

การประยุกต์ใช้วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำลำปาว

The Application of Particle Swarm Optimization for Searching Optimal Rule Curve of Lampao Reservoir

วิรัตน์ นวนนุกูล¹, อนงกริทธิ์ แข็งแรง², รัตนา หอมวิเชียร³

Wirat Nuannukul¹, Anongrit Kangrang², Rattana Hornwichian³

Received: 4 April 2014 ; Accepted: 31 July 2014

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อประยุกต์ใช้วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบเพื่อปรับปรุงโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ปริมาณการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาคำตอบ การศึกษาพิจารณาข้อมูลโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำรายเดือนของอ่างเก็บน้ำลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2511 - พ.ศ. 2554 ข้อมูลความต้องการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลอุทกวิทยา และข้อมูลทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำลำปาว นอกจากนี้ยังได้สังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจำนวน 100 ชุด เพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะแสดงผลเป็นสถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้น ในรูปแบบความถี่และช่วงเวลาของเหตุการณ์ ปริมาณน้ำเฉลี่ย และปริมาณน้ำสูงสุด ผลการศึกษาพบว่าโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ได้จากวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบ มีรูปร่างคล้ายคลึงกับโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเดิม โดยโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำใหม่ เส้นล่างจะสูงกว่าโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเดิมในช่วงฤดูแล้งคือตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนพฤษภาคม เพื่อเก็บกักน้ำไว้ตอบสนองความต้องการใช้น้ำ ส่วนโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำใหม่เส้นบนนั้นต่ำกว่าโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเดิมในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ทำให้ต้องพร่องน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเพื่อลดความเสี่ยงโอกาสที่จะเกิดปัญหาน้ำท่วมในฤดูฝน ผลดังกล่าวทำให้สามารถรองรับน้ำได้เพิ่มขึ้น ส่วนผลการประเมินประสิทธิภาพของโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำใหม่ที่ได้พบว่า สถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นมีค่าลดลงเล็กน้อย และเมื่อทดลองเพิ่มพื้นที่ชลประทานอีก 50,000 ไร่ พบว่าโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำใหม่นี้ยังสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำได้ และค่าขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 161 ล้านลูกบาศก์เมตร ในรอบ 44 ปี

คำสำคัญ: โค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค การจัดการอ่างเก็บน้ำ การจำลองปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

Abstract

This research aims to apply particle swarm optimization connected with a simulation model in order to improve the rule curves of a reservoir. The minimum average water shortage was used as the objective function for the searching procedure. Monthly rule curves of Lampao reservoir located in Kalasin province were considered in this study. The curves include average monthly inflows into the reservoir from years 1968 to 2011, net demand from the reservoir, hydrologic data and physical data of the Lampao reservoir. In addition, 100 samples of generated inflow data were used to evaluate the performance of the new rule curves. The results present situation of water shortage and overflow

¹ นิสิตปริญญาโท, ²รองศาสตราจารย์, ³อาจารย์, สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Master student, ²Associate professor, ³Lecturer, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham, Thailand 44150, E-mail : anongrit.k@msu.ac.th

in term of frequency and duration, amount of average and maximum water. The results found that the pattern of the obtained rule curves from particle swarm optimization connected to a simulation model is similar to the existing rule curves. The new lower rule curve is higher than the existing rule curve during the dry season from December to May. Hence, water is stored to meet the demand. The new upper rule curve is lower than the existing rule curves during June to August. Hence, the stored water is released in order to get a free volume for reducing flood risk in the rainy season as well as maintaining flood volume. The results of the evaluation of the new rule curve found that the situation of water shortage and overflow decreased slightly. In a simulated case where increasing the irrigation area by 8,000 hectares, the new rule curve can be used as a basis for releasing water from the reservoir. Water shortage average amount 161 MCM in 44 years.

Keywords: Reservoir rule curves, Particles swarm optimization, Reservoir management, Reservoir operation simulation

บทนำ

ในสภาวะการณ์ปัจจุบัน ทรัพยากรน้ำเป็นปัญหาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งของประเทศ ปัญหาการขาดแคลนน้ำนั้นนับวันจะทวีความรุนแรง ซึ่งมีผลมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวของชุมชนเมืองตามความเจริญเติบโตของประเทศ ตลอดจนการผันแปรของสภาพภูมิอากาศ การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำจึงต้องมีการจัดการให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด คือ การจัดการน้ำต้นทุน หรือเรียกว่าการจัดการด้านอุปทาน (Supply Management) และการจัดการด้านความต้องการสำหรับกิจกรรมการใช้น้ำ หรือที่เรียกว่าการจัดการด้านอุปสงค์ (Demand Management)^[1] และปัจจุบันได้มีการศึกษาและวิจัยวิธีการจัดการอ่างเก็บน้ำอย่างต่อเนื่อง อาจเป็นเพราะมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและยังมีการเปลี่ยนแปลงอย่างอื่นอีกจากธรรมชาติและมนุษย์โดยพิจารณาจากควมถี่และขนาดของการเกิดน้ำท่วมและการขาดน้ำในแต่ละปี กฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operating Rules) ปัญหาของการจัดการอ่างเก็บน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงและผันแปรของข้อมูลที่ใช้ในการจัดการอยู่ตลอดเวลา ไม่มีความแน่นอนตายตัว ซึ่งจะเป็นปัญหาแบบพลวัตและจะต้องจัดการอ่างเก็บน้ำแบบ บูรณาการ แนวทางหนึ่งสำหรับการจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ คือการใช้โค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve)^{[2][3]} โดยทั่วไปแล้วจะเน้นความสะดวกและการใช้งานโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจะประกอบด้วย เส้นกราฟสองเส้นคือ เส้นบน (Upper Rule Curve) และเส้นล่าง (Lower Rule Curve) โค้งทั้งสองเส้นนั้นเป็นเพียงขอบเขตบนและล่างของช่วงการควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเท่านั้น โดยจะพยายามควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำให้ใกล้เคียงขอบเขตบนและล่างมากที่สุดในทุกฤดูฝนและฤดูแล้ง การศึกษาก่อนหน้านี้มีการใช้วิธีดิฟเฟอเรนเชียลเอฟอลูชัน (Differential Evolution Algorithm, DE)^[4] และกระบวนการ

อาณานิคมมด (Ant Colony Optimization, ACO)^[5] เพื่อค้นหาโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม

อย่างไรก็ตามยังมีเทคนิคการหาความเหมาะสมสูงสุดอื่นที่น่าสนใจอีกคือ เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimizaton, PSO)^{[6][7][8]} เป็นการคำนวณเชิงวิวัฒนาการอีกกลุ่มหนึ่งและมีงานวิจัยต่าง ๆ นำมาทดสอบและปรับปรุง โดยนำมาจากพฤติกรรมทางสังคม การเคลื่อนย้ายของฝูงนกหรือปลาเพื่อค้นหาอาหาร PSO ใช้หลักการของแทนปัญหาในรูปประชากรที่คล้าย Genetic Algorithm^{[9][10]} หรือ GA ที่จำลองกระบวนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติที่มีการคัดเลือกทางธรรมชาติ และอาศัยพื้นฐานความคิดทางพันธุกรรมในการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ ไปยังรุ่นถัดไป ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาใช้ในการหาค่าตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาได้ ข้อดีคือใช้แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ดี และมีโอกาสที่จะได้คำตอบที่ลู่ว้าหาค่าตอบที่แท้จริงมากกว่าวิธีข้างต้นที่กล่าวมา แต่กระบวนการลู่ว้าหาค่าตอบค่อนข้างช้า แต่ PSO มีสิ่งที่เด่นกว่าและน่าสนใจตรงที่การแบ่งข้อมูลระหว่างประชากร เป็นข้อมูลที่ไว้ร่วมกันเพื่อช่วยให้ประชากรสื่อสารกันในการค้นหาผลลัพธ์และแก้ปัญหาที่ต้องการได้อย่างรวดเร็วขึ้น

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ จึงจะประยุกต์ใช้เทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (PSO) ในการปรับปรุงโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โดยศึกษาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการจัดการน้ำอ่างเก็บน้ำลำปาว อำเภอเมืองจังหวัดกาฬสินธุ์

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

แบบจำลองการเลียนแบบสภาพสมดุลน้ำ

ในการศึกษาสภาพสมดุลของลุ่มน้ำต่าง ๆ นั้น แบบจำลองที่นิยมใช้กันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันคือ HEC-3,

HEC-5^[9] และ HEC-RAS^[11] โดยใช้หลักการสมดุลของน้ำ ใน การศึกษาครั้งนี้ได้สร้างแบบจำลองสภาพสมดุลของลุ่มน้ำขึ้น เองภายใต้หลักการเดียวกันกับแบบจำลองข้างต้น เพื่อให้ สะดวกต่อการเชื่อมต่อกับเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด แบบกลุ่มอนุภาคและการพัฒนาในอนาคต ซึ่งแบบจำลองที่ สร้างขึ้นนี้สามารถใช้หาได้ทั้งสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ และ สถานการณ์ที่เกิดน้ำไหลล้นได้ (ความถี่ ขนาด ช่วงเวลา) โดย ทั่วไปการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำและหลักการสมดุลของอ่าง เก็บน้ำ

ในการเริ่มต้นคำนวณสภาพสมดุลน้ำของแต่ละอ่าง จากโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ จะกำหนดให้ปริมาณเก็บกัก เริ่มต้นของอ่างที่ระดับเต็มอ่างหรือปริมาณเก็บกักสูงสุด (full capacity) ส่วนปริมาณน้ำระบาย จะหาได้ตามเกณฑ์การ ปล่อน้ำมาตรฐาน (Standard Operating Rule) ดังแสดงใน Figure 1 และสมการที่ 1

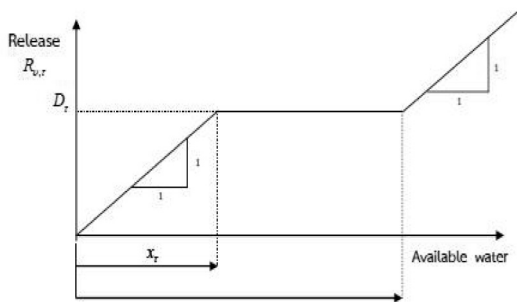


Figure 1 Standard Operating Rule

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

เมื่อ $R_{v,\tau}$ คือปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บ น้ำ(หน่วย ล้าน ลบ.ม.) ในช่วงปี v ของเดือน τ ($\tau = 1$ ถึง 12 แทนเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม) D_{τ} เป็นความต้องการ ใช้น้ำท้ายอ่างของเดือน τ (หน่วย ล้าน ลบ.ม.), x_{τ} เป็น ขอบเขตล่างของโค้งควบคุมของเดือน τ , y_{τ} เป็นขอบเขตบน ของโค้งควบคุมของเดือน τ (หน่วย ล้าน ลบ.ม.) และ $W_{v,\tau}$ เป็นปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างในเดือน τ (หน่วย ล้าน ลบ.ม.) จากนั้นคำนวณหาน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างเก็บน้ำใน เดือนถัดไป โดยใช้หลักสมการสมดุลน้ำดังสมการที่ 2

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

เมื่อ $S_{v,\tau}$ เป็นปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเมื่อสิ้นสุด เดือน τ (หน่วย ล้าน ลบ.ม.), $Q_{v,\tau}$ เป็นปริมาณน้ำท่าราย เดือนที่ไหลเข้าอ่างในเดือน τ ปี v (หน่วย ล้าน ลบ.ม.), E_{τ} เป็นค่าการระเหยรายเดือนเฉลี่ยเดือน τ (หน่วย ล้าน ลบ.ม.) และ DS (dead storage) เป็นปริมาตรเก็บกักที่ไม่ได้ใช้การ τ (หน่วย ล้าน ลบ.ม.) เมื่อทำการจำลองสภาพสมดุลน้ำโดยใช้ แบบจำลองการเลียนแบบสภาพสมดุลน้ำที่สร้างขึ้นจนครบ จำนวนปีที่มีข้อมูลแล้ว ก็จะได้ผลการจำลองเป็นสถานการณ์ ขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ที่เกิดน้ำส่วนเกิน (ความถี่ ขนาด ช่วงเวลา) จากนั้นก็ทำการบันทึกข้อมูลดังกล่าวไว้

วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค

วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคมี แนวคิดนำมากจากการศึกษาพฤติกรรมทางสังคมของสิ่ง มีชีวิต เช่น ลักษณะการเคลื่อนที่ของฝูงนก ฝูงปลา โดยนกหรือ ปลาแต่ละตัวที่อยู่ในกลุ่ม เรียกว่า อนุภาค (particle) ในกรณี ฝูงนก นกแต่ละตัวทำหน้าที่บินค้นหาอาหารและอาศัยอยู่ที่อยู่ ไปด้วยพร้อมๆกัน จุดใดที่มีอาหารอยู่ สามารถพิกอาศัยได้หรือ เป็นจุดที่มีอันตราย นกจะสื่อสารกันในกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยน ข้อมูล (Sharing Information) ระหว่างกันการบินของนก หากมองเป็นพารามิเตอร์จะประกอบด้วยตำแหน่งที่นกบินอยู่ (position) และความเร็วของการเคลื่อนที่ (velocity) ดังนั้นใน หนึ่งอนุภาคเมื่อแทนด้วยพารามิเตอร์ของปัญหาหนึ่งจะ ประกอบด้วยตัวแปร ดังสมการที่ 3

$$PK = \{X, V, \text{Fitness value}, Gbest, Pbest\} \quad (3)$$

โดยที่ P คือ อนุภาคประกอบด้วย $P = \{P1, P2, \dots, PK\}$
 K คือ จำนวนอนุภาค
 X คือ ตำแหน่งที่อนุภาคที่อยู่ในปัญหา เขียนในรูป $XD = \{x1, x2, \dots, xD\}$
 D คือ จำนวนมิติของปัญหา

V คือ ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาค ประกอบด้วยเวกเตอร์ตามขนาดของมิติของปัญหา $VD = \{v1, v2, \dots, vD\}$

Fitness value คือ ค่าความเหมาะสมของอนุภาคนั้น สามารถคำนวณได้จากฟังก์ชันเป้าหมายซึ่งได้จาก *Fitness value = objective function (X)*

$GbestD$ คือ ค่าตำแหน่งที่อนุภาคนั้นได้ค่าความ เหมาะสมสูงสุด โดย $GbestD = \{Gbest1, Gbest2, \dots, GbestD\}$

$Pbest$ คือ ค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดที่กลุ่มอนุภาครุ่น ปัจจุบันได้มา

การประยุกต์วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคเข้ากับแบบจำลองการเลียนแบบสภาพสมดุลงาน

การคำนวณหาค่าโคงกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจากแบบจำลองวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคโดยกำหนดค่าเริ่มต้น ประกอบด้วยจำนวนฝูงนกในการทำงานเป็นตัวแปรตาม โดยฝูงนกแต่ละฝูงทำหน้าที่อย่างอิสระในการเลือกอาหารซึ่งเป็นตัวแปรตัดสินใจ (ค่าปริมาณการเก็บกักควบคุมแต่ละเดือนทั้ง 12 เดือน จำนวน 24 ค่า) เป็นการสร้างค่าโคงกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเริ่มต้น หลังจากนั้นนำค่าโคงกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ได้มาดำเนินการจำลองปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ(Reservoir Operation Simulation) โดยมีปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ซึ่งแสดงดังสมการที่ 4

$$Min(Aver) = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n Sh_v \tag{4}$$

เมื่อ n เป็นความยาวของชุดข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุน Sh_v ปริมาณน้ำที่ขาดในปี v (ปริมาณน้ำที่ปล่อยน้อยกว่าเป้าหมายความต้องการใช้น้ำ)

จากนั้นเข้าสู่กระบวนการตัดสินใจ หากค้นพบโคงกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมแล้วแบบจำลองจะหยุดการทำงาน นำค่าคำตอบของโคงกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเริ่มต้นเหล่านี้ไปใช้เป็นค่าของโคงกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำอ่างในแบบจำลองการศึกษาเลียนแบบ แล้วคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยในแต่ละเดือนภายใต้โคงกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำชุดนี้เพื่อนำไปประเมินสถานการณ์น้ำขาดแคลนตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคำตอบ และถ้ายังไม่พบโคงกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมแบบจำลองก็จะดำเนินการทำซ้ำจนกว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุด โดยการทำงานของอัลกอริทึมจะเป็นแบบวนซ้ำ ซึ่งกระบวนการทำซ้ำนั้นจะมีการเชื่อมต่อกับแบบจำลองปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ในการหยุดทำงานของแบบจำลองจะอาศัย 2 เงื่อนไข ได้แก่

1) กำหนดจำนวนรอบให้แก่แบบจำลองแล้วนำมาพิจารณาค่าที่ได้ว่าให้ค่าที่เหมาะสมหรือไม่

2) พิจารณาความแตกต่างของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในแต่ละรอบเทียบกับรอบถัดไป หากมีความแตกต่างน้อยมากหรือมีค่าเข้าสู่ค่าคงที่ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ดีที่สุด(Near Optimum) ดังแสดงใน Figure 2

ข้อจำกัดของการจัดการน้ำ (Constraints)

ก) ข้อจำกัดด้านความจุอ่างที่ระดับเก็บกัก และระดับต่ำสุด

$$S_{min} \leq S_t \leq S_{max}$$

เมื่อ S_{max} = ปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุด 1,981 ล้าน ลบ.ม.
 S_{min} = ปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุด 100 ล้าน ลบ.ม.

ข) ข้อจำกัดด้านการรักษาสมดุลงานในเขตกั้นท้ายน้ำ โดยกำหนดให้ต้องมีการปล่อยน้ำอย่างน้อย 5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือ 13 ล้าน ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

ค) ข้อจำกัดด้านการระบายน้ำ เนื่องจากสามารถระบายน้ำด้านท้ายน้ำไม่เกิน 200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือไม่เกิน 518 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

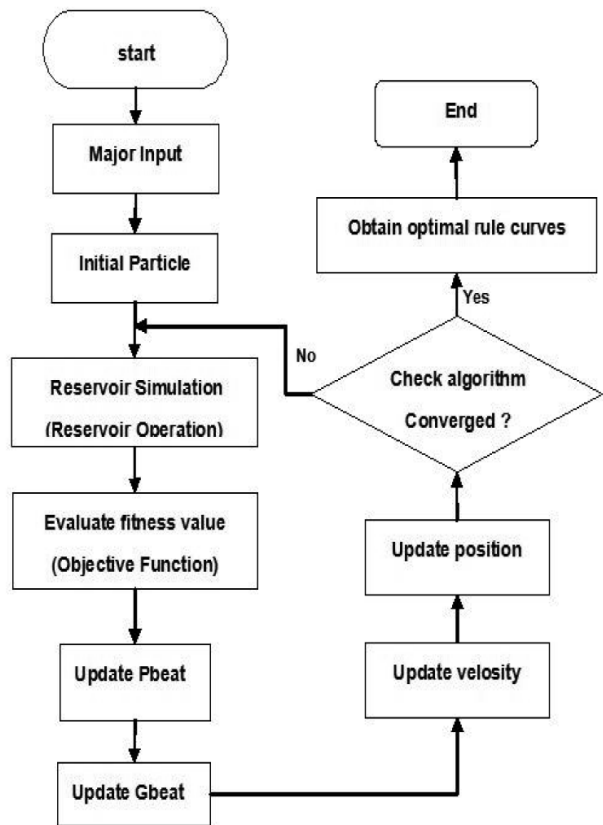


Figure 2 Schematic Diagram of PSO and Simulation Model

การศึกษาใช้เทคนิคที่เสนอกับอ่างเก็บน้ำลำปาว

ในการศึกษาเลือกใช้กับอ่างเก็บน้ำลำปาวเป็นลำน้ำสาขาสำคัญของแม่น้ำชีมีต้นน้ำอยู่ที่หนองหาน อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี แล้วไหลลงมารวมกับแม่น้ำชีที่อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ ดังแสดงใน Figure 3 ลักษณะก่อนปรับปรุงตัวเชื่อมความจุอ่างเก็บกักปกติ 1,430

ล้าน ลบ.ม. ระดับน้ำเก็บกักปกติ 162 ม.(ร.ท.ก.) ครอบคลุมพื้นที่ชลประทานทั้งสิ้น 502.4 ตารางกิโลเมตร ต่อมาเมื่อปี พ.ศ.2551 ได้มีการปรับปรุงเพิ่มความจุอ่างเก็บน้ำเป็น 1,981 ล้าน ลบ.ม.ระดับน้ำเก็บกักปกติ 164 ม.(ร.ท.ก.)^[12]

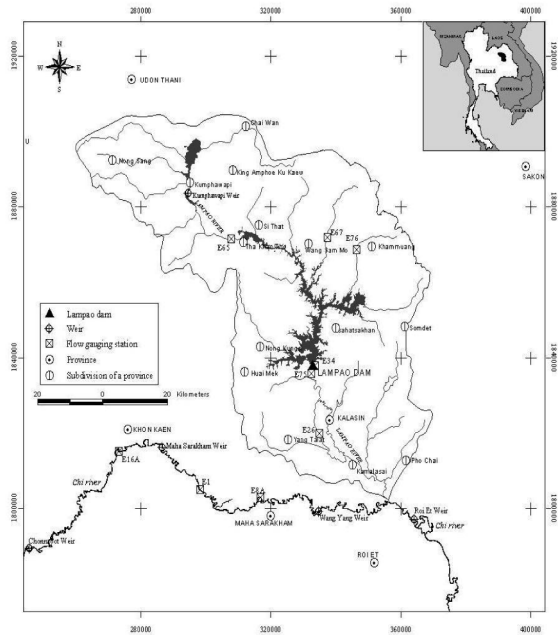


Figure 3 Location of the Lampao Reservoir

แผนผังการไหลของกลุ่มน้ำลำปาวดังแสดงใน Figure 4 ประกอบด้วยฝนเฉลี่ยรายปี 1,400 มม./ปี ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำประมาณ 2,230 ล้าน ลบ.ม.และปริมาณน้ำไหลหลากในรอบ 500 ปี คือ 5,482 ลบ.ม./วินาที โดยใช้ข้อมูลน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในอดีตตั้งแต่ พ.ศ.2511 - 2554 จำนวน 44 ปี ดังแสดงใน Figure 5(a)

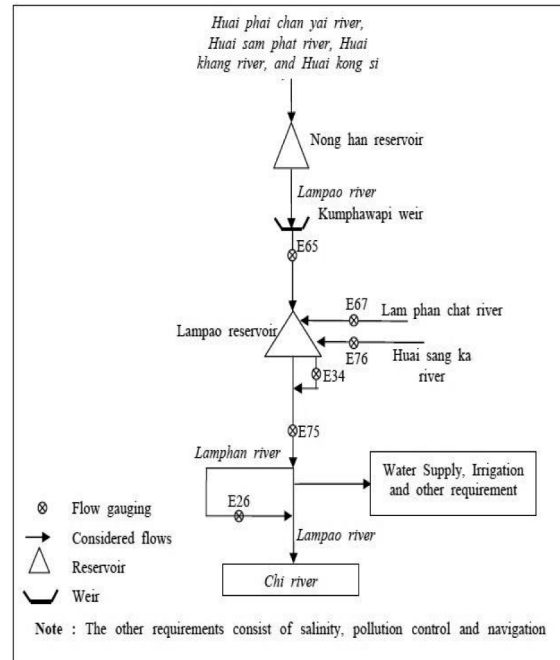
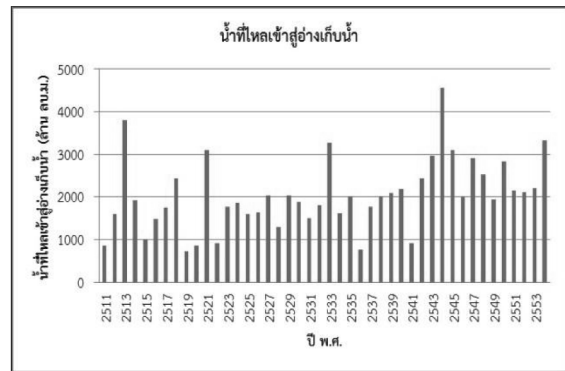
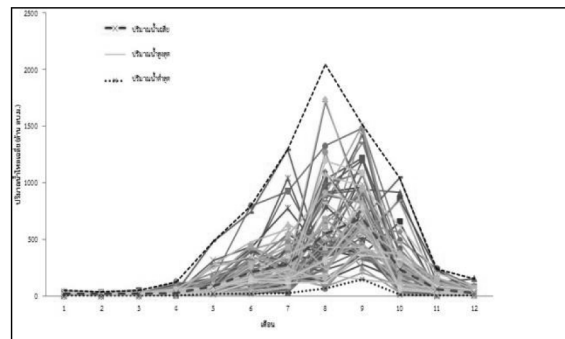


Figure 4 Schematic diagram of flow in the Lampao river basin



(a)



(b)

Figure 5 Historic inflows to the Lampao Reservoir

ในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคจะดำเนินการโดยนำโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมใช้ในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในระยะยาวด้วยข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์ขึ้นมา 100 ชุดข้อมูล จากข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำจำนวน 44 ปี ตั้งแต่ พ.ศ.2511 – 2554 ดังแสดงใน Figure 5(b) ครอบคลุมเหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้รวมถึงเหตุการณ์ในอดีตที่เคยเกิดขึ้นผ่านมาทำการจำลองสภาพการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในระยะยาวด้วยดำเนินการจำลองปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบจากกฎของการจัดการและควบคุม แล้วคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยในแต่ละเดือนภายใต้โค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ซึ่งในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคมี 2 กรณี คือ กรณีความต้องการใช้น้ำปกติและกรณีความต้องการใช้น้ำปกติและเพิ่มพื้นที่ชลประทาน 50,000 ไร่

ผลการทดลอง

ผลการสร้างโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจากแบบจำลองวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค ที่อ่างมีปริมาณน้ำเก็บกัก 1,981 ล้าน ลบ.ม. มีลักษณะดังนี้

โค้งควบคุมเส้นล่าง (Lower Rule Curve, LRC) ลักษณะเส้นโค้งมีทิศทางสอดคล้องกับเส้นโค้งเดิมมีค่าระดับน้ำสูงกว่าเส้นโค้งเดิมเพื่อเก็บกักน้ำไว้ตอบสนองความต้องการใช้น้ำในเขตพื้นที่ชลประทานในช่วงฤดูแล้งช่วงเดือนมกราคม - พฤษภาคมและมีค่าระดับสูงกว่าเส้นโค้งเดิมในฤดูฝนเพื่อเก็บกักน้ำรักษาปริมาณน้ำในช่วงเดือนมิถุนายน - พฤศจิกายน จากนั้นแนวโน้มของเดือนธันวาคมจะพร่องน้ำในส่วนปริมาณน้ำส่วนเกินเก็บกักน้ำไว้ในช่วงฤดูแล้ง ส่งผลให้มีปริมาณน้ำเพียงพอสนองความต้องการใช้น้ำในเขตพื้นที่ชลประทานที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องลดปัญหาการขาดแคลนน้ำ

โค้งควบคุมเส้นบน (Upper Rule Curve, URC) ลักษณะเส้นโค้งมีทิศทางสอดคล้องกับเส้นโค้งเดิมมีค่าระดับน้ำสูงกว่าเส้นโค้งเดิมเพื่อเก็บกักน้ำไว้ตอบสนองความต้องการใช้น้ำในเขตพื้นที่ชลประทานในช่วงต้นฤดูฝนจากนั้นเส้นโค้งจะต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมช่วงเดือนมิถุนายน - สิงหาคมเพื่อลดปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำลดความเสี่ยงโอกาสที่จะเกิดปัญหาน้ำท่วมในฤดูฝนตลอดจนสามารถรับน้ำได้เพิ่มขึ้น

ซึ่งพบว่าโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ที่คำนวณได้จากแบบจำลองแบบจำลองวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค มีค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเท่ากับ

0.864 ครั้ง/ปี ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ยเท่ากับ 161.068 ล้านลบ.ม. และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ยในช่วงเวลา 44 ปี มีค่าเท่ากับ 7.600 ปีตามลำดับ ส่วนสถานการณ์การไหลล้นพบว่ามีความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.864 ครั้ง/ปี การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 667.446 ล้านลบ.ม. และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยในช่วงเวลา 44 ปี มีค่าเท่ากับ 6.333 ปี

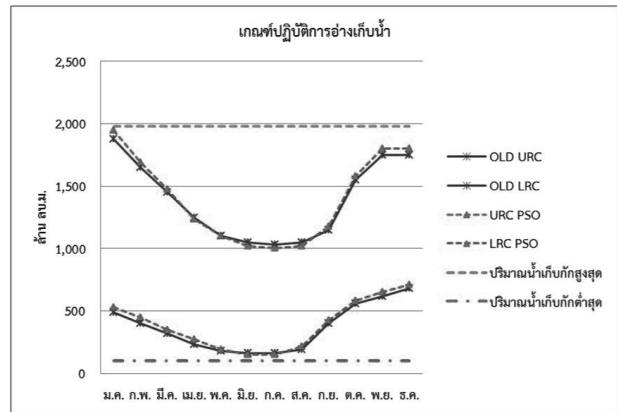


Figure 6 Optimal rule curves of the Lampao Reservoir (new and existing system)

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคจะดำเนินการโดยนำโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ เพื่อประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ สถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และการไหลล้น

Table 1 การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองเมื่อความต้องการใช้น้ำปกติเพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น โดยทำการพิจารณาความถี่ของการเกิดสถานการณ์ ปริมาณน้ำ ช่วงเวลาการเกิด ตามวัตถุประสงค์พบว่าโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ได้จากแบบจำลองวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ 44 ปี พ.ศ. 2511 – 2554 สถานการณ์การขาดแคลนน้ำ พบว่าการเกิดความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเท่ากับ 0.794 ± 0.047 ครั้ง/ปี ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ยเท่ากับ 105.678 ± 13.029 ล้าน ลบ.ม. และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ยในช่วงเวลา 44 ปี ของ 100 ชุดข้อมูล มีค่าเท่ากับ 4.608 ± 1.176 ปี ส่วนสถานการณ์การไหลล้น พบว่าความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.904 ± 0.039 ครั้ง/ปี การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 796.841 ± 51.506 ล้าน ลบ.ม. และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยในช่วงเวลา 44 ปี ของ 100 ชุดข้อมูล มีค่าเท่ากับ 10.639 ± 4.995 ปี

Table 2 การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองเมื่อความต้องการใช้น้ำปกติ และเพิ่มพื้นที่ชลประทาน 50,000 ไร่ เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น โดยทำการพิจารณาความถี่ของการเกิดสถานการณ์ ปริมาณน้ำช่วงเวลาการเกิด ตามวัตถุประสงค์ พบว่าโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ได้จากแบบจำลองวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ 44 ปี พ.ศ. 2511 – 2554 สถานการณ์การขาดแคลนน้ำ พบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเท่ากับ 0.802 ± 0.048 ครั้ง/ปี ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ยเท่ากับ 161.090 ± 16.195 ล้าน ลบ.ม. และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ยในช่วงเวลา 44 ปี ของ 100 ชุดข้อมูล มีค่าเท่ากับ 4.859 ± 1.214 ปี ส่วนสถานการณ์การไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.899 ± 0.042 การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 742.770 ± 50.892 ล้าน ลบ.ม. และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยในช่วง

เวลา 44 ปี ของ 100 ชุดข้อมูล มีค่าเท่ากับ 9.861 ± 4.339 ปี จากการจำลองเหตุการณ์ปริมาณน้ำเก็บกัก 1,981 ล้าน ลบ.ม. พบว่า โค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่คำนวณได้จากวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค มีความเหมาะสมสามารถควบคุมการบริหารจัดการน้ำบรรเทาการขาดแคลนน้ำ ตอบสนองความต้องการใช้น้ำ มีปริมาณน้ำเพียงพอ ลดปัญหาอุทกภัยด้านท้ายน้ำได้ดีกว่าโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเดิมเท่ากับ 32.153 ล้าน ลบ.ม.

Table 3 แสดงการเปรียบเทียบการประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ที่คำนวณจากแบบจำลองเทคนิคต่างๆ กับเทคนิคที่นำเสนอ ผลที่ได้คือโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่สร้างจากแบบจำลองวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคมีค่าใกล้เคียงกับแบบจำลอง HEC-3 ที่ใช้งานอยู่จริง

Table 1 Situations of water shortage and excess release of the systems.

Situations		Frequency	Magnitude (MCM/year)		Duration (year)	
		(times/year)	Average	Maximum	Average	Maximum
Water Shortage	μ	0.794	105.678	451.430	4.608	10.600
	σ	0.047	13.029	88.942	1.176	3.094
Excess release water	μ	0.904	796.841	2535.833	10.639	19.680
	σ	0.039	51.506	384.512	4.995	7.346

Note : m= mean,s= standard deviation

Table 2 Situations of water shortage and excess release of the systems for additional irrigation area 8,000 hectares.

Situations		Frequency	Magnitude (MCM/year)		Duration (year)	
		(times/year)	Average	Maximum	Average	Maximum
Water Shortage	μ	0.802	161.090	592.570	4.859	11.220
	σ	0.048	16.195	91.251	1.214	3.305
Excess release water	μ	0.899	742.770	2430.072	9.861	18.850
	σ	0.042	50.892	370.394	4.339	6.640

Note : m= mean,s= standard deviation

Table 3 Situations of water shortage and excess release of the systems. Compare simulation model other

Situations	Rule Curve		Frequency	Magnitude (MCM/year)		Duration (year)	
			(times/year)	Average	Maximum	Average	Maximum
Water Shortage	Existing-HEC-3	μ	0.814	120.738	433.890	4.856	9.340
		σ	0.061	16.347	88.922	1.619	2.818
	ACO	μ	0.733	61.124	199.460	3.661	7.370
		σ	0.092	13.641	71.958	1.428	2.692
	PSO	μ	0.794	105.768	451.430	4.608	10.600
		σ	0.047	13.029	88.942	1.176	3.094
Excess release water	Existing-HEC-3	μ	0.914	828.994	2,322.352	9.748	14.100
		σ	0.049	23.501	373.856	5.337	4.446
	ACO	μ	0.901	757.604	2,349.301	9.659	14.330
		σ	0.057	25.483	364.931	4.858	4.325
	PSO	μ	0.904	796.841	2535.833	10.639	19.680
		σ	0.039	51.506	384.512	4.995	7.346

Note : m= mean,s= standard deviation

สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

โด่งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำถือว่าเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้เพื่อพิจารณาตัดสินใจว่าควรเก็บกักหรือปล่อยน้ำเป็นปริมาณเท่าใดในแต่ละเดือน ดังนั้นงานวิจัยนี้เสนอเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคที่เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเลียนแบบสภาพสมดุลน้ำ และใช้ปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สำหรับค้นหาโด่งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม ผลการศึกษาสรุปได้ว่าแบบจำลองที่นำเสนอให้โด่งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับโด่งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเดิมและสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ พบว่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเท่ากับ 0.864 ครั้ง/ปี ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ยเท่ากับ 161.068 ล้าน ลบ.ม. และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ยในช่วงเวลา 44 ปี มีค่าเท่ากับ 7.600 ปี ส่วนสถานการณ์ไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.864 ครั้ง/ปี การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 667.446 ล้าน ลบ.ม. และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยในช่วงเวลา 44 ปี มีค่าเท่ากับ 6.333 ปี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาวที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ และขอบคุณห้องวิจัยแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

- [1] เจษฎา แก้วกัลยา. (2535). เอกสารประกอบการเรียนวิชา Water Management. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.(EGAT), 2545. "คู่มือปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์"
- [3] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (EGAT), 2547. "คู่มือปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำภูมิพลและสิริกิติ์"
- [4] Hormwichian R. &Kangrang A. (2012) Coupled-operationsmodel and a conditional differential evolution algorithm for improving reservoir management. International Journal of Physical Sciences, 7(42), 5701–5710.

- [5] Kangrang A. & Lokham C. (2013). "Optimal Reservoir Rule Curves Considering Conditional Ant Colony Optimization with Simulation Model". American Journal of Applied Sciences, 13(1), 154–160
- [6] Kennedy, J.; & Eberhart, R.C. (1995). Particle Swarm Optimization. In IEEE International Conference on Neural Network. pp. 1942-1948. New Jersey: n.p.
- [7] Kennedy, J. (1999). Small Worlds and Mega-minds: Effects of Neighborhood Topology on Particle Swarm Performance. In Congress on Evolutionary Computation. pp. 1931-1938. New York: n.p.
- [8] Xie, X.F.; Zhang, W.J.; & Yang, Z.L. (2002). A Dissipative Particle Swarm Optimization. In Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation. pp. 1456-1461. Honolulu: n.p.
- [9] Chang C.L. & Yang C.C. (2002). Optimizing the Rule Curve for Multi-Reservoir Operations Using a Genetic Algorithm and HEC-5. Journal of Hydroscience and Hydraulic Engineering, 20(1), 59-75.
- [10] Chang J.F., Chen L. & Chang C.L. (2005). Optimizing Reservoir Operating Rule Curves By Genetic Algorithms. Hydrological Processes, 19, pp 2277–2289.
- [11] Leticia B. Rodriguez . (2008). Fully conservative coupling of HEC-RAS with MODFLOW to simulate stream-aquifer interactions in a drainage basin. Journal of Hydrology, 353, 129–142.
- [12] กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2554). รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำอ่างเก็บน้ำลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.