2.1 รายงานสรุปข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย/วิชาการ(Policy Brief)
แผนงานวิจัยที่ 3
แผนงานยุทธศาสตร์ของโครงการวิจัยเข็มมุ่ง ด้านสังคม การบริหารจัดการน้ำ ประจำปีงบประมาณ 2564
สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ

เรื่อง แนวทางการเพิ่มน้ำต้นทุนโดยการบริหารเขื่อนด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่

เขียนโดย รศ.ดร.อารียา ฤทธิมา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.มหิดล และคณะนักวิจัยในแผนงานวิจัยที่ 3

แนวทางการเพิ่มน้ำต้นทุนโดยการบริหารเขื่อนด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่

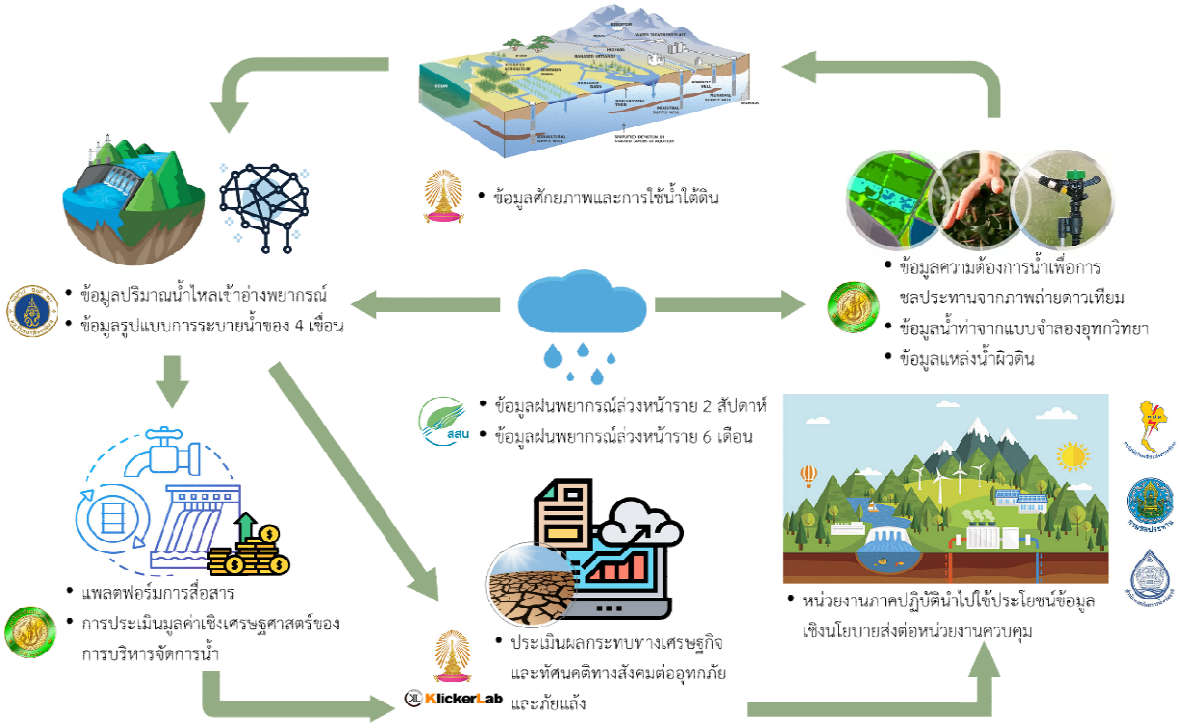
1. ความสำคัญของงานบริหารเขื่อน–อ่างเก็บน้ำ

ผลกระทบจากสภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่ปรากฏให้เห็นบ่อยครั้งและทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา และในปี พ.ศ. 2565 นี้ได้เกิดเหตุการณ์มหาอุทกภัยในประเทศปากีสถานอันเนื่องมาจากความผิดปกติของฝนมรสุมในจังหวัดทางภาคเหนือและภาคใต้ของประเทศที่สร้างความหายนะทางเศรษฐกิจและเสียหายอย่างใหญ่หลวงให้กับประเทศ โครงสร้างพื้นฐาน อาคารบ้านพัก และที่อยู่อาศัยจำนวนมากได้รับความเสียหายและพังทลาย ประชาชนกว่าหลายสิบล้านคนได้รับผลกระทบและไร้ที่อยู่อาศัย ยิ่งไปกว่านั้นกว่าหลายพันคนของประชาชนต้องเสียชีวิตและสูญหายไประหว่างเหตุการณ์มหาอุทกภัยในครั้งนี้ ส่งผลให้องค์การสหประชาชาติ (United Nations) ได้ร้องขอความช่วยเหลือจากนานาชาติเพื่อระดมทุนช่วยเหลือในการรับมือกับภัยพิบัติในครั้งนี้ (CNN, 2022)ในช่วงขณะเดียวกัน กว่า 47% ของประเทศในแถบยุโรปอยู่ในสถานะการเฝ้าระวัง (Warning Condition) จากการลดลงของความชื้นในดิน และอีก 17% ของทวีปอยู่ในสถานะการแจ้งเตือนภัย (State of Alert) ที่ผลผลิตทางการเกษตรจะได้รับผลกระทบจากวิกฤตภัยแล้ง รวมทั้งประเทศจีนได้รับผลกระทบจากวิกฤตภัยแล้งรุนแรงในรอบ 500 ปี จากอิทธิพลของคลื่นความร้อนแผ่กระจายและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ระดับน้ำของแม่น้ำสำคัญหลายสายเช่น แม่น้ำไรน์ แม่น้ำดานูบ แม่น้ำแยงซีเกียง เป็นต้น ลดลงอย่างผิดปกติ ส่งผลให้เกิดภาวะการขาดแคลนน้ำ ผลผลิตทางการเกษตรลดลง และประชาชนกว่าหลายพันชีวิตขาดที่อยู่อาศัยและสูญเสียชีวิต (CNBC, 2022) สำหรับในประเทศไทย อิทธิพลของลมมรสุมที่เกิดขึ้นในช่วงกลางฤดูฝน (เดือนสิงหาคม) ทำให้หลายอ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำเก็บกักเพิ่มสูงขึ้นจากปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนสูงอย่างต่อเนื่องเช่น เขื่อนกิ่วลม เขื่อนกิ่วกอหมา เขื่อนปาสักชลสิทธิ์ เป็นต้น ส่งผลทำให้มีการเร่งการระบายน้ำเพื่อพร่องน้ำให้ทันสำหรับรองรับมวลน้ำจากพายุลูกใหม่ที่อาจจะเกิดขึ้นในช่วงปลายฤดูฝน ด้วยเหตุนี้ หลายพื้นที่ซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำในเขตจังหวัดลำปางและพื้นที่ลุ่มต่ำที่ตั้งอยู่ทางด้านท้ายเขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์และเขื่อนพระรามหกต้องประสบปัญหาน้ำท่วมจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำในแม่น้ำและเอ่อท้นไปยังพื้นที่สองฝั่งแม่น้ำอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

งานบริหารเขื่อน–อ่างเก็บน้ำ(Dam–Reservoir Operation) ที่อาศัยเทคโนโลยีและการจัดการฐานข้อมูลสารสนเทศที่ทันสมัยจึงมีบทบาทสำคัญที่มีส่วนช่วยในการขับเคลื่อนให้การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้เกิดเสถียรภาพและยั่งยืนทั้งในระยะสั้นและในระยะยาว อันเนื่องมาจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศที่สามารถดึงข้อมูลปัจจุบันและข้อมูลในอนาคตมาเป็นข้อพิจารณาประกอบการตัดสินใจภายใต้ปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนสูง เพื่อมุ่งเน้นที่จะให้งานบริหารเขื่อน–อ่างเก็บน้ำสามารถบรรเทาความเสียหายทั้งจากอุทกภัยและภัยแล้งที่อาจจะเกิดขึ้นจากความไม่แน่นอนของปัจจัยสภาพภูมิอากาศได้ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาจะพบว่า งานวิจัยจำนวนมากมุ่งเน้นที่จะพัฒนาเครื่องมือใหม่ที่อาศัยเทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในงานบริหารเขื่อน–อ่างเก็บน้ำเพื่อให้เกิดเสถียรภาพของน้ำต้นทุน และจัดการความเสี่ยงด้านภัยพิบัติทั้งอุทกภัยและภัยแล้งเพื่อลดผลกระทบจากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลก

2. การบูรณาการงานวิจัยด้วยการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้สนับสนุนงานบริหารเขื่อนในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

โครงการวิจัยของแผนงานที่ 3 เรื่อง “การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเสริมการเพิ่มน้ำต้นทุนของเขื่อนหลักเพื่อการพัฒนาลุ่มน้ำเจ้าพระยา” ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์ของโครงการวิจัยเข็มมุ่ง ด้านสังคมการบริหารจัดการน้ำ ประจำปีงบประมาณ 2564 สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โดยได้บูรณาการงานวิจัยด้วยการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ประเมินข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อสนับสนุนงานบริหารเขื่อนในลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยตั้งเป้าหมายที่จะเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนของเขื่อนหลักเมื่อสิ้นสุดฤดูฝนให้สูงขึ้น 15% จากฐานข้อมูลปัจจุบัน เพื่อช่วยลดความเสี่ยงในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจากปัญหาขาดแคลนน้ำที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่โดยเทคโนโลยีที่นำเสนอประกอบด้วย (1) เทคโนโลยีการคาดการณ์ฝน (2) เทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียมในการประมาณการความต้องการน้ำชลประทาน(3) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในการประมาณการปริมาณน้ำท่า(4) เทคโนโลยีในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลน้ำบาดาลและการจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินและ (5) เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ในการพัฒนาแบบจำลองการบริหารเขื่อนอีกทั้งยังได้การพัฒนาการจัดทำระบบฐานข้อมูลเพื่อส่งต่อข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาเทคโนโลยี (1)–(3) มาเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับใช้ในการบริหารเขื่อนในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาโดยผลลัพธ์จากการกำหนดปริมาณการระบายน้ำจากเขื่อนในปริมาณและเวลาที่เหมาะสมจะถูกนำมาใช้ในการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการบริหารจัดการน้ำด้วยเทคโนโลยีการบริหารเขื่อนสมัยใหม่ และประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจและทัศนคติทางสังคมและภัยแล้ง ตลอดจนขับเคลื่อนห้องปฏิบัติการทางสังคมเพื่อระดมความคิดเห็นจากภาคส่วนต่าง ๆ และสร้างการรับรู้เชิงพื้นที่เพื่อร่วมกันแก้ปัญหาน้ำและในท้ายที่สุดข้อมูลผลลัพธ์จากโครงการวิจัยภายใต้แผนงานที่ 3 จะถูกส่งต่อให้แก่หน่วยงานภาคปฏิบัตินำไปใช้ประโยชน์



รูปที่ 1 การบูรณาการงานวิจัยภายใต้โครงการวิจัยเข็มมุ่งสำหรับงานบริหารเขื่อน–อ่างเก็บน้ำในแผนงานที่ 3

2.1 เทคโนโลยีการคาดการณ์ฝน

การนำเทคโนโลยีการคาดการณ์ฝนสมัยใหม่มาใช้ปรับปรุงประสิทธิผลของการพยากรณ์ข้อมูลฝนทั้งระยะสั้นและระยะยาวให้มีความถูกต้องและแม่นยำนับได้ว่ามีบทบาทสำคัญในงานบริหารเขื่อนเพื่อประโยชน์ในด้านการวางแผนและปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ ซึ่งไม่เพียงแต่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในระดับบัญชาการและระดับปฏิบัติการจะนำข้อมูลฝนคาดการณ์มาใช้วิเคราะห์และประเมินสถานการณ์น้ำเพื่อวางแผนการจัดสรรน้ำจากเขื่อนให้เหมาะสมเชิงปริมาณและเวลาแล้ว แต่ยังสามารถบรรเทาความเสียหายทั้งจากอุทกภัยและภัยแล้งที่เกิดขึ้นรุนแรงผ่านกลไกของการบริหารเขื่อนด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยอีกด้วย ด้วยเหตุนี้ โครงการวิจัยภายใต้แผนงานที่ 3 จึงได้ทำการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์ฝนราย 2 สัปดาห์ (ระยะสั้น) สำหรับใช้ในงานปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โดยได้พัฒนาแบบจำลองคู่ควบ WRF–ROMS ซึ่งเป็นการทำ Dynamical Downscaling กับข้อมูลคาดการณ์ฝนของ CFSV2 (Climate Forecast System) จาก National Centers for Environmental Prediction (NCEP) และแบบจำลองการคาดการณ์ฝนรายเดือนล่วงหน้า 6 เดือน(ระยะยาว) สำหรับใช้ในงานด้านการวางแผนการบริหารจัดการน้ำ โดยได้นำเสนอ 3 เทคนิค ได้แก่ (1) CFSV2–BC: ใช้วิธีทางสถิติในการปรับแก้ผลการคาดการณ์ (2) ML–SimIDXV2: ใช้วิธี ML ในการสร้างแบบจำลองจากดัชนีต่าง ๆ และ (3) Ensemble DL: การรวมแบบจำลองการเรียนรู้ที่มีความแตกต่างกันและเป็นอิสระต่อกันมาเพื่อจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ผลการศึกษาพบว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลองการคาดการณ์ฝนระยะสั้นในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาให้ผลการคาดการณ์ที่มีความแม่นยำในเกณฑ์ดีกล่าวคือ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนจากการตรวจวัดและจากการคาดการณ์อยู่ที่ระดับ 0.60–0.70 นอกจากนี้ การใช้เทคนิค Ensemble Learning

(AI) ในการปรับแก้ผลการคาดการณ์ฝนรายเดือนยังสามารถสร้าง One–Map Monthly Rain Forecast ที่มีความแม่นยำมากขึ้น

2.2 เทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียมในการประมาณการความต้องการน้ำชลประทาน

จากศักยภาพของเทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียมที่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลทรัพยากรได้อย่างต่อเนื่องและมีความน่าเชื่อถือสูง ด้วยเหตุนี้ เทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียมจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกในเขตพื้นที่โครงการชลประทานเจ้าพระยาใหญ่สำหรับใช้ในการประมาณการความต้องการน้ำชลประทานในอดีตถึงปัจจุบัน รวมทั้งคาดการณ์ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานล่วงหน้าโดยดึงฐานข้อมูลฝนคาดการณ์มาร่วมพิจารณาในการประมาณการปริมาณฝนใช้การทดแทนปริมาณน้ำชลประทานที่ได้รับการจัดสรรจากเขื่อนอาจกล่าวได้ว่า ข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำชลประทานที่แท้จริงนับเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการพิจารณากำหนดการระบายน้ำจากเขื่อนให้สอดคล้องตามปริมาณน้ำความต้องการน้ำที่ผันแปรในแต่ละช่วงฤดูการเพาะปลูกโดยผลการศึกษาให้ค่าประมาณการปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (NIR) เฉลี่ยในพื้นที่โครงการชลประทานเจ้าพระยาใหญ่เท่ากับ 10,865 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

2.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในการประมาณการปริมาณน้ำท่า

การพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์(Mathematical Model) ได้รับความนิยมเป็นเวลายาวนานตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันในการจำลองสภาพทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง DWCM–AgWU ร่วมกับแบบจำลอง MIKE Hydro Basin เพื่อจำลองสภาพน้ำฝน–น้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างสำหรับใช้ประเมินศักยภาพของปริมาณน้ำท่าSideflow ทางด้านท้ายเขื่อนเพื่อนำมาเป็นข้อมูลพิจารณาปรับลดปริมาณการระบายน้ำจากเขื่อนลงหากศักยภาพของข้อมูลน้ำท่า (Potential Sideflow) ทางด้านท้ายเขื่อนมีปริมาณเพียงพอ ผลการศึกษาให้ค่าประมาณการของปริมาณน้ำท่า Side Flow ที่สถานีตรวจวัดน้ำท่า C.2 ในระหว่างเดือน ธ.ค.–เม.ย. เฉลี่ยเท่ากับ 1,430 ล้านลูกบาศก์เมตรอีกทั้งผลการประมาณศักยภาพของการใช้น้ำจากแหล่งน้ำอื่น (Other Sources) ในพื้นที่โครงการชลประทานรายปีเฉลี่ย 2,020 ล้านลูกบาศก์เมตร (ฤดูฝน 655 ล้านลูกบาศก์เมตร และฤดูแล้ง 1,365 ล้านลูกบาศก์เมตร) โดยแยกเป็นปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้รายปีเฉลี่ย 804 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำขนาดเล็กรายปีเฉลี่ย 1,216 ล้านลูกบาศก์เมตร

2.4 เทคโนโลยีในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลน้ำบาดาลและการจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน

โครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัยที่ 3 ยังได้มุ่งเน้นที่จะพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีสำหรับใช้ในการพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อประเมินหาศักยภาพของแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่ สำหรับใช้ในการวางแผนเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน และลดความเสียหายจากปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม อีกทั้งหารูปแบบการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินที่เหมาะสมตามสภาพ

ระดับน้ำบาดาลและน้ำในเขื่อนผลการศึกษาน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่าง (จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สระบุรี และสุพรรณบุรี) จากงานวิจัยนี้พบว่า ปริมาณการใช้น้ำบาดาลระหว่างปี พ.ศ. 2553–2564 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 404 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถใช้ได้ (Groundwater Potential) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 804 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และปริมาณการเติมน้ำบาดาลจากน้ำฝน น้ำท่า และชั้นน้ำบาดาลข้างเคียงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 557 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

2.5 เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ในการพัฒนาแบบจำลองการบริหารเขื่อน

เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์(Artificial Intelligence–AI) ถูกนำมาประยุกต์ใช้ใน2 วัตถุประสงค์หลักได้แก่ (1) การพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำล่วงหน้า และ(2) การพัฒนาแบบจำลองการบริหารเขื่อนเพื่อกำหนดการระบายน้ำของ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ได้แก่ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์โดยตั้งเป้าหมายที่จะเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักในระยะยาวของระบบอ่างเก็บน้ำให้สูงขึ้น 15% จากฐานข้อมูลปัจจุบัน เพื่อช่วยลดความเสี่ยงในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจากปัญหาขาดแคลนน้ำที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ โดยงานวิจัยได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำล่วงหน้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบเครื่อง (Machine Learning, ML) และการพัฒนาแบบจำลองการบริหารเขื่อน (หรือเรียกว่าแบบจำลองการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำ) โดยอาศัยเทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ 2 รูปแบบ ได้แก่ (1) แบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning Technique, RL) และ (2) แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัด (Constraint Programming, CP) ร่วมกับ) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายวันของ 4 เขื่อนให้ค่าความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ดีในช่วง R^2ระหว่าง 0.84–0.89 นอกจากนี้ แบบจำลองการบริหารเขื่อนทั้ง 2 รูปแบบยังสามารถเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนของระบบอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาบรรลุตามเป้าหมายของงานวิจัยที่ตั้งไว้

3. ศักยภาพในการเพิ่มน้ำต้นทุนจากการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในงานบริหารเขื่อนในลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพในการเพิ่มน้ำต้นทุนจากการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในงานบริหารเขื่อนในลุ่มน้ำเจ้าพระยาสรุปได้ดังนี้

3.1 ศักยภาพในการเพิ่มน้ำต้นทุนจากแบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง

แบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง(Reinforcement Learning, RL) สามารถเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักทั้งระบบในลุ่มน้ำเจ้าพระยาสูงขึ้น 24.45% ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำเก็บกักเป้าหมายของทั้ง 4 เขื่อนที่สังเคราะห์ขึ้นมาสำหรับใช้ในขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง อย่างไรก็ดี การปรับปรุงโครงสร้างของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบเสริมกำลังและการสังเคราะห์ปริมาณน้ำเก็บกักเป้าหมายแบบพลวัต

ยังมีความสำคัญทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิผลของแบบจำลองสำหรับประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำร่วมกันแบบหลายอ่างในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่

3.2 ศักยภาพในการเพิ่มน้ำต้นทุนจากแบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัด

แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัด(Constraint Programming, CP) นับเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพสูงในกลุ่มของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากชุดของคำตอบที่เป็นไปได้ (Combinatorial Search Problem) ในงานวิจัยนี้แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัดถูกพัฒนาขึ้นสำหรับหาค่าการระบายน้ำที่เหมาะสมที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาโดยมีลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองเหมือนกันกับแบบจำลองการโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ทั่วไปที่ประกอบด้วย ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เซตของตัวแปรสถานะ และข้อจำกัด และกำหนดให้เป็นการหาค่าที่ดีที่สุดหลายวัตถุประสงค์โดยนำข้อมูลพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่พัฒนาจากเทคนิคการเรียนรู้แบบเสริมกำลังมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าหลัก อีกทั้งได้กำหนดโหนดความต้องการน้ำแยกตามกิจกรรมการใช้น้ำในโซนส่งน้ำลุ่มน้ำปิงตอนล่าง โซนส่งน้ำลุ่มน้ำน่านตอนล่าง และโซนส่งน้ำลุ่มน้ำเจ้าพระยา–ท่าจีน สำหรับใช้ในแบบจำลอง ผลการจำลองระบบการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำร่วมกันแบบหลายอ่างระยะยาวระหว่างปี พ.ศ. 2543–2563 ด้วยแบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัดรูปแบบที่ 1.2 ซึ่งไม่ได้พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Release–Based Model) และกำหนดให้เป็นแบบจำลองรายฤดูกาลที่พิจารณา Side Flow เท่ากับ 20% พบว่า ปริมาณน้ำเก็บกักรายปีเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดฤดูฝนทั้งระบบเพิ่มสูงขึ้น 2,469 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งประมาณ 49.12% เป็นส่วนของปริมาณน้ำท่าทางด้านท้ายเขื่อน หรือคิดเป็น 1,275ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในขณะที่แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัดรูปแบบที่ 2.8ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำไปถึงโหนดความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Demand–Based Model) ให้ค่าปริมาณน้ำเก็บกักเมื่อสิ้นสุดฤดูฝนทั้งระบบเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 1,221 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น 12.98% โดยที่ปริมาณน้ำเก็บกักของทุกอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงจนเกิดความเสี่ยงที่จะไหลล้นอ่างซึ่งสอดคล้องตามเป้าหมายของงานวิจัย และปริมาณการระบายน้ำทั้งระบบลดลงเฉลี่ย –256 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ยิ่งไปกว่านั้น การปรับใช้ข้อมูลความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรมโดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับกำหนดอัตราร้องขอน้ำ (Request Ratio) = 0.60 ในปีที่ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยในแบบจำลองการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำด้วยการโปรแกรมแบบข้อจำกัดแบบที่ 2.16 (พิจารณาระยะเวลาเดินทางของน้ำถึงโหนดความต้องการน้ำ) ทำให้ปริมาณน้ำต้นทุนสูงขึ้นอีก 1,440 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เนื่องจากเป็นมาตรการในการปรับลดปริมาณความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรม (Demand Side Management)เมื่อปริมาณน้ำต้นทุนในเขื่อนมีจำกัด

ตารางที่1ศักยภาพในการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเก็บกักและการลดลงของปริมาณการระบายน้ำ

เขื่อน	การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเก็บกัก[1/]		การลดลงของปริมาณการระบายน้ำ	
หน่วย	เปอร์เซ็นต์	ล้าน ลบ.ม.ต่อปี	เปอร์เซ็นต์	ล้าน ลบ.ม.ต่อปี
แบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง[2/]				
เขื่อนภูมิพล	+28.70%	+2,275.66	−3.04%	−141.01
เขื่อนสิริกิติ์	+52.07%	+3,493.76	−0.02%	−1.19
เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน	+9.33%	+70.83	−1.37%	−18.39
เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์	+7.69%	+63.62	−1.16%	−23.07
ทั้งระบบ	+24.45%[3/]	+5,903.87[4/]	−1.40%[3/]	−183.66[4/]
แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัดรูปแบบที่ 1.2[2/]				
เขื่อนภูมิพล	+15.73%	+1454.08	−3.23%	−167.82
เขื่อนสิริกิติ์	+16.36%	+1257.62	−3.03%	−181.1
เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน	−12.20%	−88.65	+2.83%	+36.97
เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์	−3.20%	−27.05	−0.31%	−6.32
ทั้งระบบ	+4.17%[3/]	+2,596.00[4/]	−0.94%[3/]	−318.27[4/]
แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัดรูปแบบที่ 2.8[2/]				
เขื่อนภูมิพล	−0.48%	−44.36	−1.38%	−71.96
เขื่อนสิริกิติ์	+12.52%	+962.14	−2.15%	−127.96
เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน	+28.39%	+206.38	−3.25%	−42.49
เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์	+11.48%	+97.06	−0.66%	−13.31
ทั้งระบบ	+12.98%	+1,221.23[4/]	−1.86%[3/]	−255.73[4/]
แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัดรูปแบบที่ 2.16[2/]				
เขื่อนภูมิพล	+13.64%	+1261.45	+0.73%	+37.73
เขื่อนสิริกิติ์	+13.20%	+1014.64	−2.07%	−123.59
เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน	+29.08%	+211.40	−3.14%	−40.96
เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์	+12.04%	+101.81	−0.60%	−12.21
ทั้งระบบ	+16.99%[3/]	+2,589.31[4/]	−1.27%[3/]	−139.03[4/]

หมายเหตุ: [1/]วิเคราะห์ ณ วันที่ 31 เดือนตุลาคมของทุกปี

[2/] กรณีใช้ปริมาณความต้องการน้ำสังเคราะห์จากแผนการจัดสรรน้ำของกรมชลประทาน (Target Water Demand)

[3/]เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยทั้งระบบ

[4/]ผลรวมสุทธิของปริมาณเก็บกักที่เพิ่มขึ้น

4. แนวทางการใช้ประโยชน์ของหน่วยงานภาคปฏิบัติ

4.1 แนวทางการใช้ประโยชน์ของหน่วยงานภาคปฏิบัติในระยะสั้น

ในระยะสั้น หน่วยงานภาคปฏิบัติที่เกี่ยวข้องสามารถนำเทคโนโลยีการบริหารเขื่อน–อ่างเก็บน้ำที่ได้ดำเนินการแบบแยกส่วนจากโครงการวิจัยส่วนต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในงานบริหารจัดการน้ำให้สอดคล้องตามสถานการณ์น้ำ ไม่ว่าจะเป็น ผลการพยากรณ์ฝนจากเทคโนโลยีการคาดการณ์ฝนล่วงหน้าผลการประมาณปริมาณความต้องการน้ำชลประทานจากเทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียม ผลการประมาณการน้ำท่าจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ศักยภาพของน้ำใต้ดินในพื้นที่จากเทคโนโลยีในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลน้ำบาดาลและการจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและการกำหนดปริมาณการระบายน้ำล่วงหน้าของเขื่อนหลักจากเทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้ในงานบริหารเขื่อน

4.2 แนวทางการใช้ประโยชน์ของหน่วยงานภาคปฏิบัติในระยะยาว

ในระยะยาว หน่วยงานภาคปฏิบัติที่เกี่ยวข้องสามารถพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีการบริหารเขื่อน–อ่างเก็บน้ำที่ได้ดำเนินการแบบแยกส่วนจากโครงการวิจัยให้เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System) โดยทำการเชื่อมโยงทุกเทคโนโลยีและแบบจำลองที่เกี่ยวข้องมาใช้ในงานบริหารเขื่อนโดยระบบดังกล่าวสามารถแสดงข้อมูลนำเข้าและแสดงผลข้อมูลผลลัพธ์จากเทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้ และรูปแบบการระบายน้ำล่วงหน้าที่แนะนำจากแบบจำลอง ตลอดจนรายงานผลให้แก่ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องในทุกระดับสำหรับใช้ประกอบการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำและแจ้งผลเชิงพื้นที่ ชุมชน อย่างมีประสิทธิผล ประสิทธิภาพ ทันกาล มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

CNBC. (2022). Europe is experiencing its worst drought in at least 500 years. Retrieved from https://www.cnbc.com/2022/08/23/europe–drought–worst–in–at–least–500–years–eu–report.html.

CNN. (2022). Hundreds of children among 1,000 people killed by Pakistan monsoon rains and floods. Retrieved from https://edition.cnn.com/2022/08/28/asia/pakistan–flooding–intl/index.html.