ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อหาการจัดสรรน้ำที่เหมาะสุดแบบเอนกประสงค์

นางสาวโรจนี ขุมมงคล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MULTIOBJECTIVE WATER RESOURCE ALLOCATION OPTIMIZATION

Miss Rojanee Khummongkol

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Computer Engineering

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อหาการจัดสรรน้ำที่เหมาะสุดแบบเอนกประสงค์
โดย	นางสาวโรจนี ขุมมงคล
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาริชา สุธีวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โปรดปราน บุณยพุกกณะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาริชา สุธีวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิษณุ คนองชัยยศ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ วีสกุล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาวโรจนี ขุมมงคล : ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อหาการจัดสรรน้ำที่เหมาะสุดแบบเอนกประสงค์. (A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MULTIOBJECTIVE WATER RESOURCE ALLOCATION OPTIMIZATION) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ดาริชา สุธีวงศ์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์, 132 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อช่วยผู้เชี่ยวชาญในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตและการดำเนินกิจการทุกๆ ด้าน เพื่อให้การจัดสรรน้ำเป็นไปอย่างยุติธรรมในพื้นที่ชลประทานแต่ละประเภทโดยมุ่งเน้นการจัดสรรน้ำแก่กลุ่มผู้ใช้ประเภทเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และอุปโภค-บริโภค ซึ่งมีผู้ใช้รายย่อยของพื้นที่แต่ละประเภทได้อีกด้วย เจ้าหน้าที่สามารถเลือกได้ว่าต้องการจัดสรรน้ำโดยเน้นวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดผลตอบแทนสูงสุดหรือเพื่อให้เกิดความขาดแคลนอย่างเท่าเทียมกัน นอกจากปริมาณน้ำในเขื่อนแล้วปริมาณน้ำฝนก็เป็นแหล่งทรัพยากรน้ำที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึง ดังนั้นเพื่อให้การจัดสรรน้ำเป็นไปอย่างสมบูรณ์แบบมากขึ้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการพยากรณ์ปริมาณฝนที่คาดว่าจะตกในอนาคตโดยเลือกใช้ตัวแบบการถดถอยในตัวเองรวมการเฉลี่ยเคลื่อนที่เมื่อเป็นอนุกรมเวลาแบบไม่คงที่เข้ามาเป็นตัวแบบเพื่อสร้างสมการพยากรณ์ โดยการพยากรณ์นี้ได้ถูกผนวกไว้กับระบบการจัดสรรน้ำเพื่อใช้หาปริมาณความต้องการน้ำที่แท้จริงตลอดจนปริมาณน้ำที่สามารถจัดสรรได้จากเขื่อน งานวิจัยนี้ยังครอบคลุมการจัดทำเว็บไซต์เพื่อใช้เป็นสื่อกลางในรายงานผลการจัดสรรน้ำและการส่งข้อมูลแก่เจ้าหน้าที่จัดเก็บข้อมูลที่อยู่ห่างไกล ตลอดจนใช้เป็นแหล่งประกาศข่าวสถานการณ์น้ำให้แก่ประชาชนทั่วไปอีกด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา..... วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา ..... 2550.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4870443721 : MAJOR COMPUTER ENGINEERING

KEY WORD: DECISION SUPPORT SYSTEM / WEIGHTED SUM METHOD / MULTIOBJECTIVE OPTIMIZATION

ROJANEE KHUMMONGKOL : A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MULTIOBJECTIVE WATER RESOURCE ALLOCATION OPTIMIZATION. THESIS ADVISOR : ASSIT. PROF. DARICHA SUTIVONG, Ph.D., THESIS COADVISOR : ASSOC. PROF. SUCHARIT KOONTANAKULVONG, Ph.D., 132 pp.

This thesis aims to develop a decision support system to assist the irrigation officers in managing water resources, which are essential in everyday life and in all industries. Water must be fairly allocated to three main sectors: agricultural, domestic and industrial areas, with possible suballocation areas. The system is designed so that user can choose to emphasize different objectives, such as maximizing the net benefit or maintaining equality in water shortage. Because rainfall is an important source of water, rainfall forecast is incorporated using the auto regressive integrated moving average model (ARIMA). The predicted value of monthly rainfall is useful in estimating water demand and available water. The web site is also developed as a platform for reporting and exchanging data among irrigation officers as well as for announcing information to general public.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department..... Computer Engineering.....Student's..... Rojanee Khum.....
Field of study.....Computer Engineering.....Advisor's..... Daricha Sutivong.....
Academic year .....2007.....Co-advisor's..... Sucharit K.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จออกมาได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือของ ผศ.ดร.ดาริชา สุธีวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา และ รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งได้ให้คำแนะนำชี้แนะตลอดจนแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และยังคอยติดตามเพื่อให้งานวิจัยนี้สำเร็จออกมาด้วยดี โดยข้อมูลของการวิจัยส่วนหนึ่งได้มาจากโครงการระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการน้ำในพื้นที่คลองใหญ่จังหวัดระยอง ที่ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก สกว.

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.โปรดปราน บุณยพุกกณะ ประธานกรรการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.พิษณุ คนองชัยยศ และ รศ.ดร.สุทัศน์ วีสกุล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนในห้องวิจัย และพี่ๆ ที่หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบแหล่งน้ำที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่างๆ ซึ่งรวมไปถึงกำลังใจที่ได้รับมาตลอดการทำงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่คอยดูแลห่วงใยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านจนทำให้สามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญภาพ..... ..ฌ
สารบัญตาราง..... ฎ
บทที่
1 บทนำ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์..... 2
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน..... 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์..... 3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ..... 5
2.2 การใช้น้ำ..... 6
2.3 การหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายฟังก์ชันจุดประสงค์ 10
2.4 กำหนดการเชิงกำลังสอง..... ..11
2.5 แผนภาพกระแสข้อมูล 11
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....12
3 หลักการและทฤษฎีที่ใช้..... 18
3.1 ความต้องการน้ำ..... 18
3.2 การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน..... 20
3.3 การประมาณปริมาณน้ำอื่นๆ..... 23
3.4 ฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด 28
3.5 ฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อให้เกิดความขาดแคลนอย่างเท่าเทียมกัน..... 28
3.6 เงื่อนไขบังคับ..... 29

หน้า

3.7 การรวมฟังก์ชันจุดประสงค์ 30
4 การวิเคราะห์และออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรน้ำที่เหมาะสุด 31
4.1 แผนภาพบริบท 31
4.2 แผนภาพกระแสข้อมูลระบบการจัดสรรน้ำระดับที่ 0 32
4.3 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการรับข้อมูลระดับที่ 1 34
4.4 พจนานุกรมข้อมูล 39
4.5 การออกแบบฐานข้อมูล 39
5 การพัฒนาและการทดสอบระบบ 41
5.1 ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาระบบ 41
5.2 การพัฒนาระบบ 42
5.3 การทดสอบระบบ 45
6 การประยุกต์ใช้ในโครงการชลประทานระยอง 54
6.1 ข้อมูลจังหวัดระยอง 54
6.2 การประยุกต์ใช้ 58
7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 66
7.1 สรุปผลการวิจัย 66
7.2 ข้อเสนอแนะ 67
รายการอ้างอิง 68
ภาคผนวก 71
ก. พจนานุกรมข้อมูล 72
ข. ระบบฐานข้อมูล 81
ค. หน้าต่างโปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อจัดสรรน้ำและคู่มือการใช้งาน 89
ง. เว็บไซต์ 104
จ. พื้นที่ทดสอบในโครงการชลประทานระยอง 110
ภาคผนวก ช. ตัวอย่างผลการจัดสรรน้ำรายเดือน 129
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 132

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลและอ่างเก็บน้ำดอกกราย 2
รูปที่ 3.1 แผนผังการจัดสรรน้ำ 19
รูปที่ 3.2 ปริมาณน้ำฝนปี 2529 – 2543 21
รูปที่ 4.1 แผนภาพบริบท 32
รูปที่ 4.2 แผนภาพกระแสข้อมูลระบบการจัดสรรน้ำ 33
รูปที่ 4.3 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการรับข้อมูลในระดับที่ 1 34
รูปที่ 4.4 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการพยากรณ์ฝนระดับที่ 1 35
รูปที่ 4.5 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการคำนวณน้ำท่าระดับที่ 1 35
รูปที่ 4.6 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการจัดสรรน้ำระดับที่ 1 36
รูปที่ 4.7 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนส่งผลการจัดสรรน้ำระดับที่ 1 37
รูปที่ 4.8 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนสารสนเทศภายในระดับที่ 1 37
รูปที่ 4.9 องค์ประกอบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรน้ำ 38
รูปที่ 5.1 ตัวอย่างการพัฒนาระบบโดยโปรแกรมวิชวลเบสิก 43
รูปที่ 5.2 โครงสร้างข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจ 43
รูปที่ 5.3 ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน 46
รูปที่ 5.4 ผลการจัดสรรน้ำเมื่อปริมาณน้ำที่จัดสรรเพียงพอต่อความต้องการ 50
รูปที่ 5.5 ผลการจัดสรรน้ำที่ทุกค่าถ่วงน้ำหนัก 51
รูปที่ 5.6 ส่วนประกอบภายในประกอบเว็บไซต์ 53
รูปที่ 6.1 ระบบแหล่งน้ำของลุ่มน้ำคลองใหญ่ในปัจจุบัน 59
รูปที่ 6.2 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544 60
รูปที่ 6.3 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545 61
รูปที่ 6.4 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546 61
รูปที่ ค.1 หน้าต่างลงชื่อเข้าระบบ 90
รูปที่ ค.2 เลือกการนำเข้าข้อมูล 91
รูปที่ ค.3 นำเข้าข้อมูลภาคเกษตรกรรมจากแฟ้มข้อมูลเอ็กเซล 92
รูปที่ ค.4 นำเข้าข้อมูลภาคอุตสาหกรรมจากแฟ้มข้อมูลเอ็กเซล 93
รูปที่ ค.5 นำเข้าข้อมูลอุปโภค-บริโภคจากแฟ้มข้อมูลเอ็กเซล 94
รูปที่ ค.6 ระบุจำนวนผู้ใช้รายย่อย 95

หน้า

รูปที่ ค.7 นำเข้าข้อมูลภาคเกษตรกรรมโดยการกรอกรายละเอียดด้วยตนเอง 96
รูปที่ ค.8 นำเข้าข้อมูลภาคอุตสาหกรรมโดยการกรอกรายละเอียดด้วยตนเอง 96
รูปที่ ค.9 นำเข้าข้อมูลอุปโภค-บริโภคโดยการกรอกรายละเอียดด้วยตนเอง 97
รูปที่ ค.10 รายละเอียดอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล 97
รูปที่ ค.11 รายละเอียดอ่างเก็บน้ำดอกกราย 98
รูปที่ ค.12 ผลการจัดสรรน้ำ 98
รูปที่ ค.13 ระบบฐานข้อมูล 99
รูปที่ ค.14 แก้ไขข้อมูลพื้นที่รับน้ำ 100
รูปที่ ค.15 แก้ไขข้อมูลผู้ใช้ระบบ 101
รูปที่ ค.16 แก้ไขค่า NER 102
รูปที่ ค.17 เพิ่มข้อมูลฝนรายเดือน 103
รูปที่ ง.1 เว็บเพจหน้าแรก 105
รูปที่ ง.2 เว็บเพจหน้าหลัก 106
รูปที่ ง.3 เว็บเพจหน้าประกาศจัดจ้างบุคลากร 107
รูปที่ ง.4 เว็บเพจหน้าลงบันทึกเข้าเพื่อเข้าสู่ระบบสารสนเทศภายใน 107
รูปที่ ง.5 เว็บเพจหน้าสารสนเทศภายใน 108
รูปที่ ง.6 เว็บเพจหน้าการจัดส่งข้อมูล 108
รูปที่ ง.7 เว็บเพจแสดงผลการส่งข้อมูล 109

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ระดับน้ำ พื้นที่ผิว และความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล 24
ตารางที่ 3.2 แสดงระดับน้ำ พื้นที่ผิวและความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำดอกกราย..... 25
ตารางที่ 4.1 ตารางในระบบฐานข้อมูลเพื่อการจัดสรรน้ำ..... 39
ตารางที่ 5.1 ผลการพยากรณ์ฝน..... 47
ตารางที่ 5.2 ผลการจัดสรรน้ำเทียบกับปริมาณความต้องการ 51
ตารางที่ 5.3 เปอร์เซ็นต์ความขาดแคลน..... 52
ตารางที่ 6.1 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544 โดยผู้เชี่ยวชาญและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 62
ตารางที่ 6.2 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545 โดยผู้เชี่ยวชาญและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 62
ตารางที่ 6.3 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546 โดยผู้เชี่ยวชาญและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ 63
ตารางที่ 6.4 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544 เมื่อไม่พิจารณาปริมาณฝนพยากรณ์..... 63
ตารางที่ 6.5 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545 เมื่อไม่พิจารณาปริมาณฝนพยากรณ์..... 64
ตารางที่ 6.6 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546 เมื่อไม่พิจารณาปริมาณฝนพยากรณ์..... 64
ตารางที่ 6.7 ผลการจัดสรรน้ำเดือนธันวาคม 2545..... 65
ตารางที่ 6.8 ผลการจัดสรรน้ำเดือนมกราคม 2546..... 65
ตารางที่ ก.1 เอนทิตีพื้นที่รับน้ำ 73
ตารางที่ ก.2 เอนทิตีโซนแมน 73
ตารางที่ ก.3 เอนทิตีศูนย์วัดระดับฝน..... 73
ตารางที่ ก.4 เอนทิตีเจ้าหน้าที่..... 74
ตารางที่ ก.5 กระบวนการที่ 1 รับข้อมูล..... 74
ตารางที่ ก.6 กระบวนการที่ 1.1 รับข้อมูล..... 74
ตารางที่ ก.7 กระบวนการที่ 1.2 ตรวจสอบจำนวนพื้นที่ย่อย..... 75
ตารางที่ ก.8 กระบวนการที่ 2 พยากรณ์ฝน 75
ตารางที่ ก.9 กระบวนการที่ 2.1 พยากรณ์ระดับฝน..... 76
ตารางที่ ก.10 กระบวนการที่ 2.2 แปลงเป็นลูกบาศก์เมตร..... 76
ตารางที่ ก.11 กระบวนการที่ 3 คำนวณน้ำท่า 76
ตารางที่ ก.12 กระบวนการที่ 4 จัดสรรน้ำ 77
ตารางที่ ก.13 กระบวนการที่ 4.1 เทียบปริมาณน้ำในเขื่อน 77
ตารางที่ ก.14 กระบวนการที่ 4.2 จัดสรรน้ำ 78

หน้า

ตารางที่ ก.15 กระบวนการที่ 5 ส่งผลการจัดสรรน้ำ 78
ตารางที่ ก.16 กระบวนการที่ 5.1 ตรวจผลการจัดสรรน้ำ..... 79
ตารางที่ ก.17 กระบวนการที่ 5.2 ส่งผลการจัดสรรน้ำ 79
ตารางที่ ก.18 กระบวนการที่ 6 สารสนเทศภายใน 79
ตารางที่ ก.19 กระบวนการที่ 6.1 อัปโหลดผลการจัดสรรน้ำ..... 80
ตารางที่ ข.1 ตาราง areatype..... 82
ตารางที่ ข.2 ตาราง dokkraiwaterlevel 82
ตารางที่ ข.3 ตาราง monthlyrain 83
ตารางที่ ข.4 ตาราง ner..... 84
ตารางที่ ข. 5 ตาราง nongplalaiwaterlevel 84
ตารางที่ ข.6 ตาราง rayong..... 86
ตารางที่ ข.7 ตาราง rayongtmp 86
ตารางที่ ข.8 ตาราง user..... 87
ตารางที่ ข.9 ตาราง waterlevel_dok 88
ตารางที่ ข.9 ตาราง waterlevel_nong..... 88
ตารางที่ จ.1 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544..... 111
ตารางที่ จ.2 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545..... 117
ตารางที่ จ.3 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546..... 123
ตารางที่ ช.1 ผลการจัดสรรน้ำเดือนกันยายน 2545 130
ตารางที่ ช.2 ผลการจัดสรรน้ำเดือนตุลาคม 2545 130
ตารางที่ ช.3 พฤศจิกายนจัดสรรน้ำเดือนพฤศจิกายน 2545 130
ตารางที่ ช.4 ผลการจัดสรรน้ำเดือนธันวาคม 2545 131
ตารางที่ ช.4 ผลการจัดสรรน้ำเดือนมกราคม 2546 131
ตารางที่ ช.4 ผลการจัดสรรน้ำเดือนกุมภาพันธ์ 2546 131

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะได้รับการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม และเทคโนโลยีขึ้นอย่างมากในระยะเวลาอันรวดเร็ว แต่ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศยังคงมีความเป็นสังคมเกษตรกรรมอยู่สูง ซึ่งสินค้าเกษตรที่เหลือจากการบริโภคภายในประเทศนั้นยังได้ถูกส่งออกและนำรายได้เข้าสู่ประเทศอย่างมากมายในแต่ละปี ดังนั้นเพื่อให้เกษตรกรสามารถสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณที่สูงขึ้น จึงได้มีการพัฒนาระบบชลประทานเพื่อรองรับความต้องการน้ำที่เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน

การจัดสรรน้ำโดยทั่วไปแต่เดิมนั้นเป็นการจัดสรรโดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์สูง จนกระทั่งในระยะหลังเมื่อคอมพิวเตอร์เริ่มมีบทบาทมากขึ้นในการทำงานทุกๆ ด้าน การชลประทานในประเทศไทยก็ได้มีการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้เพื่อช่วยในการจัดสรรน้ำเพิ่มมากขึ้นเพื่อช่วยเหลือผู้เชี่ยวชาญในการจัดสรรน้ำและจัดทำรายงานต่างๆ แต่เนื่องจากระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ถูกนำมาใช้ในปัจจุบันนั้นเป็นระบบที่พิจารณาเฉพาะการจัดสรรน้ำเพื่อการเกษตรกรรมเพียงอย่างเดียว [2] ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มผู้ใช้น้ำหลัก 3 กลุ่ม อันประกอบไปด้วยกลุ่มผู้ใช้ภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และอุปโภคบริโภค ซึ่งจำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆเช่นเดียวกัน ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรน้ำให้มีประสิทธิภาพเหนือกว่าระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยจะเป็นการพัฒนาให้ระบบสามารถทำการจัดสรรน้ำไปยังกลุ่มผู้ใช้ 3 กลุ่มหลัก ภายใต้เงื่อนไขการหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายฟังก์ชันจุดประสงค์ (Multiobjective optimization) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การจัดสรรน้ำไปยังผู้ใช้น้ำทั้ง 3 กลุ่มเป็นไปอย่างเหมาะสม และทำการจัดสรรน้ำให้แก่ผู้ใช้รายย่อยของกลุ่มผู้ใช้หลักของทั้ง 3 กลุ่มด้วย

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจนี้ได้ใช้พื้นที่จังหวัดระยองในภาคตะวันออกเป็นพื้นที่ประยุกต์ใช้ (ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.1) โดยใช้ข้อมูลต่างๆ ที่อยู่ภายใต้โครงการชลประทานอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลและอ่างเก็บน้ำดอกกราย ซึ่งจังหวัดระยองนี้เป็นพื้นที่ที่มีการตั้งถิ่นฐานของประชาชนเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญของประเทศทั้งในด้านการเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และยังเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศ ดังนั้นเพื่อเป็นการตอบสนองความ

ต้องการของประชาชนผู้ใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค เกษตรกร และอุตสาหกรรม จึงได้ทำการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อเป็นการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้เป็นไปอย่างมีคุณภาพซึ่งถือว่าเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืนสืบต่อไป

รูปที่ 1.1 อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลและอ่างเก็บน้ำดอกกราย

1.2 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรน้ำผิวดินให้แก่ผู้ใช้น้ำในภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และอุปโภคบริโภค (ครัวเรือน) ภายใต้เงื่อนไขที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์มากกว่า 1 ฟังก์ชัน (Multiobjective optimization)

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

ระบบที่ทำการพัฒนาจะพิจารณาองค์ประกอบดังนี้

1. จัดสรรน้ำให้แก่กลุ่มประเภทและผู้ใช้รายย่อยในกรณีที่มีกลุ่มผู้ใช้รายย่อยในกลุ่มประเภทนั้นๆ
2. หาอัตราลดหรือเพิ่มน้ำในกรณีที่เกิดภาวะน้ำขาดหรือน้ำเกิน เพื่อกระจายความเสียหายออกไปอย่างเท่าเทียมกัน
3. หาค่าน้ำหนักจากการวิเคราะห์ผลการจัดสรรน้ำที่ผ่านมาในอดีต
4. หาปริมาณน้ำฝนที่คาดว่าจะตกในอนาคตเพื่อใช้ในการคำนวณการจัดสรรน้ำ

5. หาฟังก์ชันจุดประสงค์ที่นำมาใช้จากการสอบถามความต้องการของผู้ใช้งาน

6. สามารถจำกัดความสามารถในการเรียกใช้งานโปรแกรมในกลุ่มผู้ใช้งานเพื่อความปลอดภัยของระบบ

7. แสดงผลการจัดสรรน้ำ เรียกดูข้อมูล และส่งข้อมูลต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
2. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับชลประทานเบื้องต้น
3. ศึกษาเกี่ยวกับการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบหลายฟังก์ชันจุดประสงค์ (Multiobjective optimization) และศึกษารูปแบบวิธีการจัดสรรน้ำในพื้นที่ศึกษา
4. ออกแบบการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรน้ำที่เหมาะสม ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานดังนี้

4.1 การหาค่าเหมาะสมที่สุดในการจัดสรรน้ำให้แก่ผู้ใช้น้ำในภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และครัวเรือน

4.2 การรายงานผลการจัดสรรน้ำและรับรายงานต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยอาศัยแนวคิดของระบบคอมพิวเตอร์แบบระบบรับ-ให้บริการ (Client- server system) มาใช้ในการพัฒนาเว็บเพจ

5. ทดสอบระบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรน้ำ
6. วิเคราะห์ผลการทดสอบระบบ
7. สรุปผลและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรน้ำนี้ไปใช้ในการจัดสรรน้ำได้จริง โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญหรือเจ้าหน้าที่ให้น้อยที่สุด

1.6 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ได้รับการตีพิมพ์เป็นบทความทางวิชาการในหัวข้อเรื่อง “Water Resource Management Using Multi-objective Optimization and Rainfall Forecast” โดย

Rojanee Khummongkol, Daricha Sutivong and Sucharit Koontanakulvong ในงานประชุมวิชาการ “The 2007 International Conference On Convergence Information Technology (ICCIT 2007)” ในระหว่างวันที่ 21-23 พฤศจิกายน 2550 ณ เมืองคยองจู สาธารณรัฐเกาหลี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการนำระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision support system: DSS) มาช่วยในการตัดสินใจในการจัดสรรน้ำ โดยเป็นการนำความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้กับความรู้ทางด้านการบริหารจัดการแหล่งน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดของหลักการและทฤษฎีดังนี้

2.1 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

การตัดสินใจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยเฉพาะผู้บริหารจำเป็นต้องมีความเข้าใจในกระบวนการตัดสินใจเป็นอย่างดีเพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งกระบวนการตัดสินใจ (Decision making process) [4, 29] คือ การกำหนดขั้นตอนในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นภายในองค์กรอย่างมีหลักเกณฑ์ ด้วยการกำหนดขั้นตอนตั้งแต่ขั้นแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ ซึ่งกระบวนการในการตัดสินใจและแก้ไขปัญหานี้ประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนการค้นหาปัญหาที่แท้จริง (Intelligence phase) ขั้นตอนของการสร้างและวิเคราะห์ทางเลือก (Design phase) ขั้นตอนการประเมินทางเลือกต่างๆ (Choice phase) ขั้นตอนการพัฒนาให้เกิดผล (Implementation phase) และขั้นตอนการติดตามผลลัพธ์ (Monitoring phase) ซึ่งรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

1. ขั้นตอนการค้นหาปัญหาที่แท้จริง เป็นการค้นหาต้นตอของปัญหาที่แท้จริง โดยต้องทำการศึกษาถึงต้นเหตุของปัญหาและวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมของปัญหา เพื่อสามารถสร้างแบบจำลองที่ใช้อธิบายลักษณะและสาเหตุของปัญหา (Decision statement)

2. ขั้นตอนการสร้างและวิเคราะห์ทางเลือก เป็นการสร้างและวิเคราะห์ทางเลือกต่างๆ ในการตัดสินใจซึ่งจำเป็นต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการตัดสินใจเพื่อให้ผู้ที่ทำการตัดสินใจสามารถสร้างทางเลือกได้หลากหลายเพื่อให้การแก้ไขปัญหามีความเป็นไปได้สูงสุด

3. ขั้นตอนการประเมินทางเลือกต่างๆ เป็นขั้นตอนของการประเมินทางเลือกต่างๆ เพื่อให้ได้ทางเลือกเดียวที่สามารถนำไปแก้ไขปัญหาได้จริง

4. ขั้นตอนการพัฒนาให้เกิดผล เป็นการนำทางเลือกที่ได้จากขั้นตอนการประเมินทางเลือกไปพัฒนาให้เกิดผล

5. ขั้นตอนการติดตามผลลัพธ์ เป็นการติดตามผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งถ้าทางเลือกนั้นเมื่อนำไปใช้แล้วเกิดความล้มเหลวหรือไม่เป็นที่น่าพอใจก็ต้องกลับไปสู่ขั้นตอนต่างๆ ก่อนหน้านี้ตามความเหมาะสมเพื่อทำการทบทวนกระบวนการใหม่เพื่อพิจารณาถึงสาเหตุว่าเกิดจากขั้นตอนใดแล้วจึงทำการปรับปรุงกระบวนการแก้ไขปัญหาใหม่อีกครั้ง

2.1.1 ลักษณะของปัญหา

ลักษณะของปัญหาทั่วไปสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. ปัญหาแบบมีโครงสร้าง (Structured problem) เป็นปัญหาที่ผู้ตัดสินใจมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจอย่างครบถ้วน ทำให้มีวิธีการแก้ไขปัญหาที่แน่นอน หรืออาจสามารถจำลองปัญหาได้ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2. ปัญหาแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured problem) เป็นปัญหาที่ผู้ตัดสินใจมีข้อมูลที่จำเป็นไม่เพียงพอ จึงทำให้ไม่มีวิธีการแก้ไขปัญหาที่แน่นอนและไม่สามารถจำลองได้ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องอาศัยประสบการณ์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าว

3. ปัญหาแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured problem) เป็นปัญหาที่มีลักษณะเฉพาะสามารถใช้วิธีการแก้ไขปัญหาเพื่อแก้ไขปัญหาได้เพียงบางส่วน และส่วนที่เหลือต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ตัดสินใจเพื่อแก้ไขปัญหาเอง ซึ่งปัญหาแบบกึ่งโครงสร้างนี้เป็นปัญหาที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างปัญหาแบบมีโครงสร้างกับปัญหาแบบไม่มีโครงสร้าง

สำหรับปัญหาในการจัดสรรน้ำสามารถจัดได้ว่าเป็นปัญหาแบบกึ่งโครงสร้าง เนื่องจากปัญหาในบางส่วนสามารถทำการจำลองปัญหาได้โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แต่ในอีกด้านหนึ่งก็เป็นปัญหาที่ไม่มีวิธีการในการแก้ไขปัญหาที่แน่นอนอันเนื่องมาจากปัจจัยบางตัวที่ไม่ทราบค่า (Unknown factor) ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาในส่วนนี้ระบบจึงต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญหรือเจ้าหน้าที่ที่มีประสบการณ์ในการจัดสรรน้ำเข้ามามีส่วนร่วมในการประมวลผลโดยการกรอกข้อมูลที่จำเป็นต่อการคำนวณเพื่อให้การจัดสรรน้ำมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2.2 การชลประทาน

2.2.1 ปริมาณน้ำเพื่อการชลประทาน

ในการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องจัดสรรในการชลประทาน [1, 3] มีองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. ปริมาณการใช้น้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Consumptive use) เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ซึ่งปริมาณน้ำในส่วนนี้เกิดจาก

1. ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดิน นำไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อแล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ ซึ่งเรียกว่า การคายน้ำ (Transpiration)

2. ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆ ต้นพืช จากผิวน้ำในขณะให้น้ำหรือขณะที่มีน้ำขังอยู่ และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำ ซึ่งเรียกว่า การระเหย (Evaporation)

2. ปริมาณน้ำที่ต้องส่งจากแม่น้ำหรือหัวงานไปทำการชลประทาน

การส่งน้ำจากแม่น้ำหรือจากหัวงานเพื่อไปทำการชลประทานบนแปลงปลูกพืชนั้นต้องมีการขุดคลองส่งน้ำเพื่อรับเอาน้ำไปใช้ในการทำชลประทาน ซึ่งหากแบ่งประเภทของคลองชลประทานตามลักษณะและหน้าที่การใช้งาน จะสามารถแบ่งออกได้ 4 ประเภทดังนี้

1.คลองสายใหญ่ (Primary canals หรือ Main canals) เป็นคลองที่ขุดแยกจากแม่น้ำหรือหัวงานเพื่อรับน้ำเข้าไปในเขตโครงการชลประทาน เนื่องจากคลองสายใหญ่จะต้องรับน้ำไปให้พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดในเขตโครงการหรือพื้นที่เพาะปลูกบางส่วนอันกว้างใหญ่ของโครงการ ปริมาณน้ำในคลองมีมาก คลองจึงมีขนาดใหญ่ที่สุด แต่จะไม่ส่งน้ำให้แก่พื้นดินซึ่งอยู่ข้างคลองโดยตรงนอกจากบางแห่งซึ่งจำเป็นเท่านั้น

2.คลองแยกหรือคลองสาขา (Branch canals) เป็นคลองที่แยกออกจากคลองสายใหญ่เพื่อรับน้ำไปสู่พื้นที่ของโครงการซึ่งไม่เหมาะที่จะวางคลองสายใหญ่เพิ่มขึ้นอีก

3.คลองซอย (Distributary canals) เป็นคลองที่แยกออกจากคลองสายใหญ่หรือคลองสาขาเพื่อรับน้ำไปส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกซึ่งคลองสายนั้นควบคุมอยู่โดยตรง

4.คลองแยกซอย (Subdistributary canals) เป็นคลองขนาดเล็กที่แยกออกจากคลองซอยอีกทีหนึ่ง เพื่อรับน้ำไปส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกที่คลองแยกซอยนั้นควบคุมอยู่ ซึ่งในโครงการชลประทานหนึ่งๆ จะมีคลองแยกซอยหลายสายแพร่กระจายไปทั่วเขตโครงการ

คลองส่งน้ำเหล่านี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะการออกแบบ คือ

1.คลองดิน (Earth canals) เป็นคลองที่ขุดดินหรือถมดินให้เป็นรูปคลองตามธรรมดา

2.คลองมีเปลือกหรือคลองดาด (Lined canals) เป็นคลองที่ขุดดินหรือถมดินให้เป็นรูปคลองแล้วดาดผิวคลองด้วยวัสดุที่น้ำรั่วซึมไม่ได้ เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น ลดการรั่วซึมจากคลอง รักษารูปทรงของคลอง รักษาลาดตลิ่งเนื่องจากเวลาฝนตกดินจะอ่อนจึงทำให้ลาดตลิ่งพังลง

มาอยู่บริเวณก้นคลองทำให้คลองตื้นเขินเร็ว และเป็นการตกแต่งรูปทรงของคลองซึ่งมักทำเมื่อขุดคลองผ่านเชิงเขา เป็นต้น

คลองส่งน้ำเหล่านี้จะขุดแพร่กระจายไปทั่วเขตส่งน้ำของโครงการชลประทาน และโดยทั่วไปเป็นคลองดินธรรมดา ซึ่งไม่มีการดาดคลองป้องกันน้ำรั่วซึมออกจากคลอง ดังนั้นขณะที่น้ำไหลจากแม่น้ำหรือหัวงานไปถึงแปลงปลูกพืช น้ำจำนวนหนึ่งจะสูญหายไปตามคลองส่งน้ำด้วยสาเหตุ 2 ประการ คือ

1. การสูญเสียน้ำโดยการระเหย (Evaporation losses) ซึ่งเป็นจำนวนน้ำที่สูญหายไปเนื่องจากการระเหยของน้ำจากพืชผิวน้ำและผิวน้ำในคลอง

2. การสูญเสียน้ำโดยการรั่วซึม (Seepage losses) เป็นจำนวนน้ำที่สูญหายไปเนื่องจากน้ำรั่วซึมออกจากคลอง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียน้ำไปตามคลองในระหว่างการส่งน้ำ และมักจะเกิดขึ้นมากกว่าการสูญเสียน้ำโดยการระเหย โดยการรั่วซึมจะเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้

การดูดซับน้ำของดิน (Absorption) มักเกิดมากในตอนเริ่มฤดูกาลส่งน้ำเนื่องจากเนื้อดินของคลองส่งน้ำมีลักษณะที่แห้ง จึงทำให้ดินสามารถดูดซับน้ำไว้ได้มาก ซึ่งจะลดลงเมื่อปริมาณน้ำที่ดินดูดซับไว้มีมากพอ

การรั่วไหลลงไปเบื้องล่าง (Percolation) มักเกิดจากน้ำรั่วออกจากคลอง ลงไปตามรอยแตกร้าวหรือช่องว่างในเนื้อดิน

การสูญเสียน้ำโดยการระเหยรวมกับการสูญเสียน้ำโดยการรั่วซึมนี้รวมเรียกว่าปริมาณน้ำที่สูญหายระหว่างการขนส่ง (Transportation losses) ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่สามารถวัดได้ยาก

2.2.2 **ชลภาระ** (Water duty)

ชลภาระ [3] คือหน้าที่ของน้ำ ซึ่งหมายถึง น้ำ 1 หน่วยปริมาตรซึ่งส่งไปใน 1 หน่วยเวลาใช้ในการทำชลประทานในเนื้อที่แปลงหนึ่งได้ ดังนั้นชลภาระจึงแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ ระยะเวลาส่งน้ำ และพื้นที่รับน้ำ ซึ่งค่าชลภาระสามารถแสดงได้ 2 รูปแบบได้แก่

1. การแสดงค่าของชลภาระในรูปแบบตามความหมายของศัพท์เดิม เช่น ชลภาระ 80 เอเคอร์/ลูกบาศก์ฟุต/วินาที หมายถึงน้ำ 1 ลูกบาศก์ฟุตซึ่งส่งไปใน 1 วินาที ซึ่งใช้ทำการชลประทานในพื้นที่ได้ 80 เอเคอร์

2.การแสดงค่าของชลภาระในรูปแบบซึ่งมีความหมายต่างไปจากศัพท์เดิม คือแสดงถึงน้ำจำนวนหนึ่งซึ่งส่งไปใน 1 หน่วยเวลา ใช้ทำการชลประทานได้ใน 1 หน่วยพื้นที่ เช่น ชลภาระ

0.00016 ลูกบาศก์เมตร/วินาที/ไร่ หมายถึงน้ำ 0.00016 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งส่งไปใน 1 วินาที ใช้ทำการชลประทานในพื้นที่ได้ 1 ไร่

2.2.3 การใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภค

การใช้น้ำอุปโภคบริโภค [2] คือการใช้น้ำในชีวิตประจำวันซึ่งได้แก่ การใช้น้ำสำหรับดื่ม ประกอบอาหาร ฯลฯ ซึ่งน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคนั้นได้มาจากแหล่งน้ำต่างๆ ซึ่งได้แก่ แหล่งน้ำผิวดิน น้ำบาดาล และน้ำประปา ซึ่งข้อมูลการใช้น้ำอุปโภคบริโภคในพื้นที่ศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคจากการประปาส่วนภูมิภาค [1] พบว่า จำนวนผู้ใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของการประปาส่วนภูมิภาคในแต่ละปีมีสัดส่วนผู้ใช้น้ำใกล้เคียงกัน โดยสัดส่วนของผู้ใช้น้ำประเภทที่อยู่อาศัย: ราชการ: รัฐวิสาหกิจ คิดเป็นร้อยละ 85: 14: 1 โดยประมาณ โดยแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคจะเป็นทั้งแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดิน

2. จากผลการสำรวจการใช้น้ำสำหรับประปาหมู่บ้าน [1] พบว่าระบบประปาหมู่บ้านส่วนใหญ่ใช้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำดิบถึงร้อยละ 69 โดยประมาณ ส่วนอีกร้อยละ 31 ได้จากการใช้น้ำผิวดินเช่น แม่น้ำ คลองชลประทาน ฯลฯ เป็นแหล่งน้ำดิบ

2.2.4 การใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรมและการพาณิชย์

การประเมินการใช้น้ำเพื่ออุตสาหกรรมและการพาณิชย์ [2] สามารถหาได้จากข้อมูลของการประปาส่วนภูมิภาค และบ่อน้ำบาดาลเอกชนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ซึ่งจากการวิเคราะห์โครงสร้างการใช้น้ำของการประปาส่วนภูมิภาค [2] พบว่า จำนวนผู้ใช้น้ำประปาคิดเป็นร้อยละ 16 ของจำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด แต่ถ้าคิดเป็นปริมาณการใช้น้ำจะคิดเป็นร้อยละ 24 ของปริมาณน้ำจำหน่ายทั้งหมด โดยแนวโน้มการใช้น้ำประปาของภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษามีอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.14 ลบ.ม./ ปี ซึ่งน้ำประปานี้จัดได้ว่าเป็นแหล่งน้ำหลักของภาคอุตสาหกรรม (ร้อยละ 38.59) รองลงมาเป็นน้ำบาดาล (ร้อยละ 28.65) น้ำผิวดิน (ร้อยละ 25.14) และอื่นๆ เช่นน้ำฝน (ร้อยละ 7.6) [2]

2.2.5 การใช้น้ำเพื่อการเกษตร

จากการศึกษาการใช้น้ำผิวดินเพื่อการเกษตรกรรมในเขตชลประทาน [2] พบว่าปริมาณการใช้น้ำผิวดินนั้นจะแปรผกผันกับปริมาณการใช้น้ำบาดาล โดยปริมาณการใช้น้ำบาดาลในฤดูฝนจะมีปริมาณการใช้น้อยกว่าปริมาณการใช้น้ำบาดาลในฤดูแล้ง

นอกจากการศึกษาเกี่ยวกับการใช้น้ำในผู้ใช้ภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และอุปโภคและบริโภคแล้ว ในงานวิจัยนี้ยังได้มีการจัดสรรในส่วนของน้ำอนุรักษ์หรือน้ำรักษาสิ่งแวดล้อมด้วย ซึ่งน้ำรักษาสิ่งแวดล้อมนี้คือน้ำที่จะทำการส่งไปยังพื้นที่ท้ายน้ำนอกพื้นที่ที่พิจารณา หรืออาจเป็นน้ำที่ส่งไปเป็นน้ำนอนคลอง หรืออื่นๆ โดยปริมาณน้ำในส่วนนี้เจ้าหน้าที่จะเป็นผู้ทำการจัดสรรโดยตรงจากปริมาณน้ำทั้งหมดที่สามารถจัดสรรได้

2.3 การหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายฟังก์ชันจุดประสงค์ (Multiobjective optimization)

ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในทางปฏิบัตินั้น โดยทั่วไปมักเป็นปัญหาที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function) มากกว่า 1 ฟังก์ชัน ซึ่งเป้าหมายของการหาค่าเหมาะที่สุดในปัญหาแบบหลายฟังก์ชันจุดประสงค์นี้จะแตกต่างจากเป้าหมายของการหาค่าเหมาะที่สุดในปัญหาแบบฟังก์ชันจุดประสงค์เดียว โดยในปัญหาที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์เดียวจะได้คำตอบที่ต้องการเป็นคำตอบที่ดีที่สุดซึ่งตรงตามค่าสูงสุดหรือต่ำสุดตามแต่ละวัตถุประสงค์ของฟังก์ชันจุดประสงค์นั้นๆ แต่ผลลัพธ์ของปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายฟังก์ชันจุดประสงค์จะเป็นกลุ่มของคำตอบที่ยอมรับได้ (Pareto-optimal solution)

สำหรับกลวิธีที่ใช้ในปัญหาที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์มากกว่า 1 ฟังก์ชันที่ถือได้ว่าเป็นวิธีที่นิยมใช้ของการหาค่าเหมาะที่สุดได้แก่ วิธีการอนุมานแบบรวมค่าน้ำหนัก (Weighted sum method) [17] และวิธีการเอปไซลอนเพอร์เทอร์เบชัน (The ϵ – perturbation method) ซึ่งวิธีการอนุมานแบบรวมค่าน้ำหนักนี้เป็นวิธีการที่นำเอาฟังก์ชันจุดประสงค์ที่พิจารณามารวมกันให้เป็นฟังก์ชันจุดประสงค์เพียงฟังก์ชันเดียว ซึ่งค่าน้ำหนักที่กำหนดให้แต่ละฟังก์ชันจุดประสงค์นั้นมักไม่เป็นศูนย์และมีผลรวมของค่าน้ำหนักเท่ากับหนึ่ง ส่วนวิธีการเอปไซลอนเพอร์เทอร์เบชันนี้เป็นหนึ่งในวิธีมาตรฐานของการหาค่าเหมาะที่สุดที่จะพิจารณาฟังก์ชันจุดประสงค์ใดจุดประสงค์หนึ่งเป็นฟังก์ชันจุดประสงค์ ส่วนฟังก์ชันจุดประสงค์อื่นๆ จะพิจารณาเป็นเงื่อนไขบังคับ ซึ่งวิธีการนี้ยากต่อการหาค่าของกลุ่มคำตอบที่เป็นไปได้ที่แตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้วิธีการอนุมานแบบรวมค่าน้ำหนักในการหาค่าเหมาะที่สุดของปัญหา

2.4 **กำหนดการเชิงกำลังสอง** (Quadratic programming)

กำหนดการเชิงสองเป็นปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดชนิดหนึ่งที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์อยู่ในรูปฟังก์ชันกำลังสอง (Quadratic Function) และมีเงื่อนไขบังคับ (Constraint) อยู่ในรูปฟังก์ชันเชิงเส้น (Linear Function) โดยรูปแบบของกำหนดการเชิงกำลังสองเป็นดังนี้

$$\min_{x} f(x) = \frac{1}{2} x^T Q x + cx$$

เงื่อนไขบังคับ

$$Ax \leq b$$

$$E \cdot x = d$$

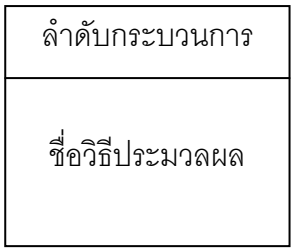
จากฟังก์ชันจุดประสงค์ Q คือสัมประสิทธิ์ของพจน์กำลังสองที่เป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times n$ และมี c เป็นสัมประสิทธิ์ของพจน์กำลังหนึ่งที่เป็นเวกเตอร์แถว และ x คือตัวแปรตัดสินใจซึ่งเป็นเวกเตอร์แนวตั้ง โดยที่ x^T เป็นการสลับเปลี่ยน (Transpose) ของเวกเตอร์ x

2.5 **แผนภาพกระแสข้อมูล** (Data flow diagram: DFD)

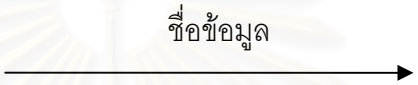
ในการอธิบายหน้าที่กระบวนการทำงานของระบบหนึ่งๆ แผนภาพกระแสข้อมูลถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญซึ่งถูกใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อใช้ในการเขียนแบบโครงสร้างของระบบนั้นๆ โดยสามารถใช้อธิบายมากกว่าข้อมูลที่ไหลเข้าออก

ส่วนประกอบที่ใช้เป็นสัญลักษณ์แทนองค์ประกอบส่วนต่างๆ ของระบบในแผนภาพกระแสข้อมูลประกอบไปด้วย

1) สัญลักษณ์แทนการประมวลผล ใช้สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมเพื่อแสดงถึงกระบวนการที่ต้องมีการจัดการข้อมูลนำเข้าเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการโดยจะมีหมายเลขลำดับกระบวนการกำกับอยู่ด้านบน



2) สัญลักษณ์แทนกระแสข้อมูล ใช้สัญลักษณ์ลูกศรเพื่อแสดงข้อมูลนำเข้าหรือนำออกจากกระบวนการประมวลผล



3) สัญลักษณ์แทนแหล่งเก็บข้อมูล ใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าปลายเปิดหนึ่งด้าน ซึ่งทำหน้าแทนแฟ้มข้อมูลหรือฐานข้อมูลของระบบ

4) สัญลักษณ์แทนสิ่งที่อยู่นอกระบบ ใช้สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อแทนสิ่งที่อยู่นอกระบบแต่มีความสำคัญต่อขั้นตอนการทำงาน ซึ่งอาจจะทำหน้าที่ในการนำเข้าข้อมูลหรืออื่นๆ โดยงานวิจัยนี้สิ่งที่อยู่นอกระบบได้แก่ เจ้าหน้าที่ผู้ทำหน้าที่จัดสรรน้ำ เป็นต้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมาในอดีตพบว่ามีงานวิจัยที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบจัดสรรน้ำได้ดังต่อไปนี้

2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาค่าเหมาะที่สุด

Wang และ Zhou [30] ได้ทำการหาค่าเหมาะสมที่สุด 2 กรณี ได้แก่การหาค่าผลตอบแทนที่มากที่สุด (Maximum irrigation benefits) และหารอบเวรการชลประทานที่น้อยที่สุด (Minimum irrigation rotation) ภายในโครงการชลประทานแม่น้ำเหลือง (Chengai Yellow River Irrigation Project) ซึ่งผลการทดลองก็เป็นที่น่าพอใจ แต่ในปัญหาที่เกิดขึ้นจริงมักไม่ใช่ปัญหาด้านเดียว เนื่องจากโดยทั่วไปปัญหามักเป็นปัญหาที่ต้องการหาค่าเหมาะที่สุดในหลายๆ วัตถุประสงค์จึงมีงานวิจัยหลายชิ้นที่เป็นการวิจัยด้านการหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายฟังก์ชันจุดประสงค์ ดังเช่น Bella, Duckstein และ Szidarovszky [11] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับปัญหาการตัดสินใจเมื่อมีฟังก์ชันจุดประสงค์มากกว่า 1 ฟังก์ชันและมีผู้ทำการตัดสินใจหลายคน โดยปัญหานี้ถูกวิเคราะห์โดยกลวิธีการตัดสินใจแบบหลายจุดประสงค์ (Multicriterion decision making technique: MCDM) โดยกำหนดการประนีประนอม (Compromise programming)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Özelkan, Galambosi, Frenández-Gaucherand และ Duckstein [14] ที่เป็นปัญหาที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์มากกว่า 1 ฟังก์ชัน โดยการศึกษาวิจัยนี้ได้เสนอตัวแบบจำลองในปัญหาการตัดสินใจที่มีหลายฟังก์ชันจุดประสงค์ซึ่งได้แก่เพื่อการควบคุมน้ำท่วม กำลังไฟฟ้าพลังงานน้ำ และความต้องการน้ำ โดยใช้วิธีกำหนดการพลวัต (Dynamic programming) โดยการจำลองปัญหาจากโครงสร้างกำลังสองเชิงเส้น (Linear quadratic) ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจ ทางด้าน Mantoglou, Papantoniou และ Giannoulopoulos [9] ได้หาค่ามากที่สุดของอัตราการสูบน้ำในขณะที่ต้องป้องกันบ่อน้ำจากน้ำทะเล ซึ่งเป็นปัญหาแบบไม่เป็นกำหนดการเชิงเส้น ซึ่งได้ทำการทดลองหาผลลัพธ์โดยกลวิธี 2 วิธีได้แก่ กำหนดการเชิงกำลังสองเชิงลำดับ (Sequential quadratic programming: SQP) และระเบียบวิธีเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary algorithm) โดยพบว่าวิธี SQP ใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่าและสามารถให้คำตอบเหมาะที่สุดเฉพาะที่ได้อีกด้วย

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ พบว่างานวิจัยของ ญาดา และ โอช [7] Babel, Gupta และ Nayak [13], [21] และ Wardlaw และ Bhaktikul [23] สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในด้านการจัดสรรน้ำเพื่อการเกษตรกรรมในครั้งนี้ได้ โดยได้นำฟังก์ชันจุดประสงค์จากงานวิจัยดังกล่าว [21], [23] มาใช้ในการหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายฟังก์ชันจุดประสงค์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (สำหรับรายละเอียดการนำฟังก์ชันจุดประสงค์ไปใช้จริงจะแสดงในบทที่ 3)

1) การจัดสรรน้ำเพื่อให้เกิดความพึงพอใจสูงสุด สามารถวัดได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่สามารถจัดสรรได้และปริมาณความต้องการน้ำ ซึ่งฟังก์ชันจุดประสงค์นี้มาจากงานวิจัยของ Babel, Gupta และ Nayak [21] มีสมการเป็นดังนี้

ฟังก์ชันจุดประสงค์

$$Max\ Z_1 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{S_i}{D_i} \quad (1)$$

เงื่อนไขบังคับ

$$\sum_{i=1}^{n} S_i \le AW \quad (2)$$

$$D\min_i \le S_i \le D_i \quad (3)$$

$$S_i \ge 0 \qquad D_i \ge 0 \qquad D\min_i \ge 0 \quad (4)$$

เมื่อ S_i = ปริมาณน้ำที่จัดสรรไปยังพื้นที่ i

D_i = ปริมาณความต้องการน้ำของพื้นที่ i

$D\min_i$ = ปริมาณความต้องการน้ำน้อยที่สุดของพื้นที่ i

AW = ปริมาณน้ำที่จัดสรรได้

n = จำนวนพื้นที่ที่ต้องการน้ำ

2) การจัดสรรน้ำโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความขาดแคลนน้ำอย่างเท่าเทียมกันในแต่ละจุดรับน้ำ เป็นการนำฟังก์ชันจุดประสงค์มาจากงานวิจัยของ Wardlaw และ Bhaktikul [23] โดยฟังก์ชันจุดประสงค์นี้เป็นการหาค่าน้อยที่สุดของผลต่างระหว่างปริมาณความต้องการน้ำและปริมาณน้ำที่สามารถจัดสรรได้ในกรณีที่ปริมาณน้ำขาดแคลนมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งมีสมการเป็นดังนี้

ฟังก์ชันจุดประสงค์

$$Min\ \ Z_2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(d_i - x_i)^2}{d_i} \tag{5}$$

เงื่อนไขบังคับ

$$Q_{ij} \le Q\max_{ij} \tag{6}$$

$$x_i \le d_i \tag{7}$$

$$Q\inf_j + \sum_{i=1}^{n} Q_{ij} - x_j - Qsnk_j = 0 \tag{8}$$

เมื่อ d_i = ปริมาณความต้องการน้ำในบัพ i

x_i = ปริมาณน้ำที่จัดสรรได้จากบัพ i

x_j = ปริมาณน้ำที่จัดสรรได้จากบัพ j

Q_{ij} = ปริมาณน้ำที่ไหลจากบัพ i ไปยังบัพ j

$Q\max_{ij}$ = ความจุคลองสูงสุดที่เชื่อมระหว่างบัพ i และ j

$Q\inf_j$ = ปริมาณน้ำภายนอกที่ไหลเข้าบัพ j

$Qsnk_j$ = ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากบัพ j

n = จำนวนพื้นที่ที่ต้องการรับน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากงานวิจัยต่างๆ ที่ได้กล่าวมาถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยบางชิ้นที่เป็นการหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อการจัดสรรน้ำ แต่งานวิจัยนี้มีข้อแตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆ กล่าวคือฟังก์ชันจุดประสงค์ที่นำมาพิจารณานั้น ได้มาจากการสอบถามวัตถุประสงค์ที่ต้องการในการจัดสรรน้ำของพื้นที่ศึกษานี้โดยเฉพาะจากผู้เกี่ยวข้องในหลายๆ ฝ่าย เช่น เจ้าหน้าที่จัดสรรน้ำและเกษตรกรผู้ใช้น้ำเป็นต้น จึงทำให้ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มีความใกล้เคียงต่อความต้องการจริงมากที่สุด

2.6.2 งานวิจัยที่เสนอกลวิธีต่าง ๆ เพื่อการจัดสรรน้ำ

กลวิธีที่ใช้ในการจัดสรรน้ำในงานวิจัยต่างๆ มีอยู่มากมายหลายวิธี เช่น Chang และ Moore [26] ได้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการจัดสรรน้ำจากเขื่อน 4 แห่งในกรณีที่เกิดภาวะขาดแคลนน้ำ ซึ่งระบบนี้ได้นำกฎขององค์ความรู้ (Rule knowledge) และความรู้แบบฮิวริสติก (Heuristic knowledge) จากผู้เชี่ยวชาญมาทำการพัฒนาระบบพร้อมกับได้ทำการสร้างแบบจำลองการหาค่าเหมาะสมที่สุด (Optimization model) Pallottino, Sechi และ Zuddas [24] ได้นำวิธีการวิเคราะห์สถานการณ์ (Scenario analysis) เข้ามาใช้ในการวางแผนและทำการจัดการระบบน้ำภายใต้ความไม่แน่นอน ซึ่งกระบวนการสโทแคสติก (Stochastic process) ไม่สามารถเข้ามาจัดการปัญหานี้ได้ เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลที่มากเกินไปหรือข้อมูลที่จำเป็นต่อการสร้างแบบจำลองมีไม่เพียงพอ

ในขณะที่ Sethi, Panda และ Nayak [19] ได้พัฒนากลยุทธ์เพื่อการจัดการที่ดินและน้ำระยะยาว โดยใช้วิธีตัวแบบเชิงกำหนด (Deterministic model) และแบบจำลองสโทแคสติก (Stochastic model) ซึ่งตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นเชิงกำหนด (Deterministic linear programming: DLP) และตัวแบบ Chance- constrained linear programming (CCLP) ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อหาค่าเหมาะสมที่สุดในการจัดสรรทรัพยากรที่ดินและน้ำโดยมีวัตถุประสงค์คือการหาค่าผลตอบแทนมากที่สุด (Maximum net benefit) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้โครงการชลประทานในประเทศไทยเป็นกรณีศึกษาด้วย โดย จักรพงษ์ และ สุวัฒนา [6] ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการค้นหาคำตอบโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อการจัดการอ่างเก็บน้ำ ซึ่งใช้วิธีการเข้ารหัสโครโมโซมแบบตัวเลขจำนวนจริงแทนการเข้ารหัสแบบไบนารีบิตสตริง โดยผลการศึกษาพบว่ากระบวนการปรับปรุงสามารถทำให้เกิดการลู่เข้าของคำตอบเร็วขึ้นกว่าเดิมและใช้เวลาในการคำนวณน้อยลง

นอกจากวิธีการต่างๆ ที่ได้ยกตัวอย่างมา กำหนดการเชิงเส้นก็เป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการออกแบบระบบทางด้านการเกษตรและระบบอื่นๆ อย่างมากมายโดยเฉพาะระบบชลประทานในประเทศออสเตรเลีย แต่การใช้กำหนดการเชิงเส้นในการสร้างฟังก์ชันความต้องการน้ำและปริมาณน้ำที่ต้องจัดสรรดูเหมือนจะไม่ราบลื่น ดังนั้น Howitt [16] จึงได้เสนอวิธีกำหนดการเชิงกำลังสองเชิงเพื่อใช้แทนที่วิธีกำหนดการเชิงเส้นที่มีความซับซ้อน ซึ่งตัวแบบกำลังสองนี้ง่ายต่อการทำและให้ผลลัพธ์ที่ดีโดย Howitt เรียกวิธีการนี้ว่า กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์เชิงบวก (Positive mathematical programming) ต่อมา Hall [22] ก็ได้นำวิธีของ Howitt มาใช้ในการพัฒนาตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นของการทดน้ำเพื่อการเกษตรที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำเซาท์เธิร์นเมอเรย์ดาร์ลิง (Southern Murray- Darling Basin) ในประเทศออสเตรเลีย โดยจากการทดลองพบว่า

กำหนดการเชิงกำลังสองนั้นดีกว่ากำหนดการเชิงเส้นในเรื่องของขนาดตัวแบบที่เล็กกว่าและยังง่ายต่อการทำให้เป็นผลสำเร็จอีกทั้งผลลัพธ์ที่ได้ไม่มีความแตกต่างจากการใช้กำหนดการเชิงเส้น

2.6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ

Cortés, Sànchez-marrè และ Ceccaroni [27] ได้กล่าวถึงการนำวิธีการต่างๆ ทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence techniques) เข้ามาใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่จัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental decision support system: EDSS) โดยได้ทำการแบ่งประเภทของกลวิธีทางปัญญาประดิษฐ์ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้ การแปลข้อมูลและการทำเหมืองข้อมูล (Data interpretation and data mining techniques) การวินิจฉัยปัญหา (Problem diagnosis techniques) และการสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision support techniques)

จากการศึกษาพฤติกรรมการใช้น้ำในครัวเรือน Makoni, Manase และ Ndamba [15] และ Nyong และ Kanaroglou [10] พบว่าผู้หญิงมีพฤติกรรมการใช้น้ำมากกว่าผู้ชายเนื่องมาจากปัจจัยการดำเนินชีวิตต่างๆ ส่วน Carter และ Elsner [20] ได้นำหลักทางสถิติมาทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนโดยใช้การจำแนกแบบโครงสร้างต้นไม้ร่วมกับการวิเคราะห์ดิสคริมิแนนต์ (Discriminant analysis) มาทำการพยากรณ์

สำหรับปัญหาที่เกิดจากวิธีการอนุมานแบบรวมค่าน้ำหนักของปัญหาที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์ 2 ฟังก์ชันที่มีกลุ่มคำตอบไม่เป็นคอนเวกซ์ สามารถใช้วิธีการอนุมานแบบปรับค่าน้ำหนักรวมในปัญหาที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์ 2 ฟังก์ชัน (Bi-objective adaptive weighted sum method) ในการหาผลลัพธ์ได้ แต่เนื่องจากกลวิธีดังกล่าวสามารถใช้ได้กับปัญหาที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์ 2 ฟังก์ชันเท่านั้น Kim และ Weck [17] จึงได้ทำการพัฒนาวิธีการอนุมานแบบปรับค่าน้ำหนักรวมในปัญหาที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์ 2 ฟังก์ชันให้สามารถใช้แก้ปัญหาที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์มากกว่า 2 ฟังก์ชันขึ้นไปได้ โดยเรียกวิธีนี้ว่าวิธีการอนุมานแบบปรับค่าน้ำหนักรวมในปัญหาที่มีฟังก์ชันจุดประสงค์หลายฟังก์ชัน (Multiobjective adaptive weighted sum method)

บทที่ 3

หลักการและทฤษฎีที่ใช้

ฟังก์ชันจุดประสงค์มีความสำคัญต่อการพัฒนาระบบหนึ่งๆ เป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นสิ่งที่ใช้กำหนดว่าต้องการพัฒนาระบบนั้นให้เป็นไปในทิศทางใด ต้องการทำเพื่ออะไร ดังนั้นเพื่อให้ปริมาณน้ำที่จัดสรรเกิดความเหมาะสมตามความต้องการ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการเลือกฟังก์ชันจุดประสงค์ตามความต้องการของผู้ใช้งานและทำให้ได้ฟังก์ชันจุดประสงค์ 2 ฟังก์ชัน ได้แก่ ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ให้ได้รับผลตอบแทนสูงสุด และเพื่อให้เกิดความขาดแคลนอย่างเท่าเทียมกัน นอกจากนี้ปริมาณฝนก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าฟังก์ชันจุดประสงค์ ซึ่งปริมาณฝนนอกจากจะมีความสำคัญต่อการหาความต้องการน้ำที่แท้จริงแล้ว ยังใช้เพื่อหาปริมาณน้ำท่า และปริมาณน้ำที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ดังต่อไปนี้

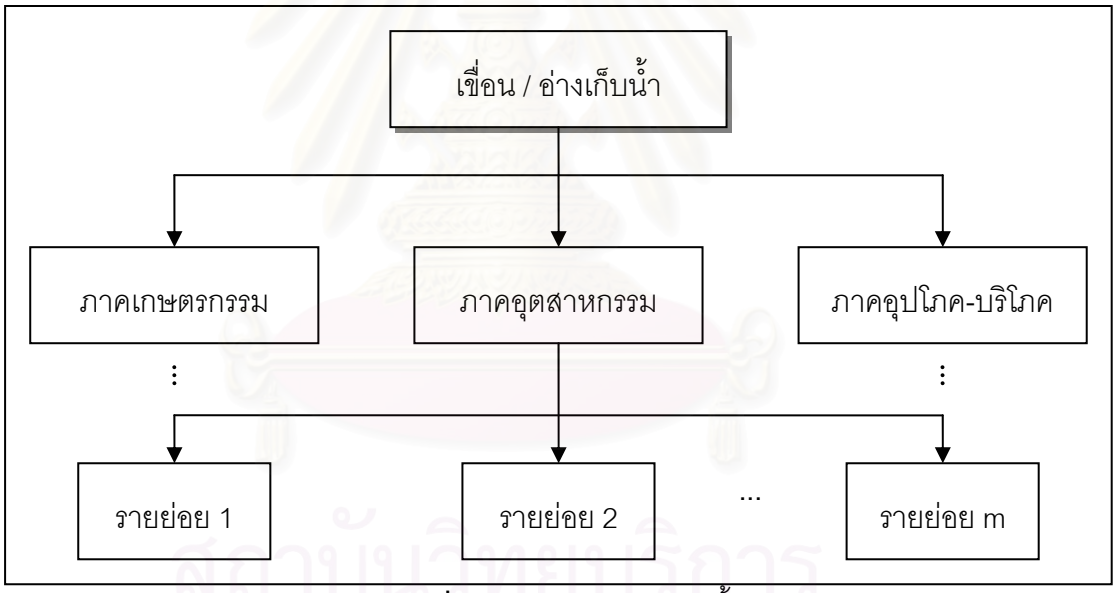
3.1 ความต้องการน้ำ

การพัฒนาระบบจัดสรรน้ำหนึ่งๆ ตัวแปรมากมายจะถูกนำมาพิจารณาโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณน้ำต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นน้ำต้นทุนในเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ หรืออาจจะเป็นปริมาณน้ำอื่นๆ ที่ถูกนำเข้ามาใช้เพื่อเสริมการชลประทาน และนอกจากนี้ปริมาณความต้องการน้ำก็เป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญที่ถูกพิจารณาในลำดับต้นๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ให้ความสำคัญต่อการหาปริมาณความต้องการน้ำในผู้ใช้น้ำรายย่อย ซึ่งจะทำให้การจัดสรรน้ำเป็นไปอย่างยุติธรรมและประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นตามความต้องการน้ำที่แท้จริง

ปริมาณความต้องการน้ำที่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้มาจากพื้นที่ชลประทาน 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และอุปโภค-บริโภค (ครัวเรือน) งานวิจัยนี้ได้เลือกจังหวัดระยองเป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากจังหวัดระยองเป็นพื้นที่ที่เป็นเขตอุตสาหกรรมที่สำคัญเขตหนึ่งของประเทศซึ่งเต็มไปด้วยโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย และนอกจากจะเป็นการเติบโตของภาคอุตสาหกรรมแล้วจังหวัดระยองก็ยังมีชื่อเสียงทางด้านการเกษตรกรรมสวนผลไม้และสวนยางพาราอีกด้วย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ประชากรจากหลากหลายพื้นที่หลั่งไหลเข้าไปประกอบอาชีพเป็นจำนวนมากประกอบกับจำนวนนักท่องเที่ยวที่เพิ่มมากขึ้นที่เดินทางไปท่องเที่ยวยังแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ ภายในจังหวัด จึงทำให้ธุรกิจการท่องเที่ยวและโรงแรมเติบโตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้จังหวัดระยองจึงเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมเพื่อใช้เป็นพื้นที่ศึกษาเนื่องจากมีความ

เจริญทางอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมอย่างทัดเทียมกัน จึงทำให้ปริมาณน้ำความต้องการน้ำในภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรมและอุปโภค-บริโภคเป็นไปอย่างชัดเจน

ปริมาณความต้องการน้ำที่ถูกนำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้เป็นปริมาณน้ำที่ได้จากกลุ่มผู้ใช้รายย่อย ซึ่งในการชลประทานทั่วไปนั้นจะพิจารณาเพียงแค่พื้นที่หลัก (ในที่นี้ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และอุปโภคบริโภค) ว่าควรส่งน้ำให้แต่ละส่วนเท่าใด ซึ่งอาจจะทำให้ผู้ใช้น้ำรายย่อยในพื้นที่หลักแต่ละประเภทอาจจะไม่ได้รับปริมาณน้ำที่เหมาะสมตามที่ต้องการ ดังนั้นเพื่อให้ผู้ใช้รายย่อยได้รับปริมาณน้ำที่เหมาะสมตามความต้องการ งานวิจัยนี้จึงได้พิจารณาการจัดสรรน้ำเพื่อผู้ใช้รายย่อย ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้น้ำเกิดความพึงพอใจและได้รับความยุติธรรมและยังอาจส่งผลให้ปริมาณผลผลิตหรือผลกำไรมีเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย โดยงานวิจัยนี้ได้พิจารณาว่าพื้นที่หลักแต่ละส่วนสามารถมีพื้นที่ย่อยได้มากกว่า 1 พื้นที่ โดยรูปแบบที่ใช้ในการหาปริมาณความต้องการน้ำในผู้ใช้รายย่อยได้ถูกแสงไว้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการจัดสรรน้ำ

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าพื้นที่หลักทั้ง 3 แต่ละพื้นที่สามารถมีพื้นที่ย่อยได้มากกว่า 1 พื้นที่ ดังเช่นพื้นที่อุตสาหกรรมก็สามารถมีพื้นที่อุตสาหกรรมทั้งหมด n พื้นที่ ซึ่งการจัดสรรน้ำโดยทั่วไปจะไม่พิจารณาการจัดสรรน้ำให้รายย่อย โดยจะพิจารณาการส่งน้ำไปยังพื้นที่หลักเพียงเท่านั้น

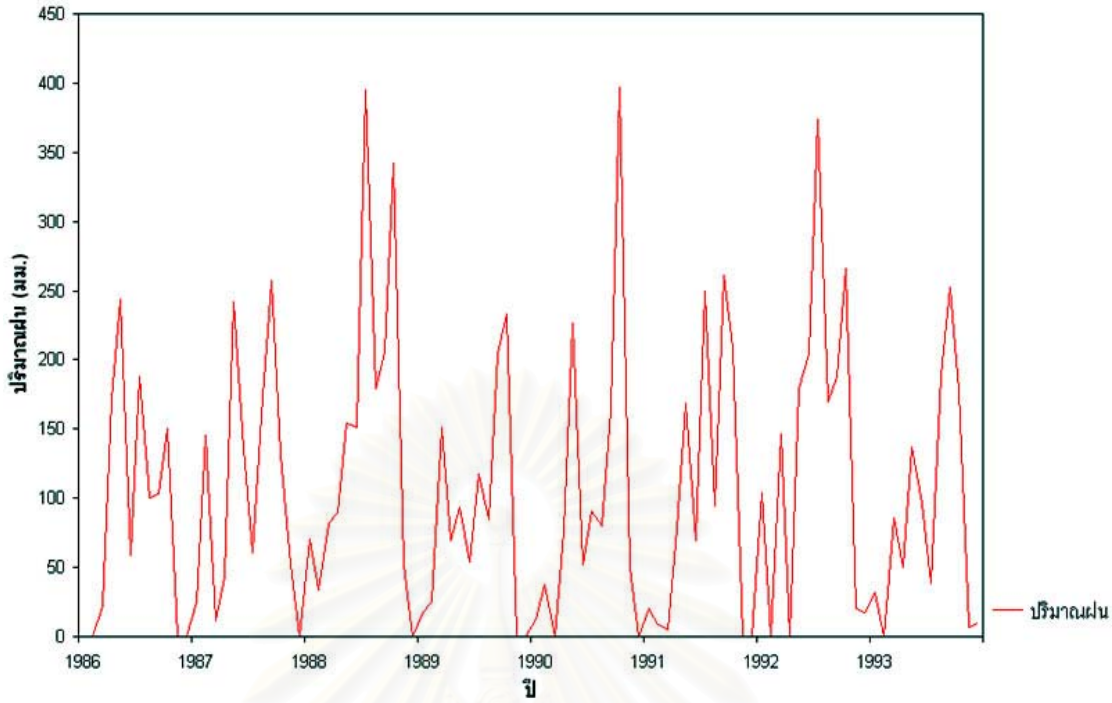
ในการหาปริมาณความต้องการน้ำสุทธิสามารถหาได้จากสมการที่ 9 โดยปริมาณฝนจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

ปริมาณความต้องการน้ำเกษตรสุทธิ = ปริมาณความต้องการน้ำ – ปริมาณฝนใช้การ (9)

3.2 การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน

นอกเหนือจากปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ต่างๆ แล้ว ปริมาณน้ำฝนก็เป็นอีกสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเช่นเดียวกัน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนนั้นก็ถือได้ว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญอีกแหล่งหนึ่งนอกเหนือจากปริมาณน้ำชลประทานที่ได้จากเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูมรสุม (ฤดูฝน) ปริมาณน้ำที่ส่งไปทำการชลประทานนั้นเป็นเพียงปริมาณน้ำที่ส่งไปเพิ่มเติมส่วนที่ขาดเนื่องจากปริมาณน้ำฝนมีไม่เพียงพอเท่านั้น โดยการชลประทานประเภทนี้จะถูกเรียกว่า “การชลประทานชนิดเสริม” [3] สำหรับประเทศไทยฤดูฝนจะเริ่มต้นจากเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม และฤดูแล้งจะอยู่ในช่วงเดือน พฤศจิกายน – เมษายน ของทุกปี และเนื่องจากปริมาณฝนจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาหรือฤดูกาล ดังนั้นฤดูกาลจึงมีอิทธิพลต่อการตกของฝน ในอีกด้านหนึ่งเนื่องจากสภาพอากาศมีความไม่แน่นอนจึงอาจส่งผลให้ในบางช่วงบางปีมีฝนปริมาณน้อยกว่าปกติจนไม่เพียงพอต่อความต้องการ หรืออาจจะเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมเพราะฝนตกหนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำข้อมูลปริมาณฝนในจังหวัดระยองซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาตั้งแต่ปี 2517 – 2543 มาทำการสร้างตัวแบบพยากรณ์เพื่อใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่คาดว่าจะตกในอนาคต

การสร้างตัวแบบสมการเพื่อการพยากรณ์น้ำฝนในงานวิจัยนี้ได้เลือกตัวแบบการพยากรณ์ของ บอกซ์เจนคินส์ (Box - Jenkins) [8], [5], [12] โดยตัวแบบการพยากรณ์ชนิดนี้มีข้อดีคือสามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวทุกประเภทและยังมีความแม่นยำในการพยากรณ์ ซึ่งวิธีการของบอกซ์เจนคินส์จะทำการกำหนดตัวแบบให้กับอนุกรมเวลา โดยสามารถแบ่งอนุกรมเวลาได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่อนุกรมเวลาแบบคงที่ (Stationary time series) และอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ (Nonstationary time series) โดยอนุกรมเวลาแบบคงที่จะอยู่ในกลุ่มของตัวแบบการถดถอยในตัวเองและค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Auto regressive and moving average model: ARMA) และจะอยู่ในกลุ่มของตัวแบบการถดถอยในตัวเองรวมการเฉลี่ยเคลื่อนที่เมื่อเป็นอนุกรมเวลาแบบไม่คงที่ (Auto regressive integrated moving average model: ARIMA)



รูปที่ 3.2 ปริมาณน้ำฝนปี 2529 - 2536

จากรูปที่ 3.2 ได้แสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนบางส่วนในจังหวัดระยองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529 – 2536 จะเห็นได้ว่าอนุกรมเวลาของปริมาณฝนไม่คงที่หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เปลี่ยนไป ดังนั้นจึงเลือกใช้ตัวแบบการถดถอยในตัวเองรวมการเฉลี่ยเคลื่อนที่เป็นตัวแบบเพื่อใช้สร้างสมการพยากรณ์ สำหรับตัวแบบการถดถอยในตัวเองรวมการเฉลี่ยเคลื่อนที่นี้สามารถแบ่งออกได้หลายประเภท แต่เนื่องจากอนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนเป็นอนุกรมเวลาที่มีความแปรผันตามฤดูกาลหรืออาจกล่าวได้ว่าฤดูกาลได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการตกของฝน ดังนั้นตัวแบบที่นำมาใช้สร้างตัวแบบพยากรณ์จึงได้แก่ตัวแบบการถดถอยในตัวเองรวมการเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่มีความแปรผันตามฤดูกาล (Seasonal auto regressive integrated moving average model: SARIMA) ซึ่งใช้สร้างตัวแบบพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่และมีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องและข้อมูลมีลักษณะซ้ำกันเป็นช่วงทุกช่วงเวลาหนึ่งๆ (Periodic) โดยตัวแบบ SARIMA นี้มี P, D และ Q เป็นอันดับของตัวแบบและมี L เป็นช่วงเวลาที่ข้อมูลมีลักษณะซ้ำกัน (SARIMA $(P, D, Q)_L$) โดย P เป็นอันดับของตัวแบบถดถอยในตัวเองที่มีฤดูกาล (Seasonal auto regressive) D เป็นจำนวนครั้งที่หาผลต่างเพื่อทำให้อนุกรมเวลาคงที่ และ Q เป็นอันดับของตัวแบบเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่มีฤดูกาล (Seasonal Moving Average) และเนื่องจากอนุกรมเวลาของปริมาณฝนจะมีลักษณะการซ้ำของข้อมูลทุกๆ 12 เดือน ดังนั้นความยาวช่วงจึงมีค่าเท่ากับ 12 (L= 12) ดังนั้นตัวแบบที่ใช้ใน

การพยากรณ์ปริมาณฝนจึงเป็น SARIMA $(1, 1, 0)_{12}$ โดยตัวแบบของ SARIMA $(P, D, Q)_L$ เป็นดังนี้

$$(1-B^L)^D(1-\phi_1 B^L-\phi_2 B^{2L}-\ldots-\phi_p B^{pL})y_t=\theta_0+(1-\theta_1 B^L-\theta_2 B^{2L}-\ldots-\theta_q B^{qL})\varepsilon_t$$

โดย B เป็นตัวแบ็คชิฟต์ (Backshift) y_t คือค่าสังเกตการณ์ที่เวลา t θ_0 คือค่าคงที่ ϕ_1 คือพารามิเตอร์ของตัวแบบถดถอย (AR_i เมื่อ $i=0, 1, 2, \ldots, p$) θ_1 คือพารามิเตอร์ของตัวแบบเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Ma_i เมื่อ $i=0, 1, 2, \ldots, q$) และ ε_t คือค่าความคลาดเคลื่อนที่เวลา t โดยที่ $B^p y_t = y_{t-p}$ และ $B^q \varepsilon_t = \varepsilon_{t-q}$

และเนื่องจากเป็นตัวแบบ SARIMA $(1, 1, 0)_{12}$ และมี ϕ_1 = -0.29231 และ θ_1 = -0.10295 จึงทำให้ได้

$$\begin{aligned}
&(1-B^{12})(1-\phi_1 B^{12})y_t=\theta_0+\varepsilon_t\\
&y_t-B^{12}y_t-\phi_1 B^{12}y_t+\phi_1 B^{24}y_t=\theta_0+\varepsilon_t\\
&y_t=y_{t-12}+\phi_1 y_{t-12}-\phi_1 y_{t-24}+\theta_0+\varepsilon_t\\
&y_t=y_{t-12}-0.29231y_{t-12}+0.29231y_{t-24}-0.10295+\varepsilon_t \qquad (10)
\end{aligned}$$

สำหรับค่าปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการพยากรณ์นี้จะอยู่ในหน่วยมิลลิเมตร ดังนั้นเวลาที่จะนำค่าของปริมาณฝนไปใช้ จึงต้องคูณด้วยเนื้อที่ของพื้นที่ชลประทานที่กำลังพิจารณาอยู่ในขณะนั้น (ปริมาณน้ำฝน (มม.) x พื้นที่ชลประทาน (ตร.ม.)) และถึงแม้ว่าจะได้ปริมาณน้ำฝนแล้วก็ตาม ปริมาณน้ำฝนที่ได้นี้ยังไม่สามารถนำไปใช้ได้ในทันทีเนื่องจากในพื้นที่เกษตรกรรมพืชไม่สามารถนำน้ำฝนทั้งหมดไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ทั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ จึงต้องนำไปคูณด้วย 0.6 เพื่อให้ได้ปริมาณฝนใช้การที่แท้จริง (ปริมาณฝนใช้การจะมีค่าประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด [2])

จากผลการพยากรณ์ที่ได้จึงได้นำมาทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative error) [28] ซึ่งเป็นการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ได้จากกระบวนการพยากรณ์ โดยมีสมการที่ใช้หาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ดังสมการต่อไปนี้

$$RE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(\hat{R}_t - R_t)^2}{\sum_{i=1}^{n} R_t^{\,2}}} \times 100 \qquad (11)$$

เมื่อ R_t คือข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่เวลา t

$\hat{R}_t$ คือผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่เวลา t

n คือจำนวนข้อมูลปริมาณฝน

3.3 การประมาณปริมาณน้ำอื่น ๆ

นอกจากปริมาณความต้องการน้ำของผู้ใช้และปริมาณน้ำฝนแล้ว ยังมีปริมาณน้ำอื่นๆ ที่ต้องนำมาพิจารณาเพื่อให้ได้ปริมาณความต้องการน้ำสุทธิและปริมาณน้ำในเขื่อนสุทธิที่ใช้จัดสรรไปยังพื้นที่ต่างๆ ดังนี้

3.3.1 น้ำท่า

น้ำท่าเป็นปริมาณน้ำอีกค่าหนึ่งที่มีความสำคัญต่อระบบจัดสรรน้ำ น้ำท่าคือปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาแล้วไหลลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งอาจเป็นเขื่อน อ่างเก็บน้ำ หรือแม่น้ำลำคลอง โดยน้ำท่านี้จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนและพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งสมการที่ใช้คำนวณปริมาณน้ำท่าเป็นดังสมการที่ 12

น้ำท่า = (สัมประสิทธิ์น้ำท่าต่อน้ำฝน x ปริมาณฝน x พื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำ)
+ (สัมประสิทธิ์น้ำท่าต่อน้ำฝน x ปริมาณฝน x พื้นที่รับน้ำ) (12)

โดยค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าต่อน้ำฝนได้จากการกรอกข้อมูลของเจ้าหน้าที่โดยค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าต่อน้ำฝนในพื้นที่ผิวของอ่างเก็บน้ำและพื้นที่รับน้ำไม่จำเป็นต้องมีค่าเท่ากันเสมอไป และปริมาณฝนคือ ปริมาณน้ำฝนที่คาดว่าจะตกในอนาคตที่ได้จากการพยากรณ์ในหัวข้อที่ 3.2 และพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำได้จากตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของระดับน้ำ พื้นที่ผิวและความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล

ระดับน้ำ (ม.)	พื้นที่ผิว (ตร.กม.)	ความจุอ่างเก็บน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)
6.00	0.000	0.000
28.00	0.322	0.322
30.00	1.476	2.120
31.00	2.630	4.173
32.00	3.784	7.380
33.00	4.696	11.620
34.00	5.607	16.771
35.00	6.321	22.735
36.00	7.035	29.413
37.00	8.795	37.328
38.00	10.555	47.003
39.00	12.531	58.546
40.00	14.507	72.065
41.00	15.838	87.237
42.00	17.168	103.740
43.00	19.052	121.850
44.00	20.935	141.843
45.00	22.888	163.755
46.00	24.841	187.619
47.00	27.249	213.664
48.00	29.657	242.117
50.00	33.569	305.343

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ของระดับน้ำ พื้นที่ผิวและความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำดอกกราย

ระดับน้ำ (ม.)	พื้นที่ผิว (ตร.กม.)	ความจุอ่างเก็บน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)
34.00	0.00	0.00
38.00	0.70	1.00
40.00	1.21	3.00
42.00	2.30	6.00
44.00	3.40	11.50
46.00	4.90	20.00
48.00	6.50	31.00
50.00	8.30	46.00
52.60	11.00	71.40
53.30	12.00	82.00
54.00	12.75	90.00

3.3.2 น้ำอนุรักษ์และปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องอยู่ในเขื่อน

น้ำอนุรักษ์คือปริมาณน้ำที่ส่งไปเป็นน้ำนอนคลองเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมหรืออาจเป็นน้ำที่ระบายทิ้ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ปริมาณน้ำอนุรักษ์มีปริมาณ 1,000,000 ลบ.ม. ต่อเดือนทั้งในอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลและอ่างเก็บน้ำดอกกราย [2]

สำหรับปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องอยู่ในเขื่อนก็เป็นปริมาณน้ำที่จะต้องกักเก็บอยู่ในเขื่อนไม่สามารถใช้จัดสรรเพื่อประชาชนได้ โดยปริมาณน้ำในส่วนนี้เจ้าหน้าที่จะเป็นผู้กรอกข้อมูลเอง

3.3.3 ปริมาณน้ำที่จัดสรรได้ทั้งหมดในเขื่อน

จากที่ได้กล่าวถึงปริมาณน้ำต่างๆ ที่จำเป็นต่อการคำนวณการจัดสรรน้ำ ปริมาณน้ำสุทธิที่สามารถทำการจัดสรรออกจากอ่างได้สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

ปริมาณน้ำสุทธิ = ปริมาณน้ำในเขื่อน + ปริมาณฝนเหนือเขื่อน + ปริมาณน้ำท่า
– ปริมาณน้ำต่ำสุดที่อยู่ในเขื่อน – ปริมาณน้ำอนุรักษ์ (13)

3.3.4 ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ทำการชลประทาน

การใช้น้ำของพืชชนิดหนึ่งจะเปลี่ยนไปได้ตามสภาพอากาศ นอกจากนี้การให้น้ำแก่พืชอาจมีน้ำที่อาจสูญหายไปเนื่องจากการรั่วซึมลึกลงไปใต้ดินโดยที่พืชไม่ได้รับประโยชน์จากน้ำนั้นเลย จึงทำให้ปริมาณน้ำที่ใช้ทำชลประทานเป็นดังสมการที่ 14

ปริมาณน้ำที่ใช้ทำชลประทาน = ปริมาณน้ำที่สูญหายไปเพราะการระเหยและรั่วซึม
+ ปริมาณน้ำที่พืชใช้จริง (14)

สำหรับการส่งน้ำในฤดูฝนนั้นเรียกว่า การชลประทานชนิดเสริม (Supplementary irrigation) โดยน้ำฝนส่วนหนึ่งที่ตกบนแปลงปลูกพืชจะเป็นประโยชน์แก่พืชแทนน้ำชลประทานจะเรียกว่าฝนใช้การ (Effective rainfall)

ปริมาณน้ำที่ใช้ทำชลประทานชนิดเสริม = ปริมาณน้ำที่ใช้ทำชลประทาน – ฝนใช้การ (15)

3.3.5 ประสิทธิภาพการชลประทาน

การส่งน้ำจากแม่น้ำที่หัวงานของโครงการชลประทานไปตามคลองส่งน้ำจนถึงแปลงเพาะปลูก และเข้าไปขังในเขตรากพืชตามปริมาณที่ต้องการนั้น จะมีการสูญเสียน้ำส่วนหนึ่งไปอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งในปัจจุบันนิยมวัดในรูปแบบของประสิทธิภาพของการชลประทาน (Irrigation efficiency) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำสุทธิที่ต้องการ (Net water requirement) ต่อปริมาณน้ำที่ต้องส่งจากหัวงาน (Gross water application) ซึ่งการวัดประสิทธิภาพของการชลประทานสามารถทำได้ดังสมการที่ 16

$$E_i = \frac{W_n}{W_g} \quad (16)$$

เมื่อ E_i = ประสิทธิภาพของการชลประทาน (Irrigation efficiency)

W_n = ปริมาณน้ำสุทธิที่ต้องการ (Net water requirement)

W_g = ปริมาณน้ำที่ต้องเข้าสู่ระบบส่งน้ำ (Gross water application)

ประสิทธิภาพการชลประทานอาจแยกคิดจากประสิทธิภาพของแต่ละส่วนได้ เช่น ประสิทธิภาพของการส่งน้ำ (Conveyance efficiency) ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (Field canal efficiency) และประสิทธิภาพการให้น้ำ (Application efficiency) เป็นต้น แล้วจึงนำประสิทธิภาพที่ได้นั้นมาคูณเข้าด้วยกันเป็นประสิทธิภาพในจุดที่ต้องการทราบ ดังนี้

ประสิทธิภาพการให้น้ำ $$E_a = \frac{W_n}{W_p} \quad (17)$$

ประสิทธิภาพของคูน้ำ $$E_b = \frac{W_p}{W_f} \quad (18)$$

ประสิทธิภาพของการส่งน้ำ $$E_c = \frac{W_f}{W_g} \quad (19)$$

ประสิทธิภาพการชลประทานทั้งหมด $$E_s = E_a \times E_b \times E_c \quad (20)$$

เมื่อ W_f = ปริมาณน้ำที่ได้รับที่แปลงเพาะปลูก

W_g = ปริมาณน้ำที่ต้องส่งเข้าระบบส่งน้ำ

W_n = ปริมาณน้ำสุทธิที่ต้องการ

W_p = ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าแปลงเพาะปลูก

3.4 ฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด

ฟังก์ชันจุดประสงค์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้รับผลตอบแทนสูงสุด [13], [21] โดยได้ถูกแสดงไว้ในรูปของอัตราส่วนของผลรวมของผลตอบแทน (ผลคูณระหว่างผลรวมของปริมาณน้ำที่ถูกจัดสรรกับผลตอบแทนสุทธิ (Net economic return: NER)) กับผลรวมของผลตอบแทนสูงสุดที่ได้รับ ซึ่งความสัมพันธ์นี้มีรูปแบบความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้น โดยสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ส่งไปเพื่อการชลประทานกับผลตอบแทนที่ได้รับเป็นดังสมการต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$MaxZ_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i \times NER_i)}{AW \times NER_{\max}} \quad (21)$$

เมื่อ x_i คือปริมาณน้ำที่ถูกจัดสรรไปยังพื้นที่ i (ลบ.ม./ เดือน) NER_i คือผลตอบแทนต่อปริมาณน้ำหนึ่งหน่วยในพื้นที่ i (บาท/ ลบ.ม./ เดือน) AW คือปริมาณน้ำที่สามารถจัดสรรออกจากเขื่อน (ลบ.ม./ เดือน) และ NER_{max} คือผลตอบแทนสูงสุดในบรรดาพื้นที่จัดสรรน้ำทั้งหมด (บาท/ ลบ.ม./ เดือน) และ n คือจำนวนพื้นที่ที่ต้องการการจัดสรรน้ำ

3.5 ฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อให้เกิดความขาดแคลนอย่างเท่าเทียมกัน

ความยุติธรรมในการจัดสรรน้ำเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งอันจะทำให้เกิดความเท่าเทียมกัน ซึ่งฟังก์ชันจุดประสงค์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความขาดแคลนน้ำอย่างเท่าเทียมกันระหว่างพื้นที่รับน้ำในทุกพื้นที่ โดยถูกแสดงในรูปของอัตราส่วนของปริมาณความขาดแคลนต่อปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่หนึ่งๆ ดังสมการที่ 22

$$MinZ_2 = \sum_{i=1}^{n}\frac{(d_i - x_i)^2}{d_i^2} \quad (22)$$

เมื่อ d_i คือปริมาณความต้องการน้ำของพื้นที่ i (ลบ.ม./ เดือน) x_i คือปริมาณน้ำที่จัดสรรไปยังพื้นที่ i (ลบ.ม./ เดือน) และ n คือจำนวนพื้นที่ที่ต้องการการจัดสรรน้ำ

3.6 เงื่อนไขบังคับ

ฟังก์ชันจุดประสงค์ทั้ง 2 ฟังก์ชันนี้มีเงื่อนไขบังคับ 3 ฟังก์ชันที่ต้องพิจารณาดังนี้

3.6.1 ข้อจำกัดด้านปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่สามารถจัดสรรได้

ผลรวมปริมาณน้ำที่ถูกจัดสรรไปยังพื้นที่ทั้งหมดจะต้องไม่มากกว่าปริมาณน้ำที่เขื่อนสามารถจัดสรรให้ได้

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \le AW \tag{23}$$

3.6.2 ข้อจำกัดด้านผลตอบแทน

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ถูกจัดสรรและผลตอบแทนในสมการที่ 21 มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นซึ่งอาจจะไม่เป็นจริงเสมอไป โดยเฉพาะเมื่อปริมาณน้ำที่ถูกจัดสรรมีปริมาณมากกว่าความต้องการ ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจากน้ำท่วม ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจึงกำหนดให้ค่าผลตอบแทน (NER) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ $d_i \times NER_i$ เมื่อปริมาณน้ำที่ถูกจัดสรรไม่มากกว่าปริมาณความต้องการ และผลตอบแทนยังคงมีค่าเท่าเดิมเมื่อปริมาณน้ำที่ถูกจัดสรรไม่มากกว่าปริมาณความต้องการ ดังสมการที่ 24

$$x_i \times NER_i = \begin{cases} x_i \times NER_i & ; x_i \le d_i \\ d_i \times NER_i & x_i > d_i \end{cases} \tag{24}$$

3.6.3 ข้อจำกัดอื่น ๆ ที่มีค่าไม่เป็นลบ

ปริมาณน้ำที่ถูกจัดสรรและปริมาณความต้องการน้ำจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าศูนย์ดังอสมการที่ 25

$$x_i \ge 0,$$
$$d_i \ge 0 \tag{25}$$

3.7 การรวมฟังก์ชันจุดประสงค์

เนื่องจากการพัฒนาระบบการจัดสรรน้ำในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยฟังก์ชันจุดประสงค์ 2 ฟังก์ชัน วิธีอนุมานรวมค่าน้ำหนัก (Weighted sum method) จึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อรวมฟังก์ชันจุดประสงค์ทั้ง 2 ฟังก์ชันให้เป็นฟังก์ชันเดียว โดยแต่ละฟังก์ชันจะถูกคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนักซึ่งสามารถกำหนดได้ว่าต้องการให้ฟังก์ชันใดมีความสำคัญมากกว่ากัน การกำหนดความสำคัญให้แต่ละฟังก์ชันจุดประสงค์สามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนักที่คูณอยู่นี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$Z = (w_1 \times Z_1) - (w_2 \times Z_2) \quad (26)$$

สมการที่ 26 เป็นสมการที่ได้จากการรวมฟังก์ชันจุดประสงค์ทั้ง 2 ฟังก์ชันให้เป็นฟังก์ชันเดียวโดยวิธีการอนุมานรวมค่าน้ำหนัก โดยที่ w_1 และ w_2 คือค่าถ่วงน้ำหนักที่ให้แก่ฟังก์ชันจุดประสงค์ Z_1 และ Z_2 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

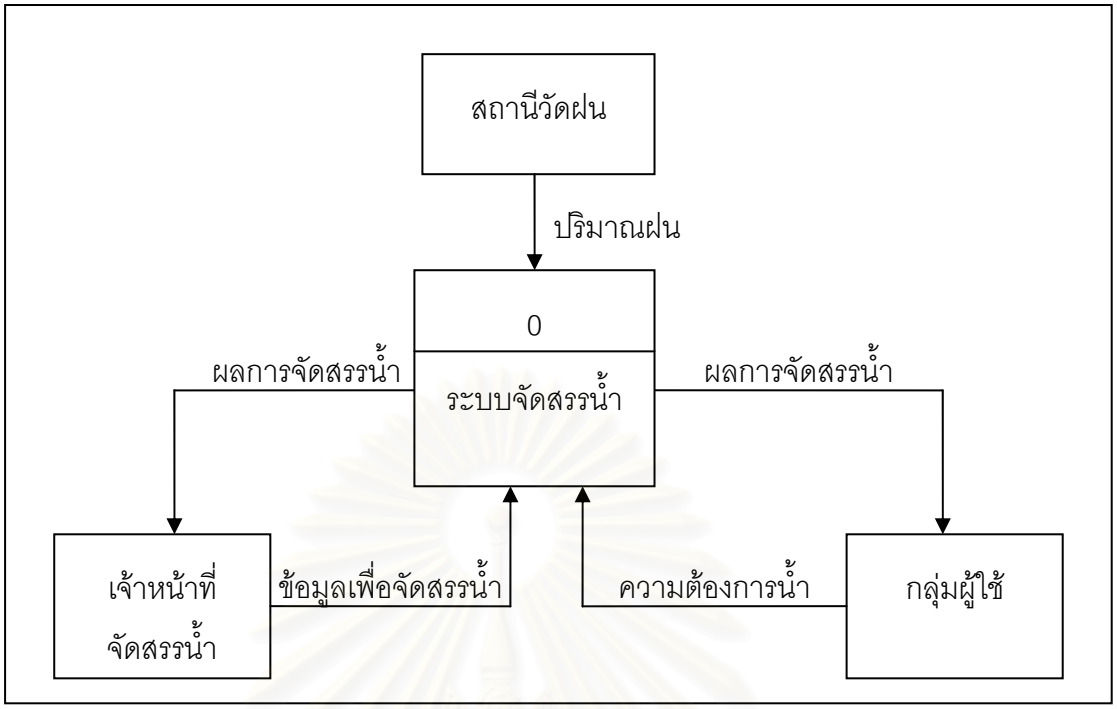
การวิเคราะห์และออกแบบ
ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรน้ำที่เหมาะสุด

การจัดการระบบการจัดสรรน้ำในส่วนของการดำเนินการจำเป็นต้องศึกษาถึงกระบวนการตลอดจนขั้นตอนต่างๆ ของระบบการจัดสรรน้ำ ได้แก่ การศึกษาข้อมูล กระบวนการการจัดสรรน้ำ โดยจะทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาระบบ ซึ่งรวมไปถึงระบบการจัดการฐานข้อมูลด้วย โดยการทำงานของระบบจะสามารถเขียนในรูปของแผนภาพกระแสข้อมูล (Dataflow diagram) โดยแผนภาพกระแสข้อมูลคือเครื่องมือที่ใช้ในการเขียนขั้นตอนการทำงานของระบบ เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจต่อขั้นตอนการออกแบบและการทำงานของระบบได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยขั้นตอนการออกแบบระบบการจัดสรรน้ำสามารถเขียนในรูปแผนภาพกระแสข้อมูลได้ดังต่อไปนี้

4.1 แผนภาพบริบท (Context diagram)

แผนภาพบริบทเป็นการแสดงถึงขั้นตอนการทำงานภาพใหญ่ของระบบโดยรวม ว่ามีสิ่งใดที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อการทำงานของระบบบ้าง ดังรูปที่ 4.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



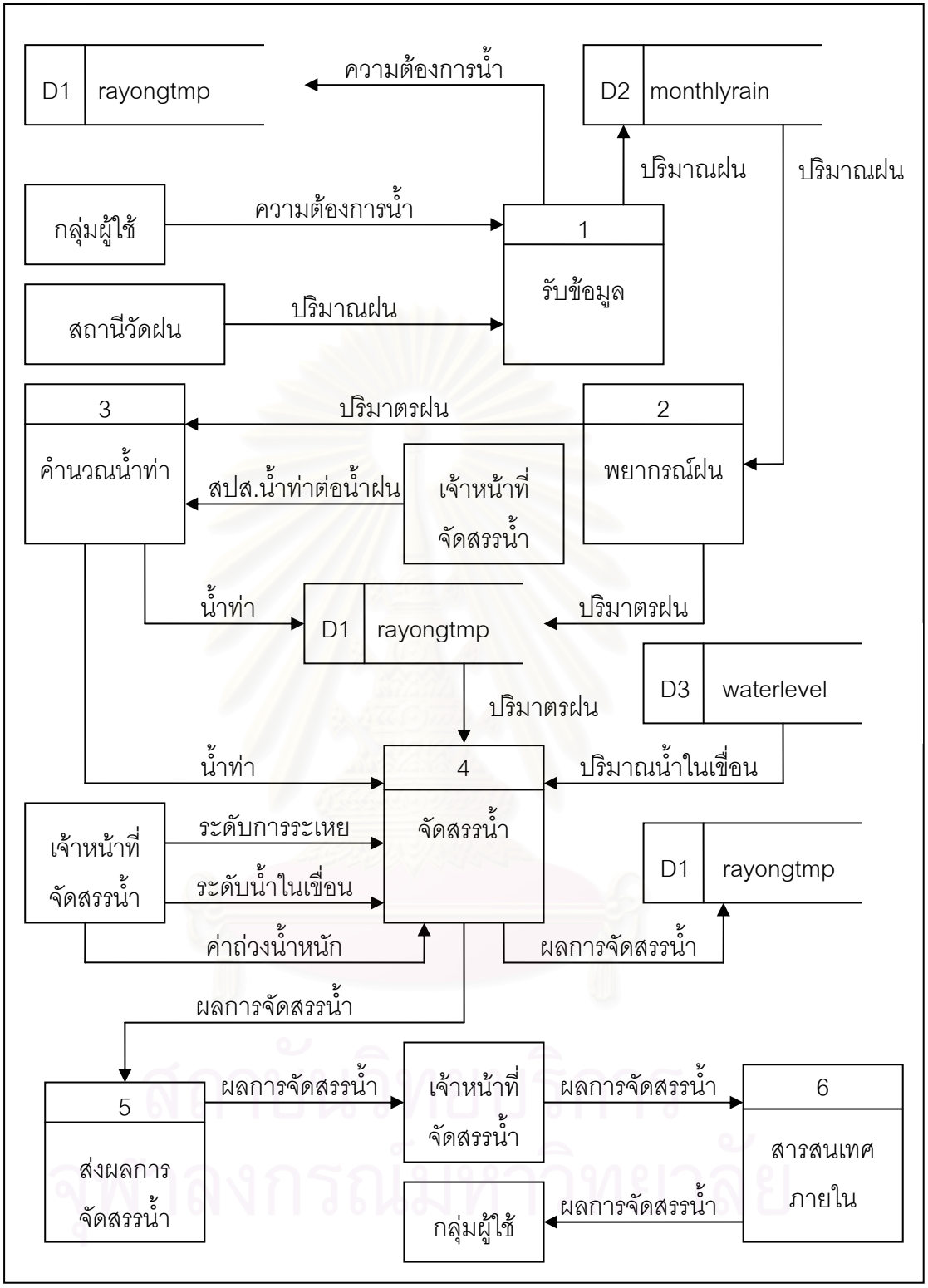
รูปที่ 4.1 แผนภาพบริบท

รูปที่ 4.1 แสดงถึงการทำงานภาพรวมของระบบโดยระบบการจัดสรรน้ำจะได้รับข้อมูลระดับฝนจากศูนย์วัดระดับฝน ข้อมูลเพื่อการจัดสรรน้ำ (เช่นค่าถ่วงน้ำหนัก ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าต่อน้ำฝน ฯลฯ) จากเจ้าหน้าที่ และปริมาณความต้องการน้ำจากพื้นที่รับน้ำ และเมื่อระบบได้ทำการประมวลผลเสร็จสิ้นก็จะทำการส่งผลการจัดสรรน้ำไปให้แก่เจ้าหน้าที่ และพื้นที่รับน้ำต่อไป

เนื่องจากแผนภาพบริบทได้แสดงเพียงภาพรวมของระบบซึ่งไม่ได้กล่าวถึงระบบการทำงานที่อยู่ภายใน ดังนั้นเพื่อให้เห็นภาพการทำงานของระบบจึงได้แสดงขั้นตอนการทำงานโดยใช้แผนภาพกระแสข้อมูลซึ่งกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.2

4.2 แผนภาพกระแสข้อมูลระบบการจัดสรรน้ำระดับที่ 0

แผนภาพกระแสข้อมูลระดับที่ 0 เป็นการวิเคราะห์ระบบว่าขั้นตอนการทำงานของระบบนั้นควรมีกระบวนการใดและมีข้อมูลใดไหลเข้าหรือออกจากกระบวนการใดบ้างดังนี้



รูปที่ 4.2 แผนภาพกระแสข้อมูลระบบการจัดสรรน้ำ

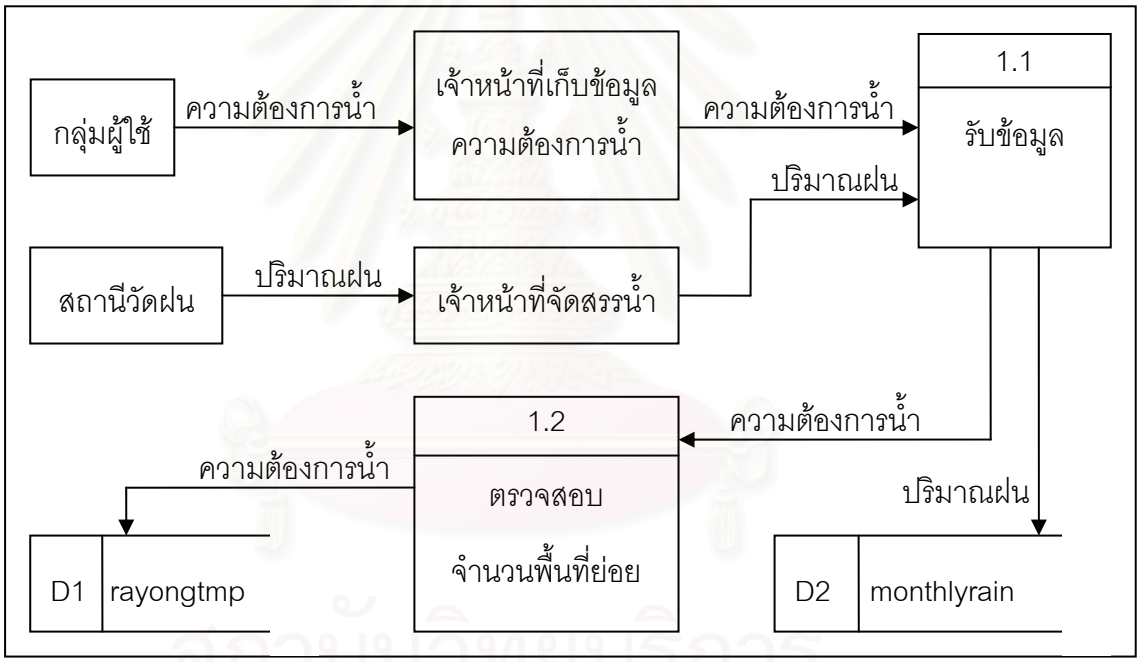
จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการทำงานของระบบการจัดสรรน้ำจะประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 6 ขั้นตอน ได้แก่ กระบวนการรับข้อมูล พยากรณ์ฝน คำนวณน้ำท่า จัดสรรน้ำ

ส่งผลการจัดสรรน้ำ และสารสนเทศภายใน โดยในแต่ละขั้นตอนจะมีขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลและการบันทึกข้อมูลลงยังฐานข้อมูล และส่งข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของขั้นตอนนั้นๆ ไปยังกระบวนการต่อไป โดยรายละเอียดของขั้นตอนทั้ง 6 ขั้นตอนได้แสดงไว้ดังหัวข้อที่ 4.3

4.3 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการรับข้อมูลระดับที่ 1

แผนภาพกระแสข้อมูลในระดับที่ 1 นี้ได้แสดงขั้นตอนกระบวนการการทำงานที่ละเอียดกว่าระดับที่ 0 โดยแผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการรับข้อมูลในระดับที่ 1 สามารถเขียนได้ดังนี้

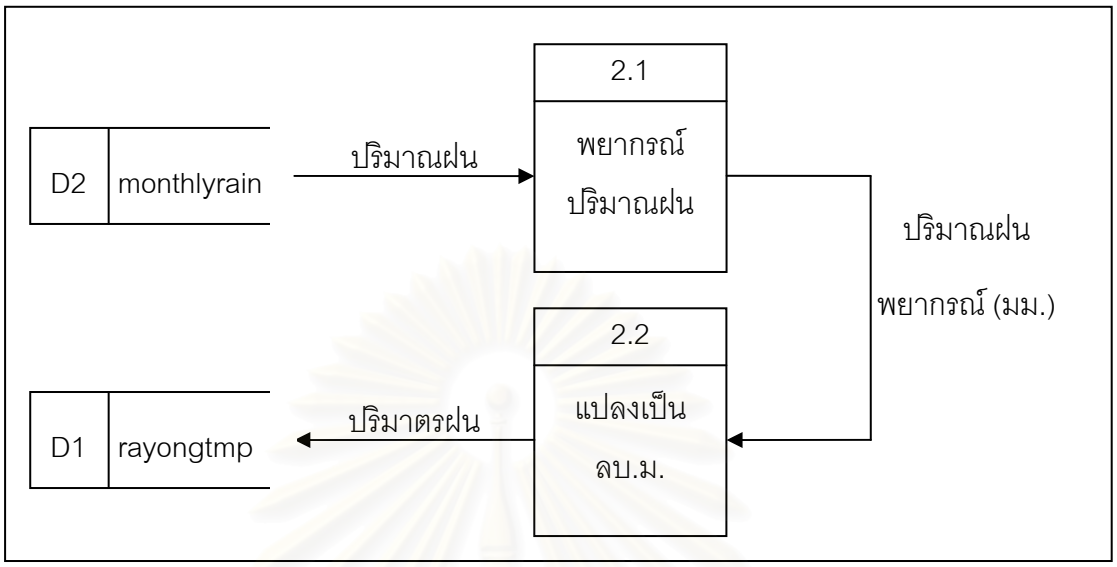
4.3.1 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการรับข้อมูลในระดับที่ 1



รูปที่ 4.3 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการรับข้อมูลในระดับที่ 1

จากรูปที่ 4.3 กระบวนการรับข้อมูลในรูปที่ 4.2 จะมีขั้นตอนการทำงานที่แยกย่อยออกมาอีก 2 ขั้นตอนคือ การรับข้อมูล และการตรวจสอบจำนวนพื้นที่ย่อย ซึ่งในขั้นตอนที่ 1.1 จะมีการนำเข้าข้อมูล 2 ค่าได้แก่ความต้องการน้ำ และระดับฝน และเมื่อได้รับข้อมูลที่นำเข้ามาแล้วระดับฝนจะถูกบันทึกลงฐานข้อมูลเพื่อรอการนำไปใช้ต่อไป ส่วนข้อมูลความต้องการน้ำจะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการที่ 1.2 เพื่อดูว่ามีจำนวนผู้ใช้รายย่อยในแต่ละพื้นที่เท่าใดแล้วจึงทำการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลต่อไป

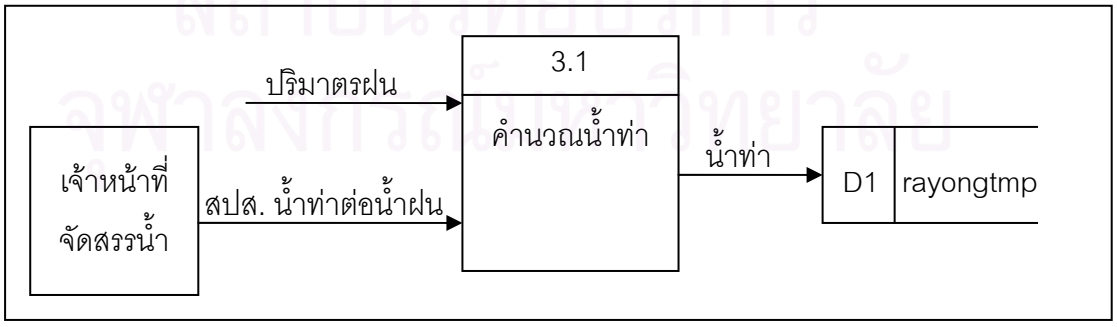
4.3.2 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการพยากรณ์ฝนระดับที่ 1



รูปที่ 4.4 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการพยากรณ์ฝนระดับที่ 1

จากรูปที่ 4.4 เมื่อได้ผ่านกระบวนการรับข้อมูลดังรูปที่ 4.3 มาแล้ว ปริมาณฝนที่ถูกบันทึกไว้ยังฐานข้อมูลจะถูกนำมาใช้เพื่อทำการคำนวณปริมาณฝนที่คาดว่าจะตกในอนาคต โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจะยังคงอยู่ในหน่วยมิลลิเมตร ดังนั้นเพื่อให้ค่าที่ได้นำไปใช้คำนวณได้จริงจึงต้องทำการเปลี่ยนหน่วยจากมิลลิเมตรเป็นลูกบาศก์เมตร

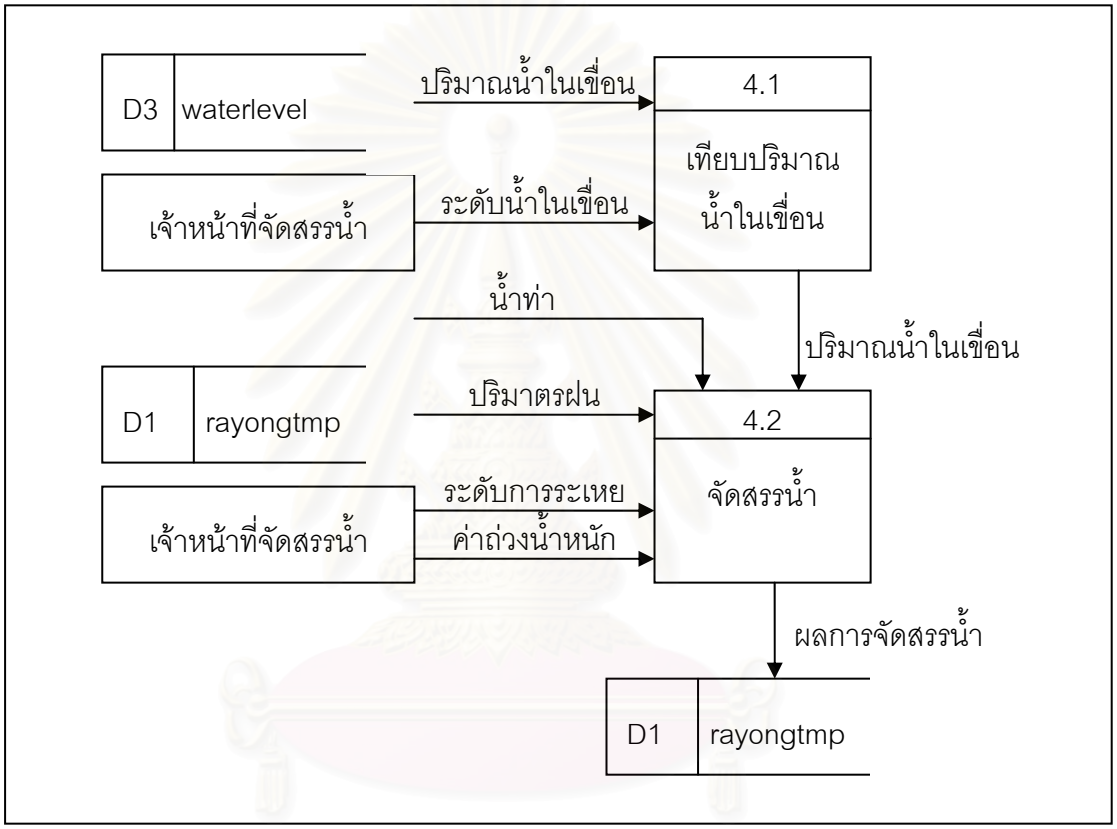
4.3.3 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการคำนวณน้ำท่าระดับที่ 1



รูปที่ 4.5 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการคำนวณน้ำท่าระดับที่ 1

เมื่อทำการคำนวณปริมาณน้ำฝนแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการคำนวณปริมาณน้ำท่า ซึ่งการคำนวณน้ำท่านี้จำเป็นต้องมีการนำเข้าค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าต่อน้ำฝนจากเจ้าหน้าที่ เพื่อนำมาคำนวณตามสมการที่ 12 ต่อไป

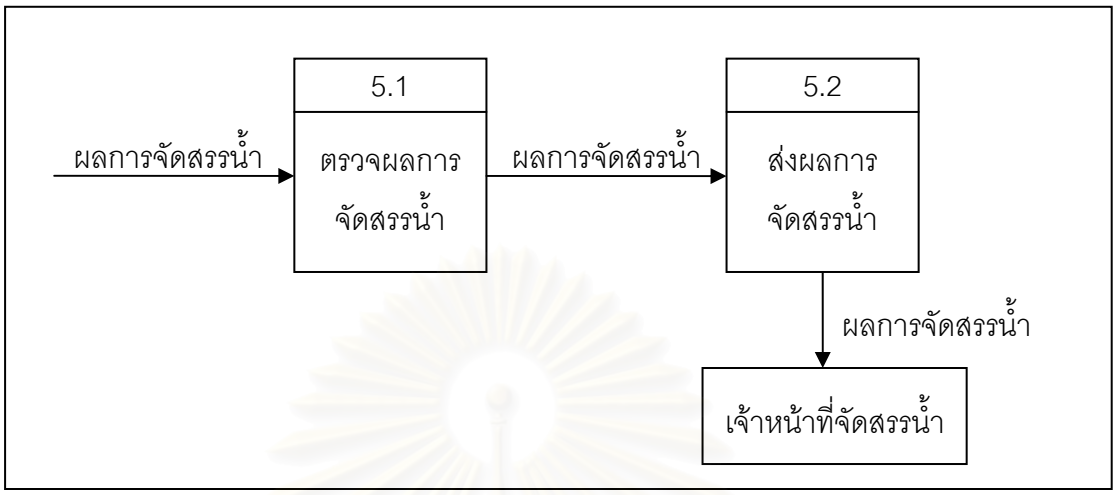
4.3.4 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการจัดสรรน้ำระดับที่ 1



รูปที่ 4.6 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนการจัดสรรน้ำระดับที่ 1

รูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการจัดสรรน้ำ โดยในขั้นแรกระบบจะทำการหาปริมาณที่สามารถจัดสรรได้ก่อน โดยการเปลี่ยนข้อมูลระดับน้ำในเขื่อน (ม.) ให้เป็นปริมาณน้ำเสียก่อน (ลบ.ม.) แล้วจึงส่งต่อไปยังกระบวนการที่ 4.2 ซึ่งในขั้นตอนนี้ระบบจะทำการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องจัดสรรไปยังผู้ใช้รายย่อยตามค่าถ่วงน้ำหนักที่ให้แก่แต่ละฟังก์ชันจุดประสงค์ ก่อนที่จะทำการบันทึกลงฐานข้อมูลและส่งผลการคำนวณให้กระบวนการต่อไป

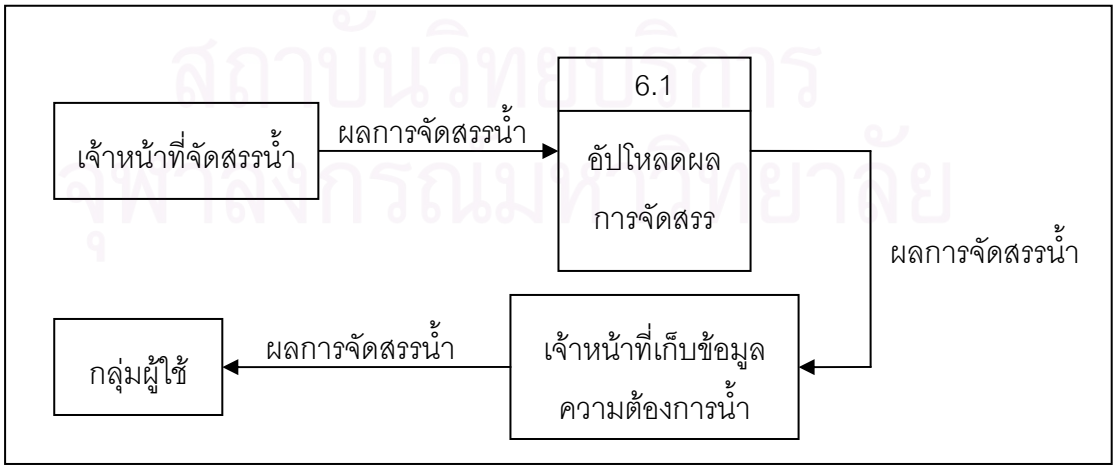
4.3.5 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนส่งผลการจัดสรรน้ำระดับที่ 1



รูปที่ 4.7 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนส่งผลการจัดสรรน้ำระดับที่ 1

เมื่อระบบได้ผลลัพธ์จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 4 เรียบร้อยแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกส่งต่อมายังกระบวนการส่งผลการจัดสรรน้ำดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.7 โดยในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบผลการจัดสรรน้ำว่าครบถ้วนไม่มีข้อมูลใดตกหล่น แล้วจึงทำการส่งผลการจัดสรรน้ำให้แก่เจ้าหน้าที่ต่อไป

4.3.6 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนสารสนเทศภายในระดับที่ 1

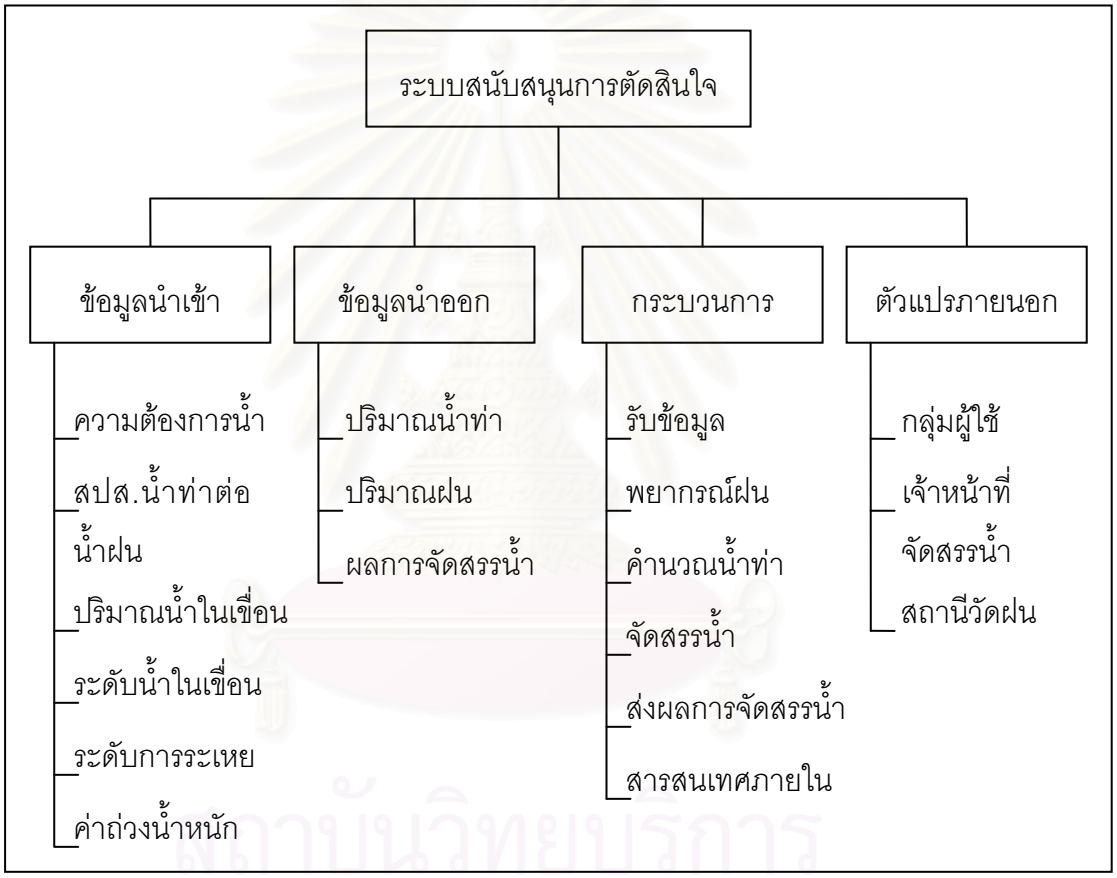


รูปที่ 4.8 แผนภาพกระแสข้อมูลของกระบวนสารสนเทศภายในระดับที่ 1

รูปที่ 4.8 แสดงขั้นตอนการส่งผลการจัดสรรน้ำให้แก่โซนแมนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้โซนแมนนำผลการจัดสรรน้ำที่ได้ไปทำการปล่อยน้ำสู่พื้นที่รับน้ำต่อไป

4.3.7 องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรน้ำ

จากรูปที่ 4.1 - 4.8 สามารถสรุปองค์ประกอบต่างๆ ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นได้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 องค์ประกอบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรน้ำ

จากรูปที่ 4.9 เป็นการสรุปองค์ประกอบที่จำเป็นต่อการพัฒนาระบบที่ได้แสดงในรูปที่ 4.1 – 4.8 โดยสามารถแบ่งองค์ประกอบออกได้ออกเป็น 4 ส่วนได้แก่ องค์ประกอบเกี่ยวกับข้อมูลนำเข้า ข้อมูลนำออก กระบวนการ และตัวแปรภายนอก โดยในส่วนของข้อมูลนำเข้าจะเป็นการรวบรวมข้อมูลนำเข้าที่ใช้เพื่อการประมวลผล ข้อมูลนำออกเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของ

ระบบ สำหรับองค์ประกอบด้านกระบวนการเป็นขั้นตอนการทำงานหลักๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ และตัวแปรภายนอกจะเป็นตัวแปรที่มีส่วนที่ทำให้ระบบสามารถทำงานได้ลุล่วง

4.4 พจนานุกรมข้อมูล

เพื่อให้มีความเข้าใจความหมายของแผนภาพกระแสข้อมูล (ดังรูปที่ 4.2 - 4.8) ที่ใช้แสดงกระบวนการทำงานของระบบมากขึ้น จึงใช้พจนานุกรมข้อมูล (Data dictionary) เพื่อแสดงข้อมูลและคำอธิบายการประมวลผลของกระบวนการทำงานเพื่อช่วยให้เข้าใจต่อองค์ประกอบในส่วนต่างๆ ของระบบ โดยพจนานุกรมข้อมูลนี้ได้แสดงไว้โดยละเอียดในภาคผนวก ก.

4.5 การออกแบบฐานข้อมูล

นอกจากการออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ ระบบฐานข้อมูลที่นำมาใช้ในการจัดการข้อมูลต่างๆ ก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลโพสเกรสคิวเอล (PostgreSQL) รุ่น 1.6.2 เพื่อใช้ในการจัดการฐานข้อมูลของระบบ ซึ่งประกอบไปด้วยตารางต่างๆ ดังตารางที่ 4.1 (รายละเอียดของแต่ละตารางได้กล่าวไว้ในภาคผนวก ข.)

ตารางที่ 4.1 ตารางในระบบฐานข้อมูลเพื่อการจัดสรรน้ำ

ลำดับ	ชื่อตาราง	รายละเอียด
1	areatype	เก็บข้อมูลประเภทพื้นที่
2	dokkraiwaterlevel	เก็บข้อมูลอ่างเก็บน้ำดอกกราย
3	monthlyrain	เก็บข้อมูลฝนรายเดือน
4	neteconomic	เก็บข้อมูลผลกำไรสุทธิ (Net benefit)
5	nongplalaiwaterlevel	เก็บข้อมูลอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล
6	rayong	เก็บข้อมูลพื้นที่รับน้ำหลัก
7	rayongtmp	เก็บข้อมูลพื้นที่รับน้ำย่อย (รายย่อย)
8	user	เก็บข้อมูลเจ้าหน้าที่เพื่อเข้าระบบ
9	waterlevel_dok	เก็บระดับน้ำเทียบปริมาณน้ำที่อยู่ในอ่างเก็บน้ำดอกกราย

ตารางที่ 4.1 ตารางในระบบฐานข้อมูลเพื่อการจัดสรรน้ำ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อตาราง	รายละเอียด
10	waterlevel_nong	เก็บระดับน้ำเทียบปริมาณน้ำที่อยู่ในอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การพัฒนาและการทดสอบระบบ

งานวิจัยนี้มีแนวคิดเพื่อพัฒนาระบบจัดสรรน้ำ เป็นเครื่องมือที่ช่วยเสนอรูปแบบวิธีการจัดสรรน้ำในรูปแบบต่างๆ โดยระบบมีความสามารถในการทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในอนาคต และสามารถแสดงผลลัพธ์การจัดสรรน้ำเมื่อมีการให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับฟังก์ชันจุดประสงค์ในค่าแตกต่างกัน ซึ่งตัวแปรปริมาณน้ำต่างๆ วิธีการพยากรณ์น้ำฝนและฟังก์ชันจุดประสงค์ทั้ง 2 ฟังก์ชันตามที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 และ 4 ได้ถูกนำมาประกอบการสร้างระบบ โดยวิธีการพัฒนาและทดสอบระบบจะกล่าวถึงในบทนี้

5.1 ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการพัฒนาและทดสอบระบบดังต่อไปนี้

5.1.1 ฮาร์ดแวร์

เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งมีหน่วยประมวลผลกลาง Intel Pentium M หน่วยความจำหลัก 512 เมกกะไบต์ เครื่องขับจานบันทึกแบบแข็ง 80 กิกะไบต์

5.1.2 ซอฟต์แวร์

1. ระบบปฏิบัติการวินโดว์ XP
2. โปรแกรมวิชวลเบสิก 6
3. ระบบจัดการฐานข้อมูลโพสเกรสคิวเอล (PostgreSQL) รุ่น 1.6.2

5.2 การพัฒนาระบบ

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาในบทที่ 2 ถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยบางชิ้นที่เป็นการหาค่าเหมาะที่สุดแบบหลายฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อการจัดสรรน้ำ แต่งานวิจัยนี้มีข้อแตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆ กล่าวคือฟังก์ชันจุดประสงค์ที่นำมาพิจารณานั้น ได้มาจากการสอบถาม

วัตถุประสงค์ที่ต้องการในการจัดสรรน้ำของพื้นที่ศึกษานี้โดยเฉพาะจากผู้เกี่ยวข้องในหลายๆ ฝ่าย เช่น เจ้าหน้าที่จัดสรรน้ำ และเกษตรกรผู้ใช้น้ำเป็นต้น จึงทำให้ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มีความใกล้เคียงต่อความต้องการจริงมากที่สุด ซึ่งจากการวิเคราะห์และออกแบบการพัฒนาระบบตามขั้นตอนในบทที่ 4 ผู้วิจัยได้นำวิธีการดังกล่าวมาดำเนินการสร้างระบบด้วยวิธีการดังนี้

5.2.1 การกำหนดโครงสร้างระบบ

โครงสร้างข้อมูลโดยรวม ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรน้ำประกอบด้วยระบบย่อยจำนวน 4 ระบบได้แก่ การจัดการข้อมูลผันแปร การจัดการข้อมูลพื้นฐาน การสอบถาม และรายงาน โดยในแต่ละส่วนจะมีลักษณะการทำงานดังนี้

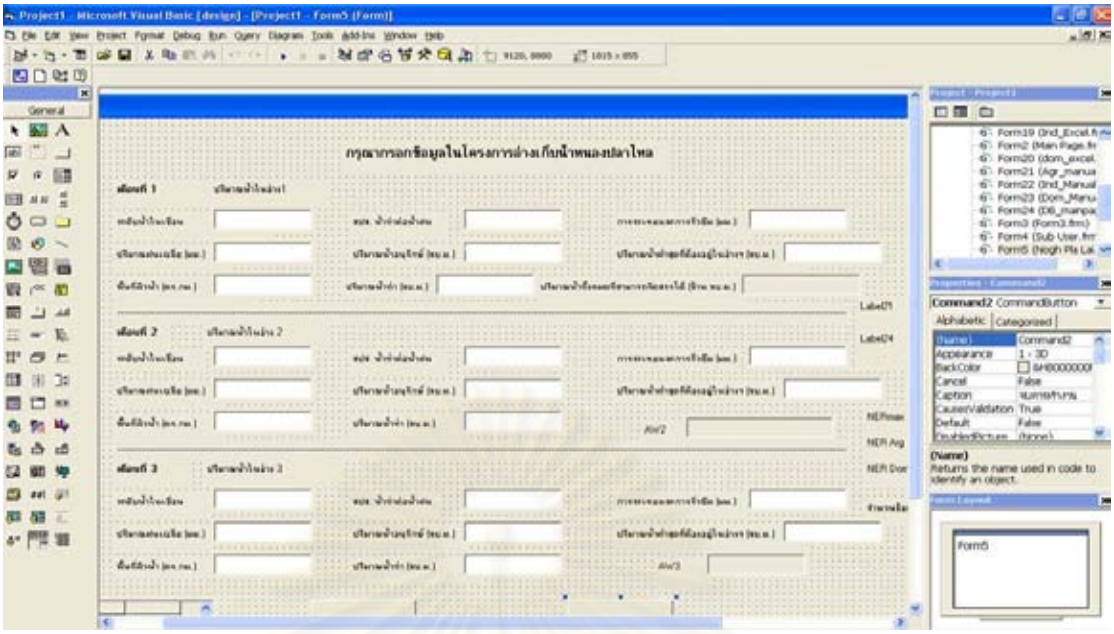
การจัดการข้อมูลผันแปร เป็นการบันทึกข้อมูลใหม่เพิ่มเติมหรืออาจเป็นการบันทึกข้อมูลที่เกิดจากการแก้ไข โดยในส่วนนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลค่อนข้างบ่อยโดยตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ในลักษณะนี้เช่นข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความต้องการน้ำ ปริมาณฝน ฯลฯ เป็นต้น

การจัดการข้อมูลพื้นฐาน เป็นส่วนของข้อมูลที่อยู่ในระบบฐานข้อมูลของระบบที่ใช้เพื่ออ้างอิงในการดำเนินการของระบบโดยข้อมูลในส่วนนี้จะไม่ค่อยเกิดการเปลี่ยนแปลง สำหรับตัวอย่างของข้อมูลประเภทนี้ได้แก่ ประเภทพื้นที่ ชื่อพื้นที่ ฯลฯ เป็นต้น

การสอบถาม เป็นการสอบถามข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้ในการประมวลผล ซึ่งถือว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากส่วนหนึ่งของการพัฒนาระบบ และสุดท้ายส่วนของการรายงานจะเป็นการสร้างรายงานผลการจัดสรรน้ำที่ได้จากการประมวลผล

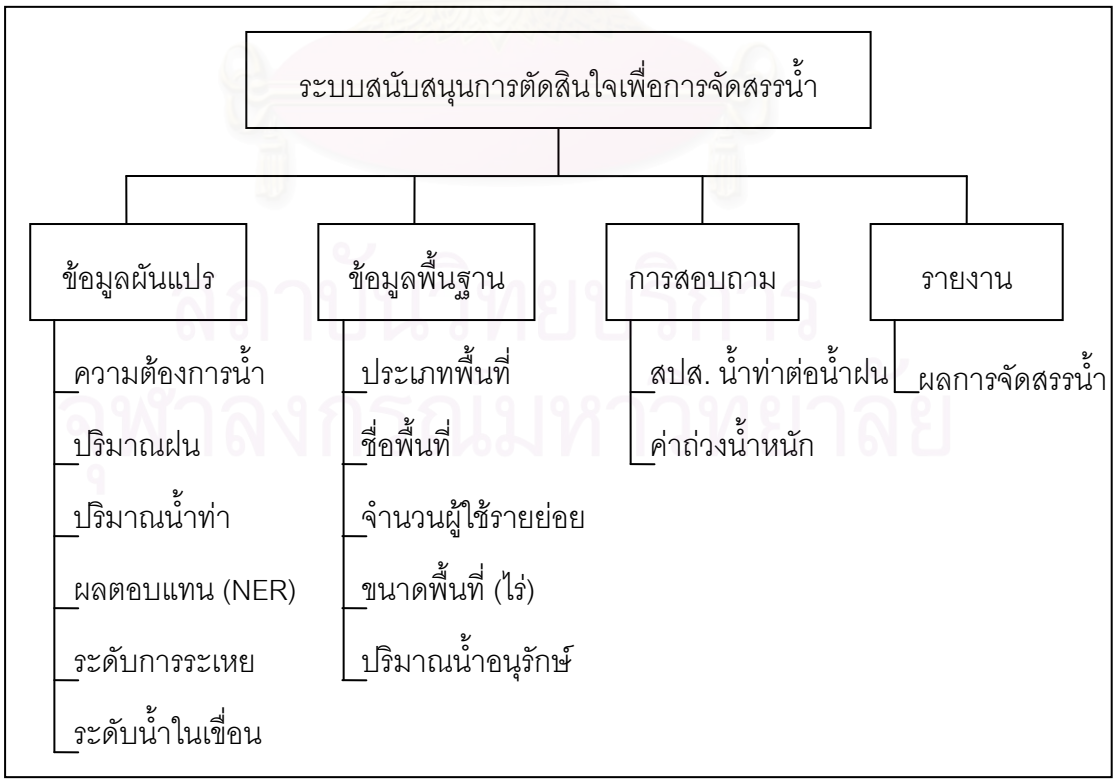
5.2.2 การพัฒนาโปรแกรม

ในการพัฒนาโปรแกรม เพื่อเป็นการเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้และระบบฐานข้อมูลเข้าด้วยกัน ผู้วิจัยจึงได้สร้างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User interface) เพื่อสะดวกต่อการนำเข้าและแสดงข้อมูล โดยหน้าต่างโปรแกรมในส่วนต่อประสานกับผู้ใช้นี้ได้ถูกสร้างโดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิก 6 และระบบจัดการฐานข้อมูลโพสเกรสคิวเอล 1.6.2 ภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดว์ โดยโปรแกรมวิชวลเบสิกนี้เป็นโปรแกรมที่มีเครื่องมือเพื่อใช้ในการพัฒนาโปรแกรมที่สะดวก ครบถ้วนและง่ายต่อการใช้งาน ตัวอย่างหน้าต่างการพัฒนาระบบโดยโปรแกรมวิชวลเบสิกได้โดยแสดงไว้ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างการพัฒนาระบบโดยโปรแกรมวิชวลเบสิก

รูปแบบข้อมูลของระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรน้ำสามารถจำแนกออกตามประเภทของระบบย่อยดังที่ได้กล่าวมาทั้ง 4 ประเภทดังแสดงในรูปที่ 5.2 (ตัวอย่างหน้าต่างของระบบแสดงในภาคผนวก ค.)



รูปที่ 5.2 รูปแบบข้อมูลของสนับสนุนการตัดสินใจ

1. **ข้อมูลผันแปร** เป็นขั้นตอนของการบันทึกข้อมูลที่ใช้อ้างอิงในการคำนวณการจัดสรรน้ำโดยมีองค์ประกอบดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.2 ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความต้องการน้ำ เป็นขั้นตอนการบันทึกข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำในผู้ใช้รายย่อยของแต่ละพื้นที่ (เป็นความต้องการน้ำแบบรายเดือน) ซึ่งจะนำเข้าข้อมูลครั้งละ 3 เดือนได้แก่ เดือนปัจจุบันที่ทำการคำนวณ เดือนที่ถัดจากเดือนปัจจุบัน และอีก 2 เดือนต่อมาจากเดือนปัจจุบัน

1.2 ปริมาณฝน เป็นขั้นตอนของการนำเข้าปริมาณฝนที่ตกในอดีตเป็นข้อมูลรายเดือนเพื่อใช้ในการพยากรณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 3 เดือนเช่นเดียวกับปริมาณความต้องการน้ำ และปริมาณฝนที่ได้จากการคำนวณจะถูกเปลี่ยนให้เป็นหน่วยลูกบาศก์เมตร เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำสุทธิต่อไป และรวมไปถึงปริมาณน้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในเขื่อนด้วยเช่นเดียวกัน โดยปกติแล้วน้ำฝนจะถูกใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมเพียงอย่างเดียว

1.3 ปริมาณน้ำท่า เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นหลังจากการคำนวณปริมาณน้ำฝน โดยในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าต่อน้ำฝนที่ได้จากการสอบถามเจ้าหน้าที่มาประกอบการคำนวณ โดยปริมาณน้ำท่านี้จะถูกนำไปคำนวณหาปริมาณน้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในเขื่อนต่อไป

1.4 ค่ากำไรสุทธิ เป็นค่าที่มีความสำคัญต่อฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ต้องการจัดสรรน้ำเพื่อให้เกิดค่ากำไรสูงสุด โดยค่ากำไรสุทธินี้จะแตกต่างกันในแต่ละเดือน และพื้นที่ประเภทอุตสาหกรรมจะมีค่ากำไรสุทธิสูงที่สุด เมื่อเทียบกับพื้นที่อุปโภค-บริโภค และเกษตรกรรม

1.5 ระดับการระเหย เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการหาปริมาณน้ำกักเก็บที่อยู่ในเขื่อน ซึ่งระดับการระเหยในแต่ละเดือนจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ

1.6 ระดับน้ำในเขื่อน เป็นขั้นตอนการแปลงระดับน้ำที่อยู่ในเขื่อนไปเป็นปริมาณน้ำที่อยู่ในเขื่อน แต่ปริมาณน้ำนี้ยังไม่ถือว่าเป็นปริมาณน้ำที่สามารถจัดสรรได้สุทธิ เนื่องจากยังไม่ได้พิจารณาถึงปริมาณน้ำที่ระเหยออก ปริมาณน้ำท่า ฯลฯ

2. **ข้อมูลพื้นฐาน** เป็นขั้นตอนการบันทึกข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขข้อมูลค่อนข้างน้อย โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ประเภทพื้นที่ เป็นข้อมูลที่ใช้บอกว่าพื้นที่แต่ละพื้นที่เป็นพื้นที่ประเภทใดระหว่าง เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และอุปโภค-บริโภค

2.2 ชื่อพื้นที่ เป็นข้อมูลที่อ้างอิงว่าพื้นที่นั้นๆ ชื่อพื้นที่ใด

2.3 จำนวนผู้ใช้รายย่อย เป็นการระบุว่าในแต่ละพื้นที่มีจำนวนผู้ต้องการน้ำรายย่อยจำนวนเท่าใด

2.4 ขนาดพื้นที่ (ไร่) เป็นข้อมูลที่ใช้ประกอบการหาปริมาณน้ำฝน (ลบ.ม.) เพื่อให้ได้ปริมาณความต้องการน้ำที่แท้จริง

2.5 ปริมาณน้ำอนุรักษ์ เป็นปริมาณน้ำนอนคลองที่ส่งออกจากอ่างเก็บน้ำประมาณ 1,000,000 ลบ.ม./ เดือน ในปริมาณที่เท่ากันทั้งในอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลและอ่างเก็บน้ำดอกกราย

3. **การสอบถาม** เป็นขั้นตอนการสอบถามข้อมูลจากผู้ใช้ระบบ (เจ้าหน้าที่จัดสรรน้ำ) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประกอบการคำนวณปริมาณน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วย การสอบถามค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าต่อน้ำฝน และค่าถ่วงน้ำหนักที่จะให้แก่ฟังก์ชันจุดประสงค์

3.1 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าต่อน้ำฝน เป็นการรับค่าที่เป็นตัวเลขเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำท่า ตามสมการที่ (11)

3.2 ค่าถ่วงน้ำหนัก เป็นขั้นตอนการรับค่าถ่วงน้ำหนักจากเจ้าหน้าที่เพื่อเป็นการกำหนดความสำคัญของฟังก์ชันจุดประสงค์ เพื่อให้การจัดสรรน้ำเป็นไปตามวัตถุประสงค์มากที่สุด

4. **รายงาน** เป็นขั้นตอนการทำรายงานผลการจัดสรรน้ำ โดยรายงานที่ได้จะถูกบันทึกเป็นเอกสารเอ็กเซล ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการคำนวณการจัดสรรน้ำ นอกจากการแสดงผลการจัดสรรน้ำตามค่าถ่วงน้ำหนักที่เจ้าหน้าที่กำหนดไว้แล้ว ยังสามารถเรียกดูผลลัพธ์ที่ค่าถ่วงน้ำหนักต่างๆ กันได้อีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 การทดสอบระบบ

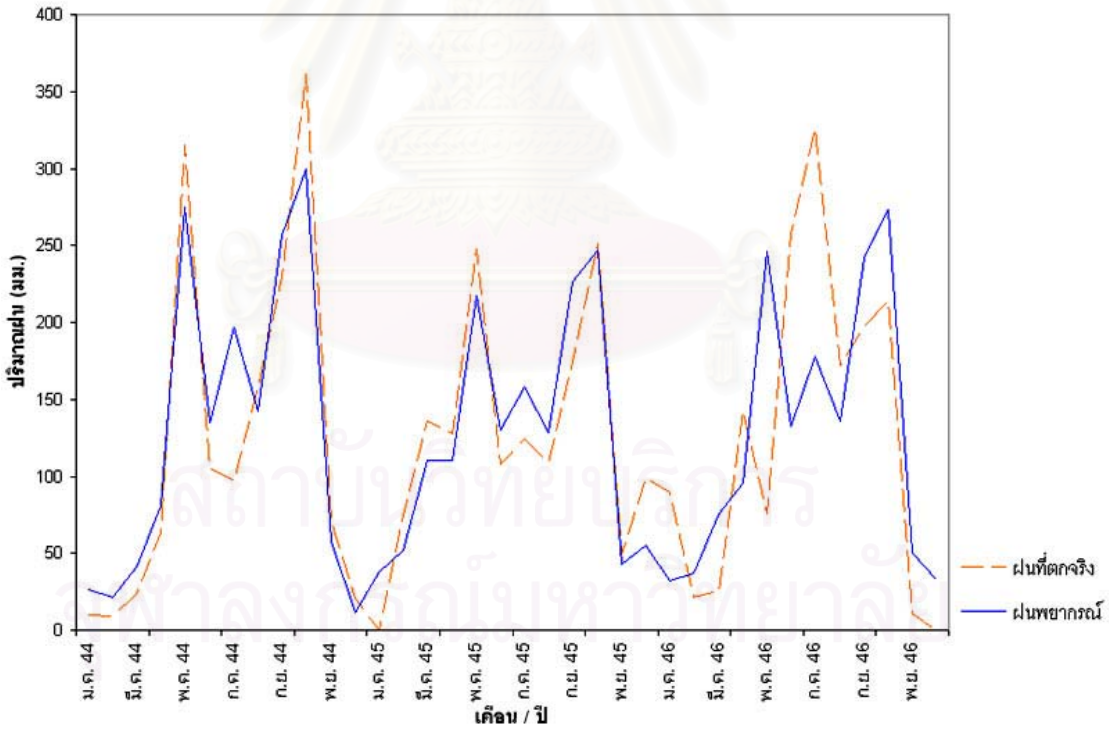
เมื่อได้ทำการพัฒนาระบบเรียบร้อยแล้วผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบระบบ โดยเริ่มจากการทำงานทีละระบบแล้วจึงทำการทดสอบทั้งระบบ โดยใช้ข้อมูลตัวอย่างซึ่งเป็นข้อมูลจริงบางส่วนและข้อมูลที่สร้างขึ้นเพื่อทำการทดสอบบางส่วน ซึ่งพบว่าสามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการทั้งในส่วนการบันทึกและแก้ไขข้อมูล การนำเข้าข้อมูลโดยให้เจ้าหน้าที่เป็นผู้กรอกหรือให้อ่านจากเอกสารต้นแบบ การคำนวณผลการจัดสรรน้ำและการจัดสร้างเอกสารผลการจัดสรรน้ำ รวมถึง

เว็บไซต์ โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของระบบกับการตัดสินใจโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าได้ผลที่สอดคล้องเป็นที่น่าพอใจ โดยผลการทดสอบระบบในส่วนของการพยากรณ์ฝน และการจัดสรรน้ำเป็นดังต่อไปนี้

5.3.1 การพยากรณ์ปริมาณฝน

การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ผ่านมาในอดีตรวม 30 ปี (พ.ศ. 2517 – 254) โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517 – 2543 โดยข้อมูลทั้ง 27 ปีนี้ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมตามที่ได้เสนอไว้ในบทที่ 3

เมื่อได้ตัวแบบพยากรณ์เพื่อใช้ในการคำนวณแล้วจึงใช้ข้อมูลฝนช่วงปี พ.ศ. 2544 – 2546 เป็นข้อมูลทดสอบผลการพยากรณ์ ซึ่งผลของการพยากรณ์ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 5.3 และตารางที่ 5.1 โดยในตารางที่ 5.1 ได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณฝนที่ตกจริง ปริมาณฝนพยากรณ์ และปริมาณฝนพยากรณ์ที่ ±20% เพื่อทำการหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 5.3 ผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน

ตารางที่ 5.1 ผลการพยากรณ์ฝน

เดือน/ปี	ฝนที่ตกจริง	ฝนพยากรณ์	ฝนพยากรณ์ -20%	ฝนพยากรณ์ +20%
ม.ค. 44	9.6	26.07	20.856	31.284
ก.พ. 44	8.8	21.71	17.368	26.052
มี.ค. 44	23.6	40.96	32.768	49.152
เม.ย. 44	63	80.82	64.656	96.984
พ.ค. 44	314.9	274.55	219.64	329.46
มิ.ย. 44	105.1	134.6	107.68	161.52
ก.ค. 44	97.2	196.77	157.416	236.124
ส.ค. 44	157.7	142.76	114.208	171.312
ก.ย. 44	229.4	256.84	205.472	308.208
ต.ค. 44	361.1	299.78	239.824	359.736
พ.ย. 44	70.7	57.74	46.192	69.288
ธ.ค. 44	20.4	11.18	8.944	13.416
ม.ค. 45	0	37.67	30.136	45.204
ก.พ. 45	75.3	51.91	41.528	62.292
มี.ค. 45	135.8	110.55	88.44	132.66
เม.ย. 45	127.8	109.94	87.952	131.928
พ.ค. 45	247.9	217.03	173.624	260.436
มิ.ย. 45	107.9	130.04	104.032	156.048
ก.ค. 45	124.5	157.97	126.376	189.564
ส.ค. 45	108.6	128.09	102.472	153.708
ก.ย. 45	174.3	226.33	181.064	271.596
ต.ค. 45	250.7	246.76	197.408	296.112

ตารางที่ 5.1 ผลการพยากรณ์ฝน (ต่อ)

เดือน/ปี	ฝนที่ตกจริง	ฝนพยากรณ์	ฝนพยากรณ์ -20%	ฝนพยากรณ์ +20%
พ.ย. 45	49.5	42.76	34.208	51.312
ธ.ค. 45	98.6	55.45	44.36	66.54
ม.ค. 46	89.9	31.87	25.496	38.244
ก.พ. 46	21.4	36.81	29.448	44.172
มี.ค. 46	25.8	75.755	60.604	90.906
เม.ย. 46	142.4	95.38	76.304	114.456
พ.ค. 46	75.8	245.79	196.632	294.948
มิ.ย. 46	257.9	132.32	105.856	158.784
ก.ค. 46	325.9	177.37	141.896	212.844
ส.ค. 46	172.4	135.425	108.34	162.51
ก.ย. 46	197.8	241.585	193.268	289.902
ต.ค. 46	214	273.27	218.616	327.924
พ.ย. 46	10.6	50.25	40.2	60.3
ธ.ค. 46	0	33.315	26.652	39.978

จากรูปที่ 5.3 และตารางที่ 5.1 จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการพยากรณ์สามารถเกาะติดกับความผันผวนของปริมาณน้ำฝนที่ตกจริงถึงแม้ว่าจะเป็นการเกาะติดที่ไม่สมบูรณ์แบบก็ตาม โดยจากผลการพยากรณ์พบว่าค่าที่ได้จากการพยากรณ์ในช่วงฤดูมรสุมมีความใกล้เคียงกับปริมาณน้ำฝนที่ตกจริงมากกว่าในช่วงฤดูแล้ง โดยสิ่งที่ทำให้ผลการพยากรณ์มีความแตกต่างจากปริมาณน้ำฝนที่ตกจริงมีสาเหตุมาจากความไม่แน่นอนของสภาพดินฟ้าอากาศ ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนทั้ง 27 ปีพบว่าในช่วงฤดูแล้งของบางปีมีปริมาณน้ำฝนที่สูงมากกว่าปกติ และในบางปีก็มีปริมาณมากเกือบหรือเทียบเท่ากับปริมาณน้ำฝนในช่วงต้นหรือปลายของฤดูมรสุม ซึ่งในทางกลับกันก็พบข้อมูลที่มีลักษณะเช่นเดียวกันกับข้อมูลและผลการพยากรณ์ในฤดูมรสุม

เมื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ตามสมการที่ 19 ก็พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของผลการพยากรณ์ทั้งหมดระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2546 มีค่าเป็น 35.378% เมื่อทำการพิจารณาเฉพาะข้อมูลในฤดูมรสุมพบว่าจะมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 34.396% และค่าความคลาดเคลื่อนจะเป็น 43.078% เมื่อพิจารณาเฉพาะผลการพยากรณ์ในฤดูแล้งเพียงอย่างเดียว ซึ่งจากผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์มาจากความคลาดเคลื่อนในฤดูแล้งมากกว่าฤดูมรสุม เนื่องจากการข้อมูลในช่วงฤดูแล้งมีการกระจายตัวมากกว่าในช่วงฤดูฝนซึ่งอาจเกิดจากสภาพอากาศในขณะนั้น นอกจากนี้เมื่อทำการหาความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่ปริมาณฝนพยากรณ์ ±20% พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ปริมาณฝนพยากรณ์ -20% มีค่าเท่ากับ 38.66% และค่าความคลาดเคลื่อนที่ปริมาณฝนพยากรณ์ +20% มีค่าเป็น 41.97%

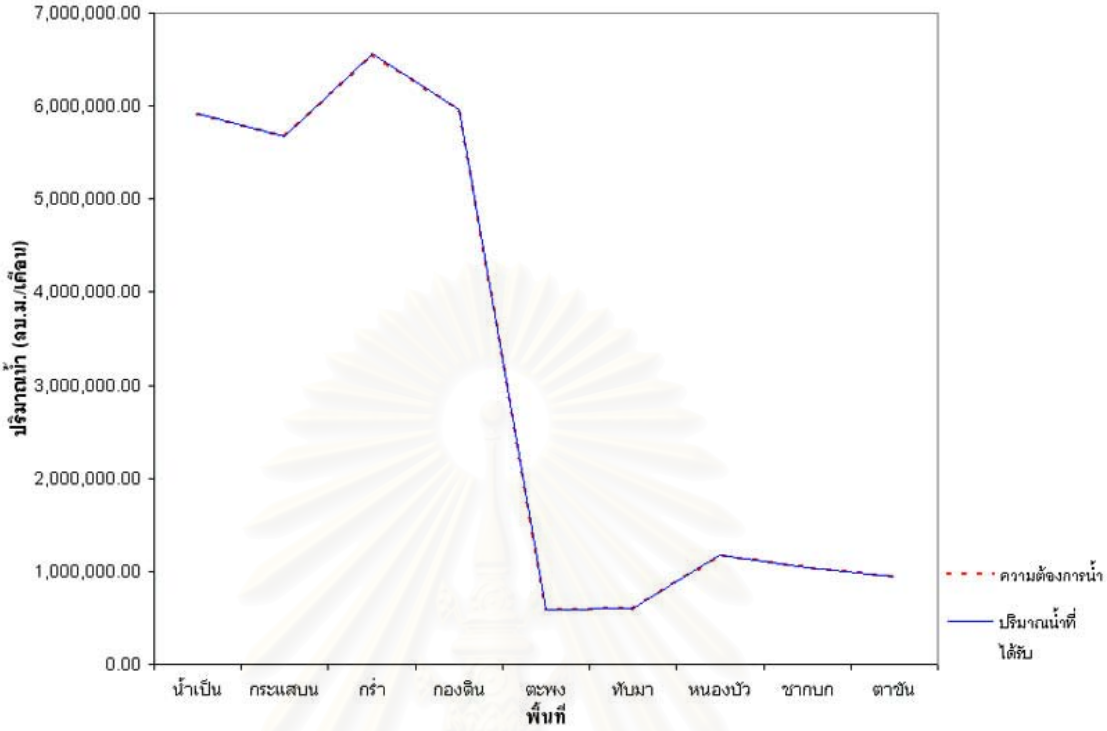
5.3.2 การทดสอบโปรแกรมประยุกต์เพื่อการจัดสรรน้ำ

เมื่อได้ทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนไปแล้วจึงเริ่มต้นกระบวนการจัดสรรน้ำ ในการจัดสรรน้ำมีข้อมูลนำเข้าที่จำเป็นต่อการคำนวณเช่น ปริมาณความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ (ปริมาณความต้องการน้ำที่แท้จริง = ปริมาณความต้องการน้ำ – ปริมาณฝนใช้การ) ผลตอบแทน (NER) ผลตอบแทนสูงสุด (NER_{max}) ปริมาณน้ำท่า ค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ทั้ง 2 ฟังก์ชัน ฯลฯ โดยผลการจัดสรรน้ำโดยใช้ค่าถ่วงน้ำหนักที่แตกต่างกันเป็นดังต่อไปนี้

กำหนดให้ w_1 คือค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อหาผลตอบแทนสูงสุด และ w_2 คือค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อให้เกิดความคลาดแคลนน้อยที่สุดอย่างเท่าเทียมกัน ใช้ทดสอบกับข้อมูลทดสอบที่สร้างขึ้นซึ่งเป็นข้อมูลรายเดือนประจำเดือนธันวาคม โดยกำหนดให้พื้นที่น้ำเป็น (Nampen) กระแสบน (Krasaebon) กร่ำ (Kram) และกองดิน (Kongdin) เป็นพื้นที่อุตสาหกรรม พื้นที่ตะพง (Tapong) และทับมา(Tabma) เป็นพื้นที่อุปโภค-บริโภค ส่วนพื้นที่หนองบัว (Nongbua) สักบก (Sakbok) และ ตาขาน (Takhan) เป็นพื้นที่เกษตรกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) ผลการจัดสรรน้ำเมื่อปริมาณน้ำที่จัดสรรเพียงพอต่อความต้องการ



รูปที่ 5.4 ผลการจัดสรรน้ำเมื่อปริมาณน้ำที่จัดสรรเพียงพอต่อความต้องการ

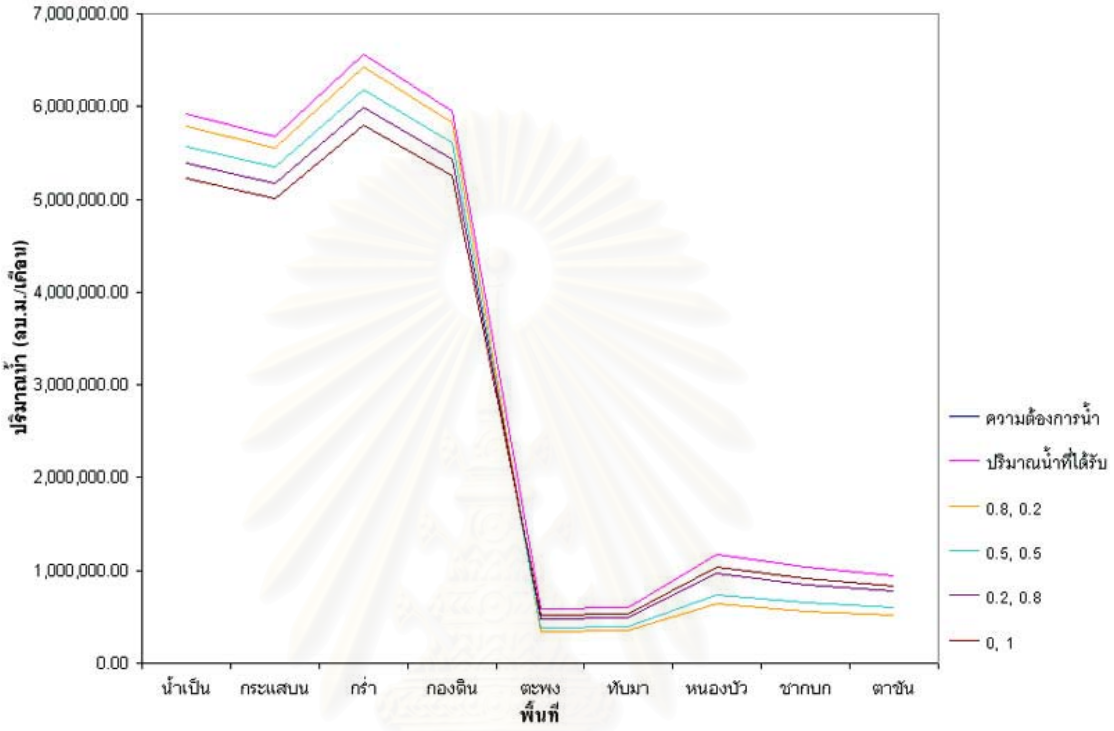
รูปที่ 5.4 แสดงผลการจัดสรรน้ำที่ทุกค่าถ่วงน้ำหนักเมื่อปริมาณน้ำที่จัดสรรเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งไม่ว่าค่าถ่วงน้ำหนักจะเป็นเท่าใดก็จะไม่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่ถูกจัดสรร โดยปริมาณน้ำที่ได้รับจะเท่ากับปริมาณความต้องการ ดังนั้นเส้นกราฟความต้องการซึ่งเป็นเส้นประกับเส้นทึบที่แทนปริมาณน้ำที่จัดสรรได้จะทับกันสนิทพอดี

2) เมื่อปริมาณน้ำที่จัดสรรไม่เพียงพอต่อความต้องการ

เมื่อความต้องการน้ำมีมากกว่าปริมาณน้ำที่จะสามารถจัดสรรได้ ค่าถ่วงน้ำหนักที่ให้แก่ฟังก์ชันจุดประสงค์แต่ละฟังก์ชันจะมีผลต่อการจัดสรรน้ำ โดยรูปที่ 5.5 แสดงผลการจัดสรรน้ำโดยใช้ข้อมูลสมมุติที่ค่าถ่วงน้ำหนักต่างๆ กัน โดยจากรูปที่ 5.5 เมื่อ $w_1 = 0$ และ $w_2 = 1$ พบว่าปริมาณน้ำจะถูกจัดสรรจะเกิดความขาดแคลนอย่างเท่าเทียมกัน ซึ่งเป็นผลเนื่องจากอิทธิพลของค่าถ่วงน้ำหนักที่ให้แก่ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2 (ทำให้เกิดความขาดแคลนอย่างเท่าเทียมกัน)

และเมื่อ $w_1 = 1$ และ $w_2 = 0$ ในรูปที่ 5.5 ผลการจัดสรรน้ำที่ได้จะพบว่าปริมาณน้ำจะถูกจัดสรรไปให้พื้นที่อุตสาหกรรมก่อน เนื่องจากค่าผลตอบแทน (NER) ในพื้นที่อุตสาหกรรมมีค่าสูง

ที่สุดอันเป็นผลมาจากฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1 (เพื่อให้เกิดค่าตอบแทนสูงสุด) โดยผลการจัดสรรน้ำและเปอร์เซ็นต์ความขาดแคลนแยกตามประเภทพื้นที่ที่ค่าถ่วงน้ำหนักที่แตกต่างกันได้ถูกแสดงไว้ดังตารางที่ 5.2 และ 5.3 (ข้อมูลตัวอย่างของเดือนธันวาคมปี 2541)



รูปที่ 5.5 ผลการจัดสรรน้ำที่ทุกค่าถ่วงน้ำหนัก

ตารางที่ 5.2 ผลการจัดสรรน้ำเทียบกับปริมาณความต้องการ

พื้นที่	ความต้องการ (ลบ.ม.)	ผลการจัดสรรน้ำที่ค่าถ่วงน้ำหนักต่าง ๆ (ลบ.ม./เดือน)				
		1, 0	0.8, 0.2	0.5, 0.5	0.2, 0.8	0, 1
น้ำเป็น	5,917,000	5,917,000	5,787,418	5,618,534	5,595,121	5,447,278
กระแสบน	5,679,000	5,679,000	5,554,630	5,394,481	5,296,112	5,228,310
กร่ำ	6,567,000	6,567,000	6,423,183	6,200,447	6,187,791	6,045,276
กองดิน	5,955,000	5,955,000	5,824,586	5,729,307	5,502,769	5,482,234
ตะพง	583,000	292,896	344,638	428,444	488,240	539,999

ตารางที่ 5.2 ผลการจัดสรรน้ำเทียบกับปริมาณความต้องการ (ต่อ)

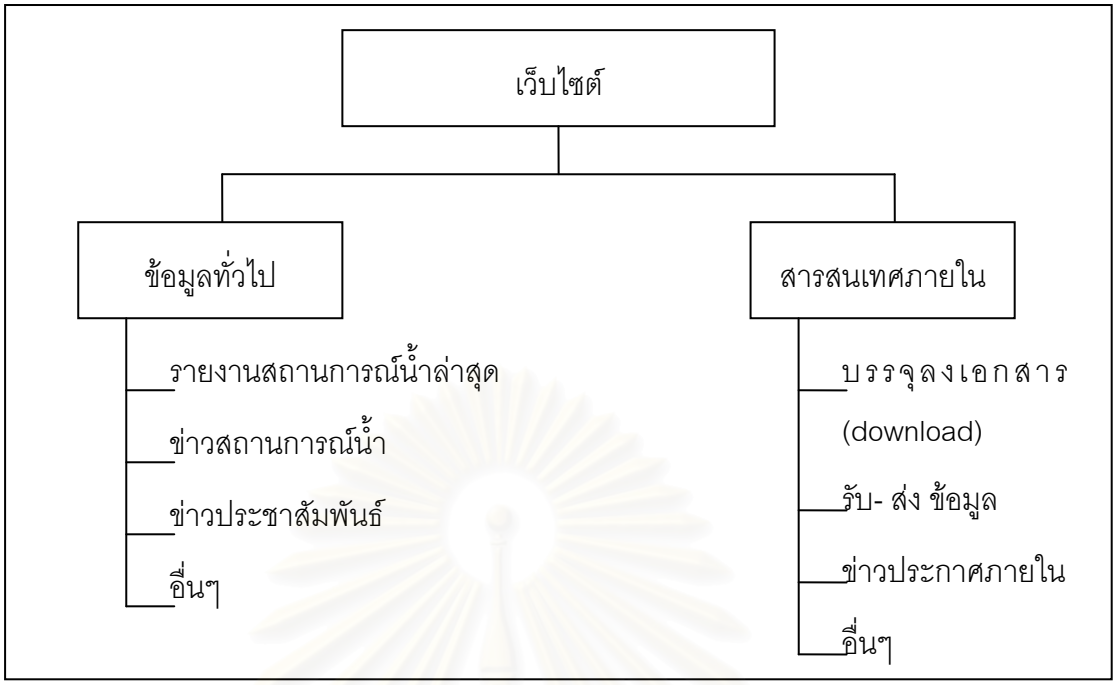
พื้นที่	ความต้องการ (ลบ.ม.)	ผลการจัดสรรน้ำที่ค่าถ่วงน้ำหนักต่าง ๆ (ลบ.ม./เดือน)				
		1, 0	0.8, 0.2	0.5, 0.5	0.2, 0.8	0, 1
ทับมา	600,000	302,020	377,677	439,530	494,161	555,635
หนองบัว	1,180,000	545,664	678,902	865,838	948,094	1,089,231
ชากบก	1,035,000	502,468	642,937	819,782	909,296	955,830
ตาขัน	948,000	458,550	585,627	723,235	798,016	875,805

ตารางที่ 5.3 เปอร์เซ็นต์ความขาดแคลน

ประเภทพื้นที่	เปอร์เซ็นต์ความขาดแคลน				
	w1=0 w2=1	w1=0.2 w2=0.8	w1=0.5 w2=0.5	w1=0.8 w2=0.2	w1=1 w2=0
เกษตรกรรม	7.72	18.07	37.24	45.61	49.52
อุตสาหกรรม	7.72	8.82	5.86	2.19	0
อุปโภค-บริโภค	7.72	16.18	34.79	41.40	46.33

5.3.3 การแสดงข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

นอกจากการสร้างโปรแกรมประยุกต์เพื่อการจัดสรรน้ำแล้ว งานวิจัยนี้ยังได้จัดทำเว็บไซต์เพื่อใช้แสดงข้อมูลและจัดส่งข้อมูลต่างๆ ให้แก่เจ้าหน้าที่ภายในองค์กร และยังสามารถใช้เป็นพื้นที่ประกาศข่าวสารสถานการณ์น้ำให้แก่ประชาชนได้อีกทางหนึ่งด้วย โดยองค์ประกอบของเว็บไซต์ที่จัดทำขึ้นเป็นไปดังรูปที่ 5.6 และตัวอย่างเว็บเพจได้ถูกแสดงไว้ในภาคผนวก ง.



รูปที่ 5.6 ส่วนประกอบภายในประกอบเว็บไซต์

จากรูปที่ 5.6 สามารถอธิบายได้ว่าการทำงานของเว็บไซต์สามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ใช้แสดงข้อมูลทั่วไป และสารสนเทศภายใน โดยส่วนที่ใช้แสดงข้อมูลทั่วไปนี้จะเป็นส่วนที่บุคคลภายนอกสามารถเข้าไปใช้บริการ เพื่ออ่านข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์น้ำและข่าวประกาศอื่นๆได้ และในส่วนของสารสนเทศภายในจะเป็นส่วนที่จำกัดการใช้งานไว้เพียงแค่บุคลากรภายในสำนักงาน โดยผู้ใช้จำเป็นต้องทำการลงบันทึกเข้าเพื่อใช้ระบบ โดยการทำงานในส่วนนี้ ผู้ใช้จะสามารถทำการบรรจุลงเอกสาร และรับ- ส่งข้อมูลผ่านอีเมลได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การประยุกต์ใช้ในโครงการชลประทานระยอง

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ พื้นที่ศึกษาเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการวางแผนออกแบบเพื่อพัฒนาระบบ ตลอดจนใช้เป็นพื้นที่เก็บข้อมูลที่จำเป็นต่างๆ ในการทดสอบผลการทำงานของโปรแกรมที่ได้มีการพัฒนาขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ใช้โครงการชลประทานจังหวัดระยองเป็นพื้นที่ศึกษา ภายใต้แนวคิดเกี่ยวกับการจัดสรรน้ำให้กับผู้ใช้รายย่อย นอกจากกล่าวถึงข้อมูลของจังหวัดระยองแล้ว ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจขึ้นเพื่อการจัดสรรน้ำในพื้นที่ศึกษาก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญที่จะกล่าวถึงในบทนี้

6.1 ข้อมูลจังหวัดระยอง

6.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

จังหวัดระยองตั้งอยู่ทิศตะวันออกของประเทศไทยมีเนื้อที่ประมาณ 3,552 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 2,220,000 ไร่ โดยทิศเหนือมีอาณาเขตติดต่อกับอำเภอหนองใหญ่ และอำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี ทิศใต้ติดชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ทิศตะวันออกติดอำเภอนายายอาม และอำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ทิศตะวันตกติดอำเภอสัตหีบ และอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

6.1.2 แหล่งน้ำ

ในจังหวัดระยองมีแหล่งน้ำหลากหลายประเภทที่มีความสำคัญต่อประชากรในจังหวัด โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

1) แม่น้ำ

ภายในจังหวัดระยองมีแม่น้ำที่สำคัญ 2 สาย ได้แก่แม่น้ำระยองและแม่น้ำประแสร์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 แม่น้ำระยอง หรือ คลองใหญ่ มีต้นน้ำเกิดจากเทือกเขากองซองและเขาพนมศาสตร์ ไหลลงสู่ทะเลที่ตำบลปากน้ำ อำเภอเมืองระยอง มีความยาวประมาณ 50 กิโลเมตร

1.2 แม่น้ำประแสร์ มีต้นกำเนิดจากเขาใหญ่ เขาอ่างฤาไน เขาหินโรง และเขาอ่างกระเด็น ไหลลงสู่ทะเลที่บ้านปากน้ำ ตำบลปากน้ำประแสร์ อำเภอแกลง รวมมีความยาวประมาณ 120 กิโลเมตร

2) คลอง

จังหวัดระยองมีคลองมากมาย โดยลำคลองที่มีความสำคัญต่อประชากรภายในจังหวัดระยองประกอบไปด้วย

2.1 คลองดอกกราย มีต้นน้ำจากเขาชากกล้วยในเขตอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ไหลลงคลองหนองปลาไหล ก่อนที่จะบรรจบกับแม่น้ำระยอง มีความยาวประมาณ 45 กิโลเมตร

2.2 คลองหนองปลาไหล มีต้นน้ำจากเทือกเขาน้ำโจน เขาชมพู และเขาเรือตกในเขตจังหวัดชลบุรี แล้วไหลลงสู่แม่น้ำระยอง ที่บ้านหัวทุ่ง ตำบลหนองบัว อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง มีความยาวประมาณ 42 กิโลเมตร

2.3 คลองโพล้ มีต้นน้ำจากเขาชมูน เขาชะเอม และเขาปลายคลองโพล้ ไหลลงสู่แม่น้ำประแสร์ ที่บ้านท่ากระชาย อำเภอแกลง มีความยาวประมาณ 38 กิโลเมตร

2.4 คลองทับมา มีต้นน้ำจากเทือกเขาต่าง ๆ เช่น เขาจอมแห เขาเกตุ เขากระบอก และไหลลงสู่แม่น้ำระยอง ที่บ้านเกาะกลอย อำเภอเมือง มีความยาวประมาณ 12 กิโลเมตร

2.5 คลองระโอก มีต้นน้ำจากเทือกเขาชะเมา และไหลลงสู่คลองโพล้ ที่บ้านเนินสุขสำราญ อำเภอแกลง มีความยาวประมาณ 10 กิโลเมตร

3) น้ำใต้ดิน

แหล่งน้ำใต้ดินที่จังหวัดระยองเป็นแหล่งน้ำใต้ดินที่มีคุณภาพปานกลางถึงดี ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมืองระยอง อำเภอแกลง และอำเภอวังจันทร์

4) แหล่งน้ำชลประทาน

โครงการชลประทานในจังหวัดระยองสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

4.1 โครงการชลประทานเพื่อการอุตสาหกรรม มีจำนวน 2 โครงการได้แก่ โครงการอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล และอ่างเก็บน้ำดอกกราย

4.2 โครงการชลประทานเพื่อป้องกันน้ำเค็มและอุทกภัยและเก็บกักน้ำ มีจำนวน 6 โครงการ ได้แก่ โครงการป้องกันอุทกภัยจังหวัดระยอง บ้านค่าย อ่างเก็บน้ำดอกกราย อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล อ่างเก็บน้ำคลองระโอก และโครงการป้องกันน้ำเค็มลุ่มแม่น้ำประแสร์

4.3 โครงการชลประทานเพื่อเกษตรกรรม มีจำนวน 5 โครงการ ได้แก่ โครงการป้องกันอุทกภัยจังหวัดระยอง บ้านค่าย อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล อ่างเก็บน้ำคลองระโอก และโครงการป้องกันน้ำเค็มลุ่มน้ำประแสร์

6.1.3 **เศรษฐกิจ**

เศรษฐกิจภายในจังหวัดระยองสามารถแบ่งออกได้ 3 กลุ่มตามประเภทความต้องการน้ำ ซึ่งได้แก่เศรษฐกิจทางด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรมและเหมืองแร่ และการพาณิชย์และการบริการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) การเกษตรกรรม

การเกษตรกรรมในจังหวัดระยองมีอยู่หลายประเภท ไม่จำกัดเพียงการเพาะปลูกพืชเพียงอย่างเดียว แต่ยังคงมีการปศุสัตว์และการประมงอีกด้วย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 การกสิกรรม

จังหวัดระยอง มีพื้นที่เกษตรกรรม 1,535,000 ไร่ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 69.14 ของพื้นที่จังหวัด พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัด ได้แก่ ยางพารา มันสำปะหลัง สับปะรด อ้อย ข้าว ผลไม้ต่าง ๆ เช่น ทุเรียน เงาะ และมังคุด

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการเพาะปลูกมากที่สุดในจังหวัด ในฤดูการผลิตปี 2544/45 มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้น 659,444 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 235 กิโลกรัม/ไร่ โดยปลูกมากที่สุดในพื้นที่อำเภอแกลง อำเภอเมืองระยอง และอำเภอบ้านค่าย ตามลำดับ

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีเพาะปลูกรองลงมาจากยางพารา ในฤดูการผลิต ปี 2544/45 มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้น 152,956 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 6,893 กิโลกรัม/ไร่ โดยปลูกมากที่สุดในพื้นที่อำเภอปลวกแดง กิ่งอำเภอนิคมพัฒนา และอำเภอวังจันทร์ ตามลำดับ

มันสำปะหลังมีการเพาะปลูกมากเป็นอันดัน 3 ในฤดูการผลิต ปี 2544/45 มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้น 148,278 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 3,770 กิโลกรัม/ไร่ โดยปลูกมากที่สุดในพื้นที่อำเภอปลวกแดง รองลงมาได้แก่ กิ่งอำเภอเขาชะเมา

นอกจากนี้ยังมีพืชอื่นๆ ที่เพาะปลูกในจังหวัดระยอง ได้แก้ อ้อย ข้าว ทุเรียน เงาะ และมังคุด โดยข้าวจะเป็นพืชที่นิยมปลูกน้อยมากเมื่อเทียบกับการเพาะปลูกพืชชนิดอื่นๆ

1.2 การปศุสัตว์

อัตราการเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดระยองในปี 2545 มีอัตราลดลงเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมาโดยเกษตรกรมีแนวโน้มที่จะเลี้ยงแพะเพิ่มขึ้น และในทางกลับกันเมื่อเทียบกับโค กระบือ สุกร ไก่ เป็ด ห่าน แกะ และม้า สัตว์ที่เลี้ยงมากที่สุดได้แก่ ไก่ เป็ด สุกร และโค ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่ทำการปศุสัตว์เรียงจากมากไปน้อยได้แก่ อำเภอแกลง อำเภอวังจันทร์ อำเภอเมืองระยอง และอำเภอบ้านค่าย ตามลำดับ

1.3 การประมง

จังหวัดระยองมีการทำประมงน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม มีประชากรที่ประกอบอาชีพประมงจำนวน 1,321 ครัวเรือน จำนวน 11,757 คน โดยการประมงส่วนใหญ่จะเป็นการประมงน้ำจืด

2) การอุตสาหกรรมและเหมืองแร่

จังหวัดระยองเป็นจังหวัดที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุน จนกระทั่งส่งผลให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง โดยมีจำนวนโรงงานรวมทั้งสิ้น 1,384 โรงงาน (ข้อมูล ณ วันที่ 31 มีนาคม 2546) มีเงินลงทุน 578,305.58 ล้านบาท และก่อให้เกิดให้การจ้างงาน 93,507 คน โดยอำเภอเมืองระยองมีโรงงานตั้งอยู่มากที่สุดจำนวน 519 โรง กิ่งอำเภอเขาชะเมาจำนวน 8 โรง และมีแนวโน้มการลงทุนที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ แม้ว่าจะประสบกับปัญหาภาวะเศรษฐกิจแต่การลงทุนในภาพรวมยังคงสูงกว่าจังหวัดอื่นๆ

นอกจากการลงทุนภาคอุตสาหกรรมแล้วจังหวัดระยองยังมีชื่อเสียงในเรื่องของการทำเหมืองแร่ โดยผลผลิตแร่ของจังหวัดระยองได้แก่ แร่ทรายแก้ว ซึ่งใช้เป็นใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมทรายแก้ว กระจก ขวด สารเคมี ตัวเร่งปฏิกิริยาในการถลุงโลหะ เซรามิก นอกจากนี้ยังมีแร่เศรษฐกิจอื่นๆ ที่สำคัญได้แก่ แร่ดินขาว หินปูน หินแกรนิต และแร่ดีบุก

3) การพาณิชย์และการบริการ

3.1 การพาณิชย์

จังหวัดระยอง มีผู้ประกอบธุรกิจซึ่งขอจดทะเบียนเป็นนิติบุคคลประเภทต่างๆ ในปี 2545 รวมทั้งสิ้น 1,379 ราย แยกเป็นบริษัท 892 ราย เพิ่มขึ้นร้อยละ 409.7 ห้างหุ้นส่วนจำกัด

231 ราย เพิ่มขึ้นร้อยละ 19.07 ร้านค้าจดทะเบียน 256 ราย ลดลงร้อยละ 42.21 และห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคลไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ การจดทะเบียนนิติบุคคลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงขึ้นเป็นอย่างมากอันเป็นผลเนื่องมากจากรัฐบาลมีการกระตุ้นเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง

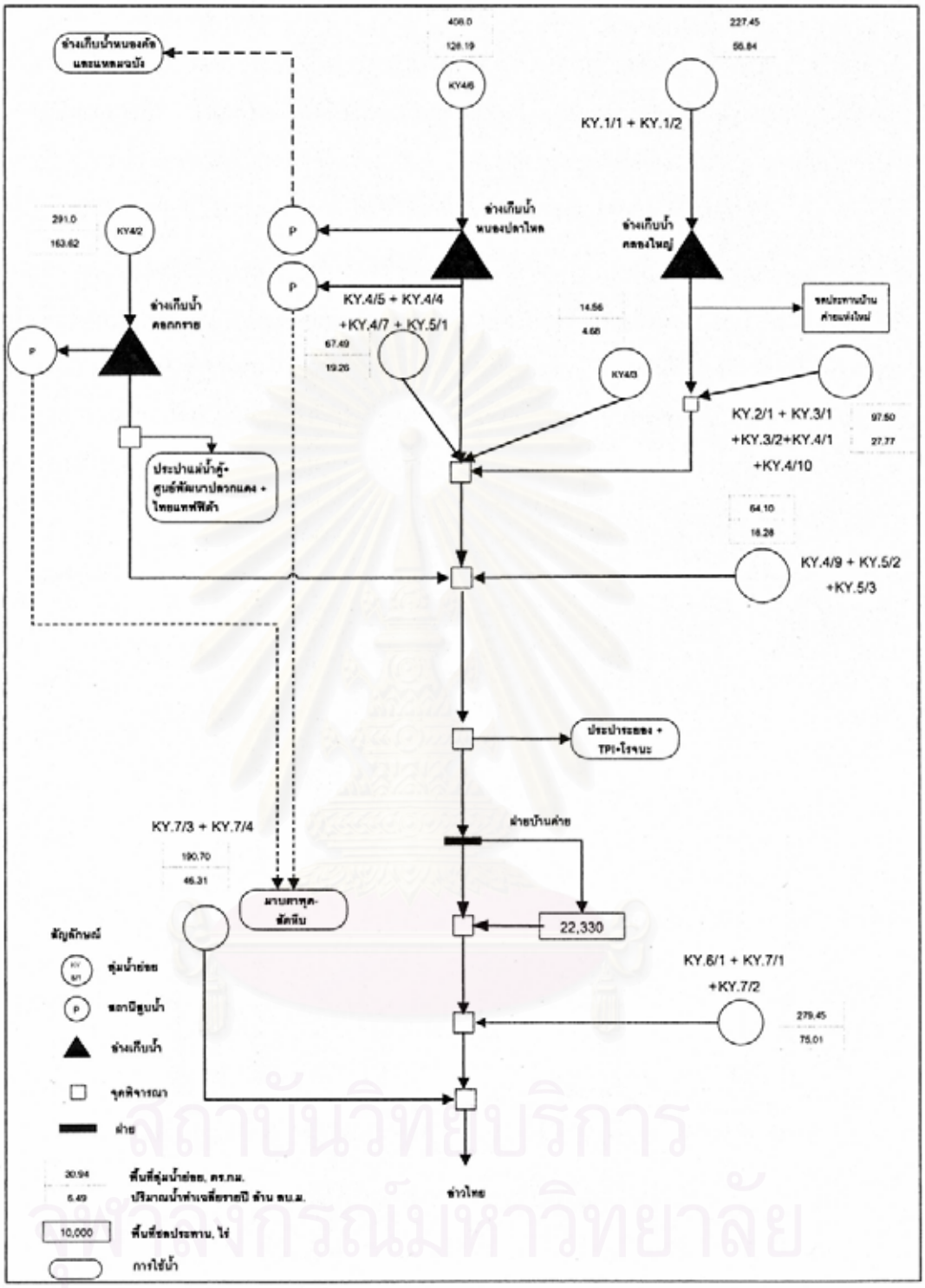
3.2 การบริการ

จังหวัดระยองเป็นจังหวัดที่มีแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติมากอีกจังหวัดหนึ่งของไทย ทำให้มีนักท่องเที่ยวมาเยี่ยมเยือนเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ปริมาณโรงแรมและร้านอาหารต่างๆ ส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในแหล่งชุมชนที่สำคัญ โดยเฉพาะบริเวณชายทะเลและเกาะเสม็ดซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัด

6.2 การประยุกต์ใช้

นอกจากการทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นโดยการใช้ข้อมูลทดสอบที่สร้างขึ้นแล้ว การนำระบบมาทดสอบกับข้อมูลจริงในพื้นที่ศึกษา ก็เป็นการทดสอบระบบที่มีความสำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทดสอบกับข้อมูลในระบบจริงนี้เป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นว่าระบบสามารถนำไปใช้งานได้จริงและสามารถจัดสรรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยรูปที่ 6.1 แสดงระบบแหล่งน้ำของลุ่มน้ำคลองใหญ่ในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่าประกอบไปด้วยอ่างเก็บน้ำจำนวน 3 แห่ง แต่ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพิจารณาเพียงอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลและอ่างเก็บน้ำดอกกรายเท่านั้น

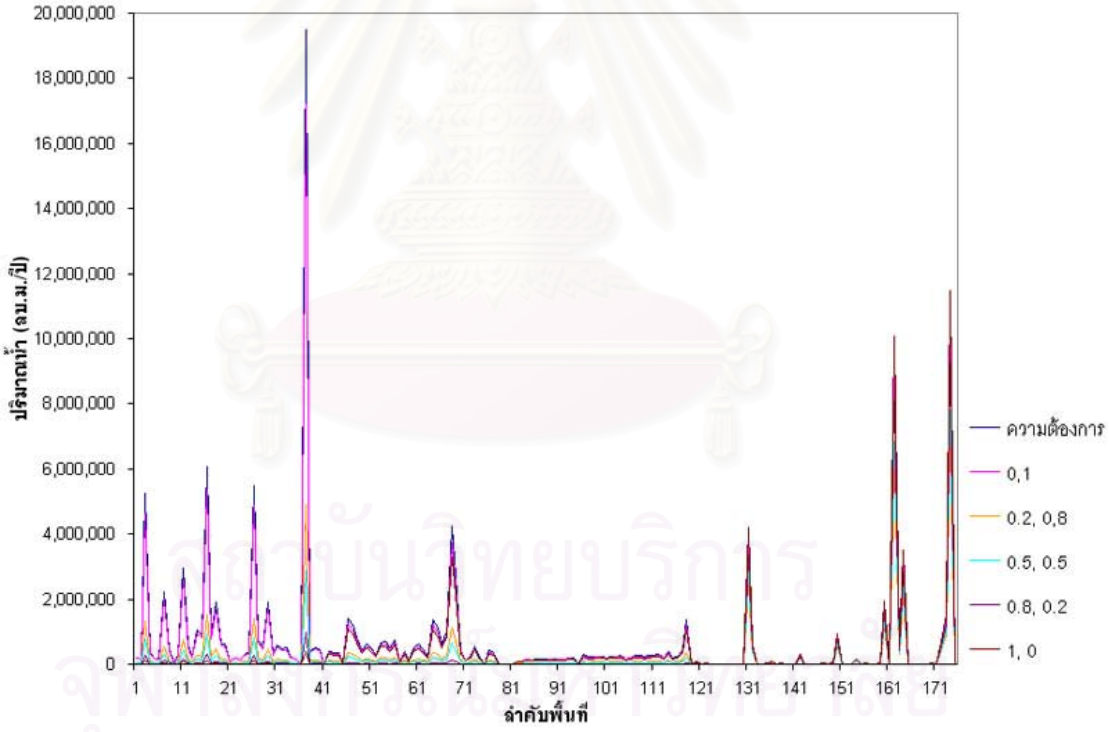
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



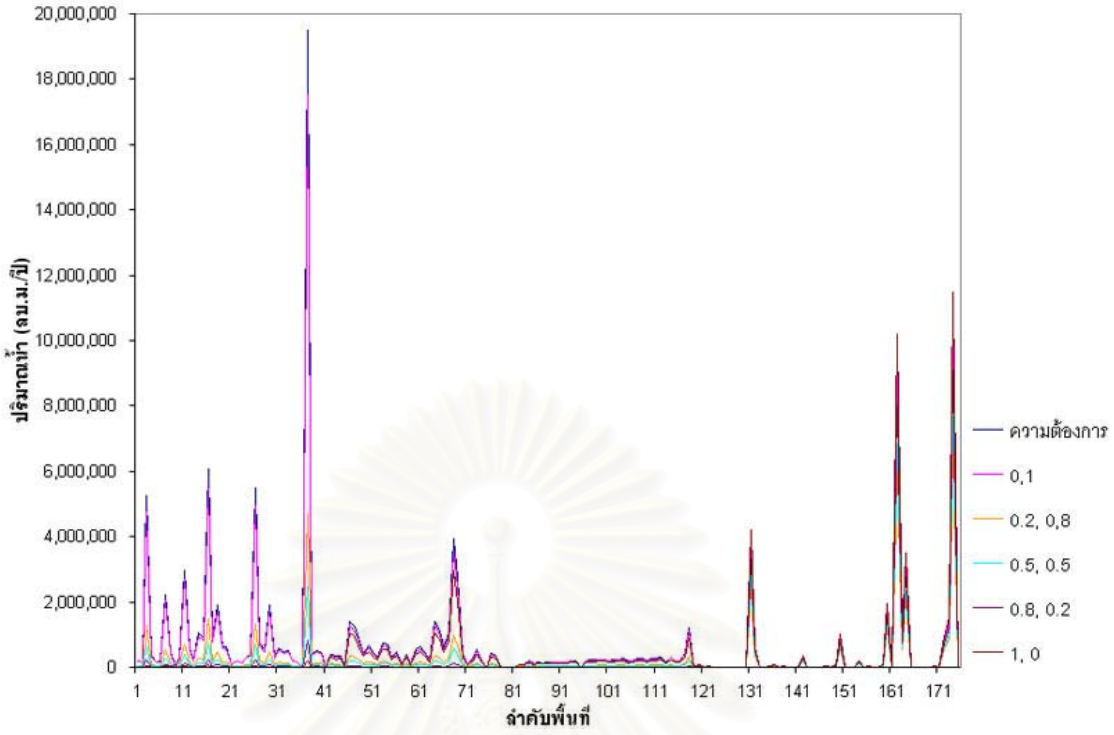
รูปที่ 6.1 ระบบแหล่งน้ำของลุ่มน้ำคลองใหญ่ในปัจจุบัน

รูปที่ 6.2 – 6.4 แสดงผลการจัดสรรน้ำโดยใช้ข้อมูลความต้องการน้ำปี 2544 – 2546 โดยกราฟได้แสดงปริมาณน้ำความต้องการน้ำและปริมาณน้ำที่ถูกจัดสรรของปี 2544 2545 และ 2546 ที่ค่าน้ำหนักต่างๆ กันตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่าที่ค่าน้ำหนัก (0,1) (คู่ลำดับตัวหน้าแทนค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อให้เกิดผลตอบแทนสูงสุด และคู่ลำดับตัวหลังแทนค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อให้เกิดความขาดแคลนอย่างเท่าเทียมกัน) จะมีลักษณะใกล้เคียงปริมาณความต้องการมากที่สุดอันเนื่องมาจากผลการจัดสรรน้ำที่ทำให้เกิดความขาดแคลนอย่างเท่าเทียมกัน

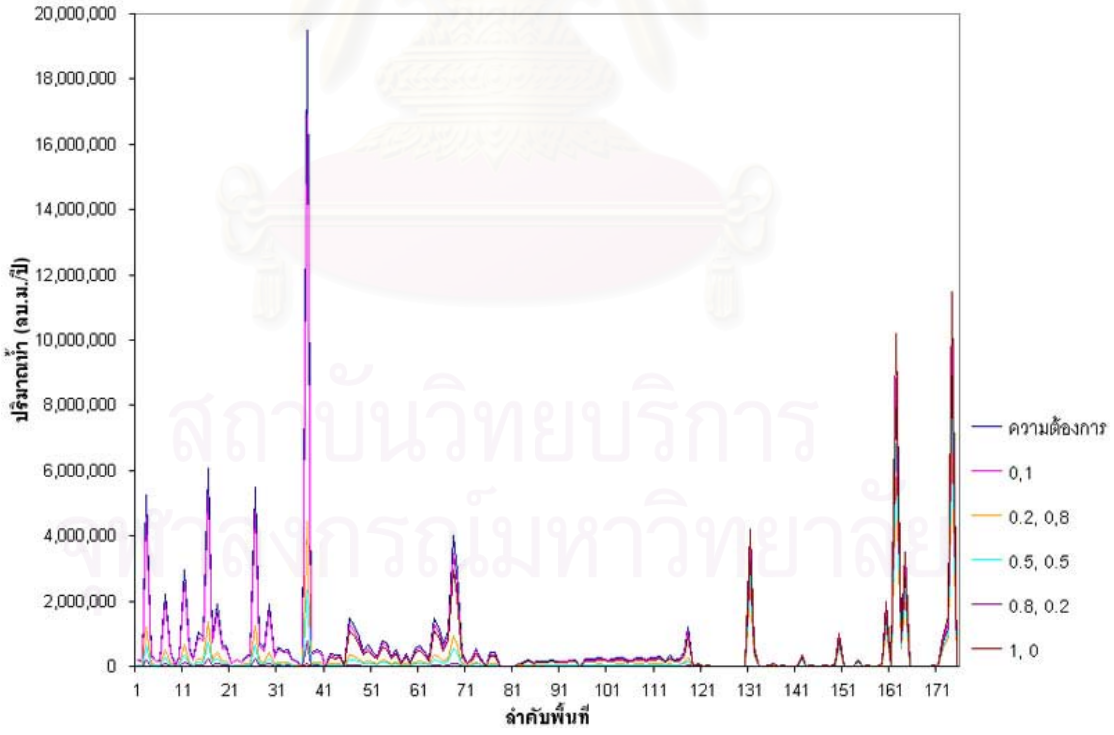
และเมื่อพิจารณาผลการจัดสรรน้ำที่ค่าถ่วงน้ำหนัก (1,0) พบว่าปริมาณน้ำจะถูกส่งไปให้พื้นที่อุตสาหกรรมก่อน แล้วจึงส่งปริมาณน้ำที่เหลือไปยังพื้นที่อุปโภค-บริโภคตามลำดับ อันเนื่องมาจากค่าผลตอบแทนในพื้นที่อุตสาหกรรมมีค่าสูงที่สุด รองมาด้วยอุปโภค-บริโภค และเกษตรกรรมตามลำดับ โดยข้อมูลรายปีของพื้นที่ทั้งหมดที่ใช้ทำการทดสอบในโครงการชลประทานระยองได้ถูกแสดงไว้ในภาคผนวก จ.



รูปที่ 6.2 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544



รูปที่ 6.3 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545



รูปที่ 6.4 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546

นอกจากที่ได้แสดงผลการจัดสรรน้ำดังรูปที่ 6.2 – 6.4 แล้ว ตารางที่ 6.1 – 6.3 ยังได้แสดงการเปรียบเทียบผลการจัดสรรน้ำโดยผู้เชี่ยวชาญและระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ถูกพัฒนาขึ้นที่ค่าถ่วงต่างๆ ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างพบว่า ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้น มีความสามารถในการจัดสรรน้ำได้ใกล้เคียงกับผู้เชี่ยวชาญ ทำให้การจัดสรรน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 6.1 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544 โดยผู้เชี่ยวชาญและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

	ปริมาณน้ำปี 2544 (ล้านลบ.ม.)						
		ระบบที่ทำการพัฒนา					
ชื่อพื้นที่	**ผู้เชี่ยวชาญ**	w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	56.42	57.65	57.04	56.43	55.43	54.95	54.33
อุตสาหกรรม	149.99	148.76	149.37	149.98	150.98	151.46	152.08
อุปโภคฯ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 6.2 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545 โดยผู้เชี่ยวชาญและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

	ปริมาณน้ำปี 2545 (ล้านลบ.ม.)						
		ระบบที่ทำการพัฒนา					
ชื่อพื้นที่	**ผู้เชี่ยวชาญ**	w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	51.33	52.22	51.89	51.32	50.75	50.43	49.87
อุตสาหกรรม	143.41	142.52	142.85	143.42	143.99	144.31	144.87
อุปโภคฯ	0.0126	0.0131	0.0129	0.0126	0.0125	0.0124	0.0120

ตารางที่ 6.3 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546 โดยผู้เชี่ยวชาญและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

ชื่อพื้นที่	ปริมาณน้ำปี 2546 (ล้านลบ.ม.)						
	ผู้เชี่ยวชาญ	ระบบที่ทำการพัฒนา					
		w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	53.16	54.17	53.73	53.16	52.64	52.29	51.85
อุตสาหกรรม	162.58	161.57	162.01	162.58	163.10	163.45	163.89
อุปโภคฯ	0.0227	0.0315	0.0275	0.0227	0.0225	0.0210	0.0194

นอกจากการเปรียบเทียบผลการจัดสรรน้ำระหว่างผู้เชี่ยวชาญ และระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ทำการพัฒนาขึ้นดังตารางที่ 6.1 – 6.3 แล้ว ตารางที่ 6.4 - 6.6 ยังได้แสดงการเปรียบเทียบผลการจัดสรรน้ำ ระหว่างผู้เชี่ยวชาญและระบบเมื่อไม่พิจารณาปริมาณฝนพยากรณ์ (ไม่นำผลปริมาณฝนพยากรณ์มาคำนวณ) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการจัดสรรน้ำของระบบและผู้เชี่ยวชาญ โดยได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 6.4 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544 เมื่อไม่พิจารณาปริมาณฝนพยากรณ์

ชื่อพื้นที่	ปริมาณน้ำปี 2544 (ล้านลบ.ม.)						
	ผู้เชี่ยวชาญ	ระบบที่ทำการพัฒนา					
		w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	56.42	57.19	56.90	56.43	55.59	55.16	54.73
อุตสาหกรรม	149.99	149.22	149.51	149.98	150.82	151.25	151.68
อุปโภคฯ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 6.5 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545 เมื่อไม่พิจารณาปริมาณฝนพยากรณ์

ชื่อพื้นที่	ปริมาณน้ำปี 2545 (ล้านลบ.ม.)						
	ผู้เชี่ยวชาญ	ระบบที่ทำการพัฒนา					
		w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	51.33	52.11	51.78	51.33	50.94	50.74	50.18
อุตสาหกรรม	143.41	142.63	142.96	143.41	143.80	144.00	144.56
อุปโภคฯ	0.0126	0.0129	0.0127	0.0126	0.0125	0.0125	0.0122

ตารางที่ 6.6 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546 เมื่อไม่พิจารณาปริมาณฝนพยากรณ์

ชื่อพื้นที่	ปริมาณน้ำปี 2546 (ล้านลบ.ม.)						
	ผู้เชี่ยวชาญ	ระบบที่ทำการพัฒนา					
		w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	53.16	53.85	53.60	53.16	52.94	52.59	52.21
อุตสาหกรรม	162.58	161.88	162.14	162.58	162.80	163.15	163.53
อุปโภคฯ	0.0227	0.0285	0.0262	0.0227	0.0226	0.0230	0.0217

จากการพิจารณาผลการจัดสรรน้ำดังตารางที่ 6.4 – 6.6 พบว่าเมื่อทำการจัดสรรน้ำโดยไม่นำค่าฝนพยากรณ์มาคำนวณจะมีความใกล้เคียงกับผลการจัดสรรน้ำที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมากกว่าการนำปริมาณฝนพยากรณ์มาร่วมพิจารณา เนื่องจากการพยากรณ์ปริมาณฝนในแต่ละครั้งจะมีการนำข้อมูลฝนที่ผ่านมาในอดีตมาร่วมใช้เพื่อทำการคำนวณ และปริมาณฝนในแต่ละปีมีความไม่แน่นอนขึ้นกับสภาพอากาศของปีนั้นๆ จึงทำให้ผลการจัดสรรน้ำมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างมากขึ้นเมื่อเทียบกับผู้เชี่ยวชาญเมื่อนำปริมาณฝนพยากรณ์มาร่วมคำนวณ

นอกจากที่ได้แสดงผลการจัดสรรน้ำระหว่างปี 2544 – 2546 ดังตารางที่ 6.1 – 6.3 แล้ว ตารางที่ 6.7 – 6.8 ยังได้แสดงตัวอย่างผลการจัดสรรน้ำบางส่วนแบบรายเดือนดังต่อไปนี้ (ตัวอย่างการจัดสรรน้ำรายเดือนได้แสดงไว้ในภาคผนวก ช.)

ตารางที่ 6.7 ผลการจัดสรรน้ำเดือนธันวาคม 2545

ชื่อพื้นที่	เดือนธันวาคม 2545 (ล้านลบ.ม.)						
	ผู้เชี่ยวชาญ	w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	8.42	9.60	8.89	8.44	8.07	7.86	7.54
อุตสาหกรรม	13.20	12.02	12.73	13.18	13.55	13.76	14.08
อุปโภคฯ	0.0016	0.0019	0.0017	0.0016	0.0015	0.0013	0.0012

ตารางที่ 6.8 ผลการจัดสรรน้ำเดือนมกราคม 2546

ชื่อพื้นที่	เดือนมกราคม 2546 (ล้านลบ.ม.)						
	ผู้เชี่ยวชาญ	w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	7.07	7.81	7.40	7.07	6.54	6.33	5.69
อุตสาหกรรม	13.13	12.39	12.80	13.13	13.66	13.87	14.51
อุปโภคฯ	0.0021	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0018	0.0017

นอกจากการเปรียบเทียบผลการจัดสรรน้ำระหว่างผู้เชี่ยวชาญและระบบที่พัฒนาขึ้นแล้ว ยังได้ทำการศึกษาผลการจัดสรรน้ำโดยผู้เชี่ยวชาญในอดีตที่ผ่านมาในช่วงปี 2544 – 2546 พบว่าการจัดสรรน้ำที่ผ่านมาให้ความค่าถ่วงน้ำหนักแก่ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1 (เพื่อให้ได้รับค่าตอบแทนสูงสุด) มีค่าเท่ากับ 0.3189 และค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2 (เพื่อให้เกิดความขาดแคลนอย่างเท่าเทียมกัน) เท่ากับ 0.6811 เนื่องจากความยุติธรรมและความพึงพอใจของผู้รับน้ำเป็นสิ่งสำคัญ แต่การที่ผู้จัดสรรน้ำไม่ให้ค่าถ่วงน้ำหนักทั้งหมดอยู่ที่ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 2 เพียงอย่างเดียวก็เนื่องจากความสำคัญทางเศรษฐกิจก็เป็นอีกสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเช่นเดียวกัน

บทที่ 7

ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบระบบการจัดสรรน้ำ การพยากรณ์ปริมาณฝน และจัดทำเว็บไซต์สามารถสรุปผลการวิจัย และมีข้อเสนอแนะดังนี้

7.1 สรุปผลการวิจัย

1. งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการจัดสรรน้ำโดยวิธีหาค่าเหมาะสุด (Optimization) ซึ่งการจัดสรรน้ำแต่เดิมนั้นผู้เชี่ยวชาญจะทำการจัดสรรน้ำโดยใช้องค์ความรู้ที่เกิดจากประสบการณ์ ซึ่งผลการจัดสรรน้ำที่ได้จากการพัฒนาระบบ พบว่าสามารถทำการจัดสรรน้ำไปยังพื้นที่เป้าหมายได้อย่างเหมาะสมและยุติธรรม และยังสามารถช่วยเหลือผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินใจได้เป็นอย่างดี โดยสามารถทำการจัดสรรน้ำแก่ผู้ใช้รายย่อยในพื้นที่หลักทั้ง 3 ประเภทซึ่งประกอบไปด้วยพื้นที่เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และอุปโภค-บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อหาการจัดสรรน้ำไปยังผู้ใช้น้ำในแต่ละประเภทอย่างเหมาะสม โดยเลือกใช้ฟังก์ชันจุดประสงค์ 2 ฟังก์ชัน ซึ่งได้มาจากการสอบถามจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง จึงทำให้ฟังก์ชันจุดประสงค์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มีความใกล้เคียงต่อความต้องการจริงมากที่สุด ซึ่งประกอบไปด้วยฟังก์ชันจุดประสงค์เพื่อให้เกิดผลตอบแทนสูงสุดและเกิดความขาดแคลนน้อยสุดอย่างเท่าเทียมกัน

3. งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ตัวแบบการถดถอยในตัวเองรวมการเฉลี่ยเคลื่อนที่เมื่อเป็นอนุกรมเวลาแบบไม่คงที่ (ARIMA) เป็นตัวแบบเพื่อใช้สร้างสมการพยากรณ์ปริมาณฝน โดยปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการพยากรณ์สามารถเกาะติดกับปริมาณน้ำฝนที่ตกจริง แต่เนื่องจากปริมาณฝนเป็นตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาวะอากาศซึ่งมีความไม่แน่นอน จึงทำให้ผลลัพธ์จากการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนในบางจุด

4. จากผลการทดลองจากข้อมูลการจัดสรรน้ำช่วงปี 2544 – 2546 ที่ผ่านมาในอดีต พบว่าผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความสำคัญต่อฟังก์ชันจัดประสงค์ที่ 2 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความยุติธรรม (ค่าน้ำหนัก 0.6811) มากกว่าฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ 1 ซึ่งก่อให้เกิดผลตอบแทนสูงที่สุด (ค่าน้ำหนัก 0.3189) เนื่องจากการให้ความยุติธรรมในกลุ่มผู้รับน้ำเป็นสิ่งสำคัญ แต่ความยุติธรรม

เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ ดังนั้นผู้เชี่ยวชาญจึงได้ให้ความสำคัญด้านเศรษฐกิจควบคู่ไปในขณะเดียวกัน

5. ระบบที่สนับสนุนการตัดสินใจที่ทำการพัฒนาขึ้นสามารถทำการพยากรณ์ปริมาณฝนที่คาดว่าจะตกในอนาคต และยังสามารถแสดงผลการจัดสรรน้ำที่ค่าถ่วงน้ำหนักต่างๆ กัน เพื่อเป็นการช่วยเหลือผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินใจเพื่อทำการจัดสรรน้ำ ซึ่งส่งผลให้การจัดสรรน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. จากการประยุกต์ใช้ในโครงการชลประทานระยองพบว่าระบบมีความสามารถในการจัดสรรน้ำได้อย่างดี มีความใกล้เคียงกับผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญสามารถนำผลการจัดสรรน้ำที่ได้จากระบบนี้ไปช่วยทำการตัดสินใจร่วมกับผลการจัดสรรน้ำที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

7.2 **ข้อเสนอแนะ**

1. ระบบนี้อาจมีการพัฒนาระบบต่อไปให้ให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น เช่นอาจมีการพัฒนาให้ระบบสามารถทำการจัดสรรน้ำเป็นแบบรายวันหรือรายสัปดาห์ เพื่อให้การจัดสรรน้ำเป็นไปตามสถานการณ์น้ำ ณ ช่วงเวลานั้น

2. การวิเคราะห์แนวโน้มค่าถ่วงน้ำหนักที่ผ่านมาในอดีตของผู้เชี่ยวชาญเป็นรายเดือนหรือรายฤดู ซึ่งอาจทำให้สามารถนำค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้มาใช้ทำการจัดสรรน้ำในปีปัจจุบันได้อย่างเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการควบคุมน้ำท่วม (Flood control) ซึ่งจะทำให้ระบบการจัดสรรน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้เกิดความเสียหายน้อยลงเมื่อเกิดสถานการณ์น้ำท่วม

4. ในกรณีที่นำระบบการจัดสรรน้ำนี้ไปประยุกต์ใช้ในโครงการชลประทานอื่น ควรมีการปรับเปลี่ยนประเภทพื้นที่ชลประทานให้เหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ เช่น ถ้าระบบถูกนำไปใช้ในพื้นที่ที่มีการนำน้ำไปผลิตกระแสไฟฟ้าก็ควรจะเพิ่มพื้นที่ประเภทกำลัง (Power section) เข้ามาจากเดิมที่มีเพียงพื้นที่ประเภทเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และอุปโภค-บริโภคเท่านั้น

5. ควรมีการพัฒนาระบบที่ใช้สำหรับการจัดสรรน้ำใต้ดิน หรือเป็นการจัดสรรน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดิน เนื่องจากน้ำใต้ดินก็เป็นแหล่งน้ำที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งเช่นเดียวกับน้ำผิวดิน

รายการอ้างอิง

[1] รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ. 2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการติดตามข้อมูลน้ำบาดาลสำหรับพื้นที่ด้านเหนือของที่ราบภาคกลางตอนล่างและพัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูลของแบบจำลองน้ำบาดาล. รายงานการวิจัยเสนอต่อ สกว.

[2] รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ. 2549. รายงานฉบับสมบูรณ์การศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินบริเวณภาคกลางตอนบน. รายงานการวิจัยเสนอต่อ สกว.

[3] คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2546. การวางแผนและออกแบบระบบส่งน้ำชลประทาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] กิตติ ภักดีวัฒนะกุล. 2546. คัมภีร์ระบบสนับสนุนการตัดสินใจและระบบผู้เชี่ยวชาญ. กรุงเทพฯ. เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.

[5] ผศ.สุทธิมา ชำนาญเวช. 2547. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ. วิทยพัฒน์.

[6] จักรพงษ์ แต้วิจิตร ผศ.ดร.สุวัฒนา จิตตลดากร. 2548. การปรับปรุงกระบวนการหาคำตอบของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10/2548.

[7] ญาดา วรวุฒิวัฒน์ และโอช อุ่นพิพัฒน์. 2548. ระบบช่วยตัดสินใจในการจัดสรรการใช้น้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดินสำหรับพื้นที่ชลประทาน จังหวัดพิษณุโลก. โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] Adug na Lemi. 2005. Rainfall Probability and Agricultural Yield in Ethiopia. Eastern Africa Social Science Research Review 21(1).

[9] Aristotelis Mantoglou, Maria Papantoniou, and Panagiotis Giannoulopoulos. 2004. Management of Coastal Aquifers Based on Nonlinear Optimization and Evolutionary Algorithms. Journal of Hydrology.

[10] A. O. Nyong and P. S. Kanaroglou. 2001. A survey of household domestic water-use patterns in rural semi- arid Nigeria. Journal of Arid Environments.

[11] Aimée Bella, Lucien Duckstein, and Ferenc Szidarovszky. 1996. A Multicriterion Analysis of the Water Allocation Conflict in the Upper Rio Grande Basin. Applied Mathematics and Computation.

[12] Box, George P. and Jenkins, G.M.. 1976. Time Series Analysis Forecasting and Control. Revised edition Holden-Day.

[13] D. K. Nayak. 2003. Modelling Water Allocation in Competing Demand. Master's thesis. Water Engineering and Management. Asian Institute of Technology. Bangkok. Thailand.

[14] Ertunga C. Özelkan, Ágnes Galambosi, Emmanuel Fernández- Gaucherand, and Lucien Duckstein. 1997. Linear Quadratic Dynamic Programming for Water Reservoir Management. Application Math Modelling.

[15] Fungi S. Makoni, Gift Manase and Jerry Ndamba. 2004. Patterns of domestic water use in rural areas of Zimbabwe, gender roles and realities. Physics and Chemistry of the Earth.

[16] Howitt R. 1995. Positive Mathematical Programming, Am J Agric Econ.

[17] Il Yong Kim, Olivier de Weck. 2004. Adaptive Weighted Sum Method for Multiobjective Optimization. Multidisciplinary Analysis and Optimization.

[18] K. Miettinen, P. Neittaanmäki, M. M. Mäkelä, J. Périaux. 1999. Evolutionary Algorithms in Engineering and Computer Science. John Wiley & Sons.

[19] Laxmi Narayan Sethi, Sudhindra N. Panda, Manoj K. Nayak. 2006. Optimal Crop Planning and Water Resources Allocation in a Coastal Groundwater Basin, Orissa, India. Agricultural Water Management.

[20] M. M. Carter and J. B. Elsner. 1997. A Statistical Method for Forecasting Rainfall over Puerto Rico. Weather and forecasting (Weather forecast.).

[21] M. S. Babel, A. Das Gupta and D. K. Nayak. 2005. A Model for Optimal Allocation of Water to Competing Demands. Water Resources Management.

[22] Nigel Hall. 2001. Linear and Quadratic Model of The Southern Murray- Darling Basin. Proceeding, Environment International.

[23] Robin Wardlaw and Kampanad Bhaktikul. Application of A Genetic Algorithm for Water Allocation in an Irrigation System. Irrigation and Drainage.

[24] Stefano Pallottino, Giovanni M. Sechi, Paola Zuddas. 2005. A DSS for water resources management under uncertainty by scenario analysis. Environmental Modelling & Softwear 20.

[25] T Bäck, D B Fogel and Z Michalewicz. 2000. Evolutionary Computation 2 (Advanced Algorithms and Operators). Institute of Physics Publishing.

[26] Tiao J.Chang, David Moore, 1997. An Expert System Approach for Water Management in Case of Drought. Intelligent Information System.

[27] U. Cortés, M. Sànchez-marrè and L.Ceccaroni. 2000. Artificial Intelligence and Environmental Decision Support Systems. The Netherlands: Kluwer Academic.

[28] Uraya Weesakul and Sudajai Lowanichchai. 2005. Rainfall Forecast for Agricultural Water Allocation Planning in Thailand. Thammasat Int. J. Sc. Tech. 10, 3 (July-September).

[29] Vicki L. Sauter. 1997. Decision Support Systems: An Application managerial Approach. John Wiley & Sons.

[30] Zhiliang Wang, Zhenmin Zhou. 2004. Optimization of Water Allocation in Canal Systems of Chengai Irrigation Area. Nature and Science.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

พจนานุกรมข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. **พจนานุกรมข้อมูลของเอนทิตี**

ตารางที่ ก.1 เอนทิตีพื้นที่รับน้ำ

ชื่อ	พื้นที่รับน้ำ
ชื่อแฝง	-
คำอธิบาย	พื้นที่ที่ต้องการน้ำรายย่อยทุกพื้นที่ในภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และอุปโภค-บริโภค
หมายเหตุ	-
ชื่อเต็ม	พื้นที่รับน้ำรายย่อย

ตารางที่ ก.2 เอนทิตีโซนแมน

ชื่อ	โซนแมน
ชื่อแฝง	-
คำอธิบาย	เจ้าหน้าที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลความต้องการน้ำ และรับคำสั่งเพื่อเปิด-ปิดประตูน้ำ
หมายเหตุ	-
ชื่อเต็ม	-

ตารางที่ ก.3 เอนทิตีศูนย์วัดระดับฝน

ชื่อ	ศูนย์วัดระดับฝน
ชื่อแฝง	-
คำอธิบาย	สถานีที่ทำการวัดระดับน้ำฝนในพื้นที่ที่พิจารณาเพื่อส่งข้อมูลฝนไปยังแผนกที่รับผิดชอบการจัดสรรน้ำ
หมายเหตุ	-
ชื่อเต็ม	ศูนย์วัดระดับน้ำฝน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 เอนทิตีเจ้าหน้าที่

ชื่อ	เจ้าหน้าที่
ชื่อแฝง	-
คำอธิบาย	เจ้าหน้าที่ผู้ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลและทำการจัดสรรน้ำ
หมายเหตุ	-
ชื่อเต็ม	เจ้าหน้าที่จัดสรรน้ำ

2. **พจนานุกรมข้อมูลของกระบวนการ**

ตารางที่ ก.5 กระบวนการที่ 1 รับข้อมูล

ลำดับกระบวนการ	1
ชื่อ	รับข้อมูล
วัตถุประสงค์	เพื่อรับข้อมูลความต้องการน้ำในทุกๆ พื้นที่ย่อยที่มีความต้องการใช้น้ำ
ข้อมูลเข้า	ระดับฝน ความต้องการน้ำ
ข้อมูลออก	ระดับฝน ความต้องการน้ำ
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการนำเข้าปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ย่อยและตรวจสอบจำนวนผู้ใช้รายย่อย

ตารางที่ ก.6 กระบวนการที่ 1.1 รับข้อมูล

ลำดับกระบวนการ	1.1
ชื่อ	รับข้อมูล
วัตถุประสงค์	เพื่อรับข้อมูลความต้องการน้ำในทุกๆ พื้นที่ย่อยที่มีความต้องการใช้น้ำ

ตารางที่ ก.6 กระบวนการที่ 1.1 รับข้อมูล (ต่อ)

ข้อมูลเข้า	ระดับฝน ความต้องการน้ำ
ข้อมูลออก	ระดับฝน ความต้องการน้ำ
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการนำเข้าปริมาณความต้องการน้ำและระดับปริมาณน้ำฝน (มม.)

ตารางที่ ก.7 กระบวนการที่ 1.2 ตรวจสอบจำนวนพื้นที่ย่อย

ลำดับกระบวนการ	1.2
ชื่อ	ตรวจสอบจำนวนพื้นที่ย่อย
วัตถุประสงค์	เพื่อตรวจสอบว่าในพื้นที่หลักแต่ละพื้นที่มีจำนวนพื้นที่ย่อยจำนวนเท่าใด
ข้อมูลเข้า	ความต้องการน้ำ
ข้อมูลออก	ความต้องการน้ำ
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการตรวจสอบจำนวนพื้นที่ย่อยเพื่อทำการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

ตารางที่ ก.8 กระบวนการที่ 2 พยากรณ์ฝน

ลำดับกระบวนการ	2
ชื่อ	พยากรณ์ฝน
วัตถุประสงค์	เพื่อพยากรณ์ปริมาณฝนที่คาดว่าจะตกในอนาคต
ข้อมูลเข้า	ระดับฝน
ข้อมูลออก	ปริมาณฝน
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการที่ทำการพยากรณ์ปริมาณฝนที่คาดว่าจะตกในอนาคตเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดสรรน้ำ

ตารางที่ ก.9 กระบวนการที่ 2.1 พยากรณ์ระดับฝน

ลำดับกระบวนการ	2.1
ชื่อ	พยากรณ์ระดับฝน
วัตถุประสงค์	เพื่อพยากรณ์ระดับฝนที่คาดว่าจะตกในอนาคต
ข้อมูลเข้า	ระดับฝน
ข้อมูลออก	ระดับฝนพยากรณ์ (มม.)
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการที่ทำการพยากรณ์ระดับความสูงของน้ำฝนที่คาดว่าจะตกในอนาคต

ตารางที่ ก.10 กระบวนการที่ 2.2 แปลงเป็นลูกบาศก์เมตร

ลำดับกระบวนการ	2.2
ชื่อ	แปลงเป็นลูกบาศก์เมตร
วัตถุประสงค์	เพื่อแปลงหน่วยจาก มม. เป็น ลบ.ม.
ข้อมูลเข้า	ระดับฝนพยากรณ์ (มม.)
ข้อมูลออก	ปริมาณฝน
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการที่ทำการแปลงระดับปริมาณฝนจากหน่วยมิลลิเมตรไปเป็นลูกบาศก์เมตรเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดสรรน้ำต่อไป

เนื่องจากกระบวนการที่ 3 มีกระบวนการย่อยเพียงกระบวนการเดียว (กระบวนการที่ 3.1) ดังนั้นจึงทำแสดงคำอธิบายกระบวนการไว้ในพจนานุกรมข้อมูลอันเดียวกันดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ก.11 กระบวนการที่ 3 คำนวณน้ำท่า

ลำดับกระบวนการ	3
ชื่อ	คำนวณน้ำท่า

ตารางที่ ก.11 กระบวนการที่ 3 คำนวณน้ำท่า (ต่อ)

วัตถุประสงค์	เพื่อทำการคำนวณปริมาณน้ำท่า
ข้อมูลเข้า	ปริมาณฝน สัมประสิทธิ์น้ำท่าต่อน้ำฝน
ข้อมูลออก	น้ำท่า
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการที่นำปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการพยากรณ์ในกระบวนการที่ 2 มาทำการคำนวณหาปริมาณน้ำท่าเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดสรรน้ำต่อไป

ตารางที่ ก.12 กระบวนการที่ 4 จัดสรรน้ำ

ลำดับกระบวนการ	4
ชื่อ	จัดสรรน้ำ
วัตถุประสงค์	เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องจัดสรรไปยังพื้นที่ต่างๆ
ข้อมูลเข้า	น้ำท่า ระดับการระเหย ระดับน้ำในเขื่อน ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณฝน ปริมาณน้ำในเขื่อน
ข้อมูลออก	ผลการจัดสรรน้ำ
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการที่คำนวณปริมาณน้ำที่ต้องทำการจัดสรรไปยังพื้นที่รายย่อยตามที่ได้แสดงคำจำนงต้องการน้ำดังข้อมูลความต้องการน้ำที่ได้จากกระบวนการที่ 1

ตารางที่ ก.13 กระบวนการที่ 4.1 เทียบปริมาณน้ำในเขื่อน

ลำดับกระบวนการ	4.1
ชื่อ	เทียบปริมาณน้ำในเขื่อน
วัตถุประสงค์	เพื่อทำการเทียบระดับน้ำกักเก็บในเขื่อน
ข้อมูลเข้า	ระดับน้ำในเขื่อน ปริมาณน้ำในเขื่อน
ข้อมูลออก	ปริมาณน้ำในเขื่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.13 กระบวนการที่ 4.1 เทียบปริมาณน้ำในเขื่อน (ต่อ)

คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการที่ใช้เทียบระดับน้ำว่ามีปริมาณน้ำกักเก็บอยู่เท่าใดเมื่อเทียบกับความสูงของระดับน้ำที่อยู่ในเขื่อนขณะนั้น

ตารางที่ ก.14 กระบวนการที่ 4.2 จัดสรรน้ำ

ลำดับกระบวนการ	4.2
ชื่อ	จัดสรรน้ำ
วัตถุประสงค์	เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องจัดสรรไปยังพื้นที่รับน้ำต่างๆ
ข้อมูลเข้า	น้ำท่า ปริมาณฝน ปริมาณน้ำในเขื่อน ระดับการระเหย ค่าถ่วงน้ำหนัก
ข้อมูลออก	ผลการจัดสรรน้ำ
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการที่ทำการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องทำการจัดสรรไปยังพื้นที่ต่างๆ ซึ่งผลที่ได้จะเป็นไปตามการให้ค่าถ่วงน้ำหนักของเจ้าหน้าที่

ตารางที่ ก.15 กระบวนการที่ 5 ส่งผลการจัดสรรน้ำ

ลำดับกระบวนการ	5
ชื่อ	ส่งผลการจัดสรรน้ำ
วัตถุประสงค์	เพื่อส่งผลการจัดสรรน้ำ
ข้อมูลเข้า	ผลการจัดสรรน้ำ
ข้อมูลออก	ผลการจัดสรรน้ำ
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการที่ทำการส่งผลการจัดสรรน้ำแก่เจ้าหน้าที่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.16 กระบวนการที่ 5.1 ตรวจผลการจัดสรรน้ำ

ลำดับกระบวนการ	5.1
ชื่อ	ตรวจผลการจัดสรรน้ำ
วัตถุประสงค์	เพื่อตรวจสอบผลการจัดสรรน้ำ
ข้อมูลเข้า	ผลการจัดสรรน้ำ
ข้อมูลออก	ผลการจัดสรรน้ำ
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการตรวจสอบผลการจัดสรรว่าครบถ้วนหรือไม่

ตารางที่ ก.17 กระบวนการที่ 5.2 ส่งผลการจัดสรรน้ำ

ลำดับกระบวนการ	5.2
ชื่อ	ส่งผลการจัดสรรน้ำ
วัตถุประสงค์	เพื่อส่งผลการจัดสรรน้ำแก่เจ้าหน้าที่
ข้อมูลเข้า	ผลการจัดสรรน้ำ
ข้อมูลออก	ผลการจัดสรรน้ำ
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการที่ส่งผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดสรรน้ำแก่เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ ก.18 กระบวนการที่ 6 สารสนเทศภายใน

ลำดับกระบวนการ	6
ชื่อ	สารสนเทศภายใน
วัตถุประสงค์	เพื่อกระจายข่าวสารและแสดงผลการคำนวณการจัดสรรน้ำแก่โซนแมนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
ข้อมูลเข้า	ผลการจัดสรรน้ำ
ข้อมูลออก	ผลการจัดสรรน้ำ

ตารางที่ ก.18 กระบวนการที่ 6 สารสนเทศภายใน (ต่อ)

คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการเพื่อแสดงผลการคำนวณการจัดสรรน้ำที่ได้จากกระบวนการที่ 4 ไปยังโซนแมนที่ประจำอยู่ที่พื้นที่ต่างๆ เพื่อใช้ข้อมูลที่ได้ในการจัดสรรน้ำไปยังพื้นที่ต่างๆ ต่อไป

ตารางที่ ก.19 กระบวนการที่ 6.1 อัปโหลดผลการจัดสรรน้ำ

ลำดับกระบวนการ	6.1
ชื่อ	อัปโหลดผลการจัดสรรน้ำ
วัตถุประสงค์	เพื่อทำการอัปโหลดผลการจัดสรรน้ำและข่าวสารอื่นๆ
ข้อมูลเข้า	ผลการจัดสรรน้ำ
ข้อมูลออก	ผลการจัดสรรน้ำ
คำอธิบายกระบวนการ	เป็นกระบวนการที่ทำการอัปโหลดข้อมูลและผลการจัดสรรน้ำผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ระบบฐานข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางในระบบฐานข้อมูล

ตารางที่ ข.1 ตาราง areatype

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
typeno	int	เก็บข้อมูลประเภทพื้นที่
typename	char	เก็บข้อมูลชื่อประเภทพื้นที่

ตารางที่ ข.2 ตาราง dokkraiwaterlevel

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
id	int	เก็บข้อมูลลำดับที่
date	date	เก็บข้อมูลวันที่
waterlevel	double	เก็บข้อมูลระดับน้ำของเดือนที่ 1
rainfall	double	เก็บข้อมูลปริมาณฝนเหนือเขื่อนของเดือนที่ 1
evaporate	double	เก็บปริมาณน้ำที่ระเหยของเดือนที่ 1
drain	double	เก็บปริมาณน้ำท่าของเดือนที่ 1
surface	double	เก็บพื้นที่ผิวน้ำของเดือนที่ 1
enviwater	double	เก็บปริมาณน้ำอนุรักษ์ของเดือนที่ 1
minwatervol	double	เก็บปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องอยู่ในเขื่อนของเดือนที่ 1
aw	double	เก็บปริมาณน้ำที่จัดสรรได้ของเดือนที่ 1
waterlevel2	double	เก็บข้อมูลระดับน้ำของเดือนที่ 2
rainfall2	double	เก็บข้อมูลปริมาณฝนเหนือเขื่อนของเดือนที่ 2
evaporate2	double	เก็บปริมาณน้ำที่ระเหยของเดือนที่ 2
drain2	double	เก็บปริมาณน้ำท่าของเดือนที่ 2
surface2	double	เก็บพื้นที่ผิวน้ำของเดือนที่ 2

ตารางที่ ข.2 ตาราง dokkraiwaterlevel (ต่อ)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
enviwater2	double	เก็บปริมาณน้ำอนุรักษ์ของเดือนที่ 2
minwatervol2	double	เก็บปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องอยู่ในเขื่อนของเดือนที่ 2
aw2	double	เก็บปริมาณน้ำที่จัดสรรได้ของเดือนที่ 2
waterlevel3	double	เก็บข้อมูลระดับน้ำของเดือนที่ 3
rainfall3	double	เก็บข้อมูลปริมาณฝนเหนือเขื่อนของเดือนที่ 3
evaporate3	double	เก็บปริมาณน้ำที่ระเหยของเดือนที่ 3
drain3	double	เก็บปริมาณน้ำท่าของเดือนที่ 3
surface3	double	เก็บพื้นที่ผิวน้ำของเดือนที่ 3
enviwater3	double	เก็บปริมาณน้ำอนุรักษ์ของเดือนที่ 3
minwatervol3	double	เก็บปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องอยู่ในเขื่อนของเดือนที่ 3
aw3	double	เก็บปริมาณน้ำที่จัดสรรได้ของเดือนที่ 3

ตารางที่ ข.3 ตาราง monthlyrain

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
day	int	เก็บข้อมูลวันที่
month	int	เก็บข้อมูลเดือน
year	int	เก็บข้อมูลปี
d48012	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d48012
d48022	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d48022
d48032	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d48032
d49052	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d49052
d48062	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d48062

ตารางที่ ข.3 ตาราง monthlyrain (ต่อ)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
d48092	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d48092

ตารางที่ ข.3 ตาราง monthlyrain (ต่อ)

d48121	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d48121
d481211	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d481211
d84141	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d84141
d48150	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d48150
d48160	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d48160
d48172	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d48172
d48182	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d48182
d48201	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d48201
d48241	double	เก็บข้อมูลน้ำฝนของสถานี d48241

ตารางที่ ข.4 ตาราง neteconomic

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
month	int	เก็บข้อมูลเดือน
typeno	int	เก็บข้อมูลประเภทพื้นที่
ner	double	เก็บข้อมูลค่าตอบแทน
nermax	double	เก็บข้อมูลค่าตอบแทนสูงสุด

ตารางที่ ข. 5 ตาราง nongplalaiwaterlevel

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
id	int	เก็บข้อมูลลำดับที่

ตารางที่ ข. 5 ตาราง nongplalaiwaterlevel (ต่อ)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
date	date	เก็บข้อมูลวันที่
waterlevel	double	เก็บข้อมูลระดับน้ำของเดือนที่ 1
rainfall	double	เก็บข้อมูลปริมาณฝนเหนือเขื่อนของเดือนที่ 1
evaporate	double	เก็บปริมาณน้ำที่ระเหยของเดือนที่ 1
drain	double	เก็บปริมาณน้ำท่าของเดือนที่ 1
surface	double	เก็บพื้นที่ผิวน้ำของเดือนที่ 1
enviwater	double	เก็บปริมาณน้ำอนุรักษ์ของเดือนที่ 1
minwatervol	double	เก็บปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องอยู่ในเขื่อนของเดือนที่ 1
aw	double	เก็บปริมาณน้ำที่จัดสรรได้ของเดือนที่ 1
waterlevel2	double	เก็บข้อมูลระดับน้ำของเดือนที่ 2
rainfall2	double	เก็บข้อมูลปริมาณฝนเหนือเขื่อนของเดือนที่ 2
evaporate2	double	เก็บปริมาณน้ำที่ระเหยของเดือนที่ 2
drain2	double	เก็บปริมาณน้ำท่าของเดือนที่ 2
surface2	double	เก็บพื้นที่ผิวน้ำของเดือนที่ 2
enviwater2	double	เก็บปริมาณน้ำอนุรักษ์ของเดือนที่ 2
minwatervol2	double	เก็บปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องอยู่ในเขื่อนของเดือนที่ 2
aw2	double	เก็บปริมาณน้ำที่จัดสรรได้ของเดือนที่ 2
waterlevel3	double	เก็บข้อมูลระดับน้ำของเดือนที่ 3
rainfall3	double	เก็บข้อมูลปริมาณฝนเหนือเขื่อนของเดือนที่ 3
evaporate3	double	เก็บปริมาณน้ำที่ระเหยของเดือนที่ 3
drain3	double	เก็บปริมาณน้ำท่าของเดือนที่ 3
surface3	double	เก็บพื้นที่ผิวน้ำของเดือนที่ 3

ตารางที่ ข. 5 ตาราง nongplalaiwaterlevel (ต่อ)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
enviwater3	double	เก็บปริมาณน้ำอนุรักษ์ของเดือนที่ 3
minwatervol3	double	เก็บปริมาณน้ำต่ำสุดที่ต้องอยู่ในเขื่อนของเดือนที่ 3
aw3	double	เก็บปริมาณน้ำที่จัดสรรได้ของเดือนที่ 3

ตารางที่ ข.6 ตาราง rayong

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
id	int	เก็บข้อมูลลำดับที่
name	char	เก็บข้อมูลชื่อพื้นที่
tpyeno	int	เก็บข้อมูลประเภทพื้นที่
subuser	int	เก็บข้อมูลจำนวนผู้ใช้รายย่อย
rai_area	double	เก็บข้อมูลขนาดพื้นที่ (ไร่)
rain	double	เก็บข้อมูลปริมาณฝนของเดือนที่ 1
rain2	double	เก็บข้อมูลปริมาณฝนของเดือนที่ 2
rain3	double	เก็บข้อมูลปริมาณฝนของเดือนที่ 3
lastupdate	date	วันที่แก้ไขข้อมูลล่าสุด

ตารางที่ ข.7 ตาราง rayongtmp

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
name	char	เก็บข้อมูลชื่อพื้นที่
typeno	int	เก็บข้อมูลประเภทพื้นที่
subno	int	เก็บข้อมูลลำดับที่ของผู้ใช้รายย่อย
date	date	เก็บข้อมูลวันที่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.7 ตาราง rayongtmp (ต่อ)

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
ner1	double	เก็บข้อมูลผลตอบแทนของเดือนที่ 1
nermax1	double	เก็บข้อมูลค่าตอบแทนสูงสุดของเดือนที่ 1
demand1	double	เก็บข้อมูลความต้องการน้ำรายย่อยของเดือนที่ 1
receive1	double	เก็บข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้รับจัดสรรของเดือนที่ 1
rain1	double	เก็บข้อมูลปริมาณฝนของเดือนที่ 1
percent1	double	เก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความขาดแคลนของเดือนที่ 1
ner2	double	เก็บข้อมูลผลตอบแทนของเดือนที่ 2
nermax2	double	เก็บข้อมูลค่าตอบแทนสูงสุดของเดือนที่ 2
demand2	double	เก็บข้อมูลความต้องการน้ำรายย่อยของเดือนที่ 2
receive2	double	เก็บข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้รับจัดสรรของเดือนที่ 2
rain2	double	เก็บข้อมูลปริมาณฝนของเดือนที่ 2
percent2	double	เก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความขาดแคลนของเดือนที่ 2
ner3	double	เก็บข้อมูลผลตอบแทนของเดือนที่ 3
nermax3	double	เก็บข้อมูลค่าตอบแทนสูงสุดของเดือนที่ 3
demand3	double	เก็บข้อมูลความต้องการน้ำรายย่อยของเดือนที่ 3
receive3	double	เก็บข้อมูลปริมาณน้ำที่ได้รับจัดสรรของเดือนที่ 3
rain3	double	เก็บข้อมูลปริมาณฝนของเดือนที่ 3
percent3	double	เก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความขาดแคลนของเดือนที่ 3
w1	double	เก็บข้อมูลค่าถ่วงน้ำหนักที่ 1
w2	double	เก็บข้อมูลค่าถ่วงน้ำหนักที่ 2

ตารางที่ ข.8 ตาราง user

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
loginname	char	เก็บข้อมูลชื่อที่ใช้เข้าระบบ
password	char	เก็บข้อมูลรหัสที่ใช้เข้าระบบ
isnormal	int	เก็บข้อมูลสถานะของความสามารถในการเข้าระบบ
name	char	เก็บข้อมูลชื่อผู้ใช้ระบบ
surname	charname	เก็บข้อมูลนามสกุลผู้ใช้ระบบ

ตารางที่ ข.9 ตาราง waterlevel_dok

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
level	double	เก็บข้อมูลระดับน้ำ
area	double	เก็บข้อมูลพื้นที่ผิวน้ำ
capa	double	เก็บข้อมูลปริมาณน้ำ

ตารางที่ ข.10 ตาราง waterlevel_nong

ชื่อคอลัมน์	ชนิดข้อมูล	รายละเอียด
level	double	เก็บข้อมูลระดับน้ำ
area	double	เก็บข้อมูลพื้นที่ผิวน้ำ
capa	double	เก็บข้อมูลปริมาณน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

หน้าต่างโปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อจัดสรรน้ำ และคู่มือการใช้งาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. เมื่อทำการเริ่มต้นระบบหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้ทำการใส่ชื่อและรหัสผ่านจะปรากฏขึ้น ผู้ใช้จำเป็นต้องกรอกชื่อและรหัสผ่านลงในช่อง Login name และ Password ดังรูปที่ ค.1 ตามลำดับ

รูปที่ ค.1 หน้าต่างลงชื่อเข้าระบบ

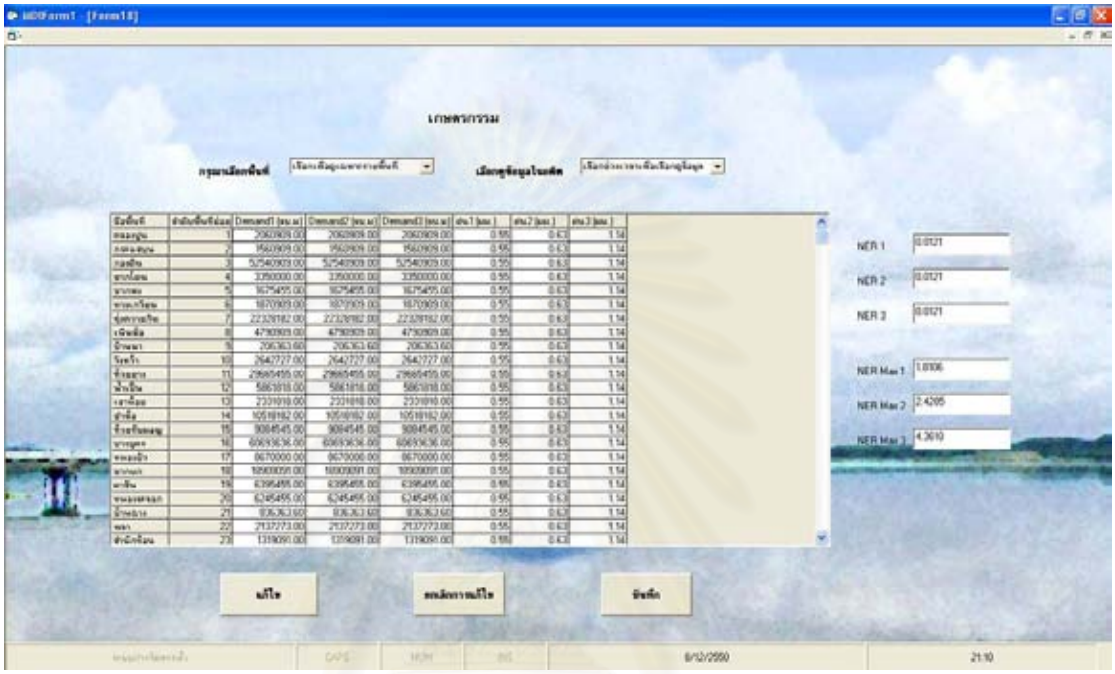
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. เมื่อทำการกรอกชื่อและรหัสผ่านถูกต้องแล้วระบบจะแสดงหน้าหลักเพื่อให้ผู้ใช้เลือกขั้นตอนการทำงาน ซึ่งได้แก่การนำเข้าข้อมูลความต้องการน้ำจากเอกสารเอ็กเซล การนำเข้าข้อมูลความต้องการน้ำโดยการกรอกด้วยตนเอง และเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลในระบบฐานข้อมูลของระบบ ดังรูปที่ ค.2

รูปที่ ค.2 เลือกการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

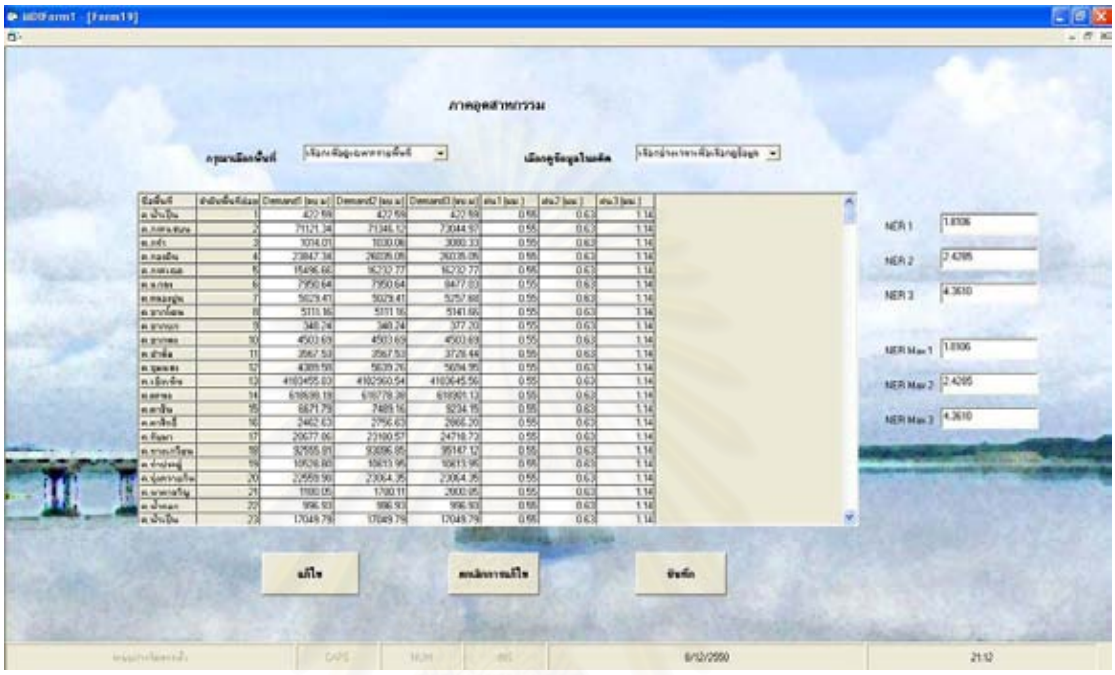
3. ในกรณีที่นำเข้าข้อมูลด้วยวิธีอ่านจากแฟ้มข้อมูลเอ็กเซล ระบบจะอ่านข้อมูลจากแฟ้มที่เก็บข้อมูลของภาคเกษตรกรรมเป็นแฟ้มแรก ผู้ใช้สามารถแก้ไขข้อมูลความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ได้ในตารางที่แสดงบนจอภาพ นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนค่า NER ได้คามความต้องการอีกด้วย โดยค่า NER ที่แก้ไขในหน้าต่างนี้จะไม่ถูกบันทึกถาวรลงบนค่า NER ตั้งต้น



รูปที่ ค.3 นำเข้าข้อมูลภาคเกษตรกรรมจากแฟ้มข้อมูลเอ็กเซล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

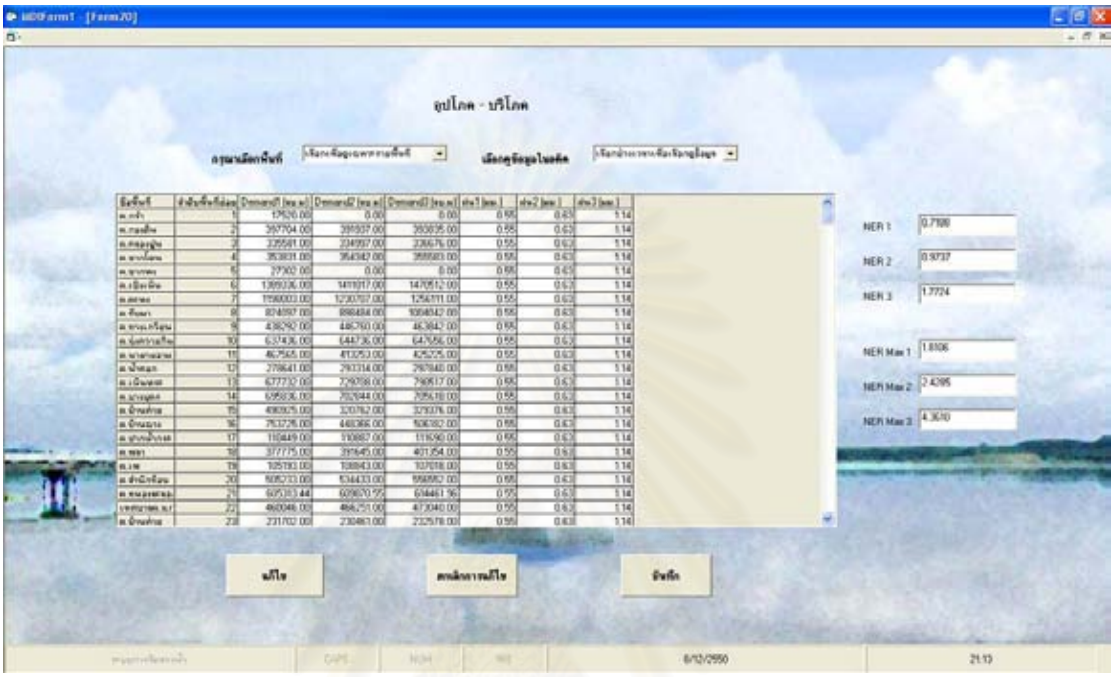
4. เมื่อทำการบันทึกข้อมูลดังขั้นตอนที่ 3 แล้วระบบจะทำการอ่านข้อมูลความต้องการน้ำจากภาคอุตสาหกรรมโดยอัตโนมัติ ซึ่งในหน้าต่างนี้จะสามารถทำการแก้ไขข้อมูลในตารางและค่า NER ได้เช่นเดียวกันกับขั้นตอนที่ 3



รูปที่ ค.4 นำเข้าข้อมูลภาคอุตสาหกรรมจากแฟ้มข้อมูลเอ็กเซล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

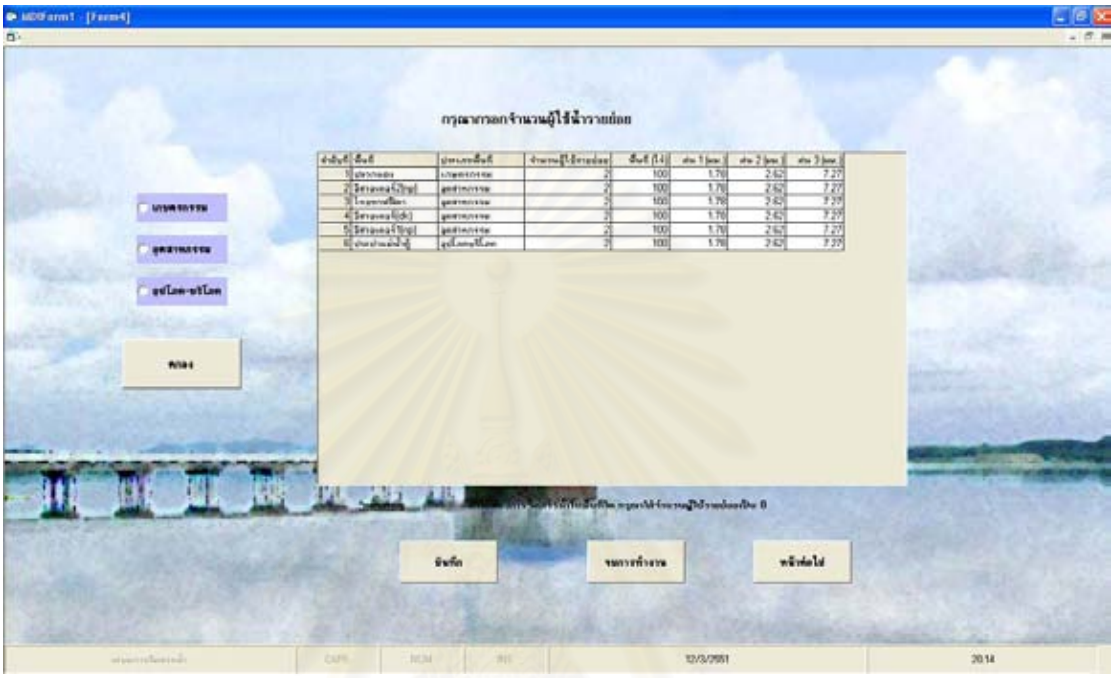
5. เมื่อทำการบันทึกความต้องการน้ำในพื้นที่อุตสาหกรรมเสร็จแล้ว ระบบอ่านข้อมูลความต้องการน้ำจากเอกสารความต้องการน้ำในพื้นที่อุปโภค-บริโภค ซึ่งผู้ใช้สามารถแก้ไขข้อมูลต่างๆ ได้เช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 3 และ 4



รูปที่ ค.5 นำเข้าข้อมูลอุปโภค-บริโภคจากแฟ้มข้อมูลเอ็กเซล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

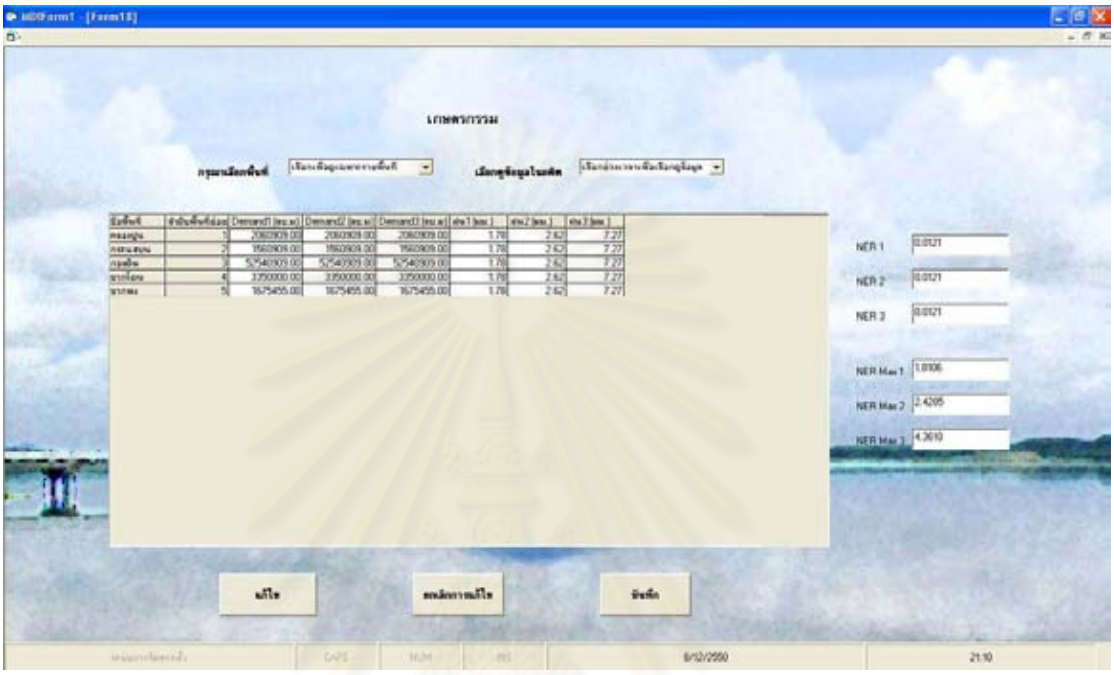
6. จากรูปที่ ค.2 ในกรณีที่ผู้ใช้ทำการเลือกให้นำเข้าข้อมูลด้วยวิธีการกรอกข้อมูลด้วยตนเอง หน้าต่างที่ให้ระบุจำนวนผู้ใช้รายย่อยจะปรากฏ ผู้ใช้สามารถระบบจำนวนผู้ใช้รายย่อยและแก้ไขปริมาณฝนได้ในหน้านี้



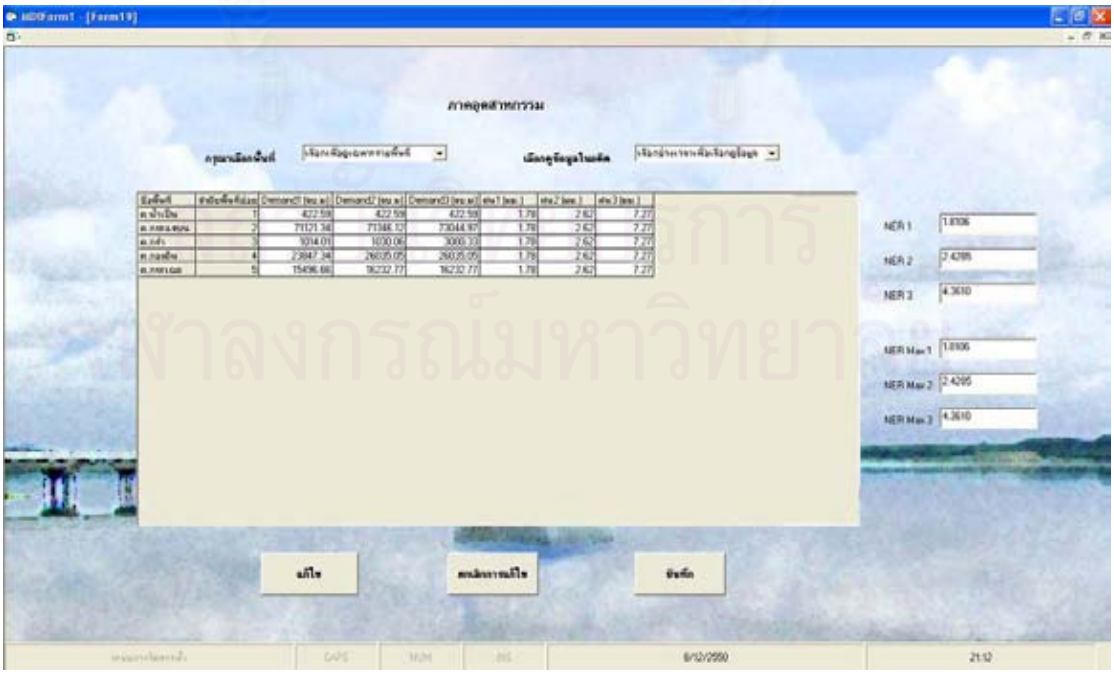
รูปที่ ค.6 ระบุจำนวนผู้ใช้รายย่อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

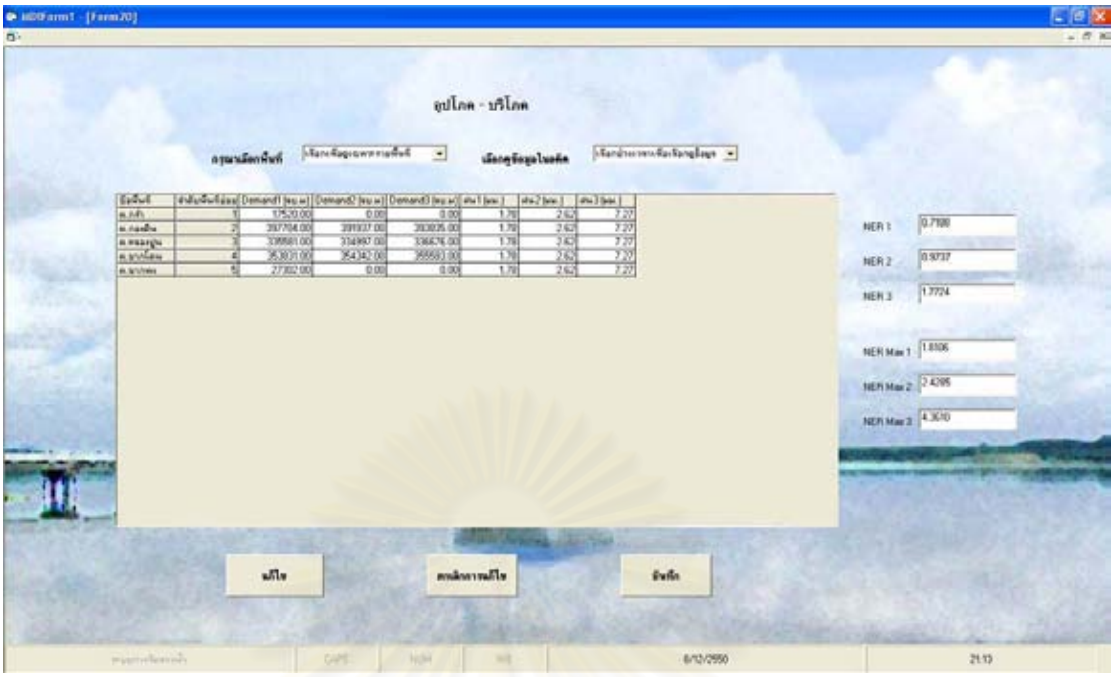
7. เมื่อทำการใส่จำนวนผู้ใช้รายย่อยแล้ว หน้าต่างเพื่อให้กรอกข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำในภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และอุปโภคบริโภค (มีลักษณะเช่นเดียวกับหน้าต่างการนำเข้าข้อมูลโดยวิธีอ่านแฟ้มข้อมูลเอ็กเซล) จะปรากฏขึ้นตามลำดับ ดังรูปที่ ค.7 - ค.9



รูปที่ ค.7 นำเข้าข้อมูลภาคเกษตรกรรมโดยการกรอกรายละเอียดด้วยตนเอง

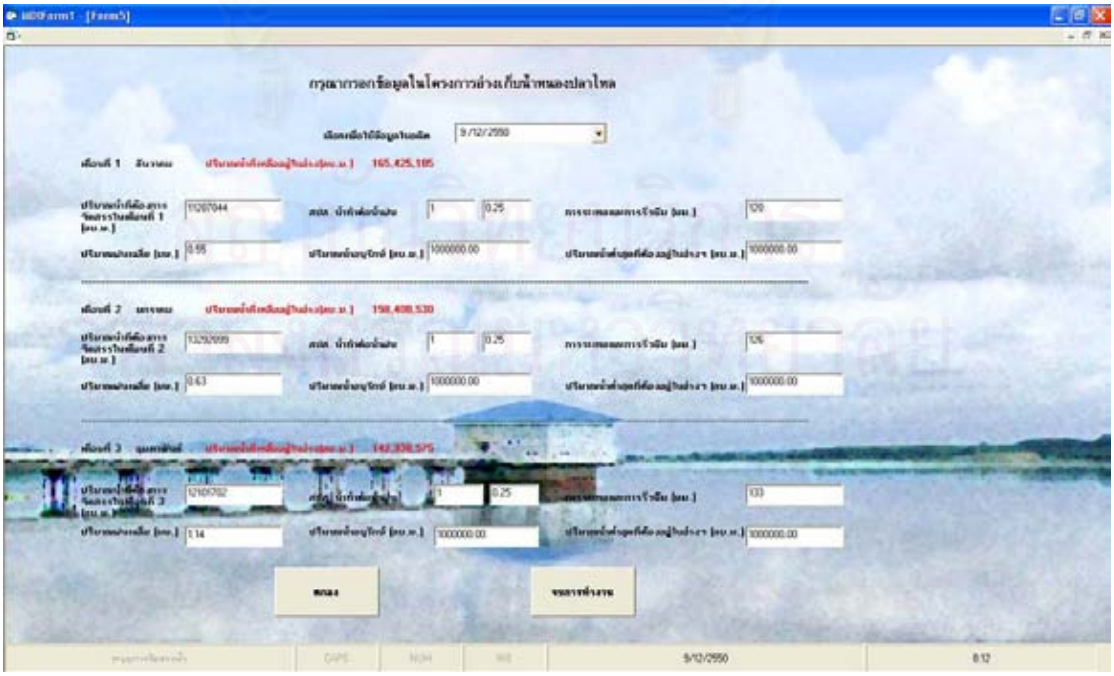


รูปที่ ค.8 นำเข้าข้อมูลภาคอุตสาหกรรมโดยการกรอกรายละเอียดด้วยตนเอง



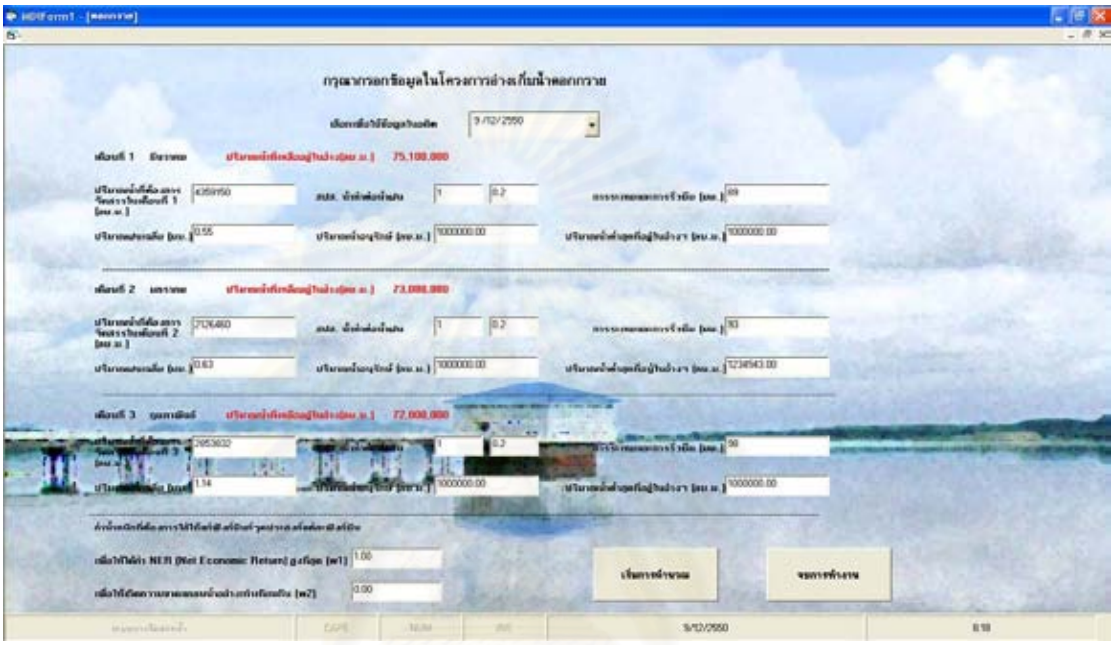
รูปที่ ค.9 นำเข้าข้อมูลอุปโภค-บริโภคโดยการกรอกรายละเอียดด้วยตนเอง

8. เมื่อทำการใส่ข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำเสร็จเรียบร้อยแล้ว หน้าต่างเพื่อให้ทำการกรอกข้อมูลสำหรับอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลจะถูกเรียกขึ้นมา เจ้าหน้าที่แก้ไขข้อมูลและบันทึกลงฐานข้อมูล และระบบจะเรียกหน้าต่างข้อมูลอ่างเก็บน้ำดอกกรายมาแทนที่

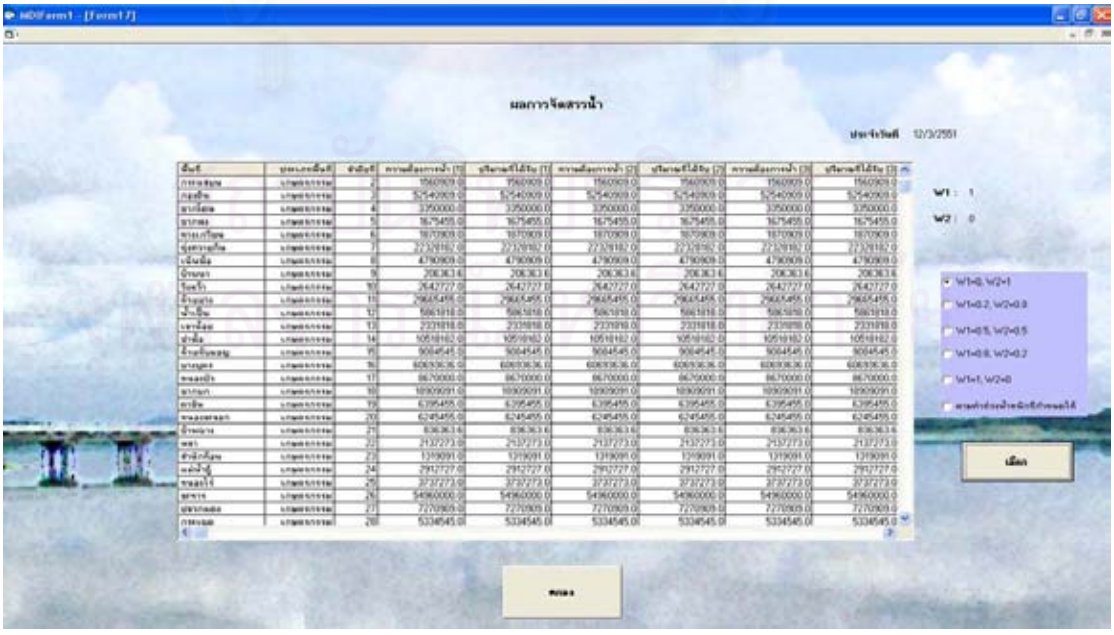


รูปที่ ค.10 รายละเอียดอ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล

9. ในหน้าต่างข้อมูลอ่างเก็บน้ำดอกกรายนี้ผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลต่างๆ ให้ครบถ้วนเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณผลการจัดสรรน้ำ ผู้ใช้ต้องทำการกรอกค่าถ่วงน้ำหนักในขั้นตอนนี้ด้วย เมื่อทำการกดปุ่ม “เริ่มการคำนวณ” ระบบจะเริ่มต้นการประมวลผลทันที และจะแสดงผลการจัดสรรน้ำดังรูปที่ ค.12

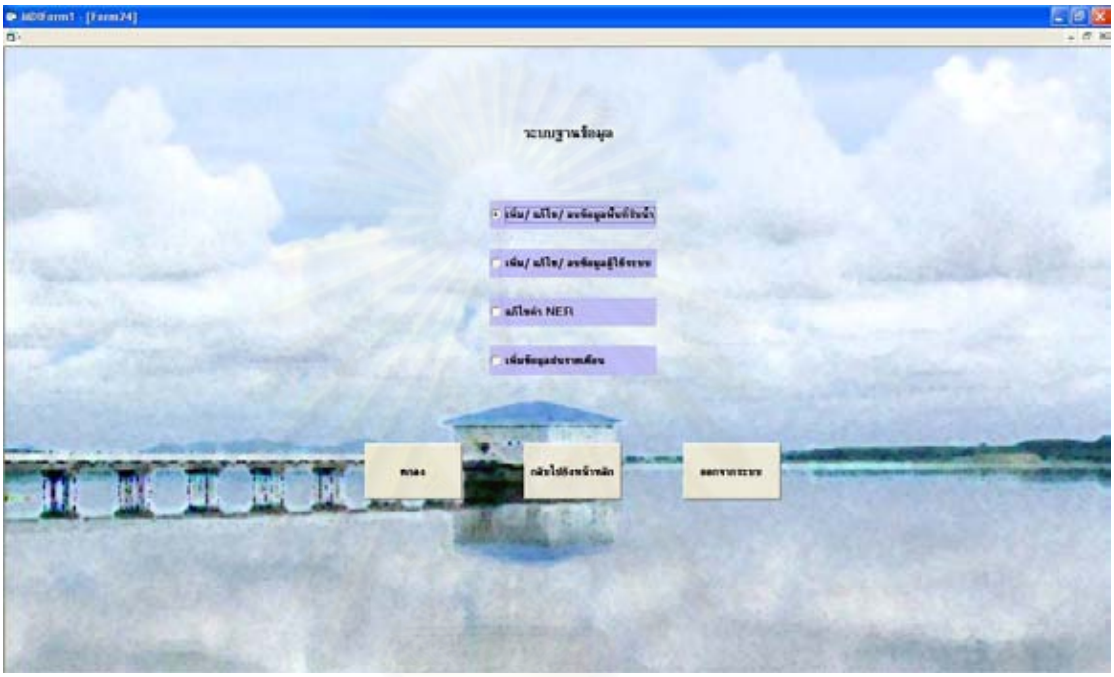


รูปที่ ค.11 รายละเอียดอ่างเก็บน้ำดอกกราย



รูปที่ ค.12 ผลการจัดสรรน้ำ

10. จากรูปที่ ค.2 (ขั้นตอนที่ 2) ถ้าผู้ใช้มีความประสงค์ที่จะต้องการเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลต่างๆ ในฐานข้อมูลของระบบแล้ว หน้าต่างหลักของระบบฐานข้อมูลจะปรากฏขึ้นดังรูปที่ ค.13 ซึ่งมีรูปแบบการทำงานให้เลือกใช้งานได้ 4 แบบได้แก่ การเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลพื้นที่รับน้ำ การเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลผู้ใช้ระบบ การแก้ไขค่า NER และการเพิ่ม หรือแก้ไขปริมาณฝน



รูปที่ ค.13 ระบบฐานข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11. รูปที่ ค.14 เป็นขั้นตอนการแก้ไขข้อมูลพื้นที่รับน้ำ ในหน้าต่างนี้ผู้ใช้สามารถทำการเพิ่มข้อมูลพื้นที่รับน้ำได้ในช่องว่างทางด้านขวาของจอภาพ โดยเมื่อทำการกดปุ่มบันทึก ข้อมูลก็จะถูกบันทึกลงยังฐานข้อมูลและจะถูกแสดงลงในตารางทางด้านซ้ายด้วย โดยในตารางทางด้านซ้ายจะเป็นตารางที่แสดงพื้นที่รับน้ำต่างๆ ที่มีอยู่ในระบบฐานข้อมูล ถ้าผู้ใช้ต้องการแก้ไข หรือลบข้อมูลในพื้นที่ใด ก็เพียงกดที่ตารางตรงแถวของข้อมูลที่ต้องการ ข้อมูลนั้นก็จะถูกแสดงลงในช่องว่างทางด้านขวา และผู้ใช้สามารถแก้ไขหรือลบข้อมูลได้ในขั้นตอนนี้

รูปที่ ค.14 แก้ไขข้อมูลพื้นที่รับน้ำ

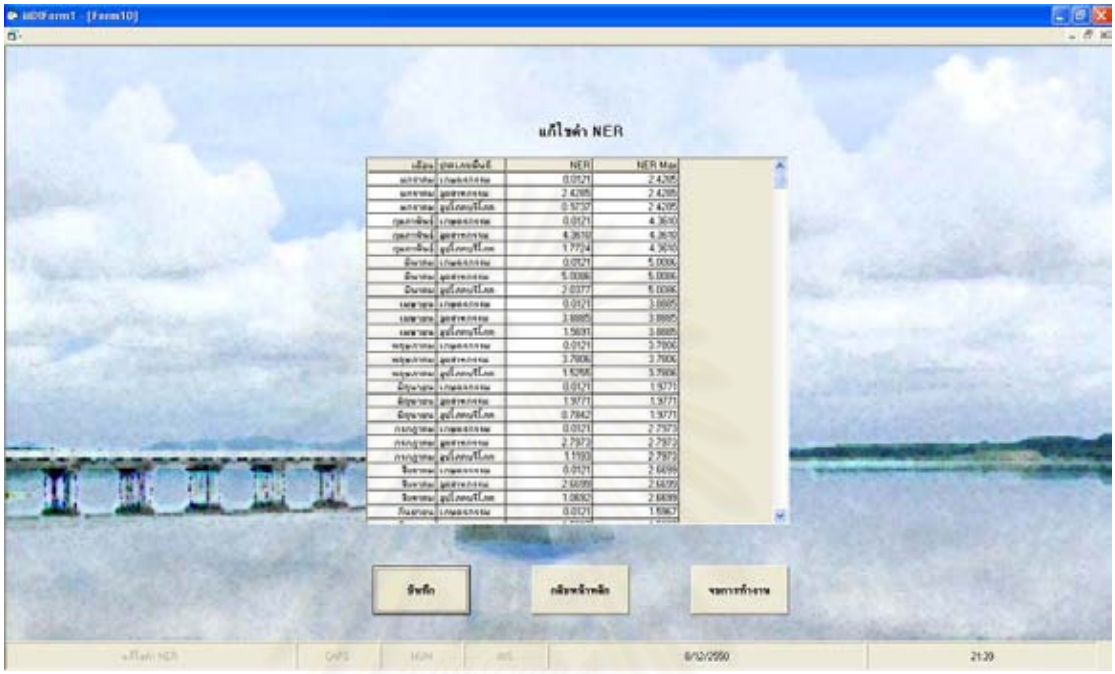
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12. ในการเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลผู้ใช้ระบบ จะมีหลักการทำงานเช่นเดียวกับการทำงานในขั้นตอนการเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลพื้นที่รับน้ำ (ขั้นตอนที่ 11) ซึ่งตัวอย่างหน้าต่างการแก้ไขข้อมูลผู้ใช้ระบบได้ถูกแสดงได้ดังรูปที่ ค.15

รูปที่ ค.15 แก้ไขข้อมูลผู้ใช้ระบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

13. รูปที่ ค.16 เป็นขั้นตอนการแก้ไขค่า NER โดยในขั้นตอนนี้ระบบจะแสดงค่า NER ทั้งหมดในตาราง ผู้ใช้สามารถแก้ไขค่า NER และ NER max ได้ในตารางได้ทันที



รูปที่ ค.16 แก้ไขค่า NER

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

14. เนื่องจากปริมาณฝนเป็นสิ่งที่ต้องนำมาทำการคำนวณการจัดสรรน้ำ การเพิ่มปริมาณฝนและแก้ไขข้อมูลปริมาณฝนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น รูปที่ ค.17 แสดงหน้าต่างการเพิ่ม หรือแก้ไขปริมาณฝน โดยช่องว่างทางด้านซ้ายจะเป็นช่องที่ใช้เพื่อทำการเพิ่มข้อมูลใหม่ โดยข้อมูลจะถูกบันทึกลงฐานข้อมูลเมื่อทำการกดปุ่มบันทึก นอกจากเพิ่มข้อมูลฝนแล้ว ถ้าผู้ใช้ต้องการแก้ไขข้อมูลฝนในอดีตก็สามารถทำการแก้ไขได้โดยกดข้อมูลในตารางตรงแถวที่ต้องการแก้ไข ข้อมูลในแถวนั้นจะปรากฏในช่องว่างทางด้ายซ้าย เพื่อให้ผู้ใช้สามารถแก้ไขข้อมูลได้สะดวก เมื่อต้องการบันทึกสิ่งที่แก้ไขก็เพียงกดปุ่มแก้ไขตาราง ข้อมูลที่ถูกแก้ไขก็จะถูกบันทึกลงฐานข้อมูลแทนที่ข้อมูลที่มีอยู่เดิม

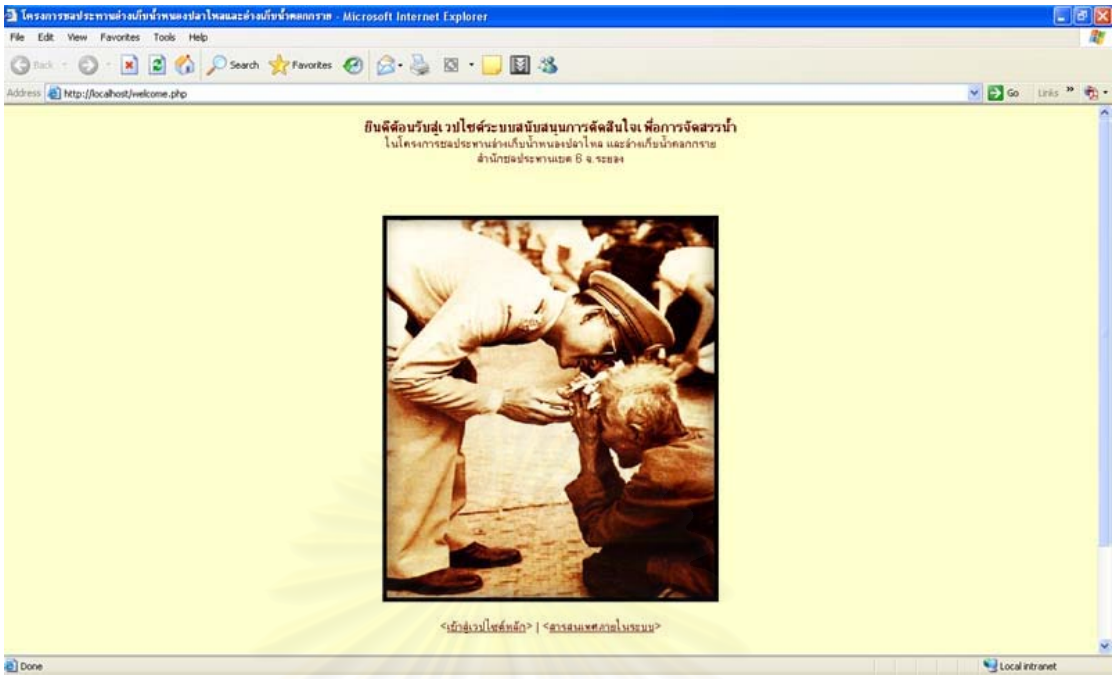
รูปที่ ค.17 เพิ่มข้อมูลฝนรายเดือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

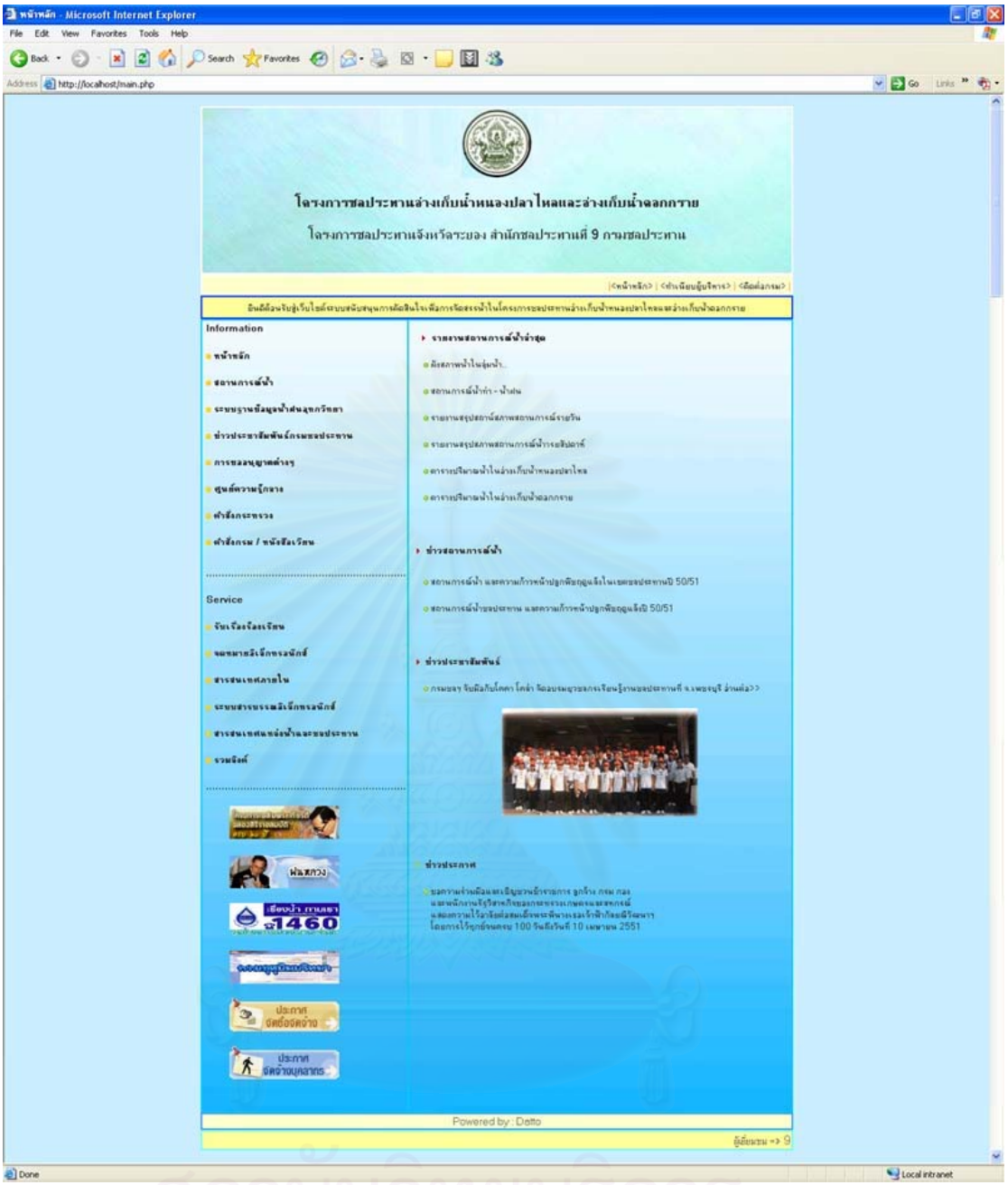
เว็บไซต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



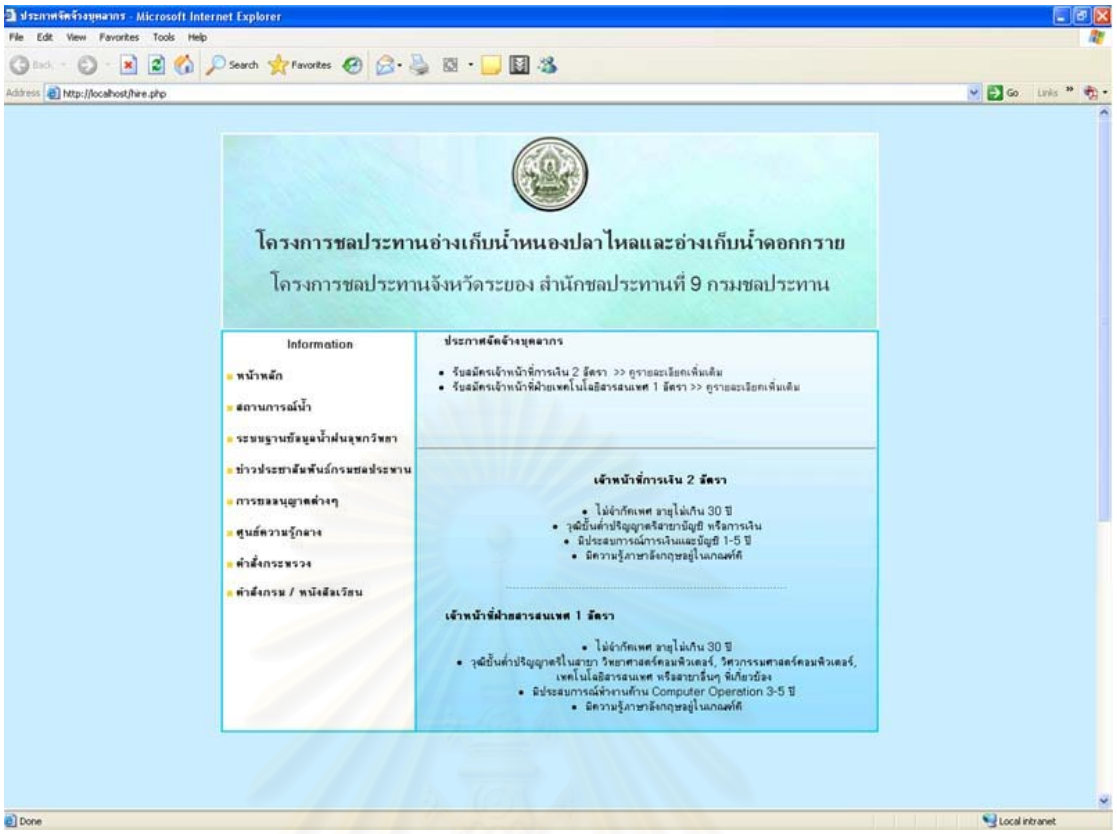
รูปที่ ง.1 เว็บเพจหน้าแรก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

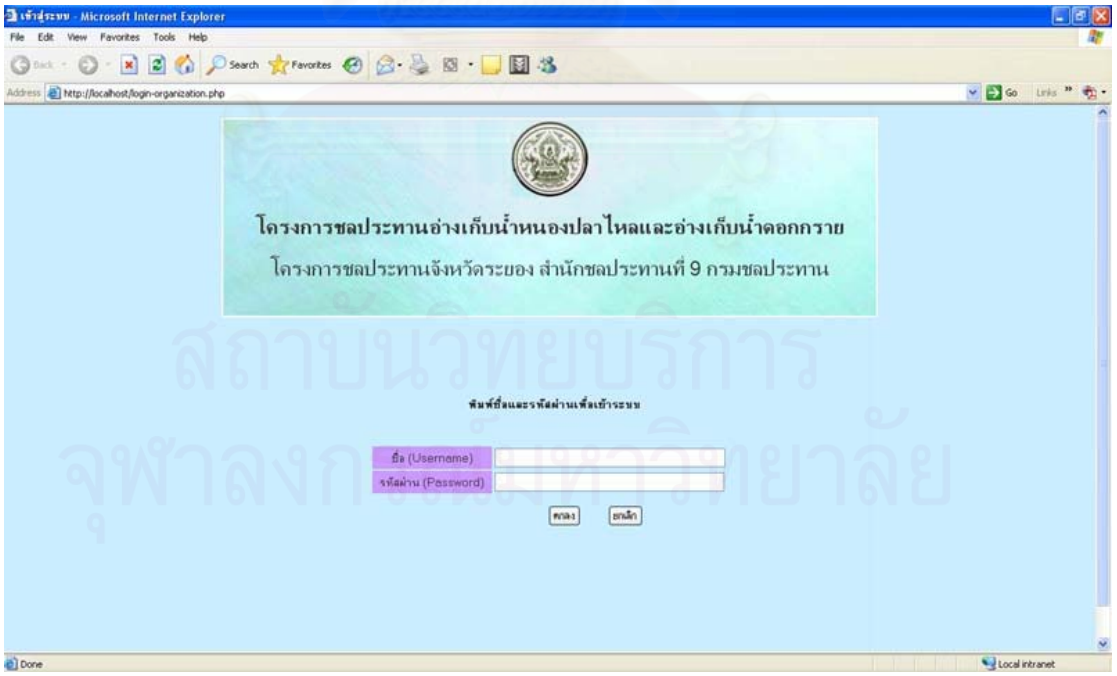


รูปที่ ง.2 เว็บเพจหน้าหลัก

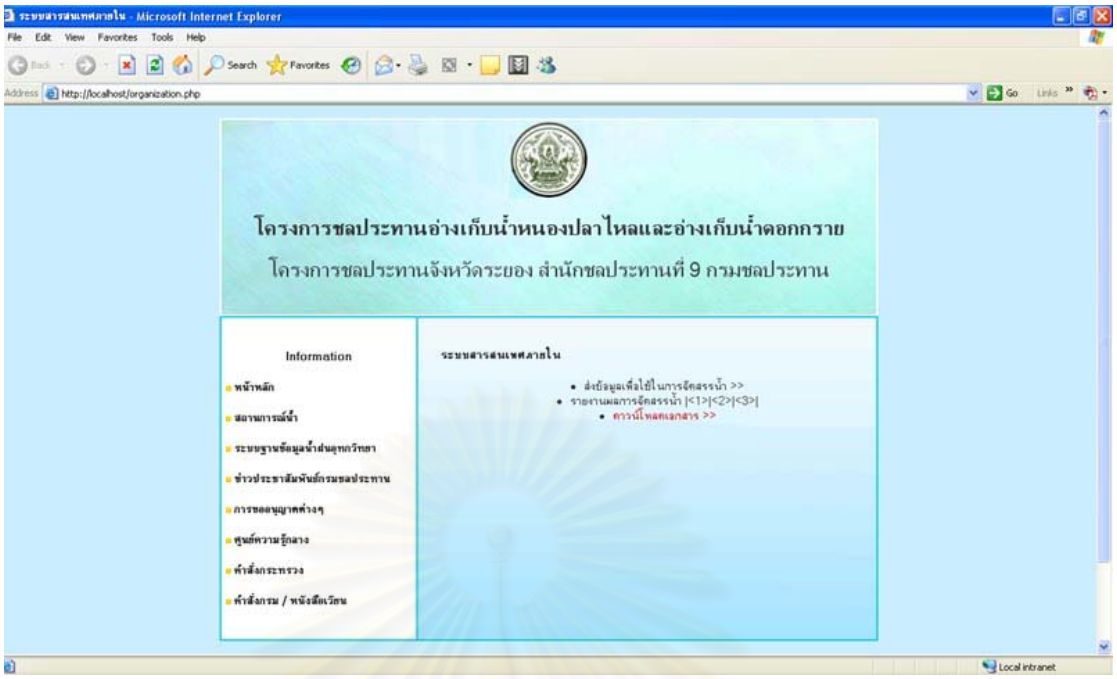
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



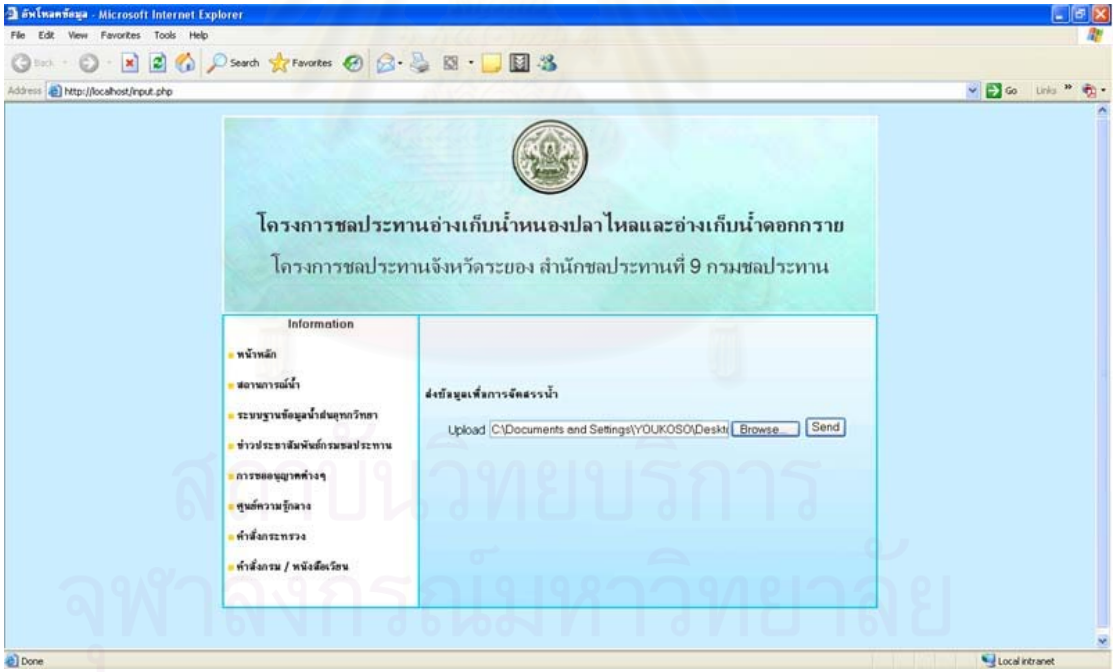
รูปที่ ง.3 เว็บเพจหน้าประกาศจัดจ้างบุคลากร



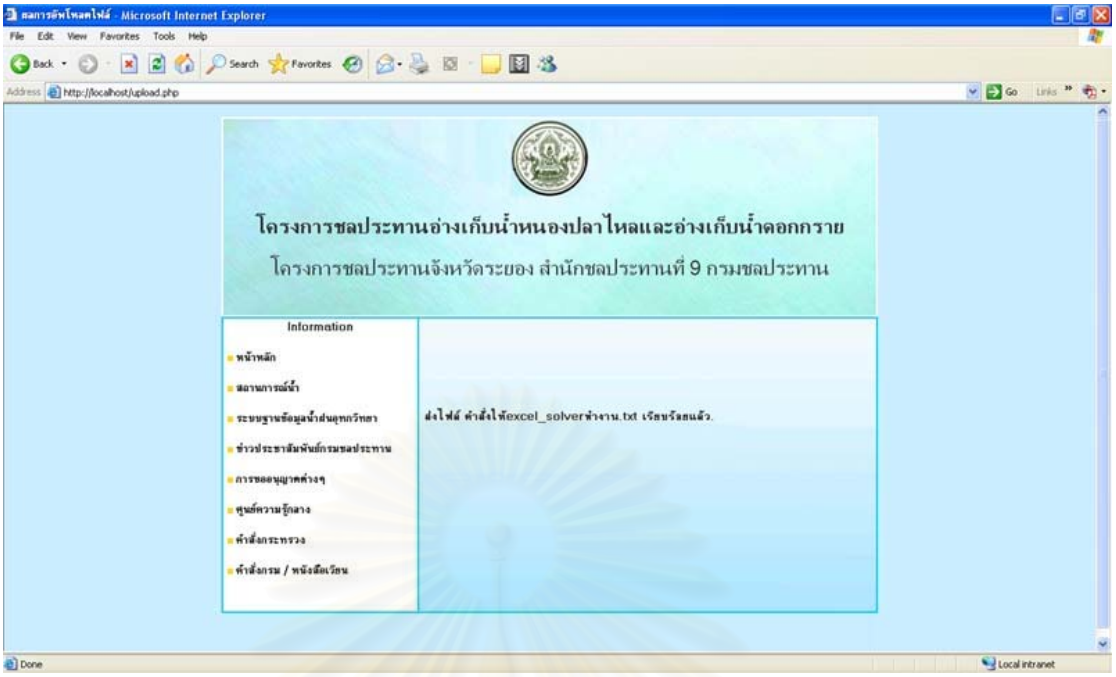
รูปที่ ง.4 เว็บเพจหน้าลงบันทึกเข้าเพื่อเข้าสู่ระบบสารสนเทศภายใน



รูปที่ ง.5 เว็บเพจหน้าสารสนเทศภายใน



รูปที่ ง.6 เว็บเพจหน้าการจัดส่งข้อมูล



รูปที่ ง.7 เว็บเพจแสดงผลการส่งข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

พื้นที่ทดสอบในโครงการชลประทานระยอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.1 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
1	คลองปูน	2,060,909	182,040	51,935	30,234	10,098	4,122
2	กระแสบน	1,560,909	137,875	39,335	22,899	7,648	3,122
3	กองดิน	52,540,909	4,640,939	1,324,031	770,775	257,451	105,082
4	ชากโดน	3,350,000	295,906	84,420	49,145	16,415	6,700
5	ชากพง	1,675,455	147,993	42,221	24,579	8,210	3,351
6	ทางเกวียน	1,870,909	165,257	47,147	27,446	9,167	3,742
7	ทุ่งควายกิน	22,328,182	1,972,248	562,670	327,554	109,408	44,656
8	เนินม้อ	4,790,909	423,181	120,731	70,283	23,475	9,582
9	บ้านนา	206,364	18,228	5,200	3,027	1,011	413
10	วังหว้า	2,642,727	233,432	66,597	38,769	12,949	5,285
11	ห้วยยาง	29,665,455	2,620,350	747,570	435,192	145,361	59,331
12	น้ำเป็น	5,861,818	517,774	147,718	85,993	28,723	11,724
13	เขาน้อย	2,331,818	205,970	58,762	34,208	11,426	4,664
14	ช้าม้อ	10,518,182	929,071	265,058	154,302	51,539	21,036
15	ห้วยทับมอญ	9,084,545	802,438	228,931	133,270	44,514	18,169
16	บางบุตร	60,693,636	5,361,069	1,529,480	890,376	297,399	121,387
17	หนองบัว	8,670,000	765,821	218,484	127,189	42,483	17,340
18	ชากบก	18,909,091	1,670,240	476,509	277,396	92,655	37,818
19	ตาขัน	6,395,455	564,911	161,166	93,821	31,338	12,791
20	หนองละลอก	6,245,455	551,661	157,386	91,621	30,603	12,491
21	บ้านฉาง	836,364	73,876	21,076	12,269	4,098	1,673
22	พลา	2,137,273	188,785	53,859	31,354	10,473	4,275
23	สำนักท้อน	1,319,091	116,515	33,241	19,351	6,464	2,638
24	แม่น้ำคู้	2,912,727	257,281	73,401	42,730	14,272	5,825
25	หนองไร่	3,737,273	330,113	94,179	54,826	18,313	7,475
26	ละหาร	54,960,000	4,854,617	1,384,992	806,263	269,304	109,920
27	ปลวกแดง	7,270,909	642,239	183,227	106,664	35,627	14,542
28	กระเฉด	5,334,545	471,200	134,431	78,258	26,139	10,669
29	เชิงเนิน	19,196,364	1,695,615	483,748	281,611	94,062	38,393

ตารางที่ จ.1 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
30	เนินพระ	3,218,182	284,262	81,098	47,211	15,769	6,436
31	ทับมา	5,752,727	508,138	144,969	84,393	28,188	11,505
32	แกลง	4,831,818	426,795	121,762	70,883	23,676	9,664
33	ตะพง	5,022,727	443,658	126,573	73,683	24,611	10,045
34	บ้านแลง	2,059,091	181,880	51,889	30,207	10,090	4,118
35	มาบตาพุด	1,571,818	138,839	39,610	23,059	7,702	3,144
36	นาตาขวัญ	116,364	10,278	2,932	1,707	570	233
37	ชุมแสง	195,000,000	17,200,000	4,914,000	2,860,650	956,000	390,000
38	ป่ายุบใน	3,958,182	349,626	99,746	58,067	19,395	7,916
39	วังจันทร์	5,101,818	450,644	128,566	74,844	24,999	10,204
40	พลงตาเอี่ยม	4,306,364	380,381	108,520	63,174	21,101	8,613
41	ต.กร่ำ	17,520	15,475	4,632	2,712	564	13,669
42	ต.กองดิน	397,704	351,292	105,153	61,565	12,806	310,289
43	ต.คลองปูน	335,581	296,419	88,728	51,948	10,806	261,820
44	ต.ชากโดน	353,831	312,539	93,553	54,773	11,393	276,059
45	ต.ชากพง	27,302	24,116	7,219	4,226	879	21,301
46	ต.เชิงเนิน	1,389,336	1,227,200	367,340	215,069	44,737	1,083,960
47	ต.ตะพง	1,198,003	1,058,196	316,752	185,451	38,576	934,682
48	ต.ทับมา	824,097	727,925	217,891	127,570	26,536	642,961
49	ต.ทางเกวียน	438,292	387,143	115,884	67,848	14,113	341,955
50	ต.ทุ่งควายกิน	637,436	563,047	168,538	98,675	20,525	497,328
51	ต.นายายอาม	467,565	413,000	123,624	72,379	15,056	364,794
52	ต.น้ำคอก	278,641	246,124	73,673	43,134	8,972	217,396
53	ต.เนินพระ	677,732	598,641	179,192	104,913	21,823	528,767
54	ต.บางบุตร	695,836	614,632	183,979	107,715	22,406	542,891
55	ต.บ้านค่าย	490,925	433,634	129,801	75,995	15,808	383,020
56	ต.บ้านฉาง	753,725	665,765	199,285	116,677	24,270	588,056
57	ต.ปากน้ำกระแส	110,449	97,560	29,203	17,098	3,556	86,172
58	ต.พลา	377,775	333,689	99,884	58,480	12,164	294,740

ตารางที่ จ.1 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
59	ต.เพ	105,193	92,917	27,813	16,284	3,387	82,072
60	ต.สำนักท้อน	505,233	446,272	133,584	78,210	16,269	394,183
61	ต.หนองละลอก	605,313	534,673	160,045	93,703	19,491	472,266
62	เทศบาลต.แกลงกะเฉด	460,046	406,359	121,636	71,215	14,813	358,928
63	ต.บ้านค่าย	231,702	204,662	61,262	35,867	7,461	180,774
64	ต.บ้านฉาง	1,363,786	1,204,632	360,585	211,114	43,914	1,064,026
65	ต.บ้านเพ	1,116,243	985,977	295,135	172,794	35,943	870,893
66	ต.สำนักท้อน	628,603	555,245	166,203	97,308	20,241	490,436
67	ต.สุนทรภู่	1,028,205	908,214	271,857	159,166	33,108	802,206
68	เทศบาลนครระยอง	4,227,795	3,734,411	1,117,829	654,463	136,135	3,298,526
69	เทศบาลเมืองมาบตาพุด	2,727,499	2,409,200	721,151	422,217	87,825	2,127,995
70	ต.กองดิน	379,673	335,365	100,386	58,773	12,225	296,221
71	ต.จอมพลเจ้าพระยา	129,502	114,389	34,240	20,047	4,170	101,038
72	ต.ชุมแสง	253,456	223,878	67,014	39,235	8,161	197,746
73	ต.ทุ่งควายกิน	532,973	470,775	140,918	82,504	17,162	415,826
74	ต.บ้านปลวกแดง	194,764	172,035	51,496	30,149	6,271	151,955
75	ต.ปากน้ำ	0	0	0	0	0	0
76	ต.ปากน้ำประแส	409,165	361,415	108,183	63,339	13,175	319,231
77	ต.มาบข่า	344,852	304,608	91,179	53,383	11,104	269,054
78	ต.มาบข่า	0	0	0	0	0	0
79	ต.พนานิคม	0	0	0	0	0	0
80	ต.มะขามคู่	0	0	0	0	0	0
81	ต.นิคมพัฒนา	0	0	0	0	0	0
82	ต.เขาน้อย	76,431	67,512	20,208	11,832	2,461	59,631
83	ต.หนองละลอก	94,573	83,536	25,005	14,640	3,045	73,786
84	ต.มาบข่า	173,010	152,820	45,744	26,782	5,571	134,982
85	ต.หนองตะพาน	124,794	110,230	32,995	19,318	4,018	97,364
86	ต.ละหาร	140,562	124,158	37,164	21,759	4,526	109,666
87	ต.ห้วยยาง	137,131	121,127	36,257	21,228	4,416	106,989

ตารางที่ จ.1 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
88	ต.วังจันทร์	143,190	126,479	37,859	22,166	4,611	111,716
89	ต.มาบยางพร	160,710	141,955	42,492	24,878	5,175	125,386
90	ต.หนองไร่	152,899	135,055	40,426	23,669	4,923	119,291
91	ต.เนินฆ้อ	164,688	145,469	43,544	25,494	5,303	128,490
92	ต.พลงตาเอี่ยม	154,322	136,313	40,803	23,889	4,969	120,402
93	ต.ข้ำฆ้อ	200,239	176,871	52,943	30,997	6,448	156,227
94	ต.สำนักทอง	183,413	162,008	48,494	28,392	5,906	143,098
95	ต.ท่าประดู่	0	0	0	0	0	0
96	ต.นาตาขวัญ	323,755	285,973	85,601	50,117	10,425	252,594
97	ต.พนานิคม	218,964	193,411	57,894	33,896	7,051	170,835
98	ต.บ้านแลง	223,928	197,795	59,206	34,664	7,210	174,708
99	ต.กระแสบน	244,623	216,076	64,678	37,868	7,877	190,855
100	ต.ป่ายุบใน	242,141	213,883	64,022	37,483	7,797	188,918
101	ต.สองสลึง	210,970	186,350	55,780	32,658	6,793	164,599
102	ต.พังราด	226,373	199,955	59,853	35,043	7,289	176,616
103	ต.น้ำเป็น	250,755	221,492	66,300	38,817	8,074	195,639
104	ต.ห้วยทับมอญ	270,283	238,741	71,463	41,840	8,703	210,874
105	ต.ตาสิทธิ์	172,025	151,949	45,483	26,629	5,539	134,214
106	ต.กระเฉด	209,729	185,254	55,452	32,466	6,753	163,631
107	ต.ตาขัน	254,040	224,394	67,168	39,325	8,180	198,202
108	ต.ซากบก	269,735	238,257	71,318	41,755	8,685	210,447
109	ต.ชุมแสง	214,365	189,348	56,678	33,184	6,903	167,247
110	ต.มะขามคู่	267,801	236,548	70,806	41,456	8,623	208,938
111	ต.แม่น้ำคู้	277,145	244,802	73,277	42,902	8,924	216,228
112	ต.บ้านนา	293,752	259,471	77,668	45,473	9,459	229,185
113	ต.ปลวกแดง	208,488	184,158	55,124	32,274	6,713	162,662
114	ต.วังหว้า	377,958	333,850	99,932	58,508	12,170	294,882
115	ต.แกลง	192,501	170,036	50,897	29,799	6,199	150,189
116	ต.นิคมพัฒนา	238,163	210,369	62,970	36,868	7,669	185,814

ตารางที่ จ.1 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
117	ต.หนองบัว	426,795	376,988	112,845	66,068	13,743	332,985
118	ต.เมืองแกลง	1,352,836	1,194,960	357,690	209,419	43,561	1,055,483
119	ต.น้ำเป็น	423	373	253	288	340	423
120	ต.กระแสบน	71,121	62,821	42,595	48,441	57,203	71,121
121	ต.กร่ำ	1,014	896	607	691	816	1,014
122	ต.กองดิน	23,847	21,064	14,282	16,242	19,180	23,847
123	ต.กระเฉด	15,497	13,688	9,281	10,555	12,464	15,497
124	ต.แกลง	7,951	7,023	4,762	5,415	6,395	7,951
125	ต.คลองปูน	5,029	4,442	3,012	3,426	4,045	5,029
126	ต.ชากโดน	5,111	4,515	3,061	3,481	4,111	5,111
127	ต.ชากบก	348	308	209	237	280	348
128	ต.ชากพง	4,504	3,978	2,697	3,067	3,622	4,504
129	ต.ชำฆ้อ	3,568	3,151	2,137	2,430	2,869	3,568
130	ต.ชุมแสง	4,390	3,877	2,629	2,990	3,531	4,390
131	ต.เชิงเนิน	4,183,456	3,695,247	2,505,472	2,849,352	3,364,754	4,183,456
132	ต.ตะพง	618,698	546,496	370,538	421,395	497,619	618,698
133	ต.ตาขัน	6,672	5,893	3,996	4,544	5,366	6,672
134	ต.ตาสิทธิ์	2,463	2,175	1,475	1,677	1,981	2,463
135	ต.ทับมา	20,678	18,265	12,384	14,084	16,631	20,678
136	ต.ทางเกวียน	92,556	81,755	55,432	63,040	74,443	92,556
137	ต.ท่าประดู่	10,529	9,300	6,306	7,171	8,468	10,529
138	ต.ทุ่งควายกิน	22,560	19,927	13,511	15,366	18,145	22,560
139	ต.นาตาขวัญ	1,180	1,042	707	804	949	1,180
140	ต.น้ำคอก	997	881	597	679	802	997
141	ต.น้ำเป็น	17,050	15,060	10,211	11,613	13,713	17,050
142	ต.นิคมพัฒนา	312,214	275,779	186,985	212,649	251,114	312,214
143	ต.เนินฆ้อ	582	514	349	397	468	582
144	ต.เนินพระ	16,371	14,461	9,805	11,151	13,167	16,371
145	ต.บางบุตร	8,428	7,445	5,048	5,740	6,779	8,428

ตารางที่ จ.1 ผลการจัดสรรน้ำปี 2544 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
146	ต.บ้านค่าย	13,408	11,843	8,030	9,132	10,784	13,408
147	ต.บ้านฉาง	35,255	31,141	21,114	24,012	28,356	35,255
148	ต.บ้านนา	7,599	6,712	4,551	5,176	6,112	7,599
149	ต.บ้านแลง	59,894	52,904	35,871	40,794	48,173	59,894
150	ต.ปลวกแดง	933,949	824,957	559,342	636,113	751,175	933,949
151	ต.ปากน้ำ	11,481	10,141	6,876	7,820	9,234	11,481
152	ต.ปากน้ำกระแส	620	547	371	422	498	620
153	ต.ป่ายุบใน	4,576	4,042	2,740	3,117	3,680	4,576
154	ต.พนานิคม	174,327	153,983	104,404	118,734	140,211	174,327
155	ต.พลงตาเอี่ยม	320	283	192	218	257	320
156	ต.พลา	32,303	28,534	19,347	22,002	25,982	32,303
157	ต.พังราด	3,011	2,660	1,803	2,051	2,422	3,011
158	ต.เพ	11,987	10,588	7,179	8,164	9,641	11,987
159	ต.มะขามคู่	47,851	42,267	28,658	32,592	38,487	47,851
160	ต.มาบข่า	1,956,172	1,727,886	1,171,551	1,332,349	1,573,349	1,956,172
161	ต.มาบข่า	334	295	200	227	269	334
162	ต.มาบตาพุด	10,065,450	8,890,812	6,028,198	6,855,578	8,095,641	10,065,450
163	ต.มาบยางพร	526,973	465,476	315,604	358,922	423,845	526,973
164	ต.แม่น้ำคู้	3,494,257	3,086,477	2,092,710	2,379,938	2,810,431	3,494,257
165	ต.ละหาร	11,806	10,428	7,071	8,041	9,496	11,806
166	ต.วังจันทร์	11,231	9,921	6,727	7,650	9,033	11,231
167	ต.วังหว้า	13,917	12,293	8,335	9,479	11,194	13,917
168	ต.สองสลึง	5,076	4,483	3,040	3,457	4,082	5,076
169	ต.สำนักทอง	3,920	3,463	2,348	2,670	3,153	3,920
170	ต.สำนักท้อน	26,019	22,982	15,583	17,721	20,927	26,019
171	ต.หนองตะพาน	163	144	98	111	131	163
172	ต.หนองบัว	695,516	614,350	416,545	473,716	559,404	695,516
173	ต.หนองละลอก	1,505,578	1,329,877	901,691	1,025,449	1,210,937	1,505,578
174	ต.ห้วยโป่ง	11,490,548	10,149,601	6,881,689	7,826,212	9,241,847	11,490,548
175	ต.ห้วยยาง	14,463	12,776	8,662	9,851	11,633	14,463

ตารางที่ จ.2 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
1	คลองปูน	206,091	185,441	49,647	25,720	8,512	2,061
2	กระแสบน	156,091	140,451	37,602	19,480	6,447	1,561
3	กองดิน	5,254,091	4,727,631	1,265,711	655,711	216,994	52,541
4	ชากโดน	335,000	301,433	80,702	41,808	13,836	3,350
5	ชากพง	167,546	150,757	40,362	20,910	6,920	1,675
6	ทางเกวียน	187,091	168,344	45,070	23,349	7,727	1,871
7	ทุ่งควายกิน	2,232,818	2,009,090	537,886	278,656	92,215	22,328
8	เนินฆ้อ	479,091	431,086	115,413	59,791	19,786	4,791
9	บ้านนา	20,636	18,569	4,971	2,575	852	206
10	วังหว้า	264,273	237,793	63,663	32,981	10,914	2,643
11	ห้วยยาง	2,966,546	2,669,298	714,641	370,225	122,518	29,665
12	น้ำเป็น	586,182	527,446	141,211	73,155	24,209	5,862
13	เขาน้อย	233,182	209,817	56,174	29,101	9,630	2,332
14	ชำฆ้อ	1,051,818	946,426	253,383	131,267	43,440	10,518
15	ห้วยทับมอญ	908,455	817,427	218,847	113,375	37,519	9,085
16	บางบุตร	6,069,364	5,461,213	1,462,110	757,457	250,665	60,694
17	หนองบัว	867,000	780,127	208,860	108,202	35,807	8,670
18	ชากบก	1,890,909	1,701,440	455,520	235,986	78,095	18,909
19	ตาขัน	639,546	575,463	154,067	79,815	26,413	6,395
20	หนองละลอก	624,546	561,966	150,453	77,943	25,794	6,245
21	บ้านฉาง	83,636	75,256	20,148	10,438	3,454	836
22	พลา	213,727	192,312	51,487	26,673	8,827	2,137
23	สำนักท้อน	131,909	118,692	31,777	16,462	5,448	1,319
24	แม่น้ำคู้	291,273	262,087	70,168	36,351	12,030	2,913
25	หนองไร่	373,727	336,280	90,031	46,641	15,435	3,737
26	ละหาร	5,496,000	4,945,301	1,323,986	685,901	226,985	54,960
27	ปลวกแดง	727,091	654,236	175,156	90,741	30,029	7,271
28	กระเฉด	533,455	480,002	128,509	66,575	22,032	5,335
29	เชิงเนิน	1,919,636	1,727,289	462,440	239,571	79,281	19,196

ตารางที่ จ.2 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
30	เนินพระ	321,818	289,572	77,526	40,163	13,291	3,218
31	ทับมา	575,273	517,630	138,583	71,794	23,759	5,753
32	แกลง	483,182	434,767	116,399	60,301	19,955	4,832
33	ตะพง	502,273	451,945	120,998	62,684	20,744	5,023
34	บ้านแลง	205,909	185,277	49,604	25,697	8,504	2,059
35	มาบตาพุด	157,182	141,432	37,865	19,616	6,492	1,572
36	นาตาขวัญ	11,636	10,470	2,803	1,452	481	116
37	ชุมแสง	19,500,000	17,500,000	4,697,550	2,433,600	805,000	195,000
38	ป่ายุบใน	395,818	356,157	95,353	49,398	16,347	3,958
39	วังจันทร์	510,182	459,062	122,903	63,671	21,071	5,102
40	พลงตาเอี่ยม	430,636	387,487	103,740	53,743	17,785	4,306
41	ต.กร่ำ	0	0	0	0	0	0
42	ต.กองดิน	391,937	352,665	97,592	58,555	11,601	295,246
43	ต.คลองปูน	334,997	301,430	83,414	50,049	9,916	252,353
44	ต.ชากโดน	354,342	318,837	88,231	52,939	10,489	266,926
45	ต.ชากพง	0	0	0	0	0	0
46	ต.เชิงเนิน	1,411,017	1,269,633	351,343	210,806	41,766	1,062,919
47	ต.ตะพง	1,230,707	1,107,390	306,446	183,868	36,429	927,092
48	ต.ทับมา	898,484	808,456	223,723	134,234	26,595	676,828
49	ต.ทางเกวียน	446,760	401,995	111,243	66,746	13,224	336,544
50	ต.ทุ่งควายกิน	644,736	580,134	160,539	96,324	19,084	485,680
51	ต.นายายอาม	413,253	371,845	102,900	61,740	12,232	311,304
52	ต.น้ำคอก	293,314	263,924	73,035	43,821	8,682	220,953
53	ต.เนินพระ	729,708	656,591	181,697	109,018	21,599	549,689
54	ต.บางบุตร	702,844	632,419	175,008	105,005	20,804	529,452
55	ต.บ้านค่าย	320,762	288,622	79,870	47,922	9,495	241,630
56	ต.บ้านฉาง	448,366	403,440	111,643	66,986	13,272	337,754
57	ต.ปากน้ำกระแส	110,887	99,776	27,611	16,567	3,282	83,531
58	ต.พลา	391,645	352,402	97,520	58,512	11,593	295,026

ตารางที่ จ.2 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
59	ต.เพ	108,843	97,937	27,102	16,261	3,222	81,991
60	ต.สำนักท้อน	534,433	480,883	133,074	79,844	15,819	402,588
61	ต.หนองละลอก	609,871	548,762	151,858	91,115	18,052	459,416
62	เทศบาลต.แกลงกะเฉด	466,251	419,533	116,097	69,658	13,801	351,227
63	ต.บ้านค่าย	230,461	207,369	57,385	34,431	6,822	173,606
64	ต.บ้านฉาง	1,411,455	1,270,027	351,452	210,871	41,779	1,063,249
65	ต.บ้านเพ	1,134,347	1,020,685	282,452	169,471	33,577	854,504
66	ต.สำนักท้อน	615,682	553,991	153,305	91,983	18,224	463,793
67	ต.สุนทรภู่	1,066,968	960,058	265,675	159,405	31,582	803,747
68	เทศบาลนครระยอง	3,937,255	3,542,742	980,377	588,226	116,543	2,965,934
69	เทศบาลเมืองมาบตาพุด	2,704,650	2,433,644	673,458	404,075	80,058	2,037,413
70	ต.กองดิน	384,345	345,834	95,702	57,421	11,377	289,527
71	ต.จอมพลเจ้าพระยา	121,837	109,629	30,337	18,202	3,606	91,780
72	ต.ชุมแสง	253,675	228,257	63,165	37,899	7,509	191,093
73	ต.ทุ่งควายกิน	537,864	483,970	133,928	80,357	15,921	405,173
74	ต.บ้านปลวกแดง	194,764	175,249	48,496	29,098	5,765	146,716
75	ต.ปากน้ำ	0	0	0	0	0	0
76	ต.ปากน้ำประแส	411,428	370,203	102,446	61,467	12,178	309,929
77	ต.มาบข่า	366,971	330,201	91,376	54,825	10,862	276,439
78	ต.มาบข่า	0	0	0	0	0	0
79	ต.พนานิคม	0	0	0	0	0	0
80	ต.มะขามคู่	0	0	0	0	0	0
81	ต.นิคมพัฒนา	0	0	0	0	0	0
82	ต.เขาน้อย	83,512	75,144	20,794	12,477	2,472	62,910
83	ต.หนองละลอก	93,864	84,459	23,372	14,023	2,778	70,708
84	ต.มาบข่า	179,325	161,356	44,652	26,791	5,308	135,085
85	ต.หนองตะพาน	126,400	113,734	31,473	18,884	3,741	95,217
86	ต.ละหาร	144,504	130,024	35,981	21,589	4,277	108,855
87	ต.ห้วยยาง	135,890	122,273	33,836	20,302	4,022	102,366

ตารางที่ จ.2 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
88	ต.วังจันทร์	143,701	129,302	35,781	21,469	4,254	108,250
89	ต.มาบยางพร	174,945	157,415	43,561	26,137	5,178	131,786
90	ต.หนองไร่	151,585	136,396	37,745	22,647	4,487	114,189
91	ต.เนินฆ้อ	164,031	147,595	40,844	24,506	4,855	123,565
92	ต.พลงตาเอี่ยม	156,585	140,895	38,990	23,394	4,635	117,956
93	ต.ชำฆ้อ	203,342	182,967	50,632	30,379	6,019	153,177
94	ต.สำนักทอง	186,150	167,498	46,351	27,811	5,510	140,227
95	ต.ท่าประดู่	0	0	0	0	0	0
96	ต.นาตาขวัญ	208,525	187,630	51,923	31,154	6,172	157,082
97	ต.พนานิคม	217,942	196,104	54,267	32,560	6,451	164,175
98	ต.บ้านแลง	231,301	208,124	57,594	34,556	6,846	174,239
99	ต.กระแสบน	248,894	223,954	61,974	37,185	7,367	187,492
100	ต.ป่ายุบใน	247,251	222,476	61,566	36,939	7,319	186,254
101	ต.สองสลึง	211,700	190,488	52,713	31,628	6,266	159,474
102	ต.พังราด	224,913	202,377	56,003	33,602	6,657	169,427
103	ต.น้ำเป็น	252,252	226,976	62,811	37,686	7,467	190,021
104	ต.ห้วยทับมอญ	270,794	243,660	67,428	40,457	8,015	203,989
105	ต.ตาสิทธิ์	178,850	160,929	44,534	26,720	5,294	134,728
106	ต.กระเฉด	212,138	190,882	52,822	31,693	6,279	159,804
107	ต.ตาขัน	258,749	232,822	64,428	38,657	7,659	194,915
108	ต.ชากบก	273,422	246,025	68,082	40,849	8,093	205,968
109	ต.ชุมแสง	206,116	185,463	51,323	30,794	6,101	155,267
110	ต.มะขามคู่	276,488	248,784	68,845	41,307	8,184	208,278
111	ต.แม่น้ำคู้	280,247	252,166	69,782	41,869	8,295	211,110
112	ต.บ้านนา	296,855	267,110	73,917	44,350	8,787	223,621
113	ต.ปลวกแดง	140,051	126,017	34,873	20,924	4,145	105,500
114	ต.วังหว้า	325,471	292,858	81,042	48,625	9,634	245,177
115	ต.แกลง	196,626	176,924	48,960	29,376	5,820	148,118
116	ต.นิคมพัฒนา	207,174	186,415	51,586	30,952	6,132	156,064

ตารางที่ จ.2 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
117	ต.หนองบัว	435,007	391,419	108,317	64,990	12,876	327,691
118	ต.เมืองแกลง	1,212,968	1,091,429	302,029	181,217	35,904	913,729
119	ต.น้ำเป็น	423	380	248	283	333	423
120	ต.กระแสบน	71,346	64,197	41,880	47,802	56,199	71,346
121	ต.กร่ำ	1,030	927	605	690	811	1,030
122	ต.กองดิน	26,035	23,426	15,283	17,443	20,508	26,035
123	ต.กระเฉด	16,233	14,606	9,529	10,876	12,787	16,233
124	ต.แกลง	7,951	7,154	4,667	5,327	6,263	7,951
125	ต.คลองปูน	5,029	4,525	2,952	3,370	3,962	5,029
126	ต.ชากโดน	5,111	4,599	3,000	3,424	4,026	5,111
127	ต.ชากบก	348	313	204	233	274	348
128	ต.ชากพง	4,504	4,052	2,644	3,017	3,548	4,504
129	ต.ชำฆ้อ	3,568	3,210	2,094	2,390	2,810	3,568
130	ต.ชุมแสง	5,639	5,074	3,310	3,778	4,442	5,639
131	ต.เชิงเนิน	4,182,961	3,763,828	2,455,398	2,802,584	3,294,918	4,182,961
132	ต.ตะพง	618,778	556,777	363,223	414,582	487,412	618,778
133	ต.ตาขัน	7,489	6,739	4,396	5,018	5,899	7,489
134	ต.ตาสิทธิ์	2,757	2,480	1,618	1,847	2,171	2,757
135	ต.ทับมา	23,181	20,858	13,607	15,531	18,259	23,181
136	ต.ทางเกวียน	93,097	83,769	54,648	62,375	73,332	93,097
137	ต.ท่าประดู่	10,614	9,550	6,230	7,111	8,361	10,614
138	ต.ทุ่งควายกิน	23,064	20,753	13,539	15,453	18,168	23,064
139	ต.นาตาขวัญ	1,780	1,602	1,045	1,193	1,402	1,780
140	ต.น้ำคอก	997	897	585	668	785	997
141	ต.น้ำเป็น	17,050	15,341	10,008	11,423	13,430	17,050
142	ต.นิคมพัฒนา	348,848	313,894	204,774	233,728	274,788	348,848
143	ต.เนินฆ้อ	582	524	342	390	459	582
144	ต.เนินพระ	19,316	17,381	11,339	12,942	15,215	19,316
145	ต.บางบุตร	8,428	7,584	4,947	5,647	6,639	8,428

ตารางที่ จ.2 ผลการจัดสรรน้ำปี 2545 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
146	ต.บ้านค่าย	14,374	12,934	8,437	9,631	11,322	14,374
147	ต.บ้านฉาง	20,467	18,416	12,014	13,713	16,122	20,467
148	ต.บ้านนา	8,472	7,623	4,973	5,676	6,673	8,472
149	ต.บ้านแลง	59,913	53,909	35,169	40,141	47,193	59,913
150	ต.ปลวกแดง	1,004,246	903,621	589,492	672,845	791,045	1,004,246
151	ต.ปากน้ำ	11,481	10,330	6,739	7,692	9,043	11,481
152	ต.ปากน้ำกระแส	620	558	364	415	488	620
153	ต.ป่ายุบใน	4,576	4,117	2,686	3,066	3,604	4,576
154	ต.พนานิคม	180,894	162,769	106,185	121,199	142,490	180,894
155	ต.พลงตาเอี่ยม	320	288	188	214	252	320
156	ต.พลา	32,303	29,067	18,962	21,643	25,445	32,303
157	ต.พังราด	3,011	2,709	1,768	2,017	2,372	3,011
158	ต.เพ	12,080	10,870	7,091	8,094	9,515	12,080
159	ต.มะขามคู่	82,690	74,404	48,539	55,402	65,135	82,690
160	ต.มาบข่า	1,960,677	1,764,217	1,150,918	1,313,654	1,544,425	1,960,677
161	ต.มาบข่า	334	301	196	224	263	334
162	ต.มาบตาพุด	10,199,759	9,177,743	5,987,258	6,833,838	8,034,350	10,199,759
163	ต.มาบยางพร	956,923	861,039	561,714	641,138	753,768	956,923
164	ต.แม่น้ำคู้	3,497,025	3,146,623	2,052,754	2,343,007	2,754,606	3,497,025
165	ต.ละหาร	11,806	10,623	6,930	7,910	9,300	11,806
166	ต.วังจันทร์	11,709	10,536	6,873	7,845	9,223	11,709
167	ต.วังหว้า	13,917	12,523	8,169	9,325	10,963	13,917
168	ต.สองสลึง	5,076	4,567	2,979	3,401	3,998	5,076
169	ต.สำนักทอง	4,146	3,731	2,434	2,778	3,266	4,146
170	ต.สำนักท้อน	26,019	23,412	15,273	17,433	20,495	26,019
171	ต.หนองตะพาน	1,226	1,104	720	822	966	1,226
172	ต.หนองบัว	928,908	835,832	545,269	622,369	731,701	928,908
173	ต.หนองละลอก	1,507,898	1,356,806	885,136	1,010,291	1,187,771	1,507,898
174	ต.ห้วยโป่ง	11,492,460	10,340,916	6,746,074	7,699,948	9,052,611	11,492,460
175	ต.ห้วยยาง	15,175	13,655	8,908	10,167	11,953	15,175

ตารางที่ จ.3 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
1	คลองปูน	206,091	178,310	46,741	24,752	8,244	618
2	กระแสบน	156,091	135,050	35,401	18,747	6,244	468
3	กองดิน	5,254,091	4,545,839	1,191,628	631,016	210,164	15,762
4	ชากโดน	335,000	289,842	75,978	40,234	13,400	1,005
5	ชากพง	167,546	144,960	37,999	20,122	6,702	503
6	ทางเกวียน	187,091	161,871	42,432	22,470	7,484	561
7	ทุ่งควายกิน	2,232,818	1,931,834	506,403	268,162	89,313	6,698
8	เนินม้อ	479,091	414,509	108,658	57,539	19,164	1,437
9	บ้านนา	20,636	17,855	4,680	2,478	825	62
10	วังหว้า	264,273	228,649	59,937	31,739	10,571	793
11	ห้วยยาง	2,966,546	2,566,655	672,813	356,282	118,662	8,900
12	น้ำเป็น	586,182	507,165	132,946	70,400	23,447	1,759
13	เขาน้อย	233,182	201,749	52,886	28,005	9,327	700
14	ข่ำม้อ	1,051,818	910,033	238,552	126,323	42,073	3,155
15	ห้วยทับมอญ	908,455	785,995	206,038	109,105	36,338	2,725
16	บางบุตร	6,069,364	5,251,213	1,376,532	728,931	242,775	18,208
17	หนองบัว	867,000	750,128	196,636	104,127	34,680	2,601
18	ชากบก	1,890,909	1,636,015	428,858	227,098	75,636	5,673
19	ตาขัน	639,546	553,335	145,049	76,809	25,582	1,919
20	หนองละลอก	624,546	540,357	141,647	75,008	24,982	1,874
21	บ้านฉาง	83,636	72,362	18,969	10,045	3,345	251
22	พลา	213,727	184,917	48,473	25,669	8,549	641
23	สำนักท้อน	131,909	114,128	29,917	15,842	5,276	396
24	แม่น้ำคู้	291,273	252,009	66,061	34,982	11,651	874
25	หนองไร่	373,727	323,349	84,761	44,885	14,949	1,121
26	ละหาร	5,496,000	4,755,139	1,246,493	660,070	219,840	16,488
27	ปลวกแดง	727,091	629,079	164,904	87,324	29,084	2,181
28	กระเฉด	533,455	461,545	120,988	64,068	21,338	1,600
29	เชิงเนิน	1,919,636	1,660,869	435,374	230,548	76,785	5,759

ตารางที่ จ.3 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
30	เนินพระ	321,818	278,437	72,988	38,650	12,873	965
31	ทับมา	575,273	497,726	130,472	69,090	23,011	1,726
32	แกลง	483,182	418,049	109,586	58,030	19,327	1,450
33	ตะพง	502,273	434,566	113,915	60,323	20,091	1,507
34	บ้านแลง	205,909	178,153	46,700	24,730	8,236	618
35	มาบตาพุด	157,182	135,994	35,649	18,878	6,287	472
36	นาตาขวัญ	11,636	10,068	2,639	1,398	465	35
37	ชุมแสง	19,500,000	16,900,000	4,422,600	2,341,950	780,000	58,500
38	ป่ายุบใน	395,818	342,462	89,772	47,538	15,833	1,187
39	วังจันทร์	510,182	441,409	115,709	61,273	20,407	1,531
40	พลงตาเอี่ยม	430,636	372,587	97,668	51,719	17,225	1,292
41	ต.กร่ำ	0	0	0	0	0	0
42	ต.กองดิน	393,835	340,746	91,527	55,373	8,704	290,611
43	ต.คลองปูน	336,676	291,292	78,244	47,337	7,441	248,433
44	ต.ชากโดน	355,583	307,650	82,637	49,995	7,858	262,385
45	ต.ชากพง	0	0	0	0	0	0
46	ต.เชิงเนิน	1,470,512	1,272,287	341,747	206,754	32,498	1,085,091
47	ต.ตะพง	1,256,111	1,086,787	291,920	176,609	27,760	926,884
48	ต.ทับมา	1,004,042	868,697	233,339	141,168	22,189	740,883
49	ต.ทางเกวียน	463,842	401,316	107,797	65,216	10,251	342,269
50	ต.ทุ่งควายกิน	647,656	560,352	150,515	91,060	14,313	477,905
51	ต.นายายอาม	425,225	367,905	98,822	59,787	9,397	313,774
52	ต.น้ำคอก	297,840	257,691	69,218	41,876	6,582	219,776
53	ต.เนินพระ	790,517	683,955	183,716	111,147	17,470	583,323
54	ต.บางบุตร	705,618	610,501	163,986	99,210	15,594	520,676
55	ต.บ้านค่าย	329,376	284,976	76,547	46,310	7,279	243,047
56	ต.บ้านฉาง	506,182	437,949	117,637	71,169	11,187	373,512
57	ต.ปากน้ำกระแส	111,690	96,634	25,957	15,704	2,468	82,416
58	ต.พลา	401,354	347,252	93,275	56,430	8,870	296,159

ตารางที่ จ.3 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
59	ต.เพ	107,018	92,592	24,871	15,047	2,365	78,969
60	ต.สำนักท้อน	556,552	481,529	129,343	78,251	12,300	410,680
61	ต.หนองละลอก	614,462	531,633	142,801	86,393	13,580	453,412
62	เทศบาลต.แกลงกะเฉด	473,040	409,274	109,935	66,509	10,454	349,056
63	ต.บ้านค่าย	232,578	201,227	54,051	32,700	5,140	171,619
64	ต.บ้านฉาง	1,482,995	1,283,087	344,648	208,509	32,774	1,094,302
65	ต.บ้านเพ	1,152,305	996,974	267,796	162,014	25,466	850,286
66	ต.สำนักท้อน	643,714	556,941	149,599	90,506	14,226	474,997
67	ต.สุนทรภู่	1,070,326	926,046	248,744	150,488	23,654	789,794
68	เทศบาลนครระยอง	3,988,793	3,451,104	926,996	560,824	88,152	2,943,330
69	เทศบาลเมืองมาบตาพุด	2,907,882	2,515,900	675,792	408,848	64,264	2,145,726
70	ต.กองดิน	380,257	328,998	88,372	53,464	8,404	280,592
71	ต.จอมพลเจ้าพระยา	117,457	101,624	27,297	16,514	2,596	86,672
72	ต.ชุมแสง	261,632	226,364	60,803	36,785	5,782	193,058
73	ต.ทุ่งควายกิน	529,323	457,970	123,015	74,423	11,698	390,587
74	ต.บ้านปลวกแดง	219,073	189,542	50,913	30,802	4,842	161,654
75	ต.ปากน้ำ	0	0	0	0	0	0
76	ต.ปากน้ำประแส	409,676	354,452	95,209	57,600	9,054	302,300
77	ต.มาบข่า	412,742	357,104	95,921	58,032	9,122	304,562
78	ต.มาบข่า	0	0	0	0	0	0
79	ต.พนานิคม	0	0	0	0	0	0
80	ต.มะขามคู่	0	0	0	0	0	0
81	ต.นิคมพัฒนา	0	0	0	0	0	0
82	ต.เขาน้อย	85,337	73,834	19,832	11,998	1,886	62,970
83	ต.หนองละลอก	98,357	85,098	22,858	13,829	2,174	72,578
84	ต.มาบข่า	185,420	160,425	43,092	26,070	4,098	136,821
85	ต.หนองตะพาน	127,896	110,656	29,723	17,982	2,827	94,374
86	ต.ละหาร	146,803	127,014	34,117	20,641	3,244	108,326
87	ต.ห้วยยาง	136,766	118,330	31,784	19,229	3,023	100,919

ตารางที่ จ.3 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
88	ต.วังจันทร์	144,504	125,024	33,583	20,317	3,194	106,629
89	ต.มาบยางพร	189,946	164,341	44,143	26,706	4,198	140,161
90	ต.หนองไร่	150,490	130,204	34,974	21,159	3,326	111,046
91	ต.เนินม้อ	165,418	143,120	38,443	23,258	3,656	122,062
92	ต.พลงตาเอี่ยม	158,374	137,025	36,806	22,267	3,500	116,864
93	ต.ชำม้อ	206,225	178,426	47,927	28,995	4,558	152,173
94	ต.สำนักทอง	188,340	162,952	43,770	26,481	4,162	138,976
95	ต.ท่าประดู่	0	0	0	0	0	0
96	ต.นาตาขวัญ	214,255	185,373	49,793	30,124	4,735	158,099
97	ต.พนานิคม	222,103	192,163	51,617	31,228	4,908	163,889
98	ต.บ้านแลง	236,739	204,827	55,018	33,286	5,232	174,690
99	ต.กระแสบน	255,026	220,648	59,268	35,857	5,636	188,183
100	ต.ป่ายุบใน	250,208	216,480	58,148	35,179	5,530	184,628
101	ต.สองสลึง	210,715	182,310	48,970	29,626	4,657	155,486
102	ต.พังราด	225,278	194,911	52,355	31,674	4,979	166,233
103	ต.น้ำเป็น	256,413	221,848	59,590	36,052	5,667	189,207
104	ต.ห้วยทับมอญ	270,794	234,291	62,932	38,074	5,985	199,819
105	ต.ตาสิทธิ์	183,595	158,846	42,667	25,813	4,057	135,475
106	ต.กระเฉด	210,824	182,405	48,996	29,642	4,659	155,567
107	ต.ตาขัน	264,151	228,543	61,389	37,140	5,838	194,917
108	ต.ขากบก	279,481	241,807	64,951	39,295	6,177	206,229
109	ต.ชุมแสง	209,656	181,394	48,724	29,478	4,633	154,705
110	ต.มะขามคู่	286,197	247,617	66,512	40,239	6,325	211,184
111	ต.แม่น้ำคู้	280,904	243,038	65,282	39,495	6,208	207,279
112	ต.บ้านนา	301,527	260,881	70,075	42,395	6,664	222,496
113	ต.ปลวกแดง	153,045	132,414	35,568	21,518	3,382	112,932
114	ต.วังหว้า	331,201	286,555	76,971	46,567	7,320	244,393
115	ต.แกลง	198,779	171,984	46,196	27,948	4,393	146,679
116	ต.นิคมพัฒนา	216,372	187,205	50,285	30,422	4,782	159,661

ตารางที่ จ.3 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
117	ต.หนองบัว	439,460	380,221	102,131	61,788	9,712	324,278
118	ต.เมืองแกลง	1,225,013	1,059,881	284,693	172,237	27,073	903,937
119	ต.น้ำเป็น	423	366	241	281	328	423
120	ต.กระแสบน	73,045	63,199	41,643	48,648	56,712	73,045
121	ต.กร่ำ	3,080	2,665	1,756	2,052	2,392	3,080
122	ต.กองดิน	26,035	22,526	14,843	17,339	20,214	26,035
123	ต.กระเจด	16,233	14,045	9,254	10,811	12,603	16,233
124	ต.แกลง	8,477	7,334	4,833	5,646	6,582	8,477
125	ต.คลองปูน	5,258	4,549	2,997	3,502	4,082	5,258
126	ต.ชากโดน	5,142	4,449	2,931	3,424	3,992	5,142
127	ต.ชากบก	377	326	215	251	293	377
128	ต.ชากพง	4,504	3,897	2,568	2,999	3,497	4,504
129	ต.ชำฆ้อ	3,728	3,226	2,126	2,483	2,895	3,728
130	ต.ชุมแสง	5,695	4,927	3,247	3,793	4,422	5,695
131	ต.เชิงเนิน	4,183,646	3,619,690	2,385,096	2,786,308	3,248,182	4,183,646
132	ต.ตะพง	618,901	535,473	352,836	412,188	480,515	618,901
133	ต.ตาขัน	9,234	7,989	5,264	6,150	7,169	9,234
134	ต.ตาสิทธิ์	2,866	2,480	1,634	1,909	2,225	2,866
135	ต.ทับมา	24,719	21,387	14,092	16,463	19,192	24,719
136	ต.ทางเกวียน	95,147	82,321	54,243	63,368	73,872	95,147
137	ต.ท่าประดู่	10,614	9,183	6,051	7,069	8,241	10,614
138	ต.ทุ่งควายกิน	23,064	19,955	13,149	15,361	17,907	23,064
139	ต.นาตาขวัญ	2,801	2,423	1,597	1,865	2,175	2,801
140	ต.น้ำคอก	997	863	568	664	774	997
141	ต.น้ำเป็น	17,050	14,751	9,720	11,355	13,237	17,050
142	ต.นิคมพัฒนา	359,637	311,158	205,029	239,518	279,222	359,637
143	ต.เนินฆ้อ	3,324	2,876	1,895	2,214	2,580	3,324
144	ต.เนินพระ	19,570	16,932	11,157	13,033	15,194	19,570
145	ต.บางบุตร	9,723	8,413	5,543	6,476	7,549	9,723

ตารางที่ จ.3 ผลการจัดสรรน้ำปี 2546 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพื้นที่	ความต้องการ	ปริมาณน้ำที่จัดสรร (ลบ.ม./ปี)				
			0, 1	0.2, 0.8	0.5, 0.5	0.8, 0.2	1, 0
146	ต.บ้านค่าย	14,374	12,436	8,195	9,573	11,160	14,374
147	ต.บ้านฉาง	20,819	18,013	11,869	13,866	16,164	20,819
148	ต.บ้านนา	8,853	7,660	5,047	5,896	6,874	8,853
149	ต.บ้านแลง	59,913	51,836	34,156	39,902	46,516	59,913
150	ต.ปลวกแดง	1,005,797	870,216	573,405	669,861	780,901	1,005,797
151	ต.ปากน้ำ	12,215	10,569	6,964	8,135	9,484	12,215
152	ต.ปากน้ำกระแส	2,670	2,310	1,522	1,778	2,073	2,670
153	ต.ป่ายุบใน	5,612	4,855	3,199	3,737	4,357	5,612
154	ต.พนานิคม	190,293	164,641	108,486	126,735	147,743	190,293
155	ต.พลงตาเอี่ยม	320	277	183	213	249	320
156	ต.พลา	32,303	27,949	18,416	21,514	25,080	32,303
157	ต.พังราด	3,011	2,605	1,717	2,005	2,338	3,011
158	ต.เพ	12,314	10,654	7,020	8,201	9,561	12,314
159	ต.มะขามคู่	93,923	81,262	53,545	62,553	72,922	93,923
160	ต.มาบข่า	1,965,384	1,700,450	1,120,465	1,308,946	1,525,924	1,965,384
161	ต.มาบข่า	334	289	190	222	259	334
162	ต.มาบตาพุด	10,200,404	8,825,390	5,815,250	6,793,469	7,919,594	10,200,404
163	ต.มาบยางพร	962,764	832,983	548,872	641,201	747,490	962,764
164	ต.แม่น้ำคู้	3,502,771	3,030,598	1,996,930	2,332,846	2,719,552	3,502,771
165	ต.ละหาร	11,971	10,357	6,825	7,973	9,294	11,971
166	ต.วังจันทร์	11,709	10,131	6,675	7,798	9,091	11,709
167	ต.วังหว้า	14,028	12,137	7,997	9,343	10,891	14,028
168	ต.สองสลึง	5,076	4,392	2,894	3,380	3,941	5,076
169	ต.สำนักทอง	4,146	3,587	2,364	2,761	3,219	4,146
170	ต.สำนักท้อน	29,005	25,096	16,536	19,318	22,520	29,005
171	ต.หนองตะพาน	1,226	1,061	699	817	952	1,226
172	ต.หนองบัว	937,488	811,115	534,462	624,367	727,866	937,488
173	ต.หนองละลอก	1,521,569	1,316,461	867,446	1,013,365	1,181,346	1,521,569
174	ต.ห้วยโป่ง	11,496,813	9,947,043	6,554,333	7,656,878	8,926,126	11,496,813
175	ต.ห้วยยาง	15,175	13,130	8,651	10,107	11,782	15,175

ภาคผนวก ซ.

ตัวอย่างผลการจัดสรรน้ำรายเดือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช.1 ผลการจัดสรรน้ำเดือนกันยายน 2545

ชื่อพื้นที่	เดือนกันยายน 2545 (ล้านลบ.ม.)						
	ผู้เชี่ยวชาญ	w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	1.74	1.77	1.76	1.74	1.70	1.68	1.66
อุตสาหกรรม	11.58	11.56	11.57	11.58	11.63	11.65	11.67
อุปโภคฯ	0.0015	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014	0.0012

ตารางที่ ช.2 ผลการจัดสรรน้ำเดือนตุลาคม 2545

ชื่อพื้นที่	เดือนตุลาคม 2545 (ล้านลบ.ม.)						
	ผู้เชี่ยวชาญ	w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	4.56	4.79	4.64	4.56	4.38	4.19	3.85
อุตสาหกรรม	11.95	11.72	11.87	11.96	12.13	12.32	12.66
อุปโภคฯ	0.0016	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0014	0.0013

ตารางที่ ช.3 พฤศจิกายนจัดสรรน้ำเดือนพฤศจิกายน 2545

ชื่อพื้นที่	เดือนพฤศจิกายน 2545 (ล้านลบ.ม.)						
	ผู้เชี่ยวชาญ	w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	9.89	10.15	10.02	9.90	9.84	9.62	9.46
อุตสาหกรรม	12.42	12.17	12.30	12.41	12.48	12.70	12.86
อุปโภคฯ	0.0015	0.0017	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0013

ตารางที่ ช.4 ผลการจัดสรรน้ำเดือนธันวาคม 2545

ชื่อพื้นที่	เดือนธันวาคม 2545 (ล้านลบ.ม.)						
	ผู้เชี่ยวชาญ	w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	8.42	9.60	8.89	8.44	8.07	7.86	7.54
อุตสาหกรรม	13.20	12.02	12.73	13.18	13.55	13.76	14.08
อุปโภคฯ	0.0016	0.0019	0.0017	0.0016	0.0015	0.0013	0.0012

ตารางที่ ช.4 ผลการจัดสรรน้ำเดือนมกราคม 2546

ชื่อพื้นที่	เดือนมกราคม 2546 (ล้านลบ.ม.)						
	ผู้เชี่ยวชาญ	w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	7.07	7.81	7.40	7.07	6.54	6.33	5.69
อุตสาหกรรม	13.13	12.39	12.80	13.13	13.66	13.87	14.51
อุปโภคฯ	0.0021	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0018	0.0017

ตารางที่ ช.4 ผลการจัดสรรน้ำเดือนกุมภาพันธ์ 2546

ชื่อพื้นที่	เดือนกุมภาพันธ์ 2546 (ล้านลบ.ม.)						
	ผู้เชี่ยวชาญ	w1=0, w2=1	w1=0.2, w2=0.8	w1=0.3189, w2=0.6811	w1=0.5, w2=0.5	w1=0.8, w2=0.2	w1=1, w2=0
เกษตรกรรม	6.95	7.22	7.07	6.96	6.80	6.73	6.54
อุตสาหกรรม	11.94	11.67	11.82	11.92	12.09	12.16	12.35
อุปโภคฯ	0.0018	0.0018	0.0017	0.0017	0.0015	0.0014	0.0014

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวโรจนี ขุมมงคล เกิดเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดอุทัยธานี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในปีการศึกษา 2547 และเข้าศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2548

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย