การบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

นางสาวอินทิรา เตชะมานิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

WATER MANAGEMENT IN THE LOWER CHAO PHRAYA RIVER BASIN USING OPTIMIZATION TECHNIQUE

Miss Intira Thechamani

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด
โดย	นางสาวอินทิรา เตชะมานิ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.พิศิษฎ์ จารุมณีโรจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร.พิศิษฎ์ จารุมณีโรจน์)

.....กรรมการ

(ดร.สุภัทรา วิเศษศรี)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.สิรวิชญ์ สว่างนพ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อินทิรา เตชะมานิ : การบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (WATER MANAGEMENT IN THE LOWER CHAO PHRAYA RIVER BASIN USING OPTIMIZATION TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร.พิศิษฏ์ จารุมณีโรจน์, 109 หน้า.

ปัจจุบันการเจริญเติบโตของธุรกิจอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อีกทั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ทำให้การใช้ทรัพยากรเพื่อผลิตสินค้าและบริการเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ทรัพยากรน้ำเป็นหนึ่งในทรัพยากรที่กำลังประสบปัญหาการขาดแคลน การบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อจัดสรรปริมาณน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เหมาะสมสำหรับความต้องการด้านต่างๆ เช่น เกษตรกรรม อุตสาหกรรม การท่องเที่ยว และการอุปโภคบริโภค สามารถช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำและส่งเสริมการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมได้

พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างนับว่าเป็นพื้นที่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งนอกจากจะเป็นที่ตั้งของเมืองหลวงแล้วยังเป็นแหล่งรวมพื้นที่เกษตรกรรมและอุตสาหกรรมหลักของประเทศ ดังนั้นการบริหารจัดการน้ำให้มีความเหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการของภาคส่วนต่างๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญ งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแนวทางการปล่อยน้ำที่ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนน้ำและน้ำท่วมในบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างให้ได้มากที่สุด โดยใช้แบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด งานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นการศึกษาผลของเวลาการเดินทางของน้ำต่อความถูกต้องของแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำจากต้นน้ำมายังปลายน้ำกับผลที่ได้จากแบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ จากการเปรียบเทียบพบว่า เวลาการเดินทางของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อความถูกต้องของแบบจำลอง ดังนั้นแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำจึงถูกเลือกใช้ต่อในงานวิจัยส่วนที่สอง ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องมือในการบริหารจัดการน้ำในสถานการณ์ปัจจุบันและอนาคต โดยมีการวิเคราะห์ความไวของแบบจำลองจากการสร้างสถานการณ์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของมาตรการการรับมือและบริหารจัดการกับเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต โดยสถานการณ์ที่นำมาศึกษาได้แก่ การรณรงค์การประหยัดน้ำ การจำกัดพื้นที่เกษตรกรรม และการสร้างโครงสร้างทางน้ำเพิ่มเติม ผลจากแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าการกำหนดแนวทางการปล่อยน้ำโดยใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมสามารถช่วยลดความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำและสามารถใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

5870283921 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: LINEAR PROGRAMMING, RESERVOIR OPERATION, LOWER CHAO PHRAYA

INTIRA THECHAMANI: WATER MANAGEMENT IN THE LOWER CHAO PHRAYA RIVER BASIN USING OPTIMIZATION TECHNIQUE. ADVISOR: PISIT JARUMANEEROJ, Ph.D., 109 pp.

Water is fundamental to life on Earth and socio-economic development. Global water resources are threatened by growing demands and climate change. Managing competing demands for water in households, agriculture, industry, and ecology is challenging, especially for complex river basins.

The Lower Chao Phraya River basin plays an important role in Thailand's economic development because it is the location of the capital city and business clusters. Improved efficiency in reservoir systems operation and management would prevent water disasters such as flood and drought and strengthen economic activities downstream. This research therefore aims to minimize water deficit and overflow in the Lower Chao Phraya River basin. This research is divided into two parts. The first part is the study about the effect of water travel time on the model. The comparison between two models, with and without the consideration of water travel time from upstream to downstream was performed. The results showed that water travel time was an important factor which directly caused impacts on the accuracy of the model. Therefore, the model with water travel time was chosen for the second part of the study which focused on developing an operational tools for water management in the Lower Chao Phraya River basin under present and future situation. Sensitivity analysis was performed to assess the effectiveness of three scenarios, including 1) water saving campaign, 2) restriction of agriculture area or crop type change, and 3) construction of new water infrastructure, to address the issues of water shortage or overflow in the basin. The proposed measures were found useful for managing water supply in terms of decreasing water shortage and overflow.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....
Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความเมตตาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร.สุภัทรา วิเศษศรี และอาจารย์ ดร.พิศิษฎ์ จารุมณีโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำ และแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ตลอดจนให้กำลังใจและแนวคิดในการดำเนินชีวิตด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสองท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์ กรรมการสอบ และอาจารย์ ดร.สิรวิชญ์ สว่างนพ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้เสียสละเวลาพิจารณาวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนๆที่รักทุกคน รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงไว้ในที่นี้ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขออุทิศผลงานด้านวิชาการครั้งนี้แด่นางอารีย์ นาวาเจริญ ผู้ล่วงลับที่ได้อบรมสั่งสอน ชี้แนะแนวทางการดำเนินชีวิตที่ดีและมีคุณค่าเสมอมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญรูปภาพ 9

สารบัญตาราง 10

บทที่ 1 บทนำ (Introduction) 12

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 12

1.2 ลักษณะของปัญหา 21

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 26

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 26

1.5 ประโยชน์ของงานวิจัย 27

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน 27

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review) 28

2.1 นิยามและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 28

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology) 35

3.1 ข้อมูลนำเข้าแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด 35

3.1.1 ข้อมูลนำเข้าเพื่อประมาณปริมาณน้ำที่นำมาจัดสรรได้ 35

3.1.2 ข้อมูลนำเข้าเพื่อประมาณปริมาณความต้องการใช้น้ำ 37

3.2 การพัฒนาแผนผังระบบลุ่มน้ำ 40

3.3 การสร้างกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์และสมการข้อจำกัด 44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 51
3.5 การทดสอบความไวของแบบจำลอง 52
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย (Results) 54
4.1 ข้อมูลนำเข้าแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด 54
4.1.1 ข้อมูลนำเข้าเพื่อประมาณปริมาณน้ำที่นำมาจัดสรรได้ 54
4.1.2 ข้อมูลนำเข้าเพื่อประมาณปริมาณความต้องการใช้น้ำ 57
4.2 การพัฒนาแผนผังระบบลุ่มน้ำ 63
4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 67
4.4 ผลจากแบบจำลอง 74
4.5 การทดสอบความไวของแบบจำลอง 88
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย (Conclusion) 102
รายการอ้างอิง 104
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 109

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ 1 พื้นที่เกิดอุทกภัยบริเวณภาคกลางในปีพ.ศ. 2554 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2554)..... 17

ภาพที่ 2 ที่ตั้งและลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง 22

ภาพที่ 3 เส้นโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ของเขื่อนภูมิพลปี 2549 (กรมชลประทาน, 2549)..... 25

ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือน ปีพ.ศ. 2556 – 2558..... 36

ภาพที่ 5 แผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (กรมชลประทาน, 2560)..... 40

ภาพที่ 6 กรอบการพัฒนาแผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง..... 42

ภาพที่ 7 ตัวอย่างประกอบการคำนวณสมการสมดุลน้ำ..... 50

ภาพที่ 8 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำทับเสลา ปีพ.ศ. 2556 – 2558 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559)..... 54

ภาพที่ 9 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำป่าสัก ปีพ.ศ. 2556 – 2558 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559)..... 55

ภาพที่ 10 ปริมาณการไหลด้านข้าง ปีพ.ศ. 2556 – 2558..... 56

ภาพที่ 11 ปริมาณการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมปีพ.ศ. 2549 – 2557..... 63

ภาพที่ 12 แผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (Schematic diagram) และตำแหน่งจุดเชื่อมต่อของระบบ (Network node)..... 64

ภาพที่ 13 การขาดน้ำภาคการเกษตรช่วงปีพ.ศ. 2556 – 2558 80

ภาพที่ 14 ปริมาณน้ำส่วนเกินช่วงปีพ.ศ. 2556 – 2558..... 81

ภาพที่ 15 พื้นที่ประสบอุทกภัยบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาปีพ.ศ. 2556 (สถาบันสารสนเทศทรัพยาการน้ำและการเกษตร, 2560)..... 82

ภาพที่ 16 ปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำสะสมรายเดือนปีพ.ศ. 2556 83

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 จังหวัดและอำเภอที่ได้รับผลกระทบและถูกประกาศเป็นเขตการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน (ภัยแล้ง) (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2558)..... 13

ตารางที่ 2 พื้นที่ป่าไม้ในแต่ละภาคของประเทศไทย (ข้อมูลจากสำนักงานจัดการที่ดิน กรมป่าไม้)... 20

ตารางที่ 3 บันทึกเหตุการณ์การจัดสรรน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559)..... 23

ตารางที่ 4 คำอธิบายและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการสร้างแผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง 41

ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำและอัตราการใช้น้ำของพืช 58

ตารางที่ 6 พื้นที่จังหวัดและสัดส่วนพื้นที่คาบเกี่ยวบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559) 59

ตารางที่ 7 จำนวนประชากรในแต่ละจังหวัดและสัดส่วนจำนวนประชากรตามพื้นที่คาบเกี่ยว 61

ตารางที่ 8 สรุปรายการและจำนวนองค์ประกอบในแผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง 65

ตารางที่ 9 การกำหนดตัวอักษรและหมายเลขแทนพื้นที่ต่างๆ ในแผนผังลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง.. 66

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของอัตราการปล่อยน้ำ จากแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ..... 69

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของอัตราการปล่อยน้ำ จากแบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ..... 71

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบปริมาณการขาดแคลนน้ำโดยรวมทั้งปี (หน่วย : ล้านลูกบาศก์เมตร)... 73

ตารางที่ 13 ผลจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลนำเข้าปีพ.ศ. 2556 75

ตารางที่ 14 ผลจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลนำเข้าปีพ.ศ. 2557 76

ตารางที่ 15 ผลจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลนำเข้าปีพ.ศ. 2558 77

ตารางที่ 16 ปริมาณความต้องการใช้น้ำของภาคส่วนต่างๆ..... 78

ตารางที่ 17 ปัญหาและวิธีการแก้ไขเบื้องต้น..... 85

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยน้ำจากแบบจำลองกับข้อมูลการปล่อยน้ำจริง 87

ตารางที่ 19 ผลการรณรงค์ประหยัดน้ำในภาคครัวเรือน 89
ตารางที่ 20 ขนาดพื้นที่เพาะปลูกเดิมและขนาดพื้นที่เพาะปลูกที่ลดลง 91
ตารางที่ 21 ผลการจำกัดพื้นที่การเกษตรทุกพื้นที่ 92
ตารางที่ 22 ผลการจำกัดพื้นที่การเกษตรเฉพาะ 3 พื้นที่ ที่มีความต้องการใช้น้ำมากที่สุด 93
ตารางที่ 23 ปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด 95
ตารางที่ 24 ผลการปรับเปลี่ยนชนิดของพืช 96
ตารางที่ 25 ราคาผลผลิตทางการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) 97
ตารางที่ 26 ผลจากการปลูกกาแฟ ถั่วลิสง ถั่วเขียว และปาล์มน้ำมันร่วมกับการปลูกข้าว 98
ตารางที่ 27 ผลจากการขุดลอกแม่น้ำหรือคลอง 100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ (Introduction)

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติของโลก โดยโลกประกอบไปด้วยน้ำมากถึง 3 ใน 4 ส่วน น้ำมีความสำคัญต่อระบบนิเวศและสมดุลของโลก รวมถึงการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก มนุษย์ใช้ประโยชน์จากน้ำในหลายด้านด้วยกันไม่ว่าจะเป็นการอุปโภค บริโภค การเกษตรและปศุสัตว์ การคมนาคมขนส่ง และการรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อม (Chen et al., 2012)

น้ำ จัดอยู่ในทรัพยากรประเภทสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้โดยผ่านวัฏจักรของน้ำ (Hydrologic cycle) แต่อย่างไรก็ตาม ผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ตลอดจนการเจริญเติบโตของจำนวนประชากร ทำให้การบริหารจัดการน้ำมีความท้าทายยิ่งขึ้น ปริมาณน้ำที่มีอยู่อาจไม่เพียงพอหรือมากเกินความต้องการ ก่อให้เกิดปัญหาภัยพิบัติต่างๆ เกี่ยวกับน้ำ เช่น น้ำแล้ง หรือน้ำท่วมอยู่เป็นระยะ ส่งผลกระทบทั้งต่อภาคครัวเรือน เศรษฐกิจและสังคม รวมถึงสิ่งแวดล้อม สำหรับประเทศไทยปัญหาสถานการณ์น้ำที่สำคัญ มีดังนี้

<u>ปัญหาสถานการณ์น้ำที่เกิดขึ้นในประเทศไทย</u>

- วิกฤตการณ์ภัยแล้งปี 2558

จากรายงานของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยตั้งแต่วันที่ 20 ตุลาคม พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2558 พบว่ามีจังหวัดที่ได้รับผลกระทบและถูกประกาศเป็นเขตการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน (ภัยแล้ง) ทั้งหมด 36 จังหวัด ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดภาวะภัยแล้งคือ ปริมาณฝนซึ่งน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนทุกปีที่ผ่านมา และมีการกระจายตัวไม่ครอบคลุมบางพื้นที่ โดยฝนจะตกหนักเป็นหย่อมๆ บริเวณภาคใต้ในขณะที่บริเวณภาคกลางกลับมีฝนตกน้อย

ตารางที่ 1 จังหวัดและอำเภอที่ได้รับผลกระทบและถูกประกาศเป็นเขตการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน (ภัยแล้ง) (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2558)

จังหวัด	อำเภอรวม	อำเภอประกาศภัย	รายชื่ออำเภอที่ประกาศภัย
ภาคเหนือ 11 จังหวัด			
เชียงใหม่	25	23	เชียงดาว ฮอด หางดง ดอยเต่า สันกำแพง สะเมิง ดอยหล่อ ดอยสะเก็ด จอมทอง สันป่าตอง สันทราย พร้าว แม่ออน เวียงแหง ไชยปราการ แม่แจ่ม สารภีกัลยาณิวัฒนา เมือง แม่วาง แม่อาย แม่แตง แม่ริม ฝาง อมก๋อย
พิษณุโลก	9	9	วังทอง บางระกำ นครไทย วัดโบสถ์ เนินมะปราง พรหมพิราม บางกระทุ่ม ชาติตระการ เมือง
แพร่	8	8	เมือง สูงเม่น ร้องกวาง สอง วังชิ้น ลองหนองม่วงไข่ เด่นชัย
ตาก	9	6	เมือง สามเงา แม่ระมาด บ้านตาก วังเจ้า แม่สอด
พิจิตร	12	6	บางมูลนากเมือง ตะพานหิน ดงเจริญ ทับคล้อ ทรายพูน
นครสวรรค์	15	15	ตาคลี โกรกพระ หนองบัว ท่าตะโก ลาดยาว ขุนตาบง พยุหะคีรี บรรพตพิสัย เมือง ชุมแสง แม่วงก์ แม่เปิน เก้าเลี้ยว ตากฟ้า ไพศาลี
กำแพงเพชร	11	6	บึงสามัคคี คลองขลุง เมือง ขานุวรลักษบุรี ปางศิลาทอง คลองลาน
สุโขทัย	9	1	เมือง
น่าน	15	3	เวียงสา สันติสุข นาหมื่น
ลำปาง	13	1	แม่พริก
อุตรดิตถ์	9	5	พิชัยเมือง ฟากท่า ลับแล น้ำปาด

ตารางที่ 1 จังหวัดและอำเภอที่ได้รับผลกระทบและถูกประกาศเป็นเขตการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน (ภัยแล้ง) (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2558) (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอรวม	อำเภอประกาศภัย	รายชื่ออำเภอที่ประกาศภัย
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 9 จังหวัด			
นครราชสีมา	32	24	บ้านเหลื่อม บัวใหญ่ บัวลาย สูงเนิน โนนแดง ขามสะแกแสง สีดาห้วยแถลง โนนสูง ประทาย ด่านขุนทด ชุมพวง เฉลิมพระเกียรติ เมือง สีคิ้วเทพารักษ์ จักราช โชคชัย ขามทะเลสอ วังน้ำเขียว โนนไทย ปักธงชัย พระทองคำ แก้งสนามนาง
ขอนแก่น	26	12	พล บ้างฝาง เขาสวนกวาง หนองเรือ สีชมพู หนองนาคำ เมือง หนองสองห้อง แวงนน้อย โนนศิลา กระนวน น้ำพอง
ชัยภูมิ	16	7	หนองบัวแดง เมือง คอนสวรรค์ เนินสง่า ภูเขียว จัตุรัส ซับใหญ่
สกลนคร	18	4	พรรณานิคม อากาศอำนวย วานรนิวาส สว่างแดนดิน
อำนาจเจริญ	7	4	เสนางคนิคม ชานุมาน ลืออำนาจ เมือง
บุรีรัมย์	23	4	พุทไธสง เมือง หนองหงส์ นาโพธิ์
กาฬสินธุ์	18	2	นาคู ท่าคันโท
มหาสารคาม	13	1	พยัคฆภูมิพิสัย
หนองบัวลำภู	6	1	โนนสัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 จังหวัดและอำเภอที่ได้รับผลกระทบและถูกประกาศเป็นเขตการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน (ภัยแล้ง) (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2558) (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอรวม	อำเภอประกาศภัย	รายชื่ออำเภอที่ประกาศภัย
ภาคกลาง 7 จังหวัด			
สระบุรี	12	11	แก่งคอย บ้านหมอ เฉลิมพระเกียรติ วังม่วง หนองแซง มวกเหล็ก พระพุทธบาท ดอนพุด วิหารแดง หนองแค หนองโดน
ชัยนาท	8	6	หันคามโนรมย์ เนินขาม สรรคบุรี วัดสิงห์ หนองมะโมง
ลพบุรี	11	5	พัฒนานิคม ชัยบาดาล โคกสำโรง สระโบสถ์ บ้านหมี่
ราชบุรี	10	5	โพธาราม ปากท่อ เมือง บ้านโป่ง ดำเนินสะดวก
กาญจนบุรี	13	4	บ่อพลอย ด่านมะขามเตี้ย พนมทวน ห้วยกระเจา
เพชรบุรี	8	4	บ้านลาด ท่ายาง แก่งกระจาน หนองหญ้าปล้อง
ประจวบคีรีขันธ์	8	3	กุยบุรี บางสะพานน้อย เมือง
ภาคตะวันออก 4 จังหวัด			
จันทบุรี	10	10	มะขาม โป่งน้ำร้อน สอยดาว เขาคิชฌกูฏ ท่าใหม่ ขลุง แก่งหางแมวนายายอาม เมือง แหลมสิงห์
ชลบุรี	11	1	เกาะสีชัง
สระแก้ว	9	9	ตาพระยา วังน้ำเย็น เขาฉกรรจ์ หนองหาด วังสมบูรณ์ โคกสูง วัฒนานครเมือง อรัญประเทศ
ตราด	7	4	เมืองเขาสมิง แหลมงอบ บ่อไร่

ตารางที่ 1 จังหวัดและอำเภอที่ได้รับผลกระทบและถูกประกาศเป็นเขตการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน (ภัยแล้ง) (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2558) (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอรวม	อำเภอประกาศภัย	รายชื่ออำเภอที่ประกาศภัย
ภาคใต้ 5 จังหวัด			
ตรัง	10	10	วังวิเศษ เมือง ห้วยยอด ย่านตาขาว สิเกา กันตัง ปะเหลียน นาโยงหาดสำราญ รัษฎา
นครศรีธรรมราช	23	6	บางขันนาบอน จุฬาภรณ์ เมือง ทุ่งใหญ่ เฉลิมพระเกียรติ
กระบี่	8	3	เกาะลันตา เหนือคลอง เขาพนม
พังงา	8	3	ท้ายเหมือง เกาะยาว ตะกั่วป่า
สตูล	7	2	ละงูเมือง

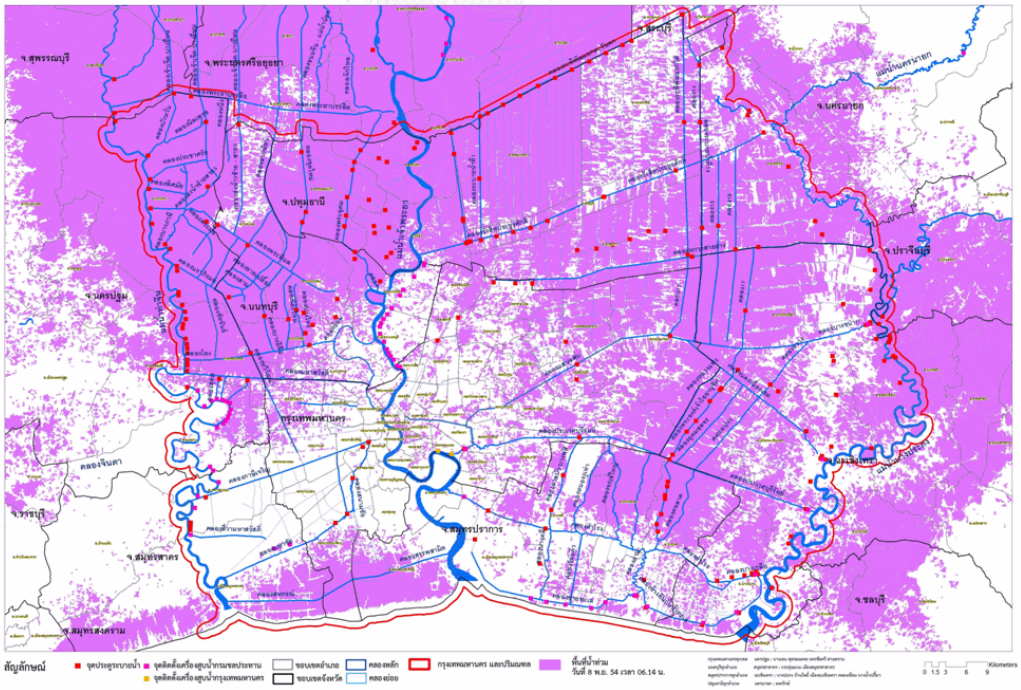
จากสถานการณ์ฝนตกหนักและกระจุกตัวตามแนวขอบประเทศ ส่งผลทำให้เกิดน้ำท่วมหนักในบางพื้นที่และเนื่องจากฝนที่ตกกระจุกตัวอยู่นอกพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำน้อยลงตามไปด้วย เมื่อน้ำในอ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้อยก็ส่งผลทำให้ไม่สามารถกระจายน้ำไปยังพื้นที่การเกษตรและจังหวัดต่างๆ ตามปริมาณที่ต้องการได้ โดยทั่วไปแล้วแม้ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำจะมีน้อย การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำจะให้ความสำคัญต่อการปล่อยน้ำเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของภาคครัวเรือนในพื้นที่แต่ละจังหวัดก่อนเพื่อให้ประชาชนมีน้ำใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคเป็นลำดับแรก ส่งผลทำให้พื้นที่เกษตรกรรมบางส่วนเกิดการขาดแคลนน้ำและได้รับความเสียหาย

นอกจากผลกระทบโดยตรงที่ได้กล่าวไปแล้ว วิกฤตการณ์ภัยแล้งยังนำมาซึ่งปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่ชายฝั่งและบริเวณปากแม่น้ำ โดยปกติการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำนั้น นอกจากจะควบคุมการปล่อยน้ำตามความต้องการใช้น้ำของภาคส่วนต่างๆ แล้ว ยังต้องคำนึงถึงการรักษาอัตราการไหลของน้ำให้เพียงพอที่จะผลักน้ำเค็มไม่ให้ลุกล้ำเข้ามาทางปากแม่น้ำ แต่เมื่อเกิดภัยแล้งจะมีอัตราการไหลไม่มากพอที่จะผลักน้ำเค็มออกไปจากปากแม่น้ำ ทำให้เกิดเหตุการณ์น้ำเค็มรุกล้ำพื้นที่ชายฝั่งและปากแม่น้ำ เหตุการณ์ดังกล่าวอาจสร้างความเสียหายให้แก่พืชผลของเกษตรกร อีกทั้งยังส่งผลต่อคุณภาพน้ำดิบที่จะนำมาผลิตเป็นน้ำประปาเพื่อการอุปโภคบริโภคอีกด้วย (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2558)

- มหาอุทกภัยปี 2554

ประเทศไทยประสบปัญหาอุทกภัยครั้งรุนแรงที่สุดในปีพ.ศ. 2554 โดยมีพื้นที่ประสบภัยกระจายตัวอยู่ในทุกภาคส่วนของประเทศโดยเฉพาะพื้นที่ทางภาคเหนือและภาคกลางที่เกิดน้ำท่วมหนักเป็นเวลานาน พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลก็เป็นพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมหนักด้วยเช่นกัน โดยอุทกภัยครั้งนี้ส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างมากทั้งในภาคการเกษตร อุตสาหกรรม รวมถึงภาคเศรษฐกิจที่เกิดการหยุดชะงักไปชั่วขณะ

จากฐานข้อมูลคลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติที่มีการบันทึกไว้ปรากฏว่ามีพื้นที่ประสบอุทกภัยและมีการประกาศเป็นพื้นที่ภัยพิบัติกรณีฉุกเฉินตั้งแต่ปลายเดือนกรกฎาคม ปีพ.ศ. 2554 ถึงเดือนพฤศจิกายน ปีพ.ศ. 2554 รวมทั้งสิ้น 65 จังหวัด มีผู้เสียชีวิต 657 ราย สูญหาย 3 ราย ราษฎรเดือดร้อน 4,039,459 ครัวเรือน หรือคิดเป็น 13,425,869 ราย บ้านเรือนเสียหายทั้งหลัง 2,329 หลัง บ้านเรือนเสียหายบางส่วน 96,833 หลัง พื้นที่การเกษตรที่ได้รับความเสียหายประมาณ 11.20 ล้านไร่ ถนน 13,961 สาย ท่อระบายน้ำ 777 แห่ง ฝาย 982 แห่ง ทำนบ 142 แห่ง สะพาน/คอสะพาน 724 แห่ง บ่อปลา/บ่อกุ้ง/หอย 231,919 ไร่ ปศุสัตว์ 13.41 ล้านตัว พื้นที่เกิดอุทกภัยสามารถแสดงได้ด้วยพื้นที่สีม่วงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 พื้นที่เกิดอุทกภัยบริเวณภาคกลางในปีพ.ศ. 2554 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2554)

ปัจจัยที่ทำให้เกิดภัยแล้งและอุทกภัย

ปัจจัยที่ทำให้เกิดภัยแล้งและอุทกภัยมีหลายปัจจัยด้วยกัน ซึ่งสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. ปัจจัยทางธรรมชาติ

ปัจจัยทางธรรมชาติเป็นปัจจัยที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและไม่สามารถควบคุมได้ มักเกิดจากความแปรปรวนหรือการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น ปรากฏการณ์ลานีญา (La niña) ปรากฏการณ์เอลนีโญ (El niño) พายุ ร่องมรสุม และลมประจำท้องถิ่น

2. ปัจจัยทางกายภาพ

ปัจจัยทางกายภาพมักเป็นปัจจัยที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสมดุลของธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า จากการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยของกรมป่าไม้พบว่า พื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 ทั้งนี้สัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ที่มีแนวโน้มลดลงในทุกๆ ภาคของประเทศ ส่งผลทำให้ดินอุ้มน้ำได้น้อยลงและฝนปริมาณมากกลายเป็นน้ำท่าผิวดินไหลบ่าจากพื้นที่สูงลงสู่พื้นที่ต่ำได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก ในช่วงฤดูฝนซึ่งอัตราการไหลของน้ำมีความรุนแรง สามารถพัดพาสิ่งก่อสร้างต่างๆ กระทั่งก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากได้ ในขณะที่นอกฤดูฝนจะเกิดความเสี่ยงภัยแล้งเนื่องจากปริมาณน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินมีปริมาณน้อย นอกจากการตัดไม้ทำลายป่าแล้ว ปัจจัยทางกายภาพยังรวมไปถึงการสร้างสิ่งก่อสร้างรุกล้ำเขตเส้นทางเดินของแม่น้ำ หรือการเปลี่ยนเส้นทางการไหลของน้ำที่ทำให้น้ำไหลไม่สะดวกอีกด้วย

3. ปัจจัยทางด้านการบริหารจัดการน้ำ

ปัจจัยด้านการบริหารจัดการน้ำก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลกระทบต่อการควบคุมปริมาณน้ำในช่วงวิกฤตต่างๆ โดยปัจจัยทางด้านการบริหารจัดการน้ำนั้นเป็นปัจจัยที่เราสามารถควบคุมได้โดยการกำหนดแผนการบริหารจัดการน้ำและแผนสำรองเพื่อป้องกันและบรรเทาความรุนแรงจากวิกฤตต่างๆ เกี่ยวกับน้ำที่อาจเกิดขึ้น ทั้งนี้ การบริหารจัดการน้ำในแต่ละลุ่มน้ำจะมีระดับความท้าทายแตกต่างกันไป สำหรับประเทศไทยนั้น การบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาเป็นลุ่มน้ำที่มีความซับซ้อนและท้าทายมากที่สุด เนื่องจากเป็นลุ่มน้ำท้ายน้ำที่ได้รับน้ำและผลกระทบจากการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ต้นน้ำทางภาคเหนือของประเทศไทยและเป็นศูนย์กลางการพัฒนาของประเทศ ซึ่งมีความต้องการน้ำสูงและมี

แนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพื่อสนับสนุนการเติบโตในภาคส่วนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นภาคครัวเรือน อุตสาหกรรม การเกษตร และสิ่งแวดล้อม

ประเทศไทยประสบปัญหาเกี่ยวกับภัยแล้งและอุทกภัยเป็นเวลาต่อเนื่อง สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดทั้งภัยแล้งและอุทกภัยโดยส่วนใหญ่มักเป็นสาเหตุที่มีความต่อเนื่องกัน กล่าวคือสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดผลกระทบหลายด้านและผลกระทบที่ตามมานี้ก็ส่งผลกระทบต่อเนื่องกันไปไม่รู้จบสิ้น การบริหารจัดการน้ำที่ดีจะมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดความเดือนร้อนของประชาชนเมื่อเกิดภาวะวิกฤต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 พื้นที่ป่าไม้ในแต่ละภาคของประเทศไทย (ข้อมูลจากสำนักงานจัดการที่ดิน กรมป่าไม้)

หน่วย : ไร่ Unit : Rai

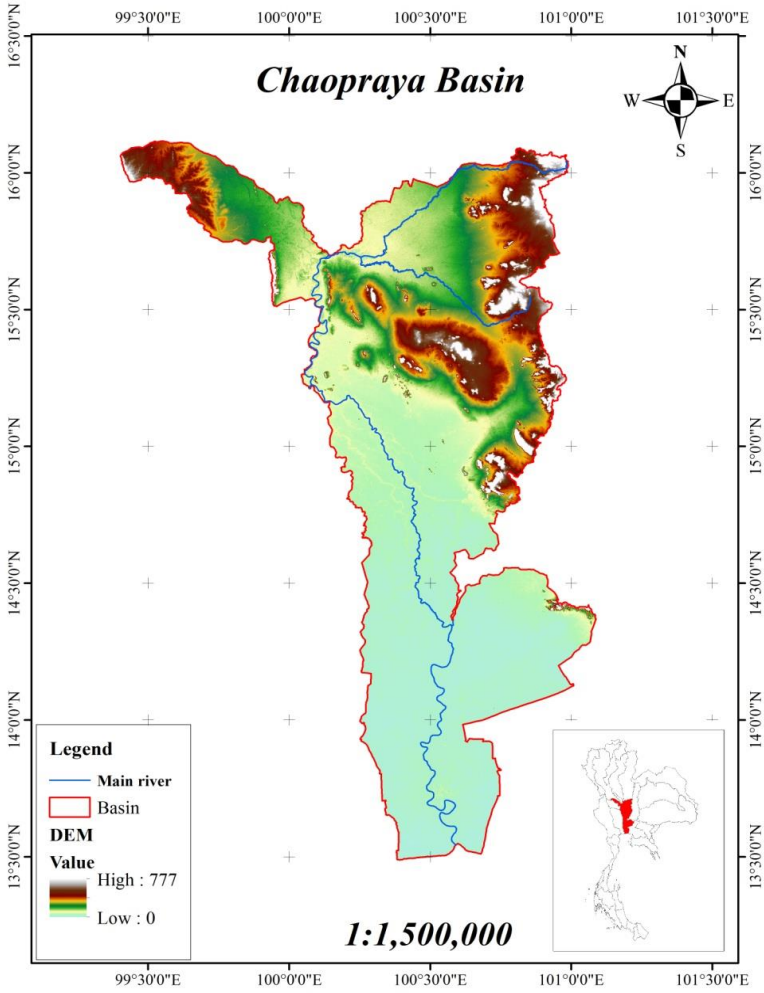
ปี พ.ศ.	ภาคเหนือ North		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ North - East		ภาคตะวันออก East		ภาคกลาง Central		ภาคใต้ South		รวม Whole Kingdom		Year
	ไร่ Rai	%	ไร่ Rai	%	ไร่ Rai	%	ไร่ Rai	%	ไร่ Rai	%	ไร่ Rai	%	
2516	70,996,875.00	66.96	31,669,375.00	30.01	9,397,500.00	41.19	14,981,250.00	35.56	11,521,875.00	26.07	138,566,875.00	43.21	1973
2519	63,954,375.00	60.32	25,933,750.00	24.57	7,894,375.00	34.60	13,641,250.00	32.38	12,586,875.00	28.48	124,010,625.00	38.67	1976
2521	59,335,625.00	55.96	19,513,125.00	18.49	6,898,125.00	30.24	12,766,250.00	30.31	11,001,875.00	24.89	109,515,000.00	34.15	1978
2525	54,847,500.00	51.73	16,178,750.00	15.33	5,000,000.00	21.92	11,572,500.00	27.47	10,276,250.00	23.25	97,875,000.00	30.52	1982
2528	52,578,750.00	49.59	15,987,500.00	15.15	4,993,750.00	21.89	11,053,125.00	26.24	9,678,125.00	21.90	94,291,250.00	29.40	1985
2531	50,251,250.00	47.39	14,808,125.00	14.03	4,896,250.00	21.46	10,777,500.00	25.59	9,143,750.00	20.69	89,876,875.00	28.03	1988
2532	50,138,750.00	47.29	14,741,250.00	13.97	4,866,250.00	21.33	10,764,375.00	25.55	9,125,000.00	20.65	89,635,625.00	27.95	1989
2534	48,214,375.00	45.47	13,624,375.00	12.91	4,806,875.00	21.07	10,385,000.00	24.65	8,405,625.00	19.02	85,436,250.00	26.64	1991
2536	47,019,375.00	44.35	13,420,625.00	12.72	4,771,250.00	20.29	10,255,000.00	24.34	8,005,000.00	18.11	83,471,250.00	26.03	1993
2538	46,178,750.00	43.55	13,290,625.00	12.59	4,744,375.00	20.80	10,180,000.00	24.17	7,784,375.00	17.61	82,178,125.00	25.62	1995
2541	45,662,625.00	43.06	13,115,000.00	12.43	4,691,875.00	20.57	10,030,625.00	23.81	7,578,125.00	17.15	81,076,250.00	25.28	1998
2543	60,168,926.72	56.75	16,579,338.12	15.71	5,273,927.01	23.12	13,413,654.05	31.84	10,883,393.57	24.62	106,319,239.47	33.15	2000
2547	57,542,765.00	54.27	17,559,806.00	16.64	5,150,204.00	22.57	13,277,026.00	31.52	11,214,559.00	25.37	104,744,360.00	32.66	2004
2548	55,863,118.75	47.31	15,834,125.00	15.00	4,959,887.50	21.74	12,924,112.50	30.68	11,044,568.75	24.99	100,625,812.50	31.38	2005
2549	55,230,068.75	52.09	15,343,675.00	14.54	4,927,262.50	21.60	12,846,918.75	30.50	10,809,943.75	24.46	99,157,868.75	30.92	2006
2551	59,421,715.33	56.04	17,222,213.98	16.32	5,020,875.00	21.01	13,892,232.01	29.81	11,683,995.69	27.03	107,241,031.25	33.44	2008
2556	56,283,600.00	52.36	15,813,931.25	15.09	5,139,025.00	22.45	13,832,637.50	32.79	11,050,350.00	23.95	102,119,537.50	31.57	2013
2557	56,537,481.25	52.60	15,748,931.25	15.02	5,076,312.50	22.18	13,863,193.75	32.86	11,059,475.00	23.97	102,285,400.00	31.62	2014
2558	56,496,886.23	52.56	15,660,166.45	14.94	5,091,779.16	22.25	13,918,144.83	33.02	11,074,005.17	23.99	102,240,981.88	31.60	2015
รวม	พื้นที่ภาคเหนือ		พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		พื้นที่ภาคตะวันออก		พื้นที่ภาคกลาง		พื้นที่ภาคใต้		พื้นที่ประเทศ		Total
	107,489,799.49		104,823,709.24		22,889,386.44		42,154,901.40		46,154,901.40		323,528,699.67		

1.2 ลักษณะของปัญหา

ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างเป็นลุ่มน้ำที่ตั้งอยู่ในภาคกลางของประเทศไทย โดยมีแม่น้ำสายหลัก คือ แม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของแม่น้ำทั้งหมด 4 สาย ได้แก่ ปิง วัง ยม และ น่าน ไหลมารวมกันที่จังหวัดนครสวรรค์ จากนั้นจึงไหลลงสู่ทางทิศใต้และออกสู่อ่าวไทยที่จังหวัด สมุทรปราการดังแสดงในภาพที่ 2

ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมของ ประเทศ เนื่องจากเป็นที่ตั้งของเมืองหลวง และเป็นแหล่งรวมอุตสาหกรรมหลักต่างๆ ที่สร้าง รายได้ให้กับประเทศ อีกทั้งยังเป็นแหล่งพื้นที่เกษตรกรรมหลักของประเทศไทย โดยกิจกรรม ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างนี้ล้วนแล้วแต่ต้องใช้น้ำเป็นส่วนสำคัญทั้งสิ้น ไม่ ว่าจะเป็นด้านการอุปโภคบริโภค การผลิต การท่องเที่ยว และการขนส่งทางน้ำ ปริมาณน้ำส่วน ใหญ่ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างนี้ได้รับมาจากการไหลของน้ำท่าตามธรรมชาติจากพื้นที่ต้นน้ำใน ลุ่มน้ำเจ้าพระยาส่วนบน และจากการควบคุมการปล่อยน้ำจากเขื่อน โดยเขื่อนหลักที่ตั้งอยู่ใน พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีทั้งหมด 2 เขื่อน ได้แก่ เขื่อนทับเสลา และเขื่อนป่าสัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2 ที่ตั้งและลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

ข้อมูลบันทึกเหตุการณ์การจัดสรรน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตรตามตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างประสบปัญหาการบริหารจัดการน้ำมาอย่างต่อเนื่อง โดยปัญหาหลักที่เกิดขึ้นคือ การขาดแคลนน้ำโดยปริมาณการขาดแคลนน้ำสามารถคำนวณได้โดยการหาผลต่างของแผนการใช้น้ำและผลการใช้น้ำ โดยจากการคำนวณจะพบว่ามีปริมาณการขาดแคลนน้ำอยู่ในช่วง 1,500 – 2,000 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

ตารางที่ 3 บันทึกเหตุการณ์การจัดสรรน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา
(สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559)

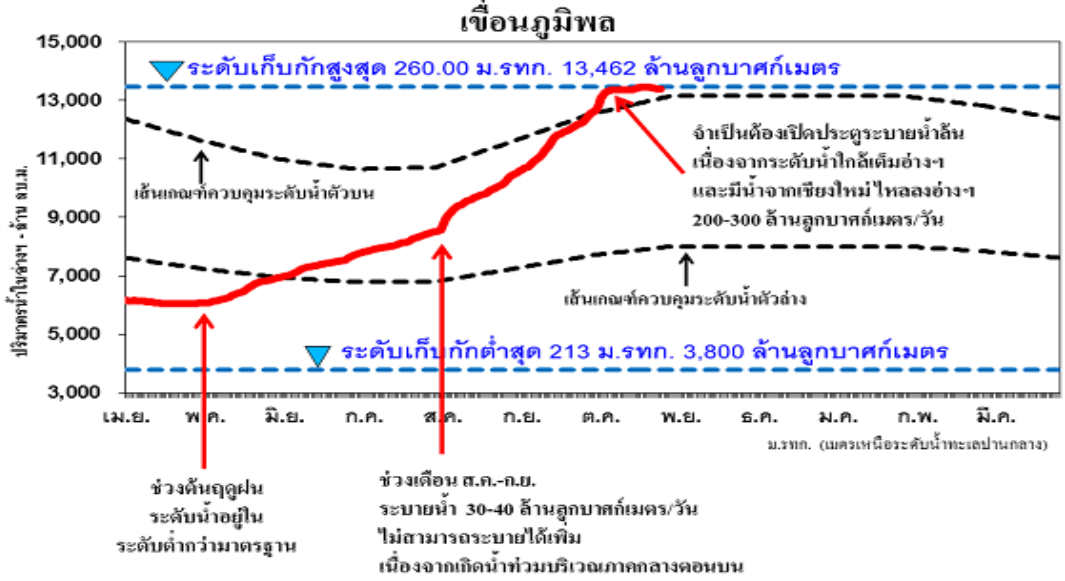
ฤดูแล้ง	ปริมาณน้ำทั้งหมด	ปริมาณน้ำใช้การได้	ภูมิพล+สิริกิติ์	แควน้อย	ป่าสักชลสิทธิ์	แม่กลอง	แผนการใช้น้ำ	ผลการใช้น้ำ	ผลการจัดสรรน้ำ
ปี 51/52	19,343	12,690	10,736	0	954	1,000	9,550	10,881	เกินแผน
ปี 52/53	17,875	11,186	8,720	519	947	1,000	8,000	10,339	เกินแผน
ปี 53/54	18,529	11,827	9,628	739	960	500	8,500	8,409	ต่ำกว่าแผน
ปี 54/55	24,849	18,099	16,239	900	960	0	13,220	14,751	เกินแผน
ปี 55/56	17,771	11,075	8,612	689	774	1,000	9,000	9,043	เกินแผน
ปี 56/57	13,473	6,777	5,216	744	817	-	2,900	4,113	เกินแผน
ปี 57/58	15,849	9,153	6,343	851	959	1,000	5,300	7,265	เกินแผน
ปี 58/59	10,943	4,247	3,240	370	637	-	3,200	3,095	ต่ำกว่าแผน

ปัญหาการขาดแคลนน้ำที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างนอกจากจะส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของประชาชนแล้ว ยังส่งผลทำให้ภาคอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจเกิดการหยุดชะงักสร้างความเสียหายต่อประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยทั่วไปแล้วถึงแม้ว่าปริมาณน้ำที่สามารถใช้การได้จะมีปริมาณน้อยกว่าความต้องการรวมของทุกภาคส่วน การบริหารจัดการน้ำจะมุ่งเน้นการปล่อยน้ำเพื่อตอบสนองความต้องการด้านอุปโภคบริโภคให้เพียงพอต่อการดำรงชีวิต หลีกเลี่ยงการขาดแคลนน้ำในภาคครัวเรือนเป็นลำดับแรกสุด ส่งผลให้พื้นที่เกษตรกรรมบางพื้นที่เกิดการขาดแคลนน้ำ และหากปริมาณน้ำมีน้อยมากจนไม่สามารถตอบสนองความต้องการด้านอุปโภคบริโภคได้เพียงพอ ก็จะส่งผลให้ต้องนำน้ำใต้ดินมาใช้ ซึ่งหากมีการสูบน้ำใต้ดินมากเกินไปก็อาจก่อให้เกิดปัญหาการลดตัวของระดับน้ำใต้ดินและแผ่นดินทรุดตัว นอกจากผลกระทบต่อภาคการเกษตรแล้ว ปัญหาการขาดแคลนน้ำยังส่งผลต่อการรักษาสภาพแวดล้อมอีกด้วย เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำมีน้อยจนไม่สามารถผลักน้ำเค็มที่รุกล้ำทางปากแม่น้ำได้ ส่งผลให้พืชผลของเกษตรกรในพื้นที่ริมชายฝั่งและปากแม่น้ำเกิดความเสียหายอีกด้วย

กรมชลประทาน ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบหลักในการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำของประเทศไทยโดยใช้เครื่องมือโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 3 เป็นแนวทางในการจัดสรรน้ำไปยังภาคส่วนต่างๆทั้งนี้โค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจะประกอบไปด้วยเส้น 2 เส้น ด้วยกัน ได้แก่ เส้นเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด (Upper Rule Curve, URC) และเส้นเกณฑ์เก็บกักน้ำ

ต่ำสุด (Lower Rule Curve, LRC) เส้นเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุด คือ ปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักได้สูงสุดโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ และเส้นเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุด คือ ปริมาณน้ำที่เก็บกักต่ำสุดเพื่อให้สามารถสำรองน้ำไว้ใช้ในช่วงที่มีการขาดแคลนน้ำได้ การปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำแต่ละครั้งจะไม่มีการกำหนดปริมาณที่แน่นอนแต่จะมีการควบคุมการปล่อยน้ำโดยให้ปริมาณน้ำที่คงเหลือในอ่างเก็บน้ำอยู่ในช่วงระหว่างเส้นเกณฑ์เก็บกักน้ำสูงสุดและเกณฑ์เก็บกักน้ำต่ำสุด ดังนั้นการตัดสินใจปล่อยน้ำแต่ละครั้งจึงจำเป็นต้องอาศัยการคาดการณ์ ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์ เพื่อประกอบการตัดสินใจ ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยในการตัดสินใจ เพื่อให้การตัดสินใจแต่ละครั้งมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเครื่องมือที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสม (Optimization) ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือด้านการวิจัยการดำเนินงาน (Operations Research, OR) เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมนี้สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจเพื่อการบริหารจัดการน้ำได้โดยกำหนดตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables) จุดประสงค์ในการตัดสินใจ (Objective function) และเงื่อนไขบังคับ (Constraints) ในการตัดสินใจให้อยู่ในรูปฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ โดยการกำหนดตัวแปรตัดสินใจ จุดประสงค์ในการตัดสินใจ และเงื่อนไขบังคับขึ้นอยู่กับลักษณะปัญหาและลักษณะของผลลัพธ์ที่ต้องการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3 เส้นโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve) ของเขื่อนภูมิพลปี 2549
(กรมชลประทาน, 2549)

วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดหลายวิธีได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำ (Needham et al. 2000, Chavarit et at. 2005, Janejira and Ichiro 2005, Chen et al. 2012, He et at. 2012, Sharif and Swamy 2014, Panuwat 2014) ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป การเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น สภาพปัญหา ระยะเวลาการประมวลผล และระดับความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ยอมรับได้ ผู้ศึกษางานวิจัยนี้มุ่งเน้นการสร้างแบบจำลองที่ไม่ซับซ้อน และใช้งานง่าย เพื่อให้หน่วยงานผู้รับผิดชอบในการบริหารจัดการน้ำนำไปใช้ได้อย่างสะดวกหรือพัฒนาต่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

งานวิจัยนี้เลือกประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมประเภทกำหนดการเชิงเส้นตรง (Linear programming) เข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาการบริหารการจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เนื่องจากเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์อื่นๆ อีกทั้งยังสามารถหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ในระยะเวลาอันสั้น ทั้งนี้ กำหนดการเชิงเส้นตรงมีข้อจำกัด คือ ความสัมพันธ์ของตัวแปรในสมการจุดประสงค์และข้อจำกัดต่างๆ จะต้องเป็นเชิง

เส้นตรงเท่านั้น แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในการศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อลดการขาดแคลนน้ำและปริมาณน้ำส่วนเกินให้ได้มากที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งได้แก่ ข้อจำกัดของอ่างเก็บน้ำ ข้อจำกัดของอัตราการไหล และข้อจำกัดของสมดุลน้ำ นอกจากนี้ยังมีการนำระยะเวลาการเดินทางของน้ำเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในแบบจำลองด้วย ภายใต้สมมติฐานที่ว่า น้ำใช้เวลาเดินทางจากต้นน้ำไปยังจุดต่างๆ ด้วยเวลาที่แตกต่างกัน หากนำมิติเวลาเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในแบบจำลองแล้วจะช่วยในการหาคำตอบให้มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากขึ้น โดยจะมีการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวโดยเปรียบเทียบผลระหว่างแบบจำลองที่ไม่นำเวลาและนำเวลาการเดินทางของน้ำมาเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลอง เมื่อสร้างแบบจำลองเรียบร้อยแล้ว จะมีการทดสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของแบบจำลองผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) เพื่อให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้งานได้ในสถานการณ์จริง

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

สร้างเครื่องมือสนับสนุนการกำหนดแนวทางการบริหารจัดการน้ำเพื่อลดการขาดแคลนน้ำและลดปริมาณน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาแนวทางการจัดสรรน้ำเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เนื่องจากเป็นพื้นที่ยุทธศาสตร์ของประเทศไทย และมีความท้าทายในการบริหารจัดการ
2. ศึกษาแนวทางการจัดสรรน้ำ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2556-2558 ซึ่งเป็นช่วงปีล่าสุดที่เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำ โดยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลผังน้ำ การจัดสรรน้ำจากอ่างเก็บน้ำ พื้นที่โครงการชลประทาน จากกรมชลประทาน และข้อมูลน้ำฝนและน้ำท่า จากหน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมและการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) ของแบบจำลองในการประเมินสถานการณ์เพื่อเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา

1.5 ประโยชน์ของงานวิจัย

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำสามารถนำเครื่องมือที่พัฒนาจากการศึกษานี้ไปใช้สนับสนุนการกำหนดแนวทางและประเมินผลกระทบจากการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างได้

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและปัญหาวิกฤตการณ์น้ำต่างๆในประเทศไทย
2. ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการบริหารจัดการน้ำ
2. สร้างผังการเดินทางของน้ำบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
3. สร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์
4. ประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง
5. วิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลอง
6. วิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง
7. สรุปแนวทางการบริหารจัดการน้ำจากแบบจำลอง
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

การบริหารจัดการน้ำเพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่หลากหลายนั้นเป็นปัญหาที่มีความยุ่งยากและซับซ้อน ถึงแม้ว่าทรัพยากรน้ำนั้นเป็นทรัพยากรที่หมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่เนื่องด้วยปริมาณน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดทำให้จำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำที่ดีเพื่อให้สามารถนำน้ำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งนี้ ประเทศไทยประสบปัญหาการบริหารจัดการน้ำมาอย่างต่อเนื่องและยาวนาน งานวิจัยนี้จึงถูกริเริ่มขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการบริหารจัดการน้ำสำหรับลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างซึ่งถือเป็นศูนย์กลางพื้นที่เศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศไทย งานวิจัยนี้จะบูรณาการศาสตร์ด้านการวิจัยการดำเนินงาน (Operations Research, OR) กับศาสตร์ด้านการบริหารจัดการน้ำ (Water resources management) เข้าไว้ด้วยกัน โดยนิยาม รายละเอียดของทฤษฎี และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้อธิบายไว้ในส่วนต่อไปนี้

2.1 นิยามและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยการดำเนินการ คือ ศาสตร์ที่ว่าด้วยการประยุกต์ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดวิเคราะห์ เพื่อช่วยให้ตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม หรือช่วยในการออกแบบและจัดการระบบภายใต้ข้อจำกัดของทรัพยากร เทคนิคที่นิยมนำมาใช้ในศาสตร์นี้ ได้แก่ การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) การจำลองสถานการณ์ (Simulation) และสถิติและความน่าจะเป็น (Probability and statistics) (Frederick and Gerald 1967)

- การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด คือ ศาสตร์ที่ศึกษาถึงวิธีการต่างๆ ที่จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่จำกัด มักมีการใช้งานร่วมกับการจำลองสถานการณ์เพื่อให้เห็นสภาพการณ์จริงเมื่อนำผลลัพธ์ไปใช้ และสามารถสร้างแนวทางการปรับปรุงระบบได้หลากหลายโดยไม่จำเป็นต้องทดลองกับระบบจริง (Frederick and Gerald 1967)

วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมีหลายวิธี วิธีกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical programming) นับเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด (Mattia et al. 2016, Shaikh and Ji 2016, Yang

et at. 2016, Liu et al. 2017, Zettel and Hitzmann 2017) และถูกเลือกใช้ในงานวิจัยนี้ วิธีกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์อาศัยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาและหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดจากแบบจำลองตามสมการจุดประสงค์ โดยกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์สามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้ (วิภาวี 2555)

1) กำหนดการเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น (Linear and Non-linear programming)

กำหนดการเชิงเส้น (Linear programming) คือ กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่ฟังก์ชันจุดประสงค์และสมการหรืออสมการเงื่อนไขทั้งหมดอยู่ในรูปแบบเชิงเส้น หากกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์มีลักษณะที่ฟังก์ชันจุดประสงค์และสมการหรืออสมการเงื่อนไขไม่อยู่ในรูปแบบเชิงเส้น จะเรียกว่าเป็นกำหนดการไม่เชิงเส้น (Non-linear programming)

2) กำหนดการเชิงจำนวนเต็มและไม่เชิงจำนวนเต็ม (Integer and Non-integer programming)

กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer programming) คือ กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่มีการกำหนดตัวแปรตัดสินใจบางตัวหรือทุกตัวเป็นจำนวนเต็ม โดยในกรณีที่ตัวแปรตัดสินใจทุกตัวเป็นจำนวนเต็มจะเรียกว่า กำหนดการเชิงจำนวนเต็มแท้จริง (Pure integer programming) และหากเป็นกรณีที่ตัวแปรตัวสินใจบางตัวเป็นจำนวนเต็มจะเรียกว่า กำหนดการเชิงจำนวนเต็มผสม (Mixed integer programming) ส่วนกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่ไม่มีการกำหนดตัวแปรตัดสินใจเป็นจำนวนเต็มเลยจะเรียกว่า กำหนดการไม่เชิงจำนวนเต็ม (Non-integer programming)

3) แบบจำลองเชิงกำหนดและแบบจำลองเฟ้นสุ่ม (Deterministic and Stochastic model)

แบบจำลองเชิงกำหนด (Deterministic model) คือ แบบจำลองที่ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจในฟังก์ชันจุดประสงค์และตัวแปรตัดสินใจในเงื่อนไขบังคับ รวมถึงข้อมูลปริมาณทรัพยากรทั้งหมด มีค่าที่ทราบแน่นอนและเป็นค่าคงที่ ส่วนแบบจำลองเฟ้นสุ่ม (Stochastic model) เป็นแบบจำลองที่ข้อมูลดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ทราบค่าที่แน่นอน หรือไม่อยู่ในรูปแบบค่าคงที่

ในการเลือกใช้กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ประเภทใดในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้น ผู้ใช้จำเป็นต้องศึกษาสภาพปัญหาเพื่อตรวจสอบดูว่ากำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ประเภทใดมีความเหมาะสมกับสภาพปัญหามากที่สุด ประเภทของกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่เลือกขึ้นมานั้นต้องเป็นวิธีที่สามารถให้ผลลัพธ์ที่ต้องการได้ โดยมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อนและมีความถูกต้องน่าเชื่อถือในระดับที่ยอมรับได้ การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสามารถนำไปใช้เพื่อแก้ปัญหาได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ปัญหาการจัดตารางการทำงาน (Avramidis et al. 2010, Gong and Fan 2016, Mattia et al. 2016) ปัญหาการขนส่ง (Silva et al. 2005, Correll et al. 2014, Shaikh and Ji 2016) ปัญหาด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน (Pflug 1991, Golub et al. 1995) นอกจากการนำไปใช้ในด้านอุตสาหกรรมแล้ว การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดยังถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการบริหารจัดการน้ำได้อีกด้วย เช่น การจัดสรรน้ำในช่วงฤดูแล้ง การกำหนดปริมาณการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำ (Chen et al. 2012, Bi et al. 2015, Luo et al. 2016, Yang et al. 2016) สำหรับขั้นตอนการสร้างและการใช้งานกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์สามารถทำได้ดังนี้ (วิภาวี 2555)

1) ศึกษาข้อมูลเพื่อระบุกรอบปัญหาและกำหนดขอบเขตของปัญหา

ขั้นตอนแรกของการสร้างกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์คือ การศึกษาปัญหาเพื่อกำหนดจุดประสงค์ในการทำงานและขอบเขตของปัญหา การศึกษาปัญหาอย่างละเอียดและครบถ้วนตั้งแต่ขั้นแรกจะทำให้การสร้างกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์มีความถูกต้องและทำให้สามารถบรรลุจุดประสงค์ที่ต้องการได้

2) เก็บข้อมูลจากระบบจริง

หลังจากทำการศึกษาปัญหาอย่างละเอียดและระบุขอบเขตและจุดประสงค์ที่ชัดเจนแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือ การเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น

3) สร้างกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์

ขั้นตอนนี้จะทำการกำหนดตัวแปรตัดสินใจ จุดประสงค์ในการตัดสินใจ และเงื่อนไขบังคับในการตัดสินใจให้อยู่ในรูปฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ การกำหนดตัวแปรตัดสินใจและจุดประสงค์ในการตัดสินใจจะเป็นไปตามลักษณะของปัญหาและลักษณะผลเฉลยที่ต้องการ

4) ตรวจสอบความถูกต้องของกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์

การตรวจสอบความถูกต้องของกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์สามารถทำได้โดยการทบทวนตัวแปรตัดสินใจและลักษณะผลเฉลยที่ต้องการว่าต้องมีความสอดคล้องกับการกำหนดฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์

5) เลือกแนวทางที่เหมาะสมสำหรับปัญหา

กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์จะสามารถระบุแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาได้ โดยปกติแนวทางที่เหมาะสมที่สุดจะมีเพียงแนวทางเดียว แต่ในบางกรณีแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสามารถเป็นไปได้หลายแนวทาง ในกรณีนี้จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ผลกระทบในหลายๆ แนวทางและเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหานั้นๆ

6) นำเสนอผลที่ได้รับและข้อเสนอแนะ

7) นำผลไปปฏิบัติ

- การจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ คือ การเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์หารูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติ จากนั้นจึงนำข้อมูลต่างๆ มาใส่ในคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เข้าช่วย (Jerry Banks 1998) วัตถุประสงค์ของการจำลองสถานการณ์ คือ เพื่อศึกษาสภาพความเป็นไปของระบบ วิธีการจำลองสถานการณ์นี้ นอกจากจะช่วยในการศึกษาระบบผ่านคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องเฝ้าติดตามการทำงานจริงแล้ว ยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยหาแนวทางหรือทางเลือกที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้กับสถานการณ์จริง ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงจากความผิดพลาดได้ ปัจจุบันการจำลองสถานการณ์เป็นที่นิยมอย่างมากและมีการพัฒนาระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ในหลากหลายสายงาน ซึ่งรวมไปถึงด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำด้วย (Abduaziz et al. 2015, Stephan et al. 2016, Dullinger et al. 2017, Li et al. 2017, Martins et al. 2017)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Satoh et al. (2003) ศึกษาแนวทางการบริหารจัดการน้ำในลุ่มแม่น้ำกลองเพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่หลากหลาย โดยคำนึงถึงการใช้น้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นอันดับแรก แต่ในขณะเดียวกันก็มีการจัดสรรน้ำไปให้ความต้องการด้านอื่นๆ อย่างเหมาะสม งานวิจัยนี้ครอบคลุมการศึกษาด้านการจัดสรรน้ำเพื่อความต้องการที่หลากหลาย (Multi-purpose) และการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำซึ่งประกอบไปด้วยอ่างเก็บน้ำจำนวนมากกว่าหนึ่งอ่าง (Multi-reservoir) เทคนิคที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ การกำหนดระดับน้ำควบคุมร่วมกับการจำลองสถานการณ์ (Simulation technique) โดยมีการสร้างระดับน้ำควบคุมตอนบน (Upper line) เพื่อหลีกเลี่ยงน้ำล้นจากตลิ่ง (Overflow) ในช่วงหน้าฝน และกำหนดระดับน้ำควบคุมตอนล่าง (Lower line)

เพื่อรักษาระดับน้ำให้มีเหลือเพียงพอสำหรับความต้องการท้ายน้ำ การปล่อยน้ำในช่วงเวลาต่างๆ จะสร้างปริมาณการปล่อยน้ำที่เป็นมาตรฐาน (Standard release) ขึ้น ผ่านสูตรการคำนวณเพื่อควบคุมการปล่อยน้ำให้อยู่ในช่วงระหว่างระดับน้ำควบคุมตอนบน และระดับน้ำควบคุมตอนล่าง นอกจากนี้ยังมีการจำลองปริมาณการจัดเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดสรรน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคตลอดจนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างเหมาะสมอีกด้วย

นอกจากจะมีการประยุกต์ใช้การกำหนดระดับน้ำควบคุมกับการจำลองสถานการณ์ในการบริหารจัดการลุ่มน้ำแล้ว ยังมีการประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในงานด้านการบริหารจัดการลุ่มน้ำด้วย เช่น Needham et al. (2000) ที่ศึกษาการกำหนดระดับน้ำควบคุมเพื่อใช้ในการควบคุมปัญหาน้ำท่วมโดยเทคนิคกำหนดการจำนวนเต็มแบบผสมซึ่งข้อดีของการใช้กำหนดการเชิงเส้นคือ ง่ายและใช้เวลาหาคำตอบไม่นาน แต่ก็มีข้อจำกัดคือ ทุกตัวแปรในแบบจำลองต้องเป็นเชิงเส้นเท่านั้น

การนำเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมาประยุกต์ใช้นั้น สามารถทำได้หลากหลายวิธี Sharif and Swamy (2014) ได้นำเทคนิคกำหนดการเชิงเส้น และกำหนดการไม่เชิงเส้น มาใช้ในการแก้ไขปัญหาการจัดการเขื่อนที่มีจำนวนมากกว่าหนึ่ง การเปรียบเทียบผลระหว่างวิธีกำหนดการเชิงเส้น และกำหนดการไม่เชิงเส้นพบว่า กำหนดการเชิงเส้นสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดของทั้งหมด (Global optimal point) และใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่า ในขณะที่กำหนดการไม่เชิงเส้นสามารถหาได้เพียงคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะแห่งเท่านั้น (Local optimal point) และใช้เวลาในการหาคำตอบยาวนานกว่า ดังนั้นจากงานวิจัยนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีกำหนดการเชิงเส้นมีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาการจัดการเขื่อนที่มีจำนวนมากกว่าหนึ่งได้ดีกว่าวิธีกำหนดการไม่เชิงเส้นในเชิงของคุณภาพของการค่าที่เหมาะสมที่สุดและเวลาในการหาผลเฉลย

ปัจจุบันปัญหาการบริหารจัดการน้ำมีความซับซ้อนมากขึ้น เนื่องจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรทำให้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคเมตาฮิวริสติก (Meta-heuristic optimization) เข้ามาใช้ในการบริการจัดการน้ำ เทคนิคเมตาฮิวริสติกคือ วิธีการที่ออกแบบมาเพื่อหาคำตอบที่ดี (Good solution) ซึ่งมักใช้ในกรณีที่ต้องการหาคำตอบที่ดีที่สุดแต่ปัญหามีขนาดใหญ่และซับซ้อนจนไม่สามารถหาคำตอบทางตรงได้ อย่างไรก็ตามเทคนิคเมตาฮิวริสติกไม่สามารถรับประกันได้ว่าคำตอบที่ได้นั้นจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution) เทคนิคเมตาฮิวริสติกที่นักวิจัยได้คิดค้นขึ้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีอาณานิคมมด (Ant colony optimization) และวิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu search) โดยวิธี

ที่นิยมนำมาใช้ในงานด้านแหล่งน้ำ คือ วิธีทางพันธุกรรม (Genetic algorithm optimization) ซึ่งเป็นวิธีการหาคำตอบโดยเลียนแบบทฤษฎีวิวัฒนาการธรรมชาติ โดย Panuwat (2014) ได้ศึกษาปัญหาการบริหารจัดการลุ่มน้ำลำเชียงไกร ซึ่งมีเขื่อนจำนวน 3 เขื่อนอยู่โดยรอบพื้นที่ลุ่มน้ำ น้ำจากเขื่อนจะถูกนำไปใช้ในพื้นที่ชลประทานทั้งหมด 13 พื้นที่ ในปัจจุบันเขื่อนทั้งสามไม่สามารถตอบสนองความต้องการใช้น้ำทั้งหมดได้ ผู้วิจัยจึงหาวิธีการบริหารจัดสรรน้ำให้พื้นที่ต่างๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุดผ่านวิธีหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด เทคนิคขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมถูกนำมาใช้ในการลดการขาดน้ำของพื้นที่ชลประทานภายใต้ข้อจำกัดการเก็บน้ำของเขื่อน ทั้งนี้ผลของงานวิจัยที่สำคัญคือ การใช้เทคนิคขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถนำไปพัฒนาสร้างแผนการจัดการน้ำได้โดยมีความน่าเชื่อถืออยู่ที่ 96%

Chen et al. (2012) ทำการศึกษาหาจุดปล่อยน้ำที่เหมาะสมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์และเพื่อรักษาอัตราการไหลของน้ำให้ใกล้เคียงกับธรรมชาติเพื่อรักษาระบบนิเวศ ผู้วิจัยใช้วิธีการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดและเทคนิคขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดสรรน้ำให้เกิดความพึงพอใจต่อมนุษย์สูงสุด ผลงานวิจัยพบว่า มีการแลกได้แลกเสีย (Trade off) กันระหว่างความพึงพอใจของมนุษย์กับการรักษาอัตราการไหลของน้ำเพื่อระบบนิเวศ ซึ่งหากมีการจัดสรรน้ำให้เกิดความพึงพอใจของมนุษย์สูงสุดจะทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุลไป แต่หากจัดสรรน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศเพียงอย่างเดียวก็จะทำให้ไม่เป็นที่พึงพอใจของมนุษย์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการหาจุดที่เหมาะสมโดยให้มนุษย์เกิดความพึงพอใจโดยที่ระบบนิเวศไม่เสียไป ผลการวิจัยคือ เทคนิคขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ใช้สามารถหาจุดที่เหมาะสมของการจัดสรรน้ำโดยมนุษย์มีความพึงพอใจสูงและสามารถรักษาอัตราการไหลของน้ำเพื่อระบบนิเวศได้ ต่อมา Chavarit et at. (2005) ได้นำเอาเทคนิคกำหนดการพลวัต (Dynamic programming) ซึ่งจัดเป็นเทคนิคเมตาฮิวริสติกอย่างหนึ่ง มาใช้ในการบริหารจัดการเขื่อนที่มีจำนวนมากกว่าหนึ่ง โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการทำงานของเขื่อนสูงสุด ผลที่ได้จากงานวิจัยพบว่าเทคนิคกำหนดการพลวัตมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการบริหารจัดการเขื่อนที่มีจำนวนมากกว่าหนึ่ง โดยสามารถทำให้การบริหารเขื่อนมีประสิทธิภาพมากขึ้นและช่วยลดปริมาณการขาดน้ำและปริมาณน้ำส่วนเกินให้น้อยที่สุดได้

นอกเหนือจากการประยุกต์ใช้เทคนิคเมตาฮิวริสติกแล้วยังมีการนำวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมากกว่าหนึ่งวิธีมาประยุกต์ใช้ร่วมกันในการแก้ปัญหาอีกด้วย โดย Janejira and Ichiro (2005) ได้เริ่มประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดหลายเทคนิคเข้าด้วยกัน โดยเทคนิคที่ใช้ประกอบไปด้วยเทคนิคขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และเทคนิคกำหนดการพลวัต ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network : ANN) โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดการขาด

แคลนน้ำให้ได้มากที่สุด ถึงแม้ว่าวิธีการดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพสูง แต่ก็มีขั้นตอนที่ซับซ้อน รวมถึงมีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่เข้าใจยาก ต่อมา He et at. (2012) ได้พัฒนาและใช้เทคนิคเมตาฮิวริสติกมากกว่าหนึ่งเทคนิคเข้าด้วยกัน โดยเป็นการรวมตัวกันของวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle swarm optimization) และวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบอลวน (Chaotic optimization) ซึ่งสามารถเรียกรวมกันได้เป็นการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบอลวนกลุ่มอนุภาค (Chaotic particle swarm optimization) นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบผลระหว่างการหาคำตอบด้วยเทคนิคต่างๆ ได้แก่ เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบขั้นตอนเชิงพันธุกรรม เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค และเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบอลวน ซึ่งผลงานวิจัยพบว่า การหาคำตอบด้วยวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบอลวนกลุ่มอนุภาค ให้ผลที่เสถียรและสมเหตุสมผลมากกว่าวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตามการหาคำตอบที่มีการประยุกต์ใช้การรวมตัวกันของหลายเทคนิคย่อมมีขั้นตอนที่ซับซ้อนและใช้เวลาในการหาคำตอบนานกว่าการใช้เทคนิคเพียงเทคนิคเดียว

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า แนวทางที่นำมาใช้ในการบริหารจัดการน้ำมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีที่พัฒนาขึ้นนั้นมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพสามารถใช้งานได้จริงและได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ วิธีที่แบบจำลองมีความซับซ้อนสูงจำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาแบบจำลอง ทั้งนี้ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการพัฒนาแบบจำลองที่มีความง่ายเพื่อให้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถใช้งานได้โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยทักษะด้านการพัฒนาแบบจำลอง ในขั้นแรกของการศึกษาจะทำการแปลงสภาพปัญหาและเงื่อนไขของสถานการณ์ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างให้อยู่ในรูปของแบบจำลองคณิตศาสตร์อย่างง่าย โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมประเภทกำหนดการเชิงเส้นตรง มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ นอกจากนี้ ยังมีการวิเคราะห์ความไวของแบบจำลองร่วมด้วยเพื่อประเมินหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับเตรียมความพร้อมและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีความสำคัญต่อประเทศไทยอย่างมากดังนั้นจึงควรมีการบริหารจัดการน้ำที่มีปริมาณจำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ ให้เพียงพอต่อความต้องการที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการเติบโตของประชากร การขยายตัวของพื้นที่การเกษตร และการพัฒนาเมืองและอุตสาหกรรม ตลอดจนลดการขาดแคลนน้ำลงให้มากที่สุดเพื่อป้องกันผลกระทบที่พึงมีต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม งานวิจัยนี้เลือกใช้แบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดและการวิเคราะห์ความไวของแบบจำลองในการบริหารจัดการน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำที่นำมาจัดสรรได้และปริมาณความต้องการใช้น้ำในภาคส่วนต่างๆ

3.1 ข้อมูลนำเข้าแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

ข้อมูลนำเข้าที่จำเป็นต่อการประมวลผลของแบบจำลองสามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วน คือ ข้อมูลนำเข้าเพื่อประมาณปริมาณน้ำที่จะนำมาจัดสรรได้และข้อมูลนำเข้าเพื่อประมาณปริมาณความต้องการใช้น้ำจากภาคส่วนต่างๆ เนื่องจากข้อมูลเหล่านี้ไม่มีการตรวจวัดโดยตรงจึงต้องอาศัยการประมาณค่าต่างๆ เหล่านี้ในแต่ละวัน รายละเอียดในการคำนวณมีดังต่อไปนี้

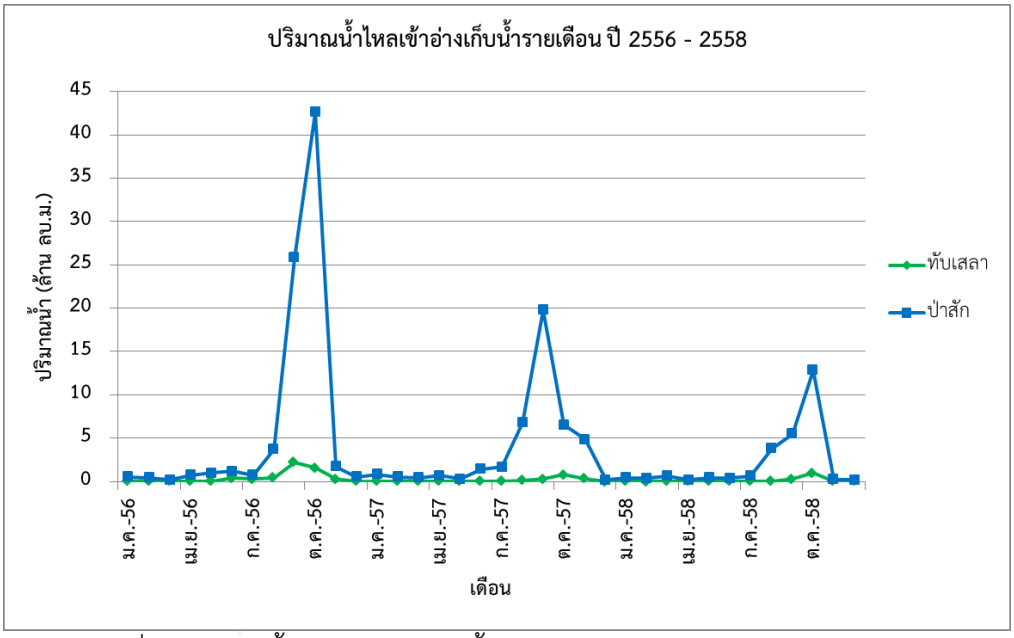
Chulalongkorn University

3.1.1 ข้อมูลนำเข้าเพื่อประมาณปริมาณน้ำที่นำมาจัดสรรได้

- ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Inflow)

อ่างเก็บน้ำทับเสลาและป่าสักที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างถูกสร้างขึ้นเพื่อกักเก็บและระบายน้ำลงสู่พื้นที่ท้ายน้ำในปริมาณที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาเพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่หลากหลายในแต่ละภาคส่วน ได้แก่ ภาคการเกษตรเพื่อเพาะปลูก ภาคครัวเรือนเพื่ออุปโภคบริโภค ภาคอุตสาหกรรมเพื่อการผลิต นอกจากนี้ยังต้องมีน้ำอีกส่วนหนึ่งที่จำเป็นต้องเหลือไว้ในแม่น้ำให้มากพอเพื่อรักษาระบบนิเวศน์และผลักดันน้ำเค็มจากอ่าวไทยที่อาจรุกตัวเข้ามายังบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่นำมาจัดสรรได้นั้น โดยส่วนใหญ่แล้วได้มาจากน้ำที่ไหลจากพื้นที่ต้นน้ำ

เข้าสู่อ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือนสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่า ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำทับเสลานั้นมีค่าน้อย เพียง 6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำป่าสัก ดังนั้นน้ำส่วนใหญ่ที่นำมาจัดสรรในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างเป็นน้ำที่ไหลมาจากลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนและอ่างเก็บน้ำป่าสักเป็นหลัก (กรมชลประทาน, 2559)



ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือน ปีพ.ศ. 2556 – 2558

ภาพที่ 4 แสดงปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเป็นรายเดือนเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ. 2556-2558 โดยปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจะเป็นไปตามฤดูกาลของประเทศไทย ซึ่งมีปัจจัยหลักจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์จะเป็นช่วงปลายฤดูหนาวซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดพาอากาศเย็นและแห้งจากแถบประเทศจีนและมองโกเลียเข้าสู่ประเทศไทย ในขณะที่ช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายนจะเป็นช่วงฤดูร้อนซึ่งเป็นช่วงรอยต่อระหว่างฤดูหนาวและฤดูฝน ทั้งสองช่วงดังกล่าวนี้มีปริมาณความชื้นในอากาศต่ำ และฝนตกน้อย ทำให้น้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมีน้อยตามไปด้วย

เมื่อย่างเข้าฤดูฝนซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพาความชื้นจากทะเลเข้าสู่ประเทศไทยในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ในช่วงเดือนพฤษภาคมฝนจะเริ่มตกและมีปริมาณมากขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากขึ้นและจะมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคมก่อนจะลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม เนื่องจากการเปลี่ยนฤดูกาลจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว

- ปริมาณการไหลด้านข้าง (Sideflow)

แหล่งน้ำของลุ่มน้ำเจ้าพระยามีทั้งน้ำผิวดินและใต้ดิน น้ำใต้ดินเกิดจากการไหลด้านข้างเป็นหลัก แต่เนื่องจากไม่มีข้อมูลสังเกตการณ์ของการไหลด้านข้าง จึงต้องอาศัยการประมาณจากสมการที่ (1)

$$SF = Q_{(D/S)} - Q_{(U/S)} - P \quad (1)$$

โดย SF : ปริมาณการไหลด้านข้างระหว่างสถานีวัดน้ำท่าที่อยู่ต้นน้ำและปลายน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

$Q_{(D/S)}$: ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีที่อยู่ปลายน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

$Q_{(U/S)}$: ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีที่อยู่ต้นน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

P : ปริมาณฝนที่ตกรายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำระหว่างสถานีที่อยู่ต้นน้ำและปลายน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

3.1.2 ข้อมูลนำเข้าเพื่อประมาณปริมาณความต้องการใช้น้ำ

- ปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคการเกษตรเพื่อการเพาะปลูก

ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร ประมาณได้จากข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ซึ่งได้แก่ ข้าว ปฏิทินการเพาะปลูก ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนของแต่ละจังหวัด และอัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ซึ่งมีรายละเอียดในการประมาณดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าว ในแต่ละจังหวัดในช่วงปี พ.ศ. 2556-2558
2. วิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่พืชต้องการ โดยนำข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าวมาคูณกับปริมาณน้ำที่พืชต้องการ ตามสมการที่ (2)

$$DA = Kc \times ETp \times A \quad (2)$$

โดย DA : ปริมาณการใช้น้ำภาคการเกษตร (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)
Kc : สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (-)
ETp : อัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยคิดในรูปแบบของความลึกของน้ำ (เมตรต่อวัน)
A : พื้นที่เพาะปลูก (ตารางเมตร)

- ปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคครัวเรือนเพื่อการอุปโภคบริโภค

ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค ประมาณโดยใช้ข้อมูลจำนวนประชากรเป็นหลัก โดยมีรายละเอียดในการคำนวณ ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลประชากรในแต่ละจังหวัดที่อยู่ในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างจากกรมการปกครอง โดยจำแนกออกเป็น จำนวนประชากรในเขต และนอกเขตเทศบาล ในช่วงปี พ.ศ. 2556–2558 โดยกำหนดให้อัตราการใช้น้ำในเขตเทศบาล เท่ากับ 120 ลิตร/คน/วัน (0.12 ลูกบาศก์เมตร/คน/วัน) และนอกเขตเทศบาล เท่ากับ 50 ลิตร/คน/วัน (0.05 ลูกบาศก์เมตร/คน/วัน) (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)
2. คำนวณการใช้น้ำ โดยนำจำนวนประชากรคูณกับอัตราการใช้น้ำในเขตและนอกเขตเทศบาล ตามสมการที่ (3)

$$DP = POP \times PCD \quad (3)$$

Chulalongkorn University

โดย DP : ปริมาณการใช้น้ำภาคครัวเรือนในแต่ละวัน (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

POP : จำนวนประชากรในจังหวัด (คน)

PCD : อัตราการใช้น้ำของประชากร (ลูกบาศก์เมตร/คน/วัน)

- ปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมเพื่อการผลิตสินค้าและบริการ

ความต้องการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรม สามารถประมาณได้จากข้อมูลพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วย จำนวนแรงงาน จำนวนเงินลงทุน จำนวนแรงม้า ผลผลิตมวลรวมของจังหวัด (GPP) และอัตราการใช้น้ำของแต่ละประเภทโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีทั้งหมด 107 ประเภท รายละเอียดในการประมาณมีดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วย ประเภทของอุตสาหกรรม จำนวนแรงงาน จำนวนเงินลงทุน จำนวนแรงม้าของแต่ละโรงงาน ผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด และอัตราการใช้น้ำของแต่ละประเภทโรงงานอุตสาหกรรม 107 ประเภท ซึ่งมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อแรงม้าต่อวัน
2. คำนวณการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรมในช่วงปี พ.ศ. 2556–2558 โดยนำจำนวนแรงม้าคูณกับอัตราการใช้น้ำของแต่ละประเภทโรงงานอุตสาหกรรม 107 ประเภท โดยการคำนวณสามารถทำได้โดยผ่านสมการที่ (4)

$$DI = Sum\ (HP_i \times PID_i) \quad (4)$$

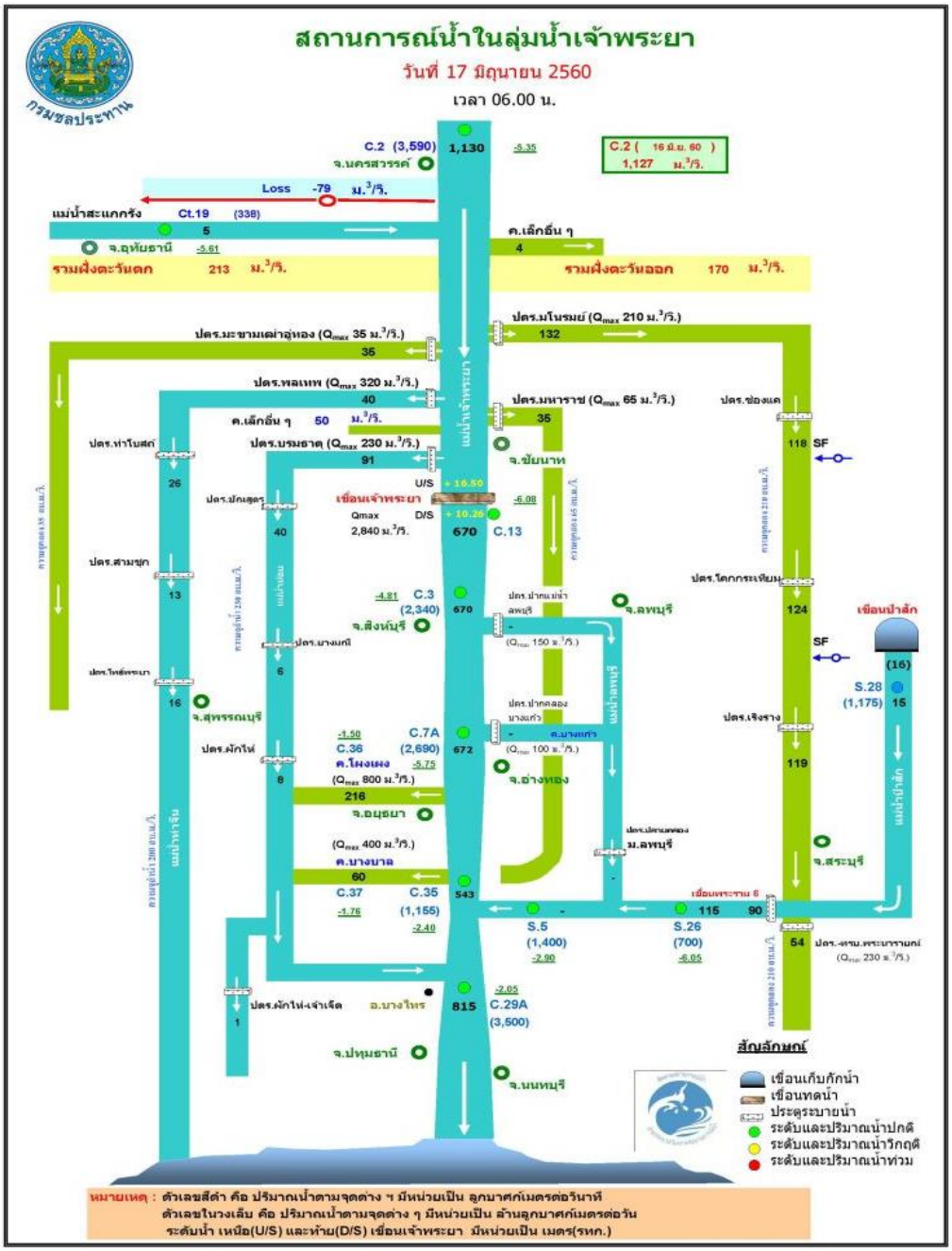
โดย DI : ปริมาณการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรม (ลูกบาศก์เมตร/วัน)

HP_i : จำนวนแรงม้าของอุตสาหกรรมประเภทที่ i (แรงม้า)

PID_i : อัตราการใช้น้ำของแต่ละประเภทโรงงานอุตสาหกรรม i (ลูกบาศก์เมตร/แรงม้า/วัน)

3.2 การพัฒนาแผนผังระบบลุ่มน้ำ

พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างเป็นระบบลุ่มน้ำที่มีความซับซ้อน ประกอบด้วยแม่น้ำสาขา คลองส่งน้ำ และคลองระบายน้ำหลายสาย อีกทั้งยังมีพื้นที่ชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม กระจายตัวอยู่หลายจุดด้วยกัน แผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างในปัจจุบันสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (กรมชลประทาน, 2560)

พื้นที่บริเวณต้นน้ำจะมีโครงสร้างกักเก็บน้ำ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำ บริเวณใต้อ่างเก็บน้ำและบนลำน้ำมีประตูระบายน้ำหลายจุดเพื่อควบคุมและบริหารจัดการการจัดสรรน้ำในแต่ละจุดบนลำน้ำโดยอาศัยการปิดเปิดของประตูระบายน้ำ ดังนั้น เพื่อลดความซับซ้อนของระบบลุ่มน้ำและเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการจัดสรรน้ำ อีกทั้งเพื่อสร้างความเข้าใจพื้นฐานสำหรับการพัฒนาแบบจำลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด จึงได้ปรับแผนผังระบบลุ่มน้ำในภาพที่ 5 ให้ง่ายขึ้นโดยใช้สัญลักษณ์ดังที่ปรากฏในตารางที่ 4 แทนพื้นที่ต่างๆ ตามความเป็นจริง สัญลักษณ์เส้นตรงใช้แทนลำน้ำและคลอง รูปวงกลมขนาดใหญ่ใช้แทนจุดสูบน้ำสำหรับผลิตน้ำประปาเพื่อใช้ในครัวเรือนและศูนย์กลางอุตสาหกรรมของจังหวัด รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดใหญ่ใช้แทนพื้นที่โครงการชลประทาน รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเล็กใช้แทนโครงสร้างประตูระบายน้ำ รูปสามเหลี่ยมใช้แทนเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ ในแบบจำลองมีการกำหนดจุดเชื่อมต่อของระบบที่แสดงด้วยวงกลมขนาดเล็ก (Network node) ไว้ที่จุดตัดของลำน้ำ เนื่องจากที่จุดเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหรือความต้องการใช้น้ำ ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าที่เหมาะสมสำหรับแต่ละจุดเชื่อมต่อมีค่าแตกต่างกัน

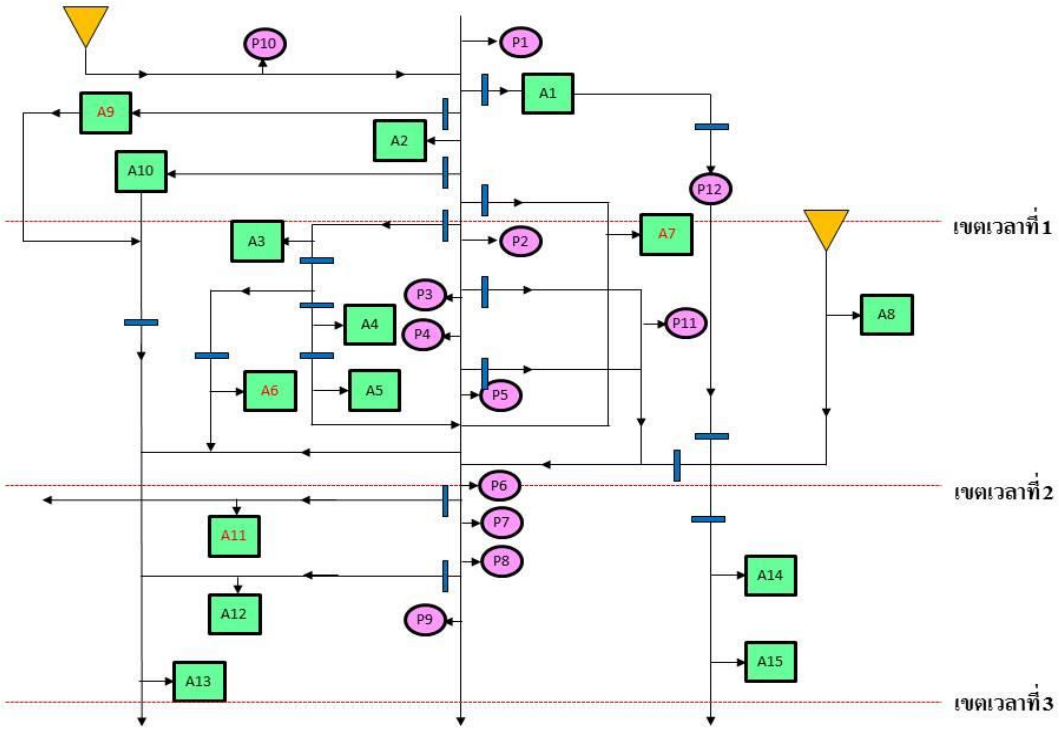
ตารางที่ 4 คำอธิบายและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการสร้างแผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
———————	เส้นทางเดินของแม่น้ำและคลอง
	พื้นที่จังหวัดและอุตสาหกรรม
	พื้นที่เกษตรกรรม
	ประตูระบายน้ำ
	เขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ
	จุดเชื่อมต่อระบบ

ตารางที่ 4 คำอธิบายและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการสร้างแผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (ต่อ)

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
	ทิศทางการไหลของน้ำไปทางขวามือ
	ทิศทางการไหลของน้ำไปทางซ้ายมือ
	ทิศทางการไหลของน้ำสองทิศทาง
	ทิศทางการไหลของน้ำจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง

หลังจากกำหนดสัญลักษณ์เพื่อใช้แทนพื้นที่ต่างๆ ตามความเป็นจริงเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาจะนำสัญลักษณ์ดังกล่าวมาใช้ในการพัฒนาแผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยมีกรอบการพัฒนาดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กรอบการพัฒนาแผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างให้แต่ละภาคส่วนมักไม่นำเวลาการเดินทางของน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งในความเป็นจริงแล้วน้ำใช้เวลาในการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง สำหรับการเดินทางของน้ำจากส่วนบนของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างไปยังส่วนล่างของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างใช้เวลารวมทั้งสิ้น 6 วัน ดังนั้น เพื่อสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับสภาพปัญหามากที่สุด งานวิจัยนี้จึงนำระยะเวลาการเดินทางของน้ำเข้ามาพิจารณาในแบบจำลองด้วย โดยแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างออกเป็น 3 เขตเวลา (ภาพที่ 6) โดยอ้างอิงจากฝ่ายประมวลและวิเคราะห์สถานการณ์น้ำกรมชลประทาน ดังนี้

1) เขตเวลาที่ 1
   ส่วนบนสุดของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างถึงเขื่อนเจ้าพระยา น้ำใช้เวลาเดินทางในส่วนนี้ 2 วัน (ฝ่ายประมวลผลและวิเคราะห์สถานการณ์น้ำกรมชลประทาน, 2559)
2) เขตเวลาที่ 2
   เขื่อนเจ้าพระยาถึงสถานีวัดน้ำ C.29A น้ำใช้เวลาเดินทางในส่วนนี้ 3 วัน (ฝ่ายประมวลผลและวิเคราะห์สถานการณ์น้ำกรมชลประทาน, 2559)
3) เขตเวลาที่ 3
   สถานีวัดน้ำ C.29A ถึงส่วนล่างสุดของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างออกสู่อ่าวไทย น้ำใช้เวลาเดินทางในส่วนนี้ 1 วัน (ฝ่ายประมวลผลและวิเคราะห์สถานการณ์น้ำกรมชลประทาน, 2559)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 การสร้างกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์และสมการข้อจำกัด

กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบไปด้วยสมการจุดประสงค์ สมการข้อจำกัด และตัวแปรตัดสินใจ ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ดัชนี และพารามิเตอร์ ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ค่าดัชนี (Index)

T	คือ เซตของเวลาใน 1 เดือน
J	คือ เซตของพื้นที่เกษตรกรรม
K	คือ เซตของพื้นที่เขตจังหวัด
X	คือ เซตของพื้นที่อุตสาหกรรม
F	คือ เซตของตำแหน่งอัตราการไหลของแม่น้ำสายหลัก
N	คือ เซตของตำแหน่งอัตราการไหลของแม่น้ำสายรองหรือคลอง
I	คือ เซตของอ่างเก็บน้ำที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

- ค่าพารามิเตอร์ (Parameters) ในหน่วยลูกบาศก์เมตร

$QMAX_f$	= ปริมาณการไหลสูงสุดของแม่น้ำสายหลักตำแหน่ง $f \in F$
$QMIN_f$	= ปริมาณการไหลขั้นต่ำของแม่น้ำสายหลักตำแหน่ง $f \in F$
IQ_{ft}	= ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าแม่น้ำสายหลักตำแหน่ง $f \in F$ ในวันที่ $t \in T$
$QTMAX_n$	= ปริมาณการไหลสูงสุดของแม่น้ำสายรองหรือคลองตำแหน่ง $n \in N$
$SMAX_i$	= ความจุสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ $i \in I$
$SMIN_i$	= ความจุต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำ $i \in I$
INQ_{it}	= ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ $i \in I$ ในวันที่ $t \in T$
DA_{jt}	= ความต้องการใช้น้ำของพื้นที่เกษตรกรรม $j \in J$ ในวันที่ $t \in T$
DP_{kt}	= ความต้องการใช้น้ำของพื้นที่จังหวัด $k \in K$ ในวันที่ $t \in T$
DI_{xt}	= ความต้องการใช้น้ำของพื้นที่อุตสาหกรรม $x \in X$ ในวันที่ $t \in T$

Chulalongkorn University

- ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable) ในหน่วยลูกบาศก์เมตร

Q_{ft} = อัตราการไหลของแม่น้ำสายหลักตำแหน่ง $f \in F$ ในวันที่ $t \in T$

QT_{nt} = อัตราการไหลของแม่น้ำสายรองหรือคลองตำแหน่ง $n \in N$ ในวันที่ $t \in T$

OQ_{ft} = ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากแม่น้ำสายหลักตำแหน่ง $f \in F$ ในวันที่ $t \in T$

$OVFQ_{ft}$ = ปริมาณน้ำส่วนเกินของแม่น้ำสายหลักตำแหน่ง $f \in F$ ในวันที่ $t \in T$

$UNDERFQ_{ft}$ = ปริมาณน้ำส่วนขาดของแม่น้ำสายหลักตำแหน่ง $f \in F$ ในวันที่ $t \in T$

$OVFQT_{nt}$ = ปริมาณน้ำส่วนเกินของแม่น้ำสายรองหรือคลองตำแหน่ง $n \in N$ ในวันที่ $t \in T$

$UNDERFQT_{nt}$ = ปริมาณน้ำส่วนขาดของแม่น้ำสายรองหรือคลองตำแหน่ง $n \in N$ ในวันที่ $t \in T$

$DEFA_{jt}$ = ปริมาณการขาดน้ำของพื้นที่เกษตรกรรม $j \in J$ ในวันที่ $t \in T$

$DEFP_{kt}$ = ปริมาณการขาดน้ำของพื้นที่จังหวัด $k \in K$ ในวันที่ $t \in T$

$DEFI_{xt}$ = ปริมาณการขาดน้ำของพื้นที่อุตสาหกรรม $x \in X$ ในวันที่ $t \in T$

$DEFDQ_{t}$ = ปริมาณการขาดน้ำของความต้องการท้ายน้ำในวันที่ $t \in T$

QT_{nt} = ปริมาณการไหลของแม่น้ำสายรองหรือคลองตำแหน่ง $n \in N$ ในวันที่ $t \in T$

S_{it} = ปริมาณการจัดเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำ $i \in I$ ในวันที่ $t \in T$

R_{it} = ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำ $i \in I$ ในวันที่ $t \in T$

RA_{jt} = ปริมาณน้ำที่ปล่อยให้พื้นที่เกษตรกรรม $j \in J$ ในวันที่ $t \in T$

RP_{kt} = ปริมาณน้ำที่ปล่อยให้พื้นที่จังหวัด $k \in K$ ในวันที่ $t \in T$

RI_{xt} = ปริมาณน้ำที่ปล่อยให้พื้นที่อุตสาหกรรม $x \in X$ ในวันที่ $t \in T$

SP_{it} = ปริมาณน้ำที่ล้นจากอ่างเก็บน้ำ $i \in I$ ในวันที่ $t \in T$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- สมการจุดประสงค์ (Objective function)

สมการจุดประสงค์สำหรับงานวิจัยนี้เพื่อลดการขาดน้ำ (DEF) และลดปริมาณน้ำส่วนเกิน (OVF) ในพื้นที่ให้ได้มากที่สุด โดยค่าของสมการจุดประสงค์จะเกิดจากผลรวมปริมาณการขาดน้ำของภาคส่วนต่างๆ ได้แก่ การขาดแคลนน้ำภาคการเกษตร (DEFA) การขาดแคลนน้ำภาคครัวเรือน (DEFP) การขาดแคลนน้ำภาคอุตสาหกรรม (DEFI) และการขาดแคลนน้ำของความต้องการท้ายน้ำ (DEFDQ) รวมกับปริมาณน้ำส่วนเกินจากแม่น้ำสายหลัก (OVFQ) แม่น้ำสายรองและคลองส่งน้ำ (OVFQT) ดังนั้นสมการจุดประสงค์จึงสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\text{Minimize_DEF_OVF} = \sum_{t \in T}\sum_{j \in J} DEFA_{jt} + \sum_{t \in T}\sum_{k \in K} DEFP_{kt} + \sum_{t \in T}\sum_{x \in X} DEFI_{xt} + \sum_{t \in T} DEFDQ_{t} + \sum_{t \in T}\sum_{f \in F} OVFQ_{ft} + \sum_{t \in T}\sum_{n \in N} OVFQT_{nt} \quad (5)$$

การขาดแคลนน้ำในภาคส่วนต่างๆ เกิดจากปริมาณการปล่อยน้ำมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำ ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำขึ้น ดังนี้

<u>การขาดแคลนน้ำภาคการเกษตร</u>

การขาดแคลนน้ำภาคการเกษตรเกิดจากปริมาณการปล่อยน้ำให้พื้นที่เกษตร j ในช่วงเวลา t มีน้อยกว่าความต้องการของพื้นที่เกษตร j ในช่วงเวลา t

$$DEFA_{jt} = DA_{jt} - RA_{jt} \qquad \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (6)$$

<u>การขาดแคลนน้ำภาคครัวเรือน</u>

การขาดแคลนน้ำภาคครัวเรือนเกิดจากปริมาณการปล่อยน้ำให้พื้นที่จังหวัด k ในช่วงเวลา t มีน้อยกว่าความต้องการของพื้นที่จังหวัด k ในช่วงเวลา t

$$DEFP_{kt} = DP_{kt} - RP_{kt} \qquad \forall k \in K, \forall t \in T \qquad (7)$$

<u>การขาดแคลนน้ำภาคอุตสาหกรรม</u>

การขาดแคลนน้ำภาคอุตสาหกรรมเกิดจากปริมาณการปล่อยน้ำให้พื้นที่อุตสาหกรรม x ในช่วงเวลา t มีน้อยกว่าความต้องการของพื้นที่อุตสาหกรรม x ในช่วงเวลา t

$$DEFI_{xt} = RI_{xt} - DI_{xt} \qquad \forall x \in X, \forall t \in T \qquad (8)$$

<u>การขาดแคลนน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศ</u>

การขาดแคลนน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศเกิดจากอัตราการไหลของแม่น้ำมีน้อยกว่าอัตราการไหลต่ำสุดของแม่น้ำ โดยการคำนวณการขาดแคลนน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศนั้นสามารถทำได้โดยการแปลงหน่วยจากอัตราการไหลซึ่งมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาทีให้เป็นปริมาณน้ำซึ่งมีหน่วยเป็นล้านลูกบาศก์เมตรผ่านการคูณจำนวนวินาทีในหนึ่งวันแล้วหารด้วยหนึ่งล้าน

$$DEFDQ_t = Q_{ft} - QMIN_{ft} \qquad \forall f \in F, \forall t \in T \qquad (9)$$

โดยการขาดแคลนน้ำของภาคส่วนต่างๆ จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

$$DEFA_{jt} \geq 0 \qquad \forall j \in J, \forall t \in T \qquad (10)$$

$$DEFP_{kt} \geq 0 \qquad \forall k \in K, \forall t \in T \qquad (11)$$

$$DEFI_{xt} \geq 0 \qquad \forall x \in X, \forall t \in T \qquad (12)$$

$$DEFDQ_t \geq 0 \qquad \forall f \in F, \forall t \in T \qquad (13)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- สมการข้อจำกัด (Constraint)

ในการพิจารณาข้อจำกัดของแบบจำลองจะพิจารณาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณการไหลเทียบกับความจุลำน้ำ และสมดุลน้ำ ซึ่งแต่ละส่วนอธิบายได้ดังนี้

<u>สมการข้อจำกัดของอ่างเก็บน้ำ (Reservoir continuity constraint)</u>

สมการข้อจำกัดที่ (14) อยู่หลักการของกฎอนุรักษ์มวล (Conservation of mass) กล่าวคือ มวลในระบบที่เปลี่ยนแปลงไปจะเท่ากับผลต่างระหว่างมวลที่เข้าและออกจากระบบ ซึ่งนำประยุกต์กับการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเพื่อประมาณปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาต่างๆ จากการเปลี่ยนแปลงระหว่างน้ำที่ไหลเข้าและออกจากระบบ ปริมาณการจัดเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำของช่วงเวลาถัดไป ($S_{i,t+1}$) จะมีค่าเท่ากับผลรวมของปริมาณการจัดเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำของช่วงเวลาปัจจุบัน ($S_{i,t}$) กับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาปัจจุบัน ($INQ_{i,t}$) ลบกับปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาปัจจุบัน ($R_{i,t}$) และปริมาณน้ำที่ล้นออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาปัจจุบัน ($SP_{i,t}$)

$$S_{i,t+1} = S_{i,t} + INQ_{i,t} - R_{i,t} - SP_{i,t} \qquad ; \forall i \in I, \forall t \in T \qquad (14)$$

สมการข้อจำกัดที่ (15) และ (16) แสดงข้อจำกัดเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่จัดเก็บในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาใดๆ ($S_{i,t}$) ซึ่งต้องไม่น้อยกว่าความจุต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำ ($SMIN_i$) และต้องไม่มากกว่าความจุสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ ($SMAX_i$) เพราะหากมีน้ำน้อยกว่าความจุต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในอ่างเก็บน้ำและความเสียหายต่ออุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้เพื่อการดำเนินงาน เช่น กังหัน (Turbine) สำหรับปั่นกระแสไฟฟ้า และหากมีน้ำมากกว่าความจุสูงสุดของอ่างเก็บน้ำอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการพังทลายของโครงสร้างอ่างเก็บน้ำและเกิดน้ำท่วมท้ายน้ำ

$$S_{i,t} \leq SMAX_i \qquad ; \forall i \in I, \forall t \in T \qquad (15)$$

$$S_{i,t} \geq SMIN_i \qquad ; \forall i \in I, \forall t \in T \qquad (16)$$

<u>สมการข้อจำกัดของอัตราการไหล (Flow rate constraint)</u>

สมการข้อจำกัดที่ (17) – (18) แสดงถึงอัตราการไหลของแม่น้ำ ($Q_{f,t}$) หรือคลองใดๆ ($QT_{n,t}$) ที่ควรมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความจุสูงสุดของแม่น้ำหรือคลองนั้นๆ ($QMAX_f$ หรือ $QTMAX_n$) รวมกับปริมาณน้ำส่วนเกิน ($OVFQ_{f,t}$ หรือ $OVFQT_{n,t}$) และปริมาณน้ำส่วนขาด ($UNDERFQ_{f,t}$หรือ $UNDERFQT_{n,t}$) เนื่องจากการศึกษานี้ใช้กำหนดการเชิงเส้น ซึ่งตัวแปรทุกตัวต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ดังนั้น ในสมการข้อจำกัดที่ (17) – (18) จึงต้องมีตัวแปรของปริมาณน้ำส่วนเกินและปริมาณน้ำส่วนขาดเพื่อตรวจสอบว่าค่าอัตราการไหลนั้นมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าความจุสูงสุดของแม่น้ำหรือคลองที่กำลังพิจารณา หากแม่น้ำหรือคลองมีความจุต่ำเกินไป ค่า $UNDERFQ_{f,t}$ หรือ $UNDERFQT_{f,t}$ จะมีค่าเป็นศูนย์ และ $OVFQ_{f,t}$ หรือ $OVFQT_{n,t}$ จะมีค่าเป็นบวก ซึ่งแสดงถึงความเสี่ยงในการเกิดน้ำท่วม หากต้องการป้องกันปัญหาน้ำท่วม จะต้องเพิ่มความจุแม่น้ำหรือคลองเท่ากับค่าของ $OVFQ_{f,t}$ หรือ $OVFQT_{n,t}$ ในกรณีที่แม่น้ำหรือคลองมีความจุเพียงพอ ค่า $OVFQ_{f,t}$ หรือ $OVFQT_{n,t}$ จะมีค่าเป็นศูนย์ และ $UNDERFQ_{f,t}$ หรือ $UNDERFQT_{f,t}$ จะมีค่าเป็นบวกซึ่งแสดงถึงความจุคลองที่สามารถใช้รองรับและกักเก็บปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการไหลมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ส่วนปริมาณน้ำมีหน่วยเป็นล้านลูกบาศก์เมตร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องการแปลงหน่วยจากอัตราการไหลซึ่งมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาทีให้เป็นปริมาณน้ำซึ่งมีหน่วยเป็นล้านลูกบาศก์เมตรผ่านการคูณจำนวนวินาทีในหนึ่งวันแล้วหารด้วยหนึ่งล้าน

$$Q_{f,t} \leq QMAX_f + OVFQ_{f,t} - UNDERFQ_{f,t} \quad ; \forall f \in F, \forall t \in T \qquad (17)$$

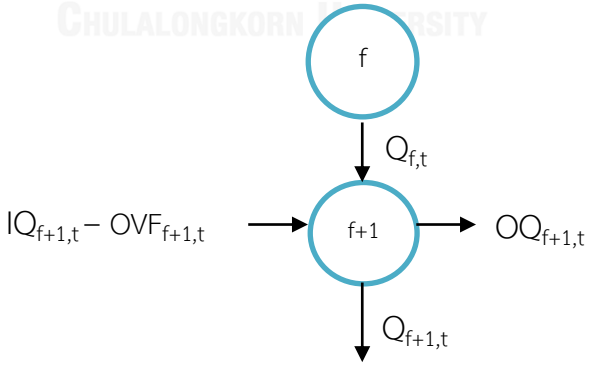
$$QT_{n,t} \leq QTMAX_n + OVFQT_{n,t} - UNDERFQT_{n,t} \quad ; \forall n \in N, \forall t \in T \qquad (18)$$

<u>สมการข้อจำกัดของสมดุลน้ำ (Water balance)</u>

สมการข้อจำกัดที่ (19) สร้างขึ้นบนพื้นฐานของกฎอนุรักษ์มวลคล้ายกับสมการข้อจำกัดของอ่างเก็บน้ำดังที่ได้อธิบายแล้วข้างต้น สมการข้อจำกัดของสมดุลน้ำแสดงได้ดังนี้

$$Q_{f+1,t+\Delta t} = Q_{f,t} + IQ_{f+1,t+\Delta t} - OVF_{f+1,t+\Delta t} - OQ_{f+1,t+\Delta t} \quad ; \forall f \in F, \forall t \in T \qquad (19)$$

สมการสมดุลน้ำกรณีไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำจากต้นน้ำไปยังปลายน้ำสามารถยกตัวอย่างได้ดังแสดงในภาพที่ 7 อัตราการไหล ณ ตำแหน่งท้ายน้ำ หรือ $Q_{f+1,t}$ จะมีค่าเท่ากับผลรวมอัตราการไหลจากตำแหน่งต้นน้ำหรือ $Q_{f,t}$ กับปริมาณน้ำที่ไหลเข้า ณ ตำแหน่งท้ายน้ำหรือ $IQ_{f+1,t}$ ลบกับปริมาณน้ำส่วนเกินหรือ $OVF_{f+1,t}$ เพื่อให้ทราบถึงปริมาณน้ำที่สามารถใช้งานได้ที่แท้จริง จากนั้นจึงนำไปลบกับปริมาณน้ำที่ไหลออก ณ ตำแหน่งท้ายน้ำหรือ $OQ_{f+1,t}$ แต่หากพิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ อัตราการไหล ณ ตำแหน่งท้ายน้ำ จะเป็นเท่ากับผลรวมของอัตราการไหลจากตำแหน่งต้นน้ำ ณ เวลาก่อนหน้ากับปริมาณน้ำที่ไหลเข้า ณ ตำแหน่งท้ายน้ำลบกับปริมาณน้ำที่ไหลออก ณ ตำแหน่งท้ายน้ำ ดังแสดงในสมการที่ (19)



ภาพที่ 7 ตัวอย่างประกอบการคำนวณสมการสมดุลน้ำกรณีไม่พิจารณาเวลาการเดินทางน้ำ

3.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อยืนยันว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสามารถทำได้โดยการนำตัวแปรตัดสินใจใส่เป็นข้อมูลนำเข้าลงไปในแบบจำลองและทำการเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองนั้นกับข้อมูลจริง หากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้มีความถูกต้อง ผลจากแบบจำลองจะต้องมีค่าเท่ากับหรือไม่แตกต่างจากข้อมูลจริงเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้ การประเมินความถูกต้องของแบบจำลองสามารถทำได้โดยการคำนวณความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative error) ดังสมการที่ (20)

$$\text{ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (\%)} = \left| \frac{\text{ผลจากแบบจำลอง} - \text{ข้อมูลจริง}}{\text{ข้อมูลจริง}} \right| \times 100\% \qquad (20)$$

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในการศึกษานี้ เป็นการเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลองกับอัตราการไหลจริงหรืออัตราการปล่อยน้ำจริง ณ จุดที่ตั้งสถานีวัดน้ำหรือประตูระบายน้ำที่มีข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์ สถานีวัดน้ำหรือประตูระบายน้ำที่คัดเลือกมาจะใช้เป็นตัวแทนพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างในส่วนต่างๆ ตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ ท้ายน้ำ และทั้งฝั่งซ้ายและขวาของแม่น้ำ สถานีวัดน้ำและประตูระบายน้ำที่มีคุณสมบัติข้างต้นมีทั้งสิ้น 4 แห่ง ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) ประตูระบายน้ำมโนรมย์ เป็นตัวแทนของต้นน้ำลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างฝั่งขวา

2) ประตูระบายน้ำพลเทพ เป็นตัวแทนของต้นน้ำลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างฝั่งซ้าย

3) ประตูระบายน้ำยางมณี เป็นตัวแทนของกลางน้ำลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

4) สถานีวัดน้ำ C.29A เป็นตัวแทนของท้ายน้ำลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

3.5 การทดสอบความไวของแบบจำลอง

จากการศึกษาที่ผ่านมา (กรมทรัพยากรน้ำ, 2548) พบว่า ปัญหาการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีสาเหตุหลักมาจาก 3 ประเด็น ได้แก่

1) การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรซึ่งส่งผลให้มีการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ เป็นปริมาณมากเกินกว่าศักยภาพทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ พื้นที่ถือครองต่อครัวเรือนต่ำ ทำให้การจัดการน้ำขาดประสิทธิภาพ

2) การขยายตัวของพื้นที่ชลประทานและพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้มีความต้องการใช้น้ำมาก ขณะที่น้ำต้นทุนมีจำกัดและอาจจะไม่เพียงพอต่อความต้องการ โดยเฉพาะในปีที่มีน้ำน้อย

3) ข้อจำกัดในการบริหารจัดการและควบคุมปริมาณน้ำท่า เนื่องจากขาดเครื่องมือวัดและตรวจสอบ ตลอดจนขาดระบบการเตือนภัยที่ดี

4) ข้อจำกัดเรื่องความจุของแม่น้ำและคลองผันน้ำ ซึ่งไม่สามารถเก็บกักน้ำได้ทั้งหมด ทำให้เกิดน้ำล้นออกจากแม่น้ำและคลองผันน้ำอย่างไม่มีประโยชน์ ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมในบางพื้นที่

การศึกษานี้มีความพยายามในการเสนอแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำ โดยการทดสอบความไวของแบบจำลองเพื่อหาแนวทางการแก้ไขสาเหตุหลักของการขาดแคลนน้ำใน 3 ประเด็นข้างต้น โดยมีมาตรการต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้

1) การรณรงค์การประหยัดน้ำ เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำภาคครัวเรือน

การรณรงค์การประหยัดน้ำมีจุดประสงค์เพื่อลดอัตราการใช้น้ำภาคครัวเรือน โดยปัจจุบันประเทศไทยมีอัตราการใช้น้ำในเขตเทศบาลโดยประมาณเท่ากับ 120 ลิตร/คน/วัน และนอกเขตเทศบาลเท่ากับ 50 ลิตร/คน/วัน หากการรณรงค์การประหยัดน้ำประสบความสำเร็จย่อมทำให้อัตราการใช้น้ำต่อคนลดลงทั้งในพื้นที่เขตเทศบาลและนอกเขตเทศบาล

2) การจำกัดพื้นที่เกษตรกรรมหรือเปลี่ยนชนิดของพืช เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำภาคการเกษตร

ปัจจุบันความต้องการใช้น้ำภาคการเกษตรมีปริมาณสูงสุดเมื่อเทียบกับปริมาณความต้องการใช้น้ำในด้านอื่นๆ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและมีการขยายตัวของพื้นที่เกษตรอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดความต้องการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ปริมาณน้ำมีอยู่อย่างจำกัดและมีแนวโน้มการประสบความเสี่ยงภัยแล้งมากขึ้นในทุกๆ ปี ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องระงับการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมและจำกัดพื้นที่เกษตรกรรมในบางพื้นที่ หรือสนับสนุนให้เกษตรกรเปลี่ยนการปลูกข้าวไปเป็นพืชเศรษฐกิจอื่นๆ ที่ใช้น้ำน้อยลง

3) การสร้างโครงสร้างทางน้ำ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการ

ปัจจุบันความจุของแม่น้ำ และคลองผันน้ำมีอยู่อย่างจำกัดและไม่เพียงพอเก็บกักน้ำได้ทั้งหมดจึงก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ในขณะที่ในช่วงฤดูฝนจะมีน้ำบางส่วนที่เกินความจุสูงสุดของแม่น้ำและคลองผันน้ำล้นออกส่งผลให้เกิดน้ำท่วม การสร้างโครงสร้างทางน้ำเพิ่มเติม เช่น แหล่งเก็บกักน้ำขนาดเล็กหรือคลองผันน้ำ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการน้ำได้ เนื่องจากแหล่งเก็บกักน้ำที่สร้างขึ้นนี้จะช่วยรองรับน้ำที่ล้นออกจากแม่น้ำหรือคลองผันน้ำต่างๆ และสามารถใช้เป็นแหล่งน้ำในช่วงฤดูแล้งตลอดจนช่วยบรรเทาปัญหาน้ำท่วมในช่วงฤดูฝนได้อีกด้วย ในส่วนของคลองผันน้ำนั้น มีประโยชน์ต่อการบริหารจัดการน้ำ เนื่องจากสามารถใช้ผันน้ำจากพื้นที่ที่มีน้ำมากเกินความต้องการไปยังอีกพื้นที่ที่เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำได้ จึงช่วยบรรเทาปัญหาภัยแล้งได้เป็นอย่างดี

บทที่ 4

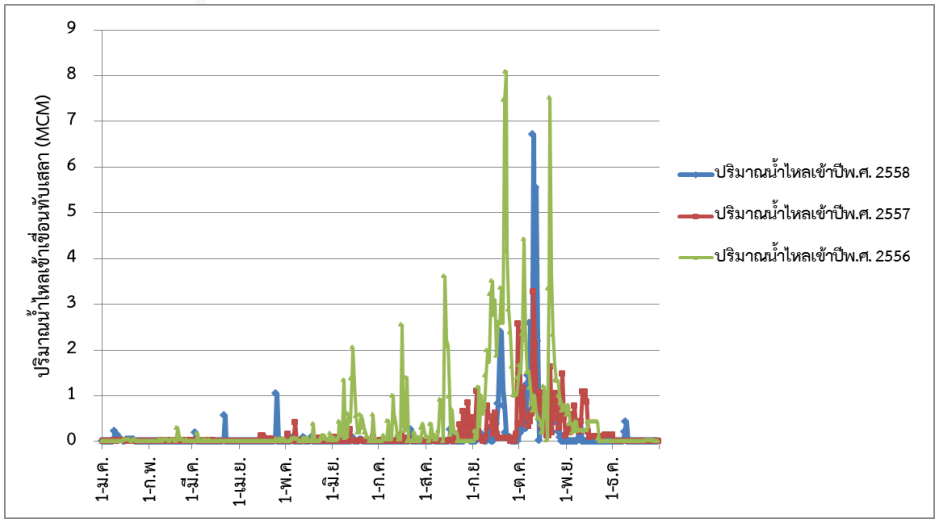
ผลการดำเนินงานวิจัย (Results)

4.1 ข้อมูลนำเข้าแบบจำลองการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

4.1.1 ข้อมูลนำเข้าเพื่อประมาณปริมาณน้ำที่นำมาจัดสรรได้

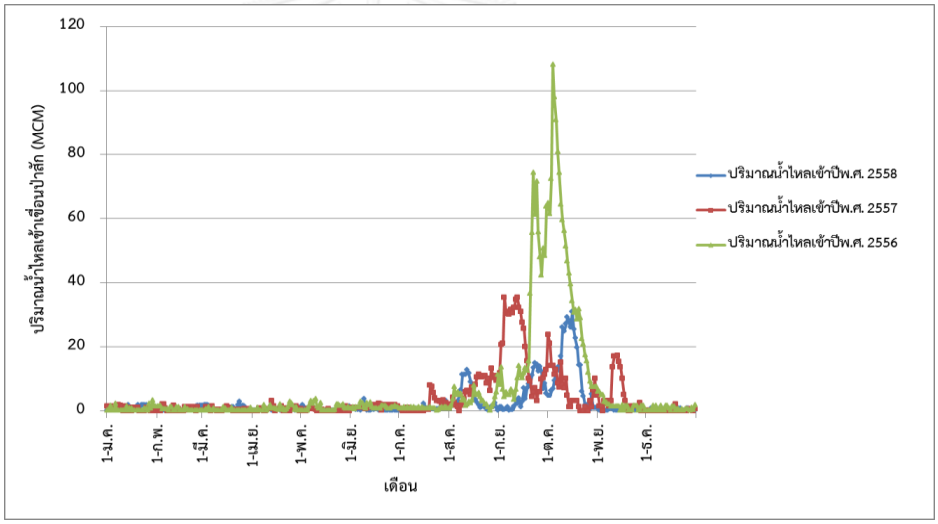
- ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Inflow)

เขื่อนทับเสลาเป็นเขื่อนที่ตั้งอยู่บริเวณต้นน้ำของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ทำหน้าที่เก็บกักและปล่อยน้ำในเวลาที่เหมาะสมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตั้งแต่บริเวณต้นน้ำของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างเป็นต้นไป อย่างไรก็ตาม เขื่อนทับเสลานั้นมีปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและเก็บกักในเขื่อนปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับเขื่อนอื่นๆ เช่น เขื่อนป่าสัก จากภาพที่ 8 แสดงปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนทับเสลาในช่วงปี พ.ศ. 2556–2558 ซึ่งจะเห็นว่าปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนสูงที่สุด รองลงมาคือปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2557 ตามลำดับ โดยปริมาณน้ำไหลเข้าเฉลี่ยตลอดปีจะมีค่าสูงไม่เกิน 8 ล้านลูกบาศก์เมตรเท่านั้น โดยในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคมในแต่ละปีจะมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงกว่าเดือนอื่นๆ เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝน



ภาพที่ 8 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำทับเสลา ปีพ.ศ. 2556 – 2558
(สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559)

เขื่อนป่าสักเป็นเขื่อนที่ตั้งอยู่บริเวณกลางน้ำของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ทำหน้าที่เก็บกักและปล่อยน้ำในเวลาที่เหมาะสมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตั้งแต่บริเวณกลางน้ำของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างเป็นต้นไป เขื่อนป่าสักเป็นเขื่อนที่มีขนาดใหญ่กว่าเขื่อนทับเสลาทำให้มีความสามารถในการเก็บกักและปล่อยน้ำได้มากกว่า ภาพที่ 9 แสดงปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนป่าสักในช่วงปี พ.ศ. 2556 – 2558 ซึ่งจะเห็นว่าปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนสูงที่สุด รองลงมาคือปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2558 ตามลำดับ โดยในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคมแต่ละปีจะมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงกว่าเดือนอื่นๆ เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝน

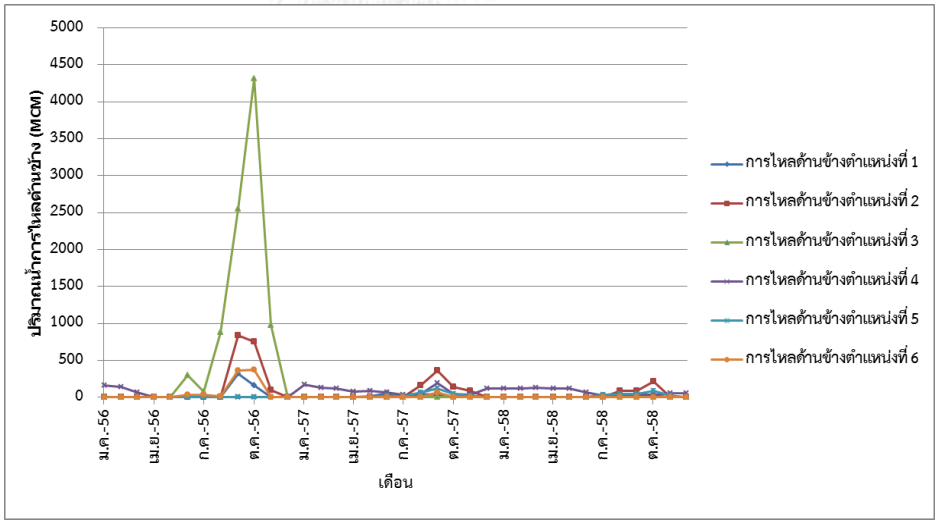


ภาพที่ 9 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำป่าสักปี พ.ศ. 2556–2558
(สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559)

จากข้อมูลน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำดังแสดงในภาพที่ 8 และ 9 จะเห็นว่าปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมีแนวโน้มน้อยลง อีกทั้งยังมีความแปรปรวนของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำค่อนข้างมาก ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งเป็นผลเนื่องมาจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงและไม่สามารถควบคุมได้ เช่น พายุ และลมมรสุม การมีแผนการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดสรรน้ำและสามารถบรรเทาผลกระทบจากเหตุการณ์ภัยพิบัติทางด้านน้ำที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

- ปริมาณการไหลด้านข้าง (Sideflow)

การไหลด้านข้างเป็นการไหลของน้ำใต้ผิวดิน ปัจจุบันไม่มีข้อมูลการสังเกตการณ์บันทึกไว้ เนื่องจากการตรวจวัดอัตราการไหลและระดับน้ำของการไหลด้านข้างค่อนข้างซับซ้อนและสามารถทำได้ลำบาก อีกทั้งยังใช้ต้นทุนวัสดุอุปกรณ์ค่อนข้างสูง ดังนั้นปริมาณการไหลด้านข้างที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้จะถูกประมาณผ่านสูตรการคำนวณพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างประกอบไปด้วยการไหลด้านข้างทั้งหมด 6 ตำแหน่ง ดังแสดงในภาพที่ 10 ซึ่งแสดงปริมาณการไหลด้านข้างรายเดือนของปี พ.ศ. 2556–2558 ของการไหลด้านข้างทั้ง 6 ตำแหน่ง (ตำแหน่งการไหลด้านข้างแสดงไว้ในภาพที่ 12) โดยจะเห็นว่าปริมาณการไหลด้านข้างมีความสอดคล้องกับปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำซึ่งมีความแปรผันตามฤดูกาล กล่าวคือ ปริมาณน้ำจะมีค่ามากในช่วงฤดูฝนและจะมีปริมาณน้ำน้อยลงในช่วงฤดูแล้ง นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการไหลด้านข้างของทั้ง 3 ปีจะพบว่าในปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณการไหลด้านข้างสูงสุด รองลงมาคือปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2558 ตามลำดับ



ภาพที่ 10 ปริมาณการไหลด้านข้าง ปี พ.ศ. 2556–2558

จากข้อมูลปริมาณน้ำที่สามารถจัดสรรได้ทั้งหมด ได้แก่ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและปริมาณการไหลด้านข้างพบว่ามีความสอดคล้องกัน คือ ปริมาณน้ำจะมีความสอดคล้องกับฤดูกาล โดยในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณน้ำมากที่สุดและปริมาณน้ำจะลดลงจนมีปริมาณน้ำน้อยที่สุดในช่วงฤดูแล้ง นอกจากนี้หากเปรียบเทียบปริมาณน้ำทั้ง 3 ปี

จะเห็นว่าปริมาณน้ำมีแนวโน้มน้อยลง แสดงถึงความรุนแรงของสภาพปัญหาวิกฤตภัยแล้งของประเทศไทย อีกทั้งความแปรปรวนของปริมาณน้ำมีค่อนข้างสูง ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากสภาพอากาศที่แปรปรวน ได้แก่ พายุ ทิศทางลม และร่องมรสุมต่างๆ การบริหารจัดการน้ำที่ดีจะช่วยให้สามารถจัดสรรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้

4.1.2 ข้อมูลนำเข้าเพื่อประมาณปริมาณความต้องการใช้น้ำ

- ปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคการเกษตรเพื่อการเพาะปลูก

ปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคการเกษตรสามารถประมาณได้จากสูตรการคำนวณ โดยปริมาณความต้องการใช้น้ำของภาคการเกษตรจะขึ้นอยู่กับ 3 ตัวแปรหลัก ได้แก่ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) อัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) และขนาดของพื้นที่เกษตรกรรม โดยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้คำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจะมีค่าแตกต่างกันตามชนิดของพืชและช่วงการเจริญเติบโต เมื่อนำสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชมาคูณกับอัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงซึ่งมีค่าแตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ จะได้อัตราความต้องการใช้น้ำของพืชในพื้นที่ดังกล่าว ในการศึกษานี้เรามุ่งเน้นการประมาณความต้องการใช้น้ำของข้าวซึ่งเป็นพืชหลักที่ปลูกในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวและอัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่ใช้ในการศึกษานี้ สามารถแสดงได้ด้วยตารางที่ 5 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ข้าวมีอัตราการใช้น้ำสูงใน 2 ช่วง ได้แก่ เดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นฤดูกาลเพาะปลูกข้าวนาปี และเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมซึ่งเป็นช่วงเริ่มฤดูกาลเพาะปลูกข้าวนาปรัง

ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำและอัตราการใช้น้ำของพืช
(สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559)

เดือน	**สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)**	**อัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) (มม./วัน)**	**Kc x Etp (มม./วัน)**
มกราคม	1.30	3.68	4.79
กุมภาพันธ์	1.22	4.38	5.34
มีนาคม	0.97	5.18	5.00
เมษายน	1.13	5.33	6.00
พฤษภาคม	0.90	4.84	4.34
มิถุนายน	1.30	4.35	5.66
กรกฎาคม	1.22	4.16	5.07
สิงหาคม	1.01	3.97	4.01
กันยายน	0.96	3.78	3.61
ตุลาคม	1.24	3.80	4.70
พฤศจิกายน	1.28	3.79	4.84
ธันวาคม	1.13	3.57	4.03

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคครัวเรือนเพื่ออุปโภคบริโภค

พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างเป็นที่ตั้งของภาคครัวเรือนทั้งหมด 12 จังหวัดด้วยกัน ประกอบไปด้วย จังหวัดนครสวรรค์ ชัยนาท สิงห์บุรี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง ปทุมธานีนนทบุรี กรุงเทพมหานครฯ สมุทรปราการ อุทัยธานี ลพบุรี และสระบุรี โดยในแต่ละจังหวัดมีพื้นที่คาบเกี่ยวในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างแตกต่างกันไป ในงานวิจัยนี้จะคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคครัวเรือนจากพื้นที่จังหวัดที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างเท่านั้น โดยพื้นที่ทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 พื้นที่จังหวัดและสัดส่วนพื้นที่คาบเกี่ยวบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
(สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559)

จังหวัด	พื้นที่โดยรวมทั้งจังหวัด (ตร.ม.)	พื้นที่คาบเกี่ยวบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (ตร.ม.)	สัดส่วนพื้นที่คาบเกี่ยวบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (เปอร์เซ็นต์)	สัดส่วนพื้นที่ต่อลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (เปอร์เซ็นต์)
นครสวรรค์	9,527,834,932.33	6,264,761,167.62	65.75	30.52
ชัยนาท	2,505,262,595.49	866,734,718.12	34.60	4.22
สิงห์บุรี	817,006,565.89	807,479,840.34	98.83	3.93
พระนครศรีอยุธยา	2,547,347,739.99	2,356,779,633.75	92.52	11.48
อ่างทอง	950,496,874.17	736,921,735.76	77.53	3.59
ปทุมธานี	1,520,800,567.62	1,169,100,777.91	76.87	5.70
นนทบุรี	636,400,456.39	633,596,531.23	99.56	3.09
กรุงเทพมหานคร	1,566,623,475.37	1,105,694,470.04	70.58	5.39
สมุทรปราการ	967,116,164.67	426,619,867.22	44.11	2.08
อุทัยธานี	6,648,960,786.61	15,523,005.32	0.23	0.08
ลพบุรี	6,502,715,463.33	3,347,657,945.27	51.48	16.31
สระบุรี	3,488,177,074.44	865,807,139.71	24.82	4.22

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่าจังหวัดนครสวรรค์มีสัดส่วนพื้นที่ต่อลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างสูงสุดซึ่งมีพื้นที่คิดเป็นสัดส่วน 30.52 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างทั้งหมด รองลงมาคือจังหวัดลพบุรีและจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งมีพื้นที่คิดเป็นสัดส่วน 16.31 และ 11.48 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างทั้งหมด

การคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคครัวเรือนจะคำนวณผ่านจำนวนประชากรในจังหวัดนั้นๆ คูณด้วยอัตราการใช้น้ำต่อหัว ทั้งนี้เพื่อให้การคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคครัวเรือนมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จำนวนประชากรที่นำมาคำนวณอัตราการใช้น้ำจึงจำเป็นต้องเป็นไปตามสัดส่วนพื้นที่คาบเกี่ยวของจังหวัดนั้นๆ ต่อพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างด้วยเช่นกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 จำนวนประชากรในแต่ละจังหวัดและสัดส่วนจำนวนประชากรตามพื้นที่คาบเกี่ยว

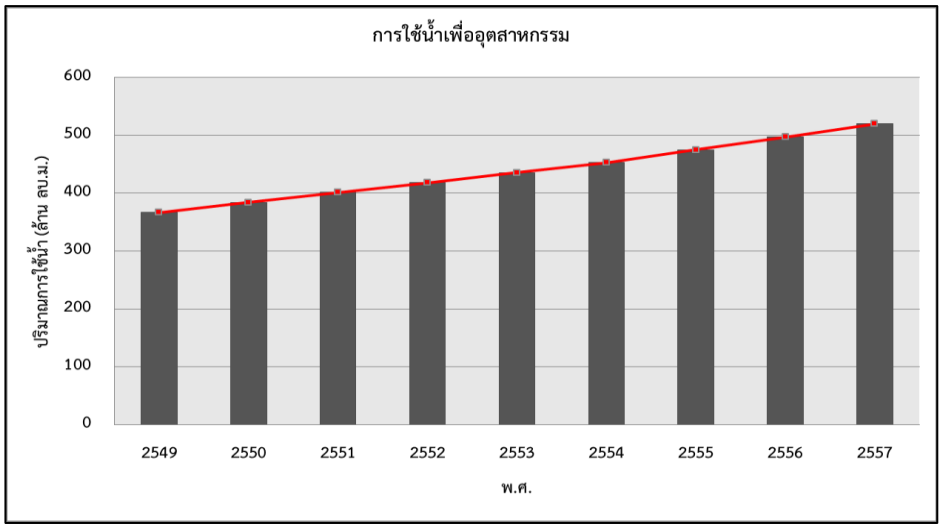
(สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559)

จังหวัด	จำนวนประชากร			สัดส่วนพื้นที่คาบเกี่ยวบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง	จำนวนประชากรตามสัดส่วนพื้นที่คาบเกี่ยว		
	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558		ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558
นครสวรรค์	1,073,142	1,072,756	1,071,942	65.75	705,591	705,337	704,802
ชัยนาท	332,769	332,283	331,655	34.60	115,138	114,970	114,753
สิงห์บุรี	212,690	212,158	211,426	98.83	210,202	209,676	208,952
อ่างทอง	283,732	283,568	283,173	77.53	219,978	219,850	219,544
พระนครศรีอยุธยา	797,970	803,599	808,360	92.52	738,282	743,490	747,895
ปทุมธานี	1,053,158	1,074,058	1,094,249	76.87	809,563	825,628	841,149
นนทบุรี	1,156,271	1,173,870	1,193,711	99.56	1,151,183	1,168,705	1,188,459
กรุงเทพมหานครฯ	5,686,252	5,692,284	5,696,409	70.58	4,013,357	4,017,614	4,020,525
สมุทรปราการ	1,241,610	1,261,530	1,279,310	44.11	547,674	556,461	564,304
อุทัยธานี	329,536	330,179	330,906	0.23	255,489	255,988	256,551
ลพบุรี	757,970	758,406	758,655	51.48	390,203	390,427	390,556
สระบุรี	629,216	633,460	637,673	24.82	156,171	157,225	158,270

ตารางที่ 7 แสดงให้เห็นจำนวนประชากรของแต่ละจังหวัดตามสัดส่วนพื้นที่คาบเกี่ยว ซึ่งจะพบว่าจังหวัดที่มีประชากรสูงสุด ได้แก่ กรุงเทพมหานครฯ รองลงมา คือ จังหวัดนนทบุรีและปทุมธานีตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลสัดส่วนพื้นที่ของแต่ละจังหวัดและจำนวนประชากรตามสัดส่วนพื้นที่คาบเกี่ยวจะเห็นว่าจังหวัดที่มีสัดส่วนพื้นที่คาบเกี่ยวในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยามากไม่ได้หมายความว่าจะต้องมีจำนวนประชากรอาศัยอยู่มากตามไปด้วย โดยข้อมูลตามตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าประชากรมีการกระจุกตัวอยู่ในกรุงเทพมหานครฯ ซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศไทยซึ่งเป็นศูนย์กลางของเศรษฐกิจและวัฒนธรรม รองลงมา คือ ย่านปริมณฑล ซึ่งจัดว่าเป็นย่านที่มีความเจริญและมีแหล่งอุตสาหกรรมตลอดจนพื้นที่เกษตรกรรมอยู่เป็นจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ประชากรเกิดการย้ายถิ่นฐานจากบ้านเกิดเข้าสู่ตัวเมืองและแหล่งอุตสาหกรรมเพื่อประกอบอาชีพนอกจากย่านกรุงเทพมหานครฯ และปริมณฑลจะเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมแล้ว ยังเป็นพื้นที่การขนส่งทางน้ำอีกด้วย ดังนั้นปริมาณความต้องการใช้น้ำย่อมแปรผันตามจำนวนประชากรส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้น้ำมีค่าสูงในเขตกรุงเทพมหานครฯ และปริมณฑลเมื่อเทียบกับพื้นที่ต่างจังหวัด

- ปริมาณการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมเพื่อการผลิตสินค้าและบริการ

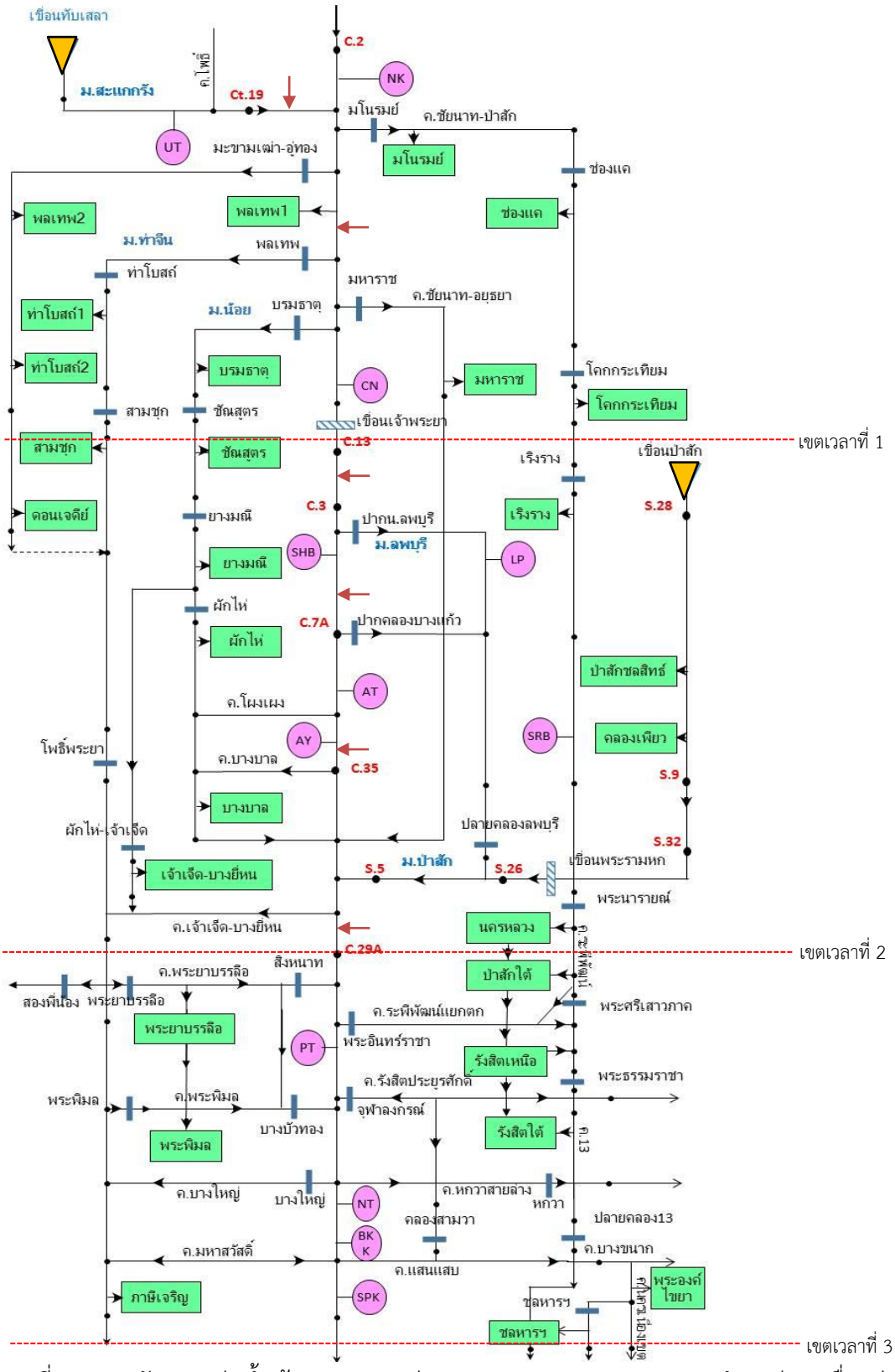
ปัจจุบันประเทศไทยมีการเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีความต้องการใช้น้ำเพื่อภาคอุตสาหกรรมสูงขึ้น ภาพที่ 11 แสดงปริมาณการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมในช่วงปี พ.ศ. 2549–2557 ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณการใช้น้ำเพื่อภาคอุตสาหกรรมมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกๆ ปี เนื่องมาจากการเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรม



ภาพที่ 11 ปริมาณการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2549–2557
(สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2559)

4.2 การพัฒนาแผนผังระบบลุ่มน้ำ

แผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้เป็นไปดังภาพที่ 12 โดยเป็นการขยายผลจากกรอบการพัฒนาในตอนต้น ซึ่งประกอบไปด้วย แม่น้ำสายหลัก แม่น้ำสายรอง คลองส่งน้ำ และคลองระบายน้ำหลายสาย อีกทั้งยังมีพื้นที่ชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม กระจายตัวอยู่ด้วยกันหลายจุด เส้นทางเดินน้ำรวมถึงสิ่งปลูกสร้างและพื้นที่ชุมชน เกษตรกรรมและอุตสาหกรรมจะถูกใช้แทนด้วยสัญลักษณ์ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 8



ภาพที่ 12 แผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (Schematic diagram) และตำแหน่งจุดเชื่อมต่อของระบบ (Network node)

ภาพที่ 12 แสดงแผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ซึ่งประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่จังหวัดและอุตสาหกรรม และการกำหนดทิศทางการไหลของน้ำรวมถึงจุดเชื่อมต่อของระบบการไหลทั้งหมด โดยได้กำหนดสัญลักษณ์และหมายเลขให้กับตัวแปรชนิดต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 สรุปรายการและจำนวนองค์ประกอบในแผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

คำอธิบาย	สัญลักษณ์	จำนวน
อ่างเก็บน้ำ	▼	2
พื้นที่เกษตรกรรม	■	28
พื้นที่เขตจังหวัดและอุตสาหกรรม	●	12
จำนวนจุดเชื่อมต่อของแม่น้ำสายหลัก	●	86
จำนวนจุดเชื่อมต่อของแม่น้ำสายรองหรือคลอง	●	75
จำนวนการไหลด้านข้าง	←	6

การสร้างแผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง นอกจากจะมีการกำหนดสัญลักษณ์เพื่อใช้แทนพื้นที่ต่างๆ ตามความเป็นจริงแล้ว ยังมีการกำหนดตัวอักษรและหมายเลขเพื่อแทนพื้นที่แต่ละพื้นที่ทั้งในส่วนของจังหวัด อุตสาหกรรมและเกษตรกรรม รายละเอียดของการกำหนดตัวอักษรและหมายเลขในแผนผังลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างถูกแสดงไว้ในตารางที่ 9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 การกำหนดตัวอักษรและหมายเลขแทนพื้นที่ต่างๆ ในแผนผังลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	สัญลักษณ์	คำอธิบาย	สัญลักษณ์	คำอธิบาย	สัญลักษณ์	คำอธิบาย
P1	จังหวัดนครสวรรค์	P11	จังหวัดลพบุรี	A9	โครงการชลประทานยางมณี	A19	โครงการชลประทานเริงราง
P2	จังหวัดชัยนาท	P12	จังหวัดสระบุรี	A10	โครงการชลประทานผักไห่	A20	โครงการชลประทานป่าสักชลสิทธิ์
P3	จังหวัดสิงห์บุรี	A1	โครงการชลประทานพลเทพ1	A11	โครงการชลประทานบางบาล	A21	โครงการชลประทานคลองเพียว
P4	จังหวัดอ่างทอง	A2	โครงการชลประทานพลเทพ2	A12	โครงการชลประทานเจ้าเจ็ด-บางยี่หน	A22	โครงการชลประทานมหาราช
P5	จังหวัดอยุธยา	A3	โครงการชลประทานท่าโบสถ์2	A13	โครงการชลประทานพระยาบรรลือ	A23	โครงการชลประทานนครหลวง
P6	จังหวัดปทุมธานี	A4	โครงการชลประทานคอนเจดีย์	A14	โครงการชลประทานพระพิมล	A24	โครงการชลประทานป่าสักใต้
P7	จังหวัดนนทบุรี	A5	โครงการชลประทานท่าโบสถ์1	A15	โครงการชลประทานภาชีเจริญ	A25	โครงการชลประทานรังสิตเหนือ
P8	จังหวัดกรุงเทพฯ	A6	โครงการชลประทานสามพุก	A16	โครงการชลประทานมโนรมย์	A26	โครงการชลประทานรังสิตใต้
P9	จังหวัดสมุทรปราการ	A7	โครงการชลประทานบรมธาตุ	A17	โครงการชลประทานช่องแค	A27	โครงการชลประทานชลหารพิจิตร
P10	จังหวัดอุทัยธานี	A8	โครงการชลประทานชัณสูตร	A18	โครงการชลประทานโคกกระเทียม	A28	โครงการชลประทานพระองค์ใหญ่นเพ็ต

หลังจากดำเนินการสร้างแผนผังระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างและกำหนดตำแหน่งของพื้นที่จังหวัด พื้นที่อุตสาหกรรม และพื้นที่เกษตรกรรม รวมถึงจุดเชื่อมต่อของระบบการไหลทั้งหมดแล้ว ต่อมาจะพิจารณาถึงเวลาการเดินทางของน้ำ โดยทั่วไปการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมักจะไม่นำเวลาการเดินทางของน้ำเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลอง ซึ่งในความเป็นจริงแล้วน้ำใช้เวลาในการเดินทาง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะนำเวลามาร่วมพิจารณาด้วย โดยจะแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างออกเป็น 3 เขตเวลา โดยอ้างอิงจากฝ่ายประมวลและวิเคราะห์สถานการณ์น้ำกรมชลประทาน หลังจากแบ่งเขตเวลาเรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาแบบจำลองเพื่อทดสอบสมมติฐานข้างต้น แบบจำลองที่สร้างขึ้นประกอบไปด้วยแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำและแบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ โดยหลังจากพัฒนาแบบจำลองเสร็จสิ้นแล้วจะมีการทดสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของแบบจำลองผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) เพื่อให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ สามารถนำไปใช้งานได้ในสถานการณ์จริง และเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ในตอนต้นว่า แบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำน่าจะให้ผลที่ใกล้เคียงกับสภาพปัญหาจริงมากกว่า โดยหลังจากทำการตรวจสอบความถูกต้องและสรุปผลสมมติฐานแล้วจึงทำวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

งานวิจัยนี้มีการตั้งสมมติฐานว่าน้ำใช้เวลาในการเดินทางจากต้นน้ำมายังปลายน้ำ โดยปัจจุบันการบริหารจัดการน้ำมักจะไม่นำเวลาเข้ามาพิจารณาร่วมด้วย ดังนั้นเพื่อทดสอบสมมติฐานข้างต้น งานวิจัยนี้จึงพัฒนาแบบจำลองขึ้น 2 แบบจำลองด้วยกัน คือ แบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ และแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำร่วมด้วย โดยหากเวลาการเดินทางของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อแบบจำลอง ผลจากแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำร่วมด้วยจะต้องมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์น้ำจริงได้มากกว่า

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสามารถทำได้โดยการนำข้อมูลมาใส่แทนตัวแปรตัดสินใจในแบบจำลองแล้วทำการเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองนั้นกับข้อมูลจริง โดยหาก

แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้มีความถูกต้องแล้ว ผลจากแบบจำลองจะต้องมีค่าไม่แตกต่างจากข้อมูลจริงเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้ ประตูระบายน้ำและสถานีวัดน้ำที่ถูกเลือกมาเป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีทั้งหมด 4 แห่ง ดังนี้ ประตูระบายน้ำมโนรมย์ ประตูระบายน้ำพลเทพ ประตูระบายน้ำยางมณี และสถานีวัดน้ำ C.29A ในเบื้องต้นได้ทำการศึกษาผลของแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลนำเข้าในปี พ.ศ. 2558 เนื่องจากเป็นข้อมูลปีล่าสุดและเป็นปีประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำมากกว่าในปีอื่น ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองและข้อมูลจริงที่ถูกแสดงในรูปเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ สามารถแสดงได้ด้วยตารางที่ 10 และ 11

จากผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของประตูระบายน้ำและสถานีวัดน้ำที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างจากแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ พบว่า เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของอัตราการปล่อยน้ำที่เกิดขึ้นมีลักษณะข้อมูลเป็นแบบสุ่ม และมีค่าอยู่ในช่วง 0–10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของอัตราการปล่อยน้ำอยู่ในช่วง 10 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าเวลาการเดินทางของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องของแบจำลอง ทำให้แบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำสามารถสะท้อนสถานการณ์จริงได้ดีกว่าและจะถูกเลือกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป โดยสำหรับงานด้านการบริหารจัดการน้ำ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์จากแบบจำลองที่พัฒนาเวลาการเดินทางของน้ำถือว่าเป็นความคลาดเคลื่อนในระดับที่ยอมรับได้เนื่องจากระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีความซับซ้อนสูง และข้อมูลนำเข้าก็อาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการประมาณค่า ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดด้านข้อมูลของงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตามถึงแม้จะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นแต่แบบจำลองก็ยังสามารถสะท้อนสถานการณ์จริงและอาจนำไปใช้เป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาแผนการบริหารจัดการน้ำสำหรับลุ่มน้ำอื่นๆ ได้อีกต่อไปในอนาคต

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของอัตราการปล่อยน้ำจากแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ

เดือน	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์
ประตูระบายน้ำยางมณี	
มกราคม	1.85
กุมภาพันธ์	3.38
มีนาคม	0.91
เมษายน	3.54
พฤษภาคม	2.58
มิถุนายน	0.14
กรกฎาคม	4.11
สิงหาคม	0.56
กันยายน	1.56
ตุลาคม	0.70
พฤศจิกายน	2.57
ธันวาคม	1.76
ประตูระบายน้ำมโนรมย์	
มกราคม	0.43
กุมภาพันธ์	1.26
มีนาคม	1.84
เมษายน	1.51
พฤษภาคม	2.12
มิถุนายน	5.55
กรกฎาคม	0.68
สิงหาคม	0.62
กันยายน	3.59
ตุลาคม	0.16
พฤศจิกายน	0.73
ธันวาคม	2.04

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของอัตราการปล่อยน้ำจากแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ (ต่อ)

เดือน	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์
ประตูระบายน้ำพลเทพ	
มกราคม	2.53
กุมภาพันธ์	1.33
มีนาคม	1.11
เมษายน	0.46
พฤษภาคม	0.43
มิถุนายน	0.53
กรกฎาคม	3.21
สิงหาคม	2.95
กันยายน	4.56
ตุลาคม	0.97
พฤศจิกายน	1.97
ธันวาคม	1.51
สถานีวัดน้ำบริเวณปลายแม่น้ำเจ้าพระยา	
มกราคม	1.08
กุมภาพันธ์	0.69
มีนาคม	1.65
เมษายน	1.10
พฤษภาคม	2.75
มิถุนายน	0.95
กรกฎาคม	2.37
สิงหาคม	5.49
กันยายน	2.73
ตุลาคม	1.07
พฤศจิกายน	0.82
ธันวาคม	0.72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของอัตราการปล่อยน้ำ
จากแบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ

เดือน	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์
ประตูระบายน้ำยางมณี	
มกราคม	12.41
กุมภาพันธ์	17.36
มีนาคม	11.70
เมษายน	11.99
พฤษภาคม	7.31
มิถุนายน	12.72
กรกฎาคม	14.28
สิงหาคม	17.22
กันยายน	13.21
ตุลาคม	8.24
พฤศจิกายน	10.11
ธันวาคม	11.11
ประตูระบายน้ำมโนรมย์	
มกราคม	5.87
กุมภาพันธ์	9.79
มีนาคม	11.27
เมษายน	8.77
พฤษภาคม	5.18
มิถุนายน	11.10
กรกฎาคม	15.37
สิงหาคม	11.84
กันยายน	18.85
ตุลาคม	24.40
พฤศจิกายน	5.78
ธันวาคม	26.41

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของอัตราการปล่อยน้ำจากแบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ (ต่อ)

เดือน	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์
ประตูระบายน้ำพลเทพ	
มกราคม	19.74
กุมภาพันธ์	24.63
มีนาคม	15.92
เมษายน	13.70
พฤษภาคม	11.46
มิถุนายน	6.13
กรกฎาคม	8.10
สิงหาคม	12.28
กันยายน	7.67
ตุลาคม	9.79
พฤศจิกายน	11.63
ธันวาคม	16.85
สถานีวัดน้ำบริเวณปลายแม่น้ำเจ้าพระยา	
มกราคม	9.50
กุมภาพันธ์	7.98
มีนาคม	21.50
เมษายน	6.69
พฤษภาคม	18.81
มิถุนายน	9.36
กรกฎาคม	4.08
สิงหาคม	17.25
กันยายน	10.50
ตุลาคม	8.19
พฤศจิกายน	8.56
ธันวาคม	6.11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หลังจากตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้ข้อมูล ณ ตำแหน่งประตูระบายน้ำและสถานีวัดน้ำต่างๆ ตามที่ได้เลือกมาแล้ว ขั้นตอนต่อมาจะทำการเปรียบเทียบปริมาณการขาดแคลนน้ำโดยรวมทั้งปีจากแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำและแบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ โดยอ้างอิงจากข้อมูลแผนการจัดสรรน้ำย้อนหลัง ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบปริมาณการขาดแคลนน้ำโดยรวมทั้งปี (หน่วย : ล้านลูกบาศก์เมตร)

ปี	แผนการใช้น้ำ	ผลการใช้น้ำ	สรุปผลการใช้น้ำ	ปริมาณน้ำขาด*	ปริมาณการขาดน้ำจากแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ	ปริมาณการขาดน้ำจากแบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ
2558	5,300	7,265	เกินแผน	1,965	2073.51	2981.82

หมายเหตุ *ปริมาณน้ำขาด อ้างอิงจากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (2558)

ผลจากการเปรียบเทียบปริมาณการขาดแคลนน้ำโดยรวมทั้งปีจากแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำและแบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ พบว่า ปริมาณการขาดแคลนน้ำสะสมตลอดปีของแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำและแบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ มีค่าเท่ากับ 2,073.51 และ 2,981.82 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการขาดน้ำที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองกับบันทึกเหตุการณ์การจัดสรรน้ำย้อนหลัง พบว่า ในปี พ.ศ. 2558 นั้นประเทศไทยมีปริมาณการขาดแคลนน้ำอยู่ที่ 1,965 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งหากเปรียบเทียบผลปริมาณการขาดน้ำที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองแบบจำลองกับค่าที่เกิดขึ้นจริงดังกล่าว จะพบว่า แบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำให้ค่าปริมาณการขาดน้ำใกล้เคียงกับค่าที่เกิดขึ้นจริงมากกว่าแบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ โดยแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำประมาณค่าการขาดน้ำสูงกว่าค่าที่เกิดขึ้นจริง 5.52 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำประมาณค่าการขาดน้ำสูงกว่าค่าที่เกิดขึ้นจริง 51.75 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่า เวลาการ

เดินทางของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อแบบจำลอง โดยจะทำให้ผลจากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำเป็นแบบจำลองหลักเพื่อวิเคราะห์สถานการณ์น้ำและวางแผนการบริหารจัดการน้ำในการวิเคราะห์ส่วนต่อไป

4.4 ผลจากแบบจำลอง

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำและแบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำ พบว่า เวลาเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องของแบบจำลอง โดยจะทำให้ผลจากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากขึ้น ดังนั้นแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำจะถูกเลือกมาพัฒนาต่อ โดยใช้ข้อมูลนำเข้าย้อนหลังตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2556–2558 ผลของปี พ.ศ. 2556-2558 แสดงได้ดังตารางที่ 13 – 15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 ผลจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลนำเข้าปี พ.ศ. 2556

ผลจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลนำเข้าปีพ.ศ. 2556													
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.**	**ผลรวม**
Objective	564.20	543.60	426.53	465.85	375.03	592.10	418.00	977.32	4,240.93	5,402.90	1,171.86	357.91	15,536.25
DEFA	180.42	181.20	194.98	245.66	155.44	224.36	197.63	139.02	110.57	168.16	178.18	139.66	2,115.28
DEFP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEFI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEFDQ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OVFQ	187.52	165.35	37.35	24.24	24.46	172.21	24.36	645.33	3,934.66	5,038.50	799.79	24.51	11,078.25
OVFQT	196.27	197.05	194.21	195.96	195.14	195.53	196.01	192.98	195.69	196.24	193.90	193.74	2,342.72

ตารางที่ 14 ผลจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลนำเข้าปี พ.ศ. 2557

ผลจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลนำเข้าปีพ.ศ. 2557													
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.**	**ผลรวม**
Objective	584.40	509.91	473.86	484.76	406.79	455.72	418.83	431.81	916.06	453.78	412.49	421.42	5,969.82
DEFA	180.60	183.38	192.09	245.15	155.79	224.11	199.03	139.88	114.62	177.04	175.62	139.42	2,126.73
DEFP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEFI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEFDQ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OVFQ	207.71	131.81	84.67	43.41	56.21	35.82	25.18	99.81	602.56	82.38	40.41	87.98	1,497.94
OVFQT	196.09	194.72	197.10	196.21	194.78	195.79	194.62	192.12	198.87	194.36	196.46	194.02	2,345.15

ตารางที่ 15 ผลจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลนำเข้าปี พ.ศ. 2558

ผลจากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลนำเข้าปีพ.ศ. 2558													
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.**	**ผลรวม**
Objective	473.36	480.83	490.84	523.71	438.36	454.27	418.00	371.55	343.46	484.02	401.38	360.59	5,240.38
DEFA	180.08	183.97	193.95	246.09	152.45	225.15	198.86	138.26	112.05	175.07	175.76	136.14	2,117.82
DEFP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEFI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEFDQ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OVFQ	96.67	102.56	101.64	82.34	87.77	34.36	24.35	33.54	37.32	112.61	29.30	27.15	769.61
OVFQT	196.62	194.30	195.25	195.29	198.13	194.76	194.80	199.75	194.09	196.34	196.33	197.30	2,352.95

ผลจากแบบจำลองเมื่อใช้ข้อมูลนำเข้าช่วงปี พ.ศ. 2556–2558 ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน คือ พบการขาดน้ำที่ภาคเกษตรกรรม (DEFA) และพบการเกิดปริมาณน้ำส่วนเกินขึ้นทั้งในส่วนของแม่น้ำสายหลัก (OVFQ) แม่น้ำสายรองและคลองส่งน้ำ (OVFQT) โดยพื้นที่การเกษตรที่เกิดการขาดน้ำเป็นพื้นที่เดียวกันตลอดทั้ง 3 ปี คือ โครงการชลประทานพลเทพ 2 ท่าโบสถ์ 2 เจ้าเจ็ด-บางยี่หน พระยาบรรลือ มหาราช รังสิตเหนือ รังสิตใต้ ชลหารพิจิตร และพระองค์ไชยานุชิต ซึ่งพื้นที่ที่เกิดการขาดแคลนน้ำนี้เป็นพื้นที่ที่อยู่บริเวณกลางน้ำและท้ายน้ำของลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่มากกว่า 100,000 ไร่ ทำให้มีปริมาณความต้องการใช้น้ำมีมากกว่าพื้นที่อื่น นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนปริมาณความต้องการใช้น้ำของภาคส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 16 จะพบว่า ภาคการเกษตรมีปริมาณความต้องการใช้น้ำสูงสุดโดยคิดเป็น 82 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ภาคอุตสาหกรรมคิดเป็น 12 เปอร์เซ็นต์ และภาคครัวเรือนคิดเป็น 6 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคการเกษตรมีสัดส่วนสูงเมื่อเทียบกับความต้องการใช้น้ำของภาคส่วนอื่น ดังนั้นจึงทำให้แบบจำลองแสดงผลการขาดแคลนน้ำเกิดขึ้นเฉพาะภาคเกษตรกรรมเท่านั้น

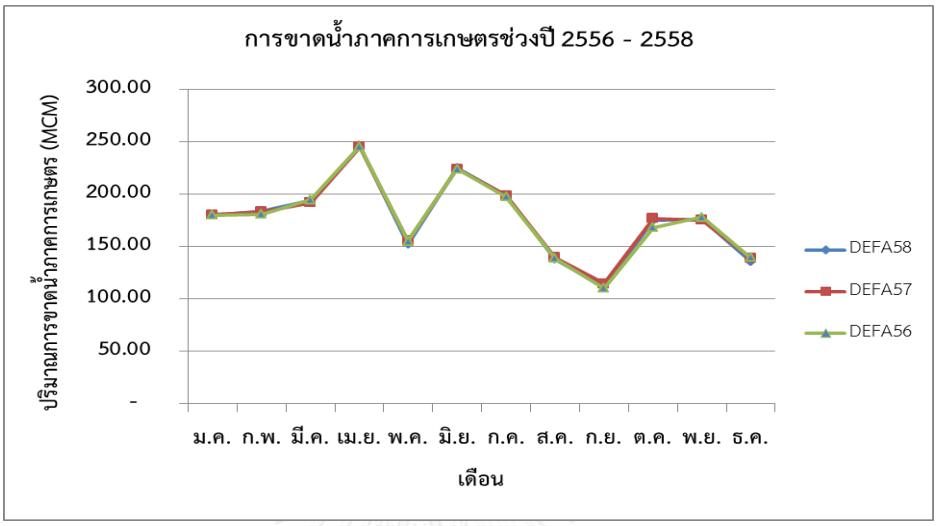
ตารางที่ 16 ปริมาณความต้องการใช้น้ำของภาคส่วนต่างๆ

เดือน	ความต้องการใช้น้ำภาคการเกษตร	ความต้องการใช้น้ำภาคครัวเรือน	ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรม
มกราคม	400.41	28.25	55.73
กุมภาพันธ์	390.35	28.25	54.42
มีนาคม	418.38	28.25	58.06
เมษายน	385.44	28.25	53.78
พฤษภาคม	362.56	28.25	50.81
มิถุนายน	454.38	28.25	62.74
กรกฎาคม	424.78	28.25	58.89
สิงหาคม	335.60	28.25	47.30
กันยายน	290.05	28.25	41.38
ตุลาคม	392.79	28.25	54.74
พฤศจิกายน	389.79	28.25	54.35
ธันวาคม	337.65	28.25	47.57
รวม	4582.19	338.97	639.75

เมื่อพิจารณาลำดับความสำคัญของแต่ละภาคส่วน การจัดสรรน้ำในประเทศไทยจะให้ความสำคัญกับภาคครัวเรือนเป็นอันดับแรก รองลงมา คือ ภาคอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ผลจากแบบจำลองข้างต้นให้ความสำคัญของการขาดแคลนน้ำทุกภาคส่วนเท่ากัน ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองอาจเป็นในลักษณะของคำตอบที่มีหลายทางเลือก (Alternative optimal solutions) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการกำหนดน้ำหนักให้แต่ละภาคส่วนตามลำดับความสำคัญ โดยให้ค่าน้ำหนักที่ภาคครัวเรือนเป็นอันดับแรก รองลงมา คือ ภาคอุตสาหกรรม และเกษตรกรรมตามลำดับ ผลจากการทดสอบการกำหนดค่าน้ำหนักพบว่า แบบจำลองที่กำหนดค่าน้ำหนักตามลำดับความสำคัญให้ผลไม่แตกต่างกับแบบจำลองที่ไม่มีการกำหนดค่าน้ำหนัก กล่าวคือ แบบจำลองดังกล่าวให้ผลการขาดน้ำที่ภาคเกษตรกรรมเพียงอย่างเดียวและมีปริมาณการขาดแคลนเท่ากับแบบจำลองที่ไม่มีการกำหนดค่าน้ำหนัก ผลจากแบบจำลองที่กำหนดค่าน้ำหนักตามลำดับความสำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 13-15

การขาดน้ำภาคการเกษตรจะมีรูปแบบเป็นไปตามภาพที่ 13 โดยพบว่า การขาดแคลนน้ำในปี พ.ศ. 2556-2558 มีรูปแบบและปริมาณใกล้เคียงกัน แต่โดยภาพรวมแล้วในปี พ.ศ. 2556 ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำน้อยกว่าปี พ.ศ. 2557 และ 2558 เนื่องจากในปี พ.ศ. 2556 นั้นเป็นปีที่มีปริมาณน้ำปกติ ส่วนในปี พ.ศ. 2557 และ 2558 นั้นเป็นปีที่ประสบภัยแล้ง ทำให้มีรูปแบบปริมาณการขาดแคลนน้ำคล้ายกัน การขาดแคลนน้ำภาคการเกษตรทั้ง 3 ปี มีรูปแบบของฤดูกาลอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากเดือนมกราคมและจะมีการขาดน้ำสูงสุดในช่วงเดือนฤดูแล้ง โดยเฉพาะในเดือนเมษายน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนและน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนในช่วงฤดูแล้งมีน้อย ในขณะที่ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเริ่มฤดูกาลปลูกข้าวนาปีซึ่งต้องการใช้น้ำในการเตรียมแปลงและเพาะกล้าเป็นปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดปริมาณการขาดน้ำสูง ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมเป็นช่วงฤดูฝนซึ่งได้รับอิทธิพลของพายุฤดูร้อนและร่องมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพามวลอากาศอุ่นและชื้นเข้าสู่ประเทศไทยทำให้เกิดฝนตกชุก จึงมีน้ำฝนที่นำมาใช้ในการเกษตรได้มากขึ้นและมีความใกล้เคียงกับความต้องการของพืช ส่งผลให้การขาดแคลนน้ำช่วงเดือนพฤษภาคมมีน้อยกว่าช่วงเดือนฤดูแล้ง ทั้งนี้ ในช่วงฝนทิ้งช่วงในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม ปริมาณการขาดแคลนน้ำจะมีค่าสูง จนถึงช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมซึ่งจะมีปริมาณการขาดแคลนน้ำค่อนข้างมาก เนื่องจากเป็นฤดูการปลูกข้าวนาปรัง อีกทั้ง

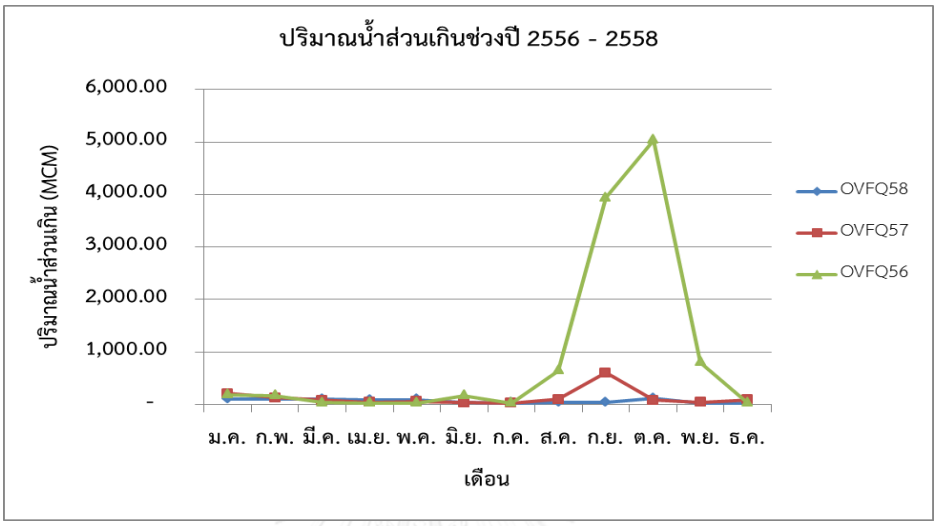
ปริมาณฝนที่ตกน้อยลงอันเป็นผลจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดพามวลอากาศแห้งและเย็นเข้าสู่ประเทศไทย ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนฤดูกาลจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว



ภาพที่ 13 การขาดน้ำภาคการเกษตรช่วงปี พ.ศ. 2556–2558

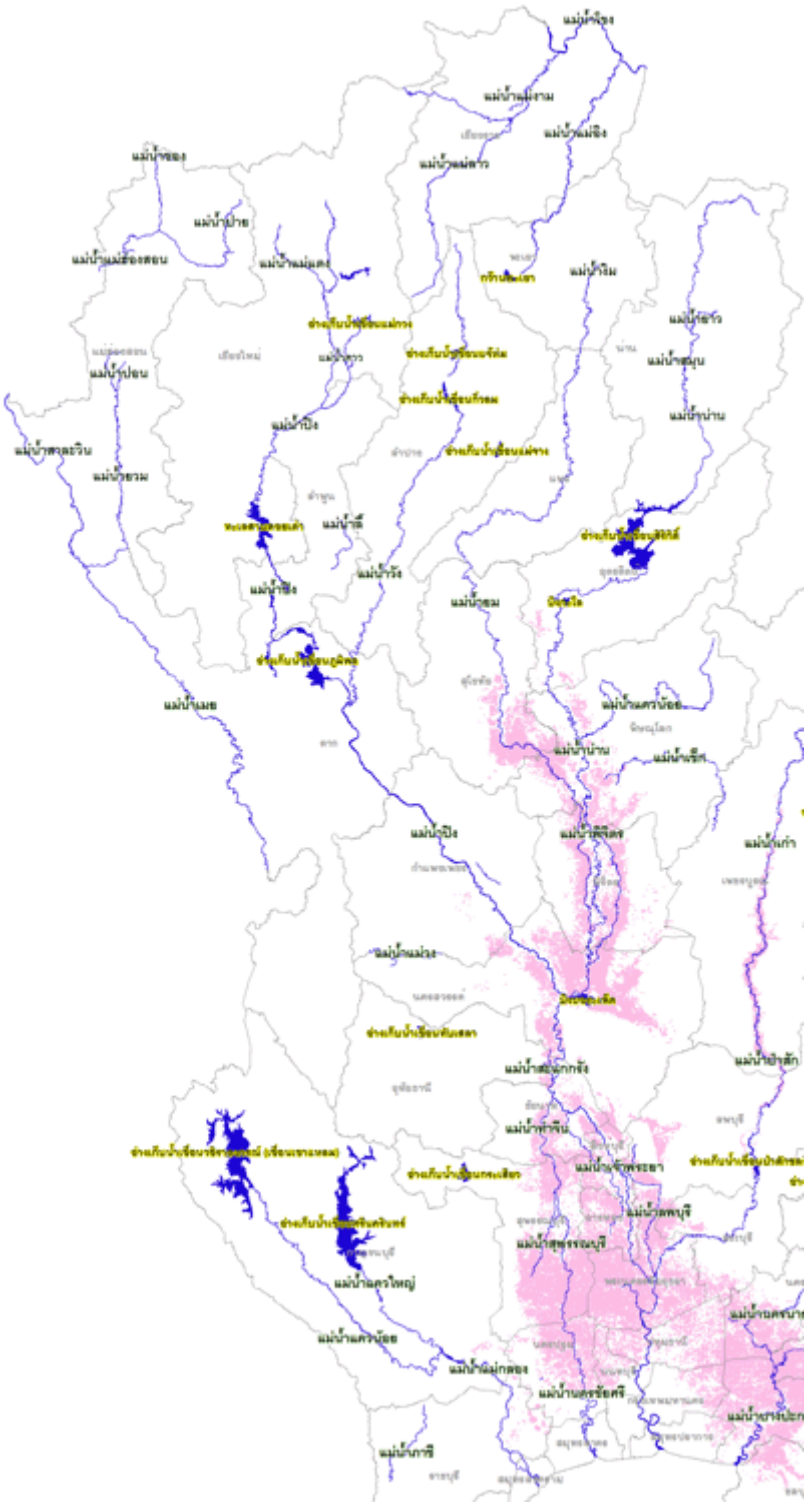
ปริมาณน้ำส่วนเกินจะมีรูปแบบเป็นไปตามภาพที่ 14 โดยพบว่า ปริมาณน้ำส่วนเกินในปี พ.ศ. 2556-2558 มีรูปแบบใกล้เคียงกันแต่มีปริมาณต่างกัน โดยในปี พ.ศ. 2556 เป็นปีที่มีปริมาณน้ำส่วนเกินมากที่สุด ปริมาณน้ำส่วนเกินในช่วงปี พ.ศ. 2556-2558 ที่ได้จากแบบจำลองมีรูปแบบสอดคล้องกับฤดูกาลและแผนการเพาะปลูกข้าวของประเทศไทย โดยปริมาณน้ำส่วนเกินที่แสดงในภาพที่ 14 ชี้ให้เห็นว่าปริมาณน้ำส่วนเกินตั้งแต่เดือนมกราคมถึงช่วงเดือนกรกฎาคมมีค่าน้อย เนื่องจากสาเหตุด้านสภาพภูมิอากาศ กล่าวคือ ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนเป็นช่วงฤดูหนาวต่อกับฤดูร้อนซึ่งมีฝนตกน้อย ในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมมีฝนตกมากขึ้น แต่ปริมาณน้ำส่วนเกินในช่วงเดือนนี้ไม่ได้เพิ่มขึ้นเพราะมีการเพาะปลูกข้าวนาปีอย่างกว้างขวางในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นในช่วงนี้จึงถูกนำไปใช้ในการเพาะปลูกซึ่งครอบคลุมระยะเวลาตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม ปริมาณน้ำส่วนเกินมีค่าสูงขึ้นมากเนื่องจากฝนตกหนักในช่วงฤดูฝนและปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคการเกษตรลดลงอย่างมากเนื่องจากเป็นช่วงพักฤดูกาลปลูกข้าวก่อน

เริ่มทำนาปรังในเดือนพฤศจิกายน หลังจากเดือนตุลาคมเป็นต้นไปจะเริ่มเข้าสู่ฤดูหนาวซึ่งจะมีฝนตกน้อยลงทำให้เกิดปริมาณน้ำส่วนเกินน้อยลงตามไปด้วย



ภาพที่ 14 ปริมาณน้ำส่วนเกินช่วงปี พ.ศ. 2556–2558

ภาพที่ 14 แสดงถึงปริมาณน้ำส่วนเกินที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2556 ในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคมมีปริมาณน้ำส่วนเกินเกิดขึ้นสูงมากกว่าปีอื่นค่อนข้างมาก ซึ่งจากการศึกษาบันทึกเหตุการณ์ทางน้ำของปี พ.ศ. 2556 จากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตรพบว่าในช่วงเดือนดังกล่าว พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างประสบปัญหาอุทกภัยอย่างหนักโดยมีพื้นที่ประสบภัยทั้งหมด 47 จังหวัด ผู้เสียชีวิตรวม 80 ราย พื้นที่เกษตรเสียหายประมาณ 4 ล้านไร่ โดยสามารถแสดงได้ดังพื้นที่ส่วนที่แรเงาบริเวณภาคกลางของประเทศ ดังแสดงในภาพที่ 15



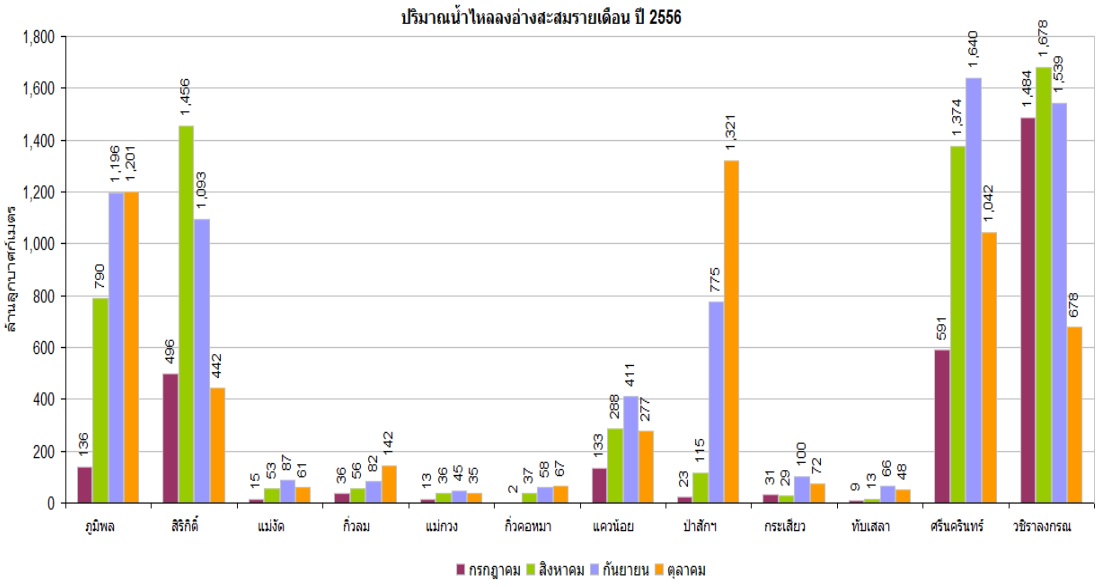
ภาพที่ 15 พื้นที่ประสบอุทกภัยบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา เดือนกันยายนถึงตุลาคม ปี พ.ศ. 2556
(สถาบันสารสนเทศทรัพยาการน้ำและการเกษตร, 2560)

สาเหตุหลักที่ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม ปี พ.ศ. 2556 มาจากหลายสาเหตุด้วยกัน ได้แก่

1) พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างเป็นพื้นที่ราบลุ่มและเป็นทางออกของน้ำ น้ำที่ท่วมขังบริเวณพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาส่วนบนจะไหลลงมายังพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาส่วนล่างเพื่อระบายน้ำออกสู่อ่าวไทย

2) พายุหมุนเขตร้อนเกิดขึ้นในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตกและทะเลจีนใต้ โดยมีพายุทั้งหมด 3 ลูกเคลื่อนเข้ามาในบริเวณที่อาจส่งผลกระทบต่อประเทศไทย ได้แก่ พายุดีเปรสชั่น (Tropical depression) พายุใต้ฝุ่นอุซางิ (Usagi) พายุไต้ฝุ่นหวู่ติ๊บ (Typhoon-2 utip) และพายุนารี (Nari)

3) ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำป่าสักมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิมมากถึง 10 เท่าในระหว่างช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม ดังแสดงในภาพที่ 16 ซึ่งปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำป่าสักนี้มีมากเกินความจุสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ ทำให้อ่างเก็บน้ำต้องระบายน้ำออกแม้ว่าพื้นที่ภายนอกอ่างเก็บน้ำจะเกิดอุทกภัยอยู่ก็ตาม



ภาพที่ 16 ปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำสะสมรายเดือนปี พ.ศ. 2556 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2560)

ผลจากแบบจำลองพบว่า ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาหลักอยู่ 2 เรื่องด้วยกัน คือ ปัญหาการขาดแคลนน้ำด้านการเกษตรและปัญหาปริมาณน้ำส่วนเกินจากแม่น้ำสายหลักและแม่น้ำสายรองหรือคลองส่งน้ำ สำหรับปัญหาส่วนแรก คือ ปัญหาการขาดแคลนน้ำด้านการเกษตรซึ่งอาจเกิดจากการขยายตัวของพื้นที่การเกษตรที่มากเกินกว่าแผนที่วางเอาไว้หรืออาจเกิดจากความจุของคลองส่งน้ำน้อยเกินไปจนไม่สามารถส่งน้ำให้แก่บางพื้นที่ตามปริมาณที่ต้องการได้ ปัญหานี้สามารถแก้ไขเบื้องต้นได้โดยควบคุมการขยายตัวของพื้นที่เกษตรหรือขอความร่วมมือจากเกษตรกรในการงดการเพาะปลูกในบางพื้นที่เพื่อควบคุมปริมาณความต้องการน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับปริมาณน้ำต้นทุนที่สามารถแจกจ่ายได้ หรือเพิ่มประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำ โดยอาจขุดลอกหรือขยายความจุของคลองเพื่อให้สามารถรองรับปริมาณน้ำได้มากขึ้น หรือลดปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการรั่วซึมโดยอาจดาดคลองด้วยคอนกรีต นอกจากนี้การปรับเปลี่ยนชนิดของพืชโดยเลือกพืชที่มีการปริมาณการใช้น้ำน้อยแต่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงก็จะช่วยให้ปริมาณความต้องการน้ำภาคการเกษตรลดลงได้ อีกทั้งยังอาจช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรอีกด้วย

ปัญหาส่วนที่สอง คือ ปัญหาปริมาณน้ำส่วนเกินจากแม่น้ำสายหลักและแม่น้ำสายรองหรือคลองส่งน้ำซึ่งชี้ให้เห็นถึงการสูญเสียน้ำโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่และยังอาจก่อให้เกิดน้ำท่วมได้ สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปริมาณน้ำล้นออกจากแม่น้ำสายหลักและแม่น้ำสายรองหรือคลองส่งน้ำ คือ ความจุของแม่น้ำและคลองต่างๆ ไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำทั้งหมดได้ ทำให้มีน้ำบางส่วนล้นออกจากแม่น้ำหรือคลอง วิธีการแก้ปัญหาเบื้องต้น คือ การขยายความจุของแม่น้ำหรือคลองโดยการขุดลอกเพื่อให้สามารถรองรับปริมาณน้ำได้มากขึ้น นอกจากนี้การสร้างสระหรือแอ่งเก็บน้ำขนาดเล็กเพื่อเก็บน้ำที่ล้นออกในช่วงฤดูฝน และใช้เป็นแหล่งน้ำเพิ่มเติมในช่วงฤดูแล้งก็จะช่วยลดปัญหาปริมาณน้ำส่วนเกินลงได้ อีกทั้งยังสามารถเก็บน้ำส่วนเกินนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ในฤดูแล้งอีกด้วย จากผลการวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางการแก้ไขเบื้องต้นสามารถสรุปได้ด้วยตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ปัญหาและวิธีการแก้ไขเบื้องต้น

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ไขเบื้องต้น
การขาดน้ำภาคการเกษตร	• การขยายตัวของพื้นที่การเกษตรมากกว่าแผนที่วางเอาไว้ • ความจุของคลองส่งน้ำไม่เพียงพอต่อการรองรับปริมาณน้ำทั้งหมด	• ควบคุมการขยายตัวของพื้นที่การเกษตรหรือจำกัดพื้นที่เพาะปลูกให้น้อยลง • เพิ่มประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำ • ปรับเปลี่ยนชนิดของพืช
ปริมาณน้ำส่วนเกิน	• ความจุของคลองส่งน้ำไม่เพียงพอต่อการรองรับปริมาณน้ำทั้งหมด	• เพิ่มประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำ • สร้างสระหรือแอ่งน้ำขนาดเล็ก

การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยน้ำจากแบบจำลองและปริมาณการปล่อยน้ำจริงจากอ่างเก็บน้ำทับเสลาและป่าสักสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 18 ซึ่งจะพบว่ารูปแบบการปล่อยน้ำจากแบบจำลองจะเป็นไปตามฤดูกาลของประเทศไทยและปฏิทินการปลูกพืชโดยการปล่อยน้ำจะค่อยๆ ปล่อยน้ำเพิ่มมากขึ้นในช่วงฤดูแล้งและปล่อยน้ำมากสุดในเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนของประเทศไทย ซึ่งช่วงนี้มีฝนตกชุกทำให้มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเป็นจำนวนมาก ดังนั้นอ่างเก็บน้ำจึงจำเป็นต้องระบายน้ำออกเพื่อรักษาสมดุลของอ่างเก็บน้ำและป้องกันโครงสร้างไม่ให้พังทลายลง นอกจากนี้ในช่วงฤดูฝนยังเป็นฤดูการปลูกข้าวนาปรังซึ่งต้องการใช้น้ำในการเพาะกล้าและใช้ในการเจริญเติบโตระยะแรกของข้าวเป็นจำนวนมาก แบบจำลองจึงแสดงผลการปล่อยน้ำในช่วงฤดูฝนมากกว่าในช่วงฤดูอื่นๆ ส่วนการปล่อยน้ำจริงจากอ่างเก็บน้ำพบว่ามีรูปแบบการปล่อยที่ไม่ชัดเจน โดยเน้นการปล่อยน้ำปริมาณมากในช่วงฤดูแล้งเท่านั้นและไม่คำนึงถึงปฏิทินการปลูกพืช ทำให้มีความเสี่ยงต่อการขาดน้ำภาคเกษตรกรรมสูงกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าในช่วงฤดูฝนมีปริมาณการปล่อยน้ำน้อย ทำให้มีปริมาณน้ำที่เก็บกักในอ่างเก็บน้ำเป็นปริมาณมาก ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการพังทลายของโครงสร้างอ่างเก็บน้ำอีกด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยน้ำสะสมรายปี พบว่าปริมาณการปล่อยน้ำสะสมจากแบบจำลอง

มีปริมาณน้อยกว่าปริมาณการปล่อยน้ำจริง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการบริหารจัดการน้ำโดยใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถช่วยให้ใช้ประโยชน์จากน้ำได้สูงสุด อีกทั้งยังมีปริมาณน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำเพื่อใช้ในยามฉุกเฉินมากกว่าอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยน้ำจากแบบจำลองกับข้อมูลการปล่อยน้ำจริง

อ่างเก็บน้ำ	เดือน	การปล่อยน้ำจริง	การปล่อยน้ำจากแบบจำลอง
ทับเสลา	มกราคม	0.68	0.77
	กุมภาพันธ์	0.76	0
	มีนาคม	1.19	0.57
	เมษายน	1.26	1.05
	พฤษภาคม	0.54	0.19
	มิถุนายน	0.89	0.18
	กรกฎาคม	1.12	0.26
	สิงหาคม	1.68	0.77
	กันยายน	0.48	8.54
	ตุลาคม	0.85	27.13
	พฤศจิกายน	18.02	0.65
	ธันวาคม	17.92	0.65
ป่าสัก	มกราคม	117.24	13.06
	กุมภาพันธ์	117.98	9.16
	มีนาคม	121.55	10.51
	เมษายน	113.58	5.69
	พฤษภาคม	121.13	7.57
	มิถุนายน	66.35	8.17
	กรกฎาคม	39.89	19.2
	สิงหาคม	32.34	105.93
	กันยายน	18.54	160.46
	ตุลาคม	4.5	354.27
	พฤศจิกายน	42.4	6.07
	ธันวาคม	51.18	6.07

4.5 การทดสอบความไวของแบบจำลอง

1) การรณรงค์ประหยัดน้ำ เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำภาคครัวเรือน

ปัจจุบันจำนวนประชากรมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลให้มีการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆ เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการใช้น้ำระหว่างภาคครัวเรือนและภาคการเกษตรแล้ว พบว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคการเกษตรมีปริมาณมากกว่าปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคครัวเรือนค่อนข้างมาก ซึ่งจากการคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำจากภาคส่วนต่างๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 16 ที่เคยแสดงไว้ในก่อนหน้า

ทั้งนี้จากตารางที่ 16 ภาคเกษตรกรรมมีปริมาณความต้องการใช้น้ำสูงสุดโดยคิดเป็น 82 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือภาคอุตสาหกรรมคิดเป็น 12 เปอร์เซ็นต์ และภาคเกษตรกรรมคิดเป็น 6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ผลจากแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นยังแสดงให้เห็นว่า การขาดแคลนน้ำที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างเกิดจากภาคการเกษตรเพียงอย่างเดียวเท่านั้น การรณรงค์ประหยัดน้ำในภาคครัวเรือนอาจไม่ส่งผลช่วยลดการขาดแคลนน้ำสำหรับภาคครัวเรือนโดยตรงแต่อาจส่งผลให้มีปริมาณน้ำที่สามารถจัดสรรได้มากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้การขาดแคลนน้ำของภาคการเกษตรมีค่าลดลง การทดสอบความไวของแบบจำลองโดยการรณรงค์ประหยัดน้ำทำได้โดยการลดอัตราการใช้น้ำของประชากรทั้งในเขตเทศบาลและนอกเขตเทศบาลลง ซึ่งการลดลงของอัตราการใช้น้ำที่นำมาทดสอบความไวของแบบจำลองนี้ เป็นอัตราที่คาดว่าสามารถรณรงค์ให้เกิดขึ้นจริงได้ โดยการลดลงของอัตราการใช้น้ำที่นำมาทดสอบมี 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการทดสอบการรณรงค์ประหยัดน้ำในภาคครัวเรือนสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 19 ผลการรณรงค์ประหยัดน้ำในภาคครัวเรือน

เดือน	การขาดแคลนน้ำภาคการเกษตร (ล้านลูกบาศก์เมตร)				การขาดแคลนน้ำภาคครัวเรือน (ล้านลูกบาศก์เมตร)			
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง			ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง		
		5%	10%	20%		5%	10%	20%
มกราคม	180.08	180.08	180.08	180.08	0	0	0	0
กุมภาพันธ์	183.97	181.47	181.47	181.47	0	0	0	0
มีนาคม	193.95	192.73	192.73	192.73	0	0	0	0
เมษายน	246.09	246.09	246.09	246.09	0	0	0	0
พฤษภาคม	152.45	152.45	152.45	152.45	0	0	0	0
มิถุนายน	225.15	225.10	225.10	225.10	0	0	0	0
กรกฎาคม	198.86	198.53	198.53	198.53	0	0	0	0
สิงหาคม	138.26	138.26	138.26	137.54	0	0	0	0
กันยายน	112.05	110.09	110.09	110.09	0	0	0	0
ตุลาคม	175.07	175.07	175.07	175.07	0	0	0	0
พฤศจิกายน	175.76	174.89	174.89	174.89	0	0	0	0
ธันวาคม	136.14	136.01	136.01	136.01	0	0	0	0

จากตารางที่ 19 ซึ่งแสดงผลการรณรงค์ประหยัดน้ำในภาคครัวเรือน พบว่าเมื่อลดอัตราการใช้น้ำภาคครัวเรือนเป็นอัตราส่วนตั้งแต่ 5-20 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยให้การขาดแคลนน้ำภาคการเกษตรลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากสัดส่วนของปริมาณการใช้น้ำภาคครัวเรือนมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคการเกษตร ดังนั้นถึงแม้ว่าจะการรณรงค์ประหยัดน้ำจากภาคครัวเรือนจะประสบความสำเร็จก็สามารถช่วยลดปัญหาการขาดแคลนน้ำได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2) การจำกัดพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำภาคการเกษตร

การขาดแคลนน้ำภาคการเกษตร เกิดจากสาเหตุหลัก 2 สาเหตุด้วยกัน ได้แก่ การขยายตัวของพื้นที่เกษตรที่มากเกินไปและ ความจุของแม่น้ำหรือคลองส่งน้ำไม่เพียงพอต่อการรองรับปริมาณน้ำที่ต้องการ การลดการใช้น้ำภาคการเกษตรสามารถดำเนินการได้ทั้งหมด 2 แนวทาง ได้แก่

- การจำกัดพื้นที่เกษตรกรรม

ปัจจุบันการขยายตัวของพื้นที่การเกษตรมากเกินกว่าแผนที่วางเอาไว้ ทำให้เกิดความต้องการใช้น้ำภาคการเกษตรเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ปริมาณน้ำมีอยู่อย่างจำกัด การจำกัดพื้นที่เกษตรกรรมเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดการใช้น้ำภาคการเกษตรลงได้ การทดสอบความไวของการจำกัดพื้นที่เกษตรกรรมสามารถทำได้ด้วยการลดพื้นที่เพาะปลูกลงตามสัดส่วน ได้แก่ 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยขนาดของพื้นที่เพาะปลูกเดิมและพื้นที่เพาะปลูกที่ลดลงสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 20 และผลการจำกัดพื้นที่เกษตรกรรมสามารถแสดงได้ด้วยตารางที่ 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 20 ขนาดพื้นที่เพาะปลูกเดิมและขนาดพื้นที่เพาะปลูกที่ลดลง

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	พื้นที่ (ไร่)	สัดส่วนการลดของพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)		
			5%	10%	20%
A1	พลเทพ 1	80,500.00	76,475.00	72,450.00	64,400.00
A2	พลเทพ 2	15,800.00	15,010.00	14,220.00	12,640.00
A3	ท่าโบสถ์ 2	133,553.00	126,875.35	120,197.70	106,842.40
A4	ดอนเจดีย์	0.00	0.00	0.00	0.00
A5	ท่าโบสถ์ 1	62,527.00	59,400.65	56,274.30	50,021.60
A6	สามชุก	0.00	0.00	0.00	0.00
A7	บรมธาตุ	21,655.00	20,572.25	19,489.50	17,324.00
A8	ชัณสูตร	832.00	790.40	748.80	665.60
A9	ยางมณี	16,780.00	15,941.00	15,102.00	13,424.00
A10	ผักไห่	101,985.00	96,885.75	91,786.50	81,588.00
A11	บางบาล	38,596.00	36,666.20	34,736.40	30,876.80
A12	เจ้าเจ็ด-บางยี่หน	208,938.00	198,491.10	188,044.20	167,150.40
A13	พระยาบรรลือ	150,533.00	143,006.35	135,479.70	120,426.40
A14	พระพิมล	36,700.00	34,865.00	33,030.00	29,360.00
A15	ภาษีเจริญ	9,289.00	8,824.55	8,360.10	7,431.20
A16	มโนรมย์	87,845.00	83,452.75	79,060.50	70,276.00
A17	ช่องแค	18,500.00	17,575.00	16,650.00	14,800.00
A18	โคกกระเทียม	17,090.00	16,235.50	15,381.00	13,672.00
A19	เริงราง	0.00	0.00	0.00	0.00
A20	ป่าสักชลสิทธิ์	700.00	665.00	630.00	560.00
A21	คลองเพียว	0.00	0.00	0.00	0.00
A22	มหาราช	134,185.00	127,475.75	120,766.50	107,348.00
A23	นครหลวง	0.00	0.00	0.00	0.00
A24	ป่าสักใต้	14,024.00	13,322.80	12,621.60	11,219.20
A25	รังสิตเหนือ	88,930.00	84,483.50	80,037.00	71,144.00
A26	รังสิตใต้	66,174.00	62,865.30	59,556.60	52,939.20
A27	ชลหารพิจิตร	69,746.00	66,258.70	62,771.40	55,796.80
A28	พระองค์ไชยานุชิต	20,081.00	19,076.95	18,072.90	16,064.80

ตารางที่ 21 ผลการจำกัดพื้นที่การเกษตรทุกพื้นที่

เดือน	การขาดแคลนน้ำภาคการเกษตร (ล้านลูกบาศก์เมตร)			
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง		
		5%	10%	20%
มกราคม	180.08	164.34	151.44	127.40
กุมภาพันธ์	183.97	168.18	154.31	128.15
มีนาคม	193.95	177.90	161.92	134.47
เมษายน	246.09	227.51	208.71	172.80
พฤษภาคม	152.45	140.83	129.17	109.28
มิถุนายน	225.15	207.74	191.10	155.54
กรกฎาคม	198.86	182.40	166.80	137.77
สิงหาคม	138.26	125.96	125.49	104.70
กันยายน	112.05	102.54	94.76	79.86
ตุลาคม	175.07	159.85	147.40	123.87
พฤศจิกายน	175.76	162.75	147.64	122.75
ธันวาคม	136.14	126.42	117.15	98.94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อเปรียบเทียบผลระหว่างก่อนและหลังการลดขนาดของพื้นที่เพาะปลูก พบว่าเมื่อลดขนาดของพื้นที่เพาะปลูกจะส่งผลให้การขาดน้ำภาคการเกษตรลดลงตามไปด้วย เนื่องจากปริมาณน้ำที่จัดสรรได้มีเท่าเดิม แต่เมื่อลดพื้นที่เพาะปลูกจะทำให้ปริมาณความต้องการน้ำลดลง จึงส่งผลให้การขาดแคลนน้ำลดลงเช่นกัน

ผลจากแบบจำลองพบว่าพื้นที่ที่เกิดการขาดแคลนน้ำมีทั้งหมด 9 พื้นที่ด้วยกัน ได้แก่ โครงการชลประทานพลเทพ 2 ท่าโบสถ์ 2 เจ้าเจ็ด-บางยี่หน พระยาบรรลือ มหาราช รังสิตเหนือ รังสิตใต้ ชลหารพิจิตร และพระองค์ไชยานุชิต ซึ่งพื้นที่ที่มีความต้องการใช้น้ำมากสุด ได้แก่ โครงการชลประทานเจ้าเจ็ด-บางยี่หน รองลงมาคือ โครงการชลประทานพระยาบรรลือและมหาราช ตามลำดับ พื้นที่ทั้งสามนี้ตั้งอยู่บริเวณกลางน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการขยายตัว

ของการทำนาข้าวเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสภาพของดินเป็นที่ราบลุ่มอีกทั้งยังติดแม่น้ำสายหลักรวมถึงคลองส่งน้ำ ทำให้เกษตรกรในพื้นที่ขยายพื้นที่การเพาะปลูกในพื้นที่นี้มากกว่าในพื้นที่ส่วนอื่น ดังนั้นพื้นที่ทั้งสามพื้นที่นี้จึงสมควรมีการควบคุมการเพาะปลูกที่เข้มงวดเพื่อป้องกันปัญหาการขาดแคลนน้ำภาคการเกษตรที่อาจเพิ่มสูงขึ้นได้ในอนาคต

ผลจากการวิเคราะห์ความไวด้วยการจำกัดพื้นที่การเกษตรของ 3 พื้นที่ที่มีความต้องการใช้น้ำมากที่สุด ได้แก่ โครงการชลประทานโครงการชลประทานเจ้าเจ็ด-บางยี่หน พระยาบรรลือและมหาราช โดยการลดขนาดของพื้นที่เพาะปลูกลงพื้นที่ละ 20 เปอร์เซ็นต์ ผลการลดขนาดของพื้นที่เพาะปลูกของทั้ง 3 พื้นที่สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ผลการจำกัดพื้นที่การเกษตรเฉพาะ 3 พื้นที่ที่มีความต้องการใช้น้ำมากที่สุด

เดือน	การขาดแคลนน้ำภาคการเกษตร (ล้านลูกบาศก์เมตร)		สัดส่วนการลดลงของปริมาณการขาดแคลนน้ำ (เปอร์เซ็นต์)
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
มกราคม	180.08	152.75	17.89
กุมภาพันธ์	183.97	157.74	16.63
มีนาคม	193.95	166.48	16.50
เมษายน	246.09	212.57	15.77
พฤษภาคม	152.45	128.61	18.53
มิถุนายน	225.15	193.95	16.09
กรกฎาคม	198.86	170.33	16.75
สิงหาคม	138.26	115.50	19.70
กันยายน	112.05	93.13	20.32
ตุลาคม	175.07	150.18	16.58
พฤศจิกายน	175.76	150.01	17.17
ธันวาคม	136.14	113.01	20.46

จากตารางที่ 22 พบว่า การจำกัดพื้นที่การเกษตรของ 3 พื้นที่ที่มีความต้องการใช้น้ำสูงสุด ทำให้ปริมาณการขาดแคลนน้ำโดยรวมลดลงได้เช่นกัน ซึ่งหากเปรียบเทียบกับการจำกัดพื้นที่การเกษตรของทุกพื้นที่แล้วจะพบว่า การจำกัดพื้นที่การเกษตรของ 3 พื้นที่สามารถดำเนินการได้ประสบความสำเร็จมากกว่า เนื่องจากสามารถกำหนดมาตรการควบคุมการจำกัดพื้นที่และสามารถควบคุมการดำเนินการปฏิบัติได้อย่างใกล้ชิด

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการลดขนาดของพื้นที่เพาะปลูกจะช่วยลดการขาดแคลนน้ำภาคการเกษตรลงได้ แต่ในความเป็นจริงแนวทางนี้ถือว่าเป็นแนวทางที่สามารถปฏิบัติจริงได้ยาก เนื่องจากขาดการควบคุมการเพาะปลูกที่เข้มงวด อีกทั้งการเพาะปลูกยังเป็นรายได้หลักของเกษตรกร ดังนั้นหากลดพื้นที่เพาะปลูกมากจนเกินไปก็จะทำให้เกษตรกรขาดรายได้ในการดำรงชีวิต การขอความร่วมมือและการทำข้อตกลงร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนรับผิดชอบกับเกษตรกรจึงเป็นสิ่งจำเป็นและต้องได้รับการยอมรับจากทั้งสองฝ่ายเพื่อให้แนวทางนี้สามารถปฏิบัติได้จริงและเป็นไปด้วยความราบรื่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- การปรับเปลี่ยนชนิดของพืช

พืชที่สามารถปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างได้มีหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ ข้าวโพด อ้อย ถั่วต่างๆ ลำไย ปาล์มน้ำมัน และกาแฟ แต่ในปัจจุบันพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมักจะปลูกข้าวนาปีและข้าวนาปรัง ซึ่งพืชประเภทข้าวโดยเฉพาะข้าวนาปรังจะมีปริมาณความต้องการใช้น้ำมากกว่าพืชชนิดอื่นหลายชนิด โดยปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดที่สามารถปลูกในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างสามารถแสดงได้ด้วยตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด
ที่สามารถปลูกได้ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

ชนิดของพืช	ปริมาณความต้องการใช้น้ำรายเดือนของพืชแต่ละชนิด (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
ข้าวนาปี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.24	90.25	125.16	0.00	58.11	310.26	65.03	651.05
ข้าวนาปรัง	476.22	413.60	462.08	435.77	110.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,898.36
ข้าวโพด	328.47	10.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	343.14	523.27	1,205.53
อ้อย	257.17	47.51	0.00	342.10	96.60	165.65	143.22	106.66	0.00	108.79	311.79	306.92	1,886.41
ถั่วเขียว	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	338.07	187.02	525.09
ถั่วลิสง	272.93	31.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	271.83	360.20	936.65
ถั่วเหลือง	256.42	5.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	294.00	415.58	971.28
ลำไย	319.95	311.87	380.25	281.77	71.80	59.85	41.38	0.00	0.00	11.91	257.81	315.78	2,052.37
ปาล์มน้ำมัน	373.41	364.02	450.95	345.65	127.62	110.45	94.11	35.45	0.00	18.99	312.41	370.39	2,603.45
กาแฟ	377.82	374.20	461.80	362.60	136.22	126.19	104.28	33.16	0.00	31.74	315.11	371.87	2,694.99

ถึงแม้ว่าข้าวจะเป็นพืชส่งออกสำคัญของประเทศไทย อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบมูลค่ากับพืชชนิดอื่น พบว่าข้าวมีมูลค่าน้อยกว่าในปริมาณที่เท่าๆ กัน ดังนั้นการปรับเปลี่ยนชนิดของพืชนอกจากอาจจะช่วยลดปริมาณการขาดแคลนน้ำแล้วยังช่วยเพิ่มมูลค่าการส่งออกของผลผลิตทางการเกษตรได้อีกด้วย การทดสอบความไวโดยการปรับเปลี่ยนชนิดของพืชสามารถทดสอบเบื้องต้นได้โดยลดสัดส่วนการปลูกข้าวและปลูกพืชชนิดอื่นโดยผสมผสานระหว่างข้าวโพด อ้อย ถั่วเขียว ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ลำไย ปาล์มน้ำมัน และกาแฟ ร่วมด้วยในอัตราส่วนเท่ากันคือ ข้าว 50 เปอร์เซ็นต์และพืชชนิดอื่นด้วยสัดส่วนอย่างละเท่าๆ กันอีก 50 เปอร์เซ็นต์ ผลการปรับเปลี่ยนชนิดของพืชสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลการปรับเปลี่ยนชนิดของพืช

เดือน	การขาดแคลนน้ำภาคการเกษตร (ล้านลูกบาศก์เมตร)	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
มกราคม	180.08	309.82
กุมภาพันธ์	183.97	178.86
มีนาคม	193.95	200.61
เมษายน	246.09	162.82
พฤษภาคม	152.45	90.37
มิถุนายน	225.15	118.76
กรกฎาคม	198.86	102.96
สิงหาคม	138.26	61.83
กันยายน	112.05	35.31
ตุลาคม	175.07	74.69
พฤศจิกายน	175.76	341.79
ธันวาคม	136.14	374.72
รวม	2,117.82	1,742.71

จากตารางที่ 24 ซึ่งแสดงผลปริมาณการขาดแคลนน้ำทั้งก่อนและหลังปรับเปลี่ยนชนิดของพืช พบว่าการปรับเปลี่ยนชนิดของพืชมีส่วนช่วยลดอัตราการขาดแคลนน้ำภาคการเกษตรได้ในบางช่วง เนื่องจากเมื่อปรับเปลี่ยนชนิดของพืชก็จะทำให้ช่วงการเพาะปลูกเปลี่ยนแปลงไป โดยการปลูกพืชชนิดอื่นร่วมกับข้าวสามารถลดปริมาณการขาดแคลนน้ำโดยเฉพาะในช่วงเดือนเมษายนซึ่งเป็นช่วงเริ่มฤดูกาลปลูกข้าวนาปีซึ่งต้องการใช้น้ำในการเตรียมแปลงและเพาะกล้าเป็นปริมาณมาก และช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคมซึ่งมักได้รับผลกระทบจากฝนทิ้งช่วง

นอกจากนี้หากพิจารณาถึงมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตร แสดงได้ดังตารางที่ 25 จะพบว่าการปลูกข้าวและพืชชนิดอื่นร่วมด้วยมีแนวโน้มจะสร้างมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรได้มากกว่าการปลูกข้าวเพียงชนิดเดียว เนื่องจากข้าวเป็นพืชที่มีมูลค่าน้อยกว่าพืชชนิดอื่นในปริมาณที่เท่าๆ กัน

ตารางที่ 25 ราคาผลผลิตทางการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560)

ชนิดของพืช	ราคาขายต่อกิโลกรัม (บาท)
ข้าวนาปี	9-10
ข้าวนาปรัง	9-10
ข้าวโพด	8-10
อ้อย	1-2
ถั่วเขียว	20-30
ถั่วลิสง	30-35
ถั่วเหลือง	15-16
ลำไย	10-40
ปาล์มน้ำมัน	20-30
กาแฟ	400-600

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 25 จะพบว่า กาแฟมีราคาผลผลิตต่อกิโลกรัมสูงที่สุด รองลงมาคือ ถั่วลิสง ถั่วเขียว และปาล์มน้ำมันตามลำดับ ดังนั้นในการปรับเปลี่ยนการปลูกพืชเบื้องต้นเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรจึงควรนำกาแฟ ถั่วลิสง ถั่วเขียว และปาล์มน้ำมันมาทดลองปลูกก่อนพืชชนิดอื่น ผลการจำลองการปลูกพืชโดยมีอัตราส่วนการปลูกข้าว 50 เปอร์เซ็นต์ และกาแฟ ถั่วลิสง ถั่วเขียวและปาล์มน้ำมันรวมกัน 50 เปอร์เซ็นต์ แสดงผลได้ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ผลจากการปลูกกาแฟ ถั่วลิสง ถั่วเขียว
และปาล์มน้ำมันร่วมกับการปลูกข้าว

เดือน	การขาดแคลนน้ำภาคการเกษตร (ล้านลูกบาศก์เมตร)	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
มกราคม	180.08	300.20
กุมภาพันธ์	183.97	214.31
มีนาคม	193.95	276.62
เมษายน	246.09	242.68
พฤษภาคม	152.45	98.94
มิถุนายน	225.15	119.31
กรกฎาคม	198.86	104.11
สิงหาคม	138.26	59.64
กันยายน	112.05	35.31
ตุลาคม	175.07	68.52
พฤศจิกายน	175.76	345.87
ธันวาคม	136.14	348.85
รวม	2,117.82	1,914.15

จากตารางที่ 26 ซึ่งแสดงผลการจำลองปลูกพืชโดยมีอัตราส่วนการปลูกข้าว 50 เปอร์เซ็นต์ และกาแฟ ถั่วลิสง ถั่วเขียว และปาล์มน้ำมันรวมกัน 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีปริมาณการขาดแคลนน้ำน้อยกว่าการปลูกข้าวเพียงชนิดเดียว อีกทั้งยังมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของมูลค่าผลผลิตการเกษตรมากกว่าการปลูกข้าวเพียงชนิดเดียวอีกด้วย ดังนั้นในการปรับเปลี่ยนการปลูกพืชเบื้องต้นเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรจึงควรนำกาแฟ ถั่วลิสง ถั่วเขียว และปาล์มน้ำมันมาทดลองปลูกก่อนพืชชนิดอื่น

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการปลูกข้าวและพืชชนิดอื่นร่วมด้วยจะช่วยให้ปริมาณการขาดแคลนน้ำภาคการเกษตรลดลงและช่วยเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตร แต่เกษตรกรส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยกับการปลูกข้าวมาอย่างยาวนาน ดังนั้นการปรับเปลี่ยนจากการปลูกข้าวเป็นการปลูกพืชชนิดอื่นร่วมด้วยอาจต้องใช้เวลาค่อยเป็นค่อยไปและต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกๆ ภาคส่วนในการให้ความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้อง ทั้งนี้ในการลงทุนปรับเปลี่ยนชนิดของการปลูกพืชจำเป็นต้องมีการพิจารณาต้นทุนต่อไร่ร่วมด้วย เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) การสร้างโครงสร้างทางน้ำ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการ

ปัจจุบันความจุของแม่น้ำสายหลัก แม่น้ำสายรองและคลองส่งน้ำมีอย่างจำกัดและไม่เพียงพอต่อการเก็บกักน้ำในฤดูฝนได้ทั้งหมด ทำให้เกิดปัญหาน้ำล้นออกจากแม่น้ำและคลองส่งน้ำโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ อีกทั้งยังไม่สามารถส่งน้ำตามปริมาณที่ต้องการไปยังพื้นที่ต่างๆ ได้ ดังนั้นการสร้างโครงสร้างทางน้ำเพิ่มเติม เช่น คลองผันน้ำ หรือการขุดลอกคลองก็จะสามารถช่วยพัฒนาประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำได้

การสร้างโครงสร้างทางน้ำเพิ่มเติม สามารถทำได้โดยการผันน้ำจากตำแหน่งที่เกิดน้ำล้นจากแม่น้ำหรือคลองไปยังพื้นที่ที่เกิดการขาดแคลนน้ำ คลองผันน้ำที่สร้างขึ้นใหม่จะช่วยนำน้ำที่ล้นออกจากแม่น้ำหรือคลองไปยังพื้นที่ที่ต้องการน้ำทำให้ช่วยลดความเสี่ยงน้ำ

ท่วมและการขาดแคลนน้ำลงได้ อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ตำแหน่งที่เกิดน้ำล้นและพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำจากผลของแบบจำลอง พบว่าการก่อสร้างคลองผันน้ำเพิ่มเติมเพื่อผันน้ำจากตำแหน่งที่เกิดน้ำล้นไปยังพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำกระทำได้ยาก เนื่องจากข้อจำกัดด้านพื้นที่และความซับซ้อนของโครงข่ายระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง แนวทางนี้จึงอาจเป็นแนวทางการแก้ไขที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นแนวทางเลือกอื่นที่อาจมีความเป็นไปได้มากกว่า คือ การเพิ่มประสิทธิภาพของแม่น้ำและคลองส่งน้ำโดยการขุดลอกแม่น้ำหรือคลองให้มีความจุเพิ่มขึ้นโดยหลังจากขุดลอกแล้วจะช่วยให้แม่น้ำหรือคลองมีความจุเพิ่มขึ้นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยการเลือกตำแหน่งที่ดำเนินการขุดลอกแม่น้ำหรือคลองจะเลือกจากตำแหน่งที่เกิดน้ำล้นทั้งจากแม่น้ำสายหลัก แม่น้ำสายรองและคลองส่งน้ำ ผลจากการขุดลอกแม่น้ำหรือคลองสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ผลจากการขุดลอกแม่น้ำหรือคลอง

เดือน	ปริมาณน้ำส่วนเกิน (ล้านลูกบาศก์เมตร)			
	แม่น้ำสายหลัก (OVFQ)		แม่น้ำสายรองและคลองผันน้ำ (OVFQT)	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
มกราคม	96.67	16.74	196.62	185.39
กุมภาพันธ์	102.56	16.60	194.30	184.28
มีนาคม	101.64	16.71	195.25	184.40
เมษายน	82.34	16.74	195.29	185.42
พฤษภาคม	87.77	16.81	198.13	187.36
มิถุนายน	34.36	6.62	194.76	185.94
กรกฎาคม	24.35	6.70	194.80	184.58
สิงหาคม	33.54	5.62	199.75	187.46
กันยายน	37.32	6.91	194.09	184.10
ตุลาคม	112.61	17.44	196.34	184.62
พฤศจิกายน	29.30	6.73	196.33	184.64
ธันวาคม	27.15	6.85	197.30	187.24

ตารางที่ 27 แสดงผลปริมาณน้ำส่วนเกินจากแบบจำลองทั้งก่อนและหลังขุดลอกคลอง โดยจะพบว่าเมื่อดำเนินการขุดลอกแม่น้ำสายหลักแล้วสามารถช่วยลดปริมาณน้ำล้นให้ลดลงโดยเฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ส่วนการขุดลอกแม่น้ำสายรองรวมถึงคลองส่งน้ำ จะสามารถช่วยลดปริมาณน้ำล้นให้ลดลงโดยเฉลี่ย 5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ดังนั้น การขุดลอกแม่น้ำและคลองเพื่อขยายความจุจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยเพิ่มการเก็บกักน้ำได้มากขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้ส่งน้ำไปยังแต่ละพื้นที่ได้ใกล้เคียงความต้องการจริงมากขึ้นด้วย ทั้งนี้จากผลการขุดลอกแม่น้ำและคลอง พบว่าการขุดลอกในแม่น้ำสายหลักสามารถช่วยลดปริมาณน้ำล้นได้มากกว่าการขุดลอกในแม่น้ำสายรองเนื่องจากแม่น้ำสายรองมีความจุเดิมน้อย ดังนั้นการขุดลอกจึงช่วยเพิ่มความจุของแม่น้ำสายรองได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

นอกจากการขุดลอกแม่น้ำและคลองเฉพาะบริเวณน้ำล้นจะช่วยลดปริมาณน้ำส่วนเกินที่ล้นออกจากแม่น้ำและคลองได้แล้ว จากบันทึกเหตุการณ์ย้อนหลังเมื่อปี พ.ศ. 2556 พบว่าพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างประสบปัญหาน้ำท่วมบริเวณจังหวัดอยุธยา สิงห์บุรี และอ่างทอง โดยหากวิเคราะห์จากแผนผังลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างแล้วจะพบว่าความจุของแม่น้ำเจ้าพระยา ณ จุดนั้นมีลักษณะเป็นคอขวดซึ่งทำให้ ณ จุดนั้นมีความจุแม่น้ำน้อยกว่าตำแหน่งอื่น ดังนั้นเพื่อป้องกันและช่วยลดปัญหาน้ำท่วมในอนาคต จึงควรขยายความจุแม่น้ำเจ้าพระยา ณ ตำแหน่งที่มีลักษณะเป็นคอขวดนี้เพื่อให้แม่น้ำสามารถเก็บกักน้ำได้มากขึ้นและสามารถระบายน้ำได้เร็วขึ้น ซึ่งจะช่วยบรรเทาความเสียหายที่เกิดขึ้นได้

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัย (Conclusion)

ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างเป็นลุ่มน้ำหลักที่มีความสำคัญของประเทศไทย โดยนอกจากจะเป็นที่ตั้งของเมืองหลวงแล้ว ยังเป็นแหล่งรวมอุตสาหกรรมและพื้นที่เกษตรกรรมหลักของประเทศไทย โดยกิจกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างล้วนแล้วแต่ต้องใช้น้ำเป็นส่วนสำคัญทั้งสิ้น ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การเติบโตด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับประเทศไทยกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำและน้ำท่วมอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้สามารถจัดสรรน้ำให้แก่ทุกภาคส่วนได้อย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด

ปัจจุบันกรมชลประทานเป็นผู้รับผิดชอบหลักในการบริหารจัดการน้ำของประเทศไทย โดยแนวทางและเครื่องมือที่ใช้เพื่อจัดสรรน้ำให้แต่ละภาคส่วนนั้นอาศัยประสบการณ์และความชำนาญประกอบการตัดสินใจ ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยในการตัดสินใจเพื่อให้การตัดสินใจแต่ละครั้งมีประสิทธิภาพมากขึ้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยพัฒนาประสิทธิภาพของการบริหารจัดการน้ำได้

เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมประเภทกำหนดการเชิงเส้นเป็นวิธีที่ถูกเลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์อื่นๆ อีกทั้งยังสามารถเรียนรู้ได้ง่าย แม้แต่ผู้ที่ไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อนก็สามารถใช้แบบจำลองนี้ได้ แบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดการขาดแคลนน้ำและปริมาณน้ำส่วนเกินให้ได้มากที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ได้แก่ ข้อจำกัดของอ่างเก็บน้ำ ข้อจำกัดของอัตราการไหลและข้อจำกัดของสมดุลน้ำ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังมีการนำเวลาการเดินทางของน้ำเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลอง ด้วยสมมติฐานว่า น้ำใช้เวลาในการเดินทางไปยังจุดต่างๆ ด้วยเวลาที่แตกต่างกัน ดังนั้นหากมีการนำเวลาการเดินทางของน้ำมาเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองแล้วจะช่วยให้การหาคำตอบมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้น ผลจากการทดสอบสมมติฐานพบว่าเวลาการเดินทางของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องของคำตอบที่ได้จากแบบจำลอง โดยแบบจำลองที่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำมีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 0-10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แบบจำลองที่ไม่พิจารณาเวลาการเดินทางของน้ำมีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ตั้งแต่ 10 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ดังนั้น

เวลาการเดินทางของน้ำจึงถูกนำมาเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองหลักเพื่อวิเคราะห์สถานการณ์น้ำและวางแผนการบริหารจัดการน้ำในการศึกษานี้

ผลจากแบบจำลองพบว่าปัญหาหลักที่เกิดขึ้นบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างประกอบด้วย 2 ปัญหาหลักด้วยกัน ได้แก่ การขาดน้ำภาคการเกษตรและปริมาณน้ำส่วนเกินที่ล้นออกจากแม่น้ำสายหลัก แม่น้ำสายรองและคลองส่งน้ำ โดยสาเหตุหลักเกิดจากการขยายตัวของพื้นที่การเกษตรและความจุของคลองส่งน้ำที่มีอย่างจำกัดและไม่เพียงพอต่อการรองรับปริมาณน้ำทั้งหมด การศึกษานี้จึงประเมินแนวทางการแก้ไขเบื้องต้นโดยการทดสอบความไวของแบบจำลองทั้งหมด 3 แนวทางด้วยกัน ได้แก่ 1) การรณรงค์ประหยัดน้ำในภาคครัวเรือนซึ่งอาจมีผลช่วยเพิ่มปริมาณน้ำที่นำมาจัดสรรให้ภาคการเกษตรได้ ผลจากการรณรงค์ประหยัดน้ำภาคครัวเรือน พบว่าสามารถช่วยลดปริมาณการขาดน้ำภาคการเกษตรได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากการใช้น้ำภาคครัวเรือนมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคการเกษตร 2) การจำกัดพื้นที่เกษตรกรรมและการปรับเปลี่ยนสัดส่วนพื้นที่การปลูกพืชเศรษฐกิจที่ใช้น้ำน้อย ทั้งนี้การปรับเปลี่ยนชนิดการปลูกพืชจำเป็นต้องพิจารณาต้นทุนต่อไร่ร่วมด้วยเพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด และ 3) การขุดลอกแม่น้ำและคลองเพื่อเพิ่มความจุในการกักเก็บน้ำ โดยการขุดลอกแม่น้ำและคลองสามารถเพิ่มความจุของแม่น้ำและคลองได้ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการขุดลอกแม่น้ำสายหลัก พบว่าสามารถช่วยลดปริมาณน้ำล้นจากแม่น้ำสายหลักได้โดยเฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ส่วนการขุดลอกแม่น้ำสายรอง พบว่าสามารถช่วยลดปริมาณน้ำล้นได้โดยเฉลี่ย 5 เปอร์เซ็นต์ต่อปีเท่านั้น เนื่องจากแม่น้ำสายรองมีความจุเดิมน้อย การขุดลอกแม่น้ำจึงสามารถช่วยลดปริมาณน้ำล้นได้เพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามผลจากการทดสอบความไวข้างต้นสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อช่วยลดการขาดแคลนน้ำภาคการเกษตรและลดปริมาณน้ำส่วนเกินจากแม่น้ำสายหลัก แม่น้ำสายรองและคลองส่งน้ำได้จริง โดยการเลือกใช้แนวทางการแก้ไขจำเป็นต้องพิจารณาตามความเหมาะสมตามสถานการณ์จริงเพื่อให้การบริหารจัดการน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุด

แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในการศึกษานี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างได้โดยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารอ่างเก็บน้ำ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในลุ่มน้ำอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำของประเทศได้อีกด้วย

รายการอ้างอิง

Abduaziz, O., Cheng, J. K., Tahar, R. M., & Varma, R. (2015). A Hybrid Simulation Model for Green Logistics Assessment in Automotive Industry. *Procedia Engineering, 100*, 960-969. doi: 10.1016/j.proeng.2015.01.455

Avramidis, A. N., Chan, W., Gendreau, M., L'Ecuyer, P., & Pisacane, O. (2010). Optimizing daily agent scheduling in a multiskill call center. *European Journal of Operational Research, 200*(3), 822-832. doi: 10.1016/j.ejor.2009.01.042

Bennett Golub, Martin Holmer, Raymond McKendall, Lawrence Pohlman, & Zenios, S. A. (1995). Theory and Methodology A stochastic programming model for money management. *European Journal of Operational Research, 85*, 282-296.

Bi, W., Dandy, G. C., & Maier, H. R. (2015). Improved genetic algorithm optimization of water distribution system design by incorporating domain knowledge. *Environmental Modelling & Software, 69*, 370-381. doi: 10.1016/j.envsoft.2014.09.010

Chavarit, C. (2005). A dynamic programming for searching rule curves. *Journal of American Society of Civil Engineer*.

Chen, Q., Chen, D., Han, R., Li, R., Ma, J., & Blanckaert, K. (2012). Optimizing the operation of the Qingshitan Reservoir in the Lijiang River for multiple human interests and quasi-natural flow maintenance. *Journal of Environmental Sciences, 24*(11), 1923-1928. doi: 10.1016/s1001-0742(11)61029-2

Correll, D., Suzuki, Y., & Martens, B. J. (2014). Logistical supply chain design for bioeconomy applications. *Biomass and Bioenergy, 66*, 60-69. doi: 10.1016/j.biombioe.2014.03.036

Dullinger, C., Struckl, W., & Kozek, M. (2017). Simulation-based multi-objective system optimization of train traction systems. *Simulation Modelling Practice and Theory, 72*, 104-117. doi: 10.1016/j.simpat.2016.12.008

Frederick S. Hillier, & Lieberman, G. J. (1967). *Introduction to Operations Research*. New York: McGraw-Hill.

Gong, L., & Fan, W. (2016). Optimizing scheduling of long-term highway work zone projects. *International Journal of Transportation Science and Technology, 5*(1), 17-27. doi: 10.1016/j.ijtst.2016.06.003

He, Y., Xu, Q., Yang, S., & Liao, L. (2014). Reservoir flood control operation based on chaotic particle swarm optimization algorithm. *Applied Mathematical Modelling, 38*(17-18), 4480-4492. doi: 10.1016/j.apm.2014.02.030

Janejira Tospornsampan, & Kita, I. (2005). Deriving a general operating policy of a multiple reservoir system using a combination model of optimization and artificial intelligence techniques – a case study in the Mae Klong system, Thailand. *International Conference on Rainwater Catchment Systems, 12*, 1-7.

Jason T. Needham, David W. Watkins Jr., & Lund, J. R. (2000). Linear Programming for Flood Control in the IOWA and DES MOINES Rivers. *Journal of Water Resources Planning and Management, 126*(3), 118-127.

Liu, Q., Zhang, Y., & Zhou, Y. (2017). Integrated optimization of cutting parameters and scheduling for reducing carbon emissions. *Journal of Cleaner Production*. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.01.054

Luo, Q., Wu, J., Yang, Y., Qian, J., & Wu, J. (2016). Multi-objective optimization of long-term groundwater monitoring network design using a probabilistic Pareto genetic algorithm under uncertainty. *Journal of Hydrology, 534*, 352-363. doi: 10.1016/j.jhydrol.2016.01.009

Martins, S., Amorim, P., Figueira, G., & Almada-Lobo, B. (2017). An Optimization-Simulation Approach to the Network Redesign Problem of Pharmaceutical Wholesalers. *Computers & Industrial Engineering*. doi: 10.1016/j.cie.2017.01.026

Mattia, S., Rossi, F., Servilio, M., & Smriglio, S. (2016). Staffing and scheduling flexible call centers by two-stage robust optimization. *Omega*. doi: 10.1016/j.omega.2016.11.001

Pflug, G. C. (2001). Scenario tree generation for multiperiod financial optimization by optimal discretization. *Mathematics Subject Classification, 89*(2), 251-271. doi: 10.1007/s101070000202

Pinthong, P. (2014). Modeling of Multiple Reservoir Operation System for Water Supply using Genetic Algorithm. *International Conference on Technical Education, 2*, 69-75.

Satoh, M., Kawabata, A., Vudhivanich, V., Kwanyuen, B., & Cherdchanpipat, N. (2003). Development of Operation Rule for Multipurpose Reservoirs to Secure Water Supply in the Mae Klong River Basin, Thailand. *Transactions of The Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering, 2003*(228), 741-748. doi: 10.11408/jsidre1965.2003.741

Shaikh, F., & Ji, Q. (2016). Forecasting natural gas demand in China: Logistic modelling analysis. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 77*, 25-32. doi: 10.1016/j.ijepes.2015.11.013

Sharif, M., & Swamy, V. S. V. (2014). Development of LINGO-based optimisation model for multi-reservoir systems operation. *International Journal of Hydrology Science and Technology, 4*(2), 126. doi: 10.1504/ijhst.2014.066440

Silva, C. A., Sousa, J. M., Runkler, T., & Costa, J. M. G. S. d. (2005). A Logistic Process Scheduling Problem: Genetic Algorithms or Ant Colony Optimization? *IFAC Proceedings Volumes, 38*(1), 206-211. doi: 10.3182/20050703-6-cz-1902.01518

Supattra Visessri, Koontanakulvong, S., & Su, M.-D. (2016). Modelling Joint River Basins Managements for Mitigating the Drought and Flood - A Case Study in Upper Chao Phraya River Basin Thailand. *2nd World Irrigation Forum (WIF2) Proceeding W.2.2.08*.

Yang, L., Zhao, X., Peng, S., & Li, X. (2016). Water quality assessment analysis by using combination of Bayesian and genetic algorithm approach in an urban lake, China. *Ecological Modelling, 339*, 77-88. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2016.08.016

Yang, Z., Ma, Z., & Wu, S. (2016). Optimized flowshop scheduling of multiple production lines for precast production. *Automation in Construction, 72*, 321-329. doi: 10.1016/j.autcon.2016.08.021

Zettel, V., & Hitzmann, B. (2017). Optimization of the production parameters for bread rolls with the Nelder–Mead simplex method. *Food and Bioproducts Processing, 103*, 10-17. doi: 10.1016/j.fbp.2017.02.003

กรมชลประทาน, ส. คู่มือการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและค่าสัมประสิทธิ์พืช. Retrieved 1 กุมภาพันธ์ 2560, from water.rid.go.th/hwm/cropwater/iwmd/pdf/rev_cwr_manual.pdf

ธรรมาภรณ์พิลาศ, ว. (2555). หลักการหาความเหมาะสมที่ดีที่สุด. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. (2558, 1 มกราคม 2560). บันทึกเหตุการณ์ภัยแล้งปี 2557/2558. Retrieved 1 มกราคม 2560, from http://www.thaiwater.net/current/drought58/drought58.html

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอินทิรา เตชะมานิ เกิดเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2535 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา พ.ศ. 2556 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2558

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University