

การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำโดยเกณฑ์แบบฟัซซี: กรณีศึกษาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์

Fuzzy Rule-Based Modelling for Reservoir Operation: Case Study of Pasak Jolasid Dam

ภาณุวัฒน์ ปิ่นทอง¹ เอกสิทธิ์ โสมิตสกุลชัย²

Panuwat Pinthong¹, Ekasit Kositsakulchai²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์แบบฟัซซีในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำโดยเลือกเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์เป็นกรณีศึกษาซึ่งแบบจำลองประกอบด้วย ส่วนการจำลองลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ และส่วนกระบวนการตัดสินใจปล่อยน้ำจากอ่างโดยใช้เกณฑ์แบบฟัซซี การตัดสินใจปล่อยน้ำใช้ฟัซซีสวิตช์ในการเลือกโหมดการปล่อยน้ำคือ โหมดการควบคุมน้ำท่วมจะปล่อยตามปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และโหมดการส่งน้ำจะปล่อยตามความต้องการใช้น้ำ โดยตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจปล่อยน้ำประกอบด้วย ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง การตรวจสอบแบบจำลองโดยการจำลองสถานการณ์ของปี พ.ศ.2543 ถึง 2545 เพื่อเปรียบเทียบผลของแบบจำลองฟัซซี กับผลการปฏิบัติงานจริง พบว่าแบบจำลองฟัซซี มีการตัดสินใจปล่อยน้ำที่สมเหตุผลและมีความเหมาะสม และจากการจำลองสถานการณ์สมมุติตั้งแต่ปี พ.ศ.2517 ถึง 2545 โดยการปรับระดับเก็บกักน้ำปกติสูงขึ้นพบว่าสมรรถนะของระบบด้านการส่งน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมมากขึ้น ขณะที่การสมมุติให้ปริมาณความต้องการใช้น้ำลดลงสามารถปรับปรุงสมรรถนะของระบบให้ดีขึ้นซึ่งเห็นได้ว่าความต้องการใช้น้ำมีมากกว่าความจุของอ่างเก็บน้ำ

ABSTRACT

This research applied the Fuzzy Set Theory in modelling of Pasak Jolasid reservoir operation. The model composed of two main components: simulation of reservoir storage using water balance and simulation of decision process for reservoir release using fuzzy rules. A fuzzy switch control the modes of reservoir operation for water supply mode according to demand and for flood protection mode according to inflow. The decision variables in the fuzzy model include reservoir inflows and storage states. The model was validated (year 2000 to 2002) by comparing the simulation results with the recorded operation data. It was found that the fuzzy model presents better performance both in water supply and in flood protection. Various scenarios were tested using daily inflow data between 1975 and 2002. The rising of normal high water level can improve the operation performance in water supply, but increasing flooding risk. The operation performance of Pasak Jolasid reservoir appeared better, when water demand was decreased. This situation indicates that water demand is greater than the Pasak Jolasid reservoir capability.

หมดอายุวันที่ 26-05-2565

Key words: Fuzzy logic, Reservoir operation, Pasak Jolasid, Modelling.

P.Pinthong: pwpt@kmitnb.ac.th

¹ภาควิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กทม. 10800

Department of Teacher Training in Civil Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

²ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (กำแพงแสน) นครปฐม 73140

Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University (Kamphaeng Saen) Nakhon Pathom 73140

1. คำนำ

ในการจัดการน้ำจะต้องพิจารณาถึงแหล่งน้ำต้นทุน และความต้องการน้ำ โดยจะต้องจัดสรรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งจากสภาพของแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่มีอยู่ไม่เพียงพอ และมีปริมาณน้ำที่ไม่แน่นอนจึงต้องสร้างอ่างเก็บน้ำขึ้นมาเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการในช่วงเวลาที่ขาดแคลน การพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้สำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำที่นิยมใช้โดยทั่วไปมี 2 ลักษณะคือ การหาค่าความเหมาะสมที่สุด และการจำลองระบบ ซึ่งในการจัดการอ่างเก็บน้ำให้มีประสิทธิภาพนั้นทำได้ยาก เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจปล่อยน้ำ

การนำทฤษฎีฟัซซีเซตมาใช้ในแบบจำลองสำหรับการตัดสินใจในการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเป็นแนวทางใหม่ที่สามารถเข้าใจได้ไม่ยากนัก ใช้ได้กับข้อมูลที่กำหนดให้เป็นตัวเลขที่แน่นอนได้ยาก โดยแบบจำลองใช้เกณฑ์หรือเงื่อนไขแบบฟัซซีแทนฟังก์ชันที่มีความซับซ้อนไม่เป็นเชิงเส้น และสร้างจากประสบการณ์ความชำนาญของผู้เชี่ยวชาญ กำหนดตัวแปรในรูปแบบภาษา เช่น มาก น้อย ปานกลางได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำหลักการของฟัซซีลอจิกมาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อช่วยในการตัดสินใจปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ โดยเลือกอ่างเก็บน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์เป็นกรณีศึกษา

2. แนวคิดของฟัซซี

ฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในการให้เหตุผลโดยเลียนแบบวิธีการคิดของมนุษย์ ฟัซซีลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกศาสตร์แบบเดิม (Boolean logic) คือเป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (Partial true) หรือโทนเทา (Grays) โดยค่าของความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (Completely true) กับเท็จ (Completely false) ส่วนในตรรกศาสตร์แบบเดิมจะมีค่าเป็น จริงกับเท็จ หรือ ขาวกับดำ เท่านั้น

ฟัซซีเซต (Fuzzy set) เป็นเซตที่สมาชิกในเซตมีค่าความเป็นสมาชิกได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 ส่วนในเซตแบบเดิม (Classical set) สมาชิกในเซตจะมีค่าความเป็นสมาชิกเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น

2.1. ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ใช้ ซึ่งลักษณะและรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกนั้นสามารถสร้างขึ้นจากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ หรือจากหลักตรรกศาสตร์เพื่อให้มีช่วงที่เหมาะสม และครอบคลุมข้อมูลทั้งหมดที่พิจารณาโดยกำหนดให้มีการซ้อนทับกันได้ และสามารถปรับเปลี่ยนแก้ไขเพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการดำเนินการของระบบ

2.2. กระบวนการควบคุมการตัดสินใจแบบฟัซซี

หมดอายุวันที่ 26-05-2565

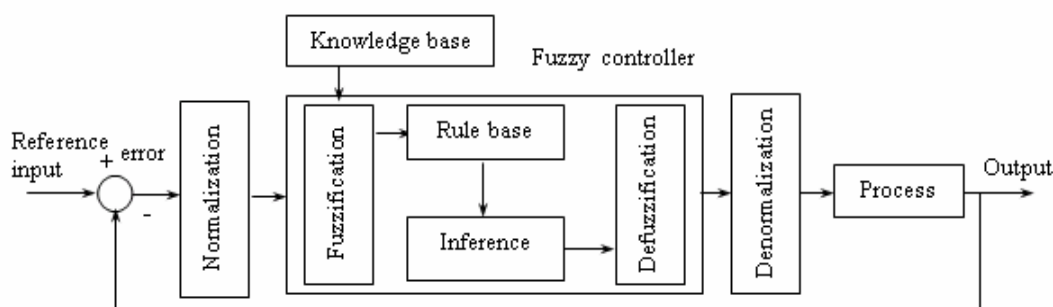
กระบวนการควบคุมการตัดสินใจแบบฟัซซีแสดงดังภาพที่ 1 ประกอบด้วย

1. กระบวนการฟัซซีฟิเคชัน (Fuzzification) เป็นกระบวนการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ใช้ โดยการแทนตัวแปรแบบฟัซซีด้วยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

2. ฐานความรู้ (Knowledge base) ใช้ในการแบ่งช่วง และกำหนดรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ใช้ ตลอดจนเงื่อนไขหรือกฎต่าง ๆ ที่ใช้ในการตัดสินใจ

3. กฎพื้นฐาน (Rule-base) เป็นการแปลงการเรียนรู้ของมนุษย์ไปยังวิธีการโดยใช้การแสดงผลและผลซึ่งอยู่ในรูปของตัวแปรภาษา (Linguistic variables) โดยการผสมโครงสร้างของกฎพื้นฐานคือ IF Premise

(antecedent), THEN Conclusion (consequent) เช่น IF Storage high and Inflow normal THEN Release slightly more เป็นต้น



ภาพที่ 1 กระบวนการควบคุมการตัดสินใจแบบฟัซซี่ (ภาณุวัฒน์, 2546)

4. กระบวนการตัดสินใจ (Decision-making logic) กระบวนการตัดสินใจใช้การดำเนินการเชื่อมต่อแบบ AND, OR จากนั้นใช้การอนุมานในกรณีที่มีกฎพื้นฐานมากกว่า 1 ข้อขึ้นไปโดยจะต้องรวมกฎเข้าด้วยกัน (Aggregation) จากนั้นใช้ดีฟัซซี่ฟิเคชันในการหาค่า output ของระบบซึ่งวิธีการอนุมานมี 2 แบบ (Ross, 1995) คือ (1) Max-Min method และ (2) Max-Product method

5. กระบวนการดีฟัซซี่ฟิเคชัน (Defuzzification) เป็นกระบวนการแปลงผลการตัดสินใจแบบฟัซซี่ให้เป็นตัวเลข ซึ่งสามารถใช้ union logical ของ 2 ฟัซซี่เซตหรือมากกว่าได้โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของผลลัพธ์ โดยวิธีที่ได้รับความนิยมเช่น Max-membership principle, Centroid method, และ Weighted average method.

3. อุปกรณ์ ข้อมูลที่ใช้ และวิธีการดำเนินงานวิจัย

1. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องใช้ในแบบจำลองได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณน้ำฝนและการระเหยของอ่างเก็บน้ำ ปริมาณการไหลสูงสุดที่ลำน้ำด้านท้ายอ่างจะรับได้ และลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ

2. การสร้างแบบจำลองลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ และแบบจำลองกระบวนการตัดสินใจปล่อยน้ำโดยเกณฑ์แบบฟัซซี่ใช้โปรแกรม MATLAB ที่มีชุดเครื่องมือของ Fuzzy logic และ Simulink จากนั้นทำการปรับเทียบแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลรายวันของปี พ.ศ. 2543 ถึง 2545 และประเมินสมรรถนะของระบบการจัดการอ่างเก็บน้ำในด้านการส่งน้ำ และการควบคุมน้ำท่วม

3. การใช้งานของแบบจำลองใช้ข้อมูลรายวันต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517 ถึง 2545 จำลองสถานการณ์โดยกำหนดให้เป็นสถานการณ์อ้างอิง และหารูปแบบที่ความเหมาะสมในการจัดการอ่างเก็บน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์จากการจำลองสถานการณ์สมมุติโดยพิจารณาการปรับระดับเก็บกักปกติ และพิจารณาการปรับความต้องการใช้น้ำชลประทาน

4. ลักษณะทางกายภาพ และสภาพการใช้น้ำจากเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์

ลุ่มน้ำป่าสักอยู่ทางทิศตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา (ภาพที่ 2) มีพื้นที่ระบายน้ำ 14,520 ตร.กม. ปริมาณฝนทั้งปีเฉลี่ยเท่ากับ 1,115 มม. ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยทั้งปีของสถานี S.9 อ.แก่งคอย จ.สระบุรี เท่ากับ 2,450 ล้าน ลบ.ม ซึ่งมีพื้นที่ระบายน้ำ 14,374 ตร.กม โดยในช่วงเดือน มิ.ย. ถึง พ.ย. มีปริมาณน้ำท่ามากกว่าร้อยละ 90 และในช่วงเดือน ธ.ค. ถึง พ.ค. มีปริมาณน้ำท้าน้อยกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำท่ารายปี

ภาพที่ 2 ลักษณะของกลุ่มน้ำป่าสัก

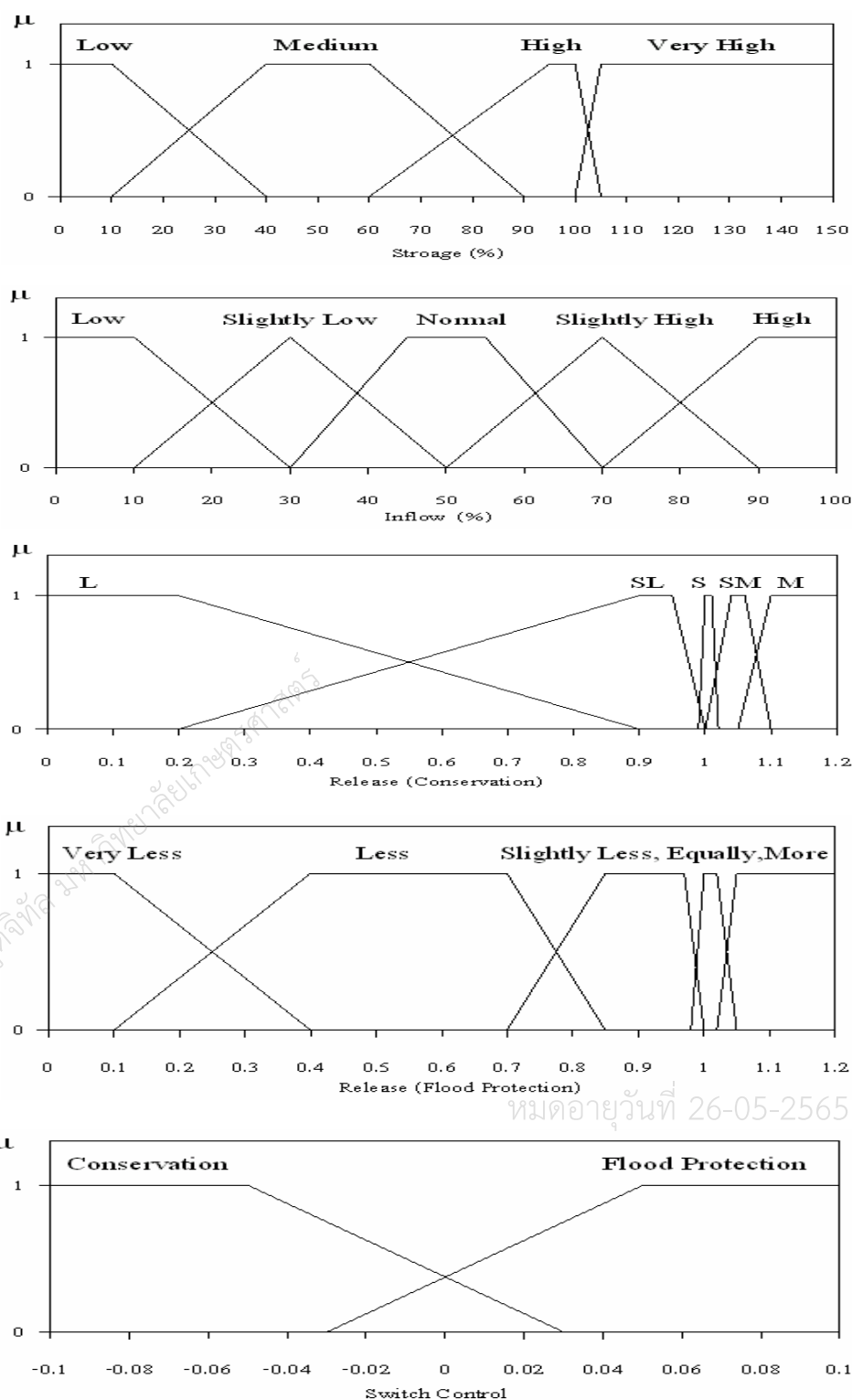
ความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม)	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
1.การชลประทาน	64.9	141.9	84.7	143.2	24.9	95.5	261.1	384.9	229.1	101.8	79.4	24.0	1635.4
2.การอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม	4.0	3.8	4.0	3.9	4.0	3.9	4.0	4.0	3.9	4.0	3.9	4.0	47.4
3.รักษาระบบนิเวศ	13.4	12.5	13.4	13.0	13.4	13.0	-	-	-	-	-	-	78.7
รวมทั้งหมด	82.3	158.2	102.1	160.1	42.3	112.4	265.1	388.9	233.0	105.8	83.3	28.0	1761.5

5. ผลและวิจารณ์

5.1. ตัวแปรที่ใช้ และเกณฑ์แบบฟัซซี่ในแบบจำลอง

ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจปล่อยน้ำคือ สถานะของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำที่จะปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำเพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้น้ำ (Demand) และเพื่อการควบคุมน้ำท่วม (Flood protection) โดยการแทนตัวแปรเหล่านี้ด้วยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function, MF) ดังภาพที่ 3 แสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ใช้ กับระดับความเป็นสมาชิก (μ)

การให้เหตุผลแบบจำลองฟuzzyที่ใช้กฎพื้นฐาน IF-THEN ประกอบด้วย 3 ส่วนซึ่งแต่ละส่วนมีตัวแปรอินพุตเหมือนกันคือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ส่วนตัวแปรเอาต์พุตคือ ส่วนที่ใช้ฟuzzyควบคุมสวิตช์ ส่วนที่ใช้ฟuzzyตัดสินใจปล่อยน้ำตามความต้องการและส่วนที่ใช้ฟuzzyตัดสินใจปล่อยน้ำเพื่อการควบคุมน้ำท่วม เช่น IF Storage Low and Inflow Low THEN (switch to) Conservation, IF Storage Medium and Inflow Slightly low THEN Satisfy (release for conservation) เป็นต้น



ภาพที่ 3 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง

5.2. แบบจำลองโดยใช้เกณฑ์แบบฟัซซีสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำ

การสร้างแบบจำลองสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำโดยเกณฑ์แบบฟัซซี เป็นการจำลองระบบแบบพลวัต (Dynamic system simulation) และใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตในการตัดสินใจปล่อยน้ำแสดงดังภาพที่ 4 ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วนคือ

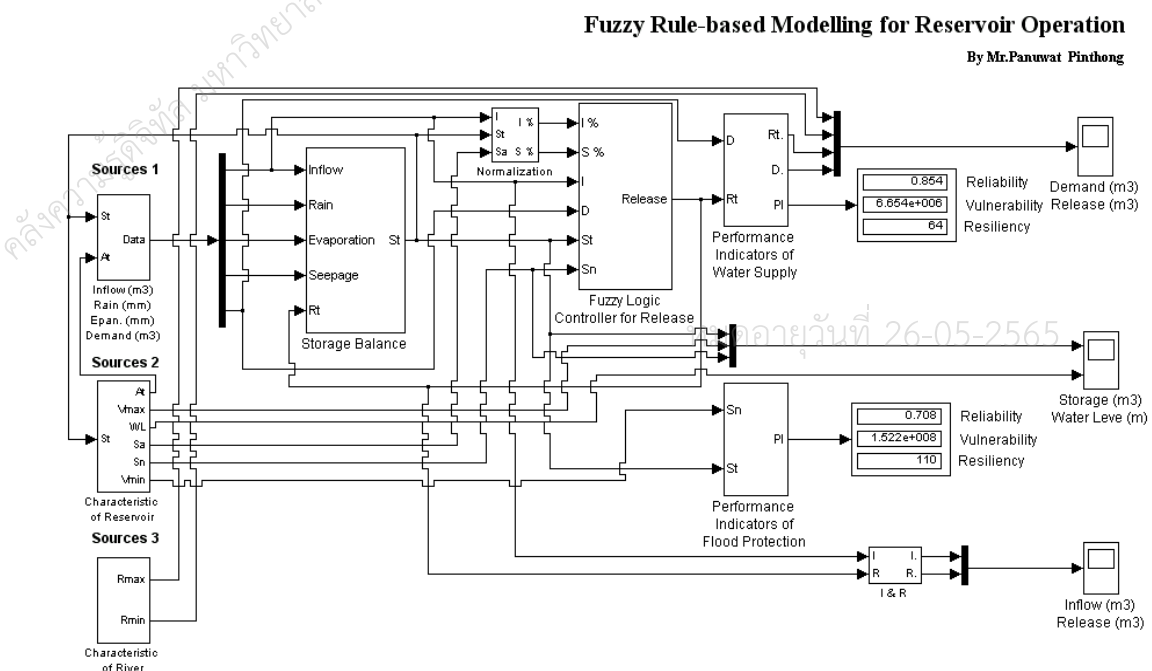
1. ส่วนอินพุตของแบบจำลองประกอบด้วย ข้อมูลรายวันของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง ปริมาณการระเหย ปริมาณน้ำฝน และความต้องการใช้น้ำ (Sources1) ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ (Sources2) และข้อมูลลักษณะทางกายภาพของแม่น้ำปาดัก (Sources3)

2. กระบวนการจำลองลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำใช้หลักสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Storage balance) ซึ่งรับค่าจากส่วนอินพุต และจากส่วนกระบวนการตัดสินใจแบบฟัซซีในการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

3. กระบวนการตัดสินใจแบบฟัซซีในการปล่อยน้ำจากอ่าง ใช้กระบวนการควบคุมของฟัซซีเพื่อหาค่าปริมาณการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำ และส่งค่ากลับไปยังส่วนที่ 2 (Storage balance) โดยมีสวิตช์เพื่อเลือกโหมดการตัดสินใจแบบฟัซซี ระหว่างโหมดการควบคุมน้ำท่วมกับโหมดการเก็บกักน้ำ โดยเมื่อสวิตช์สับมาที่โหมดการควบคุมน้ำท่วมจะปล่อยตามสัดส่วนของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และเมื่อสวิตช์สับไปที่โหมดการเก็บกักน้ำจะปล่อยตามสัดส่วนของปริมาณความต้องการใช้น้ำโดยมีเงื่อนไขทำให้น้ำเป็นข้อจำกัดของปริมาณน้ำที่ปล่อยคือไม่เกินความจุของแม่น้ำที่รับได้ และไม่น้อยกว่าความต้องการน้ำต่ำสุด

กรณีปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างมาก แต่ปริมาณการปล่อยน้ำถูกจำกัดด้วยความจุของแม่น้ำเพื่อรักษาความปลอดภัยของเขื่อนจำเป็นต้องยอมให้ปล่อยน้ำออกจากอ่างมากกว่าความจุทำให้น้ำที่รับได้ ซึ่งในแบบจำลองฟัซซีได้ออกแบบเพื่อรองรับในส่วนนี้แล้ว

4. การประเมินสมรรถนะ (Performance indicators) โดยใช้ดัชนีวัด 1) ความน่าเชื่อถือของระบบที่ประสบความสำเร็จ (Reliability), 2) ความรุนแรงของความล้มเหลว (Vulnerability), และ 3) ความสามารถในการฟื้นตัว (Resiliency) ซึ่งแบบจำลองรับค่าปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างจากกระบวนการตัดสินใจแบบฟัซซี



ภาพที่ 4 แบบจำลองสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำโดยเกณฑ์แบบฟัซซี (ภาณุวัฒน์, 2546)

โดยด้านการส่งน้ำ (Water supply) หากปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างมากกว่าหรือเท่ากับความต้องการใช้น้ำถือว่าระบบการส่งน้ำเป็นที่พอใจ (Satisfy) ส่วนด้านการควบคุมน้ำท่วม (Flood protection) หากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมากกว่าปริมาตรเก็บกักปกติถือว่าระบบการควบคุมน้ำท่วมล้มเหลว (Failure)

5. การแสดงผลของแบบจำลองฟัซซี เป็นส่วนที่แสดงปริมาณการปล่อยน้ำเทียบกับความต้องการน้ำ ปริมาณน้ำและระดับน้ำในอ่าง ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างกับปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่าง ผลการประเมินสมรรถนะของระบบ ผลของสวิตช์ในการเลือกโหมดการตัดสินใจปล่อยน้ำ และผลการคำนวณปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในอ่าง ปริมาณน้ำที่ระเหย และรั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำ

5.3. การสอบเทียบ และการใช้งานแบบจำลอง

การสอบเทียบแบบจำลองโดยเปรียบเทียบผลของแบบจำลองฟัซซี กับผลการปฏิบัติงานจริงใช้ข้อมูลรายวันตั้งแต่ปี พ.ศ.2543-45 กำหนดปริมาณน้ำในอ่างเริ่มต้นเท่ากันดังภาพที่ 5 จากผลการตัดสินใจของแบบจำลองฟัซซี พบว่ากรณีปริมาณน้ำในอ่างลดลง ปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามีน้อย ปริมาณการปล่อยน้ำจะลดลงตามสัดส่วนความต้องการใช้น้ำ แต่เมื่อปริมาณน้ำในอ่างมาก ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างมาก ปริมาณการปล่อยน้ำจะเป็นสัดส่วนปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง เห็นได้ว่าแบบจำลองฟัซซีปล่อยน้ำได้อย่างสมเหตุผลคือ สามารถจัดการปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างมากหรือน้อยเกินไปได้ มีปริมาณการปล่อยน้ำไม่เกินความจุที่รับได้ของแม่น้ำ ปริมาณน้ำในอ่างไม่เกินระดับน้ำสูงสุด มีการขาดน้ำไม่รุนแรง และมีความสามารถในการฟื้นตัวของระบบได้เร็ว

ภาพที่ 6 และ 7 แสดงสมรรถนะ (Performance) ในด้านการส่งน้ำ และด้านการควบคุมน้ำท่วมโดยการกำหนดสถานการณ์สมมุติ (Scenario) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517-45 ซึ่งพิจารณาการปรับระดับเก็บกักปกติ และการปรับความต้องการใช้น้ำชลประทาน พบว่าการเพิ่มระดับเก็บกักน้ำปกติให้สูงขึ้น มีส่วนช่วยให้สมรรถนะในด้านการส่งน้ำเพิ่มขึ้นแต่จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะน้ำท่วมมากขึ้น ในส่วนของการเพิ่มความความต้องการใช้น้ำชลประทานจะเพิ่มภาระกับระบบไม่มากแต่มีการขาดแคลนน้ำมากขึ้น การลดความต้องการใช้น้ำชลประทานลงจะช่วยเพิ่มสมรรถนะของระบบดีขึ้น แต่จะทำให้พื้นที่ชลประทานรับน้ำได้น้อยลงโดยที่ปริมาณน้ำในอ่างไม่ได้ถูกนำไปใช้อย่างเต็มความสามารถ

6. สรุปผล

แบบจำลองฟัซซีสามารถนำไปปรับใช้ในการวางแผนจัดการอ่างเก็บน้ำทั่วไปได้ และเพื่อความสมบูรณ์อาจพัฒนาแบบจำลองโดยใช้เกณฑ์แบบฟัซซีในส่วนของ การหาความต้องการใช้น้ำชลประทาน การประเมินน้ำฝน-น้ำท่า การหาค่าการเปิด-ปิดบานระบายของอาคารระบายน้ำ และแบบจำลองการหาค่าความต้องการใช้น้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ในส่วนของการจัดการอ่างเก็บน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์อาจนำระบบโทรมาตรมาเชื่อมต่อกับแบบจำลองเพื่อให้การตัดสินใจปล่อยน้ำเป็นแบบ Real time ได้ ในการเพิ่มสมรรถนะของระบบการจัดการอ่างเก็บน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ อาจมีการปรับแผนการเพาะปลูกเพื่อให้ตรงกับช่วงที่ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างมีมาก และในการวางแผนการจัดการควรมีการพิจารณาร่วมกับเขื่อนอื่น ๆ ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในส่วนของปริมาณการปล่อยน้ำ เพื่อการตอบสนองกับความต้องการน้ำของพื้นที่เพาะปลูก และเพื่อการควบคุมน้ำท่วม

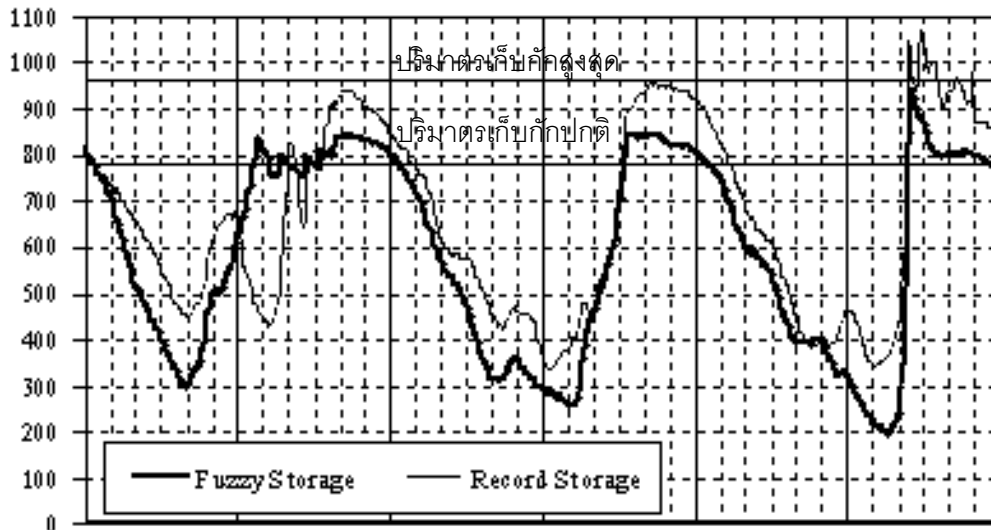
7. เอกสารอ้างอิง

ภาณุวัฒน์ ปิ่นทอง. 2546. การใช้เกณฑ์แบบฟัซซีจำลองการจัดการอ่างเก็บน้ำป่าสักชลสิทธิ์.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

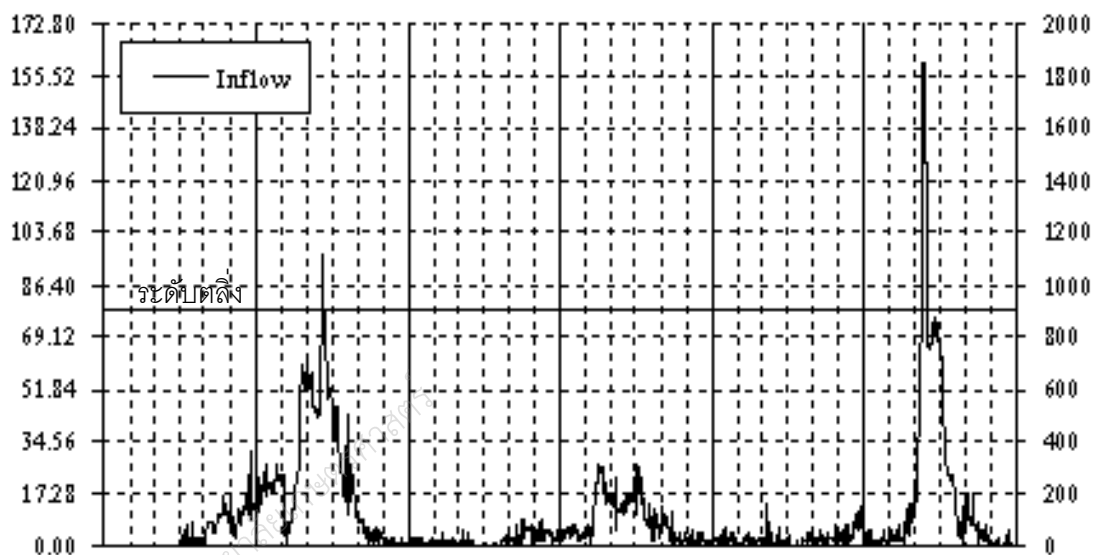
Ross, T. J. 1995. Fuzzy Logic with Engineering Application, McGraw Hill, New York.

ล้าน ลบ.ม.



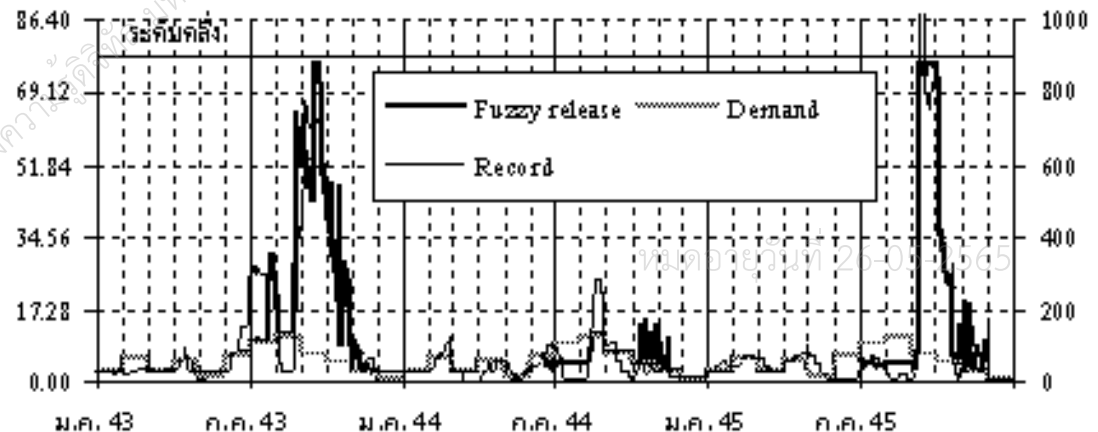
ล้าน ลบ.ม./วัน

ลบ.ม./วินาที

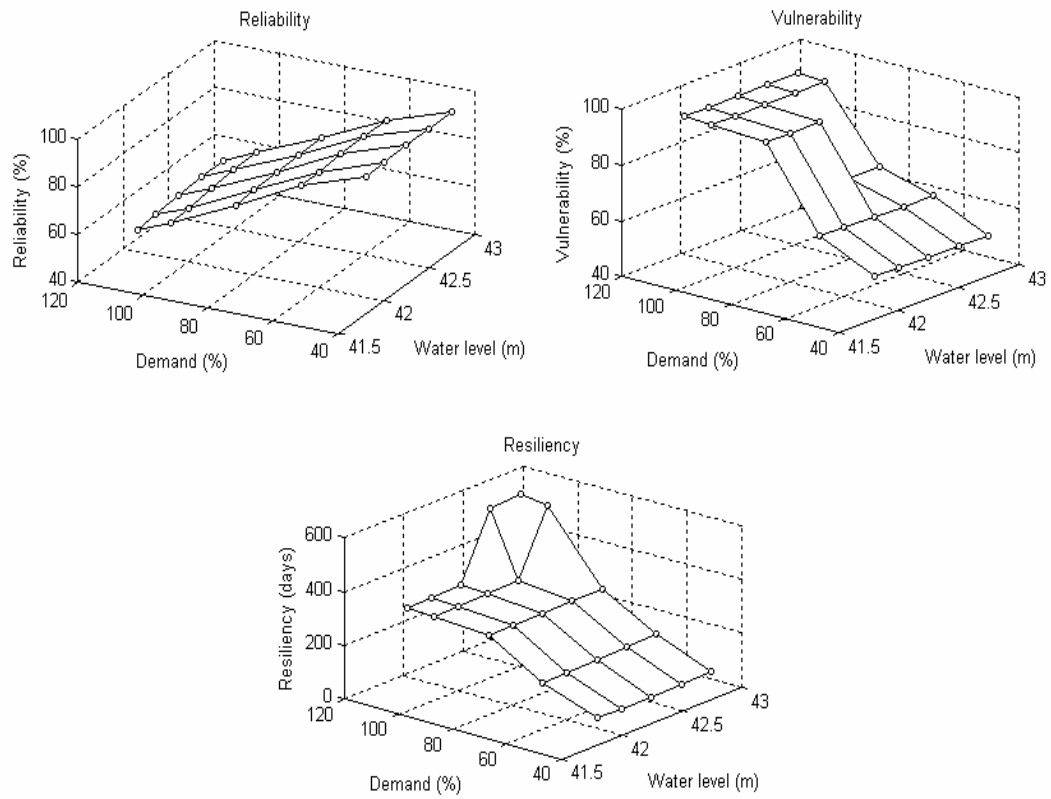


ล้าน ลบ.ม./วัน

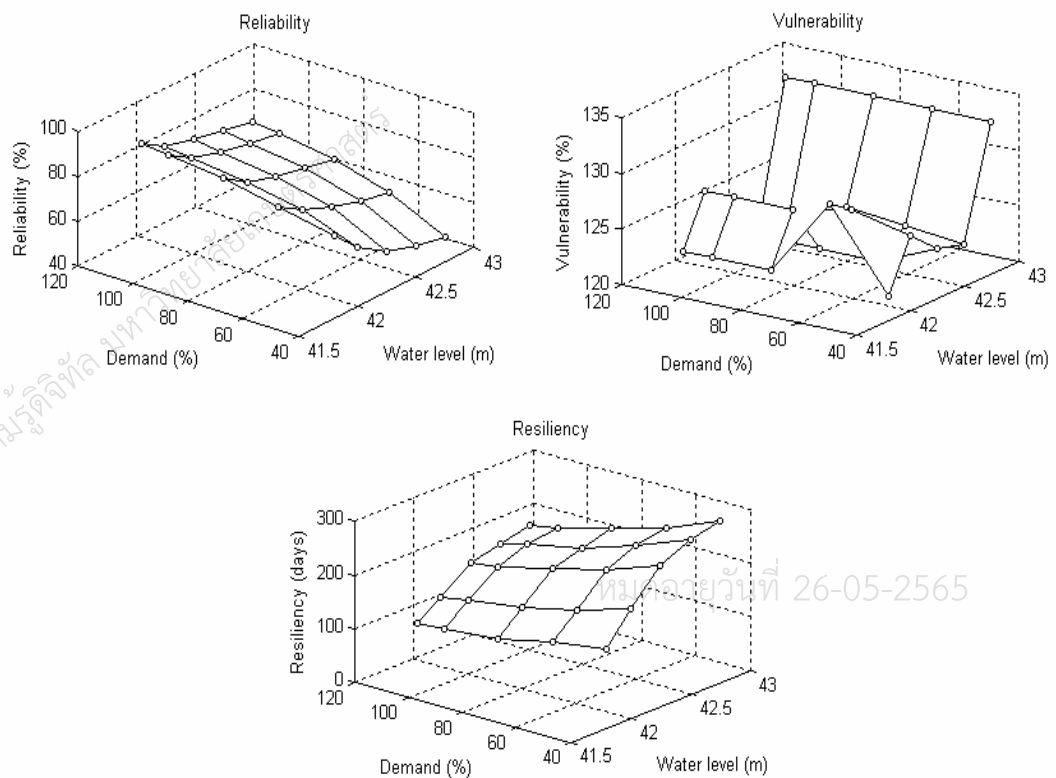
ลบ.ม./วินาที



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำในอ่าง และปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างโดยแบบจำลองฟัซซี่ กับผลการปฏิบัติงานจริง เทียบกับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง และปริมาณความต้องการใช้น้ำ



ภาพที่ 6. สมรรถนะของระบบด้านการส่งน้ำโดยดัชนี Reliability, Vulnerability, และ Resiliency



ภาพที่ 7 สมรรถนะของระบบด้านการควบคุมน้ำท่วมโดยดัชนี Reliability, Vulnerability, และ Resiliency