

การปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำรูปแบบใหม่สำหรับการบริหารจัดการน้ำต้นทุน ระยะยาวในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ด้วยเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (ระยะที่ 2)

Multiple Reservoir Re-Operation System for Long-Term Water Supply Management in the Greater Chao Phraya River Basin Using Artificial Intelligence Technique (Phase 2)

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการกำหนดการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำในลักษณะของปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำร่วมกันแบบหลายอ่างรูปแบบใหม่อย่างเป็นระบบ (Multiple Reservoir Re-operation System) สำหรับประยุกต์ใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ซึ่งอธิบายการบริหารจัดการน้ำทั้งลุ่มน้ำทางตอนกลางของประเทศไทยซึ่งครอบคลุมเขื่อนหลักที่สำคัญได้แก่ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ โดยตั้งเป้าหมายที่จะเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักในระยะยาวของระบบให้สูงขึ้น 15% จากฐานข้อมูลปัจจุบัน เพื่อช่วยลดความเสี่ยงในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจากปัญหาขาดแคลนน้ำที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ งานวิจัยได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาแบบจำลองการปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำโดยอาศัยหลักปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence-AI) 2 รูปแบบ ได้แก่ (1) แบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning Technique, RL) และ (2) แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัด (Constraint Programming, CP) ร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบเครื่อง (Machine Learning) ในการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายวัน สำหรับแบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลังได้กำหนดตัวแปรสถานะประกอบด้วย ข้อมูลคาดการณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างล่วงหน้าวันที่ 7 ข้อมูลสถานะของปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Storage) ข้อมูลการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ และข้อมูลน้ำท่าของสถานีตรวจวัดท้ายเขื่อนเพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจระบายน้ำของแต่ละอ่างเก็บน้ำ โดยเชื่อมภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ได้นำข้อมูลการระบายน้ำมาเรียนรู้พฤติกรรมซึ่งกันและกันในลักษณะ Multiple Agents และการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเก็บกักจะพิจารณาจากค่ารางวัลเชิงบวกสูงสุดที่ได้รับ ผลการจำลองระบบบ่งชี้ให้เห็นว่า ปริมาณน้ำเก็บกักทั้งระบบเพิ่มสูงขึ้น 24.45% ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำเก็บกักเป้าหมายของทั้ง 4 เขื่อนที่สังเคราะห์ขึ้นมาสำหรับใช้ในขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงโครงสร้างของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบเสริมกำลังและการสังเคราะห์ปริมาณน้ำเก็บกักเป้าหมายแบบพลวัตยังมีความสำคัญทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองสำหรับประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำร่วมกันแบบหลายอ่างในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ ในส่วนของการพัฒนาแบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัดในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองใน 2 รูปแบบสำหรับหาค่าการระบายน้ำที่เหมาะสมที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ได้แก่ (1) รูปแบบที่ 1 แบบจำลองที่ไม่ได้พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Release-Based Model) และ (2) รูปแบบที่ 2 แบบจำลองที่พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำไปถึงโหนดความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Demand-Based Model) โดยมีลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองเหมือนกันกับแบบจำลองการโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ทั่วไปที่ประกอบด้วย ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เซตของตัวแปรสถานะ และข้อจำกัด และกำหนดให้เป็นการหาค่าที่ดีที่สุดหลายวัตถุประสงค์โดยนำข้อมูลพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่พัฒนาจากเทคนิคการเรียนรู้แบบเสริมกำลังมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าหลัก อีกทั้งได้กำหนดโหนดความต้องการน้ำแยกตามกิจกรรมการใช้น้ำในโซนส่งน้ำลุ่มน้ำปิงตอนล่าง โซนส่งน้ำลุ่มน้ำน่านตอนล่าง และโซนส่งน้ำลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีน สำหรับใช้ในแบบจำลอง ผลการจำลองระบบการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำร่วมกันแบบหลายอ่างระยะยาวระหว่างปี พ.ศ. 2543-2563 ด้วยแบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัดรูปแบบที่ 1.2 ซึ่งไม่ได้พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำในการกำหนด

การปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำรูปแบบใหม่สำหรับการบริหารจัดการน้ำต้นทุน ระยะยาวในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ด้วยเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (ระยะที่ 2)

Multiple Reservoir Re-Operation System for Long-Term Water Supply Management in the Greater Chao Phraya River Basin Using Artificial Intelligence Technique (Phase 2)

รูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Release-Based Model) และกำหนดให้เป็นแบบจำลองรายฤดูกาลที่พิจารณา Side Flow เท่ากับ 20% พบว่า ปริมาณน้ำเก็บกักรายปีเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดฤดูฝนทั้งระบบเพิ่มสูงขึ้น 2,469 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งประมาณ 49.12% เป็นส่วนของปริมาณน้ำท่าทางด้านท้ายเขื่อน หรือคิดเป็น 1,275 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในขณะที่แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัดรูปแบบที่ 2.8 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พิจารณาระยะเวลาในการเดินทางของน้ำไปถึงโหนดความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบการระบายน้ำจากเขื่อน (Demand-Based Model) ให้ค่าปริมาณน้ำเก็บกักเมื่อสิ้นสุดฤดูฝนทั้งระบบเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 1,221 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น 12.98% โดยที่ปริมาณน้ำเก็บกักของทุกอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงจนเกิดความเสี่ยงที่จะไหลล้นอ่างซึ่งสอดคล้องตามเป้าหมายของงานวิจัย และปริมาณการระบายน้ำทั้งระบบลดลงเฉลี่ย -256 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

**คำสำคัญ:** หลักปัญญาประดิษฐ์ เทคนิคการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง แบบจำลองการโปรแกรมแบบข้อจำกัด  
เทคนิคการเรียนรู้แบบเครื่อง การบริหารเขื่อน-อ่างเก็บน้ำ

การปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำรูปแบบใหม่สำหรับการบริหารจัดการน้ำต้นทุน ระยะยาวในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ด้วยเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (ระยะที่ 2)

Multiple Reservoir Re-Operation System for Long-Term Water Supply Management in the Greater Chao Phraya River Basin Using Artificial Intelligence Technique (Phase 2)

### **Abstract**

This research aims at developing the operational tool for multiple reservoir system re-operation in the Greater Chao Phraya River Basin (GCPYRB) which describes basin-wide water resource management in the central region of Thailand including four main dams namely, Bhumibol (BB), Sirikit (SK), Khwae Noi Bumrungraen (KNB), Pasakcholasit (PS) Dams. The increase in reservoir water storage at the end of wet season of 15% is aimed to achieve by new operational tool for drought risk reduction affecting to the crop yield production in the area. Two types of multiple reservoir operation model applied by Artificial Intelligence-AI technique; (1) Reinforcement Learning-RL and (2) Constraint Programming-CP combined with Machine Learning-ML for daily reservoir inflow prediction, were accordingly developed. The RL-based model was trained using 7-D predicted inflow, water storage in reservoirs, reservoir water release and flows at downstream station which were identified as a set of state variables to make up the environment for dam-reservoir operation. The operation of BB and SK Dams was determined as the multiple agents which learn to behave in an environment by performing the actions or determination of water release. The improvement in increasing reservoir water storages of the agents by RL-based model was considered based on the maximum positive rewards obtained from the model. The simulation results show 24.45% increase in reservoir water storage in accordance with the generated target storages of four main dams which were established for model development by reinforcement learning. However, the improvement of model structure developed by the RL technique and setting up the dynamic target storages for the multiple reservoir operation in GCPYRB are still needed to increase the model efficiency. For the development of CP model, two types of CP optimization; (1) released-based model and (2) demand-based model, were established to find the solution to dam-reservoir operation system in GCPYRB. The travel time of released water from dams to the target demand nodes was not considered for a sort of released-based model with seasonal and yearly constraints. However, travel time of released water was regarded as main factor for the demand-based model. The CP model developed in this study has the same structure as the mathematical programming model; objective function, a set of decision variables, and constraints. The multi-objective optimization was accordingly

การปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำรูปแบบใหม่สำหรับการบริหารจัดการน้ำต้นทุน ระยะยาวในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ด้วยเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (ระยะที่ 2)

Multiple Reservoir Re-Operation System for Long-Term Water Supply Management in the Greater Chao Phraya River Basin Using Artificial Intelligence Technique (Phase 2)

formulated and the predicted inflow obtained from Machine Learning (ML) technique was used as key input variable. In addition, the sector-based water demand nodes in the Lower Ping (LP), Lower Nan (LN), and Chao Phraya-Tha Chin (CPY-TC) water distribution zones were identified. The results of long-term reservoir simulation obtained from CP model show the increase in reservoir water storage of 2,449 mcm per year of the system when the release-based model with seasonal constraint and 20% side flow were identified. Approximately 49.12% of this amount of increased water storage was quantified as potential side flow or equivalent to 1,275 mcm per year. In addition, a sort of the demand-based model with yearly constraint could also provide good results of increased water storage of 1,221 mcm per year at the end of wet season. In other words, approximately 12.98% of water storage could be increased without flood risk problem at some reservoirs. The reduction in the amount of water released from four main dams of -256 mcm per year were apparently existed when the demand-based model with yearly constraint was deployed.

**Keywords:** Artificial Intelligence-AI, Reinforcement Learning Technique-RL, Constraint Programming-CP, Machine Learning-ML, Dam-Reservoir Operation