การปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำของลุ่มน้ำแม่กลองบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือได้

(Reliability Based Multiple Reservoir System Operation for Mae Klong River Basin)

อารียา ฤทธิมา และ วราวุธ วุฒิวณิชย์[1]

(Areeya Rittima and Varawoot Vudhivanich)

บทคัดย่อ

ด้วยศักยภาพของปริมาณน้ำต้นทุนในลุ่มน้ำแม่กลองปัจจุบันที่มีอยู่ค่อนข้างสูง ทำให้หลาย ๆ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องวางแผนจะผันน้ำไปใช้ในลุ่มน้ำใกล้เคียง ตลอดจนใช้น้ำที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ส่งผลให้ปริมาณความต้องการน้ำคาดว่าจะเพิ่มขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้ แบบจำลองการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำ (Multiple reservoir Operation Model) และแบบจำลองความน่าเชื่อถือได้ของการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำ(Reliability Model) ในลุ่มน้ำแม่กลองถูกพัฒนาขึ้นมาโดยอาศัยข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยารายวันตั้งแต่ปี 2528-2547 โดยนำทฤษฎีการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ (Reliability Analysis) มาประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดสภาวะความล้มเหลวของระบบในเทอมของ Load และ Resistance 3 สภาวะได้แก่ สภาวะน้ำท่วม สภาวะการขาดน้ำ และสภาวะที่ระบบไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เต็มศักยภาพ ทั้งนี้เพื่อประเมินความน่าเชื่อถือได้ในการปฏิบัติงานในสภาวะปัจจุบัน ตลอดจนคาดการณ์ปริมาณน้ำต้นทุนที่ระบบสามารถตอบสนองได้สูงสุดภายใต้ความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้ ผลการศึกษาที่ได้พบว่าค่าความน่าเชื่อถือได้ (Reliability Indices, RI) ของการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำปัจจุบันอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดีกล่าวคือ 98.60%, 99.80-100% และ 73.60% ของทั้ง 3 สภาวะ ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่สามารถตอบสนองต่อความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นได้ประมาณ 35% ของปริมาณความต้องการน้ำปัจจุบันที่ค่าความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้ (Allowable Reliability) 95% หรืออาจกล่าวได้ว่าการยอมให้เกิดความเสี่ยงต่อการขาดน้ำเพิ่มขึ้นประมาณ 5% ทำให้สามารถนำน้ำไปใช้ในระบบได้ถึง 9,126 ล้าน ลบม.ต่อปี อย่างไรก็ตามหากนำวัตถุประสงค์เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้ามาร่วมพิจารณาในการคาดการณ์พบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณความต้องการน้ำมีผลต่อการลดลงของความน่าเชื่อถือได้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นหากกำหนดให้ค่าความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้ (Allowable Reliability) ในการผลิตไฟฟ้าได้เต็มศักยภาพเท่ากับ 70% ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่จะสามารถตอบสนองต่อความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นได้เพียงแค่ 1.22% ของปริมาณความต้องการน้ำปัจจุบันหรือคิดเป็น 6,813 ล้าน ลบม.ต่อปี

Abstract

In case of the high potential of water supply in Mae Klong river basin, many agencies planned to divert the available water supply to the nearby basin in order to make it more useful. The multiple reservoir operation model and reliability model of Mae Klong River Basin were developed by using the daily hydro-meteorological data from 1985 to 2004. The reliability concept was applied to classify the failure domain in term of load and resistance. The failure domain was considered into 3

[1] ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen , Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140.

modes namely flood mode, shortage mode and energy mode. The objective of this study was to evaluate the reliability indices and also to forecast the maximum water supply potential based on the allowable reliability. The result showed that the existing operation gave the good performance of 98.60%, 99.80-100% and 73.60% of reliability for mode 1, 2 and 3 respectively. Additionally, 35% of water requirement increment or 9,126 mcm./yr. could be satisfied at 95% of allowable reliability. The increment of water requirement effected on the reduction of reliability for the energy mode significantly. Therefore, at 70% of allowable reliability in regard to energy mode, only 1.22% of water requirement increment or 6,813 mcm./yr. was satisfied.

Key Words : Multiple Reservoir Operation, Reliability Concept.

email address : areeya_rit@hotmail.com

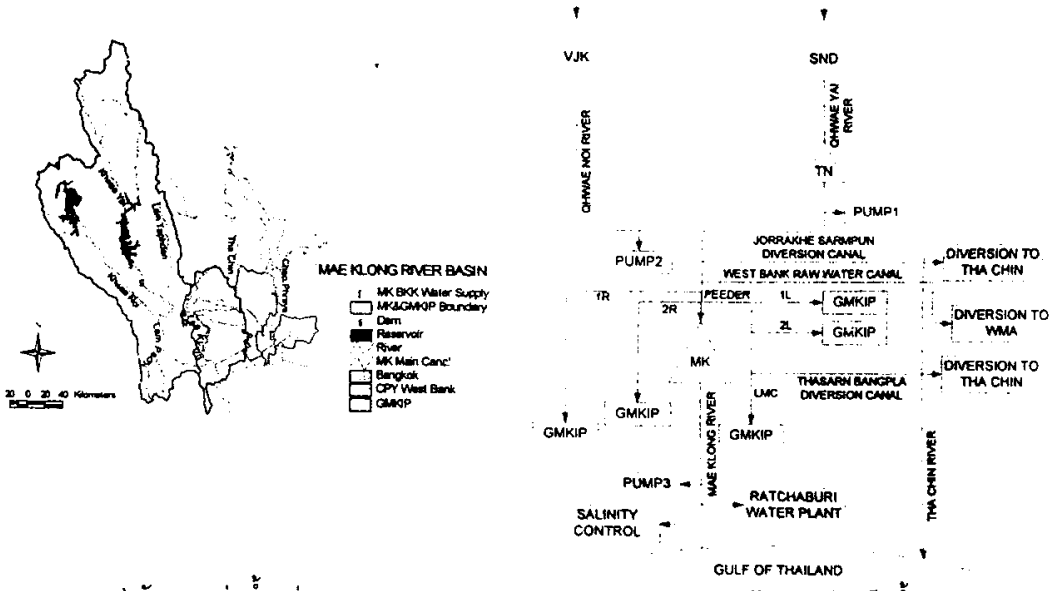
คำนำ

ผลจากสภาวะภูมิอากาศของโลกที่เปลี่ยนแปลงไป (Climate Change) อันเนื่องมาจากวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน นับได้ว่าเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดความไม่แน่นอนของกระบวนการทางอุทกวิทยา (Hydrology Uncertainty) ส่งผลให้การบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำเป็นงานที่ยุ่งยากและซับซ้อนมากยิ่งขึ้น บ่อยครั้งที่กระบวนการปฏิบัติงานต้องดำเนินการภายใต้สภาวะเสี่ยง (Risk) ที่จะประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง และปัญหาน้ำท่วมในช่วงสภาวะน้ำหลาก ขณะเดียวกันในยุคบริโภคนิยมปัจจุบันซึ่งการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมกำลังขยายตัวมากยิ่งขึ้น ทำให้ทรัพยากรน้ำถูกนำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ มากขึ้นเป็นลำดับ ดังนั้นการตอบสนองความต้องการให้ได้รับความพึงพอใจของทุกฝ่ายจึงเป็นไปได้ยากมากทั้งในแง่เวลาและปริมาณ แนวคิดการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้และความเสี่ยงของระบบ (Reliability Risk Concept) เพื่อประเมินพฤติกรรมของระบบอ่างเก็บน้ำในระหว่างช่วงเวลาของการปฏิบัติงานระยะยาว (Chow *et al.*, 1988; Koutsoyiannis, n.d.; Srdjevic and Obradovic, 1997) นับเป็นอีกหนึ่งกลยุทธ์ที่นิยมนำมาใช้งานเพื่อตอบคำถามในแง่ของประสิทธิผลของการดำเนินงานที่ปฏิบัติกันอยู่ว่าสัมฤทธิ์ผลดีแค่ไหน รวมถึงหาแนวทางในการวางแผนการจัดการน้ำให้เพียงพอกับปริมาณความต้องการที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้ก็เพื่อประเมินความน่าเชื่อถือได้ในการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำในสภาวะปัจจุบันของระบบ โดยได้พัฒนาแบบจำลองความน่าเชื่อถือได้ (Reliability Model) ของการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองตลอดจนคาดการณ์ปริมาณน้ำต้นทุนที่ระบบสามารถตอบสนองได้สูงสุดภายใต้ความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้

1.ลักษณะสำคัญของระบบลุ่มน้ำแม่กลอง

ลุ่มน้ำแม่กลองได้ถูกพัฒนาขึ้นเป็นลำดับตามแผนพัฒนาโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแม่กลองซึ่งเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี 2507 เป็นต้นมา ไม่ว่าจะเป็นการก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำขนาดใหญ่แบบอเนกประสงค์ได้แก่ เขื่อนศรีนครินทร์ (SND) และเขื่อนวชิราลงกรณ (VJK) ปิดกั้นลำน้ำแควใหญ่และแควน้อยตามลำดับ ควบคู่ไปกับการพัฒนาโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ชลประทานประมาณ 3 ล้านไร่ในปัจจุบัน การก่อสร้างเขื่อนทดน้ำแม่กลอง (MK) ปิดกั้นลำน้ำแม่กลองเพื่อทดน้ำที่ปล่อยมาจากเขื่อนศรีนครินทร์และวชิราลงกรณสำหรับส่งไปใช้ในกิจกรรมการใช้น้ำต่าง ๆ ทางตอนล่างของลุ่มน้ำ รวมถึงการก่อสร้างเขื่อนท่าทุ่งนา (TN) ทางตอนท้ายของเขื่อนศรีนครินทร์เพื่อช่วยเสริมการผลิตไฟฟ้าให้กับโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ ตลอดจน

ควบคุมปริมาณน้ำในลำน้ำแควใหญ่ทางด้านท้ายน้ำ ผลจากโครงการพัฒนาลุ่มน้ำทำให้ลุ่มน้ำแม่กลองเป็นลุ่มน้ำหลักที่มีส่วนสำคัญต่อศักยภาพการพัฒนาทั้งสภาพเศรษฐกิจและสังคมในภาคตะวันตกของประเทศไทยตลอดจนพื้นที่ใกล้เคียงในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างอีกด้วยดังแสดงในภาพที่ 1



a) ลักษณะลุ่มน้ำแม่กลอง b) แผนผังระบบอ่างเก็บน้ำ

ภาพที่ 1 ลุ่มน้ำแม่กลอง

แหล่งน้ำต้นทุนของระบบลุ่มน้ำแม่กลองมาจาก 2 แหล่งที่สำคัญคือปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสุทธิทั้งระบบ (Net Reservoir Inflow, NRI) และปริมาณ Side Flow (SF) รวมทั้งสิ้น 12,717 ล้าน ลบ.ม./ปี โดยแยกเป็นปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสุทธิเท่ากับ 9,936 ล้าน ลบ.ม./ปี และปริมาณ Side Flow ที่เขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ รวมเป็น 2,781 ล้าน ลบ.ม./ปี ในขณะที่ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมการต่าง ๆ โดยครอบคลุมถึงการอุปโภคบริโภค การชลประทาน การรักษาระบบนิเวศน์ทางด้านท้ายน้ำ การผลิตพลังงานไฟฟ้า และการผันข้ามลุ่มน้ำเพื่อบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำของลุ่มน้ำท่าจีนในช่วงฤดูแล้ง และผลิตน้ำดิบเพื่อการอุปโภคบริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล รวมทั้งสิ้นในปัจจุบัน 6,736 ล้าน ลบ.ม./ปี

2.ทฤษฎีความน่าเชื่อถือเชิงโครงสร้างกับงานด้านวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

ในงานทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างโดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะพิจารณาชิ้นส่วนของโครงสร้างโดยแยกเป็นสภาวะของแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง (Load, S) และกำลังของโครงสร้าง (Resistance, R) การที่แรงกระทำทั้งสองมีลักษณะเป็นตัวแปรสุ่ม (Random Variable) ทำให้มีโอกาสเกิดเหตุการณ์ที่กำลังของโครงสร้างน้อยกว่าแรงที่กระทำซึ่งทำให้เกิดการวิบัติ (Failure) ขึ้นได้ ดังนั้นทฤษฎีความน่าเชื่อถือเชิงโครงสร้าง (Structural Reliability) จึงถูกนำมาใช้วิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการวิบัติของโครงสร้าง พฤติกรรมการตอบสนองต่าง ๆ ของ

โครงสร้างในสภาวะที่ก่อให้เกิดการวิบัตินี้ สามารถนำมากำหนดเป็นฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัด (Limit State Function) ในเทอมของแรงที่กระทำและกำลังของโครงสร้างได้ดังนี้

$$Z = g(X) = R-S \qquad \text{----------1)}$$

ถ้า g(X)>0 โครงสร้างจะอยู่ในสภาวะปลอดภัย (Safe Mode) ในทางกลับกันหาก g(X)<0 โครงสร้างจะเกิดการวิบัติ (Failure Mode) และถ้าโครงสร้างอยู่ในสภาพสมดุลคือ g(X)=0 หรือเรียกได้ว่า "ผิวของการวิบัติ (Failure Surface)" ซึ่งก็คือ ฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัด (Limit State Function) นั่นเอง (Kijawatworrawet, 1998; Nowak and Collins, 2000)

ในทำนองเดียวกันงานวิศวกรรมทรัพยากรน้ำสามารถนำทฤษฎีความน่าเชื่อถือเชิงโครงสร้างมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ในการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำระยะยาวได้ โดยอาศัยแนวคิดความสัมพันธ์ของโครงสร้าง (Structure Related) เพื่อแยกองค์ประกอบของระบบที่พิจารณา ยกตัวอย่างเช่น ในระบบการจัดการน้ำต้นทุนนั้น ปริมาณความต้องการน้ำจะถูกกำหนดให้เป็น Load และปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่จะเป็น Resistance ของระบบ หรือแม้กระทั่งในการควบคุมภาวะน้ำท่วม ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างสุทธินั้นจะถือว่าเป็น Load ของระบบ ในขณะที่ปริมาตรสำรองเพื่อการป้องกันน้ำท่วมนั้นจะกำหนดให้เป็น Resistance เป็นต้น (Duckstein *et al.*, 1987) องค์ประกอบที่ได้จะถูกนำมากำหนดสภาวะความล้มเหลวของระบบ (Incident Mode/Failure Mode) สำหรับนำมาใช้ศึกษาความน่าเชื่อถือได้และความเสี่ยงในงานด้านวิศวกรรมทรัพยากรน้ำในลำดับไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1.รวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ศึกษาประกอบด้วยอุตุ-อุทกวิทยาของอ่างเก็บน้ำทั้งรายวันและรายเดือนตั้งแต่ปี 2528-2547 ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องในเบื้องต้นก่อนนำมาใช้งาน ได้แก่ ข้อมูลฝน ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ข้อมูลการระเหยและการรั่วซึม ข้อมูลกิจกรรมการใช้น้ำต่าง ๆ และการจัดสรรน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองซึ่งดำเนินงานภายใต้ความรับผิดชอบของสำนักชลประทานที่ 13 กรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตลอดจนข้อมูลกายภาพของอ่างเก็บน้ำ (Physical Reservoir Data) ที่จำเป็น

2.พัฒนาแบบจำลองการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำรายวัน ณ สถานการณ์ปัจจุบันและสถานการณ์น้ำในอนาคต

เป็นแบบจำลองที่เลียนแบบการปฏิบัติงานจริงรายวันของระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองตั้งแต่ปี 2528-2547 ทั้งนี้ได้กำหนดเงื่อนไขและปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้ใกล้เคียงและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุด ตลอดจนพัฒนาแบบจำลองการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำเมื่อปริมาณน้ำต้นทุนและปริมาณความต้องการน้ำผันแปรไปตามสถานการณ์น้ำในอนาคต ทั้งนี้เพื่อรองรับการพัฒนาที่มีแนวโน้มจะขยายตัวเพิ่มขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้

3.พัฒนาแบบจำลองความน่าเชื่อถือได้ในการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำ ณ สถานการณ์ปัจจุบัน และทดสอบผลของแบบจำลอง

แบบจำลองนี้จะพิจารณาโอกาสความน่าจะเป็นที่ระบบจะประสบความล้มเหลวจากสภาวะการขาดน้ำ (Shortage Mode) สภาวะน้ำท่วม (Flood Mode) และสภาวะที่ระบบไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เต็มศักยภาพตามแผนการผลิตในปัจจุบัน (Energy Mode) ประกอบกัน โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีความน่าเชื่อถือเชิงโครงสร้าง (Structural Reliability) เพื่อหาฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัด (Limit State Function) ของทั้ง 3 สภาวะ สำหรับนำมาหาค่าความน่าเชื่อถือได้ของการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำโดยเปรียบเทียบกับผลการปฏิบัติงานจริง

4.วิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือได้และศึกษาความสัมพันธ์กับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

นำผลการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์ข้างต้นมาทำการวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือได้และศึกษาความสัมพันธ์เมื่อข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสุทธิของอ่างเก็บน้ำ และสัดส่วนปริมาณความต้องการน้ำ (Demand Ratio) ผันแปรที่ค่าต่าง ๆ กันโดยครอบคลุมทั้งสถานการณ์จริงปัจจุบัน สถานการณ์ที่มีโอกาสเป็นไปได้และคาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

5.คาดการณ์ปริมาณน้ำต้นทุนสูงสุดที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของระบบได้

ทำการคาดการณ์ปริมาณน้ำต้นทุนที่ระบบลุ่มน้ำแม่กลองสามารถตอบสนองได้สูงสุดภายใต้ความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้

ผลการศึกษา

1.แนวคิดในการพัฒนาแบบจำลอง

1.1 แบบจำลองการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำรายวัน

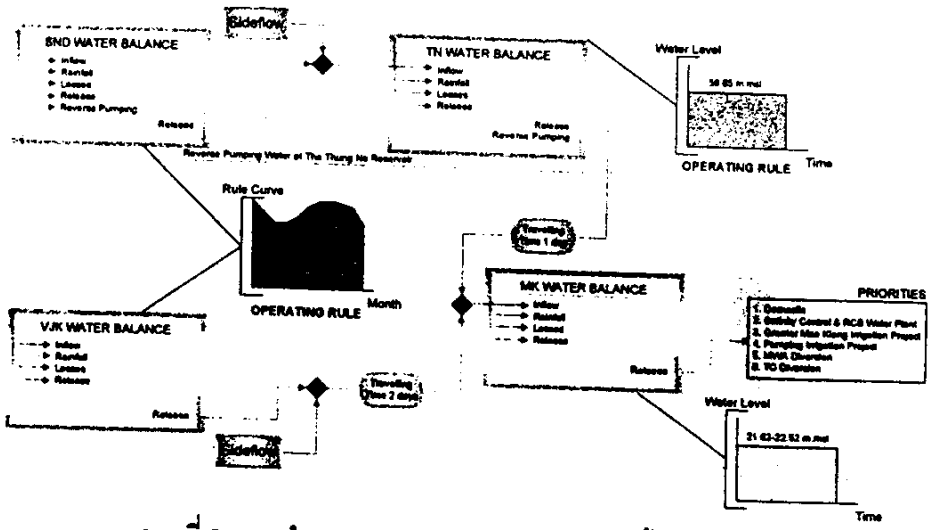
แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมานี้อาศัยหลักการวิเคราะห์สมดุลของน้ำ (Water Balance) ตามเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Operating Rule) ของแต่ละอ่าง และเพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำจริง การศึกษานี้ได้ใช้ Rule Curve เป็นเกณฑ์การปฏิบัติงานสำหรับอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และวชิราลงกรณ ในขณะที่เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำของเขื่อนท่าทุ่งนาและเขื่อนแม่กลองมีลักษณะคล้ายคลึงกัน กล่าวคือจะพยายามรักษาระดับน้ำเก็บกักที่ประมาณ 58.65 และ 22.50 ม.รทก. ตามลำดับ เนื่องจากลักษณะกายภาพของระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง ทำให้แนวทางการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์และวชิราลงกรณเป็นลักษณะของการปฏิบัติการเพื่อตอบสนองกับกิจกรรมการใช้น้ำทางตอนล่างของลุ่มน้ำร่วมกัน ดังนั้นจึงกำหนดโหมดของการปล่อยน้ำสำหรับใช้ในแบบจำลองดังนี้

1) โหมด 1 : ปล่อยน้ำผ่านทางระบายน้ำล้น (Spillway) ในส่วนของระดับน้ำที่เกินระดับเก็บกักปกติ (Normal High Water Level, NHWL) และปล่อยน้ำผ่านโรงไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อระดับน้ำสูงกว่าระดับ URC โดยพยายามรักษาระดับน้ำเมื่อเวลาเริ่มต้นให้อยู่ในระดับ URC ให้มากที่สุด

2) โหมด 2 : เมื่อระดับน้ำอยู่ระหว่าง LRC กับ URC และระหว่างระดับน้ำเก็บกักต่ำสุด (Minimum Water Level, MWL) กับ LRC จะปล่อยน้ำให้กับความต้องการใช้น้ำด้านต่าง ๆ ผ่านโรงไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยพิจารณาปล่อยน้ำร่วมกันระหว่างอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และวชิราลงกรณตามสัดส่วนการปล่อยน้ำที่ได้จากผลการวิเคราะห์

3) โหมด 3 : เมื่อระดับน้ำต่ำกว่าระดับเก็บกักต่ำสุด (Minimum Water Level, MWL) ไม่มีการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนศรีนครินทร์และ Side Flow บางส่วนจะกลายเป็นปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างของเขื่อนท่าทุ่งนา การตัดสินใจปล่อยน้ำจะอาศัยหลักการรักษาระดับน้ำหน้าเขื่อนให้คงที่โดยพยายามให้ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างสุทธิ (Net Inflow) เท่ากับปริมาณน้ำที่ออกจากอ่าง (Outflow) มากที่สุด น้ำจะถูกปล่อยผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้เขื่อนท่าทุ่งนายังมีลักษณะพิเศษคือมีระบบสูบน้ำกลับ (Reverse Pumping) ซึ่งสามารถนำน้ำกลับไปใช้ได้อีกครั้งที่เขื่อนศรีนครินทร์ ดังนั้นจึงได้พัฒนาแบบจำลองสูบน้ำกลับขึ้นมาเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในเบื้องต้นพบว่าการสูบกลับมีหลักเกณฑ์ไม่แน่นอนทั้งในแง่ของการเกิดเหตุการณ์และปริมาณน้ำที่สูบกลับ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์หาสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องพบว่าปริมาณน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนท่าทุ่งนามีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงกับปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากเขื่อนศรีนครินทร์โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.82 และปริมาณน้ำที่สูบกลับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนท่าทุ่งนา โดยมีสัดส่วนการสูบกลับอยู่ระหว่าง 0.07-0.52 ดังนั้นจึงได้ทำการสังเคราะห์ความถี่ของการเกิดเหตุการณ์ให้สอดคล้องตามข้อมูลการปฏิบัติงานจริงในแต่ละปี และนำผลการวิเคราะห์ข้างต้นมากำหนดหลักเกณฑ์การสูบน้ำกลับโดยเทียบจากสัดส่วนการสูบน้ำกลับกับปริมาณน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนท่าทุ่งนา ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนท่าทุ่งนาและวชิราลงกรณ รวมทั้ง Side Flow บางส่วนจะกลายเป็นปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างของเขื่อนแม่กลอง โดยมีระยะเวลาในการเดินทางของน้ำ (Travelling Time) ประมาณ 1 และ 2 วัน ตามลำดับ น้ำที่มีอยู่จะถูกจัดสรรไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ตามลำดับความสำคัญโดยคำนึงถึงผู้ที่เคยใช้น้ำอยู่ก่อน ตลอดจนพิจารณาจากสิทธิการใช้น้ำ (Water Right) ทั้งในลุ่มน้ำและนอกลุ่มน้ำตามลำดับดังนี้ การอุปโภคและบริโภค การรักษาระบบนิเวศน์ทางด้านท้ายน้ำ การชลประทานในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่และโครงการชลประทานประเภทสูบน้ำ การผลิตน้ำดิบที่โรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ และการผันน้ำเพื่อการชลประทานฤดูแล้งในลุ่มน้ำท่าจีน สำหรับรายละเอียดของแบบจำลองการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำของลุ่มน้ำแม่กลองที่กล่าวมาข้างต้นแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แบบจำลองการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำของลุ่มน้ำแม่กลอง

1.2 แบบจำลองความน่าเชื่อถือได้ในการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำ ณ สถานการณ์ปัจจุบัน

ในส่วนของรายละเอียดการพัฒนาแบบจำลองความน่าเชื่อถือได้จะครอบคลุม 5 ประเด็นหลักดังนี้

1) การพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของระบบเพื่อจัดหมวดหมู่ (Combination) ของตัวแปรสุ่ม

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของระบบจะถูกพิจารณาตามลำดับความสำคัญเพื่อจัดหมวดหมู่ (Combination) ของตัวแปรสุ่มในรูปแบบต่าง ๆ สำหรับเป็นข้อมูล Input ในการจำลองการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำ ในที่นี้ประกอบด้วย 5 ตัวแปรหลักได้แก่ X1, X2, X3, X4 และ X5 ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสุทธิ (Net Reservoir Inflow) ของเขื่อนศรีนครินทร์ วชิราลงกรณ ท่าทุ่งนา แม่กลอง และปริมาณความต้องการน้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ตามลำดับ นำค่าสัมประสิทธิ์ตัวคูณ (Coefficient) มาปรับค่าอนุกรมเวลาของข้อมูลจริงทั้ง 5 โดยอ้างอิงกับสถานการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริงของแต่ละตัวแปรสุ่มอย่างละ 3 ค่า ดังนั้น Combination ของตัวแปรสุ่มจึงมีจำนวนทั้งสิ้น 243 กลุ่ม

2) การจำลองการปฏิบัติงานของระบบอ่างเก็บน้ำ

ทำการจำลองการปฏิบัติงานของระบบอ่างเก็บน้ำรายวันที่มีการกำหนดสภาวะความล้มเหลวในเทอมของ Load และ Resistance โดยใช้ Combination ของตัวแปรสุ่มทั้ง 243 กลุ่มเป็นข้อมูล Input สำหรับสภาวะน้ำท่วม (Flood Mode) กำหนดให้ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนศรีนครินทร์ วชิราลงกรณ และแม่กลองจำนวน 3 จุดเป็น Load และความจุของลำน้ำแควใหญ่ แควน้อย และแม่กลองเป็น Resistance ของแต่ละจุด ตามลำดับ หากบริเวณจุดใดจุดหนึ่งมีปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำเกินความจุทางด้านท้ายลำน้ำแสดงว่าระบบกำลังประสบกับสภาวะน้ำท่วม ในขณะที่สภาวะการขาดน้ำ (Shortage Mode) ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับนำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของลุ่มน้ำแม่กลองจะถูกกำหนดให้เป็น Load และปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่กำหนดให้เป็น Resistance ในที่นี้ได้แบ่งออกเป็น 2 กรณีย่อยกล่าวคือ กรณีแรกปริมาณน้ำต้นทุนของระบบจะพิจารณาเฉพาะปริมาณน้ำเก็บกักที่มีอยู่ของเขื่อนศรีนครินทร์และวชิราลงกรณเท่านั้น สำหรับกรณีที่สองปริมาณน้ำต้นทุนของระบบจะรวมถึงปริมาณน้ำเก็บกักที่มีอยู่และปริมาณ Side Flow ทั้งหมดอีกด้วย สำหรับสภาวะที่ระบบไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เต็มศักยภาพตามแผนการผลิตในปัจจุบัน (Energy Mode) กำหนดให้ระดับน้ำที่ช่วงเวลาใด ๆ เป็น Load และระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำที่สามารถเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้เต็มที่เป็น Resistance สำหรับเกณฑ์การปฏิบัติงานและเงื่อนไขค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะเป็นไปในรูปแบบเดียวกันกับแบบจำลองการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำ ณ สถานการณ์ปัจจุบันของลุ่มน้ำแม่กลอง

3) การกำหนดค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (Allowable Risk)

ค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ถูกกำหนดขึ้นตามข้อกำหนดของการออกแบบในแต่ละสภาวะต่าง ๆ กล่าวคือ 3%, 5% และ 30% สำหรับสภาวะน้ำท่วม (Flood Mode) สภาวะการขาดน้ำ (Shortage Mode) และสภาวะที่ระบบไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เต็มศักยภาพตามแผนการผลิตในปัจจุบัน (Energy Mode) ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์หาฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัดในลำดับถัดไป ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองในขั้นตอนที่ 2 จะทำให้ทราบค่าความเสี่ยงในแต่ละ Combination ของตัวแปรสุ่ม จากนั้นจะคัดเลือก Combination ต่าง ๆ ของตัวแปรสุ่มที่สามารถจำลองการปฏิบัติงานแล้วให้ค่าความเสี่ยงในช่วงที่ยอมรับได้

4) การวิเคราะห์ฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัด (Limit State Function)

วิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (c) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล Combination ต่าง ๆ ของตัวแปรสุ่มที่ผ่านการคัดเลือกในขั้นตอนข้างต้นกับค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ทำการฟิตในลักษณะของสมการเชิงเส้นหลายตัวแปรโดยอาศัย Solver ใน Microsoft Excel มาช่วยในการคำนวณ จากนั้นกำหนดฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัด (g(x)) ในรูปของ $g(X)=\Delta-\{c1X1+c2X2+c3X3+c4X4+c5X5\}$ ซึ่งหมายถึงระบบอยู่ในสภาพสมดุลหรือ $g(x) = 0$ นั่นเอง โดยที่ Δ เป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ที่ถูกกำหนดขึ้นมาข้างต้น

5) การทดสอบความน่าเชื่อถือได้

ในลำดับสุดท้ายจะทดสอบความน่าเชื่อถือได้ของการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำ โดยทำการสังเคราะห์อนุกรมเวลาของตัวแปรสุ่มในฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัดทั้ง 5 ตัวแปรคือ X1, X2,...., X5 ให้มีการแจกแจงแบบ Gumbel เพื่อนำคุณสมบัติทางสถิติซึ่งในที่นี้คือค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่สังเคราะห์มาแทนค่าในฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัด หากค่าที่ได้เกินความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (Δ) ซึ่งหมายความว่า $g(X)<0$ แสดงว่าระบบอยู่ในสภาวะความล้มเหลว (Failure Mode) นั่นเอง จากนั้นทำซ้ำหลาย ๆ รอบในลักษณะของ Monte Carlo Experiment และตรวจสอบความถี่ที่ระบบประสบความล้มเหลวเพื่อประเมินค่าความน่าเชื่อถือได้ของระบบบนพื้นฐานของเวลา

ผลที่ได้จากแบบจำลองความน่าเชื่อถือได้ในการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำ ณ สถานการณ์ปัจจุบันจะเป็นค่าความน่าเชื่อถือได้ (Reliability) ของการปฏิบัติงานปัจจุบันซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิผลของการดำเนินงานว่าบรรลุผลดีแค่ไหน ค่าดังกล่าวจะถูกนำมาตรวจสอบกับค่าความน่าเชื่อถือได้ของการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำจริงจนกระทั่งได้ค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งแสดงว่าฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัดที่ถูกพัฒนาขึ้นมานั้นสามารถใช้เป็นตัวแทนในการประเมินประสิทธิผลของการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำปัจจุบันได้ หรืออาจกล่าวได้ว่าฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัดเป็นฟังก์ชันประเมินผลการปฏิบัติงานในรูปของค่าความน่าเชื่อถือที่ค่อนข้างง่ายและสะดวกต่อผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเสียเวลาทำการจำลองผลการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำใหม่หลาย ๆ ครั้งเพื่อประเมินดัชนีแสดงผลการปฏิบัติงานภายใต้สถานการณ์น้ำต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป เพียงแค่กำหนดคุณสมบัติทางสถิติของชุดตัวแปรสุ่มโดยครอบคลุมสถานภาพของน้ำต้นทุนและปริมาณความต้องการน้ำของระบบที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริงในปัจจุบันและอนาคต จากนั้นทดสอบความน่าเชื่อถือได้ในขั้นตอนที่ 5 โดยใช้ฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัดที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว ก็จะได้ค่าความน่าเชื่อถือได้ที่ต้องการ

2.ผลการจำลองการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำ ณ สถานการณ์ปัจจุบันและสถานการณ์น้ำในอนาคต

ผลลัพธ์ที่ได้การจำลองการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำจากแบบจำลองรายวัน จะถูกนำตรวจสอบกับผลการปฏิบัติงานจริงใน 3 องค์ประกอบหลักได้แก่ ปริมาณน้ำที่ปล่อยทั้งหมด (Total Release) พลังงานที่ผลิตได้เฉลี่ย (Average Energy) ปริมาณน้ำเก็บกักที่มีอยู่ของระบบหลังสิ้นสุดการจำลองระบบ (Available Storage) สำหรับในส่วนของปริมาณน้ำที่ปล่อยทั้งหมดจะครอบคลุมถึงปริมาณน้ำที่ปล่อยจากทั้ง 4 อ่าง ปริมาณน้ำสูบกลับ (Reverse Pumping) ปริมาณน้ำที่ปล่อยส่วนเกิน (Surplus Release) ตลอดจนปริมาณน้ำที่ปล่อยจากระบบอ่างเก็บน้ำทั้งหมดเทียบกับปริมาณความต้องการน้ำ พลังงานที่ผลิตได้ในที่นี้จะเป็นพลังงานที่ผลิตได้เฉลี่ยรายปีจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ วชิราลงกรณ และท่าทุ่งนา ตลอดช่วงเวลาของการจำลอง ในส่วนของปริมาณน้ำเก็บกักที่มีอยู่ของระบบหลังสิ้นสุดการจำลองระบบ จะพิจารณาเฉพาะอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และวชิราลงกรณซึ่งเป็นเขื่อนเก็บกักเท่านั้น

จากการประเมินสภาพการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองจริงรายวันตั้งแต่ปี 2528-2547 พบว่าปริมาณน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนศรีนครินทร์ทั้งหมดจะสูงกว่าเขื่อนวชิราลงกรณประมาณ 4% เมื่อตรวจสอบข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างสุทธิของเขื่อนศรีนครินทร์ซึ่งมีสัดส่วนต่ำกว่าเขื่อนวชิราลงกรณถึง 8% กับความสามารถในการเก็บกักน้ำไว้ใช้ได้มากกว่าเขื่อนวชิราลงกรณ์เกือบสองเท่า อาจกล่าวได้ว่าแนวทางการเพิ่มสัดส่วนการใช้น้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณให้มากขึ้นเพื่อลดผลกระทบของสภาวะน้ำท่วมตลอดจนเก็บกักน้ำไว้ใช้ในเขื่อนศรีนครินทร์ให้ได้มากที่สุด เป็นแนวทางการบริหารจัดการน้ำเชิงอนุรักษ์เพื่อนำน้ำไปใช้ประโยชน์ในระยะยาวต่อไป ผลการจำลองการปฏิบัติงานโดยใช้ Rule Curve ซึ่งทำการปรับปรุงในปี 2544 ล่าสุด เป็นเกณฑ์การปฏิบัติงานสำหรับเขื่อนศรีนครินทร์และวชิราลงกรณ สามารถตอบรับได้อย่างสอดคล้องตามแนวทางที่กล่าวมาข้างต้นกล่าวคือ สามารถเพิ่มสัดส่วนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนวชิราลงกรณขึ้น 1.64% และลดการปล่อยน้ำจากเขื่อนศรีนครินทร์ลงได้ถึง 1.67% โดยปริมาณน้ำที่ปล่อยทั้งหมดจากระบบน้อยกว่าการปฏิบัติงานจริงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังลดปริมาณน้ำส่วนเกิน (Surplus Release) ที่ปล่อยบริเวณท้ายเขื่อนแม่กลองได้ถึง 1.07% อีกด้วย โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดเฉลี่ยรายปีจะอยู่ที่ 2,017 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการปฏิบัติงานจริง และหลังจากสิ้นสุดการจำลองการปฏิบัติงาน ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของระบบมีค่าใกล้คียงกับสภาวะจริงของระบบ โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีสูงกว่าสภาวะจริงเล็กน้อย

เมื่อจำลองการปฏิบัติงานโดยปริมาณความต้องการน้ำเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้นประมาณ 25% จากสภาวะปัจจุบันพบว่า ระบบพยายามที่จะตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นให้ได้มากที่สุด โดยเพิ่มการปล่อยน้ำจากทั้งสองอ่างขึ้นประมาณ 14% ส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น 12% อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำต้นทุนของระบบที่เหลืออยู่หลังสิ้นสุดการจำลองจะน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะจริงของระบบ

3.แบบจำลองความน่าเชื่อถือได้ในการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำ ณ สถานการณ์ปัจจุบัน

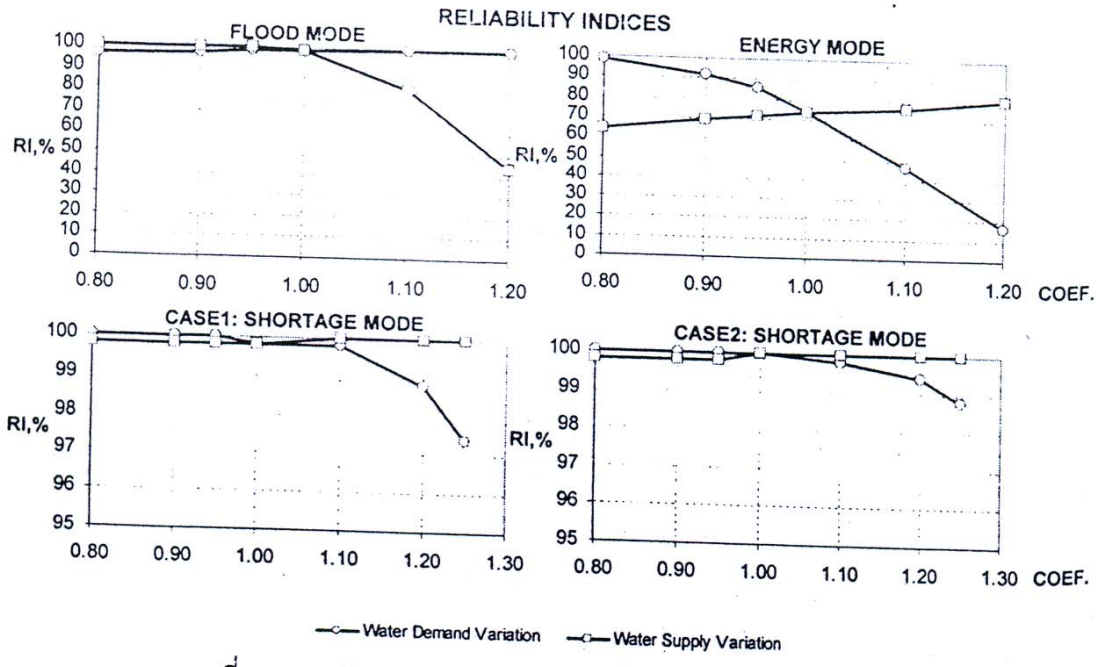
การที่องค์ประกอบของ Load และ Resistance ทั้งสองมีลักษณะเป็นตัวแปรสุ่มทำให้มีโอกาสเกิดเหตุการณ์ที่ Resistance น้อยกว่า Load อันจะทำให้ระบบประสบกับสภาวะความล้มเหลว พฤติกรรมการตอบสนองของระบบในสภาวะความล้มเหลวนี้ สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัด (Limit State Function) ในเทอมของ Load และ Resistance ในรูปของสมการเชิงเส้น เมื่อเปรียบเทียบค่าความน่าเชื่อถือได้ที่ได้จากการวิเคราะห์ฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัดกับประสิทธิผลของการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำจริงตั้งแต่ปี 2528-2547 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 สภาวะที่พิจารณากล่าวคือ 98.60% สำหรับสภาวะน้ำท่วม (Flood Mode) 99.80% และ 100% สำหรับสภาวะการขาดน้ำ (Shortage Mode) กรณีที่ 1 และ 2 และ 73.60% สำหรับสภาวะที่ระบบไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เต็มศักยภาพตามแผนการผลิตในปัจจุบัน (Energy Mode) ที่ปริมาณน้ำความต้องการน้ำปัจจุบัน 6,736 ล้าน ลบ.ม./ปี โดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนแตกต่างไปจากผลการปฏิบัติงานจริงค่อนข้างน้อยกล่าวคือ 0%, 0.12% และ 1.26% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าฟังก์ชันสภาวะขีดจำกัดที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ในการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำนี้มีความถูกต้องค่อนข้างสูง ตลอดจนง่ายและสะดวกรวดเร็วในการวิเคราะห์อีกด้วย

จากการประเมินผลค่าความน่าเชื่อถือของการปฏิบัติงานจริงของระบบลุ่มน้ำแม่กลองตามแนวทางของการศึกษานี้พบว่า ในปัจจุบันโอกาสที่ระบบจะประสบความล้มเหลวจากสภาวะน้ำท่วมมีค่อนข้างสูงกว่าสภาวะของการขาดน้ำ อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของความจุลำน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งลำน้ำแควน้อยซึ่งมีความยาว

ค่อนข้างมาก ทำให้มีปัญหาน้ำล้นตลิ่งเกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้งในหลาย ๆ จุดที่มีการเฝ้าระวัง รวมทั้งปริมาณน้ำต้นทุนของระบบที่มีค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับปริมาณความต้องการน้ำปัจจุบัน ทำให้โอกาสเกิดเหตุการณ์ที่ Resistance น้อยกว่า Load มีน้อยมากสำหรับสภาวะการขาดน้ำ ในส่วนของการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจะยึดตามเกณฑ์การปฏิบัติงานปัจจุบัน ซึ่งกำหนดให้วันทำการปกติมีการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าได้เต็มที่ ยกเว้นวันหยุดซึ่งการใช้งานไฟฟ้ามีสัดส่วนค่อนข้างน้อย

4.วิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือได้และศึกษาความสัมพันธ์กับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้เห็นแนวโน้มของค่าความน่าเชื่อถือได้ในการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองให้มีความชัดเจนและเป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น จึงได้ขยายผลการศึกษาโดยผันแปรข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสุทธิของอ่างเก็บน้ำและสัดส่วนปริมาณความต้องการน้ำ (Demand Ratio) ที่ค่าต่าง ๆ กันโดยครอบคลุมทั้ง 3 สภาวะ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณน้ำต้นทุนของระบบเพิ่มขึ้น โอกาสที่จะบริหารอ่างโดยปล่อยน้ำมากกว่าสภาวะปกติจะมีมากขึ้น ซึ่งหมายถึงโอกาสเสี่ยงที่ระบบจะประสบสภาวะน้ำท่วมมีมากขึ้นหรือความน่าเชื่อถือได้ในการปฏิบัติงานในสภาวะดังกล่าวลดลงนั่นเอง ในขณะเดียวกันการที่ปริมาณน้ำต้นทุนของระบบมีมากขึ้นนี้ ส่งผลให้การสนองตอบต่อปริมาณความต้องการน้ำสามารถทำได้ดีขึ้น โอกาสเสี่ยงที่จะเกิดการขาดน้ำจึงมีค่อนข้างน้อย นอกจากนี้ปริมาณน้ำต้นทุนของระบบที่เพิ่มขึ้นยังมีอิทธิพลโดยตรงต่อด้านศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นอีกด้วย เมื่อปริมาณความต้องการน้ำของระบบเพิ่มขึ้น ศักยภาพของปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ในปัจจุบันอาจไม่เพียงพอที่จะรองรับกับปริมาณความต้องการน้ำในส่วนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความน่าเชื่อถือได้จากสภาวะการขาดน้ำลดลง และด้วยเหตุที่ปริมาณความต้องการน้ำของระบบที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการเก็บกักน้ำไว้ในอ่างลดลง ส่งผลให้โอกาสเสี่ยงที่จะเกิดภาวะน้ำท่วมล้นตลิ่งจึงเกิดขึ้นได้น้อย นอกจากนี้ปริมาณน้ำต้นทุนของระบบที่ลดลงยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงเช่นเดียวกันดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความน่าเชื่อถือได้กับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

5.คาดการณ์ปริมาณน้ำต้นทุนสูงสุดที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของระบบได้

เนื่องจากวัตถุประสงค์เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของลุ่มน้ำแม่กลอง ถือได้ว่าเป็นผลพลอยได้จากการปล่อยน้ำให้กับความต้องการน้ำด้านต่าง ๆ ทางด้านท้ายน้ำ ขณะเดียวกันการเพิ่มขึ้นของปริมาณความต้องการน้ำไม่มีนัยสำคัญต่อการลดลงของค่าความน่าเชื่อถือได้จากสภาวะน้ำท่วม ดังนั้นจึงได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณีคือกรณีแรกไม่ได้วัตถุประสงค์เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้ามาร่วมพิจารณา แต่จะพิจารณาเฉพาะสภาวะการขาดน้ำเท่านั้นเพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำต้นทุนสูงสุดที่ระบบสามารถตอบสนองได้ที่ระดับความน่าเชื่อถือต่างๆ ในขณะที่กรณีที่สองความน่าเชื่อถือได้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เต็มศักยภาพเป็นส่วนสำคัญที่นำมาใช้ในการคาดการณ์ ผลการคาดการณ์แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การคาดการณ์ปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดที่ระบบสามารถตอบสนองได้

(I) Shortage Mode		(II) Energy Mode	
Reliability	Max. Water Requirement	Reliability	Max. Water Requirement
90%	9,766	50%	7,294
95%	9,126	60%	7,018
100%	6,398	70%	6,813

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำต้นทุนที่ระบบสามารถตอบสนองได้สูงสุดโดยไม่ประสบกับสภาวะการขาดน้ำจะอยู่ที่ 6,398 ล้าน ลบม.ต่อปี ซึ่งให้ค่าความน่าเชื่อถือได้ 100% ในขณะเดียวกันปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ปัจจุบันของลุ่มน้ำแม่กลองสามารถตอบสนองต่อความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นได้ประมาณ 35% ของปริมาณความต้องการน้ำปัจจุบันที่ค่าความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้ (Allowable Reliability) 95% หรืออาจกล่าวได้ว่าการยอมให้เกิดความเสี่ยงเพิ่มขึ้นประมาณ 5% ทำให้สามารถนำน้ำไปใช้ในระบบได้ถึง 9,126 ล้าน ลบม.ต่อปี อย่างไรก็ตามหากนำวัตถุประสงค์เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้ามาร่วมพิจารณาในการคาดการณ์พบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณความต้องการน้ำมีผลต่อการลดลงของความน่าเชื่อถือได้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นหากกำหนดให้ค่าความน่าเชื่อถือที่ยอมรับได้ (Allowable Reliability) ในการผลิตไฟฟ้าได้เต็มศักยภาพเท่ากับ 70% ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่จะสามารถตอบสนองต่อปริมาณความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นได้เพียงแค่ 1.22% หรือคิดเป็น 6,813 ล้าน ลบม.ต่อปี เท่านั้น

สรุปผลการศึกษา

สถานการณ์น้ำในลุ่มน้ำแม่กลองปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่ามีปริมาณน้ำต้นทุนเพียงพอที่จะรองรับปริมาณความต้องการใช้น้ำในด้านต่าง ๆ ถึงแม้อาจประสบสภาวะการขาดแคลนน้ำบ้างในช่วงฤดูแล้งที่ปริมาณน้ำต้นทุนของระบบมีน้อย อย่างไรก็ดีปริมาณน้ำต้นทุนของระบบในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณค่อนข้างสูงมาก ส่งผลให้หลายๆ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกำลังระดมแนวคิดที่จะผันน้ำจากลุ่มน้ำแม่กลองซึ่งมีปริมาณน้ำต้นทุนที่ค่อนข้างสูงนี้ไปใช้ประโยชน์ในบริเวณลุ่มน้ำใกล้เคียงตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 ดังนั้นศักยภาพของปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ในการสนองตอบต่อความต้องการที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับในอนาคตอันใกล้นี้ จึงเป็นประเด็นที่มีความสำคัญที่จะต้องตระหนักถึง แนวทางการปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือได้นับเป็นอีกกลยุทธ์หนึ่งที่สามารถตอบคำถามได้ว่าปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ในปัจจุบันของลุ่มน้ำแม่

กลองสามารถตอบสนองกับปริมาณความต้องการน้ำได้มากน้อยแค่ไหน โดยคำตอบตั้งอยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือได้ของระบบ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในการทำการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Chow, V. T., D. R. Maidement and L.W. Mays. 1988. Applied Hydrology. McGraw-Hill, New York.

Duckstein, L., E. J. Plate and M. Benedini. 1987. Water Engineering Reliability and Risk : A System Framework, Engineering Reliability and Risk in Water Resources. Applied Sciences. 124: 1-20.

Kijawatworawet, W. 1998. Method of Structural Reliability Analysis, pp. wk1-1-wk3-25. In Proc. Of the Workshop on Modification-Safety and Reliability of Structures. Bangkok.

Koutsoyiannis, D. n.d. Reliability Concepts in Reservoir Design. Department of Water Resources, Faculty of Civil Engineering, National Technical University, Athens. The Encyclopedia of Water. 17 p.

Nowak, A. S. and K. R. Collins. 2000. Reliability of Structures. McGraw-Hill Higher Education, Singapore.

Srdjevic, B. and D. Obradovic. 1997. Reliability-Risk in Agricultural Irrigation. International Workshop on Mathematical and Control Applications in Agriculture and Horticulture, Hannover, Germany.