

การจัดลำดับความสำคัญของการจัดการความปลอดภัยเขื่อนโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์

แบบ Fuzzy Logic

Priority Assessment of Dam Safety Management by The Analytic Fuzzy Logic Process

สุพจน์ ก้อนภูธร (Supot Konpoothorn)* ธนกร ทวีวุฒิ (Thanaporn Thaweewut)**

บทคัดย่อ

การจัดลำดับความสำคัญของการจัดการความปลอดภัยเขื่อน โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ในการประยุกต์ใช้ทฤษฎี Fuzzy Logic เข้ากับการจัดการความปลอดภัยเขื่อนในด้านการจัดลำดับความสำคัญในการซ่อมแซมแก้ไขข้อบกพร่องของเขื่อน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ Microsoft Office Excel 2003 และ Visual Basic 6 ประยุกต์เข้ากับทฤษฎี Fuzzy Logic มาใช้งานร่วมด้วย เพื่อพัฒนาเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจคัดเลือกและจัดลำดับความสำคัญในการซ่อมแซมแก้ไขข้อบกพร่องของเขื่อน โดยใช้ข้อมูลสารสนเทศจากการตรวจสอบสภาพเขื่อนในปีงบประมาณ พ.ศ. 2547-2550 ประกอบการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน เพื่อใช้ตรวจสอบสภาพเขื่อนในปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 ผลการศึกษาพบว่า ส่วนประกอบของตัวเขื่อน “ลาดทำนบก้นดินด้านเหนือ” มีความสำคัญมากที่สุดต่อความปลอดภัยของเขื่อน และการจัดลำดับความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อนโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์แบบ Fuzzy Logic ไม่แตกต่างกับการจัดลำดับความสำคัญแบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญ แต่สามารถลดระยะเวลาในการพิจารณาจัดลำดับการพิจารณางบประมาณในการซ่อมแซมเขื่อนได้ทันเหตุการณ์

ABSTRACT

Priority of selection in dam safety management applying Fuzzy Logic theorem into the dam safety management utilized to re-ordering the sequence of dams which are need to be repaired. Computer program, including Microsoft Office Excel 2003 and Visual Basic 6, are applied with the Fuzzy Logic theorem to develop a tool to be used in selection and sequencing and making decisions to repair the dams. Using information from the dams condition inspection in year 2004-2007 operators with the value-weight of the importance of dam need to be repaired and to inspected the dam condition in 2008. The study found that the element of the dam, which called "upstream slope", is the most important component to the safety of dams. A prioritize of dams need to be repair by using Fuzzy Logic analysis is not significance different to the traditional prioritize technique, but can reduce the time to consider about the budget in order to repair the dam in time.

คำสำคัญ : ความปลอดภัยเขื่อน ฟัซซีลอจิก ลำดับความสำคัญ

Key Words : Dam Safety, Fuzzy Logic, Priority

* มหบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

** อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

เขื่อน เป็นสิ่งก่อสร้างที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศในด้านที่ให้ผลอย่างมหาศาล โดยเฉพาะการเก็บกักน้ำซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุน แต่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเอนกอนันต์ “ฝนตกหนักที่ไร แผ่นดินไหวคราวใด คือเขื่อนจะแตก เขื่อนจะพังไหม” แต่ในความจริงแต่ละเขื่อนที่ก่อสร้างขึ้นมา นั้น ล้วนมีระบบความปลอดภัยของเขื่อนทั้งสิ้น ตั้งแต่การสำรวจออกแบบ ซึ่งต้องสำรวจทางด้านปฐพีด้วย จนถึงขั้นตอนการออกแบบและก่อสร้าง ไม่เพียงแต่มีการคำนวณทางด้านวิศวกรรมที่จะรองรับแรงดันน้ำมหาศาลในตัวเขื่อนเท่านั้น ยังต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์มากมายหลายอย่างตามแต่ความจำเป็นของแต่ละเขื่อน เช่น วัดแรงดันน้ำ วัดอัตราการซึมผ่าน หรือการรั่วไหล วัดการทรุดตัวในแนวดิ่ง วัดการเคลื่อนตัว และบิวดัวทั้งภายในและภายนอกตัวเขื่อน วัดความเค้นภายในตัวอาคาร ฯลฯ (สุรสิทธิ์, 2550) แต่การวัดที่ต้องตรวจสอบตลอดเวลา คือ การวัดแรงดันน้ำต่อตัวเขื่อน และการวัดการเคลื่อนตัว และบิวดัวของอาคารในแนวราบ และแนวดิ่ง การวัดตรวจสอบอื่นๆจะมีความสำคัญรองลงไป

ปัจจุบัน กรมชลประทานได้ให้ความสำคัญในการตรวจสอบและติดตามพฤติกรรมของเขื่อนที่ก่อสร้างแล้วเสร็จและใช้งานเป็นเวลานานอย่างใกล้ชิด เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและสาเหตุของข้อบกพร่องที่จะก่อให้เกิดการวิบัติของเขื่อน หากเขื่อนเกิดการเสียหายพังทลายหรือเกิดการวิบัติโดยปราศจากการป้องกันอย่างทันทั่วทั้ง (สมภพ, 2547) ก็จะทำให้เกิดโทษอย่างมหาศาลต่อประชากร เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้น การเตรียมการที่ดีตั้งแต่การสำรวจออกแบบ การก่อสร้าง การติดตามพฤติกรรมเขื่อนอย่างต่อเนื่อง และไม่ประมาทก็เป็นหนทางที่ทำให้ไม่เกิดวิบัติภัย หรือหากเกิดขึ้นก็ลดความเสียหายลงได้ ซึ่งจะช่วยให้การซ่อมแซมเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้

ทุกขณะให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และจากการตรวจสอบเขื่อนดังกล่าว พบว่า เขื่อนในประเทศไทยมีความบกพร่องและเสี่ยงต่อการวิบัติเป็นจำนวนมาก ในขณะที่งบประมาณด้านการซ่อมแซมแก้ไขข้อบกพร่องของเขื่อนและอาคารประกอบเพื่อการจัดการด้านความปลอดภัยเขื่อนได้รับการจัดสรรที่ไม่เพียงพอ การคัดเลือกและจัดลำดับความสำคัญเพื่อให้เขื่อนที่มีความเสี่ยงต่อการวิบัติมากที่สุด ให้ได้รับการจัดสรรงบประมาณในการซ่อมแซมปรับปรุงก่อนเป็นลำดับแรกและเรียงลำดับต่อไปตามระดับความรุนแรงของข้อบกพร่องที่ตรวจสอบพบ จึงเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญอย่างยิ่ง

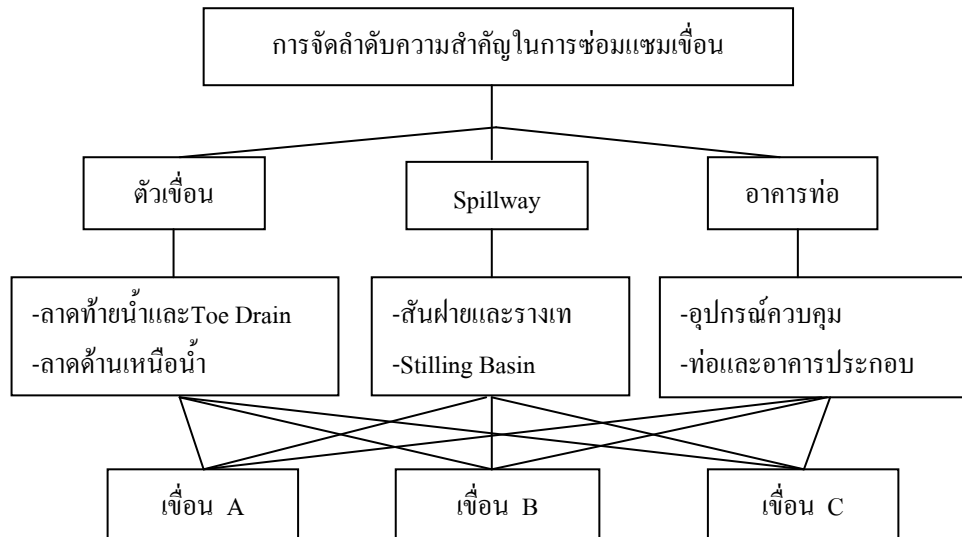
การคัดเลือกและจัดลำดับความสำคัญในการซ่อมแซมแก้ไขข้อบกพร่องของเขื่อนในรูปแบบเดิมทำได้โดยวิธีการตรวจสอบเขื่อนเพื่อหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับแต่ละเขื่อนและจัดอันดับเป็นข้อมูลไว้เปรียบเทียบกันแล้วคัดเลือกและจัดเรียงลำดับความสำคัญก่อนหลังด้วยการอาศัยประสบการณ์และความรู้สึกพิจารณา ซึ่งแม้ว่าจะได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ แต่ก็ยังไม่มีเครื่องมือช่วยพิจารณาและหลักวิชาการอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ ถ้าหากวิศวกรโครงการขาดประสบการณ์ในการทำงานหรือไม่มีความยุติธรรมในการคัดเลือกโครงการก็อาจเป็นผลเสียกับประเทศชาติโดยรวมได้

ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาทฤษฎี Fuzzy Logic สำหรับการแก้ปัญหาการคัดเลือกและจัดลำดับความสำคัญด้วยความรู้สึกลำดับมาอยู่ในรูปแบบของตัวเลขที่เป็นค่าที่สามารถวัดได้ในเชิงปริมาณและเป็นรูปธรรม และนำมาประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกและจัดลำดับความสำคัญในการคัดเลือกเขื่อนที่เสนอให้ได้รับการปรับปรุงซ่อมแซมเพื่อป้องกันการวิบัติ จะสามารถช่วยให้วิศวกรโครงการสามารถพิจารณาตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล มีกฎเกณฑ์ และเป็นแบบแผนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งคาดว่าจะสามารถอำนวยความสะดวกและประหยัดเวลาในการทำงานได้เป็นอย่างดี

กรอบแนวคิดการจัดลำดับความสำคัญ

กรอบแนวคิดในการดำเนินงานวิจัยในส่วนของ
โครงสร้างการประมวลผลสามารถแสดงได้ดังแผนภูมิ
แสดงแนวทางการจัดลำดับความสำคัญสำหรับการ

จัดลำดับความสำคัญในการซ่อมแซมเขื่อน ในการ
ดำเนินงานในส่วนของโครงสร้างการประมวลผล
สามารถแสดงได้ดังแผนภูมิแสดงแนวทางการจัดลำดับ
ความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงแนวทางการจัดลำดับความสำคัญ

วัตถุประสงค์

เพื่อการพิจารณาคัดเลือกและจัดลำดับ
ความสำคัญในการซ่อมแซมแก้ไขข้อบกพร่องของ
เขื่อน และเป็นแนวทางในการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล
และมีกฎเกณฑ์

วิธีการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการประยุกต์ใช้ทฤษฎี
Fuzzy Logic เข้ากับงานการจัดการความปลอดภัยเขื่อน
ในด้านการจัดลำดับความสำคัญในการซ่อมแซมแก้ไข
ข้อบกพร่องของเขื่อน พร้อมทั้งศึกษารูปแบบและ
วิธีการในการตรวจสอบเขื่อนเพื่อหาข้อบกพร่องที่จะ
นำไปสู่การซ่อมแซมปรับปรุงเพื่อป้องกันการวิบัติของ
เขื่อน แล้วใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ Microsoft
Office Excel 2003 และ Visual Basic 6 โดยการ
ประยุกต์ทฤษฎี Fuzzy Logic มาใช้งานร่วมด้วย เพื่อ
พัฒนาเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจคัดเลือกและ

จัดเรียงลำดับความสำคัญในการซ่อมแซมแก้ไข
ข้อบกพร่องของเขื่อน โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
ประกอบด้วย คือ 1) แบบสัมภาษณ์ให้น้ำหนัก
ความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน 2) แบบตรวจ
สภาพเขื่อน 3) การจัดลำดับความสำคัญ ซึ่งมีขั้นตอน
ดังนี้

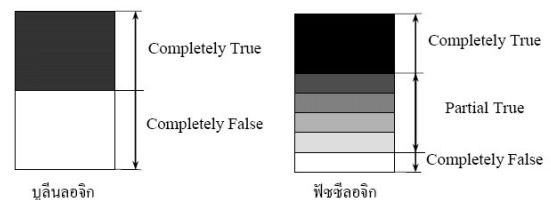
1. ทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อกำหนดค่า
น้ำหนักความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน
ผู้เชี่ยวชาญดังกล่าวมีประสบการณ์ในการตรวจเขื่อน
มากกว่า 5 ปี ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึกรายบุคคล
และพิจารณาแบบตรวจสภาพเขื่อนที่ผู้วิจัยได้ทำการ
ปรับปรุงจากแบบที่ใช้เดิม พร้อมทั้งใช้ข้อมูล
สารสนเทศจากการตรวจสอบสภาพเขื่อนใน
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2547-2550 (สำนักชลประทานที่ 7,
2551) ประกอบการให้น้ำหนักความสำคัญของการ
ซ่อมแซมเขื่อน คำนวณน้ำหนักความสำคัญของการให้
คะแนนของส่วนประกอบ 3 ส่วนของเขื่อน ได้แก่ ตัว

เขื่อน อาคารระบายน้ำล้น และอาคารท่อนส่งน้ำ จะได้รับการเปรียบเทียบกันที่ละส่วนประกอบตามที ออกแบบไว้เพื่อรองรับการใช้งานกับขอบเขตพื้นที่ การศึกษาอื่นที่มีค่าการกำหนดเกณฑ์เปรียบเทียบที่ ใกล้เคียงกัน โดยการให้น้ำหนักคะแนนความสำคัญ อาจจะแตกต่างกันออกไปตามตัวแปรทางด้านพื้นที่ การศึกษาหรือสภาพภูมิประเทศนั้น ๆ ซึ่งการให้ น้ำหนักความสำคัญนี้ได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ ผู้เชี่ยวชาญคือ หัวหน้าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษา ภายในเขื่อนสำนักชลประทานที่ 7 จำนวน 18 คน หัวหน้าฝ่ายวิศวกรรมโครงการชลประทาน จำนวน 5 คน หัวหน้าฝ่ายจัดสรรน้ำ โครงการชลประทาน จำนวน 5 คน และหัวหน้าฝ่ายจัดการความปลอดภัย เขื่อนสำนักชลประทานที่ 7 จำนวน 1 คน รวมทั้งสิ้น 29 คน โดยการนำค่าเฉลี่ยในการให้น้ำหนัก ความสำคัญของกลุ่มตัวอย่างไปใช้ในการกำหนด น้ำหนักความสำคัญ

2. ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงจากแบบตรวจสอบภาพ เขื่อนที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งมีความบกพร่องและไม่ เอื้ออำนวยต่อการจัดลำดับความสำคัญเพื่อการ ซ่อมแซมปรับปรุงเขื่อน ดังนั้น ผู้วิจัยได้กำหนด แบบฟอร์มการตรวจสอบภาพเขื่อนใหม่ให้ครอบคลุม ข้อมูลเขื่อนและการตรวจสอบภาพเขื่อน พร้อมกับ เอื้ออำนวยความสะดวกในการประเมินข้อบกพร่อง ของเขื่อนเพื่อการจัดลำดับความสำคัญในการซ่อมแซม โดยการใช้การกำหนดค่าความรู้สึกที่ได้จากตาราง ความรู้สึก ของทฤษฎีความไม่แน่นอนแบบ Fuzzy ซึ่ง จะสามารถช่วยในการดำเนินงานได้รวดเร็วและมีความ มั่นใจยิ่งขึ้น ซึ่งได้ทำการลงพื้นที่เพื่อตรวจสอบภาพ เขื่อน คือ ระหว่างเดือนตุลาคม 2550 – พฤษภาคม 2551 พร้อมทั้งใช้วิธีการสัมภาษณ์ร่วมด้วย

3. การจัดลำดับความสำคัญ ผู้วิจัยได้ทำการ พัฒนาโปรแกรมสำหรับการช่วยในการจัดลำดับ ความสำคัญของการซ่อมแซม โดยใช้โปรแกรม คอมพิวเตอร์ ซึ่งได้แก่ Microsoft Office Excel 2003 และ Visual Basic 6 เข้ามาช่วยในการจัดลำดับ

ความสำคัญในการซ่อมแซมเขื่อน โดยทำการศึกษา ทฤษฎี Fuzzy Logic ด้วยการประยุกต์ใช้ทฤษฎี Fuzzy Logic (Yan, Ryan and Power, 1994) เป็นเครื่องมือที่ ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักเหตุผลที่คล้าย การเลียนแบบวิธีคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัซซี่ลอจิกมี ลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความ จริง (partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่าง จริง (completely true) กับเท็จ (completely false) ส่วน ตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้น ซึ่งจะ แสดงให้เห็นความแตกต่างได้ (พวง, 2544) ดังรูปที่ 2

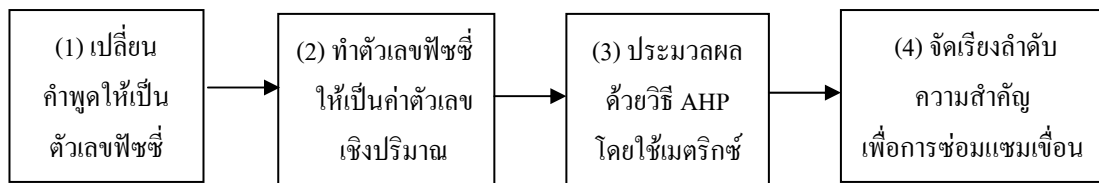


รูปที่ 2 ตรรกะแบบ บูลีนลอจิก กับแบบฟัซซี่ลอจิก

ทฤษฎีฟัซซี่เซตสามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดของ เซตแบบดั้งเดิมได้ โดยฟัซซี่เซตยอมให้มีค่าหรือดีกรี ของความเป็นสมาชิก (degree of membership) ซึ่ง แสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 หรือเขียนเป็น สัญลักษณ์ $[0, 1]$ โดย 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกใน เซต และ 1 หมายถึง เป็นสมาชิกในเซต และค่า ระหว่าง 0 กับ 1 เป็นสมาชิกบางส่วนในเซต การทำ เช่นนี้ ทำให้เกิดความราบเรียบในการเปลี่ยนจากพื้นที่ นอกเซตไปอยู่ในเซตของสมาชิกต่างๆ โดยมีฟังก์ชัน สมาชิกเป็นฟังก์ชันจัดเทียบ (mapping function) วัตถุ ในโดเมนใดๆ ให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซี่เซต ความเป็นสมาชิกสำหรับฟัซซี่เซตมีจำนวนระดับความ เป็นสมาชิกเป็นอนันต์ คือค่าต่อเนื่องในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งครอบคลุมการกำหนดสมาชิกแบบฉบับและ เซตแบบฉบับหรือเซตทวินัย (Crisp Set) มา ประยุกต์ใช้เข้ากับงานการจัดการความปลอดภัยเขื่อน

ในด้านการจัดลำดับความสำคัญในการซ่อมแซมแก้ไข

ข้อบกพร่องของเขื่อน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการจัดลำดับความสำคัญในการซ่อมแซมแก้ไขข้อบกพร่องของเขื่อน

จากรูปที่ 3 แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

(1) เปลี่ยนค่าความรู้สึกเป็นตัวเลขฟัซซี่ เมื่อตรวจสอบภาพเขื่อนตามแบบฟอร์มที่ปรับปรุงใหม่ที่สอดคล้องกับข้อมูลที่คลุมเครือที่แสดงออกมาจากรู้สึกในรูปแบบของคำพูด เช่น เขื่อนชำรุดรุนแรงน้อย เขื่อนชำรุดรุนแรงปานกลาง เขื่อนชำรุดรุนแรงมาก โดยการให้ค่าคะแนนและกรอกในแบบฟอร์มการตรวจสอบภาพเขื่อน ได้แก่ ระดับความรุนแรงโดยให้ค่าคะแนนจากชำรุดน้อยที่สุด ไปถึงชำรุดรุนแรงมาก โดยกำหนดค่าเท่ากับตัวเลข จาก 1 – 9 และค่าคะแนน 0 หมายถึง ไม่มีการชำรุด จากนั้นนำค่าคะแนนข้างต้นนี้ ไปอ้างอิงกับตารางคะแนนให้ระดับความสำคัญตามความรู้สึก (Standard Preference Table) ที่กำหนดไว้ ข้อมูลเหล่านั้นจะเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่จะนำไปสู่กระบวนการการจัดลำดับความสำคัญต่อไป ซึ่งมีระดับความสำคัญตามความรู้สึก ให้ค่าตัวเลขดังนี้

เท่ากัน	ค่าตัวเลขเท่ากับ	1
เท่ากันถึงปานกลาง	ค่าตัวเลขเท่ากับ	2
ปานกลาง	ค่าตัวเลขเท่ากับ	3
ปานกลางถึงค่อนข้างมาก	ค่าตัวเลขเท่ากับ	4
ค่อนข้างมาก	ค่าตัวเลขเท่ากับ	5
ค่อนข้างมากถึงมากกว่า	ค่าตัวเลขเท่ากับ	6
มากกว่า	ค่าตัวเลขเท่ากับ	7
มากกว่าถึงมากที่สุด	ค่าตัวเลขเท่ากับ	8
มากที่สุด	ค่าตัวเลขเท่ากับ	9

ข้อมูลเหล่านั้นจะเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่จะนำไปสู่กระบวนการการจัดลำดับความสำคัญต่อไป

(2) สร้างกฎฟัซซี่ เมื่อแปลค่าความรู้สึกให้เป็นตัวเลขฟัซซี่แล้ว ขั้นตอนการทำตัวเลขฟัซซี่ให้เป็นค่าตัวเลขเชิงปริมาณ ต้องอาศัยหลักพื้นฐานของ Fuzz Set ที่กำหนดให้วัดค่าได้ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 และหลักการตามทฤษฎีของเซตทวินัย และหลักการตามทฤษฎีของเซตทวินัย จากนั้นหาค่าน้ำหนักความสำคัญโดยการแสดงเหตุผลในขั้นตอนการใช้กฎควบคุมด้วยวิธี MAX – MIN ซึ่งในกรณีนี้ใช้กฎควบคุมเซต (พยุ, 2544) คือ การอินเตอร์เซกชันและการยูเนียน ตามทฤษฎีเซต

(3) ประมวลผลการจัดลำดับความสำคัญ จะใช้กระบวนการเมตริกซ์ทางคณิตศาสตร์ช่วย ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบจากผลคะแนนที่ได้จากการตรวจสอบภาพเขื่อน โดยเปรียบเทียบกันทีละคู่ด้วยการอาศัยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น(Fuzzy Analytical Hierarchy Process ; FAHP) โดยกระบวนการการจัดลำดับความสำคัญในขั้นตอนสุดท้าย จะได้จากผลการประมวลผลค่าที่ออกมาในรูปแบบเซตทวินัยที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งเขื่อนที่น่าจะได้รับการซ่อมแซมมากที่สุดคือเขื่อนที่ได้ค่าคะแนนมากที่สุดและเรียงกันไปตามลำดับ

ในการประมวลผลหาค่าความสำคัญด้วยวิธี Fuzzy Analytical Hierarchy Process โดยการรับค่าคะแนนความสำคัญตามความรู้สึกแล้วหากความสำคัญในการซ่อมแซมมีค่าเท่ากัน จะต้องนำเอาเขื่อนที่มีค่าความสำคัญเท่ากันนั้นมาทำการเปรียบเทียบและประมวลผลใหม่อีกครั้งโดยอาศัยข้อมูลเขื่อนที่ทำการตรวจสอบมาแล้วให้ค่าคะแนน

ใหม่ มาประกอบการพิจารณา เช่น ขนาดและความสูงของเขื่อน ปริมาณเก็บกักน้ำ ผลกระทบต่อชุมชนท้ายเขื่อนหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ข้อมูลทางอุทกวิทยาและประวัติเขื่อนที่เคยทำให้เกิดความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน จะนำมาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาดูด้วยเช่นกัน

(4) จัดเรียงลำดับความสำคัญเพื่อการซ่อมแซมเขื่อน และทำการทดสอบการจัดลำดับความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน ด้วยการประยุกต์ใช้หลักการของทฤษฎี Fuzzy Logic และการวินิจฉัยของวิศวกรผู้ตรวจสภาพเขื่อนที่ผ่านมา เพื่อขอรับการสนับสนุนงบประมาณในปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 ด้วยการทดสอบสถิติ Wilcoxon Signed Ranks Test เพื่อตรวจสอบความแตกต่างการจัดลำดับความสำคัญ

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1. ผลการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน

จากข้อมูลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อนที่มีประสบการณ์ในการตรวจเขื่อนมากกว่า 5 ปี และใช้ข้อมูลสารสนเทศจากการตรวจสอบสภาพเขื่อนในปีงบประมาณ พ.ศ. 2547-2550 ประกอบการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน ของส่วนประกอบ 3 ส่วนของเขื่อน ได้แก่ ตัวเขื่อน อาคารระบายน้ำล้น และอาคารท่อน้ำ ซึ่งมียุทธศาสตร์แต่ละองค์ประกอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน

ส่วนประกอบ	รายละเอียด	ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักความสำคัญ
ตัวเขื่อน	ลาดทำนบกั้นดินด้านเหนือ (A1)	8.5
	ลาดทำนบกั้นดินด้านท้ายน้ำ (A2)	7.2
	สันเขื่อน (A3)	6.8
	อาคารประกอบอื่น (A4)	3.7
Spillway	ทางรับน้ำ (B1)	6.5
	รางเท (B2)	5.3
	Stilling Basin (B3)	8.2
	อาคารประกอบอื่น (B4)	4.1
ท่อน้ำ	Inlet ฝั่งขวา (C1)	5.5
	Inlet ฝั่งซ้าย (C2)	6.2
	Outlet ฝั่งขวา (C3)	4.2
	Outlet ฝั่งซ้าย (C4)	4.5

2. ผลการตรวจสภาพเขื่อน

ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกเขื่อนจากที่มีระยะเวลาในการใช้งานไม่น้อยกว่า 5 ปี และคาดว่าจะเกิดการชำรุดและต้องการซ่อมแซมดังนี้

- D1 เขื่อนห้วยหอย อ.ดงหลวง จ.มุกดาหาร
- D2 เขื่อนหนองเหล่าหิน อ.เขื่องใน จ.อุบลฯ
- D3 เขื่อนสระสมิง กิ่ง อ.เหล่าเสือโก้ก จ.อุบลฯ
- D4 เขื่อนห้วยพุ อ.ดงหลวง จ.มุกดาหาร
- D5 เขื่อนห้วยกุกกูน อ.นาแก จ.นครพนม
- D6 เขื่อนห้วยกะเบา อ.ธาตุพนม จ.นครพนม
- D7 เขื่อนห้วยโพธิ์ อ.เมือง จ.อำนาจเจริญ
- D8 เขื่อนห้วยแคน อ.ปลาปาก จ.นครพนม
- D9 เขื่อนห้วยชีเหล็ก อ.เมือง จ.มุกดาหาร
- D10 เขื่อนห้วยลิงโจน อ.เมือง จ.ยโสธร

การจัดลำดับการซ่อมแซมเขื่อนภายใต้การให้ค่าระดับความสำคัญตามความรู้สึกละ (Standard Preference Table) ของผู้ตรวจสภาพความเสียหายของเขื่อน 3 คน และหาค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนของแต่ละเขื่อนที่ชำรุด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับคะแนนของเขื่อนที่ชำรุด

เขื่อน	ระดับคะแนนของเขื่อนที่ชำรุด												
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	
D1	5.8	9.1	4.9	5.3	8.4	5.7	7.6	4.6	8.9	7.8	8.2	6.1	
D2	7.1	4.9	5.2	9.1	7.8	8.2	4.6	4.5	8.4	7.3	8.4	4.1	
D3	4.2	5.1	4.6	4.4	8.2	4.9	7.6	5.1	4.8	5.9	7.5	2.4	
D4	5.6	3.5	5.3	6.7	3.7	4.7	8.2	3.5	5.3	2.3	4.2	3.6	
D5	3.5	6.2	9.3	4.5	2.6	7.4	3.8	4.9	5.3	5.7	3.2	5.4	
D6	6.4	5.8	1.4	3.5	6.3	9.6	3.4	5.2	4.7	7.4	6.3	2.4	
D7	2.4	4.7	4.3	7.3	9.6	4.5	3.5	3.7	5.8	4.3	5.3	4.1	
D8	5.6	5.3	4.6	4.4	4.5	7.3	5.2	7.3	8.3	4.2	6.4	4.7	
D9	5.7	3.5	2.8	4.8	4.9	3.9	8.4	7.3	6.8	4.7	4.9	7.2	
D10	7.1	3.6	8.4	6.2	8.5	3.8	5.3	7.6	4.8	6.2	4.8	8.2	

3. ผลการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน

จากนั้นทำการเปรียบเทียบกันทีละส่วนประกอบ โดยการนำค่าเฉลี่ยในการให้น้ำหนักของเกณฑ์ตัดสินใจซ่อมแซมเขื่อน ตามตารางเมตริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบเป็นคู่ดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ตารางเมตริกซ์การเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจต่างๆ

เกณฑ์	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
A1	1.00	1.18	1.25	2.30	1.31	1.60	1.04	2.07	1.55	1.37	2.02	1.89
A2	0.85	1.00	1.06	1.95	1.11	1.36	0.88	1.76	1.31	1.16	1.71	1.60
A3	0.80	0.94	1.00	1.84	1.05	1.28	0.83	1.66	1.24	1.10	1.62	1.51
A4	0.44	0.51	0.54	1.00	0.57	0.70	0.45	0.90	0.67	0.60	0.88	0.82
B1	0.76	0.90	0.96	1.76	1.00	1.23	0.79	1.59	1.18	1.05	1.55	1.44
B2	0.62	0.74	0.78	1.43	0.82	1.00	0.65	1.29	0.96	0.85	1.26	1.18
B3	0.96	1.14	1.21	2.22	1.26	1.55	1.00	2.00	1.49	1.32	1.95	1.82
B4	0.48	0.57	0.60	1.11	0.63	0.77	0.50	1.00	0.75	0.66	0.98	0.91
C1	0.65	0.76	0.81	1.49	0.85	1.04	0.67	1.34	1.00	0.89	1.31	1.22
C2	0.73	0.86	0.91	1.68	0.95	1.17	0.76	1.51	1.13	1.00	1.48	1.38
C3	0.49	0.58	0.62	1.14	0.65	0.79	0.51	1.02	0.76	0.68	1.00	0.93
C4	0.53	0.63	0.66	1.22	0.69	0.85	0.55	1.10	0.82	0.73	1.07	1.00
ผลรวม	8.32	9.82	10.40	19.11	10.88	13.34	8.62	17.24	12.85	11.40	16.83	15.71

ตารางที่ 4 ตารางเมตริกซ์การเปรียบเทียบเป็นคู่ของค่าเฉลี่ยน้ำหนักของเกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	%
A1	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	12.02
A2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	10.18
A3	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	9.62
A4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	5.23
B1	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	9.19
B2	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	7.50
B3	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	11.60
B4	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	5.80
C1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	7.78
C2	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	8.77
C3	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	5.94
C4	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	6.36
รวม	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	100

จากตารางที่ 3 ทำการเปรียบเทียบความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน ทีละส่วนประกอบ จากนั้นทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ของค่าเฉลี่ยน้ำหนักของการซ่อมแซมเขื่อน ดังตารางที่ 4 จะเห็นว่าผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญการซ่อมแซมเขื่อนกับ “ลาดทำนบดินด้านเหนือหน้า” มากที่สุด (12.02%) รองลงมาคือ “Stilling Basin”(11.6%), “ลาดทำนบดินด้านท้ายน้ำ” (10.18%), “สันเขื่อน” (9.62%), “ทางรับน้ำ” (9.19%), “Intel ฝั่งซ้าย” (8.77%), “Intel ฝั่งขวา” (7.78%), “รางเท” (7.5%), “Outlet ฝั่งซ้าย” (6.36%), “Outlet ฝั่งขวา” (5.94%), “อาคารประกอบอื่นของ Spillway” (5.8%) และ “อาคารประกอบอื่นของตัวเขื่อน” (5.23%) ตามลำดับ

4. ผลการจัดลำดับความสำคัญ

จากการนำผลการตรวจสอบภาพเขื่อนทั้ง 10 เขื่อน มาเปรียบเทียบผ่านเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจทีละเกณฑ์ เพื่อจัดลำดับความสำคัญดังตารางที่ 5 และสรุปการจัดลำดับความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อนดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ตารางเมตริกซ์การเปรียบเทียบของค่าเฉลี่ย
น้ำหนักของเกณฑ์การตัดสินใจกับค่า
คะแนนการตรวจสภาพเขื่อน

เขื่อน	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	%
D1	0.70	0.93	0.47	0.28	0.77	0.43	0.88	0.27	0.69	0.68	0.49	0.39	12.42
D2	0.85	0.50	0.50	0.48	0.72	0.61	0.53	0.26	0.65	0.64	0.50	0.26	11.60
D3	0.50	0.52	0.44	0.23	0.75	0.37	0.88	0.30	0.37	0.52	0.45	0.15	9.77
D4	0.67	0.36	0.51	0.35	0.34	0.35	0.95	0.20	0.41	0.20	0.25	0.23	8.60
D5	0.42	0.63	0.89	0.24	0.24	0.55	0.44	0.28	0.41	0.50	0.19	0.34	9.17
D6	0.77	0.59	0.13	0.18	0.58	0.72	0.39	0.30	0.37	0.65	0.37	0.15	9.29
D7	0.29	0.48	0.41	0.38	0.88	0.34	0.41	0.21	0.45	0.38	0.31	0.26	8.57
D8	0.67	0.54	0.44	0.23	0.41	0.55	0.60	0.42	0.65	0.37	0.38	0.30	9.92
D9	0.69	0.36	0.27	0.25	0.45	0.29	0.97	0.42	0.53	0.41	0.29	0.46	9.61
D10	0.85	0.37	0.81	0.32	0.78	0.28	0.61	0.44	0.37	0.54	0.29	0.52	11.04

ตารางที่ 6 สรุปการจัดลำดับความสำคัญของการ
ซ่อมแซมเขื่อน

เขื่อน	ร้อยละความสำคัญการ ซ่อมแซมเขื่อน	ลำดับการซ่อมแซม เขื่อน
D1	12.42	1
D2	11.60	2
D3	9.77	5
D4	8.60	9
D5	9.17	8
D6	9.29	7
D7	8.57	10
D8	9.92	4
D9	9.61	6
D10	11.04	3

5. ผลการทดสอบการจัดลำดับความสำคัญของการ ซ่อมแซมเขื่อน

จากผลการจัดลำดับความสำคัญของการ
ซ่อมแซมเขื่อน ด้วยการประยุกต์ใช้หลักการของ
ทฤษฎี Fuzzy Logic มาช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ
ในการจัดลำดับความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน
เปรียบเทียบกับผลการจัดลำดับการซ่อมแซมเขื่อนของ
ฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อน สำนักชลประทานที่ 7
ดังตารางที่ 7 และทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วย

สถิติทดสอบ Wilcoxon Signed Ranks Test ดัง
ตารางที่ 8

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญ
ของการซ่อมแซมเขื่อนของ Fuzzy และ
สขป.7

รหัส	ชื่อเขื่อน	Fuzzy	สขป.7
D1	เขื่อนห้วยหอย	1	1
D2	เขื่อนหนองเหล่าหิน	2	2
D3	เขื่อนสระสมิง	5	4
D4	เขื่อนห้วยพุ	9	10
D5	เขื่อนห้วยกกคู	8	8
D6	เขื่อนห้วยกะเบา	7	6
D7	เขื่อนห้วยโพธิ์	10	9
D8	เขื่อนห้วยแคน	4	3
D9	เขื่อนห้วยชีเหล็ก	6	7
D10	เขื่อนห้วยลิงโจน	3	5

สมมติฐานงานวิจัย : การจัดลำดับความสำคัญของการ
ซ่อมแซมเขื่อน ด้วยการประยุกต์ใช้หลักการของ
ทฤษฎี Fuzzy กับการจัดลำดับการซ่อมแซมเขื่อน
ของฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อน สำนักชลประทาน
ที่ 7 ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 8 การทดสอบความแตกต่างของการ
จัดลำดับความสำคัญด้วยสถิติทดสอบ
Wilcoxon Signed Ranks Test

	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Z	Asymp. Sig. (2- tailed)
Negative Ranks	4 ^a	3.50	14	.000	1.000
Positive Ranks	3 ^b	4.67	14		
Ties	3 ^c				
Total	10				

- a. การจัดลำดับแบบ Fuzzy Logic < การจัดลำดับของ สขป.7
b. การจัดลำดับแบบ Fuzzy Logic > การจัดลำดับของ สขป.7
c. การจัดลำดับแบบ Fuzzy Logic = การจัดลำดับของ สขป.7

จากตารางที่ 8 จะเห็นว่าการจัดลำดับความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน ด้วยการประยุกต์ใช้หลักการของทฤษฎี Fuzzy กับการจัดลำดับการซ่อมแซมเขื่อนของฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อน สำนักงานชลประทานที่ 7 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผลการวิจัย

การจัดลำดับการซ่อมแซมเขื่อนภายใต้องค์ประกอบ 3 ส่วน คือ ตัวเขื่อน อาคารระบายน้ำล้น และอาคารท่อนส่งน้ำ โดยการให้ค่าระดับความสำคัญตามความรู้สึกลูก (Standard Preference Table) ของการซ่อมแซมเขื่อน ทำการแปลงเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่จะนำไปสู่กระบวนการการจัดลำดับความสำคัญ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การซ่อมแซมเขื่อน จะให้ความสำคัญโดยรวมของส่วนประกอบของตัวเขื่อนมากที่สุด โดยเฉพาะในส่วนลาดทำนบดินด้านเหนือนี้ เนื่องจากเป็นส่วนที่ต้องรับแรงดันน้ำและการกระแทกจากพลังงานน้ำตลอดเวลาและมากที่สุด จึงเป็นส่วนประกอบที่ต้องได้รับผลกระทบมากที่สุด
2. การจัดลำดับความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์แบบ Fuzzy Logic ไม่แตกต่างกับการจัดลำดับความสำคัญแบบเดิม อย่างมีนัยสำคัญ แต่มีหลักเกณฑ์เข้ามาช่วยในการพิจารณาเป็นสำคัญ
3. การจัดลำดับความสำคัญของการซ่อมแซมเขื่อน โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์แบบ Fuzzy Logic ร่วมกับการพัฒนาโปรแกรมเสริมสามารถลดระยะเวลาในการพิจารณาจัดลำดับโครงการการซ่อมแซมเขื่อนสามารถจัดปัญหาของวิศวกรโครงการที่ขาดประสบการณ์ในการทำงานหรือไม่มีความยุติธรรมในการคัดเลือกโครงการเพื่อจัดสรรงบประมาณในการซ่อมแซมเขื่อน

ข้อเสนอแนะและประโยชน์ที่ได้รับ

1. ความสำคัญของส่วนประกอบของเขื่อนที่ค้นพบ สามารถเป็นแนวทางให้วิศวกรโครงการมีกระบวนการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลและมีกฎเกณฑ์มากยิ่งขึ้น
2. คำนวณความสำคัญขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ ลักษณะของวัสดุและคุณภาพการก่อสร้าง รวมถึงความเห็นเฉพาะของผู้เชี่ยวชาญที่แตกต่างกัน ดังนั้น ควรปรับค่าความสำคัญใหม่ตามเหมาะสมในแต่ละการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

- พยุ่ง มีสัจ. 2544. Fuzzy Logic. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สมภพ สุจริต. 2547. เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่องการวิเคราะห์และติดตามพฤติกรรมเขื่อน, ส่วนความปลอดภัยเขื่อน กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- สุรสิทธิ์ อินทรประชา. 2550. เอกสารประกอบการบรรยายเรื่องลักษณะโครงสร้างของเขื่อนดินและอาคารประกอบ, สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- สำนักชลประทานที่ 7. 2551. เอกสารการตรวจภาพเขื่อน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ 2547-2551. อุบลราชธานี.
- Jun Yan, Michael Ryan, Jame Power. 1994. Using fuzzy logic. Prentice Hall Internation (UK).