้อยกว่ากรณีใช้โค้งควบคุมเดิม นอกจากนี้ยังพบว่าสถานการณ์น้ำไหลส่วนเกินโค้ง ควบคุมที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) มีค่า สถานการณ์น้ำไหลล้น มีความถี่สัมพัทธ์มีค่าเป็น 0.497 ครั้ง/ปีปริมาณไหลล้นเฉลี่ยเป็น 128.399 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณไหลล้นมากที่สุดเป็น 311.762 ล้าน ลบ.ม.เป็นต้น ส่วนค่าความถี่สัมพัทธ์ของการไหลล้น

เป็น 0.497 ครั้ง/ปี ปริมาณการไหลล้นเป็น 128.39 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณการไหลล้นมากที่สุดเป็น 326.34 ล้าน ลบ.ม. เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบกรณีใช้โค้งควบคุมเดิม

ตารางที่ 13 สถานการณ์น้ำขาดแคลนและไหลส่วนเกินจากค่าความถี่ไหลล้นน้อยที่สุด

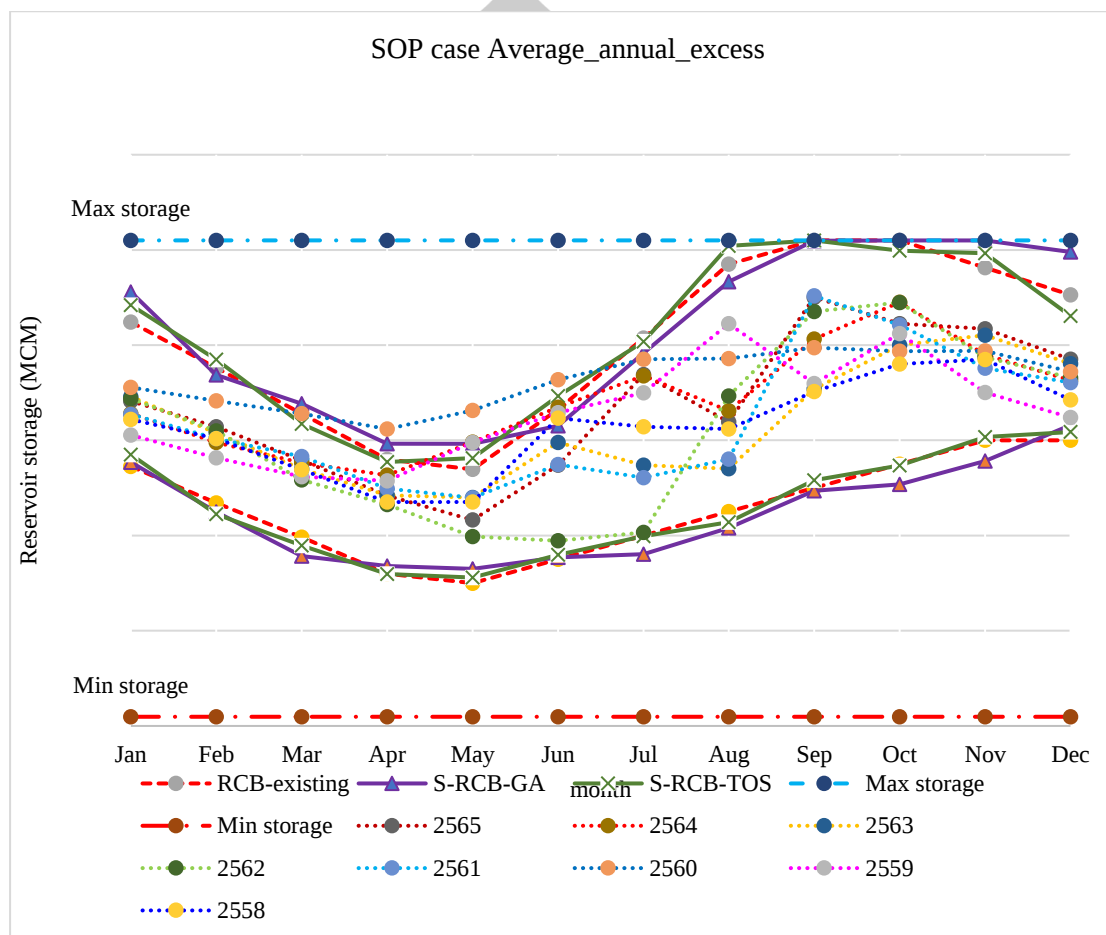
Operating Rule	Rule curve	จำนวนชุดข้อมูลที่ สังเคราะห์		Frequency (times/year)	Volume (Million cubic meters)		Time period (year)	
					Average	Maximum	Average	Maximum
น้ำขาดแคลน	existing Average shortage	μ	1000	0.500	5.177	10.563	7.999	7.999
		σ	1000	0.500	5.249	11.041	7.998	7.998
	GA Average shortage	μ	1000	0.498	5.385	12.595	8.004	8.004
		σ	1000	0.498	5.512	13.138	8.002	8.002
	TOS Average shortage	μ	1000	0.498	4.297	9.868	7.867	7.917
		σ	1000	0.498	4.391	10.428	7.930	7.942
น้ำขาดแคลน	existing Frequency shortage	μ	1000	0.500	5.177	10.563	7.999	7.999
		σ	1000	0.500	5.249	11.041	7.998	7.998
	GA Frequency shortage	μ	1000	0.499	5.292	11.329	7.931	7.962
		σ	1000	0.499	5.387	11.795	7.966	7.974
	TOS Frequency shortage	μ	1000	0.498	4.297	9.868	7.867	7.917
		σ	1000	0.498	4.391	10.428	7.930	7.942

μ = ค่าเฉลี่ย

σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

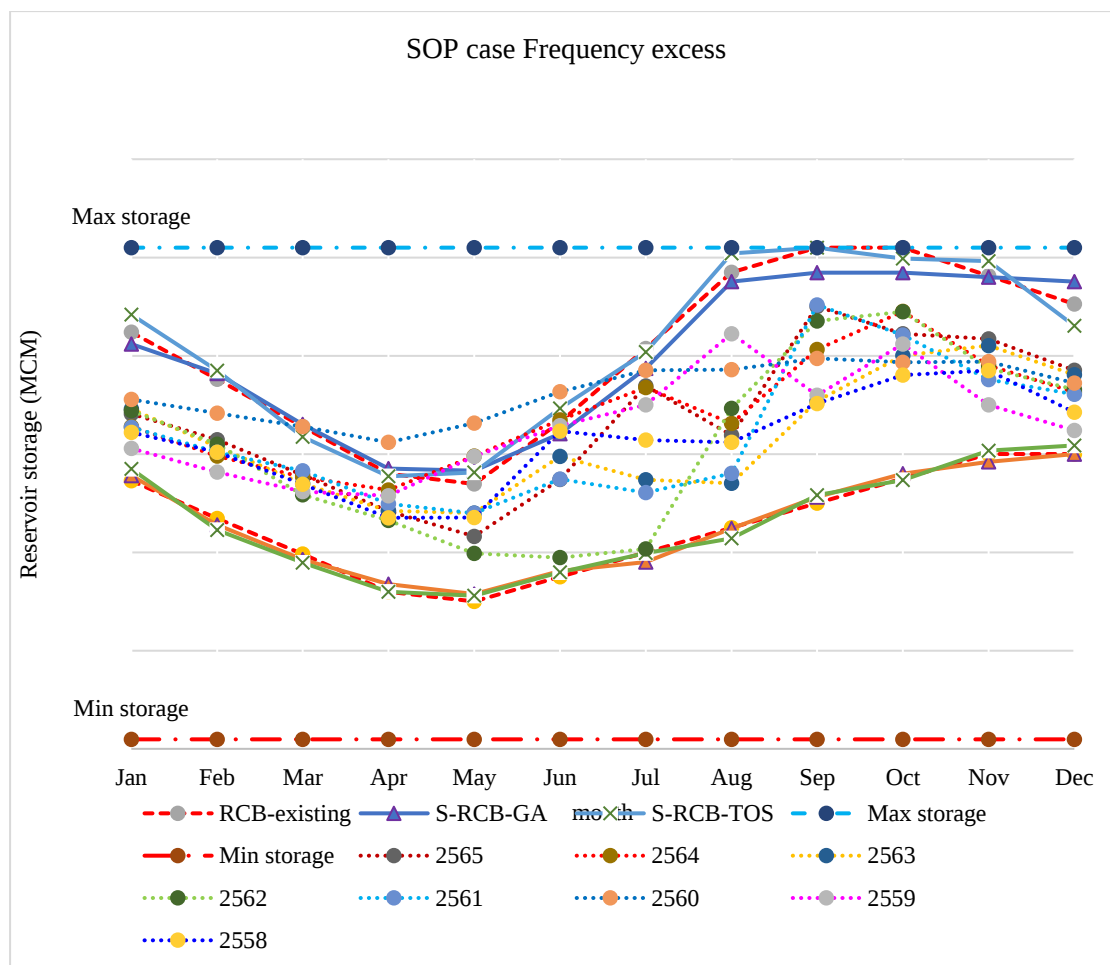
จากตารางที่ 13 แสดงสถานการณ์น้ำขาดแคลนและไหลล้นของอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี เมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่และโค้งควบคุมที่ใช้อยู่เดิม จากตารางจะเห็นได้ว่าทั้งสถานการณ์น้ำขาดแคลน กรณีใช้โค้งใหม่จะมีค่าน้อยกว่ากรณีใช้โค้งควบคุมเดิม นอกจากนี้ยังพบว่าสถานการณ์น้ำขาดแคลนของโค้งควบคุมที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) มีค่าสถานการณ์น้ำขาดแคลนเฉลี่ยมีค่าเป็น 0.498 ครั้ง/ปี ปริมาณการขาดแคลนเฉลี่ยเป็น 4.297 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณการขาดแคลนมากที่สุดเป็น 9.868 ล้าน ลบ.ม. เป็นต้น ส่วนความถี่ในการขาดแคลน 0.498 ครั้ง/ปี ปริมาณขาดแคลนเป็น 4.297 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณการขาดแคลนมากที่สุดเป็น 9.868 ล้าน ลบ.ม. เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบกรณีใช้โค้งควบคุมเดิม

4.6 นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับ การปล่อยน้ำในอดีตของอ่างเก็บน้ำ



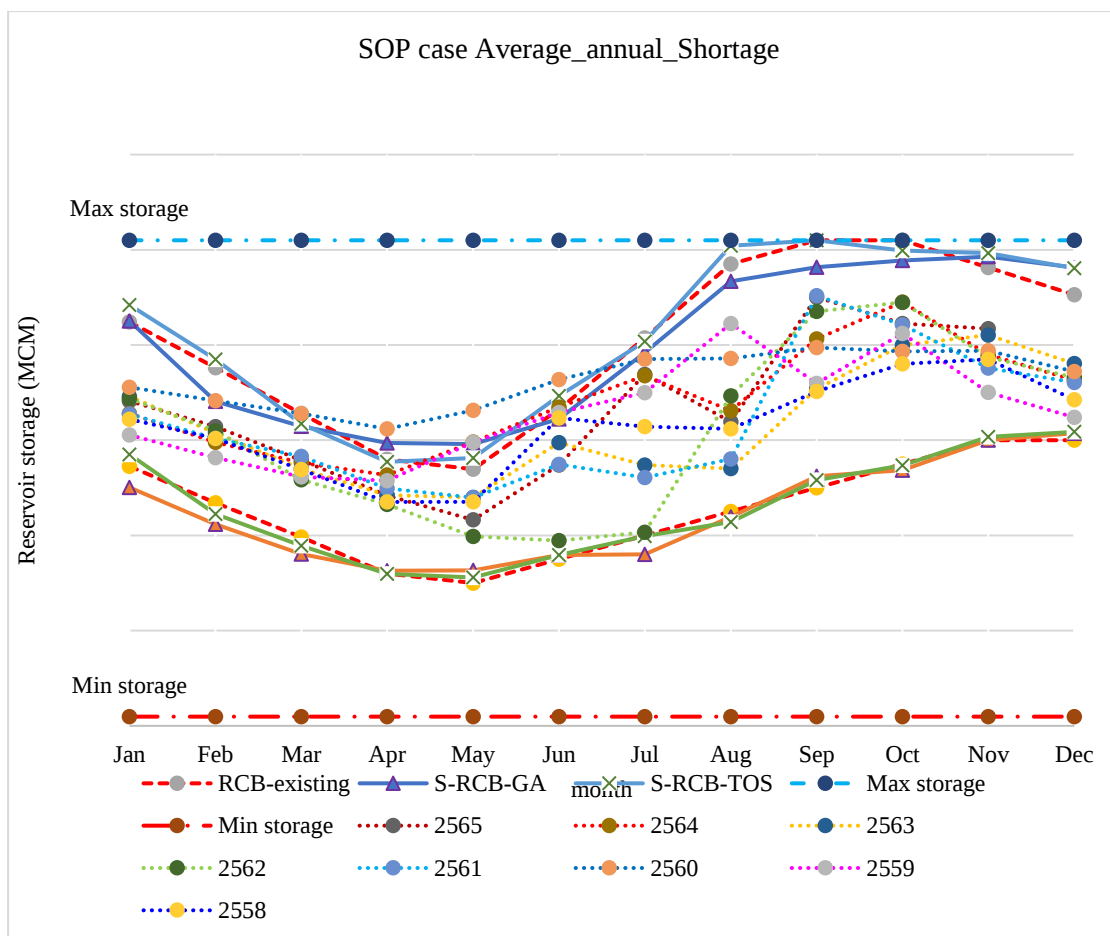
ภาพที่ 34 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการไหลล้นน้อยที่สุด

เมื่อนำข้อมูลระดับน้ำในอดีตจริงของอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภวาปี มาเปรียบเทียบกับ โค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) พบว่า ช่วงเดือน มิถุนายน ถึง ธันวาคม โค้งควบคุมมีการยกตัวสูงขึ้นเพื่อรองรับน้ำท่าในฤดูฝน และสอดคล้องกับระดับ น้ำในจริงตามข้อมูลปี 2558-2565 ถ้าหากดูจากปริมาณน้ำในอ่างอดีตกับโค้งควบคุมใหม่ ทำให้ สามารถเก็บน้ำได้เพิ่มขึ้นอีกทำให้สามารถเพิ่มพื้นที่การเกษตรได้มากขึ้น และสามารถลดน้ำท่วมช่วง ด้านท้ายน้ำได้ดีขึ้น



ภาพที่ 35 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ไหลล้น

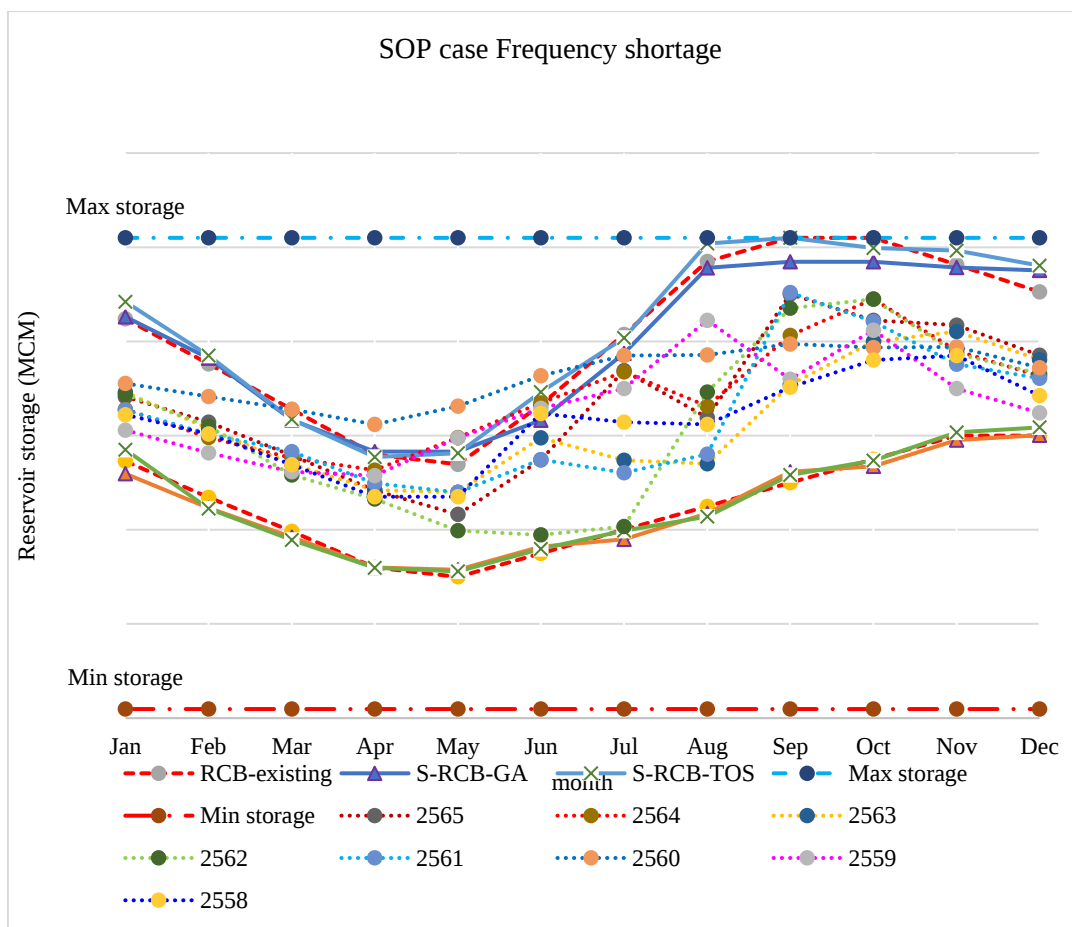
เมื่อนำข้อมูลระดับน้ำในอดีตจริงของอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุ่มกวาปี มาเปรียบเทียบกับ โค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) พบว่า ช่วงเดือน มิถุนายน ถึง ธันวาคม โค้งควบคุมมีการยกตัวสูงขึ้นเพื่อรองรับน้ำท่าในฤดูฝน และสอดคล้องกับระดับ น้ำในจริงตามข้อมูลปี 2558-2565 ถ้าหากดูจากปริมาณน้ำในอ่างอดีตกับโค้งควบคุมใหม่ ทำให้ สามารถเก็บน้ำได้เพิ่มขึ้นอีกทำให้สามารถเพิ่มพื้นที่การเกษตรได้มากขึ้น และสามารถลดน้ำท่วมช่วง ด้านท้ายน้ำได้ดีขึ้น



ภาพที่ 36 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าที่น้อยที่สุด

เมื่อนำข้อมูลระดับน้ำในอดีตจริงของอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภวาปี มาเปรียบเทียบกับ โค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) พบว่า ช่วงเดือน ธันวาคม ถึง เมษายน โค้งควบคุมมีการยกตัวลดในฤดูแล้ง และสอดคล้องกับระดับน้ำในจริงตาม ข้อมูลปี 2558-2565 ถ้าหากดูจากปริมาณน้ำในอดีตกับโค้งควบคุมใหม่ ทำให้สามารถเก็บน้ำได้ เพิ่มขึ้นอีกทำให้สามารถเพื่อรองรับการส่งน้ำสำหรับอุตสาหกรรม และการใช้น้ำเพื่ออุปโภค-บริโภค ที่ จะมีการเพิ่มขึ้นในอนาคตได้

พูน ปณ ทิโต ชเว

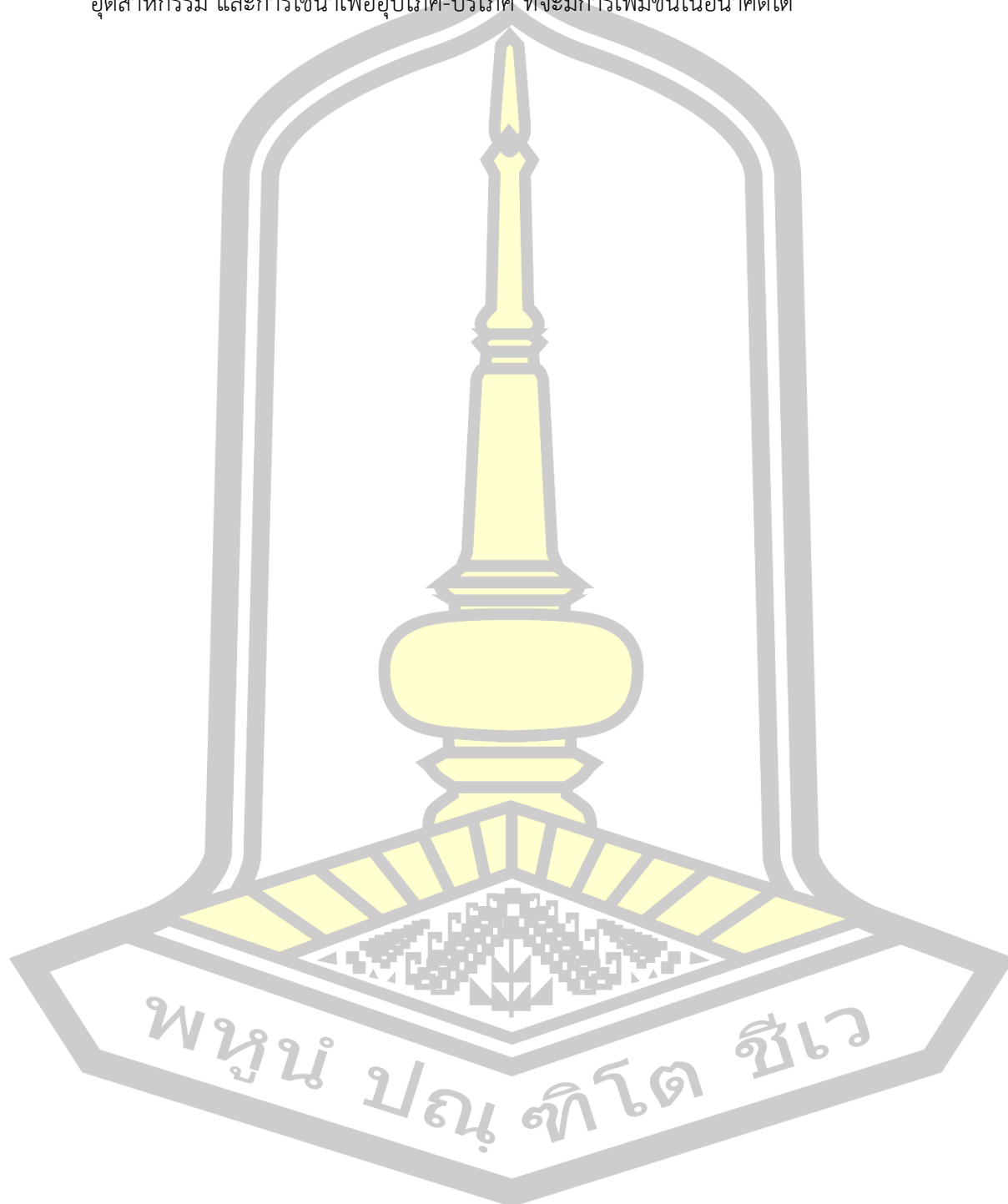


ภาพที่ 37 โค้งควบคุมที่ได้จากค่าความถี่ของการขาดแคลนน้ำ

เมื่อนำข้อมูลระดับน้ำในอดีตจริงของอ่างเก็บน้ำหนองหาน - กุมภวาปี มาเปรียบเทียบกับ โค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) พบว่า ช่วงเดือน ธันวาคม ถึง เมษายน โค้งควบคุมมีการยกตัวตลอดในฤดูแล้ง และสอดคล้องกับระดับน้ำในจริงตาม ข้อมูลปี 2558-2565 ถ้าหากดูจากปริมาณน้ำในอดีตกับโค้งควบคุมใหม่ ทำให้สามารถเก็บน้ำได้ เพิ่มขึ้นอีกทำให้สามารถเพื่อรองรับการส่งน้ำสำหรับอุตสาหกรรม และการใช้น้ำเพื่ออุปโภค-บริโภค ที่ จะมีการเพิ่มขึ้นในอนาคตได้

โดยสรุปโค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากแบบจำลองเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) มีความเหมาะสมที่จะใช้ได้ในทางปฏิบัติ และยังสามารถลดค่าความถี่การขาดแคลนน้ำ น้อยที่สุด ค่าความถี่การไหลล้นน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดและค่าเฉลี่ยการไหลล้น น้อยที่สุด จากโค้งควบคุมอ่างเดิม และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำจริงในอ่างช่วงปี 2558-2565 โค้งควบคุมที่ได้จากเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) มีความ สอดคล้องกับระดับน้ำในอ่าง และยังสามารถเก็บน้ำได้เพิ่มขึ้นอีกทำให้สามารถเพิ่มพื้นที่การเกษตรได้

มากขึ้น และสามารถลดน้ำท่วมช่วงด้านท้ายน้ำได้ดีขึ้นช่วงเดือน มิถุนายน ถึง ธันวาคม ช่วงเดือน ธันวาคม ถึง เมษายน ยังสามารถเก็บน้ำได้เพิ่มขึ้นอีกทำให้สามารถเพื่อรองรับการส่งน้ำสำหรับ อุตสาหกรรม และการใช้น้ำเพื่ออุปโภค-บริโภค ที่จะมีการเพิ่มขึ้นในอนาคตได้



บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทจะนำเสนอการสรุปผลการศึกษิตตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และแสดงข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปศึกษาต่อยอดในอนาคต รายละเอียดสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

5.1 ผลการสร้างโค้งควบคุมที่เหมาะสม

บทนี้จะเป็นการสรุปถึงผลของการศึกษาการประยุกต์วิธีการเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการ (Transit search optimization algorithm) ปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี สามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการสร้างโค้งควบคุมโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าในอดีต พบว่า โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากการค้นหาด้วยเทคนิควิธีการ (Transit search optimization algorithm) ของอ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี ทั้ง 4 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ มีประสิทธิภาพดีกว่าโค้งควบคุมเดิม กล่าวคือเส้นล่างของโค้งควบคุมจะอยู่ใกล้โค้งควบคุมเส้นเดิมซึ่งระดับของขอบเขตล่างนี้จะทำให้โอกาสที่จะปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำเป้าหมายมีมากขึ้น จึงลดปัญหาสถานการณ์การขาดแคลนน้ำและตอบสนองความต้องการใช้น้ำในเขตพื้นที่ชลประทานได้มากกว่าโค้งควบคุมเดิม ที่ใช้อยู่ในสถานการณ์ปัจจุบัน ส่วนเส้นบนของโค้งควบคุมมีค่าสูงกว่าโค้งเดิม ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณการเก็บกักน้ำได้มากขึ้น เพื่อลดปัญหาสถานการณ์การไหลล้นได้มากกว่าโค้งควบคุมเดิม ที่ใช้อยู่ในสถานการณ์ปัจจุบัน

5.2 ผลการสร้างโค้งควบคุมที่เหมาะสม

ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าสังเคราะห์ พบว่า อ่างเก็บน้ำหนองหาน-กุมภวาปี สถานการณ์ขาดแคลนน้ำ พบว่า (Transit search optimization algorithm) มีค่าเฉลี่ยการขาดแคลนนําน้อยที่สุด นั้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า สามารถลดการขาดแคลนน้ำดีกว่าโค้งควบคุมเดิม ส่วนสถานการณ์การไหลล้น พบว่า (Transit search optimization algorithm) มีค่าเฉลี่ยการไหลล้นน้ำน้อยที่สุด นั้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า สามารถลดการไหลล้นดีกว่าโค้งควบคุมเดิม

พูน ปณ ทิโต ชเว

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมแบบอื่นๆ เพื่อมาหาโค้งควบคุมที่เหมาะสม ด้วยเทคนิคการแบบใหม่ๆ หรือเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับการค้นหาคำตอบ เงื่อนไขและข้อจำกัด สำหรับการนำไปหาโค้งควบคุมที่เหมาะสม และดีที่สุดสำหรับเป็นแนวทางให้กับอ่างเก็บน้ำในการบริหารอ่างเก็บน้ำในเวลานั้นๆ
2. โค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่คำนวณได้ควรที่จะมีการปรับปรุง เป็นระยะ และเก็บข้อมูลน้ำฝน น้ำท่าเพิ่มเติมตลอดการบริหารจัดการ เมื่อนำมาประเมินประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าอดีต และน้ำท่าสังเคราะห์จะทำให้โค้งควบคุมมีเหมาะสมที่สุด
3. ควรใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยาที่สามารถทำนายปริมาณน้ำท่า ในอนาคตเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ในการสร้างโค้งควบคุมที่เหมาะสมในอนาคต โดยพิจารณา วัตถุประสงค์ตามแนวโน้มความต้องการใช้น้ำและการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต



บรรณานุกรม

Anongrit Kangrang, W. C., Sahalaph Homwuttiwong (2012). "An Application of Simulated Annealing Algorithm with Reservoir Simulation Model to Improve Reservoir Rule Curves." Journal of Science and Technology Mahasarakham University **31**(5): 578-584.

Haris Prasanchum, A. K., Rattana Hormwichian, Sudarat Compliew (2016). "Impact of Climate and Rapid Land Use Changes on Runoff Quantities in Lower-Lampao River Basin." ENGINEERING Access **2**(2).

Kosasaeng, S. and A. Kangrang (2023). "Optimum reservoir operation of a networking reservoirs system using conditional atom search optimization and a conditional genetic algorithm." Heliyon **9**(3): e14467.

Masoomah Mirrashid, H. N. (2022). "Transit Search: An Optimization Algorithm Based on Exoplanet Exploration." Results in Control and Optimization **7**.

Prasanchum, H. and A. Kangrang (2017). "Optimal reservoir rule curves under climatic and land use changes for Lampao Dam using Genetic Algorithm." KSCE Journal of Civil Engineering **22**(1): 351-364.

T. R. Neelakantan, N. V. P. (2000). "Neural Network-Based Simulation-Optimization Model for Reservoir Operation." Journal of Water Resources Planning and Management **126**(2): 57.

Teerawat Thongwan, A. K., Haris Prasanchum (2019). "Multi-Objective Future Rule Curves Using Conditional Tabu Search Algorithm and Conditional Genetic Algorithm for Reservoir Operation." Journal of Heliyon 5(9).

Varawoot Vudhivanich, A. R. (2003). "Development of Probability Based Rule Curves for a Reservoir." Kasetsart Journal of Social Sciences 37(2): 234-242.

เจษฎา ตงศิริ, อ. แ. (2018). "การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางอุทกวิทยาและการปรับปรุงโครงสร้างควบคุมอ่างเก็บน้ำน้ำด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม." Journal of Science and Technology Mahasarakham University 37(9): 775-788.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2545). "คู่มือปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์. นนทบุรี." การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

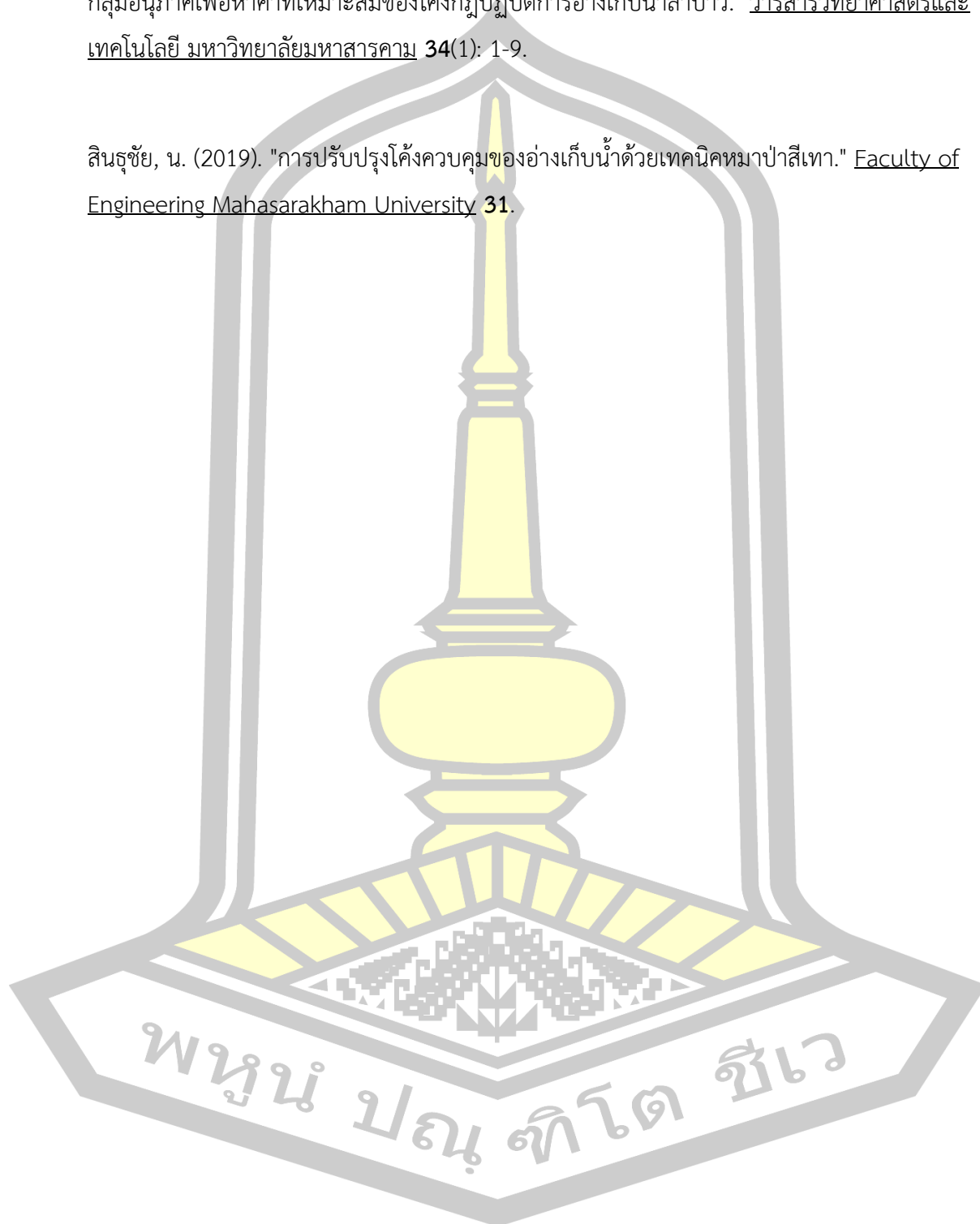
ดารากันตง, ท. (2019). "การปรับปรุงโครงสร้างควบคุมของอ่างเก็บน้ำด้วยเทคนิคการถ่ายละอองเรณูดอกไม้." Faculty of Engineering Mahasarakham University 31.

ตระการ กาสีใส, อ. แ. (2016). "เกณฑ์การจัดสรรน้ำที่เหมาะสม โดยวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิควิธีอาณัติผึ้ง Optimal Water Allocation Criteria using Artificial Bee Colony." RMUTI Journal 9(3): 99-113.

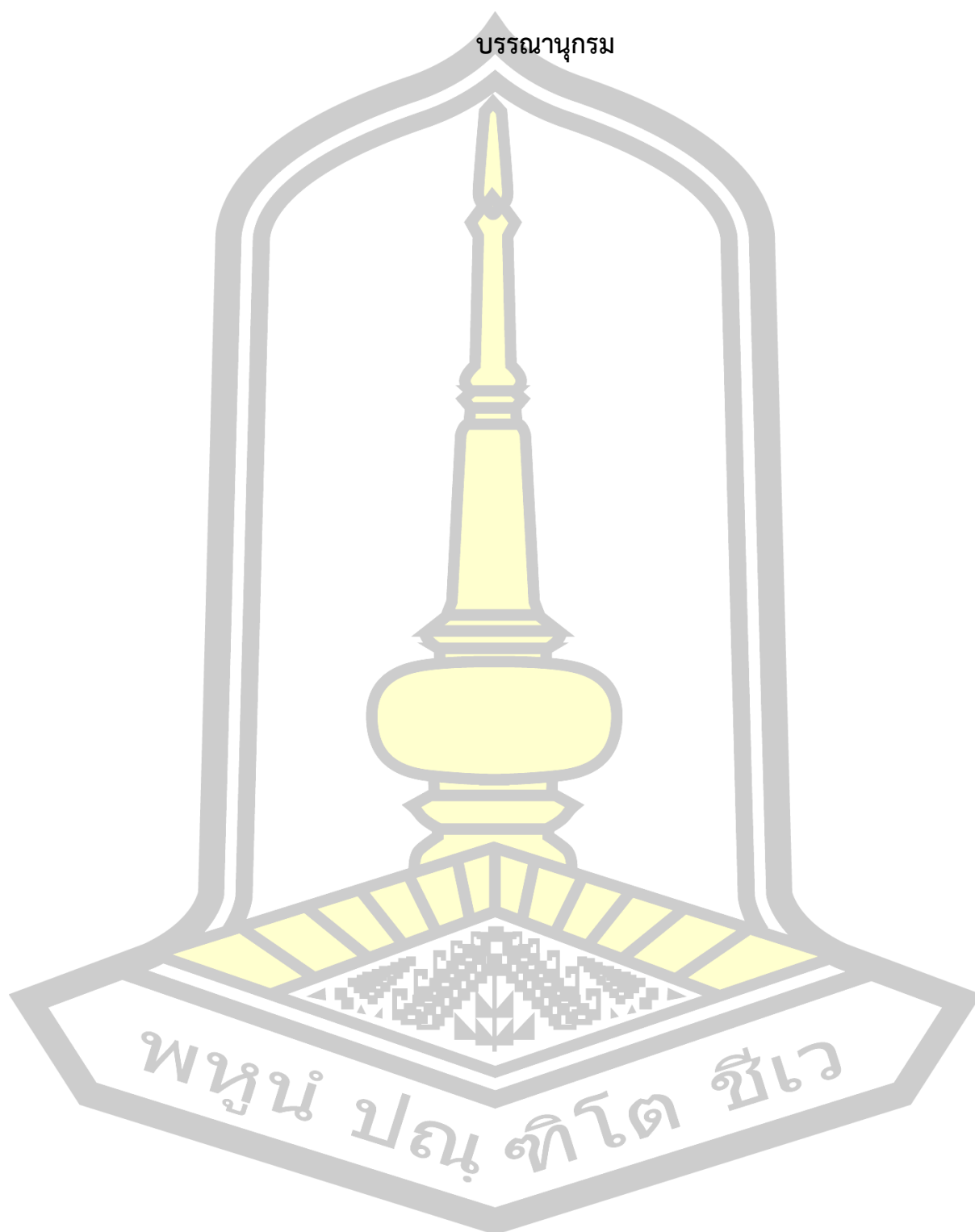
มานิล, เ. (2020). "การประยุกต์ใช้การค้นหาด้วยวิธีแบทเพื่อค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสม Application of Bat Algorithm for Optimal Rule Curve Search." Thai Journal of Operations Research 8(1).

วิรัตน์ นวนนกุล, อ. และ, รัตนา หอมวิเชียร (2015). "การประยุกต์ใช้วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำลำปาว." วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 34(1): 1-9.

สินธุชัย, น. (2019). "การปรับปรุงโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำด้วยเทคนิคหมาป่าสีเทา." Faculty of Engineering Mahasarakham University 31.



บรรณานุกรม



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายอังครวัฒน์ แก้วหานาท
วันเกิด
สถานที่เกิด จังหวัดมหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 37 หมู่ที่ 9 ตำบลยางสีสุราช อำเภอยางสีสุราช จังหวัดมหาสารคาม 44210
ประวัติการศึกษา พ.ศ.2549 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนนทรีวิทยา แขวงช่องนนทรี เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร
พ.ศ.2554 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (ชนบท) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ ภัโต ชีเว