

การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมที่สุดของอ่างเก็บน้ำมูลบนและลำแชะ (Optimal Reservoir Operation of Mun Bon and Lam Chae Reservoirs)

ณรงค์ จันทร์เพ็ง และ วรารุณ วุฒินิชย์¹
(Narong Chanpeng and Varawoot Vudhivanich)

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดเพื่อหาเกณฑ์การปล่อยน้ำรายเดือนที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้แบบจำลองโอกาส-ข้อจำกัดร่วมกับกฎการตัดสินใจเชิงเส้น ของอ่างเก็บน้ำมูลบนและอ่างเก็บน้ำลำแชะในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามูลบน โดยใช้ข้อมูล 48 ปี (พ.ศ.2495-2542) ทำการวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือนโดยใช้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นกัมเบลและเลือกปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่ระดับความเชื่อมั่น 70%, 80% และ 90% วิเคราะห์หาค่าตัวแปรการตัดสินใจและปริมาณการปล่อยน้ำรายเดือนที่เหมาะสมที่สุดพบว่าอ่างเก็บน้ำทั้งสองมีปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างที่ระดับความเชื่อมั่น 70%, 80% และ 90% ไม่เพียงพอกับความต้องการน้ำในแต่ละช่วงเวลา จึงต้องมีการนำน้ำจากอ่างที่มีอยู่มาใช้เพิ่มเติม การศึกษานี้จะทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำในอ่างน้อยที่สุดที่ต้องการใช้ในแต่ละเดือนและมีปริมาณรวมตลอดทั้งฤดูกาลน้อยที่สุด โดยอ่างเก็บน้ำมูลบนมีค่าปริมาณน้ำจากอ่างที่ต้องการใช้รายเดือนสูงสุดเท่ากับ 13.291, 14.459 และ 29.042 ล้าน ลบ.ม. ที่ระดับความเชื่อมั่น 70%, 80% และ 90% ตามลำดับ ในขณะที่อ่างเก็บน้ำลำแชะมีปริมาณน้ำที่ต้องการรายเดือนสูงสุดเท่ากับ 28.357, 63.357 และ 114.461 ล้าน ลบ.ม. ที่ระดับความเชื่อมั่น 70%, 80% และ 90% ตามลำดับ ผลการศึกษาจะสามารถนำมาช่วยในการจัดสรรการใช้น้ำจากอ่างให้เพียงพอในแต่ละช่วงเวลาอย่างเหมาะสมกับความต้องการ ซึ่งจะทำให้การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ABSTRACT

This study used the optimization approach, linear decision rule chance-constrained model, to determine the optimal reservoir operating rule for Mun Bon and Lam Chae reservoirs. The two reservoirs were analyzed to find the optimal monthly decision values by using 48 years of the historical data (1952-1999). The monthly reservoir inflow were fitted by an appropriate hydrological distribution function. In this case, the gumbel distribution function was selected as the best fit. The monthly reservoir inflow at the reliability levels of 70%, 80% and 90% were selected as the input in chance-constrained model. It was found that the inflow at 70%, 80% and 90% reliability level of both reservoirs were not satisfied the demand or insufficient. The water in the reservoirs is utilized in order

¹ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

to meet the demand. This study showed the amount of water to be used in each month and the minimum total volume of water in the reservoir to be used for the whole season. The maximum monthly amount of water to be used from Mun Bon reservoir are 13.291, 14.459 and 29.042 mcm for the inflow reliability level of 70%, 80% and 90% respectively. The maximum monthly amount of water to be used from Lam Chae reservoir are 28.357, 63.357 and 114.461 mcm for the inflow reliability level of 70%, 80% and 90% respectively. The result of this study will help allocate water to satisfy the demand in each period optimally. Thus, it improves the effectiveness and efficiency of reservoir operations.

คำนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาทางด้านแหล่งน้ำได้ประสบปัญหามากขึ้น ทั้งข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ งบประมาณที่จะนำมาใช้ในการพัฒนา ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ปัญหาทางด้านสังคม เป็นต้น ทำให้โครงการพัฒนาแหล่งน้ำหลาย ๆ โครงการไม่บรรลุวัตถุประสงค์สูงสุดตามที่ได้ตั้งไว้ แนวทางหนึ่งที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา ก็คือ การวางแผนและจัดการน้ำต้นทุนที่มีอยู่อย่างจำกัดของโครงการที่มีอยู่ให้เพียงพอกับปริมาณความต้องการน้ำให้มากที่สุดในแต่ละช่วงเวลา เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้มีประสิทธิผลมากขึ้น การศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization) เพื่อหาเกณฑ์การปล่อยน้ำรายเดือน ได้แก่ ค่าตัวแปรการตัดสินใจเชิงเส้นและปริมาณน้ำที่ใช้รายเดือนที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้แบบจำลองโอกาส-ข้อจำกัด (Chance-Constrained Model) ร่วมกับกฎการตัดสินใจเชิงเส้น (Linear decision rule) ที่ได้มีการศึกษาไว้ (Houcks, 1970; Loucks, 1970; Revelle and Kirby, 1970; Revelle and Gundelach, 1975a; Loucks and Dorfman, 1975; Revelle and Gundelach, 1975b; Sniedovich, 1980) ของอ่างเก็บน้ำมูลบนและอ่างเก็บน้ำลำแซะในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามูลบน โดยใช้ข้อมูล 48 ปี (พ.ศ. 2495-2542) ซึ่งจะนำมาช่วยในการจัดสรรการใช้น้ำให้เพียงพอในแต่ละช่วงเวลาอย่างเหมาะสมกับความต้องการ อันเป็นการรู้ล่วงหน้าถึงสถานการณ์น้ำในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาแบบจำลองการหาค่าที่ดีที่สุดที่ใช้ในการวางแผนและการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำของโครงการ
2. วิเคราะห์หาเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสม เพื่อให้โครงการได้รับผลประโยชน์สูงสุด

แบบจำลองโอกาส-ข้อจำกัด (Chance-Constrained Model)

ในการจำลองระบบสิ่งหนึ่งที่เกิดขึ้นบ่อยๆ คือ การใช้ปริมาณซึ่งไม่สามารถประเมินได้อย่างถูกต้องแม่นยำ พารามิเตอร์บางตัวในแบบจำลองการหาค่าที่ดีที่สุดซึ่งมีความไม่แน่นอนสามารถหากรรมวิธีให้อยู่ในรูปตัวแปรสุ่มได้ ในแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นสัมประสิทธิ์ข้อจำกัด (a_j) และ/หรือ สัมประสิทธิ์ด้านขวามือ (b_i) บางตัวอาจขึ้นอยู่กับความไม่แน่นอน เพราะว่าความไม่แน่นอนของข้อจำกัดเหล่านี้ทำให้ไม่มั่นใจว่าคำตอบที่ได้ (x) จะถูกต้องกับความเป็นจริง หรือคำตอบที่ได้มีความเป็นไปได้เท่านั้น ภายใต้สภาวะดังกล่าว จึงสมเหตุสมผลที่จะแทนที่ข้อจำกัดเดิมด้วยสมการความน่าจะเป็นในรูปแบบของแบบจำลองโอกาส-ข้อจำกัด (Mays and Tung, 1992)

รูปแบบของข้อแม้ในแบบจำลองโอกาส-ข้อจำกัดจะแสดงอยู่บนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือคือ

$$P \left\{ \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i \right\} \geq \alpha_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{-----}(1)$$

เมื่อ

α_i = ข้อกำหนดระดับความเชื่อมั่นของการอนุมัติข้อจำกัดที่ลำดับที่ i

a_{ij} = สัมประสิทธิ์ข้อแม้หรือข้อจำกัด

b_i = สัมประสิทธิ์ด้านขวามือของสมการ

กฎการตัดสินใจเชิงเส้น (Linear Decision Rules)

Mays and Tung (1992) ได้เสนอกฎการตัดสินใจเชิงเส้นในแบบจำลองการหาขนาดและการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$\begin{aligned} R_t &= ST_t + QF_t - EV_t - b_t \\ ST_t &= R_t - QF_t + EV_t + b_t \end{aligned} \quad \text{-----}(2)$$

จากสมการความต่อเนื่อง

$$ST_{t+1} = ST_t + QF_t - EV_t - R_t \quad \text{-----}(3)$$

แทนสมการ (2) ลงใน (3)

$$\begin{aligned} ST_{t+1} &= (R_t - QF_t + EV_t + b_t) + QF_t - EV_t - R_t \\ &= b_t \end{aligned} \quad \text{-----}(4)$$

เพราะฉะนั้น

$$ST_t = b_{t-1}$$

สมการกฎการตัดสินใจเชิงเส้นที่ได้เป็น

$$R_t = QF_t - EV_t - b_t + b_{t-1} \quad \text{-----}(5)$$

ในกรณีที่มีการรั่วซึมสมการกฎการตัดสินใจเชิงเส้นเปลี่ยนเป็น

$$R_t = QF_t - EV_t - SP_t - b_t + b_{t-1} \quad \text{-----}(6)$$

การระเหย (EV_t) Mays and Tung (1992) ได้เสนอสมการการระเหยของน้ำในอ่างดังนี้

$$EV_t = e_t [A_t (ST_t) + A_{t+1} (ST_{t+1})] / 2$$

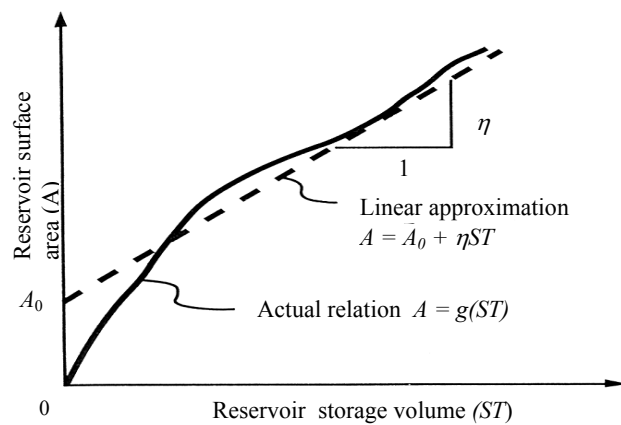
เมื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเก็บกักและพื้นที่ผิวน้ำในอ่าง ดังภาพที่ 1 สามารถประมาณการระเหยเป็น

$$\begin{aligned} EV_t &= e_t [A_o + \eta \cdot (ST_t + ST_{t+1}) / 2] \\ &= e_t [A_o + \eta \cdot (b_{t-1} + b_t) / 2] \\ &= e_t \cdot A_o + e_t \cdot \eta \cdot b_{t-1} / 2 + e_t \cdot \eta \cdot b_t / 2 \end{aligned} \quad \text{-----}(7)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} EV_t &= \text{ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากอ่างในช่วงเวลา } t \\ A_t(ST_t) &= \text{พื้นที่ผิวน้ำของอ่าง ที่ปริมาตรน้ำในอ่างที่เวลา } t \\ e_t &= \text{อัตราการระเหยในช่วงเวลา } t \\ A_o &= \text{พื้นที่ผิวน้ำของอ่างที่ปริมาตรใช้การต่ำสุด} \end{aligned}$$

η = อัตราการเพิ่มของพื้นที่ผิวน้ำต่อปริมาตรของน้ำในอ่าง



ภาพที่ 1 การประเมินความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาตรเก็บกัก (ST) กับพื้นที่ผิวน้ำ (A) ในอ่างเก็บน้ำ

ที่มา: Mays and Tung (1992)

การรั่วซึม (Seepage) (SP) ฌลอง (2527) ได้ศึกษาไว้ว่าปริมาณน้ำที่รั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำคิดเป็นร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำที่เก็บกักตลอดปี ดังนั้นอัตราการรั่วซึมรายเดือนเป็น

$$SP_{t+1} = \frac{ST_{t+1} + ST_t}{2 \times 12} \times 0.10 \quad \text{-----}(8)$$

เมื่อ

SP_{t+1} = อัตราการรั่วซึมเดือน t+1 มีหน่วยเป็น ล้าน.ลบ.ม

ST_{t+1} = ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำสิ้นเดือน t+1

ST_t = ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำสิ้นเดือน t

แทนค่าสมการ (4) ลงใน (8)

$$SP_t = \frac{b_{t-1} + b_{t-2}}{2 \times 12} \times 0.10 \quad \text{-----}(9)$$

การพัฒนาแบบจำลอง (Model development)

ข้อแม้ (Constraints)

1. ปริมาตรสำรองเพื่อการควบคุมน้ำท่วม (Flood Storage Reserve)

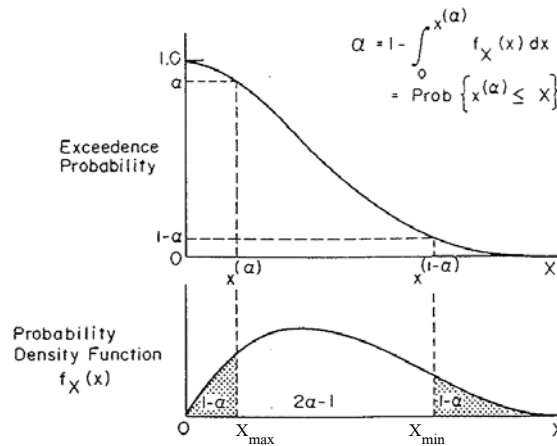
$$K_a - ST_t \geq FS_t$$

$$K_a - b_{t-1} \geq FS_t \quad t=2,3,\dots,12 \quad \text{ถ้า } t-1=0 \text{ ให้ } t=12 \quad \text{-----}(10)$$

2. ปริมาณใช้การต่ำสุด (Minimum Operating Storage)

$$ST_t \geq ST_{\min,t}$$

$$b_{t-1} \geq ST_{\min,t} \quad t=2,3,\dots,12 \quad \text{ถ้า } t-1=0 \text{ ให้ } t=12 \quad \text{-----}(11)$$



ภาพที่ 2 การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม X และค่าจำเพาะ $x^{(\alpha)}$ และ $x^{(1-\alpha)}$

ซึ่งความน่าจะเป็นที่มากกว่าค่านี้ (Probability of Exceedence) เท่ากับ α และ $1-\alpha$ ตามลำดับ

ที่มา: Loucks D. P. and Dorfman P. J. (1975)

3. ปริมาณการปล่อยน้ำต่ำสุด (Minimum Release)

$$R_t \geq R_{\min,t}$$

$$P[R_t \geq R_{\min,t}] \geq \alpha$$

$$QF_t - EV_t - SP_t - b_t + b_{t-1} \geq R_{\min,t}$$

$$P[QF_t \geq R_{\min,t} + EV_t + SP_t + b_t - b_{t-1}] \geq \alpha$$

$$F_{QF_t}^{-1}(1-\alpha) \geq R_{\min,t} + EV_t + SP_t + b_t - b_{t-1}$$

$$b_t - b_{t-1} + EV_t + SP_t \leq -R_{\min,t} + F_{QF_t}^{-1}(1-\alpha)$$

$$b_t - b_{t-1} + EV_t + SP_t + R_{\min,t} - \text{Slack}(R_{\min,t}) \leq F_{QF_t}^{-1}(1-\alpha) \quad t=2,3,\dots,12 \quad \text{ถ้า } t-1=0 \text{ ให้ } t=12 \text{ -----(12)}$$

4. ปริมาณการปล่อยน้ำสูงสุด (Maximum Release)

$$R_t \leq R_{\max,t}$$

$$P[R_t \leq R_{\max,t}] \geq \alpha$$

$$QF_t - EV_t - b_t + b_{t-1} \leq R_{\max,t}$$

$$P[QF_t \leq R_{\max,t} + EV_t + SP_t + b_t - b_{t-1}] \geq \alpha$$

$$F_{QF_t}^{-1}(\alpha) \leq R_{\max,t} + EV_t + SP_t + b_t - b_{t-1}$$

$$b_t - b_{t-1} + EV_t + SP_t \geq -R_{\max,t} + F_{QF_t}^{-1}(\alpha)$$

$$b_t - b_{t-1} + EV_t + SP_t + R_{\max,t} + \text{Slack}(R_{\max,t}) \geq F_{QF_t}^{-1}(\alpha) \quad t=2,3,\dots,12 \quad \text{ถ้า } t-1=0 \text{ ให้ } t=12 \text{ -----(13)}$$

5. ปริมาตรเก็บกักเริ่มต้น (Initial Storage)

$$b_1 - ST_{\text{initial}} + EV_1 + SP_1 + R_{\max,1} \geq 0 \text{ -----(14)}$$

$$b_1 - ST_{\text{initial}} + EV_1 + SP_1 + R_{\min,1} \leq 0 \text{ -----(15)}$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ} \quad F_{QF}^{-1}(\alpha)_t &= \text{Inflow Exceeded } 1-\alpha \text{ of the Time} \\ F_{QF}^{-1}(1-\alpha)_t &= \text{Inflow Exceeded } \alpha \text{ of the Time} \end{aligned}$$

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้ารายเดือน ของอ่างเก็บน้ำมูลบนและอ่างเก็บน้ำลำแซะที่ได้มีการจดบันทึกและสังเคราะห์ไว้โดยใช้ข้อมูล 48 ปี(พ.ศ.2495-2542) (อารียา,2545) โดยวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้ารายเดือนกับฟังก์ชันการแจกแจงความถี่ที่เหมาะสมและวิเคราะห์หาปริมาณการระเหยและการรั่วซึมของน้ำในอ่าง
2. วิเคราะห์ปริมาณความต้องการน้ำรายเดือนของอ่างเก็บน้ำมูลบนและอ่างเก็บน้ำลำแซะ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการเกษตรกรรม โดยอ่างเก็บน้ำมูลบนปริมาณน้ำที่ต้องการคำนวณจากน้ำที่ใช้ในพื้นที่เพาะปลูกทั้งข้าวและพืชไร่ในในฤดูฝนรวม 45,156 ไร่ ฤดูแล้งรวม 17,933 ไร่ ส่วนอ่างเก็บน้ำลำแซะน้ำที่ใช้ในพื้นที่เพาะปลูกทั้งข้าวและพืชไร่ในในฤดูฝนรวม 107,487 ไร่ ฤดูแล้งรวม 48,195 ไร่ (อารียา,2545)
3. พัฒนาแบบจำลองการหาค่าที่ดีที่สุด โดยใช้แบบจำลองโอกาส-ข้อจำกัดร่วมกับกฎการตัดสินใจเชิงเส้น
4. แก้ปัญหาแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม LINDO
5. วิเคราะห์ผลที่ได้และหานโยบายการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำรายเดือนในแต่ละระดับความเชื่อมั่น

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะทั่วไปของอ่างเก็บน้ำมูลบนและลำแซะ

เขื่อนมูลบน ปิดกั้นลำน้ำมูลตอนบนที่บ้านมูลบน ต.จระเข้หิน อ.ครบุรี จ.นครราชสีมา สามารถเก็บกักน้ำได้ 141 ล้าน ลบ.ม. เพื่อส่งน้ำช่วยเหลือพื้นที่เกษตรกรรมบนฝั่งซ้ายของลำน้ำมูลในเขตอำเภอครบุรี อำเภอโชคชัย อำเภอปักธงชัยบางส่วนในพื้นที่ 41,400 ไร่ และเขื่อนลำแซะตั้งอยู่ที่บ้านโคกใบบัว ต.โคกกระชาย อ.ครบุรี จ.นครราชสีมา สามารถเก็บกักน้ำได้ 275 ล้าน ลบ.ม. เพื่อส่งน้ำช่วยเหลือพื้นที่เกษตรกรรมบนฝั่งขวาของลำน้ำมูลในเขต อ.ครบุรี อ.โชคชัยในพื้นที่ 113,750 ไร่ รวมเป็นพื้นที่ชลประทาน 155,150 ไร่ นอกจากอ่างเก็บน้ำทั้งสองจะส่งน้ำเพื่อการเกษตรแล้วยังส่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการระบายน้ำลงสู่ลำน้ำเดิม โดยอ่างเก็บน้ำมูลบนส่งน้ำให้การประปา ต.จระเข้หิน อ.ครบุรี จ.นครราชสีมาในอัตรา 0.0025 ล้าน ลบ.ม./เดือน และระบายน้ำลงสู่ลำน้ำเดิมในอัตรา 0.40 ล้าน ลบ.ม./เดือน ในขณะที่อ่างเก็บน้ำลำแซะมีการระบายน้ำลงสู่ลำน้ำเดิมในอัตรา 5.13 ล้าน ลบ.ม./เดือน ลักษณะทั่วไปที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำทั้งสอง แสดงในตารางที่ 1

ผลการวิเคราะห์หาสมการปริมาณการระเหยและการรั่วซึมของอ่างเก็บน้ำมูลบนและลำแซะ

รูปแบบของค่าตัวแปรการตัดสินใจเชิงเส้นที่นำมาใช้ในแบบจำลองเมื่อนำค่าการระเหยและการรั่วซึมของน้ำจากอ่างมาพิจารณาจะมีรูปสมการดังนี้

$$\begin{aligned} \text{อ่างเก็บน้ำมูลบน} \quad EV_t &= 3.40e_t + 0.047e_{t-1} + 0.047e_{t-2} \\ SP_t &= 0.00417b_{t-1} + 0.00417b_{t-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อ่างเก็บน้ำลำแซะ} \quad V_t &= 13.00e_t + 0.029e_{t-1} + 0.029e_{t-2} \\ SP_t &= 0.00417b_{t-1} + 0.00417b_{t-2} \end{aligned}$$

ตารางที่ 1 ลักษณะที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำมูลบนและลำแซะ

รายการ	หน่วย	เขื่อนมูลบน	เขื่อนลำแซะ
1.พื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อน	ตร.กม.	454	601
2.ความจุอ่างเก็บน้ำที่ระดับสูงสุด	ล้าน ลบ.ม.	350	325
3.ความจุอ่างเก็บน้ำที่ระดับเก็บกัก	ล้าน ลบ.ม.	141	275
4.ความจุอ่างเก็บน้ำที่ระดับต่ำสุด	ล้าน ลบ.ม.	7	7
5.ปริมาณน้ำใช้งาน	ล้าน ลบ.ม.	134	268
6. ท่อส่งน้ำระบายน้ำได้สูงสุดประมาณ	ลบ.ม./วินาที	11.2	20.6
7.ปริมาณน้ำที่ต้องการเฉลี่ยรายปี	ล้าน ลบ.ม.	81.52	198.08

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างรายเดือน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel Distribution Function) พบว่าอ่างเก็บน้ำมูลบนที่ระดับความเชื่อมั่น 70%, 80% และ 90% มีค่าปริมาณน้ำไหลเข้าต่ำสุด ($F^{-1}(1-\alpha)$) ตลอดทั้งปี เท่ากับ 48.861, 33.429 และ 14.515 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุด ($F^{-1}(\alpha)$) ตลอดทั้งปี เท่ากับ 114.959, 141.577 และ 187.925 ล้าน ลบ.ม. ส่วนอ่างเก็บน้ำลำแซะที่ระดับความเชื่อมั่น 70%, 80% และ 90% มีค่าปริมาณน้ำไหลเข้าต่ำสุดตลอดทั้งปี เท่ากับ 121.434, 85.008 และ 40.514 ล้าน ลบ.ม. และมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดตลอดทั้งปี เท่ากับ 304.337, 366.297 และ 461.311 ล้าน ลบ.ม. ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างรายเดือนของอ่างเก็บน้ำมูลบนและอ่างเก็บน้ำลำแชะ

หน่วย : ล้าน ลบ.ม.

ลำดับ	เดือน	อ่างเก็บน้ำมูลบน						อ่างเก็บน้ำลำแชะ					
		$F^{-1}_{(1-\alpha)}$			$F^{-1}_{(\alpha)}$			$F^{-1}_{(1-\alpha)}$			$F^{-1}_{(\alpha)}$		
		$\alpha = 0.30$	$\alpha = 0.20$	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.70$	$\alpha = 0.80$	$\alpha = 0.90$	$\alpha = 0.30$	$\alpha = 0.20$	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.70$	$\alpha = 0.80$	$\alpha = 0.90$
1	ม.ค.	0.594	0.491	0.364	1.025	1.192	1.458	0.999	0.579	0.133	9.674	11.441	12.801
2	ก.พ.	0.430	0.305	0.151	0.953	1.154	1.477	0.648	0.359	0.049	8.628	9.344	10.096
3	มี.ค.	0.150	0.101	0.047	0.446	0.670	1.266	0.540	0.294	0.033	8.098	9.304	10.623
4	เม.ย.	0.172	0.133	0.091	0.395	0.545	1.410	1.322	0.752	0.160	7.135	8.558	9.741
5	พ.ค.	0.879	0.699	0.477	1.635	1.926	2.393	3.949	2.192	0.025	11.312	14.150	18.691
6	มิ.ย.	1.604	1.017	0.293	4.063	5.011	6.527	6.763	4.171	0.972	17.627	21.816	28.518
7	ก.ค.	2.891	1.723	0.398	9.051	12.388	20.623	10.998	7.660	3.541	24.988	30.382	39.011
8	ส.ค.	7.472	5.306	2.632	16.555	20.056	25.659	15.881	12.165	7.580	31.455	37.459	47.066
9	ก.ย.	12.292	7.203	0.925	33.619	41.841	54.997	32.519	25.513	16.869	61.883	73.203	91.316
10	ต.ถ.	16.766	12.782	7.866	33.465	39.903	50.203	36.667	23.287	6.777	92.749	114.369	148.963
11	พ.ย.	4.511	2.848	0.796	11.481	14.168	18.467	9.289	6.809	3.750	19.682	23.688	30.099
12	ธ.ค.	1.099	0.820	0.475	2.271	2.723	3.445	1.859	1.226	0.625	11.107	12.582	14.385
ปริมาณน้ำรวมตลอดปี		48.861	33.429	14.515	114.959	141.577	187.925	121.434	85.008	40.514	304.337	366.297	461.311
เฉลี่ยต่อเดือน		4.072	2.786	1.210	9.580	11.798	15.660	10.120	7.084	3.376	25.361	30.525	38.443

ผลการวิเคราะห์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำมูลบนและอ่างเก็บน้ำลำแชะโดยวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดโดยใช้แบบจำลองโอกาสข้อจำกัดร่วมกับกฎการตัดสินใจเชิงเส้น

จากการศึกษาพฤติกรรมของอ่างเก็บน้ำมูลบนโดยใช้แบบจำลองการหาค่าที่ดีที่สุดร่วมกับกฎการตัดสินใจเชิงเส้นวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยน้ำที่เหมาะสมที่สุดเพื่อทำให้ปริมาณอ่างเก็บน้ำมีขนาดเล็กที่สุดและมีการขาดน้ำน้อยที่สุด ภายใต้ระดับความเชื่อมั่นของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างที่ระดับต่างๆ

กฎการปล่อยน้ำร่วมกับกฎการตัดสินใจเชิงเส้นที่ได้

$$R_t = QF_t - EV_t - SP_t - b_t + b_{t-1} + \text{Slack}(R_{\min,t}) \quad \text{-----}(16)$$

$$\text{เมื่อ} \quad B_t = b_{t-1} - b_t + \Delta ST_t \quad \text{-----}(17)$$

$$\Delta ST_t = \text{Slack}(R_{\min,t}) = \text{ปริมาณน้ำจากอ่างที่นำมาใช้}$$

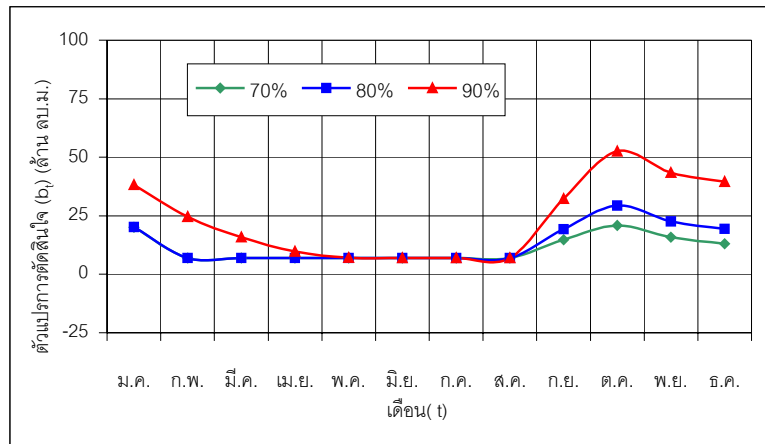
$$= \text{ค่าปริมาตรการตัดสินใจ (Decision Volume) ในเดือน } t$$

สมการการปล่อยน้ำสามารถเขียนใหม่เป็น

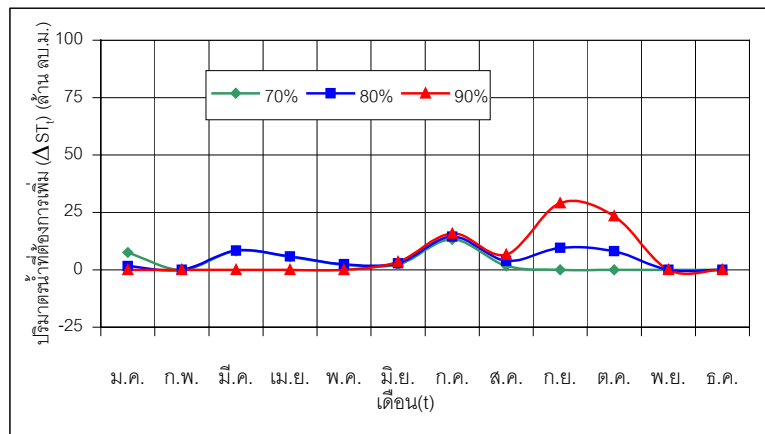
$$R_t = QF_t - EV_t - SP_t + B_t \quad \text{-----}(18)$$

จากการศึกษาจะพบว่าปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดจะมีค่ามากขึ้นตามระดับความเชื่อมั่นอ่างเก็บน้ำมูลบน ปริมาณความต้องการน้ำจะมีค่าสูงสุดในเดือน ก.ค.(70%,80%) และ ก.ย.(90%) ส่วนอ่างเก็บน้ำลำแชะปริมาณความต้องการน้ำจะมีค่าสูงสุดในเดือน ต.ค.(70%,80%และ 90%) และจากผลที่ได้จากแบบจำลองจะทำให้ทราบถึงปริมาตรการตัดสินใจรายเดือนซึ่งจะมีค่าน้อยกว่าและมากกว่าศูนย์ โดยค่าปริมาตรการตัดสินใจน้อยกว่าศูนย์

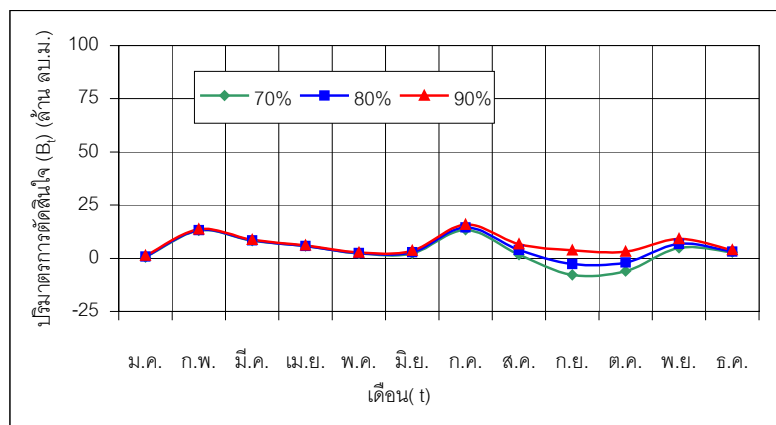
การปล่อยน้ำจะน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและค่าปริมาตรการตัดสินใจมากกว่าศูนย์การปล่อยน้ำจะมากกว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอย่าง ดังภาพที่ 3 และ 4



b_t

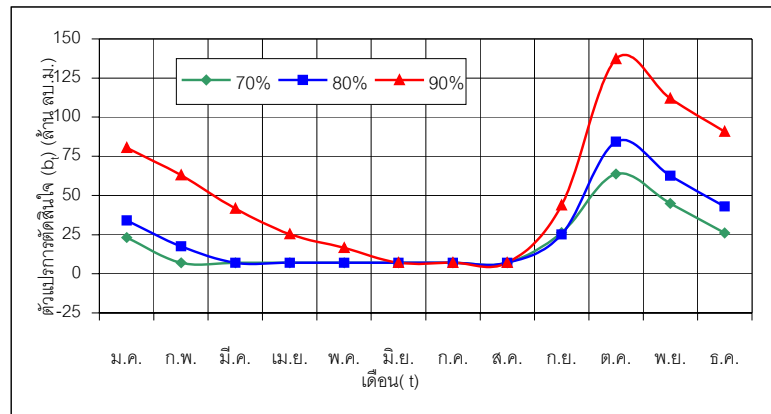
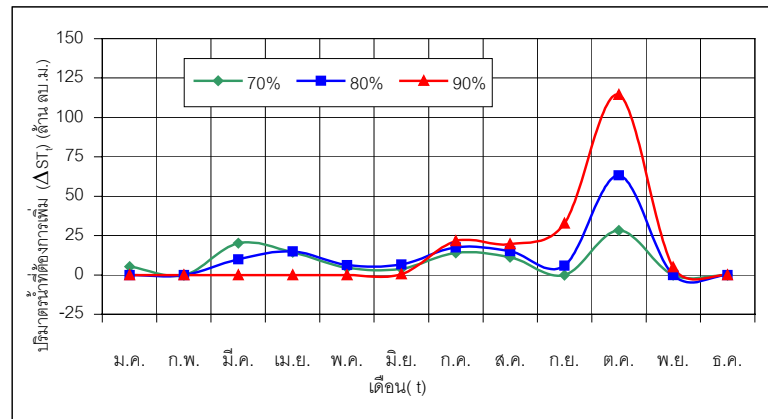
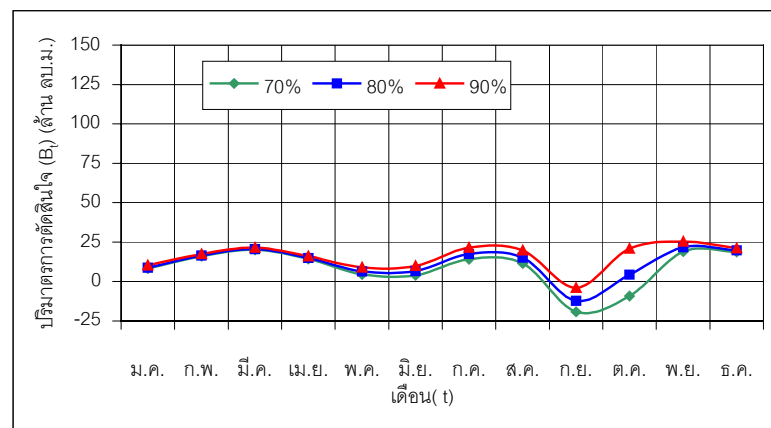


ΔST_t



$$B_t = b_{t-1} - b_t + \Delta ST_t$$

ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์ที่ได้ในเดือนต่างๆเปรียบเทียบกับผลที่ได้ตามระดับความเชื่อมั่นของอ่างเก็บน้ำมูลบน


 b_t

 ΔST_t


$$B_t = b_{t-1} - b_t + \Delta ST_t$$

ภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์ที่ได้ในเดือนต่างๆเปรียบเทียบผลที่ได้ตามระดับความเชื่อมั่นของอ่างเก็บน้ำลำแชะ

สรุป

เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุดโดยการใช้แบบจำลองโอกาส-ข้อจำกัดร่วมกับกฎการตัดสินใจเชิงเส้นในการวางแผนและจัดการการปล่อยน้ำให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งผลที่ได้จากแบบจำลองจะทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำจากอ่างที่ใช้ในแต่ละเดือนที่ระดับความเชื่อมั่นของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างในระดับต่างๆและสามารถนำมาใช้ในการหาหรือกำหนดปริมาณการปล่อยน้ำรายเดือนหรือปรับเปลี่ยนแผนการใช้น้ำให้สอดคล้องกับสถานการณ์น้ำคือน้ำที่มีอยู่ในอ่างและน้ำท่าที่จะไหลเข้าในขณะนั้น นับว่า

เป็นเครื่องมือหนึ่งนอกเหนือจากกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่ ในการจัดการและปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อันเป็นการรู้ล่วงหน้าถึงสถานการณ์น้ำในอ่างเป็นการช่วยลดปัญหาการขาดแคลนน้ำและปริมาณน้ำไหลล้นอ่างได้เป็นอย่างดีและเป็นการเพิ่มประสิทธิผลของน้ำต้นทุนให้คุ้มค่ามากขึ้น

ตารางที่ 3 สรุปผลการวิเคราะห์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำมูลบนและลำแซะ

รายการ	อ่างเก็บน้ำมูลบน			อ่างเก็บน้ำลำแซะ		
	70%	80%	90%	70%	80%	90%
1.เดือนที่มีการใช้น้ำสูงสุด	ก.ค.	ก.ค.	ก.ย.	ต.ค.	ต.ค.	ต.ค.
2.ปริมาณน้ำจากอ่างที่ไ้รายเดือนสูงสุด (Slack $R_{min,t}$) (MCM)	13.291	14.459	29.042	28.357	63.357	114.461
3.ปริมาณน้ำที่ไ้รายเดือนรวม ($\sum$ Slack $R_{min,t}$) (MCM)	41.23	57.107	78.356	102.18	139.634	188.89
4.ปริมาตรการตัดสินใจรายเดือนสูงสุด (B_t)(MCM)	13.291	14.459	15.784	14.099	17.437	21.594
5.ปริมาณน้ำเริ่มต้นต่ำสุด $ST_{initial}$ (MCM) ที่จะไม่ทำให้ขาดน้ำ	48.551	55.437	74.211	84.577	120.897	165.065

เอกสารอ้างอิง

- ฉลอง เกิดพิทักษ์. 2527. การจัดการลุ่มน้ำของประเทศไทย. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, กรุงเทพฯ ฯ. 189 น.
- อารียา ฤทธิมา. 2545. การพัฒนาเกณฑ์ในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของโครงการอ่างเก็บน้ำมูลบน-ลำแซะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 201 น.
- Houck, M.H. 1979. A Chance Constrained Optimization Model for Reservoir Design and Operation. Water Resour. Res. 15(5) : 1011-1016.
- Loucks, D. P. 1970. Some Comments on Linear Decision Rules and Chance Constrains. Water Resour. Res. 6(2) : 668-671.
- Loucks, D. P. and P. J. Dorfman 1975. An Evaluation of Some Linear Decision Rules in Chance Constrained Model for Reservoir Planning and Operation. Water Resour. Res. 11(6) : 777-782.
- Mays, L.W. and Y. K. Tung 1992. Hydrosystems Engineering and Management. McGraw – Hill, Inc., New York. : 203-207,305-315.
- Revelle, C. and J. Gundelach 1975a. Linear Decision Rule in Reservoir Management and Design 4. A rule That Minimizes Output Variance. Water Resour. Res. 11(2) : 197-203.
- _____. 1975b. Linear Decision Rule in Reservoir Management and Design 5. A General Algorithm. Water Resour. Res. 11(2) : 204-207.
- Revelle, C. and W. Kirby 1970. Linear Decision Rule in Reservoir Management and Design. 2 , Performance Optimization. Water Resour. Res. 6(4) : 1033-1044.
- Sniedovich, M. 1980. Analysis of a Chance - Constrained Reservoir Control Model. Water Resour. Res. 16(5) : 849-853.