

การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำมูลแบบหลายวัตถุประสงค์อย่างเป็นระบบและมีข้อจำกัด

วิทยานิพนธ์

ของ

นวกกร ไชยวัฒน์นันท์

พหุณี ปณฺทิตฺ ชิเว

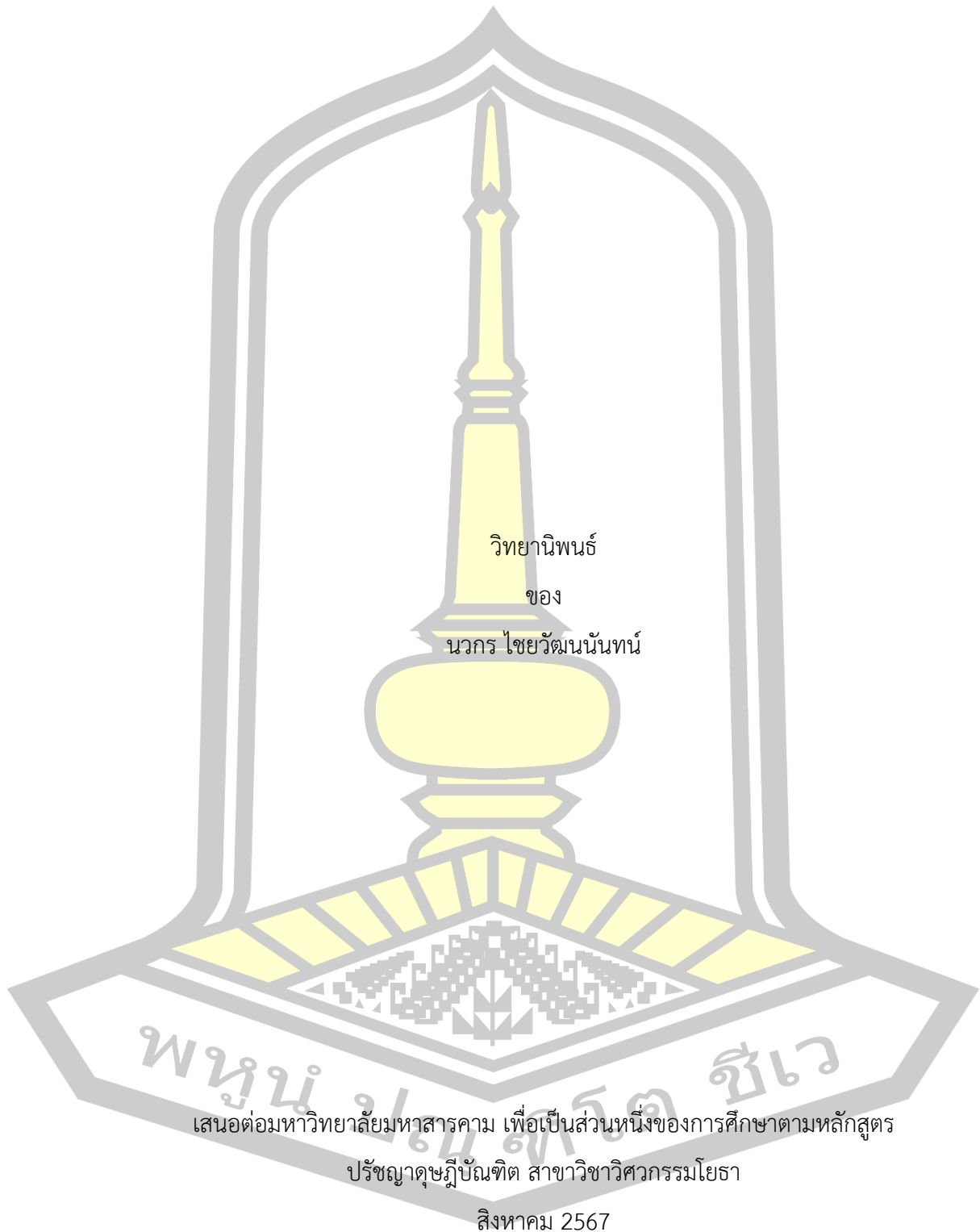
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

สิงหาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำมูลแบบหลายวัตถุประสงค์อย่างเป็นระบบและมีข้อจำกัด

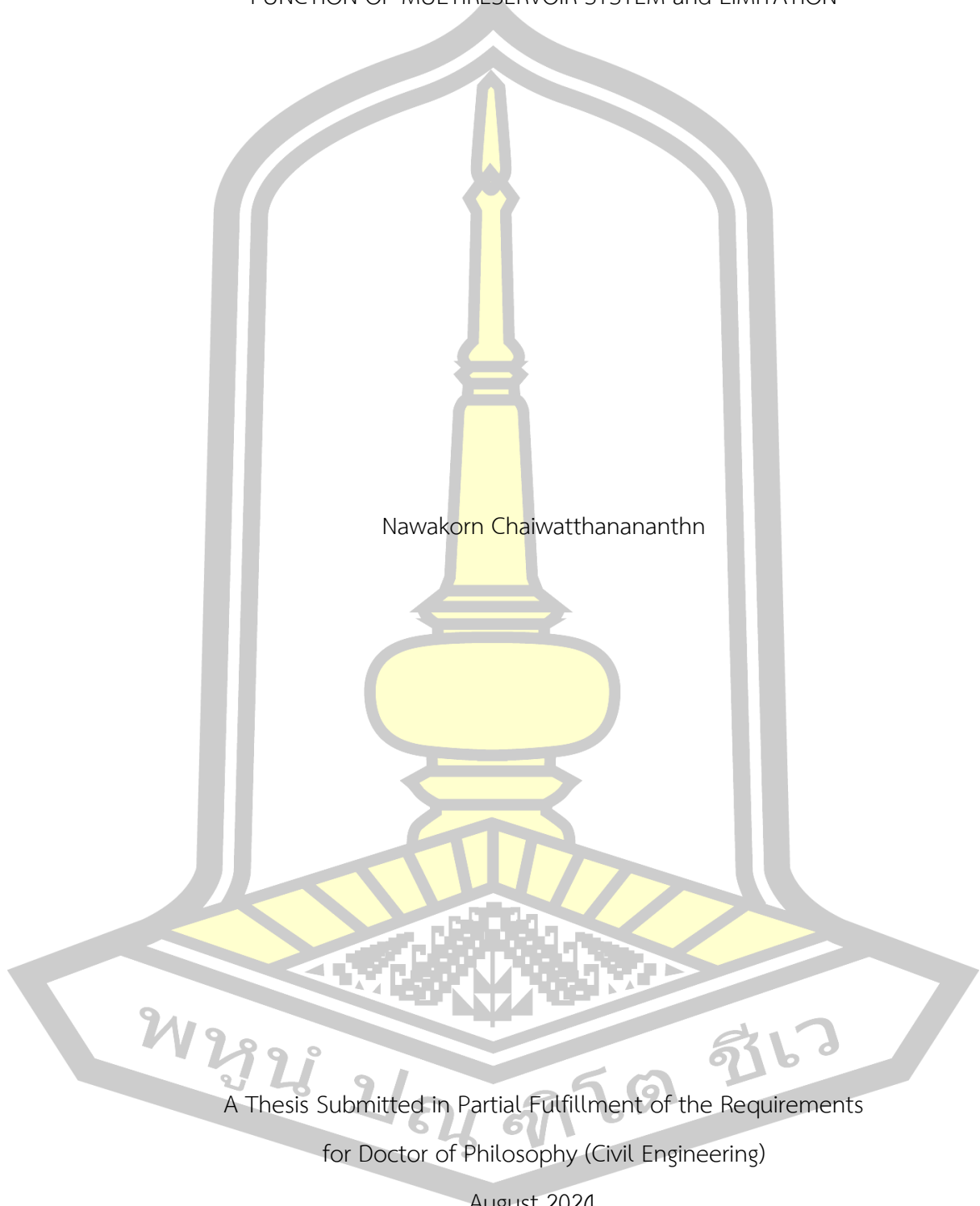


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

สิงหาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

RESERVOIR OPERATION RULE CURVE IN THE MUN RIVER BASIN BY MULTI-OBJECTIVE
FUNCTION OF MULTIRESERVOIR SYSTEM and LIMITATION

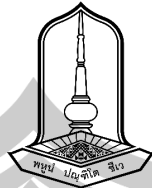


Nawakorn Chaiwatthananthn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Doctor of Philosophy (Civil Engineering)

August 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ นายนวกกร ไชยวัฒน์นันท์ แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.ทริส ประสารฉ่ำ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศ. ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)

กรรมการ

(ผศ. ดร.ศิวา แก้วปลั่ง)

กรรมการ

(ผศ. ดร.อลงกรณ์ ละม่อม)

กรรมการ

(ผศ. ดร.รัตนา หอมวิเชียร)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(รศ. ดร.จักรมาส เล่าหวนิช)

(รศ. ดร.กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในกลุ่มน้ำมูลแบบหลายวัตถุประสงค์อย่างเป็นระบบและมีข้อจำกัด
ผู้วิจัย	นวกร ไชยวัฒนนันท์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่พิมพ์ 2567

บทคัดย่อ

การจัดการอ่างเก็บน้ำต้องดำเนินการโดยพิจารณาจากความไม่แน่นอนของธรรมชาติและความต้องการน้ำ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำที่ใช้ การจัดการอ่างเก็บน้ำอย่างมีประสิทธิภาพต้องใช้เทคนิคหรือวิธีการที่สามารถคาดการณ์สภาวะในอนาคตได้ โดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในอดีตและข้อมูลปัจจุบันเพื่อช่วยในการตัดสินใจและเตรียมการ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางเลือกระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับ การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของเขื่อนแบบเครือข่ายโดยการหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมนำไปสร้าง ทางเลือกภายใต้สถานการณ์ คือ สถานการณ์น้ำท่วมจากการไหลล้นปกติ และสถานการณ์น้ำท่วมจากการไหลล้นปกติสูงสุด โดยประยุกต์ใช้เทคนิค White Shark Optimization (WSO) ที่เชื่อมโยงกับแบบจำลอง HEC RAS ที่ใช้เป็นตัวแทนอ่างเก็บน้ำเพื่อประเมินทางเลือกในการตัดสินใจสำหรับระบบอ่างเก็บน้ำเครือข่ายในประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วย เขื่อนราษีไศล เขื่อนห้วยนา และเขื่อนธาตุน้อย พัฒนาแบบจำลองเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บน้ำและการปล่อยน้ำจากเขื่อนราษีไศล เขื่อนห้วยนา และเขื่อนธาตุน้อยในกลุ่มน้ำมูลและชี ซึ่งส่งผลกระทบต่อน้ำท่วมในจังหวัดศรีสะเกษและอุบลราชธานี โดยควบคุมระดับน้ำไว้ที่ 119.00 ม.รทก. ที่สถานีตรวจวัดน้ำ M.9 จังหวัดศรีสะเกษ และ 112.00 ม.รทก. ที่สถานีตรวจวัดน้ำ M.7 จังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS เพื่อสร้างแบบจำลองกลุ่มน้ำตัวแทน ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดน้ำ M.5 M.7 M.9 M.182 และ M.20A ในช่วงปี 2562-2565 นำมาเปรียบเทียบข้อมูลการระบายน้ำของเขื่อนราษีไศล เขื่อนห้วยนา และเขื่อนธาตุน้อย เพื่อหาความสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบกราฟกฎเกณฑ์ที่ได้มามีความคล้ายคลึงกับกราฟกฎเกณฑ์ปัจจุบัน กราฟกฎเกณฑ์ใหม่นี้ใช้สร้างแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำของเขื่อนราษีไศล เขื่อนห้วยนา และเขื่อนธาตุน้อย เพื่อประเมินสถานการณ์น้ำท่วมในการปฏิบัติงานระยะยาว ผลการศึกษาพบว่าการใช้แบบจำลองความสัมพันธ์ของระดับน้ำเพื่อควบคุมการระบายน้ำของเขื่อนทั้ง 3 แห่งมีประสิทธิภาพดีกว่าการปล่อยน้ำโดยไม่จัดการร่วมกัน

คำสำคัญ: ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ, โค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ, การหาค่าเหมาะสมที่สุด

TITLE	RESERVOIR OPERATION RULE CURVE IN THE MUN RIVER BASIN BY MULTI-OBJECTIVE FUNCTION OF MULTIRESERVOIR SYSTEM and LIMITATION		
AUTHOR	Nawakorn Chaiwatthanananthn		
ADVISORS	Professor Anongrit Kangrang, Ph.D.		
DEGREE	Doctor of Philosophy	MAJOR	Civil Engineering
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2024

ABSTRACT

Reservoir management must be carried out considering the uncertainties of nature and water demand, including changes in rainfall, inflow and water consumption. Effective reservoir management requires techniques or methods that can predict future conditions using relevant historical and current data to support decision-making and preparation. This study aims to develop a decision support system alternative for reservoir operation of network dams by finding the appropriate control curve to generate alternatives under the following scenarios: normal overflow flood and maximum normal overflow flood. The White Shark Optimization (WSO) technique is applied to the HEC RAS model as a reservoir representative to evaluate the decision alternatives for the network reservoir system in Thailand, which consists of Rasi Salai Dam, Hua Na Dam and Tha Noi Dam. The model is developed to show the relationship between water storage and water release from Rasi Salai Dam, Hua Na Dam and Tha Noi Dam in the Mun and Chi River basins, which affect the flood in Si Sa Ket and Ubon Ratchathani provinces. By controlling the water level at 119.00 m MSL at the M.9 water monitoring station in Si Sa Ket Province and 112.00 m MSL at the M.7 water monitoring station in Ubon Ratchathani Province, the HEC-RAS model was used to create a representative river basin model. Data from the M.5, M.7, M.9, M.182, and M.20A water monitoring stations during 2019-2022 were compared with the water release data from Rasi Salai Dam, Hua Na Dam, and Tha Noi Dam to find the relationship. The study found that the obtained rule graph format is similar to the current rule graph. This new rule graph is used to create a model of the reservoir system of Rasi Salai Dam, Hua Na Dam, and Tha Noi Dam to assess the flood situation in long-term operation. The study found that the use of the water level relationship model to control water release of the three dams is more effective than releasing water without joint management.

Keywords: Decision Support System, Reservoir Rule Curves, Optimization Technique

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวិทยานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้ณาและความช่วยเหลือ จากอาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง ที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะและผลักดันในการศึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษาใน มหาวิทยาลัย ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นในการศึกษา และคอยให้กำลังใจเป็นอย่างดีมาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทริส ประสารฉ่ำ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวา แก้วปลั่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนา หอมวิเชียร กรรมการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ ละม่อม กรรมการ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่ใช้ในการศึกษาวิจัยด้วยดี ตลอดมา ที่ให้ความร่วมมือในการตอบข้อสอบถามในการศึกษา การใช้แบบจำลองเพื่อการเทียบข้อมูล และ ขอขอบคุณหน่วยงานต้นสังกัด ทั้ง 2 แห่ง องค์กรการบริหารส่วนตำบลชำ และองค์การบริหารส่วนตำบลพยุห์ ที่ให้โอกาสในการให้เวลาทำการศึกษาดูแลหลักสูตรด้วยดี

และสุดท้ายต้องขอขอบคุณครอบครัวที่อบอุ่นน่ารักของข้าพเจ้า ที่คอยเป็นกำลังใจและคอยสร้าง แรงใจในการศึกษาให้ข้าพเจ้าตลอดเวลา

นवर ไชยวัฒนนันท์

พูน ปณ ทิโต ชีเว

สารบัญ

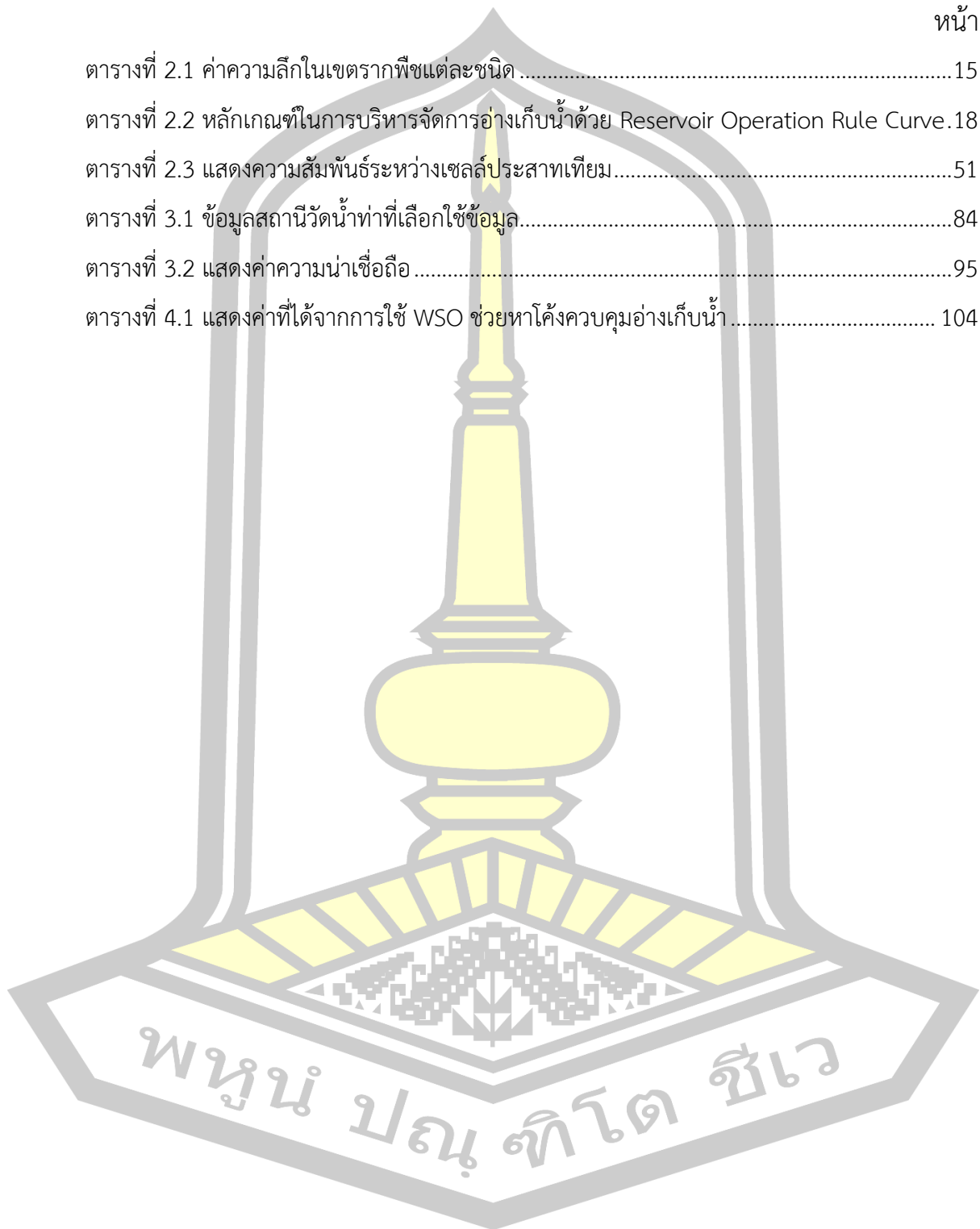
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3. ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 ปรัชญาเอกสารข้อมูล.....	7
2.1. บทนำ.....	7
2.2. สภาพทั่วไป.....	7
2.2.1. ลุ่มน้ำมูล.....	7
2.2.2. เขื่อนราษีไศล.....	7
2.2.3. เขื่อนห้วยนา.....	7
2.2.4. ข้อมูลอุตุทกวิทยา.....	7
2.3. หลักการจัดการน้ำ.....	7
2.3.1. การจัดการน้ำต้นทุน.....	7

2.3.2. ความต้องการใช้น้ำเกษตรกรรม	11
2.4. การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ.....	15
2.4.1. นิยามความหมายเกี่ยวกับปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ.....	15
2.4.2. ความสำคัญของอ่างเก็บน้ำ (Needs for Reservoir).....	18
2.4.3. ประเภทของอ่างเก็บน้ำ (Classification of Reservoirs).....	19
2.4.4. หน้าที่ของอ่างเก็บน้ำ (Function of Reservoirs).....	20
2.5. หลักสมมูลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ.....	23
2.6. หลักและวิธีการพัฒนาเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ.....	24
2.7. การพัฒนาเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยใช้วิธี Vacancy Minimum Storage Requirement Rule Curve.....	26
2.7.1. เส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve)	26
2.7.2. เส้นระดับเก็บกักต่ำสุด (Lower Rule Curve).....	27
2.7.3. เกณฑ์การปฏิบัติการแบบมาตรฐาน (Standard Operating Policy)	28
2.7.4. หลักเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้วยโค้งควบคุม (Probability Based Rule Curves)	29
2.8. การหาค่าความเหมาะสมที่สุด (Search for Optimization).....	30
2.8.1. ประวัติความเป็นมาของวิธีการหาค่าความเหมาะสมที่สุด	30
2.8.2. อัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพใหม่ที่เรียกว่า White Shark Optimizer (WSO)34	
2.9. การพัฒนาเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยใช้วิธี Probability Based Rule Curves	41
2.10. วิเคราะห์เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยพิจารณาเงื่อนไขการบริหารจัดการน้ำ.....	45
2.11. เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบพลวัต (Dynamic Rule Curve)	45
2.11.1. ขั้นตอนการวิเคราะห์เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบพลวัต (Dynamic Rule Curve)	48
2.12. มาตรการบริหารจัดการภัยน้ำท่วม	48

2.12.1. มาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง	49
2.12.2. มาตรการไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง	49
2.12.3. การใช้ทั้งสองมาตรการร่วมกัน	50
2.13. แบบจำลองที่ใช้ในงานทรัพยากรน้ำ	50
2.13.1. แบบจำลองสภาพภูมิศาสตร์	50
2.13.2. แบบจำลองการพยากรณ์ black box Model หรือโครงข่ายประสาทเทียม	50
2.13.3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	53
2.14. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	55
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	76
3.1. พื้นที่ศึกษา	78
3.2. การสร้างแบบจำลองตัวแทนลำน้ำด้วย โปรแกรม HEC RAS	89
3.3. หาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมโดยวิธี White Shark Optimization (WSO)	96
3.4. การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม ด้วยแบบจำลอง	102
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	103
4.1. ผลการสร้างแบบจำลองตัวแทนลำน้ำด้วย โปรแกรม HEC RAS	103
4.2. ผลการหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมโดยวิธี WSO	104
4.3. ผลการประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม ด้วยแบบจำลอง	107
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	108
5.1. สรุปการใช้แบบจำลอง HEC RAS	108
5.2. สรุปผลการหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมโดยวิธี WSO	108
5.3. ข้อเสนอแนะ	108
บรรณานุกรม	110
ประวัติผู้เขียน	116

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าความลึกในเขตรากพืชแต่ละชนิด.....	15
ตารางที่ 2.2 หลักเกณฑ์ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำด้วย Reservoir Operation Rule Curve.	18
ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทเทียม.....	51
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ข้อมูล.....	84
ตารางที่ 3.2 แสดงค่าความน่าเชื่อถือ.....	95
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าที่ได้จากการใช้ WSO ช่วยหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ.....	104



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 ขอบเขตการศึกษา.....	5
ภาพที่ 2.1 วัฏจักรน้ำ.....	8
ภาพที่ 2.2 กระบวนการเกิดน้ำท่า.....	9
ภาพที่ 2.3 แผนใช้การ.....	14
ภาพที่ 2.4 โซนเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ (ที่มา : US Army Corps of Engineer, 1998).....	16
ภาพที่ 2.5 เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve).....	17
ภาพที่ 2.6 สมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ.....	23
ภาพที่ 2.7 แผนผังการจำลองระบบ.....	25
ภาพที่ 2.8 ปริมาตรว่างของอ่างเก็บน้ำที่จะต้องสำรองไว้ใช้ตลอดช่วงฤดูฝน.....	26
ภาพที่ 2.9 ปริมาณน้ำที่จำเป็นต้องเก็บกักเพิ่มเติมในช่วงฤดูแล้ง.....	27
ภาพที่ 2.10 เกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (Standard Operating Policy).....	28
ภาพที่ 2.11 แผนผังการเลือกค่าที่ดีที่สุด.....	29
ภาพที่ 2.12 แผนผังลำดับขั้นของการหาค่าความเหมาะสม.....	31
ภาพที่ 2.13 กระบวนการทำงานของการหาค่าตอบด้วยวิธี Simulation-Optimization.....	33
ภาพที่ 2.14 ประสาทสัมผัสของฉลามขาว ได้แก่ การได้กลิ่น การมองเห็นและการได้ยิน.....	36
ภาพที่ 2.15 ฉลามขาวตัวใหญ่ที่มีเซ็นเซอร์ตรวจจับการได้ยินปรากฏอยู่ที่ลำตัว.....	37
ภาพที่ 2.16 พฤติกรรมการเคลื่อนไหวเป็นคลื่นของฉลามขาวใหญ่ (a) ฉลามขาวใหญ่กระเพื่อมไปทางซ้าย (b) ฉลามขาวกระเพื่อมไปทางขวา.....	37
ภาพที่ 2.17 ฟังก์ชันของการวนซ้ำที่แสดงถึงแนวโน้มการเติบโตโดยทั่วไปของความรู้สึกการได้ยินและการดมกลิ่นของฉลามขาวเมื่อเข้าใกล้เหยื่อ.....	40
ภาพที่ 2.18 การแจกแจงความน่าจะเป็นของ NRI_t	43
ภาพที่ 2.19 เกณฑ์การวิเคราะห์หาช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง.....	44
ภาพที่ 2.20 การแจกแจงความน่าจะเป็น ΣNRI_t	45
ภาพที่ 2.21 กระบวนการหา dynamic rule curve ของ Hydro Comp, Inc.	46
ภาพที่ 2.22 โครงสร้างของระบบโครงสร้างข่ายประสาทเทียม.....	53
ภาพที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงาน.....	77

ภาพที่ 3.2 รูปตัดขวางลำน้ำของอาคารระบายน้ำเขื่อนราษีไศล	78
ภาพที่ 3.3 รูปตัดขวางลำน้ำ ปีน้ำ พ.ศ.2557 ของสถานีวัดน้ำ M.5.....	79
ภาพที่ 3.4 แผนที่พื้นที่การศึกษา.....	80
ภาพที่ 3.5 แผนที่จังหวัดศรีสะเกษ.....	80
ภาพที่ 3.6 ภาพเขื่อนราษีไศล	81
ภาพที่ 3.7 ภาพเขื่อนห้วยนา	83
ภาพที่ 3.8 จุดที่ตั้งของสถานีวัดน้ำ.....	84
ภาพที่ 3.9 กราฟแสดงอัตราการไหลสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.5.....	85
ภาพที่ 3.10 กราฟแสดงระดับน้ำสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.5	86
ภาพที่ 3.11 กราฟแสดงอัตราการไหลสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.182	86
ภาพที่ 3.12 กราฟแสดงระดับน้ำสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.182.....	87
ภาพที่ 3.13 การขยายภาพ DEM จุดที่ต้องการ.....	88
ภาพที่ 3.14 ตัวอย่างข้อมูลระดับน้ำท่า ข้อมูลรายวันที่นำมาใช้.....	90
ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างข้อมูลอัตราการไหล ข้อมูลรายวันที่นำมาใช้.....	91
ภาพที่ 3.16 แผนที่ผังลำน้ำเขตพื้นที่การศึกษา จากเขื่อนราษีไศล ถึง สถานีวัดน้ำ M.7	92
ภาพที่ 3.17 แผนที่ผังลำน้ำเขตพื้นที่การศึกษา จากเขื่อนราษีไศล ถึง สถานีวัดน้ำ M.7	93
ภาพที่ 3.18 water year 2020(Sep-Dec).....	94
ภาพที่ 3.19 water year 2021(Sep-Dec).....	94
ภาพที่ 3.20 water year 2022(Sep-Dec).....	95
ภาพที่ 3.21 การล่าเหยื่อของฉลามขาว	96
ภาพที่ 4.1 ค่าการลู่เข้าของการใช้อัลกอริทึมเพื่อหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำโดยวิธี WSO ที่ 500 รอบ	104
ภาพที่ 4.2 ค่าการลู่เข้าของการใช้อัลกอริทึมเพื่อหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำโดยวิธี WSO ที่ 500 รอบ	105
ภาพที่ 4.3 ค่าโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำโดยวิธี WSO.....	106
ภาพที่ 4.4 ผลการพร่องน้ำโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำโดยวิธี WSO	107

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบันส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงต่อสิ่งแวดล้อมโลก โดยเฉพาะด้านทรัพยากรน้ำ ไม่ว่าจะเป็นการกระจายตัวของฝน ปริมาณฝนรายปี การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในชั้นบรรยากาศ ความผันแปรทางสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศดังกล่าว ล้วนแต่ส่งผลกระทบต่อการจัดการ ทรัพยากรน้ำและอุทกวิทยาทั้งมิติปริมาณและคุณภาพน้ำ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนับเป็น ประเด็นสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่ทำนายทั้งในระดับโลกและภูมิภาค กลุ่มนักวิทยาศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญ ด้านสภาพภูมิอากาศได้สันนิษฐานว่า การสะสมของกลุ่มก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของ มนุษย์ น่าจะเป็นสาเหตุหลักของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศ รวมถึงการเพิ่มขึ้นของ อุณหภูมิพื้นน้ำและผิวดิน ซึ่งผลการตรวจวัดโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ (AR5 Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 0.85 [0.65 ถึง 1.06] องศาเซลเซียส ในรอบศตวรรษที่ ผ่านมา ทั้งนี้ การเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องของอุณหภูมิผิวโลกนี้เองยังเป็นปัจจัยร่วมที่สำคัญทำให้เกิด การละลายตัวของน้ำแข็งบริเวณขั้วโลก การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล การเกิดภัยพิบัติและการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรงในหลายพื้นที่และหลายรูปแบบภัย ทั้งนี้ ภูมิภาคเอเชีย ตะวันออกเฉียงใต้เป็นภูมิภาคหนึ่งที่มีความเสี่ยงต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมไปถึงภาวะสภาพอากาศแบบสุดโต่ง (Extreme Weather Events) ที่เกิดขึ้นหลากหลายรูปแบบ และส่งผลกระทบเป็นวงกว้างในหลายพื้นที่ เช่นเดียวกับประเทศไทยซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อ ความแปรปรวนทางระบบภูมิอากาศและภัยพิบัติต่างๆ อันสืบเนื่องมาจากปัญหาโลกร้อน ปัจจัย ดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อแนวโน้ม ความรุนแรงและความถี่ในการเปลี่ยนแปลงระบบภูมิอากาศทั้งในระดับ ภูมิภาคและระดับประเทศ ทำให้มีผลกระทบต่อระดับน้ำในแม่น้ำโขงปริมาณสัตว์น้ำลดลง ตะกอนดินที่ไหล มาตามธรรมชาติพร้อมกับสายน้ำลดลง ส่งผลให้พื้นที่ตามแนวชายฝั่งถูกกัดเซาะเร็วกว่าปกติที่บริเวณ ปากแม่น้ำโขงในประเทศเวียดนาม ลุ่มน้ำโขงตอนล่างเริ่มตั้งแต่มณฑลยูนนานในประเทศจีนไหลผ่าน ประเทศต่างๆ ได้แก่ เมียนมาร์ ไทย สปป.ลาว กัมพูชา และเวียดนาม ครอบคลุมพื้นที่กว่า 76 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด สำหรับความลาดชันของทางน้ำไม่ชันมากเมื่อเทียบกับลุ่มน้ำโขง ตอนบน แต่ก็ยังได้รับการศึกษาและพัฒนาด้านไฟฟ้าพลังน้ำทั้งบนลำน้ำสายหลักและบนลำน้ำสาขา ของแม่น้ำโขง แม่น้ำโขงตอนล่างมีแม่น้ำสาขาใหญ่ที่สำคัญๆ 2 สาขา ทางฝั่งขวาของแม่น้ำโขงคือ

แม่น้ำชี-มูล อยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และทางฝั่งซ้ายของแม่น้ำโขงคือแม่น้ำเซซาน แม่น้ำเซเรย์ปุก และแม่น้ำเซกองไหลผ่าน 3 ประเทศด้วยกัน คือ สปป.ลาว กัมพูชา และเวียดนาม แม่น้ำโขงเมื่อไหลเข้าสู่ประเทศกัมพูชาจะมีปริมาณน้ำประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำทั้งหมดที่ไหลในแม่น้ำโขง ตั้งแต่ประเทศกัมพูชาลงมานับว่าเป็นช่วงท้ายน้ำของแม่น้ำโขง ก่อนไหลลงสู่ทะเลจีนใต้ภูมิภาคและทางน้ำมีลักษณะเป็นพื้นที่ราบลุ่ม

โครงการโขง-ชี-มูล เป็นหนึ่งในโครงการที่นำมาสู่การแก้ไขปัญหาภัยแล้งและอุทกภัย ซึ่งกันแม่น้ำมูลถัดจากอำเภอชุมพลบุรี จังหวัดสุรินทร์ แม่น้ำมูลจะไหลต่อเข้าจังหวัดศรีสะเกษ ที่มีห้วยทับทันไหลบรรจบแม่น้ำมูลที่อำเภอราชไศล จังหวัดศรีสะเกษ และส่วนด้านใต้ของจังหวัดศรีสะเกษ มีห้วยขยุง ไหลบรรจบแม่น้ำมูลและมีฝายห้วยนา (ฝายในโครงการโขง-ชี-มูล) ที่บริเวณอำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ ต่อจากจุดนี้ จะเป็นจุดบรรจบกันของแม่น้ำชีกับแม่น้ำมูล จากนั้นมีลำเซบายไหลบรรจบแม่น้ำมูลที่อำเภอเมืองอุบลราชธานี และลำเซ (ลำเซบก) ไหลบรรจบแม่น้ำมูลที่อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งในอำเภอนี้จะมีลำโดมใหญ่ไหลบรรจบแม่น้ำมูลเช่นเดียวกันโดยฝายลำโดมใหญ่ (ฝายในโครงการโขง-ชี-มูล) ตั้งอยู่ในลำโดมใหญ่บริเวณอำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี ก่อนที่แม่น้ำมูล ไหลลงแม่น้ำโขงมีลำโดมน้อยบรรจบแม่น้ำมูลบริเวณอำเภอบุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี ในลำโดมน้อยมีเขื่อนสิรินธรสร้างกั้นลำน้ำอยู่จนถึงเขื่อนปากมูล ก่อนไหลลงสู่แม่น้ำโขงต่อไป และเมื่อเกิดปัญหาจึงมีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาลุ่มน้ำมูลมากขึ้น โดยส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะพยากรณ์หรือทำนาย เช่น การหาค่าความสัมพันธ์ของสถานีวัดน้ำ M.5 M.7 และ E20A (กฤษณ์ และคณะ, 2551) เพื่อพยากรณ์ระดับน้ำที่จะไหลสู่จังหวัดอุบลราชธานี หรือการจำลอง MIKEFLOOD ของลุ่มน้ำมูลตอนล่างเพื่อทำนายพื้นที่น้ำท่วมมอง (ปรียาพร และคณะ, 2564) ซึ่งส่วนใหญ่ไม่ได้นำข้อมูลอาคารประตุน้ำของเขื่อนราชไศลและเขื่อนห้วยนามาร่วมในงานวิจัย

ในการศึกษาวิจัยด้านการบริหารจัดการน้ำของเขื่อนราชไศลและเขื่อนห้วยนามีน้อยมาก ซึ่งส่วนมากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเป็นด้านเศรษฐศาสตร์ สังคมและสิ่งแวดล้อม แต่มีงานวิจัยในลุ่มน้ำมูลตอนล่างของท้ายเขื่อนห้วยนาเพื่อศึกษาผลกระทบ การพยากรณ์และการบริหารจัดการน้ำเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมและน้ำแล้งในจังหวัดอุบลราชธานี โดยมีการใช้ความสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำ การใช้แบบจำลองหลายรูปแบบเพื่อคาดการณ์หรือพยากรณ์ระดับน้ำ ปัจจุบันเริ่มมีการใช้อัลกอริทึมหลากหลาย นอกเหนือจากนั้นยังได้มีการประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Technique) มาค้นหาค่าตอบของโค้งควมคุมอ่างเก็บน้ำ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อสถานการณ์อ่างเก็บน้ำตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) เช่น โปรแกรมพลวัต (Dynamic Programming) (Chaleeraktragoon, 2005) หรือเทคนิคที่ได้จากการพัฒนามาจากทฤษฎีวิวัฒนาการก็เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการหาค้นหาค่าตอบ เช่น เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) เทคนิคอาณานิคมมด (Tabu search) เทคนิคเจเนติกโปรแกรมมิ่ง (Genetic

Programming) (Ngamsert, 2018) และเทคนิคการถ่ายละอองเรณูดอกไม้ (Flower Pollination Algorithm) ซึ่งได้มีผู้วิจัยที่นำเทคนิคต่างๆเหล่านี้มาปรับใช้ในการค้นหาค่าตอบของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ อีกหนึ่งเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการค้นหาที่เหมาะสม ระบบหลายอ่างเก็บน้ำที่ซับซ้อน โดยพิจารณาจากข้อจำกัดด้านความเสี่ยง (Qingwen Lu et al., 2021) ด้วยการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมอย่าง ความต้องการทรัพยากรน้ำของมนุษย์จึงรุนแรงขึ้น การขาดแคลนทรัพยากรน้ำได้ กลายเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ขัดขวางความก้าวหน้าทางสังคม อ่างเก็บน้ำส่วนใหญ่ถูกสร้างขึ้น เพื่อวัตถุประสงค์หลายประการ มักมีความขัดแย้งกันเอง เช่น การควบคุมน้ำท่วม การผลิต กระแสไฟฟ้า การประปา การนำทาง และหน้าที่อื่นๆ ดังนั้น การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอ่างเก็บน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดอย่างครอบคลุมจึงเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องแก้ไข โมเดลการเพิ่ม ประสิทธิภาพของรูปแบบการทำงานของอ่างเก็บน้ำ โดยการใช้การเขียนโปรแกรมไดนามิกแบบสุ่ม (Tisno Subroto et al., 2021) ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำนั้นใช้เครื่องมือพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นใน การปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำคือโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) อย่างไรก็ตามเมื่อมีการ เปลี่ยนแปลงและผันแปรของข้อมูลด้านเข้าที่ใช้ในการจัดการอยู่ตลอดก็ทั้งไม่มีความแน่นอนตายตัว ดังนั้นหากได้ใช้กฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบพลวัต ในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจะทำให้มีความ สอดคล้องและมีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเพิ่มมากขึ้น

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นเกี่ยวกับการหาแนวทางการบริหารจัดการน้ำของเขื่อนราษีไศลและ เขื่อนห้วยนาเพื่อใช้บรรเทาอุทกภัยและภัยแล้งจากสภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยการใช้ อัลกอริทึมในหลายวิธีมาเปรียบเทียบ โดยจะดำเนินการในเขตพื้นที่ศึกษาการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของ ระดับน้ำในแม่น้ำมูลจากสถานีวัดน้ำอำเภอรามราษีไศล จนถึงจุดสถานีวัดน้ำที่อำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อจำลองลำน้ำตามสภาพปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างไรเมื่อ ได้รับผลกระทบจากการเพิ่มระดับน้ำในแม่น้ำมูลด้วยแบบจำลอง จากนั้นทำการปรับเทียบความ แม่นยำจนเป็นที่น่าเชื่อถือและใช้เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาและวิเคราะห์การบริหารจัดการ อุทกภัยในเขตพื้นที่ศึกษา ให้มีความครอบคลุมพื้นที่ศึกษาและหาแนวทางที่คาดว่าจะเป็นไปได้ ทำ การทดสอบที่ได้ปรับปรุงขึ้น เพื่อหาแนวทางในการวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้ เพื่อเป็นแผนหลักในการ พิจารณาดำเนินการต่อไป

1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อหาแนวทางปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของเขื่อนราษีไศล และเขื่อนห้วยนา ภายใต้ ข้อจำกัด

1.2.2 เพื่อสร้างแบบจำลองลำน้ำมูลตอนล่างไว้พยากรณ์ระดับน้ำ

1.3. ขอบเขตการวิจัย

1.3.1. ขอบเขตการศึกษาเฉพาะลุ่มน้ำมูลตอนล่าง เชื้อนราชีไศล อำเภอราชไศล จนถึง เชื้อนหัวนา ที่ตำบลโนนสังข์ อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ ดังแสดงในภาพที่ 1.1

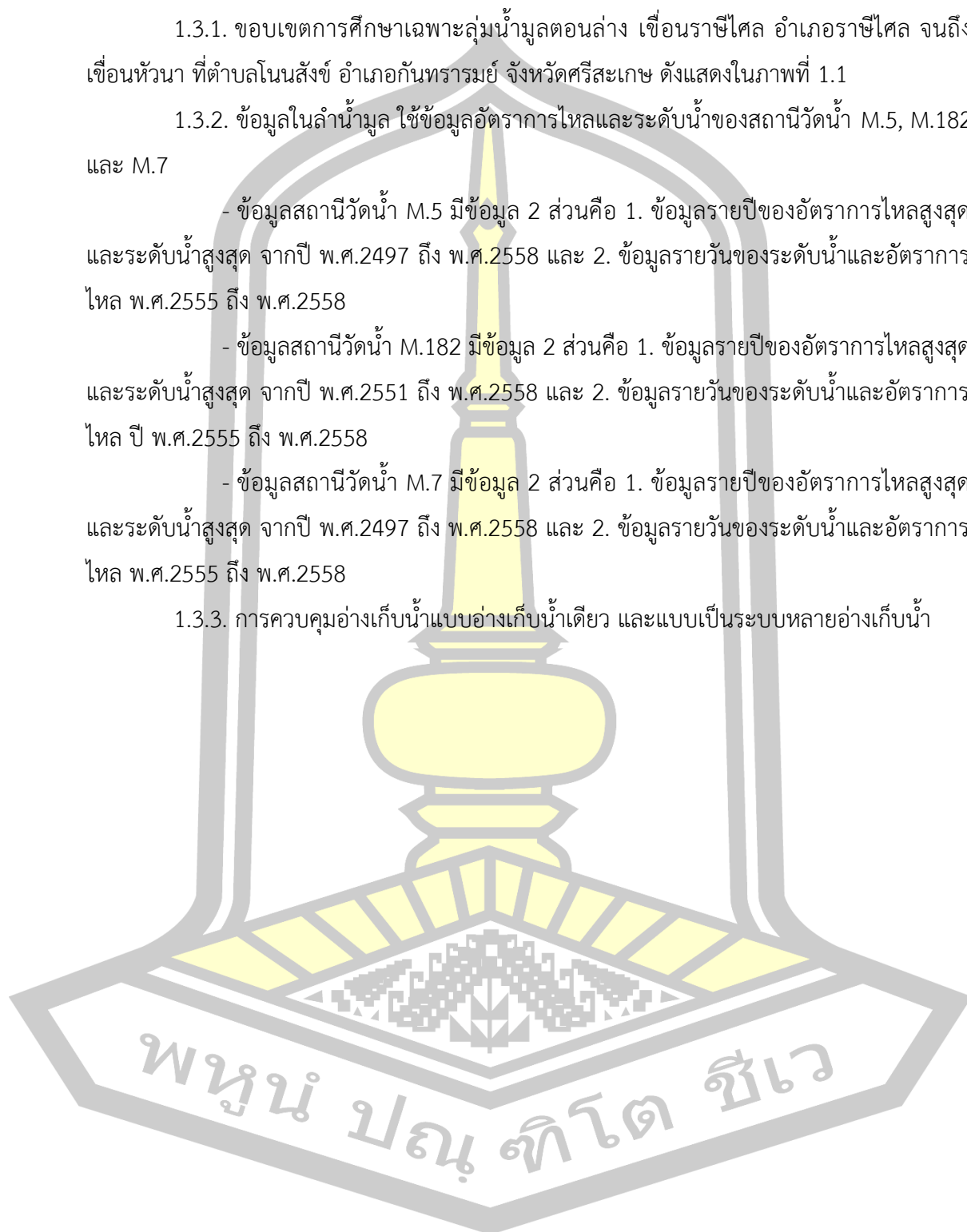
1.3.2. ข้อมูลในลุ่มน้ำมูล ใช้ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำของสถานีวัดน้ำ M.5, M.182 และ M.7

- ข้อมูลสถานีวัดน้ำ M.5 มีข้อมูล 2 ส่วนคือ 1. ข้อมูลรายปีของอัตราการไหลสูงสุด และระดับน้ำสูงสุด จากปี พ.ศ.2497 ถึง พ.ศ.2558 และ 2. ข้อมูลรายวันของระดับน้ำและอัตราการไหล พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ.2558

- ข้อมูลสถานีวัดน้ำ M.182 มีข้อมูล 2 ส่วนคือ 1. ข้อมูลรายปีของอัตราการไหลสูงสุด และระดับน้ำสูงสุด จากปี พ.ศ.2551 ถึง พ.ศ.2558 และ 2. ข้อมูลรายวันของระดับน้ำและอัตราการไหล ปี พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ.2558

- ข้อมูลสถานีวัดน้ำ M.7 มีข้อมูล 2 ส่วนคือ 1. ข้อมูลรายปีของอัตราการไหลสูงสุด และระดับน้ำสูงสุด จากปี พ.ศ.2497 ถึง พ.ศ.2558 และ 2. ข้อมูลรายวันของระดับน้ำและอัตราการไหล พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ.2558

1.3.3. การควบคุมอ่างเก็บน้ำแบบอ่างเก็บน้ำเดี่ยว และแบบเป็นระบบหลายอ่างเก็บน้ำ



05-01 3/3 แผนที่แสดงขอบเขตลุ่มน้ำมูลและระบบทางน้ำ

มาตรา 1:250,000



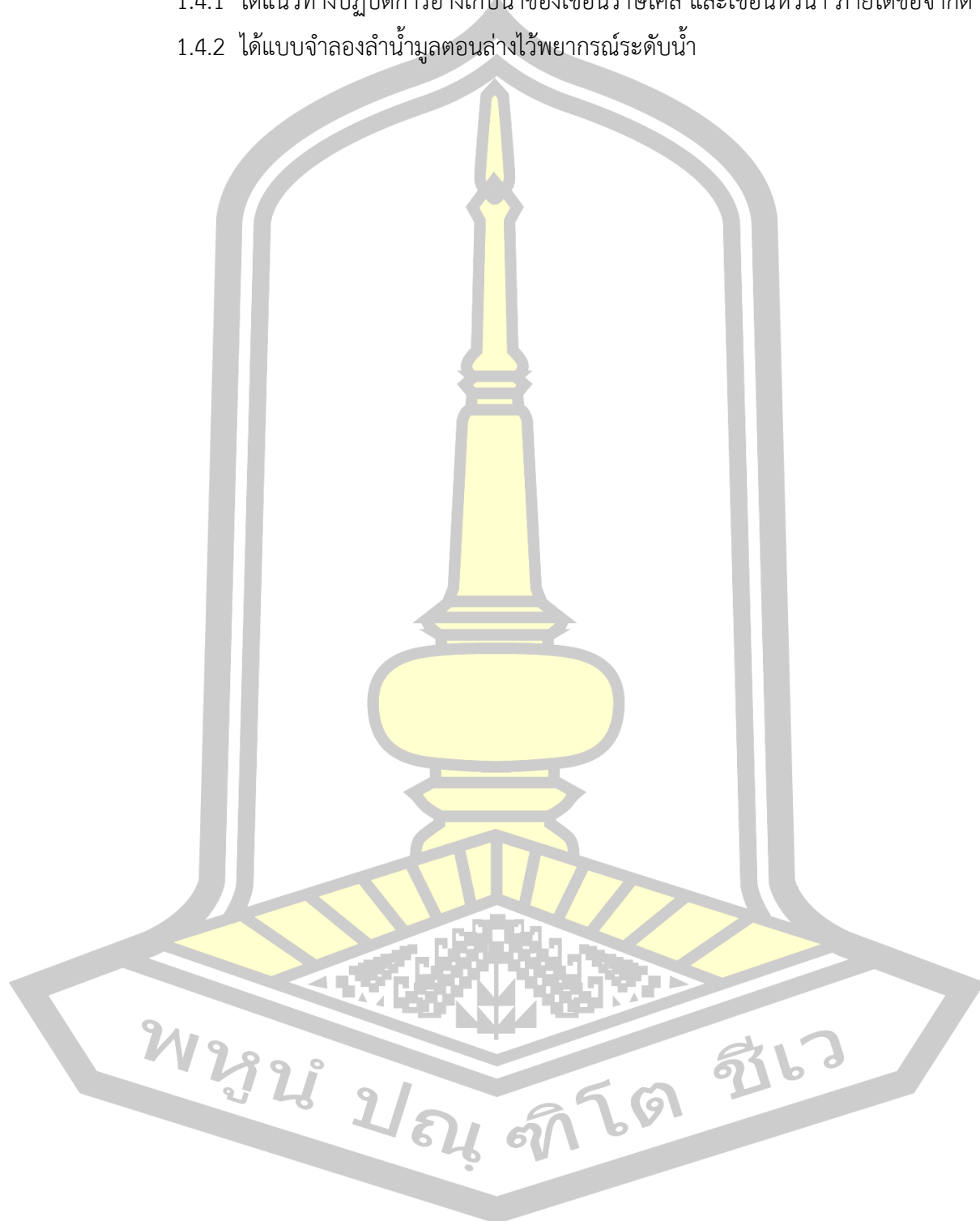
ภาพที่ 1.1 ขอบเขตการศึกษา

ที่มา : สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้แนวทางปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของเขื่อนราษีไศล และเขื่อนห้วยนา ภายใต้ข้อจำกัด

1.4.2 ได้แบบจำลองลำน้ำมูลตอนล่างไว้พยากรณ์ระดับน้ำ



บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

2.1. บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการรวบรวมข้อมูล ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องต่างๆ โดยแบ่งตามหัวข้อดังนี้ หลักการจัดการน้ำ การวิเคราะห์อัตราการระเหย การวิเคราะห์ความต้องการน้ำด้านอุปโภค-บริโภค การวิเคราะห์ปริมาณฝนใช้การ การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสม โปรแกรม SWAT โปรแกรม HEC-RAS งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2. สภาพทั่วไป

- 2.2.1. ลุ่มน้ำมูล
- 2.2.2. เขื่อนราษีไศล
- 2.2.3. เขื่อนห้วยนา
- 2.2.4. ข้อมูลอุตุทกวิทยา
 - 2.2.4.1 ข้อมูลน้ำท่า
 - 2.2.4.2 ข้อมูลน้ำฝน

2.3. หลักการจัดการน้ำ

2.3.1. การจัดการน้ำต้นทุน

การประเมินปริมาณน้ำต้นทุน จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องทำให้ทราบถึงองค์ประกอบของน้ำต้นทุน อันได้แก่ ปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นสมการที่ผู้ศึกษาจะได้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยสมการ (2.1) ปริมาณน้ำต้นทุนจะครอบคลุมถึงปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำใต้ดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กันตามวัฏจักรของน้ำ

$$\text{Water Budget} = R + SW \quad (2.1)$$

โดยที่ Water Budget = ปริมาณน้ำต้นทุน

R = ปริมาณน้ำท่า

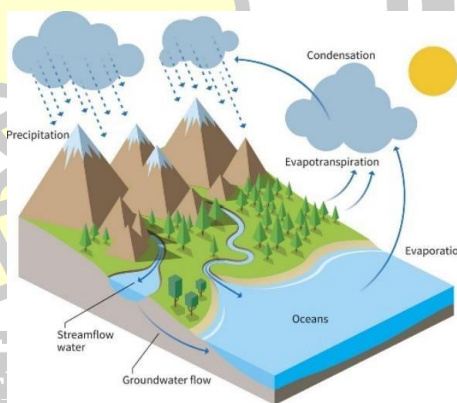
SW = ปริมาณน้ำใต้ดิน

วัฏจักรน้ำ (water cycle) คือ การเกิดและการหมุนเวียนของน้ำที่อยู่ในโลกเป็นระบบหมุนเวียน มีหลายสถานะทั้ง ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ อาจเริ่มนับได้จากมหาสมุทร (Oceans) เมื่อน้ำ

ระเหยจากมหาสมุทรไปสู่บรรยากาศเป็นไอน้ำแล้ว (Evaporation, Evapotranspiration) ความแปรปรวนของลมฟ้า อากาศจะทำให้การควบแน่น (condensation) ของบรรยากาศจนเกิดเป็นฝนตกลงสู่ผิวโลกในส่วน ของทะเลหรือบนผิวดิน (Precipitation) น้ำฝนที่ตกบนดินก็จะเกิดการสูญเสีย ดูดซึมลงดินเสียเป็นส่วนใหญ่ และด้วยเหตุอื่นบ้างเล็กน้อย เช่น ระเหย ชั่งในที่ลุ่ม ฟ้าผ่าไปใช้ ส่วนที่เหลือก็จะไหลเป็นน้ำท่าลงแม่น้ำลำธารออกทะเล (Streamflow water) น้ำที่ซึมลงดินเป็นน้ำใต้ดิน หลังจากนั้นก็จะค่อยๆ ซึมออกสู่น้ำลำธาร และไหลออกสู่ทะเล (Groundwater flow) นำน้ำกลับไปสู่จุดเริ่มต้นอีกครั้ง โดยที่วัฏจักรของน้ำจะไม่มีเริ่มต้นไม่มีที่สิ้นสุด หมุนเวียนอยู่เช่นนี้ตลอดเวลา ดังภาพที่ 2.1 ซึ่งใน กระบวนการนี้เป็นที่มาของการเกิดน้ำท่าและน้ำใต้ดิน

1) น้ำท่า

กระบวนการตามวัฏจักรของน้ำที่ฝนที่ตกลงมาก่อนที่ลงสู่พื้นบางส่วนถูกสกัดไว้ด้วยกิ่งก้าน และใบของต้นไม้ น้ำส่วนนี้มีการระเหยกลับคืนสู่บรรยากาศ ส่วนที่ตกลงสู่พื้นตกค้างอยู่ตามหลุม บ่อ และแอ่งตามพื้นดิน น้ำบางส่วนซึมผ่านพื้นดินและหากอัตราการซึมมากกว่าการระบายสู่ชั้นดิน น้ำส่วนนี้จะไหลใต้ผิวดินลงสู่แหล่งน้ำ และหากมีปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว น้ำบางส่วนไหลออกจากพื้นดินและไหลลงสู่พื้นที่ที่ต่ำกว่า เมื่อน้ำไหลอยู่ใต้ผิวดินและน้ำไหลผิวดินรวมกันจึงเกิดเป็นน้ำท่า คือน้ำที่ไหลในลำธารซึ่งรับน้ำจากลุ่มน้ำ ข้อมูลเกี่ยวกับน้ำท่ามีความสำคัญในเรื่องของการวิเคราะห์และออกแบบงานพัฒนาแหล่งน้ำ เช่น อ่างเก็บน้ำ คลองส่งน้ำ เป็นต้น

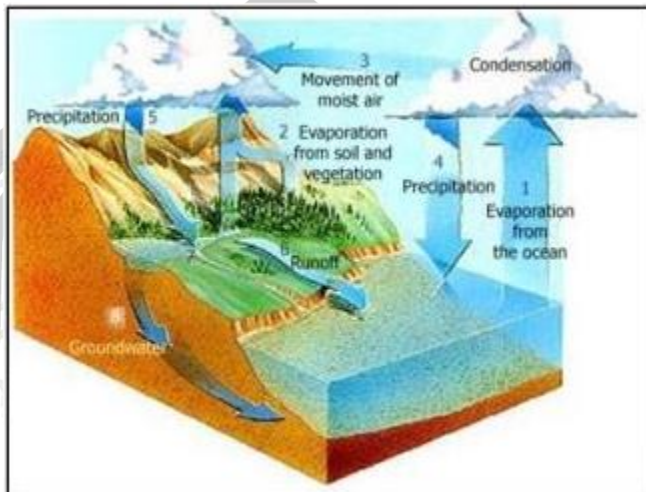


ภาพที่ 2.1 วัฏจักรน้ำ

ที่มา : Luc Paquet (2018)

การประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำใดๆ ทำได้โดยการวิเคราะห์จากปริมาณฝนที่ตกมาในพื้นที่จาก กระบวนการการหมุนเวียนของน้ำในบรรยากาศ (water cycle) โดยที่ฝนที่ตกลงมาไม่สามารถเปลี่ยนเป็นน้ำท่าได้ทั้งหมด เพราะมีการสูญเสียเกิดขึ้นในขณะที่ฝนตก ได้แก่ การเก็บกักบน

ต้นไม้การ ซึมลงดิน และการระเหย เป็นต้น โดยปริมาณน้ำที่เหลือจะไหลผ่านผิวดินลงสู่แม่น้ำ และ ไหลลงสู่ทะเลต่อไป ซึ่งกระบวนการเกิดน้ำท่าแสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 กระบวนการเกิดน้ำท่า

ที่มา : สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) (2555)

ทั้งนี้ ในการประเมินน้ำท่าพบว่ามีอยู่หลายวิธีซึ่งจะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ใช้ความเหมาะสม ระยะเวลาในการประเมิน รวมไปถึงขนาดพื้นที่ในการประเมินปริมาณน้ำท่าทั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำ มีแบบจำลองการประเมินน้ำท่าที่นิยมใช้กันเรียกว่า SCS (soil Conservation Services) (ทศวรรณ หานุกภาพ 2556) เป็นแบบจำลองจากประเทศสหรัฐอเมริกาและมีการนำไปใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าในหลายๆ พื้นที่ เช่น การประมาณค่าน้ำรายเดือนสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย (เชษฐา ดิษย มาลย์ 2538) โดยที่ผลการศึกษานั้นพบว่าการนำแบบจำลองไปใช้ได้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริง และได้มีการนำแบบจำลองนี้ไปดัดแปลง โดยได้สมการดังสมการ (2.2) และผู้ศึกษาได้นำสมการนี้มาใช้ในสมการการศึกษาปริมาณน้ำท่าด้วย

$$R = PCA \quad (2.2)$$

โดยที่ P = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำ (ลบ.ม.) C = สัมประสิทธิ์น้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ

A = ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.ม.)

R = ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม./ตร.ม./ปี)

2) น้ำใต้ดิน

น้ำในดิน คือ น้ำส่วนที่อยู่ในช่องว่างของดิน ฝนที่ตกลงมามีการให้น้ำแก่ดิน โดยน้ำซึมเข้าไปสู่ช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และยึดติดเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของเม็ดดิน เกิดเป็นน้ำในดินขึ้น

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำใต้ดินทำได้โดยการวิเคราะห์จากปริมาณฝนที่ตกมาในพื้นที่ จากกระบวนการการหมุนเวียนของน้ำในบรรยากาศ (water cycle) โดยที่ฝนที่ตกลงมาส่วนหนึ่งจะเป็นปริมาณน้ำท่าและจะมีน้ำอีกส่วนหนึ่งไหลลงสู่บริเวณใต้ผิวดินเข้าไปสู่ช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของเม็ดดินจึงเกิดเป็นน้ำใต้ดินขึ้น โดยการเก็บตัวอย่างน้ำในดินที่ต้องรู้ปริมาณน้ำในดินมาอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศา เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 15 ชม. จนน้ำหนักคงที่และนำมาชั่งน้ำหนักคำนวณน้ำที่หายไป จะได้ปริมาณน้ำใต้ดิน (ทศวรรณ หานุกภาพ 2556)

การพิจารณาถึงปริมาณต้นทุนน้ำใต้ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ สามารถคำนวณได้จากอัตราการเติมน้ำบาดาลของน้ำฝนลงสู่ดิน ทั้งนี้ ในการประเมินจะปริมาณน้ำต้นทุนในส่วนของน้ำใต้ดินนี้ จะไม่นำมาคำนึงร่วมกับปริมาณน้ำท่าโดยตรงตามสมการที่ (2.1) เพราะปัญหาที่สำคัญในการพัฒนาไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำใต้ดินที่กักเก็บอยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำ แต่จะอยู่ที่ปริมาณของน้ำที่สามารถนำมาใช้ในแต่ละปีอย่างต่อเนื่อง โดยไม่ทำให้ระดับน้ำในชั้นหินอุ้มน้ำหมดไปหรือก่อให้เกิดปัญหาต่อเนื่อง เช่น การเกิดแผ่นดินทรุด การลดลงของระดับน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่องและไม่กลับคืนตัว ปริมาณน้ำดังกล่าวจะหมายถึงปริมาณที่เหมาะสม (Safe yield) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ลงไปเพิ่มเติมให้กับชั้นหินอุ้มน้ำ (Recharge) ในแต่ละปี ถ้าสามารถคำนวณหรือประเมินปริมาณน้ำที่ลงไปเพิ่มเติมให้แหล่งกักเก็บได้ ปริมาณดังกล่าวนี้ก็จะเป็ปริมาณที่เหมาะสมที่จะพัฒนานำขึ้นมาใช้ได้อย่างต่อเนื่องยาวนาน และสามารถยืดอายุการใช้งานของแหล่งน้ำบาดาล โดยไม่รบกวนหรือรบกวนน้อยที่สุดต่อปริมาณของน้ำบาดาลที่กักเก็บอยู่แล้ว จากสมการ (2.3) (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2553)

$$\text{ศักยภาพน้ำใต้ดิน} = \text{พื้นที่ศักยภาพ} \times \text{อัตราการซึม} \times \text{ปริมาณน้ำฝน} \quad (2.3)$$

จากสมการดังกล่าวปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพน้ำใต้ดินดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า กำเนิดของน้ำใต้ดินจะมาจากน้ำในบรรยากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลซึมลงดิน โดยจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ พื้นที่ในการรองรับน้ำใต้ดิน อัตราการซึมของดินซึ่งดินแต่ละประเภทมีอัตราการยอมให้น้ำไหลผ่านไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับชนิดของดินในประเภทนั้นๆ ด้วย

2.3.2. ความต้องการใช้น้ำเกษตรกรรม

ความต้องการใช้น้ำจากเกษตรกรรม คือ ปริมาณน้ำที่พืชสำหรับเกษตรกรรมต้องการเพื่อการเจริญเติบโตในพื้นที่ ซึ่งอาจได้รับน้ำดังกล่าวจากน้ำฝนที่ตกลงมา ลักษณะจะแตกต่างกันตามชนิดของพืช ตามระยะเวลาการเพาะปลูก และตามปริมาณน้ำฝนที่ได้รับไปแล้ว

ความต้องการใช้น้ำของพืช (Crop Water Requirement) หมายถึง ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ ใช้ในการเจริญเติบโตและการคายระเหย การคายน้ำของพืชและการระเหยน้ำจากผิวดินในพื้นที่ปลูกพืชตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตจนระยะการให้ผลผลิตของพืชที่ปราศจากโรคและแมลงรบกวน พื้นที่ขนาดใหญ่ภายใต้ สภาพที่ไม่มีข้อจำกัดของน้ำและความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้ง ในทุกๆ ด้าน และพืชให้ผลผลิตสูงสุดสำหรับพื้นที่ในฤดูกาลนั้นๆ (Allen and Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998; Doorenbos and Pruitt, 1997)

ในการทำการประเมินค่าความต้องการใช้น้ำนั้น โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 วิธีหลักๆ วิธีการแรกเป็นวิธีการประเมินค่าโดยการวัดโดยตรง จะมีข้อดีที่สำคัญคือ การวัดผลได้อย่างแม่นยำ ถูกต้อง และนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ส่วนข้อจำกัดนั้น คือ สามารถวัดได้เฉพาะพื้นที่เท่านั้น อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง ใช้เวลาค่อนข้างนาน ส่วนอีกหนึ่งวิธีคือการประมาณค่าโดยการใช้ข้อมูลภูมิอากาศ คำนวณการใช้น้ำซึ่งในการคำนวณนั้นจะมีปริมาณเพียงใดจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลักๆ 4 ประการ 1) สภาพของดิน 2) ชนิดและอายุพืช 3) สภาพภูมิอากาศ 4) การจัดการเพาะปลูก โดยในการคำนวณความต้องการใช้น้ำผ่านแบบจำลองสมการ (2.4)

$$ET = KC * ETP \quad (2.4)$$

โดยที่ ET = ปริมาณความต้องการน้ำของพืชตามทฤษฎี (มม./วัน) Kc = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ETP = ศักยภาพการคายระเหยน้ำของพืชหรือการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน) ที่มา : (Doorenbos and Pruitt, 1997; วิบูลย์ บุญยธโรกุล, 2524)

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient ; Kc) ค่าคงที่ของพืชที่จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET) ที่ทำการทดลองและตรวจวัดได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter)

ค่าสัมประสิทธิ์พืช จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการนำไปใช้งานในด้านชลประทานและการเกษตรกรรม ในกรณีที่ต้องการปลูกพืชในท้องถิ่นอื่นที่ยังไม่มีการทำการทดลองหาปริมาณการใช้น้ำ

ของพืชชนิดนั้นมาก่อนเลย เมื่อต้องการทราบก็จะสามารถนำค่า Kc มาใช้ในการคำนวณหาค่า ET ร่วมกับค่า ETo ที่ได้จากข้อมูลของสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นนั้นๆ ได้

การสูญเสียน้ำจากการซึมลึก (Deep percolation; DP) คือ ปริมาณน้ำที่ซึมลึกเลยบริเวณรากพืชลงไป พืชจึงไม่สามารถนำมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ (P. Savva and Frenken, 2002), Ali (2010) อธิบายถึงอิทธิพลหลักที่ส่งผลต่ออัตราการซึมลึกของน้ำ ประกอบด้วยชนิดของ ดิน ปริมาณน้ำฝน/น้ำชลประทาน การใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการ เช่น ดินเหนียวและมีระดับ น้ำใต้ดินอยู่ตื้น จะมีอัตราการสูญเสียน้ำประมาณ 1 มิลลิเมตรต่อวัน หรือน้อยกว่า สำหรับดินทราย และมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึก จะมีอัตราการสูญเสียน้ำประมาณ 10 มิลลิเมตรต่อวันหรือมากกว่า เป็นต้น (De Datta, 1981)

ศักยภาพการคายระเหยน้ำ (Potential Evapotranspiration; PET) คือ การใช้น้ำของพืช หรือการคายระเหยน้ำในสภาพที่ดินมีความชื้นอย่างเพียงพอที่พืชจะนำไปใช้ได้ตลอดเวลา ซึ่งใน การศึกษานี้ได้ประมาณค่า PET โดยวิธีของ Penman-Monteith เพราะว่าเป็นวิธีการที่ได้รวบรวม องค์ประกอบที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืชมาอยู่ในสูตรทุกอย่าง ได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศ โดยจากการศึกษาต่างๆ ในต่างประเทศได้สรุปว่าวิธีของ Penman-Monteith ให้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ประกอบกับในที่ประชุมปรึกษาของ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO Expert Consultation) ในปี ค.ศ.1990 ได้ลง ความเห็นว่าวิธีของ Penman-Monteith เป็นวิธีที่ดีและได้รับการยอมรับมากที่สุด (Allen และ คณะ 1998; Kassam และ Smith 2001) ดังสมการที่ 2.5

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (2.5)$$

เมื่อ ETo = Reference Evapotranspiration หรือ PET [mm/day]

R_n = ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สุทธิ [MJ/m²,day]

G = soil heat flux [MJ/m²,day]

T = อุณหภูมิ [°C]

U₂ = ความเร็วลมที่ความสูง 2 เมตร [m/sec]

e_s = ความดันไอน้ำอิ่มตัวของบรรยากาศ [kPa]

e_a = ความดันไอน้ำเฉลี่ยของบรรยากาศ [kPa]

Δ = ความชันของกราฟความดันไอน้ำอิ่มตัวกับอุณหภูมิที่อุณหภูมิ T [kPa/°C]

γ = psychometric constant [kPa/°C]

นอกเหนือจากวิธีข้างต้นแล้วจากนั้น โดยในการคำนวณปริมาณน้ำสำหรับพื้นที่ชลประทาน จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยดังกล่าวข้างต้น วิธีการประเมินปริมาณความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ชลประทานมีวิธีศึกษา ดังนี้ คือ (กรมชลประทาน 2554)

1. กรณีในเขตชลประทาน

$$IWR = (ET + DP - ER) / IE \quad (2.6)$$

2. กรณีนอกเขตชลประทาน

$$WR = ET + DP - ER \quad (2.7)$$

โดยที่ IWR/IRR = ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน (มม.)

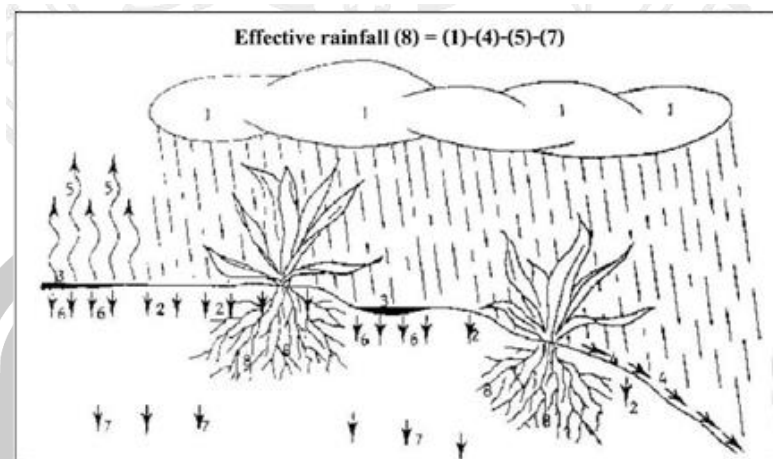
ET = ปริมาณความต้องการน้ำของพืชตามทฤษฎี (มม.)

DP = ปริมาณน้ำรั่วซึมเลยเขตรากพืช (มม.) (Deep Percolation)

ER = ปริมาณฝนใช้การ (effective rainfall) (มม.)

IE = ประสิทธิภาพชลประทาน (irrigation efficiency)

ฝนใช้การ (effective rainfall) หมายถึง ปริมาณฝนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินบริเวณของพืชและเป็นประโยชน์ต่อพืช ทั้งนี้ ฝนที่ตกลงมาทั้งหมดมีเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เพราะปริมาณน้ำฝนมีการสูญเสียไปกับการระเหย การไหลบ่า ไปจนกระทั่งการไหลซึมของรากพืช ภาพที่ 2.3 ทั้งนี้การคำนวณฝนใช้การของพืชจะแตกต่างกันตามชนิดพืช เช่น พืชไร่ ข้าว และไม้ผล



ภาพที่ 2.3 ฝนใช้การ
ที่มา: Anon (n.d.)

ฝนใช้การของพืชไร่ ไม้ผล และพืชผัก จะมีความแตกต่างจากการคำนวณของข้าว ซึ่งจะมี ความสัมพันธ์ของฝนที่ตก อัตราการใช้น้ำของพืช และปริมาณความชื้นที่จะต้องเพิ่มในเขตรากพืชก่อน การให้น้ำชลประทานมาเกี่ยวข้องด้วย การคำนวณฝนใช้การของพืชไร่ ไม้ผล และพืชผัก ส่วนใหญ่จะ คำนวณจากสูตรของ FAO ดังนี้ (บุญมา บ้านประดิษฐ์, 2546) (ตารางที่ 2.1)

$$Re = 2.54F (0.329R^{0.824} - 0.116) \times 100.009ET \quad (2.8)$$

- เมื่อ
- Re = ปริมาณฝนใช้การเฉลี่ยในเดือนที่พิจารณา (เซนติเมตร)
 - F = $(0.532 + 0.116D + 0.009D^2 + 0.002D^3)$
 - D = ปริมาณความชื้นที่ต้องเติมในเขตรากพืชก่อนการให้น้ำชลประทาน (เซนติเมตร)
 - R = ฝนตกเฉลี่ยรายเดือน (เซนติเมตร)
 - ET = ปริมาณน้ำที่พืชใช้ (เซนติเมตร)

พูน บุญ ทิโต ชิว

ตารางที่ 2.1 ค่าความลึกในเขตรากพืชแต่ละชนิด

พืช	ความลึกของรากใช้การ (เซนติเมตร)	พืช	ความลึกของรากใช้การ (เซนติเมตร)
พืชไร่		พืชผัก	
ข้าวโพด	74 - 160	มะเขือเทศ	40 - 100
ข้าวต่างๆ	74 - 180	พริก	40 - 100
อ้อย	60 - 124	แตงกวา	78 - 124
ถั่วเหลือง	40 - 124	หัวหอม	30 - 74
ถั่วต่างๆ	74 - 170	พืชสวน	
ฝ้าย	100 - 170	ส้มต่าง ๆ	100 - 200
ยาสูบ	-		

ที่มา : บุญมา บำานประดิษฐ์. (2546)

2.4. การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

2.4.1. นิยามความหมายเกี่ยวกับปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

1) อ่างเก็บน้ำ (Reservoir) คือ พื้นที่กักเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือที่มนุษย์สร้างขึ้นจากการสร้างเขื่อน (Dam) ซึ่งเป็นอาคารโครงสร้างทางชลศาสตร์ที่สร้างตัดขวางลำน้ำ เพื่อควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลตามธรรมชาติ รวมถึงยกระดับน้ำหน้าเขื่อนให้สูงขึ้น ส่งผลให้พื้นที่กักเก็บน้ำเหนือเขื่อนกลายเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ สำหรับนำไปใช้ในวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะหรือหลายอย่างประกอบกัน เช่น การอุปโภคบริโภค การชลประทาน การอุตสาหกรรม การรักษาระบบนิเวศทางด้านท้ายน้ำ การผลักดันน้ำเค็มในช่วงฤดูแล้ง การควบคุมคุณภาพน้ำ การคมนาคมทางน้ำ การประมง การควบคุมและบรรเทา น้ำท่วม แหล่งท่องเที่ยว และการผลิตพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น (วรารุช วุฒิวิชัยและคณะ, 2550)

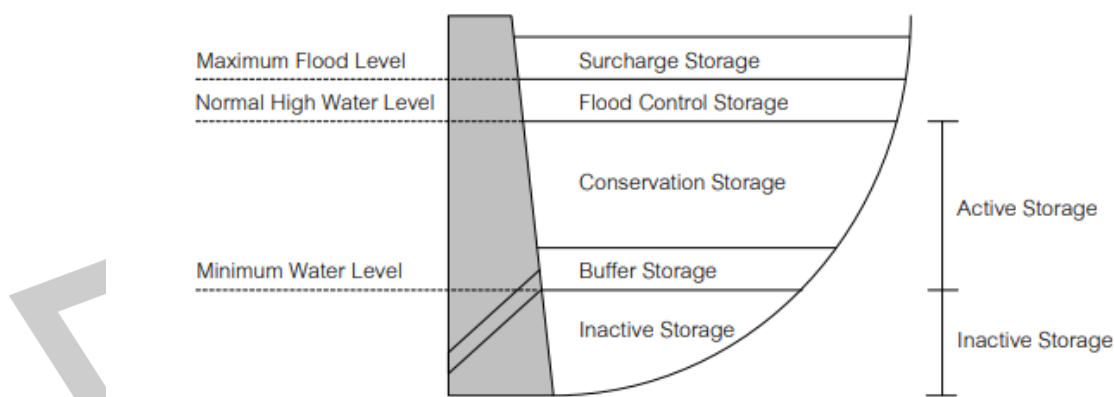
2) การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation) หมายถึง การกักเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำและการส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ โดยมีการวางแผนไว้ล่วงหน้าว่าจะกักเก็บน้ำและส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาเป็นปริมาณเท่าใด และมีการปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ ตรวจจับที่สภาพในอนาคตเป็นไปตามที่คาดคะเนไว้ ถ้าสภาพในอนาคตต่างจากที่คาดคะเนไว้ในตอนวางแผนการปฏิบัติการอาจต่างจากแผนที่วางไว้เพื่อลดสถานะการขาดแคลนน้ำหรือน้ำล้นอ่างเก็บน้ำ (วรารุช, 2538)

3) ระดับเก็บกักต่ำสุด (Minimum Water Level) หมายถึง ระดับต่ำสุดซึ่งสามารถนำน้ำออกจากอ่างไปใช้ได้ เป็นปริมาณอ่างเก็บน้ำที่เพื่อไว้สำหรับการตกตะกอนที่จะเกิดขึ้นในช่วงอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำ และจะไม่มีน้ำปล่อยน้ำไปใช้จากปริมาณอ่างเก็บน้ำ ในส่วนนี้ระดับนี้จะเป็นตัวกำหนดปากของอาคารทางออก (Outlet) ตัวที่อยู่ต่ำที่สุด ปริมาณน้ำที่อยู่ระดับเก็บกักต่ำสุดนี้เรียกว่า “ปริมาตรสูญเปล่า (Dead Storage หรือ Inactive Storage)” ดังแสดงในรูปที่ 2.4

4) ระดับเก็บกักปกติ (Normal Water Level) หมายถึง ระดับเก็บกักสูงสุดของอ่างในการปฏิบัติงานตามปกติ (Normal Operation) บางครั้งเรียกว่า “ระดับน้ำสูงสุดปกติ (Normal High Water Level)” ระดับนี้ จะเป็นตัวกำหนดระดับสันทางระบายน้ำล้นแบบไม่มีประตูควบคุม ปริมาตรเก็บกักที่อยู่ระหว่างระดับน้ำเก็บกักต่ำสุด และระดับเก็บกักปกติ เรียกว่า “ปริมาตรใช้การ (Active Storage)”

5) ระดับเก็บกักสูงสุด (Maximum Flood Level) หมายถึง ระดับน้ำสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาที่มีน้ำท่วมขนาดใหญ่เคลื่อนตัวเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ เป็นปริมาณที่ทำให้พื้นที่หนองคลื่นน้ำท่วมไม่ให้เคลื่อนที่ไปทางด้านท้ายน้ำเร็วและมีอัตราการมากเกินไปจนก่อให้เกิดน้ำท่วมทางด้านท้ายน้ำ

6) ปริมาตรกักเก็บสำรอง (Surcharge Storage) หมายถึง ปริมาณอ่างเก็บน้ำที่สำรองไว้ใช้ในกรณีที่ทางระบายน้ำล้นฉุกเฉิน (Emergency Spillway) ไม่สามารถระบายน้ำได้ทันในช่วงที่เกิดน้ำท่วม



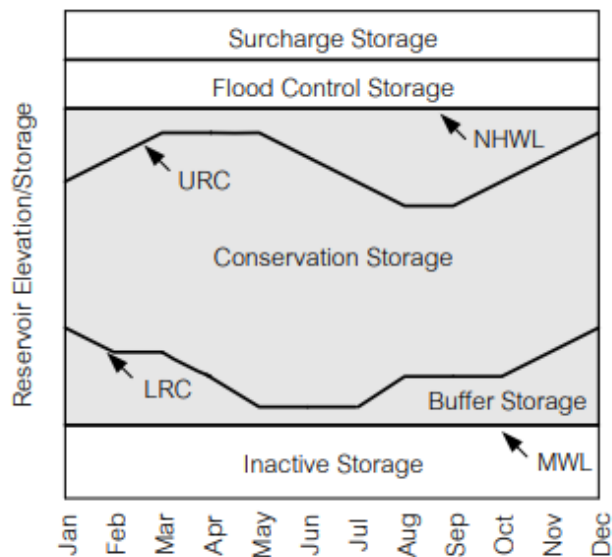
ภาพที่ 2.4 โซนเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ (ที่มา : US Army Corps of Engineer, 1998)

7) เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) เป็นเกณฑ์ปฏิบัติการซึ่งกำหนดระดับน้ำเก็บกักเป้าหมาย (Target Storage Level) สำหรับช่วยในการตัดสินใจปล่อยน้ำ Rule Curve ปรากฏให้เห็นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ระดับน้ำเก็บกักเทียบกับเวลา หรือปริมาณเก็บกักเทียบกับเวลา

เป็นต้น (อารียา, 2549) การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในปัจจุบันนิยมนำ Rule Curve มาใช้ ส่วนใหญ่แล้ว Rule Curve จะสร้างขึ้นโดยดิ่งข้อมูลและสารสนเทศในช่วงวิกฤตมาใช้เป็นสำคัญ นอกจากนี้ Rule Curve ยังสร้างความเชื่อมั่นว่าน้ำในอ่างจะมีเพียงพอที่จะตอบสนองความต้องการในอนาคต เมื่อสภาพเงื่อนไขทางอุทกวิทยาไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (วรารุช, 2529) ดังแสดงในรูปที่ 2.5

8) เกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve, URC) หมายถึง ระดับหรือปริมาณน้ำสูงสุดที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานของอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน จำเป็นต้องรักษาระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำไม่ให้มีระดับหรือปริมาณน้ำสูงเกินกว่าเกณฑ์กักเก็บน้ำสูงสุดในฤดูแล้ง ทั้งนี้ เพื่อสำรองปริมาณความจุของอ่างเก็บน้ำที่อยู่ระหว่างระดับน้ำตามเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุดกับระดับน้ำเก็บกักสูงสุดไว้สำหรับป้องกันการเกิดภาวะน้ำล้นอ่างเก็บน้ำ และภาวะน้ำท่วมด้านท้ายเขื่อนในฤดูฝน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นเส้นระดับน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำที่ทำให้ความเสี่ยงต่อการมีปริมาณอ่างไม่เพียงพอที่จะรับน้ำนองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

9) เกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุด (Lower Rule Curve, LRC) หมายถึง ระดับหรือปริมาณน้ำต่ำสุดที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานของอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน จำเป็นต้องรักษาระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำตลอดทั้งปี ไม่ให้มีระดับหรือปริมาณน้ำต่ำเกินกว่าเกณฑ์กักเก็บน้ำต่ำสุด ทั้งนี้ เพื่อสำรองปริมาณน้ำกักเก็บให้เพียงพอต่อกิจกรรมการใช้น้ำในปีถัดไป และลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะขาดแคลนน้ำ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือเป็นเส้นระดับน้ำต่ำสุดที่ควรรักษาไว้เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่อการขาดแคลนในอนาคต หรือค่าความเสี่ยงดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้



ภาพที่ 2.5 เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve)

การบริหารจัดการน้ำในเขื่อน ตามหลักการจะพยายามควบคุมให้ระดับน้ำอยู่ในกรอบของ“เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ” (Reservoir Operation Rule Curve) ได้แก่ เส้นปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve, URC) และเส้นปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำระดับเก็บกักน้ำต่ำสุด (Lower Rule Curve, LRC) ซึ่งช่วยให้สามารถบริหารจัดการน้ำในเขื่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดในภาพรวมตลอดทั้งปี ตัวอย่างหลักเกณฑ์ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำดังแสดงใน ตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 หลักเกณฑ์ในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำด้วย Reservoir Operation Rule Curve

เงื่อนไข	ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ	เกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ
1	ระดับน้ำเกินระดับเก็บกักปกติ Normal High Water Level (NHWL)	ปล่อยน้ำผ่านทางระบายน้ำล้น (Spillway)
2	ระดับน้ำสูงกว่า URC ในสภาวะปกติ	ปล่อยน้ำให้กับความต้องการน้ำด้านต่างๆ ให้เต็มที่
3	ระดับน้ำสูงกว่า URC และมีแนวโน้มจะเกิดสภาวะน้ำหลาก	ปล่อยน้ำเพิ่มทางท่อระบายน้ำ (Outlet Work)ให้เต็มที่ เพื่อเตรียมรับปริมาณน้ำหลาก
4	ระดับน้ำอยู่ระหว่าง URC และ LRC	ปล่อยน้ำให้กับความต้องการใช้น้ำด้านต่างๆ เป็นผลพลอยได้
5	ระดับน้ำต่ำกว่าระดับ LRC	ปล่อยน้ำให้กับความต้องการน้ำเท่าที่จำเป็น ลำตามลำดับความสำคัญ
6	ระดับน้ำต่ำลงถึงระดับเก็บกักต่ำสุด Minimum Water Level (MinWL)	ไม่มีการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

2.4.2. ความสำคัญของอ่างเก็บน้ำ (Needs for Reservoir)

อ่างเก็บน้ำถูกออกแบบขึ้นเพื่อทำหน้าที่เก็บกักน้ำในลำน้ำและผันไปใช้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการที่ตั้งไว้ ด้วยเหตุนี้อ่างเก็บน้ำจึงนับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในงานพัฒนาแหล่งน้ำ รวมถึงงานบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเป็นอย่างยิ่ง หลายต่อหลายครั้งพบว่าอ่างเก็บน้ำมีบทบาทสำคัญในการลดผลกระทบและความเสียหายจากวิกฤตอุทกภัยหรือภัยแล้งรุนแรง หรือแม้กระทั่งยังเป็นส่วนสำคัญในการแก้ปัญหาภาวะวิกฤตด้านพลังงานไฟฟ้า แนวคิดของอ่างเก็บน้ำยังได้ถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันอยู่บ่อยครั้ง ยกตัวอย่างเช่น ในพื้นที่ชุมชนเมืองซึ่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคขาดแคลน

และมีความไม่แน่นอนสูง ผู้อยู่อาศัย จะใช้ภาชนะเพื่อสำรองน้ำเก็บไว้เมื่อมีน้ำประปาไหลและน้ำที่เก็บสำรองไว้จะถูกนำมาใช้ตามความต้องการในช่วงที่น้ำประปาไม่ไหล เป็นต้น ในอดีตโครงการพัฒนาอ่างเก็บน้ำได้มีการขยายตัวเป็นอย่างมากทั่วโลก จากการตระหนักถึงความสำคัญของอ่างเก็บน้ำในการเป็นแหล่งน้ำต้นทุน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ซึ่งเขื่อนและอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ถูกออกแบบและก่อสร้างขึ้นเป็นจำนวนมาก เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อกิจกรรมการใช้น้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ได้อย่างเพียงพอ อย่างไรก็ตาม ในการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมาก ตลอดจนทรัพยากรมนุษย์ ทรัพยากรที่ดินและทรัพยากรอื่นๆ ยิ่งไปกว่านั้นโครงการพัฒนาเหล่านี้ ยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ประชากร และเศรษฐกิจโดยรวมในพื้นที่ ในขณะที่เดียวกันเงื่อนไขของทรัพยากรทางการเงินที่มีอยู่อย่างจำกัดก็จำเป็นต้องตระหนักถึงผลประโยชน์สูงสุดที่จะได้รับทั้งต่อโครงการและเศรษฐกิจโดยรวมอีกด้วย

2.4.3. ประเภทของอ่างเก็บน้ำ (Classification of Reservoirs)

หลักเกณฑ์ในการจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานอ่างเก็บน้ำ และปริมาตรเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ (Jain & Singh, 2003) โดยมีรายละเอียดที่สำคัญ ดังนี้

(1) การจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน (Classification Based on Purposes) การจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับจำนวนวัตถุประสงค์ของการนำน้ำจากอ่างเก็บน้ำไปใช้ประโยชน์ กล่าวคือ หากอ่างเก็บน้ำทำหน้าที่เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะจะเรียกว่า อ่างเก็บน้ำเอกประสงค์ (Single Purpose Reservoir) และถ้าอ่างเก็บน้ำทำหน้าที่ตอบสนองวัตถุประสงค์หลาย ๆ อย่าง จะเรียกว่าอ่างเก็บน้ำอเนกประสงค์ (Multipurpose Reservoir)

(2) การจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำตามขนาด (Classification Based on Size) การจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับขนาดของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งแบ่งเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ (Major Reservoir) อ่างเก็บน้ำขนาดกลาง (Medium Reservoir) และอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (Minor Reservoir) ซึ่งโดยปกติแล้วการจัดแบ่งประเภทของอ่างเก็บน้ำตามขนาดนั้นจะแตกต่างกันออกไปในแต่ละประเทศ อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทยหากอ่างเก็บน้ำมีปริมาตรเก็บกักสูงกว่า 100 ล้านลูกบาศก์เมตรจะเรียกว่าอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ และหากอ่างเก็บน้ำมีปริมาตรเก็บกักอยู่ระหว่าง 1-100 ล้านลูกบาศก์เมตร จะเรียกว่าอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และอ่างเก็บน้ำมีปริมาตรเก็บกักต่ำกว่า 1 ล้านลูกบาศก์เมตร จะเรียกว่า อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, ม.ป.ป)

(3) การจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำตามลักษณะของการเก็บกักน้ำ (Classification Based on Storage) การจัดประเภทของอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับลักษณะของการเก็บกักน้ำ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ อ่างเก็บน้ำที่เก็บกักน้ำไว้ใช้ตลอดฤดูกาล (Seasonal Storage Reservoir) และอ่างเก็บน้ำที่เก็บกักน้ำไว้ใช้ตลอดทั้งปี (Over-Year Storage Reservoir) สำหรับอ่างเก็บน้ำ

รูปแบบแรกจะพยายามเก็บกักน้ำให้เพียงพอกับความต้องการน้ำตลอดช่วงน้ำน้อย (Low Flow Period) อย่างไรก็ตาม พบว่าความถี่ที่ระดับน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำประเภทนี้ จะเพิ่มขึ้นและไหลล้นอ่างออกไปค่อนข้างสูง และส่วนใหญ่อ่างเก็บน้ำประเภทนี้ถูกสร้างขึ้นบริเวณแม่น้ำสาขา เพื่อตอบสนองความต้องการน้ำในพื้นที่ขนาดเล็กในขณะที่อ่างเก็บน้ำ รูปแบบหลังนอกจากจะพยายามเก็บกักน้ำให้เพียงพอกับปริมาณความต้องการน้ำในปัจจุบันแล้ว ยังต้องเก็บกักไว้ใช้ในอีกปีถัดไปอีกด้วย ด้วยเหตุนี้ ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำในแต่ละปีจึงไม่ค่อยปรากฏสถานการณ์ที่น้ำจะเต็มอ่างและลดระดับลงทันทีจนมีน้ำไม่เพียงพอที่จะตอบสนองต่อปริมาณความต้องการ

2.4.4. หน้าที่ของอ่างเก็บน้ำ (Function of Reservoirs)

อ่างเก็บน้ำโดยเฉพาะอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่สามารถตอบสนองความต้องการน้ำได้ในหลาย ๆ วัตถุประสงค์ (Jain & Singh, 2003) โดยมีรายละเอียดที่สำคัญดังต่อไปนี้

(1) การชลประทาน (Irrigation) ความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานเป็นปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ในการเจริญเติบโต รวมทั้งการระเหยในแปลงเพาะปลูกหรืออาจเรียกว่า การคายระเหยน้ำของพืช (Evapotranspiration) ซึ่งมีลักษณะของการนำน้ำไปใช้แล้วหมดไป (Consumptive Use) โดยมีน้ำที่เหลือใช้บางส่วนที่ถูกดึงกลับไปใช้ในระบบได้อีกในรูปของ Return Flow แต่คิดเป็นสัดส่วนไม่มากนักความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ ในขณะเดียวกันจะผันแปรตามฤดูกาลโดยขึ้นอยู่กับรูปแบบการเพาะปลูกพืช (Cropping Pattern) โดยทั่วไปแล้วปริมาณความต้องการน้ำชลประทานในฤดูฝนจะไม่สูงนัก เนื่องจากพืชใช้น้ำส่วนหนึ่งจากฝนใช้การ (Effective Rainfall) แต่จะมีปริมาณค่อนข้างสูงในช่วงฤดูร้อน และฤดูหนาวสำหรับบางประเทศ ความรุนแรงของสถานการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นจึงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเก็บกักที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำในขณะนั้น ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นที่จะเก็บกักน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำให้ได้มากที่สุดเพื่อให้เพียงพอกับปริมาณความต้องการน้ำในปัจจุบัน

(2) การจัดหาน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม (Municipal and Industrial Water Supply) โดยทั่วไปแล้วปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม จะเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยในช่วงเวลาหนึ่งปี ซึ่งแตกต่างจากวัตถุประสงค์เพื่อการชลประทานและการผลิตพลังงานไฟฟ้าซึ่งผันแปรตามช่วงฤดูกาลอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภคและอุตสาหกรรมจะขึ้นอยู่กับอัตราการขยายตัวของประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นตามเวลา นอกจากนี้ ค่าปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง อาจกล่าวได้ว่าการคาดการณ์ข้อมูลการเพิ่มขึ้นของประชากรและการเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรมในอนาคตถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลหลักที่สำคัญในการวางแผนโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อประมาณการปริมาณความต้องการน้ำของโครงการได้อย่างถูกต้องและแม่นยำขึ้น

(3) การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ (Hydroelectric Power) น้ำเป็นแหล่งพลังงานทดแทนอย่างหนึ่งที่นำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงในปัจจุบัน โดยถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกและเป็นพลังงานที่สะอาดที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พลังงานน้ำถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในรูปของไฟฟ้าพลังงานน้ำ (Hydropower) โดยการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำผ่านอาคารโรงไฟฟ้าซึ่งภายในจะประกอบไปด้วยกลไกที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานน้ำให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า ก่อนที่จะปล่อยออกทางด้านท้ายน้ำเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในกิจกรรมอื่น ๆ ต่อไป (Downstream Uses) ด้วยเหตุนี้ วัตถุประสงค์เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำอเนกประสงค์ ในปัจจุบันพบว่าเทคโนโลยีทางด้านไฟฟ้าพลังงานน้ำถูกพัฒนาขึ้นเป็นลำดับตั้งแต่ โรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อรองรับกับความต้องการในพื้นที่ชุมชนเมืองขนาดใหญ่จนกระทั่งไปถึงโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าไปใช้ในพื้นที่ชุมชนขนาดเล็กที่อยู่ห่างไกล มีการประมาณการว่าประมาณหนึ่งในสี่ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั่วโลกเป็นไฟฟ้าพลังงานน้ำ สำหรับข้อดีของไฟฟ้าพลังงานน้ำมีดังต่อไปนี้

- เป็นพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ที่สามารถนำกลับมาใช้งานได้ใหม่
- โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมีอายุการใช้งานค่อนข้างยาว การปฏิบัติการและการบำรุงรักษาค่อนข้างน้อย
- ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำไม่ก่อให้เกิดมลภาวะที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กล่าวคือไม่มีการปล่อยพลังงานความร้อนและแก๊สอันตรายต่าง ๆ ออกมา
- ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำค่อนข้างสูงตั้งแต่ 90 % ขึ้นไปเมื่อเปรียบเทียบกับไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ
- การควบคุมการเปิด-ปิดของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำทำได้ในเวลาอันสั้นโดยไม่ต้องสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าจะผันแปรตามฤดูกาลหรือแม้กระทั่งรายวันและรายชั่วโมง ที่ปริมาณความต้องการไฟฟ้าไม่คงที่ในแต่ละวันหรือแต่ละชั่วโมง ทั้งนี้ ความผันแปรจะขึ้นอยู่กับประเภทของความต้องการไฟฟ้าในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ภาคอุตสาหกรรม ภาคชุมชนเมือง และภาคเกษตรกรรม เป็นต้น ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในพื้นที่ชุมชนเมืองจะอยู่ในช่วงฤดูร้อนและในแต่ละวันปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในช่วงตอนเช้าและตอนกลางคืน

(4) การบรรเทาอุทกภัย (Flood Control) อ่างเก็บน้ำเพื่อการป้องกันน้ำท่วมสร้างและออกแบบขึ้นมาเพื่อลดขนาดปริมาณน้ำหลากขนาดใหญ่ที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำโดยการหน่วงน้ำส่วนหนึ่งไว้ในอ่างเก็บน้ำก่อนที่จะปล่อยออกสู่ทางด้านท้ายน้ำในช่วงเวลาถัดไป ทั้งนี้ เพื่อรักษาสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำและทางด้านท้ายน้ำ ด้วยเหตุนี้ ความสามารถในการรักษาปริมาตรว่างของอ่างเก็บน้ำเพื่อให้เพียงพอที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้าอ่างจึงเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จในการ

ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเพื่อการป้องกันน้ำท่วมอย่างไรก็ดีปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างจะต้องน้อยกว่าความจุเก็บกักท้ายลำน้ำที่สามารถรับได้

(5) การคมนาคมทางน้ำ (Navigation) อ่างเก็บน้ำสามารถเก็บกักน้ำเพื่อประโยชน์ในการคมนาคมทางน้ำได้โดยการปล่อยน้ำจากอ่างเพื่อรักษาระดับน้ำทางด้านท้ายลำน้ำที่จำเป็นต่อการสัญจรทางน้ำ ทั้งนี้ ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับวัตถุประสงค์เพื่อการคมนาคมทางน้ำขึ้นอยู่กับประเภทและปริมาณของการจราจรทางน้ำเป็นสำคัญ นอกจากนี้ อิทธิพลของความผันแปรของระดับน้ำรายฤดูกาล (Seasonal Variation of Water Level) ยังเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึงปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการคมนาคมทางน้ำที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ในช่วงฤดูฝนจะพบว่าระดับน้ำในลำน้ำส่วนใหญ่จะสูงพอที่จะสัญจรทางเรือได้ตลอดฤดูกาล หรือเกือบจะไม่มีความต้องการน้ำเพื่อการคมนาคมทางน้ำในช่วงฤดูฝนเลย อย่างไรก็ตาม ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการคมนาคมทางน้ำจะเกิดขึ้นสูงสุดในช่วงฤดูแล้งซึ่งจำเป็นที่จะต้องปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำต่ำสุดที่สามารถใช้เป็นเส้นทางในการสัญจรทางเรือได้

(6) การผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อน (Thermal Power Generation) น้ำเป็นตัวขับเคลื่อนที่สำคัญในขั้นตอนของการหล่อเย็นในการผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อน เนื่องจากในกระบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนต้องต้มน้ำให้มีอุณหภูมิสูงเพื่อให้เกิดเป็นไอน้ำที่มีแรงดันสูงเพียงพอที่จะใช้หมุนกังหันของเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นไอน้ำและน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตไฟฟ้าแล้วจะถูกทำให้เย็นลงโดยผ่านกระบวนการหล่อเย็น (Cooling System) ซึ่งเป็นการนำน้ำจากโรงไฟฟ้ามาหล่อไว้ที่หอหล่อเย็น (Cooling Tower) และต้องใช้น้ำในปริมาณมากเพื่อปรับลดอุณหภูมิของน้ำก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำหรือนำกลับมาใช้งานใหม่ ซึ่งนับเป็นแนวทางการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดความคุ้มค่าและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

(7) การพักผ่อนหย่อนใจ (Recreation) ประโยชน์ของการสร้างอ่างเก็บน้ำเพื่อใช้เป็นสถานที่ท่องเที่ยวนั้นจะพิจารณาจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นหลัก เช่น การว่ายน้ำ การเล่นเรือกีฬาทางน้ำ และกิจกรรมสันทนาการอื่น ๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์กิจกรรมเหล่านี้ ถือเป็นผลพลอยได้ของการใช้ประโยชน์จากอ่างเก็บน้ำเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ สำหรับแนวทางในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำนั้นต้องพยายามรักษาปริมาณน้ำเก็บกักไว้ให้เต็มอ่างหรือใกล้เต็มอ่างมากที่สุดโดยเฉพาะในช่วงฤดูของการท่องเที่ยว การเพิ่มและลดลงอย่างรวดเร็วของระดับน้ำในอ่างถือได้ว่าเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมาก

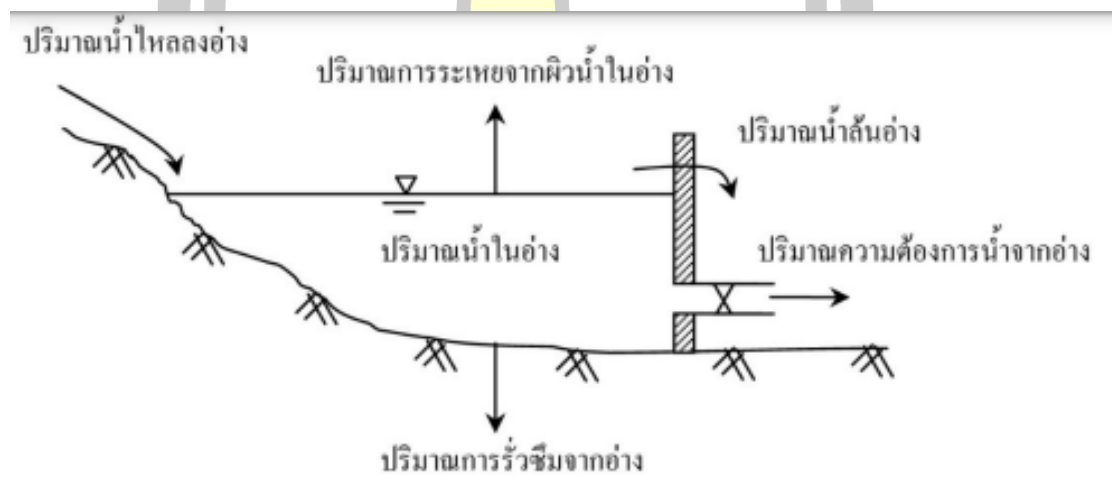
(8) การควบคุมน้ำทางด้านท้ายน้ำ (Minimum Flow Maintenance) บ่อยครั้งที่จำเป็นต้องปล่อยน้ำเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำทางด้านท้ายตามข้อกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำ หรือควบคุมระดับน้ำต่ำสุดให้สูงพอที่ไม่ส่งผลกระทบต่อ การดำรงชีพของประชาชนและสัตว์น้ำ รวมทั้งส่งผลกระทบต่อ การประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ทางด้านท้ายน้ำ เช่น การประมง กีฬาทางน้ำ การ

ห้องเที่ยว เป็นต้น โดยทั่วไปปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำเพื่อควบคุมน้ำทางด้านท้ายน้ำจะผันแปรตามฤดูกาล นอกจากนี้ วัตถุประสงค์เพื่อการควบคุมน้ำทางด้านท้ายน้ำนั้นยังถูกจัดให้มีความสำคัญเป็นลำดับแรก ๆ อีกด้วย

2.5. หลักสมมูลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

อ่างเก็บน้ำทำหน้าที่กักเก็บน้ำในยามที่ปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามากกว่าความต้องการ เพื่อให้มีน้ำเพียงพอสำหรับส่งให้กับความต้องการต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่ขาดแคลน การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำประจำเดือน จะทำได้โดยการวิเคราะห์สมมูลน้ำ (Water Balance) ในอ่างเก็บน้ำ รูปที่ 2.6 (คณะทำงานย่อยจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานด้านบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทาน, 2556)

หลักการสมมูลของน้ำในอ่างคือปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำลบด้วยปริมาณที่ไหลออกจากอ่างเก็บน้ำทั้งหมด จะเท่ากับปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เปลี่ยนไป สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำไหลออกและปริมาณน้ำในอ่างแต่ละเดือนได้ ดังสมการที่ 1



ภาพที่ 2.6 สมมูลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

ที่มา : สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน, 2556

$$S_i = S_{i-1} + I_i - Q_i - E_i - L_i \quad (1)$$

โดยที่ S_i คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นเดือน i

I_i คือ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในเดือน i นั้น

S_{i-1} คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อต้นเดือน $i-1$

Q_i คือ ปริมาณความต้องการน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ในเดือน $i-1$

E_i คือ ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำในเดือน i นั้น

L_i คือ ปริมาณการรั่วซึมในเดือน i นั้น

ถ้าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นเดือนที่คำนวณได้มากกว่าปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุดถือว่ามี การไหลล้นอ่างเก็บน้ำในเดือนนั้น และปริมาณน้ำที่ไหลล้นอ่างเก็บน้ำเท่ากับปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ เมื่อสิ้นเดือนลบด้วยปริมาณน้ำเก็บกักน้ำสูงสุด และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำสำหรับต้นเดือนต่อไป เท่ากับปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุด ในทางกลับกัน ถ้าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นเดือนที่คำนวณได้ น้อยกว่าปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุดถือว่ามี การขาดน้ำในเดือนนั้น ปริมาณน้ำที่สูงจากอ่างเก็บน้ำน้อยกว่า ความต้องการน้ำทั้งหมด จากอ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำที่ขาดไปเท่ากับปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุดลบด้วย ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นเดือนปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำสำหรับต้นเดือนถัดไปจะเท่ากับปริมาณ น้ำเก็บกักต่ำสุด การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ ประกอบไปด้วย การประเมินปริมาณน้ำที่ไหล เข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณความต้องการน้ำจากอ่างเก็บน้ำทั้งหมด การสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยและ การรั่วซึมแล้วนำมาคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งและที่เหลืออยู่ในอ่างเก็บน้ำ จากปริมาณน้ำที่มีอยู่เมื่อ ต้นเดือนตามหลักสมมูลน้ำ การคำนวณสมมูลน้ำประจำเดือน ทำต่อเนื่องกันไปตลอดระยะเวลาที่ใช้ใน การวางแผนซึ่งปกติจะ 1 ปี

2.6. หลักและวิธีการพัฒนาเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

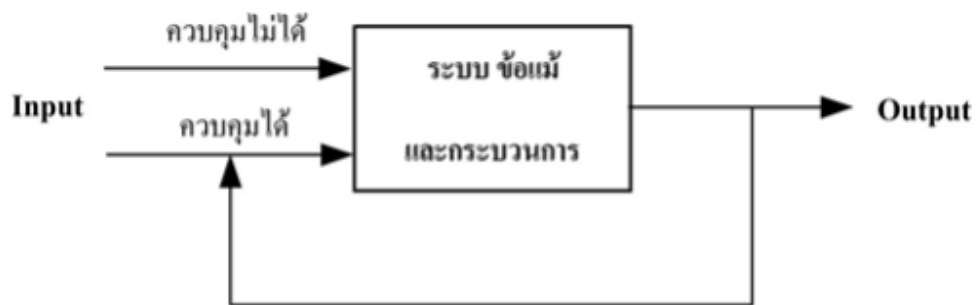
ในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยเฉพาะอ่างเก็บน้ำแบบอนเนกประสงค์นั้น จำเป็นต้องมีเกณฑ์ ในการปฏิบัติการแบบหลายเกณฑ์ร่วมกัน เช่น เกณฑ์ทางด้านสังคม เศรษฐศาสตร์ และวิศวกรรม เป็นต้น ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ มีความยุติธรรม และประสิทธิภาพมากที่สุด หลังจากนั้นจึงสร้างเป็น กฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ และพัฒนาให้เป็นเครื่องมืออย่างง่ายในการปฏิบัติ คือ เกณฑ์ปฏิบัติการ อ่างเก็บน้ำ

1) หลักการในการพัฒนาเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ คือในช่วงฤดูฝนจะพร่องน้ำจากอ่าง เก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดในปริมาณเท่าใด เพื่อให้มีปริมาตรว่างสำหรับรับปริมาณน้ำหลากที่ จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยไม่เกิดการไหลล้นอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะก่อให้เกิดอุทกภัยในบริเวณด้านท้ายอ่าง เก็บน้ำ หรือหากเกิดการไหลล้นอ่างเก็บน้ำก็ให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด และในขณะเดียวกัน ต้องรักษาปริมาณ น้ำไว้ ในอ่างเก็บน้ำสำหรับใช้ในฤดูแล้ง ซึ่งเส้นเกณฑ์ปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเส้นนี้ เรียกว่า Upper Rule Curve (URC) และในช่วงฤดูแล้งจะรักษาปริมาณน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด ไว้เท่าใด จึงจะลดความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำแห้งอ่างเก็บน้ำ ซึ่งเกณฑ์ปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเส้นนี้ เรียกว่า Lower Rule Curve (LRC)

2) วิธีการพัฒนาเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ สามารถหาได้จากการวางแผนการดำเนินงาน อ่างเก็บน้ำด้วยแบบจำลองที่ใช้กระบวนการของการจำลอง (Simulation) และแบบจำลองที่ใช้กระบวนการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization)

การจำลองระบบ (Simulation) คือ การนำเอาคุณสมบัติ และพฤติกรรมต่างๆ ของระบบที่ทำการศึกษามาเลียนแบบด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ แล้วใช้ข้อมูลที่มีอยู่ เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า อัตราการระเหย มาคำนวณเพื่อหาสิ่งต่างๆ ที่ต้องการทราบวิธีการจำลองสภาพเหมาะสมกับปัญหาที่มีระบบใหญ่โต มีความซับซ้อนมากโดยที่วิธีการอื่นๆ ไม่สามารถแก้ปัญหาที่ซ้ำแล้วซ้ำอีกได้วิธีการจำลองสภาพจึงมีความสะดวกในการใช้เป็นเครื่องมือเพื่อประเมินผลการดำเนินงานในแต่ละนโยบายที่เหมาะสมที่ได้เลือกไปปฏิบัติงานจริง(โสภณ, 2544)

การจำลองระบบ (Simulation) คือ แนวคิดของระบบซึ่งยังรักษาคุณลักษณะที่สำคัญของระบบเพื่อวัตถุประสงค์นั้น ดังนั้นการจำลองระบบเป็นการแสดงคุณลักษณะของระบบโดยใช้ข้อมูลและกระบวนการเป็นตัวแทนของระบบ โดยข้อมูล(Input) บางส่วนของระบบและผลลัพธ์ (Output) ขณะนั้น จะต้องทราบค่าเพื่อใช้ในการสอบเทียบระบบในการพัฒนาระบบจะต้องระบุวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน เพื่อให้ผู้ใช้เป็นผู้ตัดสินใจปรับค่าของข้อมูลที่ควบคุมได้ จนกว่าจะได้คำตอบที่พึงพอใจ (บัญชา, 2541) ซึ่งเขียนเป็นแผนผังการจำลองระบบได้ ดังรูปที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 แผนผังการจำลองระบบ

ที่มา : บัญชา, 2541

พูน ปณ ทิโต ชีเว

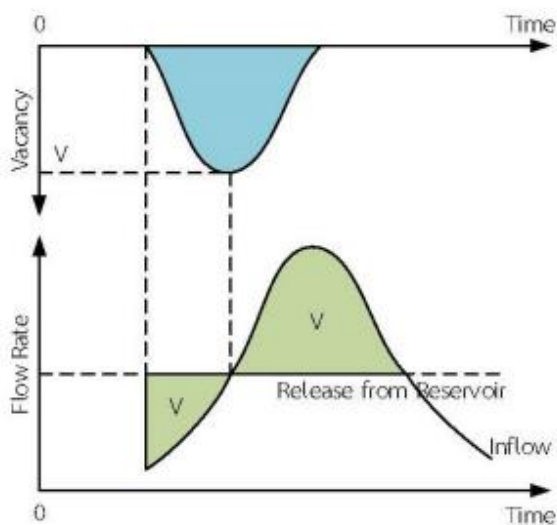
2.7. การพัฒนาเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยใช้วิธี Vacancy Minimum Storage Requirement Rule Curve

Requirement Rule Curve

หลักทฤษฎีที่นำมาสร้างเส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) และเส้นระดับเก็บกักน้ำต่ำสุด (Lower Rule Curve) จะอาศัยแนวคิดที่ว่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำจะเต็มอ่างพอดีเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน และจะแห้งอ่างพอดีเมื่อสิ้นสุดฤดูแล้ง

2.7.1. เส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve)

(1) แนวคิดในการสร้างเส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด แนวคิดในการสร้างเส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve, URC) นี้ จะสมมุติในช่วงฤดูฝนมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างส่วนเกิน (Surplus Inflow) มีปริมาตรเท่ากับ V ดังนั้นก่อนถึงช่วงฤดูฝนจำเป็นต้องพร่องน้ำในอ่างให้มีปริมาตรว่าง (Vacancy) เท่ากับ V ทั้งนี้ เพื่อสำรองปริมาตรอ่างไว้ใช้เก็บกักน้ำตลอดช่วงฤดู ด้วยการระบายน้ำออกจากอ่าง (Release) ในอัตราที่สูงกว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง (Inflow) จนกระทั่งเมื่อสิ้นสุดฤดูฝนปริมาณเก็บกักในอ่างจะเต็มอ่างเก็บน้ำพอดี หรือกล่าวได้ว่าปริมาตรว่างของอ่างเก็บน้ำเท่ากับศูนย์นั่นเองดังแสดง รูปที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ปริมาตรว่างของอ่างเก็บน้ำที่ต้องสำรองไว้ใช้ตลอดช่วงฤดูฝน

(2) วิธีการสร้างเส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด

(2.1) นำข้อมูลที่ทำการศึกษาตรวจสอบคุณสมบัติทางสถิติแล้วมาคำนวณหาปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำส่วนเกิน (Surplus Inflow) ซึ่งหาได้จากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างทั้งหมด (Total Release) โดยคำนวณเป็นค่ารายเดือน

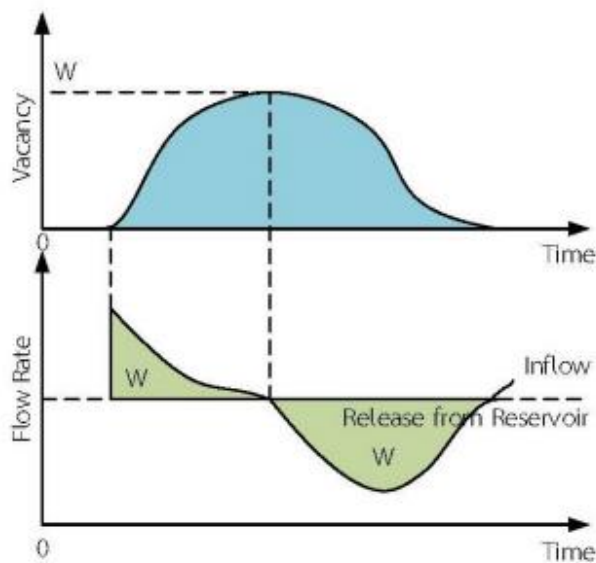
(2.2) คำนวณหาปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างส่วนเกินสะสม

(2.3) คำนวณหาปริมาตรของอ่างที่จะต้องสำรองไว้ใช้เก็บกักน้ำที่ไหลเข้าอ่าง ส่วนเกิน โดยนำค่าจาก (2.2) ลบด้วยปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติของอ่างเก็บน้ำ

(2.4) พล็อตค่าที่ได้จาก (2.3) จะได้เส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด

2.7.2. เส้นระดับเก็บกักต่ำสุด (Lower Rule Curve)

(1) แนวคิดในการสร้างเส้นระดับเก็บกักต่ำสุด แนวคิดในการสร้างเส้นระดับเก็บกักน้ำต่ำสุด (Lower Rule Curve, LRC) จะสมมุติว่าในช่วงฤดูแล้งปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่างส่วนเกิน (Surplus Outflow) มีปริมาตรเท่ากับ W ดังนั้นก่อนถึงช่วงฤดูแล้งจำเป็นต้องเก็บกักน้ำในอ่างไว้ให้มีปริมาตรเท่ากับ W เพื่อให้มีน้ำเพียงพอต่อความต้องการตลอดช่วงฤดูแล้ง ด้วยการระบายน้ำออก (Release) ในอัตราที่ต่ำกว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง (Inflow) จนกระทั่งเมื่อสิ้นสุดฤดูแล้งปริมาณน้ำจะแห้งอ่างเก็บน้ำพอดีดังแสดงในรูปที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ปริมาณน้ำที่จำเป็นต้องเก็บกักเพิ่มเติมในช่วงฤดูแล้ง

(2) วิธีการสร้างเส้นระดับเก็บกักน้ำต่ำสุด

(2.1) นำข้อมูลที่ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางสถิติแล้วมาคำนวณหาปริมาณน้ำที่ขาดแคลนของอ่าง โดยคิดจากปริมาณน้ำที่จำเป็นต้องปล่อยทั้งหมดลบด้วยปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างทั้งหมด โดยคำนวณเป็นค่ารายเดือนเช่นเดียวกับเส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด

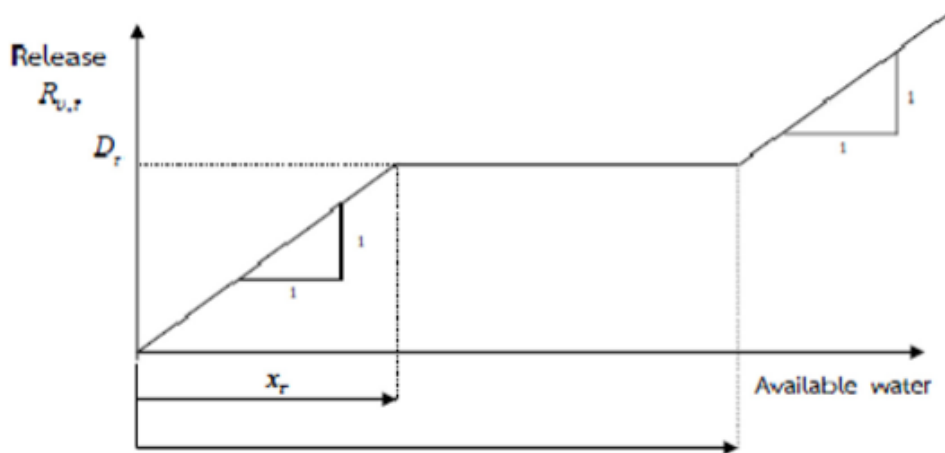
(2.2) คำนวณหาปริมาณน้ำที่ขาดแคลนสะสม

(2.3) คำนวณหาปริมาณน้ำที่จำเป็นต้องเก็บกักเพิ่มเติมในช่วงฤดูแล้ง โดยนำค่าที่ได้จาก (2) บวกด้วยปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำ

(2.4) พล็อตค่าที่ได้จาก (2.3) จะได้เส้นระดับเก็บกักน้ำต่ำสุด

2.7.3. เกณฑ์การปฏิบัติการแบบมาตรฐาน (Standard Operating Policy)

เป็นเกณฑ์ที่ค่อนข้างง่าย โดยจะปล่อยน้ำให้เป็นไปตามความต้องการทุกๆ ช่วงเวลา ดังนั้นหากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมีไม่เพียงพอตามความต้องการระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำก็จะลดลงเรื่อยๆ ขณะเดียวกันในช่วงฤดูฝนที่มีน้ำมาก ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำก็จะเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งปล่อยน้ำให้ไหลล้นอ่างเก็บน้ำต่อไปหรืออาจกล่าวได้ว่าเกณฑ์การปฏิบัติงานโดยวิธี Standard Operating Policy นี้เป็นเกณฑ์ที่มีศักยภาพมากในการลดประมาณการขาดน้ำทั้งหมด (Total Deficit) ในช่วงเวลาที่พิจารณา (Stedinger, 1984) โดยมีเกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน ดังรูปที่ 2.10 และเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ตามสมการที่ 2



ภาพที่ 2.10 เกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (Standard Operating Policy)

$$R_{v,r} = \begin{cases} \{D_r + W_{v,r} - y_r, \text{ for } W_{v,r} \geq y_r + D_r \\ D_r, \text{ for } x_r \leq W_{v,r} < y_r + D_r \\ D_r + W_{v,r} - x_r \text{ for } x_r - D_r \leq W_{v,r} < x_r \\ 0, \text{ otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

เมื่อ $R_{v,r}$ คือ ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงปี V ของเดือน R (r = 1 ถึง 12 แทนเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม)

Dr คือ ความต้องการใช้น้ำทำอย่างของเดือน R

xr คือ ขอบเขตล่างเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของเดือน R

yr คือ ขอบเขตบนเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของเดือน R

Wv,r คือ ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างในเดือน R

2.7.4. หลักเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้วยโค้งควบคุม (Probability Based Rule Curves)

เป็นวิธีที่ใช้หลักการของทฤษฎีความน่าจะเป็นเพื่อพิจารณาการเก็บกักและการระบายน้ำที่ความเสี่ยงต่างๆ โดยในฤดูน้ำหลากจะพิจารณาว่าจะรักษาระดับน้ำหรือปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่มากที่สุดที่จะทำให้ความเสี่ยงต่อการที่อ่างเก็บน้ำมีปริมาณไม่พอที่จะรับน้ำนองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทางตรงข้ามฤดูแล้งจะพิจารณาว่าควรรักษาระดับน้ำหรือปริมาณน้ำไว้เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในอนาคตหรือความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในอนาคตอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ก. Optimization เป็นกระบวนการหาค่าที่ดีที่สุด จะคล้ายกับการจำลองระบบแต่ต่างกันในกระบวนการในการปรับค่าของข้อมูลที่ควบคุมได้จะเป็นลักษณะอัตโนมัติ โดยอาศัยเกณฑ์ที่สะท้อนถึงวัตถุประสงค์ (Objectives) เป็นตัววัดประสิทธิผล ทั้งนี้การปรับแก้จนกระทั่งคำตอบที่รับเป็นคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับข้อจำกัด (Constraints) และวัตถุประสงค์ (Objectives) ที่กำหนด (บัญชา ขวัญยืน, 2541) ซึ่งเขียนเป็นแผนผังการเลือกค่าที่ดีที่สุด รูปที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 แผนผังการเลือกค่าที่ดีที่สุด

ที่มา : บัญชา ขวัญยืน, 2541

การจัดการตามวัตถุประสงค์ (Objectives) และข้อจำกัด (Constraints) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ตามวัตถุประสงค์และข้อจำกัดต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามการใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดจำเป็นต้องจำลองระบบเสียก่อน (บัญชา ขวัญยืน, 2541) ดังนั้น

การพัฒนาเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ จึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ใช้เป็นแนวทางในการเก็บน้ำหรือระบายน้ำในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อให้การใช้งานของอ่างเก็บน้ำมีศักยภาพมากที่สุด และมีความจำเป็นที่ทุกอ่างเก็บน้ำต้องมีเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ และในการสร้างเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำนั้นอาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงทุก 3 -5 ปี ทั้งนี้เนื่องจากอาจมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางอุทกวิทยาและปริมาณความต้องการใช้น้ำ แต่วิธีที่จะใช้ในการสร้างเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจะใช้วิธีใดก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลและความชำนาญของเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ แต่ขอให้พิจารณาถึงข้อจำกัดและวัตถุประสงค์ของแต่ละวิธีเป็นสำคัญ

2.8. การหาค่าความเหมาะสมที่สุด (Search for Optimization)

2.8.1. ประวัติความเป็นมาของวิธีการหาค่าความเหมาะสมที่สุด

การหาค่าความเหมาะสม (Search for Optimization) เป็นกระบวนการ (Process) ของการค้นหาเงื่อนไข (Conditions) ซึ่งให้ค่ามากที่สุดหรือน้อยที่สุดของฟังก์ชัน โดยปัญหาที่มีข้อจำกัดในการหาค่าความเหมาะสมสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการ (Rao, 1983)

$$\text{ค้นหาค่า } X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ : \\ : \\ X_n \end{pmatrix} \left. \vphantom{\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ : \\ : \\ X_n \end{pmatrix}} \right\} \text{ที่ให้ค่าน้อย}$$

สอดคล้องกับสมการเงื่อนไข (Subject to the constraints)

$$g_j(X) = 0, j=1,2,\dots,m$$

$$l_j(X) = 0, j=1,2,\dots,p$$

$$X = \text{n-Dimensional Vector}$$

$$f(X) = \text{Objective Function}$$

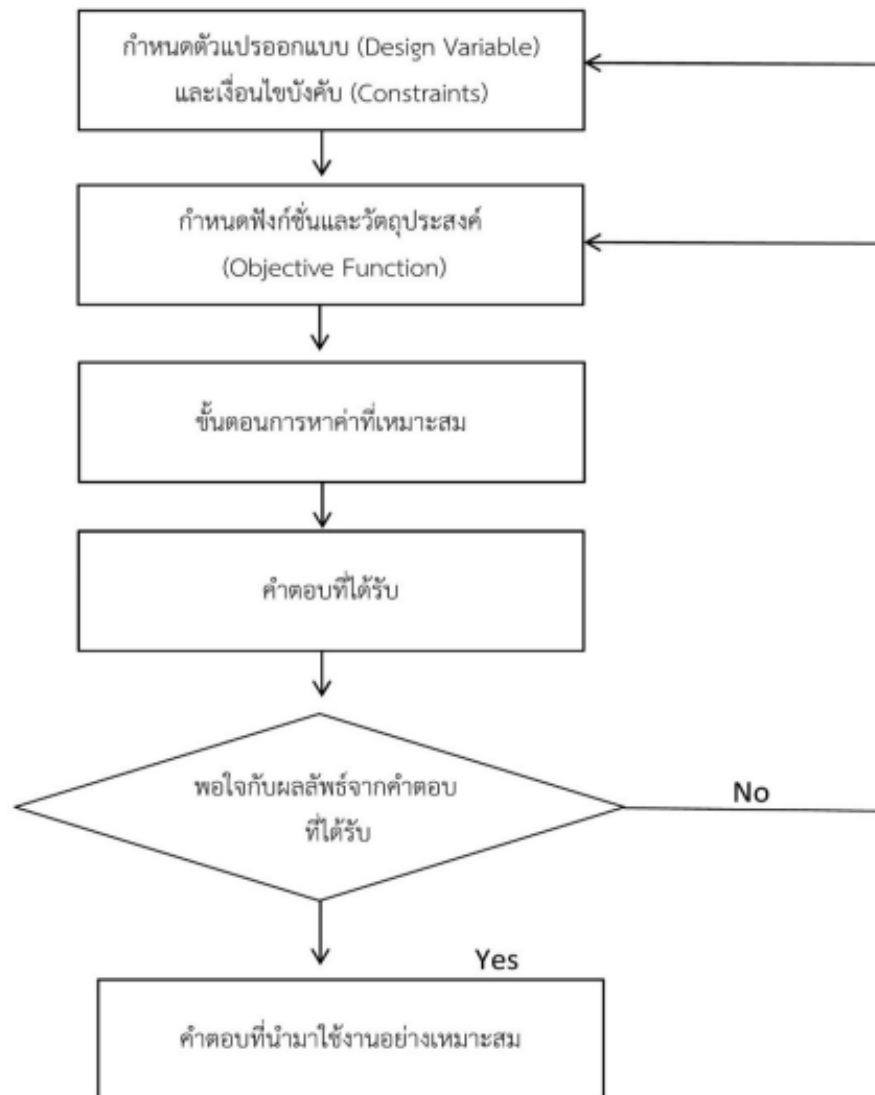
$$g_j(X) = \text{Inequality constraints}$$

$$l_j(X) = \text{Equality Constraints}$$

$$n = \text{Number of Constraints}$$

$$m, p = \text{Number of Function } g(X) \text{ และ } l(X)$$

การแก้ปัญหาในการออกแบบเชิงวิศวกรรมหรือในด้านอื่นๆ นั้น จะใช้วิธีการหาค่าความเหมาะสมที่สุด เพื่อการหาค่าต่ำสุดหรือจุดสูงสุดของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยมีเงื่อนไขบังคับที่เนื่องมาจากข้อจำกัดต่างๆ ของการออกแบบนั้นๆ ซึ่งเรียกว่าการหาค่าความเหมาะสมแบบมีเงื่อนไขบังคับ (Constrained Optimization)



ภาพที่ 2.12 แผนผังลำดับขั้นตอนของการหาค่าความเหมาะสม

ที่มา : ชาญชัย ลีภักดีปรีดา, 2543

คำจำกัดความของ Simulation-Optimization

Simulation-Optimization หมายถึง การหาคำตอบที่จะทำให้ได้ผลลัพธ์ของระบบที่ดีที่สุด โดยผลลัพธ์ดังกล่าวเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ภายใต้สถานการณ์ของความน่าจะเป็น (Fu, 2001)

เมื่อพิจารณาจากความหมายของคำว่า Simulation-Optimization ตามที่กล่าวมาพบว่าการแก้ปัญหาด้วยวิธีการนี้ สามารถนำเสนอออกมาในรูปของชุดสมการทางคณิตศาสตร์ได้ 2 รูปแบบ (Azadivar, 1999) ดังนี้

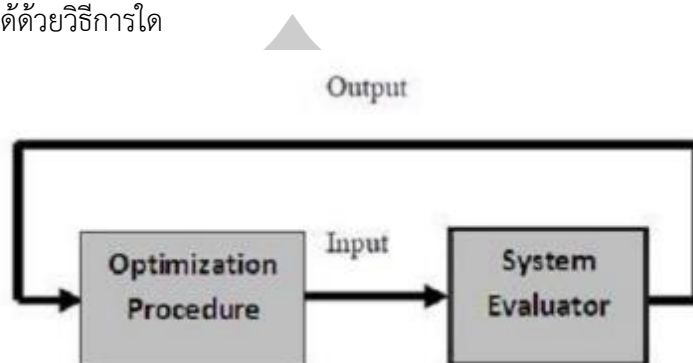
$$\left. \begin{array}{l} \text{maximize (Minimize)} \quad f(X) = E[z(X)] \\ \text{Subject to :} \quad g(X) = E[r(X)] < 0 \\ \text{and} \quad h(X) < 0 \end{array} \right\} \quad (3)$$

เมื่อ z และ r คือเวกเตอร์ ของตัวแปรซึ่งเป็นผลลัพธ์แบบสุ่มของการจำลองสถานการณ์เมื่อกำหนดค่าตัวแปรตัดสินใจเป็นเวกเตอร์ X ส่วนค่า f และ g หมายถึงมูลค่าคาดหวัง (Expected Values) ของเวกเตอร์เหล่านี้ ส่วนค่า h หมายถึง เวกเตอร์ ของข้อจำกัดที่มีลักษณะของความแน่นอน (Deterministic Constraints) ซึ่งอยู่ในรูปของตัวแปรตัดสินใจ X นั้นเองสำหรับการนำเสนอปัญหาในอีกรูปแบบหนึ่ง สามารถทำได้ดังนี้

$$\left. \begin{array}{l} \text{maximize (Minimize)} \quad f(X) = E[z(X)] \\ \text{Subject to :} \quad P\{g(X) < 0\} > 1 - \alpha \\ \text{and} \quad h(X) < 0 \end{array} \right\} \quad (4)$$

เมื่อ P คือเวกเตอร์ของความน่าจะเป็นที่สมการเงื่อนไขจะถูกละเมิด โดยที่ α คือเวกเตอร์ของความเสียหายที่ผู้ตัดสินใจจะเลือกคำตอบที่เป็นการละเมิดสมการเงื่อนไข หรือทำให้สมการเงื่อนไขไม่เป็นจริง ส่วนการแปลความหมายของพจน์หรือตัวแปรอื่นๆ ในชุดสมการด้านบนสามารถอ้างอิงได้จากความหมายที่แสดงไว้ในชุดสมการแรก จากคำจำกัดความรวมถึงรูปแบบการนำเสนอปัญหาของการทำ Simulation Optimization ในรูปของชุดสมการทางคณิตศาสตร์อาจสังเกตเห็นได้ว่า Simulation-Optimization มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับการทำ Optimization ของปัญหาที่เป็นปัญหาแบบสโตแคสติก (Stochastic Optimization) ซึ่งในเชิงหลักการแล้ววิธีการทั้งสองนี้ก็มีความคล้ายคลึงกัน และในทางปฏิบัติก็อาจนำมาใช้ทดแทนกันได้หากแต่โดยทั่วไปแล้ว Simulation-Optimization เฉพาะเจาะจงนำมาใช้กับปัญหาที่ผลลัพธ์ของระบบได้มาจากการประเมินด้วยวิธีการ

Simulation ในขณะที่ Stochastic Optimization มีความหมายกว้างๆ ไม่เฉพาะเจาะจงกับที่มาของผลลัพธ์ว่าจะหามาได้ด้วยวิธีการใด



ภาพที่ 2.13 กระบวนการทำงานของการหาคำตอบด้วยวิธี Simulation-Optimization
ที่มา: (เชษฐพันธ์ โล่ดำ, 2555)

จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนของการหาคำตอบที่ดีที่สุด ระบบอาศัยผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินโดยการจำลองสถานการณ์ซึ่งถูกใช้เป็นตัววัดถึงความเหมาะสมของตัวแปรป้อนเข้า (Inputs) และนำมาประมวลผลรวมกับผลที่ได้จากการประเมินในครั้งที่ผ่านๆ มาแล้วที่การกำหนดชุดของตัวแปรนำเข้าสู่ชุดใหม่เพื่อป้อนเข้าระบบของการจำลองสถานการณ์อีกครั้ง โดยกระบวนการทำงานทั้งหมดจะดำเนินไปจนกระทั่งระบบบรรลุเงื่อนไขของการหยุดหาคำตอบ (Terminating Conditions) ด้วยเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งเป็นต้นว่าได้ผลลัพธ์ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้เบื้องต้นหรือบรรลุตามเงื่อนไขของระยะเวลาที่กำหนด

1) ลักษณะของปัญหาที่สามารถแก้ปัญหาด้วยเทคนิค Simulation-Optimization

การนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์ (Simulation) มาใช้ร่วมกับการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization) ในปัจจุบันถือเป็นเรื่องที่ทำหายอย่างยิ่งเนื่องจากปัญหาส่วนใหญ่ที่พบมักจะมี ความซับซ้อนและความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์ และตัวแปรมีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง ทำให้เป็นการยากที่จะหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์นอกจากนั้นในส่วนของ การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ก็ถือเป็นเรื่องที่ทำหายความสามารถของผู้สร้างเนื่องจากต้องอาศัยศิลปะ ความสามารถและประสบการณ์ ในการสร้างแบบจำลอง อีกทั้งผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ก็มีลักษณะของความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่าด้วยตัวแปรนำเข้าสู่ชุดเดียวกัน การจำลองสถานการณ์ มักจะให้ ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันส่วนในกระบวนการของการวิเคราะห์หาคำตอบที่ดีที่สุดปัจจุบันก็ได้มีการค้นคิด เทคนิคใหม่ๆ เข้ามาช่วยในการหาคำตอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคนิคและวิธีการในการค้นหา (Search Methodologies) ซึ่งในปัจจุบันสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพพัฒนาการในด้าน ความเร็วของระบบคอมพิวเตอร์ ส่วนบุคคลก็ได้ เข้ามามีส่วนเสริมให้เกิดความท้าทายในการใช้ เทคนิคนี้เพื่อการแก้ปัญหาต่างๆ โดยทั่วไปแล้วเทคนิค Simulation-Optimization มักจะถูกนำไปใช้

สำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนและมีขนาดใหญ่เพื่อใช้คำนวณหาค่าของชุดตัวแปรตัดสินใจที่จะทำ
 หมายสิ่งพรอสุดหรือต่ำที่สุดตามที่ต้องการ หรือในทางกลับกันเทคนิคนี้อาจถูกนำไปใช้เพื่อคำนวณหา
 ค่าของตัวแปรตัดสินใจที่จะทำได้ค่าผลลัพธ์ของระบบตามที่ต้องการ

2.8.2. อัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพใหม่ที่เรียกว่า White Shark Optimizer (WSO)

ซึ่งได้รับแรงบันดาลใจจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของฉลามขาวขณะหาอาหารในธรรมชาติ
 เพื่อเอาชีวิตรอดในมหาสมุทรลึก อัลกอริทึมนี้ได้รับการเสนอขึ้นโดยหวังว่าจะสามารถแก้ปัญหาการ
 เพิ่มประสิทธิภาพในโลกแห่งความเป็นจริงทั้งแบบมีข้อจำกัดและไม่มีข้อจำกัด ซึ่งยากต่อการแก้ไขด้วย
 อัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพที่มีอยู่ ความคาดหวังอีกประการหนึ่งของ WSO คือการค้นหาวิธี
 แก้ปัญหาที่ดีกว่าที่มีอยู่ เนื่องจากการสำรวจและการใช้ประโยชน์เป็นสองคุณสมบัติหลักสำหรับความ
 เจริญรุ่งเรืองของเมตาฮิวริสติกใดๆ จึงได้รับการออกแบบอย่างมีประสิทธิภาพใน WSO เพื่อสร้าง
 สมดุลที่เหมาะสมระหว่างทั้งสอง ผลงานที่สำคัญของงานนี้สรุปได้อย่างสั้นๆ ดังต่อไปนี้: (1) มีการ
 นำเสนอเมตาฮิวริสติกใหม่ที่เลียนแบบพฤติกรรมของฝูงฉลามขาว รวมไปถึงความสามารถในการได้ยีน
 และการตมกลืน (2) มีการประเมินประสิทธิภาพของ WSO ที่เสนอโดยใช้ฟังก์ชันเกณฑ์มาตรฐานที่
 เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวาง 29 ฟังก์ชันซึ่งอยู่ในชุดการทดสอบ CEC-2017 โดยที่การเปรียบเทียบ
 โดยรวมนั้นทำขึ้นกับเมตาฮิวริสติกอื่นๆ และ (3) มีการตรวจสอบความสามารถในการนำไปใช้ของ
 WSO เพิ่มเติมในการแก้ปัญหาเกณฑ์มาตรฐาน CEC-2011 และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเม
 ตาฮิวริสติกอื่นๆ

ข้อดีของ WSO สำหรับปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพ WSO ที่เสนอมีข้อดีหลายประการ
 สำหรับปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพทั่วโลก เช่น ความยืดหยุ่นที่คาดว่าจะสามารถจัดการกับปัญหา
 การเพิ่มประสิทธิภาพประเภทต่างๆ ได้ โดยปัญหาหลายประเภทต้องการความยืดหยุ่นในระดับที่
 มากกว่าที่ WSO สามารถทำได้ โดยมีพารามิเตอร์เพียงไม่กี่ตัวที่ต้องปรับแต่งตามที่นำเสนอใน
 ภายหลังในงานนี้ ที่เสนอ สำหรับ WSO ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพทางวิศวกรรม
 ประเภทต่างๆ ได้ โดยเฉพาะปัญหาที่มีมิติสูง คาดว่าความเรียบง่ายและความทนทานของ WSO จะ
 ทำให้สามารถค้นหาโซลูชันทั่วโลกสำหรับปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพที่ยากได้อย่างรวดเร็วและ
 แม่นยำด้วยความเร็วในการบรรจบกันที่สูงเป็นข้อได้เปรียบประการที่สาม ข้อได้เปรียบประการที่สี่
 ของ WSO สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพทั่วโลกคือการเป็นผู้สมัครที่มีศักยภาพที่มีความสนใจอย่าง
 กว้างขวางในการพัฒนาโซลูชันที่มีต้นทุนต่ำและทรงพลังเพื่อทำทลายปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพใน
 โลกแห่งความเป็นจริง

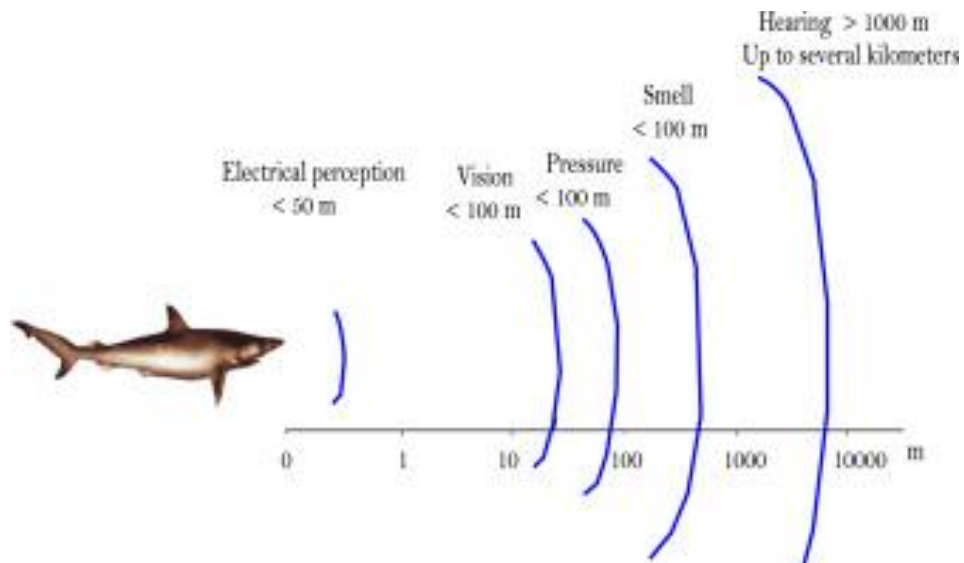
ส่วนที่เหลือของเอกสารนี้กำหนดไว้ดังนี้: ในส่วนที่ 2 เราจะแนะนำแนวคิดแรงบันดาลใจที่
 สำคัญพร้อมกับแนวคิดพื้นฐานของอัลกอริทึมที่นำเสนอในงานนี้ จากนั้น ส่วนที่ 3 จะนำเสนอการ
 กำหนดทางคณิตศาสตร์และการใช้งานอัลกอริทึมที่เสนอโดยละเอียด ผลการประเมิน การบรรจบกัน

และการทดสอบ ทางสถิติ ของ WSO และอัลกอริทึมอื่นๆ ในฟังก์ชันมาตรฐานต่างๆ จะนำเสนอใน ส่วนที่ 4 สุดท้าย ข้อเสนอหลักและแนวโน้มในอนาคตของงานนี้จะแสดงไว้ในส่วนที่ 5

แรงบันดาลใจ อัลกอริทึมเมตาฮีริสติกที่นำเสนอในเอกสารนี้ใช้พฤติกรรมไดนามิกของ ฉลามขาวเป็นพื้นฐาน เราพบลักษณะเฉพาะหลายประการในฉลามสายพันธุ์นี้ ซึ่งเป็นแรงบันดาลใจให้ เราพัฒนา WSO ที่เสนอขึ้น ฉลามขาวซึ่งเรียกอีกอย่างว่าพอยน์เตอร์ขาวหรือฉลามขาวใหญ่ เป็น ฉลามนักล่าที่แข็งแกร่งและอันตรายที่สุดในโลก ฉลามขาวเป็นสัตว์นักล่าที่ปรับตัวเข้ากับ สภาพแวดล้อมได้ดีและเป็นนักล่าที่น่าทึ่ง มีกล้ามเนื้อที่ทรงพลัง สายตาที่แข็งแรงเพื่อให้มองเห็นได้ ชัดเจน และมีประสาทรับกลิ่นที่เฉียบคม ขากรรไกรขนาดยักษ์ของฉลามขาวมีฟันรูปสามเหลี่ยมแหลมคม หักหยาบมากถึง 300 ซี่เรียงกันเป็นแถวหลายแถว เหงือกของฉลามขาว ได้แก่ ฉลามชนิดอื่น ครัสเตเชียน หอย นกทะเล ปลาวาฬตัวเล็ก โลมา ปลาหมึก เต่า แมวน้ำ สิงโตทะเล วอลรัส เต่าทะเล ปลาโลมา และบางครั้งก็มีเพนกวินด้วย ฉลามขาวมักจะจับเหยื่อโดยการซุ่มโจมตี โดยฉลามขาวจะ พยายามพุ่งเข้าหาเหยื่อโดยไม่ทันตั้งตัวและกัดเหยื่ออย่างรุนแรงและรุนแรง ฉลามขาวเป็นปลาที่ว่ายน้ำ ได้คล่องตัว มีลักษณะเหมือนตอร์ปิโด มีหาง ที่แข็งแรง ซึ่งสามารถผลักเหยื่อให้จมลงไปในน้ำได้ ฉลามขาวว่ายน้ำเข้าหาเหยื่อด้วยการเคลื่อนไหวเป็นคลื่น และอาจถึงขั้นออกจากรูน้ำไปเลยก็ได้ และ ระเบิดตัวเหมือนปลาวาฬเมื่อโจมตีเหยื่อจากใต้น้ำ ข้อเท็จจริงที่น่าสนใจที่สุดเกี่ยวกับพฤติกรรม โดยรวมของฉลามขาวคือวิธีการจับเหยื่อโดยใช้การว่ายน้ำ รวมถึงประสาทสัมผัสที่แปลกประหลาดใน การได้ยินและได้กลิ่นของเหยื่อ

การติดตามเหยื่อ ฉลามขาวจะเดินเตรไปตามมหาสมุทรเพื่อล่าเหยื่อเช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิต อื่นๆ ในธรรมชาติ ดังนั้นพวกมันจึงเปลี่ยนตำแหน่งตามไปด้วย ในแง่นี้ ฉลามขาวจะใช้ทุกวิธีที่มีอยู่ เพื่อติดตาม สะกดรอย และค้นหาเหยื่อ พวกมันมีประสาทสัมผัสหลายอย่างที่รับรู้ได้ในรูปที่ 2.14 ซึ่ง รวมเข้าด้วยกันและเสริมซึ่งกันและกัน

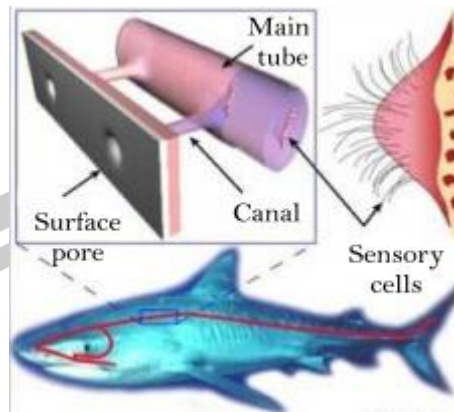
ประการแรก ฉลามขาวมีประสาทการได้ยินที่มีประสิทธิภาพอย่างน่าประหลาดใจ ซึ่งพวก มันใช้ในการสำรวจพื้นที่กว้างในขณะที่ค้นหาเหยื่อ ประการที่สอง พวกมันมีประสาทการดมกลิ่นที่ เฉียบแหลมเพื่อดมกลิ่นของเหยื่อ คุณสมบัติเหล่านี้ช่วยให้พวกมันสำรวจพื้นที่ทั้งหมดและใช้ประโยชน์ จากพื้นที่ที่เป็นไปได้ทั้งหมดในโดเมนการค้นหาเพื่อล่าเหยื่อ



ภาพที่ 2.14 ประสาทสัมผัสของฉลามขาว ได้แก่ การได้กลิ่น การมองเห็นและการได้ยิน

การค้นหาเหยื่อ (การสำรวจ) ฉลามขาวใหญ่สำรวจพื้นที่ค้นหาในขณะที่ค้นหาเหยื่อโดยใช้ประสาทการได้ยินที่ไม่คุ้นเคย พวกมันได้ยินเสียงจากลำตัวทั้งตัว ซึ่งมีเส้นสองเส้นพาดอยู่ทั้งสองข้างของลำตัว ดังแสดงในรูปที่ 3-15 เส้นทั้งสองนี้สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันน้ำได้ เผยให้เห็นการเคลื่อนไหวของเหยื่อ การเปลี่ยนแปลงของแรงดันน้ำที่ปล่อยออกมาจากเหยื่อที่ปั่นป่วนจะดึงดูดความสนใจของฉลามขาวให้เคลื่อนตัวเข้าหาเหยื่อ ฉลามขาวยังมีอวัยวะที่สามารถรับรู้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ขนาดเล็ก ที่เกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนที่ของเหยื่อ จากนั้น ฉลามขาวสามารถระบุตำแหน่งของเหยื่อและขนาดของเหยื่อได้อย่างแม่นยำโดยอาศัยความถี่ของคลื่นที่ลอยมาหาเหยื่อและความปั่นป่วนของคลื่น เมื่อฉลามขาวเข้าใกล้เป้าหมายมาก มันจะสามารถตรวจจับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้ และเมื่อพบเหยื่อแล้ว มันจะเคลื่อนตัวเข้าหาเหยื่อด้วยการเคลื่อนไหวเป็นคลื่น ซึ่งสามารถแสดงได้ดังแสดงในรูปที่ 2.14

พหุบัณฑิต ชีวะ



ภาพที่ 2.15 ฉลามขาวตัวใหญ่ที่มีเซ็นเซอร์ตรวจจับการได้ยินปรากฏอยู่ที่ลำตัว

ความเร็วคลื่นของฉลามขาวใหญ่สามารถอธิบายได้ด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ ต่อไปนี้ : (1) วิ-
 เอ็กซ์ที่ไหนก็คือความเร็วของการเคลื่อนที่ของคลื่นเอ็กซ์คือความยาวคลื่นที่กำหนดระยะทางที่ฉลาม
 ขาวเคลื่อนที่เป็นคลื่นได้จนครบหนึ่งรอบจนแสดงถึงความถี่คลื่นของการเคลื่อนที่เป็นคลื่น ซึ่งถูก
 กำหนดโดยจำนวนรอบ (หรือรอบ) ที่ฉลามขาวเคลื่อนที่ได้ต่อวินาที โดยจำนวนรอบต่อวินาทีเรียกว่า
 เฮิร์ตซ์ (Hz)



ภาพที่ 2.16 พฤติกรรมการเคลื่อนไหวเป็นคลื่นของฉลามขาวใหญ่ (a) ฉลามขาวใหญ่กระเพื่อมไป
 ทางซ้าย (b) ฉลามขาวกระเพื่อมไปทางขวา

การค้นหาเหยื่อ (การใช้ประโยชน์) ฉลามขาวใหญ่ใช้ประโยชน์จากทุกพื้นที่ที่เป็นไปได้ใน
 โดเมนอวกาศเพื่อระบุเหยื่อโดยใช้ประสาทรับกลิ่นอันยอดเยี่ยมของมัน เมื่อฉลามขาวเข้าใกล้เหยื่อ
 ประสาทรับกลิ่นของมันจะเริ่มทำงาน ที่น่าทึ่งคือ เมื่อฉลามขาวใหญ่เข้าใกล้เหยื่อ ประสาทรับกลิ่น
 ของมันสามารถเติบโตแบบทวีคูณได้ จนกระทั่งสามารถระบุตำแหน่งที่น่าจะเป็นไปได้ของเหยื่อได้

อย่างแม่นยำ หากต้องการอัปเดตตำแหน่งของฉลามขาวเมื่อพวกมันเคลื่อนตัวไปหาเหยื่อ ให้ใช้สมการการเคลื่อนที่พร้อมความเร่งคง ที่ต่อไปนี่: (2) เอ็กซ์-เอ็กซ์ฉัน-วีฉัน Δt ที่-12เอ Δt ที่2ที่ไหนเอ็กซ์หมายถึงตำแหน่งใหม่ของฉลามขาวเอ็กซ์ฉันเป็นตำแหน่งดั้งเดิมวีฉันคือความเร็วต้นของฉลามขาว Δt หมายถึงช่วงเวลาระหว่างตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งปัจจุบันและเอคือปัจจัยความเร่งซึ่งมีค่าคงที่

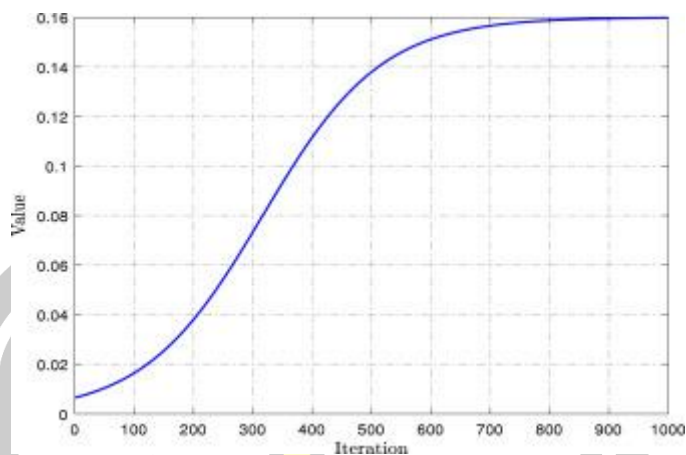
ในหลายกรณี เหยื่ออย่างแมวน้ำจะทิ้งกลิ่นไว้หลังจากที่ออกจากที่อยู่ของมันไปแล้ว ดังนั้นฉลามขาวจึงไม่พบเหยื่อที่นั่นหากเข้าใกล้กลิ่นมากเกินไป ในกรณีนี้ ฉลามขาวต้องค้นหาแบบสุ่มในบริเวณใกล้เคียงและสำรวจพื้นที่อื่นๆ ในพื้นที่ค้นหาโดยใช้ประสาทสัมผัสที่กระตือรือร้นในการมองเห็น การได้ยิน และการดมกลิ่น ในงานนี้ ภาพรวมของพฤติกรรมการล่าเหยื่อของฉลามขาวและวิธีการตามล่าเหยื่ออย่างมีประสิทธิภาพของฉลามขาวช่วยให้เราค้นพบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับ WSO และดำเนินการปรับให้เหมาะสม ด้านล่างนี้คือลักษณะเฉพาะโดยละเอียดของแบบจำลองเหล่านี้และ WSO ที่เสนอ

โปรแกรมเพิ่มประสิทธิภาพฉลามขาว (WSO) ส่วนนี้จะอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ WSO ที่เสนอ ซึ่งได้รับการพัฒนาเพื่อระบุลักษณะพฤติกรรมของฉลามขาวขณะหาอาหาร ซึ่งรวมถึงการล่าสัตว์และการติดตามเหยื่อฉลามขาวมีความสามารถในการระบุตำแหน่งของเหยื่อ (เช่น แหล่งอาหาร) ในมหาสมุทรลึก อย่างไรก็ตาม ไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับตำแหน่งของแหล่งอาหารในพื้นที่ค้นหาเฉพาะ ในบริบทนี้ ฉลามขาวต้องค้นหาอย่างกว้างขวางเพื่อค้นหาแหล่งอาหารในมหาสมุทรลึก ในงานนี้ พฤติกรรมสามประการของฉลามขาวถูกใช้เพื่อค้นหาเหยื่อ (เช่น แหล่งอาหารที่เหมาะสมที่สุด) ได้แก่: (1) การเคลื่อนไหวเข้าหาเหยื่อโดยอาศัยความลึกลับของกลิ่นที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนไหวของเหยื่อ ในเรื่องนี้ ฉลามขาวใช้การเคลื่อนไหวเป็นคลื่นเพื่อนำทางไปหาเหยื่อโดยใช้ประสาทสัมผัสที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การได้ยินและการดมกลิ่น (2) การค้นหาเหยื่อแบบสุ่มในมหาสมุทรลึก เพื่อจุดประสงค์นี้ ฉลามขาวจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของเหยื่อและอยู่ใกล้เหยื่อที่เหมาะสมที่สุด และ (3) พฤติกรรมของฉลามขาวในการค้นหาเหยื่อที่อยู่ใกล้เคียง ในเรื่องนี้ ฉลามขาวใช้ พฤติกรรม ของฝูงปลาและเคลื่อนที่เข้าหาฉลามขาวที่ดีที่สุดที่อยู่ใกล้กับเหยื่อที่เหมาะสมที่สุดมาก จากพฤติกรรมเหล่านี้ ตำแหน่งของฉลามขาวทั้งหมดจะได้รับการอัปเดตเกี่ยวกับแนวทางแก้ไขที่ดีที่สุดในการค้นหาเหยื่อได้อย่างเหมาะสม พฤติกรรมเหล่านี้ได้รับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังแสดงด้านล่าง

การเริ่มต้นใช้งาน WSO เนื่องจาก WSO เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ประชากร จึงเริ่มต้นด้วยการสร้างกลุ่มโซลูชันเริ่มต้นแบบสุ่มเมื่อเริ่มกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพที่ใช้ในการแก้ปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพ ประชากรของฉลามขาว (คือขนาดประชากร) ในพื้นที่การค้นหา (เช่น มิติของปัญหา) พร้อมตำแหน่งของฉลามขาวแต่ละตัว ระบุถึงวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ซึ่งสามารถอธิบายได้ใน

รูปแบบ 2 เมทริกซ์ดังแสดงด้านล่างนี้ ที่หน่วยมาจากตำแหน่งของฉลามขาวทั้งหมดในพื้นที่ค้นหา หมายถึงจำนวนตัวแปรการตัดสินใจสำหรับปัญหาที่กำหนดและวงฉับระบุตำแหน่งของฉลามขาวในงมิตที่

การเคลื่อนไหวเข้าหาเหยื่อที่เหมาะสมที่สุด ฉลามขาวใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการค้นหาเหยื่อที่มีศักยภาพ โดยอาจเป็นเหยื่อที่เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมก็ได้ ดังนั้นตำแหน่งของฉลามขาวจึงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยปกติแล้วฉลามขาวจะเคลื่อนตัวเข้าหาเหยื่อเมื่อได้ยินเสียงคลื่นที่เหยื่อเคลื่อนที่หรือได้กลิ่นเหยื่อ ในบางกรณี เหยื่อจะออกจากตำแหน่งเนื่องจากฉลามขาวเคลื่อนตัวเข้าหาเหยื่อหรือเพื่อหาอาหาร เหยื่อมักจะทิ้งกลิ่นไว้ในตำแหน่งนั้น ซึ่งฉลามขาวยังสามารถได้กลิ่นเหยื่อ ในกรณีนี้ ฉลามขาวจะเดินสำรวจตำแหน่งต่างๆ แบบสุ่มเพื่อค้นหาเหยื่อ เช่นเดียวกับพฤติกรรมของฝูงปลาที่มองหาแหล่งอาหาร ในบริบทนี้ กลยุทธ์การอัปเดตตำแหน่งที่กำหนดไว้ในสมการ (10) ใช้เพื่ออธิบายพฤติกรรมของฉลามขาวขณะที่เคลื่อนตัวเข้าหาเหยื่อเป็นตัวดำเนินการปฏิเสธรอบและปีเป็นเวกเตอร์โบนาร์มิติเดียวที่กำหนด ตามลำดับและคุณหมายถึงขอบเขตล่างและขอบเขตบนของพื้นที่ค้นหาตามลำดับไว้อัหมายถึงเวกเตอร์ตรรกะที่กำหนดตามที่แสดงในสมการ แสดงถึงความถี่ของการเคลื่อนไหวเป็นคลื่นของฉลามขาวตามที่กำหนดใน กำหนดตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 และ m_i แสดงถึงแรงในการเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการวนซ้ำ เมื่อฉลามขาวเข้าใกล้เหยื่อ ซึ่งกำหนดตามที่มีความสำคัญในการรองรับวิธีการแก้ปัญหาที่จะดำเนินการตามอำเภอใจในพื้นที่การค้นหา และมีความจำเป็นในการช่วยให้ฉลามขาวสำรวจพื้นที่ที่มีศักยภาพทั้งหมดในพื้นที่การค้นหา ความถี่ต่ำสุดและสูงสุดของการเคลื่อนที่ที่เป็นคลื่นตามลำดับ และเรอเนงแสดงถึงจำนวนสุ่มที่กระจายอย่างสม่ำเสมอภายในขอบเขต-0-1- ค่าของ α , β และ γ สำหรับปัญหาที่จัดการในงานนี้คือ 0.07 และ 0.75 ตามลำดับ ค่าเหล่านี้ถูกเลือกหลังจากการวิเคราะห์ที่แม่นยำและทดสอบกับปัญหาที่หลากหลาย แต่สามารถปรับใช้กับปัญหาอื่นๆ ได้ตามความเหมาะสม พารามิเตอร์ m_i ได้รับการเสนอให้แสดงถึงความแข็งแกร่งของประชากรได้ยีนและการดมกลิ่นของฉลามขาว ซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามฟังก์ชันของการทำซ้ำ ฟังก์ชันนี้จะถูกวาดขึ้นในระหว่างการทำซ้ำตามที่แสดงในรูปที่ 2.17 แสดงแผนผังของพารามิเตอร์ m_i และอิทธิพลที่มีต่อความสามารถในการค้นหา ค่าเล็กน้อยของ m_i ผลลัพธ์ในการค้นหาในพื้นที่ (บริเวณใกล้เคียง) ซึ่งกระตุ้นให้ฉลามขาวค้นหาในพื้นที่ขนาดเล็ก ค่าขนาดใหญ่ของ m_i นำไปสู่การค้นหาทั่วโลก ซึ่งกระตุ้นให้ฉลามขาวสำรวจพื้นที่ที่ใหญ่กว่าและไกลกว่าในพื้นที่ค้นหา โดยพื้นฐานแล้ว พารามิเตอร์นี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มความเป็นไปได้ในการบรรลุสมดุลที่เหมาะสมระหว่างการสำรวจและการใช้ประโยชน์



ภาพที่ 2.17 ฟังก์ชันของการวนซ้ำที่แสดงถึงแนวโน้มการเติบโตโดยทั่วไปของความรู้สึการได้ยินและการดมกลิ่นของฉลามขาวเมื่อเข้าใกล้เหยื่อ

พารามิเตอร์ ได้รับการเสนอให้เป็นฟังก์ชันของเวลาเพื่อให้แน่ใจว่ามีการบรรจบกันโดยเร่งความเร็วในการค้นหา ตลอดจนเสริมความแข็งแกร่งให้กับคุณลักษณะการสำรวจและการใช้ประโยชน์จากอัลกอริทึมที่เสนอ จากมุมมองทางคณิตศาสตร์ ค่าขนาดใหญ่ของห้ามการค้นหาและค่าเล็กน้อยเพิ่มเติมมีวิสัยเสริมความเข้มข้นในการค้นหาในพื้นที่การค้นหา ดังนั้นค่าของ m สามารถควบคุมความเข้มข้นในการค้นหาของฉลามขาวเพื่อระบุตำแหน่งเหยื่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็น 0 และ 1 สำหรับฟังก์ชันค่าของปัญหาทั้งหมดที่กล่าวถึงในงานนี้คือ 6.25 และ 100 ตามลำดับ ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์เชิงลึกและการทดสอบเชิงทดลองอย่างครอบคลุมในปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพจำนวนมาก

ส่วนแรกของสมการ ก็คือเมื่อฉลามขาวจะอัปเดตตำแหน่งแบบสุ่มรอบๆ เหยื่อ (เช่น แหล่งอาหาร) ในพื้นที่ค้นหาที่กำหนด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเหยื่อออกจากสถานที่นั้นและทิ้งกลิ่นไว้ในสถานที่นั้น จากนั้นฉลามขาวจะติดตามกลิ่นไปรอบๆ เหยื่อแบบสุ่ม ด้วยวิธีนี้ ฉลามขาวจึงสามารถใช้ประโยชน์จากประสาทสัมผัสด้านการได้ยินและการดมกลิ่นที่ดีที่สุดเพื่อใช้ประโยชน์จากทุกพื้นที่ในพื้นที่ค้นหา ส่วนนี้แสดงให้เห็นเป็นหลักว่าฉลามขาวเปลี่ยนตำแหน่งแบบสุ่มในหลายทิศทางและพื้นที่ในขณะที่ยู่ที่เหยื่อที่เหมาะสมที่สุด ส่วนที่สองของสมการแสดงในลักษณะนี้โดยอิงจากสมการที่สองของการเคลื่อนที่โดยมีความเร่งคงที่ สูตรนี้คล้ายคลึงกับที่แสดงในสมการ อย่างไรก็ตาม เวลาถูกละเว้นจากสูตรนี้เนื่องจากเวลาเป็นการวนซ้ำในปัญหาการปรับให้เหมาะสม ซึ่งความคลาดเคลื่อนระหว่างการวนซ้ำจะเท่ากับ 1 เสมอ ส่วนนี้จำลองว่าฉลามขาวมักจะเคลื่อนที่ไปหาเหยื่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อได้ยินเสียงคลื่นที่พัดมาจากการเคลื่อนที่ของเหยื่อ กรณีนี้เป็นการจำลองเมื่อ $r \geq m$ ส่วนนี้เน้นย้ำว่าฉลามขาวสามารถอัปเดตตำแหน่งในพื้นที่ค้นหาได้เมื่อได้ยินเสียงเหยื่อ

การเคลื่อนที่เข้าหาฉลามขาวตัวที่ดีที่สุด ฉลามขาวสามารถรักษาตำแหน่งให้เข้าใกล้เหยื่อได้ดีที่สุด พฤติกรรมนี้แสดง คือตำแหน่งอัปเดตของฉลามขาวเทียบกับตำแหน่งของเหยื่อเพื่อเปลี่ยนทิศทางการค้นหาตัวแปร เป็นตัวเลขสุ่มที่อยู่ในช่วงของตำแหน่งสุดท้ายของฉลามขาวใหญ่ (หรือตัวแทนค้นหา) ควรจะอยู่ที่ไหนสักแห่งภายในพื้นที่ค้นหาที่ใกล้กับเหยื่อที่เหมาะสมที่สุด พฤติกรรมของฝูงปลาและการเคลื่อนไหวของฉลามขาวเข้าหาฉลามขาวที่ดีที่สุดระบุถึงพฤติกรรมร่วมกันของ WSO และสิ่งนี้จะเพิ่มขอบเขตสำหรับการสำรวจและการใช้ประโยชน์คุณลักษณะที่ดีขึ้น

การวิเคราะห์ความซับซ้อน ความซับซ้อนในการคำนวณของอัลกอริทึมสามารถอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันที่เชื่อมต่อกับขนาดอินพุตของปัญหาเข้ากับรันไทม์ของอัลกอริทึม เพื่อจุดประสงค์นี้ จึงใช้สัญลักษณ์บิกโอเป็นสำนวนที่คุ้นเคยเพื่อเสนอความซับซ้อนในการคำนวณของเวลาและพื้นที่ของ WSO ที่เสนอไว้ดังที่แสดงไว้ด้านล่าง ความซับซ้อนของพื้นที่ WSO เมื่อเทียบกับปริมาณพื้นที่หน่วยความจำนั้นขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ทั้งจำนวนฉลามขาวและขนาดของปัญหา ซึ่งจะระบุว่า WSO ที่เสนอจะต้องใช้พื้นที่เท่าใดในระหว่างกระบวนการเริ่มต้น เมื่อพิจารณาจากสิ่งนี้ ความซับซ้อนของพื้นที่ WSO การดำเนินการและวิเคราะห์ระบบ WSO ฉลามขาวใหญ่มักจะพยายามหาทางออกที่ดีที่สุด (เช่น เหยื่อ) เสมอในระหว่างขั้นตอนการประเมินฟังก์ชันเนื่องจากฉลามขาวมีแนวโน้มที่จะค้นหาทางออกที่ดีกว่าโดยการสำรวจและใช้ประโยชน์จากพื้นที่โดยรอบในพื้นที่ค้นหา ความสามารถนี้จะดำเนินการตามตำแหน่งของฉลามขาวและเหยื่อที่ดีที่สุด ดังนั้น ฉลามขาวจึงสามารถสำรวจและใช้ประโยชน์จากพื้นที่ที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นแหล่งเหยื่อได้อย่างต่อเนื่องรหัสเทียมของ WSO สามารถสรุปได้จากขั้นตอนสำคัญที่นำเสนอในอัลกอริทึม

2.9. การพัฒนาเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยใช้วิธี Probability Based Rule Curves

เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบนพื้นฐานความน่าจะเป็น (Probability Based Rule Curve) พัฒนาขึ้นโดยอาศัยข้อมูลสมมูลน้ำของอ่างเก็บน้ำที่ทำการตรวจวัดในอดีตระยะยาวมาทำการวิเคราะห์เพื่อสร้างเส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) และเส้นระดับเก็บกักน้ำต่ำสุด (Lower Rule Curve) โดยประยุกต์หลักทฤษฎีของความน่าจะเป็น (Probability Approach) (Kawabata et al., 2000; Satoh et al., 1999)

1) เส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve)

(1.1) แนวคิดในการสร้างเส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด

เส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve, URC) เป็นเส้นระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำมากที่สุดที่ทำให้ความเสี่ยงต่อการที่อ่างมีปริมาตรไม่พอที่จะรับน้ำหลากอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยระดับน้ำในอ่างที่มากที่สุดจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาซึ่งในที่นี้กำหนดให้

(1.1.1) ปริมาตรเก็บกักระหว่างเส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve) และระดับเก็บกักปกติ (Normal Pool Level) เรียกว่า ปริมาตรสำรองเพื่อการป้องกันน้ำท่วม (Volume of Flood Control Reserve, VFCT)

(1.1.2) ปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างสุทธิ (Net Reservoir Inflow Volume) คำนวณจากผลต่างระหว่างปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่าง (Reservoir Inflow) และปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่าง (Reservoir Outflow) ตามสูตรการคำนวณดังนี้ คือ

$$\text{NRIt} = \text{It} + \text{Pt} - \text{Et} - \text{Set} - \text{Dt} \quad (5)$$

เมื่อ	NRIt	= ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างสุทธิในเดือน t (mcm)
	It	= ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างในเดือน t (mcm)
	Pt	= ปริมาณฝนที่ตกลงบนผิวอ่างในเดือน t (mcm)
	Et	= ปริมาณการระเหยจากอ่างในเดือน t (mcm)
	Set	= ปริมาณการรั่วซึมออกจากอ่างในเดือน t (mcm)
	Dt	= ปริมาณความต้องการน้ำในเดือน t (mcm)

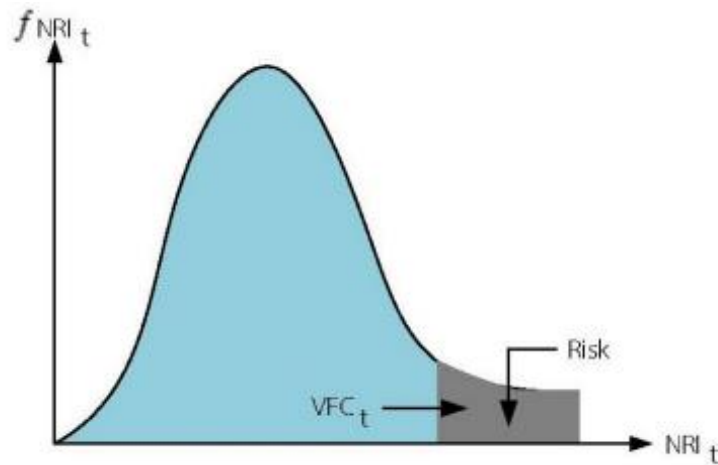
ด้วยเหตุนี้ เส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุดจึงเป็นเส้นที่โอกาสความน่าจะเป็นที่ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างสุทธิจะมากกว่าปริมาตรสำรองเพื่อการป้องกันน้ำท่วมนั้นมีค่าน้อยกว่าความเสี่ยงที่กำหนดหรือเขียนได้ เป็น $\text{Prob}(\text{NRIt} > \text{VFCT}) < \text{Risk}$

(1.2) วิธีการสร้างเส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุด

(1.2.1) เลือกข้อมูลที่ทำการศึกษาตรวจสอบคุณสมบัติทางสถิติแล้ว คำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างสุทธิ (NRIt) โดยที่ t เป็นเดือนที่ $\text{NRIt} > 0$ สำหรับในกรณีที่ $\text{NRIt} \leq 0$ จะได้ $\text{VFCT} = 0$ ซึ่งหมายความว่าเส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุดจะอยู่ที่ระดับเก็บกักปกตินั่นเอง

(1.2.2) วิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นของ NRIt ตามรูปที่ 2.18

พหุ ประถมศึกษา



ภาพที่ 2.18 การแจกแจงความน่าจะเป็นของ NRI_t

(1.2.3) กำหนดค่าความเสี่ยง (Risk) ที่ต้องการเพื่อคำนวณค่า VFC_t โดยค่าความเสี่ยงจะเป็นส่วนกลับของรอบปีการเกิดซ้ำ (Return Period, Tr) ดังนี้ คือ

$$Risk = 1$$

$$Tr = \text{Prob}(x \geq x_{Tr}) \quad (6)$$

(1.2.4) พล็อตค่า VFC_t โดยอ้างอิงกับระดับน้ำเก็บกักปกติ (Normal Pool Level) ของอ่างเก็บน้ำจะได้เส้นระดับเก็บกักน้ำสูงสุดที่ต้องการที่ค่าความเสี่ยงต่างๆ

2) ระดับเก็บกักต่ำสุด (Lower Rule Curve)

(2.1) แนวคิดในการสร้างเส้นระดับเก็บกักต่ำสุด

เส้นระดับเก็บกักต่ำสุด (Lower Rule Curve, LRC) เป็นระดับน้ำในอ่างที่ควรรักษาไว้เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในอนาคต หรือความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในอนาคตอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ดังนี้

$$\text{Prob}(VBUF_t + \sum_{Di=t} NRI_t < 0) < Risk \quad \text{เมื่อ } \sum_{Di=t} NRI_t < 0 \quad \text{หรือ} \\ \text{Prob}(-\sum_{Di=t} NRI_t > -VBUF_t) < Risk \quad (7)$$

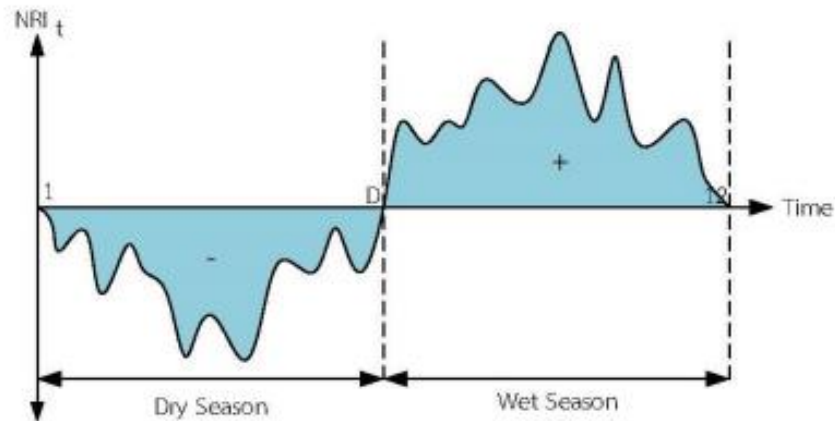
เมื่อกำหนดให้ $VBUF_t$ คือ ปริมาณน้ำในอ่างที่ควรรักษาระดับไว้ (Buffer Storage Volume) และ D เป็นเดือนที่สิ้นสุดฤดูแล้ง

(2.2) วิธีการสร้างเส้นระดับเก็บกักน้ำต่ำสุด

(2.2.1) เลือกข้อมูลที่ทำการศึกษาตรวจสอบคุณสมบัติทางสถิติแล้วคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างสุทธิ (NRI_t)

(2.2.2) วิเคราะห์หาช่วงฤดูฝน (Wet Season) และช่วงฤดูแล้ง (Dry Season)

โดยอาศัยหลักเกณฑ์ตามรูปที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 เกณฑ์การวิเคราะห์หาช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

ในที่นี้ กำหนดให้ช่วงฤดูฝนจะเริ่มจากเดือนแรกที่ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง (Reservoir Inflow) มากกว่าปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่าง (Reservoir Outflow) หลังจากที่มีช่วงเวลาติดต่อกันหลายเดือนที่ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างน้อยกว่าปริมาณน้ำไหลออกจากอ่าง หรือ $NRI_t > 0$ ในขณะที่ช่วงฤดูแล้งจะเริ่มจากเดือนแรกที่ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่าง หรือ $NRI_t \leq 0$

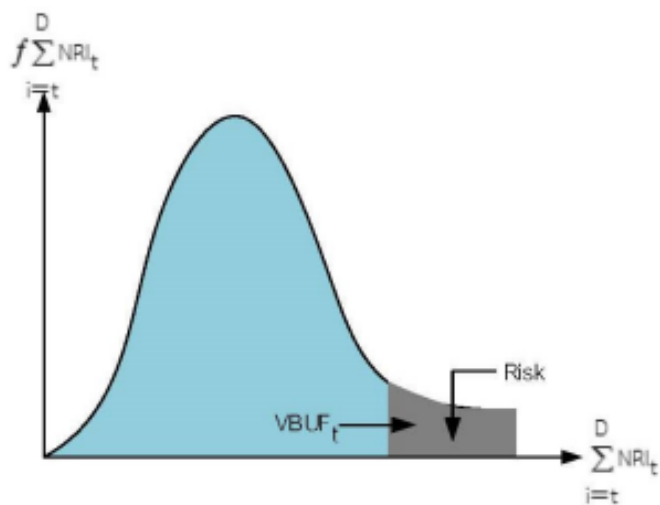
ในช่วงฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างสูงนั้นเส้นระดับเก็บกักน้ำต่ำสุดจะถูกกำหนดให้อยู่ที่ระดับเก็บกักต่ำสุด (Minimum Pool Level) หมายความว่าถ้ามีความจำเป็นต้องปล่อยน้ำออกจากอ่างในช่วงเวลาดังกล่าวจะสามารถระบายน้ำได้ถึงระดับเก็บกักต่ำสุด ทั้งนี้ เนื่องจากคาดว่าจะมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างตลอดช่วงฤดูฝน ในช่วงฤดูแล้งซึ่งปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างน้อยนั้นจำเป็นต้องมีน้ำส่วนหนึ่งสำรองไว้ในอ่าง (VBUft) เพื่อให้มีน้ำเพียงพอกับความต้องการตลอดช่วงฤดูแล้ง

$$\sum NRI_t \quad D_i=t$$

(2.2.3) คำนวณหา $\sum NRI_t \quad D_i=t$ เมื่อ $t = 1, 2, 3, \dots, D-1, D$

(2.2.4) วิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นของ $\sum NRI_t \quad D_i=t$

เมื่อ $t = 1, 2, 3, \dots, D-1, D$ จะได้ $f \sum NRI_t \quad D_i=1$, $f \sum NRI_t \quad D_i=2$, $f \sum NRI_t \quad D_i=3$,
 \dots , $f \sum NRI_t \quad D_i=D-1$, $f \sum NRI_t$ ตามรูปที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 การแจกแจงความน่าจะเป็น $\sum NRI_t$

(2.2.5) กำหนดค่าความเสี่ยงที่ต้องการเพื่อคำนวณค่า VBUFT

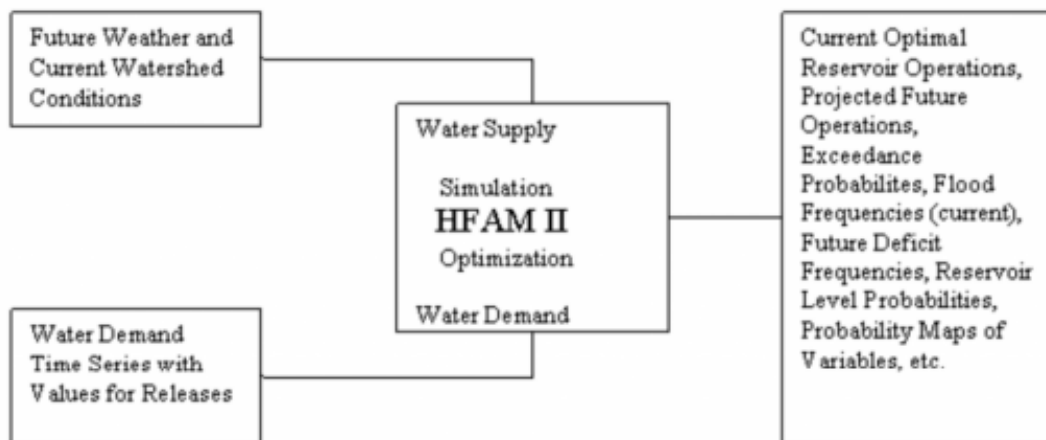
(2.2.6) พล็อตค่า VBUFT โดยอ้างอิงกับระดับน้ำเก็บกักต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำจะได้เส้นระดับเก็บกักน้ำต่ำสุดที่ต้องการที่ค่าความเสี่ยงต่างๆ

2.10. วิเคราะห์เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยพิจารณาเงื่อนไขการบริหารจัดการน้ำ

หลังจากวิเคราะห์เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้วยวิธี Vacancy Minimum Storage Requirement Rule Curve และวิธี Probability Based Rule Curves แล้วนั้น จำเป็นที่จะต้องนำมาพิจารณาร่วมกันกับเงื่อนไขในการบริหารจัดการน้ำ ได้แก่ การวิเคราะห์อัตราการระบายทำynnน้ำสูงสุด ในแต่ละช่วงที่ไม่ทำให้เกิดผลกระทบด้านทำynnน้ำ การพิจารณาเงื่อนไขการสูบน้ำ รวมถึงข้อตกลงของกลุ่มผู้ใช้น้ำ (JMC) และยังมี การจัดประชุมทางไกลกับพื้นที่เพื่อรับฟังความเห็นเพิ่มเติม ซึ่งขั้นตอนนี้จะป็นขั้นตอนสำคัญ เพื่อปรับปรุงเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำให้มีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่และสถานการณ์ในพื้นที่

2.11. เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบพลวัต (Dynamic Rule Curve)

บริษัท Hydro Comp ได้เสนอแนวคิด dynamic rule curve ว่าขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ในอนาคตและสภาพลุ่มน้ำในปัจจุบัน จึงได้พัฒนาแบบจำลอง HFAM II เพื่อใช้ในการหาเกณฑ์การบริหารจัดการน้ำ dynamic rule curve ขึ้น ตามกระบวนการหาดังรูปที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 กระบวนการหา dynamic rule curve ของ Hydro Comp, Inc.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์(วสท.) (2556) เสนอผลการวิจัยเรื่องแนวทางที่ถูกต้องในการบริหารจัดการอุทกภัยลุ่มน้ำเจ้าพระยา ฉบับ วสท. เสนอให้ทำการปรับปรุงเกณฑ์การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำปัจจุบันที่ใช้เกณฑ์บริหารจัดการน้ำแบบคงที่ (static rule curve) เป็นเกณฑ์บริหารจัดการน้ำแบบพลวัต (dynamic rule curve) ตามสภาพน้ำของแต่ละปี คือ ปีน้ำมาก ปีน้ำน้อย และปีน้ำเฉลี่ย หรืออาจมีการพัฒนาเกณฑ์บริหารจัดการน้ำในภาวะอุทกภัย รวมทั้งมีการปรับแนวทางการบริหารจัดการตลอดช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงจากอุทกภัย ตามผลการทำนายทิศทางของปริมาณฝนและน้ำท่า อนึ่งการบริหารจัดการเขื่อนนั้นต้องเป็นลักษณะการบริหารร่วมกันหลายเขื่อน คือ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยฯ และเขื่อนป่าสักฯ เพื่อประมวผลในภาพรวมไม่ใช่พิจารณาแยกเป็นรายเขื่อน ทั้งนี้ ควรพัฒนา scenarios เพื่อการบริหารจัดการเขื่อนที่ครอบคลุมมากที่สุด เพื่อให้สามารถใช้งานจริงในยามเกิดอุทกภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการบริหารจัดการเขื่อนทั้งหมดต้องมีการประชุมคณะกรรมการบริหารจัดการตามความจำเป็นของสถานการณ์ (รายเดือนหรือรายสัปดาห์) รวมทั้งมีการบูรณาการระหว่างการบริหารความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัยและการขาดแคลนน้ำไม่ใช่บริหารในรูปแบบเดียวกันทุกปี การบริหารจัดการที่ผ่านมาหลายครั้งเป็นการแยกส่วนระหว่างอุทกภัยและการขาดแคลนน้ำ

วรารุส วุฒิวณิชย์ และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเพชรบุรีแบบบูรณาการ พบว่า การบริหารจัดการน้ำภายใต้เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่มีลักษณะคงที่ จะทำให้การใช้น้ำไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น ควรปรับปรุงเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแก่กระงานให้มีลักษณะเป็นแบบพลวัตเพื่อเหมาะสมกับสภาพการใช้น้ำและปริมาณฝนในปัจจุบัน เนื่องจากเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ใช้ในปัจจุบันไม่รองรับลักษณะการใช้น้ำภายในลุ่มน้ำเพชรบุรีที่เปลี่ยนแปลงไป

ขอบเขตบนของเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสามารถรองรับการใช้น้ำได้เพียงพอเมื่อมีปริมาณฝนตกไม่น้อยกว่า 1,100 มม. ดังนั้นควรจะมีการปรับปรุงเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้น้ำปัจจุบัน อีกทั้ง Rule Curve ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ถูกกำหนดให้มีค่าคงที่ในแต่ละเดือนในทุกๆ ปี คือ มีลักษณะเป็น Static Rule Curve ซึ่งไม่สอดคล้องกับสภาพฝนที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละปี อาจทำให้เกิดภาวะการขาดน้ำได้ เนื่องจากการระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเพื่อควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำให้เป็นไปตาม Rule Curve ดังนั้นถ้าสามารถปรับเปลี่ยนเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำให้เป็นพลวัต (Dynamic Rule Curve) คือเปลี่ยนแปลงค่าตามสภาพปัจจุบัน น่าจะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำให้เหมาะสมกับสถานการณ์น้ำมากขึ้น

ในการประชุมคณะอนุกรรมการวิเคราะห์ติดตามสถานการณ์และการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำครั้งที่ 2 วันพุธที่ 1 พฤษภาคม 2562 ณ ห้องประชุม 301 ตึกบัญชาการ 1 ทำเนียบรัฐบาล ได้สั่งการให้หน่วยงานประจำภาคใช้งานเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบพลวัต (Dynamic Rule Curve) ในฤดูฝนปี 2562 ซึ่ง ดร.สมเกียรติ ประจำวงษ์ เลขาธิการสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (สทนช.) กล่าวว่าการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง ภายใต้ความรับผิดชอบของกรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กรมทรัพยากรน้ำ และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เป็นเรื่องสำคัญที่ สทนช. ได้ดำเนินการปรับปรุงเกณฑ์ใหม่ เพื่อเป็นคู่มือให้หน่วยงานดังกล่าวทยอยใช้บริหารจัดการน้ำตั้งแต่ ปี 2562 เดิมทีเกณฑ์การบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนขนาดใหญ่และขนาดกลาง อาศัยสถิติปริมาณน้ำย้อนหลังหลายสิบปีมาเป็นค่าเฉลี่ยเพื่อกำหนดเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ทั้งในกรณีน้ำมากและน้ำน้อย ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ค่อนข้างตายตัว อาจเหมาะสมกับในช่วงระยะเวลาก่อนๆ ที่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไม่มากนัก การใช้ประโยชน์ที่ดินและการขยายตัวของชุมชนก็ไม่มากเท่าปัจจุบันแต่เกณฑ์ใหม่ที่เพิ่มเติม คือ อาศัยข้อมูลสถิติ เงื่อนไขการใช้น้ำ ชีตความสามารถในการรองรับของลำน้ำด้านท้ายน้ำที่เป็นปัจจุบัน บวกด้วยเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบระยะสั้น (Dynamic Rule Curve) ของปีนั้นๆ ตามการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศซึ่งเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทุกปี

ทั้งนี้ เกณฑ์การบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำมีความยืดหยุ่นและสอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริงในทุกมิติมากขึ้น ทำให้การบริหารจัดการน้ำมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เก็บกักน้ำต้นทุนได้ดียิ่งขึ้น เช่นเดียวกับมีส่วนช่วยให้ประหยัดการใช้น้ำ ภายใต้การบริหารจัดการน้ำเกณฑ์ใหม่ ยังมีวัตถุประสงค์เพิ่มเติมอีกประการ คือ การบริหารจัดการน้ำในฤดูฝนเพื่อให้มีน้ำใช้ถึงฤดูแล้งไปจนถึงฝนทิ้งช่วงในฤดูฝนยาวถึง 2-3 เดือน แต่ก่อนการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำเราอาจเพื่อช่วงฝนทิ้งช่วงในฤดูฝน 1 เดือน แต่สภาพการณ์ที่เป็นอยู่อาจต้องยาว 3-4 เดือน เป็นการลดผลกระทบการเพาะปลูกในฤดูฝนที่อาจมีฝนทิ้งช่วงการปรับปรุงเกณฑ์บริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ จึงเป็นการบริหารจัดการน้ำแบบ

ประณีต ยืดหยุ่นสูง และได้ประโยชน์มากขึ้นต่อทุกฝ่าย เป็นการทำงานในเชิงรุกของ สททช. ท่ามกลางปัญหาน้ำที่มีความแปรปรวนกว่าในอดีตมาก

2.11.1. ขั้นตอนการวิเคราะห์เกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบพลวัต (Dynamic Rule Curve)

1) รวบรวมข้อมูลด้านการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำ เช่น ปริมาณน้ำไหลลงอ่าง ปริมาณน้ำระบายรายเดือนย้อนหลัง รวบรวมแผนการระบายน้ำในปีนั้นๆ

2) คำนวณปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำตลอดทั้งปีนั้นๆ โดยจะอาศัยการคาดการณ์ปริมาณฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยาและสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ(องค์การมหาชน) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้ปริมาณฝนเทียบเคียงปี 2550 ตามประกาศของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ(องค์การมหาชน)

3) นำข้อมูลเข้าโปรแกรมการจำลองการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Simulation) เป็นโปรแกรมช่วยจำลองสภาพปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ โดยใช้หลักสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

4) สร้างเกณฑ์แนะนำการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำหรือเกณฑ์ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบพลวัต (Dynamic Rule Curve) จากผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำตามแบบจำลองการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Simulation)

2.12. มาตรการบริหารจัดการภัยน้ำท่วม

น้ำท่วมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดได้ แต่สามารถหาวิธีลดความรุนแรงและบรรเทาผลกระทบและความสูญเสียที่จะเกิดได้ โดยมาตรการป้องกันความเสียหายและบริหารจัดการน้ำท่วม เป็นการพยายามเรียนรู้และเข้าใจในผลกระทบจากน้ำท่วมที่มีต่อชุมชน สังคม เศรษฐกิจที่มีความเกี่ยวข้องกับผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณลุ่มน้ำและพื้นที่น้ำท่วมถึง แนวทางการป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมและการบริหารจัดการน้ำท่วมประกอบไปด้วย มาตรการที่นำสิ่งก่อสร้างมาใช้ลดขนาดความรุนแรงของน้ำท่วม เช่น การขุดลอกปรับปรุงสภาพลำน้ำ(ศุภกรณ์,2557)(ประเสริฐ,2553)(เขวงศักดิ์,2547) การใช้แก้มลิง(สุดารัตน์,2554) อ่างเก็บน้ำ เขื่อนและพนังกั้นน้ำ เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีมาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างซึ่งประกอบไปด้วยมาตรการสำหรับการป้องกันความเสียหายและการบรรเทาทุกข์ เช่น การวางผังเมือง การพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วม ซึ่งโดยทั่วไปควรใช้มาตรการทั้งสองอย่างร่วมกันเพื่อประสิทธิภาพในการบรรเทาภัยพิบัติที่ดียิ่งขึ้น

2.12.1. มาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง

งานบรรเทาปัญหาน้ำท่วมจะทำการวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาโดยเลือกจากหนึ่งหรือหลาย ๆ ข้อในหัวข้อต่อไปนี้เพื่อใช้ลดความรุนแรงของเหตุการณ์น้ำท่วม

1. การลดอัตราการไหลของน้ำโดยการใช้วิธีต่าง ๆ เพื่อชะลอการไหลของน้ำ
2. การควบคุมปริมาณการไหลโดยกักน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำหรือแหล่งเก็บกักน้ำเพื่อควบคุมปริมาณน้ำไม่ให้ไหลมากเกินไปโดยเฉพาะในช่วงน้ำท่วม
3. การจำกัดเส้นทางไหลของลำน้ำโดยการสร้างพนังกั้นน้ำหรือคลอง
4. การปรับปรุงสภาพลำน้ำและสภาพการไหล เช่น การสร้างทางระบายน้ำอ้อมตัวเมืองเพื่อลดระดับความสูงของน้ำในลำน้ำสายหลัก
5. การระบายน้ำออกจากลำน้ำที่มีสภาพวิกฤต เช่น การใช้เครื่องสูบน้ำ

มาตรการใช้สิ่งก่อสร้างมาใช้ สิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาคือการเลือกใช้วิธีแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่งทีกล่าวมาแล้วข้างต้น อาจเกิดผลกระทบกับสมดุลของแม่น้ำสายเดิมหรืออาจทำให้สภาพการเก็บกักน้ำในพื้นที่ของน้ำลดลงและทำให้อัตราการไหลมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาเพื่อหาวิธีอื่นมาใช้แก้ปัญหา เช่น การปรับปรุงลักษณะของลำน้ำหรือการปรับสภาพพื้นผิวลำคลองโดยลาดผิวด้วยวัสดุที่ช่วยลดความเร็วในการไหล

2.12.2. มาตรการไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง

ส่วนมาตรการไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง เป็นมาตรการที่ไม่ได้เน้นงานสิ่งปลูกสร้างถาวรโดยอาจมีสิ่งก่อสร้างชั่วคราว เช่น กำแพงกั้นน้ำ กระจอบทราย เป็นต้น ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย การประเมินผลเพื่อตัดสินใจในการหาแนวทางแก้ปัญหาโดยใช้มาตรการไม่ใช่สิ่งก่อสร้างเป็นเรื่องที่ยากพอสมควร เนื่องจากการกำหนดนโยบายบางอย่างอาจส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจ สังคมมากกว่ามาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง

มาตรการไม่ใช่สิ่งก่อสร้างประกอบด้วยสองมาตรการ ได้แก่ มาตรการที่พยายามจะทำให้เกิดน้ำท่วมได้ยากขึ้น เช่น การจัดการใช้สอยที่ดิน(ดูขุฎีและคณะ, 2550) การวางผังเมือง การควบคุมสิ่งปลูกสร้างและการขยายเมือง การเวนคืนที่ดินและการรื้อถอนสิ่งปลูกสร้างบริเวณทางน้ำท่วม การปรับปรุงสภาพอ่างเก็บน้ำ(ณัฐวุฒิ,2552) การเก็บกักและควบคุมปริมาณน้ำในพื้นที่ และมาตรการลดผลกระทบจากน้ำท่วมช่วยให้ประชาชนได้รับความเสียหายและมีผลกระทบกับชีวิตประจำวันน้อยลงกว่าเดิม เช่น การพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วม(เปียอร,2546)(จักรฤทธิ์,2555) การให้ความรู้และข้อมูลสาธารณะ แผนรับมือน้ำท่วม การประกันภัยน้ำท่วม เป็นต้น

แนวทางที่ดีในการป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมควรใช้มาตรการหลายอย่างร่วมกัน โดยมาตรการที่เลือกใช้ทั้งมาตรการใช้สิ่งก่อสร้างและไม่ใช่สิ่งก่อสร้าง ประสิทธิภาพและความสำเร็จในการบรรเทาความเสียหายจากน้ำท่วมขึ้นอยู่กับปัจจัยสองอย่างคือ การเข้าใจและยอมรับในการเกิดน้ำ

ท่วมและการตอบสนองจากทั้งภาครัฐและภาคประชาชนในการดำเนินการตามแผนบริหารจัดการน้ำท่วม

2.12.3. การใช้ทั้งสองมาตรการร่วมกัน

การระบายน้ำและการป้องกันอุทกภัย ซึ่งจะใช้หลักวิชาทางชลศาสตร์ในทางน้ำเปิดไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเท่านั้น ซึ่งเป็นการระบายน้ำและการป้องกันอุทกภัยทั้งในภาพกว้างและภาพวงจำกัด เพื่อเน้นให้เข้าใจปัญหาเพื่อจะไปประยุกต์อย่างถูกต้อง การแก้ปัญหการระบายน้ำและการป้องกันอุทกภัยในหลายๆ กรณีเกี่ยวข้องกับการไหลของน้ำที่การไหลค่อยๆ เปลี่ยนแปลงไปตามระยะ(gradually varied flow) และการแก้ปัญหาคือต้องทำอย่างเป็นระบบที่สมบูรณ์เพื่อความถูกต้อง ประหยัดและไม่ทำให้เป็นผลกระทบต่อจุดอื่น ๆ ต่อไป

2.13. แบบจำลองที่ใช้ในงานทรัพยากรน้ำ

แบบจำลองการวิเคราะห์ลำน้ำมีด้วยกันหลากหลาย การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน ความเหมาะสมของข้อมูลสภาพพื้นที่ และลักษณะเฉพาะการใช้ประโยชน์แบบจำลอง ตัวอย่างแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลน้ำ รวบรวมได้ดังนี้

2.13.1. แบบจำลองสภาพภูมิศาสตร์

โดยการสร้างแบบจำลองลำน้ำด้วยการสร้างลำน้ำเป็นแบบจำลองภูมิศาสตร์ แบบจำลองประเภทนี้มีความละเอียดน้อยและมีข้อจำกัดในการสร้างแบบจำลองขึ้นมา นั้น เช่น มาตรฐาน ขนาดที่จำกัด จึงไม่เหมาะสมกับการสร้างแบบจำลองที่มีมาตรฐานที่มีขนาดใหญ่

2.13.2. แบบจำลองการพยากรณ์ black box Model หรือโครงข่ายประสาทเทียม

แบบจำลองการพยากรณ์ black box Model หรือโครงข่ายประสาทเทียม(จักรฤทธิ,2555) ที่เหมาะกับการใช้ข้อมูลที่มีเพียงพอต่อการประมวลผลของโปรแกรม หากข้อมูลที่มีผิดเพี้ยนไปหรือขาดไป ก็จะทำให้การพยากรณ์คาดเคลื่อนไปด้วย

แบบจำลองระบบโครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบจำลองชนิด Black Box Model ที่ได้รับความนิยมในการนำมาประยุกต์ใช้คาดการณ์ปริมาณน้ำล้นหน้าทีอาศัยข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีผลต่อปริมาณน้ำในลำน้ำเท่านั้นมาใช้ในการเรียนรู้ให้กับแบบจำลอง ดังนั้นการเลือกข้อมูลปริมาณฝนรายวันและข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันในแต่ละสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำมาใช้เป็นข้อมูลน้ำเข้าให้กับแบบจำลองระบบโครงข่ายประสาทเทียมจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญ

แนวคิดและทฤษฎี Artificial Neural Networks : ANNs

โครงข่ายประสาทเทียม เป็นแนวคิดที่ถูกออกแบบให้ทำงานเช่นเดียวกับสมองมนุษย์ ประกอบไปด้วย

หน่วยประมวลผล (Processing Elements) ซึ่งมีเซลล์หลาย ๆ ตัวที่ทำหน้าที่คล้ายกับเซลล์สมองของมนุษย์ โดยที่แต่ละเซลล์จะโยงใยติดต่อกันโดยส่งสัญญาณออกเป็นเอาต์พุต (Output) ของส่วนที่เรียกว่า เดนไดรต์ (Dendrites) และเมื่อผ่านกระบวนการประมวลผลจะได้เอาต์พุตออกมาในส่วนที่เรียกว่าแอกซอน (Axon) ในแต่ละเซลล์จะรับรู้ข้อมูลจากหลายทาง แล้วส่งต่อไปยังเซลล์อื่น ๆ โดยใช้หลักการ Synaptic Strength ของการเชื่อมโยงเซลล์สมอง

ส่วนวิธีการประมวลผลภายใน โดยเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์จะมีจุดเชื่อมโยงระหว่างการทำงานเป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะการกระตุ้น (Excitatory) เป็นการทำให้สัญญาณที่ส่งผ่านเข้ามามีความถี่ลดลง ซึ่งแบบจำลองของ ANN จะมีอัตราขยายหรือหดได้เมื่อกำหนดด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (Weights) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม ดังแสดงไว้ตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทเทียม

ลำดับ	เซลล์ประสาท	เซลล์ประสาทเทียม
1	ตัวเซลล์ (Cell Body)	ยูนิต (Unit)
2	เดนไดรต์ (Dendrites)	ตัวแปรอินพุต (Input)
3	แอกซอน (Axon)	ตัวแปรเอาต์พุต (Output)
4	ไซแนปส์ (Synapse)	ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight)
5	ความเร็วในการทำงานช้า	ความเร็วในการทำงานสูง
6	มีเซลล์จำนวนมาก (ประมาณ 10^9 ยูนิต)	มีเซลล์จำนวนน้อยกว่า (เป็นหลักร้อย)

โดยทั่วไปในสมองของมนุษย์มีเซลล์ประมาณ 10^9 ถึง 10^{12} เซลล์ โดยที่แต่ละเซลล์สามารถเก็บ

หน่วยความจำได้มากมายโดยเฉลี่ยสมองมนุษย์มีน้ำหนัก 1.5 กก. ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์เล็ก ๆ ที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 1.5×10^9 กรัม

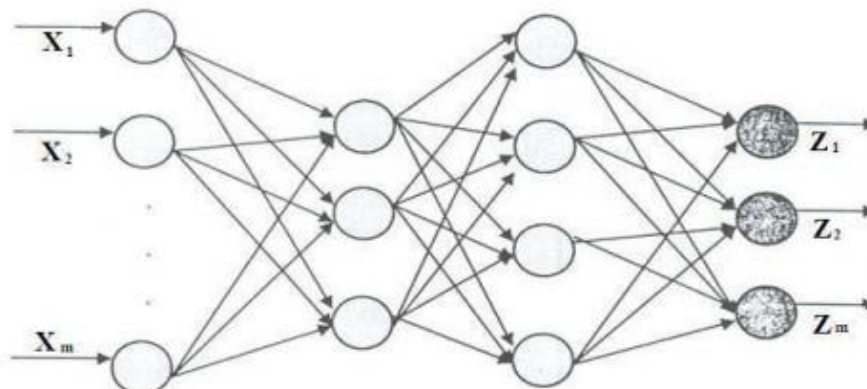
โครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบจำลองการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางที่มีโครงสร้างเป็นลักษณะของโครงข่ายเชื่อมโยงกันระหว่างหน่วย ซึ่งสามารถที่จะรับข้อมูลและปรับตัวเข้ากับสถานการณ์หรือสิ่งแวดล้อมที่กำลังเผชิญอยู่ นักวิจัยหลายท่านเชื่อว่า แบบจำลองโครงข่าย

ประสาทเทียมเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการสร้างระบบคอมพิวเตอร์อัจฉริยะ (Intelligent Computer System) อย่างได้ผล นอกจากนี้

ANNs ยังเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณและการจดจำ เช่น การจำแนกข้อมูล (Data Classification) การทำนายเหตุการณ์ (Forecasting) การบีบอัดข้อมูล (Data Compression) การกรองสัญญาณ Noise (Noise Filtering) เป็นต้น ในทางคณิตศาสตร์ ANNs อาจมองในแง่ของการเป็น Universal Approximator เนื่องจากความสามารถในการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของข้อมูล Input – Output ซึ่งทำให้ความสามารถแก้ปัญหาที่ยากและสลับซับซ้อนได้

หลักการทำงานโครงข่ายประสาทเทียม ANNs เป็นแนวคิดที่แตกต่างกับแนวคิดทางด้าน Conventional อย่างสิ้นเชิงในการจำลองพฤติกรรม การไหลโดยการใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เราไม่มีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดหรือสร้างสมการ ควบคุมการไหล เพียงแต่เรารวบรวมข้อมูลอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) ไว้เป็นคู่ ๆ การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ หรือแบบจำลองทางสถิติจะต้องสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) ซึ่งอยู่ในรูปของสมการ Explicit แต่โครงข่ายประสาทเทียมจำทำการสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) โดยกระบวนการของการเรียนรู้จากข้อมูลที่มีอยู่ ความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่มีการกำหนดในรูปของสมการ Explicit การจำลองระบบโครงสร้างประสาทเทียม มีการจำลองเป็นชั้น ๆ โดยมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยชั้นรับ ข้อมูล (Input Layer) ชั้นแฝง (Hidden Layer) และชั้นแสดงผล (Output Layer) ในแต่ละชั้นประกอบด้วย หน่วย (Node) ในชั้นแฝงประกอบด้วยหน่วยที่ทำหน้าที่ส่งตัวแปรด้านออก (Output) ในระหว่างชั้นแต่ละชั้นจะมีการเชื่อมต่อ (Link) แต่การเชื่อมต่อนี้จะมีค่าน้ำหนัก (Weights) เฉพาะสำหรับทำหน้าที่แทนค่าความแข็งแรง (Strength) ของการเชื่อมต่อของเซลล์สมองมนุษย์ โครงสร้างของระบบโครงสร้างข่ายประสาทเทียม แสดงได้ดังภาพที่ 2.22 โครงสร้างของระบบโครงข่ายประสาทเทียม

ชั้นรับข้อมูล (Input Layer) ชั้นแฝง (Hidden Layers) ชั้นแสดงผล (Output Layer)



ภาพที่ 2.22 โครงสร้างของระบบโครงสร้างข่ายประสาทเทียม

2.13.3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีการนำมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทยนั้น พอสืบจากการได้ศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่จะกล่าวถึงเป็นข้อ ๆ ต่อไป

2.13.3.1 แบบจำลอง InfoWorks RS

โปรแกรม InfoWorks RS พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Wallingford Software Limited ประเทศอังกฤษ เพื่อใช้ในการจำลองสภาพการไหลในทางน้ำเปิดรวมทั้งการไหลบนพื้นที่ท่วมนอง ซึ่งได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งซอฟต์แวร์ดังกล่าวมีความยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบหรือกำหนดแนวทางเลือกในการสร้างแบบจำลองได้ง่าย และสามารถจำลองสถานการณ์ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก

InfoWorks RS เป็นแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ 1 มิติ จำลองการไหลในทางน้ำเปิดและพื้นที่น้ำหลาก การคำนวณด้านชลศาสตร์ใช้สมการ St.Venant (สมการโมเมนต์ตัมและสมการความต่อเนื่อง) คำนวณการไหลของน้ำในลำน้ำและพื้นที่ราบริมฝั่งแม่น้ำ (Flood Plain) และใช้สมการเฉพาะของอาคารชลศาสตร์แต่ละชนิดสำหรับการคำนวณการไหลผ่านอาคารชลศาสตร์

แต่ก็มีข้อพึงระวังก็คือ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องจนเป็นที่ยอมรับและเชื่อถือได้จึงจะได้แบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานจริงได้

2.13.3.2 แบบจำลอง RUBICON

แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON เป็นแบบจำลองเพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำจาก Reference Manual of RUBICON ได้กล่าวไว้ดังนี้ โปรแกรม RUBICON เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปได้พัฒนาขึ้นโดย Haskoning BV. และ Delhi Engineering Software เมื่อเดือนพฤศจิกายน

ในปี พ.ศ.2530 หลังจากนั้น Webb, Mckeown & Associates Pty : Ltd. ได้ทำการศึกษาเรื่องน้ำท่วมที่ Warragamba โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป RUBICON และในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2531 บริษัทดังกล่าวได้ซื้อลิขสิทธิ์และพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในโครงการอื่นต่อไป แบบจำลองคณิตศาสตร์ RUBICON เป็นแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic) ที่สามารถจำลองการไหลแบบไม่ทรงตัว (Unsteady Flow) ในทางน้ำเปิดและทางน้ำปิดบางชนิดสามารถแก้ปัญหาในด้านชลศาสตร์ได้อย่างกว้างขวาง

2.13.3.3 แบบจำลอง MIKE 11

แบบจำลอง MIKE 11 เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย DHI (Danish Hydraulic Institute) ประเทศเดนมาร์ก เมื่อปี ค.ศ. 1992 ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวนี้เป็นชุดโปรแกรม สำหรับการจำลอง (Simulation) แบบ 1 มิติ โดยมีความสามารถในการพิจารณาการไหลของน้ำเป็นการไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow) มีส่วนการคำนวณย่อย ๆ (Module) ที่เหมาะสมกับงานต่าง ๆ อีกหลายส่วนการคำนวณด้วยกัน เช่นส่วนการคำนวณทางอุทกวิทยา ส่วนการคำนวณ การพัฒนาแพร่กระจายของตะกอนและมลพิษ ส่วนการแสดงผลในลักษณะแผนที่ภูมิศาสตร์ เป็นต้น

MIKE 11 ใช้ลักษณะการแก้ปัญหามหาสมการทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีเทคนิคระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical) แบบ Implicit Finite Difference Scheme (พัฒนาโดย Abbott และ Ionescu 1967) ซึ่งเทคนิคดังกล่าวใช้คำนวณอัตราการไหล (Q, Discharge) และระดับน้ำ (h, Water Level) ในตำแหน่งที่สลับกัน ช่วงของตำแหน่ง Q และ h จะถูกกำหนด ในโปรแกรม โดยใช้ระยะห่างของแต่ละช่วงหน้าตัดลำน้ำที่นำเข้าไปกับแบบจำลองเป็นตำแหน่ง แต่อย่างไรก็ตามหากระยะห่างของหน้าตัดลำน้ำมากเกินไปค่า Δx -max แบบจำลอง MIKE 11 จะทำการคำนวณค่าของรูปตัดลำน้ำให้เอง โดยใช้ข้อมูลจากรูปตัดลำน้ำข้างเคียง ซึ่งจากการกำหนดตำแหน่งตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าวนี้นี้ ทำให้แบบจำลองเหมาะสำหรับการคำนวณสภาพทางชลศาสตร์ของลำน้ำที่มีรูปลักษณะแบบแขนง (Branch) หรือแบบโครงข่ายลำน้ำ (River – Network) โดยส่วนของการคำนวณสภาพทางชลศาสตร์ของแบบจำลอง MIKE 11 ได้พัฒนามาจากสมการ St.Venant ซึ่งประกอบด้วย สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) และสมการโมเมนตัม (Momentum Equation)

2.13.3.4 แบบจำลอง HEC-RAS

แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS 5.0 พัฒนาโดย The Hydrologic Engineering Centre, U.S. Army ประเทศสหรัฐอเมริกา พัฒนาต่อเนื่องมาจาก HEC-1, HEC-2 เป็นโปรแกรม Free Download พัฒนาเพื่อการวิเคราะห์ชลศาสตร์กาไหลในระบบลุ่มน้ำและลำน้ำธรรมชาติมีความสามารถในการจำลองการไหลแบบ 1 มิติ ใช้ตรวจสอบสภาพการไหลแบบไฮโดรไดนามิกส์ (Hydrodynamics) และสร้างแบบจำลองการไหล ได้ทั้งแบบ Steady Flow และ Unsteady Flow ของลำน้ำธรรมชาติได้แก่ การเคลื่อนตัวของน้ำผลกระทบจากอาคารชลศาสตร์ และ

สามารถนำเสนอสภาพการไหลได้ในรูปแบบต่าง ๆ พร้อมผลการคำนวณในมิติต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.14. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์กับการจำลองปัญหาด้านการจัดการน้ำท่วม นั้น ได้มีการศึกษาและทดลองในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย การทบทวนวรรณกรรมและสรุปผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

Norsaliha Najwa Zainal and Siti Hidayah Abu Talib (2024) นำเสนอการทบทวนการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-RAS ใน 3 ด้านหลัก ได้แก่ การเกิดน้ำท่วม การเกษตร และการจำลองคุณภาพน้ำ โดยสรุปความสามารถและข้อจำกัดของ HEC-RAS ในแต่ละด้าน ดังนี้ 1. การเกิดน้ำท่วม (Flooding) HEC-RAS ถูกใช้ในการจำลองและวิเคราะห์การเกิดน้ำท่วมในแม่น้ำและลำธารต่าง ๆ โดยสามารถคำนวณโปรไฟล์ระดับน้ำในสภาวะการไหลคงที่แบบหนึ่งมิติ (1D) และการไหลไม่คงที่ทั้งแบบหนึ่งมิติและสองมิติ (2D) ซึ่งช่วยในการสร้างแผนที่พื้นที่น้ำท่วมและประเมินความเสี่ยงจากน้ำท่วม อย่างไรก็ตาม การจำลองแบบ 1D อาจไม่สามารถแสดงการไหลในทิศทางขวางได้อย่างแม่นยำ ดังนั้น การใช้แบบจำลอง 2D จึงมีความสำคัญในการจำลองการไหลที่ซับซ้อนมากขึ้น 2. ด้านการเกษตร (Agriculture) HEC-RAS สามารถใช้ในการจัดการทรัพยากรน้ำสำหรับการเกษตร โดยช่วยในการวิเคราะห์การไหลของน้ำในระบบชลประทานและการกระจายน้ำในพื้นที่การเกษตร ซึ่งช่วยในการวางแผนการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ในด้านนี้ยังต้องการการบูรณาการกับข้อมูลและแบบจำลองอื่น ๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้น 3. ด้านการจำลองคุณภาพน้ำ (Water Quality Simulation) HEC-RAS มีความสามารถในการจำลองการขนส่งตะกอนและคุณภาพน้ำในระบบแม่น้ำ โดยสามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในระยะยาวได้ อย่างไรก็ตาม การจำลองเหตุการณ์เฉพาะอาจต้องการการรวมกับแบบจำลองคุณภาพน้ำอื่น ๆ ที่เน้นการจำลองในระดับลุ่มน้ำเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้น จากการวิเคราะห์ 3 ด้านหลัก สรุปว่า HEC-RAS เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการจำลองการไหลของน้ำ การจัดการทรัพยากรน้ำสำหรับการเกษตร และการจำลองคุณภาพน้ำ อย่างไรก็ตาม การใช้งานในแต่ละด้านอาจต้องการการบูรณาการกับแบบจำลองหรือข้อมูลอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพของผลลัพธ์

Gaurav Dahal, Ram Krishna Regmi และ Sumit Adhikari (2021) นำเสนอการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการจำลองน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS 2D โดยมุ่งเน้นที่ลุ่มน้ำแม่น้ำ Kankai ในประเทศเนปาล เพื่อหาแนวทางในการเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจำลองน้ำท่วม การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อประเมินผลกระทบของการเลือกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของแบบจำลอง HEC-RAS 2D ที่มีต่อความเสถียรของแบบจำลอง ทรัพยากรการคำนวณ และ

ความแม่นยำของผลลัพธ์ จากนั้นจึงเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อสร้างแผนที่น้ำท่วมของกลุ่มน้ำ Kankai โดยมีการสรุปผลว่า การเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมีความสำคัญต่อความแม่นยำและประสิทธิภาพของการจำลองน้ำท่วมด้วย HEC-RAS 2D การศึกษานี้ให้คำแนะนำในการเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจำลองน้ำท่วมในกลุ่มน้ำ ดังนี้ ขนาดตาข่ายที่เล็กลงช่วยเพิ่มความแม่นยำของผลลัพธ์ แต่ต้องแลกกับเวลาการคำนวณที่เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาการคำนวณที่สั้นลงช่วยเพิ่มความแม่นยำ แต่เพิ่มเวลาการคำนวณ สมการ Full Momentum ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่า แต่ใช้เวลาการคำนวณมากกว่า Diffusive Wave และค่า theta ที่สูงขึ้นช่วยเพิ่มความเสถียรของแบบจำลอง แต่มีผลกระทบเล็กน้อยต่อความแม่นยำ

U.S. Geological Survey (USGS) (2021) นำเสนอแนวทางปฏิบัติที่แนะนำสำหรับการพัฒนาแบบจำลองกลุ่มน้ำสองมิติ (2D) โดยใช้ HEC-RAS เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องและสามารถนำไปใช้ซ้ำได้ โดยเน้นความสอดคล้อง ความแม่นยำ เพื่อสนับสนุนการวางแผนและการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ สรุปได้ 6 ประเด็น ดังนี้ 1. การพัฒนาตาข่ายแบบจำลอง (Mesh Development) แนะนำให้ใช้ขนาดตาข่ายที่สอดคล้องกับขนาดของกลุ่มน้ำ เช่น HUC-12 (20-60 ตารางไมล์) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและสอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่ ควรกำหนดขอบเขตของกลุ่มน้ำอย่างสอดคล้องกับข้อมูลของ USGS Watershed Boundary Dataset (WBD) เพื่อความแม่นยำในการจำลอง ควรปรับปรุงตาข่ายให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศและโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนนและเขื่อน เพื่อให้การจำลองสอดคล้องกับความเป็นจริง 2. การใช้ข้อมูลภูมิประเทศ (Topography) การใช้ข้อมูลภูมิประเทศที่มีความละเอียดสูง เช่น LiDAR จะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการจำลองการไหลของน้ำและการเกิดน้ำท่วม 3. การเลือกเหตุการณ์สำหรับการจำลอง (Event Selection): ควรเลือกเหตุการณ์ฝนตกที่เป็นตัวแทนของสภาวะต่าง ๆ ของกลุ่มน้ำ เพื่อให้การจำลองครอบคลุมสถานการณ์ที่เป็นไปได้ 4. การรวมระบบเขื่อน (Levee Systems): ควรรวมข้อมูลของเขื่อนและโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมอื่น ๆ ในแบบจำลอง เพื่อให้การจำลองสะท้อนถึงสภาพความเป็นจริงของกลุ่มน้ำ 5. การจัดการข้อมูลและการจัดเก็บ (Data Management and Storage): ควรจัดการข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ของแบบจำลองอย่างเป็นระบบ เพื่อความสะดวกในการใช้งานและการนำไปใช้ซ้ำในอนาคต 6. การใช้ระบบพิกัด (Coordinate Systems): ควรใช้ระบบพิกัดที่สอดคล้องกันทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา เพื่อหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ข้อมูล

Sunil Kute และคณะ (2014) นำเสนอการจำลองน้ำท่วมของแม่น้ำโคทาวารีที่ไหลผ่านเมืองนาสิก ประเทศอินเดีย โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์น้ำท่วมและประเมินมาตรการบรรเทาภัยน้ำท่วม โดยพิจารณาการปล่อยน้ำสูงสุดจากเขื่อนกังกาปूर ซึ่งตั้งอยู่ห่างจากเมืองนาสิกประมาณ 14 กิโลเมตร เพื่อประเมินพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมและวางแผนมาตรการบรรเทาภัย พื้นที่กลุ่มน้ำ 357.40 ตารางกิโลเมตร ความเข้มของน้ำท่วมสูงสุด 20,385.93

มม./วินาที ข้อมูลหน้าตัดของแม่น้ำที่จตุรรมกุนด์ รายละเอียดแนวแม่น้ำและเขื่อน และข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่จตุรรมกุนด์ การสร้างแบบจำลอง ใช้ HEC-RAS ในการป้อนข้อมูลพื้นที่เก็บกักน้ำ (เขื่อนกังกาปุร์), โครงสร้างภายในแม่น้ำ, ข้อมูลเรขาคณิตของหน้าตัดแม่น้ำ, และข้อมูลการไหลและเงื่อนไขขอบเขต ผลการศึกษาคือ การใช้ HEC-RAS ในการจำลองน้ำท่วมของแม่น้ำโคทาวารีที่เมืองนาสิกช่วยให้เข้าใจโปรไฟล์น้ำท่วมและพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการวางแผนมาตรการบรรเทาภัยน้ำท่วมและการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ มีรายละเอียด ดังนี้ 1.แบบจำลอง HEC-RAS สามารถสร้างโปรไฟล์น้ำท่วมสำหรับสถานะน้ำท่วมที่รุนแรงที่สุด 2. แสดงระดับน้ำและการกระจายของน้ำท่วมที่จตุรรมกุนด์ 3.สร้างกราฟระหว่างระดับผิวน้ำและการไหลที่จุดหน้าตัดที่กำหนด

Rajesh Kumar V และคณะ (2024) นำเสนอการทบทวนการผสมผสานระหว่างโค้งความเข้ม-ระยะเวลา-ความถี่ (IDF), ระบบจำลองการไหลของน้ำ HEC-HMS, ระบบวิเคราะห์แม่น้ำ HEC-RAS และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในการสร้างแบบจำลองน้ำท่วม โดยมุ่งเน้นถึงความท้าทาย ความก้าวหน้า และผลกระทบทางปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เครื่องมือเหล่านี้ในการประเมินความเสี่ยงจากน้ำท่วม แต่ละเครื่องมือมีคุณสมบัติ ดังนี้ 1. โค้งความเข้ม-ระยะเวลา-ความถี่ (IDF Curves เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการประมาณและลักษณะของปริมาณฝน โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝน ระยะเวลา และความน่าจะเป็นของการเกิด การพัฒนา IDF curves ที่แม่นยำต้องอาศัยข้อมูลฝนในท้องถิ่นและการวิเคราะห์ทางสถิติที่ซับซ้อน ซึ่งมีความสำคัญในการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานที่ทนทานต่อสภาวะฝนที่รุนแรง 2. ระบบจำลองการไหลของน้ำ HEC-HMS ถูกใช้ในการจำลองกระบวนการน้ำท่า-น้ำฝน และประมาณการการไหลของน้ำในลุ่มน้ำที่ซับซ้อน โดยสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย และมีความน่าเชื่อถือในการทำนายรูปแบบการไหลของน้ำ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการประเมินความเสี่ยงจากน้ำท่วม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีข้อมูลประวัติน้ำท่วมจำกัด 3. ระบบวิเคราะห์แม่น้ำ HEC-RAS เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจำลองการไหลของน้ำในแม่น้ำและการวิเคราะห์โครงสร้างทางน้ำ โดยสามารถจำลองการไหลแบบหนึ่งมิติและสองมิติ รวมถึงการขนส่งตะกอนและคุณภาพน้ำ การผสมผสาน HEC-RAS กับ HEC-HMS ช่วยให้เข้าใจกระบวนการน้ำท่า-น้ำฝนและพฤติกรรมกรการไหลของน้ำได้อย่างครอบคลุม 4. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ช่วยในการรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น ข้อมูลภูมิประเทศ การใช้ที่ดิน และคุณสมบัติของดิน เพื่อสร้างแผนที่พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม การใช้ GIS ช่วยให้การวิเคราะห์มีความแม่นยำ และสามารถแสดงผลในรูปแบบที่เข้าใจง่าย ซึ่งเป็นประโยชน์ในการวางแผนและตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการความเสี่ยงจากน้ำท่วม ผลสรุปการวิจัยคือ การผสมผสานเครื่องมือเหล่านี้: การรวม IDF curves, HEC-HMS, HEC-RAS และ GIS ช่วยให้การสร้างแบบจำลองน้ำท่วมมีความครอบคลุมและแม่นยำยิ่งขึ้น โดย IDF curves ให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณฝนที่คาดการณ์ HEC-HMS จำลองการตอบสนองของลุ่มน้ำต่อฝน HEC-RAS วิเคราะห์การไหลของน้ำในแม่น้ำ และ GIS ช่วยในการแสดงผล

และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ การผสมผสานนี้ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจที่มีข้อมูลและการวางแผนโครงสร้างพื้นฐานที่ทนทานต่อภัยน้ำท่วม

Pierfranco Costabile และคณะ (2020) ได้ประเมินประสิทธิภาพของ HEC-RAS เวอร์ชัน 5.0.7 ในการจำลองการไหลของน้ำฝน-น้ำท่าที่ระดับลุ่มน้ำ โดยเปรียบเทียบกับแบบจำลอง 2 มิติที่พัฒนาขึ้นเพื่อการวิจัยมุ่งเน้นการประเมินความสามารถของ HEC-RAS 5.0.7 ในการจำลองการไหลของน้ำฝน-น้ำท่า โดยใช้สมการน้ำตื้นแบบ 2 มิติ (2-D Shallow Water Equations) และเปรียบเทียบผลลัพธ์กับแบบจำลอง SWE-FVM ที่พัฒนาขึ้นเพื่อการวิจัย โดยพื้นที่ศึกษา คือ ลุ่มน้ำ Scuropasso ขนาด 43 ตารางกิโลเมตร ในอิตาลี ใช้ HEC-RAS 5.0.7 ในโหมด "full momentum" และ "diffusion wave" เพื่อจำลองการไหลของน้ำ และเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากแบบจำลอง SWE-FVM ผลการศึกษา คือ HEC-RAS 5.0.7 ในโหมด "full momentum" มีความสามารถในการจำลองการไหลของน้ำฝน-น้ำท่าได้ใกล้เคียงกับแบบจำลอง SWE-FVM อย่างไรก็ตาม การใช้โหมด "diffusion wave" อาจไม่เหมาะสมสำหรับการจำลองที่ต้องการความแม่นยำสูง การศึกษานี้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับวิศวกรน้ำในการเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการจำลองการไหลที่ระดับลุ่มน้ำ

Pathan และ Agnihotri (2022) นำเสนอการใช้ข้อมูลจาก Digital Elevation Model (DEM) เพื่อสกัดข้อมูลทางเรขาคณิตของแม่น้ำสำหรับการสร้างแบบจำลองน้ำท่วมแบบหนึ่งมิติ (1D) ด้วย HEC-RAS โดยมุ่งเน้นที่การใช้เครื่องมือ RAS Mapper ใน HEC-RAS เพื่อดิจิทัลไลซ์เส้นศูนย์กลางแม่น้ำ เส้นขอบฝั่ง เส้นทางการไหล และเส้นตัดขวาง ซึ่งช่วยลดความจำเป็นในการใช้ซอฟต์แวร์ GIS อื่น ๆ การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้ DEM ในการสร้างแบบจำลองน้ำท่วม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ขาดแคลนข้อมูล

S. K. Sinha และคณะ (2021) นำเสนอการใช้แบบจำลอง HEC-RAS เวอร์ชัน 5.0.7 ในการจำลองการขนส่งตะกอนสำหรับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำแบบ Run-of-the-River โดยมุ่งเน้นการคาดการณ์รูปแบบการสะสมตัวของตะกอนในอ่างเก็บน้ำและเปรียบเทียบกับข้อมูลการสำรวจ bathymetry ของโครงการที่กำลังดำเนินการอยู่ การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากแม่น้ำในเทือกเขาหิมาลัยครอบคลุมระยะทางประมาณ 5.25 กิโลเมตรเหนือเขื่อน โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS เพื่อจำลองการไหลของน้ำและการขนส่งตะกอน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า HEC-RAS เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการคาดการณ์รูปแบบการสะสมตัวของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ และสามารถใช้ในการพัฒนากลยุทธ์การจัดการตะกอนที่มีประสิทธิภาพสำหรับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ

Ronan Deshays และคณะ (2021) นำเสนอการพัฒนาอินเทอร์เฟซระหว่าง MATLAB และ HEC-RAS เพื่อทดสอบกลยุทธ์การควบคุมขั้นสูงในระบบน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวมความสามารถในการคำนวณขั้นสูงของ MATLAB เข้ากับความแม่นยำในการจำลองระบบไฮดรอลิกของ HEC-RAS เพื่อปรับปรุงการออกแบบและทดสอบอัลกอริทึมการควบคุมที่ซับซ้อน การศึกษานี้มุ่งเน้นการสร้างสถาปัตยกรรมการจำลองโดยการเชื่อมต่อ HEC-RAS กับ MATLAB เพื่อเพิ่มความแม่นยำของพลศาสตร์ของระบบไฮดรอลิกที่พิจารณาในการจำลองการควบคุม โดยอินเทอร์เฟซนี้ช่วยให้สามารถเรียกใช้โค้ดที่กำหนดเองในช่วงเวลาปกติระหว่างการจำลอง ทำให้สามารถใช้งานและทดสอบอัลกอริทึมการควบคุมแบบปิดลูปและการเพิ่มประสิทธิภาพได้ นอกจากนี้ อินเทอร์เฟซทั่วไปยังรองรับการกำหนดค่าของระบบไฮดรอกราฟิกรูปแบบต่างๆ มีวิธีการศึกษาโดยการ พัฒนาอินเทอร์เฟซที่ช่วยให้ MATLAB และ HEC-RAS สามารถทำงานร่วมกันได้ และทดสอบอินเทอร์เฟซด้วยกรณีศึกษาสองกรณีที่มีลักษณะแตกต่างกัน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ ผลการศึกษาที่ได้รับ คือ อินเทอร์เฟซที่พัฒนาขึ้นช่วยให้สามารถดำเนินการจำลองแบบขั้นตอนต่อขั้นตอน โดยแบ่งการจำลองระยะยาวออกเป็นชุดของการจำลองขนาดเล็กที่ดำเนินการทีละขั้นตอน อินเทอร์เฟซนี้ช่วยให้สามารถใช้โค้ดที่กำหนดเองได้ในช่วงเวลาปกติระหว่างการจำลอง ทำให้สามารถใช้งานและทดสอบอัลกอริทึมการควบคุมแบบปิดลูปและการเพิ่มประสิทธิภาพได้ และอินเทอร์เฟซทั่วไปนี้รองรับการกำหนดค่าของระบบไฮดรอกราฟิกรูปแบบต่างๆ จึงสามารถสรุปได้ดังนี้ อินเทอร์เฟซ MATLAB HEC-RAS ที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยให้สามารถทดสอบอัลกอริทึมการควบคุมขั้นสูงบนระบบน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการรวมความสามารถในการคำนวณของ MATLAB เข้ากับความแม่นยำในการจำลองของ HEC-RAS ทำให้การออกแบบและทดสอบกลยุทธ์การควบคุมที่ซับซ้อนเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

C.R. Goodell (2016) นำเสนอวิธีการควบคุมการทำงานของประตูน้ำในโปรแกรม HEC-RAS 5.0 ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถจัดการกับระบบควบคุมการไหลที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประเภทของประตูน้ำใน HEC-RAS: HEC-RAS มีประเภทของประตูน้ำที่สร้างขึ้นในระบบ ได้แก่ Sluice Gates, Radial Gates, Overflow Gates (closed top) และ Overflow Gates (open air) แต่ละประเภทมีสมการเชิงประจักษ์ที่ใช้คำนวณการสูญเสียพลังงานผ่านโครงสร้างสำหรับการไหลที่กำหนด นอกจากนี้ ยังมีสองรูปแบบการควบคุมการทำงานของประตู ได้แก่ Time Series Gate Openings และ Elevation Controlled Gates กลยุทธ์การควบคุมประตูน้ำขั้นสูง: สำหรับระบบประตูน้ำหรืออุปกรณ์ควบคุมการไหลที่ไม่ตรงกับประเภทที่มีอยู่ใน HEC-RAS ผู้ใช้สามารถใช้เทคนิคขั้นสูงดังนี้: Navigation Dams: ใช้สำหรับควบคุมระดับน้ำในแม่น้ำเพื่อการนำทาง โดยการปรับการเปิด-ปิดของประตูน้ำตามระดับน้ำที่ต้องการ User Defined Curves: ผู้ใช้สามารถกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและการไหลผ่านประตูน้ำเอง เพื่อให้ตรงกับลักษณะเฉพาะของ

โครงสร้างที่ต้องการจำลอง Rules: การตั้งกฎการทำงานของประตูน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น การเปิด-ปิดประตูตามระดับน้ำหรือเวลาที่กำหนด HECRASController API: การใช้โปรแกรมภายนอกควบคุม HEC-RAS ผ่าน API เพื่อปรับการทำงานของประตูน้ำแบบเรียลไทม์หรืออัตโนมัติ ข้อสรุป: การใช้กลยุทธ์การควบคุมประตูน้ำขั้นสูงใน HEC-RAS 5.0 ช่วยให้ผู้ใช้สามารถจัดการกับระบบควบคุมการไหลที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การกำหนดความสัมพันธ์การไหลเอง การตั้งกฎการทำงาน หรือการใช้ API เพื่อควบคุมการทำงานของประตูน้ำ ทำให้การจำลองและวิเคราะห์ระบบน้ำมีความยืดหยุ่นและแม่นยำยิ่งขึ้น

Stanford Gibson และคณะ (2006) นำเสนอความสามารถของโปรแกรม HEC-RAS ในการจำลองการขนส่งตะกอนและการเปลี่ยนแปลงของหน้าตัดลำน้ำ โดยอิงจากสมการความต่อเนื่องของตะกอน (Exner equation) และการคำนวณการไหลแบบ quasi-steady flow ซึ่งช่วยให้สามารถจำลองการสะสมและการกัดเซาะของตะกอนในลำน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้ยังได้ทดสอบและยืนยันความถูกต้องของแบบจำลอง HEC-RAS โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการและแบบจำลอง HEC-6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า HEC-RAS สามารถจำลองการขนส่งตะกอนได้อย่างแม่นยำและเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของลำน้ำ

Matthew Garcia และคณะ (2020) นำเสนอการใช้แบบจำลอง HEC-RAS 2D ในการรวมการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำและการจำลองน้ำท่วมเข้าด้วยกัน โดยมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ในพื้นที่ที่มีภูมิประเทศราบเรียบและระบบไฮดรอลิกที่ซับซ้อน เช่น เขต Harris County รัฐเท็กซัส ซึ่งประสบปัญหาน้ำท่วมอย่างรุนแรงจากพายุเฮอริเคนฮาร์วีย์ในปี 2017 การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาแบบจำลอง HEC-RAS 2D ที่สามารถรวมการคำนวณทางอุทกวิทยา การดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำ และการจำลองน้ำท่วมไว้ในระบบเดียว เพื่อปรับปรุงการสื่อสารความเสี่ยงและการตัดสินใจในสถานการณ์น้ำท่วม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีภูมิประเทศราบเรียบและระบบไฮดรอลิกที่ซับซ้อน พื้นที่ศึกษาการศึกษาครั้งนี้ครอบคลุมพื้นที่ 1,526 ตารางกิโลเมตรในเขตตะวันตกของ Harris County รวมถึงกลุ่มน้ำ Upper Cypress Creek, Addicks และ Barker Reservoirs, Buffalo Bayou และส่วนหนึ่งของ White Oak Bayou ใช้ข้อมูล LIDAR ปี 2018 เพื่อสร้างตาข่ายแบบ 2 มิติใน HEC-RAS โดยมีความละเอียดฐานที่ 122 เมตร และเพิ่มความละเอียดเป็น 15 เมตรในบริเวณช่องทางน้ำ จำลองเหตุการณ์พายุเฮอริเคนฮาร์วีย์ตั้งแต่วันที่ 24 สิงหาคม ถึง 20 ตุลาคม 2017 โดยใช้ข้อมูลการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำจาก USACE ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง HEC-RAS 2D ที่พัฒนาขึ้นสามารถจำลองการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำและการไหลของน้ำท่วมได้อย่างแม่นยำ โดยแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการประเมินผลกระทบจากการปล่อยน้ำฉุกเฉินและการไหลล้นของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งช่วยปรับปรุงการสื่อสารความเสี่ยงและการวางแผนฉุกเฉินในอนาคต ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การรวมการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำและการจำลองน้ำท่วมด้วย HEC-RAS 2D ช่วยลดความซับซ้อนของ

กระบวนการวิเคราะห์ผลกระทบน้ำท่วม และเพิ่มความแม่นยำในการประเมินความเสี่ยง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและการจัดการน้ำท่วมในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง

นิวัฒน์ ภูมิพันธ์ และคณะ (2566) มุ่งเน้นการปรับปรุงเส้นโค้งกฎการปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำห้วยหลวง จังหวัดอุดรธานี โดยใช้เทคนิคการค้นหาเชิงอะตอม (Atom Search Optimization) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการน้ำ โดยใช้เทคนิคการค้นหาเชิงอะตอมร่วมกับการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ โดยพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ 3 กรณี ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าที่น้อยที่สุด ความถี่ของการขาดแคลนนํ้าที่น้อยที่สุด และปริมาณการขาดแคลนสูงสุดที่น้อยที่สุด มีวิธีการศึกษาโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำระหว่างปี พ.ศ. 2527-2565 ข้อมูลอุทกวิทยา ความต้องการใช้น้ำ และข้อมูลทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ ใช้เทคนิคการค้นหาเชิงอะตอมในการค้นหาเส้นโค้งกฎการปฏิบัติการที่เหมาะสมที่สุด สังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าแบบรายเดือนจำนวน 1,000 เหตุการณ์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเส้นโค้งกฎการปฏิบัติการที่ได้ ผลการศึกษาที่ได้ เส้นโค้งกฎการปฏิบัติการใหม่ที่ได้จากการใช้เทคนิคการค้นหาเชิงอะตอมมีรูปร่างคล้ายกับเส้นโค้งเดิม แต่มีความแม่นยำมากขึ้น เมื่อทดสอบเส้นโค้งใหม่ภายใต้เงื่อนไขเดียวกับเส้นโค้งเดิม พบว่าสามารถลดปัญหาการขาดแคลนนํ้าและการมีน้ำเกินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การทดสอบด้วยข้อมูลน้ำท่าสังเคราะห์ 1,000 เหตุการณ์ แสดงให้เห็นว่าเส้นโค้งใหม่มีประสิทธิภาพดีกว่าเส้นโค้งเดิมเล็กน้อยสรุปได้ว่า การใช้เทคนิคการค้นหาเชิงอะตอมในการปรับปรุงเส้นโค้งกฎการปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำห้วยหลวงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการน้ำ ลดปัญหาการขาดแคลนและการมีน้ำเกิน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน

Albo-Salih และ Mays (2021) นำเสนอวิธีการใหม่ในการกำหนดการควบคุมประตูลระบายน้ำของระบบแม่น้ำ-อ่างเก็บน้ำแบบเรียลไทม์ เพื่อบรรเทาสภาวะน้ำท่วม วิธีการนี้อิงตามแนวทางแบบจำลองการเพิ่มประสิทธิภาพ-การจำลอง (optimization-simulation) ที่ผสมผสานอัลกอริทึมพันธุกรรม (genetic algorithm) ภายใน MATLAB กับซอฟต์แวร์จำลองสำหรับการพยากรณ์ปริมาณฝนระยะสั้น การสร้างแบบจำลองฝน-น้ำท่า (HEC-HMS) และแบบจำลองการไหลไม่คงที่แบบหนึ่งมิติ (1D) สองมิติ (2D) และแบบผสมผสาน 1D และ 2D (HEC-RAS) การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาแบบจำลองที่สามารถกำหนดการดำเนินงานของประตูระบายน้ำในระบบแม่น้ำ-อ่างเก็บน้ำแบบเรียลไทม์ เพื่อควบคุมระดับน้ำท่วมและลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนแบบเรียลไทม์จากเรดาร์ NEXRAD และสถานีวัด รวมถึงการพยากรณ์ปริมาณฝน เพื่อทำการตัดสินใจในการควบคุมประตูลระบายน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีวิธีการศึกษาแบบการผสมผสานแบบจำลอง: แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยพยากรณ์ปริมาณฝนระยะสั้น การสร้างแบบจำลองฝน-น้ำท่า (HEC-HMS) การจำลองการไหลไม่คงที่แบบ 1D และ 2D (HEC-RAS) และอัลกอริทึมพันธุกรรมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพ การดำเนินงานแบบเรียลไทม์: ใช้ข้อมูลปริมาณฝน

แบบเรียลไทม์และการพยากรณ์ปริมาณฝนในช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อกำหนดการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำของอ่างเก็บน้ำ นำแบบจำลองไปทดสอบกับแม่น้ำที่มีอ่างเก็บน้ำควบคุมน้ำท่วมจำลอง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองในการควบคุมระดับน้ำท่วม แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถกำหนดการดำเนินงานของประตูระบายน้ำแบบเรียลไทม์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยควบคุมระดับน้ำท่วมที่จุดควบคุมต่าง ๆ ในระบบแม่น้ำ-อ่างเก็บน้ำได้ตามเป้าหมายที่กำหนด การใช้ข้อมูลปริมาณฝนแบบเรียลไทม์และการพยากรณ์ปริมาณฝนช่วยให้การตัดสินใจในการควบคุมประตูระบายน้ำมีความแม่นยำมากขึ้น มีข้อสรุปว่า การผสานแบบจำลองการเพิ่มประสิทธิภาพ-การจำลองสำหรับการดำเนินงานควบคุมน้ำท่วมแบบเรียลไทม์ของระบบแม่น้ำ-อ่างเก็บน้ำที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการลดความเสี่ยงจากน้ำท่วมและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากรน้ำ การใช้ข้อมูลปริมาณฝนแบบเรียลไทม์และการพยากรณ์ปริมาณฝนร่วมกับอัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพ ช่วยให้การตัดสินใจในการดำเนินงานของประตูระบายน้ำมีความแม่นยำและทันเวลา

Azaz Khan I. Pathan และ P. G. Agnihotri นำเสนอการใช้แบบจำลองไฮโดรไดนามิก 2 มิติของ HEC-RAS ในการจำลองการไหลแบบไม่คงที่ และการทำแผนที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำ Purna ซึ่งประสบปัญหาน้ำท่วมซ้ำบ่อยครั้ง การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อประเมินความเป็นไปได้ทางธรณีสัณฐานของน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาของลุ่มน้ำ Purna ใช้ข้อมูล DEM ความละเอียด 30 เมตรเพื่อพัฒนาภูมิประเทศสำหรับแบบจำลอง HEC-RAS 2D วิเคราะห์ความลึก ความเร็ว และระดับน้ำผิวดินที่เกิดจากน้ำท่วม ใช้ DEM 30 เมตร จาก ISRO Bhuvan ในการสร้างภูมิประเทศ ข้อมูลการปล่อยน้ำรายวันในช่วงฤดูฝนจากสถานีวัดน้ำ Mahuva ใช้ RAS Mapper ใน HEC-RAS สร้างพื้นที่ไหล 2 มิติ และจำลองการไหลน้ำท่วมปี 1976 และ 2004 โดยพิจารณาข้อมูลการปล่อยน้ำสูงสุดในแต่ละปี ผลการศึกษาแสดงว่า ผลการจำลองน้ำท่วมแสดงถึงพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นในปี 1976 และ 2004 มีความลึกสูงสุดที่ 20.550 เมตร และความเร็วที่ 3.13 เมตร/วินาที ส่วนในปี 2004 มีความลึกสูงสุดที่ 23.490 เมตร และความเร็วที่ 2.57 เมตร/วินาที ซึ่งแผนที่น้ำท่วมช่วยให้สามารถระบุพื้นที่เสี่ยงและลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ทำให้มีข้อสรุปและข้อเสนอแนะว่า การใช้ HEC-RAS 2D ในการจำลองน้ำท่วมช่วยปรับปรุงการวางแผนจัดการน้ำท่วม และสามารถใช้พัฒนาแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตได้ โดยมีคำแนะนำว่า ควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงแผนที่น้ำท่วมให้ครอบคลุมพื้นที่กว้างขึ้นและแม่นยำยิ่งขึ้น

Tejaswini More และคณะ (2024) เป็นการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำ Godavari โดยใช้แบบจำลอง 2D HEC-RAS สร้างแผนที่ความลึกของน้ำ การไหลของน้ำ และขอบเขตน้ำท่วมในปี 2010 และ 2018 นำเสนอข้อเสนอแนะเพื่อลดผลกระทบจากน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ DEM ความละเอียด 30 เมตรเพื่อสร้างภูมิประเทศใน HEC-RAS ข้อมูลการปล่อยน้ำรายเดือนระหว่างปี 2010 และ 2018 ใช้ระบบ UTM Zone 44N ในการกำหนดพิกัด ค่าความหยาบของ Manning:

อ้างอิงจากคู่มือ HEC-RAS 2D และการวิจัยก่อนหน้า มีกระบวนการวิจัย ดังนี้ สร้างตาข่ายพื้นที่การไหลแบบ 2 มิติ ใน RAS Mapper โดยแบ่งพื้นที่เป็น 256,844 เซลล์ จำลองการไหลไม่คงที่ โดยใช้สมการคลื่นกระจาย (Diffusive Wave Equation) ใช้แผนภูมิการไหลเพื่อกำหนดเงื่อนไขขอบเขตต้นน้ำและปลายน้ำ วิเคราะห์ความลึก ความเร็ว และพื้นที่น้ำท่วมโดย Ras Mapper ผลการศึกษาที่ได้รับพบว่าความลึกสูงสุดในปี 2010 และ 2018 คือ 55.92 ม. และ 56.45 ม. ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้น 0.53 ม. ในด้านความเร็วของน้ำ ในปี 2010 สูงสุดที่ 15 ม./วินาที และในปี 2018 สูงสุดที่ 100 ม./วินาที พื้นที่น้ำท่วมเพิ่มขึ้นในปี 2018 เมื่อเทียบกับปี 2010 โดยมีหมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบอย่างมากใน Telangana และ Andhra Pradesh มีข้อสรุปและข้อเสนอแนะ ดังนี้ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการใช้ที่ดินเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้พื้นที่น้ำท่วมขยายตัว เสนอการสร้างกำแพงป้องกันน้ำท่วมและการปรับปรุงลำน้ำเพื่อลดผลกระทบจากน้ำท่วม การใช้แผนที่น้ำท่วมที่สร้างด้วย HEC-RAS สามารถช่วยวางแผนการจัดการน้ำท่วมและพัฒนาแนวทางการป้องกันได้

Vinay Ashok Rangari, N. V. Umamahesh และ C. M. Bhatt (2019) ประเมินความเสี่ยงจากน้ำท่วมในเขตเมือง Hyderabad ประเทศอินเดีย โดยใช้แบบจำลอง 2D HEC-RAS พัฒนาแผนที่ความเสี่ยงจากน้ำท่วมเพื่อใช้วางแผนจัดการในสถานการณ์ฉุกเฉิน ใช้ข้อมูลเหตุการณ์ฝนตกหนักในอดีตและเหตุการณ์จำลองจากโค้ง IDF (Intensity-Duration-Frequency) สำหรับช่วงเวลาคืนกลับ 2 ปี, 5 ปี และ 10 ปี ข้อมูลและกระบวนการวิจัย ดังนี้ เขต Zone XIII ในเมือง Hyderabad ครอบคลุมพื้นที่ 47.08 ตร.กม. ใช้ Cartosat DEM ความละเอียด 10 เมตร เพื่อสร้างแบบจำลองภูมิประเทศดิจิทัล (DTM) ที่เชื่อมโยงกับ HEC-RAS ข้อมูลจากปี 1970-2013 นำมาสร้างไฮเอโทกราฟีแบบสังเคราะห์สำหรับเหตุการณ์ฝนตกหนักในอดีตและเหตุการณ์จำลอง ใช้ตาข่ายพื้นที่ 2D ที่ความละเอียด 10x10 เมตรใน HEC-RAS เพื่อคำนวณการไหลของน้ำ ได้รับผลการศึกษา ดังนี้ พื้นที่น้ำท่วมในเหตุการณ์ฝนตกหนักในอดีต ปี 2008 น้ำท่วมครอบคลุมพื้นที่ 17.27% ของเขตศึกษา ปี 2000 ครอบคลุม 17.34% ปี 1989 ครอบคลุม 15.12% พื้นที่น้ำท่วมในเหตุการณ์จำลอง ช่วงคืนกลับ 2 ปี น้ำท่วม 15.77% ช่วงคืนกลับ 5 ปี น้ำท่วม 16.60% ช่วงคืนกลับ 10 ปี น้ำท่วม 16.67% การประเมินความเสี่ยง ความเสี่ยงต่ำ (<0.5 เมตร): 55-56% ความเสี่ยงปานกลาง (0.5-1.0 เมตร): 37-39% ความเสี่ยงสูง (>1.0 เมตร): 7-9% มีข้อสรุปและข้อเสนอแนะว่า การใช้ HEC-RAS 2D และการพัฒนาแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วมช่วยระบุพื้นที่เสี่ยงได้อย่างแม่นยำ เช่น Prem Nagar และ Begam Pet Airport แนะนำให้พัฒนาระบบเตือนภัยล่วงหน้าและใช้ข้อมูลความเสี่ยงน้ำท่วมในการวางแผนจัดการฉุกเฉิน แบบจำลองนี้สามารถนำไปใช้ในพื้นที่เมืองอื่น ๆ ได้ โดยต้องมีข้อมูลพื้นฐาน เช่น DEM และข้อมูลฝน

Asaad A. M. Al-Hussein และคณะ (2022) นำเสนอการวิเคราะห์น้ำท่วมในแม่น้ำ Khazir ประเทศอิรัก โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS และ HEC-HMS เพื่อจำลองและประเมินความ

เสี่ยงน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาช่วงปี 2013 และ 2018 วิเคราะห์ลักษณะการเกิดน้ำท่วมในช่วงคืนกลับ 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปี สร้างแผนที่พื้นที่น้ำท่วมและการไหลของน้ำเพื่อระบุพื้นที่เสี่ยง ข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ DEM ความละเอียด 14 เมตรเพื่อวิเคราะห์ความลาดชันและลักษณะการไหล ข้อมูลฝนและอุณหภูมิจาก NASA (1989-2021) ซอฟต์แวร์ HEC-HMS สำหรับการจำลองน้ำฝน-น้ำท่า และ HEC-RAS สำหรับการจำลองไฮดรอลิก กระบวนการวิจัยโดยการ ใช้ HEC-HMS ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าและการสูญเสีย จำลองน้ำท่วมและวิเคราะห์ความเร็วการไหลและระดับน้ำ สร้างแผนที่น้ำท่วมด้วย HEC-GeoRAS และ ArcGIS ผลการศึกษา การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน: พบว่า ปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำในช่วงคืนกลับต่างๆ มีค่าไหลสูงสุดระหว่าง 10.4-66.4 ลูกบาศก์เมตร/วินาที พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมแบ่งเป็นระดับต่ำถึงต่ำมาก (80.31%), ปานกลาง (16.03%), และสูงถึงสูงมาก (3.8%) พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือบริเวณใกล้ปากแม่น้ำ ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่เกษตรกรรม และเขตที่อยู่อาศัย แนะนำการบำรุงรักษาลำน้ำ เช่น การกำจัดตะกอนและวัชพืชที่ขวางการไหล เสนอการสร้างเขื่อนกันดินเพื่อป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่เสี่ยง ใช้แบบจำลอง HEC-HMS และ HEC-RAS ในการจัดทำแผนป้องกันน้ำท่วมในอนาคต

Selman Ogras และ Fevzi Onen (2020) นำเสนอการวิเคราะห์น้ำท่วมในแม่น้ำ Tigris บริเวณระหว่างสะพาน Sadi และสะพาน Ten-Eyed ประเทศตุรกี โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS เพื่อสร้างโปรไฟล์น้ำผิวหน้าและแผนที่พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม ศึกษาผลกระทบของโครงสร้างไฮดรอลิก เช่น สะพาน ต่อโปรไฟล์น้ำและพื้นที่น้ำท่วม สร้างแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วมสำหรับการวางแผนจัดการน้ำ และการป้องกัน ข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แผนที่มาตราส่วน 1:1000 สร้างรูปตัดขวางของแม่น้ำ และพื้นที่รอบข้าง กำหนดอัตราการไหลในช่วงเวลา 25 ปี, 50 ปี, 100 ปี, และ 500 ปี HEC-RAS (รุ่น 4.1) ในการจำลองการไหลไม่คงที่แบบ 1D ค่าความหยาบ Manning: คำนวณโดยอ้างอิงข้อมูลจากภาพถ่ายและแผนภูมิที่จัดทำ ศึกษาโดยการ กำหนดรูปตัดขวางของแม่น้ำ Tigris ที่ระยะห่าง 200 เมตร และลดขนาดลงเหลือ 5 เมตรในบริเวณสะพาน กำหนดค่าพารามิเตอร์ เช่น ค่าความหยาบ Manning, ความลาดชันของแม่น้ำ และลักษณะโครงสร้างขวางน้ำ จำลองโปรไฟล์น้ำผิวหน้าและแผนที่ขอบเขตน้ำท่วมสำหรับอัตราการไหลที่กำหนด ผลการศึกษา คือ ความสูงของน้ำในบางจุดใกล้ สะพาน Sadi สูงถึงระดับกลางของสะพานในช่วงน้ำท่วม 25 ปี และข้ามสะพานในช่วงน้ำท่วม 100 ปี และ 500 ปี ส่วน Hevsel (UNESCO World Heritage) และพื้นที่การเกษตรอยู่ในเขตน้ำท่วม สะพาน Sadi และสะพาน Ten-Eyed มีความสามารถในการระบายน้ำต่ำ ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ ด้านท้ายน้ำ ข้อเสนอแนะควรเพิ่มความกว้างของสะพาน Sadi และสร้างอุโมงค์น้ำเพื่อช่วยระบายน้ำ ท่วม ใช้โครงสร้างควบคุม เช่น คันกันน้ำ และเขื่อนชั่วคราว เพื่อลดผลกระทบจากน้ำท่วม พื้นที่ เกษตรและโครงสร้างในพื้นที่เสี่ยงควรถูกย้ายไปยังพื้นที่สูงกว่า

Lea Dasallas และคณะ (2019) วิเคราะห์การใช้งานแบบจำลอง HEC-RAS ที่ผสมผสานระหว่างการคำนวณแบบ 1 มิติ และ 2 มิติ (1D-2D Coupling Simulation) ในเหตุการณ์น้ำท่วมจากการพังของเขื่อนในปี 2002 บริเวณแม่น้ำ Baeksan ประเทศเกาหลีใต้ เพื่อประเมินความสามารถของแบบจำลอง HEC-RAS ในการผสมผสานการคำนวณแบบ 1D-2D เพื่อจำลองการเกิดน้ำท่วม ทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์และแบบจำลองอื่น ๆ (เช่น Gerris และ FLUMEN) ข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ เหตุการณ์พังของเขื่อน Baeksan ในแม่น้ำ Nam ประเทศเกาหลีใต้ ใช้ DEM ที่พัฒนาโดย National Geographic Information Institute of Korea ใช้ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำจากสถานีวัด 3 แห่งในพื้นที่ศึกษา HEC-RAS: ใช้ฟังก์ชัน 1D สำหรับการคำนวณในแม่น้ำ และ 2D สำหรับพื้นที่น้ำท่วม แบบจำลอง Gerris และ FLUMEN สำหรับการเปรียบเทียบผลลัพธ์ โดยมีกระบวนการศึกษา ดังนี้ ใช้แบบจำลอง HEC-RAS จำลองน้ำท่วมในพื้นที่เขื่อนพัง โดยพิจารณาโครงสร้างด้านข้าง (Lateral Structure) และการตั้งค่าพารามิเตอร์ เช่น ค่าความหยาบ Manning ($\eta = 0.06$) การสร้างตาข่ายพื้นที่สำหรับการคำนวณ 2D (ความละเอียด 33×33 เมตร) เปรียบเทียบผลลัพธ์กับแบบจำลอง Gerris และ FLUMEN ในด้านขอบเขตน้ำท่วม ความลึกของน้ำ ความเร็วของการไหล การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่น้ำท่วม ผลการศึกษาการเปรียบเทียบผลลัพธ์พบว่า แบบจำลอง HEC-RAS ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับข้อมูลสังเกตการณ์และแบบจำลองอื่น ๆ โดยเฉพาะในด้านขอบเขตน้ำท่วมและระดับน้ำ จุดเด่นของ HEC-RAS คือ การผสมผสานแบบจำลอง 1D และ 2D ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณการเชื่อมต่อระหว่างน้ำในแม่น้ำและน้ำท่วม ข้อจำกัดของ HEC-RAS มีความแตกต่างเล็กน้อยในช่วงเริ่มต้นของการเกิดน้ำท่วม โดยมีแนวโน้มประเมินขอบเขตน้ำท่วมต่ำกว่าแบบจำลองอื่น สรุปการวิจัยได้ว่า การผสมผสานการคำนวณ 1D-2D ใน HEC-RAS แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมจากการพังของเขื่อนแบบจำลองนี้สามารถนำไปใช้ในเหตุการณ์น้ำท่วมที่ซับซ้อนในอนาคต และมีศักยภาพในการวางแผนป้องกันภัยน้ำท่วม

Katakam V. SeethaRam (2021) นำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำเอนกประสงค์ โดยใช้เส้นโค้งกฎสามระดับ (Three Level Rule Curve) ที่ได้รับการปรับแต่งด้วย Genetic Algorithms (GA) เพื่อปรับปรุงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำและการจัดการน้ำสำหรับการชลประทาน เพื่อหาเส้นโค้งกฎ (Rule Curve) สำหรับการบริหารจัดการน้ำรายเดือน โดยมีระดับเป้าหมาย 3 ระดับ: แห้ง, ปกติ, และ เปียก โดยมีกระบวนการวิจัย ดังนี้ อ่างเก็บน้ำ Bhadra ในรัฐ Karnataka ประเทศอินเดีย ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำเอนกประสงค์สำหรับการชลประทานและการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ การสร้างแบบจำลองโดยใช้ลำดับข้อมูลน้ำไหลเข้าสังเคราะห์ 1,000 ปีที่สร้างขึ้นจากแบบจำลอง Thomas-Fiering เพื่อปรับแต่งพารามิเตอร์ของ Rule Curve เส้นโค้งกฎ 3 ระดับ คือ ระดับเป้าหมายแห้ง ใช้สำหรับการจัดการน้ำในช่วงน้ำไหลเข้าต่ำ ระดับเป้าหมายปกติ ใช้สำหรับ

การดำเนินงานในสภาวะทั่วไป ระดับเป้าหมายเปียก ใช้ในช่วงน้ำไหลเข้าสูง การจำลองและเพิ่มประสิทธิภาพใช้โปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา C เพื่อจำลองและปรับแต่ง Rule Curve โดยพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความต้องการน้ำ การระเหย และพลังงานที่ผลิตได้ ผลการศึกษา คือ การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน: การใช้ GA สามารถปรับแต่งเส้นโค้งกฎให้เหมาะสม โดยลดการปล่อยน้ำทิ้ง (spill) และเพิ่มการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำได้ถึง 40% เมื่อเทียบกับการดำเนินงานเดิม เส้นโค้งกฎที่ได้สามารถตอบสนองความต้องการน้ำชลประทานในระดับความเชื่อถือได้ 90% ในการจำลอง 1,000 ปี ความแตกต่างจากวิธีเดิม: GA มีความยืดหยุ่นในการจัดการข้อจำกัดที่ซับซ้อนและการปรับเปลี่ยนระดับเป้าหมายในสถานการณ์ที่หลากหลาย มีข้อสรุปและข้อเสนอแนะว่า วิธีการเส้นโค้งกฎ 3 ระดับช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ทรัพยากรน้ำอย่างเหมาะสมในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน การใช้ GA เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำที่ซับซ้อน แนะนำให้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้วิธีนี้ในพื้นที่อื่นและสำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีเป้าหมายการใช้งานหลากหลาย

Seyed Mohammad Ashrafi และคณะ (2020) นำเสนอวิธีการพัฒนากฎการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลองการพยากรณ์ที่ผสมระหว่างการเปลี่ยนรูปเวฟเล็ต (Wavelet Transformation) และโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANN) โดยใช้ข้อมูลการพยากรณ์น้ำไหลเข้าแบบรายเดือน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการน้ำในสถานการณ์ที่ซับซ้อน ประเมินผลของการพยากรณ์ที่มีต่อประสิทธิภาพของกฎการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำ กระบวนการศึกษา คือ ใช้ ANN พร้อมกระบวนการปรับรูปเวฟเล็ต (DWT) เพื่อแยกข้อมูลน้ำไหลเข้าที่ความถี่ต่าง ๆ พัฒนาและประเมินกฎการดำเนินงาน 5 ประเภท ได้แก่ Standard Operating Policy (SOP) Regression-based Rule Curve (RRC) Hedging Rule Curve (HRC) Forecast Regression-based Rule Curve (FRRC) Forecast Hedging Rule Curve (FHRC) ผลการศึกษา ความแม่นยำของแบบจำลอง Quaternary-ECWT-ANN (ใช้รายละเอียด 4 ระดับของเวฟเล็ต) ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการพยากรณ์น้ำไหลเข้า โดยมีค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) เท่ากับ 0.901 ACWT-ANN เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ค่า Peak Flow ผลกระทบต่อกฎการดำเนินงาน การใช้แบบจำลองการพยากรณ์ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของ FRRC และ FHRC โดยเพิ่ม Reliability ขึ้น 10% และลด Maximum Vulnerability ลง 2-4% ในฤดูแล้ง กฎ FHRC สามารถเพิ่มความจุเก็บน้ำได้ 13% ช่วยลดความเสี่ยงการขาดน้ำ ข้อสรุป คือ การพยากรณ์น้ำไหลเข้าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการน้ำ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนสูง เช่น ฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก แนะนำให้ใช้การพยากรณ์แบบ Wavelet-ANN ในการพัฒนากฎการดำเนินงานสำหรับระบบอ่างเก็บน้ำ

Janewit Kasemsup และ Thanaporn Supriyasilp (2018) นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-ResSim เพื่อศึกษาการปฏิบัติการที่เหมาะสมสำหรับเขื่อนภูมิพลในประเทศไทย โดยมีเป้าหมายเพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในลุ่มน้ำปิงและพื้นที่ตอนล่างของเขื่อน ศึกษาแนวทางปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลเพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วม โดยใช้เส้นโค้งควบคุมระดับน้ำตอนบน (Upper Rule Curve, URC) 4 รูปแบบ อันได้แก่ URC เดิม URC ที่ปรับปรุงใหม่ในปี 2012 URC ที่ผู้ศึกษาเสนอ (1 และ 2) วิเคราะห์การควบคุมการปล่อยน้ำที่สถานี P.17 ไม่ให้เกินอัตราไหล 1,815 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยมีกระบวนการศึกษา ดังนี้ ใช้ข้อมูลช่วงฤดูฝนปี 2006 และ 2011 ซึ่งเป็นปีที่เกิดน้ำท่วมใหญ่ในประเทศไทย ใช้แบบจำลอง HEC-HMS คำนวณปริมาณน้ำไหลเข้าจากลุ่มน้ำย่อยเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับ HEC-ResSim วิเคราะห์ 8 กรณี (4 URC × มีและไม่มี การควบคุมปลายน้ำ) มีผลการศึกษา ดังนี้ กรณีปี 2006 URC ที่ผู้ศึกษาเสนอ (แบบที่ 1) พร้อมการควบคุมที่สถานี P.17 ช่วยลดปริมาณน้ำล้นได้ดีที่สุด กรณีปี 2011 URC ที่ปรับปรุงใหม่ในปี 2012 พร้อมการควบคุมที่สถานี P.17 ช่วยลดความเสียหายจากน้ำท่วมได้ดีที่สุด ข้อเสนอแนะจากการจำลอง การใช้ URC ที่ปรับปรุงหรือเสนอใหม่ร่วมกับการควบคุมการปล่อยน้ำปลายน้ำ มีประสิทธิภาพในการลดปัญหาน้ำท่วมมากกว่า URC เดิม การคาดการณ์ปริมาณน้ำล้นและการปล่อยน้ำล้นสามารถช่วยเพิ่มความจุเก็บกักน้ำในฤดูน้ำหลากได้ ข้อเสนอแนะ เสนอการนำ URC ที่ปรับปรุงและการควบคุมระดับน้ำปลายน้ำมาใช้ในแผนบริหารจัดการน้ำ

การพัฒนาแบบจำลองร่วมกับข้อมูลที่แม่นยำ เช่น การพยากรณ์น้ำฝน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำ

ปกรณ ณ ศิริ และ ดร.ปกรณ ดิษฐกิจ (2022) นำเสนอการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของโค้งกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่พัฒนาขึ้นในด้านการลดความขาดแคลนน้ำและป้องกันการไหลล้นของอ่างเก็บน้ำ โดยใช้วิธีการ Harmony Search Algorithm (HSA) สำหรับอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำใส จังหวัดนครศรีธรรมราช ประเมินประสิทธิภาพของโค้งกฎ มีกระบวนการศึกษา ดังนี้ ใช้แนวคิดการประสานเสียงของนักดนตรีเพื่อค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโค้งกฎการปฏิบัติการ Harmony Search Algorithm (HSA) ใช้ตัวแปรการตัดสินใจ 24 ตัวแปร ได้แก่ โค้งควบคุมเส้นบน (Upper Rule Curve) และเส้นล่าง (Lower Rule Curve) รายเดือน ข้อมูลและการวิเคราะห์ที่ใช้ได้แก่ ข้อมูลน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี 2541-2558 สมการ Water Balance และข้อจำกัดในการคำนวณสมดุลน้ำ พัฒนาแบบจำลองใน Microsoft Excel โดยใช้ Visual Basic for Application (VBA) เพื่อดำเนินการคำนวณและจำลองระบบ ผลการศึกษาที่ได้รับ คือ โค้งกฎที่พัฒนาใหม่ช่วยลดสถานการณ์น้ำขาดแคลนและการไหลล้นได้อย่างสมบูรณ์ (ค่า Objective Function = 0) โค้งควบคุมเส้นล่างใหม่มีระดับที่สูงกว่าเล็กน้อยในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม เพื่อสะสมปริมาณน้ำสำหรับช่วงฤดูแล้งโค้งควบคุมเส้นบนใหม่มีระดับที่สูงกว่าเล็กน้อยในช่วงเดือน

เมษายนถึงตุลาคม เพื่อรองรับปริมาณน้ำสำหรับฤดูฝน เปรียบเทียบกับโค้งเดิม โค้งกฎใหม่ลดจำนวนเหตุการณ์น้ำขาดแคลน (11 ครั้งในโค้งเดิม) และเหตุการณ์น้ำล้น (2 ครั้งในโค้งเดิม) ข้อเสนอแนะ การใช้ HSA ร่วมกับการจำลองระบบเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการพัฒนาโค้งกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โค้งกฎใหม่ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการบริหารจัดการน้ำ ลดความเสี่ยงจากน้ำท่วมและขาดแคลนน้ำ แนะนำการนำโค้งกฎใหม่ไปใช้จริงในอ่างเก็บน้ำห้วยน้ำใส และการประยุกต์ใช้ในอ่างเก็บน้ำอื่น ๆ

ธนิยน์ท์ กรทอง และ ผศ.ดร.ณัฐ มาแจ้ง (2564) นำเสนอการวิเคราะห์และพัฒนาเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำลำฉวมก โดยใช้แบบจำลอง MIKE HYDRO BASIN เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำลำฉวมก จังหวัดนครราชสีมา พัฒนาเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำใหม่เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนน้ำและการไหลล้น เสนอแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพอาคารระบายน้ำล้น (Service Spillway) โดยมีกระบวนการศึกษา ดังนี้ ใช้ข้อมูลน้ำฝนและน้ำไหลเข้ารายวัน 30 ปี (พ.ศ. 2529–2558) เพื่อวิเคราะห์สมมูลน้ำ ใช้แบบจำลอง MIKE HYDRO BASIN เพื่อจำลองสถานการณ์น้ำในลุ่มน้ำ กรณีศึกษาที่วิเคราะห์ กรณีที่ 1: ไม่กำหนดเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ กรณีที่ 2: ใช้เกณฑ์การปฏิบัติการปี 2561 กรณีที่ 3: ใช้เกณฑ์การปฏิบัติการปี 2562 กรณีที่ 4: ใช้เกณฑ์การปฏิบัติการที่ปรับปรุงใหม่ กรณีที่ 5: ใช้เกณฑ์การปฏิบัติการที่ปรับปรุงใหม่และปรับปรุงอาคารระบายน้ำล้น ผลการศึกษาที่ได้รับคือ กรณีที่ 4 และ 5 ลดการขาดแคลนน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ (ไม่เกิน 6 ปี) และลดน้ำล้นผ่าน Service Spillway กรณีที่ 5 มีประสิทธิภาพดีที่สุดในลดน้ำล้นเฉลี่ย 7.70 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี และไม่ส่งผลกระทบต่อด้านท้ายน้ำ การปรับปรุงโค้งกฎ (Rule Curve) ให้เหมาะสมช่วยเพิ่มความจุน้ำในฤดูแล้งและป้องกันน้ำล้นในฤดูฝน ข้อเสนอแนะ การใช้เกณฑ์การปฏิบัติการใหม่ร่วมกับการปรับปรุงอาคารระบายน้ำล้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำ แนะนำให้ใช้เกณฑ์การปฏิบัติการที่ปรับปรุงใหม่เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการน้ำสำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดกลางอื่น ๆ ในประเทศไทย

Anongrit Kangrang และคณะ (2023) ทบทวนเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาเส้นโค้งกฎที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ โดยพิจารณาทั้งแบบจำลองจำลองสถานการณ์อ่างเก็บน้ำและเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพ เน้นความสำคัญของการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การใช้ที่ดิน และการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกระบวนการพัฒนาเส้นโค้งกฎ เทคนิคที่นำมาใช้มี 5 กลุ่มหลัก ได้แก่ Trial and Error วิธีพื้นฐานในการประเมินเส้นโค้งกฎโดยใช้ประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ Dynamic Programming (DP) ใช้สำหรับปัญหาที่ซับซ้อนแต่มีข้อจำกัดในเรื่องการคำนวณเมื่อมีตัวแปรมาก Heuristic Algorithms (HAs): เช่น Simulated Annealing Algorithm (SA) และ Shuffled Frog Leaping Algorithm (SFLA) สำหรับการค้นหาคำตอบอย่างรวดเร็ว Evolutionary Algorithms (EAs) เช่น Genetic Algorithm (GA) และ

Differential Evolution (DE) ที่ช่วยปรับปรุงการจัดการอ่างเก็บน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ Swarm Algorithms เช่น Particle Swarm Optimization (PSO) และ Gray Wolf Optimizer (GWO) สำหรับการแก้ปัญหาการจัดการน้ำที่มีความซับซ้อน ผลการศึกษาพบว่า เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพช่วยลดปริมาณน้ำขาดแคลนและน้ำล้นในอ่างเก็บน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต ช่วยเพิ่มความแม่นยำของเส้นโค้งกฎ มีข้อเสนอแนะการบูรณาการเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพกับแบบจำลองอ่างเก็บน้ำ และการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เป็นแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาเส้นโค้งกฎ แนะนำให้พัฒนาแบบจำลองที่สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต เช่น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการใช้ที่ดิน

Rong Tang และคณะ (2024) วิเคราะห์รูปแบบพื้นฐานของเส้นโค้งกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับการจัดหาน้ำและการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ โดยเน้นการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบ "เส้นโค้งกฎแบบแยก" (Independent Rule Curves) และ "เส้นโค้งกฎแบบรวม" (Shared Rule Curves) เพื่อหาความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยมีกระบวนการศึกษา ดังนี้ พื้นที่ศึกษาคืออ่างเก็บน้ำ Nierji ในประเทศจีน ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างมณฑลเฮยหลงเจียงและเขตปกครองตนเองมองโกเลีย ใช้กรอบการจำลอง-เพิ่มประสิทธิภาพ (Parameter-Simulation-Optimization Framework) โดยใช้ อัลกอริทึม NSGA-II (Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II) ศึกษา 2 รูปแบบเส้นโค้งกฎ แบบแยก ใช้เส้นควบคุมน้ำแยกสำหรับกลุ่มผู้ใช้น้ำ เช่น อุตสาหกรรม การชลประทาน และสิ่งแวดล้อม แบบรวม ใช้เส้นควบคุมรวมเพื่อลดจำนวนตัวแปรในการเพิ่มประสิทธิภาพ จำลองสถานการณ์การใช้น้ำ 3 รูปแบบ (ต่ำ ปานกลาง สูง) เพื่อวิเคราะห์การใช้งานเส้นโค้งกฎ ผลการศึกษาพบว่า เส้นโค้งกฎแบบแยกมีศักยภาพการจัดหาน้ำสูงกว่าสำหรับกลุ่มผู้ใช้น้ำ อุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม โดยเพิ่มขึ้น 10.8% และ 3.4% ตามลำดับ สำหรับการชลประทานและพื้นที่ชุ่มน้ำ ไม่พบความแตกต่างระหว่างสองรูปแบบ ในสถานการณ์น้ำต่ำ ทั้งสองรูปแบบให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนในสถานการณ์น้ำสูง เส้นโค้งกฎแบบแยกมีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยให้ผลลัพธ์ที่ไม่มีผู้ครองอันดับ (Non-Dominated Solutions) มากกว่าแบบรวมถึง 6549 ผลลัพธ์ ข้อได้เปรียบของแบบรวม คือ ลดจำนวนตัวแปรในกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพลงครึ่งหนึ่ง ทำให้เหมาะสมสำหรับระบบอ่างเก็บน้ำที่ซับซ้อน มีข้อสรุปและข้อเสนอแนะว่า เลือกใช้เส้นโค้งกฎที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำ โดยขึ้นอยู่กับความต้องการน้ำและการผลิตไฟฟ้าในแต่ละสถานการณ์ เสนอให้มีการศึกษาต่อยอดในระบบอ่างเก็บน้ำที่ซับซ้อนและคำนึงถึงปัจจัยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและความต้องการน้ำในอนาคต

Khin Muyar Kyaw และคณะ (2022) วิเคราะห์การดำเนินงานของเขื่อนภูมิพลโดยใช้เส้นโค้งกฎที่ปรับปรุง (Adapted Rule Curve) และนโยบาย Hedging เพื่อบรรเทาความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการบริหารจัดการน้ำที่ยั่งยืน โดยมีกระบวนการศึกษา ดังนี้ ใช้

แบบจำลอง MIKE11 จำลองน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลในช่วงปี 2000–2020 และคาดการณ์ในช่วงปี 2021–2099 ภายใต้สถานการณ์ RCP4.5 พัฒนาใน MATLAB Simulink โดยใช้ข้อมูลการจัดการจัดสรรน้ำในแผนงานของ EGAT และ RID Adapted Rule Curve: ปรับระดับ Upper Rule Curve (URC) และ Lower Rule Curve (LRC) เพิ่มขึ้นและลดลง ± 0.5 เมตร สำหรับ Hedging Policies ใช้รูปแบบ One-Point, Two-Point, Three-Point และ Zone-Based Hedging เพื่อจัดการน้ำในช่วงแล้งและน้ำหลาก ผลการศึกษาพบว่า น้ำไหลเข้าประจำปีมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ปริมาณน้ำไหลเข้าช่วงฤดูแล้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในบางช่วงปี การปรับ URC และ LRC ส่งผลต่อการเก็บกักน้ำในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน แต่ผลลัพธ์ไม่แตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ รูปแบบ Two-Point, Three-Point และ Zone-Based Hedging ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักในเขื่อนได้อย่างมีนัยสำคัญ Hedging Policies ลดความผันผวนของน้ำปล่อย แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า Adapted Rule Curve ในบางดัชนี เช่น Reliability และ Resiliency ข้อเสนอแนะ การปรับเปลี่ยนนโยบายการดำเนินงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำในเขื่อนภูมิพล แนะนำให้ใช้วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพที่ใช้เทคนิค Optimization-Based Approach เพื่อเพิ่มผลประโยชน์จากการดำเนินงานเขื่อนและลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

Bahram Malekmohammadi, Banafsheh Zahraie และ Reza Kerachian (2010)

นำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำแบบเรียลไทม์เพื่อการจัดการน้ำท่วมในระบบแม่น้ำ-อ่างเก็บน้ำ โดยใช้ Genetic Algorithm (GA) และเทคนิค K-Nearest Neighbor (K-NN) กระบวนการศึกษา คือ แบบจำลองการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำด้วย GA สำหรับระบบอ่างเก็บน้ำสองแห่งที่เป็นระบบลูกโซ่ แบบจำลองจำลองการไหลไม่คงที่ของน้ำท่วมในแม่น้ำตอนล่างโดยใช้ HEC-RAS และ Hec-GeoRAS ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (GIS) สำหรับระบุการใช้ที่ดินและฟังก์ชันความเสียหายในพื้นที่น้ำท่วม การใช้ K-NN Algorithm เพื่อพัฒนากฎการดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสถานการณ์น้ำท่วม การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ข้อมูลไฮโดรกราฟน้ำท่วมในอดีตและการกักเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำเพื่อค้นหาความคล้ายคลึงของสถานการณ์ วิเคราะห์ไฮโดรกราฟตามความชันของการไหลเข้าและระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาชั่วโมง ผลการศึกษาที่ได้รับ การปรับปรุงกฎการดำเนินงานด้วย GA ช่วยลดความเสียหายจากน้ำท่วมได้อย่างมีนัยสำคัญ K-NN Algorithm มีประสิทธิภาพในการค้นหาสถานการณ์น้ำท่วมที่คล้ายคลึงกันในอดีตเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการตัดสินใจแบบเรียลไทม์ การใช้ GIS เชื่อมโยงกับ HEC-RAS ช่วยระบุพื้นที่น้ำท่วมและความเสียหายอย่างแม่นยำ ข้อเสนอแนะ วิธีการนี้เหมาะสำหรับการจัดการน้ำท่วมในระบบอ่างเก็บน้ำที่มีลักษณะซับซ้อนและต้องการการตัดสินใจแบบเรียลไทม์ เสนอให้ขยายการใช้วิธีนี้ในพื้นที่อื่น ๆ โดยเฉพาะในภูมิภาคที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศอย่างรวดเร็ว

Mirali Mohammadi และคณะ (2020) เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาเส้นโค้งกฎ (Rule Curve) สำหรับบริเวณเสี่ยงภัยน้ำท่วมในแม่น้ำ Baranduz-Chay โดยใช้แบบจำลองไฮดรอลิก HEC-RAS และวิธี Muskingum-Cunge พร้อมวิเคราะห์ความเสี่ยงของพื้นที่น้ำท่วมในช่วงเวลาคืนกลับที่ต่างกัน เพื่อช่วยในการวางแผนบริหารจัดการน้ำและลดความเสียหายจากน้ำท่วม ใช้ข้อมูลอัตราการไหลสูงสุดรายปีของแม่น้ำ Baranduz-Chay ในช่วงปี 1974–2013 เพื่อสร้างแบบจำลองและประเมินความเสี่ยง กระบวนการศึกษา ดังนี้ พื้นที่ศึกษาบริเวณแม่น้ำ Baranduz-Chay (ความยาว 3 กม.) ระหว่างสถานี Bibakaran และ Dizaj อัตราการไหลสูงสุดจากข้อมูลย้อนหลัง ค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบ Manning n สำหรับสถานีต้นน้ำ (0.0325) และปลายน้ำ (0.0301) แบบจำลองและเครื่องมือใช้ HEC-RAS ในการจำลองพื้นที่น้ำท่วม และ ArcMap สำหรับการแปลงผลลัพธ์เป็นแผนที่พื้นที่น้ำท่วม วิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยฟังก์ชันกำลัง (Power Function) สำหรับช่วงเวลาคืนกลับ 2, 3, 5, 10, 25, 35 และ 75 ปี ผลการศึกษา พื้นที่น้ำท่วมสูงสุด 97.34 เฮกตาร์ สำหรับช่วงเวลาคืนกลับ 1,000 ปี ซึ่งถือว่ามีความเสี่ยงสูงสุด เส้นโค้งความเสี่ยง (Risk Curve) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมและความเสี่ยงที่ลดลงตามช่วงเวลา พบว่าเส้นโค้งที่ได้มีความแม่นยำในการระบุพื้นที่เสี่ยงสำหรับช่วงเวลาคืนกลับต่าง ๆ ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ เส้นโค้งกฎที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยระบุพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและเป็นเครื่องมือในการวางแผนบริหารจัดการน้ำ แนะนำการปรับปรุงแบบจำลองเพิ่มเติมสำหรับการวิเคราะห์แม่น้ำที่มีลักษณะภูมิประเทศที่ซับซ้อนและการประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่น ๆ

ประเสริฐ ลำภากร (2553) ได้จำลองการบริหารจัดการอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำวัง ด้วยแบบจำลอง InfoWorks ปี พ.ศ.2549 เกิดน้ำท่วมฉับพลันและน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำทางภาคเหนือ ได้แก่ลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่าน โดยทำการจำลองแม่น้ำปิงและแม่น้ำวังด้วยแบบจำลอง InfoWorks RS และนำแบบจำลองมาศึกษาแนวทางบริหารจัดการน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก โดยการใช้มาตรการไม่ใช้สิ่งก่อสร้างและการใช้มาตรการใช้สิ่งก่อสร้าง(อรุณรัตน์ และดร.ณัฐ,2556) ได้กำหนดการบริหารจัดการน้ำไว้ 6 แนวทาง

กานูพงศ์ เทพสมบัติ และ ปรัชญาพล ไททอง (2550) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำเมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง โดยใช้แบบจำลอง InfoWorks RS ในการจำลองสภาพพื้นที่ศึกษาบริเวณพื้นที่ริมตลิ่งแม่น้ำมูลบริเวณเขตเทศบาลนครอุบลราชธานีและเทศบาลเมืองวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ในการจำลองใช้ข้อมูลสภาพทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาคือข้อมูลแผนที่เส้นชั้นความสูงระยะห่างระหว่างชั้น 10 เมตร ซึ่งเป็นข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลลักษณะของลำน้ำ ซึ่งได้จากการสำรวจ ข้อมูลอุทกวิทยาที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยข้อมูล ปี พ.ศ. 2544 ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดอุทกภัยรุนแรงที่สุด และข้อมูลอุทกวิทยาปี พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ค่อนข้างเป็นปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา

กฤษณ์ ศรีวรมาศ และ ฤกษ์ชัย ศรีวรมาศ (2547) ได้ศึกษาความน่าเชื่อถือของการจำลอง การไหลในลำน้ำด้วยแบบจำลอง InfoWorks RS ในการทำนายการแผ่กระจายและการเพิ่มหรือลดลง ของค่าระดับน้ำ โดยการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรทางชลศาสตร์ในแบบจำลอง ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ ความขรุขระของแมนนิ่งของลำน้ำและตลิ่ง สำหรับกรณีของลำน้ำมูลบริเวณอำเภอเมือง จังหวัด อุบลราชธานี ซึ่งมีสถานีวัดน้ำท่าเพียง 1 สถานี โดยใช้ความสัมพันธ์ทางอุทกวิทยา การบันทึกข้อมูล จากภาคสนามและการตั้งสมมติฐานการไหลที่มีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง

ศุภกรณ์ สังข์สกุล (2557) ได้ศึกษาแนวทางลดระดับน้ำหลากในลำน้ำบริเวณเหนือฝายลำ เชาบาย โดยใช้แบบจำลอง MIKE11 ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ แบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า ใช้ ประเมินปริมาณน้ำท่าสำหรับการไหลผ่านพังกันน้ำที่อยู่ระหว่างจุดควบคุมทางด้านเหนือน้ำและด้าน ท้ายน้ำ และแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ใช้สำหรับจำลองระดับน้ำท่วมในลำน้ำ ตั้งแต่ปลายคันกันน้ำ ของลำเชบายและลำห้วยโพงถึงฝายลำเชบาย โดยใช้ข้อมูลสถานีวัดน้ำ M.32 และใช้การคำนวณด้วย วิธี SCS เปรียบเทียบผลเพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลอง NAM กับพื้นที่ลุ่มน้ำพื้นที่ศึกษาที่ไม่มี สถานีวัดน้ำ การประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่าให้ผลที่ดี และเมื่อตรวจสอบความ ถูกต้องของข้อมูลระดับน้ำสูงสุดจากแบบจำลองก็ระดับน้ำสูงสุดที่ทำการตรวจวัด ได้ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี

สุดารัตน์ ภูพงษ์ (2555) พัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพยากรณ์ น้ำท่าลวงหน้า (Runoff Forecasting Model) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANNs) ในการพยากรณ์ ระดับน้ำที่สถานีวัดระดับน้ำบ้านม่วงก้อง (X.173A) และสถานีวัดระดับน้ำบ้านตะเคียนเกา (X.112) ข้อมูลที่ใช้คือ ระดับน้ำที่สังเกตได้จากสถานีต้นน้ำในเวลาที่แตกต่างกันอย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อน เวลาพยากรณ์ช่วงปีข้อมูลที่ใช้คือ พ.ศ.2550-2553 ซึ่งได้ผลการศึกษาการพยากรณ์จากโครงข่าย ประสาทเทียม ANNs มีความถูกต้องอย่างดี ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่ได้จากการ พยากรณ์กับระดับน้ำที่สังเกตได้จากสถานีวัดระดับน้ำสูงกว่า 0.82 และ 0.86 สำหรับสถานีบ้าน ตะเคียนเกา (X.112) และสถานีวัดระดับน้ำบ้านม่วงก้อง (X.173A) ตามลำดับ และมีค่าความ ผิดพลาดแบบ RMS ต่ำกว่า 0.63 และ 0.74 เมตร สำหรับสถานีวัดระดับน้ำบ้านตะเคียนเกา (X.112) และสถานีวัดระดับน้ำบ้านม่วงก้อง (X.173A) ตามลำดับ แบบจำลองนี้สามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ได้ หากมีการเพิ่มข้อมูลน้ำเข้า เช่น ข้อมูลฝน อาจจะช่วยให้ได้ผลการพยากรณ์มีความถูกต้อง แม่นยำมากยิ่งขึ้น

ยุพิน ไชยสมภาร ทวี ชัยพิมลผลิน และชาคริต โขติอมรงค์ดี (2550) ใช้โครงข่าย ประสาทเทียมเพื่อคาดการณ์น้ำท่วมในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง กันยายน ค.ศ. 2035 – 2064 ณ สถานีวัดระดับน้ำ P.1 ณ สะพานนวรัฐ ที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง

สภาพภูมิอากาศ โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนรายวันจากแบบจำลอง WRF-ECHAM5 ที่มีขนาดกริดน้ำฝน 20*20 กิโลเมตร เป็นข้อมูลนำเข้าโดยครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 6 กริด ซึ่งแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมจะใช้กระบวนการเรียนรู้แบบ LM (Levenberg-Marquardt) มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนเร้น 15 โหนด (จำนวนร้อยละ 50 จากจำนวนข้อมูลนำเข้า) โดยเลือกใช้เหตุการณ์น้ำท่วมระหว่างปี ค.ศ. 2005-2006 เป็นเหตุการณ์ในการเรียนรู้ ผลการศึกษาพบว่า การคาดการณ์พบว่าจะมีเหตุการณ์น้ำท่วมเกือบทุกปี รวมทั้งสิ้น 67 เหตุการณ์ โดยมีเหตุการณ์น้ำท่วมที่มีระดับน้ำสูงกว่า 5 เมตร จำนวน 13 เหตุการณ์ โดยในปี ค.ศ. 2064 เป็นปีที่มีระดับน้ำท่วมสูงสุด คือ 5.57 เมตร และปริมาณน้ำฝนที่ส่งผลต่อเหตุการณ์น้ำท่วมคือ มีปริมาณน้ำฝนตกมากกว่า 100 มิลลิเมตร ในพื้นที่ศึกษา โดยเฉพาะกริดที่ 1 ที่ครอบคลุมพื้นที่ในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่

Rastislav Fijko and Martina Zeleňáková(2016) สร้างแบบจำลองของการไหลของน้ำในทางน้ำเปิดโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS ในพื้นที่หมู่บ้านโลพูชอฟ (Lopuchov) หมู่บ้านในภาคตะวันออกของประเทศสโลวาเกีย โดยได้สร้างแบบจำลองจากการสำรวจทางธรณีวิทยา ซึ่งถูกนำไปแสดงผลพื้นที่น้ำท่วมผ่านโปรแกรม ArcGIS โดยการรวบรวมข้อมูลและความเกี่ยวข้องในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตในรูปแบบ 3 มิติ ของพื้นที่การศึกษาในรูปแบบระบบภูมิสารสนเทศร่วมกับ BIM ซึ่งสามารถส่งออกไปยังรูปแบบที่กำหนดได้ตามพื้นที่น้ำท่วม ผลที่ได้สำหรับการจำลองน้ำท่วม ให้ได้ทราบขอบเขตชัดเจนในการกำหนดพื้นที่น้ำท่วม ซึ่งเราใช้ในการประมวลผลการวิเคราะห์ต้นทุนกับผลประโยชน์ จากแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับระบุค่าความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่เสี่ยงภัยที่เกิดจากอุทกภัย

F.V.Silva N.B.Bonumá and P.K.Uda (2014) น้ำท่วมเป็นปัญหาทางธรรมชาติที่ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากในประเทศบราซิล ไม่เพียงเศรษฐกิจเท่านั้น แต่ยังรวมถึงสภาพการใช้ชีวิต โดยเฉพาะเมืองซานตา คาทารินา (Santa Catarina state) ในปี ค.ศ.1991-2010 ได้รับความกระทบประมาณ 5.7 ล้านคน และเสียชีวิต 4,054 คนจากการศึกษา

ความเป็นจริงนี้ชี้ชัดถึงความจำเป็นในการศึกษาที่สามารถสนับสนุนมาตรการควบคุมอุทกภัยได้ ในบรรดามาตรการเหล่านี้แผนที่ท่วมมีลักษณะที่ไม่ใช่โครงสร้างและสามารถช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการวางผังเมืองการเพิ่มการรับรู้ของประชาชนเกี่ยวกับพื้นที่เสี่ยงและเส้นทางอพยพ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำแผนที่พื้นที่ลุ่มน้ำในเขตเมือง Rio dos Cedros เมือง ตอนกลางของแม่น้ำซานตา คาทารินา (Santa Catarina) โดยใช้แบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ HEC-RAS ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก GIS ข้อมูลต่อไปนี้จะถูกนำมาใช้: แบบจำลองภูมิประเทศแบบดิจิทัลแผนที่อุทกศาสตร์และภาพทางอากาศแบบ Orthorectified (ขนาด 1: 10,000), ชุดการปล่อยเวลาของแม่น้ำเซโดส(Cedros) และการวัดการปล่อยเขตข้อมูล การจำลองสถานการณ์ได้ดำเนินการสำหรับเหตุการณ์ที่มีระยะเวลาคืน 2, 5, 10, 20, 50 และ 100 ปีและเหตุการณ์น้ำท่วมเกิดขึ้นในวันที่ 08/09/2011 ผลการทดลอง

แสดงให้เห็นว่าถนนและสิ่งปลูกสร้างในบริเวณรอบ ๆ ของสะพาน Cedros River และ Ouro Creek และบริเวณบรรจบน้ำแควนั้นอ่อนแอมากขึ้น นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงการขาดการวางแผนเมืองและการยึดครองของพื้นที่น้ำท่วมธรรมชาติ แบบจำลองแสดงผลที่ประเมินไม่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่มีน้ำท่วมซึ่งบันทึกในเหตุการณ์ 09/08/2011 พายุทอร์นาโดที่เกิดจากการกลับมาของ Cedros River water โดยระบบระบายน้ำในเมืองและน้ำนิ่งที่เป็นไปได้ของแม่น้ำเซโดสใน Ouro Creek และสาขาของมัน การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้แบบจำลอง HEC-RAS และ GIS ที่มีข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความละเอียดสูงสำหรับการทำแผนที่พื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง

Reza Montazami Vazifedost (2014) ความสำคัญของโมเดลคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การเกิดน้ำท่วมในลำน้ำ คือตำแหน่งของโครงสร้างที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม เช่น สะพาน ถนนและอาคาร ซึ่งไม่สามารถเปรียบเทียบกับบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน, ด้วยความสามารถในการคำนวณ hydrodynamic เนื่องจากการใช้สมการที่แตกต่างกันอาจไม่ได้ผลลัพธ์ที่เหมือนกัน ดังนั้นในเอกสารฉบับนี้ผลของเขตลุ่มน้ำท่วมจะถูกเปรียบเทียบกับแบบจำลองไฮดรอลิกสองตัว MIKE11 และ HEC-RAS เริ่มต้นการวิเคราะห์น้ำท่วมไฮดรอลิกจะดำเนินการกับข้อมูลทางเข้าส่วนติดต่อทางเรขาคณิต, เงื่อนไขขอบเขตและข้อมูลเริ่มต้นหลังจากการสอบเทียบแล้วผลของรูปแบบที่ประกอบด้วยเขตน้ำท่วมเป็นขั้นของการถ่ายโอนข้อมูลไปยังซอฟต์แวร์ ARCVIEW และซ้อนทับกับแผนที่ภูมิประเทศ 1/2500 หน่วยงานแผนที่แห่งชาติ สุดท้าย ผลที่ได้จะถูกแสดงในรูปแบบแผนที่เขตน้ำท่วมสำหรับ HEC-RAS และ MIKE11 เมื่อเราเปรียบเทียบผลของทั้งสองโมเดล ได้พบความแตกต่างระหว่างโมเดลเพียงเล็กน้อย

ศักดิ์ชาย พวงจันทร์ (2557) ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองท่งน้ำท่วมของกลุ่มน้ำเลยด้วยโปรแกรม HEC-RAS โดยการสร้างแบบจำลองท่งน้ำท่วมเป็นวิธีวิเคราะห์สภาพพลศาสตร์การไหลในลำน้ำและพื้นที่ริมฝั่งที่ใช้กันแพร่หลาย การศึกษานี้ใช้โปรแกรม HEC-RAS ในการสร้างแบบจำลองสภาพการไหลของกลุ่มน้ำเลยในช่วงน้ำหลาก ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่ใช้ประกอบด้วยโครงสร้างชลศาสตร์และหน้าตัดลำน้ำ 1,552 หน้าตัด มีช่วงตั้งแต่ปากน้ำเลยลงสู่น้ำโขง ที่ กม.ลำน้ำ 0+500 ที่สถานี Kh.97 (ท้ายน้ำ) ไปถึง กม.155+600 ที่สถานี Kh.61 สะพานบ้านแก่งบง (เหนือน้ำ)

เสถียรลักษณ์ แก้วจอมแพง และศุภสิทธิ์ คนใหญ่ (2553) ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS ในการจำลองการไหลในเขื่อนปากมูลกรณีต่าง ๆ กรณีที่ไม่มีเขื่อนปากมูลปิดกั้น และกรณีมีเขื่อนปากมูลแต่เปิดประตูระบายน้ำทั้งหมด ผลการจำลองพบว่าที่คาบการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 50 และ 100 ปี (ปิยาอร,2546) มาใช้เช่นกัน โดยให้ทั้งสองกรณีที่มีระดับน้ำเท่ากัน แต่แตกต่างกันที่กรณีไม่มีเขื่อนปากมูล สถานีเหนือเขื่อนปากมูลเป็นสถานีเดียวที่แตกต่าง ผลการศึกษาพบว่า

เขื่อนปากมูลไม่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมในอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี แต่มีผลทำให้ระดับน้ำเหนือเขื่อนปากมูลสูงขึ้น

ณัฐวุฒิ เอี่ยมกาญจน์ (2552) ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาแม่น้ำปิงต่อการไหลของน้ำหลากบริเวณพื้นที่เมืองเชียงใหม่ช่วงลำน้ำระหว่างสถานีวัดน้ำ P.67 และ P.1 โดยใช้ข้อมูลรูปลักษณะของแม่น้ำปิง ทั้งในระนาบระดับและระนาบตั้ง รวมทั้งข้อมูลระดับน้ำและปริมาณการไหลที่มีการสำรวจและวัดซึ่งรวบรวมจากกรมชลประทานและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัณฐานของแม่น้ำปิงในปี 2540 และ 2550 พบว่ารูปตัดตามยาวของลำน้ำและรูปร่างในระนาบระดับมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่พบการเปลี่ยนแปลงของรูปตัดหน้าตัดขวางอย่างมีนัยสำคัญโดยมีการเพิ่มขึ้นของปัจจัยหน้าตัดการไหลโดยเฉลี่ยประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และทำการจำลองสภาพน้ำหลากโดยแบบจำลอง HEC-RAS 4.0 ในสองกรณีคือกรณีระดับน้ำเท่ากันและกรณีอัตราการไหลเท่ากัน และยังมีผู้ทำการศึกษาผลกระทบของสะพานและฝายต่อระดับน้ำท่วมในลำน้ำปิงผ่านเมืองเชียงใหม่โดยใช้โปรแกรม HEC-RAS เพื่อตรวจสอบผลของสะพานและฝายต่อระดับน้ำในช่วงน้ำหลาก พบว่าปัจจัยที่ทำให้ระดับน้ำสูง(ประดิษฐ์ ,2549)

ดุขฎิ พรพระแก้ว อรรถนันท์ เล็กอุทัย และศรชัย จรรย์านพวงศ์ (2550) ศึกษาประสิทธิภาพการระบายน้ำของคลองท่าตะเภาภายหลังการก่อสร้างประตูระบายน้ำท่าตะเภา จังหวัดชุมพร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพการไหลของน้ำในลำน้ำท่าตะเภาก่อนและหลังการก่อสร้างประตูระบายน้ำท่าตะเภาและเพื่อศึกษาแนวทางการเปิด-ปิด ประตูระบายน้ำท่าตะเภาสำหรับการบริหารจัดการน้ำในฤดูแล้ง โดยมีพื้นที่ที่ทำการศึกษาวัดครั้งนี้ คือ ประตูระบายน้ำท่าตะเภา ในคลองท่าตะเภาและบริเวณที่มีผลกระทบทางด้านการระบายน้ำที่อยู่ด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของประตูภายหลังการก่อสร้างประตูระบายน้ำ จังหวัดชุมพร ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โปรแกรม HEC-RAS เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

สมบัติ ชื่นชุกกลิ่น (2549) ได้สร้างแบบจำลองวิเคราะห์การไหลหลากของแม่น้ำกับการวางแผนการผันน้ำเพื่อลดอุทกภัย กรณีศึกษาแม่น้ำป่าสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ มาวิเคราะห์การไหลหลากและชลศาสตร์หน้าตัดการไหลของน้ำในแม่น้ำ และบนพื้นที่น้ำท่วมถึงด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ใช้ในการจำลองการไหลของน้ำและการไหลหลากในลำน้ำป่าสัก เพื่อประกอบการวางแผนบรรเทาปัญหาอุทกภัยในท้องที่อำเภอเมือง

บทที่ 3

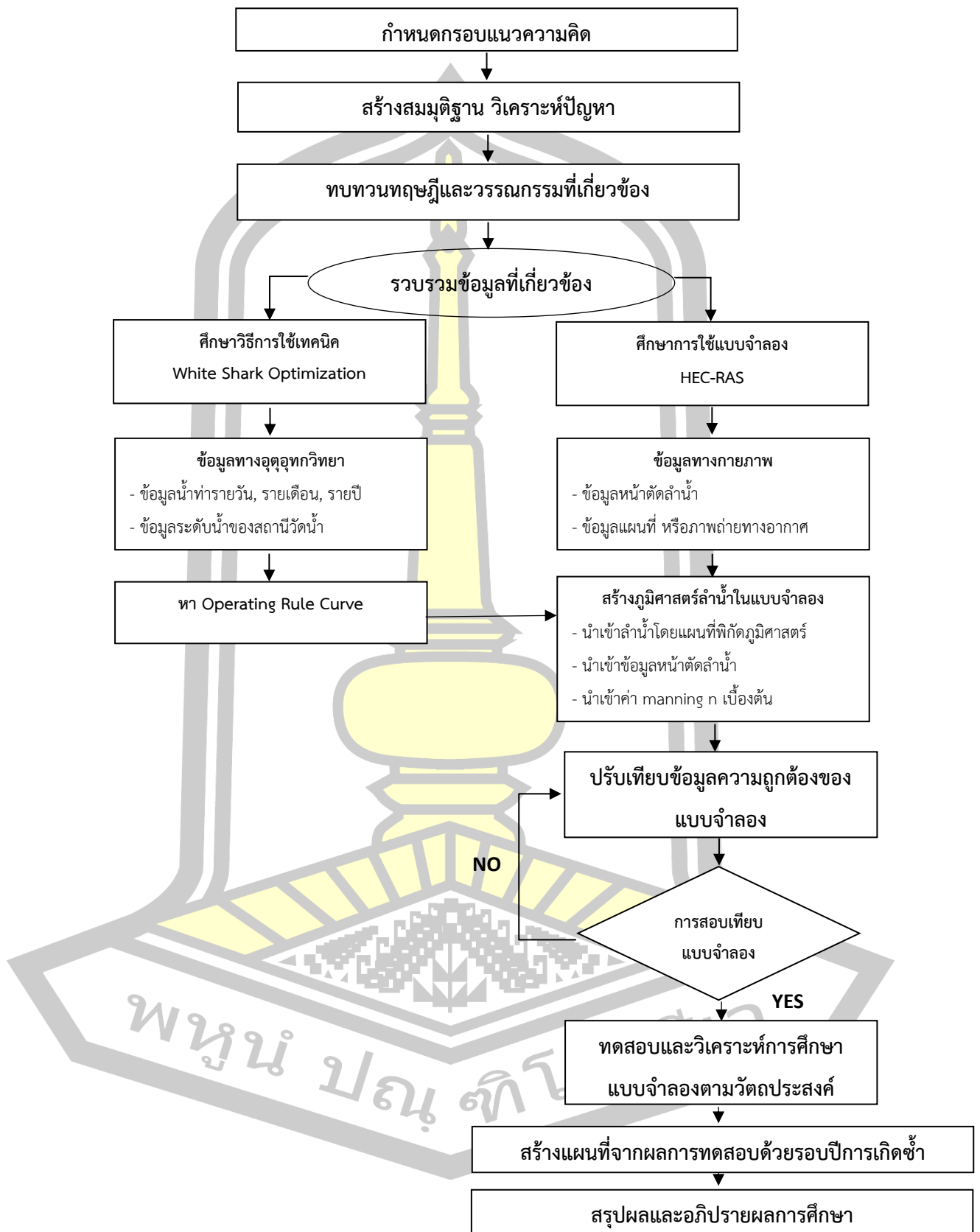
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนต่างๆ โดยแบ่งตามหัวข้อ ดังนี้ พื้นที่ศึกษา การวิเคราะห์อัตราการระเหย การวิเคราะห์ความต้องการน้ำด้านอุปโภคบริโภค การวิเคราะห์ปริมาณฝนใช้การ หาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมโดยวิธี White Shark Optimization การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC RAS 6.0 ซึ่งรายละเอียดและวิธีการใช้งานได้ศึกษาจากคู่มือของแบบจำลอง ในการศึกษาจะเริ่มจากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นเพื่อสร้างกราฟรอบปีการเกิดซ้ำ แล้วทำการจำลองสภาพการไหลแบบการไหลคงที่ (steady flow) ในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลลำน้ำมูล จากเขื่อนราษีไศล อำเภอราษีไศล จังหวัดศรีสะเกษ ถึงสถานีวัดน้ำ M.7 อำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี จนถึงจุดบรรจบกันกับลำน้ำมูล ซึ่งครอบคลุมความยาวประมาณ 72 กิโลเมตร สำหรับขั้นตอนการดำเนินการศึกษา จะได้มีการนำเสนอเป็นลำดับมีรายละเอียดดังนี้

วิธีการดำเนินการเริ่มจากการกำหนดแนวความคิดในปัญหาที่เกิดขึ้นมาวิเคราะห์การเกิดปัญหา เมื่อวิเคราะห์ปัญหาได้แล้วก็เริ่มศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแนวความคิด โดยเฉพาะการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ที่มีการนำมาใช้งานวิจัย เมื่อศึกษาโปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยแล้ว ก็รวบรวมข้อมูลที่จะต้องนำเข้าสู่ข้อมูลในโปรแกรมให้เพียงพอ โดยเฉพาะชั้นของความละเอียดที่ต้องการและที่มีอยู่ จากนั้นเริ่มสร้างแบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนกรณีศึกษา ซึ่งก่อนจะนำมาใช้งานได้จริง ควรทำการเปรียบเทียบข้อมูลจากสภาพจริงด้วยการสำรวจพื้นที่จริงหรือใช้ภาพจาก Google map มาใช้ก็ได้ เมื่อได้แบบจำลองและทำการเปรียบเทียบแล้วก็จำลองสถานการณ์ในปีต่าง ๆ เพื่อดูความสมเหตุสมผลของการเปรียบเทียบ หลังจากนั้นก็ทำการจำลองเพื่อหาคำตอบที่ได้ตั้งตามวัตถุประสงค์

โดยทั่วไป แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต้องใช้ข้อมูลประกอบสำคัญ ได้แก่ ข้อมูลรูปตัดลำน้ำ อัตราการไหล ระดับน้ำและอาคารควบคุมในลำน้ำ (เช่น ฝาย ท่อลอด สะพาน) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการไหลค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ ขั้นตอนการดำเนินงานสามารถเขียนเป็นแผนผังการดำเนินงานได้ดังแสดงในภาพที่ 3.1 และรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการดำเนินงานจะได้การนำเสนอเป็นลำดับในหัวข้อถัดไป

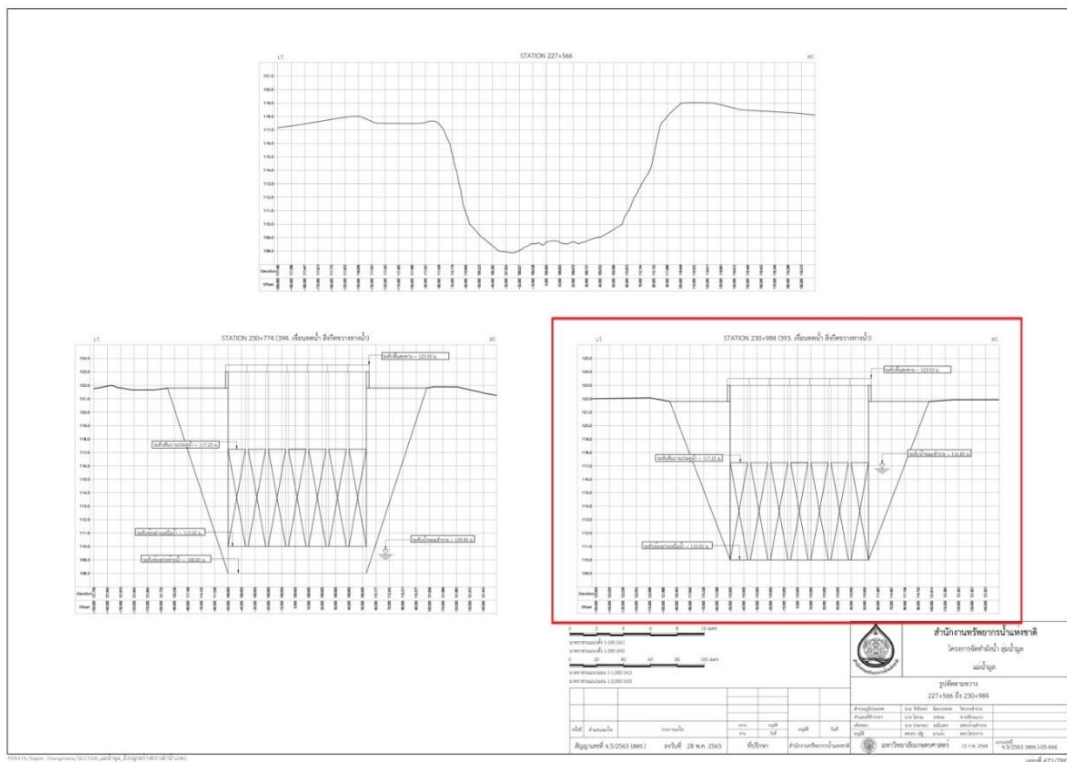


ภาพที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงาน

3.1. พื้นที่ศึกษา

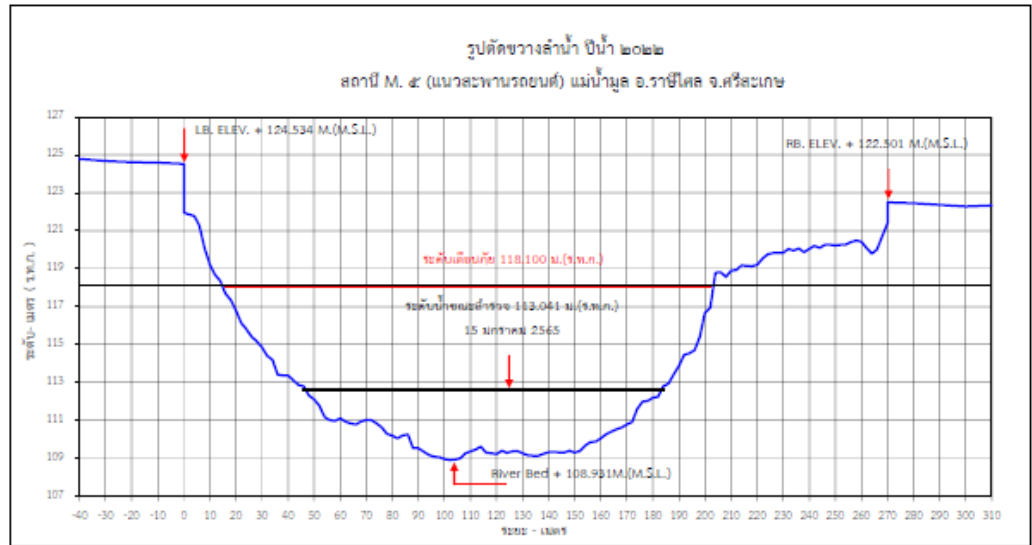
3.1.1. การรวบรวมข้อมูลการศึกษา

การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน จากภาพที่ 3.1 แต่ละขั้นตอนการศึกษามีดังนี้ ข้อมูลที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ข้อมูลรูปตัดลำน้ำ อัตราการไหล ระดับน้ำและอาคารควบคุมในลำน้ำ (เช่น ฝาย ท่อลอด สะพาน) และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำเป็นต้น การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามีรายละเอียด ในเบื้องต้นการรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อใช้โปรแกรม ที่ทำการศึกษาประกอบด้วย



ภาพที่ 3.2 รูปตัดขวางลำน้ำของอาคารระบายน้ำเขื่อนราษีไศล

พหุ ประถมศึกษา

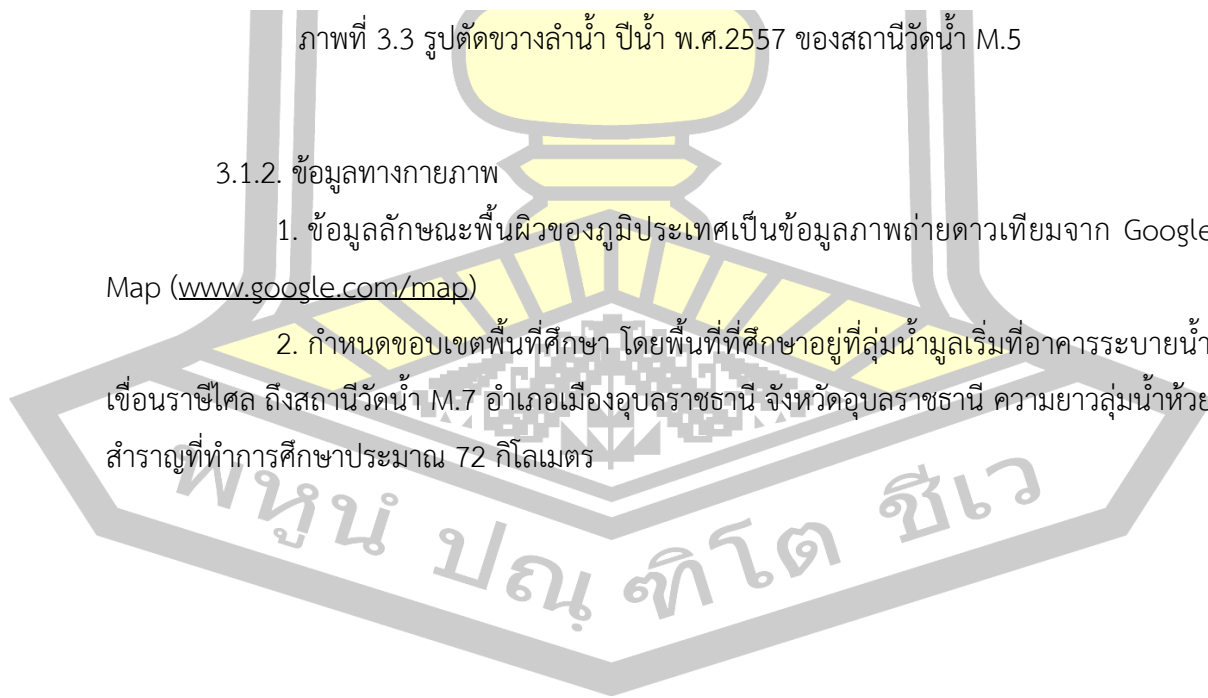


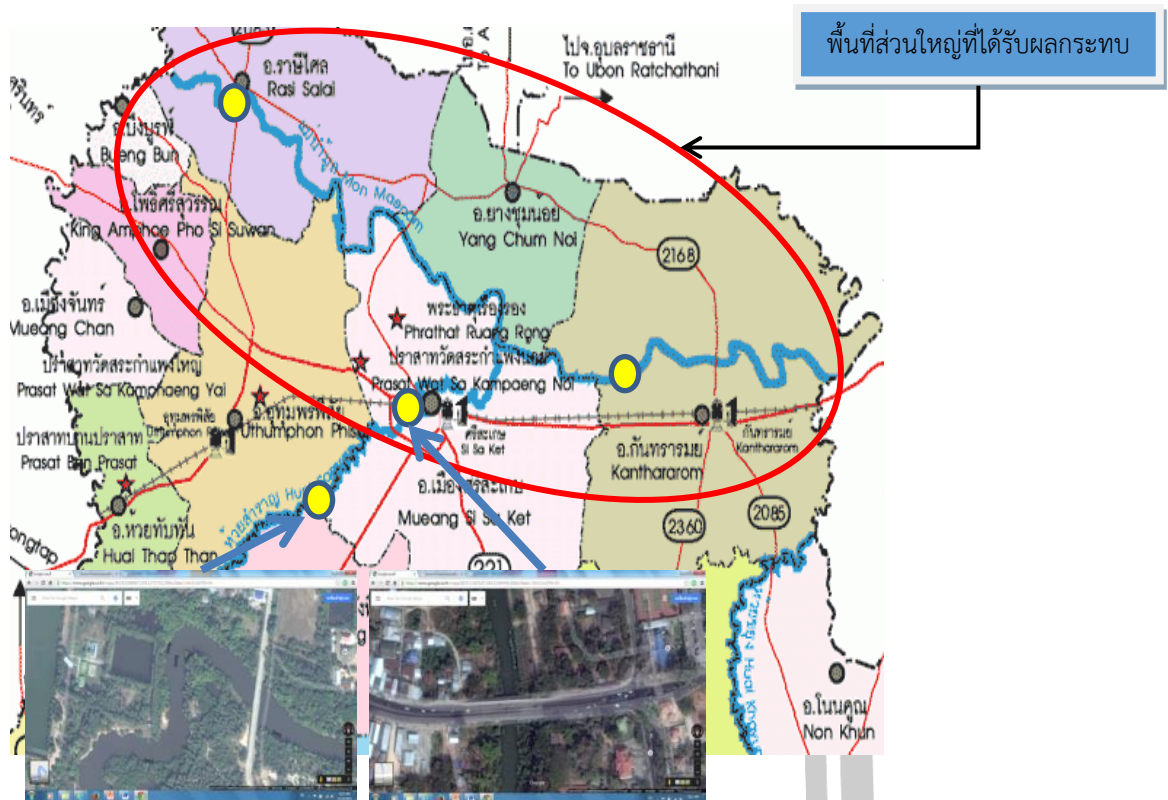
ระยะ	-40	-30	-20	-10	0	0	0	0	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
ระดับ	124.780	124.680	124.619	124.594	124.554	124.535	124.504	124.464	124.380	124.270	124.141	123.991	123.820	123.628	123.415	123.181	122.927	122.654	122.362	122.051
ระดับ	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	60	62	64	66	68
ระดับ	64	68	72	76	78	78	80	82	84	86	88	90	92	94	94	96	98	100	102	102
ระดับ	104	106	106	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132	136	136	138	140	140
ระดับ	108.930	108.991	109.257	109.561	109.668	109.638	109.268	109.216	109.228	109.598	109.288	109.368	109.388	109.218	109.158	109.138	109.158	109.237	109.520	109.520
ระดับ	142	144	146	148	150	152	154	156	158	160	162	164	166	168	170	172	174	176	178	178
ระดับ	109.580	109.520	109.318	109.398	109.298	109.388	109.618	109.858	109.816	110.048	110.258	110.467	110.538	110.618	110.788	110.918	111.038	111.068	111.068	112.038
ระดับ	180	182	184	186	188	190	192	194	196	198	200	202	204	206	208	210	212	214	214	214
ระดับ	112.180	112.241	112.312	112.359	112.457	112.571	112.602	112.580	112.703	112.809	112.909	112.981	113.041	113.081	113.119	113.154	113.189	113.214	113.189	114.161
ระดับ	218	220	222	224	226	228	230	232	234	236	238	240	242	244	246	248	250	252	252	254
ระดับ	119.111	119.201	119.253	119.323	119.412	119.501	119.561	119.591	119.701	119.791	119.871	119.931	119.981	120.021	120.051	120.071	120.081	120.081	120.214	120.214
ระดับ	256	258	262	264	266	268	270	270	280	280	300	310	310	310	310	310	310	310	310	310
ระดับ	120.980	120.980	120.920	120.880	120.820	120.720	120.580	120.380	120.180	120.020	119.820	119.580	119.320	119.020	118.620	118.120	117.520	116.820	116.020	115.020

ภาพที่ 3.3 รูปตัดขวางลำน้ำ ปีน้ำ พ.ศ.2557 ของสถานีวัดน้ำ M.5

3.1.2. ข้อมูลทางกายภาพ

- ข้อมูลลักษณะพื้นผิวของภูมิประเทศเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Map (www.google.com/map)
- กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา โดยพื้นที่ที่ศึกษาอยู่ที่ลุ่มน้ำมูลเริ่มที่อาคารระบายน้ำเขื่อนราษีไศล ถึงสถานีวัดน้ำ M.7 อำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี ความยาวลุ่มน้ำห้วยสำราญที่ทำการศึกษาประมาณ 72 กิโลเมตร





ภาพที่ 3.4 แผนที่พื้นที่การศึกษา

3. แผนที่จังหวัดศรีสะเกษขนาดระวาง มาตราส่วนแผนที่ 1 : 50,000 ได้จากสำนักงานชลประทานที่ 7 จังหวัดอุบลราชธานี ตัวอย่างระวางแผนที่ที่แสดงในภาพที่ 3.5 แผนที่จังหวัดศรีสะเกษ L7018

ภาพที่ 3.5 แผนที่จังหวัดศรีสะเกษ

3.1.3. ข้อมูลอาคารบังคับน้ำ

ขอบเขตที่ตั้งและลักษณะของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามูลล่างนั้น มีพื้นที่รับผิตขอบครอบคลุม 4 จังหวัด ได้แก่ จ.ศรีสะเกษ จ.สุรินทร์ จ.ร้อยเอ็ด และ จ.ยโสธร โดยมีเขื่อนในความดูแลรับผิตขอบจำนวน 2 แห่ง ได้แก่

1. เขื่อนราษีไศล ตั้งอยู่ที่ บ้านหนองงูเหลือม ต.หนองแค อ.ราษีไศล จ. ศรีสะเกษ พิกัดที่ [UTM] E 403279 N 1690536 หรือ พิกัด 48 PVB 032-962 ระหว่างแผนที่ 5839 IV เขื่อนสามารถช่วยยกกระตบน้ำในลำน้ำมูลเป็นระยะทาง 125 กิโลเมตร และลำน้ำสาขา 4 สาขา ระยะทางรวม 53 กิโลเมตร

ลักษณะเขื่อนเป็นฐานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีบานประตูเหล็กทدنน้ำ แบบประตูโค้ง (Radial Gate) จำนวน 7 ช่องบาน ขนาดความกว้าง 12.50 ม. x 7 ม.

สามารถระบายน้ำได้	3,500	ลบ.ม./วินาที
มีพื้นที่รับน้ำ	44,275	ตร.กม.
ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย	3,251	ล้าน ลบ.ม./ปี
มีระดับน้ำกักเก็บ	+119.00	ม.รทก.
และมีปริมาณน้ำเก็บกัก	74.43	ล้าน ลบ.ม.

ซึ่งจะสามารถสูบน้ำช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูก ที่พัฒนาเป็นพื้นที่ชลประทานเต็มศักยภาพ โครงการได้ประมาณ 143,260 ไร่ แต่ในระยะแรกการพัฒนาโครงการ โขง-ชี-มูล ซึ่งเป็นการใช้น้ำจากภายในประเทศ ทั้งนี้ เขื่อนราชสีไศลมีสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าขนาดใหญ่จำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานี RSP-12 ตั้งอยู่ที่ บ้านโนนลาน อ.บึงบูรพ์ จ.ศรีสะเกษ สูบน้ำจากห้วยทับทัน โดยมีเครื่องสูบน้ำจำนวน 5 เครื่อง ส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทาน 21,060 ไร่ และสถานี RSP-22 ตั้งอยู่ที่ บ้านดอนแรด อ.รัตนบุรี จ.สุรินทร์ สูบน้ำจากห้วยทับทัน โดยมีเครื่องสูบน้ำ จำนวน 4 เครื่อง ส่งน้ำให้ พื้นที่ชลประทาน 12,140 ไร่



ภาพที่ 3.6 ภาพเขื่อนราชสีไศล

การบริหารจัดการน้ำและการปล่อยน้ำของเขื่อนราชสีไศลในจังหวัดศรีสะเกษถูกกำหนดตามสถานการณ์น้ำที่แตกต่างกัน ได้แก่ สถานการณ์น้ำปกติ สถานการณ์น้ำน้อย และสถานการณ์น้ำมาก เพื่อให้การใช้น้ำมีประสิทธิภาพและลดผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม มีการบริหารจัดการน้ำ ดังนี้

1. สถานการณ์น้ำปกติ : การเก็บกักน้ำ รักษาระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ระดับ +119.00 เมตร (รทก.) เพื่อให้มีน้ำเพียงพอสำหรับการอุปโภคบริโภค การเกษตร และรักษาสมดุลระบบนิเวศ ส่วนการปล่อยน้ำ มีการ กำหนดช่วงเวลาเปิด-ปิดประตูระบายน้ำตามสถานการณ์ ให้สอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำของพื้นที่ปลายน้ำ และเพื่อรักษากระดับน้ำตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. สถานการณ์น้ำมาก ปริมาณน้ำกักเก็บอยู่ระหว่าง 80% ถึง 100% ของความจุอ่างเก็บน้ำ การระบายน้ำต้องเพิ่มการปล่อยน้ำผ่านประตูระบายน้ำตามสถานการณ์ เพื่อป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่เหนือเขื่อน และลดความเสี่ยงต่อชุมชนและพื้นที่การเกษตร และมีการแจ้งเตือน ประสานงานกับหน่วยงานท้องถิ่นเพื่อแจ้งเตือนประชาชนเกี่ยวกับการปล่อยน้ำและสถานการณ์น้ำ เพื่อเตรียมความพร้อมและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น

3. สถานการณ์น้ำน้อย มีการวางแผนการใช้น้ำอย่างรอบคอบ โดยให้ความสำคัญกับการอุปโภคบริโภคเป็นอันดับแรก และจัดสรรน้ำสำหรับการเกษตรตามความเหมาะสม ส่วนการปล่อยน้ำ จะลดการปล่อยน้ำเพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้ในเวลาที่จำเป็น และประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อวางแผนการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

2. เขื่อนห้วยนา ตั้งอยู่ที่ บ้านกอก ต.หนองแก้ว อ.กันทรารมย์ จ.ศรีสะเกษ พิกัดที่ [UTM] E 441142 N 1673034 หรือพิกัด 48 PVB 685 - 727 ระบุวางแผนที่ 5839 III เขื่อนสามารถยกกระดับน้ำในลำน้ำมูลเป็นระยะทาง 113 กิโลเมตร และลำน้ำสาขา 3 สาขา ระยะทางรวม 91 กิโลเมตร ซึ่งจะสามารถสูบน้ำช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูก ที่พัฒนาเป็นพื้นที่ชลประทานเต็มศักยภาพโครงการได้ประมาณ 154,000 ไร่

ลักษณะเขื่อนเป็นฐานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีบานประตูเหล็กท่อน้ำ แบบประตูโค้ง (Radial Gate) จำนวน 14 ช่องบาน ขนาดความกว้าง 12.50 ม. x 8 ม.

สามารถระบายน้ำได้	5,540	ลบ.ม./วินาที
มีพื้นที่รับน้ำ	53,184	ตร.กม.
ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย	9,195	ล้าน ลบ.ม./ปี
มีระดับน้ำกักเก็บ	+112.00	ม.รทก.
และมีปริมาณน้ำเก็บกัก	64.98	ล้าน ลบ.ม.

ทั้งนี้เขื่อนห้วยนา มีสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าขนาดใหญ่จำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานี PL3 ตั้งอยู่ที่ บ้านแสนแก้ว ต.หนองหมี่ อ.ราษีไศล จ.ศรีสะเกษ โดยมีเครื่องสูบน้ำ จำนวน 4 เครื่อง ส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทาน 47,300 ไร่ คลองส่งน้ำ 10 สาย ความยาว 51.528 กม. และสถานี PL-8 ตั้งอยู่ที่ บ้านหนองแก้ว ต.หนองแก้ว อ.กันทรารมย์ จ.ศรีสะเกษ โดยมีเครื่องสูบน้ำ จำนวน 4 เครื่อง ส่งน้ำให้แก่พื้นที่ชลประทาน 43,260 ไร่ คลองส่งน้ำ 12 สาย ความยาว 38.363 กม.

ลักษณะโครงการ ตัวเขื่อนมีความกว้าง 207.5 เมตร มีประตูเหล็กควบคุมน้ำจำนวน 14 บาน ขนาด 12.5 x 7.5 เมตร ซึ่งขนาดของเขื่อนใหญ่กว่า เขื่อนราษีไศล 2 เท่า (เขื่อนราษีไศลมีประตูควบคุมน้ำ 7 บาน ความกว้าง 87.5 เมตร) จะมีการสร้างเขื่อนปิดกั้นลำน้ำมูลเดิมสูงจากระดับ พื้นสูง 17 เมตร ซึ่งจะอยู่ในระดับ 122 ม.รทก. มีการสร้างคันดินกันน้ำ (DIKE) เลียบฝั่งแม่น้ำมูลสูงขนาด 0-4 เมตร ซึ่งระดับความสูงของคันดินเท่ากับ 117 ม.รทก. ตลอด 2 ฝั่งแม่น้ำมูล เป็นระยะทาง 90 กิโลเมตร ทั้งนี้ เพื่อปิดกั้นน้ำมิให้น้ำในแม่น้ำมูลซึ่งถูกยกกระดับสูงขึ้นทะลักท่วมที่นาของชาวบ้าน 2 ฝั่งแม่น้ำมูล

เขื่อนจะเก็บกักน้ำในลำน้ำมูลในระดับ 115 ม.รทก.และระดับเก็บกักสูงสุด 115.5 ม.รทก. ปริมาณน้ำที่จะเก็บกัก 115.62 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนพื้นที่อ่างเก็บน้ำเป็นเท่าไร โครงการไม่ได้ให้ข้อมูลไว้ น้ำที่ถูกกักเก็บไว้จะมีสถานีสูบน้ำด้วยพลังไฟฟ้าจำนวน 15 สถานี ซึ่งจะมีพื้นที่รับน้ำในฤดูฝน 154,000 ไร่ และในฤดูแล้ง 83,590 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ 61 หมู่บ้านของจังหวัดศรีสะเกษและจังหวัดอุบลราชธานี



ภาพที่ 3.7 ภาพเขื่อนห้วยนา

3.1.4. ข้อมูลทางอุตุวิทยา

1. ข้อมูลน้ำท่า

สถานีวัดน้ำลำห้วยสำราญ 2 สถานี ได้แก่ สถานีวัดน้ำ M.5 ตำบลเมืองคง อำเภอราศีไศล จังหวัดศรีสะเกษ และ สถานีวัดน้ำ M.182 ตำบลหนองแก้ว อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ ตามรายละเอียดข้อมูลในตารางที่ 3.1 และได้แสดงตำแหน่งไว้ในแผนที่แสดงในภาพที่ 3.8

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ข้อมูล

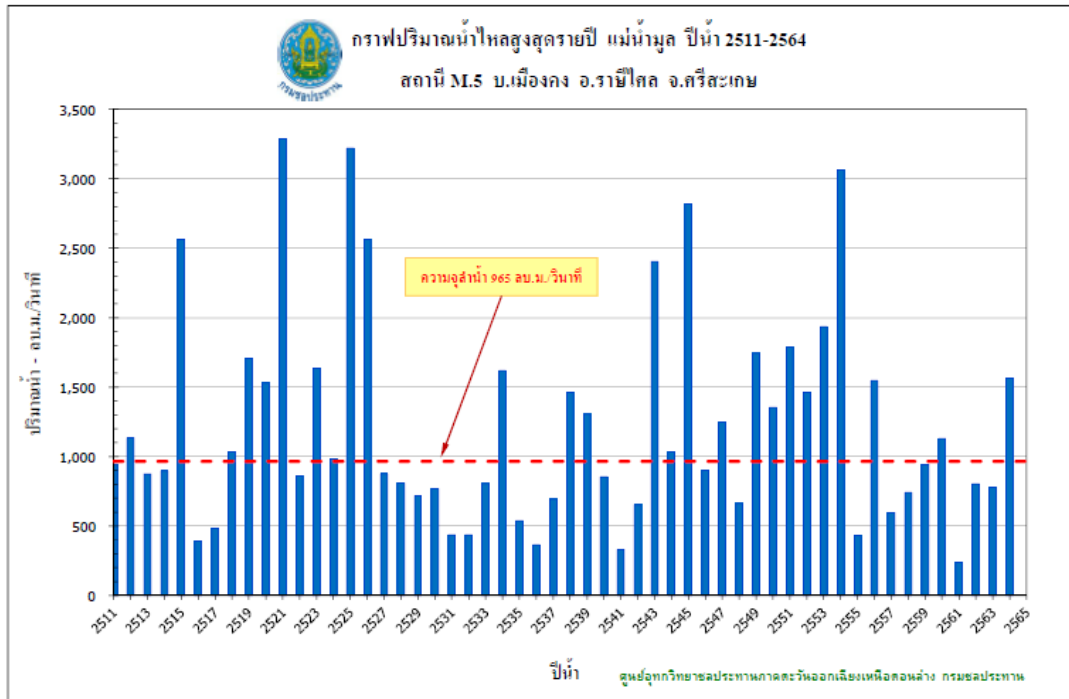
No.	แม่น้ำ	ลุ่มน้ำ	ที่ตั้ง			พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	ข้อมูลระดับน้ำ		ข้อมูลอัตราการไหล
			อำเภอ	จังหวัด	พิกัด		แบบ	ช่วงปี	
M.5	มูล	ลุ่มน้ำมูล ส่วนที่ 3	ราชไศล	ศรีสะเกษ	15°- 07' - 00" 104°- 19' - 20"	3,026	V	1954-1970	1954-1981
							A	1971-Cont'd	1987-Cont'd
M.182	มูล	ลุ่มน้ำมูล ส่วนที่ 3	กันทรารมย์	ศรีสะเกษ	14°- 29' - 48" 104°- 03' - 29"	128	V	1997-Cont'd	1997-Cont'd



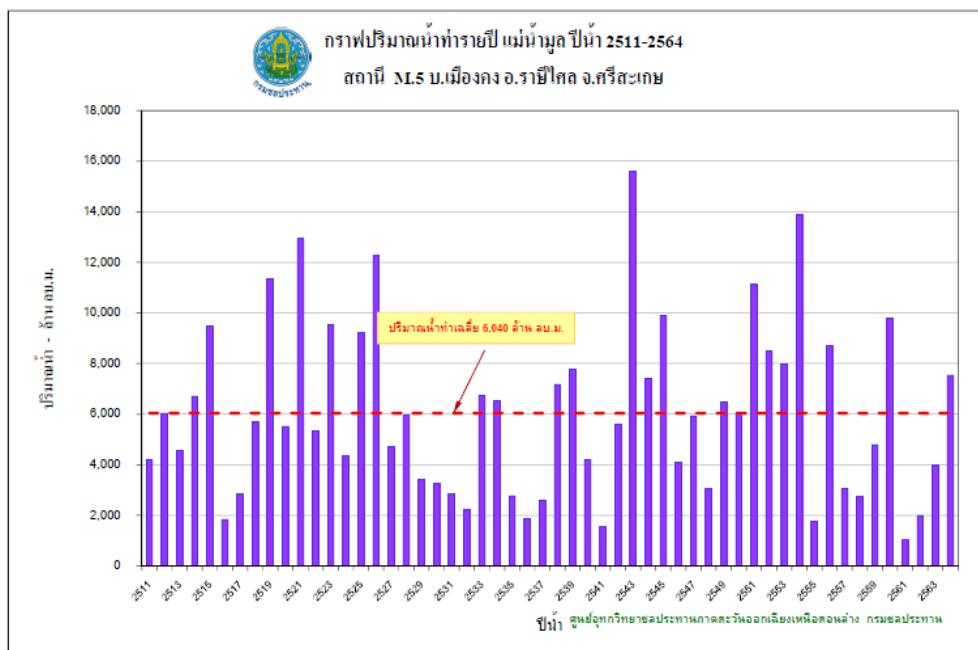
ภาพที่ 3.8 จุดที่ตั้งของสถานีวัดน้ำ

และเมื่อนำข้อมูลของสถานีวัดน้ำ M.5 ตามตาราง มาจัดทำเป็นกราฟเพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับอัตราการไหลของน้ำท่าที่สถานีวัดน้ำ M.5 ซึ่งแยกกราฟออกเป็นสองส่วนคือ กราฟอัตราการไหลสูงสุด ดังแสดงในภาพที่ 3.9 และกราฟระดับน้ำสูงสุด ดังแสดงในภาพที่

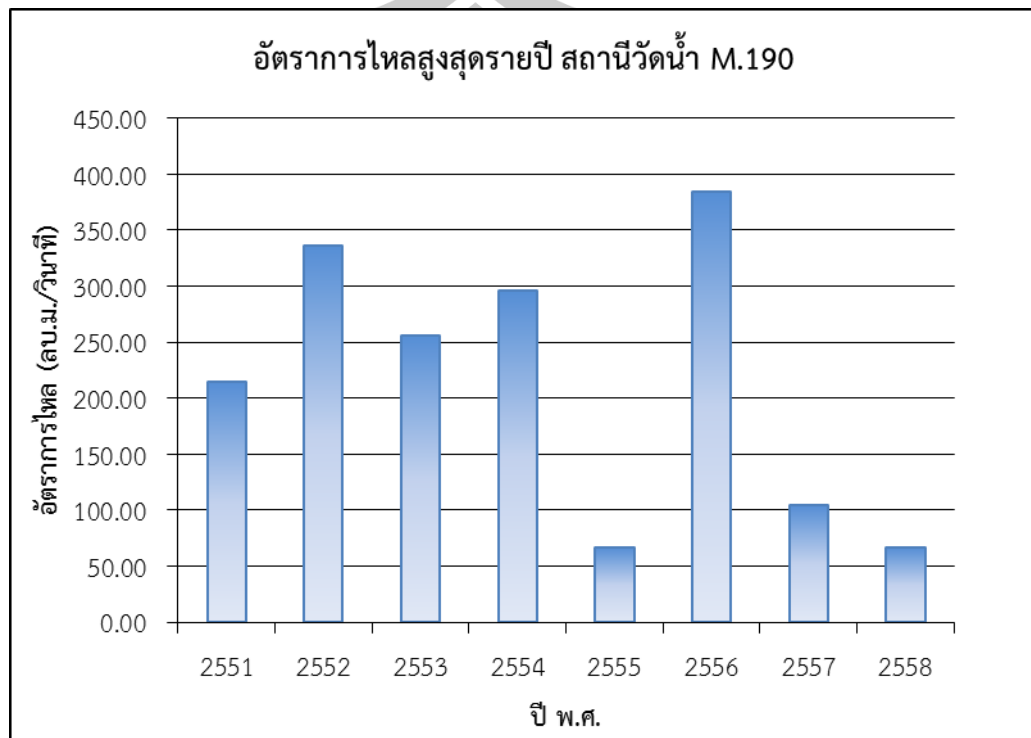
3.10 หรือบางครั้งอาจจะทำมาในกราฟเดียวกันเลยก็ได้ โดยข้อมูลเป็นข้อมูลน้ำท่ารายวันและรายเดือนของปี พ.ศ. 2511-2564 และของสถานีวัดน้ำ M.182 ดังแสดงในภาพที่ 3.11 และ ภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.9 กราฟแสดงอัตราการไหลสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.5

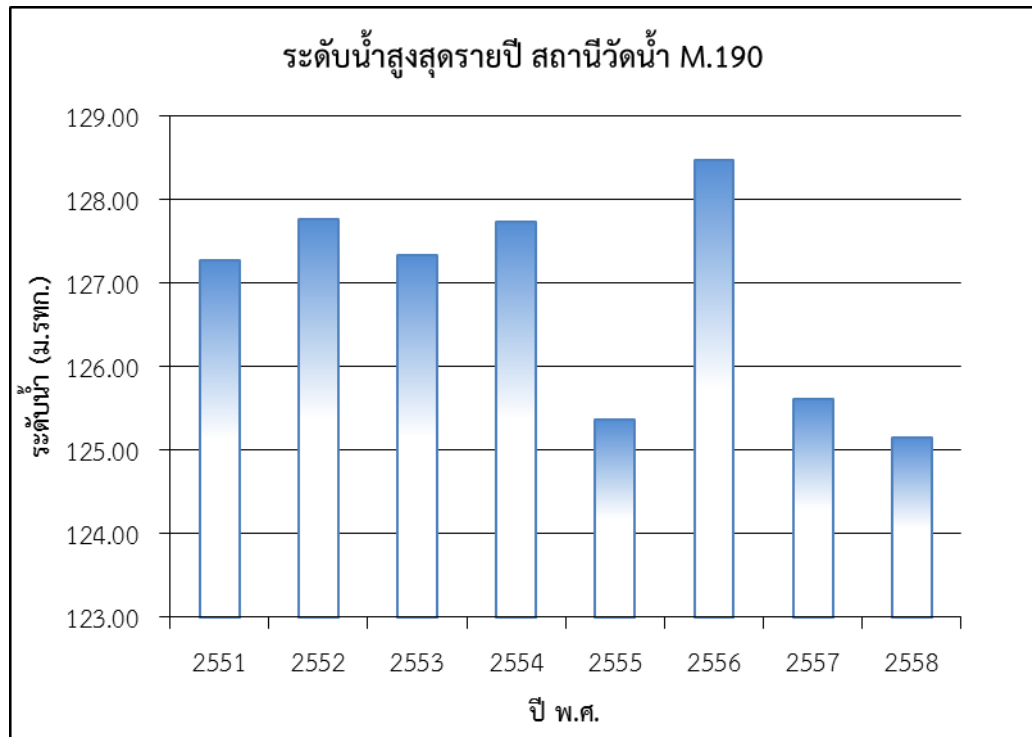


ภาพที่ 3.10 กราฟแสดงระดับน้ำสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.5



ภาพที่ 3.11 กราฟแสดงอัตราการไหลสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.182





ภาพที่ 3.12 กราฟแสดงระดับน้ำสูงสุดรายปีของสถานีวัดน้ำ M.182

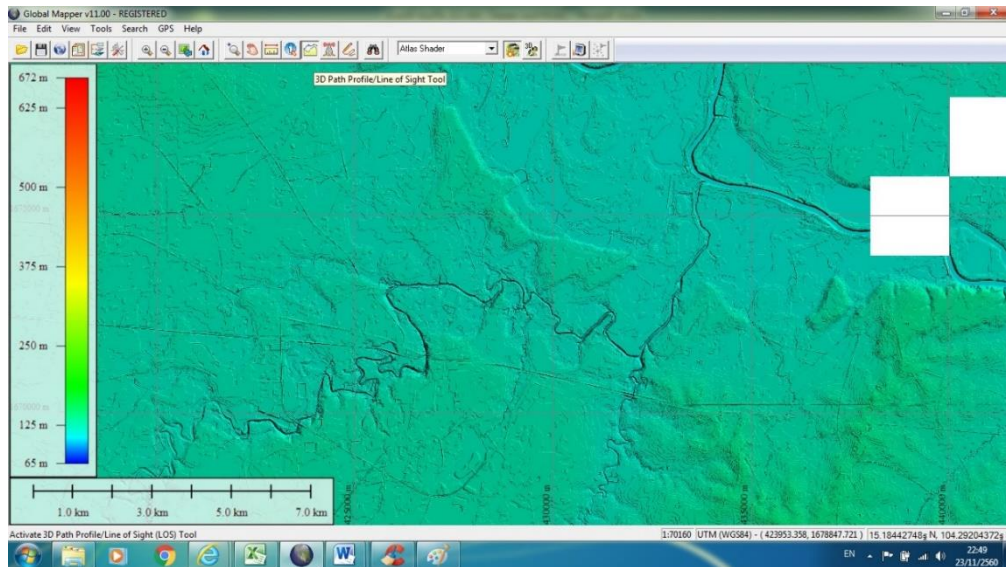
3.1.5. การหาเส้นหน้าตัดลำน้ำ

โดยการใช้โปรแกรม Global Mapper เพื่อประยุกต์ใช้ข้อมูลทางกายภาพเพื่อหาหน้าตัดลำน้ำ

ขั้นตอนการหาพื้นที่หน้าตัดลำน้ำโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Global Mapper 11

1. เปิดใช้งานโปรแกรม Global Mapper 11 เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ใช้งานจะต้องมีการติดตั้งโปรแกรม Global Mapper 11 ไว้แล้ว ซึ่งในปัจจุบันสามารถดาวน์โหลดได้ฟรีตามเว็บไซต์ต่าง ๆ การหาหน้าตัดลำน้ำจากการประยุกต์ใช้โปรแกรม Global Mapper เพื่อใช้ในการสร้างข้อมูลลำน้ำนำเข้าโปรแกรม HEC RAS 6.0 ต่อไป

พหุบัณฑิต ชีวะ



ภาพที่ 3.13 การขยายภาพ DEM จุดที่ต้องการ

2. นำเข้าแผนที่ 1 : 50,000 ระวังที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา คือพื้นที่อำเภอเมืองศรีสะเกษ และอำเภออุทุมพรพิสัย พิกัดตามแผนที่ 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร กับข้อมูล DEM จังหวัดศรีสะเกษ โดยการคลิกที่ภาพ จากนั้นทำการเลือกกระวางแผนที่ จะปรากฏผลตามภาพที่ 3.11

3. เลือกไอคอน 3D Path Profile/Line Of Sign Tool แล้วคลิกซ้ายตรงจุดที่ต้องการสร้างขอบเขตหน้าตัดลำน้ำ (อาจตั้งเป็นตลิ่งซ้าย หรือ LB) ลากผ่านเส้นลำน้ำที่ต้องการ แล้วเลือกจุดสิ้นสุดขอบเขตหน้าตัดลำน้ำ (ตั้งเป็นตลิ่งขวา หรือ RB) จะมีกล่องโปรไฟล์หน้าตัดลำน้ำขึ้นมา แล้วให้ทำการเลือกเมนู File เลือกเมนู Save CSV File กด OK แล้วทำการตั้งชื่อหน้าตัดตามต้องการ

4. ทำตามขั้นตอนในข้อ 3. โดยเลื่อนตำแหน่งหน้าตัดลำน้ำตามระยะที่ได้ทำการตั้งค่าพิกัดไว้จนครบ 72 หน้าตัดลำน้ำที่ต้องการ เป็นอันเสร็จสิ้นการสร้างหน้าตัดลำน้ำเพื่อใช้ในการนำเข้าโปรแกรม HEC RAS 6.0 ต่อไป

5. การนำเข้าข้อมูลแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข หรือ Digital Elevation Model (DEM) ซึ่งทำการจัดสร้างขึ้นจากข้อมูลพื้นฐานประกอบด้วยค่าพิกัด X, Y และ Z ของพื้นที่ศึกษาแล้วสามารถสร้างเส้นชั้นความสูงเพื่อใช้ในการสร้างแผนที่ระดับน้ำได้

6. ทำการสร้างเส้นชั้นความสูง Generate Contours โดยการคลิกที่ เมนู Terrain Analysis และคลิกต่อที่ Generate Contour ดังภาพและผลลัพธ์ที่จะแสดงในภาคผนวก ตามลำดับต่อไป

การทำพื้นที่รับน้ำฝนของกลุ่มน้ำโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ มีความสะดวก รวดเร็ว ได้ผลถูกต้องแม่นยำมาก ทั้งยังสามารถนำออกไปใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ได้มากมาย และสามารถนำออก

ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ เช่น ในรูปแบบของ pdf ไฟล์ ในรูปแบบของเวกเตอร์ รูปภาพ หรือ ไฟล์งาน KML/KMZ เพื่อแสดงผลใน Google Earth ได้

3.2. การสร้างแบบจำลองตัวแทนลำน้ำด้วย โปรแกรม HEC RAS

HEC-RAS ก็คือการจำลองสถานการณ์ไฮดรอลิก HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการจำลองการไหลของน้ำในแม่น้ำ และลำน้ำอย่างละเอียด ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อประเมินการไหลของน้ำ ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลเข้าและการจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำ จำลองการปล่อยน้ำ วางแผนการปล่อยน้ำ จากเขื่อนราชีไศล เพื่อควบคุมระดับน้ำทั้งด้านเหนือและด้านใต้เขื่อน วิเคราะห์ผลกระทบของการปล่อยน้ำ ช่วยทำนายผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับพื้นที่ปลายน้ำ เช่น การเกิดน้ำท่วมในพื้นที่เกษตรกรรมหรือเขตชุมชน

แม้ว่า HEC-RAS เองไม่ได้ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือ Optimization โดยตรง แต่สามารถเชื่อมโยงกับเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสม (Optimization Techniques) ได้ในลักษณะการสร้างแบบจำลองลำน้ำ ให้ข้อมูลการจำลองการไหลของน้ำที่แม่นยำ เช่น ระดับน้ำ ความเร็วการไหล และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลอินพุตสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี Optimization ซึ่งการปรับปรุงโค้งควบคุม (Rule Curves) ข้อมูลจาก HEC-RAS ช่วยในการปรับค่าพารามิเตอร์ของโค้งควบคุม โดยเทคนิค Optimization เช่น Harris Hawks Optimization (HHO) หรือ White Shark Optimization (WSO) สามารถใช้ผลลัพธ์จาก HEC-RAS เพื่อปรับโครงสร้างการปล่อยน้ำให้เหมาะสมที่สุด การใช้ HEC-RAS ร่วมกับ Optimization จะช่วยเลือกแผนการปล่อยน้ำที่ดีที่สุด สถานการณ์ต่าง ๆ เช่น น้ำมาก นำน้อย หรือสถานการณ์ปกติ

สำหรับเขื่อนราชีไศล HEC-RAS มีบทบาทในการจำลองระดับน้ำในแม่น้ำมูล เพื่อวางแผนการปล่อยน้ำจากเขื่อนราชีไศลให้เหมาะสม โดยพิจารณาความสามารถในการรองรับน้ำของลำน้ำด้านใต้เขื่อน สนับสนุนการตัดสินใจเกี่ยวกับการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำของเขื่อน เพื่อลดผลกระทบต่อชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรม ช่วยตรวจสอบว่าสถานการณ์การจัดการน้ำในแต่ละแผน เป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่ เช่น การลดความเสี่ยงน้ำท่วม หรือการสำรองน้ำสำหรับช่วงแล้ง

การจำลองโครงข่ายลำน้ำตามลักษณะกายภาพของพื้นที่ศึกษาล้ำของจริง การศึกษาแบบจำลองทำให้ได้ข้อมูลที่เห็นจริงและวัดค่าได้จริง มองเห็นพฤติกรรมของน้ำ สามารถแปลความหมายได้ตามหลักวิชาชลศาสตร์ นำเข้าข้อมูลรูปตัดลำน้ำที่ศึกษาได้ ปัญหาสำคัญ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ โดยปกติความผันแปรของค่าความขรุขระในแบบจำลองจะมากกว่าของจริง ประสิทธิภาพของแบบจำลองจะน้อยกว่าประสิทธิภาพของจริง (Prototype) โดยนำเข้าตามระเบียบวิธีของการใช้งานแบบจำลอง แสดงในขั้นตอนในการทำงานแยกเป็นสองส่วนสำคัญ คือ 1.การสร้าง

ข้อมูลภูมิศาสตร์ในแบบจำลอง และ 2.การใช้ข้อมูลอุทกวิทยา เพื่อการนำไปใช้ประมวลผลข้อมูล
เพื่อการพยากรณ์

นำเข้าข้อมูลอุทกวิทยา คือ ข้อมูลระดับน้ำท่า ข้อมูลอัตราการไหล ซึ่งใช้ข้อมูลเป็น
รายวันในช่วงปี พ.ศ.2554-2557 มาใช้

Station -	Ban Si Than,Kanthararoem, Si Sa Ket,M.182												Royal Irrigation By Pe
Stream -	Mun												Thailand
River -	Mun												Hydrology Division
River System -	Mun												Rating Curve HC. 2493 Y/2013
Water Year 2013													
GAGE HEIGHT IN METER (MSL), Water Year April 1, 2013 to March 31, 2014													
Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual
1	109.79	110.59	108.99	108.90	109.68	110.91	117.57	118.95	113.54	112.44	111.85	110.78	
2	109.77	110.28	108.99	108.90	109.78	110.92	117.65	118.91	113.20	112.43	111.81	110.72	
3	109.76	109.84	108.96	108.89	109.68	110.90	117.68	118.86	113.00	112.39	111.78	110.67	
4	109.75	109.66	108.88	108.87	109.49	110.85	117.69	118.79	112.80	112.36	111.74	110.63	
5	109.74	109.54	108.76	108.86	109.37	110.75	117.86	118.71	112.60	112.35	111.70	110.58	
6	109.72	109.49	108.68	108.93	109.40	110.73	117.83	118.62	112.23	112.33	111.66	110.53	
7	109.71	109.49	108.73	108.94	109.46	111.06	117.59	118.53	112.32	112.29	111.61	110.48	
8	109.70	109.45	108.77	108.97	109.49	111.51	117.50	118.45	112.34	112.29	111.58	110.44	
9	109.67	109.36	108.79	109.07	109.49	111.95	117.49	118.34	112.22	112.32	111.53	110.40	
10	109.66	109.27	108.81	109.18	109.53	111.99	117.43	118.24	112.13	112.30	111.51	110.36	
11	109.65	109.07	108.83	109.26	109.57	111.90	117.35	118.13	112.04	112.28	111.46	110.32	
12	109.73	109.13	108.82	109.29	109.59	111.59	117.28	118.02	112.05	112.23	111.41	110.27	
13	109.83	109.08	108.70	109.30	109.56	111.29	117.15	115.90	112.11	112.21	111.37	110.24	
14	109.83	108.99	108.59	109.30	109.51	111.13	117.07	115.75	112.20	112.19	111.33	110.19	
15	109.83	108.90	108.57	109.25	109.47	110.95	116.99	115.62	112.39	112.18	111.30	110.15	
16	109.81	108.88	108.68	109.12	109.58	110.87	116.96	115.47	112.34	112.16	111.27	110.11	
17	109.80	108.81	108.82	108.95	109.71	110.99	116.93	115.31	112.19	112.14	111.23	110.07	
18	109.87	108.75	108.82	108.81	109.81	111.12	116.90	115.13	112.27	112.13	111.18	110.03	
19	110.03	108.78	108.77	108.71	109.78	112.07	116.89	114.95	112.26	112.11	111.15	109.98	
20	110.06	108.81	108.71	108.71	110.14	113.52	116.86	114.74	112.07	112.09	111.11	109.93	
21	110.03	108.84	108.68	108.73	110.58	114.44	116.86	114.54	112.06	112.15	111.08	109.89	
22	110.01	108.87	108.67	108.83	110.97	114.98	116.86	114.34	112.15	112.07	111.05	109.87	
23	109.97	108.89	108.65	109.05	110.96	115.34	116.86	114.14	112.19	112.05	111.02	109.86	
24	109.94	108.93	108.65	109.22	110.87	115.82	116.86	114.04	112.17	112.04	110.99	109.84	
25	110.00	108.93	108.64	109.27	111.19	116.26	116.87	113.85	112.12	112.05	110.94	109.80	
26	110.16	108.92	108.67	109.27	111.52	116.56	116.89	113.68	112.22	112.05	110.90	109.77	
27	110.42	108.90	108.69	109.30	111.66	116.86	116.91	113.47	112.23	112.02	110.86	109.73	
28	110.57	108.95	108.72	109.39	111.44	117.15	116.93	113.24	112.30	111.98	110.81	109.70	
29	110.66	109.01	108.80	109.42	111.27	117.32	116.95	114.35	112.36	111.95		109.66	
30	110.73	109.00	108.87	109.51	111.18	117.43	116.97	113.96	112.40	111.91		109.63	
31		108.97		109.61	110.96		116.97		112.43	111.88		109.60	
Mean	109.94	109.17	108.76	109.09	110.15	112.97	117.17	115.37	112.35	112.17	111.33	110.14	
Max	110.73	110.59	108.99	109.81	111.66	117.43	117.89	118.95	113.54	112.44	111.85	110.78	117.89
Min	109.65	108.75	108.57	108.71	109.37	110.73	116.86	113.24	112.04	111.88	110.81	109.60	108.57
Annual Max Momentary Gage Height	117.69 M (MSL), AT 01:00 Hours, On OCT 4, 2013												
Zero Gage At Bottom Elevation	106.49 M (MSL), River Bed 106.272 M (MSL)												
Left Bank Elevation	116.439 M (MSL)												
Right Bank Elevation	118.608 M (MSL), Drainage Area 49778 Square Kilometers												

ภาพที่ 3.14 ตัวอย่างข้อมูลระดับน้ำท่า ข้อมูลรายวันที่นำมาใช้



Station - Ban Si Than,Kanthararoem, Si Sa Ket.M.182
 Stream - Mun
 River - Mun
 River System - Mun

Royal Irrigation By Pc
 Thailand
 Hydrology Division
 Rating Curve HC. 2493 Y/2013

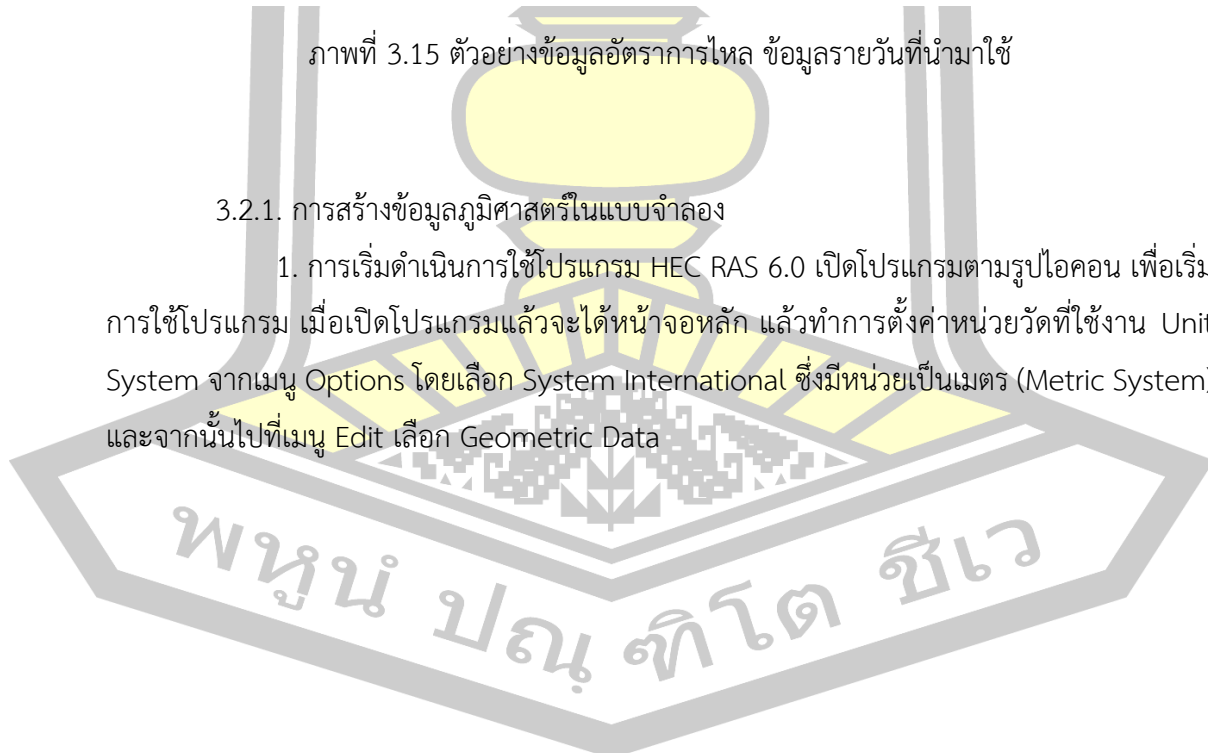
Water Year 2013
 Discharge, in Cubic Meter per Second, Water Year April 1, 2013 to March 31, 2014

Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual
1	85.30	233.10	4.95	4.50	67.00	293.90	1644.70	1514.50	802.00	448.40	48.50	17.80	
2	81.90	174.20	4.95	4.50	80.20	295.80	1661.50	1508.10	734.00	423.80	43.30	17.20	
3	80.20	93.80	4.80	4.45	67.00	292.00	1667.80	1495.60	694.00	338.00	40.60	16.70	
4	78.50	64.00	4.40	4.35	39.00	282.50	1669.90	1480.90	654.00	302.00	37.80	16.30	
5	76.80	46.00	3.80	4.30	27.00	263.50	1663.60	1464.10	615.00	290.00	35.00	15.80	
6	73.40	39.00	3.40	4.65	30.00	259.70	1657.30	1445.20	544.70	266.00	33.00	15.30	
7	71.70	39.00	3.65	4.70	36.00	322.40	1648.90	1428.30	254.00	220.00	30.50	14.80	
8	70.00	35.00	3.85	4.85	39.00	407.90	1630.00	1409.50	278.00	220.00	29.50	14.40	
9	65.50	26.00	3.95	8.50	39.00	491.50	1627.90	1388.40	150.00	254.00	28.25	14.00	
10	64.00	18.50	4.05	14.00	44.50	499.10	1615.30	1365.40	109.00	230.00	27.75	13.60	
11	62.50	8.50	4.15	18.00	50.50	482.00	1598.50	1342.30	82.00	190.00	26.60	13.20	
12	75.10	11.50	4.10	19.50	53.50	423.10	1583.80	1319.20	85.00	180.00	28.15	12.70	
13	92.10	9.00	3.50	20.00	49.00	366.10	1556.50	1294.00	103.00	140.00	25.55	12.40	
14	92.10	4.95	2.95	20.00	41.50	335.70	1539.70	1282.50	130.00	127.00	24.95	11.90	
15	92.10	4.50	2.85	17.50	37.00	301.50	1522.90	1235.20	338.00	124.00	24.50	11.50	
16	89.70	4.40	3.40	11.00	52.00	288.30	1518.60	1203.70	278.00	118.00	24.05	11.10	
17	87.00	4.05	4.10	4.75	71.70	309.10	1510.30	1170.10	127.00	112.00	23.45	10.70	
18	99.90	3.75	4.10	4.05	88.70	333.80	1504.00	1132.30	200.00	109.00	22.70	10.30	
19	128.70	3.90	3.85	3.55	83.60	514.30	1501.90	1094.50	190.00	103.00	22.25	9.90	
20	132.40	4.05	3.55	3.55	147.60	798.00	1495.60	1050.40	91.00	97.00	21.65	9.65	
21	128.70	4.20	3.40	3.65	231.20	987.40	1495.60	1008.40	88.00	115.00	21.20	9.45	
22	122.90	4.35	3.35	4.15	305.30	1100.80	1495.60	966.40	115.00	91.00	20.75	9.35	
23	115.90	4.45	3.25	7.50	303.40	1176.40	1495.60	924.40	127.00	85.00	20.30	9.30	
24	110.80	4.65	3.25	16.00	286.30	1277.20	1495.60	903.40	121.00	82.00	19.90	9.20	
25	121.00	4.65	3.20	18.50	347.10	1369.60	1497.70	864.00	106.00	85.00	19.40	9.00	
26	151.40	4.80	3.35	18.50	409.80	1432.60	1501.90	830.00	150.00	85.00	19.00	8.85	
27	200.80	4.50	3.45	20.00	436.40	1495.60	1508.10	788.00	160.00	78.00	18.60	8.65	
28	229.30	4.75	3.80	29.00	394.60	1556.50	1510.30	742.00	230.00	67.00	18.10	8.50	
29	246.40	5.50	4.00	32.00	362.30	1592.20	1514.50	698.50	302.00	62.50		8.30	
30	259.70	5.00	4.35	41.50	345.20	1615.30	1518.70	686.60	350.00	56.50		8.15	
31		4.85		56.50	303.40		1518.70		423.80	52.40		8.00	
Total	3379.80	878.70	113.55	428.00	4888.80	21161.80	48367.00	35479.90	8631.50	5129.60	753.60	365.80	129558.05 CMSDAY
Mean	112.66	28.35	3.79	13.81	157.06	705.39	1560.23	1182.66	278.44	165.47	26.91	11.80	353.88 CMS
Max	259.70	233.10	4.95	56.50	436.40	1615.30	1669.90	1514.50	802.00	448.40	48.50	17.80	1669.90 CMS
Min	62.50	3.75	2.85	3.55	27.00	259.70	1495.60	742.00	82.00	52.40	18.10	8.00	2.85 CMS
Runoff	292.01	75.92	9.81	36.98	420.66	1828.38	4178.91	3065.46	745.78	443.20	65.11	31.61	11193.82 MCM
Momentary Peak	1669.90 CMS, at		117.69		M (MSL), at		1	Hours, on		OCT 4, 2013			
Runoff Yield		7.13 Liters/Second/Square KM, Momentary Yield						33.547 Liters/Second/Square KM					

ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างข้อมูลอัตราการไหล ข้อมูลรายวันที่นำมาใช้

3.2.1. การสร้างข้อมูลภูมิศาสตร์ในแบบจำลอง

1. การเริ่มดำเนินการใช้โปรแกรม HEC RAS 6.0 เปิดโปรแกรมตามรูปไอคอน เพื่อเริ่มการใช้โปรแกรม เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วจะได้หน้าจอหลัก แล้วทำการตั้งค่าหน่วยวัดที่ใช้งาน Unit System จากเมนู Options โดยเลือก System International ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร (Metric System) และจากนั้นไปที่เมนู Edit เลือก Geometric Data

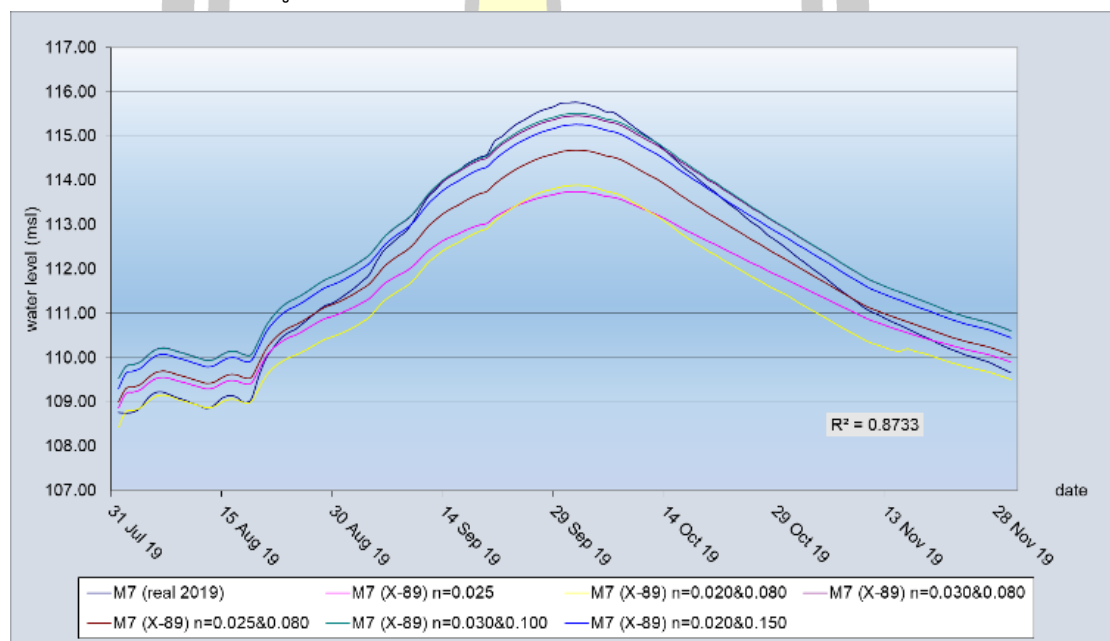


หน้าตัด แล้วจึงทำการบันทึกข้อมูล เพิ่มเติมข้อมูล LOB, Channel, ROB, manning n, Left Bank, Right Bank ให้ครบทุกช่อง

เมื่อได้แผนผังลำน้ำและหน้าตัดลำน้ำที่ต้องการ จากนั้นนำไปสู่การทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนการสร้างแผนผังลำน้ำมูลได้แสดงขั้นตอนไว้ในภาคผนวก ข ซึ่งจะดำเนินการต่อไปคือการปรับเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ n ในแบบจำลองดังจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.5.2 การปรับเทียบแบบจำลอง HEC RAS 6.0

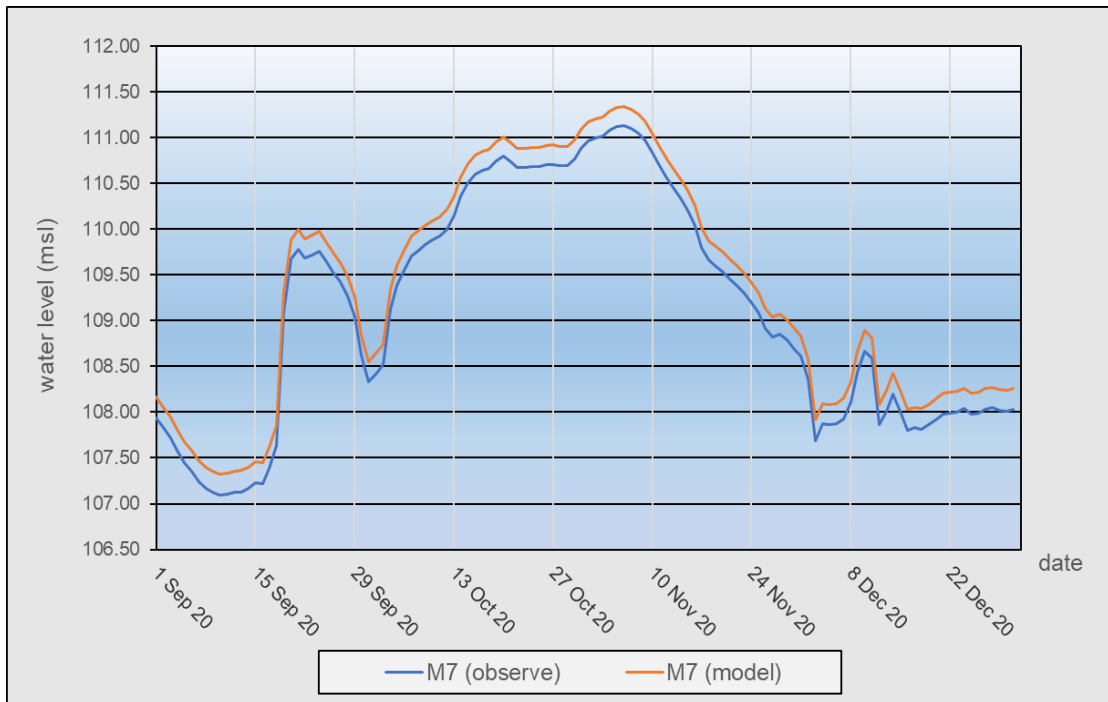
3.2.2. การปรับเทียบแบบจำลอง HEC RAS 6.0

การทดสอบปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าสถานีวัดน้ำ M.5, M.182 และ M.7 ปี พ.ศ.2551 ถึง พ.ศ.2558 ซึ่งเป็นปีที่มีการเกิดน้ำท่วมและปีที่ไม่ท่วมมาทดสอบปรับเทียบค่าระดับน้ำแบบสุ่ม แบ่งเป็นชุดข้อมูล 3 ชุดข้อมูล แต่ละชุดข้อมูลมีการทดสอบ 9 กรณีดังแสดงรายละเอียดไว้ตามขั้นตอนวิธีการใส่ข้อมูลดังนี้

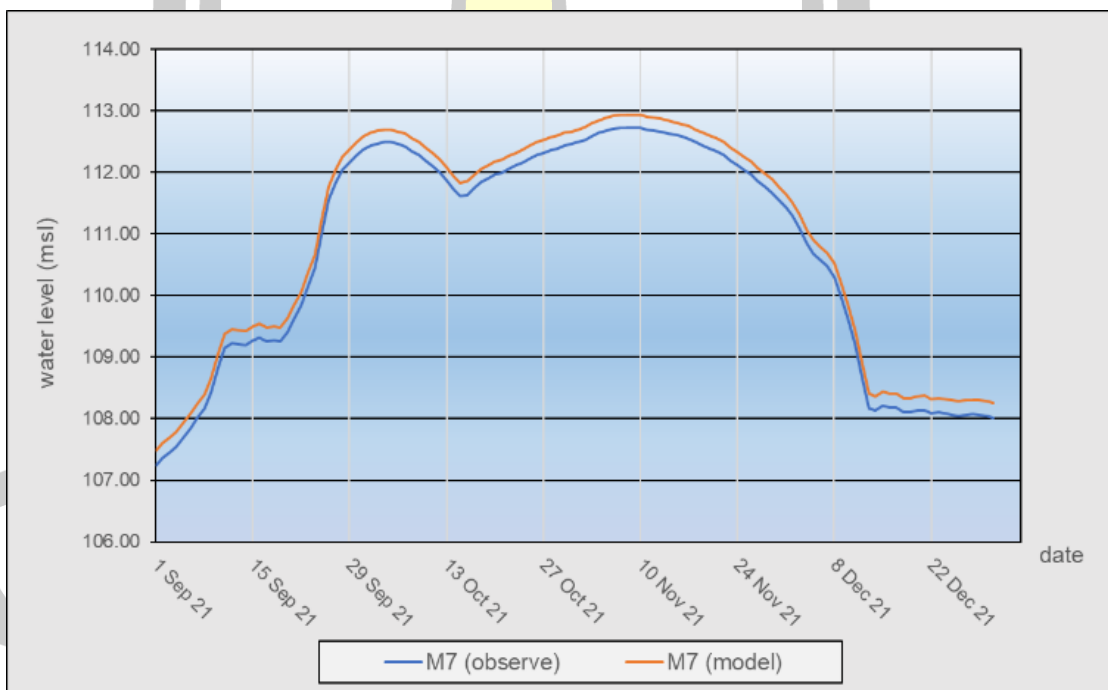


ภาพที่ 3.17 แผนผังลำน้ำเขตพื้นที่การศึกษา จากเขื่อนราษีไศล ถึง สถานีวัดน้ำ M.7

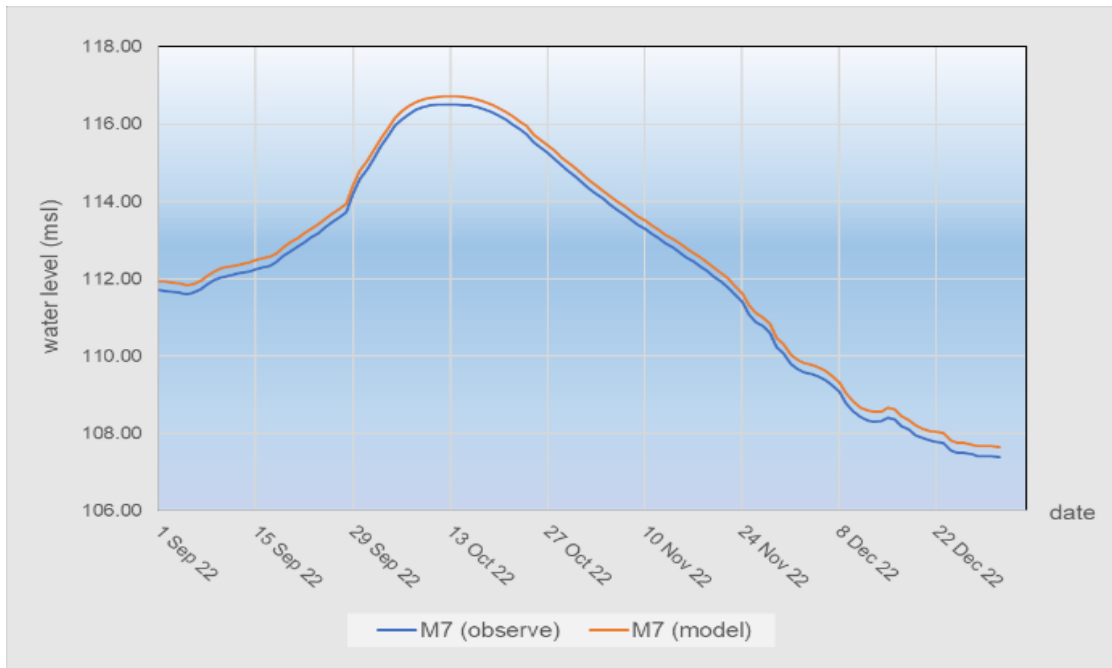
จากผลการปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำในช่วงปี พ.ศ.2562 ซึ่งเป็นปีที่มีระดับในเกณฑ์ปกติ และเลือกช่วงวันที่ 31 กรกฎาคม ถึงวันที่ 27 พฤศจิกายน มาใช้สำหรับการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่แสดงในภาพที่ 3.16 นั้น ปรากฏว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (manning' n) ที่ได้ใกล้เคียงมากที่สุดคือ 0.030 ของตลิ่งลำน้ำ และ 0.080-0.150 ของกลางลำน้ำ โดยมีค่า $R^2 = 0.8733$ ซึ่งเป็นค่าที่ดีในระดับใช้ได้ ถัดไปจะนำแบบจำลองที่ได้ทำการสอบเทียบในข้อมูลน้ำปี พ.ศ.2563 (1 กันยายน ถึง 30 ธันวาคม) พ.ศ.2564 (1 กันยายน ถึง 30 ธันวาคม) และ พ.ศ.2565 (1 กันยายน ถึง 30 ธันวาคม) ซึ่งปรากฏผลดังภาพที่ 3.17 ถึงภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.18 water year 2020(Sep-Dec)



ภาพที่ 3.19 water year 2021(Sep-Dec)



ภาพที่ 3.20 water year 2022(Sep-Dec)

จากข้อมูลสอบเทียบแบบจำลองทั้งสามข้อมูลได้ค่า mse, rmse และ mad ตามที่แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าความน่าเชื่อถือ

	2020	2021	2022
mse	0.726	0.736	0.779
rmse	0.852	0.858	0.883
mad	3.325	3.346	3.438

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใช้แบบจำลอง HEC-RAS เพื่อจำลองการไหลของน้ำที่เขื่อนราษีไศล, เขื่อนห้วยนา ส่งผลกระทบต่อระดับน้ำในจังหวัดศรีสะเกษและจังหวัดอุบลราชธานี การบูรณาการแบบจำลอง HEC-RAS เข้ากับข้อมูลระดับน้ำที่แม่นยำและเส้นโค้งควบคุมที่เหมาะสมที่สุดจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมน้ำท่วมและการจัดการทรัพยากรน้ำ การจัดการเขื่อนอย่างประสานงานกันช่วยลดความเสี่ยงต่อน้ำท่วมและเพิ่มเสถียรภาพในการระบายน้ำ

3.3. หาโดเมนควบคุมอย่างเก็บน้ำที่เหมาะสมโดยวิธี White Shark Optimization (WSO)

อัลกอริทึมเมตาฮีวิริสติกใหม่ที่เรียกว่า White Shark Optimizer (WSO) เพื่อแก้ปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพในพื้นที่การค้นหาอย่างต่อเนื่อง แนวคิดหลักและรากฐานของ WSO ได้รับแรงบันดาลใจจากพฤติกรรมของฉลามขาว รวมถึงประสาทสัมผัสด้านการได้ยินและการดมกลิ่นที่ยอดเยี่ยมขณะเดินเรือและหาอาหาร แง่มุมของพฤติกรรมเหล่านี้ถูกสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อรองรับสมดูลที่เหมาะสมเพียงพอรหว่างการสำรวจและการใช้ประโยชน์จาก WSO และเพื่อช่วยให้ตัวแทนการค้นหาสำรวจและใช้ประโยชน์จากพื้นที่ที่มีศักยภาพแต่ละแห่งในพื้นที่การค้นหาเพื่อให้บรรลุการเพิ่มประสิทธิภาพ ตัวแทนการค้นหาของ WSO อัปเดตตำแหน่งแบบสุ่มโดยเชื่อมโยงกับโซลูชันที่ดีที่สุดจนถึงขณะนี้ เพื่อไปสู่ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดในที่สุด



ภาพที่ 3.21 การล่าเหยื่อของฉลามขาว

```

%% White Shark Optimizer (WSO)
% Initialization of the first population of search agents
function pos=initialization(whiteSharks,dim,ub_,lb_)
% number of boundaries
BoundNo= size(ub_,1);
% If the boundaries of all variables are equal and user enters one
number for both ub_ and lb_
if BoundNo==1
    pos=rand(whiteSharks,dim).*(ub_-lb_)+lb_;
end
% If each variable has different ub_ and lb_
if BoundNo>1
    for i=1:dim
        ubi=ub_(i);
        lbi=lb_(i);
        pos(:,i)=rand(whiteSharks,1).*(ubi-lbi)+lbi;
    end
end
end

```

```

%% White Shark Optimizer (WSO) source codes version 1.0
%
%   Developed in MATLAB R2018a
%
%   Programmer: Malik Braik
%
%           e-Mail: mbraik@bau.edu.jo
%
%   Main paper:
%   Malik Braik, Abdelaziz Hammouri, Jaffar Atwan, Mohammed Azmi Al-
%   Betar, Mohammed A.Awadallah
%   White Shark Optimizer: A novel bio-inspired meta-heuristic algorithm
%   for global optimization problems
%   Knowledge-Based Systems
%   DOI: https://doi.org/10.1016/j.knosys.2022.108457
%


---


%%
clear
close all
clc
%% % Prepare the problem
dim = 2;
ub = 50 * ones(1, 2);
lb = -50 * ones(1, 2);
fobj = @Objfun;
%% % CSA parameters
searchAgents = 30;
maxIter = 1000;

[fitness,gbest,ccurve]=WSO(searchAgents,maxIter,lb,ub,dim,fobj);

        disp(['==> The optimal fitness value found by Standard
Chameleon is ', num2str(fitness, 12)]);
%% Draw the convergence behavior curve

figure; set(gcf,'color','w');
plot(ccurve,'LineWidth',2,'Color','b'); grid;
title({'Convergence characteristic
curve'},'interpreter','latex','FontName','Times','fontSize',10);
xlabel('Iteration','interpreter','latex','FontName','Times','fontSize',10)
ylabel('Best score obtained so
far','interpreter','latex','FontName','Times','fontSize',10);
axis tight; grid on; box on

h1=legend('WSO','location','northeast');
set(h1,'interpreter','Latex','FontName','Times','FontSize',10)
ah=axes('position',get(gca,'position'),...
        'visible','off');

```

```
%% White Shark Optimizer (WSO)  
  
%  
function [ fit ] = Objfun (y)  
    fit = sum ( abs(y) ) + prod( abs(y) );  
end
```



```

%% White Shark Optimizer (WSO) source codes version 1.0
%
%   Developed in MATLAB R2018a
%
%   Programmer: Malik Braik
%
%           e-Mail: mbraik@bau.edu.jo
%
%   Main paper:
%   Malik Braik, Abdelaziz Hammouri, Jaffar Atwan, Mohammed Azmi Al-
%   Betar, Mohammed A.Awadallah
%   White Shark Optimizer: A novel bio-inspired meta-heuristic
%   algorithm for global optimization problems
%   Knowledge-Based Systems
%   DOI: https://doi.org/10.1016/j.knosys.2022.108457
function [fmin0,gbest,ccurve]=WSO(whiteSharks,itemax,lb,ub,dim,fobj)

%% Convergence curve
ccurve=zeros(1,itemax);
%% Show the convergence curve
figure (1);
set(gcf,'color','w');
hold on

xlabel('Iteration','interpreter','latex','FontName','Times','fontSize',10)
ylabel('fitness value','interpreter','latex','FontName','Times','fontSize',10);
grid;
%% Start the WSO Algorithm
% Generation of initial solutions
WSO_Positions=initialization(whiteSharks,dim,ub,lb);% Initial population
% initial velocity
v=0.0*WSO_Positions;
%% Evaluate the fitness of the initial population
fit=zeros(whiteSharks,1);
for i=1:whiteSharks
    fit(i,1)=fobj(WSO_Positions(i,:));
end
%% Initialize the parameters of WSO
fitness=fit; % Initial fitness of the random positions of the WSO

[fmin0,index]=min(fit);
wbest = WSO_Positions; % Best position initialization
gbest = WSO_Positions(index,:); % initial global position
%% WSO Parameters
    fmax=0.75; % Maximum frequency of the wavy motion
    fmin=0.07; % Minimum frequency of the wavy motion
    tau=4.11;

    mu=2/abs(2-tau-sqrt(tau^2-4*tau));
    pmin=0.5;
    pmax=1.5;
    a0=6.250;

```

```

a1=100;
a2=0.0005;
%% Start the iterative process of WSO
for ite=1:itemax
    mv=1/(a0+exp((itemax/2.0-ite)/a1));
    s_s=abs((1-exp(-a2*ite/itemax))) ;

    p1=pmax+(pmax-pmin)*exp(-(4*ite/itemax)^2);
    p2=pmin+(pmax-pmin)*exp(-(4*ite/itemax)^2);

    %% Update the speed of the white sharks in water
    nu=floor((whiteSharks).*rand(1,whiteSharks))+1;
    for i=1:size(WSO_Positions,1)
        rmin=1; rmax=3.0;
        rr=rmin+rand()*(rmax-rmin);
        wr=abs(((2*rand()) - (1*rand()+rand()))/rr);
        v(i,:)= mu*v(i,:) + wr *(wbest(nu(i,:),)-WSO_Positions(i,:));
        %% or
        %       v(i,:)= mu*(v(i,))+ p1*(gbest-WSO_Positions(i,:))*rand+....
        %           + p2*(wbest(nu(i,:),)-WSO_Positions(i,:))*rand);
    end

    %% Update the white shark position
    for i=1:size(WSO_Positions,1)

        f =fmin+(fmax-fmin)/(fmax+fmin);

        a=sign(WSO_Positions(i,:)-ub)>0;
        b=sign(WSO_Positions(i,:)-lb)<0;

        wo=xor(a,b);
        % locate the prey based on its sensing (sound, waves)
        if rand<mv
            WSO_Positions(i,:)= WSO_Positions(i,:).*(~wo) +
(ub.*a+lb.*b); % random allocation
        else
            WSO_Positions(i,:) = WSO_Positions(i,:)+ v(i,)/f; %
based on the wavy motion
        end
    end

    %% Update the position of white sharks considers_sng fishing school
    for i=1:size(WSO_Positions,1)
        for j=1:size(WSO_Positions,2)
            if rand<s_s

                Dist=abs(rand*(gbest(j)-1*WSO_Positions(i,j)));

                if(i==1)
                    WSO_Positions(i,j)=gbest(j)+rand*Dist*sign(rand-
0.5);
                else
                    WSO_Pos(i,j)= gbest(j)+rand*Dist*sign(rand-0.5);
                end
            end
        end
    end

```

```

WSO_Positions(i,j)=(WSO_Pos(i,j)+WSO_Positions(i-
1,j))/2*rand;
        end
    end
end
end
%% Update global, best and new positions
for i=1:whiteSharks
    % Handling boundary violations
    if WSO_Positions(i,*)>=lb & WSO_Positions(i,*)<=ub%
        % Find the fitness
        fit(i)=fobj(WSO_Positions(i,:));

        % Evaluate the fitness
        if fit(i)<fitness(i)
            wbest(i,:) = WSO_Positions(i,:); % Update the best
positions
            fitness(i)=fit(i); % Update the fitness
end

        %% Finding out the best positions
        if (fitness(i)<fmin0)
            fmin0=fitness(i);
            gbest = wbest(index,:); % Update the global best
positions
        end
    end
end
end
%% Obtain the results
outmsg = ['Iteration# ', num2str(ite) , ' Fitness= ' ,
num2str(fmin0)];
disp(outmsg);
ccurve(ite)=fmin0; % Best found value until iteration ite
if ite>2
    line([ite-1 ite], [ccurve(ite-1) ccurve(ite)],'Color','b');
    title({'Convergence characteristic
curve'},'interpreter','latex','FontName','Times','fontsize',12);
    xlabel('Iteration');
    ylabel('Best score obtained so far');
    drawnow
end
end
end
end

```

3.4. การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม ด้วยแบบจำลอง

การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม ด้วยแบบจำลองเมื่อได้โค้งควบคุมที่สังเคราะห์จากการใช้อัลกอริทึม WSO มาทำการหาโค้งควบคุม โดยการใช้ข้อมูลน้ำที่ได้จากผลของการทดสอบจำลองการปล่อยน้ำตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในส่วนของการปล่อยน้ำแล้วไม่ทำให้ท้ายเกิดระดับน้ำสูงกว่าเดิม ก่อนที่จะใช้เทคนิคอัลกอริทึม WSO มาช่วยในการหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ



บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

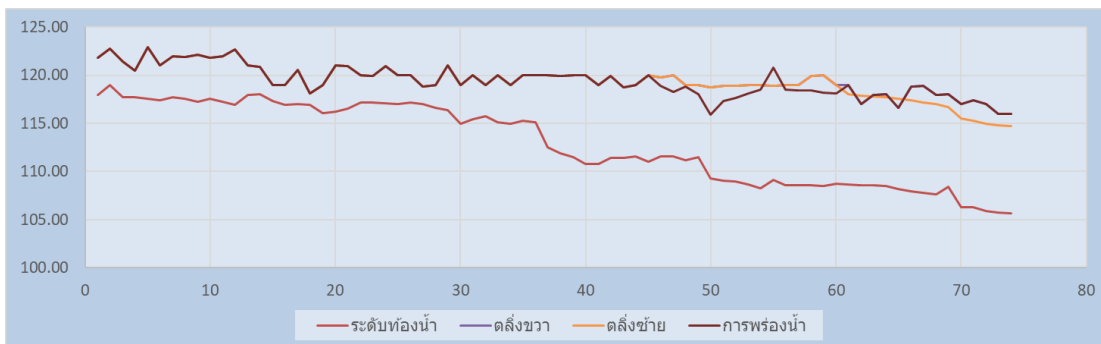
ในบทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนต่างๆ โดยแบ่งตามหัวข้อดังนี้ พื้นที่ศึกษา การวิเคราะห์อัตราการระเหย การวิเคราะห์ความต้องการน้ำด้านอุปโภค-บริโภค การวิเคราะห์ปริมาณฝนใช้การ หาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมโดยวิธี White Shark Optimization การประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC RAS 6.0 ซึ่งรายละเอียดและวิธีการใช้งานได้ศึกษาจากคู่มือของแบบจำลอง ในการศึกษาจะเริ่มจากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นเพื่อสร้างกราฟรอบปีการเกิดซ้ำ แล้วทำการจำลองสภาพการไหลแบบการไหลคงที่ (steady flow) ในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลลำน้ำมูล จากสถานีวัดน้ำท่า M.5 ตำบลเมืองคง อำเภอราษีไศล ถึงสถานีวัดน้ำ M.7 อำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งครอบคลุมความยาวประมาณ 72 กิโลเมตร สำหรับขั้นตอนการดำเนินการศึกษา จะได้มีการนำเสนอเป็นลำดับ มีรายละเอียดดังนี้

วิธีการดำเนินการเริ่มจากการกำหนดแนวความคิดในปัญหาที่เกิดขึ้นมาวิเคราะห์การเกิดปัญหา เมื่อวิเคราะห์ปัญหาได้แล้วก็เริ่มศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแนวความคิด โดยเฉพาะการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ที่มีการนำมาใช้งานวิจัย เมื่อศึกษาโปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยแล้ว ก็รวบรวมข้อมูลที่จะต้องนำเข้าสู่ข้อมูลในโปรแกรมให้เพียงพอ โดยเฉพาะชั้นของความละเอียดที่ต้องการและที่มีอยู่ จากนั้นเริ่มสร้างแบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนกรณีศึกษา ซึ่งก่อนจะนำมาใช้งานได้จริงควรทำการปรับเทียบข้อมูลจากสภาพจริงด้วยการสำรวจพื้นที่จริงหรือใช้ภาพจาก Google map มาใช้ก็ได้เมื่อได้แบบจำลองและทำการปรับเทียบแล้วก็จำลองสถานการณ์ในปีต่าง ๆ เพื่อดูความสมเหตุสมผลของการปรับเทียบ หลังจากนั้นก็ทำการจำลองเพื่อหาคำตอบที่ได้ตั้งตามวัตถุประสงค์

4.1. ผลการสร้างแบบจำลองตัวแทนลำน้ำด้วย โปรแกรม HEC RAS

การศึกษานี้จะอาศัยแบบจำลอง HEC-RAS version 6.4.1 สำหรับการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมในเขตพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้แบบจำลอง HEC-RAS ย่อมาจาก Hydrologic Engineering Center - River Analysis System ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย U.S. Army Corp of Engineers เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการจำลองสภาพการไหลแบบ Steady flow ในแบบ 1 มิติ และจำลองสภาพการไหลแบบ Unsteady flow ทั้งในแบบ 1 มิติ และ 2 มิติ โดยในการศึกษานี้มีขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ที่สำคัญดังนี้



ภาพที่ 4.1 ค่าการลู่เข้าของการใช้อัลกอริทึมเพื่อหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำโดยวิธี WSO ที่ 500 รอบ

4.2. ผลการหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมโดยวิธี WSO

การประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการทดสอบการทำงาน of โค้งควบคุมเพื่อที่จะรู้ถึงผลลัพธ์หรือสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นว่าโค้งควบคุมสามารถรองรับกับสถานการณ์น้ำที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความไม่แน่นอนต่าง ๆ เพื่อที่จะน้ำเป็นทางเลือกในการสนับสนุนการตัดสินใจในการนำโค้งควบคุมเหล่านั้นไปปฏิบัติจริง วิธีการประเมินจะเป็นการหาค่าตอบของความถี่ในการขาดแคลนน้ำ ความถี่ในการไหลล้น ปริมาณเฉลี่ย และช่วงเวลาของการเกิดสถานการณ์ โดยเปรียบเทียบการทำงานของโค้งควบคุมใหม่กับโค้งควบคุมที่ใช้อยู่ปัจจุบัน ซึ่ง 1 ชุดโค้งควบคุมในตารางทดสอบ คือผลของโค้งควบคุมทั้งสองอ่างเก็บน้ำจำนวน 48 จุดนำมาทดสอบพร้อมกัน สำหรับเหตุการณ์ที่นำมาทดสอบโค้งควบคุม ประกอบด้วย

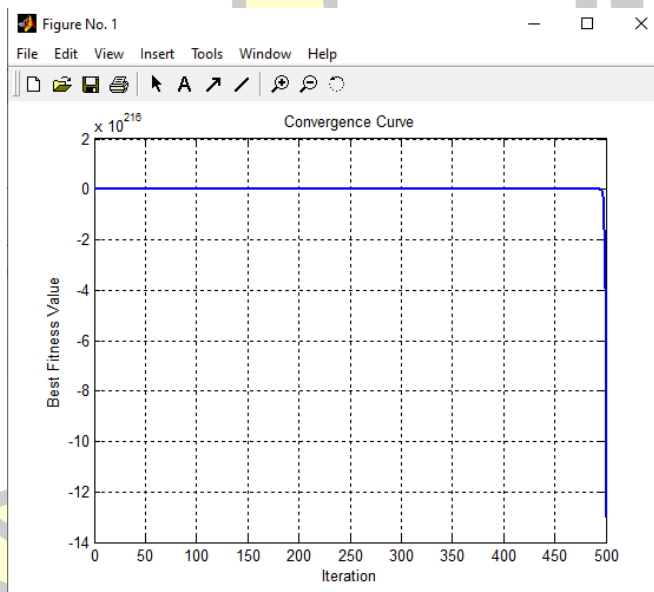
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าที่ได้จากการใช้ WSO ช่วยหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
URC (MCM)	74.43	74.43	74.43	74.43	74.43	74.43	74.43	74.43	74.43	74.43	74.43	74.43
LRC (MCM)	16.54	16.54	16.54	16.54	16.54	16.54	16.54	16.54	16.54	16.54	16.54	16.54
URC (MCM) WSO	65.14	44.25	46.53	43.96	54.75	50.34	58.29	44.36	74.88	54.83	64.02	35.28
LRC (MCM) WSO	62.58	24.08	35.6	30.39	32.5	24.32	48.34	29.78	45.65	35.2	21.55	25.44
Evaporation (MCM)	120	102	145	161	130	85	128	97	68	89	100	105
Infiltration (MCM)	40	50	40	30	42	36	35	33	32	30	35	38
Rain (MCM)	4.34	11.61	32.20	75.95	198.3	188.6	241.0	267.2	281.8	113.9	20.52	2.65

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าที่ได้จากการใช้ WSO ช่วยหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ (ต่อ)

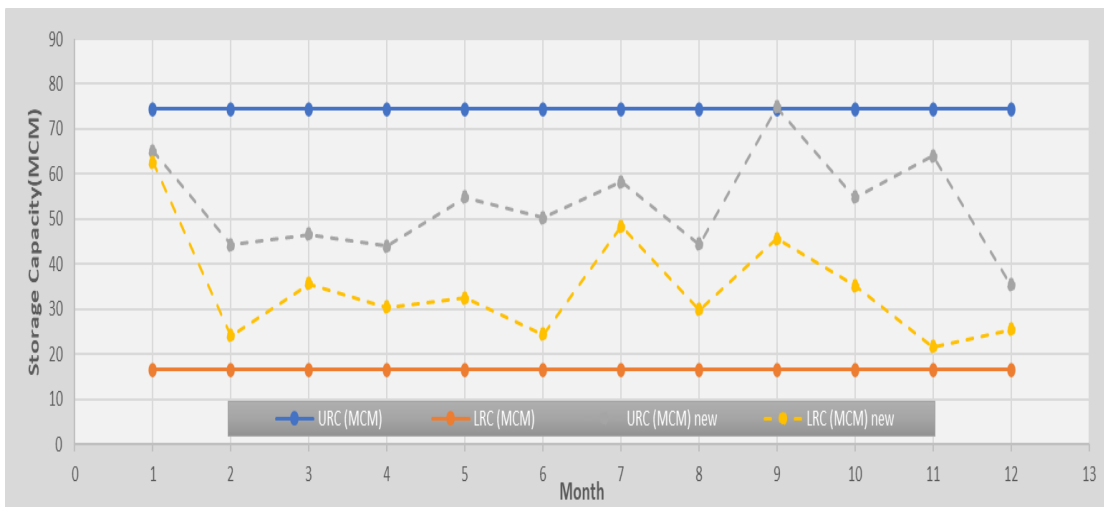
เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
Irrigation Demand (MCM)	122.2	122.2	122.2	122.2	122.2	122.2	122.2	122.2	122.2	122.2	122.2	122.2
Water Supply Demand (MCM)	70	160	150	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Industrial Demand (MCM)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Environmental Conservation Demand (MCM)	16.46	16.46	16.46	16.46	16.46	16.46	16.46	16.46	16.46	16.46	16.46	16.46

จากข้อมูลการสอบเทียบแบบจำลองทั้งสามข้อมูลได้ค่า mse, rmse และ mad ตามที่แสดงในตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.2 ค่าการลู่เข้าของการใช้อัลกอริทึมเพื่อหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำโดยวิธี WSO ที่ 500 รอบ



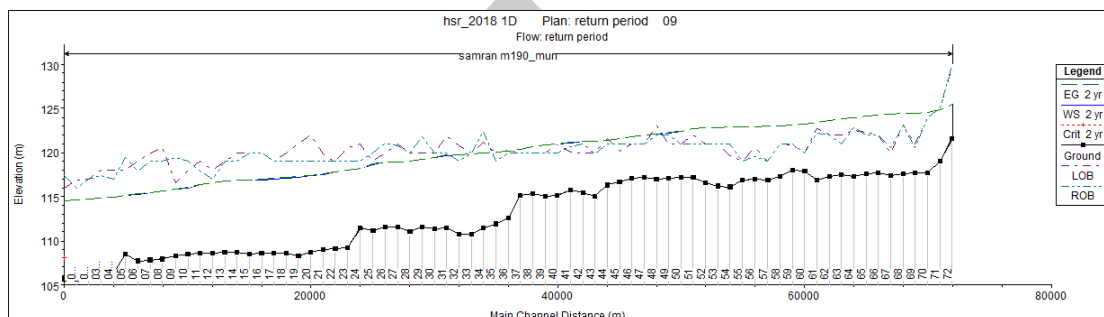


ภาพที่ 4.3 ค่าโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำโดยวิธี WSO

การประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำด้วยข้อมูลน้ำท่าอดีต 1 ชุดเหตุการณ์ ด้วยเกณฑ์การปล่อยน้ำแบบมาตรฐาน(Standard Operating rules) เพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงสถานการณ์การขาดแคลนน้ำและน้ำไหลล้นของเขื่อนราษีไศลและเขื่อนห้วยนา เมื่อใช้โค้งควบคุมใหม่ที่ได้จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์และช่วงของข้อมูลน้ำท่าอดีตที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับโค้งควบคุมเดิม (Current) ผลการประเมินประสิทธิภาพโค้งควบคุมดังแสดงในตาราง 4 จากตารางแสดงให้เห็นว่า โค้งควบคุมที่เกิดจากเกณฑ์การปล่อยน้ำแบบ Standard Operating rules โดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็น ค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด ที่เกิดจากการค้นหาแบบทั้งชุดข้อมูล จะเกิดค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุดในทุกเส้นโค้งควบคุมได้แก่ 153.789 ล้านลูกบาศก์เมตร และเกิดค่าสูงสุดของการขาดแคลนนํ้าคือ 1,765.000 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีความถี่ในการเกิดคือ 0.325 ครั้ง/ปี โดยที่โค้งควบคุมเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (Current) เกิดค่าเฉลี่ยของการขาดแคลนนํ้า 167.700 ล้านลูกบาศก์เมตร และเกิดค่าสูงสุดของการขาดแคลนนํ้า คือ 1,694.000 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีความถี่ในการเกิดคือ 0.3 ครั้ง/ปี

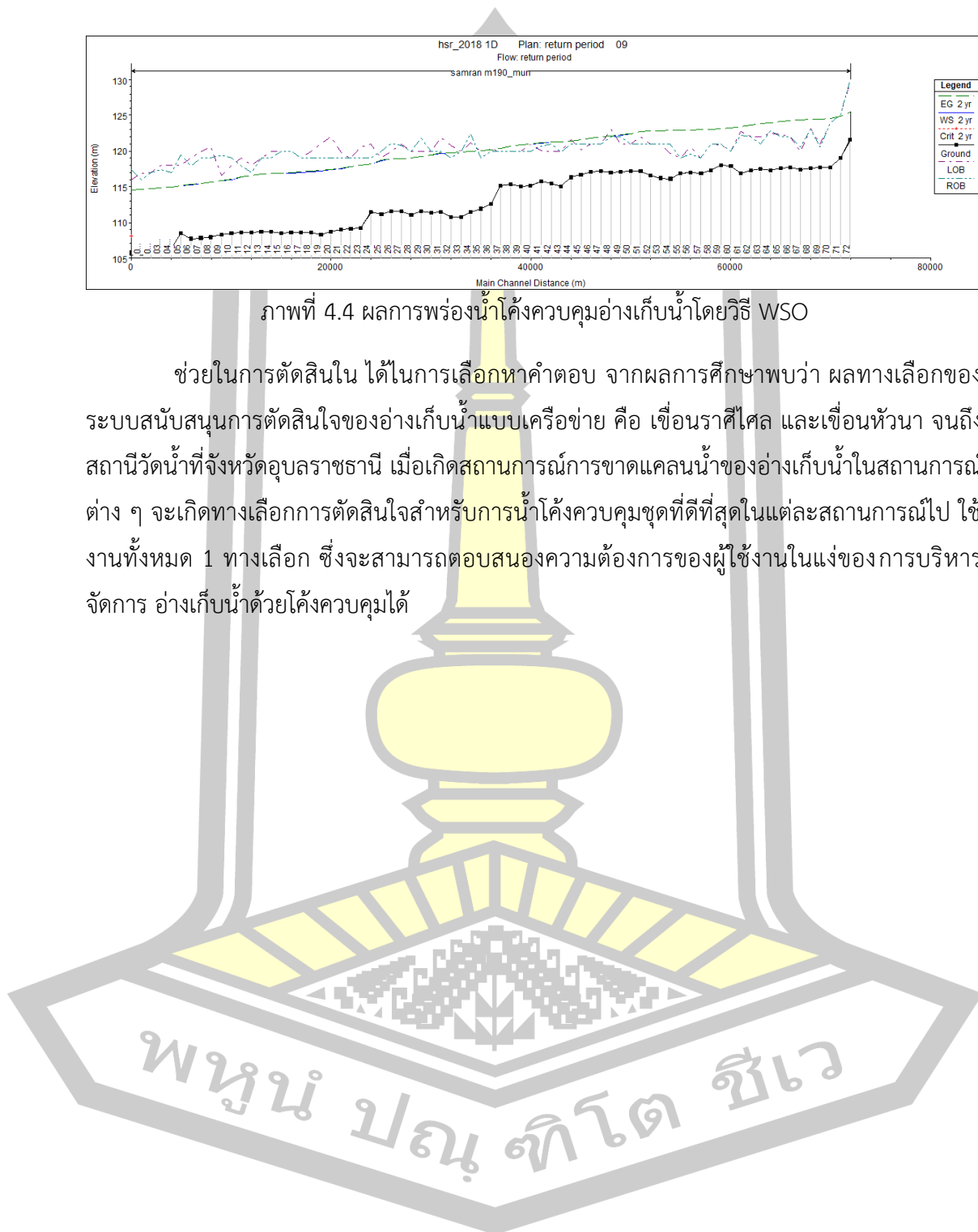


4.3. ผลการประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม ด้วยแบบจำลอง



ภาพที่ 4.4 ผลการพ่องน้ำโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำโดยวิธี WSO

ช่วยในการตัดสินใจได้ในการเลือกคำตอบ จากผลการศึกษาพบว่า ผลทางเลือกของระบบสนับสนุนการตัดสินใจของอ่างเก็บน้ำแบบเครือข่าย คือ เชื่อนราศีไศล และเขื่อนห้วยนา จนถึงสถานีวัดน้ำที่จังหวัดอุบลราชธานี เมื่อเกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำของอ่างเก็บน้ำในสถานการณ์ต่าง ๆ จะเกิดทางเลือกการตัดสินใจสำหรับการน้ำโค้งควบคุมชุดที่ดีที่สุดในแต่ละสถานการณ์ไปใช้งานทั้งหมด 1 ทางเลือก ซึ่งจะสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานในแง่ของการบริหารจัดการ อ่างเก็บน้ำด้วยโค้งควบคุมได้



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการใช้แบบจำลอง HEC RAS

จากศึกษาสามารถสรุปได้ว่า แนวทางการบรรเทาอุทกภัยลุ่มน้ำมูล เขตอำเภอเมืองศรีสะเกษ โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-RAS 6.0 โดยใช้ในการคำนวณระดับน้ำจากโปรแกรม HEC-RAS 6.0 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เป็นตัวแทนการไหลของน้ำในลุ่มน้ำมูล ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำที่ ค่า $n = 0.080 - 0.150$

จากศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การขุดลอกปรับปรุงลำน้ำมูล เขตอำเภอเมืองศรีสะเกษ โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS 6.0 โดยใช้ในการปรับปรุงลำน้ำและตลิ่ง หรือ การที่สร้างทางผันน้ำเลี่ยงเมืองด้านทิศใต้ไปลงลำห้วยแฮดนั้น สามารถลดระดับน้ำท่วมขังในเขตอำเภอเมืองศรีสะเกษ

ข้อมูลภาพถ่าย ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำจากการสำรวจรายละเอียด จำนวน 31 หน้าตัด ระยะทาง 149 กิโลเมตร ซึ่งใช้ข้อมูลการปล่อยน้ำที่เขื่อนราษีไศล และข้อมูลสถานีวัดน้ำ M.5 เป็นข้อมูลต้นน้ำทั้งค่าระดับน้ำและอัตราการไหล โดยมีข้อมูลของสถานีวัดน้ำ M.7 เป็นสถานีเพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

5.2. สรุปผลการหาโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมโดยวิธี WSO

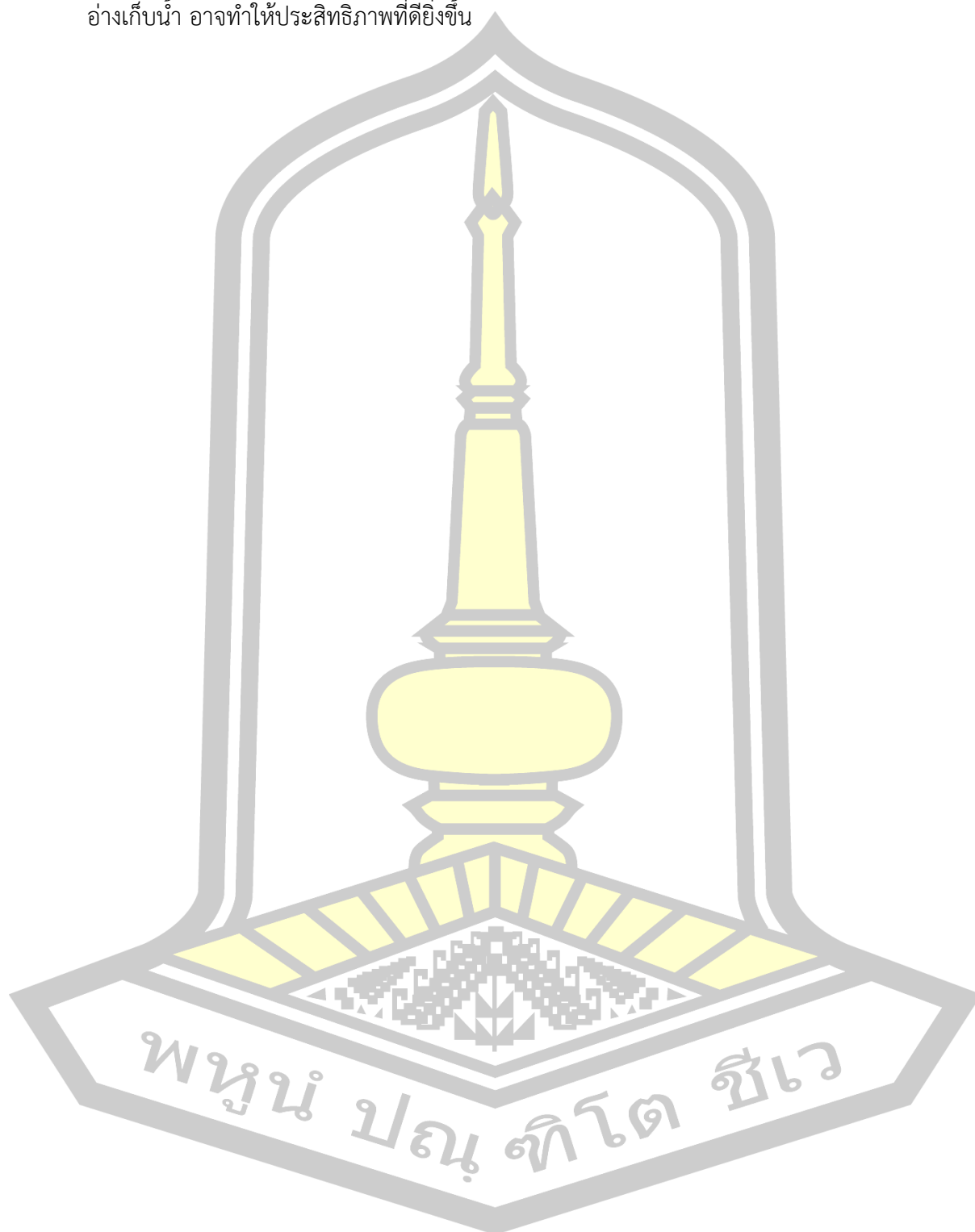
โค้งควบคุมที่ได้จากการใช้อัลกอริทึม White Shark Optimization.(WSO) สามารถปรับปรุงให้การควบคุมการปล่อยน้ำเพื่อลดระดับน้ำที่อาจเกิดน้ำล้นตลิ่งที่ท้ายได้ในระดับที่ค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะเมื่อปริมาณน้ำไหลเข้าเหนือเขื่อนราษีไศลมีที่ปริมาณมากนั้น ยังคงต้องทำการปล่อยน้ำออกไปท้ายน้ำเพื่อไม่ให้เกิดการไหลล้นเขื่อนราษีไศลที่อยู่ขางลำน้ำมูลไว้ จะสังเกตได้จากการเปรียบเทียบข้อมูลการเปิดปิดบานประตูระบายน้ำของหน่วยงาน กรมชลประทาน ที่ต้องมีการคำนวณอัตราการไหลและระดับน้ำ ให้เป็นปัจจุบัน โดยเฉพาะช่วงฤดูฝนที่มีปริมาณน้ำฝนที่เป็นผลกระทบอย่างยิ่งในการกักเก็บน้ำหรือปล่อยน้ำ เพื่อการดูแลรักษาเขื่อนราษีไศล

5.3. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษามีข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งนี้ คือ

1. การขยายขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมกับลุ่มน้ำมูลส่วนบน ซึ่งอยู่ทางด้านต้นน้ำของเขื่อนราษีไศลด้วย เพื่อให้ครอบคลุมต่อเนื่องอย่างเป็นระบบ เพื่อให้มีข้อมูลเพียงพอในการจัดการเขื่อนที่ได้รับผลกระทบจากการเพิ่มของระดับน้ำที่ไม่สัมพันธ์กัน

2. ใช้มาตรการในการแก้ปัญหาที่วุ่นวายน้ำแล้งด้วยวิธีอื่นมาใช้ร่วมกันกับการใช้โค้งควบคุม
อ่างเก็บน้ำ อาจทำให้ประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

- ปกรณ ฌ ศิริ, และ ปกรณ ดิษฐกิจ. (2561). *โค้งกฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมโดยใช้วิธีฮาโมนิเซอร์ช: กรณีศึกษา อ่างเก็บน้ำห้วยใส: การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา แห่งชาติ ครั้งที่ 19.*
- ประกอบ วิโรจน์กัญ, และ ธีรรัตน์ ดิยะจามร. (2540). *สภาวะการณ์เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำของประเทศไทย. วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 24(22).*
- ปรียาพร โกษา, ธนชสุข วิมลเสรี, ภาณุพงษ์ ทีฆบุญ, และ ธนภัทร อุทาสวัสดิ์. (2564). *การป้องกันพื้นที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำลำพระเพลิงด้วยแบบจำลอง Hec Ras: การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26.*
- รัตน์สุดา งามเสริฐ. (2561). *เกณฑ์การจัดสรรน้ำที่เหมาะสมด้วยเทคนิคคนกุดเหว่า. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.*
- รัตนา หอมวิเชียร. (2554). *การพัฒนาโค้งควบคุมโดยใช้วิธีดิฟเฟอเรนเชียลเอพวอลูชัน. (วิทยานิพนธ์ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.*
- วิทวัส พาโคกทม. (2557). *เกณฑ์การจัดสรรน้ำที่เหมาะสมด้วยเทคนิคคนกุดเหว่า. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.*
- วิรัตน์ นวนนุกุล. (2557). *เกณฑ์การจัดสรรน้ำที่เหมาะสมด้วยวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.*
- วิษณุกรณ์ ชัยภูมิ. (2553). *การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของโค้งควบคุมอ่างเก็บน้ำ สิรินคร และ อ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.*
- สมฤทัย ทะสวดก, และ สุวัฒนา จิตตลดากร. (2547). *การกำหนดระดับควบคุมที่เหมาะสมสำหรับอ่างเก็บน้ำด้วยเจนีติกแอลกอริทึม (ครั้งที่ 9).*
- อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง. (2551). *การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยใช้โค้งควบคุมที่เหมาะสม. มหาสารคาม: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.*
- Albo-Salih, H., and Mays, L. (2021). Testing of an optimization-simulation model for real-time flood operation of river-reservoir systems. *Water, 13(9), 1207.*
[https://doi.org/10.3390/w13091207.](https://doi.org/10.3390/w13091207)

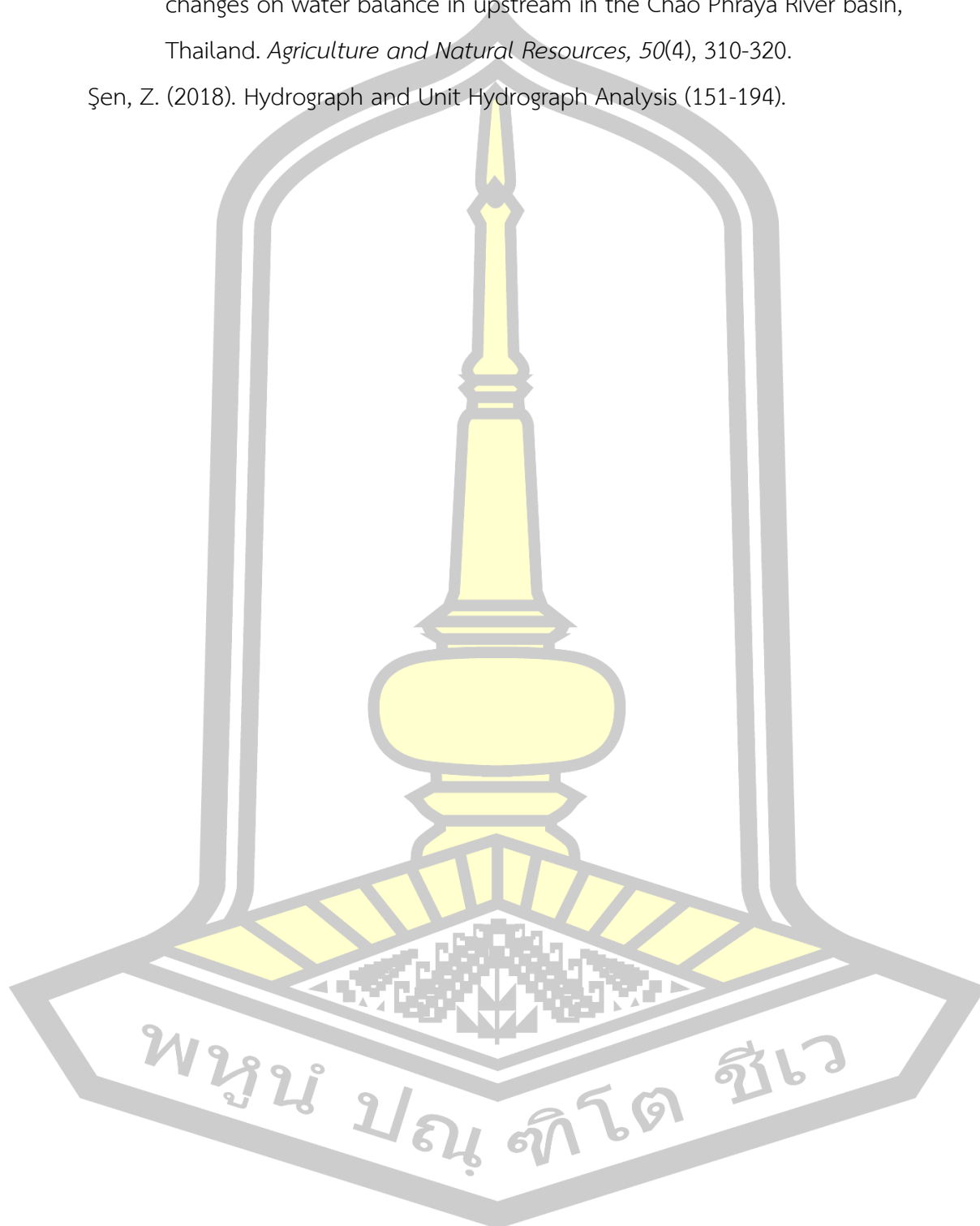
- AL-Hussein, A. A. M., Khan, S., Ncibi, K., Hamdi, N., and Hamed, Y.). Flood analysis using HEC-RAS and HEC-HMS: A case study of Khazir River (Middle East—Northern Iraq). *Water*, 14(22), 3779. <https://doi.org/3710.3390/w14223779>.
- Ashrafi, S. M., Mostaghimzadeh, E., and Adib, A. (2020). Applying wavelet transformation and artificial neural networks to develop forecasting-based reservoir operating rule curves. *Hydrological Sciences Journal*, 65(12), 2007–2021. Retrieved from <https://doi.org/2010.1080/02626667.02622020.01784902>.
- Bhumiphan, N., Boribum, B., Phukapak, C., and Kosasaeng, S. (2023). Improvement of optimal reservoir rule curve by atom search optimization: A case study of Huai Luang Reservoir. *Journal of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University*, 11(2), 31–44.
- Braik, M., Hammouri, A., Atwan, J., Al-Betar, M. A., and Awadallah, M. A. (2022). White Shark Optimizer: A novel bio-inspired meta-heuristic algorithm for global optimization problems. *Knowledge-Based Systems*, 243, 108457.
- Costabile, P., Costanzo, C., Ferraro, D., Macchione, F., and Petaccia, G. (2020). Performances of the new HEC-RAS version 5 for 2-D hydrodynamic-based rainfall-runoff simulations at basin scale: Comparison with a state-of-the-art model. *Water*, 12(9), 2326. <https://doi.org/2310.3390/w12092326>.
- Dahal, G., Regmi, R. K., and Adhikari, S. (2021). Optimization of model parameters of HEC-RAS 2D model on flood inundation mapping: A case study of Kankai River Basin. *Proceedings of 10th IOE Graduate Conference*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/359023789>
- Dasallas, L., Kim, Y., and An, H. (2019). Case study of HEC-RAS 1D–2D coupling simulation: 2002 Baeksan flood event in Korea. *Water*, 11(10), 2048. <https://doi.org/2010.3390/w11102048>.
- Deshays, R., Segovia, P., and Duviella, E. (2021). Design of a MATLAB HEC-RAS interface to test advanced control strategies on water systems. *Journal Not Specified*, 1, 0.
- Garcia, M., Juan, A., and Bedient, P. (2020). Integrating Reservoir Operations and Flood Modeling with HEC-RAS 2D. *Water*, 12(8), 2259.

- Gibson, S., Brunner, G., Piper, S., and Jensen, M. (2006). Sediment transport computations with HEC-RAS. Proceedings of the Eighth Federal Interagency Sedimentation Conference (8thFISC), April 2–6, Reno, NV, USA (pp. 57–64). JFIC.
- Goodell, C. R. (2016). Advanced gate operation strategies in HEC-RAS 5.0. In B. Crookston & B. Tullis (Eds.), *Hydraulic Structures and Water System Management*. Proceedings of the 6th IAHR International Symposium on Hydraulic Structures, Portland, OR, 27–30 June (pp. 519–527). Retrieved from <https://doi.org/10.15142/T3430628160853>
- Kangrang, A., Prasanchum, H., Sriworamas, K., Ashrafi, S. M., Hormwichian, R., Techarungruengsakul, R., and Ngamsert, R. (2023). Application of optimization techniques for searching optimal reservoir rule curves: A review. *Water*, 15(9), 1669. Retrieved from <https://doi.org/1610.3390/w15091669>.
- Kangrang, A., Sudarat, C., and Witsanukorn, C. (2009). Heuristic Algorithm with Simulation Model for Searching Optimal Reservoir Rule Curves. *American Journal of Applied Sciences*, 6.
- Kangrang, A. C., C. (2015). Genetic Algorithms Connected Simulation with Smoothing Function for Searching Rule Curves. *American Journal of Applied Sciences*.
- Kasemsup, J. S., T. (2018). Operation of Bhumibol Reservoir for flood mitigation by HEC-ResSim model. *Engineering Journal Chiang Mai University*, 25(1), 66–81.
- Kornthong, T., and Marjang, N. (2023). Improvement of Lam Chamuak Reservoir operation rule curves. *Journal of Water Resource Management and Engineering Studies*, 25(3), 160–180.
- Kumar, N., Tischbein, B., Kusche, J., Laux, P., Beg, M. K., and Bogardi, J. J. (2017). Impact of climate change on water resources of upper Kharun catchment in Chhattisgarh, India. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 13, 189–207.
- Kumar, R., Gugesanesh, S., Hussain Babu, D., and Kumaresan, P. (2024). Flood modeling: A comprehensive review on IDF curves, HEC-HMS, HEC-RAS, and GIS integration. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 11(2), 52–56. <https://doi.org/10.17148/IARJSET.12024.11207>

- Kunjeer, P. S., Tayade, S. B., Chaudhary, H. P., and Isaac, N. (2021). *Numerical model simulations for sedimentation in run-of-the-river projects. In Proceedings of the ICOLD Symposium on Sustainable Development of Dams and River Basins (pp. 1–5)*. New Delhi: Central Water and Power Research Station.
- Kute, S., Kakad, S., Bhoje, V., and Walunj, A. (2014). Flood modeling of River Godavari using HEC-RAS. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(Special Issue 09), 81–87. Retrieved from <http://www.ijret.org>.
- Kyaw, K. M., Rittima, A., Phankamolsil, Y., Tabucanon, A. S., Sawangphol, W., Kraisangka, J., . . . Vudhivanich, V. (2022). Assessing reservoir reoperation performances through adapted rule curve and hedging policies under climate change scenarios: In-depth investigation of case study of Bhumibol Dam in Thailand. *Engineering Access*, 8(2), 179–185.
- Malekmohammadi, B., Zahraie, B., and Kerachian, R. (2010). A real-time operation optimization model for flood management in river-reservoir systems. *Natural Hazards*, 53(3), 459–482. Retrieved from <https://doi.org/410.1007/s11069-11009-19442-11065>.
- Mohammadi, M., Mohammadi, F., Fakherifard, A., and Bijanvand, S. (2020). Derivation of rule curve for flood risk zone: A case study of Baranduz-Chay River. *Hydrogeomorphology*, 7(22). Retrieved from <https://doi.org/10.22034/hyd.2020.10806>, 87–108.
- More, T., Patil, D., Parpiyani, R., Pardeshi, R., and Saraf, V. (2024). Flood inundation mapping of Godavari River by using 2D HEC-RAS model. *International Education & Research Journal*, 10(8), 141–147.
- Na Siri, P. D., P. . (2023). Optimal operation rule curve for reservoir using Harmony Search Algorithm: A case study of Huay Nam Sai Reservoir. *Journal of Water Resource Management Studies*, 11(2), 291–304.
- Neelakantan, T. R., and Pundarikanthan, N. (2000). Neural Network-Based Simulation-Optimization Model for Reservoir Operation. *Journal of Water Resources Planning and Management-asce - J WATER RESOUR PLAN MAN-ASCE*, 126.
- Ogras, S., and Onen, F. (2020). Flood Analysis with HEC-RAS: A Case Study of Tigris River. *Advances in Civil Engineering*, 2020(1), 6131982.

- Pathan, A. I., Agnihotri, P. G., Kalyan, D., Frozan, D., Salihi, M., Zareer, S. A., . . . Joseph, S. (2022, 2022//). *1D HEC-RAS Modeling Using DEM Extracted River Geometry - A Case of Purna River; Navsari City; Gujarat, India*. Paper presented at the Intelligent Computing & Optimization, Cham.
- Pathan, A. K. I., and Agnihotri, P. G. (2020). 2-D unsteady flow modelling and inundation mapping for lower region of Purna basin using HEC-RAS. *Nature Environment and Pollution Technology*, 19(1), 277–285.
- Rangari, V. A., Umamahesh, N. V., and Bhatt, C. M. (2019). Assessment of inundation risk in urban floods using HEC RAS 2D. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5(3), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s40808-40019-00641-40808>.
- SeethaRam, K. V. (2021). Three-level rule curve for optimum operation of a multipurpose reservoir using genetic algorithms. *Water Resources Management*, 35(2), 353–368. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11269-11020-02738-11267>.
- Tang, R., Zhang, J., Wang, Y., and Zhang, X. (2024). Study on the basic form of reservoir operation rule curves for water supply and power generation. *Water*, 16(2), 276. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/w16020276>.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2021). 2D watershed modeling in HEC-RAS: Recommended practices. *U.S. Army Corps of Engineers*. Retrieved from <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>
- Wang, W., Guo, H., Chuai, X., Dai, C., Lai, L., and Zhang, M. (2014). The impact of land use change on the temporospatial variations of ecosystems services value in China and an optimized land use solution. *Environmental Science & Policy*, 44, 62–72.
- Zainal, N. N., & Abu Talib, S. H. (2024). . . (2024). Review paper on applications of the HEC-RAS model for flooding, agriculture, and water quality simulation. *Water Practice & Technology*, 19(7), 2883–2897.
- Costabile, P., Costanzo, C., Ferraro, D., Macchione, F., and Petaccia, G. (2020). Performances of the New HEC-RAS Version 5 for 2-D Hydrodynamic-Based Rainfall-Runoff Simulations at Basin Scale: Comparison with a State-of-the Art Model. *Water*, 12(9), 2326.

- Ponpang-Nga, P., and Techamahasaranont, J. (2016). Effects of climate and land use changes on water balance in upstream in the Chao Phraya River basin, Thailand. *Agriculture and Natural Resources*, 50(4), 310-320.
- Şen, Z. (2018). Hydrograph and Unit Hydrograph Analysis (151-194).



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายนวกกร ไชยวัฒนนันท์
วันเกิด	16 มกราคม พ.ศ.2521
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลศรีสะเกษ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	104/5 หมู่ที่ 8 ตำบลพยุห์ อำเภอพยุห์ จังหวัดศรีสะเกษ
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ผู้อำนวยการกองช่าง
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	องค์การบริหารส่วนตำบลชำ อำเภอมือเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2540 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาช่างโยธา โรงเรียนเทคโนโลยีช่างกล-พาณิชย์การนครราชสีมา พ.ศ. 2556 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยรามคำแหง พ.ศ. 2561 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พ.ศ. 2567 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาวิศวกรรม โยธา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูนันต์ ปณฺ ทิโต ชีเว