

การพัฒนาเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเชิงพลวัตสำหรับการบริหารจัดการน้ำในกว๊านพะเยา Development of a Dynamic Operation Rule for Water Management in Kwan Phayao

อชัญญา ตาอินต๊ะ¹ และ สิตางค์ พิลัยหล้า^{1,*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author; E-mail address: fengstpl@ku.ac.th

บทคัดย่อ

กว๊านพะเยาประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำและอุทกภัยอย่างต่อเนื่อง แม้จะมีการบริหารจัดการน้ำโดยใช้เส้นเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ แต่การดำเนินงานยังไม่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน การศึกษาจึงมีเป้าหมายพัฒนาเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเชิงพลวัต (Dynamic Rule Curve) โดยประยุกต์ใช้เทคนิคเส้นที่เป็นไปได้มากที่สุด (Most Likely Line: MLL) จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้า-ออกในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา ผลการศึกษาพบว่า การใช้เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (MLL) จำลองกับเหตุการณ์น้ำท่วมในระยะเวลา 30 ปี มีปริมาณน้ำล้นรวมทั้งสิ้น 17.74 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือมีจำนวนเดือนที่มีปริมาณน้ำล้นอยู่ 7 เดือนในระยะเวลา 30 ปี และเมื่อจำลองกับเหตุการณ์น้ำท่วมจริงในปีพ.ศ.2567 พบว่าสามารถลดปริมาณน้ำล้นจากเดิม 47.42 ล้านลบ.ม.และลดปริมาณการระบาย 3.46 ล้านลบ.ม.ซึ่งทำให้ลดผลกระทบต่อท้ายน้ำ สรุปได้ว่า เส้นเกณฑ์ปฏิบัติการมีประสิทธิภาพในลดปริมาณน้ำท่วมได้ ดังนั้นเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเชิงพลวัตที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้ในการบริหารจัดการน้ำในกว๊านพะเยาได้

คำสำคัญ: อุทกภัย, กว๊านพะเยา, เส้นที่เป็นไปได้มากที่สุด, เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเชิงพลวัต

Abstract

Kwan Phayao has been facing persistent issues of water shortages and flooding. Despite the implementation of reservoir operation rule curves, current water management practices remain inconsistent with the area's specific context and the impacts of climate change. This study aims to develop a Dynamic Rule Curve by applying the Most Likely Line (MLL) technique, based on the analysis of 30 years of inflow and outflow data. The study found that simulating the application of the Dynamic Rule Curve (MLL) over a 30-year period resulted in a total overflow volume of 17.74 million cubic meters, with overflow occurring in 7 months. Furthermore, when applied to the actual flood event in 2024, the Dynamic Rule Curve reduced overflow 47.42 million

when compared with last volume and decreased water discharge by 3.46 million cubic meters, thereby mitigating downstream impacts. These findings demonstrate that the Dynamic Rule Curve is effective in reducing flood volumes. Therefore, the developed Dynamic Rule Curve can be applied to enhance water management in Kwan Phayao. flood volume and discharge impacts.

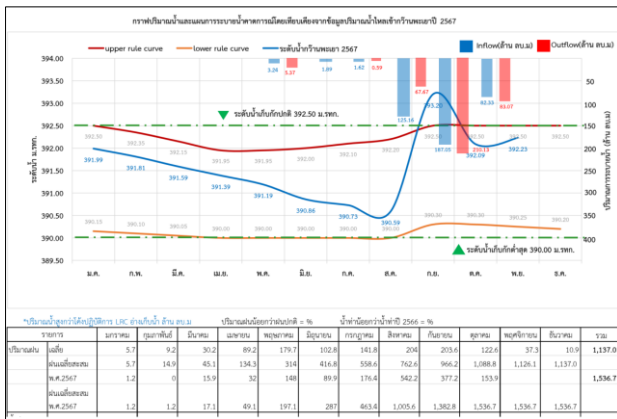
Keywords: Flood, Kwan Phayao, Most Likely Line (MLL), Dynamic Rule Curve for Reservoir Operation

1. คำนำ

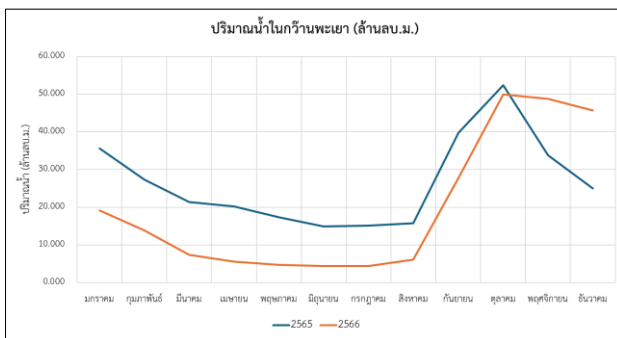
เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation) หมายถึง กระบวนการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ครอบคลุมทั้งการกักเก็บและการระบายน้ำ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า โดยมีการวางแผนปริมาณน้ำที่ควรกักเก็บและระบายในแต่ละช่วงเวลา ทั้งนี้ การดำเนินการจะเป็นไปตามแผนที่วางไว้ ครอบคลุมทั้งปริมาณน้ำทำในอ่างเก็บน้ำ ยังเป็นไปตามการคาดการณ์ อย่างไรก็ตามหากปริมาณน้ำทำในอ่างเก็บน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากที่คาดไว้เช่นมากเกินไปหรือน้อยเกินไป อาจมีการปรับแผนการปฏิบัติการเพื่อป้องกันปัญหาการขาดแคลนน้ำหรือภาวะน้ำล้นอ่างเก็บน้ำ

กว๊านพะเยามีการบริหารจัดการน้ำโดยใช้เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ซึ่งประกอบด้วยเส้นควบคุมตอนบน (Upper Rule Curve) และเส้นควบคุมตอนล่าง (Lower Rule Curve) ตามวิธี Vacancy Minimum Storage Requirement Rule Curve [1] เพื่อกำหนดปริมาณน้ำพร่องในฤดูแล้งสำหรับรองรับน้ำในฤดูฝน อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญของกว๊านพะเยาคือ การขาดสถานะวัดน้ำทำในพื้นที่ต้นน้ำ ทำให้การคำนวณปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างมีความคลาดเคลื่อน นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้ปริมาณฝนมีความแปรปรวนมากขึ้น ทั้งในแง่ของปริมาณ ระยะเวลา และความถี่ของฝนตกหนักและฝนทิ้งช่วง ส่งผลให้การคาดการณ์และการบริหารจัดการน้ำตามเกณฑ์ปัจจุบันมีความไม่สอดคล้องกับบริบทในปัจจุบัน นำไปสู่ความเสี่ยงที่กว๊านพะเยาจะประสบปัญหาอุทกภัยและการขาดแคลนน้ำเป็นประจำทุกปี ยกตัวอย่างเหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ.2567 จากรายงานสถานการณ์อุทกภัยจังหวัดพะเยาจะเห็นได้ว่าแม้จะมีการบริหารจัดการน้ำ

ตามเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแต่ก็ไม่สามารถรองรับสถานการณ์น้ำท่วมได้ทันดังรูปที่ 1 [2] ทั้งนี้ปัญหาการบริหารน้ำของกว๊านพะเยายังพบได้จากรายงานสำนักงานทรัพยากรแห่งชาติ [3] หรือการสังเกตปริมาณน้ำในกว๊านพะเยาช่วงปลายปี 2565 ถึง ต้นปี 2566 จะพบว่าปริมาณน้ำที่สูงในปี 2565 ไม่สามารถรักษาน้ำให้มีถึงปริมาณน้ำต่ำสุดสำหรับการผลิตน้ำประปา หรือปริมาณน้ำที่ 9 ล้านลบ.ม.ในปี 2566 ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 การบริหารจัดการน้ำในกว๊านพะเยา พ.ศ.2567



รูปที่ 2 ปริมาณน้ำในกว๊านพะเยา พ.ศ.2565 และ 2566

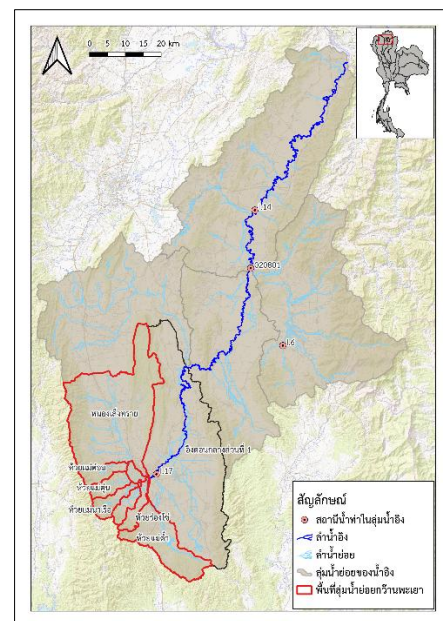
ปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดข้อสงสัยว่าเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำปัจจุบันมีความสอดคล้องกับบริบทพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศหรือไม่ งานวิจัยจึงมุ่งพัฒนาแนวทางใหม่ในการบริหารจัดการน้ำ โดยใช้แนวคิดเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเชิงพลวัต (Dynamic Rule Curve) ที่สามารถปรับเปลี่ยนตามสภาวะน้ำและปัจจัยแวดล้อม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารทรัพยากรน้ำ ลดความเสี่ยงจากอุทกภัยและภัยแล้ง และรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอย่างเหมาะสม

2. พื้นที่ศึกษา

กว๊านพะเยาตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของจังหวัดพะเยา เป็นแหล่งน้ำสำคัญที่เกิดจากการรวมตัวของลำน้ำสาขาจำนวน 13 สาย ในปี พ.ศ. 2482 มีการก่อสร้างประตูระบายน้ำบริเวณศูนย์วิจัยประมงน้ำจืดพะเยา เพื่อปิดกั้นลำน้ำอิง มีพื้นที่ประมาณ 12,831.25 ไร่ ความลึกเฉลี่ย 1.93 เมตร และมีความสามารถในการกักเก็บน้ำเฉลี่ย 33.84 ล้านลูกบาศก์เมตร ต่อมาในปี

พ.ศ. 2561 มีการเปิดใช้งานฝายพับได้สูง 1 เมตร ทำให้ความสามารถในการกักเก็บน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 55.65 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยปริมาณน้ำไหลลงกว๊านเฉลี่ยปีละ 327.27 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณฝนเฉลี่ยปีละ 990.25 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำสูงสุดอยู่ที่ 73.27 ล้านลูกบาศก์เมตร ขณะที่ระดับเก็บกักปกติเดิมอยู่ที่ 33.84 ล้านลูกบาศก์เมตร และระดับเก็บกักปกติใหม่อยู่ที่ 55.65 ล้านลูกบาศก์เมตร กว๊านพะเยามีอายุการใช้งานประมาณ 100 ปี และสามารถรองรับตะกอนสะสมได้ 7.30 ล้านลูกบาศก์เมตร ประตุระบายน้ำเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก จำนวน 2 ช่องระบาย ขนาด 5 × 5 เมตร ระดับสันฝายอยู่ที่ 391.5 เมตร (รทก.) และระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 392.5 เมตร (รทก.) ออกแบบให้รองรับฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำ (Return Period) 100 ปี โดยมีโครงสร้างกว้าง 40 เมตร และยาว 187 เมตร [3]

ขอบเขตการศึกษาครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำอิงตอนบนเป็นพื้นที่ต้นน้ำของกว๊านพะเยา และลุ่มน้ำอิงตอนกลางส่วนที่ 1 เป็นพื้นที่ท้ายน้ำของกว๊านพะเยา ดังรูปที่ 3 เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีอิทธิพลต่อกว๊านพะเยาและได้รับอิทธิพลจากกว๊านพะเยามากที่สุด

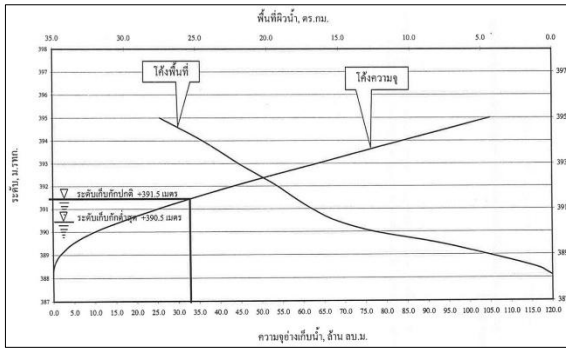


รูปที่ 3 ขอบเขตการศึกษา

3. การรวบรวมข้อมูล

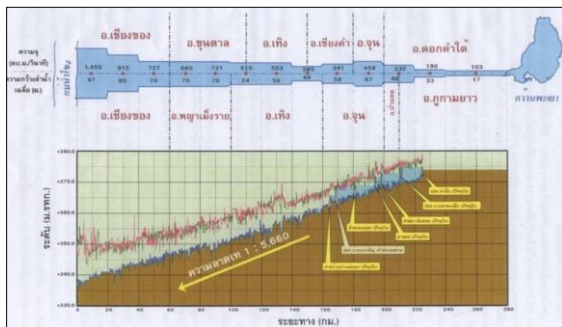
3.1 ข้อมูลกว๊านพะเยา

ข้อมูลลักษณะกว๊านพะเยาที่ใช้ในการวิเคราะห์เส้นเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจะใช้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณเก็บกักสูงสุดเท่ากับ 55.65 ล้านลบ.ม.และปริมาณเก็บกักต่ำสุดเท่ากับ 9 ล้านลบ.ม. สำหรับการนำไปใช้กำหนดเป็นข้อจำกัดของเส้นเกณฑ์สูงสุดและต่ำสุดโดยมีไค้ความจูดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 โค้งความจุเวียนพะเยา

นอกจากนี้การบริหารการระบายน้ำพะเยาจําเป็นต้องคํานึงระบบทํายาลําน้ำ จาการูดตําลําน้ำไว้ในรูปที่ 5 [2] พบว่าท้ายกว๊านพะเยามีความจุลําน้ำเท่ากับ 103 ลบ.ม/วินาที ดังนั้นข้อจํากัดในการระบายน้ำจึงไม่ควรมากกว่า 266.98 ล้านลบ.ม./เดือน



รูปที่ 5 รูปตัดลำน้ำท้ายกว๊านพะเยา

3.2 ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

กว๊านพะเยามีข้อจำกัดเรื่องการขาดสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่าทางด่านต้นน้ำ ทำให้ไม่มีข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้ากว๊านพะเยา จากการศึกษารายงานแผนการพัฒนาและฟื้นฟูกว๊านพะเยา [3] ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าไหลเข้ากว๊านพะเยาโดยใช้แบบจำลอง NAM เพื่อแปลงข้อมูลปริมาณฝนเป็นปริมาณน้ำท่าโดยการสอบเทียบ (Calibration) กับสถานีวัดน้ำท่า I.6. ในปีพ.ศ.2553 และตรวจพิสูจน์ (Validation) ในปีพ.ศ.2557 ผลลัพธ์ดังกล่าวได้ค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์เท่ากับ 0.706 และ 0.690 และค่ารากที่สองของความผิดพลาดยกกำลังสอง (RMSE) เท่ากับ 4.874 และ 2.351 ทำให้ได้ปริมาณน้ำท่าไหลเข้ากว๊านพะเยารายเดือนโดยครอบคลุมช่วงเวลาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2533 ถึง 2562 ในการศึกษาข้างนี้จึงได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อวิเคราะห์การออกแบบแบบเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเชิงพลวัต

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1 แนวคิด Dynamic Decision Support System (DDSS)

Dynamic Decision Support System (DDSS) หรือ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพลวัต เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอน โดยเฉพาะในการจัดการทรัพยากรน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น ปริมาณน้ำฝนและความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้น DDSS ประกอบด้วยสามส่วนหลัก ระบบฐานข้อมูล (Database Management System) ที่เก็บข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เช่น ฝน ระดับน้ำ และการใช้น้ำ ระบบแบบจำลอง (Model Management System) ที่ใช้คณิตศาสตร์หรือสถิติเพื่อทำนายสถานการณ์ในอนาคต และระบบติดต่อผู้ใช้ (User Interface System) ที่ช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้ง่าย โดยการแสดงผลในรูปแบบที่เข้าใจง่าย เช่น กราฟหรือแผนที่. ข้อดีของ DDSS คือ ความยืดหยุ่นในการปรับตัวตามสถานการณ์ใหม่ การตัดสินใจที่มีข้อมูลรองรับ และการทำนายสถานการณ์ที่ไม่แน่นอน เช่น การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ในการบริหารจัดการน้ำ DDSS ช่วยให้สามารถปรับปรุงการตัดสินใจในการปล่อยน้ำให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง และทำการทำนายการปล่อยน้ำในกรณีเหตุการณ์พิเศษ เช่น น้ำท่วม หรือขาดแคลนน้ำ

4.1.1 ระบบจัดการฐานข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเตรียมนำเข้าแบบจำลองจำนวน 2 ชุดข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลสถิติน้ำไหลเข้าอ่างและสถิติน้ำไหลออกจากอ่างในอดีต การวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนในแบบจำลองนี้ได้ประยุกต์ใช้ฟังก์ชัน ความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function) สำหรับจำลองข้อมูลสุ่ม (Stochastic Data) เพื่อหาตัวแทนฟังก์ชันที่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูล โดยการหาพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมของ PDF จะทำผ่านอัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Algorithms) และการตรวจสอบความเหมาะสม (Goodness-of-fit) ตรวจสอบว่า ฟังก์ชัน PDF ที่ได้มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลจริงหรือไม่โดยใช้ดัชนีทาง สถิติที่ไม่อาศัยพารามิเตอร์ ได้แก่ Kolmogorov-Smirnov Statistic (K-S), Anderson-Darling Statistic (A-D), Chi-Square (χ^2 Test) ยิ่งค่าน้อย หมายความว่าฟังก์ชันมีความเหมาะสม [5]

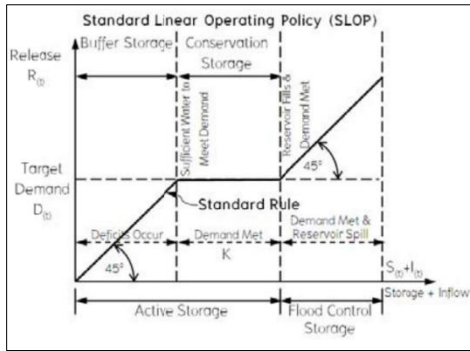
4.1.2 ระบบจัดการแบบจำลอง

แบบจำลองนี้สร้างขึ้นเพื่อบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยใช้หลักการอนุรักษ์มวลสาร (Mass Conservation) โดยมีสมการดังนี้

$$S(t+1) = S(t) + \sum I(t) - \sum R(t) \quad (1)$$

เมื่อ $S(t+1)$ คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเดือนหน้า $S(t)$ คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเดือนนี้ $\sum I(t)$ คือ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างทั้งหมด $\sum R(t)$ คือ ปริมาณน้ำไหลออกจากอ่างทั้งหมด

ซึ่งสมการจะถูกปรับใช้กับ “เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำมาตรฐาน (Standard Linear Operating Policy: SLOP)” แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำมาตรฐาน

โดยเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำมาตรฐานมีสมการดังนี้

$$R(t) = \begin{cases} D(t) + S(t) - S_{max} & S(t) \geq S_{max} + D(t) \\ D(t) & S_{max} + D(t) \geq S(t) \geq S_{min} \\ D(t) + S(t) - S_{min} & S_{max} > S(t) \geq S_{min} - D(t) \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

เมื่อ $R(t)$ คือ การปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ $S(t)$ คือปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ $D(t)$ คือ ความต้องการใช้น้ำ S_{max} คือ ความจุของน้ำในอ่างเก็บน้ำสูงสุด S_{min} คือ ความจุของน้ำในอ่างเก็บน้ำต่ำสุด [6]

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆให้เหมาะสม (Optimization Simulation) ในแบบจำลองได้วางวัตถุประสงค์ไว้หลากหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objectives) จึงจำเป็นต้องกำหนดข้อจำกัดไว้ 2 แบบ ได้แก่ ข้อจำกัดแบบเคร่งครัด (Hard Constraint) หมายถึงผลลัพธ์ต้องบรรลุวัตถุประสงค์ให้ได้ กับข้อจำกัดแบบอ่อนโยน (Soft Constraint) หมายถึงผลลัพธ์เข้าใกล้วัตถุประสงค์ให้ได้มากที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดกลุ่มคำตอบที่เป็นไปได้จำนวนมากจนไม่อาจตัดสินใจได้

การปรับเกณฑ์ปฏิบัติการมาตรฐาน (SLOP) ให้มีการยืดหยุ่นเพื่อใช้ในบางกรณีที่มีการใช้น้ำสูงกว่าน้ำต้นทุน (Shortage) และบางกรณีที่มีการใช้น้ำต่ำกว่าน้ำต้นทุน (Spillage) โดยเกณฑ์ที่ปรับดังกล่าว เรียกว่า Hedging Operational Policies (HOP) ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบยืดหยุ่น

โดยมีสมการดังนี้

$$R(t) = \begin{cases} D(t) + S(t) + Sp(t) - S_{max} & S(t) + Sp(t) \geq S_{max} + D(t) \\ D(t) + Sp(t) & S_{max} + D(t) + Sp(t) > S(t) \geq S_{min} \\ D(t) - Sh(t) & S_{max} + D(t) - Sh(t) > S(t) \geq S_{min} - D(t) \\ D(t) + S(t) - Sh(t) - S_{min} & S_{max} > S(t) \geq S_{min} - D(t) - Sh(t) \\ 0 - Sh(t) & \text{Otherwise, } R(t) > 0 \end{cases} \quad (3)$$

Hedging Policy เป็นการใช้ข้อมูลสังเคราะห์เชิงสุ่มทั้งค่าอุปทาน และค่าอุปสงค์ที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งทำให้เกิดการเกิดค่า Spillage ($Sp(t)$) และ Shortage ($Sh(t)$) ได้เสมอ หมายความว่าในบางช่วงเวลานั้นจะยอมให้มีการพร่องน้ำทิ้งได้ แม้จะมีปริมาณน้ำต้นทุนที่น้อยก็ตามเพื่อให้สามารถกระจายพื้นที่ในการเก็บน้ำในช่วงเวลาที่ต้องการลดความรุนแรงของน้ำหลาก ในขณะที่เดียวกันจะยอมให้มีการขาดน้ำได้แม้จะมีปริมาณน้ำต้นทุนที่มากเพียงพอก็ตามเพื่อกระจายการขาดน้ำให้มีความรุนแรงน้อยลง [6]

4.1.3 ระบบการจัดการติดต่อกับผู้ตัดสินใจ

ระบบจัดการติดต่อกับผู้ตัดสินใจมี 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ผู้ตัดสินใจมีบทบาททั้งในระบบการจัดการฐานข้อมูล และระบบการจัดการแบบจำลอง ระบบการติดต่อกับผู้ใช้จะมีความซับซ้อน เนื่องจากผู้ตัดสินใจต้องสามารถสังเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูลเก่าเพื่อสร้างข้อมูลใหม่และจัดการกับแบบจำลองที่ต้องผนวกการหาค่าความเหมาะสมเข้าไปเพิ่ม กรณีที่ผู้ตัดสินใจมีบทบาทเพียงการตีความผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ที่ได้จากระบบระบบติดต่อกับผู้ตัดสินใจจะง่ายขึ้นโดยผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์จะถูกแสดงในรูปของกราฟที่แสดงฟังก์ชันการกระจายตัวของข้อมูล เช่น Box-Whisker Plot ซึ่งแสดงถึง Interquartile Range (IQR) โดยมีระยะ 1.5 IQR ที่ด้านต่ำสุดและสูงสุดเพื่อแสดงข้อมูลการกระจายตัวของค่าความถี่ในข้อมูล ในกราฟ Box-Whisker Plot จะมีการแสดงค่า Probability of Exceedance ที่ 10% 25% 50% 75% และ 90% ซึ่งช่วยให้ผู้ตัดสินใจเห็นการกระจายตัวของข้อมูล [8] ได้อย่างชัดเจน เช่น การกระจายตัวของปริมาณน้ำท่าหรือการไหลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถตีความผลลัพธ์จากการจำลองได้อย่างแม่นยำและทำการตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น การแสดงผลด้วย Box-Whisker Plot จะเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถตีความผลลัพธ์จากระบบได้ง่ายขึ้น และสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพในสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอน [9]

4.2 การปรับตัวเชิงพลวัต

ความผันผวนในค่าของข้อมูลที่บันทึกได้จากช่วงเวลาที่ผ่านมา ทำให้เกิดฐานข้อมูลใหม่ขึ้นในทุกๆ เดือน และทุกๆ ปี ฐานข้อมูลใหม่เหล่านี้ได้สะท้อนถึงความผันผวนทั้งของสภาพภูมิอากาศอันส่งผลไปถึงปริมาณน้ำต้นทุน และกิจกรรมต่างๆในความต้องการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเป็นฐานข้อมูลที่มีความสำคัญในการกำหนดกฎการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำทั้งสิ้น ในกระบวนการปรับตัวเชิงพลวัตนั้นจำเป็นต้องอาศัยฐานข้อมูลใหม่ผนวกกับฐานข้อมูลเดิมเพื่อสร้างกฎใหม่ขึ้นมาในการบริหารน้ำที่จะต้องสอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงไปของธรรมชาติและพฤติกรรมการณ์น้ำ

4.3 การบริหารจัดการน้ำ

การบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำเป็นภารกิจที่เริ่มต้นตั้งแต่การคิดสร้างอ่างเก็บน้ำในอดีต โดย Rule Curve เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการควบคุมการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำให้มีความสมดุลกับความต้องการใช้น้ำทั้งในระยะสั้นและระยะยาว [8] การใช้ Rule Curve จะขึ้นอยู่กับการใช้ฐานข้อมูลในสองลักษณะ คือ ฐานข้อมูลแบบกำหนดเกณฑ์ (Deterministic)

และฐานข้อมูลแบบกำหนดตัวแปรสุ่ม (Stochastic) Deterministic Rule Curve มีข้อดีในเรื่องการสร้างที่ง่าย แต่หากมีความผันผวนสูงในข้อมูลที่น่าเข้ามาจะทำให้เส้นควบคุมห่างกันมาก ซึ่งอาจทำให้เกิดความสับสนในระหว่างการปฏิบัติความของน้ำในอ่างเก็บน้ำควรตั้งอยู่ที่ตำแหน่งใด อีกหนึ่งวิธีในการบริหารน้ำในอ่างเก็บน้ำคือการใช้ Stochastic Rule Curve หรือ Monte-Carlo Simulation ซึ่งใช้ตัวแปรสุ่มในการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากสถิติฐานข้อมูลที่มีจำนวนน้อย (Sample) แล้วทำการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ให้มีพฤติกรรมความผันผวนใกล้เคียงกับข้อมูลต้นแบบ ผลลัพธ์จากการจำลองนี้จะได้เส้นโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ที่ผ่านกระบวนการค้นหาความเหมาะสมที่สุดจากข้อมูลหลายชุด โดยกลุ่มเส้นโค้งที่มีความถี่มากที่สุด (Most Likely) [10]

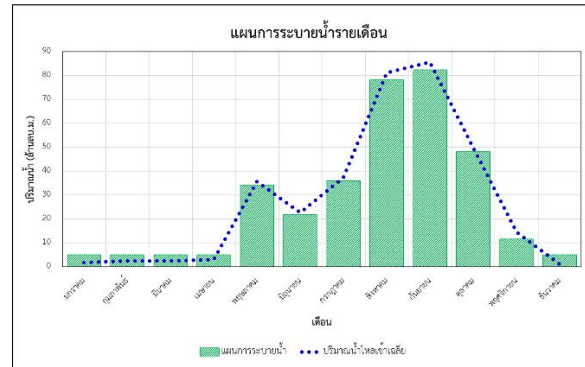
5. วิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองการสร้างเกณฑ์ปฏิบัติการ MLL ของคุณเอกวิทย์ [7] ที่ใช้ในการประเมินอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์โดยมีการปรับการคำนวณบางส่วนเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของกวันพะเยา

วิธีการศึกษาประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1.การนำเข้าข้อมูล ขั้นตอนนี้เป็นกรนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำท่าไหลเข้ากวันพะเยาเพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำระบายให้เหมาะสม 2. การกำหนดปริมาณเริ่มต้น (Initial Storage) เป็นการกำหนดปริมาณน้ำเริ่มต้นในกวันพะเยา โดยมีหลักการจากการนำปริมาณเก็บกักต่ำสุดรวมกับปริมาณที่ต้องระบายตามแผนการจัดสรรน้ำเพื่อให้มีน้ำเพียงพอสำหรับความต้องการน้ำ 3.การออกแบบเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ เมื่อได้ปริมาณน้ำไหลเข้าและแนวทางการระบายน้ำ ใช้ฟังก์ชันสำหรับการหาตัวแปรสุ่มเพื่อจำลองสถานการณ์ 30 ปี และหาเส้นโค้งของเหตุการณ์ที่มีความถี่มากที่สุดสำหรับการสร้างเส้นเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (MLL) 4.การสังเคราะห์น้ำท่าเพื่อใช้เป็นอีกหนึ่งเครื่องมือสำหรับการเลือกใช้เส้น MLL ในปีน้ำต่างๆ

5.1 การนำเข้าข้อมูล (Input Data)

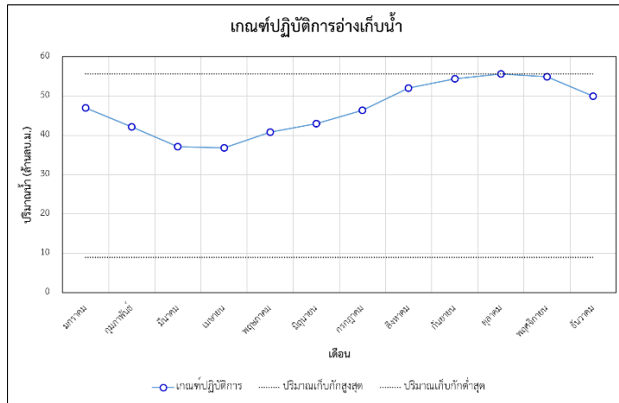
ข้อมูลสำหรับการนำเข้าได้แก่ ข้อมูลสถิติน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ โดยทดลองนำข้อมูลสถิติน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจำนวน 10 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2552-2562 ซึ่งครอบคลุมทั้งปีน้ำแล้งและปีน้ำมาก จากนั้นออกแบบรูปแบบการปล่อยน้ำโดยใช้หลักการอนุรักษ์มวลสาร (Mass Conservation) ดังสมการที่(1) และให้สอดคล้องกับแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน [11] หลังจากใส่ข้อมูลจะได้รูปแบบแผนการปล่อยน้ำที่มีความสอดคล้องกับปริมาณน้ำไหลเข้าและแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลเข้ากับแผนการปล่อยน้ำ

5.2 การกำหนดปริมาตรเริ่มต้น (Initial Storage)

ระบบการจัดการอ่างเก็บน้ำเป็นการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรน้ำเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานต่างๆ โดยมีปริมาตรเก็บกักที่สำคัญสามระดับ ได้แก่ ปริมาตรเก็บกักต่ำสุด ปริมาตรเก็บกักปกติ และปริมาตรเก็บกักสูงสุด ซึ่งแต่ละระดับมีความสำคัญในการบริหารจัดการน้ำภายในอ่างเก็บน้ำ ปริมาตรเก็บกักต่ำสุด คือระดับน้ำที่ต่ำที่สุดในอ่างเก็บน้ำซึ่งน้ำที่อยู่ในระดับนี้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากไม่สามารถปล่อยน้ำออกได้หรือใช้ในการเก็บน้ำเพื่อประโยชน์อื่นๆ ปริมาตรเก็บกักปกติ คือระดับน้ำที่อ่างเก็บน้ำสามารถใช้เพื่อการจัดสรรน้ำต่างๆ ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เช่น การใช้ในการเกษตรหรือผลิตน้ำประปา ส่วนปริมาตรเก็บกักสูงสุด คือระดับน้ำสูงสุดที่อ่างเก็บน้ำรองรับได้โดยไม่เกิดการล้น ในการกำหนด Initial Storage หรือปริมาณน้ำเริ่มต้นที่เหมาะสมในอ่างเก็บน้ำช่วยให้การบริหารจัดการน้ำสามารถทำได้มีประสิทธิภาพ โดยการกำหนดน้ำเริ่มต้นควรตั้งอยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยมีหลักการเบื้องต้นว่าให้น้ำปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุดรวมกับปริมาณน้ำระบายตามแผนการจัดสรรน้ำ ซึ่งในการศึกษานี้มีปริมาณน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 9 ล้านลบ.ม.และแผนการจัดสรรน้ำสำหรับท้ายน้ำในช่วงฤดูแล้งอยู่ที่ประมาณ 30 ล้านลบ.ม. [9] ดังนั้นจึงใช้ปริมาณน้ำเริ่มต้น (Initial Storage) เท่ากับ 40 ล้านลบ.ม.เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นจะได้ผลลัพธ์เป็น Operation Guideline ดังรูปที่ 9 ซึ่งมาจากการคำนวณโดยนำปริมาณน้ำเริ่มต้นบวกปริมาณน้ำไหลเข้าและลบออกด้วยปริมาณน้ำระบาย จากนั้นตรวจสอบไม่ให้ค่าเกินปริมาณเก็บกักสูงสุดและไม่ให้ต่ำกว่าปริมาณเก็บกักต่ำสุดโดยเส้นนี้จะนำไปสู่ผลของเส้นเกณฑ์ปฏิบัติการแบบกำหนดเกณฑ์ (Deterministic) ในกรณีปีน้ำต่างๆ



รูปที่ 9 เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเริ่มต้น

5.3 การออกแบบเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

การสร้างเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยมาจากรูปร่างข้อมูลแบบกำหนดเกณฑ์ (Deterministic) ผลลัพธ์ที่ได้ประกอบไปด้วย 3 เส้น ได้แก่ เส้นเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในป็น้ำมาก มาจากการคำนวณข้อมูลในป็น้ำมาก ซึ่งหมายถึงการคำนวณปริมาณน้ำที่สามารถเก็บได้ในช่วงที่มีฝนตกมากที่สุด หรือมีปริมาณน้ำท่ามาก เส้นเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในป็น้ำปกติ มาจากการคำนวณจากข้อมูลน้ำเฉลี่ยโดยคำนวณจากปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาหลายปีเพื่อให้สามารถจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงเวลาปกติ และเส้นเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในป็น้ำน้อยที่ได้มาจากการคำนวณจากข้อมูลปีน้ำน้อย ซึ่งสะท้อนถึงปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้ในช่วงที่มีปริมาณฝนตกน้อยหรือในช่วงที่มีการขาดแคลนน้ำ

การสร้างเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยมาจากรูปร่างข้อมูลแบบตัวแปรสุ่ม (Stochastic) โดยทำการสุ่มปริมาณน้ำไหลเข้าให้ครบรอบ 30 ปี โดยใช้สมการ Probability Density Function (PDF) แทนการแจกแจงข้อมูลรายเดือน และใช้กระบวนการ Monte Carlo Simulation เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนให้ใกล้เคียงกับข้อมูลต้นแบบ จากนั้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยการทดสอบ Goodness of Fit ได้ดำเนินการผ่าน Non-parametric statistics ได้แก่ Kolmogorov-Smirnov (K-S) Anderson-Darling (A-D) และ Chi-Square (χ^2) โดยเทคนิคนี้ได้ผ่านการตรวจสอบจากงานวิจัยของคุณเอกวิทย์ [7] จึงได้นำแบบจำลองมาสร้างเส้น Most Likely ที่แสดงถึงเส้นการจัดสรรน้ำที่สามารถปรับตัวให้เหมาะสมกับสถานการณ์ต่างๆ ของกวันพะเยาต่อไป

5.4 การสังเคราะห์น้ำท่ารายเดือน

การสังเคราะห์น้ำท่ารายเดือนเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือสำหรับช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้เกณฑ์ปฏิบัติการที่ได้ผลลัพธ์เป็นกรณีปีน้ำน้อย ปีน้ำปกติ และปีน้ำมาก โดยจะแบ่งช่วงการเลือกใช้เป็น Quartile ซึ่งวิเคราะห์จากปริมาณน้ำท่าสะสมในอดีต

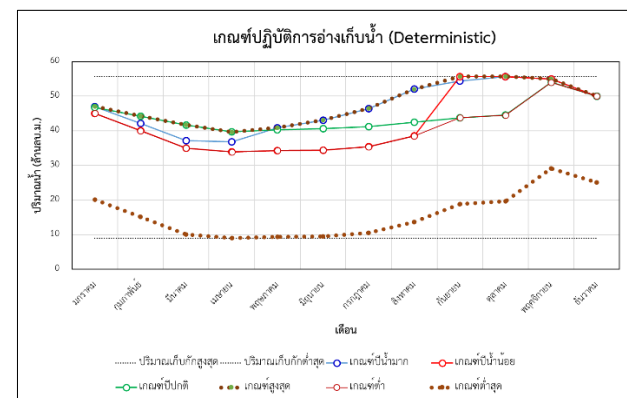
6. ผลการศึกษา

6.1 การออกแบบเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจากรูปร่างข้อมูลแบบกำหนดเกณฑ์ (Deterministic)

ผลการออกแบบเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยมาจากรูปร่างข้อมูลแบบกำหนดเกณฑ์ (Deterministic) แสดงผลเป็นเส้นเกณฑ์ 3 เส้น ได้แก่ เส้นเกณฑ์ในป็น้ำมาก ได้มาจากการใช้ข้อมูลในป็น้ำมากมาวิเคราะห์ เส้นเกณฑ์ในป็น้ำปกติ ได้จากการใช้ข้อมูลน้ำเฉลี่ยมาวิเคราะห์ และเส้นเกณฑ์ในป็น้ำน้อยมาจากการใช้ข้อมูลปีน้ำน้อยมาวิเคราะห์ โดยได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการออกแบบเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจากรูปร่างข้อมูลแบบกำหนดเกณฑ์ (Deterministic)

ผลเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (ล้านลบ.ม.)			
เดือน	ปีน้ำมาก	ปีน้ำปกติ	ปีน้ำน้อย
มกราคม	46.99	46.79	45.01
กุมภาพันธ์	42.17	44.23	40.01
มีนาคม	37.18	41.68	35.01
เมษายน	36.80	39.69	33.89
พฤษภาคม	40.88	40.24	34.27
มิถุนายน	43.05	40.59	34.43
กรกฎาคม	46.44	41.17	35.42
สิงหาคม	52.00	42.43	38.53
กันยายน	54.41	43.75	55.65
ตุลาคม	55.65	44.53	55.65
พฤศจิกายน	54.97	53.98	54.94
ธันวาคม	50.00	50.00	50.00



รูปที่ 10 กราฟแสดงผลการออกแบบเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจากรูปร่างข้อมูลแบบกำหนดเกณฑ์ (Deterministic)

ผลลัพธ์จากการออกแบบเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยอิงจากรูปร่างข้อมูลแบบกำหนดเกณฑ์ (Deterministic) ซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลในป็น้ำที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง ได้แก่ ปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย มาเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ พบว่าเส้นเกณฑ์ในแต่ละประเภทมีพฤติกรรมแตกต่างกันอย่างชัดเจนและสอดคล้องกับสถานการณ์น้ำของแต่ละปีดังรูปที่ 10

เส้นเกณฑ์ในป็น้ำมาก (Wet Year Guideline) มีลักษณะการวางแผนที่เน้นการระบายน้ำในช่วงต้นปี โดยเฉพาะตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน ซึ่งเป็นการเปิดพื้นที่ความจุของอ่างเก็บน้ำล่วงหน้า เพื่อรองรับน้ำไหลเข้า

ในช่วงฤดูฝนที่คาดว่าจะมีปริมาณสูง โดยเฉพาะในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคมที่มีน้ำสูงสุดถึง 55.65 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งสะท้อนถึงกลยุทธ์การบริหารจัดการน้ำที่เน้นลดความเสี่ยงจากการล้นอ่างในช่วงน้ำมาก

ในทางตรงกันข้าม เส้นเกณฑ์ในป็น้ำน้อย (Dry Year Guideline) มีระดับน้ำต่ำสุดในเดือนเมษายนที่ 33.89 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งสะท้อนถึงสภาวะขาดแคลนน้ำที่มักเกิดขึ้นในช่วงปลายฤดูแล้ง โดยเส้นเกณฑ์จะเน้นการกักเก็บน้ำมากขึ้นในช่วงกลางปี โดยเฉพาะเดือนสิงหาคมถึงกันยายน เพื่อรองรับความต้องการใช้น้ำในฤดูแล้งของปีถัดไป กลยุทธ์นี้แสดงถึงการบริหารจัดการที่เน้นการสร้างความมั่นคงด้านปริมาณน้ำระยะยาวภายใต้ข้อจำกัดของน้ำต้นทุนที่มีจำกัด

สำหรับเส้นเกณฑ์ในป็น้ำปกติ (Normal Year Guideline) มีลักษณะของการควบคุมระดับน้ำให้อยู่ในระดับคงที่และมั่นคงตลอดทั้งปีมากกว่าสองกรณีแรก โดยไม่เร่งระบายในช่วงต้นปีและไม่เร่งกักเก็บอย่างชัดเจนในช่วงปลายปี กลยุทธ์นี้แสดงถึงแนวทางที่สมดุล ซึ่งพยายามรักษาปริมาณน้ำให้เพียงพอสำหรับกิจกรรมการใช้น้ำทั่วไปทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยไม่เกิดความรุนแรงของสถานการณ์น้ำมากหรือน้ำน้อยเกินไป

จากผลการศึกษาทำให้มีแนวทางการบริหารจัดการน้ำตามสถานการณ์น้ำในแต่ละปีได้แก่ ป็น้ำมาก ป็น้ำปกติ และป็น้ำน้อย นอกจากนี้ยังสามารถสร้างเกณฑ์การบริหารจัดการน้ำได้ตามสถานการณ์การใช้น้ำที่เปลี่ยนไปในอนาคต ทันสถานการณ์

6.2 การจำลองสถานการณ์ต่อเนื่องจากฐานข้อมูลแบบตัวแปรสุ่ม (Stochastic) เพื่อศึกษาพฤติกรรมความไม่แน่นอน

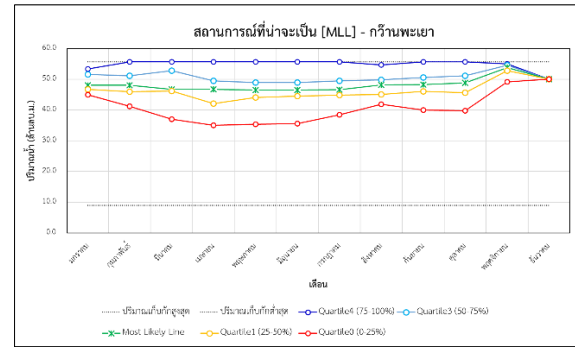
การสร้างเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในการศึกษานี้ได้เลือกใช้เทคนิคเส้นที่เป็นไปได้มากที่สุดในการวิเคราะห์เส้นเกณฑ์การจัดสรรน้ำเพื่อรองรับกับสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่า 30 ปีจากฐานข้อมูลตัวแปรสุ่ม (Stochastic) ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการออกแบบเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเชิงพลวัต (Dynamic Rule Curve)

ผลการออกแบบโดยใช้เทคนิค MLL (ล้านลบ.ม.)						
เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
MLL	46.41	47.11	46.05	46.28	46.66	47.60
Upper	53.29	55.11	55.65	55.65	55.65	55.65
Lower	45.00	42.33	37.33	37.79	38.11	39.67

ตารางที่ 2 ผลการออกแบบเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเชิงพลวัต (Dynamic Rule Curve) (ต่อ)

ผลการออกแบบโดยใช้เทคนิค MLL (ล้านลบ.ม.)						
เดือน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
MLL	48.30	49.14	50.22	50.98	53.60	50.00
Upper	55.65	55.65	55.65	55.65	55.00	50.00
Lower	39.78	38.33	37.72	37.51	49.19	50.00



รูปที่ 11 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์สถานการณ์ที่น่าจะเป็นจากฐานข้อมูลแบบตัวแปรสุ่ม (Stochastic)

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์สถานการณ์ที่น่าจะเป็น โดยใช้เทคนิคเส้นที่เป็นไปได้มากที่สุด (Most Likely Line: MLL) พบว่าเส้น MLL มีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะฤดูกาล โดยในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน เส้น MLL มีค่าค่อนข้างสูง ดังรูปที่ 11 ซึ่งสอดคล้องกับฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมาก ส่วนในช่วงฤดูแล้ง เช่น เดือนมีนาคมและเมษายน ค่าของเส้น MLL จะลดลง เนื่องจากเป็นช่วงที่ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างมีน้อยและมีความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้น

การใช้เทคนิค MLL ทำให้สามารถสร้างเส้นเกณฑ์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงที่มักเกิดขึ้นในอดีต โดยพิจารณาจากค่ากลางของการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลน้ำไหลเข้า ซึ่งช่วยลดอิทธิพลของข้อมูลสุดโต่งทั้งในป็น้ำมากและป็น้ำน้อย เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้นของสถานการณ์ที่น่าจะเป็นจึงนำเส้น MLL มาพลอตร่วมกับข้อมูลในลักษณะของ box plot ตามรูปที่ 12 จะพบว่าเส้น MLL มักอยู่บริเวณกลางของกล่องแสดงค่ากลาง (Median) หรือใกล้กับบริเวณที่ข้อมูลมีความหนาแน่นมากที่สุด ซึ่งหมายความว่าเส้นนี้สะท้อนสถานการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นบ่อยที่สุดได้อย่างเหมาะสม

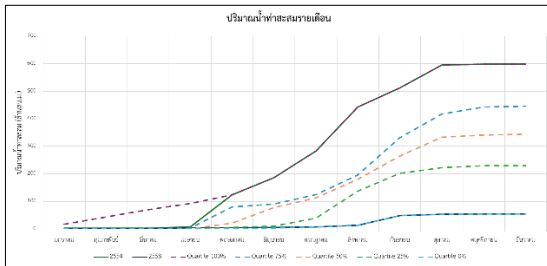


รูปที่ 12 กราฟ box-plot แสดงผลการวิเคราะห์สถานการณ์ที่น่าจะเป็นจากเทคนิค MLL

6.3 การสังเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเพื่อเลือกใช้เส้นเกณฑ์ในป็น้ำต่างๆ

การเลือกเส้นเกณฑ์ในป็น้ำที่แตกต่างกันจะใช้ปริมาณน้ำท่าสะสมเพื่อกำหนดเกณฑ์ในการเลือก วิเคราะห์จากปริมาณน้ำท่าสะสมย้อนหลังในอดีต โดยจะดูในแนวโน้มในช่วงต้นฤดูฝนหรือในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม โดยมีหลักเกณฑ์ว่าถ้าปริมาณน้ำท่าสะสมอยู่ในช่วง Quartile ที่ 0-25% ให้ใช้เส้นเกณฑ์ป็น้ำน้อย Quartile ที่ 75-100% ให้ใช้เส้นเกณฑ์ป็น้ำมาก

นอกเหนือจากนั้นในบริเวณ น้อย Quartile ที่ 50% ให้ใช้เป็นปีน้ำปกติ ยกตัวเช่น ปี 2554 พบว่าปริมาณน้ำท่าสะสมช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมอยู่ใน Quartile ที่ 75-100% ดังนั้นปีนี้จะเลือกใช้เกณฑ์ปีน้ำมาก และปี 2558 พบว่าปริมาณน้ำท่าสะสมช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมอยู่ใน Quartile ที่ 0-25% ดังนั้นปีนี้จะเลือกใช้เกณฑ์ปีน้ำน้อย ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 กราฟแสดงน้ำปริมาณท่าสะสมและเกณฑ์กำหนดปีน้ำที่เลือกใช้

6.4 ยกตัวอย่างกรณีศึกษา

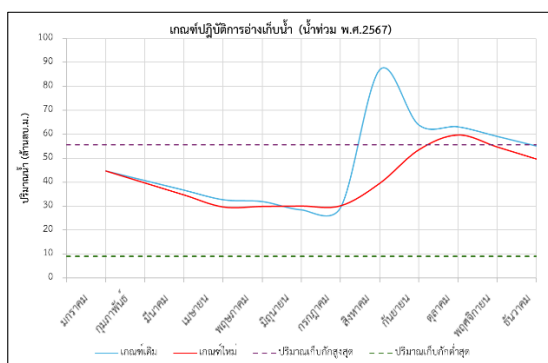
กรณีศึกษาที่นำเส้นเกณฑ์ปฏิบัติการนี้ไปประยุกต์ใช้ได้แก่ เหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2567 ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำในกว๊านพะเยาระหว่างเกณฑ์เส้นเดิมและเกณฑ์เส้นใหม่

ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำในกว๊านพะเยา (ล้านลบ.ม.)						
เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
เกณฑ์ใหม่	44.75	39.75	34.75	29.75	29.99	30.13
เกณฑ์เดิม	44.75	40.75	36.75	32.75	31.99	28.51
ปริมาณน้ำไหลเข้า	0.00	0.00	0.00	0.00	3.24	1.89

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำในกว๊านพะเยาระหว่างเกณฑ์เส้นเดิมและเกณฑ์เส้นใหม่ (ต่อ)

ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำในกว๊านพะเยา (ล้านลบ.ม.)						
เดือน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เกณฑ์ใหม่	30.25	39.61	53.59	59.75	54.75	49.75
เกณฑ์เดิม	29.54	87.03	63.95	63.21	59.21	55.21
ปริมาณน้ำไหลเข้า	1.62	125.16	187.05	82.33	0.00	0.00



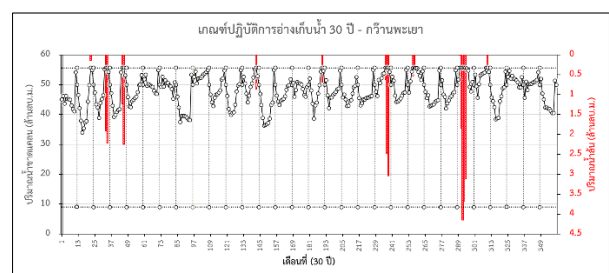
รูปที่ 14 การจำลองใช้เส้นเกณฑ์ปฏิบัติการกับเหตุการณ์น้ำท่วมจริง

เมื่อทำการทดลองนำเส้นเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (MLL) มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ. 2567 พบว่า เกณฑ์ดังกล่าวสามารถช่วยลดปริมาณน้ำล้นอ่างในกว๊านพะเยาหลังการระบายในเดือนสิงหาคมได้ถึง 47.42 ล้านลูกบาศก์เมตร และในเดือนตุลาคมสามารถลดปริมาณน้ำที่ต้องระบายลงได้อีก 3.46 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลจากการลดปริมาณน้ำที่ต้องระบายนี้ช่วยบรรเทาผลกระทบในพื้นที่ด้านท้ายน้ำได้ แต่อย่างไรก็ตามเกณฑ์ปฏิบัติการ (MLL) ยังคงปล่อยให้มีน้ำล้นในเดือนตุลาคมอยู่ที่ 4.10 ล้านลบ.ม. โดยเทียบจากปริมาณเก็บกักสูงสุดดังรูปที่ 14

7. สรุปผลการศึกษา

การออกแบบเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเชิงพลวัต (Dynamic Rule Curve) โดยใช้เทคนิคเส้นที่เป็นไปได้มากที่สุด (Most Likely Line: MLL) เป็นวิธีที่ช่วยให้การบริหารจัดการน้ำจากอ่างเก็บน้ำได้ จากการทดลองใช้เทคนิค MLL จำลองกับสถานการณ์น้ำในช่วง 30 ปี พบว่าในช่วงเวลา 30 ปี มีปริมาณน้ำที่ล้นออกจากกว๊านพะเยาจำนวน 17.74 ล้านลบ.ม. หรือมีเดือนที่น้ำล้นออกจากอ่างเก็บน้ำทั้งหมด 7 เดือนในช่วงระยะเวลา 30 ปี ดังรูปที่ 15 ทั้งนี้สาเหตุเกิดได้จากกว๊านพะเยามีลักษณะเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดกลางที่มีกรองรับปริมาณน้ำท่าไหลเข้าที่ค่อนข้างสูงและมีประสิทธิภาพการระบายที่จำกัดจึงทำให้น้ำเต็มปริมาณเก็บกักได้เร็ว

เมื่อนำผลลัพธ์ไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์จริงในกรณีศึกษาเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2567 พบว่าเกณฑ์ปฏิบัติการ (MLL) สามารถลดปริมาณน้ำท่วมได้จริงและลดปริมาณน้ำระบายที่ส่งผลกระทบต่อท้ายน้ำได้มากขึ้น ข้อดีที่สำคัญในงานวิจัยนี้ คือ Monte Carlo Simulation ที่สามารถสร้างชุดข้อมูลหลายชุดโดยครอบคลุมสถานการณ์หลากหลาย รวมถึงกรณีที่มีค่าผิดปกติหรือความผันผวนสูง เพื่อวิเคราะห์และค้นหาแนวโน้มหรือค่ากลางที่เหมาะสมที่สุด (Most Likely Line หรือ MLL)



รูปที่ 15 ปริมาณน้ำล้นรายเดือนในรอบ 30 ปี

8. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเชิงพลวัต (Dynamic Rule Curve) โดยใช้เทคนิคเส้นที่เป็นไปได้มากที่สุด (MLL) พบว่าเทคนิคนี้สามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจการบริหารจัดการน้ำในกว๊านพะเยาได้ในเบื้องต้น แต่ยังคงต้องพัฒนาและปรับปรุงเพิ่มเติมให้มีความแม่นยำและเป็นปัจจุบันของข้อมูลมากขึ้น ดังนั้น ข้อเสนอแนะในการพัฒนาเทคนิคนี้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นดังนี้

1) การพยากรณ์น้ำไหลเข้าจากข้อมูลฝน

การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าจากข้อมูลฝนควรได้รับการพัฒนาให้มีความแม่นยำมากขึ้น เพื่อให้สามารถคำนวณและปรับการจัดการน้ำได้ล่วงหน้า โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ที่ทันสมัย เช่น การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ หรือ การใช้โมเดลคาดการณ์ฝน (Rainfall Prediction Models) ที่สามารถคำนวณปริมาณฝนที่จะตกในอนาคต ซึ่งจะช่วยในการคำนวณปริมาณน้ำไหลเข้ามีความแม่นยำและสามารถปรับการระบายน้ำได้ทันทั้งนี้

2) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการตรวจสอบและควบคุม

การใช้ระบบการตรวจสอบน้ำอัจฉริยะ (Smart Water Monitoring Systems) เพื่อเก็บข้อมูลในเวลาจริงเกี่ยวกับระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและการไหลเข้าของน้ำ จะช่วยให้สามารถปรับแผนการระบายน้ำได้ทันที ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนหรือการล้นของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการชลประทานพะเยาโดยสำนักงานชลประทานที่ 2 กรมชลประทาน สำหรับข้อมูลกัวนพะเยา ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันของสถานีตรวจวัดในลุ่มน้ำอิง รายงานการศึกษาของกัวนพะเยา และรายงานสถานการณ์น้ำท่วมที่ผ่านมา และผู้วิจัยขอขอบคุณองค์การออกแฟม (Oxfam International) สำหรับเงินทุนสนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมประมง. (2547). งานศึกษาสำรวจ และออกแบบโครงการขุดลอกกัวนพะเยาและจัดทำประชาพิจารณ์ จังหวัดพะเยา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [2] โครงการชลประทานพะเยา. (2567). รายงานสถานการณ์อุทกภัยจังหวัดพะเยา พ.ศ.2567.พะเยา: สำนักงานชลประทานที่ 2
- [3] สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2565). รายงานแผนหลักการพัฒนาและฟื้นฟูกัวนพะเยา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] Andrew P. Sage. (1991). *Decision Support Systems Engineering*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [5] E. Jornpradit, S. Chittaladakorn. (2011). Optimal Identification and Parameter Estimation of Probability Density Function for Daily Rainfall by Evolutionary Algorithm. *The 1st EIT International Conference on Water Resources Engineering*. Thailand. (01): 203-213.
- [6] ประยูร เย็นใจ. (2562). การบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำลำปาวด้วยเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบพลวัต (Dynamic Operate Rule Curve). กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- [7] เอกวิทย์ จรประดิษฐ์ และสุวัฒนา จิตตลดากร (2555). กฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเชิงพลวัตโดยเส้นนำเป็นไปได้ดีที่สุด กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17*, อุดรธานี, 9-11 พฤษภาคม 2555, หน้า WRE004-1-WRE004-12.
- [8] Michael Frigge, David C. Hoaglin, Boris Iglewicz. (1989). Some Implementations of the Boxplot. *The American Statistician*. 43 (1): 50– 54
- [9] Kuiper E. (1965). *Water Resources Development*. Butterworths and Company Ltd., London.
- [10] ReVelle, C., and J. Gundelach. 1975. Linear decision rule in reservoir management and design. *Water Resources Research*. 11 (2). 197-203.
- [11] สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา. (2567). รายงานแผนการบริหารจัดการน้ำและการเพาะปลูกพืชฤดูแล้งในเขตชลประทาน. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.