



# วิทยานิพนธ์

การประยุกต์พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ในการบริหารจัดการน้ำในระบบ  
อ่างเก็บน้ำ: กรณีศึกษาศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจาก  
พระราชดำริ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS FOR  
MULTIPLE RESERVOIRS OPERATION: CASE STUDY OF  
HUAY SAI ROYAL DEVELOPMENT STUDY CENTER,  
CHA-AM DISTRICT, PHETCHABURI PROVINCE.

นายกรตสุวรรณ โพธิ์สุวรรณ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

ปริญญา

วิศวกรรมชลประทาน

วิศวกรรมชลประทาน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประยุกต์พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ในการบริหารจัดการน้ำในระบบอ่างเก็บน้ำ: กรณีศึกษา  
ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

Application of Genetic Algorithms for Multiple Reservoirs Operation: Case Study of  
Huay Sai Royal Development Study Center, Cha-Am District, Phetchaburi Province.

นามผู้วิจัย นายกรตสุวรรณ โพธิ์สุวรรณ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(  
รองศาสตราจารย์กัมปนาท ภักดีกุล, Ph.D.  
)

กรรมการ

(  
รองศาสตราจารย์วราวุธ วุฒินิชย์, Ph.D.  
)

กรรมการ

(  
รองศาสตราจารย์สมยศ เชื้ออักษร, Ph.D.  
)

หัวหน้าภาควิชา

(  
รองศาสตราจารย์บัญชา ขวัญยืน, Ph.D.  
)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(  
รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.  
)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 24 เดือน กันยายน พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ในการบริหารจัดการน้ำในระบบอ่างเก็บน้ำ: กรณีศึกษา  
ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดเพชรบุรี

Application of Genetic Algorithms for Multiple Reservoirs Operation: Case Study of Huay Sai  
Royal Development Study Center, Cha-Am District, Phetchaburi Province.

โดย

นายกรตสุวรรณ โพธิ์สุวรรณ

เสนอ

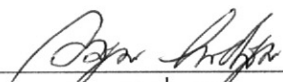
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

พ.ศ. 2551

กรตสุวรรณ โพธิ์สุวรรณ 2551: การประยุกต์พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ในการบริหารจัดการน้ำ  
ในระบบอ่างเก็บน้ำ: กรณีศึกษาศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอชะอำ  
จังหวัดเพชรบุรี ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน) สาขาวิศวกรรม  
ชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์กัมปนาท  
ภักดีกุล, Ph.D. 324 หน้า

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี มีแหล่งน้ำ  
ต้นทุนสำหรับเป็นแหล่งน้ำในกิจกรรมต่างๆ ประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำจำนวน 6 แห่งและบ่อบักน้ำจำนวน 1 แห่ง  
รวมความจุเก็บกักทั้งสิ้น 28.262 ล้านลูกบาศก์เมตร จากการประเมินความต้องการน้ำ พบว่ามีความต้องการน้ำ  
ทั้งสิ้น 22.710 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำกรณีน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 9.476 ล้านลูกบาศก์  
เมตรต่อปี กรณีน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 24.544 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และกรณีน้ำมากที่สุดเท่ากับ 39.571 ล้านลูกบาศก์  
เมตรต่อปี

ในการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำโดยประยุกต์ใช้ GAs พบว่า GAs สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการ  
วางแผนการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำได้ ผลจากการจำลองกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด ส่วนใหญ่  
พื้นที่รับน้ำเกิดการขาดแคลนน้ำโดยอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ อยู่ระหว่าง  
0.40-1.00 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของ GAs ได้รูปแบบและพารามิเตอร์ที่  
เหมาะสมที่สุดคือ Number of Mutation per Chromosome เท่ากับ 31 Probability of Crossover เท่ากับ 0.80 และ  
Population Size เท่ากับ 80 กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยพื้นที่รับน้ำส่วนใหญ่เกิดการขาดแคลนน้ำโดย  
อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ อยู่ระหว่าง 0.94-1.00 ผลการวิเคราะห์ความ  
อ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของ GAs ได้รูปแบบและพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือ Number of Mutation  
per Chromosome เท่ากับ 11 Probability of Crossover เท่ากับ 0.80 และ Population Size เท่ากับ 160 กรณีน้ำ  
มากที่สุดแบบจำลองสามารถวางแผนการจัดสรรน้ำได้เท่ากับความต้องการน้ำโดยอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่  
ส่งกับปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 1.00 ยกเว้นพื้นที่ท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามเท่านั้นที่ส่วนใหญ่จะ  
ได้รับน้ำเกิน เนื่องจากอ่างเก็บน้ำดังกล่าวต้องระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเพื่อเป็นการป้องกันน้ำไหลล้นอ่างเก็บน้ำ  
และเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ท้ายอ่าง ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของ GAs ได้รูปแบบและ  
พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือ Number of Mutation per Chromosome เท่ากับ 26 Probability of Crossover  
เท่ากับ 1.00 และ Population Size เท่ากับ 40 นอกจากนี้ยังพบว่าทั้งสามกรณีไม่พบการส่งน้ำเกินจนส่งผลกระทบ  
ให้น้ำท่วมด้านท้ายอ่างเก็บน้ำแต่อย่างใด

  
ลายมือชื่อนิสิต

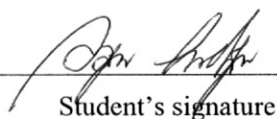
  
ลายมือชื่อประธานกรรมการ

9 / ก.ย. / 51

Krotsuwan Phosuwan 2008: Application of Genetic Algorithms for Multiple Reservoirs Operation: Case Study of Huay Sai Royal Development Study Center, Cha-Am District, Phetchaburi Province. Master of Engineering (Irrigation Engineering), Major Field: Irrigation Engineering, Department of Irrigation Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Kampanad Bhaktikul, Ph.D. 324 pages.

Huay Sai Royal Development Study Center in Cha-Am District, Phetchaburi Province have water supply for any activities of water demand. This project has 6 reservoirs and 1 pond and the total capacity is 28.262 MCM. From study show that the total of water demand is 22.710 MCM per year, minimum inflow of all reservoirs is 9.476 MCM per year, average inflow of all reservoirs is 24.544 MCM per year and maximum inflow of all reservoirs is 39.571 MCM per year.

In this study, GAs can apply for Multiple Reservoirs Operation. In case of minimum inflow of all reservoirs's simulation show that most areas have water shortage, the ratio of water supply and water demand is 0.40-1.00. The sensitivity analysis of GAs suggests that Number of Mutation per Chromosome is 31, Probability of Crossover is 0.80 and Population Size is 80 are the most appropriate parameters. In case of average inflow of all reservoirs's simulation show that most areas have water shortage, the ratio of water supply and water demand is 0.94-1.00. The sensitivity analysis of GAs suggests that Number of Mutation per Chromosome is 11, Probability of Crossover is 0.80 and Population Size is 160 are the most appropriate parameters. And in case of maximum inflow of all reservoirs's simulation plan to allocate as equal as water demand, the ratio of water supply and water demand is 1.00 except Huay Sai Ngam Ecosystem Stability area has most extra water supply because the simulation want to protect spill and flood. The sensitivity analysis of GAs suggests that Number of Mutation per Chromosome is 26, Probability of Crossover is 1.00 and Population Size is 40 are the most appropriate parameters. Finally, all case's simulations didn't release over the capacity of area.

  
Student's signature

 9 / 09 / 08  
Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาของ รศ.ดร.กัมปนาท ภักดีกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วราวุธ วุฒินิษฐ์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รศ.ดร.สมยศ เชื้ออักษร กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ และผศ.ดร.สมนิมิตร พุกงาม ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ข้าพเจ้าขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ อาจารย์เลิศศักดิ์ ธีวตระกูลไพบูลย์ ผู้เชี่ยวชาญวิชาชีพเฉพาะด้านวิศวกรรมชลประทาน (ด้านบริหารจัดการน้ำ) ดร.ทองเปลว กองจันทร์ ผู้อำนวยการสถาบันพัฒนาการชลประทาน นายประวัติวิทย์ สวัสดิ์ดวง ผู้อำนวยการโครงการชลประทานเพชรบุรี นายสิทธิา บุญประจวบ หัวหน้าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 โครงการชลประทานเพชรบุรี ข้าราชการและเจ้าหน้าที่โครงการชลประทานเพชรบุรีทุกท่าน นางสาวอารีรัตน์ อนุชน ข้าราชการและเจ้าหน้าที่สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน รวมถึงท่านอื่นๆ ที่มีใจเอื้อยื้อได้ทุกท่าน และหน่วยงานต่าง ๆ ที่ได้ให้คำแนะนำและเอื้อเฟื้อข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

และที่ไม่อาจจะไม่กล่าวถึงได้ คือ นายทองใบ โพธิ์สุวรรณ บิดา นางประนอม โพธิ์สุวรรณ มารดา รวมทั้ง พี่สาว พี่ชายของข้าพเจ้า และนางสาวประภัสสริณี สุขอภิญาที่ได้ให้คำแนะนำ การช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

กรตสุวรรณ โพธิ์สุวรรณ

กรกฎาคม 2551

## สารบัญ

|                                                                                                                    | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| สารบัญ                                                                                                             | (1)  |
| สารบัญตาราง                                                                                                        | (2)  |
| สารบัญภาพ                                                                                                          | (5)  |
| คำนำ                                                                                                               | 1    |
| วัตถุประสงค์                                                                                                       | 3    |
| การตรวจเอกสาร                                                                                                      | 4    |
| อุปกรณ์และวิธีการ                                                                                                  | 59   |
| อุปกรณ์                                                                                                            | 59   |
| วิธีการ                                                                                                            | 59   |
| ผลและวิจารณ์                                                                                                       | 70   |
| ผล                                                                                                                 | 70   |
| วิจารณ์                                                                                                            | 148  |
| สรุปและข้อเสนอแนะ                                                                                                  | 156  |
| สรุป                                                                                                               | 156  |
| ข้อเสนอแนะ                                                                                                         | 158  |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง                                                                                               | 160  |
| ภาคผนวก                                                                                                            | 166  |
| ภาคผนวก ก โฉมแผนที่-ความจุของอ่างเก็บน้ำ                                                                           | 167  |
| ภาคผนวก ข ผลการประยุกต์ใช้ GAs ในการจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบ<br>อ่างเก็บน้ำ                                        | 172  |
| ภาคผนวก ค ผลการประยุกต์ใช้ GRG ในการจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบ<br>อ่างเก็บน้ำ                                        | 185  |
| ภาคผนวก ง โปรแกรมบริหารจัดการน้ำ โครงการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ<br>อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี | 193  |
| ภาคผนวก จ โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL                                                                             | 245  |
| ภาคผนวก ฉ รหัส (Source Code) Library BanGA                                                                         | 261  |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน                                                                                        | 324  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |                                                                                                                                           | หน้า |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1        | รายละเอียดของอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งซึ่งเป็นแหล่งน้ำสำคัญของศูนย์ศึกษา<br>การพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี | 4    |
| 2        | พื้นที่เกษตรกรรมและอุปโภคบริโภคของระบบอ่างเก็บน้ำ                                                                                         | 9    |
| 3        | ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและพื้นที่ลุ่มน้ำ                                                                               | 17   |
| 4        | ค่าเฉลี่ยอัตราการใช้น้ำของพลเมืองในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้                                                                              | 20   |
| 5        | อัตราการใช้น้ำสำหรับการอุปโภค-บริโภค                                                                                                      | 21   |
| 6        | ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆ ในช่วงอายุแต่ละสัปดาห์                                                                            | 22   |
| 7        | ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชชนิดต่าง ๆ ในช่วงอายุแต่ละเดือน                                                                             | 23   |
| 8        | ปริมาณการใช้น้ำและระยะเวลาในการเตรียมแปลงของโครงการชลประทานต่างๆ                                                                          | 26   |
| 9        | อัตราการซึมลงในดินของโครงการชลประทานต่างๆ ในประเทศไทย                                                                                     | 28   |
| 10       | อัตราการใช้น้ำเพื่อการค้า อุตสาหกรรม และการเกษตร                                                                                          | 31   |
| 11       | ประสิทธิภาพการส่งน้ำ (Ei) ประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำ (Ec) และ<br>ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea)                                                  | 35   |
| 12       | แสดงผลประโยชน์ที่ได้รับจากการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง<br>GA และแบบจำลองสถานการณ์ในหน่วยล้านบาท                                 | 55   |
| 13       | สถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการประเมินน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ                                                                                  | 60   |
| 14       | ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการเลือก                                                                                     | 70   |
| 15       | ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีวัดน้ำท่า B3A                                                                                                 | 73   |
| 16       | แฟกเตอร์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนข้อมูลน้ำท่า (F)                                                                                               | 75   |
| 17       | ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำต่ำสุด                                                                                                         | 76   |
| 18       | ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยรายเดือน                                                                                                 | 78   |
| 19       | ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือนสูงสุด                                                                                                 | 80   |
| 20       | ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค                                                                                                   | 83   |
| 21       | พื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูฝน                                                                                                                   | 84   |
| 22       | พื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้ง                                                                                                                 | 84   |
| 23       | การใช้น้ำของพืชอ้างอิง: ETo                                                                                                               | 85   |

### สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ |                                                                                           | หน้า |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 24       | สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช                                                               | 85   |
| 25       | ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับการเพาะปลูกพืช                                                  | 87   |
| 26       | ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศท้ายอ่างเก็บน้ำ                                   | 88   |
| 27       | ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับกิจกรรมต่างๆ (อุปโภค-บริโภค เกษตรกรรม และรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ) | 89   |
| 28       | ความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด (Maximum Capacity) ของ Reach                                | 91   |
| 29       | การกำหนดระดับความสำคัญและค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้ของค่า R ในสมการที่ 22                     | 102  |
| 30       | ค่า Penalty Factor หรือค่า R และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม (Execution Time)        | 117  |
| 31       | ปริมาณน้ำที่ท้ายอ่างเก็บน้ำสามารถรองรับได้โดยไม่เกิดปัญหาน้ำท่วม                          | 118  |
| 32       | ปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด                        | 123  |
| 33       | ปริมาณน้ำที่โปรแกรมแนะนำให้ส่งผ่าน Reach ต่างๆ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด        | 124  |
| 34       | ปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย                           | 128  |
| 35       | ปริมาณน้ำที่โปรแกรมแนะนำให้ส่งผ่าน Reach ต่างๆ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย            | 131  |
| 36       | ปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด                         | 135  |
| 37       | ปริมาณน้ำที่โปรแกรมแนะนำให้ส่งผ่าน Reach ต่างๆ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด         | 137  |
| 38       | ปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด                        | 141  |
| 39       | ปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย                            | 144  |
| 40       | ปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด                         | 147  |
| 41       | การเปรียบเทียบผลการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำระหว่างแบบจำลอง GAs และ GRG                 | 148  |
| 42       | ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของ GAs                                  | 157  |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่ | หน้า                                                                               |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| จ1           | อ่างเก็บน้ำ (Dam) 246                                                              |
| จ2           | ข้อมูลอ่างเก็บน้ำรายเดือน 247                                                      |
| จ3           | อัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายเดือน (ETo) 248                                      |
| จ4           | สถานีวัดอัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายเดือน (ETo) 248                              |
| จ5           | ปริมาณน้ำไหลเข้า (Inflow) 248                                                      |
| จ6           | ปริมาณน้ำไหลเข้ารายเดือน (Monthly Inflow) 249                                      |
| จ7           | การตั้งค่าแบบจำลองสำหรับหน้าต่างการจำลองการจัดสรรน้ำ 249                           |
| จ8           | ข้อมูลโหนด (Node) 250                                                              |
| จ9           | ข้อมูลสถานีวัดอัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงของโหนด (Node) 250                        |
| จ10          | ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนของโหนด (Node) 251                                              |
| จ11          | ข้อมูลโหนดรายเดือน 251                                                             |
| จ12          | ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน 252                                                            |
| จ13          | ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน 252                                                         |
| จ14          | ข้อมูลปริมาณฝนรายวัน 252                                                           |
| จ15          | ข้อมูลท่อผันน้ำ คลองส่งน้ำ ลำน้ำธรรมชาติ (Reach) 253                               |
| จ16          | ข้อมูลปริมาณน้ำผ่าน ท่อผันน้ำ คลองส่งน้ำ ลำน้ำธรรมชาติ (Reach) รายวัน 253          |
| จ17          | การตั้งค่าสำหรับแบบจำลอง GAs 254                                                   |
| จ18          | ข้อมูลโหนด (Node) สำหรับการจำลองการจัดสรรน้ำ 255                                   |
| จ19          | ข้อมูล Reach สำหรับการจำลองการจัดสรรน้ำ 255                                        |
| จ20          | ข้อมูลอ่างเก็บน้ำสำหรับการจำลองการจัดสรรน้ำ 256                                    |
| จ21          | ข้อมูลน้ำไหลเข้า (Inflow) สำหรับการจำลองการจัดสรรน้ำ 256                           |
| จ22          | ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน สถานีวัดอัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงสำหรับจำลองการจัดสรรน้ำ 256 |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |                                                                                | หน้า |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      | พื้นที่ศึกษาบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ           | 10   |
| 2      | ตัวอย่างโครโมโซมที่ประกอบด้วยจีน 4 ตัว จีนแต่ละตัวประกอบด้วยตัวเลขไบนารี 3 ตัว | 44   |
| 3      | ตัวอย่างขั้นตอนการแลกเปลี่ยนจีน (Crossover)                                    | 46   |
| 4      | ตัวอย่างการ Mutation                                                           | 47   |
| 5      | ระบบอ่างเก็บน้ำ 4 แห่ง (Four-reservoir Problem)                                | 48   |
| 6      | เมตริกซ์ $n \times n$ ของการเชื่อมต่อกันของอ่างเก็บน้ำ                         | 49   |
| 7      | ระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง                                                  | 51   |
| 8      | โค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำชลประทาน                                              | 54   |
| 9      | โค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำศรีนครินทร์                                           | 54   |
| 10     | ตัวอย่างการออกแบบตารางและสูตรโดยโปรแกรม Microsoft Excel                        | 64   |
| 11     | หน้าต่างเมื่อเริ่มใช้งาน โปรแกรม Premium Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel      | 65   |
| 12     | หน้าต่าง Solver Parameters สำหรับกำหนดค่าให้กับโปรแกรม                         | 66   |
| 13     | หน้าต่างโปรแกรมหลังจากกำหนด Parameter ต่างๆ แล้ว                               | 67   |
| 14     | ตัวอย่างการแปลผลผลการส่งน้ำโดยโปรแกรม Microsoft Excel                          | 68   |
| 15     | ขั้นตอนการวิจัย                                                                | 69   |
| 16     | ที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ             | 71   |
| 17     | ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและขนาดของพื้นที่รับน้ำ              | 72   |
| 18     | ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีวัดน้ำท่า B3A                                      | 74   |
| 19     | ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำต่ำสุด                                              | 77   |
| 20     | ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยรายเดือน                                      | 79   |
| 21     | ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด                                | 81   |
| 22     | ปฏิทินการเพาะปลูกพืช พ.ศ. 2549                                                 | 85   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                                        | หน้า |
|--------|------------------------------------------------------------------------|------|
| 23     | ปริมาณฝนรายเดือนในเขตพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี พ.ศ. 2549                  | 86   |
| 24     | สมมูลน้ำในจุดเชื่อมต่อ (Node)                                          | 93   |
| 25     | ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำบ่อพักน้ำเขากะปุก             | 98   |
| 26     | ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย         | 99   |
| 27     | ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม            | 99   |
| 28     | ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง   | 99   |
| 29     | ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด          | 100  |
| 30     | ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย           | 100  |
| 31     | ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม         | 101  |
| 32     | ขั้นตอนการหาค่า R                                                      | 102  |
| 33     | ระบบอ่างเก็บน้ำต้นแบบเพื่อใช้อธิบายการทำงานพื้นฐานของ GA               | 105  |
| 34     | ขั้นตอนการจำลองการจัดสรรน้ำโดยแบบจำลอง GAs                             | 106  |
| 35     | ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง GAs                                         | 107  |
| 36     | รูปแบบ GAs ที่ใช้ในการวางแผนการจัดสรรน้ำ                               | 108  |
| 37     | การออกแบบ GAs เป็น 2 Population และมี Middle Layer                     | 109  |
| 38     | Chromosome หมายเลข 3 และ 4 ถูกแทนที่โดยหมายเลขที่ 1 และ 2 ตามลำดับ     | 110  |
| 39     | การคัดลอก Chromosome จาก Population 1 ไปยัง Population 2               | 110  |
| 40     | Population ที่ 2 ซึ่งผ่านขั้นตอน Selection                             | 112  |
| 41     | การสลับ Alleles ในขั้นตอน Crossover                                    | 113  |
| 42     | แผนผังแสดงระบบส่งน้ำของเครือข่ายอ่างเก็บน้ำฯ                           | 116  |
| 43     | การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Number of Mutation per Chromosomes    | 119  |
| 44     | การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Probability of Crossover              | 119  |
| 45     | การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Population Size                       | 120  |
| 46     | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในเดือนต่างๆ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด | 120  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                                                                                                                                                               | หน้า |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 47     | ปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ กรณีน้ำน้อยที่สุด                                                                                                                                   | 121  |
| 48     | การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Number of Mutation per Chromosomes                                                                                                                           | 126  |
| 49     | การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Probability of Crossover                                                                                                                                     | 126  |
| 50     | การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Population Size                                                                                                                                              | 127  |
| 51     | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในเดือนต่างๆ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย                                                                                                                            | 127  |
| 52     | ปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ กรณีน้ำเฉลี่ย                                                                                                                                       | 129  |
| 53     | การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Probability of Mutation                                                                                                                                      | 133  |
| 54     | การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Probability of Crossover                                                                                                                                     | 133  |
| 55     | การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Population Size                                                                                                                                              | 133  |
| 56     | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในเดือนต่าง ๆ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสูงสุด                                                                                                                           | 134  |
| 57     | ปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ กรณีน้ำมากที่สุด                                                                                                                                    | 134  |
| 58     | ปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด                                                                                                                 | 140  |
| 59     | ปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย                                                                                                                     | 143  |
| 60     | ปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ กรณีน้ำมากที่สุด                                                                                                                                    | 146  |
| 61     | ผลการเปรียบเทียบปริมาณการขาดแคลนน้ำ ปริมาณการส่งน้ำเกินความต้องการ และผลรวมของปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้งานได้ ในอ่างเก็บน้ำในปลายเดือนธันวาคม ระหว่าง GAs และ GRG                             | 149  |
| 62     | ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณ ความต้องการน้ำและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ ระหว่าง GAs และ GRG | 150  |
| 63     | ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับและปริมาณความต้องการน้ำ                                                                                                                         | 154  |
| 64     | อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ส่งผ่าน Reach R003 และความสามารถในการระบายน้ำสูงสุดของ Reach R003                                                                                                 | 155  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพผนวกที่ | หน้า                                                                                       |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| ก1         | โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ บ่อพักน้ำเขากะปุก 168                                        |
| ก2         | โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย 168                                    |
| ก3         | โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำทุ่งขาม 169                                       |
| ก4         | โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง 169                              |
| ก5         | โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด 170                                     |
| ก6         | โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยทราย 170                                      |
| ก7         | โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม 171                                    |
| ข1         | ปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำเขากะปุกรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด 173               |
| ข2         | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด 173              |
| ข3         | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปดรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ<br>น้อยที่สุด 173        |
| ข4         | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด 174             |
| ข5         | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ<br>น้อยที่สุด 174       |
| ข6         | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด 174           |
| ข7         | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพงรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้า<br>อ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด 175 |
| ข8         | ปริมาณฝน การระเหย และการรั่วซึมของอ่างเก็บน้ำ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ<br>น้อยที่สุด 176  |
| ข9         | ปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำเขากะปุกรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย 177                   |
| ข10        | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย 177                  |
| ข11        | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปดรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย 177                |
| ข12        | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย 178                 |
| ข13        | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย 178               |
| ข14        | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย 178               |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพผนวกที่                                                                                | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ข15 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพงรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้า<br>อ่างเก็บน้ำเฉลี่ย    | 179  |
| ข16 ปริมาณฝน การระเหย และการรั่วซึมของอ่างเก็บน้ำ กรณีน้ำไหลเข้า<br>อ่างเก็บน้ำเฉลี่ย     | 180  |
| ข17 ปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำเขากะปูลรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด               | 181  |
| ข18 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด              | 181  |
| ข19 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตะเปทรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ<br>มากที่สุด        | 181  |
| ข20 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด             | 182  |
| ข21 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ<br>มากที่สุด       | 182  |
| ข22 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด           | 182  |
| ข23 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพงรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้า<br>อ่างเก็บน้ำมากที่สุด | 183  |
| ข24 ปริมาณฝน การระเหย และการรั่วซึมของอ่างเก็บน้ำ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บ<br>น้ำมากที่สุด  | 184  |
| ค1 ปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำเขากะปูลรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด               | 186  |
| ค2 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด              | 186  |
| ค3 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตะเปทรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ<br>น้อยที่สุด        | 186  |
| ค4 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด             | 187  |
| ค5 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ<br>น้อยที่สุด       | 187  |
| ค6 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด           | 187  |
| ค7 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพงรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้า<br>อ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด | 188  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพผนวกที่                                                                                 | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ค8 ปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำเขากะปุกทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย                   | 188  |
| ค9 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขามทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย                  | 188  |
| ค10 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตะเปทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย                | 189  |
| ค11 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย                | 189  |
| ค12 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย              | 189  |
| ค13 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย              | 190  |
| ค14 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพงทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้า<br>อ่างเก็บน้ำเฉลี่ย    | 190  |
| ค15 ปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำเขากะปุกทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด               | 190  |
| ค16 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขามทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด              | 191  |
| ค17 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตะเปทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ<br>มากที่สุด         | 191  |
| ค18 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด             | 191  |
| ค19 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ<br>มากที่สุด       | 192  |
| ค20 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด           | 192  |
| ค21 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพงทรายเดือน กรกฎาคมไหลเข้า<br>อ่างเก็บน้ำมากที่สุด | 192  |
| ง1 การเชื่อมโยงระหว่างโปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ ฐานข้อมูล MySQL และ<br>Library BanGA.dll     | 194  |
| ง2 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ                                                 | 196  |
| ง3 หน้าต่างหลักของโปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ                                                  | 197  |
| ง4 หน้าต่างข้อมูลรายละเอียดอ่างเก็บน้ำ                                                     | 198  |
| ง5 หน้าต่างโค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ                                                   | 198  |
| ง6 หน้าต่างสถานีวัดน้ำฝน                                                                   | 199  |
| ง7 หน้าต่างสถานีวัดอัตราการระเหย                                                           | 200  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพผนวกที่ |                                                     | หน้า |
|------------|-----------------------------------------------------|------|
| ง8         | หน้าต่างข้อมูล Reach                                | 200  |
| ง9         | หน้าต่างรายละเอียดจุดเชื่อมต่อ (Node)               | 201  |
| ง10        | หน้าต่างรายละเอียด External Inflow                  | 202  |
| ง11        | หน้าต่างข้อมูลรายวันของอ่างเก็บน้ำ                  | 203  |
| ง12        | หน้าต่างปริมาณน้ำฝนรายวัน                           | 203  |
| ง13        | หน้าต่างติดตามสถานการณ์น้ำ                          | 204  |
| ง14        | หน้าต่างแสดงแผนที่                                  | 205  |
| ง15        | หน้าต่างข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน                      | 205  |
| ง16        | หน้าต่างข้อมูลอัตราการระเหยรายเดือน                 | 206  |
| ง17        | หน้าต่าง External Inflow รายเดือน                   | 206  |
| ง18        | หน้าต่างความต้องการน้ำรายเดือน                      | 207  |
| ง19        | หน้าต่างความจุเริ่มต้นของอ่างเก็บน้ำ                | 208  |
| ง20        | หน้าต่างข้อมูลอ่างเก็บน้ำรายเดือน                   | 208  |
| ง21        | หน้าต่างจำลองการจัดสรรน้ำ                           | 210  |
| ง22        | ตัวอย่างการแปลงผลลัพธ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel | 244  |

**การประยุกต์พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ในการบริหารจัดการน้ำในระบบอ่างเก็บน้ำ:  
กรณีศึกษาศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอสะอ้อ  
จังหวัดเพชรบุรี**

**Application of Genetic Algorithms for Multiple Reservoirs Operation:  
Case Study of Huay Sai Royal Development Study Center, Cha-Am District,  
Phetchaburi Province.**

**คำนำ**

พื้นที่ในบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอสะอ้อ จังหวัดเพชรบุรี มีระบบอ่างเก็บน้ำซึ่งเป็นแหล่งน้ำสำคัญ ได้แก่อ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม อ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย อ่างเก็บน้ำทุ่งขาม อ่างเก็บน้ำห้วยตะเป็ด อ่างเก็บน้ำห้วยทราย (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทราย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ) อ่างเก็บน้ำห้วยทรายหุบกะพง และบ่อพักน้ำเขากะปุก มักจะประสบปัญหาภัยแล้งและขาดแคลนน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง ถึงแม้ว่าในพื้นที่ดังกล่าวจะมีอ่างเก็บน้ำกระจายอยู่หลายแห่งด้วยกัน แต่ปริมาณน้ำยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชาชนในพื้นที่ทั้งด้านเกษตรกรรมและอุปโภค-บริโภค มีเพียงอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม และอ่างเก็บน้ำทุ่งขามซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำหลักและมีโอกาสที่จะมีปริมาณน้ำเพียงพอที่จะใช้ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำและมีปริมาณน้ำที่เหลือส่วนหนึ่งผันน้ำไปยังอ่างเก็บน้ำห้วยทรายเพื่อช่วยเสริมปริมาณน้ำให้กับพื้นที่ที่ขาดแคลน แต่ในบางปีหากปริมาณฝนน้อยจะทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำในระบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ ส่งผลให้ไม่สามารถผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำหลักไปช่วยเหลือพื้นที่บริเวณอ่างเก็บน้ำอื่นๆ ได้อย่างเพียงพอ

ถึงแม้ว่าระบบเครือข่ายอ่างเก็บน้ำจะมีระบบผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำหลักไปสู่อ่างเก็บน้ำอื่นๆ ก็ตามแต่เนื่องจากขนาดท่อผันน้ำมีขนาดเล็ก ผันน้ำได้เพียง 0.16 ถึง 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ส่งผลให้การผันน้ำใช้เวลานาน การจัดการระบบอ่างเก็บน้ำจะต้องคำนึงถึงน้ำต้นทุนของอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่ง ความต้องการน้ำของอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่ง ทั้งด้านของปริมาณและเวลา ทั้งนี้เพื่อจะได้วางแผนในการจัดสรรน้ำ ตลอดจนวางแผนในการผันน้ำเพื่อช่วยเหลืออ่างเก็บน้ำแห่งอื่นๆ ต่อไป นอกจากนี้การมีระบบผันน้ำยังอาจก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งในการใช้น้ำระหว่างผู้ใช้น้ำจาก

อ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานะที่เกิดการขาดแคลนน้ำ ดังนั้นจึงควรมีการวางแผนแนวทางที่เหมาะสมในการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งอย่างเป็นธรรม เกิดประโยชน์สูงสุด อันจะส่งผลให้การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพและลดข้อขัดแย้ง

ปัญหาสำคัญในการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำนอกเหนือจากกำหนดเกณฑ์การใช้น้ำ คือ การคาดการณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณความต้องการน้ำที่ใช้ในกิจกรรมการใช้น้ำ ได้แก่ เกษตรกรรม อุปโภค-บริโภค รักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ อุตสาหกรรมและอื่นๆ ปริมาณการสูญเสียจากอ่างเก็บน้ำ ระบบส่งน้ำ ตลอดจนการสูญเสียในพื้นที่ใช้น้ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการรวบรวมข้อมูลสถิติต่างๆ ได้แก่ ปริมาณฝน อัตราการระเหย ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ การใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรม อุปโภค-บริโภค การผันน้ำ ใ้คงพื้นที่-ความจุอ่าง และอื่นๆ เพื่อใช้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำต้นทุนและความต้องการน้ำของอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งให้มีความถูกต้อง เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำมีความเหมาะสม การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยประยุกต์ใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ในการวางแผนจัดการน้ำรายเดือนจากระบบอ่างเก็บน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อเป็นแนวทางให้กับโครงการชลประทานเพชรบุรีและกรมชลประทาน ในการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำต่อไป

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อปรับปรุงโปรแกรมการบริหารจัดการน้ำโครงการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ ให้สามารถจำลอง (Simulation) การวางแผนการจัดสรรน้ำรายเดือนจากระบบอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่ง (Multiple Reservoirs Operation) กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด โดยใช้เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization)
2. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GAs) ในโปรแกรมการบริหารจัดการน้ำโครงการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดบุรีรัมย์
3. เปรียบเทียบแบบจำลองพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GAs) กับแบบจำลองอื่นๆ ในการจำลองการวางแผนจัดสรรน้ำรายเดือน

## การตรวจเอกสาร

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอสะอ่าว จังหวัดเพชรบุรี

### ลักษณะทั่วไปของโครงการ

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตั้งอยู่ในเขตพระราชานิเวศมฤคทายวัน ตำบลสามพระยา อำเภอสะอ่าว จังหวัดเพชรบุรี ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายฯ มีอ่างเก็บน้ำกระจายอยู่หลายแห่ง ประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำจำนวน 6 แห่งและบ่อพักน้ำจำนวน 1 แห่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม อ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย อ่างเก็บน้ำทุ่งขาม อ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด บ่อพักน้ำเขากะปุก อ่างเก็บน้ำห้วยทราย (ศูนย์ห้วยทราย) และอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง (ศูนย์หุบกะพง) รายละเอียดของอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งแสดงดังตารางที่ 1 โดยอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งอยู่ในพื้นที่อำเภอสะอ่าว จังหวัดเพชรบุรี มีเพียงอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามที่อยู่ในพื้นที่ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปัจจุบันอยู่ในความรับผิดชอบของโครงการชลประทานเพชรบุรี สำนักชลประทานที่ 14 กรมชลประทาน โดยอ่างเก็บน้ำทั้ง 7 แห่งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำประจักษ์ 2 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำเพชรบุรี และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก

**ตารางที่ 1** รายละเอียดของอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งซึ่งเป็นแหล่งน้ำสำคัญของศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอสะอ่าว จังหวัดเพชรบุรี

| ชื่ออ่างเก็บน้ำ   | พื้นที่รับน้ำ<br>(ตร.กม.) | ความจุเก็บกัก<br>(ล้าน ลบ.ม.) | ความจุต่ำสุด<br>(ล้าน ลบ.ม.) | พื้นที่ชลประทาน<br>(ไร่) |
|-------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| บ่อพักน้ำเขากะปุก | 0.00                      | 0.312                         | 0.005                        | 0                        |
| ทุ่งขาม           | 50.00                     | 8.000                         | 0.610                        | 8,000                    |
| ห้วยตะแปด         | 10.00                     | 4.000                         | 0.130                        | 5,370                    |
| ห้วยทราย          | 4.00                      | 1.950                         | 0.040                        | 3,500                    |
| ห้วยไทรงาม        | 88.00                     | 9.500                         | 0.900                        | 5,600                    |
| ห้วยไม้ตาย        | 20.00                     | 3.700                         | 0.300                        | 1,100                    |
| ห้วยทราย-หุบกะพง  | 5.00                      | 0.800                         | 0.005                        | 300                      |

ที่มา : โครงการชลประทานเพชรบุรี (2548)

## ประวัติการพัฒนาพื้นที่โครงการ

เมื่อวันที่ 30 มิถุนายน 2532 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทานพระราชดำริเกี่ยวกับการจัดหาความช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกในเขตอำเภอหัวหิน ณ พระราชวังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งในปัจจุบันราษฎรต้องประสบกับปัญหาความแห้งแล้งและขาดแคลนน้ำอยู่โดยทั่วไป อ่างเก็บน้ำจำนวนมากที่สร้างไว้มีขนาดเล็ก สำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดความจุอ่างเก็บน้ำมากกว่าการใช้ในในพื้นที่อ่างเก็บน้ำและมีปริมาณน้ำมากกว่าความต้องการใช้น้ำมีเพียงอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปดและอ่างเก็บน้ำทุ่งขามเท่านั้น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทานพระราชดำริให้ก่อสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดความจุมากๆ ตามท้องที่ต่างๆ ที่เหมาะสม อาทิ ในเขตตำบลหนองพลับซึ่งมีโครงการพัฒนาที่ดินหนองพลับอันเนื่องมาจากพระราชดำริที่ขาดแคลนน้ำมากในเวลาฝนแล้งและต่อมาในวันที่ 24 กรกฎาคม 2535 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้มีพระราชดำริเพิ่มเติมให้กรมชลประทานจัดหาเงินจากอ่างเก็บน้ำที่มีศักยภาพดีกว่ามาช่วยเพิ่มศักยภาพของอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปดต่อไป (โครงการชลประทานเพชรบุรี, 2548)

เมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2535 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเสด็จพระราชดำเนินไปทรงปลูกหญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ ณ พื้นที่ส่งน้ำหมู่บ้านชาวไทยมุสลิมด้านท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยทรายใต้พระราชทานพระราชดำรินี้ (โครงการชลประทานเพชรบุรี, 2548)

1. สมควรพิจารณาความเหมาะสมในการผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปดผ่านสันทำนบของอ่างพักน้ำเขากระปุกลงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายซึ่งปัจจุบันมีสภาพขาดแคลนน้ำมาก เพื่อให้สามารถส่งน้ำช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกของอ่างเก็บน้ำห้วยทรายและบริเวณใกล้เคียงได้ตามวัตถุประสงค์โครงการ

2. ควรพิจารณาวางโครงการและก่อสร้างอ่างเก็บน้ำในลำน้ำสาขาของกลุ่มน้ำห้วยตะแปดเพื่อเป็นแหล่งเก็บกักน้ำเสริมให้อ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด

3. ควรเร่งพิจารณาวางโครงการและก่อสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย ส่วนพื้นที่ตอนบนของอ่างเก็บน้ำควรพิจารณาก่อสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กกระจายในบริเวณต่างๆ ตามความเหมาะสม

เมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2535 ณ พระราชวังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้พระราชทานพระราชดำริให้กรมชลประทานพิจารณาวางโครงการและก่อสร้างระบบผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำหรือแหล่งน้ำที่มีศักยภาพที่ดีและมีความเหมาะสมไปลงอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด ซึ่งมีน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำในแต่ละปีไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ทำการเกษตรและอุปโภค-บริโภคของราษฎรในบริเวณโครงการฯ (โครงการชลประทานเพชรบุรี, 2548)

เมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2539 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวพระราชดำริทอดพระเนตรศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้พระราชทานพระราชดำริกับนายสุเมธ ตันติเวชกุล เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ นายรุ่งเรือง จุลชาติ อธิบดีกรมชลประทาน และนายสุพจน์ รุจิรกุล ผู้อำนวยการสำนักงานกิจกรรมพิเศษให้เร่งรัดก่อสร้างโครงการระบบท่อผันน้ำอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม-อ่างเก็บน้ำห้วยตะแปดตามพระราชดำริดังกล่าวข้างต้นและผู้บริหารระดับสูงของกรมชลประทาน ได้สั่งการให้โครงการชลประทานเพชรบุรีดำเนินการดังนี้ (โครงการชลประทานเพชรบุรี, 2548)

1. วางโครงการผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม-อ่างเก็บน้ำห้วยตะแปดพร้อมช่วยเหลือราษฎรตามแนวที่ท่อผันน้ำผ่าน
2. วางท่อโครงการท่อผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด-อ่างเก็บน้ำห้วยทรายในบริเวณศูนย์สถิติสหกรณ์หุบกะพง
3. วางโครงการผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม-อ่างเก็บน้ำทุ่งขาม พร้อมมีวาล์วปิด-เปิด ลงอ่างเก็บน้ำห้วยไผ่ตาย

#### การดำเนินงานสนองพระราชดำริ

ในปี พ.ศ. 2536 โครงการชลประทานเพชรบุรี ได้รับอนุมัติจากกรมชลประทานให้ก่อสร้างระบบท่อผันน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด-อ่างเก็บน้ำห้วยทราย เป็นท่อซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 600 มิลลิเมตร ความยาว 7.200 กิโลเมตร พร้อมอาคารประกอบ โดยรับน้ำจากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวาของอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปดที่ กม. 2+440 บริเวณใกล้สันทำนบอ้อมพักน้ำเขากะปุก สามารถผันน้ำเมื่ออ่างเก็บน้ำห้วยทรายขาดแคลนน้ำได้วันละ 160 ลิตร ประโยชน์ที่ได้จากการก่อสร้างระบบผันน้ำดังกล่าว ช่วยให้ราษฎรหมู่บ้านชาวไทยมุสลิมและบริเวณ

ใกล้เคียงมีน้ำใช้ทำการเกษตร เนื้อที่ประมาณ 1,200 ไร่ รวมทั้งมีน้ำใช้เพื่อการอุปโภค-บริโภคได้ตลอดปี การก่อสร้างเสร็จเมื่อ พ.ศ. 2536 (โครงการชลประทานเพชรบุรี, 2548)

ในปี พ.ศ. 2540 กรมชลประทานได้อนุมัติให้โครงการชลประทานเพชรบุรีดำเนินการก่อสร้างระบบผันน้ำอ่างเก็บน้ำทุ่งขามไปยังอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปดพร้อมอาคารประกอบ โดยวางท่อผันน้ำเชื่อมต่อจากท่อส่งน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำทุ่งขามเลียบตามคลองส่งน้ำและถนนบ้านทุ่งขาม-บ้านทุ่งหลวง ผ่านสนามกอล์ฟเลควิลลงอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด ความยาว 18.622 กิโลเมตร แยกเป็นท่อ AC ยาว 12.000 กิโลเมตร และท่อ HDPE (High Density Poly Ethylene) ยาว 6.220 กิโลเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อผันน้ำ 500 มิลลิเมตร สามารถผันน้ำได้วันละ 200 ลิตร หรือประมาณวันละ 17,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประมาณ 8,870 ไร่ และสามารถช่วยให้ราษฎรหมู่บ้านต่างๆ ที่แนวท่อผันน้ำผ่านในเขตตำบลไร่ไหมพัฒนา ตำบลห้วยทรายเหนือ และตำบลสามพระยา ประมาณ 150 ครัวเรือน มีน้ำใช้อุปโภค-บริโภค ตลอดปี และมีน้ำใช้เพื่อการเกษตรกรรมเนื้อที่ประมาณ 2,000 ไร่ (โครงการชลประทานเพชรบุรี, 2548)

วันที่ 24 กรกฎาคม 2535 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงพระราชดำริเพิ่มเติมให้กรมชลประทานจัดหาเงินจากอ่างเก็บน้ำที่มีศักยภาพดีกว่ามาช่วยเหลืออ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด และเมื่อวันพฤหัสบดีที่ 27 ธันวาคม 2545 ฯพณฯ องคมนตรี สวัสดิ์ วัฒนายากร, ฯพณฯ องคมนตรี พลเอก สุวรนันท์, เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริและอธิบดีกรมชลประทานพร้อมคณะได้เดินทางมาติดตามความก้าวหน้าโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งได้ก่อสร้างแล้วเสร็จและเริ่มเก็บกักน้ำแล้ว จึงได้เร่งรัดให้วางแผนก่อสร้างระบบท่อส่งน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม ซึ่งต้องใช้งบประมาณมาก และใช้งบประมาณในปี 2547 เป็นต้นไป จะส่งน้ำให้แก่อ่างเก็บน้ำทุ่งขามและอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปดเพื่อกระจายน้ำลงสู่พื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริต่อไป (โครงการชลประทานเพชรบุรี, 2548)

กรมชลประทานได้พิจารณาว่าโครงการสำรวจและออกแบบระบบท่อส่งน้ำเพื่อผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สู่อ่างเก็บน้ำห้วยไผ่ตาย ซึ่งเชื่อมต่อกับอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ความยาวรวมประมาณ 9.079 กิโลเมตร ซึ่งมีระบบส่งน้ำเชื่อมต่อถึงอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด อ่างเก็บน้ำห้วยทราย และอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ได้ต่อไป (โครงการชลประทานเพชรบุรี, 2548)

## ปัญหาและอุปสรรค

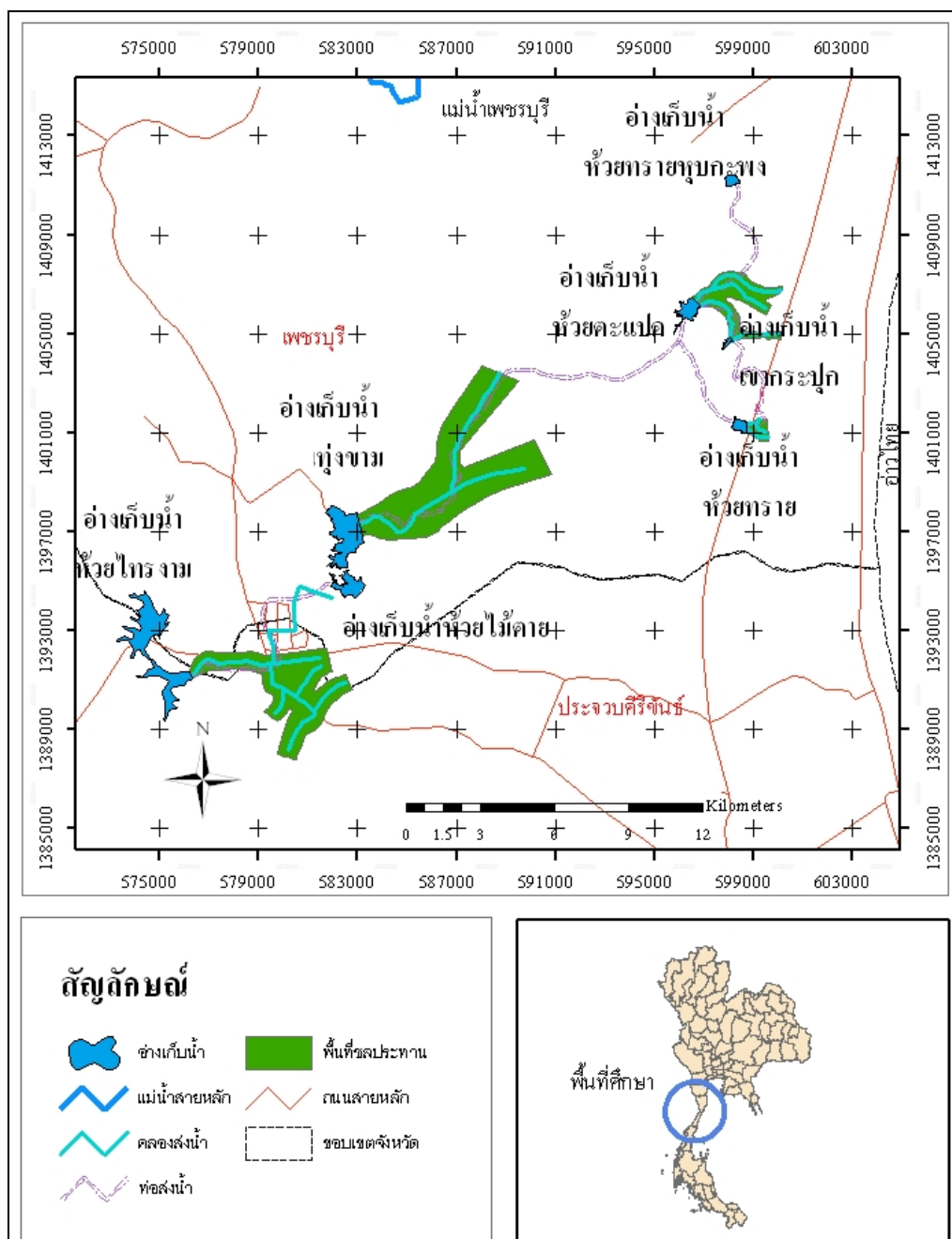
เนื่องจากพื้นที่ของระบบอ่างเก็บน้ำส่วนใหญ่มีสภาพค่อนข้างแห้งแล้งและประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง มีเพียงอ่างเก็บน้ำทุ่งขามและอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำที่มีโอกาสน้ำล้นอ่างและสามารถผันน้ำไปช่วยอ่างเก็บน้ำแห่งอื่นๆ ได้โดยผ่านระบบผันน้ำ แต่อย่างไรก็ตามในปีฝนแล้งดังเช่น ปี พ.ศ. 2545 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม มีน้อย ส่งผลให้ไม่สามารถผันน้ำไปช่วยเหลืออ่างเก็บน้ำอื่นๆ ได้ โดยอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งจะต้องส่งน้ำให้กับพื้นที่เกษตรกรรมและการอุปโภค-บริโภคดังตารางที่ 2

พื้นที่ศึกษาประกอบด้วยศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ และอ่างเก็บน้ำสำคัญที่เป็นแหล่งน้ำให้กับศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบุรี แสดงดังภาพที่ 1

ตารางที่ 2 พื้นที่เกษตรกรรมและอุปโภคบริโภคของระบบอ่างเก็บน้ำ

| ลำดับ | อ่างเก็บน้ำ                                       | พื้นที่เพาะปลูก<br>(ไร่) | จำนวนครัวเรือน<br>(ครัวเรือน) | พื้นที่โครงการ<br>อันเนื่องมาจากพระราชดำริ                                                                      |
|-------|---------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | อ่างเก็บน้ำห้วย<br>ไทรงาม                         | 9,000                    | 1,618                         | โครงการพัฒนาที่ดิน<br>หนองพลับตามพระราช<br>ประสงค์ ตำบลหนองพลับ<br>อำเภอหัวหิน จังหวัด<br>ประจวบคีรีขันธ์       |
| 2     | อ่างเก็บน้ำทุ่งขาม                                | 12,000                   | 1,422                         | -                                                                                                               |
| 3     | อ่างเก็บน้ำห้วย<br>ตะแปดและบ่อ<br>พักน้ำเขากระปุก | 4,800                    | 168                           | โครงการศูนย์ศึกษาการ<br>พัฒนาห้วยทรายอัน<br>เนื่องมาจากพระราชดำริ<br>ตำบลสามพระยา อำเภอ<br>ชะอำ จังหวัดเพชรบุรี |
| 4     | อ่างเก็บน้ำห้วย<br>ทราย<br>(ศูนย์ห้วยทราย)        | 2,500                    | 123                           | โครงการศูนย์ศึกษาการ<br>พัฒนาห้วยทรายอัน<br>เนื่องมาจากพระราชดำริ<br>ตำบลสามพระยา อำเภอ<br>ชะอำ จังหวัดเพชรบุรี |
| 5     | อ่างเก็บน้ำห้วย<br>ทราย<br>(ศูนย์หุบกะพง)         | 1,200                    | 176                           | โครงการพัฒนาที่ดินตาม<br>พระราชประสงค์หุบกะพง<br>ตำบลเขาใหญ่ อำเภอชะอำ<br>จังหวัดเพชรบุรี                       |

ที่มา: โครงการชลประทานเพชรบุรี (2548)



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ  
ที่มา: สร้างภาพแผนที่โดยใช้ข้อมูลจาก กัมปนาท และคณะ (2549)

## การจัดการทรัพยากรน้ำ

วรารุช (2538) ให้คำจำกัดความของการจัดการน้ำ หมายถึง ความพยายามที่จะนำน้ำจากแหล่งน้ำไปทำการเพาะปลูกโดยอาศัยหลักการจัดการทั่วไป ซึ่งประกอบด้วย การวางแผน การปฏิบัติงาน การติดตามผล การประเมินผลและการวิเคราะห์ปรับปรุงแผนงาน เพื่อให้การใช้น้ำเกิดประโยชน์สูงสุดตามวัตถุประสงค์ของโครงการชลประทานที่วางไว้ โดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เกิดความขัดแย้งน้อยที่สุดและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด องค์ประกอบสำคัญในการจัดการน้ำ คือ

1. น้ำต้นทุน ปริมาณและความเชื่อถือได้
2. ความต้องการน้ำ ปริมาณและเวลาที่ต้องการ
3. ระบบส่งน้ำ จัดความสามารถและประสิทธิภาพในการส่งน้ำ
4. บุคลากร ซึ่งหมายถึงเจ้าหน้าที่ ฝ่ายวางแผน ฝ่ายปฏิบัติงาน ฝ่ายติดตามผล กลุ่มผู้ใช้น้ำ

และตัวเกษตรกร

บัญชา (2542) กล่าวว่า การจัดการเรื่องน้ำมีความสำคัญมากในปัจจุบัน เพราะการกระจายของน้ำตามธรรมชาติมีความไม่เหมาะสม โดยบางช่วงมีน้ำมากเกินไป บางช่วงมีน้ำน้อยเกินไป นอกจากนี้คุณภาพของน้ำมีความไม่เหมาะสมเนื่องจากน้ำเสียจากแหล่งน้ำต่างๆ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการเรื่องน้ำ เพื่อให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่เหมาะสมกับความต้องการน้ำ โดยภาพรวมการจัดการเรื่องน้ำในปัจจุบันอาจหมายถึงกระบวนการต่างๆ ที่นำมาใช้เพื่อควบคุมระบบธรรมชาติและระบบแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น สำหรับสาเหตุที่ทำให้ต้องมีการจัดการน้ำก็เพื่อที่จะได้กระจายน้ำทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ อีกประการหนึ่งคือความซับซ้อนของระบบ ซึ่งมีประโยชน์ต่อมนุษย์ พืช สัตว์ สิ่งแวดล้อม และวัตถุประสงค์ซึ่งอาจแก้ไขโดยความร่วมมือ การประสานงาน และการติดต่อ

## การจัดการอ่างเก็บน้ำ

### แนวคิดของการจัดการอ่างเก็บน้ำ

การศึกษาและวิจัยในงานของการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำได้ดำเนินการมามากกว่า 50 ปี และปัจจุบันยังมีการดำเนินการต่อไป เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และยังมีการเปลี่ยนแปลงอย่างอื่นอีกจากธรรมชาติและมนุษย์ โดยพิจารณาจากความถี่และขนาดของการ

เกิดน้ำท่วมและการขาดน้ำในแต่ละปี กฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำในปัจจุบันก็ต้องมีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน นั่นคือ จำเป็นต้องพิจารณาถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กันทั้งหมดในระบบอ่างเก็บน้ำ ซึ่งเป็นแนวความคิดของการจัดการแบบบูรณาการ ซึ่งจะมุ่งเน้นถึงความเท่าเทียมในการให้บริการ การได้รับประโยชน์จากการใช้น้ำ โดยที่การใช้น้ำจะต้องมีความเหมาะสมในปริมาณ เวลา สถานที่ เพื่อให้เกิดความมีประสิทธิภาพสูงสุดและเกิดความยั่งยืนต่อระบบนิเวศเป็นสำคัญ (ทองเปลว, 2548)

### ข้อมูลสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำ

บางทีข้อมูลที่บันทึกไว้ในอดีตอาจจะเพียงพอที่จะกำหนดกฎเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำได้ดีและสมเหตุผล แต่แนวทางการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำยังต้องพิจารณาปัจจัยที่อิทธิพลต่อความสามารถของอ่างเก็บน้ำในการที่จะเก็บน้ำหรือระบายน้ำในสถานะปัจจุบันรวมถึงคาดการณ์ในอนาคตด้วย เช่น สถานะของอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลา ความต้องการใช้น้ำ ปริมาณน้ำที่จะเข้าอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลที่สำคัญสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำ ดังนี้ (ทองเปลว, 2548)

1. ลักษณะทางกายภาพและคุณลักษณะของอ่างเก็บน้ำ เช่น การเชื่อมต่อของระบบอ่างเก็บน้ำเป็นแบบขนาน หรือ อนุกรม ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักต่ำสุด ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักปกติ ปริมาณน้ำที่ระดับสูงสุด ระยะฟรีบอร์ด ระดับสันเขื่อน โค้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ-ระดับน้ำ
2. ลักษณะทางกายภาพและชลศาสตร์ของอาคารประกอบ เช่น ระดับสันทางระบายน้ำ ล้นลูกเขิน อัตราการระบายน้ำสูงสุดของทางระบายน้ำล้นลูกเขิน ทางระบายน้ำลงลำน้ำเดิม อัตราการระบายน้ำสูงสุดลงลำน้ำเดิม อาคารส่งน้ำ อัตราการระบายน้ำสูงสุดของอาคารส่งน้ำ ความจุของคลองส่งน้ำสายใหญ่ อาคารควบคุมและบังคับน้ำปากคลองสายใหญ่
3. พื้นที่โครงการทั้งหมด และพื้นที่ชลประทาน
4. กิจกรรมใช้น้ำและปริมาณความต้องการใช้น้ำ เช่น การเกษตร การอุปโภค-บริโภค การอุตสาหกรรม การคมนาคมทางน้ำ การประมง การรักษาระบบนิเวศ สิทธิการใช้น้ำด้านท้ายลุ่มน้ำ เป็นต้น ตลอดจนกลุ่มและองค์กรผู้ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ

5. ข้อมูลทางอุตุนิยมิวิทยา อุทกวิทยา เช่น ปริมาณฝน การระเหย ปริมาณน้ำท่า พื้นที่ลุ่มน้ำ ลักษณะลุ่มน้ำ พื้นที่รับน้ำฝน ปริมาณตะกอน การรั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำ

6. กฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

7. ความจุของลำน้ำเดิม ตลอดจนคุณลักษณะของอาคารในลำน้ำเดิม

8. ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเหนือพื้นที่ลุ่มน้ำ ลักษณะทางธรณีวิทยา

9. ปริมาตรและช่วงเวลาการผันน้ำเข้ามาในพื้นที่รับประโยชน์จากอ่างเก็บน้ำจากทั้งที่ผันน้ำเข้าอ่างเก็บน้ำโดยตรง หรือผันมาใช้ในกิจกรรมใดๆ จากการสูบน้ำหรือจากการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ด้านเหนือ

### หลักสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

วรารุช (2538) กล่าวว่าอ่างเก็บน้ำทำหน้าที่กักเก็บน้ำในยามที่ปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามากกว่าความต้องการ เพื่อให้มีน้ำเพียงพอสำหรับส่งให้กับความต้องการต่างๆ ในช่วงเวลาที่ขาดแคลน การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างประจำเดือนจะทำได้โดยการวิเคราะห์สมดุลของน้ำ (Water Balance) ในอ่างประจำเดือน หลักการสมดุลของน้ำในอ่างกล่าวว่า ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างลบด้วยปริมาณน้ำที่ไหลออกจากอ่างทั้งหมดจะเท่ากับปริมาณน้ำในอ่างที่เปลี่ยนไป สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ไหลเข้า ปริมาณน้ำที่ไหลออก และปริมาณน้ำในอ่างในแต่ละเดือนได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณน้ำในอ่างเมื่อสิ้นเดือน} &= \text{ปริมาณน้ำในอ่างเมื่อต้นเดือน} \\ &+ \text{ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างในเดือนนั้น} \\ &- \text{ปริมาณความต้องการน้ำจากอ่างเพื่อ} \\ &\quad \text{วัตถุประสงค์ต่างๆ} \\ &- \text{ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำในอ่างในเดือนนั้น} \\ &- \text{ปริมาณการรั่วซึมจากตัวอ่างในเดือนนั้น} \end{aligned}$$

อดุลย์ (2538) กล่าวว่า ถ้าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นเดือนที่คำนวณได้มากกว่าปริมาณเก็บกักสูงสุด จะถือว่ามีการไหลล้นอ่างเก็บน้ำในเดือนนั้น และปริมาณน้ำที่ไหลล้นอ่างเก็บน้ำจะเท่ากับปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นเดือนลบด้วยปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุด และปริมาณน้ำเก็บกักสำหรับเดือนต่อไปจะเท่ากับปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุด ในทางกลับกันถ้าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นเดือนที่คำนวณได้น้อยกว่าปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุดจะถือว่ามีการขาดน้ำในเดือนนั้น ปริมาณน้ำที่ส่งออกจากอ่างเก็บน้ำจะน้อยกว่าปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมดจากอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ขาดไปจะเท่ากับปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุดลบด้วยปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อสิ้นเดือน ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำสำหรับต้นเดือนถัดไปจะเท่ากับปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุด

ทองเปลว (2548) ในการทำสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำจะมี 2 กรณีคือ ในกรณีที่เกิดสภาวะสมดุล นั่นคือ ปริมาณน้ำเข้าและออกอ่างเก็บน้ำเท่ากัน จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ในกรณีที่เกิดสภาวะไม่สมดุล คือ ปริมาณน้ำเข้าและออกจากอ่างเก็บน้ำไม่เท่ากันจะมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ 2 สถานะคือ สถานะที่ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณน้ำเข้ามากกว่าปริมาณน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำและสถานะที่ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำเข้าน้อยกว่าปริมาณน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำและมีสูตรคำนวณดังสมการที่ 1

$$S_{t+1} = S_t + I_t + P_t + R_t - r_t + PM_t - E_t - SE_t - SP_t - O_t \quad \text{--- (1)}$$

|        |           |              |                                                                                  |
|--------|-----------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| โดยที่ | $S_{t+1}$ | คือ          | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อปลายเวลา t (ลบ.ม.)                                    |
|        | $S_t$     | คือ          | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อต้นเวลา t (ลบ.ม.)                                     |
|        | $I_t$     | คือ          | ปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา t (ลบ.ม.)                   |
|        | $P_t$     | คือ          | ปริมาณฝนที่ตกลงในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา t (ลบ.ม.)                                 |
|        |           | มีค่าเท่ากับ | $\frac{P_t}{1,000} \left[ \frac{A_{t+1} + A_t}{2} \right]$                       |
|        | $A_t$     | คือ          | พื้นที่ผิวน้ำเมื่อต้นเวลา t (ตร.ม.)                                              |
|        | $A_{t+1}$ | คือ          | พื้นที่ผิวน้ำเมื่อปลายเวลา t (ตร.ม.)                                             |
|        | $P_t$     | คือ          | ปริมาณฝนของสถานีที่ใช้ในการคำนวณปริมาณฝนตกลงอ่างเก็บน้ำ (มม.)                    |
|        | $R_t$     | คือ          | ปริมาณน้ำเข้าอ่างเก็บน้ำจากอ่างเก็บน้ำด้านเหนือในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา t (ลบ.ม.) |
|        | $r_t$     | คือ          | ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา t (ลบ.ม.)                           |

|        |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $PM_t$ | คือ | ปริมาณน้ำจากการสูบน้ำเข้ามาในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา $t$ (ลบ.ม.)<br>มีค่าเท่ากับ $Q \times T \times$ ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ                                                                                                                                                                                   |
| $Q$    | คือ | อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม.ต่อวินาที)                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| $T$    | คือ | ระยะเวลาการสูบน้ำ (วินาที)                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| $E_t$  | คือ | ปริมาณน้ำจากการระเหยจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา $t$ (ลบ.ม.)<br>มีค่าเท่ากับ $\frac{e_t}{1,000} \left[ \frac{A_{t+1} + A_t}{2} \right]$                                                                                                                                                                              |
| $e_t$  | คือ | อัตราการระเหยของน้ำในช่วงเวลา $t$ (มม.)                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| $SE_t$ | คือ | ปริมาณน้ำที่รั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา $t$ (ลบ.ม.)<br>มีค่าเท่ากับ $\left[ \frac{S_{t+1} + S_t}{2} \right] \times 0.1$ รายปี<br>มีค่าเท่ากับ $\left[ \frac{S_{t+1} + S_t}{2} \right] \times \frac{0.1}{12}$ รายเดือน<br>มีค่าเท่ากับ $\left[ \frac{S_{t+1} + S_t}{2} \right] \times \frac{0.1}{365}$ รายวัน |
| $SP_t$ | คือ | ปริมาณน้ำที่ไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา $t$ (ลบ.ม.)<br>มีค่าเท่ากับ $(C_d LH^{3/2})T$ กรณีเป็นฝาย                                                                                                                                                                                                             |
| $C_d$  | คือ | สัมประสิทธิ์ของการไหล                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| $L$    | คือ | ความยาวของสันฝาย (เมตร)                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| $H$    | คือ | ความสูงของน้ำเหนือสันฝาย (เมตร)                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| $T$    | คือ | ระยะเวลาที่น้ำไหลล้น (วินาที)                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| $O_t$  | คือ | ปริมาณน้ำที่ส่งออกจากอ่างเก็บน้ำสำหรับผู้ใช้น้ำในช่วงเวลา $t$ (ลบ.ม.)                                                                                                                                                                                                                                            |
| $t$    | คือ | ช่วงเวลาที่พิจารณา เช่น วัน เดือน หรือปี                                                                                                                                                                                                                                                                         |

วรารุช (2538) กล่าวว่า การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำประกอบไปด้วย การประเมินปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง ปริมาณความต้องการน้ำจากอ่างทั้งหมด การสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยและการรั่วซึม แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งและที่เหลืออยู่ในอ่าง จากปริมาณน้ำที่มีอยู่เมื่อต้นเดือนตามหลักสมดุลของน้ำ การคำนวณสมดุลของน้ำประจำเดือนจะทำต่อเนื่องกันไปตลอดระยะเวลาที่ใช้ในการวางแผนซึ่งปกติจะเป็น 1 ปี

## ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

วรารุช และ บัญชา (2540) กล่าวว่า ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสำหรับจุดที่ตั้งอาคารแหล่งน้ำที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่วมนั้น จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีต่างๆ ที่ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียง และนำผลมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า ณ จุดที่ตั้งอาคารแหล่งน้ำที่ต้องการตามขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้

1. ศึกษารูปแบบการแพร่กระจายของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย ตลอดทั้งลุ่มน้ำที่ศึกษาและบริเวณข้างเคียง โดยอาศัยข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนต่างๆ หรือศึกษาจากแผนที่แสดงชั้นปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย
2. ศึกษาปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ของแม่น้ำและลำน้ำสาขาจากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่าของสถานีต่างๆ ที่อยู่ใกล้เคียง
3. ทำการจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่า หรือทำการเลือกกลุ่มสถานีวัดน้ำท่า โดยพิจารณาค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ และปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยเป็นหลัก
4. สำหรับกลุ่มสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการเลือก ทำการต่อขยายปริมาณน้ำท่ารายเดือนของแต่ละสถานี ให้มีสถิติยาวตามต้องการ ด้วยการใช้แบบจำลอง HEC-4 ถ้าหากว่าไม่มีสถานีใดที่มีข้อมูลยาวพอเพียง ก็จะสามารถพิจารณาข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนของสถานีที่ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้
5. ทำการเลือกสถานีวัดน้ำท่าเป็นสถานีดัชนี (Index Station) ซึ่งได้ทำการต่อขยายข้อมูลไว้แล้ว จากนั้นคำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือน ณ จุดที่ตั้งแหล่งน้ำที่ต้องการจากข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีดัชนีด้วยการคูณด้วยแฟกเตอร์ ซึ่งได้มาจากอัตราส่วนพื้นที่รับน้ำฝน หรือจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและพื้นที่ลุ่มน้ำ

วีระพล (2531) กล่าวถึงวิธีการประเมินน้ำท่า โดยวิธีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยแสดงดังสมการที่ 2

$$Q = kA^n \quad \text{--- (2)}$$

โดย  $Q$  คือ ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย มีหน่วยเป็นล้านลูกบาศก์เมตร  
 $A$  คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร  
 $k$  และ  $n$  คือ สัมประสิทธิ์ของสมการรีเกรชัน

สำหรับลุ่มน้ำเพชรบุรีและภาคใต้ฝั่งตะวันตก ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและพื้นที่ลุ่มน้ำ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและพื้นที่ลุ่มน้ำ

| แม่น้ำ                 | จำนวน<br>สถานี | น้ำท่ารายปีเฉลี่ย<br>(ล้าน ลบ.ม.) | พื้นที่ลุ่มน้ำ<br>(ตร.กม.) | สัมประสิทธิ์รีเกรชัน |        |        |
|------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------|--------|--------|
|                        |                |                                   |                            | k                    | n      | r      |
| เพชรบุรี               | 7              | 462                               | 2,110                      | 0.0278               | 1.2518 | 0.9102 |
| ภาคใต้-<br>ฝั่งตะวันตก | 5              | 213                               | 171                        | 0.5900               | 1.1081 | 0.9306 |

ที่มา: ธนา (2529)

ขั้นตอนและวิธีการในการประเมินน้ำท่าจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและพื้นที่ลุ่มน้ำ ตามวิธีการของวีระพล (2531) มีดังนี้

1. ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำซึ่งตั้งอยู่ภายในหรือใกล้เคียงกับสถานีที่ต้องการประเมินข้อมูลน้ำท่า สถานีที่เลือกมาทำการศึกษาควรจะเป็นสถานีที่มีลักษณะทางอุทกวิทยาค่้ายคลึงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สถานีที่อยู่ภายในลุ่มน้ำใหญ่เดียวกัน อย่างไรก็ตามก็ดีกว่าจำนวนสถานีที่มีข้อมูลภายในลุ่มน้ำจำกัด ก็จำเป็นต้องเลือกสถานีจากลุ่มน้ำใกล้เคียงมาทำการศึกษาด้วย

2. ทำการวัดขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำของสถานีที่ศึกษาหรือต้องการจะสร้างหรือต่อขยายข้อมูลน้ำท่า จากแผนที่ภูมิประเทศตามมาตราส่วนแล้วแต่เหมาะสม

3. ทำการเลือกสถานที่ที่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่ศึกษาและเป็นสถานที่ที่มีข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและรายปียาวพอเพียงที่จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการต่อขยายข้อมูลหรือสร้างข้อมูลสำหรับสถานที่ศึกษาได้ ต่อจากนั้นวัดขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำของสถานที่นี้

4. ทำการคำนวณแฟกเตอร์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนข้อมูลน้ำท่าจากสถานที่เลือกในข้อ 3 มาเป็นข้อมูลน้ำท่าของสถานที่ศึกษา โดยใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย คำนวณได้จากสมการที่ 3

$$F = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{kA_1^n}{kA_2^n} = \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^n \quad \text{--- (3)}$$

|          |     |                                                          |
|----------|-----|----------------------------------------------------------|
| โดยที่ F | คือ | แฟกเตอร์สำหรับการเปลี่ยน                                 |
| $Q_1$    | คือ | ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของสถานที่ศึกษา                   |
| $Q_2$    | คือ | ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของสถานที่ที่มีข้อมูลหรือที่เลือก |
| $A_1$    | คือ | พื้นที่ลุ่มน้ำของสถานที่ศึกษา                            |
| $A_2$    | คือ | พื้นที่ลุ่มน้ำของสถานที่ที่มีข้อมูล                      |
| k และ n  | คือ | สัมประสิทธิ์รีเกรชันที่คำนวณได้ในข้อ 1                   |

5. นำค่าแฟกเตอร์สำหรับการเปลี่ยน (F) ในข้อ 4 ไปคูณกับขนาดพื้นที่รับน้ำท่าของจุดที่ต้องการศึกษาจะได้ปริมาณน้ำท่าของจุดที่ต้องการศึกษา

### ความต้องการน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

ปริมาณความต้องการน้ำจากอ่างเก็บน้ำโดยทั่วไปประกอบด้วยปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน อุปโภค-บริโภค เลี้ยงสัตว์ การผลิตกระแสไฟฟ้า และการอุตสาหกรรม ความต้องการน้ำอาจจะแตกต่างกันไปในแต่ละอ่างเก็บน้ำ และสำหรับอ่างเก็บน้ำเพื่อการชลประทานแล้วปกติการชลประทานต้องการน้ำจากอ่างเก็บน้ำมากกว่าความต้องการอื่นๆ ทั้งหมด (วรารุช, 2538)

แต่อย่างไรก็ตามความต้องการน้ำนอกจากความต้องการน้ำ เพื่อการชลประทาน อุปโภค-บริโภค เลี้ยงสัตว์ การผลิตกระแสไฟฟ้า และการอุตสาหกรรม แล้วยังมีความต้องการน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศด้านท้ายน้ำอีกด้วย

โดยทั่วไปแล้วความต้องการน้ำจากอ่างเก็บน้ำประกอบด้วย (ทองเปลว, 2548)

1. อุปโภค-บริโภค สามารถประเมินได้ 2 ลักษณะ คือ
  - 1.1 ประเมินจากจำนวนการประปา กล่าวคือ ด้านกิจกรรมการประปา สามารถใช้ข้อมูลจากการนำน้ำไปใช้ในการผลิตน้ำประปาจากการบันทึกไว้ได้
  - 1.2 ประเมินจากจำนวนประชาชน ซึ่งจะประเมินจากการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคต่อวันของประชาชนที่อยู่อาศัยอยู่ตามลำน้ำธรรมชาติ/คลองส่งน้ำ อาทิ การใช้น้ำของคน 1 คนจะใช้น้ำประมาณ 150 ลิตรต่อวัน เป็นต้น
2. เกษตรกรรม สามารถคำนวณได้จากการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกพืช ซึ่งจะมีตัวแปรสำคัญที่จะส่งผลให้ความต้องการใช้น้ำชลประทานของพืชแตกต่างกัน ได้แก่
  - 2.1 ชนิดของพืช เช่น ข้าว พืชไร่ พืชผัก เป็นต้น
  - 2.2 ฤดูกาล เช่น ฤดูฝน ฤดูแล้ง
  - 2.3 ประสิทธิภาพการชลประทานของแต่ละโครงการที่แตกต่างกัน
3. อุตสาหกรรม สามารถประเมินได้ 2 ลักษณะ คือ
  - 3.1 ประเมินจากขนาดของโรงงานอุตสาหกรรม กล่าวคือ โรงงานขนาดใหญ่ กลาง เล็ก มีปริมาณการใช้น้ำที่แตกต่างกัน
  - 3.2 ประเมินจากพื้นที่ของโรงงาน
4. รักษาระบบนิเวศด้านท้ายน้ำ สามารถประเมินได้จากปริมาณการไหลในลำน้ำต่ำสุดในช่วงเวลาที่พิจารณา เช่น รายเดือน หรือรายปี หากต้องการความถูกต้องแม่นยำควรมีการศึกษาเพิ่มเติม
5. อื่นๆ ตามลักษณะจำเพาะของสภาพพื้นที่ เช่น สิทธิการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำด้านท้ายลุ่มน้ำ เป็นต้น ซึ่งอาจจะประเมินจากปริมาณการไหลในลำน้ำต่ำสุดก็ได้ แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อความถูกต้องและป้องกันการเกิดความขัดแย้งระหว่างผู้ใช้น้ำในลุ่มน้ำกับด้านท้ายลุ่มน้ำ

## ความต้องการน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค

อัตราการใช้น้ำสำหรับอุปโภค – บริโภค ในแต่ละชุมชนจะแตกต่างกันมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้ (ยงยส, 2542)

1. ขนาดของชุมชน
2. จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอยู่ในชุมชนนั้น
3. คุณภาพของน้ำ
4. ค่าน้ำประปา
5. สภาพภูมิอากาศ
6. สภาพความเป็นอยู่และอาชีพของประชาชน

อัตราการใช้น้ำสำหรับอุปโภค-บริโภคแสดงดังตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** ค่าเฉลี่ยอัตราการใช้น้ำของพลเมืองในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

| พื้นที่ในเขต | ค่าเฉลี่ยอัตราการใช้น้ำ (ลิตรต่อคนต่อวัน) |
|--------------|-------------------------------------------|
| ชนบท         | 30-50                                     |
| ชานเมือง     | 50-75                                     |
| เทศบาล       | 100-120                                   |
| นครหลวง      | 200                                       |

ที่มา: ยงยส (2542)

ในประเทศไทยอัตราการใช้น้ำที่การประปาส่วนภูมิภาค และการประปานครหลวงใช้คำนวณเพื่อผลิตน้ำประปามีค่าเฉลี่ยประมาณ 120 และ 200 ลิตรต่อคนต่อวันตามลำดับ (กรมอนามัย, 2551) นอกจากนี้ กรมทรัพยากรน้ำ (ม.ป.ป.) ยังได้กำหนดอัตราการใช้น้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 อัตราการใช้น้ำสำหรับการอุปโภค-บริโภค

| พื้นที่      | อัตราการใช้น้ำ (ลิตร/คน/วัน) |
|--------------|------------------------------|
| เทศบาลนคร    | 250                          |
| เทศบาลเมือง  | 200                          |
| เทศบาลตำบล   | 120                          |
| นอกเขตเทศบาล | 50                           |

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (ม.ป.ป.)

#### ความต้องการน้ำสำหรับเกษตรกรรม

ความต้องการทางด้านเกษตรกรรม เป็นความต้องการน้ำสำหรับการเพาะปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ การประมง และการป่าไม้ ทั้งนี้ความต้องการน้ำสำหรับเพาะปลูกพืชสามารถใช้โปรแกรม CropWat for Windows Version 4.3 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, n.d.) ช่วยในการประเมินความต้องการน้ำได้

#### ความต้องการน้ำสำหรับการเพาะปลูกพืช

วิบูลย์ (2526) ได้ให้ความหมายของปริมาณการใช้น้ำของพืช (Consumption Use) คือ ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากแปลงเพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. การคายน้ำ (Transpiration) คือ ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินเพื่อนำไปสร้างเซลล์ และเนื้อเยื่อแล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ
2. การระเหย (Evaporation) คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆ ต้นพืช

มีสมการในการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชดังสมการที่ 4

$$ET = K_c \times ET_p \quad \text{--- (4)}$$

- โดยที่  $ET$  คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบมีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อวัน
- $K_c$  คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient) ดังแสดงในตารางที่ 6 และ 7
- $ET_p$  คือ การใช้น้ำของพืชอ้างอิง มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อวันซึ่งคำนวณจากข้อมูลสภาพอุตุนิยมวิทยา โดยใช้สูตร Penman-Monteith

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆ ในช่วงอายุแต่ละสัปดาห์

| ระยะเวลา<br>จากต้นฤดู<br>(สัปดาห์) | ชนิดพืช                          |                                            |                                  |                                            |                 |                   |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|-------------------|
|                                    | ข้าวพันธุ์<br>พื้นเมือง<br>ปักดำ | ข้าวพันธุ์ กข.<br>ปักดำฤดูฝน<br>และฤดูแล้ง | ข้าวพันธุ์<br>พื้นเมือง<br>หว่าน | ข้าวพันธุ์ กข.<br>หว่านฤดูฝน<br>และฤดูแล้ง | พืชไร่<br>ฤดูฝน | พืชไร่<br>ฤดูแล้ง |
| 1                                  | 0.83                             | 0.99                                       | -                                | -                                          | 0.30            | 0.53              |
| 2                                  | 0.83                             | 0.99                                       | -                                | 0.99                                       | 0.30            | 0.53              |
| 3                                  | 0.83                             | 0.99                                       | -                                | 0.99                                       | 0.30            | 0.30              |
| 4                                  | 0.93                             | 1.16                                       | -                                | 0.99                                       | 0.30            | 0.30              |
| 5                                  | 1.06                             | 1.16                                       | 0.83                             | 1.16                                       | 0.70            | 0.70              |
| 6                                  | 1.06                             | 1.16                                       | 0.83                             | 1.16                                       | 0.70            | 0.70              |
| 7                                  | 1.06                             | 1.25                                       | 0.83                             | 1.16                                       | 0.90            | 0.90              |
| 8                                  | 1.06                             | 1.30                                       | 0.93                             | 1.25                                       | 1.20            | 1.20              |
| 9                                  | 1.06                             | 1.32                                       | 1.06                             | 1.30                                       | 1.00            | 1.00              |
| 10                                 | 1.06                             | 1.32                                       | 1.06                             | 1.32                                       | 1.00            | 1.00              |
| 11                                 | 1.06                             | 1.32                                       | 1.06                             | 1.32                                       | 0.70            | 0.70              |
| 12                                 | 1.06                             | 1.24                                       | 1.06                             | 1.32                                       | 0.50            | 0.50              |
| 13                                 | 0.96                             | -                                          | 1.06                             | 1.24                                       | 0.50            | 0.50              |
| 14                                 | 0.83                             | -                                          | 1.06                             | -                                          | 0.50            | 0.50              |
| 15                                 | 0.83                             | -                                          | 1.06                             | -                                          | 0.50            | 0.50              |
| 16                                 | 0.83                             | -                                          | 0.96                             | -                                          | 0.50            | 0.50              |
| 17                                 | 0.83                             | -                                          | 0.96                             | -                                          | 0.50            | 0.50              |
| 18                                 | 0.72                             | -                                          | 0.83                             | -                                          | 0.50            | 0.50              |
| 19                                 | -                                | -                                          | 0.83                             | -                                          | 0.50            | 0.50              |

ตารางที่ 6 (ต่อ)

| ระยะเวลา<br>จากต้นฤดู<br>(สัปดาห์) | ชนิดพืช                          |                                            |                                  |                                            |                 |                   |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|-------------------|
|                                    | ข้าวพันธุ์<br>พื้นเมือง<br>ปักดำ | ข้าวพันธุ์ กข.<br>ปักดำฤดูฝน<br>และฤดูแล้ง | ข้าวพันธุ์<br>พื้นเมือง<br>หว่าน | ข้าวพันธุ์ กข.<br>หว่านฤดูฝน<br>และฤดูแล้ง | พืชไร่<br>ฤดูฝน | พืชไร่<br>ฤดูแล้ง |
| 20                                 | -                                | -                                          | 0.83                             | -                                          | 0.50            | 0.50              |
| 21                                 | -                                | -                                          | 0.83                             | -                                          | 0.50            | 0.50              |
| 22                                 | -                                | -                                          | 0.72                             | -                                          | 0.50            | 0.50              |
| เฉลี่ย                             | 0.94                             | 1.18                                       | 0.93                             | 1.18                                       | 0.59            | 0.61              |

ที่มา: หนอง (2527)

ตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชชนิดต่าง ๆ ในช่วงอายุแต่ละเดือน

| อายุพืช<br>(เดือน) | ชนิดพืช             |                |      |        |        |       |
|--------------------|---------------------|----------------|------|--------|--------|-------|
|                    | ข้าวพันธุ์พื้นเมือง | ข้าวพันธุ์ กข. | อ้อย | พืชไร่ | พืชผัก | ผลไม้ |
| 1                  | 1.00                | 1.00           | 0.60 | 0.40   | 0.70   | 1.00  |
| 2                  | 1.00                | 1.25           | 0.80 | 0.70   | 0.70   | 1.00  |
| 3                  | 1.20                | 1.35           | 1.00 | 1.10   | 0.70   | 1.00  |
| 4                  | 1.35                | 1.30           | 1.10 | 0.80   | 0.70   | 1.00  |
| 5                  | 1.30                | 1.10           | 1.20 | 0.50   | -      | 1.00  |
| 6                  | 1.20                | -              | 1.20 | -      | -      | 1.00  |
| 7                  | 1.10                | -              | 1.20 | -      | -      | 1.00  |
| 8                  | -                   | -              | 1.20 | -      | -      | 1.00  |
| 9                  | -                   | -              | 1.20 | -      | -      | 1.00  |
| 10                 | -                   | -              | 1.20 | -      | -      | 1.00  |
| 11                 | -                   | -              | 0.80 | -      | -      | 1.00  |
| 12                 | -                   | -              | 0.60 | -      | -      | 1.00  |
| เฉลี่ย             | 1.16                | 1.20           | 1.01 | 0.70   | 0.70   | 1.00  |

ที่มา: หนอง (2527)

การคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman-Monteith

สมการของ Penman-Monteith มีดังนี้ (Allen *et al.*, 1998)

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + r \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + 8(1 - 0.34U_2)} \quad \text{--- (5)}$$

เมื่อ  $ET_o$  = Reference Crop Evapotranspiration (mm.d.<sup>-1</sup>)

$R_n$  = Net Radiation at Crop Surface (MJ.m.<sup>-2</sup>.d.<sup>-1</sup>)

$G$  = Soil Heat Flux (MJ.m.<sup>-2</sup>.d.<sup>-1</sup>)

$T$  = Average Temperature (°C)

$U_2$  = Wind Speed Measured at 2 m. height (m.s.<sup>-1</sup>)

$(e_a - e_d)$  = Vapor Pressure Deficit for measurement  
at 2 m. height (kPa.)

$\Delta$  = Slope Vapor Pressure Curve (kPa. °C<sup>-1</sup>)

$r$  = Psychometric Constant (kPa. °C<sup>-1</sup>)

900 = Coefficient for the Reference Crop

0.34 = Wind Coefficient for the Reference Crop

### ปริมาณฝนใช้การ

ฝนใช้การ หมายถึง ปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือเป็นส่วนของฝนที่สามารถนำไปทดแทนน้ำชลประทานที่ต้องส่งให้พืช ปริมาณฝนส่วนนี้ส่งไปช่วยลดปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน ปริมาณฝนใช้การที่นำมาใช้ทดแทนน้ำชลประทานได้มากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ความชื้นในดิน หรือระดับน้ำในแปลงมาก่อนฝนตก อัตราและปริมาณฝนที่ตก อัตราการรั่วซึมของน้ำเข้าไปในดิน ความสามารถอุ้มน้ำของดินในเขตราก ชนิดและปริมาณการใช้น้ำของพืช ความเค็มของเกษตรกรในการเก็บน้ำไว้ในแปลงนา และลักษณะภูมิประเทศของแปลงเพาะปลูกหรือความสูงของคันนา (ฉลอง, 2538)

เนื่องจากวิธีการให้น้ำของข้าวนั้นแตกต่างจากพืชไร่ ดังนั้น ปริมาณฝนใช้การสำหรับข้าวและพืชไร่จึงพิจารณาแยกจากกัน

1. ปริมาณฝนใช้การสำหรับข้าว
2. ปริมาณฝนใช้การสำหรับพืชไร่

### ปริมาณน้ำสำหรับเตรียมแปลง

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลง หมายถึง ปริมาณน้ำที่ส่งให้แก่พื้นที่ก่อนการปลูกข้าว โดยมีจุดประสงค์ คือ ทำให้ดินมีสภาพเหมาะสมต่อการเพาะปลูก และยังช่วยให้ดินระดับต่ำกว่ารอยไถแน่นขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้สามารถลดการสูญเสียเนื่องจากการรั่วซึมของน้ำลงในดิน ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงจะมีอัตราสูงเมื่อเทียบกับอัตราการใช้ น้ำของข้าว หลังจากปักดำหรือหว่านเมล็ดแล้ว ฉะนั้นระยะเวลาในการเตรียมแปลงจึงมีความสำคัญต่อปริมาณน้ำมาก (ฉลอง, 2537) ปริมาณการใช้น้ำและระยะเวลาในการเตรียมแปลงของโครงการชลประทานต่างๆ ในประเทศไทยได้ถูกรวบรวมโดย พิระพงศ์ (2544) แสดงดังตารางที่ 8

กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา (2528) ได้ทำรายงานเกี่ยวกับการศึกษาทดลองปลูกพืชไร่ที่สถานีวิจัยต่างๆ ทั่วประเทศ 6 สถานี โดยการวัดความชื้นในดินก่อนการส่งน้ำและคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกเพื่อให้ดินมีความชื้นเท่ากับ ความชื้นชลประทาน ผลการทดลองปรากฏว่า ปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้แก่พื้นที่ก่อนการเพาะปลูกเพื่อเตรียมแปลงมีค่าประมาณ 50-64 มิลลิเมตร โดยใช้ระยะเวลาเตรียมแปลงประมาณ 1 สัปดาห์

### ปริมาณน้ำที่รั่วซึมลงในดิน

เป็นปริมาณน้ำส่วนหนึ่งที่ต้องสูญเสียไปโดยไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้สำหรับการปลูกข้าว ซึ่งจะมีปริมาณมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของดิน วิธีการเตรียมแปลง ความสูงของระดับน้ำในแปลงนา (ภทวิ, 2547) อัตราการซึมในแปลงนา (Percolation loss) เป็นการสูญเสียโดยการซึมลึกลงในดินและเป็นสิ่งที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ และจะต้องรวมอยู่ในความต้องการใช้น้ำของพืช เช่น ข้าว ด้วยกรณีอื่นๆ ค่านี้ไม่มีความสำคัญนักการซึมลึกลงในดินจะมีปริมาณมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับสภาพดิน ชนิดดิน ความลึกดินที่ไถพรวนหรือเตรียมแปลง ระดับน้ำใน

แปลงนา และระดับน้ำใต้ดิน (ประพันธ์, 2539) ปริมาณน้ำที่รั่วซึมในแปลงนาของโครงการชลประทานต่างๆ ซึ่ง วัชร (2537) ได้รวบรวมไว้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ปริมาณการใช้น้ำและระยะเวลาในการเตรียมแปลงของโครงการชลประทานต่างๆ

| โครงการ                         | ปริมาณการใช้น้ำในการเตรียมแปลง |            | ระยะเวลา<br>(วัน) |
|---------------------------------|--------------------------------|------------|-------------------|
|                                 | นาปรัง (มม.)                   | นาปี (มม.) |                   |
| แม่วัง-ก้วลม                    | 200                            | 200        | 30                |
| แม่กวง                          | 230                            | 200        | 30                |
| แม่ทาลพลวง                      | 350                            | 300        | -                 |
| พิษณุโลก                        | 210                            | 210        | 30                |
| เจ้าพระยา-แม่กลอง               | 260                            | -          | 30                |
| เจ้าพระยาตอนบน                  | 255                            | 255        | -                 |
| เจ้าพระยาตอนล่าง                | 230                            | 255        | -                 |
| เจ้าพระยา                       | 190                            | 190        | 30                |
| แม่กลอง                         | 190                            | 175        | 30                |
| กำแพงแสน                        | 200                            | 200        | 30                |
| กำแพงแสน (จัดรูปที่ดินตัวอย่าง) | 410                            | -          | 51                |
| มโนรมย์                         | 350                            | -          | 14                |
| บ้านนา                          | 313                            | 290        | 30                |
| สามชุก                          | 350                            | 273        | 30                |
| เพชรบุรี                        | 300                            | 250        | 21                |
| พระองค์ชัยยานุชิต               | 166                            | 166        | -                 |
| ลำตะคอง                         | 180                            | 150        | 10                |
| ลำพระเพลิง                      | 300                            | 200        | 14                |
| ลำปาว                           | 300-350                        | 300-350    | -                 |
| หนองหวาย (2525)                 | -                              | 250        | 21                |
| หนองหวาย (2526)                 | 400                            | 300        | 21                |
| หนองหวาย                        | 410                            | -          | 30                |

ตารางที่ 8 (ต่อ)

| โครงการ                                    | ปริมาณการใช้น้ำในการเตรียมแปลง |            | ระยะเวลา<br>(วัน) |
|--------------------------------------------|--------------------------------|------------|-------------------|
|                                            | นาปรัง (มม.)                   | นาปี (มม.) |                   |
| น้ำพอง-หนองหวาย                            | 300                            | 250        | 60                |
| แก่งคอย                                    | 200                            | 200        | 30                |
| น้ำสวย                                     | 250                            | 200        | 30                |
| น้ำอูน (2527)                              | -                              | 250        | 21                |
| น้ำอูน (2528)                              | -                              | 300        | 21                |
| ปราณบุรี                                   | -                              | 200        | 30                |
| ปัตตานี                                    | 180                            | 162        | -                 |
| สถานีวิจัยการใช้น้ำชลประทาน<br>วชิราลงกรณ์ | 275                            | -          | 14                |
| ดงเสวย จ. พิจิตร                           |                                |            |                   |
| ไถเปียก-ทำนาคำ                             | 410                            | -          | 32                |
| ไถแห้ง-ทำนาคำ                              | 243                            | -          | 7                 |
| ไถเปียก-ทำนาหว่านน้ำตม                     | 235                            | -          | 6                 |
| ไถแห้ง-ทำนาหว่านน้ำตม                      | 194                            | -          | 4                 |
| มูลบน นครราชสีมา                           |                                |            |                   |
| ไถเปียก-ทำนาคำ                             | -                              | 311        | 28                |
| ไถแห้ง-ทำนาคำ                              | -                              | 265        | 18                |
| คลองตรอน อุดรดิตถ์                         |                                |            |                   |
| ไถเปียก-ทำนาคำ                             | -                              | 332        | 9                 |
| ไถแห้ง-ทำนาคำ                              | -                              | 273        | 6                 |

ที่มา: พระพงศ์ (2544)

ตารางที่ 9 อัตราการซึมลงในดินของโครงการชลประทานต่างๆ ในประเทศไทย

| โครงการชลประทาน                       | ชนิดดิน         | อัตราการซึม (มม./วัน) |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| กำแพงแสน                              |                 | 1.00                  |
| เจ้าพระยา                             |                 | 1.00                  |
| แม่กลอง                               |                 | 1.00                  |
| แม่กวัง                               | ดินเนื้อหยาบ    | 2.00                  |
|                                       | ดินเนื้อปานกลาง | 1.30                  |
|                                       | ดินเนื้อละเอียด | 0.80                  |
| แม่น้ำวัง-กัวลม                       | ดินร่วนปนทราย   | 1.14                  |
|                                       | SiCL            | 0.60                  |
|                                       | SL-L            | 0.40                  |
|                                       | SCL-L           | 3.60                  |
| ลำตะคอง                               | ดินเนื้อปานกลาง | 1.00                  |
| พระยาบันลือ                           | -               | 0.50-1.90             |
| พระองค์ไชยนาชิต                       | -               | 0.50-1.90             |
| บรมธาตุ (นาปี)                        | -               | 0.50                  |
| บรมธาตุ (นาปีง)                       | -               | 1.00                  |
| ลำพระเพลิง (นาปี)                     | -               | 1.04                  |
| เพชรบุรี (นาปี)                       | -               | 1.00                  |
| เพชรบุรี (นาปีง)                      | -               | 1.50                  |
| บึงกระโดน                             | -               | 1.90                  |
| ห้วยยาง                               | -               | 1.30                  |
| ห้วยสะกาด                             | -               | 2.0                   |
| หนองหวายฝั่งขวา (นาปีง)               | -               | 2.0                   |
| หนองหวาย (นาปี)                       | -               | 3.00                  |
| สามชุก (นาปีง)                        | ดินเหนียว       | 1.00                  |
| มูลบน (นาปี)                          | ดินเหนียวปนทราย | 1.78                  |
| สองพี่น้อง (นาปี)                     | -               | 0.84                  |
| กำแพงแสน (จัดรูปที่ดินตัวอย่าง นาปีง) | ดินเหนียว       | 1.20                  |

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

| โครงการชลประทาน            | ชนิดดิน | อัตราการซึม (มม./วัน) |
|----------------------------|---------|-----------------------|
| อ่างเก็บน้ำห้วยผึ่ง-ห้วยผา | -       | 1.50                  |
| มูลบน (นาปี)               | -       | 1.70                  |
| ดงเศรษฐี (นาปรัง)          | -       | 0.90                  |
| คลองตรอน (นาปี)            | -       | 1.50                  |

ที่มา: วัชร (2537)

### ความต้องการน้ำสำหรับเลี้ยงสัตว์

อัตราการใช้น้ำสำหรับการเลี้ยงสัตว์มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ ชนิด พันธุ์ อายุ วิธีการเลี้ยง เป็นต้น

### ความต้องการน้ำสำหรับอุตสาหกรรม

ความต้องการน้ำสำหรับอุตสาหกรรมมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ประเภทของอุตสาหกรรม ขนาด กำลังการผลิต จำนวนเจ้าหน้าที่และคนงาน วัตถุดิบที่ใช้ เทคโนโลยีที่ใช้ เป็นต้น

### ความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ

ราเมศ (2543) พบว่าระดับความลึกของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์พื้นท้องน้ำที่อ่างเก็บน้ำกระเสียว อยู่ระหว่าง 0.50-3.00 เมตร พันธุ์ทิพย์ (2544) ศึกษาระดับความลึกของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์พื้นท้องน้ำที่เขื่อนท่าทุ่งนา อยู่ระหว่าง 0.50-2.00 เมตร

ทองเปลว (2546) ศึกษาปริมาณความต้องการน้ำสำหรับรักษาสมดุลของระบบนิเวศด้านท้ายอ่างเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำลำแะ มูลบน ลำพระเพลิง และลำตะคอง โดยใช้ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือนเฉลี่ยต่ำสุด ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์เป็นข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

เฉลี่ยรายเดือนจำนวน 25 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2518-2542 พบว่าปริมาณน้ำรายเดือนเฉลี่ยต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำลำแชะ มูลบน ลำพระเพลิง และลำตะคอง เท่ากับ 4.54 0.47 0.49 และ 5.00 ล้านลูกบาศก์เมตรตามลำดับ เมื่อคำนวณเป็นระดับน้ำในลำน้ำโดยใช้สมการจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ-ปริมาตรน้ำในลำน้ำได้ระดับน้ำในลำน้ำด้านท้ายอ่างเก็บน้ำลำแชะ มูลบน ลำพระเพลิง และลำตะคองเท่ากับ 1.62 1.37 0.27 และ 3.02 เมตร ตามลำดับ

ความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศท้ายอ่างเก็บน้ำสามารถประเมินจากปริมาณการไหลในลำน้ำต่ำสุดในช่วงเวลาที่พิจารณา เช่น รายเดือน หรือรายปี แต่ในข้อเท็จจริงเพื่อความถูกต้องเสนอแนะว่าจำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อความถูกต้องและป้องกันข้อขัดแย้งระหว่างผู้ใช้น้ำในกลุ่มน้ำกับด้านท้ายลุ่มน้ำ (ทองเปลว, 2548)

#### ความต้องการน้ำด้านอื่นๆ

ความต้องการน้ำด้านอื่นๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะจำเพาะของพื้นที่ เช่น สิทธิการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำด้านท้ายลุ่มน้ำ เป็นต้น อาจจะประเมินจากปริมาณการไหลในลำน้ำต่ำสุดก็ได้ แต่จำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อความถูกต้องและป้องกันข้อขัดแย้งระหว่างผู้ใช้น้ำในกลุ่มน้ำกับด้านท้ายลุ่มน้ำ (ทองเปลว, 2548) สำหรับอัตราการใช้ น้ำแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 อัตราการใช้น้ำเพื่อการค้า อุตสาหกรรม และการเกษตร

| ประเภท                           | หน่วย     | อัตราการใช้น้ำ (ลิตรต่อคนต่อวัน) |
|----------------------------------|-----------|----------------------------------|
| โรงงานที่มีห้องน้ำและห้องส้วม    | คน        | 48                               |
| โรงงานที่ไม่มีห้องน้ำและห้องส้วม | คน        | 30                               |
| โรงพยาบาล (รวมน้ำซักผ้า)         |           |                                  |
| ขนาดไม่เกิน 100 เตียง            | เตียง     | 340                              |
| ขนาดเกิน 100 เตียง               | เตียง     | 455                              |
| แพทย์และพยาบาล                   | คน        | 135                              |
| โรงแรม                           | เตียง     | 180                              |
| สำนักงาน                         | คน        | 45                               |
| โรงภาพยนตร์และโรงแรม             | ที่นั่ง   | 15                               |
| โรงเรียนไป-กลับ                  | คน        | 45                               |
| โรงเรียนกิน-นอน                  | คน        | 135                              |
| ห้องพักที่เป็นชุด (อพาร์ทเมนต์)  | ตารางเมตร | 8-16                             |
| อุตสาหกรรมและการค้า (ทั่วไป)     | ตารางเมตร | 12                               |
| โรงเลี้ยงสัตว์                   |           |                                  |
| ม้า                              | -         | -                                |
| วัว                              | ตัว       | 45                               |
| หมู                              | ตัว       | 60-80                            |
| ไก่                              | ตัว       | 4-20                             |
| แพะและแกะ                        | ตัว       | 5-15                             |

ที่มา: ขยชส (2542)

### ประสิทธิภาพชลประทาน

ในการประเมินปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้กับพื้นที่ชลประทานต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพชลประทาน อภิชาติ และคณะ (2524) กล่าวว่า ประสิทธิภาพการชลประทานมีความสำคัญมาก ตั้งแต่เริ่มต้นการวางโครงการ ออกแบบ การส่งน้ำและบำรุงรักษา และการปรับปรุงพัฒนา

งานชลประทาน ประสิทธิภาพการชลประทานเป็นตัวแสดงให้เห็นถึงสมรรถภาพของโครงการ ในด้านการส่งน้ำและบำรุงรักษาตลอดจนความสามารถของผู้ใช้งานชลประทานนั้น

ประสิทธิภาพการชลประทานเกี่ยวข้องและผันแปรตามองค์ประกอบต่างๆ มากมาย เช่น คุณสมบัติการดูดซึมของดิน สภาพภูมิประเทศ ดินฟ้าอากาศ ความลึกของน้ำชลประทานที่จะให้เก็บไว้ในดิน วิธีการชลประทาน ความสมบูรณ์ในการออกแบบระบบชลประทาน ความสามารถของผู้ใช้ระบบชลประทาน และระบบนำน้ำกลับมาใช้อีก (ภทวิ, 2547) ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในขณะที่ให้น้ำส่วนใหญ่เป็นการไหลเลยพื้นที่เพาะปลูกออกไปและซึมเลยเขตราก ส่วนการระเหยจากพื้นที่เพาะปลูกในขณะให้น้ำนั้นน้อยมาก การสูญเสียน้ำส่วนใหญ่เนื่องมาจากความไม่สม่ำเสมอของพื้นที่ ดินมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้สูง อัตราการให้น้ำไม่เหมาะสมกับชนิดดินและวิธีการให้น้ำ และพื้นที่ปลูกใหญ่หรือยาวเกินไป เป็นต้น ความรู้ ความสามารถของผู้ควบคุมการให้น้ำมีผลต่อประสิทธิภาพในการให้น้ำเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการให้น้ำทางผิวดินที่มีความลาดเท เช่น แบบร่องคู และแบบท่วมเป็นผืนยาว เพราะการชลประทานแบบนี้จะต้องเริ่มให้น้ำด้วยอัตราที่ค่อนข้างสูง และต้องลดอัตราการให้น้ำลงเมื่อน้ำไหลไปถึงบริเวณท้ายแปลงเพื่อป้องกันมิให้น้ำไหลเลยท้ายแปลงออกไปมาก ถ้าหากผู้ให้น้ำสามารถควบคุมอัตราการให้น้ำให้พอเหมาะกับอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดินได้ก็จะทำให้การสูญเสียน้ำน้อยลงและเป็นผลให้มีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูงขึ้น (รณชัย, 2546)

รณชัย (2546) การหาประสิทธิภาพการชลประทานนั้นอาจทำได้หลายแห่ง คือ ถ้าวัดปริมาณน้ำทั้งหมดที่จัดส่งให้แก่พืชที่เพาะปลูก ก็เป็นประสิทธิภาพการชลประทานที่แปลงเพาะปลูก ถ้าวัดที่คลองส่งน้ำก็เป็นประสิทธิภาพการชลประทานที่ปากคลองส่งน้ำ และถ้าวัดที่หัวงานของโครงการชลประทานก็เป็นประสิทธิภาพการชลประทานที่หัวงาน หรือประสิทธิภาพของโครงการชลประทาน เป็นต้น

รณชัย (2546) ประสิทธิภาพการชลประทาน มีความหมายกว้างมาก ครอบคลุมตั้งแต่จุดที่ทำการวัดปริมาณน้ำทั้งหมดที่จัดส่งให้แก่พืชจนถึงแปลงเพาะปลูก ในทางปฏิบัติเรามีวิธีแยกคิดที่ละส่วนเพื่อที่จะได้ทราบว่าในช่วงตอนใดมีประสิทธิภาพมากน้อยแค่ไหน ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบการชลประทานให้ดีขึ้นได้ถูกต้อง โดยประสิทธิภาพการชลประทานประกอบด้วย

1. ประสิทธิภาพการชลประทาน (Irrigation Efficiency, Ei)
2. ประสิทธิภาพการส่งน้ำ (Water Conveyance Efficiency, Ec)
3. ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Water Application Efficiency, Ea)

ประสิทธิภาพการชลประทาน (Irrigation Efficiency, Ei)

รณชัย (2546) ประสิทธิภาพการชลประทาน หมายถึง อัตราส่วนที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่างปริมาณน้ำสุทธิที่จะต้องจัดหาให้แก่พืช (Net Water Requirement) ต่อปริมาณน้ำทั้งหมดที่จะต้องจัดส่งให้ (Gross Water Requirement) ดังสมการที่ 6

$$E_i = \frac{W_n}{W_g} \times 100 \quad \text{--- (6)}$$

|        |       |     |                                       |
|--------|-------|-----|---------------------------------------|
| โดยที่ | $E_i$ | คือ | ประสิทธิภาพการชลประทาน                |
|        | $W_n$ | คือ | ปริมาณน้ำสุทธิที่จะต้องจัดหาให้แก่พืช |
|        | $W_g$ | คือ | ปริมาณน้ำทั้งหมดที่จะต้องจัดส่งให้    |

ประสิทธิภาพการส่งน้ำ (Water Conveyance Efficiency, Ec)

รณชัย (2546) กล่าวว่า จุดแรกก่อนที่น้ำจะเข้ามาถึงพื้นที่เพาะปลูกก็คือ ระบบส่งน้ำ น้ำชลประทานทั่วไปจะถูกส่งมาจากแม่น้ำ คลอง หรืออ่างเก็บน้ำจากจุดที่ส่งน้ำจนถึงพื้นที่เพาะปลูก จะมีน้ำส่วนหนึ่งต้องสูญเสียไปโดยการรั่วซึมจากคลอง ระเหยจากผิวน้ำในคลอง และถูกพืชซึ่งขึ้นอยู่ริมคลองใช้น้ำจากระบบส่งน้ำ ระบบส่งน้ำทำหน้าที่ได้ดีเพียงใดจะบอกได้ด้วยประสิทธิภาพการส่งน้ำ คือ

$$E_c = \frac{W_f}{W_g} \times 100 \quad \text{--- (7)}$$

|        |       |     |                                                                            |
|--------|-------|-----|----------------------------------------------------------------------------|
| โดยที่ | $E_c$ | คือ | ประสิทธิภาพการส่งน้ำ                                                       |
|        | $W_f$ | คือ | ปริมาณน้ำที่ได้รับที่พื้นที่เพาะปลูก                                       |
|        | $W_g$ | คือ | ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบส่งน้ำ ซึ่งจะเท่ากับปริมาณน้ำทั้งหมดที่จะต้องจัดส่ง |

รณชัย (2546) ในกรณีที่พื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกรมีขนาดใหญ่มากจนต้องมีระบบส่งน้ำเพิ่มเติมภายในพื้นที่ของตนเอง การสูญเสียน้ำภายในระบบส่วนนี้จะต้องอยู่ในความรับผิดชอบของเกษตรกร ดังนั้นจึงมีการหาประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (Field Canal Efficiency, Eb) ขึ้นดังสมการที่ 8

$$E_b = \frac{W_p}{W_f} \times 100 \quad \text{--- (8)}$$

|        |    |     |                                   |
|--------|----|-----|-----------------------------------|
| โดยที่ | Eb | คือ | ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ            |
|        | Wp | คือ | ปริมาณน้ำที่ได้รับที่แปลงเพาะปลูก |
|        | Wf | คือ | ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าปากคูส่งน้ำ    |

ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Water Application Efficiency, Ea)

รณชัย (2546) กล่าวว่า เมื่อส่งน้ำถึงพื้นที่เพาะปลูกแล้ว น้ำส่วนนี้จะถูกให้แก่พืชเพื่อเพิ่มความชื้นของดินในเขตรากให้ขึ้นมาถึงความชื้นชลประทาน (Field Capacity) ส่วนที่เกินกว่าดินในเขตรากจะเก็บไว้ได้ก็เป็นการสูญเสีย ดังสมการที่ 9

$$E_a = \frac{W_p}{W_f} \times 100 \quad \text{--- (9)}$$

|        |    |     |                                                                                                            |
|--------|----|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| โดยที่ | Ea | คือ | ประสิทธิภาพการให้น้ำ                                                                                       |
|        | Wp | คือ | ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในเขตรากจากการให้น้ำ ซึ่งต้องการให้มีค่าเท่ากับปริมาณน้ำสุทธิที่จะต้องให้แก่พืช, Wn |
|        | Wf | คือ | ปริมาณน้ำที่ได้รับและให้แก่พืชที่พื้นที่เพาะปลูก                                                           |

ประสิทธิภาพการส่งน้ำ ประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำ และประสิทธิภาพการให้น้ำ  
แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ประสิทธิภาพการส่งน้ำ (Ei) ประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำ (Ec) และประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea)

| รายการ                                                     | ประสิทธิภาพ |
|------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ประสิทธิภาพการส่งน้ำ (Conveyance Efficiency, Ec)</b>    |             |
| - ส่งน้ำแบบตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งน้อย          | 90%         |
| - ส่งน้ำแบบหมุนเวียน โครงการขนาด 20,000-40,000 ไร่         | 80%         |
| หรือพื้นที่หมุนเวียน 500-2,000 ไร่ มีการจัดการดี           |             |
| - ส่งน้ำแบบหมุนเวียน โครงการขนาดใหญ่ (มากกว่า 60,000 ไร่)  | 65-70%      |
| หรือโครงการขนาดเล็ก (น้อยกว่า 6,000 ไร่) การจัดการไม่ดีพอ  |             |
| - สำหรับพื้นที่รับน้ำมากกว่า 125 ไร่ : คลองดิน             | 80%         |
| <b>ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (Field Canal Efficiency, Eb)</b> |             |
| คลองลาดหรือท่อส่งน้ำ                                       | 90%         |
| - สำหรับพื้นที่รับน้ำน้อยกว่า 125 ไร่ : คลองดิน            | 70%         |
| คลองลาดหรือท่อส่งน้ำ                                       | 80%         |
| <b>ประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำ (Ed = Ec*Eb)</b>               |             |
| - สำหรับการส่งน้ำแบบหมุนเวียนที่มีการจัดการและการประสานงาน |             |
| ก. ดี                                                      | 65%         |
| ข. พอใช้                                                   | 55%         |
| ค. เกือบพอใช้                                              | 40%         |
| ง. เลว                                                     | 30%         |
| <b>ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Application Efficiency, Ea)</b>   |             |
| - ให้น้ำทางผิวดิน                                          |             |
| ดินทราย                                                    | 55%         |
| ดินร่วน                                                    | 70%         |
| ดินเหนียว                                                  | 60%         |
| - แบบท่วมผืนยาว                                            | 60-75%      |
| - แบบท่วมเป็นอ่างหรือเป็นผืนราบ                            | 60-80%      |
| แบบท่วมเป็นอ่างหรือผืนราบ                                  | 50-55%      |

ตารางที่ 11 (ต่อ)

| รายการ                     | ประสิทธิภาพ |
|----------------------------|-------------|
| แบบท่วมจากคูตามเส้นขอบเนิน | 50-55%      |
| แบบร่องคู                  | 55-70%      |
| แบบร่องคูเล็ก              | 50-70%      |
| ให้น้ำได้ผิวดิน            | ไม่เกิน 80% |
| ให้น้ำแบบฉีดฝอย            |             |
| อากาศร้อนและแห้ง           | 60%         |
| อากาศอบอุ่นปานกลาง         | 70%         |
| อากาศชุ่มชื้นและเย็น       | 80%         |
| การให้น้ำสำหรับข้าว        | 32%         |

ที่มา: วิบูลย์ (2544)

## การระเหยและการรั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำ

อ่างทำน้ำที่เก็บกักน้ำจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะมีการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยจากผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ และการรั่วซึมจากบริเวณพื้นดินก้นอ่างเก็บน้ำ ในการคำนวณปริมาณการระเหยและรั่วซึมจะคิดจากอัตราการระเหยและรั่วซึมคูณด้วยพื้นที่ผิวน้ำเฉลี่ยซึ่งไม่ทราบค่า อัตราการระเหยจากผิวน้ำและอัตราการรั่วซึมจะได้จากการทดลองตรวจวัดจริงในสนาม (วรารุช, 2538)

บัญชา (2541) ปริมาณน้ำจากการระเหยสุทธิจากอ่างเก็บน้ำจะคำนวณมาจากค่าการระเหยของถาดวัดการระเหย โดยคิดเป็นประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ดังสมการที่ 10

$$\begin{aligned}
 E_t &= 0.70 \times EP_t \times A_t \\
 &= ER_t \times A_t
 \end{aligned}
 \quad \text{--- (10)}$$

โดยที่  $EP_t$  คือ อัตราการระเหยจากถาดวัดการระเหยที่เวลา  $t$  ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร  
 $ER_t$  คือ อัตราการระเหยจริงที่เวลา  $t$  ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร  
 $A_t$  คือ พื้นที่ผิวน้ำที่เวลา  $t$  มีหน่วยเป็นตารางเมตร

พื้นที่ผิวหน้าของอ่างเก็บน้ำสามารถคำนวณโดย  $A_t = f\left(\frac{V_t + V_{t+1}}{2}\right)$

แต่เพื่อความสะดวกในการคำนวณ อาจสมมติว่า  $A_t = f(V_t)$

ทดลอง (2536) ปริมาณน้ำที่รั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำคิดเป็นร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำที่เก็บกักตลอดทั้งปี ซึ่งแสดงดังสมการที่ 11

$$P_n = \left[ \frac{S_n + S_{n-1}}{2 \times 365} \right] \times 0.10 \quad \text{--- (11)}$$

โดยที่  $P_n$  คือ อัตราการรั่วซึมวันที่  $n$  มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร  
 $S_n, S_{n-1}$  คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของวันที่  $n, n-1$

### ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ จำเป็นต้องมีการคาดการณ์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาเพื่อใช้ในการวางแผนการใช้น้ำ ปริมาณน้ำเข้าอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำ ปริมาณฝนที่ตกลงในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำด้านเหนือ (ทองเปลว, 2548)

ปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำ

ปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำมีวิธีการหาอยู่ 2 วิธี คือ จากการตรวจวัดจริง และจากการประเมิน

ทองเปลว (2548) กล่าวว่า ข้อมูลจากการตรวจวัดจริงนั้นจะมีความละเอียดถูกต้องมากกว่าการประเมิน แต่มีน้อยที่จะตั้งสถานีวัดน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นส่วนมากจะใช้วิธีการประเมิน

## การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ

วรารุช (2538) การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ คือ การศึกษาความต้องการการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำและการศึกษาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาต่างๆ แล้วนำเอามาเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบกับข้อมูลอื่นๆ ของอ่างเก็บน้ำในการกำหนดปริมาณน้ำที่จะส่งจากอ่างเก็บน้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เพื่อให้การใช้น้ำเกิดประโยชน์สูงสุด หลีกเลี่ยงปัญหาการขาดแคลนน้ำและการไหลล้นอ่างเก็บน้ำให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำมีวัตถุประสงค์ต่างๆ ดังนี้

1. เพื่อกำหนดขนาดพื้นที่เพาะปลูกสูงสุดที่จะทำการเพาะปลูกได้โดยไม่ก่อให้เกิดการขาดแคลนน้ำในระหว่างฤดูเพาะปลูก
2. เพื่อหาปริมาณน้ำที่ควรส่งจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน
3. เพื่อหาปริมาณน้ำที่ควรเก็บกักไว้ในอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน
4. เพื่อหาปริมาณน้ำที่จะไหลล้นอ่างเก็บน้ำ และช่วงเวลาที่จะมีน้ำไหลล้นอ่างเก็บน้ำ
5. เพื่อหาช่วงเวลาที่วิกฤติต่อการขาดแคลนน้ำในการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoirs Operations)

ช่วงเวลาที่ใช้ในการวางแผนอาจเป็นปี เดือน สัปดาห์ หรือวัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งานและข้อมูลที่มีอยู่

## การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

วรารุช (2538) กล่าวว่า การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operations) หมายถึง การเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำ และการส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ โดยมีการวางแผนการล่วงหน้าว่าจะเก็บกัก และส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาเป็นปริมาณเท่าใด และมีการปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ตราบนานเท่าที่สภาพในอนาคตเป็นไปได้ตามที่คาดคะเนไว้ ถ้าสภาพในอนาคตต่างจากที่คาดคะเนไว้ในตอนวางแผนการปฏิบัติการอาจต่างจากแผนที่วางไว้ เพื่อลดสถานะการขาดแคลนน้ำ หรือน้ำไหลล้นอ่างเก็บน้ำ

สิ่งสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จหรือความล้มเหลวของการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ คือ การคาดคะเนปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในช่วงระยะเวลาที่วางแผนล่วงหน้า เช่น ในช่วง 12 เดือน

ข้างหน้า ถ้าสามารถรู้ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือนในช่วง 12 เดือนข้างหน้า การวางแผนการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำจะทำได้ง่ายๆ โดยขั้นแรกจะสมมติแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ แล้วจึงทำการวิเคราะห์สมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือนอย่างต่อเนื่องตลอด 12 เดือน ผลการวิเคราะห์สมดุลของน้ำจะทำให้ทราบว่าควรจะเก็บกักน้ำในแต่ละเดือนเท่าใด และเมื่อใดถ้ามีการขาดแคลนน้ำหรือการไหลล้นอ่างเก็บน้ำเป็นจำนวนมาก สิ่งนี้จะเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำและการเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำยังไม่ดีพอ ควรต้องมีการปรับแผนการใช้น้ำและการกักเก็บน้ำใหม่เพื่อไม่ให้เกิดการขาดแคลนน้ำและการไหลล้นอ่างเก็บน้ำ หรือให้เกิดน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ (วรารุช, 2538)

เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำมีหลายแบบ แต่ละแบบจะบอกปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยจากอ่างเก็บน้ำหรือไม่ก็ต้องบอกปริมาณน้ำที่เก็บกักในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาต่างๆ ของปี ซึ่งเรียกว่า โค้งการปฏิบัติงาน (Rule Curves) หรือบางประเภทจะแบ่งปริมาตรอ่างเก็บน้ำออกเป็นโซนต่างๆ แต่ละโซนจะมีนโยบายการปล่อยน้ำ (Release Policy) ต่างกันออกไป (วรารุช, 2541)

เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ และใช้เป็นแนวทางเพื่อลำดับรายละเอียดในการวิเคราะห์ระหว่างเงื่อนไขทางอุทกวิทยาและความต้องการน้ำ (วิระพล, 2538)

โค้งกฎการปฏิบัติงาน (Rule Curves) เป็นตัวบ่งชี้ถึงขอบเขตปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในแต่ละโซนซึ่งมีวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน การตัดสินใจปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำขึ้นอยู่กับสภาวะการณ์ปัจจุบันของระบบ และช่วงเวลาในการปฏิบัติงาน (Chaiyasing, 1997)

Vudhivanich (1996) โดยทั่วไปแล้วการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำในปัจจุบันนิยมใช้ Rule Curves หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Guide Curves ซึ่งเป็นกลุ่มของกฎการปฏิบัติงานที่ตั้งไว้ล่วงหน้า เพื่อกำหนดการปล่อยน้ำตามระดับเก็บกักของอ่างเก็บน้ำในขณะนั้น Rule Curves ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลในช่วงวิกฤตเป็นสำคัญ นอกจากนี้ Rule Curves ยังสร้างความเชื่อมั่นว่าน้ำในอ่างเก็บน้ำจะเพียงพอตามความต้องการในอนาคต โดยที่ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในอนาคตจะต้องไม่วิกฤติมากไปกว่าข้อมูลปริมาณการไหลเข้าในอดีต เมื่อทราบสภาวะของอ่างเก็บน้ำในปัจจุบันแล้ว ผู้ปฏิบัติงาน (Operator) อาจจะตัดสินใจปล่อยน้ำตาม Rule Curves และตามประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเอง

## คำจำกัดความของค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ

เฉลิมพล (2547) ได้กล่าวถึง ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ระดับต่าง ๆ ดังนี้

### ระดับน้ำเก็บกักต่ำสุด (Minimum Pool Level)

คือ ระดับน้ำต่ำสุด ซึ่งสามารถเอาน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำไปใช้ได้ ระดับนี้จะเป็นตัวกำหนดระดับปากของอาคารทางออก (Outlet) ตัวที่อยู่ต่ำที่สุด ปริมาตรอ่างเก็บน้ำที่อยู่ต่ำกว่าระดับเก็บกักต่ำสุดนี้ เรียกว่าปริมาตรสูญเปล่า (Dead Storage)

### ระดับเก็บกักปกติ (Normal Pool Level)

คือ ระดับเก็บกักสูงสุดของอ่างเก็บน้ำในการปฏิบัติงานตามปกติ (Normal Operation) บางครั้งเรียกว่าระดับน้ำสูงสุดปกติ (Normal High Water Level) ระดับนี้จะเป็นตัวกำหนดระดับสันทางระบายน้ำล้นแบบไม่มีประตูควบคุม ปริมาตรเก็บกักที่อยู่ระหว่างน้ำเก็บกักต่ำสุดและระดับเก็บกักปกติ เรียกว่าปริมาตรใช้การ (Active Storage)

### ระดับเก็บกักสูงสุด (Maximum Water Surface)

คือระดับน้ำสูงสุดที่จะยอมให้เกิดขึ้นในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาที่มีน้ำท่วมขนาดใหญ่เคลื่อนตัวเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ ปริมาตรอ่างเก็บน้ำที่อยู่ระหว่างระดับน้ำสูงสุดและระดับเก็บกักปกติ เรียกว่า ปริมาตรเก็บกักน้ำส่วนเกิน (Surcharge Storage) เป็นปริมาตรอ่างเก็บน้ำที่ทำหน้าที่หน่วงคลื่นน้ำท่วมไม่ให้เคลื่อนที่ไปทางด้านท้ายน้ำเร็วและมีอัตรามากเกินไปจนก่อให้เกิดน้ำท่วมทางด้านท้ายน้ำ

### ระดับควบคุมตอนบน (Upper Rule Curve)

คือระดับน้ำตอนบนที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานของอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน จำเป็นต้องรักษาระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำไม่ให้มีระดับน้ำสูงเกินกว่าระดับควบคุมตอนบน ทั้งนี้เพื่อสำรองปริมาณน้ำที่อยู่ระหว่างระดับควบคุมตอนบนกับระดับเก็บกักสูงสุดไว้สำหรับป้องกันน้ำท่วม

### ระดับควบคุมตอนล่าง (Lower Rule Curve)

คือ ระดับน้ำที่ควบคุมต่ำสุดในอ่างเก็บน้ำของแต่ละเดือนที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานไม่ให้ระดับน้ำต่ำกว่าระดับควบคุมตอนล่าง ทั้งนี้เพื่อที่จะสำรองปริมาณน้ำที่อยู่ระหว่างระดับควบคุมตอนล่างกับระดับเก็บกักต่ำสุดไว้สำหรับการเพาะปลูกในช่วงฤดูแล้งที่มีการขาดแคลนน้ำ

## โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL

MySQL เป็นโปรแกรมบริหารจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) ที่มีประสิทธิภาพและความสามารถในการบริหารจัดการฐานข้อมูลสูง พัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมโดย MySQL AB ซึ่งเป็นบริษัทผู้เริ่มก่อตั้งและผู้พัฒนาหลัก MySQL AB เริ่มก่อตั้งในประเทศสวีเดน โดย David Axmark Allan Larsson และ Michael “Monty” Widenius ในการใช้งานโปรแกรมโดยทั่วไปไม่เสียค่าใช้จ่ายในการซื้อหรือใช้งานโปรแกรม สามารถศึกษารายละเอียดและทดลองใช้งานได้ที่ [www.mysql.com](http://www.mysql.com) คุณลักษณะที่สำคัญของ MySQL มีดังนี้ (MySQL AB, 2008)

1. เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) รองรับภาษา SQL มาตรฐาน Store Procedure View และรองรับการทำงานได้หลายภาษา
2. ใช้การบริหารจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relation Database Management System) ทำให้สามารถแบ่งตารางข้อมูล (Table) เป็นตารางย่อยๆ ซึ่งสะดวกต่อการบริหารจัดการ
3. เป็นโปรแกรมประเภทเปิดเผยรหัส (Open Source) ทำให้สามารถพัฒนาหรือปรับปรุงให้เหมาะสมกับความต้องการได้
4. การทำงานในส่วนของ Server มีความเร็วสูง น่าเชื่อถือและใช้งานง่าย
5. รองรับการทำงานได้หลากหลายรูปแบบ เช่น Client/Server หรือติดตั้งเป็นส่วนหนึ่งของระบบปฏิบัติการ และรองรับระบบปฏิบัติการหลายรูปแบบ เช่น Windows Unix Linux เป็นต้น

6. มีโปรแกรมเสริมเพื่อใช้งานโปรแกรม MySQL เป็นจำนวนมาก และหลายโปรแกรมสามารถใช้งานได้ฟรี

คุณลักษณะที่สำคัญของโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL คือ

1. ใช้ตัวแปลภาษา (Compiler) C และ C++ ในการพัฒนา
2. มีการทดสอบจากผู้พัฒนาและผู้ใช้งานจากทั่วโลก
3. รองรับการทำงานหลายระบบปฏิบัติการ
4. พัฒนาโปรแกรมแบบ Multi Layer และมีส่วนประกอบของโปรแกรม (Module) แยกส่วนกันทำให้สะดวกต่อการปรับปรุงโปรแกรม
5. รองรับการทำงานแบบ Multiple Thread ทำให้การทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหลาย CPU มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
6. รองรับการจัดการฐานข้อมูลแบบ Transaction และ Non-transaction
7. มีการทำงานที่รวดเร็วและการบริหารจัดการหน่วยความจำ (Memory Management) ที่ดี
8. รองรับการทำงาน Store Procedure Store Function และ View ซึ่งช่วยให้การบริหารจัดการฐานข้อมูลมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

### พันธุกรรมคอมพิวเตอร์

กัมปนาท (2547) กล่าวว่า ในอดีตแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่ต้องการคำตอบที่ละเอียดอยู่เสมอๆ วิธีการอย่างกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) หรือวิธีการแคลคูลัส (Calculus Based Method) ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ในการแก้ปัญหาค้นหาค่าเหมาะสมที่สุด (Optimization Problem) แต่เมื่อประสบกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น ปัญหาไม่เป็นเชิงเส้นตรง พื้นที่ในการค้นหาคำตอบ (Search Space) มีขนาดใหญ่หรือมีความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuities) หรือมีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดหลายๆ ค่า (Sub-optimum peaks) ทำให้ต้องมีการพัฒนาเทคนิควิธีการแก้ปัญหาใหม่ๆ ออกมามากขึ้น เช่น Non-linear Programming, Dynamic Programming รวมถึงการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ซึ่งเป็นเครื่องมือสมัยใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหามีความซับซ้อน ให้ผลลัพธ์ที่ทัดเทียมหรือดีกว่าวิธีการดั้งเดิม แต่มีความรวดเร็วประหยัดเวลา และใช้งานสะดวกมากกว่าเดิม

พันธุกรรมคอมพิวเตอร์หรือ Genetic Algorithms (GAs) เป็นปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้ในการค้นหาค่าสูงสุด ต่ำสุด หรือค่า optimum (Optimization Problem) ของฟังก์ชันใดๆ ที่ต้องการ ไม่ว่าจะฟังก์ชันดังกล่าวจะเป็นแบบเส้นตรง (Linear) หรือไม่เป็นเส้นตรง (Non Linear) ก็ตาม (กัมปนาท, 2544)

GAs ถูกคิดค้นขึ้นครั้งแรกโดย John Holland ในปี ค.ศ. 1971 และตีพิมพ์เผยแพร่ในหนังสือชื่อ “Adaptation in Natural and Artificial Systems” ในปี ค.ศ. 1975 และมีการนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการหาความเหมาะสมในหลายๆ แขนงวิชาเรื่อยมา ไม่ว่าจะเป็นวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ การวิจัยดำเนินการ อุตสาหกรรม ชีววิทยา ฟิสิกส์ การแพทย์ การบริหารธุรกิจ เป็นต้น (กัมปนาท, 2544)

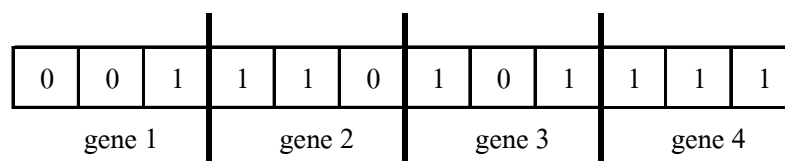
ในด้านการจัดการทรัพยากรน้ำก็เช่นเดียวกัน GA เข้ามามีบทบาทในการวิจัยด้านปฏิบัติการระบบอ่างเก็บน้ำ การจัดสรรน้ำในระบบชลประทาน การจัดการน้ำใต้ดิน คุณภาพน้ำใต้ดิน ระบบท่อส่งน้ำ การออกแบบระบบท่อส่งน้ำ แบบจำลองทางอุทกวิทยา เป็นต้น (กัมปนาท, 2544)

สำหรับตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation) นั้น Wardlaw and Sharif (1999) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลอง GA ขึ้นและทำการทดสอบแบบจำลองนั้นในระบบทดสอบที่มีชื่อว่า Four-reservoir Problem ซึ่งเป็นระบบอ่างเก็บน้ำที่ประกอบไปด้วยอ่างเก็บน้ำ 4 แห่งเชื่อมต่อกันทั้งในแบบอนุกรมและขนานโดยฟังก์ชันเป้าหมายที่ใช้ นั่นคือการหาค่าสูงสุด (Maximization) ของผลรวมผลประโยชน์ที่ได้รับจากการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าและการชลประทาน โดย Wardlaw and Sharif (1999) พบว่าแบบจำลอง GA ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีคือสามารถจัดการปล่อยน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำให้เกิดผลประโยชน์รวมสูงสุด

จากการที่มีงานวิจัยทางด้านการประยุกต์ใช้ GA กับการจัดการทรัพยากรน้ำที่ประสบความสำเร็จมากมาย จึงได้มีการนำ GA มาทดลองใช้กับกรณีศึกษาในประเทศไทย

## หลักการพื้นฐานของพันธุกรรมคอมพิวเตอร์

กัมปนาท (2547) กล่าวว่า พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ หรือ Genetic Algorithms (GAs) เป็นวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่เลียนแบบกลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติ ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติ กล่าวคือ ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) ของปัญหาจะถูกแทนค่าโดยแถวของตัวเลข (String) หรือเรียกโดยใช้คำศัพท์ทางชีววิทยาว่าโครโมโซม (Chromosome) GA จะทำการสร้างโครโมโซมขึ้นมาชุดหนึ่งเรียกว่า Population โดยแต่ละโครโมโซมจะประกอบด้วยตัวเลขไบนารี (Binary Bits) คือ 0 และ 1 จากภาพที่ 2 แต่ละจินประกอบไปด้วยเลขไบนารี 3 ตัวหรือเรียกว่า 3 อัลลีลส์ (Alleles) ซึ่งเมื่อถอดรหัสแล้วจะได้ค่าของตัวแปรตัดสินใจออกมา ซึ่งอาจจะเป็นจำนวนจริง (Real-Value) จำนวนเต็ม (Integer) เซต (Set) หรือเมตริกซ์ (Matrix) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับผู้ศึกษาเป็นผู้กำหนดให้เหมาะสมกับปัญหา แต่ GA ในยุคหลังนิยมใช้จำนวนจริง (Real-Value) แทนการใช้เลขแบบไบนารี ทำให้โครโมโซมสั้นลงเพราะไม่ต้องแบ่งจินเป็นหลายๆ อัลลีลส์



ภาพที่ 2 ตัวอย่างโครโมโซมที่ประกอบด้วยจิน 4 ตัว จินแต่ละตัวประกอบด้วยตัวเลขไบนารี 3 ตัว  
ที่มา: กัมปนาท (2544)

เมื่อทำการถอดรหัสจินทุกตัวในโครโมโซมออกมาเป็นตัวแปร และทำการแทนค่าตัวแปรเหล่านั้นลงไปในฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) แล้ว โครโมโซมหนึ่งก็จะให้ผลลัพธ์ออกมาเรียกว่าค่าที่เป็นไปได้ (Possible Solution) แต่อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา โครโมโซมเหล่านี้จะต้องผ่านกระบวนการของ GA ซึ่งเป็นกระบวนการที่เลียนแบบกลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติอีก 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการคัดเลือก (Selection Operation) ขั้นตอนการแลกเปลี่ยนจิน (Crossover Operation) และขั้นตอนการดัดแปลงจิน (Mutation Operation)

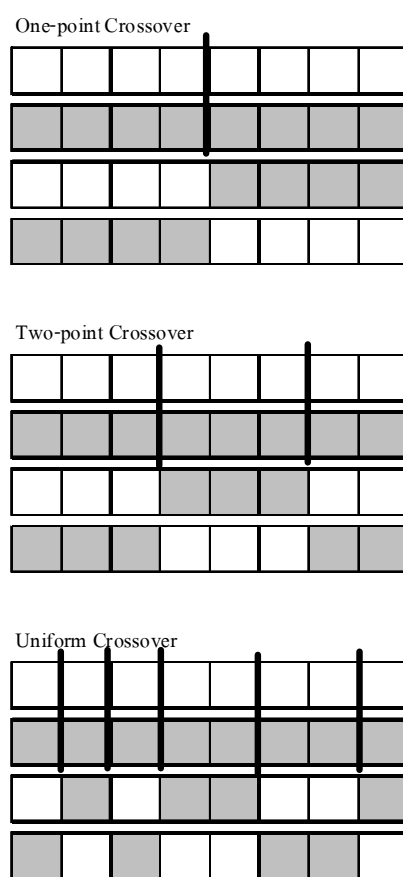
### ขั้นตอนการคัดเลือก (Selection Operation)

หลักการของขั้นตอนการคัดเลือกก็คือ โครโมโซมที่มีค่า Fitness ดีกว่าใน Population (สูงกว่าหรือต่ำกว่าแล้วแต่ประเภทของปัญหา) จะมีโอกาสถูกคัดเลือกให้เข้าไปสู่กระบวนการในขั้นตอนถัดไปมากที่สุด วิธีที่ใช้กันโดยทั่วไปเรียกว่า Proportional Selection (Goldberg, 1989) ซึ่งกำหนดค่าความเป็นไปได้ในการถูกคัดเลือก (Probability of Selection,  $P_i$ ) ให้กับแต่ละโครโมโซมเท่ากับสัดส่วนของค่า Fitness ของโครโมโซมนั้นเทียบกับผลรวมของค่า Fitness ของโครโมโซมทั้งหมดใน Population

นอกจากนี้ยังมีวิธีการคัดเลือกแบบอื่นที่นิยมใช้กัน ได้แก่ Rank Selection (Michalewicz, 1996) ที่ทำการกำหนดค่าความเป็นไปได้ในการถูกคัดเลือกให้กับแต่ละโครโมโซมตามลำดับมากน้อยของค่า Fitness และ Tournament Selection (Goldberg and Deb, 1991) ที่ทำการแบ่งโครโมโซมออกเป็นกลุ่มย่อยๆ และทยอยคัดเลือกจากกลุ่มย่อยเหล่านั้นจนครบตามจำนวนที่ต้องการ

### ขั้นตอนการแลกเปลี่ยนยีน (Crossover Operation)

ขั้นตอนนี้จะทำการสุ่มเลือกโครโมโซมใน Population นั้น มาทำการจับคู่แลกเปลี่ยนยีนกัน โดยโอกาสที่แต่ละโครโมโซมจะถูกสุ่มขึ้นมาจับคู่กันขึ้นอยู่กับค่า Probability of Crossover ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ผู้ศึกษานำเข้าสู่กระบวนการ ส่วนประเภทของ Crossover จำแนกไว้โดย Goldberg (1989) และ Michalewicz (1996) ว่ามีอยู่ 3 ประเภทคือ 1) Crossover 1 ตำแหน่ง (One-point Crossover) ซึ่ง จะทำการแลกเปลี่ยนยีนของโครโมโซมที่ถูกจับคู่กัน ณ ตำแหน่งยีนที่ถูกสุ่มขึ้นมาจนถึงยีนในตำแหน่งสุดท้าย 2) Crossover 2 ตำแหน่ง (Two-point Crossover) จะทำการแลกเปลี่ยนยีนที่อยู่ระหว่างตำแหน่งทั้ง 2 ที่ถูกสุ่มขึ้นมา และ 3) Crossover หลายตำแหน่ง (Uniform Crossover) นั้น ยีนที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันของโครโมโซมที่ถูกจับคู่กันจะถูกสุ่มให้มีการแลกเปลี่ยนกันแบบยีนต่อยีน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตัวอย่างขั้นตอนการแลกเปลี่ยนยีน (Crossover)

ที่มา: กัมปนาท (2544)

#### ขั้นตอนการตัดแปลงยีน (Mutation Operation)

ขั้นตอนนี้ยีนจะถูกสุ่มตัดแปลงให้ผิดแปลกไปจากเดิมโดยสิ้นเชิงและความเป็นไปได้ที่ยีนจะถูกสุ่มขึ้นมาทำการตัดแปลงนั้นขึ้นอยู่กับค่า Probability of Mutation ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ผู้ศึกษานำเข้าสู่กระบวนการใน GAs ที่ใช้รหัสแบบไบนารี การตัดแปลงยีนจะกระทำโดยการเปลี่ยนค่า 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0

สำหรับ GAs ที่ใช้รหัสแบบจำนวนจริง (Real-Value Coding) นั้น มีรูปแบบการตัดแปลงยีนที่มีรายละเอียดมากกว่าแบบไบนารีมากมาย โดย Michalewicz (1996) ได้จำแนกไว้ 3 แบบ คือ 1) Uniform Mutation ซึ่งค่าของยีนจะถูกตัดแปลงภายในพิสัย (Range) ที่กำหนด 2) Non-uniform Mutation ซึ่งจะตัดแปลงยีนด้วยค่าที่ค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ ใน Generation ถัดๆ ไปของกระบวนการ GAs 3) Modified Uniform Mutation ซึ่งค่าของยีนจะถูกตัดแปลงโดยค่าคงที่เพียงค่า

เดียว ตัวอย่างขั้นตอนการตัดแปลงจีน แสดงดังภาพที่ 4 โดย Parent คือ โครโมโซมก่อน Mutation Child คือ โครโมโซมหลัง Mutation จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงจีนบางตัว

|        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| parent | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |   |   |
| child  | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

#### ภาพที่ 4 ตัวอย่างการ Mutation

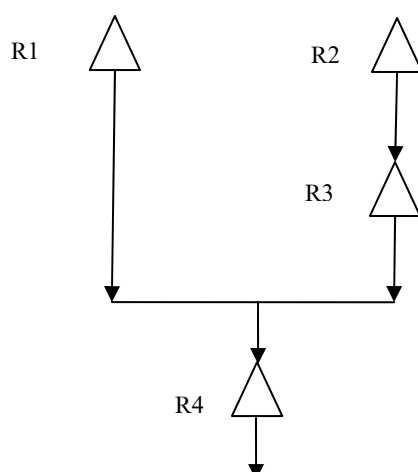
ที่มา: Eiben and Smith (n.d.)

เมื่อผ่านขั้นตอนทั้งสามเรียบร้อยแล้วจะได้โครโมโซมชุดใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม โครโมโซมชุดนี้จะถูกแทนที่โครโมโซมชุดเดิมกลายเป็น Population ใหม่ กระบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่าเป็นหนึ่ง Generation จากนั้น GAs จะดำเนินการกระบวนการทั้งหมดกับ Population ใหม่ อีกครั้งหนึ่ง และกระทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะครบตามจำนวน Generation ที่ผู้ศึกษากำหนด และได้ชุดของโครโมโซมที่ทำให้ค่าของ Fitness ที่ดีที่สุดในตอนท้ายของกระบวนการ GA

#### การประยุกต์ใช้พันธุกรรมทางคอมพิวเตอร์กับการปล่อยน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ

งานวิจัยของ Wardlaw and Sharif (1999)

ในการประยุกต์ใช้ GAs กับการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำพบว่า งานวิจัยของ Wardlaw and Sharif (1999) เป็นงานวิจัยชิ้นสำคัญที่บุกเบิกการนำ GA มาใช้กับปัญหาการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ โดย Wardlaw and Sharif (1999) ได้ใช้ระบบทดสอบที่มีชื่อว่า Four-reservoir Problem ของ Larson (1968) ในการศึกษาครั้งนี้ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ระบบอ่างเก็บน้ำ 4 แห่ง (Four-reservoir Problem)

ที่มา: Wardlaw and Sharif (1999)

Four-reservoir Problem กำหนดให้มีอ่างเก็บน้ำทั้งหมด 4 แห่งเชื่อมต่อกันดังภาพที่ 5 อ่างเก็บน้ำทั้ง 4 แห่งสามารถระบายน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ และเฉพาะอ่างเก็บน้ำที่ 4 เท่านั้นที่มีการระบายน้ำเพื่อการชลประทาน มีปริมาณน้ำไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำที่ 1 และ 2 เท่ากับ 2 และ 3 หน่วย ตามลำดับในทุก ๆ ช่วงเวลา ปริมาณน้ำตั้งต้นของอ่างเก็บน้ำทั้ง 4 แห่งเท่ากับ 5 หน่วย ปริมาณเก็บกักสูงสุด (Maximum Storage) ของอ่างเก็บน้ำที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 10 หน่วย และของอ่างเก็บน้ำที่ 4 เท่ากับ 15 หน่วย ส่วนปริมาณเก็บกักต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำทั้ง 4 แห่ง กำหนดให้เท่ากับ 0 หน่วย ปริมาณการระบายน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำที่ 1 เท่ากับ 3 หน่วย ของอ่างเก็บน้ำที่ 2 และ 3 เท่ากับ 4 หน่วย และของอ่างเก็บน้ำที่ 4 เท่ากับ 7 หน่วย โดยกำหนดให้ฟังก์ชันสมมูลของอ่างเก็บน้ำดังสมการที่ 12

$$S_i(t+1) = S_i(t) + I_i(t) + MR_i(t) \quad \text{--- (12)}$$

โดยที่  $S_i(t)$  = ปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเก็บน้ำที่  $i$  ในช่วงเวลาที่  $t$

$I_i(t)$  = ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่  $i$  ในช่วงเวลาที่  $t$

$R_i(t)$  = ปริมาณน้ำที่ระบายจากอ่างเก็บน้ำที่  $i$  ในช่วงเวลาที่  $t$

$M$  = เมตริกซ์  $n \times n$  ของการเชื่อมต่อกันของอ่างเก็บน้ำภายในระบบแสดง ดังภาพที่ 6

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

ภาพที่ 6 เมตริกซ์  $n \times n$  ของการเชื่อมต่อกันของอ่างเก็บน้ำ

ที่มา: Wardlaw and Sharif (1999)

เป้าหมายของปัญหา Four-reservoir Problem นี้คือทำให้การปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำทั้ง 4 แห่งเกิดผลประโยชน์สูงสุดภายใน 12 ช่วงเวลา นอกจากนี้ยังได้กำหนดปริมาณเก็บกักเป้าหมายเอาไว้ด้วยว่าหลังจากผ่านไป 12 ช่วงเวลาแล้วอ่างเก็บน้ำที่ 1, 2 และ 3 จะต้องมีความน้ำเหลืออยู่เท่ากับ 5 หน่วย ส่วนอ่างเก็บน้ำที่ 4 จะต้องมีความน้ำคงเหลือ 7 หน่วย ดังนั้นฟังก์ชันเป้าหมายของ Four-reservoir Problem แสดงดังสมการที่ 13 (Wardlaw and Sharif, 1999)

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{t=0}^{11} b_i(t)R_i(t) + \sum_{t=0}^{11} b_5(t)R_4(t) + \sum_{i=1}^4 g_i[S_i(12), d_i] \quad \text{--- (13)}$$

โดยที่  $b_i(t)$  = ผลประโยชน์ (Benefit) จากการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำที่  $i$  ในช่วงเวลาที่  $t$  ซึ่งกำหนดไว้ใน Larson (1968)

$d_i$  = ปริมาณน้ำเก็บกักเป้าหมายหลังจากผ่านไป 12 ช่วงเวลา

$g_i$  = Penalty Function

โดย  $g_i[S_i(12), d_i]$  มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อ  $S_i(12) > d_i$  และ  $g_i[S_i(12), d_i]$  มีค่าเท่ากับ  $-40[S_i(12) - d_i]^2$  เมื่อ  $S_i(12) < d_i$

ผลการศึกษาของ Wardlaw and Sharif (1999) ได้ทำการประมวลผลโดยใช้แบบจำลอง GA และปรากฏว่า จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของ GA ได้รูปแบบและพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือ ใช้การเข้ารหัสแบบจำนวนจริงหรือ Real-value Coding โดยใน 1 โครโมโซมจะมีทั้งหมด  $4 \times 12 = 48$  จิน (อ่างเก็บน้ำ 4 แห่ง 12 ช่วงเวลา) กำหนดขนาดของ Population ให้เท่ากับ 100 จำนวน Generation ที่ทำการ Run เท่ากับ 500 ใช้การคัดเลือกแบบ Tournament Selection ใช้การแลกเปลี่ยนจินแบบ Uniform Crossover โดยใช้ Probability of

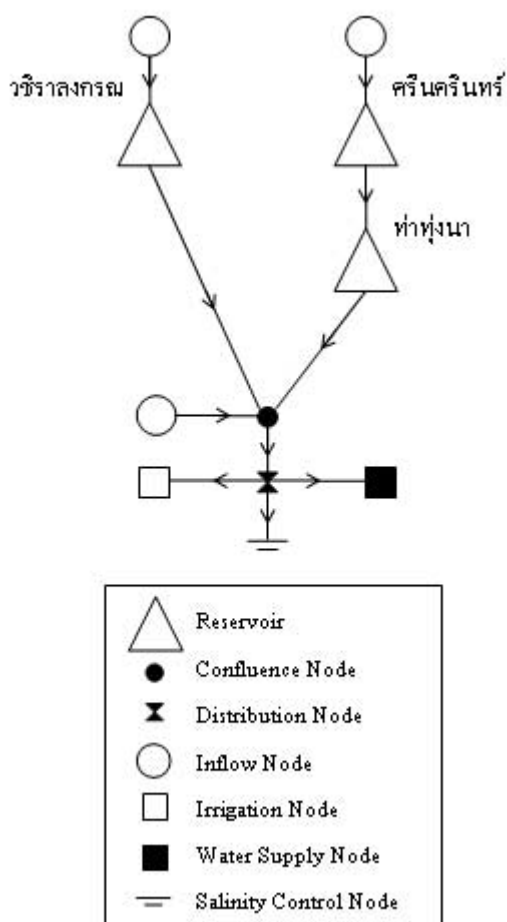
Crossover เท่ากับ 0.7 ใช้การดัดแปลงจินแบบ Modified Uniform Mutation โดยใช้จำนวนการดัดแปลงเท่ากับ 1 จินต่อโครโมโซม หรือ Probability of Mutation เท่ากับ 0.02

ผลการศึกษาโดยใช้ GA ให้ผลประโยชน์จากการปล่อยน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ Four-reservoir Problem เท่ากับคำตอบที่ Larson (1968) แสดงไว้โดยใช้วิธี Linear Programming ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ GA ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาได้เป็นอย่างดี

การประยุกต์ใช้พันธุกรรมทางคอมพิวเตอร์กับระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง

คณิตสร และคณะ (2548) ได้นำ GA มาประยุกต์ใช้กับระบบอ่างเก็บน้ำจริงในประเทศไทย โดยทำการศึกษาการปล่อยน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำแม่กลองและสร้างโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Rule Curve) ขึ้นโดยใช้แบบจำลอง GA เปรียบเทียบกับโค้งปฏิบัติการเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งสร้างขึ้นโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) ที่ชื่อว่า HEC-3 Model - Reservoir System Analysis for Conservation ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Hydrologic Engineering Center (HEC), U.S. Army, Corps of Engineers ในปี ค.ศ. 1974 และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT) ได้นำมาปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งานมากยิ่งขึ้น (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544)

ระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำแม่กลองประกอบไปด้วยอ่างเก็บน้ำ 3 แห่งคือ อ่างเก็บน้ำวชิราลงกรณ์ ที่ทำการกักเก็บน้ำจากแม่น้ำแควน้อย อ่างเก็บน้ำศรีนครินทร์และอ่างเก็บน้ำท่าทุ่งนาที่กักเก็บน้ำจากแม่น้ำแควใหญ่ โดยอ่างเก็บน้ำทั้งสามแห่งใช้ประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และมีการผันน้ำไปใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค ผันน้ำไปใช้เพื่อการชลประทานในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ในด้านการป้องกันการรุกตัวของน้ำเค็มที่บริเวณปากแม่น้ำแม่กลองอีกด้วย แผนภูมิระบบลุ่มน้ำแม่กลองแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำแม่กลอง

ที่มา: คณิศร และคณะ (2548)

การศึกษาการปล่อยน้ำจากระบบลุ่มน้ำแม่กลองโดยใช้ GA ได้ใช้ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับฟังก์ชันของ Wardlaw and Sharif ดังสมการที่ 14

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^N E_i(t) P_i(t) - \sum_{j=1}^2 k_j P_j \quad \text{--- (14)}$$

โดยที่  $n$  คือ จำนวนอ่างเก็บน้ำ

$N$  คือ ช่วงเวลา

$E_i(t)$  คือ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากอ่างเก็บน้ำที่  $i$  ในช่วงเวลาที่  $t$

- $P_i(t)$  คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นล้านกิโลวัตต์ จากอ่างเก็บน้ำที่  $i$  ในช่วงเวลาที่  $t$
- $k_j$  คือ Penalty Factor ของ  $P_j$
- $P_j$  คือ Penalty Function ในกรณีที่ไม่สามารถส่งน้ำให้กับความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน ( $j = 1$ ) และเพื่อการป้องกันการรุกตัวของน้ำเค็ม ( $j = 2$ ) ได้ โดยกำหนดให้

$$P_j = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^N [d_{j,i}(t) - x_{j,i}(t)]^2 \quad \text{--- (15)}$$

- โดยที่  $d_{j,i}(t)$  คือ ความต้องการน้ำที่  $j$  จากอ่างเก็บน้ำที่  $i$  ในช่วงเวลาที่  $t$
- $x_{j,i}(t)$  คือ ปริมาณน้ำที่อ่างเก็บน้ำที่  $i$  ส่งให้ความต้องการน้ำที่  $j$  ในช่วงเวลาที่  $t$

เป้าหมายของปัญหาการปล่อยน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำแม่กลองคือการทำให้การปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำทั้ง 3 แห่งเกิดผลประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุดและสามารถส่งน้ำให้กับความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การชลประทาน และการป้องกันการรุกตัวของน้ำเค็มได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายใน 12 ช่วงเวลา คือ 12 เดือน การส่งน้ำให้กับความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคถือเป็นความต้องการน้ำที่มีลำดับความสำคัญสูงสุด จึงได้ทำการกำหนดเป็นเงื่อนไขบังคับไม่ให้เกิดความขาดแคลนน้ำเพื่อการนี้โดยเด็ดขาด ในกระบวนการ GA จะทำการกำหนดไว้เป็นปริมาณน้ำที่จะต้องระบายขั้นต่ำของแต่ละอ่างเก็บน้ำ ส่วนความต้องการน้ำด้านการชลประทานและการป้องกันการรุกตัวของน้ำเค็มจะถูกกำหนดให้อยู่ในรูป Penalty Function ซึ่งถ้าหากสามารถส่งน้ำให้เพียงพอกับความต้องการ Penalty Function จะมีค่าเท่ากับ 0 แต่หากไม่เพียงพอหรือส่งไปมากเกินไปเกินความต้องการจะทำให้ Penalty Function มีค่ามากกว่า 0 และนำค่านี้ไปหักออกจากค่าที่คำนวณได้จากฟังก์ชันเป้าหมาย ซึ่งจะส่งผลให้ Fitness มีค่าลดน้อยลง

เงื่อนไขบังคับ (Constraints) ของปัญหาได้แก่ ปริมาณน้ำเก็บกัก ( $S_t$ ) ที่จะต้องอยู่ระหว่างปริมาณเก็บกักสูงสุด ( $S_{t,max}$ ) และปริมาณเก็บกักต่ำสุด ( $S_{t,min}$ ) และปริมาณการระบายน้ำ ( $R_t$ ) ที่จะต้องอยู่ระหว่างปริมาณการระบายน้ำสูงสุด ( $R_{t,max}$ ) และปริมาณการระบายน้ำต่ำสุด ( $R_{t,min}$ )

นอกจากนี้ยังมีเงื่อนไขบังคับทางด้านสมดุลอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Balance) เพื่อให้พลวัตของระบบ (System Dynamics) ดำเนินไปโดยสมบูรณ์ดังสมการที่ 16

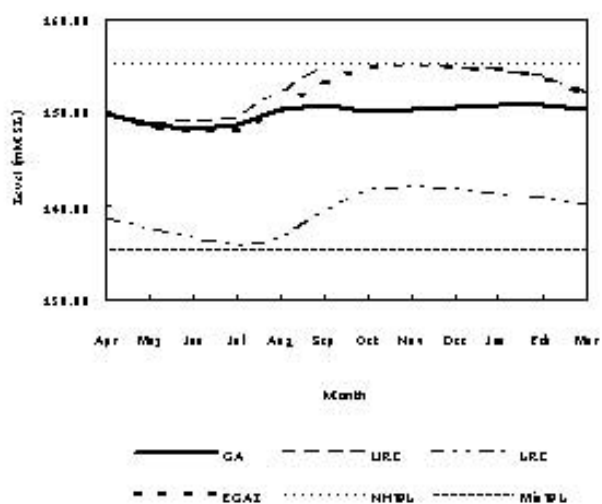
$$S_i(t+1) = S_i(t) + I_i(t) + MR_i(t) - E_i(t) \quad \text{--- (16)}$$

โดยที่  $E_i(t)$  คือ ปริมาณการระเหยสุทธิของอ่างเก็บน้ำที่  $i$  ในช่วงเวลาที่  $t$

การศึกษานี้ได้ใช้รูปแบบของ GA ตามที่ Wardlaw and Sharif (1999) ได้ทำการเสนอแนะเอาไว้คือ การเข้ารหัสแบบจำนวนจริง (Real-value Coding) การคัดเลือกแบบ Tournament Selection การแลกเปลี่ยนยีนแบบ Uniform Crossover และการดัดแปลงยีนแบบ Modified Uniform Mutation ความยาวของโครโมโซมเท่ากับ  $3 \times 12 = 36$  ยีน (อ่างเก็บน้ำ 3 แห่ง 12 ช่วงเวลา)

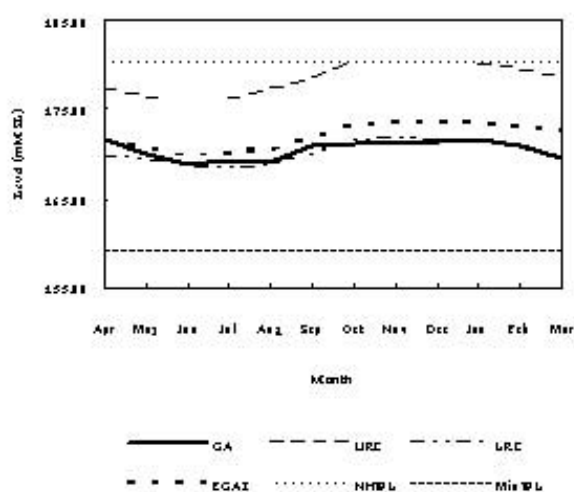
ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมคือ Probability of Crossover เท่ากับ 0.9 Probability of Mutation เท่ากับ 0.139 หรือเท่ากับ การดัดแปลง 5 ยีนต่อหนึ่งโครโมโซม และขนาดของ Population ตั้งแต่ 160 ขึ้นไป

ภาพที่ 8 และ ภาพที่ 9 แสดงการนำผลการศึกษาจากแบบจำลอง GA มาสร้างเป็นโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำวชิราลงกรณ์และอ่างเก็บน้ำศรีนครินทร์ และเปรียบเทียบกับโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ได้จากการจำลองการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำโดยอาศัยโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบนและล่างของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม HEC-3 Model ส่วนอ่างเก็บน้ำท่าทุ่งนานั้นเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กซึ่งใช้ระดับเก็บกักน้ำสูงสุดและต่ำสุดในการควบคุมแทนการใช้โค้งปฏิบัติการ จึงไม่มีการสร้างโค้งปฏิบัติการด้วย GA ขึ้นมาเปรียบเทียบแต่อย่างใด



ภาพที่ 8 โค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำขีราลงกรณ

ที่มา: คณิศร และคณะ (2548)



ภาพที่ 9 โค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำศรีนครินทร์

ที่มา: คณิศร และคณะ (2548)

จากภาพที่ 8 และภาพที่ 9 แสดงให้เห็นว่าโค้งปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำทั้งสองแห่งที่สร้างขึ้นโดยใช้ GA และใช้แบบจำลองสถานการณ์มีระดับน้ำแตกต่างกันในบางเดือน ซึ่งหมายความว่ามีการระบายน้ำแตกต่างกัน โดยเฉพาะในภาพที่ 9 ที่ระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง GA ในบางเดือนอยู่ในระดับต่ำกว่าโค้งปฏิบัติการล่าง (Lower Rule Curve) แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง GA ซึ่งเป็นแบบจำลองการหาความเหมาะสม (Optimization Model) สามารถระบายน้ำได้มากกว่าระดับ

โค้งปฏิบัติการล่างที่ได้กำหนดไว้เพื่อให้สามารถส่งน้ำให้กับความต้องการด้านต่าง ๆ ได้มากขึ้น โดยไม่ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนนํารุนแรง (คณิต และคณะ, 2548)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความขาดแคลนนํ้าแล้ว ปรากฏว่าการปฏิบัติการอ่างเก็บนํ้าโดยใช้โค้งปฏิบัติการที่ได้จากแบบจำลอง GA จะทำให้เกิดความขาดแคลนนํ้ารายปีทางด้านการชลประทานเพียง 187.67 ล้านลูกบาศก์เมตร และด้านการป้องกันการรุกล้ำของนํ้าเค็มเพียง 323.52 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนการปฏิบัติการอ่างเก็บนํ้าโดยใช้โค้งปฏิบัติการที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จะทำให้เกิดความขาดแคลนนํ้ารายปีทางด้านการชลประทาน 752.28 ล้านลูกบาศก์เมตร และด้านการป้องกันการรุกล้ำของนํ้าเค็ม 388.80 ล้านลูกบาศก์เมตรรุนแรง (คณิต และคณะ, 2548)

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลประโยชน์โดยรวมที่ได้รับโดยคำนวณจากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ผลผลิตทางการเกษตร และการผลิตนํ้าเพื่อการอุปโภคบริโภคแล้ว ปรากฏว่าการปฏิบัติการอ่างเก็บนํ้าโดยใช้โค้งปฏิบัติการที่ได้จากแบบจำลอง GA จะทำให้เกิดผลประโยชน์รายปีรวมเท่ากับ 22,477.05 ล้านบาท ส่วนการปฏิบัติการอ่างเก็บนํ้าโดยใช้โค้งปฏิบัติการที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จะทำให้เกิดผลประโยชน์รายปีรวมเท่ากับ 20,596.24 ล้านบาท ดังแสดงในตารางที่ 12 (คณิต และคณะ, 2548)

**ตารางที่ 12** แสดงผลประโยชน์ที่ได้รับจากการปฏิบัติการอ่างเก็บนํ้าโดยใช้แบบจำลอง GA และแบบจำลองสถานการณ์ในหน่วยล้านบาท

| ผลประโยชน์                      | แบบจำลอง GA | แบบจำลองสถานการณ์ |
|---------------------------------|-------------|-------------------|
| ผลผลิตทางการเกษตร               | 13,323.06   | 11,980.70         |
| การผลิตนํ้าเพื่อการอุปโภคบริโภค | 4,898.88    | 4,898.88          |
| พลังงานไฟฟ้า                    | 4,255.11    | 3,716.66          |
| รวม                             | 22,477.05   | 20,596.24         |

ที่มา: คณิต และคณะ (2548)

## การจัดการน้ำโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอูน

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอูน เป็นโครงการขนาดใหญ่ อยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บกักน้ำซึ่งจะเป็นการช่วยลดปัญหาการเกิดน้ำท่วมพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำ และส่งน้ำให้กับพื้นที่เกษตรกรรมในเขตพื้นที่โครงการฯ

ในปี ค.ศ. 2001 กรมชลประทานได้พัฒนาโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Operation Rule Curve) สำหรับอ่างเก็บน้ำน้ำอูน โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-3 การจัดการอ่างเก็บน้ำน้ำอูนเป็นการผสมผสานกันระหว่างการบริหารจัดการและด้านเทคนิค

Suiadee (2007) กรมชลประทานได้พัฒนาโปรแกรม WASAM (Water Allocation Scheduling and Monitoring) โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอูน และสามารถประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดีในโครงการแม่กลอง และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาของกรมชลประทานอีกหลายแห่ง แต่อย่างไรก็ตามโปรแกรม WASAM ไม่รองรับการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ

Suiadee (2007) ได้ปรับปรุงโปรแกรม WASAM เพื่อเพิ่มความสามารถในการจัดการอ่างเก็บน้ำ โดยได้ผนวกแบบจำลอง GA (Genetic Algorithm) และตั้งชื่อโปรแกรมขึ้นใหม่เป็น WASAM-RGA (Water Allocation Scheduling and Monitoring – Reservoir Operation Using Genetic Algorithms) มีความสามารถในการวางแผนการจัดสรรน้ำระยะสั้นและระยะยาว โดยใช้ข้อมูลโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่ดีที่สุด (Optimal Rule Curve) การพยากรณ์ฝนและน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

Suiadee (2007) ได้ทดสอบการประยุกต์ใช้โปรแกรม WASAM-RGA ที่พัฒนาขึ้นในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอูนกับข้อมูลเป็นระยะเวลา 4 ปี ระหว่าง ค.ศ. 1998-2001 ในการจัดสรรน้ำรายสัปดาห์ ปรับปรุงการทำนายปริมาณฝนและปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยใช้วิธี TDNN (Time Delay Neural Network) สำหรับการวางแผนระยะยาวได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง ARIMA ในการทำนายปริมาณฝนและปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ นอกจากนี้การวางแผนการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง GA โดยมีสมการเป้าหมาย (Objective Function) คือ การปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำโดยให้ผลต่างระหว่างโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Operation Rule Curve) และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าน้อยที่สุด

ผลที่ได้ปรากฏว่าการประยุกต์ใช้แบบจำลอง WASAM-RGA กับโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอูน ประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดีในการวางแผนการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำทั้งแผนระยะสั้นและระยะยาว ขึ้นอยู่กับความต้องการน้ำ ปริมาณฝน และปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ โดยผลจากแบบจำลอง WASAM-RGA ได้ประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงกว่าวิธีการของโครงการฯ ซึ่งใช้อยู่ในปัจจุบัน แบบจำลอง WASAM-RGA ใช้งานง่ายและสามารถนำไปประยุกต์กับอ่างเก็บน้ำแห่งอื่นได้

### การใช้วิธี GRG ในโปรแกรม Premium Solver

Frontline Systems, Inc. (2007) อธิบายถึงโปรแกรม Microsoft Excel มีความสามารถในการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization) โดยใช้เครื่องมือเรียกว่า Excel Solver มีวิธีการพื้นฐานในการหาค่าที่ดีที่สุดดังนี้

1. Smooth Nonlinear      ใช้วิธี GRG (Generalized Reduced Gradient) ในการหาคำตอบ
2. Linear Programming      ใช้วิธี Simplex ในการหาคำตอบ
3. Integer Programming      ใช้วิธี Branch & Bound ในการหาคำตอบ

ทั้งนี้ปัญหาที่อยู่ในรูปแบบ Smooth Nonlinear สามารถใช้ Solver ในโปรแกรม Excel ได้ โดยใช้วิธี GRG (Generalized Reduced Gradient) ในการหาคำตอบ แต่อย่างไรก็ตามเครื่องมือ Solver ในโปรแกรม Excel รองรับตัวแปร (Variable) ได้เพียง 200 ตัว และเงื่อนไข (Constraint) สำหรับใช้ในการกำหนดขอบเขตล่างและขอบเขตบนของตัวแปรได้อีกเพียง 100 ตัวเท่านั้น แต่การวางแผนการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำในการศึกษาครั้งนี้ มีตัวแปรถึง 252 ตัวแปร (21 Reach x 12 เดือน) และมี Constraints จากความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด (Maximum Capacity) และความสามารถในการระบายน้ำน้อยที่สุด (Minimum Capacity) อีกรวม 504 ตัว ทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ไม่สามารถใช้เครื่องมือ Solver ในโปรแกรม Excel ในการแก้ไขปัญหาได้

แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ติดตั้งโปรแกรม Premium Solver Version 8.0 โดยจะช่วยเพิ่มความสามารถของโปรแกรม Excel ให้มีความสามารถในการหาคำตอบที่มีตัวแปร (Variable) และเงื่อนไข (Constraint) เพียงพอสำหรับการจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ

โปรแกรม Premium Solver พัฒนาโดยบริษัท Frontline Systems, Inc. และได้จดลิขสิทธิ์โปรแกรม ผู้สนใจทดลองใช้งานได้ 15 วัน โดยศึกษารายละเอียดและทดลองใช้โปรแกรมได้ที่ [www.solver.com](http://www.solver.com) ผู้ที่ต้องการใช้งานโปรแกรม Premium Solver ต้องติดตั้งโปรแกรม Microsoft Excel ก่อนแล้วติดตั้งโปรแกรม Premium Solver ในภายหลัง คุณสมบัติหรือความสามารถสำคัญของโปรแกรม Premium Solver มีดังนี้

1. ใช้งานง่าย ใช้งานร่วมกับโปรแกรม Microsoft Excel ได้เป็นอย่างดีและมีวิธีการหาค่า Optimization โดยวิธี GRG ซึ่งเป็นมาตรฐานการหาค่า Optimization ในโปรแกรม Microsoft Excel

2. รองรับการหาค่า Optimization หลายรูปแบบได้แก่

2.1 Non-smooth Optimization Problems (NSPs) โดยใช้วิธี Evolutionary Solver รองรับตัวแปร (Variable) สูงสุด 400 ตัว และรองรับเงื่อนไข (Constraint) ขอบเขตของตัวแปรอีก 200 ตัว

2.2 Smooth Nonlinear Optimization Problems (NLPs) โดยใช้วิธี GRG Solver รองรับตัวแปร (Variable) สูงสุด 400 ตัว และรองรับเงื่อนไข (Constraint) ขอบเขตของตัวแปรอีก 200 ตัว

2.3 Linear Programming Problems (LPs) โดยใช้วิธี Simplex Solver รองรับตัวแปร (Variable) สูงสุด 2,000 ตัว และรองรับเงื่อนไข (Constraint) ขอบเขตของตัวแปรอีก 1,000 ตัว

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้โปรแกรม Premium Solver ในการวางแผนการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ ทั้งนี้ เนื่องจากสามารถเรียกใช้งานโปรแกรมได้โดยตรงจากโปรแกรม Microsoft Excel และมีวิธีการหาค่า Optimization แบบ GRG เช่นเดียวกับ Microsoft Excel ซึ่งหากผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้งานจะสามารถศึกษาได้อย่างรวดเร็ว หากพื้นที่ศึกษามีตัวแปร (Variable) ไม่เกิน 200 ตัว และเงื่อนไขไม่เกิน 200 ตัวจะสามารถประยุกต์ใช้งานโดยโปรแกรม Microsoft Excel ได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

|                                                                                                                      |       |   |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---|-----|
| 1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์<br>(CPU Intel Core Solo 1.86 GHz Ram 2.24 GB<br>Os Windows XP service pack 2) | จำนวน | 1 | ชุด |
| 2. โปรแกรม MySQL Server 5.0                                                                                          | จำนวน | 1 | ชุด |
| 3. โปรแกรม CropWat for Windows Version 4.3                                                                           | จำนวน | 1 | ชุด |
| 4. โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcView GIS)                                                                       | จำนวน | 1 | ชุด |
| 5. โปรแกรม Premium Solver (Trial Version)                                                                            | จำนวน | 1 | ชุด |

### วิธีการ

#### ประเมินปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

การประเมินปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในการศึกษาทำการประเมิน 3 กรณี ได้แก่ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด เฉลี่ยและมากที่สุด โดยใช้วิธีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและพื้นที่ลุ่มน้ำ (วิระพล, 2531) ดังสมการที่ 17

$$Q = kA^n \quad \text{--- (17)}$$

โดย Q คือ ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย มีหน่วยเป็นล้านลูกบาศก์เมตร  
A คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร  
k และ n คือ สัมประสิทธิ์ของสมการรีเกรชัน

โดยเลือกสถานีวัดน้ำท่าในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ประกอบด้วยสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 6 สถานีแสดงดังตารางที่ 13 (ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันตก, 2550) และเลือกสถานี B3A เป็นสถานีดัชนี

ตารางที่ 13 สถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการประเมินน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

| สถานีวัดน้ำท่า | พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.) | ช่วงปีข้อมูล |
|----------------|------------------------|--------------|
| B.3A           | 2,220.00               | 2509-2549    |
| B.6            | 1,003.00               | 2509-2548    |
| B.8A           | 301.00                 | 2521-2548    |
| B.9            | 2,617.00               | 2546-2549    |
| B.10           | 4,076.00               | 2528-2549    |
| B.11           | 460.00                 | 2543-2549    |

ที่มา: ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันตก (2550)

จากนั้นคำนวณแฟกเตอร์ปรับปริมาณน้ำท่าจากสถานีดัชนีที่เลือกเป็นปริมาณน้ำท่าของอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งที่ต้องการประเมินน้ำท่าดังสมการที่ 18 (วีระพล, 2531)

$$F = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{kA_1^n}{kA_2^n} = \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^n \quad \text{--- (18)}$$

|          |     |                                                                                   |
|----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|
| โดยที่ F | คือ | แฟกเตอร์สำหรับการเปลี่ยนปริมาณน้ำท่าของสถานีดัชนีเป็นสถานีที่ต้องการประเมินน้ำท่า |
| $Q_1$    | คือ | ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของสถานีที่ศึกษา                                           |
| $Q_2$    | คือ | ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของสถานีที่มีข้อมูลหรือที่เลือก                            |
| $A_1$    | คือ | พื้นที่ลุ่มน้ำของสถานีที่ศึกษา                                                    |
| $A_2$    | คือ | พื้นที่ลุ่มน้ำของสถานีที่มีข้อมูล                                                 |
| k และ n  | คือ | สัมประสิทธิ์รีเกรชัน                                                              |

เมื่อได้ค่าแฟกเตอร์สำหรับการเปลี่ยนปริมาณน้ำท่าของสถานีดัชนีเป็นสถานีที่ต้องการประเมินน้ำท่า (F) ของอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่ง แล้วจึงนำค่า F คูณกับปริมาณน้ำท่าของสถานีดัชนี จะได้เป็นปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำตามต้องการดังสมการที่ 19 (วีระพล, 2531)

$$Q_1 = FQ_2 \quad \text{--- (19)}$$

|              |     |                                                                                  |
|--------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------|
| โดยที่ $Q_1$ | คือ | ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของอ่างเก็บน้ำที่ต้องการประเมินน้ำท่า                     |
| $Q_2$        | คือ | ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของสถานีดัชนี                                             |
| $F$          | คือ | แฟกเตอร์สำหรับการเปลี่ยนปริมาณน้ำท่าของสถานีดัชนีเป็นปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ |

### ประเมินปริมาณความต้องการน้ำ

การประเมินความต้องการน้ำของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย

1. การประเมินความต้องการน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค
2. การประเมินความต้องการน้ำสำหรับเกษตรกรรม
3. การประเมินความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำ

การประเมินความต้องการน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค

การประเมินความต้องการน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค ใช้อัตราการใช้น้ำต่อคนของกรมทรัพยากรน้ำ (ม.ป.ป.) สำหรับเขตเทศบาลเมือง 200 ลิตรต่อคนต่อวัน เขตเทศบาลตำบล 120 ลิตรต่อคนต่อวัน นอกเขตเทศบาล 50 ลิตรต่อคนต่อวัน จำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษา ใช้ข้อมูลประชากรจากกรมการปกครอง (2549)

การประเมินความต้องการน้ำสำหรับเกษตรกรรม

การประเมินความต้องการน้ำสำหรับเกษตรกรรมใช้การประยุกต์ใช้โปรแกรม CropWat for Windows Version 4.3 ประเมินความต้องการน้ำของพืช ซึ่งอยู่ในแผนการเพาะปลูกของโครงการชลประทานเพชรบุรี พ.ศ. 2549 ประกอบด้วย ข้าวนาปรัง พืชไร่ พืชผัก อ้อย สวนผลไม้ บ่อปลา บ่อกึ่ง (โครงการชลประทานเพชรบุรี, 2549) โดยข้อมูลนำเข้าในโปรแกรม และข้อมูลในการประเมินความต้องการน้ำสำหรับเกษตรกรรมประกอบด้วย

1. ปฏิทินการเพาะปลูกพืชและแผนการเพาะปลูกพืชจากโครงการชลประทานเพชรบุรี (2549)

2. สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient) ใช้ข้อมูลจากกรมชลประทาน (ม.ป.ป. ก)

3. การใช้น้ำของพืชอ้างอิงใช้ข้อมูลซึ่งรวบรวมโดยกรมชลประทาน (ม.ป.ป. ข)

4. ปริมาณน้ำสำหรับเตรียมแปลงของข้าว ใช้ข้อมูลของโครงการชลประทานเพชรบุรี คือ 300 มิลลิเมตรต่อไร่ ระยะการเตรียมแปลง 3 สัปดาห์ (พิระพงศ์, 2544) ปริมาณน้ำเตรียมแปลง สำหรับพืชไร่เท่ากับ 50 มิลลิเมตรต่อไร่ ใช้ระยะเวลาเตรียมแปลง 1 สัปดาห์ (กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา, 2528)

5. อัตราการรั่วซึมของน้ำในแปลงนา ใช้ข้อมูลของโครงการชลประทานเพชรบุรีมีค่าเท่ากับ 1.50 มิลลิเมตรต่อวันซึ่งรวบรวมโดยวัชร (2537)

6. ประสิทธิภาพการให้น้ำ ใช้ข้อมูลการให้น้ำทางผิวดิน ชนิดดินเป็นดินร่วน ประสิทธิภาพการให้น้ำเท่ากับ 70% (วิบูลย์, 2544)

การประเมินความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำ

การประเมินปริมาณความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำใช้ข้อมูลการประเมินน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือนต่ำสุด (ทองเปลว, 2548)

### พัฒนาส่วนประกอบของโปรแกรม (Module)

ขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาส่วนประกอบของโปรแกรม (Module) เพิ่มในโปรแกรมการบริหารจัดการน้ำโครงการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบุรี (กัมปนาท และคณะ, 2549) สำหรับการวางแผนการจัดสรรน้ำ ประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้

1. ปรับปรุงฐานข้อมูลและเพิ่มตารางข้อมูล (Table) ในฐานข้อมูลเดิมของโปรแกรมการบริหารจัดการน้ำโครงการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งใช้ฐานข้อมูล MySQL (กัมปนาท และคณะ, 2549) ประกอบด้วย

- 1.1 ตารางข้อมูลอ่างเก็บน้ำ
- 1.2 ตารางข้อมูลโหนด (Node)
- 1.3 ตารางข้อมูลรีช (Reach)
- 1.4 ตารางการตั้งค่าสำหรับพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (Genetic Algorithms)
- 1.5 ตารางข้อมูลน้ำฝนรายเดือน
- 1.6 ตารางปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Inflows) รายเดือน
- 1.7 ตารางข้อมูลอัตราการระเหยรายเดือน
- 1.8 ตารางปริมาณน้ำเริ่มต้นของอ่างเก็บน้ำก่อนการจำลองวางแผนการจัดสรรน้ำ
- 1.9 ตารางข้อมูลการตั้งค่าหลังสุดของการจำลองวางแผนการจัดสรรน้ำ

2. พัฒนาส่วนประกอบของโปรแกรม (Module) ด้วยภาษา C# เพิ่มในโปรแกรมบริหารจัดการน้ำโครงการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบุรี เพื่อให้สามารถวางแผนการจัดสรรน้ำรายเดือนจากระบบอ่างเก็บน้ำได้ แบ่งการจำลองการจัดสรรน้ำออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือนต่ำสุด เฉลี่ย และสูงสุด โดยประยุกต์ใช้เทคนิคของพันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GAs) ในการหาปริมาณน้ำที่ควรปล่อยผ่านรีช (Reach) ต่างๆ ในแต่ละเดือนเพื่อให้เกิดการขาดแคลนนําน้อยที่สุดและเท่าเทียมกัน

### ใช้วิธี GRG ในโปรแกรม Premium Solver เพื่อจำลองการจัดสรรน้ำ

ขั้นตอนการใช้วิธี GRG โดยโปรแกรม Premium Solver มีดังนี้

1. ติดตั้งโปรแกรม Microsoft Excel (กรณีที่ยังไม่ได้ติดตั้งโปรแกรม)
2. ติดตั้งโปรแกรม Premium Solver สามารถดูรายละเอียดโปรแกรมและดาวน์โหลดโปรแกรมได้ที่ [www.solver.com](http://www.solver.com)
3. สร้างแฟ้มประเภท Microsoft Excel Workbook (\*.xls) โดยโปรแกรม Microsoft Excel และออกแบบข้อมูล สูตรต่างๆ ในตาราง Excel แสดงดังภาพที่ 10 ประกอบด้วย
  - 3.1 ส่วนของการบันทึกข้อมูลได้แก่ จำนวนวันของแต่ละเดือน ประสิทธิภาพของ Reach ปริมาณน้ำผ่าน Reach ได้สูงสุด (Maximum Capacity) ปริมาณน้ำผ่าน Reach ต่ำสุด

(Minimum Capacity) ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (Inflow) รายเดือน ปริมาณความต้องการน้ำ รายเดือน อัตราการระเหยรายเดือน ปริมาณฝนรายเดือน ความสามารถในการรับน้ำสูงสุดโดย ไม่ก่อให้เกิดน้ำท่วมของโหนดรับน้ำด้านท้ายอ่างเก็บน้ำ สมการความสัมพันธ์ระหว่างความจุและ พื้นที่ผิวอ่างเก็บน้ำ โค้งปฏิบัติการบน (Upper Rule Curve) โค้งปฏิบัติการล่าง (Lower Rule Curve) ความจุเก็บกักและความจุต่ำสุดอ่างเก็บน้ำ

3.2 ส่วนของสมการที่เกี่ยวข้องได้แก่ ผลรวมของปริมาณน้ำไหลเข้าโหนด (ผลรวมของ Inflow และปริมาณน้ำไหลเข้าเนื่อง Reach ที่เชื่อมต่อกับโหนด) ผลรวมของปริมาณน้ำไหลออกจาก โหนด (Outflow) สมดุลน้ำในโหนด (Water Balance) ข้อผิดพลาดของสมดุลน้ำในโหนด (Water Balance Error) ปริมาณคงเหลือในอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน พื้นที่ผิวน้ำ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบน ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำ การระเหยจากอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำคงเหลือในอ่างเก็บน้ำหลังจากคำนวณ สมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำแล้ว ปริมาณความผิดพลาดเนื่องจากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำต่ำกว่า ความต่ำสุดหรือปริมาณน้ำมากกว่าความจุเก็บกัก ปริมาณน้ำที่โหนดซึ่งมีความต้องการน้ำได้รับ อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ

ภาพที่ 10 ตัวอย่างการออกแบบตารางและสูตรโดยโปรแกรม Microsoft Excel

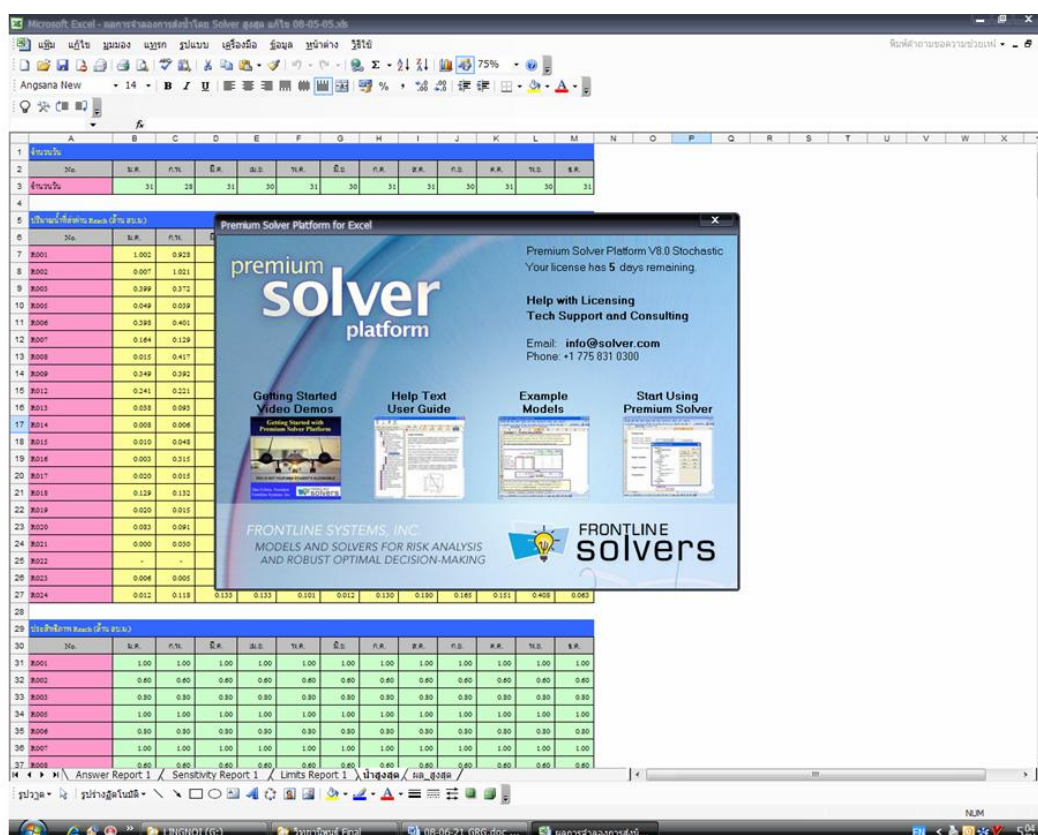
### 3.3 ส่วนของการคำนวณสมการเป้าหมาย (Objective Function) สมการข้อจำกัดต่างๆ (Constraint) และ Fitness

#### 4. ใช้งานโปรแกรม Premium Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel มีขั้นตอนดังนี้

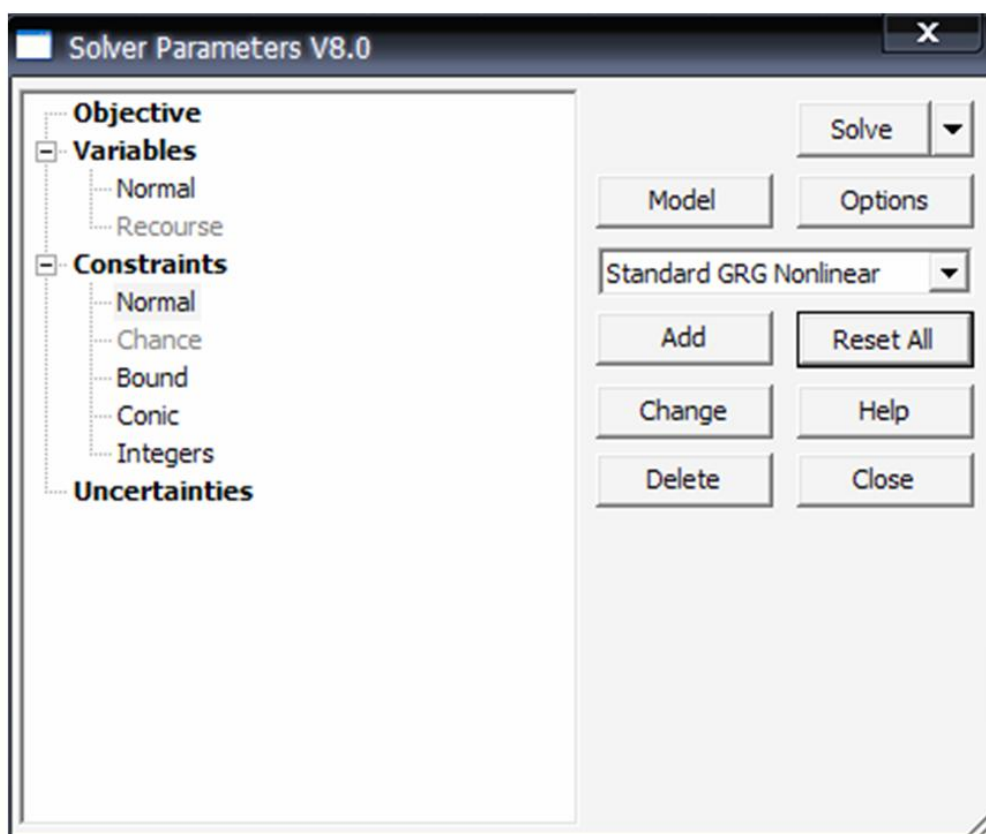
4.1 เรียกใช้โปรแกรม Premium Solver โดยเลือกเมนู เครื่องมือ Premium Solver จะปรากฏหน้าต่างดังภาพที่ 11 จากนั้นเลือก Start Using Premium Solver จะได้หน้าต่างดังภาพที่ 12

4.2 กำหนด Cell ที่ต้องคำนวณค่า Fitness (Min Z) โดยคลิกเลือก Objective จากนั้นคลิก Add และเลือกเซลล์ที่ต้องการคำนวณ Fitness ในการศึกษาครั้งนี้คือ เซลล์ \$B\$454 และกำหนดรูปแบบการหาค่า Optimization เป็นการหาค่าต่ำสุดหรือ Min

4.3 กำหนดตัวแปร (Variable) โดยคลิก Variables แล้วคลิก Add จากนั้นเลือกเซลล์ที่เป็นตัวแปร ในการศึกษาครั้งนี้คือเซลล์ \$B\$7:\$M\$27



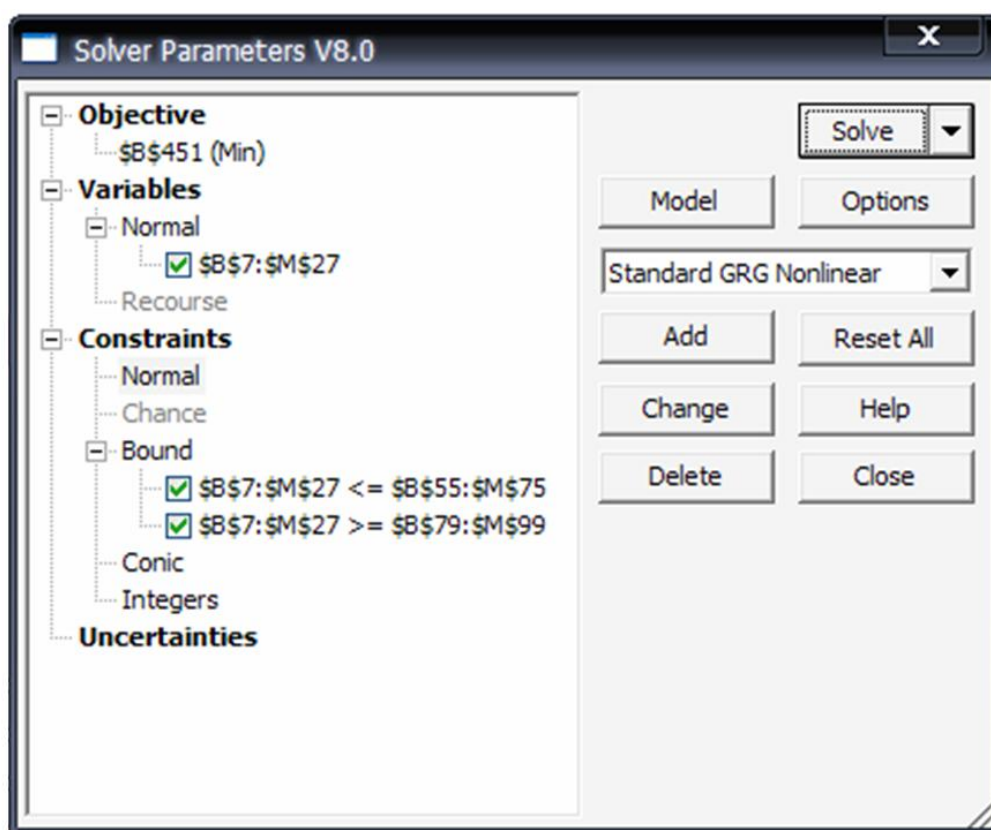
ภาพที่ 11 หน้าต่างเมื่อเริ่มใช้งานโปรแกรม Premium Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel



ภาพที่ 12 หน้าต่าง Solver Parameters สำหรับกำหนดค่าให้กับโปรแกรม

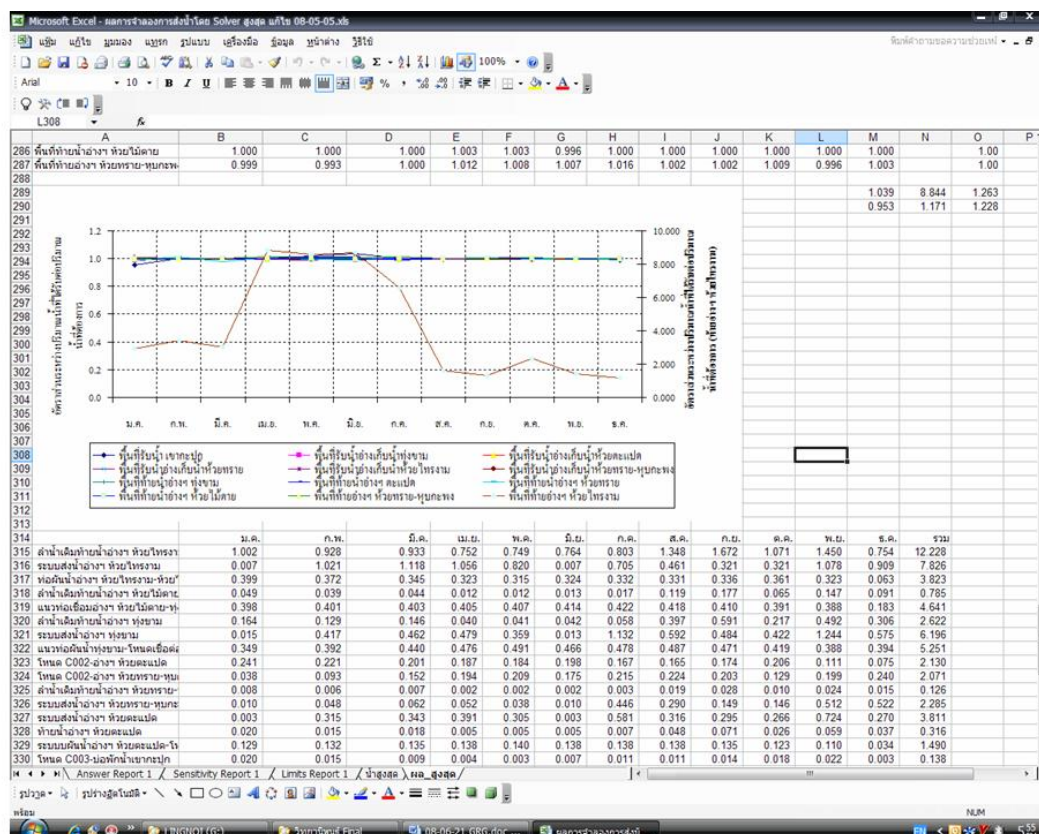
4.4 กำหนดเงื่อนไข Constraint โดยกำหนดเป็นประเภทขอบเขต (Bound) โดยคลิกที่ Constraint แล้วจึงคลิก Add เลือกเซลล์ที่เป็นตัวแปร จากนั้นเลือกการเปรียบเทียบ  $\leq$  แล้วจึงเลือกเซลล์ที่เป็นค่าสูงสุดของตัวแปร เมื่อกำหนดค่ามากที่สุดของตัวแปรแล้วจึงค่าต่ำสุดของตัวแปร โดยคลิกที่ Constraint แล้วจึงคลิก Add เลือกเซลล์ที่เป็นตัวแปร จากนั้นเลือกการเปรียบเทียบ  $\geq$  แล้วจึงเลือกเซลล์ที่เป็นค่าต่ำสุดของตัวแปร

เมื่อทำทุกขั้นตอนแล้วจะได้หน้าต่างดังภาพที่ 13 ขั้นตอนต่อไปเลือกวิธีการหาคำตอบ ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธี Standard GRG Nonlinear แล้วจึงคลิก Solve



ภาพที่ 13 หน้าต่างโปรแกรมหลังจากกำหนด Parameter ต่างๆ แล้ว

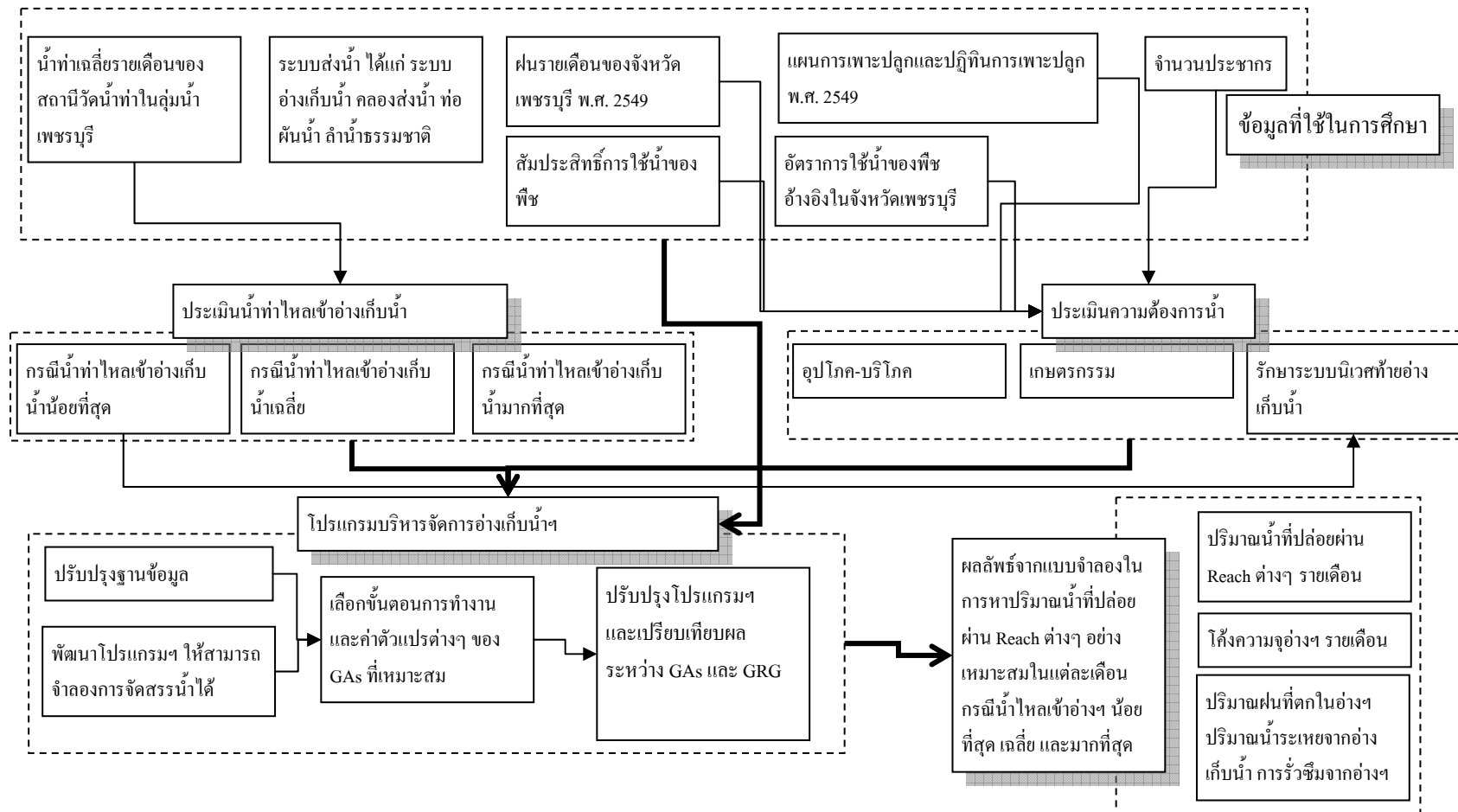
โปรแกรมจะทำการคำนวณแล้วจึงแสดงผลลัพธ์ของตัวแปรจากนั้นจึงใช้โปรแกรม Microsoft Excel แปลผลลัพธ์ที่ได้ในรูปแบบของตัวเลขและกราฟได้แก่ โคงปฏิบัติการณ์อ่างเก็บน้ำ ปริมาณฝนตกในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณการระเหยจากอ่างเก็บน้ำ ปริมาณการรั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำ อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ เป็นต้น ตัวอย่างการแสดงผลการจำลองการจัดสรรน้ำโดยแสดงอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำแสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ตัวอย่างการแปลผลผลการส่งนํ้าโดยโปรแกรม Microsoft Excel

จากนั้นเปรียบเทียบผลการจำลองการจัดสรรนํ้าระหว่างการใช้แบบจำลอง GAs และผลการจัดสรรนํ้าโดยประยุกต์ใช้วิธี GRG ในโปรแกรม Premium Solver โดยใช้สมการเป้าหมาย (Objective Function) และสมการข้อจำกัด (Constraint) เดียวกัน

ขั้นตอนการวิจัยแสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ขั้นตอนการวิจัย

## ผลและวิจารณ์

### ผล

#### ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

การคำนวณปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ใช้วิธีสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและขนาดของพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาจำนวน 6 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 14

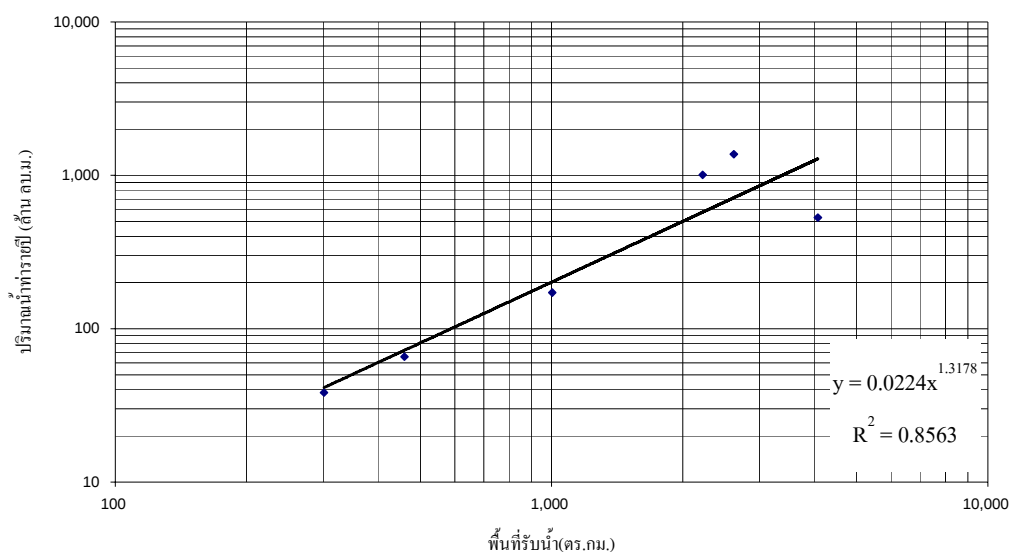
ตารางที่ 14 ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการเลือก

| สถานี | พื้นที่รับน้ำ<br>(ตร.กม.) | ช่วงปีข้อมูล | ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี<br>(ล้าน ลบ.ม.) |
|-------|---------------------------|--------------|-----------------------------------------|
| B.3A  | 2,220.00                  | 2509-2549    | 1,008.00                                |
| B.6   | 1,003.00                  | 2509-2548    | 172.00                                  |
| B.8A  | 301.00                    | 2521-2548    | 38.35                                   |
| B.9   | 2,617.00                  | 2546-2549    | 1,372.00                                |
| B.10  | 4,076.00                  | 2528-2549    | 530.80                                  |

ที่มา : ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันตก (2550)

ที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าแต่ละแห่งแสดงดังภาพที่ 16 เมื่อนำข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและขนาดของพื้นที่รับน้ำของแต่ละสถานีสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่รับน้ำ (ตารางกิโลเมตร) และปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย (ล้านลูกบาศก์เมตร) ได้ผลดังภาพที่ 17





ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำทำรายปีเฉลี่ยและขนาดของพื้นที่รับน้ำ

จากภาพที่ 17 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำทำรายปีเฉลี่ยและขนาดพื้นที่รับน้ำ  
ดังแสดงในสมการที่ 20

$$Q = 0.0224A^{1.3178} \quad \text{--- (20)}$$

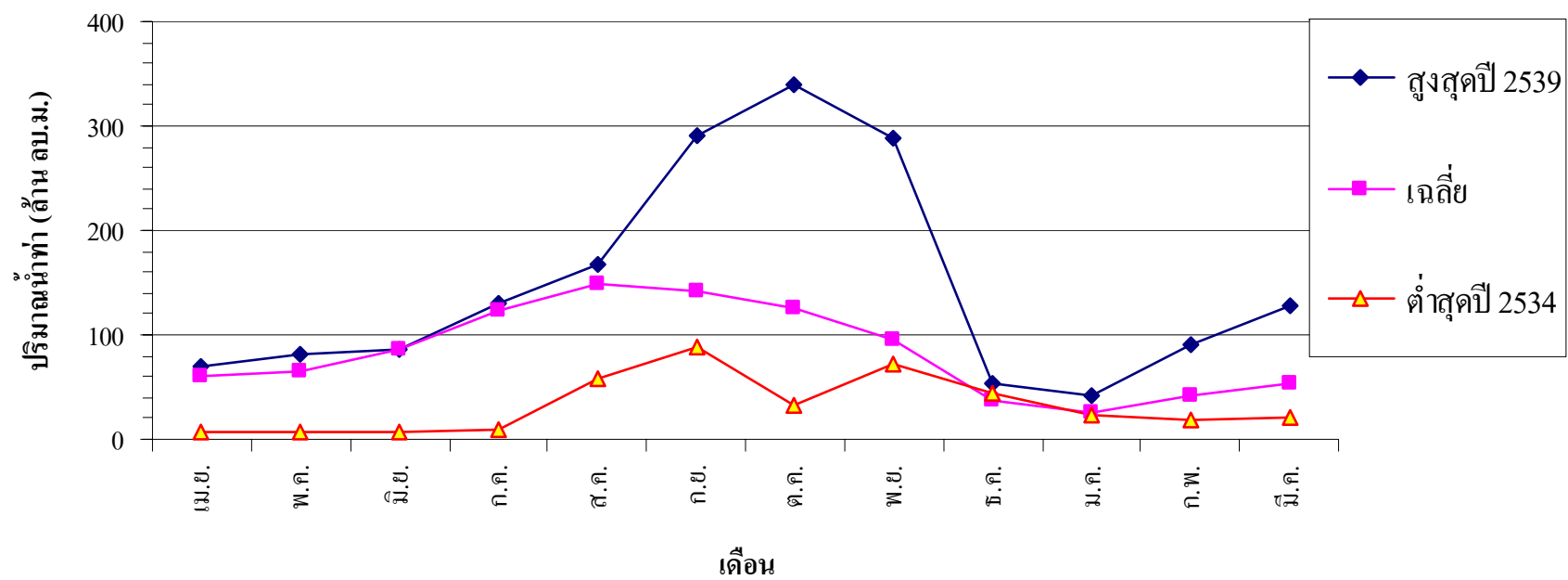
โดย Q คือ ปริมาณน้ำทำรายปีเฉลี่ย มีหน่วยเป็นล้านลูกบาศก์เมตร  
A คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

เลือกสถานีวัดน้ำที่ซึ่งอยู่ในลุ่มน้ำเดียวกับพื้นที่ศึกษาคือสถานีวัดน้ำท่า B3A มีพื้นที่รับน้ำ 2,220 ตารางกิโลเมตร (ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันตก, 2550) โดยปริมาณน้ำทำรายเดือนของสถานี B3A แสดงดังตารางที่ 15 และภาพที่ 18

ตารางที่ 15 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีวัดน้ำท่า B3A

| ประเภท | ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |        |        |        |        |        |       |       |       |        |         |
|--------|-----------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|---------|
|        | เม.ย.                             | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.   | ส.ค.   | ก.ย.   | ต.ค.   | พ.ย.   | ธ.ค.  | ม.ค.  | ก.พ.  | มี.ค.  | รวม     |
| สูงสุด | 68.88                             | 80.78 | 85.71 | 129.10 | 167.90 | 291.30 | 338.40 | 289.10 | 53.79 | 42.87 | 90.37 | 126.80 | 1,765.0 |
| เฉลี่ย | 61.48                             | 64.98 | 85.37 | 123.70 | 149.40 | 142.00 | 124.80 | 95.32  | 38.16 | 26.60 | 41.64 | 54.53  | 1,008.0 |
| ต่ำสุด | 6.00                              | 6.12  | 6.21  | 8.55   | 58.93  | 87.76  | 32.12  | 73.09  | 45.30 | 24.26 | 19.14 | 21.65  | 389.1   |

ที่มา : ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันตก (2550)



ภาพที่ 18 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานีวัดน้ำท่า B3A

ทำการคำนวณแฟกเตอร์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนข้อมูลน้ำท่าจากสถานี B8A เป็นปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งโดยแทนค่าในสมการที่ 20 จะได้ดังสมการที่ 21

$$F = \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^{1.3008} \quad \text{--- (21)}$$

โดย F คือ แฟกเตอร์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนข้อมูลน้ำท่า  
 $A_1$  คือ พื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่ง (ตร.กม.)  
 $A_2$  คือ พื้นที่รับน้ำของสถานี B3A มีค่าเท่ากับ 2,220.00 ตร.กม.

จากสมการที่ 21 เมื่อแทนค่าพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งและพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำท่า B3A จะได้แฟกเตอร์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนข้อมูลน้ำท่า (F) ดังตารางที่ 16

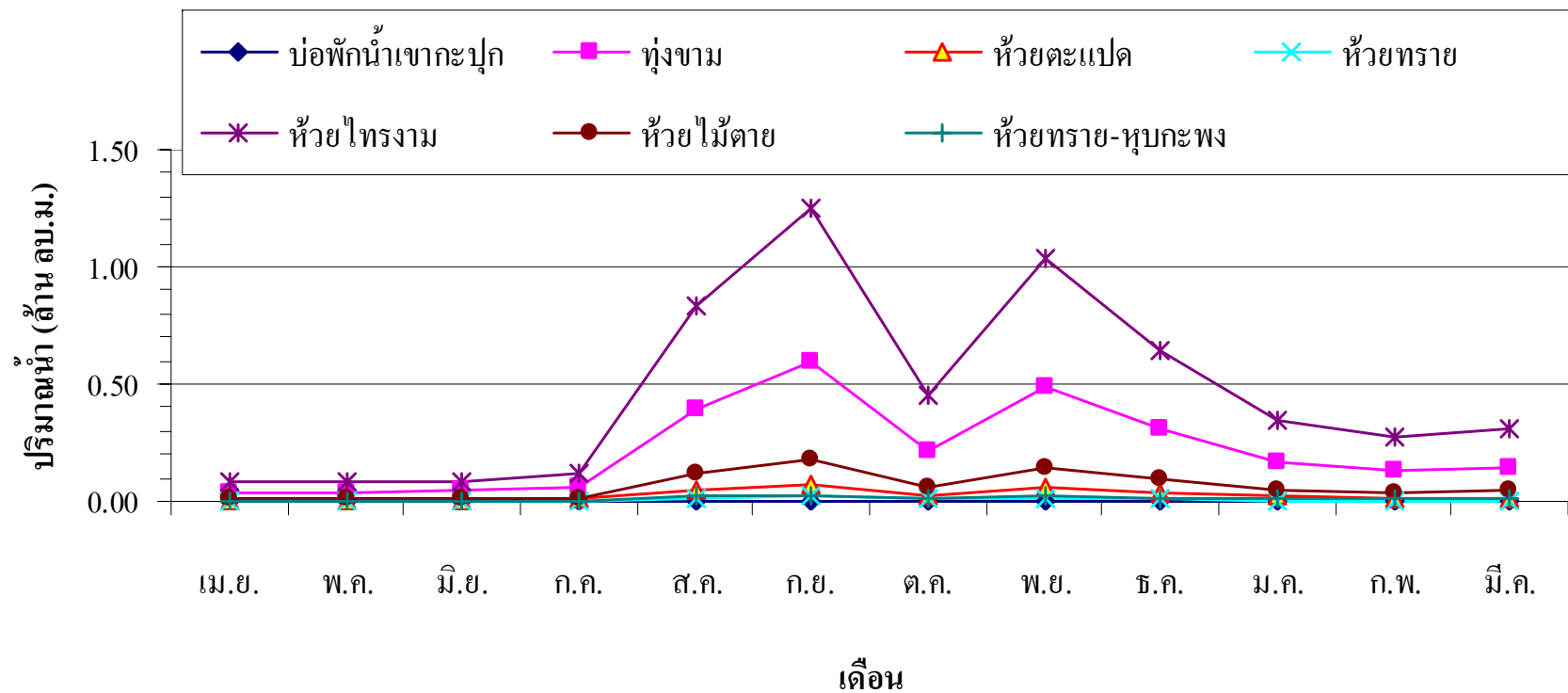
ตารางที่ 16 แฟกเตอร์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนข้อมูลน้ำท่า (F)

| อ่างเก็บน้ำ       | พื้นที่รับน้ำ<br>(ตารางกิโลเมตร) | แฟกเตอร์ที่ใช้สำหรับ<br>เปลี่ยนข้อมูลน้ำท่า (F) |
|-------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| บ่อพักน้ำเขากะปุก | 0.00                             | 0.00000                                         |
| ทุ่งขาม           | 50.00                            | 0.00675                                         |
| ห้วยตะเป็ด        | 10.00                            | 0.00081                                         |
| ห้วยทราย          | 4.00                             | 0.00024                                         |
| ห้วยไทรงาม        | 88.00                            | 0.01421                                         |
| ห้วยไม้ตาย        | 20.00                            | 0.00202                                         |
| ห้วยทราย-หุบกะพง  | 5.00                             | 0.00032                                         |

นำค่า F ของอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งที่ได้จากสมการที่ 21 คูณกับปริมาณน้ำท่ารายเดือนของสถานี B3A จะได้ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งในแต่ละกรณีแสดงดังตารางที่ 17-19 และภาพที่ 19-21

ตารางที่ 17 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำต่ำสุด

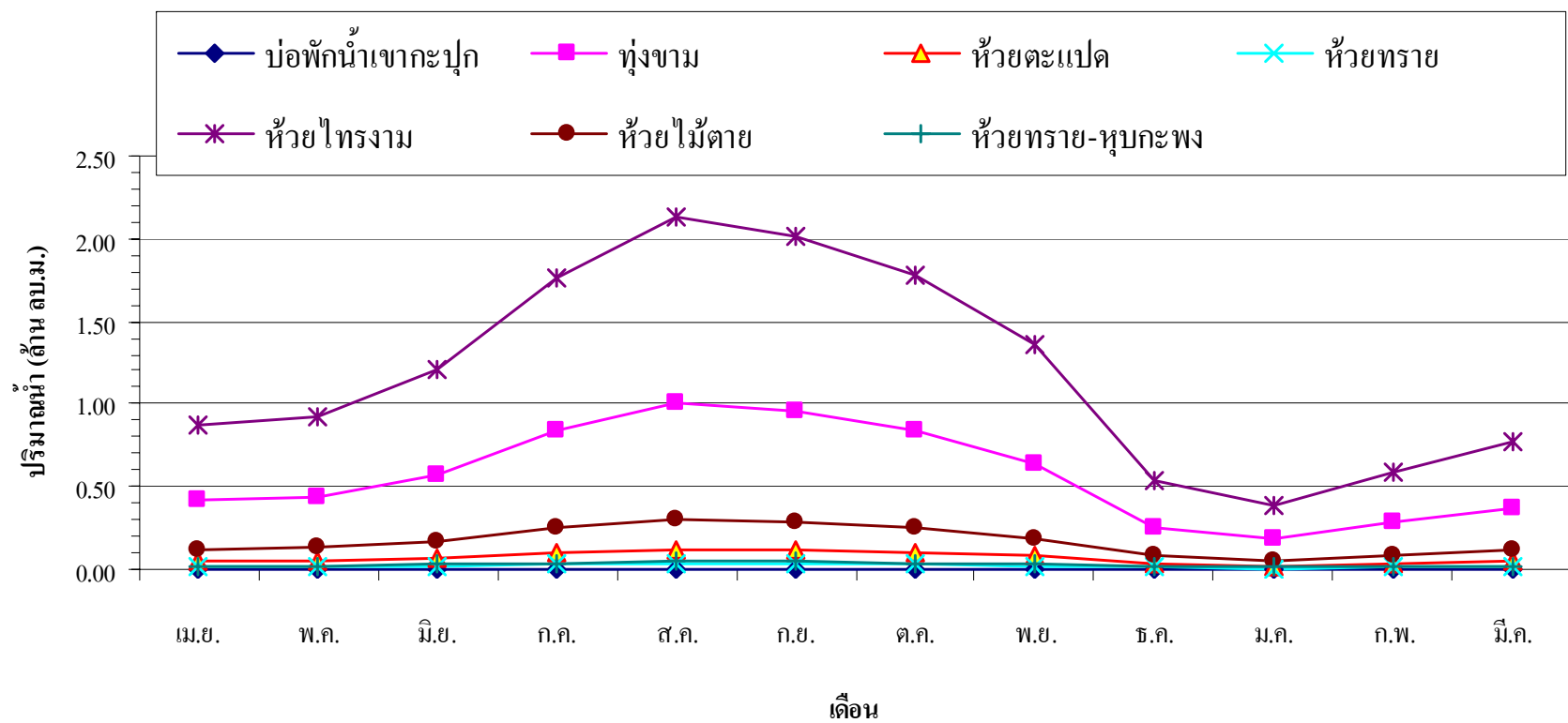
| อ่างเก็บน้ำ       | ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (ล้าน ลบ.ม.) |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       | รวม  |
|-------------------|-----------------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
|                   | เม.ย.                             | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. |      |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก | 0.00                              | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 |
| ทุ่งขาม           | 0.04                              | 0.04 | 0.04  | 0.06 | 0.4  | 0.59 | 0.22 | 0.49 | 0.31 | 0.16 | 0.13 | 0.15  | 2.63 |
| ห้วยตะเป็ด        | 0.00                              | 0.00 | 0.01  | 0.01 | 0.05 | 0.07 | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.02  | 0.31 |
| ห้วยทราย          | 0.00                              | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0    | 0.01  | 0.09 |
| ห้วยไทรงาม        | 0.09                              | 0.09 | 0.09  | 0.12 | 0.84 | 1.25 | 0.46 | 1.04 | 0.64 | 0.34 | 0.27 | 0.31  | 5.53 |
| ห้วยไม้ตาย        | 0.01                              | 0.01 | 0.01  | 0.02 | 0.12 | 0.18 | 0.06 | 0.15 | 0.09 | 0.05 | 0.04 | 0.04  | 0.78 |
| ห้วยทราย-หุบกะพง  | 0.00                              | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01  | 0.13 |



ภาพที่ 19 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำต่ำสุด

ตารางที่ 18 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยรายเดือน

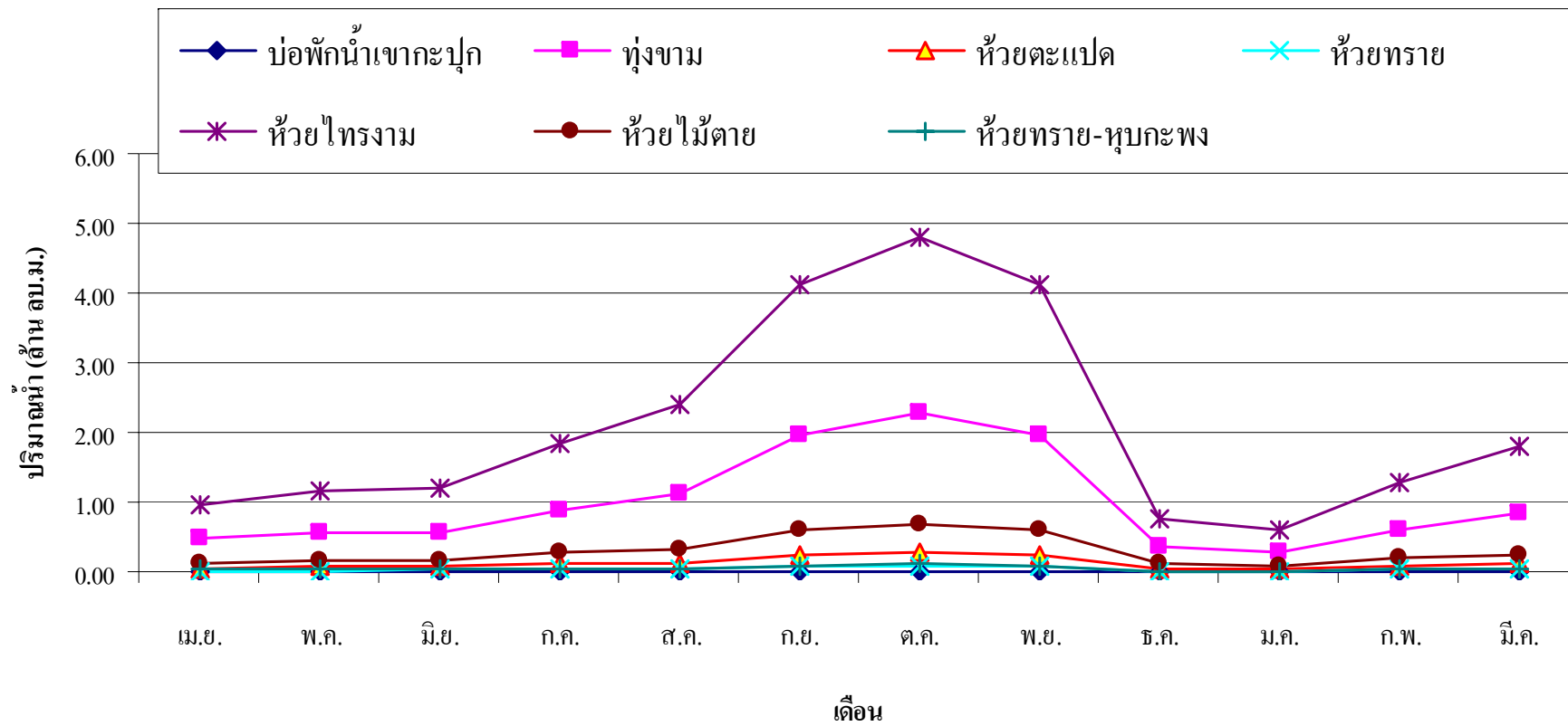
| อ่างเก็บน้ำ       | ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (ล้าน ลบ.ม.) |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       | รวม   |
|-------------------|-----------------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|                   | เม.ย.                             | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. |       |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก | 0.00                              | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  |
| ทุ่งขาม           | 0.41                              | 0.44 | 0.58  | 0.83 | 1.01 | 0.96 | 0.84 | 0.64 | 0.26 | 0.18 | 0.28 | 0.37  | 6.80  |
| ห้วยตะเป็ด        | 0.05                              | 0.05 | 0.07  | 0.10 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.08 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.04  | 0.82  |
| ห้วยทราย          | 0.01                              | 0.02 | 0.02  | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01  | 0.24  |
| ห้วยไทรงาม        | 0.87                              | 0.92 | 1.21  | 1.76 | 2.12 | 2.02 | 1.77 | 1.35 | 0.54 | 0.38 | 0.59 | 0.77  | 14.32 |
| ห้วยไม้ตาย        | 0.12                              | 0.13 | 0.17  | 0.25 | 0.30 | 0.29 | 0.25 | 0.19 | 0.08 | 0.05 | 0.08 | 0.11  | 2.03  |
| ห้วยทราย-หุบกะพง  | 0.02                              | 0.02 | 0.03  | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02  | 0.33  |



ภาพที่ 20 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยรายเดือน

ตารางที่ 19 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายเดือนสูงสุด

| อ่างเก็บน้ำ       | ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (ล้าน ลบ.ม.) |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       | รวม   |
|-------------------|-----------------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|                   | เม.ย.                             | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. |       |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก | 0.00                              | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  |
| ทุ่งขาม           | 0.46                              | 0.54 | 0.58  | 0.87 | 1.13 | 1.97 | 2.28 | 1.95 | 0.36 | 0.29 | 0.61 | 0.86  | 11.91 |
| ห้วยตะเป็ด        | 0.06                              | 0.07 | 0.07  | 0.1  | 0.14 | 0.24 | 0.27 | 0.23 | 0.04 | 0.03 | 0.07 | 0.1   | 1.43  |
| ห้วยทราย          | 0.02                              | 0.02 | 0.02  | 0.03 | 0.04 | 0.07 | 0.08 | 0.07 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03  | 0.43  |
| ห้วยไทรงาม        | 0.98                              | 1.15 | 1.22  | 1.83 | 2.39 | 4.14 | 4.81 | 4.11 | 0.76 | 0.61 | 1.28 | 1.8   | 25.08 |
| ห้วยไม้ตาย        | 0.14                              | 0.16 | 0.17  | 0.26 | 0.34 | 0.59 | 0.68 | 0.58 | 0.11 | 0.09 | 0.18 | 0.26  | 3.56  |
| ห้วยทราย-หุบกะพง  | 0.02                              | 0.03 | 0.03  | 0.04 | 0.05 | 0.09 | 0.11 | 0.09 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.04  | 0.57  |



ภาพที่ 21 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด

## ปริมาณความต้องการน้ำ

การประเมินความต้องการน้ำในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยการประเมินความต้องการน้ำสำหรับการอุปโภค-บริโภค เกษตรกรรม (พิจารณาเฉพาะการเพาะปลูก) และรักษาระบบนิเวศที่ยั่งยืน

### ความต้องการน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค

การประเมินความต้องการน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค ใช้อัตราการใช้น้ำต่อคนจากกรมทรัพยากรน้ำ (ม.ป.ป.) สำหรับเขตเทศบาลเมือง 200 ลิตรต่อคนต่อวัน เขตเทศบาลตำบล 120 ลิตรต่อคนต่อวัน นอกเขตเทศบาล 50 ลิตรต่อคนต่อวัน จำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษาใช้ข้อมูลประชากรจาก กรมการปกครอง (2549) ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภคแสดงดังตารางที่ 20

### ความต้องการน้ำสำหรับเกษตรกรรม

การประเมินความต้องการน้ำสำหรับเกษตรกรรมในการศึกษารั้งนี้ครอบคลุมเฉพาะการเพาะปลูกพืชเท่านั้นโดยการใช้โปรแกรม CropWat for Windows Version 4.3 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, n.d.) ประเมินความต้องการน้ำโดยใช้ข้อมูลนำเข้าโปรแกรมประกอบด้วย

1. แผนการเพาะปลูกพืช พ.ศ. 2549 ดังตารางที่ 21-22 และปฏิทินการเพาะปลูกพืชแสดงดังภาพที่ 22 (โครงการชลประทานเพชรบุรี, 2549)
2. การใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET<sub>o</sub>) ดังตารางที่ 23 (กรมชลประทาน, ม.ป.ป.[ข])
3. สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจากกรมชลประทาน ดังตารางที่ 24 (กรมชลประทาน, ม.ป.ป.[ก])
4. ปริมาณฝนในจังหวัดเพชรบุรี พ.ศ. 2549 ดังภาพที่ 23 (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.)

ตารางที่ 20 ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค

| พื้นที่           | จำนวนประชากร (คน) |             |         | อัตราการใช้น้ำ (ลิตรต่อคนต่อวัน) |             |         | รวมปริมาณความต้องการน้ำ<br>(ลบ.ม./ปี) |
|-------------------|-------------------|-------------|---------|----------------------------------|-------------|---------|---------------------------------------|
|                   | เขตเทศบาล         | เขตชานเมือง | เขตชนบท | เขตเทศบาล                        | เขตชานเมือง | เขตชนบท |                                       |
|                   | (1)               | (2)         | (3)     | (4)                              | (5)         | (6)     |                                       |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก | -                 | -           | 150     | 120.000                          | 70.000      | 50.000  | 3,833                                 |
| ทุ่งขาม           | -                 | -           | 5,520   | 120.000                          | 70.000      | 50.000  | 141,036                               |
| ห้วยตะเป็ด        | -                 | -           | 1,000   | 120.000                          | 70.000      | 50.000  | 25,550                                |
| ห้วยทราย          | -                 | -           | 4,395   | 120.000                          | 70.000      | 50.000  | 112,292                               |
| ห้วยไทรงาม        | -                 | -           | 2,400   | 120.000                          | 70.000      | 50.000  | 1,320                                 |
| ห้วยไม้ตาย        | -                 | -           | -       | 120.000                          | 70.000      | 50.000  | -                                     |
| ห้วยทราย-หุบกะพง  | -                 | -           | 3,951   | 120.000                          | 70.000      | 50.000  | 100,948                               |
| รวม               | -                 | -           | 17,416  | 840.000                          | 490.000     | 350.000 | 444,979                               |

ตารางที่ 21 พื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูฝน

| พื้นที่           | พื้นที่เกษตรกรรม (ไร่) |        |        |       |              |        |         | รวม    |
|-------------------|------------------------|--------|--------|-------|--------------|--------|---------|--------|
|                   | ข้าวนา<br>ปรัง         | พืชไร่ | พืชผัก | อ้อย  | สวน<br>ผลไม้ | บ่อปลา | บ่อกึ่ง |        |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก | -                      | 120    | 35     | -     | 87           | -      | -       | 242    |
| ทุ่งขาม           | 1,250                  | 3,600  | 250    | -     | 400          | -      | -       | 5,500  |
| ห้วยตะแปด         | -                      | 3,400  | 352    | -     | 10           | -      | -       | 3,762  |
| ห้วยทราย          | -                      | 2,500  | 175    | -     | 150          | -      | -       | 2,825  |
| ห้วยไทรงาม        | -                      | 1,200  | 100    | 1,500 | 1,500        | -      | -       | 4,300  |
| ห้วยไม้ตาย        | -                      | -      | -      | -     | -            | -      | -       | -      |
| ห้วยทราย-หุบกะพง  | -                      | -      | -      | -     | 2,000        | -      | -       | 2,000  |
| รวม               | 1,250                  | 10,820 | 912    | 1,500 | 4,147        | -      | -       | 18,629 |

ที่มา: โครงการชลประทานเพชรบุรี (2549)

ตารางที่ 22 พื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้ง

| พื้นที่           | พื้นที่เกษตรกรรม (ไร่) |        |        |       |              |        |         | รวม    |
|-------------------|------------------------|--------|--------|-------|--------------|--------|---------|--------|
|                   | ข้าวนา<br>ปรัง         | พืชไร่ | พืชผัก | อ้อย  | สวน<br>ผลไม้ | บ่อปลา | บ่อกึ่ง |        |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก | -                      | 28     | 35     | -     | 87           | -      | -       | 150    |
| ทุ่งขาม           | -                      | 1,850  | 150    | -     | 500          | -      | -       | 2,500  |
| ห้วยตะแปด         | -                      | 1,775  | 225    | -     | 100          | -      | -       | 2,100  |
| ห้วยทราย          | -                      | 438    | 62     | -     | 150          | -      | -       | 650    |
| ห้วยไทรงาม        | -                      | 2,500  | 100    | 1,500 | 1,500        | -      | -       | 5,600  |
| ห้วยไม้ตาย        | -                      | -      | -      | -     | -            | -      | -       | -      |
| ห้วยทราย-หุบกะพง  | -                      | -      | 100    | -     | 100          | -      | -       | 200    |
| รวม               | -                      | 6,591  | 672    | 1,500 | 2,437        | -      | -       | 11,200 |

ที่มา: โครงการชลประทานเพชรบุรี (2549)

| พื้นที่    | เดือน |      |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
|------------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
|            | ม.ค.  | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
| ข้าวนาปรัง |       |      |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
| พืชไร่     |       |      |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
| พืชผัก     |       |      |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
| อ้อย       |       |      |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
| สวนผลไม้   |       |      |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |

ภาพที่ 22 ปฏิทินการเพาะปลูกพืช พ.ศ. 2549

ที่มา: โครงการชลประทานเพชรบุรี (2549)

ตารางที่ 23 การใช้น้ำของพืชอ้างอิง: ETo

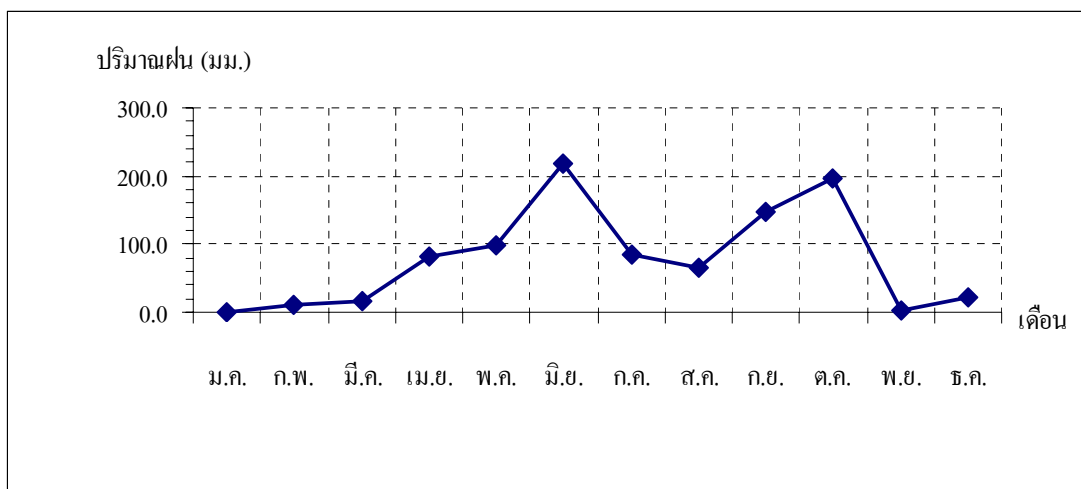
| จังหวัด         | การใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม     |
|-----------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
|                 | ม.ค.                         | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |         |
| เพชรบุรี        | 114.7                        | 139.5 | 161.2 | 170.5 | 151.9 | 133.3 | 130.2 | 120.9 | 117.8 | 114.7 | 114.7 | 108.5 | 1,577.9 |
| ประจวบคีรีขันธ์ | 127.1                        | 136.4 | 155.0 | 164.3 | 151.9 | 139.5 | 139.5 | 136.4 | 133.3 | 127.1 | 133.3 | 136.4 | 1,680.2 |

ที่มา: ปรับปรุงข้อมูลจาก กรมชลประทาน (ม.ป.ป.[ข])

ตารางที่ 24 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

| ชนิดพืช        | เดือนที่ |      |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
|----------------|----------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
|                | ม.ค.     | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
| ข้าวพันธุ์ กข. | 1.00     | 1.25 | 1.35  | 1.30  | 1.10 | -     | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| พืชไร่         | 0.40     | 0.70 | 1.00  | 0.80  | 0.50 | -     | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| พืชผัก         | 0.70     | 0.70 | 0.70  | 0.70  | -    | -     | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| อ้อย           | 0.60     | 0.80 | 1.00  | 1.10  | 1.20 | 1.20  | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 0.80 | 0.60 |
| สวนผลไม้       | 1.00     | 1.00 | 1.00  | 1.00  | 1.00 | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| บ่อปลา         | 1.00     | 1.00 | 1.00  | 1.00  | 1.00 | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| บ่อกุ้ง        | 1.00     | 1.00 | 1.00  | 1.00  | 1.00 | 1.00  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

ที่มา: กรมชลประทาน (ม.ป.ป.[ก])



ภาพที่ 23 ปริมาณฝนรายเดือนในเขตพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี พ.ศ. 2549

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2550)

นอกจากนี้ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินความต้องการน้ำสำหรับการเพาะปลูกประกอบด้วย ปริมาณน้ำสำหรับการเตรียมแปลงสำหรับข้าว 300 มิลลิเมตร ใช้เวลาการเตรียมแปลง 3 สัปดาห์ (พีระพงศ์, 2544) อัตราการรั่วซึมลงดิน 1.5 มิลลิเมตรต่อวัน (วัชร, 2537) ประสิทธิภาพการให้น้ำ โดยเป็นการให้น้ำทางผิวดิน สำหรับดินร่วน เท่ากับ 70% (วิบูลย์, 2544) ผลการคำนวณความต้องการน้ำ สำหรับการเกษตรกรรมแสดงดังตารางที่ 25

#### ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศท้ายอ่างเก็บน้ำ

ประเมินจากปริมาณการไหลในลำน้ำต่ำสุดในช่วงเวลาที่พิจารณา เช่น รายเดือน หรือ รายปี แต่ในข้อเท็จจริงเพื่อความถูกต้องเสนอแนะว่าจำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อความถูกต้องและ ป้องกันข้อขัดแย้งระหว่างผู้ใช้น้ำในกลุ่มน้ำกับด้านท้ายลุ่มน้ำ (ทองเปลว, 2548) โดยปริมาณน้ำไหล เข้าอ่างเก็บน้ำต่ำสุดซึ่งใช้เป็นปริมาณความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศท้ายอ่างเก็บน้ำแสดง ดังตารางที่ 26

ผลรวมของปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมดเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ อุปโภค- บริโภค เกษตรกรรม รักษาระบบนิเวศท้ายอ่างเก็บน้ำ เท่ากับ 22.709 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี แสดงดัง ตารางที่ 27

ตารางที่ 25 ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับการเพาะปลูกพืช

| พื้นที่           | ความต้องการน้ำเพาะปลูก (x1,000 ลบ.ม.) |          |          |          |        |       |          |          |        |        |          |          | รวม       |
|-------------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|--------|-------|----------|----------|--------|--------|----------|----------|-----------|
|                   | ม.ค.                                  | ก.พ.     | มี.ค.    | เม.ย.    | พ.ค.   | มิ.ย. | ก.ค.     | ส.ค.     | ก.ย.   | ต.ค.   | พ.ย.     | ธ.ค.     |           |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก |                                       | 17.95    | 22.02    | 18.10    | 11.73  | -     | 23.50    | 15.34    | 10.94  | 10.10  | 29.47    | 19.66    | 178.81    |
| ทุ่งขาม           | -                                     | 243.66   | 269.69   | 280.06   | 207.83 | -     | 672.13   | 347.54   | 282.67 | 245.58 | 740.14   | 337.79   | 3,627.09  |
| ห้วยตะแปด         | -                                     | 187.92   | 204.79   | 233.18   | 181.10 | -     | 348.55   | 188.92   | 175.72 | 158.73 | 435.49   | 160.37   | 2,274.78  |
| ห้วยทราย          | -                                     | 64.68    | 72.97    | 73.61    | 53.94  | -     | 71.47    | 101.14   | 92.66  | 84.34  | 238.42   | 30.74    | 883.99    |
| ห้วยไทรงาม        | -                                     | 609.34   | 667.14   | 630.40   | 488.77 | -     | 419.14   | 272.94   | 189.84 | 189.00 | 643.18   | 542.73   | 4,652.48  |
| ห้วยไม้ตาย        | -                                     | -        | -        | -        | -      | -     | -        | -        | -      | -      | -        | -        | -         |
| ห้วยทราย-หุบกะพง  | -                                     | 23.71    | 30.75    | 25.07    | 16.38  | -     | 260.73   | 168.32   | 84.30  | 81.85  | 301.19   | 306.70   | 1,298.99  |
| รวม               | -                                     | 1,147.27 | 1,267.35 | 1,260.42 | 959.75 | -     | 1,795.53 | 1,094.19 | 836.13 | 769.61 | 2,387.89 | 1,398.00 | 12,916.14 |

ที่มา: ประเมินความต้องการน้ำโดยใช้แบบจำลอง CropWat for Windows Version 4.3 วิเคราะห์ข้อมูลจากแผนการเพาะปลูกพืช (2549)

ตารางที่ 26 ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศทำนองเก็บน้ำ

| อ่างเก็บน้ำ                            | ปริมาณความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม   |
|----------------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                        | ม.ค.                              | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |       |
| ทำนบน้ำบ่อพักน้ำเขากะปุก               | -                                 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| ทำนบน้ำอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม              | 0.164                             | 0.129 | 0.146 | 0.040 | 0.041 | 0.042 | 0.058 | 0.398 | 0.592 | 0.217 | 0.493 | 0.306 | 2.625 |
| ทำนบน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด            | 0.020                             | 0.015 | 0.018 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.048 | 0.071 | 0.026 | 0.059 | 0.037 | 0.315 |
| ทำนบน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย             | 0.006                             | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.021 | 0.008 | 0.018 | 0.011 | 0.094 |
| ทำนบน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม           | 0.345                             | 0.272 | 0.308 | 0.085 | 0.087 | 0.088 | 0.122 | 0.837 | 1.247 | 0.456 | 1.039 | 0.644 | 5.530 |
| ทำนบน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย           | 0.049                             | 0.039 | 0.044 | 0.012 | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.119 | 0.177 | 0.065 | 0.147 | 0.091 | 0.785 |
| ทำนบน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบ<br>กะพง | 0.008                             | 0.006 | 0.007 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.019 | 0.028 | 0.010 | 0.024 | 0.015 | 0.126 |
| รวม                                    | 0.591                             | 0.466 | 0.527 | 0.146 | 0.149 | 0.151 | 0.208 | 1.435 | 2.137 | 0.782 | 1.780 | 1.103 | 9.475 |

ตารางที่ 27 ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับกิจกรรมต่างๆ (อุปโภค-บริโภค เกษตรกรรม และรักษาระบบนิเวศทำนน้ำ)

| พื้นที่                           | ปริมาณความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม    |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                   | ม.ค.                              | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |        |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก                 | 0.000                             | 0.018 | 0.022 | 0.018 | 0.012 | 0.000 | 0.024 | 0.016 | 0.011 | 0.010 | 0.030 | 0.020 | 0.182  |
| ทุ่งขาม                           | 0.009                             | 0.251 | 0.278 | 0.288 | 0.216 | 0.008 | 0.681 | 0.356 | 0.291 | 0.254 | 0.748 | 0.346 | 3.728  |
| ห้วยตะแปด                         | 0.002                             | 0.189 | 0.206 | 0.235 | 0.183 | 0.002 | 0.350 | 0.190 | 0.177 | 0.160 | 0.437 | 0.162 | 2.293  |
| ห้วยทราย                          | 0.007                             | 0.071 | 0.080 | 0.080 | 0.061 | 0.007 | 0.078 | 0.108 | 0.099 | 0.091 | 0.245 | 0.038 | 0.964  |
| ห้วยไทรงาม                        | 0.004                             | 0.613 | 0.671 | 0.634 | 0.492 | 0.004 | 0.423 | 0.277 | 0.193 | 0.193 | 0.647 | 0.546 | 4.696  |
| ห้วยไม้ตาย                        | 0.000                             | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| ห้วยทราย-หุบกะพง                  | 0.006                             | 0.029 | 0.037 | 0.031 | 0.023 | 0.006 | 0.267 | 0.174 | 0.090 | 0.088 | 0.307 | 0.313 | 1.371  |
| ทำนน้ำบ่อพักน้ำเขากะปุก           | 0.000                             | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม          | 0.164                             | 0.129 | 0.146 | 0.040 | 0.041 | 0.042 | 0.058 | 0.398 | 0.592 | 0.217 | 0.493 | 0.306 | 2.625  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด        | 0.020                             | 0.015 | 0.018 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.048 | 0.071 | 0.026 | 0.059 | 0.037 | 0.315  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย         | 0.006                             | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.021 | 0.008 | 0.018 | 0.011 | 0.094  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม       | 0.345                             | 0.272 | 0.308 | 0.085 | 0.087 | 0.088 | 0.122 | 0.837 | 1.247 | 0.456 | 1.039 | 0.644 | 5.530  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย       | 0.049                             | 0.039 | 0.044 | 0.012 | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.119 | 0.177 | 0.065 | 0.147 | 0.091 | 0.785  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง | 0.008                             | 0.006 | 0.007 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.019 | 0.028 | 0.010 | 0.024 | 0.015 | 0.126  |
| รวม                               | 0.618                             | 1.638 | 1.822 | 1.433 | 1.136 | 0.177 | 2.031 | 2.556 | 2.999 | 1.579 | 4.194 | 2.528 | 22.709 |

## การประยุกต์ใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ในพื้นที่ศึกษา

การประยุกต์ใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (GAs) ในพื้นที่ศึกษา มีสมการเป้าหมาย (Objective Function) คือ การหาปริมาณน้ำที่ส่งผ่าน คลองชลประทาน ท่อผันน้ำ ลำน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำ ในแต่ละเดือน โดยให้เกิดการขาดแคลนนํ้าน้อยที่สุด โดยมีสมการเป้าหมาย (Objective Function) เช่นเดียวกับ กัมปนาท (2547) ดังสมการที่ 23 และเพื่อให้แบบจำลองสามารถใช้กับระบบอ่างเก็บน้ำได้จึงได้กำหนดสมการข้อจำกัด (Constraint Functions) ดังสมการที่ 24-31 การศึกษาครั้งนี้ใช้รูปแบบของ GAs คล้ายคลึงกับ Wardlaw and Sharif (1999) ได้แก่ การเข้ารหัสแบบจำนวนจริง (Real-Value Coding) การคัดเลือกแบบ Tournament Selection โดยทำการปรับปรุงจากเดิมที่มีการเลือก Chromosome เพียง 1 ครั้ง เป็น 5 ครั้งต่อ Generation ส่วนการแลกเปลี่ยนยีนใช้แบบ Uniform Crossover เช่นเดียวกับ Wardlaw and Sharif (1999) สำหรับการดัดแปลงยีนใช้วิธี Uniform Mutation ซึ่งแตกต่างจากวิธีของ Wardlaw and Sharif (1999) และปรับปรุงเพิ่มเติมโดยกำหนดให้ค่าที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงยีน (Gene) ขึ้นอยู่กับผลต่างระหว่างความสามารถในการระบายน้ำมากที่สุด (Maximum Capacity) ของ Reach (แสดงดังตารางที่ 28) และความสามารถในการระบายน้ำต่ำสุด (Minimum Capacity) ของ Reach (การศึกษาครั้งนี้กำหนดให้เท่ากับ 0) และมีค่าลดลงเมื่อ Generation เพิ่มขึ้น สำหรับความยาวของโครโมโซมมีจำนวนเท่ากับ  $21 \times 12 = 252$  ยีน (Reach 21 แห่ง ช่วงเวลา 12 เดือน) โดยมีเป้าหมายเพื่อหาค่าต่ำสุด (Min Z) ของผลรวมของสมการเป้าหมายและสมการข้อจำกัด ดังแสดงในสมการที่ 22

$$\text{Min } Z = R_1 \text{Obj} + R_2 P_2 + R_3 P_3 + R_4 P_4 + R_5 P_5 + R_6 P_6 + R_7 P_7 \quad \text{--- (22)}$$

|        |                        |     |                                              |
|--------|------------------------|-----|----------------------------------------------|
| โดยที่ | Min Z                  | คือ | การหาค่าต่ำสุดของค่า Z                       |
|        | Obj                    | คือ | สมการเป้าหมาย                                |
|        | $R_1, R_2, \dots, R_7$ | คือ | สัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมายและสมการข้อจำกัด |
|        | $P_2, P_3, \dots, P_7$ | คือ | สมการข้อจำกัด                                |

**ตารางที่ 28** ความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด( Maximum Capacity) ของ Reach

| Reach | ความสามารถในการระบายน้ำสูงสุดในแต่ละเดือน |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ID    | ม.ค.                                      | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |
| R001  | 24.11                                     | 21.77 | 24.11 | 23.33 | 24.11 | 23.33 | 24.11 | 24.11 | 23.33 | 24.11 | 23.33 | 24.11 |
| R002  | 5.36                                      | 4.84  | 5.36  | 5.18  | 5.36  | 5.18  | 5.36  | 5.36  | 5.18  | 5.36  | 5.18  | 5.36  |
| R003  | 0.43                                      | 0.39  | 0.43  | 0.41  | 0.43  | 0.41  | 0.43  | 0.43  | 0.41  | 0.43  | 0.41  | 0.43  |
| R005  | 5.36                                      | 4.84  | 5.36  | 5.18  | 5.36  | 5.18  | 5.36  | 5.36  | 5.18  | 5.36  | 5.18  | 5.36  |
| R006  | 26.78                                     | 24.19 | 26.78 | 25.92 | 26.78 | 25.92 | 26.78 | 26.78 | 25.92 | 26.78 | 25.92 | 26.78 |
| R007  | 13.39                                     | 12.10 | 13.39 | 12.96 | 13.39 | 12.96 | 13.39 | 13.39 | 12.96 | 13.39 | 12.96 | 13.39 |
| R008  | 4.02                                      | 3.63  | 4.02  | 3.89  | 4.02  | 3.89  | 4.02  | 4.02  | 3.89  | 4.02  | 3.89  | 4.02  |
| R009  | 0.54                                      | 0.48  | 0.54  | 0.52  | 0.54  | 0.52  | 0.54  | 0.54  | 0.52  | 0.54  | 0.52  | 0.54  |
| R012  | 0.54                                      | 0.48  | 0.54  | 0.52  | 0.54  | 0.52  | 0.54  | 0.54  | 0.52  | 0.54  | 0.52  | 0.54  |
| R013  | 0.54                                      | 0.48  | 0.54  | 0.52  | 0.54  | 0.52  | 0.54  | 0.54  | 0.52  | 0.54  | 0.52  | 0.54  |
| R014  | 2.68                                      | 2.42  | 2.68  | 2.59  | 2.68  | 2.59  | 2.68  | 2.68  | 2.59  | 2.68  | 2.59  | 2.68  |
| R015  | 1.61                                      | 1.45  | 1.61  | 1.56  | 1.61  | 1.56  | 1.61  | 1.61  | 1.56  | 1.61  | 1.56  | 1.61  |
| R016  | 2.68                                      | 2.42  | 2.68  | 2.59  | 2.68  | 2.59  | 2.68  | 2.68  | 2.59  | 2.68  | 2.59  | 2.68  |
| R017  | 5.36                                      | 4.84  | 5.36  | 5.18  | 5.36  | 5.18  | 5.36  | 5.36  | 5.18  | 5.36  | 5.18  | 5.36  |
| R018  | 0.43                                      | 0.39  | 0.43  | 0.41  | 0.43  | 0.41  | 0.43  | 0.43  | 0.41  | 0.43  | 0.41  | 0.43  |
| R019  | 0.03                                      | 0.02  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  |
| R020  | 0.43                                      | 0.39  | 0.43  | 0.41  | 0.43  | 0.41  | 0.43  | 0.43  | 0.41  | 0.43  | 0.41  | 0.43  |
| R021  | 0.46                                      | 0.41  | 0.46  | 0.44  | 0.46  | 0.44  | 0.46  | 0.46  | 0.44  | 0.46  | 0.44  | 0.46  |
| R022  | 0.00                                      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| R023  | 2.68                                      | 2.42  | 2.68  | 2.59  | 2.68  | 2.59  | 2.68  | 2.68  | 2.59  | 2.68  | 2.59  | 2.68  |
| R024  | 1.34                                      | 1.21  | 1.34  | 1.30  | 1.34  | 1.30  | 1.34  | 1.34  | 1.30  | 1.34  | 1.30  | 1.34  |

## 1. สมการเป้าหมาย (Objective Function) : Obj

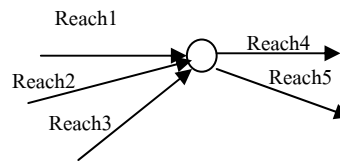
สมการเป้าหมาย คือ ในสถานะที่เกิดการขาดแคลนน้ำ จะส่งน้ำให้ขาดแคลนน้ำอย่างเท่าเทียมกันในทุกพื้นที่ และในสถานะที่มีปริมาณน้ำมากกว่าความต้องการน้ำ จะส่งน้ำให้เท่ากับความต้องการ ดังสมการที่ 23

$$\text{Obj} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{(\text{Demand}_{ij} - \text{Supply}_{ij})^2}{\text{Demand}_{ij}} \quad \text{--- (23)}$$

|        |                      |     |                                                |
|--------|----------------------|-----|------------------------------------------------|
| โดยที่ | Obj                  | คือ | ค่าของสมการเป้าหมาย                            |
|        | $\text{Demand}_{ij}$ | คือ | ปริมาณความต้องการน้ำของพื้นที่ i ในเดือนที่ j  |
|        | $\text{Supply}_{ij}$ | คือ | ปริมาณน้ำที่ส่งไปยังพื้นที่ i ในเดือนที่ j     |
|        | m                    | คือ | จำนวนพื้นที่ที่มีความต้องการน้ำ                |
|        | n                    | คือ | จำนวนเดือนที่วางแผนการใช้น้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ |

## 2. Water Balance constraint : WB

เป็นสมการข้อจำกัด  $P_2$  ในกรณีที่สมดุลของน้ำในจุดเชื่อมต่อ (Node) ไม่เท่ากับ 0 แสดงดังสมการที่ 24 จากภาพที่ 24 มี Reach นำนํ้าเข้าโหนดจำนวน 3 อัน ได้แก่ Reach1 Reach2 และ Reach3 ส่วน Reach ที่นำน้ำออกจากโหนดมีจำนวน 2 อัน ได้แก่ Reach4 Reach5 สมดุลน้ำในโหนด คือผลรวมของปริมาณน้ำไหลเข้าโหนด ลบด้วยปริมาณการใช้น้ำในโหนดและลบด้วยปริมาณน้ำไหลออกจากโหนดจะต้องเท่ากับ 0



ภาพที่ 24 สมดุลน้ำในจุดเชื่อมต่อ (Node)

$$\text{ถ้า } Q_{in_{ij}} - \text{Supply}_{ij} - Q_{out_{ij}} \neq 0$$

$$WB = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (Q_{in_{ij}} - \text{Supply}_{ij} - Q_{out_{ij}})^2 \quad \text{--- (24)}$$

โดยที่ WB คือ ข้อจำกัดเนื่องจากสมดุลน้ำ

$Q_{in_{ij}}$  คือ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่จุดเชื่อมต่อซึ่งต้องคำนวณสมดุลน้ำ  $i$  ในเดือนที่  $j$

$\text{Supply}_{ij}$  คือ ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าสู่จุดเชื่อมต่อซึ่งต้องคำนวณสมดุลน้ำ  $i$  ในเดือนที่  $j$

$Q_{out_{ij}}$  คือ ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากจุดเชื่อมต่อซึ่งต้องคำนวณสมดุลน้ำ  $i$  ในเดือนที่  $j$

$m$  คือ จำนวนจุดเชื่อมต่อ (Node) ที่ต้องคำนวณสมดุลน้ำ

$n$  คือ จำนวนเดือนที่วางแผนการใช้น้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ

### 3. Over Supply Constraint : OS

เป็นสมการข้อจำกัด  $P_3$  ในกรณีที่ส่งน้ำมากกว่าความต้องการน้ำ แสดงดังสมการที่ 25

ถ้า  $\text{Supply}_{ij} > \text{Demand}_{ij}$  แล้ว

$$OS = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{(\text{Supply}_{ij} - \text{Demand}_{ij})^2}{\text{Demand}_{ij}} \quad \text{--- (25)}$$

โดยที่ OS คือ ข้อจำกัดเนื่องจากการส่งน้ำมากกว่าความต้องการ

$\text{Supply}_{ij}$  คือ ปริมาณน้ำที่ส่งไปยังพื้นที่  $i$  ในเดือนที่  $j$

$\text{Demand}_{ij}$  คือ ปริมาณความต้องการน้ำของพื้นที่  $i$  ในเดือนที่  $j$

|   |     |                                                |
|---|-----|------------------------------------------------|
| m | คือ | จำนวนพื้นที่ที่มีความต้องการน้ำ                |
| n | คือ | จำนวนเดือนที่วางแผนการใช้น้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ |

#### 4. Flood Control Constraint : FC

เป็นสมการข้อจำกัด  $P_4$  ในกรณีที่ปริมาณน้ำซึ่งไหลเข้าโหนด (Node) มากกว่าปริมาณน้ำที่โหนด (Node) รับได้สูงสุดโดยไม่เกิดปัญหาน้ำท่วม แสดงดังสมการที่ 26

$$\text{ถ้า } Q_{in_{ij}} > Q_{max_i}$$

$$FC = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{(Q_{in_{ij}} - Q_{max_i})^2}{Q_{max_i}} \quad \text{--- (26)}$$

|        |               |     |                                                                                  |
|--------|---------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------|
| โดยที่ | FC            | คือ | ข้อจำกัดเนื่องจากปริมาณน้ำไหลเข้าโหนดมากกว่าความสามารถรับน้ำสูงสุดของโหนด        |
|        | $Q_{in_{ij}}$ | คือ | ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่โหนด i ซึ่งต้องคำนวณ Flood Control Constraint ในเดือนที่ j |
|        | $Q_{max_i}$   | คือ | ปริมาณน้ำสูงสุดซึ่งสามารถรองรับได้ของโหนด i                                      |
|        | m             | คือ | จำนวนโหนด (Node) ที่ต้องคำนวณ Flood Control Constraint                           |
|        | n             | คือ | จำนวนเดือนที่วางแผนการใช้น้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ                                   |

#### 5. Dam Upper-Lower Rule Curve Constraint : DULRC

เป็นสมการข้อจำกัด  $P_5$  ในกรณีที่ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมากกว่าโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านบน (Upper-Rule Curve) หรือปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำน้อยกว่าโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านล่าง (Lower-Rule Curve) แสดงดังสมการที่ 27 และ 28

เนื่องจากพื้นที่ศึกษาไม่เคยมีการศึกษาโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านบนและด้านล่างมาก่อน ดังนั้นการศึกษารุ่นนี้จึงกำหนดให้โค้งปฏิบัติการด้านบนเท่ากับความจุเก็บกักและโค้งปฏิบัติการด้านล่างเท่ากับความจุต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำ แต่อย่างไรก็ตามหากหาแบบจำลองนี้ไป

ศึกษาในพื้นที่ที่มีการศึกษาโค้งปฏิบัติการล่างและบนไว้แล้วต้องนำโค้งปฏิบัติการที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษาเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองด้วย

ถ้า  $S_{ij} > RCupper_{ij}$

$$DULRC = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{(S_{ij} - RCupper_{ij})^2}{RCupper_{ij}} \quad \text{--- (27)}$$

ถ้า  $S_{ij} < RClower_{ij}$

$$DULRC = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{(S_{ij} - RClower_{ij})^2}{RClower_{ij}} \quad \text{--- (28)}$$

โดยที่ DULRC คือ ข้อจำกัดด้านปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมากกว่าโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านบน (Upper-Rule Curve) หรือปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำน้อยกว่าโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านล่าง (Lower-Rule Curve)

$S_{ij}$  คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ  $i$  ในเดือนที่  $j$

$RCupper_{ij}$  คือ Upper-Rule Curve ของอ่างเก็บน้ำ  $i$  ในเดือนที่  $j$

$RClower_{ij}$  คือ Lower-Rule Curve ของอ่างเก็บน้ำ  $i$  ในเดือนที่  $j$

$m$  คือ จำนวนอ่างเก็บน้ำ

$n$  คือ จำนวนเดือนที่วางแผนการใช้น้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ

## 6. Dam Storage Constraint : DS

เป็นสมการข้อจำกัด  $P_6$  ในกรณีที่ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำน้อยกว่าความจุต่ำสุดหรือปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมากกว่าความจุสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ แสดงดังสมการที่ 29 และ 30

ถ้า  $S_{ij} < S_{min_i}$

$$DS = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{(S_{min_i} - S_{ij})^2}{S_{min_i}} \quad \text{--- (29)}$$

ถ้า  $S_{ij} > S_{max_i}$

$$DS = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{(S_{ij} - S_{max_i})^2}{S_{max_i}} \quad \text{--- (30)}$$

|        |             |     |                                                |
|--------|-------------|-----|------------------------------------------------|
| โดยที่ | DS          | คือ | ข้อจำกัดด้านความจุของอ่างเก็บน้ำ               |
|        | $S_{ij}$    | คือ | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ $i$ ในเดือนที่ $j$      |
|        | $S_{max_i}$ | คือ | ความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ $i$                |
|        | $S_{min_i}$ | คือ | ความจุต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำ $i$                 |
|        | $m$         | คือ | จำนวนอ่างเก็บน้ำ                               |
|        | $n$         | คือ | จำนวนเดือนที่วางแผนการใช้น้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ |

## 7. Dam Last Storage Constraint : DLS

เป็นสมการข้อจำกัด  $P_7$  ในกรณีที่ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ ปลายเดือนท้ายสุดของการจำลองการจัดสรรน้ำน้อยกว่าความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ สำหรับในกรณีศึกษาครั้งนี้เป็นการจำลองการจัดสรรน้ำตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ดังนั้นสมการข้อจำกัด  $P_7$  จะเป็นข้อจำกัดที่เกิดจากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ ปลายเดือนธันวาคมน้อยกว่าความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำนั่นเอง สมการข้อจำกัด  $P_7$  แสดงดังสมการที่ 31

ถ้า  $Slast_i < S_{max_i}$

$$DLS = \sum_{i=1}^m \frac{(S_{max_i} - Slast_i)^2}{S_{max_i}} \quad \text{--- (31)}$$

|        |     |     |                                                                                                          |
|--------|-----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| โดยที่ | DLS | คือ | ข้อจำกัดด้านความจุของอ่างเก็บน้ำ $i$ ในช่วงปลายเดือนท้ายสุดของการจำลองต่ำกว่าความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ |
|--------|-----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|

$S_{max_i}$  คือ ความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ  $i$

$S_{last_i}$  คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ  $i$  ในช่วงปลายเดือนสุดท้าย

$m$  คือ จำนวนอ่างเก็บน้ำ

สมมูลน้ำในอ่างเก็บน้ำ

การทำสมมูลน้ำในอ่างเก็บน้ำเป็นการประเมินความจุอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาโดยได้ทำการปรับปรุงการทำสมมูลน้ำในอ่างเก็บน้ำจาก ทองเปลว (2548) ดังสมการที่ 32

$$S_{t+1} = S_t + \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^n I_{it} + P_t - E_t - SE_t + \sum_{i=1}^M \sum_{t=1}^n Reach_{it} \quad \text{--- (32)}$$

โดยที่  $S_{t+1}$  คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในปลายเดือน  $t$  (ลบ.ม.)

$S_t$  คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อต้นเดือน  $t$  (ลบ.ม.)

$I_{it}$  คือ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดย External Inflow  $i$  ในเดือน  $t$

$m$  คือ จำนวน External Inflow ที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

$n$  คือ จำนวนเดือนที่ทำการจำลองการจัดสรรน้ำ

$P_t$  คือ ปริมาณฝนที่ตกลงในอ่างเก็บน้ำในเดือน  $t$  (ลบ.ม.)

$$\text{มีค่าเท่ากับ } \frac{Rain_t}{1,000} \left[ \frac{A_{t+1} + A_t}{2} \right]$$

$A_{t+1}$  คือ พื้นที่ผิวน้ำปลายเดือน  $t$  (ตร.ม.)

คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำดังสมการที่ 33

$$A_{t+1} = aQ_{t+1}^2 + bQ_{t+1} \quad \text{--- (33)}$$

$a, b$  คือ สัมประสิทธิ์รีเกรชัน ดังภาพที่ 31-37

$Q_{t+1}$  คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในปลายเดือน  $t$

$A_t$  คือ พื้นที่ผิวน้ำต้นเดือน  $t$  (ตร.ม.)

คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำดังสมการที่ 34

$$A_t = aQ_t^2 + bQ_t \quad \text{--- (34)}$$

$Q_t$  คือ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อต้นเดือน  $t$

$Rain_t$  คือ ปริมาณฝนของสถานีที่ใช้ในการคำนวณปริมาณฝนตกลงอ่างเก็บน้ำในเดือนที่  $t$  (มม.)

$E_t$  คือ ปริมาณน้ำจากการระเหยจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา  $t$  (ลบ.ม.)

มีค่าเท่ากับ 
$$\frac{e_t}{1,000} \left[ \frac{A_{t+1} + A_t}{2} \right]$$

$e_t$  คือ อัตราการระเหยของน้ำในช่วงเวลา  $t$  (มม.)

$SE_t$  คือ ปริมาณน้ำที่รั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำในเดือน  $t$  (ลบ.ม.)

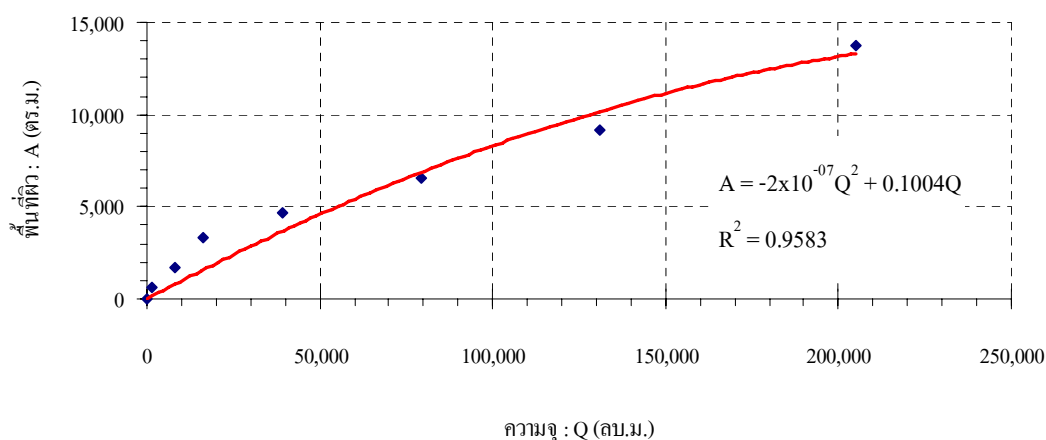
มีค่าเท่ากับ 
$$\left[ \frac{S_{t+1} + S_t}{2} \right] \times \frac{0.1}{12}$$

$Reach_{it}$  คือ ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน Reach  $i$  ในเดือน  $t$  โดยมีเครื่องหมาย + เมื่อน้ำเข้าอ่างเก็บน้ำ มีเครื่องหมาย - เมื่อน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ

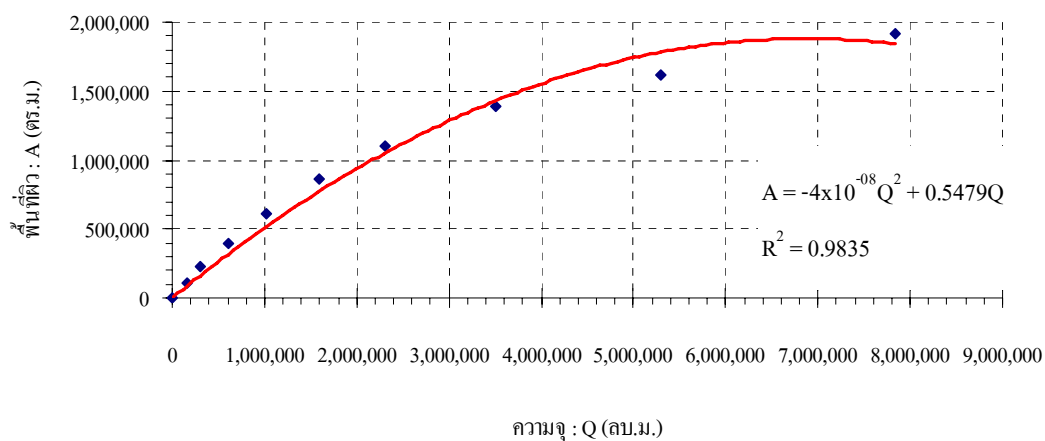
$M$  คือ จำนวน Reach ที่เชื่อมต่อกับอ่างเก็บน้ำ

$t$  คือ ช่วงเวลาที่พิจารณาเป็นเดือน

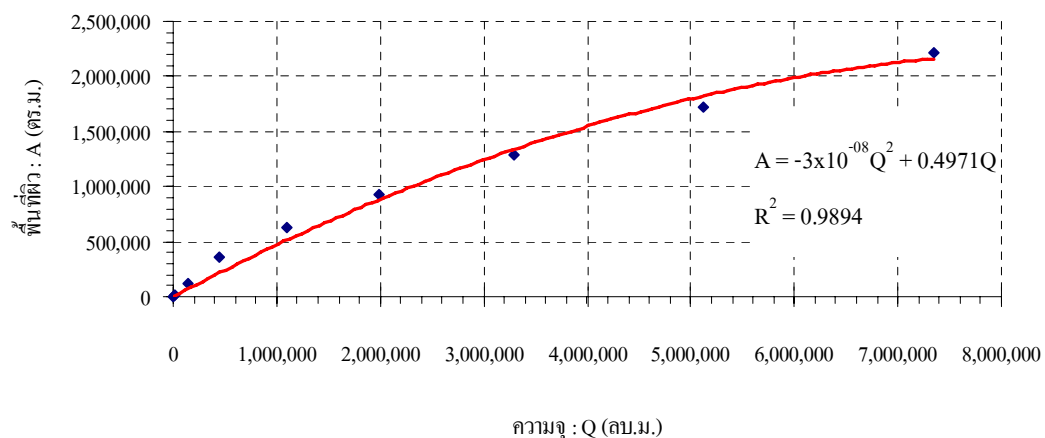
การประเมินปริมาณฝนที่ตกลงในพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำและอัตราการระเหยจากอ่างเก็บน้ำจำเป็นต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำและพื้นที่ผิวน้ำแสดงดังภาพที่ 25-31



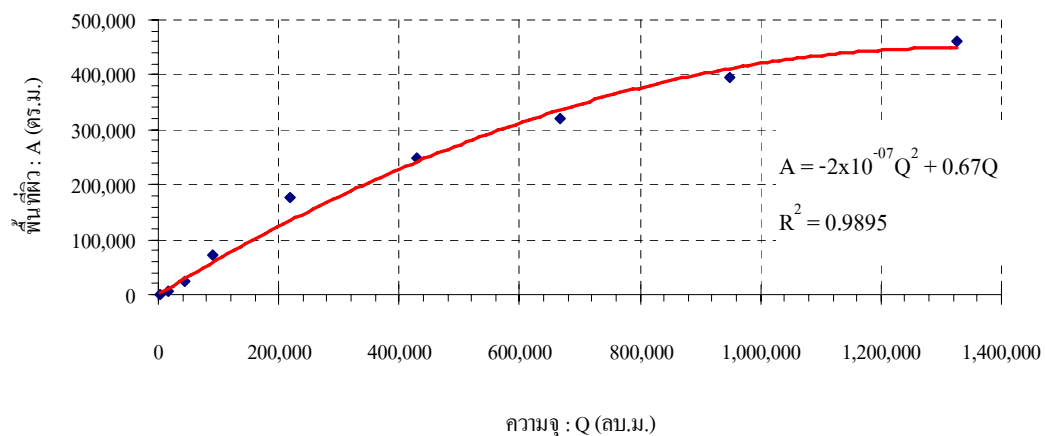
ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำบ่อพักน้ำเขากะปุก



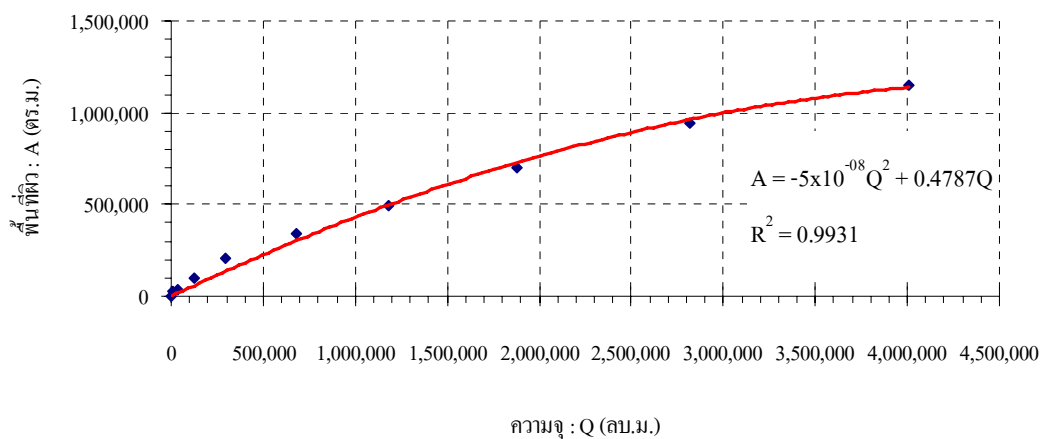
ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย



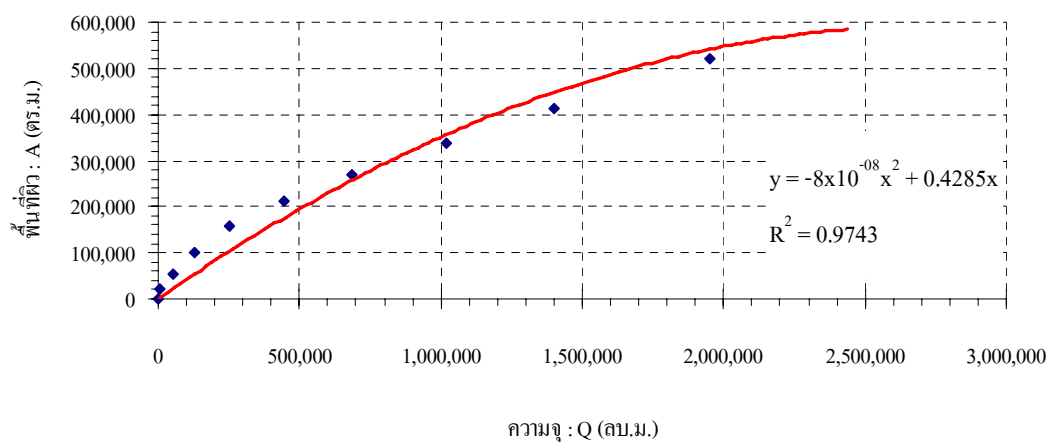
ภาพที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม



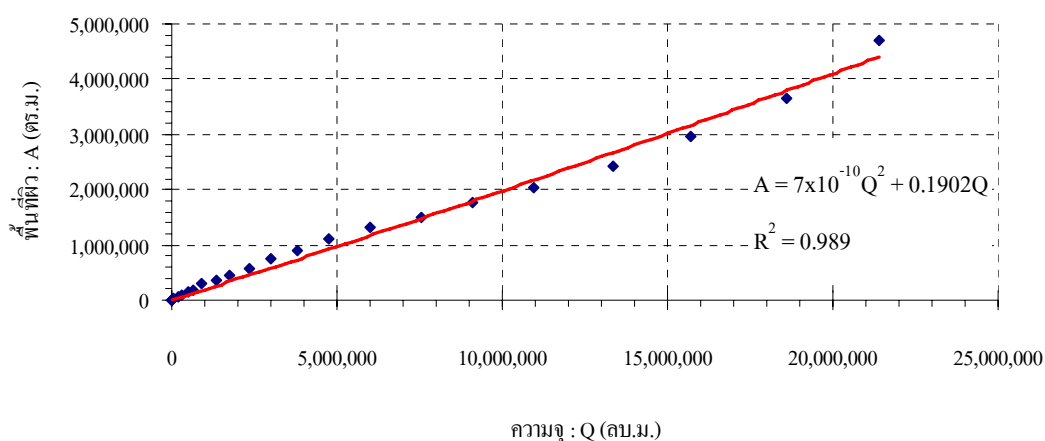
ภาพที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง



ภาพที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด



ภาพที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย



ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม

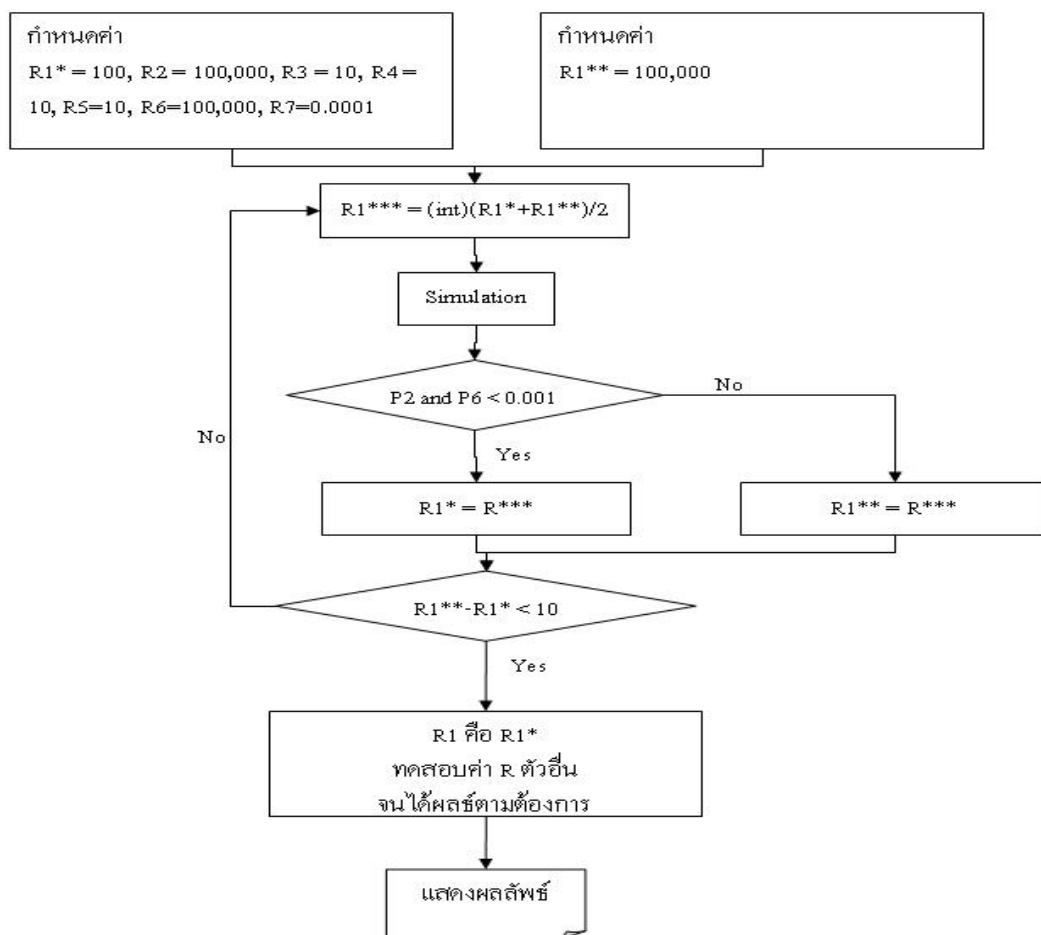
#### ขั้นตอนการหาค่า R

จากสมการที่ 22 ค่า R เป็นสิ่งสำคัญของแบบจำลอง GAs สำหรับการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากแบบจำลองมีสมการเป้าหมาย (Objective Function) จำนวน 1 สมการและสมการข้อจำกัด (Constraint) อีก 6 สมการซึ่งทุกสมการจะถูกคูณด้วยค่า R จากสมการที่ 22 พบว่าค่า R ที่ต้องทดสอบก่อนนำไปใช้งานในแบบจำลองมีจำนวนทั้งสิ้น 7 ตัว โดยค่า R แต่ละตัวเปรียบเสมือนการให้ความสำคัญกับสมการเป้าหมายและสมการข้อจำกัดอันไหนมากกว่ากัน หากค่า R ของพจน์ใดมีค่ามากกว่าแสดงว่าให้ความสำคัญกับพจน์นั้นมากกว่าพจน์ที่มีค่า R น้อยกว่า อย่างไรก็ตามการหาค่า R ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนำเข้า (Input) ชุดหนึ่ง อาจไม่เหมาะสมกับข้อมูลนำเข้าอีกชุดหนึ่งก็ได้ เช่น การศึกษาครั้งนี้ศึกษากรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด น้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด จากการศึกษพบว่า ค่า R สำหรับแต่ละกรณีมีค่าแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อมีข้อมูลนำเข้าแตกต่างกันควรมีการศึกษาค่า R ใหม่ด้วยเช่นกัน การศึกษาครั้งนี้มีขั้นตอนการหาค่า R คือกำหนดความสำคัญของพจน์ต่างๆ ทั้ง 7 พจน์ แสดงดังตารางที่ 29

**ตารางที่ 29** การกำหนดระดับความสำคัญและค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้ของค่า R ในสมการที่ 22

| ที่ | ค่า R | พจน์                               | ระดับความสำคัญ | ค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้<br>(ล้าน ลบ.ม.ต่อเดือน) |
|-----|-------|------------------------------------|----------------|------------------------------------------------|
| 1   | R1    | Objective : O                      | ปานกลาง        | -                                              |
| 2   | R2    | Water Balance : WB                 | มากที่สุด      | 0.001                                          |
| 3   | R3    | Over Supply : OS                   | น้อย           | -                                              |
| 4   | R4    | Flood Control : FC                 | ปานกลาง        | -                                              |
| 5   | R5    | Dam Upper-Lower Rule Curve : DULRC | ปานกลาง        | -                                              |
| 6   | R6    | Dam Storage : DS                   | มากที่สุด      | 0.001                                          |
| 7   | R7    | Dam Last Storage : DLS             | น้อย           | -                                              |

ขั้นตอนการหาค่า R เริ่มโดยการกำหนดค่า R ของพจน์ที่มีระดับความสำคัญมากที่สุด โดยจะเป็นพจน์ที่ทำให้แบบจำลองวางแผนการจัดสรรน้ำได้สมจริงมากยิ่งขึ้นแสดงดังตารางที่ 28 ได้แก่ Water Balance Constraint และ Dam Storage Constraint โดยยอมให้พจน์ทั้งสองมีค่าผิดพลาดได้ไม่เกิน 0.001 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน จากนั้นกำหนดค่า R ของพจน์ทั้งสองได้แก่ R2 และ R6 มีค่าประมาณ 100,000 ค่า R1 ประมาณ 100 ค่า R7 ประมาณ 0.0001 ส่วนที่เหลือกำหนดค่าประมาณ 10 ขั้นตอนการหาค่า R แสดงดังภาพที่ 32



ภาพที่ 32 ขั้นตอนการหาค่า R

จากภาพที่ 32 พบว่าค่า R2 และ R6 ถูกกำหนดค่าเริ่มต้นเท่ากับ 100,000 เนื่องจากให้ความสำคัญกับสมดุลน้ำในโหนด (Water Balance Constraint) และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำต้องอยู่ระหว่างความจุต่ำสุดและความจุเก็บกัก (Dam Storage Constraint) จากนั้นจึงหาค่า R1 ซึ่งเป็นพจน์ของสมการเป้าหมาย (Objective Function) โดยหาค่า R1 มากผลการจัดสรรน้ำจะดีกล่าวคือส่งน้ำได้สม่ำเสมอและการขาดแคลนนํ้าน้อย แต่หากมากเกินไปอาจไม่ผ่านเงื่อนไขสมดุลน้ำในโหนด (Water Balance Constraint) และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำอาจไม่อยู่ระหว่างความจุต่ำสุดและความจุเก็บกัก (Dam Storage Constraint) ดังนั้นจึงดำเนินการหาค่า R1 โดยกำหนดให้ค่า R1 มีค่าเท่ากับ R1\* มีค่าประมาณ 100 แล้วจึงทำการจำลองการจัดสรรน้ำแล้วจึงสังเกตผลของพจน์ P2 และ P6 หากผ่านเงื่อนไขแสดงว่า ค่า R1 สามารถใช้งานได้ จากนั้นจึงกำหนดให้ R1 มีค่าเท่ากับ R1\*\* โดยมีค่าประมาณ 100,000 จากนั้นจึงจำลองการจัดสรรน้ำจากการศึกษาพบว่าผลจากแบบจำลองการจัดสรรน้ำไม่ผ่านเงื่อนไขของสมดุลน้ำในโหนดกล่าวคือ สมดุลน้ำในโหนดที่ต้องคำนวณสมดุลน้ำมีค่าผิดพลาดมากกว่า 0.001 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และเงื่อนไขปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำต้องอยู่ระหว่างความจุต่ำสุดและความจุเก็บกัก (Dam Storage Constraint) มีค่าผิดพลาดมากกว่า 0.001 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน จากนั้นทำการหาค่า R1 ใหม่ โดยค่า R1 ใหม่จะมีค่าอยู่ระหว่าง R1\* และ R1\*\* โดยให้สมมติมีค่าเป็น R1\*\*\* จะเท่ากับสมการที่ 35

$$R1^{***} = \left( \frac{R1^* + R1^{**}}{2} \right) \quad \text{--- (35)}$$

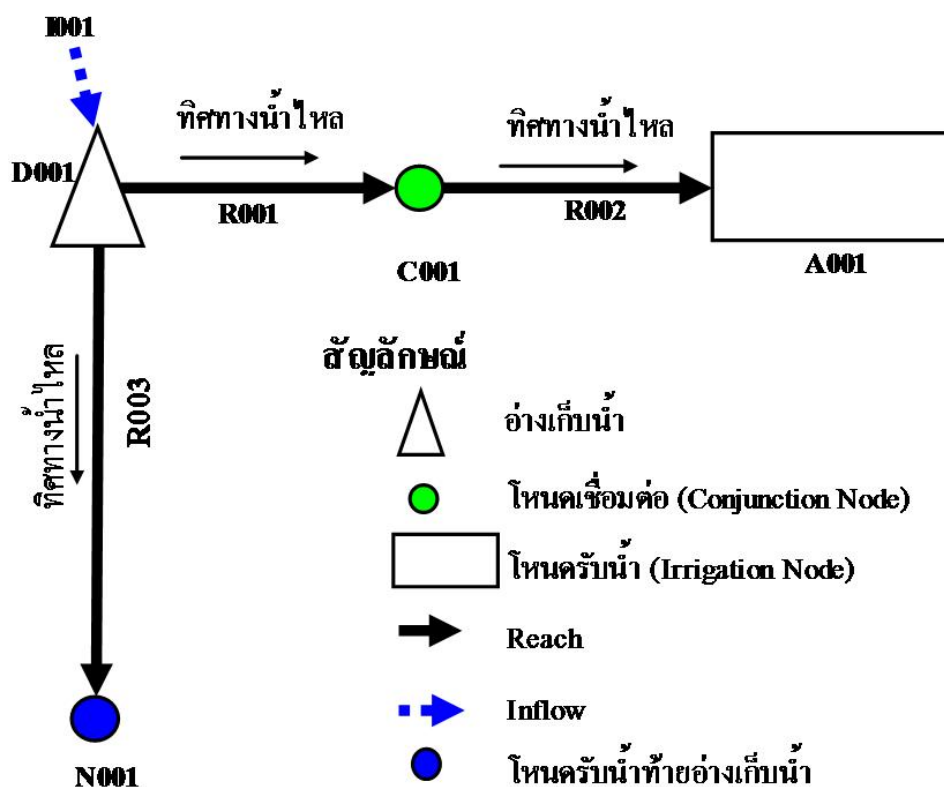
จากนั้นจึงนำค่า R1\*\*\* ไปจำลองการจัดสรรน้ำหาก พจน์ P2 และ P6 ผ่านเงื่อนไข ค่า R1\* จะเท่ากับ R1\*\*\* ถ้าหาก พจน์ P2 และ P6 ไม่ผ่านเงื่อนไข ค่า R1\*\* จะเท่ากับ R1\*\*\* จากนั้นจึงคำนวณค่า R1\*\*\* แล้วจำลองการจัดสรรน้ำใหม่ทำเช่นนี้ซ้ำ จนกระทั่งค่า R1\*\* ลดด้วย R1\* มีค่าน้อยกว่า 10 จึงสิ้นสุดการหาค่า R1 ดังภาพที่ 32

เมื่อได้ค่า R1 ตามต้องการแล้วจึงคำนวณหาค่า R ตัวที่เหลือโดยทำการปรับค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงทีละน้อยจนกระทั่งได้ผลการส่งน้ำตรงตามความต้องการ

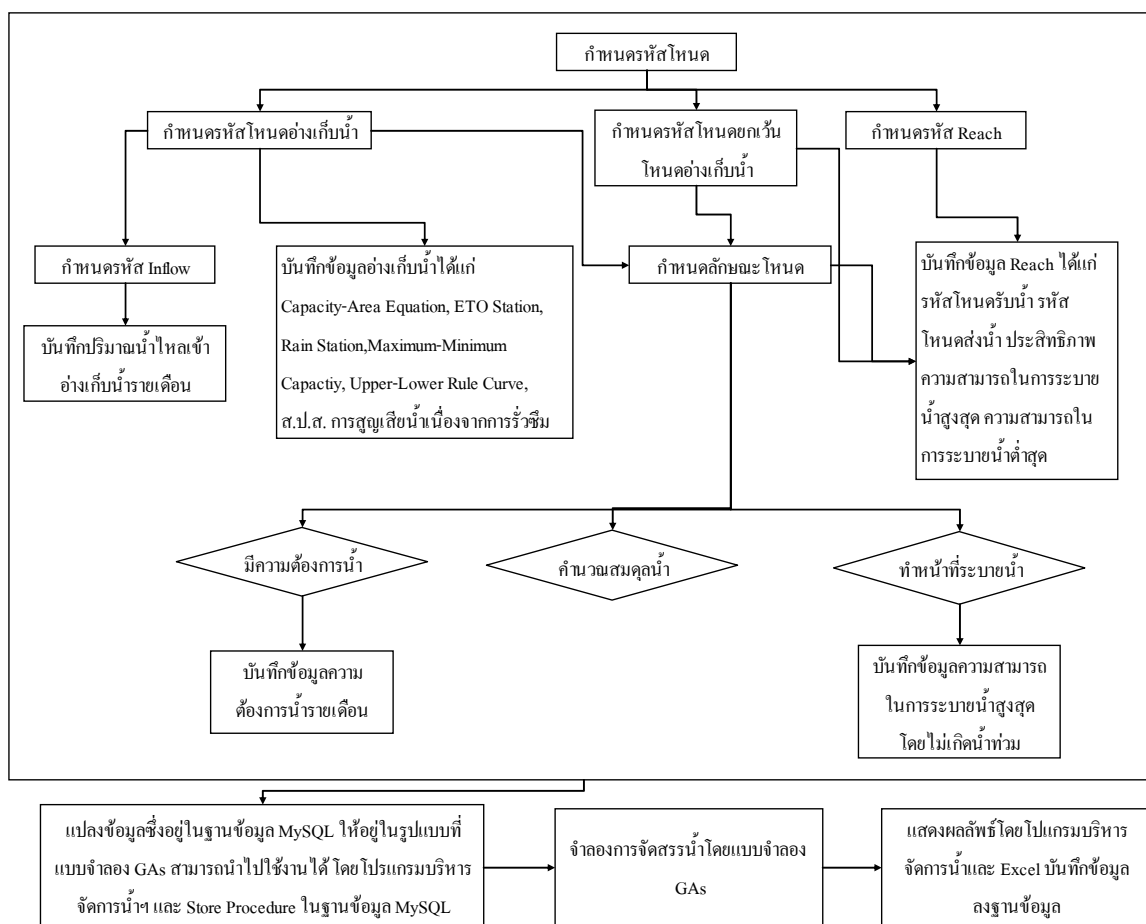
ระบบต้นแบบ (Model) เพื่ออธิบายการประยุกต์ใช้แบบจำลอง GA

เพื่อให้ผู้สนใจทราบวิธีการประยุกต์ใช้แบบจำลอง GAs ในการวางแผนการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ ผู้ศึกษาได้สร้างระบบอ่างเก็บน้ำต้นแบบ (ภาพที่ 33) โดยประกอบด้วยโหนด (Node) จำนวน 4 โหนด ได้แก่ D001 C001 A001 และ N001 โดยโหนดทั้ง 4 โหนดเป็นโหนดอ่างเก็บน้ำจำนวน 1 แห่ง คือ D001 โหนดเชื่อมต่อ (Conjunction Node) จำนวน 1 แห่ง คือ C001 โหนดรับน้ำ (Irrigation Node) จำนวน 1 แห่งคือ A001 และโหนดรับน้ำด้านท้ายอ่างเก็บน้ำจำนวน 1 แห่งคือ N001 ขั้นตอนของการจำลองการจัดสรรน้ำโดยแบบจำลอง GAs แสดงดังภาพที่

34



ภาพที่ 33 ระบบอ่างเก็บน้ำต้นแบบเพื่อใช้อธิบายการทำงานพื้นฐานของ GA



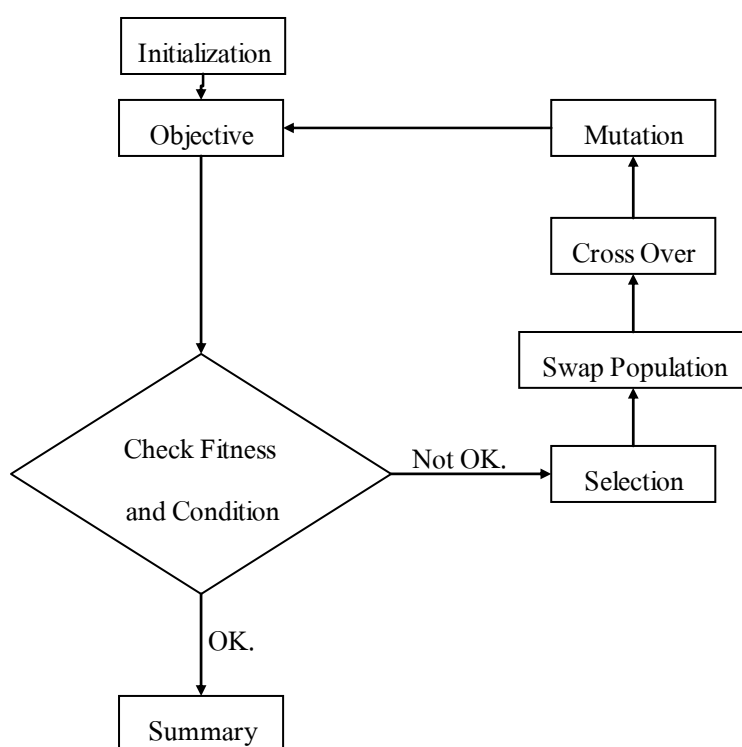
ภาพที่ 34 ขั้นตอนการจำลองการจัดสรรน้ำโดยแบบจำลอง GAS

จากภาพที่ 34 แบบจำลอง GAS ต้องอาศัยโปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ และฐานข้อมูล MySQL ในการจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้น เมื่อจำลองการจัดสรรน้ำเสร็จสิ้นจะแสดงผลลัพธ์และจัดเก็บผลลัพธ์จากแบบจำลองลงฐานข้อมูล MySQL ต่อไป

GAs ใช้วิธีการเลียนแบบธรรมชาติประกอบด้วย Population Chromosome Gene และ Allele จากภาพที่ 33 ซึ่งเป็นระบบต้นแบบของระบบอ่างเก็บน้ำ ในการประยุกต์ GAS ในการวางแผนการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ Population คือกลุ่มของ Chromosome โดย Chromosome คือระบบ Reach ในระบบส่งน้ำทั้งหมด จากภาพที่ 36 มีจำนวน Chromosome หรือ Population Size เท่ากับ 4 โดยแต่ละ Chromosome ประกอบด้วย Gene จำนวน 3 ตัว คือ Reach R001 R002 และ R003 แต่ละ Gene ประกอบด้วย Allele จำนวน 12 ตัว โดย Allele แต่ละตัวคือ

ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน Reach เช่นกรณีการจำลองการจัดสรรน้ำรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม เป็นจำนวน 12 เดือน จำนวน Allele ต่อ Gene จะเท่ากับ 12

ขั้นตอนการทำงานของ GAs แสดงดังภาพที่ 35 ขั้นตอน Initialization เป็นการสุ่มปริมาณน้ำที่จะปล่อยผ่าน Reach ต่างๆ ในแต่ละเดือน โดยค่าที่สุ่มมีค่าอยู่ระหว่างความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด และต่ำสุดของ Reach โดยการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ความสามารถในการระบายน้ำต่ำสุดของ Reach เท่ากับ 0 เมื่อผ่านขั้นตอนนี้ Allele ทุกตัวจะมีค่า (Value) ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ปล่อยผ่าน Reach รายเดือนแสดงดังภาพที่ 36



ภาพที่ 35 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง GAs

|          | Chromosome 1        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          | Gene 1 (Reach R001) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 2 (Reach R002) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 3 (Reach R003) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Alle No. | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 |
| Values   | 4.7                 | 2.7 | 3.7 | 3.4 | 2.7 | 0.0 | 0.8 | 1.8 | 0.1 | 2.6 | 1.3 | 2.3 | 0.2                 | 0.9 | 0.9 | 1.9 | 1.2 | 0.9 | 0.8 | 3.0 | 1.6 | 0.1 | 2.4 | 0.4 | 1.7                 | 3.8 | 2.6 | 3.0 | 0.2 | 4.0 | 0.2 | 1.8 | 0.3 | 1.3 | 3.0 | 0.5 |
| Month    | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec |
|          | Chromosome 2        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|          | Gene 1 (Reach R001) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 2 (Reach R002) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 3 (Reach R003) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Alle No. | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 |
| Values   | 0.6                 | 1.1 | 3.9 | 0.5 | 2.7 | 2.2 | 1.8 | 3.8 | 3.8 | 2.8 | 2.9 | 3.6 | 0.5                 | 1.5 | 1.2 | 1.7 | 1.8 | 2.9 | 2.7 | 0.4 | 1.5 | 1.8 | 1.3 | 0.4 | 4.0                 | 1.1 | 1.7 | 3.8 | 3.0 | 2.8 | 3.4 | 1.2 | 3.6 | 1.7 | 2.7 | 1.2 |
| Month    | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec |
|          | Chromosome 3        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|          | Gene 1 (Reach R001) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 2 (Reach R002) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 3 (Reach R003) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Alle No. | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 |
| Values   | 2.8                 | 2.1 | 0.5 | 3.5 | 4.5 | 1.5 | 3.0 | 2.3 | 3.3 | 2.8 | 1.3 | 2.2 | 1.3                 | 1.2 | 1.6 | 0.5 | 2.8 | 0.7 | 2.1 | 2.9 | 2.5 | 0.9 | 1.3 | 1.4 | 1.3                 | 4.0 | 3.3 | 3.9 | 2.1 | 0.5 | 0.2 | 0.6 | 1.9 | 2.5 | 1.8 | 1.7 |
| Month    | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec |
|          | Chromosome 4        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|          | Gene 1 (Reach R001) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 2 (Reach R002) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 3 (Reach R003) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Alle No. | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 |
| Values   | 3.3                 | 3.1 | 0.0 | 4.4 | 0.8 | 2.0 | 1.0 | 2.2 | 0.8 | 2.9 | 3.9 | 0.3 | 1.5                 | 0.6 | 2.7 | 1.4 | 0.4 | 2.6 | 0.8 | 2.2 | 2.9 | 2.8 | 0.9 | 2.4 | 1.0                 | 0.5 | 1.3 | 1.1 | 1.9 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 1.2 |
| Month    | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec |

Population

Population

ภาพที่ 36 รูปแบบ GAs ที่ใช้ในการวางแผนการจัดสรรน้ำ

ขั้นตอนต่อไปแบบจำลองจะคำนวณสมมูลน้ำในโหนดต่างโดยสมมูลน้ำในโหนดมีค่าเท่ากับผลรวมของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าโหนดโดย Reach และ Inflow ลบด้วยปริมาณน้ำไหลออกจากโหนดโดย Reach

ในขั้นตอน Objective โปรแกรมจะใช้ข้อมูลสมมูลน้ำของแต่ละโหนดในการคำนวณ Objective Function และเงื่อนไข (Constraint) จากนั้นจึงคำนวณค่า Fitness ของแต่ละ Chromosome โดยสมมติว่าปัจจุบันแบบจำลองทำงานอยู่ที่ Population ที่ 1 ค่า Fitness และหมายเลข Chromosome (Chro. No.) ที่ถูกเลือกจะอยู่ที่ Middle Layer

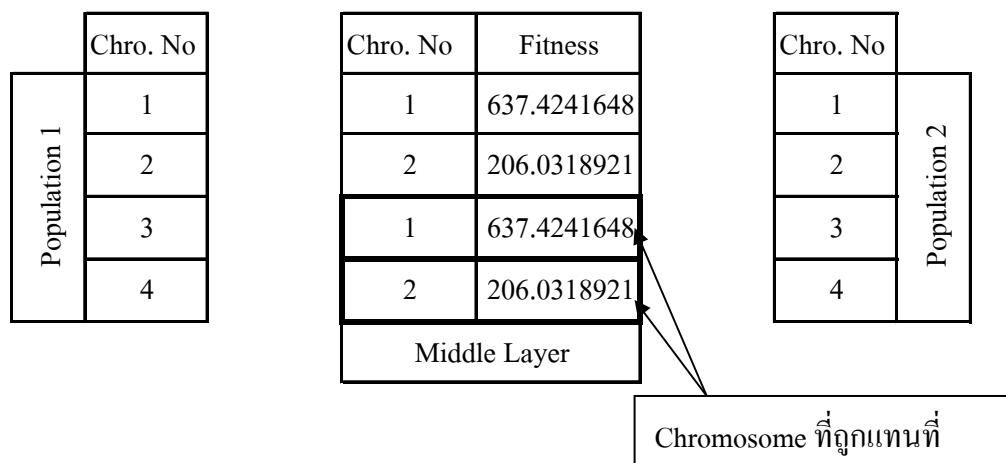
การออกแบบโปรแกรมสำหรับแบบจำลอง GAs จะมี Population จำนวน 2 ชุด สลับกันทำงานและมี Layer สำหรับเก็บข้อมูล Chromosome ที่ถูกเลือกและค่า Fitness ของ Chromosome ที่ถูกเลือกแสดงดังภาพที่ 37

|              |          |              |          |             |  |          |              |
|--------------|----------|--------------|----------|-------------|--|----------|--------------|
|              | Chro. No |              | Chro. No | Fitness     |  | Chro. No |              |
| Population 1 | 1        |              | 1        | 637.4241648 |  | 1        | Population 2 |
|              | 2        |              | 2        | 206.0318921 |  | 2        |              |
|              | 3        |              | 3        | 786.4272851 |  | 3        |              |
|              | 4        |              | 4        | 697.7319197 |  | 4        |              |
|              |          | Middle Layer |          |             |  |          |              |

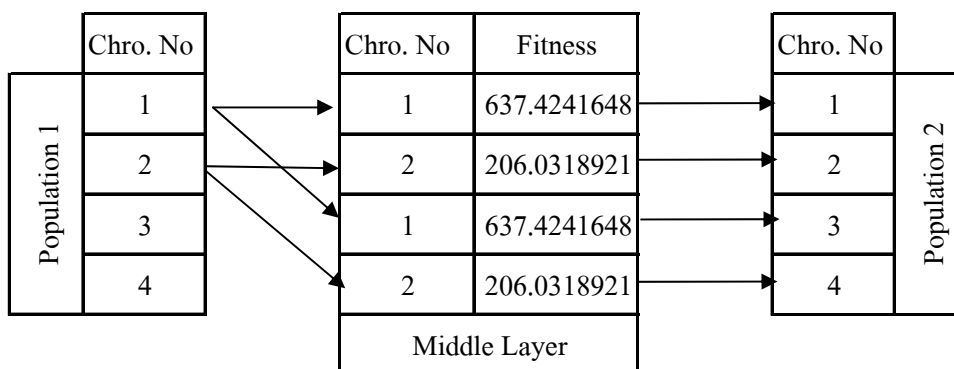
ภาพที่ 37 การออกแบบ GAs เป็น 2 Population และมี Middle Layer

ขั้นตอนการคัดเลือก (Selection) ในการศึกษาใช้การเลือกโดยปรับปรุงจาก Tournament Selection โดยแบบจำลองจะทำการสุ่มเปรียบเทียบค่า Fitness ของแต่ละ Chromosome ใน Middle Layer เช่น จากภาพที่ 37 สมมติว่าแบบจำลองสุ่มหมายเลข Chromosome ครั้งที่ 1 ได้หมายเลข 1 มีค่า Fitness เท่ากับ 637.4241648 และหมายเลขที่ 3 มีค่า Fitness เท่ากับ 786.4272851 ดังนั้น Chromosome ตัวที่ 3 มีค่า Fitness มากกว่าตัวที่ 1 จึงถูกแทนที่ด้วย Chromosome ตัวที่ 3 แบบจำลองจะทำขั้นตอนนี้ซ้ำจนครบทุก Chromosome และครบรอบตามจำนวนที่กำหนดไว้ สมมติว่าได้ หมายเลข Chromosome ที่ถูกเลือกและค่า Fitness แสดงดังภาพที่ 38

เมื่อได้หมายเลขของ Chromosome ที่ถูกเลือกไว้ที่ Middle Layer แล้วขั้นตอนต่อไป โปรแกรมจะทำการคัดลอก Chromosome จาก Population 1 ไป Population 2 โดยใช้หมายเลข Chromosome จาก Middle Layer ดังภาพที่ 39



ภาพที่ 38 Chromosome หมายเลข 3 และ 4 ถูกแทนที่โดยหมายเลขที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 39 การคัดลอก Chromosome จาก Population 1 ไปยัง Population 2

จากภาพที่ 39 Chromosome ที่ 3 และ 4 ใน Population ที่ 1 จะถูกตัดทิ้งไป ส่วน Chromosome ที่ 1 และ 2 จะถูกเลือกเป็น Chromosome 2 ชุดใน Population ที่ 2

ขั้นตอน Swap Population เป็นขั้นตอนเปลี่ยน Population ที่ทำงานปัจจุบัน โดยจะสลับการทำงานระหว่าง Population ที่ 1 และ 2 เมื่อ Generation เปลี่ยนแปลงไปเพื่อเข้าขั้นตอน Crossover และ Mutation ต่อไป

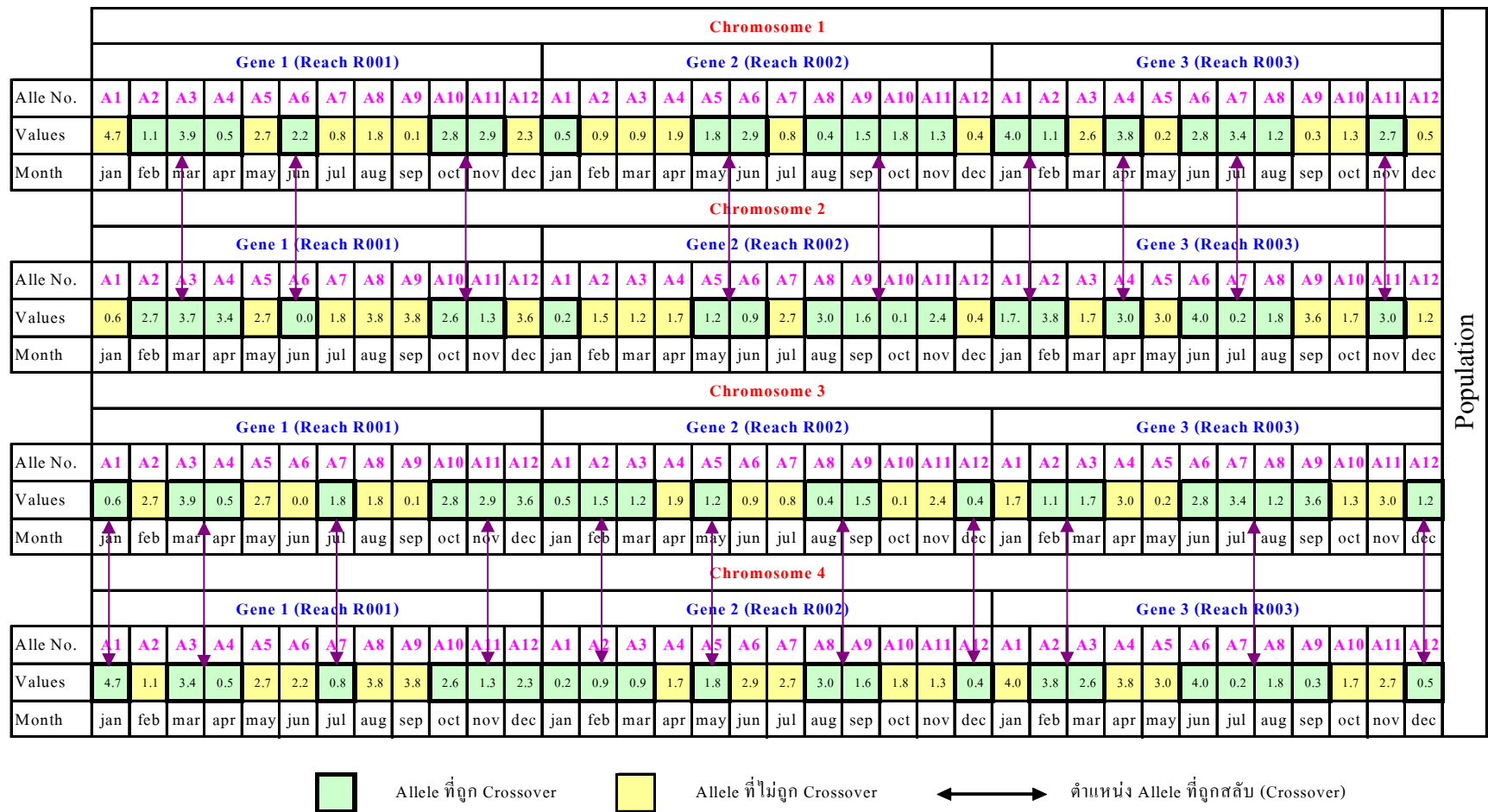
เมื่อแบบจำลองสลับ Population แล้วซึ่งในตัวอย่างคือ Population ที่ 2 จะมีข้อมูลดังภาพที่ 40 สังเกตว่า Chromosome ที่ 3 ของ Population ที่ 2 เหมือนกับ Chromosome ที่ 1 ของ Population ที่ 1 และ Chromosome ที่ 4 ของ Population ที่ 2 เหมือนกับ Chromosome ที่ 2 ของ Population ที่ 1 จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอน Crossover ซึ่งเป็นขั้นตอนการสลับ Gene โดยขึ้นอยู่กับ Probability of Crossover โดยเมื่อถูก Crossover แล้วจะได้ Population ที่ 2 ดังภาพที่ 41

|          | Chromosome 1        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          | Gene 1 (Reach R001) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 2 (Reach R002) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 3 (Reach R003) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Alle No. | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 |
| Values   | 4.7                 | 2.7 | 3.7 | 3.4 | 2.7 | 0.0 | 0.8 | 1.8 | 0.1 | 2.6 | 1.3 | 2.3 | 0.2                 | 0.9 | 0.9 | 1.9 | 1.2 | 0.9 | 0.8 | 3.0 | 1.6 | 0.1 | 2.4 | 0.4 | 1.7                 | 3.8 | 2.6 | 3.0 | 0.2 | 4.0 | 0.2 | 1.8 | 0.3 | 1.3 | 3.0 | 0.5 |
| Month    | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec |
|          | Chromosome 2        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|          | Gene 1 (Reach R001) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 2 (Reach R002) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 3 (Reach R003) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Alle No. | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 |
| Values   | 0.6                 | 1.1 | 3.9 | 0.5 | 2.7 | 2.2 | 1.8 | 3.8 | 3.8 | 2.8 | 2.9 | 3.6 | 0.5                 | 1.5 | 1.2 | 1.7 | 1.8 | 2.9 | 2.7 | 0.4 | 1.5 | 1.8 | 1.3 | 0.4 | 4.0                 | 1.1 | 1.7 | 3.8 | 3.0 | 2.8 | 3.4 | 1.2 | 3.6 | 1.7 | 2.7 | 1.2 |
| Month    | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec |
|          | Chromosome 3        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|          | Gene 1 (Reach R001) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 2 (Reach R002) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 3 (Reach R003) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Alle No. | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 |
| Values   | 4.7                 | 2.7 | 3.7 | 3.4 | 2.7 | 0.0 | 0.8 | 1.8 | 0.1 | 2.6 | 1.3 | 2.3 | 0.2                 | 0.9 | 0.9 | 1.9 | 1.2 | 0.9 | 0.8 | 3.0 | 1.6 | 0.1 | 2.4 | 0.4 | 1.7                 | 3.8 | 2.6 | 3.0 | 0.2 | 4.0 | 0.2 | 1.8 | 0.3 | 1.3 | 3.0 | 0.5 |
| Month    | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec |
|          | Chromosome 4        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|          | Gene 1 (Reach R001) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 2 (Reach R002) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Gene 3 (Reach R003) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Alle No. | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A1                  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 |
| Values   | 0.6                 | 1.1 | 3.9 | 0.5 | 2.7 | 2.2 | 1.8 | 3.8 | 3.8 | 2.8 | 2.9 | 3.6 | 0.5                 | 1.5 | 1.2 | 1.7 | 1.8 | 2.9 | 2.7 | 0.4 | 1.5 | 1.8 | 1.3 | 0.4 | 4.0                 | 1.1 | 1.7 | 3.8 | 3.0 | 2.8 | 3.4 | 1.2 | 3.6 | 1.7 | 2.7 | 1.2 |
| Month    | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec | jan                 | feb | mar | apr | may | jun | jul | aug | sep | oct | nov | dec |

Population

Population

ภาพที่ 40 Population ที่ 2 ซึ่งผ่านขั้นตอน Selection



ภาพที่ 41 การสลับ Alleles ในขั้นตอน Crossover

เมื่อเข้าสู่ขั้นตอน Mutation Alleles จะถูกเปลี่ยนแปลงค่าในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการ Mutation โดยปรับปรุงจากวิธี Uniform Mutation โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดค่า Probability of Mutation โดยสมมติให้เป็นตัวแปร Pmu
2. สุ่มค่าซึ่งอยู่ระหว่าง 0.0 ถึง 1.0 โดยสมมติให้เป็นตัวแปร Rand01 ถ้า Rand01 น้อยกว่า Pmu จึงทำงานต่อในขั้นตอนดังนี้

2.1 กำหนดค่าตัวเลขที่ใช้ตัดแปลง Allele โดยสมมติให้เป็นตัวแปร Change

2.2 สุ่มค่าซึ่งอยู่ระหว่าง 0 ถึง 6 โดยสมมติให้เป็นตัวแปร RangeValue

2.2.1 ถ้า RangeValue = 0 แล้ว Change = 0.0001

2.2.2 ถ้า RangeValue = 1 แล้ว Change = 0.001

2.2.3 ถ้า RangeValue = 2 แล้ว Change = 0.01

2.2.4 ถ้า RangeValue = 3 แล้ว Change = 0.1

2.2.5 ถ้า RangeValue > 3 แล้ว Change = ค่าที่ถูกสุ่มอยู่ระหว่างความจุต่ำสุด และความจุสูงสุด แล้วคูณด้วย Factor ปรับลดค่าเช่น 0.05

2.3 สุ่มค่าซึ่งเป็น 0 หรือ 1 โดยสมมติให้เป็นตัวแปร Mutant

2.3.1 ถ้า Mutant = 1 แล้ว เปลี่ยนแปลงค่า Allele โดยบวกค่าเพิ่มเท่ากับ Change แต่ถ้าบวกเพิ่มแล้วค่า Allele มีค่ามากกว่า Maximum Capacity ของ Reach ให้ เปลี่ยนแปลงค่า Allele โดยลบด้วย 2 คูณ Change

2.3.2 ถ้า Mutant = 0 แล้ว เปลี่ยนแปลงค่า Allele โดยลบด้วย Change แต่ถ้าลบแล้วค่า Allele มีค่าน้อยกว่า Minimum Capacity ของ Reach ให้ เปลี่ยนแปลงค่า Allele โดยบวกด้วย 2 คูณ Change

2.4 ตรวจสอบค่าของ Allele หากค่ามากกว่า Maximum Capacity ของ Reach ให้ เปลี่ยนแปลงค่า Allele มีค่าเท่ากับ Maximum Capacity ของ Reach แต่ถ้าค่าของ Allele มีค่าน้อย

กว่า Minimum Capacity ของ Reach ให้เปลี่ยนแปลงค่า Allele มีค่าเท่ากับ Minimum Capacity ของ Reach

### 3. ทำซ้ำข้อ 2 จนครบ Allele ทุกตัวใน Population ปัจจุบัน

เมื่อเข้าสู่ขั้นตอน Mutation แล้ว Chromosome จะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไป และค่า Pmu จะมีค่าลดลงเมื่อ Generation เพิ่มขึ้น โดยค่า Pmu ใหม่จะเท่ากับ  $0.95 \times Pmu$  จากนั้นแบบจำลอง GAs จะกลับสู่ขั้นตอน Objective อีกครั้ง ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะครบเงื่อนไขตามที่กำหนด ได้แก่ Generation เท่ากับ Maximum Generation หรือค่าของ Fitness น้อยกว่าค่าที่ต้องการเป็นต้น จากนั้นโปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์เพื่อนำไปแปลเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขและรูปภาพในโปรแกรม Microsoft Excel ต่อไป

สำหรับระบบกระจายน้ำในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอลำลูกเกด จังหวัดเพชรบุรี ประกอบด้วย Reach จำนวน 21 อัน โหนดจำนวน 22 แห่ง เป็นโหนดอ่างเก็บน้ำ จำนวน 7 แห่ง ได้แก่ D001 D002 D003 D004 D005 D006 และ D007 เป็นโหนดเชื่อมต่อ (Conjunction Node) จำนวน 2 แห่ง ได้แก่ C002 และ C003 เป็นโหนดพื้นที่รับน้ำ จำนวน 6 แห่ง ได้แก่ A001 A002 A003 A004 A005 และ A007 เป็นโหนดรับน้ำด้านท้ายอ่างเก็บน้ำจำนวน 7 แห่ง ได้แก่ N001 N002 N003 N004 N005 N006 และ N007 โดยแผนผังแสดงระบบกระจายน้ำของเครือข่ายระบบอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ศึกษาแสดงดังภาพที่ 42



พื้นที่ที่กำหนดให้มีการควบคุมปริมาณน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วม (Flood control) ได้แก่ พื้นที่ด้านท้ายอ่างเก็บน้ำทั้ง 7 แห่ง เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาถึงปริมาณน้ำที่พื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำสามารถรับได้โดยไม่เกิดปัญหาน้ำท่วม การศึกษาครั้งนี้จึงใช้ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยรายเดือนในเดือนสูงสุดเป็นปริมาณน้ำที่พื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำสามารถรับได้โดยไม่เกิดปัญหาน้ำท่วม แสดงดังตารางที่ 31 เนื่องจากพื้นที่ศึกษาไม่มีการกำหนดโค้งปฏิบัติการล่าง (Lower Rule Curve) และโค้งปฏิบัติการบนของอ่างเก็บน้ำ (Upper Rule Curve) ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้โค้งปฏิบัติการล่างของอ่างเก็บน้ำเท่ากับความจุต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำและโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำบนเท่ากับความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ ค่า Penalty Factor หรือค่า R และเวลาที่ใช้ในการจำลองการจัดสรรน้ำแสดงดังตารางที่ 30

**ตารางที่ 30** ค่า Penalty Factor หรือค่า R และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม  
(Execution Time)

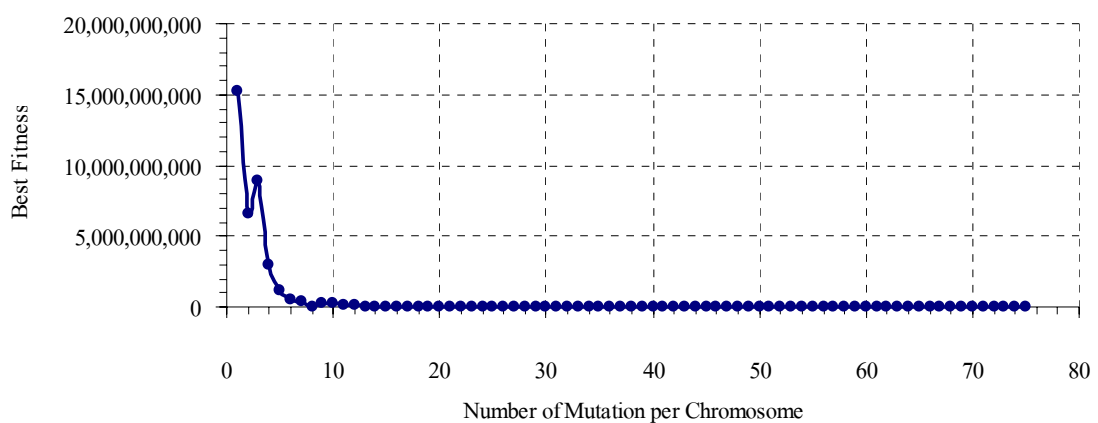
| รายการ                               | ค่า R จากการจำลองการจัดสรรน้ำกรณีต่างๆ |                       |                       |
|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                      | น้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ                  | น้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ | น้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ |
|                                      | น้อยที่สุด                             | เฉลี่ย                | มากที่สุด             |
| R1                                   | 500                                    | 40,000                | 200,000               |
| R2                                   | 97,000                                 | 507,000               | 65,000                |
| R3                                   | 1,250                                  | 19,950                | 100                   |
| R4                                   | 25                                     | 25                    | 10                    |
| R5                                   | 1,200                                  | 1,200                 | 10                    |
| R6                                   | 105,000                                | 305,000               | 95,000                |
| R7                                   | $1 \times 10^{-7}$                     | $4 \times 10^{-5}$    | 10                    |
| เวลาที่ใช้ในการ<br>ประมวลผล (วินาที) | 153                                    | 187                   | 41                    |

ตารางที่ 31 ปริมาณน้ำที่ท้ายอ่างเก็บน้ำสามารถรองรับได้โดยไม่เกิดปัญหาน้ำท่วม

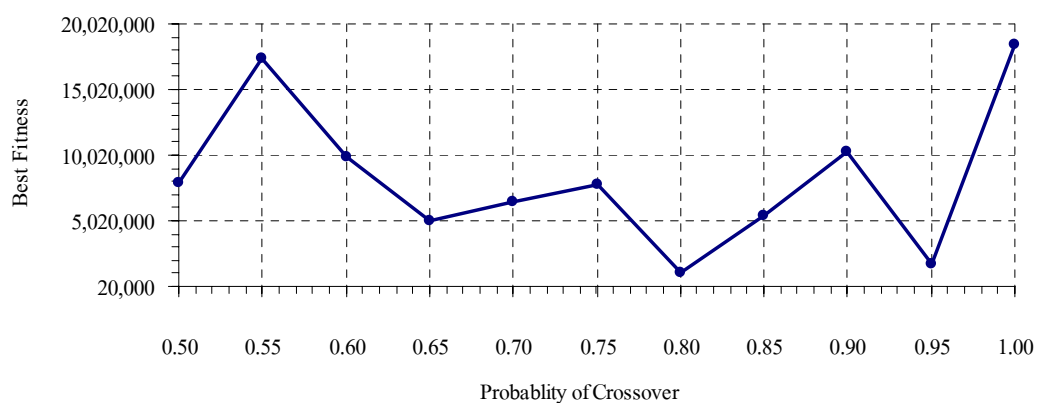
| อ่างเก็บน้ำ       | ความสามารถในการระบายน้ำสูงสุดรายเดือน (ล้านลูกบาศก์เมตร) |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       | รวม   |
|-------------------|----------------------------------------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|                   | เม.ย.                                                    | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. |       |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก | -                                                        | -    | -     | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -     | -     |
| ทุ่งขาม           | 1.01                                                     | 1.01 | 1.01  | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01  | 6.80  |
| ห้วยตะเป็ด        | 0.12                                                     | 0.12 | 0.12  | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12  | 0.82  |
| ห้วยทราย          | 0.04                                                     | 0.04 | 0.04  | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04  | 0.24  |
| ห้วยไทรงาม        | 2.12                                                     | 2.12 | 2.12  | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12  | 14.32 |
| ห้วยไม้ตาย        | 0.30                                                     | 0.30 | 0.30  | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30  | 2.03  |
| ห้วยทราย-หุบกะพง  | 0.05                                                     | 0.05 | 0.05  | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05  | 0.33  |
| รวม               | 3.64                                                     | 3.64 | 3.64  | 3.64 | 3.64 | 3.64 | 3.64 | 3.64 | 3.64 | 3.64 | 3.64 | 3.64  | 24.54 |

### กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด

ในกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด ประเมินปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่รับน้ำและปริมาณน้ำท่า และใช้ข้อมูลความต้องการน้ำของกิจกรรมในปี พ.ศ. 2549 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของ GAs ได้รูปแบบและพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือ Probability of Mutation เท่ากับ 0.123 หรือ Number of Mutation Per Chromosomes เท่ากับ 31 Alleles ต่อโครโมโซม Probability of Crossover เท่ากับ 0.80 และ Population Size เท่ากับ 80 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวแสดงดังภาพที่ 43-45



ภาพที่ 43 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Number of Mutation per Chromosomes

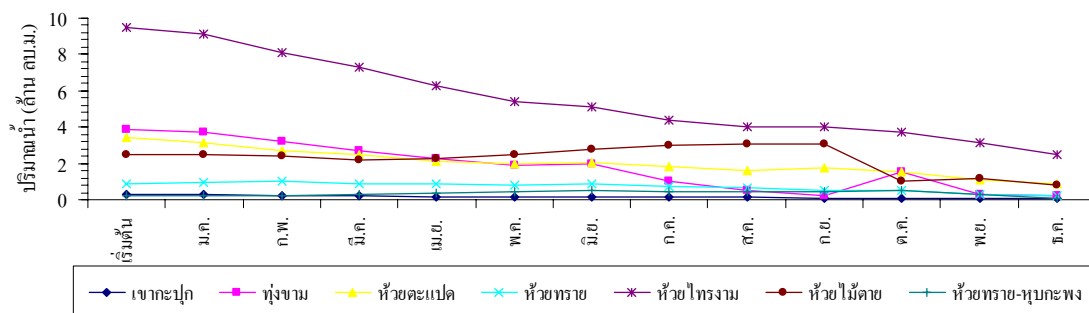


ภาพที่ 44 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Probability of Crossover

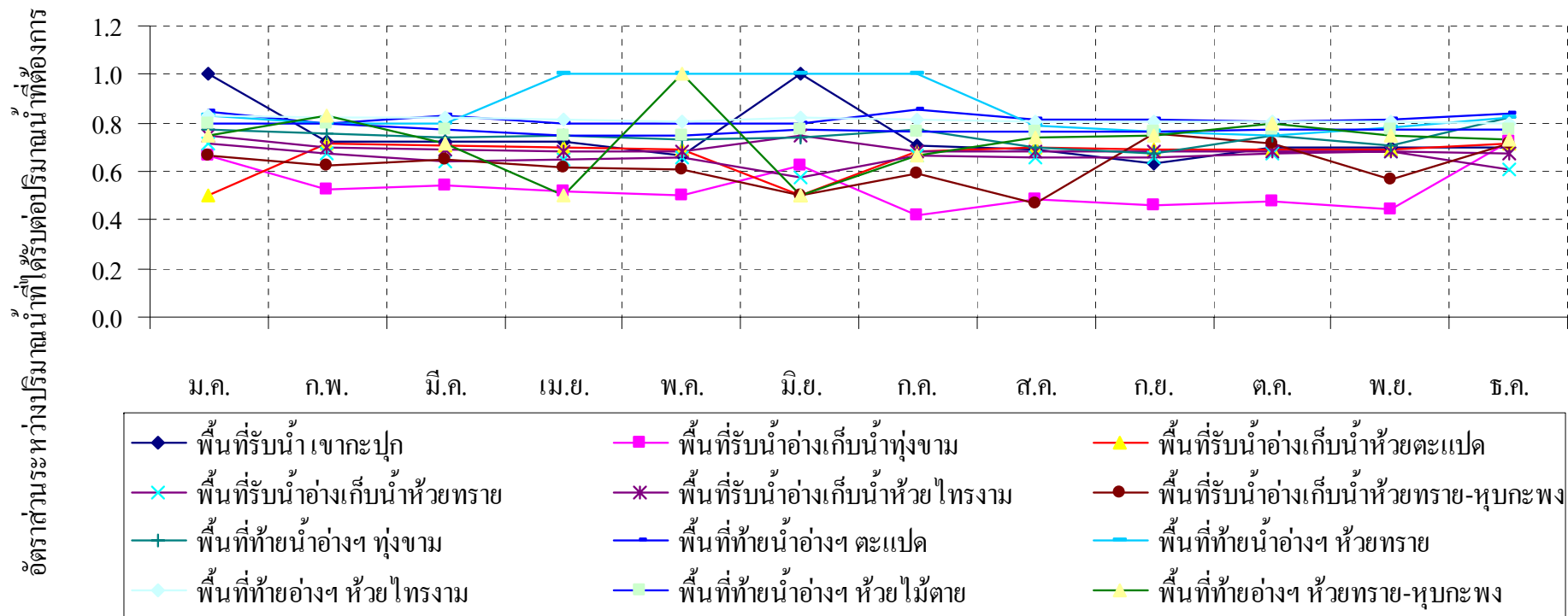


ภาพที่ 45 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Population Size

ผลจากการจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งรายเดือนแสดงดังภาพที่ 46 ปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำแสดงดังภาพที่ 47 และปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับแสดงดังตารางที่ 31



ภาพที่ 46 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในเดือนต่างๆ ฤณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



ภาพที่ 47 ปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ กรณีน้ำน้อยที่สุด

จากภาพที่ 47 พบว่าอัตราส่วนปริมาณน้ำที่พื้นที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการมีค่าอยู่ระหว่าง 0.42 ถึง 1.00 พื้นที่ส่วนใหญ่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ

สำหรับปริมาณน้ำที่โปรแกรมแนะนำให้ส่งผ่าน Reach ต่างๆ ในแต่ละเดือนแสดงดังตารางที่ 32 นอกจากนี้พบว่าปริมาณน้ำที่ส่งไปยังพื้นที่ท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำไม่มากกว่าความสามารถในการรับน้ำของพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วม

ตารางที่ 32 ปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด

| พื้นที่                           | ปริมาณน้ำที่ได้รับ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม    |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                   | ม.ค.                            | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |        |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก                 | 0.000                           | 0.013 | 0.016 | 0.013 | 0.008 | 0.000 | 0.017 | 0.011 | 0.007 | 0.007 | 0.021 | 0.014 | 0.127  |
| ทุ่งขาม                           | 0.006                           | 0.133 | 0.150 | 0.149 | 0.109 | 0.005 | 0.284 | 0.172 | 0.135 | 0.122 | 0.335 | 0.249 | 1.849  |
| ห้วยตะแปด                         | 0.001                           | 0.135 | 0.145 | 0.164 | 0.126 | 0.001 | 0.240 | 0.133 | 0.122 | 0.111 | 0.303 | 0.116 | 1.597  |
| ห้วยทราย                          | 0.005                           | 0.048 | 0.051 | 0.052 | 0.040 | 0.004 | 0.052 | 0.071 | 0.065 | 0.061 | 0.167 | 0.023 | 0.639  |
| ห้วยไทรงาม                        | 0.003                           | 0.429 | 0.461 | 0.432 | 0.334 | 0.003 | 0.288 | 0.188 | 0.131 | 0.131 | 0.443 | 0.366 | 3.209  |
| ห้วยทราย-หุบกะพง                  | 0.004                           | 0.018 | 0.024 | 0.019 | 0.014 | 0.003 | 0.157 | 0.082 | 0.068 | 0.063 | 0.173 | 0.224 | 0.849  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม          | 0.127                           | 0.098 | 0.108 | 0.030 | 0.030 | 0.031 | 0.045 | 0.277 | 0.401 | 0.163 | 0.350 | 0.251 | 1.911  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด        | 0.017                           | 0.012 | 0.015 | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.006 | 0.039 | 0.058 | 0.021 | 0.048 | 0.031 | 0.259  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย         | 0.005                           | 0.004 | 0.004 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.011 | 0.016 | 0.006 | 0.014 | 0.009 | 0.075  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม       | 0.285                           | 0.223 | 0.252 | 0.069 | 0.070 | 0.072 | 0.099 | 0.677 | 1.006 | 0.369 | 0.839 | 0.516 | 4.477  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย       | 0.039                           | 0.031 | 0.034 | 0.009 | 0.009 | 0.010 | 0.013 | 0.091 | 0.136 | 0.050 | 0.114 | 0.070 | 0.606  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง | 0.006                           | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.014 | 0.021 | 0.008 | 0.018 | 0.011 | 0.094  |
| รวม                               | 0.498                           | 1.149 | 1.265 | 0.943 | 0.747 | 0.136 | 1.205 | 1.766 | 2.166 | 1.112 | 2.825 | 1.880 | 15.692 |

ตารางที่ 33 ปริมาณน้ำที่โปรแกรมแนะนำให้ส่งผ่าน Reach ต่างๆ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด

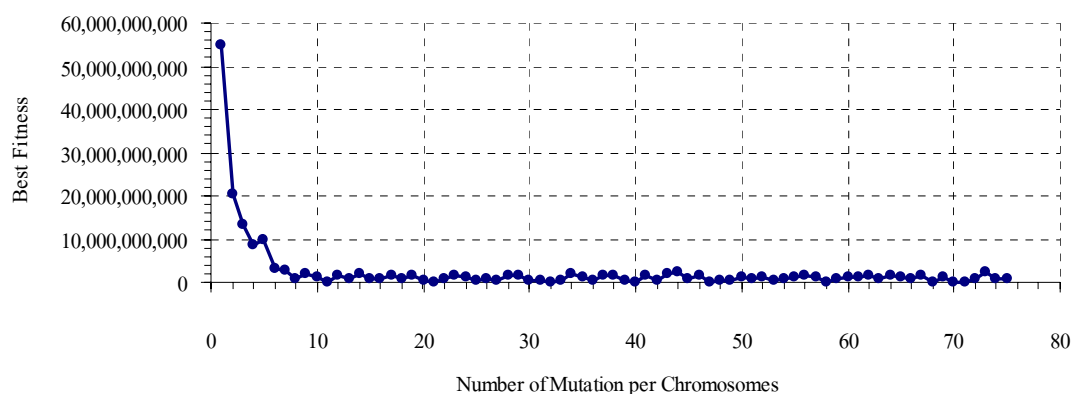
| Reach                                                | ปริมาณน้ำผ่าน Reach ซึ่งโปรแกรมแนะนำ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม   |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                      | ม.ค.                                              | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |       |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯห้วยไทรงาม                      | 0.285                                             | 0.223 | 0.252 | 0.069 | 0.070 | 0.072 | 0.099 | 0.677 | 1.006 | 0.369 | 0.839 | 0.516 | 4.477 |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯห้วยไทรงาม                            | 0.005                                             | 0.715 | 0.769 | 0.719 | 0.557 | 0.005 | 0.480 | 0.314 | 0.218 | 0.218 | 0.738 | 0.610 | 5.348 |
| ท่อผันน้ำอ่างฯห้วยไทรงาม-ห้วยไม้ตาย                  | 0.025                                             | 0.105 | 0.066 | 0.226 | 0.191 | 0.374 | 0.339 | 0.105 | 0.048 | 0.028 | 0.094 | 0.215 | 1.816 |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯห้วยไม้ตาย                      | 0.039                                             | 0.031 | 0.034 | 0.009 | 0.009 | 0.010 | 0.013 | 0.091 | 0.136 | 0.050 | 0.114 | 0.070 | 0.606 |
| แนวท่อเชื่อมอ่างฯห้วยไม้ตาย-ทุ่งขาม                  | 0.753                                             | 0.001 | 0.152 | 0.407 | 0.000 | 0.063 | 0.066 | 0.248 | 0.006 | 0.066 | 0.284 | 1.017 | 3.063 |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯทุ่งขาม                         | 0.127                                             | 0.098 | 0.108 | 0.030 | 0.030 | 0.031 | 0.045 | 0.277 | 0.401 | 0.163 | 0.350 | 0.251 | 1.911 |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯทุ่งขาม                               | 0.009                                             | 0.222 | 0.250 | 0.248 | 0.181 | 0.008 | 0.473 | 0.286 | 0.225 | 0.204 | 0.558 | 0.415 | 3.079 |
| แนวท่อผันน้ำทุ่งขาม-โหนดเชื่อมต่อรับน้ำเข้าบ่อพักน้ำ | 0.052                                             | 0.277 | 0.369 | 0.341 | 0.190 | 0.246 | 0.074 | 0.286 | 0.283 | 0.406 | 0.268 | 0.448 | 3.240 |
| โหนดC002-อ่างฯห้วยตะแปด                              | 0.000                                             | 0.141 | 0.207 | 0.029 | 0.000 | 0.135 | 0.000 | 0.238 | 0.120 | 0.000 | 0.000 | 0.265 | 1.135 |
| โหนดC002-อ่างฯห้วยทราย-หุบกะพง                       | 0.055                                             | 0.092 | 0.098 | 0.255 | 0.164 | 0.073 | 0.072 | 0.002 | 0.118 | 0.338 | 0.227 | 0.103 | 1.597 |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯห้วยทราย-หุบกะพง                | 0.006                                             | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.014 | 0.021 | 0.008 | 0.018 | 0.011 | 0.094 |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯห้วยทราย-หุบกะพง                      | 0.006                                             | 0.030 | 0.039 | 0.032 | 0.023 | 0.006 | 0.262 | 0.137 | 0.113 | 0.104 | 0.288 | 0.373 | 1.413 |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯห้วยตะแปด                             | 0.002                                             | 0.225 | 0.242 | 0.273 | 0.210 | 0.002 | 0.399 | 0.221 | 0.204 | 0.186 | 0.506 | 0.194 | 2.664 |
| ท้ายน้ำอ่างฯห้วยตะแปด                                | 0.017                                             | 0.012 | 0.015 | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.006 | 0.039 | 0.058 | 0.021 | 0.048 | 0.031 | 0.259 |
| ระบบผันน้ำอ่างฯห้วยตะแปด-โหนดC003                    | 0.000                                             | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.228 | 0.203 | 0.000 | 0.000 | 0.024 | 0.000 | 0.180 | 0.054 | 0.689 |
| โหนดC003-บ่อพักน้ำเขากะปุก                           | 0.001                                             | 0.001 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.006 | 0.013 |
| โหนดC003-อ่างฯห้วยทราย                               | 0.007                                             | 0.008 | 0.009 | 0.004 | 0.193 | 0.174 | 0.009 | 0.009 | 0.028 | 0.009 | 0.155 | 0.046 | 0.651 |

ตารางที่ 33 (ต่อ)

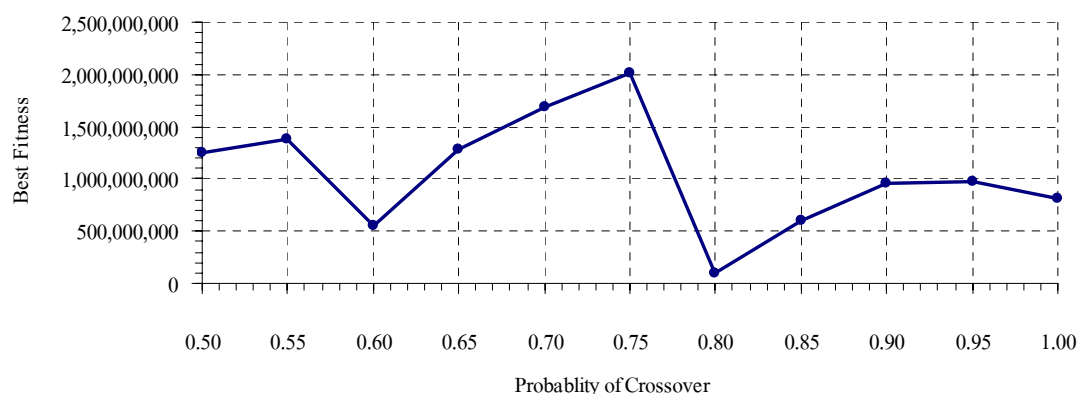
| Reach                          | ปริมาณน้ำผ่าน Reach ซึ่งโปรแกรมแนะนำ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม    |
|--------------------------------|---------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                | ม.ค.                                              | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |        |
| ระบบส่งน้ำบ่อพักน้ำเขากะปุก    | 0.000                                             | 0.022 | 0.026 | 0.021 | 0.014 | 0.000 | 0.028 | 0.018 | 0.012 | 0.011 | 0.035 | 0.023 | 0.210  |
| ลำน้ำเดิมท้ายบ่อพักน้ำเขากะปุก | 0.000                                             | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯห้วยทราย  | 0.005                                             | 0.004 | 0.004 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.011 | 0.016 | 0.006 | 0.014 | 0.009 | 0.075  |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯห้วยทราย        | 0.008                                             | 0.080 | 0.085 | 0.086 | 0.066 | 0.007 | 0.087 | 0.118 | 0.108 | 0.101 | 0.279 | 0.039 | 1.064  |
| รวม                            | 1.402                                             | 2.292 | 2.730 | 2.759 | 2.133 | 1.416 | 2.456 | 3.091 | 3.146 | 2.288 | 4.995 | 4.696 | 33.404 |

### กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย

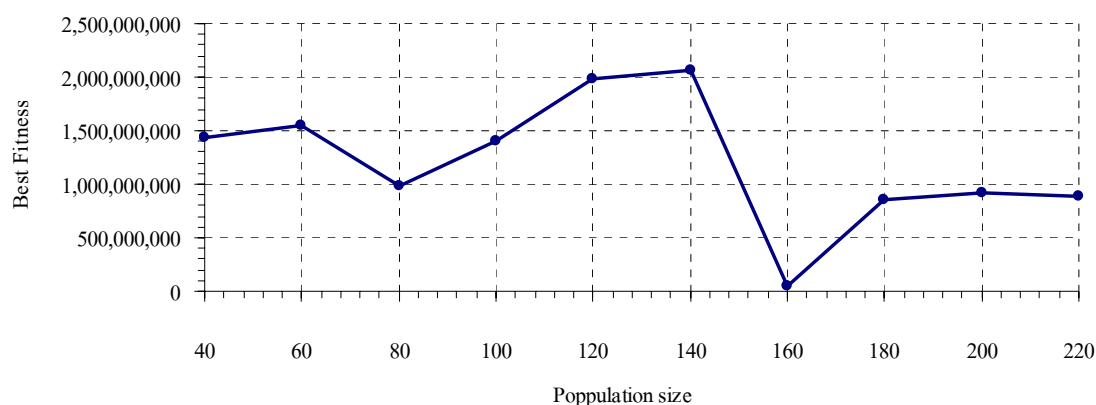
ในกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย ประเมินปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่รับน้ำและปริมาณน้ำท่า และใช้ข้อมูลความต้องการน้ำของกิจกรรมในปี พ.ศ. 2549 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของ GAs ได้รูปแบบและพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือ Probability of Mutation เท่ากับ 0.044 หรือ Number of Mutation Per Chromosomes เท่ากับ 11 Alleles ต่อโครโมโซม Probability of Crossover เท่ากับ 0.80 และ Population Size เท่ากับ 160 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวแสดงดังภาพที่ 48-50



ภาพที่ 48 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Number of Mutation per Chromosomes

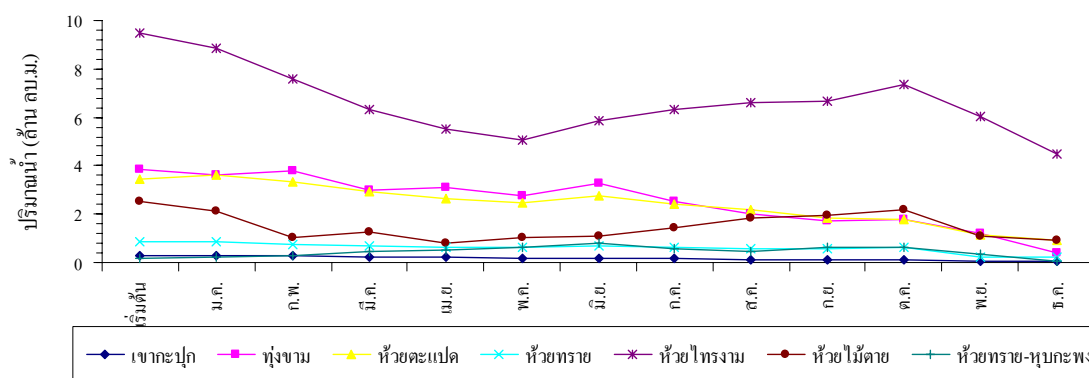


ภาพที่ 49 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Probability of Crossover



ภาพที่ 50 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Population Size

เมื่อทำการจำลองการจัดสรรน้ำจากอ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งรายเดือน แสดงดังภาพที่ 51 ปริมาณน้ำที่พื้นที่ได้รับแสดงดังตารางที่ 33 และปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำแสดงดังภาพที่ 52



ภาพที่ 51 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในเดือนต่างๆ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย

ตารางที่ 34 ปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย

| พื้นที่                           | ปริมาณน้ำที่ได้รับ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม    |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                   | ม.ค.                            | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |        |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก                 | 0.000                           | 0.017 | 0.021 | 0.017 | 0.012 | 0.000 | 0.023 | 0.015 | 0.011 | 0.010 | 0.029 | 0.019 | 0.174  |
| ทุ่งขาม                           | 0.009                           | 0.251 | 0.278 | 0.288 | 0.216 | 0.008 | 0.681 | 0.356 | 0.291 | 0.254 | 0.748 | 0.346 | 3.726  |
| ห้วยตะแปด                         | 0.002                           | 0.185 | 0.202 | 0.230 | 0.179 | 0.002 | 0.343 | 0.186 | 0.173 | 0.157 | 0.428 | 0.159 | 2.246  |
| ห้วยทราย                          | 0.007                           | 0.069 | 0.077 | 0.077 | 0.059 | 0.007 | 0.075 | 0.104 | 0.095 | 0.088 | 0.236 | 0.037 | 0.931  |
| ห้วยไทรงาม                        | 0.004                           | 0.613 | 0.671 | 0.634 | 0.492 | 0.004 | 0.423 | 0.277 | 0.193 | 0.193 | 0.647 | 0.546 | 4.697  |
| ห้วยทราย-หุบกะพง                  | 0.006                           | 0.028 | 0.036 | 0.030 | 0.022 | 0.006 | 0.255 | 0.167 | 0.087 | 0.085 | 0.294 | 0.298 | 1.314  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม          | 0.164                           | 0.129 | 0.146 | 0.040 | 0.041 | 0.042 | 0.058 | 0.398 | 0.592 | 0.217 | 0.493 | 0.306 | 2.626  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด        | 0.020                           | 0.015 | 0.018 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.047 | 0.070 | 0.026 | 0.058 | 0.037 | 0.313  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย         | 0.006                           | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.021 | 0.008 | 0.018 | 0.011 | 0.094  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม       | 0.345                           | 0.272 | 0.308 | 0.085 | 0.087 | 0.088 | 0.122 | 0.837 | 1.247 | 0.456 | 1.039 | 0.644 | 5.530  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย       | 0.049                           | 0.039 | 0.044 | 0.012 | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.119 | 0.177 | 0.065 | 0.147 | 0.091 | 0.785  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง | 0.008                           | 0.006 | 0.007 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.019 | 0.027 | 0.010 | 0.023 | 0.015 | 0.124  |
| รวม                               | 0.620                           | 1.629 | 1.813 | 1.421 | 1.128 | 0.179 | 2.009 | 2.539 | 2.984 | 1.569 | 4.160 | 2.509 | 22.560 |



จากภาพที่ 52 พบว่าอัตราส่วนปริมาณน้ำที่พื้นที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการมีค่าอยู่ระหว่าง 0.94 ถึง 1.00 แสดงว่าพื้นที่รับน้ำได้รับน้ำใกล้เคียงกับความต้องการและมีบางพื้นที่ขาดแคลนน้ำในบางเดือน

สำหรับปริมาณน้ำที่โปรแกรมแนะนำให้ส่งผ่าน Reach ต่างๆ ในแต่ละเดือนแสดงดังตารางที่ 35 นอกจากนี้พบว่าปริมาณน้ำที่ส่งไปยังพื้นที่ท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำไม่มากกว่าความสามารถในการรับน้ำของพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วม

#### กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด

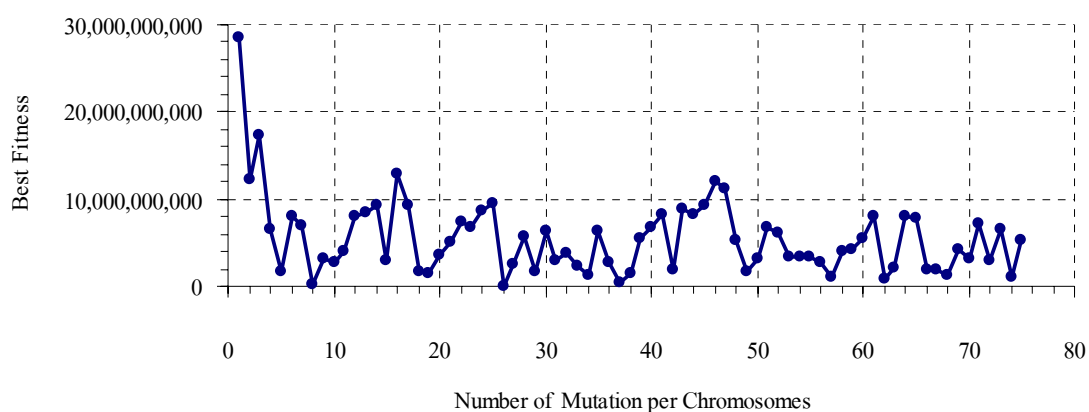
ในกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด ประเมินปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่รับน้ำและปริมาณน้ำท่า และใช้ข้อมูลความต้องการน้ำของกิจกรรมในปี พ.ศ. 2549 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของ GAs ได้รูปแบบและพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือ Probability of Mutation เท่ากับ 0.103 หรือ Number of Mutation Per Chromosomes เท่ากับ 26 Alleles ต่อโครโมโซม Probability of Crossover เท่ากับ 1.00 และ Population Size เท่ากับ 40 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวแสดงดังภาพที่ 53-55

ตารางที่ 35 ปริมาณน้ำที่โปรแกรมแนะนำให้ส่งผ่าน Reach ต่างๆ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย

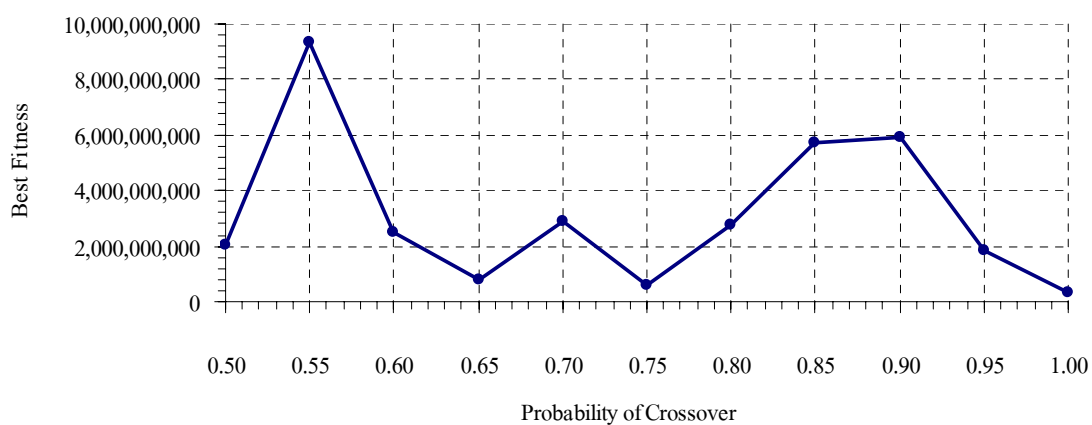
| Reach                                                | ปริมาณน้ำผ่าน Reach ซึ่งโปรแกรมแนะนำ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม   |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                      | ม.ค.                                              | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |       |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯห้วยไทรงาม                      | 0.345                                             | 0.272 | 0.308 | 0.085 | 0.087 | 0.088 | 0.122 | 0.837 | 1.247 | 0.456 | 1.039 | 0.644 | 5.530 |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯห้วยไทรงาม                            | 0.007                                             | 1.022 | 1.118 | 1.057 | 0.820 | 0.007 | 0.705 | 0.462 | 0.322 | 0.322 | 1.078 | 0.910 | 7.830 |
| ท่อผันน้ำอ่างฯห้วยไทรงาม-ห้วยไม้ตาย                  | 0.428                                             | 0.387 | 0.428 | 0.415 | 0.428 | 0.414 | 0.428 | 0.428 | 0.414 | 0.428 | 0.414 | 0.428 | 5.040 |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯห้วยไม้ตาย                      | 0.049                                             | 0.039 | 0.044 | 0.012 | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.119 | 0.177 | 0.065 | 0.147 | 0.091 | 0.785 |
| แนวท่อเชื่อมอ่างฯห้วยไม้ตาย-ทุ่งขาม                  | 0.612                                             | 1.340 | 0.132 | 0.902 | 0.212 | 0.455 | 0.225 | 0.089 | 0.381 | 0.418 | 1.352 | 0.499 | 6.617 |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯทุ่งขาม                         | 0.164                                             | 0.129 | 0.146 | 0.040 | 0.041 | 0.042 | 0.058 | 0.398 | 0.592 | 0.217 | 0.493 | 0.306 | 2.626 |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯทุ่งขาม                               | 0.015                                             | 0.418 | 0.463 | 0.480 | 0.360 | 0.013 | 1.135 | 0.593 | 0.485 | 0.423 | 1.247 | 0.577 | 6.209 |
| แนวท่อผันน้ำทุ่งขาม-โหนดเชื่อมต่อรับน้ำเข้าบ่อพักน้ำ | 0.536                                             | 0.473 | 0.510 | 0.423 | 0.536 | 0.518 | 0.536 | 0.536 | 0.518 | 0.536 | 0.518 | 0.536 | 6.176 |
| โหนดC002-อ่างฯห้วยตะแปด                              | 0.324                                             | 0.277 | 0.113 | 0.222 | 0.230 | 0.267 | 0.206 | 0.227 | 0.111 | 0.314 | 0.146 | 0.161 | 2.598 |
| โหนดC002-อ่างฯห้วยทราย-หุบกะพง                       | 0.106                                             | 0.103 | 0.295 | 0.116 | 0.200 | 0.149 | 0.224 | 0.202 | 0.305 | 0.115 | 0.269 | 0.269 | 2.353 |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯห้วยทราย-หุบกะพง                | 0.008                                             | 0.006 | 0.007 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.019 | 0.027 | 0.010 | 0.023 | 0.015 | 0.124 |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯห้วยทราย-หุบกะพง                      | 0.010                                             | 0.047 | 0.060 | 0.051 | 0.037 | 0.010 | 0.426 | 0.278 | 0.144 | 0.141 | 0.490 | 0.497 | 2.191 |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯห้วยตะแปด                             | 0.003                                             | 0.309 | 0.336 | 0.384 | 0.299 | 0.003 | 0.571 | 0.310 | 0.289 | 0.261 | 0.713 | 0.264 | 3.742 |
| ท้ายน้ำอ่างฯห้วยตะแปด                                | 0.020                                             | 0.015 | 0.018 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.047 | 0.070 | 0.026 | 0.058 | 0.037 | 0.313 |
| ระบบผันน้ำอ่างฯห้วยตะแปด-โหนดC003                    | 0.039                                             | 0.132 | 0.108 | 0.120 | 0.130 | 0.094 | 0.082 | 0.165 | 0.231 | 0.257 | 0.024 | 0.116 | 1.498 |
| โหนดC003-บ่อพักน้ำเขากะปุก                           | 0.016                                             | 0.023 | 0.014 | 0.003 | 0.009 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.012 | 0.016 | 0.014 | 0.006 | 0.114 |
| โหนดC003-อ่างฯห้วยทราย                               | 0.016                                             | 0.084 | 0.073 | 0.094 | 0.097 | 0.076 | 0.066 | 0.133 | 0.173 | 0.191 | 0.006 | 0.087 | 1.096 |

ตารางที่ 35 (ต่อ)

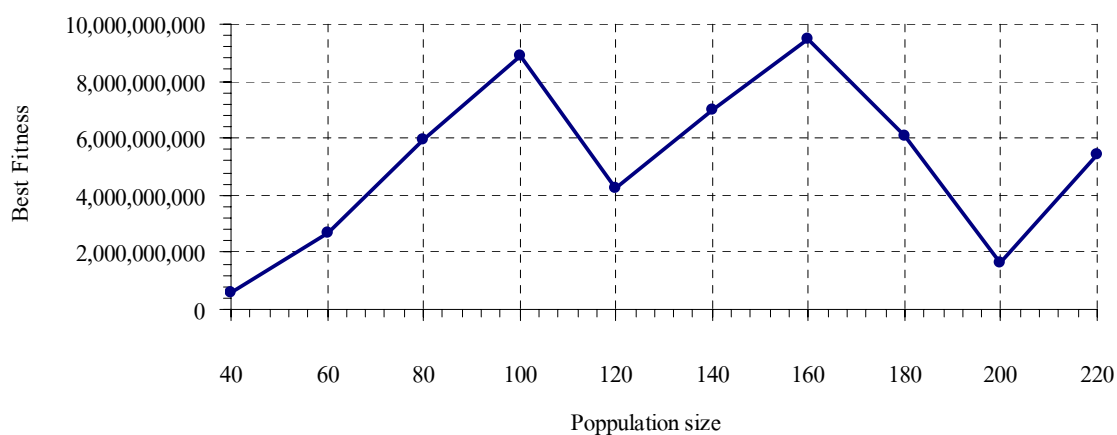
| Reach                          | ปริมาณน้ำผ่าน Reach ซึ่งโปรแกรมแนะนำ (ล้านลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม    |
|--------------------------------|--------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                | ม.ค.                                             | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |        |
| ระบบส่งน้ำบ่อพักน้ำเขากะปุก    | 0.000                                            | 0.029 | 0.035 | 0.029 | 0.019 | 0.000 | 0.038 | 0.026 | 0.018 | 0.016 | 0.048 | 0.032 | 0.290  |
| ลำน้ำเดิมท้ายบ่อพักน้ำเขากะปุก | 0.000                                            | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯห้วยทราย  | 0.006                                            | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.021 | 0.008 | 0.018 | 0.011 | 0.094  |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯห้วยทราย        | 0.011                                            | 0.114 | 0.128 | 0.128 | 0.098 | 0.011 | 0.125 | 0.173 | 0.159 | 0.146 | 0.393 | 0.061 | 1.547  |
| รวม                            | 2.715                                            | 5.224 | 4.341 | 4.569 | 3.623 | 2.169 | 4.977 | 5.056 | 5.696 | 4.366 | 8.490 | 5.547 | 56.773 |



ภาพที่ 53 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Probability of Mutation

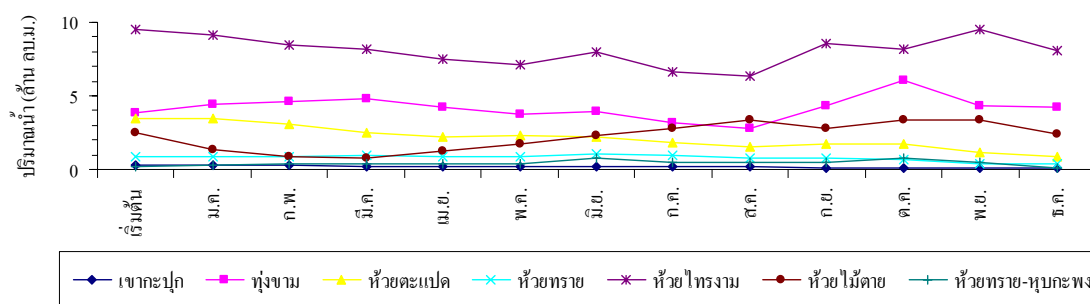


ภาพที่ 54 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Probability of Crossover



ภาพที่ 55 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเนื่องจาก Population Size

เมื่อทำการจำลองการจัดสรรน้ำจากอ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งรายเดือน แสดงดังภาพที่ 56 ปริมาณน้ำที่พื้นที่ได้รับแสดงดังตารางที่ 35 และปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำแสดงดังภาพที่ 57



ภาพที่ 56 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในเดือนต่าง ๆ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสูงสุด



ภาพที่ 57 ปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ กรณีน้ำมากที่สุด

ตารางที่ 36 ปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด

| พื้นที่                                | ปริมาณน้ำที่ได้รับ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม    |
|----------------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                        | ม.ก.                            | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |        |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก                      | 0.000                           | 0.018 | 0.022 | 0.018 | 0.012 | 0.000 | 0.024 | 0.016 | 0.011 | 0.010 | 0.030 | 0.020 | 0.181  |
| ทุ่งขาม                                | 0.009                           | 0.251 | 0.278 | 0.288 | 0.216 | 0.008 | 0.681 | 0.356 | 0.291 | 0.254 | 0.748 | 0.346 | 3.726  |
| ห้วยตะเป็ด                             | 0.002                           | 0.189 | 0.206 | 0.235 | 0.183 | 0.002 | 0.350 | 0.190 | 0.177 | 0.160 | 0.437 | 0.162 | 2.293  |
| ห้วยทราย                               | 0.007                           | 0.071 | 0.080 | 0.080 | 0.061 | 0.007 | 0.078 | 0.108 | 0.099 | 0.091 | 0.245 | 0.038 | 0.965  |
| ห้วยไทรงาม                             | 0.004                           | 0.613 | 0.671 | 0.634 | 0.492 | 0.004 | 0.423 | 0.277 | 0.193 | 0.193 | 0.647 | 0.546 | 4.697  |
| ห้วยทราย-หุบกะพง                       | 0.006                           | 0.029 | 0.037 | 0.031 | 0.023 | 0.006 | 0.267 | 0.174 | 0.090 | 0.088 | 0.307 | 0.313 | 1.371  |
| ทำนบกั้นน้ำอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม          | 0.164                           | 0.129 | 0.146 | 0.040 | 0.041 | 0.042 | 0.058 | 0.398 | 0.592 | 0.217 | 0.493 | 0.306 | 2.626  |
| ทำนบกั้นน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยตะเป็ด       | 0.020                           | 0.015 | 0.018 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.048 | 0.071 | 0.026 | 0.059 | 0.037 | 0.316  |
| ทำนบกั้นน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย         | 0.006                           | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.021 | 0.008 | 0.018 | 0.011 | 0.094  |
| ทำนบกั้นน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม       | 0.345                           | 0.272 | 0.308 | 0.085 | 0.186 | 0.088 | 0.275 | 1.759 | 1.247 | 4.562 | 1.039 | 0.644 | 10.810 |
| ทำนบกั้นน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย       | 0.049                           | 0.039 | 0.044 | 0.012 | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.119 | 0.177 | 0.065 | 0.147 | 0.091 | 0.785  |
| ทำนบกั้นน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง | 0.008                           | 0.006 | 0.007 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.019 | 0.028 | 0.010 | 0.024 | 0.015 | 0.126  |
| รวม                                    | 0.620                           | 1.637 | 1.822 | 1.431 | 1.234 | 0.179 | 2.185 | 3.478 | 2.997 | 5.684 | 4.194 | 2.529 | 27.990 |

จากภาพที่ 57 พบว่าอัตราส่วนปริมาณน้ำที่พื้นที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำมีค่าเท่ากับ 1.00 ซึ่งแสดงว่าพื้นที่รับน้ำได้รับน้ำพอดีกับความต้องการน้ำ มีเพียงพื้นที่รับน้ำด้านท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่พื้นที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 1.00-10.00 ซึ่งแสดงถึงพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามได้รับน้ำมากกว่าความต้องการน้ำ

สำหรับปริมาณน้ำที่โปรแกรมแนะนำให้ส่งผ่าน Reach ต่างๆ ในแต่ละเดือนแสดงดังตารางที่ 36 นอกจากนี้พบว่าปริมาณน้ำที่ส่งไปยังพื้นที่ท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำไม่มากกว่าความสามารถในการรับน้ำของพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วม

ตารางที่ 37 ปริมาณน้ำที่โปรแกรมแนะนำให้ส่งผ่าน Reach ต่างๆ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด

| Reach                                                | ปริมาณน้ำผ่าน Reach ซึ่งโปรแกรมแนะนำ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม    |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                                      | ม.ค.                                              | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |        |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯห้วยไทรงาม                      | 0.345                                             | 0.272 | 0.308 | 0.085 | 0.186 | 0.088 | 0.275 | 1.759 | 1.247 | 4.562 | 1.039 | 0.644 | 10.810 |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯห้วยไทรงาม                            | 0.007                                             | 1.022 | 1.118 | 1.057 | 0.820 | 0.007 | 0.705 | 0.462 | 0.322 | 0.322 | 1.078 | 0.910 | 7.830  |
| ท่อผันน้ำอ่างฯห้วยไทรงาม-ห้วยไม้ตาย                  | 0.429                                             | 0.387 | 0.428 | 0.415 | 0.428 | 0.415 | 0.429 | 0.429 | 0.415 | 0.429 | 0.415 | 0.428 | 5.047  |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯห้วยไม้ตาย                      | 0.049                                             | 0.039 | 0.044 | 0.012 | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.119 | 0.177 | 0.065 | 0.147 | 0.091 | 0.785  |
| แนวท่อเชื่อมอ่างฯห้วยไม้ตาย-ทุ่งขาม                  | 1.430                                             | 0.842 | 0.637 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 1.321 | 0.535 | 0.657 | 1.189 | 6.613  |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯทุ่งขาม                         | 0.164                                             | 0.129 | 0.146 | 0.040 | 0.041 | 0.042 | 0.058 | 0.398 | 0.592 | 0.217 | 0.493 | 0.306 | 2.626  |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯทุ่งขาม                               | 0.015                                             | 0.418 | 0.463 | 0.480 | 0.360 | 0.013 | 1.135 | 0.593 | 0.485 | 0.423 | 1.247 | 0.577 | 6.209  |
| แนวท่อผันน้ำทุ่งขาม-โหนดเชื่อมต่อรับน้ำเข้าบ่อพักน้ำ | 0.490                                             | 0.369 | 0.387 | 0.438 | 0.529 | 0.517 | 0.362 | 0.480 | 0.509 | 0.488 | 0.518 | 0.441 | 5.528  |
| โหนดC002-อ่างฯห้วยตะแปด                              | 0.270                                             | 0.150 | 0.230 | 0.256 | 0.398 | 0.004 | 0.148 | 0.045 | 0.319 | 0.014 | 0.170 | 0.241 | 2.245  |
| โหนดC002-อ่างฯห้วยทราย-หุบกะพง                       | 0.122                                             | 0.146 | 0.080 | 0.094 | 0.025 | 0.410 | 0.142 | 0.340 | 0.089 | 0.377 | 0.245 | 0.112 | 2.182  |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯห้วยทราย-หุบกะพง                | 0.008                                             | 0.006 | 0.007 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.019 | 0.028 | 0.010 | 0.024 | 0.015 | 0.126  |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯห้วยทราย-หุบกะพง                      | 0.010                                             | 0.048 | 0.062 | 0.052 | 0.038 | 0.010 | 0.445 | 0.290 | 0.150 | 0.147 | 0.512 | 0.522 | 2.286  |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯห้วยตะแปด                             | 0.003                                             | 0.315 | 0.343 | 0.392 | 0.305 | 0.003 | 0.583 | 0.317 | 0.295 | 0.267 | 0.728 | 0.270 | 3.821  |
| ท้ายน้ำอ่างฯห้วยตะแปด                                | 0.020                                             | 0.015 | 0.018 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.048 | 0.071 | 0.026 | 0.059 | 0.037 | 0.316  |
| ระบบผันน้ำอ่างฯห้วยตะแปด-โหนดC003                    | 0.129                                             | 0.202 | 0.387 | 0.140 | 0.084 | 0.224 | 0.058 | 0.036 | 0.070 | 0.064 | 0.133 | 0.165 | 1.692  |
| โหนดC003-บ่อพักน้ำเขากะปุก                           | 0.024                                             | 0.023 | 0.001 | 0.016 | 0.009 | 0.022 | 0.015 | 0.002 | 0.002 | 0.012 | 0.009 | 0.024 | 0.159  |
| โหนดC003-อ่างฯห้วยทราย                               | 0.080                                             | 0.139 | 0.309 | 0.096 | 0.058 | 0.158 | 0.032 | 0.027 | 0.055 | 0.040 | 0.097 | 0.108 | 1.199  |

ตารางที่ 37 (ต่อ)

| Reach                          | ปริมาณน้ำผ่าน Reach ซึ่งโปรแกรมแนะนำ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม    |
|--------------------------------|---------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                | ม.ค.                                              | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |        |
| ระบบส่งน้ำบ่อพักน้ำเขากะปุก    | 0.000                                             | 0.030 | 0.037 | 0.030 | 0.020 | 0.000 | 0.040 | 0.027 | 0.018 | 0.017 | 0.050 | 0.033 | 0.302  |
| ลำน้ำเดิมท้ายบ่อพักน้ำเขากะปุก | 0.000                                             | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| ลำน้ำเดิมท้ายน้ำอ่างฯห้วยทราย  | 0.006                                             | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.021 | 0.008 | 0.018 | 0.011 | 0.094  |
| ระบบส่งน้ำอ่างฯห้วยทราย        | 0.012                                             | 0.118 | 0.133 | 0.133 | 0.102 | 0.012 | 0.130 | 0.180 | 0.165 | 0.152 | 0.408 | 0.063 | 1.608  |
| รวม                            | 3.613                                             | 4.675 | 5.143 | 3.744 | 3.423 | 1.947 | 4.587 | 5.586 | 6.351 | 8.175 | 8.047 | 6.187 | 61.478 |

### ผลการจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำโดยใช้วิธี GRG ในโปรแกรม Premium Solver

การศึกษาค้นคว้าพบว่าหากกำหนดพจน์ของเงื่อนไขได้แก่ สมดุลน้ำในหนอง (Water Balance Constraint) การส่งน้ำเกิน (Over Supply Constraint) น้ำท่วมพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำ (Flood Control Constraint) โค้งปฏิบัติการด้านบน-ล่าง ของอ่างเก็บน้ำ (Dam Upper-Lower Rule Curve Constraint) ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำต้องอยู่ระหว่างความจุต่ำสุดและความจุเก็บกัก (Dam Storage Constraint) และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เหลือหลังจากจำลองการจัดสรรน้ำ (Dam Last Storage Constraint) เป็น Constraints ในโปรแกรม พบว่าโปรแกรม Premium Solver ไม่สามารถหาคำตอบตามวัตถุประสงค์ได้แต่หากรวมพจน์ของเงื่อนไขแต่ละพจน์และสมการเป้าหมายเข้าด้วยกันเป็นสมการเป้าหมาย (Objective) ซึ่งเมื่อเทียบกับแบบจำลอง GA ที่ศึกษาค้นคว้านี้ คือค่า Fitness หรือค่า Min Z ปรากฏว่าโปรแกรมสามารถจำลองการจัดสรรน้ำได้

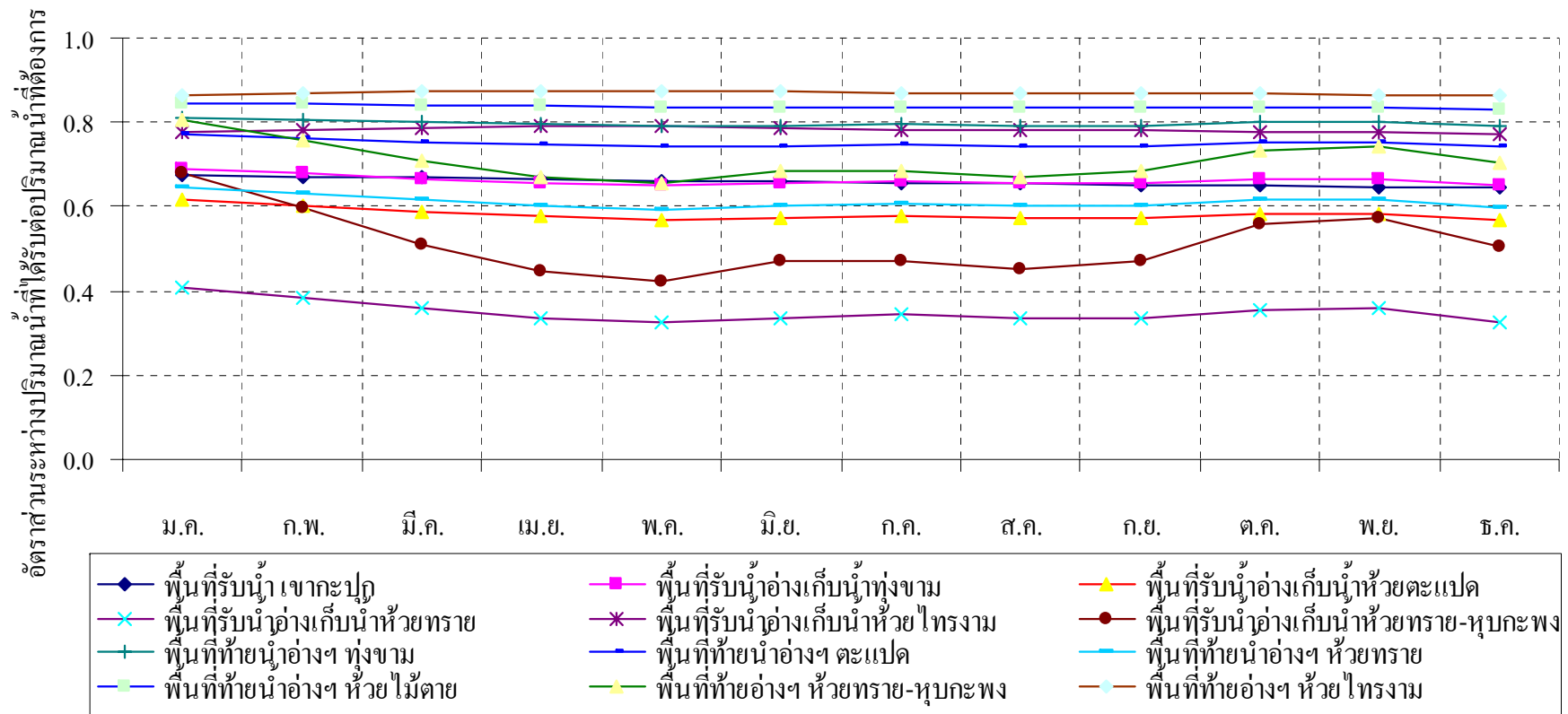
ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง GAs โดยใช้วิธี GRG (Generalized Reduced Gradient) หาค่า Optimization ในการศึกษาแนวทางการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำโดยใช้สมการวัตถุประสงค์ (Objective function) สมการข้อจำกัด (Constraint) และใช้ข้อมูลนำเข้าเช่นเดียวกับที่ใช้ในแบบจำลอง GAs โดยแบ่งการจำลองเป็น 3 กรณีได้แก่

1. กรณีน้ำน้อยที่สุด
2. กรณีน้ำเฉลี่ย
3. กรณีน้ำมากที่สุด

กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด

ผลจากการใช้วิธี GRG ในการวางแผนการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำแสดงดังภาพที่ 58 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.32-0.88 ซึ่งแสดงถึงพื้นที่รับน้ำเกิดการขาดแคลนน้ำ

ผลการจำลองการจัดสรรน้ำพบว่าผลรวมของปริมาณการขาดแคลนน้ำของทุกพื้นที่เท่ากับ 6.157 ล้านลูกบาศก์เมตร ไม่มีการส่งน้ำเกินความต้องการ และปริมาณน้ำที่ส่งไปยังพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำไม่มากกว่าความสามารถในการรับน้ำสูงสุดของพื้นที่จนก่อให้เกิดน้ำท่วมแต่อย่างใด โดยปริมาณน้ำที่พื้นที่รับน้ำได้รับแสดงดังตารางที่ 37



ภาพที่ 58 ปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด

ตารางที่ 38 ปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด

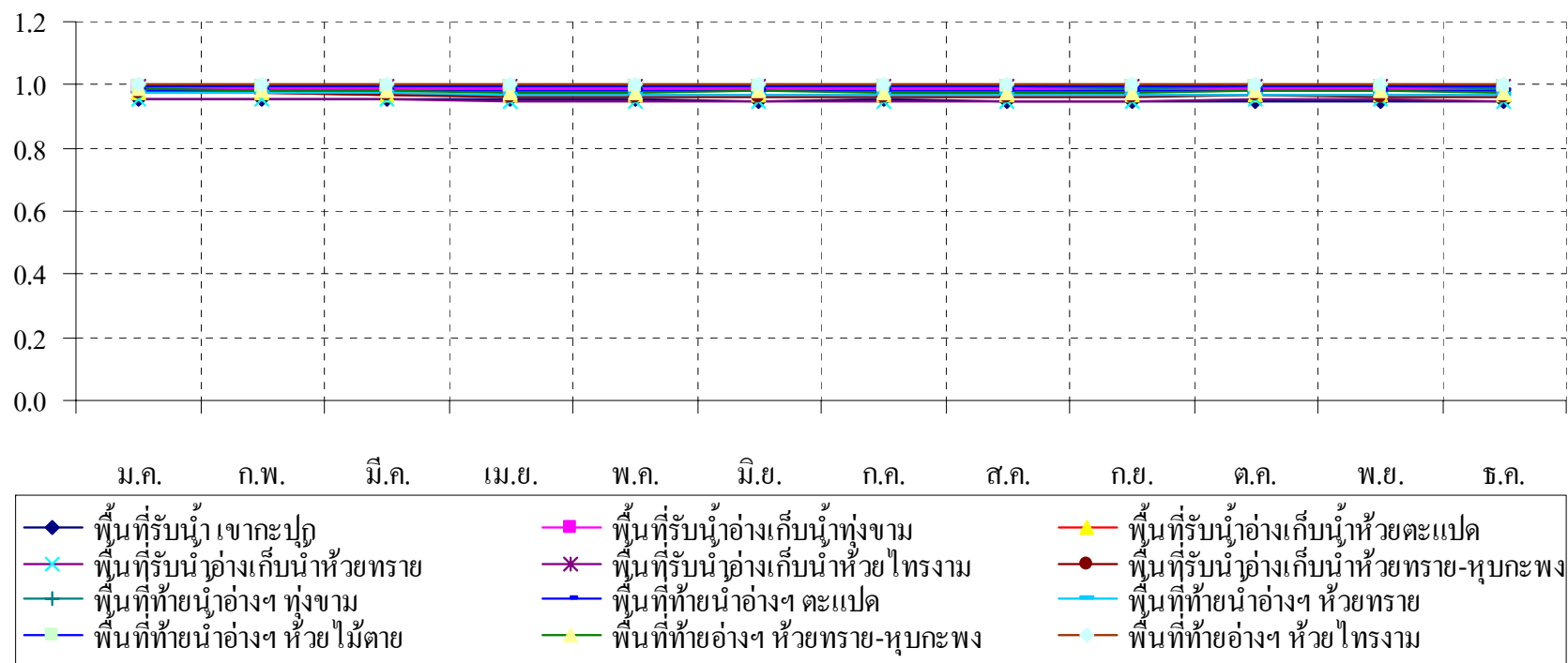
| พื้นที่                           | ปริมาณน้ำที่ได้รับ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม    |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                   | ม.ค.                            | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |        |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก                 | 0.000                           | 0.012 | 0.015 | 0.012 | 0.008 | 0.000 | 0.016 | 0.010 | 0.007 | 0.007 | 0.019 | 0.013 | 0.119  |
| ทุ่งขาม                           | 0.006                           | 0.170 | 0.185 | 0.189 | 0.141 | 0.005 | 0.449 | 0.233 | 0.191 | 0.169 | 0.497 | 0.225 | 2.461  |
| ห้วยตะแปด                         | 0.001                           | 0.114 | 0.121 | 0.135 | 0.104 | 0.001 | 0.203 | 0.109 | 0.101 | 0.094 | 0.255 | 0.092 | 1.331  |
| ห้วยทราย                          | 0.003                           | 0.027 | 0.029 | 0.027 | 0.020 | 0.002 | 0.027 | 0.036 | 0.033 | 0.032 | 0.087 | 0.012 | 0.336  |
| ห้วยไทรงาม                        | 0.003                           | 0.479 | 0.529 | 0.501 | 0.389 | 0.003 | 0.331 | 0.217 | 0.151 | 0.150 | 0.502 | 0.422 | 3.678  |
| ห้วยทราย-หุบกะพง                  | 0.004                           | 0.017 | 0.019 | 0.014 | 0.010 | 0.003 | 0.126 | 0.079 | 0.042 | 0.049 | 0.177 | 0.158 | 0.698  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม          | 0.133                           | 0.104 | 0.117 | 0.032 | 0.032 | 0.033 | 0.046 | 0.316 | 0.470 | 0.174 | 0.394 | 0.242 | 2.093  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด        | 0.015                           | 0.011 | 0.014 | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.005 | 0.036 | 0.053 | 0.020 | 0.044 | 0.027 | 0.237  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย         | 0.004                           | 0.003 | 0.003 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.008 | 0.013 | 0.005 | 0.011 | 0.007 | 0.057  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม       | 0.298                           | 0.236 | 0.269 | 0.074 | 0.076 | 0.077 | 0.106 | 0.727 | 1.082 | 0.395 | 0.900 | 0.556 | 4.798  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย       | 0.041                           | 0.033 | 0.037 | 0.010 | 0.010 | 0.011 | 0.014 | 0.099 | 0.148 | 0.054 | 0.123 | 0.076 | 0.657  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง | 0.006                           | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.013 | 0.019 | 0.007 | 0.018 | 0.011 | 0.090  |
| รวม                               | 0.516                           | 1.213 | 1.342 | 1.001 | 0.795 | 0.142 | 1.326 | 1.883 | 2.310 | 1.156 | 3.028 | 1.841 | 16.554 |

### กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย

ผลจากการใช้วิธี GRG ในการวางแผนการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำแสดงดังภาพที่ 59 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.95-1.00 แต่โดยส่วนใหญ่จะมีค่าใกล้ 1.00 ซึ่งแสดงว่าการจัดสรรน้ำมีค่าใกล้เคียงกับความต้องการน้ำ

ผลการจำลองการจัดสรรน้ำพบว่าผลรวมของปริมาณการขาดแคลนน้ำของทุกพื้นที่เท่ากับ 0.269 ล้านลูกบาศก์เมตร ไม่มีพื้นที่ใดได้รับปริมาณน้ำเกินความต้องการ และปริมาณน้ำที่ส่งไปยังพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำไม่มากกว่าความสามารถในการรับน้ำสูงสุดของพื้นที่จนก่อให้เกิดน้ำท่วมแต่อย่างใด โดยปริมาณน้ำที่พื้นที่รับน้ำได้รับแสดงดังตารางที่ 38

แสดงพื้นที่ปลูกพืชไร่ที่ได้รับน้ำชลประทานตามแหล่งน้ำ



ภาพที่ 59 ปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย

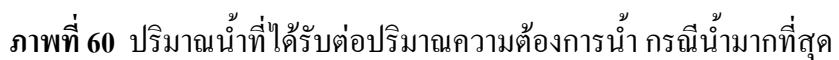
ตารางที่ 39 ปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย

| พื้นที่                           | ปริมาณน้ำที่ได้รับ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม    |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                   | ม.ค.                            | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |        |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก                 | 0.000                           | 0.017 | 0.021 | 0.017 | 0.011 | 0.000 | 0.023 | 0.015 | 0.010 | 0.010 | 0.028 | 0.019 | 0.173  |
| ทุ่งขาม                           | 0.009                           | 0.248 | 0.274 | 0.284 | 0.213 | 0.008 | 0.672 | 0.351 | 0.287 | 0.251 | 0.738 | 0.341 | 3.677  |
| ห้วยตะแปด                         | 0.002                           | 0.184 | 0.200 | 0.228 | 0.177 | 0.002 | 0.340 | 0.184 | 0.172 | 0.155 | 0.424 | 0.157 | 2.225  |
| ห้วยทราย                          | 0.007                           | 0.068 | 0.076 | 0.076 | 0.058 | 0.007 | 0.074 | 0.103 | 0.094 | 0.087 | 0.233 | 0.036 | 0.918  |
| ห้วยไทรงาม                        | 0.004                           | 0.612 | 0.670 | 0.633 | 0.491 | 0.004 | 0.422 | 0.277 | 0.193 | 0.193 | 0.646 | 0.545 | 4.691  |
| ห้วยทราย-หุบกะพง                  | 0.006                           | 0.028 | 0.036 | 0.030 | 0.022 | 0.006 | 0.257 | 0.167 | 0.087 | 0.085 | 0.296 | 0.300 | 1.320  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม          | 0.163                           | 0.128 | 0.145 | 0.040 | 0.041 | 0.042 | 0.058 | 0.395 | 0.587 | 0.215 | 0.489 | 0.304 | 2.605  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด        | 0.020                           | 0.015 | 0.018 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.047 | 0.070 | 0.026 | 0.058 | 0.036 | 0.310  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย         | 0.006                           | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.020 | 0.008 | 0.017 | 0.011 | 0.091  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม       | 0.345                           | 0.272 | 0.308 | 0.085 | 0.087 | 0.088 | 0.122 | 0.836 | 1.246 | 0.456 | 1.038 | 0.643 | 5.526  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย       | 0.049                           | 0.039 | 0.044 | 0.012 | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.118 | 0.176 | 0.065 | 0.146 | 0.091 | 0.782  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง | 0.008                           | 0.006 | 0.007 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.019 | 0.027 | 0.010 | 0.023 | 0.015 | 0.123  |
| รวม                               | 0.617                           | 1.621 | 1.803 | 1.413 | 1.121 | 0.178 | 1.996 | 2.526 | 2.970 | 1.559 | 4.139 | 2.498 | 22.442 |

### กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด

ผลจากการใช้วิธี GRG ในการวางแผนการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำแสดงดังภาพที่ 60 อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำอยู่ระหว่าง 0.95-1.04 หมายถึงพื้นที่รับน้ำบางพื้นที่ขาดแคลนน้ำในบางเดือนและบางเดือนได้รับน้ำเกินความต้องการ นอกจากนี้พื้นที่รับน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 1.17 – 8.84 ซึ่งหมายถึงพื้นที่ได้รับน้ำเกินความต้องการ

ผลการจำลองการจัดสรรน้ำพบว่าผลรวมของปริมาณการขาดแคลนน้ำของทุกพื้นที่เท่ากับ 0.025 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลรวมของปริมาณน้ำที่ส่งเกินความต้องการเท่ากับ 6.702 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำที่ส่งไปยังพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำไม่มากกว่าความสามารถในการรับน้ำสูงสุดของพื้นที่จนก่อให้เกิดน้ำท่วมแต่อย่างใด โดยปริมาณน้ำที่พื้นที่รับน้ำได้รับแสดงดังตารางที่ 39



ตารางที่ 40 ปริมาณน้ำที่พื้นที่ต่างๆ ได้รับกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด

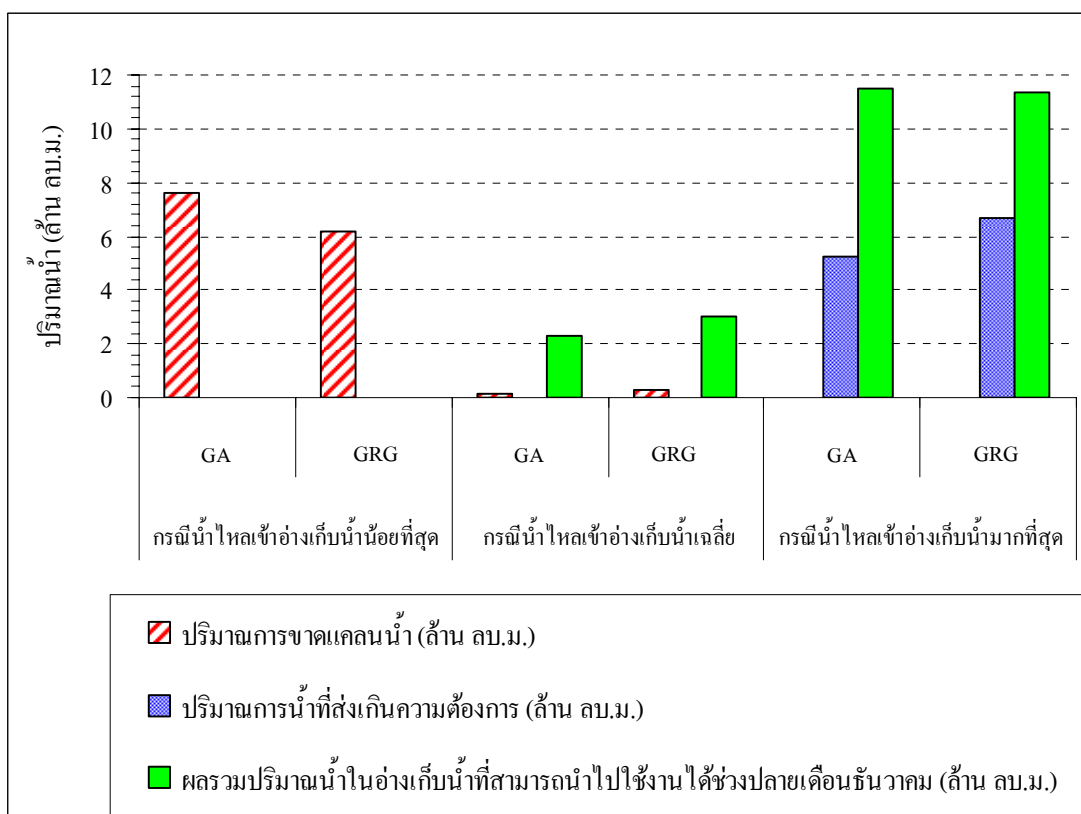
| พื้นที่                           | ปริมาณน้ำที่ได้รับ (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | รวม    |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                   | ม.ค.                            | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |        |
| บ่อพักน้ำเขากะปุก                 | 0.000                           | 0.018 | 0.022 | 0.018 | 0.012 | 0.000 | 0.024 | 0.016 | 0.011 | 0.010 | 0.030 | 0.020 | 0.182  |
| ทุ่งขาม                           | 0.009                           | 0.250 | 0.277 | 0.287 | 0.216 | 0.008 | 0.679 | 0.355 | 0.290 | 0.253 | 0.746 | 0.345 | 3.717  |
| ห้วยตะแปด                         | 0.002                           | 0.189 | 0.206 | 0.234 | 0.183 | 0.002 | 0.348 | 0.190 | 0.177 | 0.160 | 0.434 | 0.162 | 2.287  |
| ห้วยทราย                          | 0.007                           | 0.071 | 0.080 | 0.080 | 0.060 | 0.007 | 0.078 | 0.108 | 0.099 | 0.091 | 0.245 | 0.038 | 0.963  |
| ห้วยไทรงาม                        | 0.004                           | 0.613 | 0.671 | 0.634 | 0.492 | 0.004 | 0.423 | 0.277 | 0.193 | 0.193 | 0.647 | 0.546 | 4.695  |
| ห้วยทราย-หุบกะพง                  | 0.006                           | 0.029 | 0.037 | 0.031 | 0.023 | 0.006 | 0.268 | 0.174 | 0.090 | 0.088 | 0.307 | 0.313 | 1.371  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม          | 0.164                           | 0.129 | 0.146 | 0.040 | 0.041 | 0.042 | 0.058 | 0.397 | 0.591 | 0.217 | 0.492 | 0.306 | 2.622  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด        | 0.020                           | 0.015 | 0.018 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.048 | 0.071 | 0.026 | 0.059 | 0.037 | 0.316  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย         | 0.006                           | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.021 | 0.008 | 0.018 | 0.011 | 0.094  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม       | 1.002                           | 0.928 | 0.933 | 0.752 | 0.749 | 0.764 | 0.803 | 1.348 | 1.672 | 1.071 | 1.450 | 0.754 | 12.228 |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย       | 0.049                           | 0.039 | 0.044 | 0.012 | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.119 | 0.177 | 0.065 | 0.147 | 0.091 | 0.785  |
| ทำนน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง | 0.008                           | 0.006 | 0.007 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.019 | 0.028 | 0.010 | 0.024 | 0.015 | 0.126  |
| รวม                               | 1.277                           | 2.292 | 2.446 | 2.096 | 1.796 | 0.855 | 2.711 | 3.066 | 3.421 | 2.192 | 4.600 | 2.637 | 29.388 |

### วิจารณ์

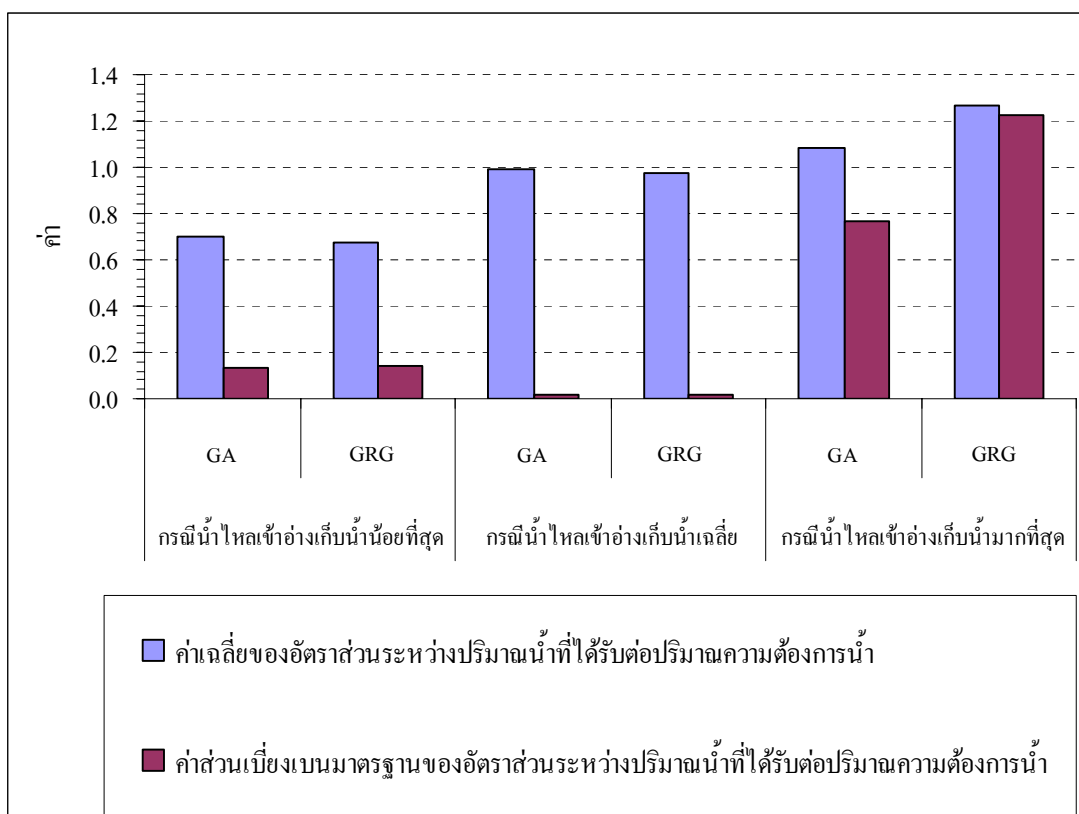
จากการประยุกต์ใช้ GAs ในการวางแผนการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำพบว่า GAs สามารถประยุกต์ใช้วางแผนการจัดสรรน้ำในพื้นที่ศึกษาได้เช่นเดียวกับวิธี GRG ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการหาค่า Optimization ในโปรแกรม Premium Solver โดยทั้ง 3 กรณี ได้แก่ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด น้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด มีพารามิเตอร์จำนวน 10 พารามิเตอร์ใช้คำนวณในแบบจำลอง GAs เพื่อให้ได้ผลการจัดสรรน้ำที่ดีที่สุด ได้แก่ Probability of Mutation, Probability of Crossover, Population size และ R1 ถึง R7 มีค่าแตกต่างกัน ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลนำเข้า เช่น ปริมาณความต้องการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ก็จะส่งผลให้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้น ผู้ที่นำไปประยุกต์ใช้งานจึงควรศึกษาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละกรณีต่อไป

**ตารางที่ 41** การเปรียบเทียบผลการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำระหว่างแบบจำลอง GAs และ GRG

| รายการ                                                                                | กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด |       | กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย |       | กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------|---------------------------------|-------|------------------------------------|--------|
|                                                                                       | GAs                                 |       | GRG                             |       | GAs                                |        |
|                                                                                       | GRG                                 | GAs   | GRG                             | GAs   | GRG                                | GAs    |
| - ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ               | 0.704                               | 0.677 | 0.990                           | 0.979 | 1.087                              | 1.263  |
| - ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ | 0.136                               | 0.145 | 0.017                           | 0.016 | 0.767                              | 1.228  |
| - ปริมาณการขาดแคลนน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)                                                    | 7.638                               | 6.157 | 0.150                           | 0.269 | 0.000                              | 0.025  |
| - ปริมาณน้ำที่ส่งเกินความต้องการ (ล้าน ลบ.ม.)                                         | 0.000                               | 0.000 | 0.000                           | 0.000 | 5.280                              | 6.702  |
| - ผลรวมปริมาณน้ำคงเหลือในอ่างเก็บน้ำในปลายเดือนธันวาคม (ล้าน ลบ.ม.)                   | 0.000                               | 0.000 | 2.314                           | 2.996 | 11.462                             | 11.347 |



ภาพที่ 61 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการขาดแคลนน้ำ ปริมาณการส่งน้ำเกินความต้องการ และผลรวมของปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้งานได้ในช่วงปลายเดือนธันวาคมระหว่าง GAs และ GRG



**ภาพที่ 62** ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ ระหว่าง GAs และ GRG

จากตารางที่ 40 และภาพที่ 61 ถึง ภาพที่ 62 เป็นการเปรียบเทียบผลการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำโดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง GAs และการประยุกต์ใช้วิธี GRG ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำที่ได้จากแบบจำลอง หากมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่ามีการวางแผนการจัดสรรน้ำได้น้อยกว่าความต้องการน้ำของพื้นที่รับน้ำ ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนน้ำ แต่ถ้ามีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ามีการวางแผนการจัดสรรน้ำได้มากกว่าความต้องการน้ำของพื้นที่รับน้ำ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำเป็นค่าที่แสดงถึงความสม่ำเสมอหรือความเท่าเทียมกันในการได้รับน้ำของพื้นที่รับน้ำหากมีค่าเท่ากับศูนย์แสดงว่าได้รับน้ำอย่างเท่าเทียมกัน จากผลที่คำนวณได้จากแบบจำลองทั้งสอง พบว่า ทั้งสองวิธีสามารถประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษาได้ โดยผลการเปรียบเทียบมีรายละเอียดดังนี้

### กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำที่ได้จากแบบจำลอง GAs เท่ากับ 0.704 ซึ่งมากกว่าที่ได้จากแบบจำลอง GRG ที่มีค่าเท่ากับ 0.677 แต่อย่างไรก็ตามผลที่คำนวณได้จากทั้งสองวิธีมีค่าน้อยกว่า 1.00 หมายถึงทั้งสองวิธีวางแผนการจัดสรรน้ำได้น้อยกว่าความต้องการน้ำของพื้นที่รับน้ำ ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนน้ำโดยผลที่ได้จากแบบจำลอง GAs ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำมากกว่าผลที่ได้จากแบบจำลอง GRG เป็นจำนวน 1.481 ล้าน ลบ.ม.

สำหรับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำที่ได้จากแบบจำลอง GAs มีค่าเท่ากับ 0.136 ซึ่งน้อยกว่าค่าที่ได้จากแบบจำลอง GRG ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.145 แสดงว่าแบบจำลอง GAs สามารถวางแผนการส่งน้ำได้สม่ำเสมอมากกว่าแบบจำลอง GRG แต่เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำคงเหลือเมื่อสิ้นสุดเดือนธันวาคมในระบบอ่างเก็บน้ำพบว่าแบบจำลองทั้งสองไม่มีปริมาณน้ำคงเหลือในระบบอ่างเก็บน้ำแต่อย่างใดซึ่งจะส่งผลให้ไม่มีน้ำเก็บสำรองไว้ใช้ในเดือนถัดไป

### กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลอง GAs เท่ากับ 0.990 ซึ่งมีค่ามากกว่าที่ได้จากแบบจำลอง GRG ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.975 แต่อย่างไรก็ตามผลที่คำนวณได้จากทั้งสองวิธีมีค่าน้อยกว่า 1.00 แสดงว่าทั้งสองวิธีวางแผนการจัดสรรน้ำได้น้อยกว่าความต้องการน้ำของพื้นที่รับน้ำส่งผลให้เกิดการขาดแคลนน้ำโดยผลที่ได้จากแบบจำลอง GAs จะส่งผลให้เกิดการขาดแคลนน้ำน้อยกว่าผลที่ได้จากแบบจำลอง GRG เป็นจำนวน 0.119 ล้าน ลบ.ม.

สำหรับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ โดยผลที่ได้จากแบบจำลอง GAs มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.017 ซึ่งมีค่ามากกว่าผลที่ได้จากแบบจำลอง GRG ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.016 แสดงว่าแบบจำลอง GAs วางแผนการส่งน้ำได้สม่ำเสมอน้อยกว่าแบบจำลอง GRG และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำคงเหลือในระบบอ่างเก็บน้ำพบว่าแบบจำลอง GAs มีน้ำเหลือในระบบอ่างเก็บน้ำซึ่ง

สามารถนำไปใช้ต่อไปได้เท่ากับ 2.314 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งน้อยกว่าแบบจำลอง GRG ซึ่งมีน้ำคงเหลือในระบบอ่างเก็บน้ำเท่ากับ 2.996 ล้าน ลบ.ม.

### กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำที่ได้จากแบบจำลอง GAs เท่ากับ 1.087 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าที่ได้แบบจำลอง GRG ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.263 โดยผลที่คำนวณได้จากทั้งสองวิธีมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโดยเฉลี่ยทั้งสองวิธีวางแผนการจัดสรรน้ำได้มากกว่าความต้องการน้ำของพื้นที่รับน้ำ และเมื่อพิจารณาผลรวมของปริมาณการขาดแคลนน้ำในแต่ละเดือน พบว่าผลการวางแผนการจัดสรรน้ำโดยแบบจำลอง GAs ไม่เกิดการขาดแคลนน้ำ แต่ผลการวางแผนการจัดสรรน้ำโดยแบบจำลอง GRG จะส่งผลให้เกิดการขาดแคลนน้ำเท่ากับ 0.025 ล้าน ลบ.ม.

สำหรับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ โดยผลที่ได้จากแบบจำลอง GAs มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.767 ซึ่งน้อยกว่าผลที่ได้จากแบบจำลอง GRG ซึ่งมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.228 แสดงว่าแบบจำลอง GAs สามารถวางแผนการส่งน้ำได้สม่ำเสมอมากกว่าแบบจำลอง GRG และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำคงเหลือในระบบอ่างเก็บน้ำพบว่าแบบจำลอง GAs มีน้ำเหลือในระบบอ่างเก็บน้ำซึ่งสามารถนำไปใช้ต่อไปได้เท่ากับ 11.462 ล้าน ลบ.ม. มากกว่าแบบจำลอง GRG ซึ่งมีน้ำคงเหลือในระบบอ่างเก็บน้ำเท่ากับ 11.347 ล้าน ลบ.ม.

จากการศึกษาได้ประเมินปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยใช้วิธีความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ใกล้เคียง แต่พื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้เป็นสถานีดัชนีมีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำซึ่งจะส่งผลให้การประเมินน้ำท่ารายเดือนเกิดความคลาดเคลื่อนได้

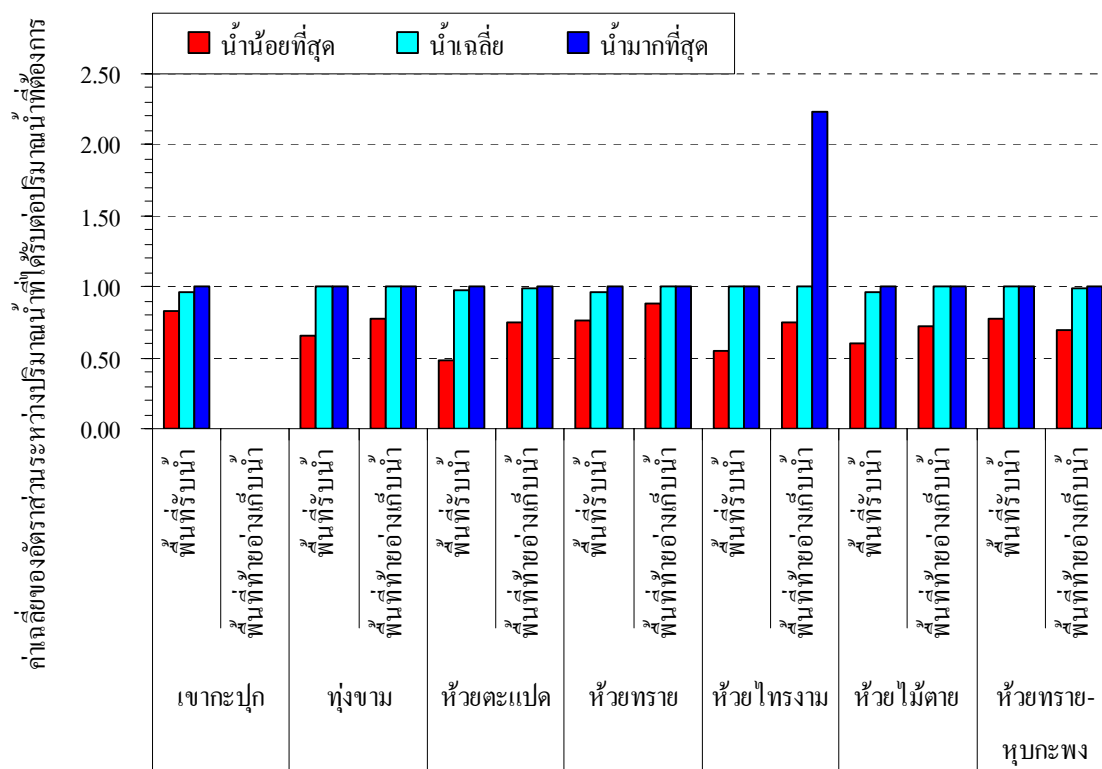
การประเมินความต้องการน้ำสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ใช้ข้อมูลจากแผนการเพาะปลูกพืช พ.ศ. 2549 (โครงการชลประทานเพชรบุรี, 2549) ซึ่งไม่ครอบคลุมกิจกรรมการใช้น้ำทั้งหมดที่อ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งช่วยสนับสนุน โดยกิจกรรมเหล่านั้นประกอบด้วย การประมง การเลี้ยงสัตว์ การสนับสนุนกิจกรรมปลูกป่า สถานีเพาะเลี้ยงม้า หน่วยงานราชการที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษา เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปริมาณความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศด้านท้ายอ่างเก็บน้ำที่จะต้อง

สนับสนุนด้วยโดยการศึกษาครั้งนี้จะประเมินจากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำต่ำสุด ทำให้การประเมินความต้องการน้ำเกิดการคลาดเคลื่อน

กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด พบว่า ส่วนใหญ่พื้นที่รับน้ำเกิดการขาดแคลนน้ำโดยอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ส่งกับปริมาณความต้องการน้ำ อยู่ระหว่าง 0.40-1.00 (ดังภาพที่ 47) ดังนั้นจะพบว่ากรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด พื้นที่เกิดการขาดแคลนน้ำแตกต่างกัน อาจส่งผลให้เกิดปัญหาความเท่าเทียมและความยุติธรรมในการจัดสรรน้ำ การวางแผนการส่งน้ำของแบบจำลอง กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย มีพื้นที่รับน้ำบางส่วนเกิดการขาดแคลนน้ำโดยอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ส่งกับปริมาณความต้องการน้ำ อยู่ระหว่าง 0.94-1.00 (ดังภาพที่ 52) ในกรณีของน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุดสามารถวางแผนการส่งน้ำได้ใกล้เคียงกับความต้องการน้ำ โดยอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ส่งกับปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 1.00 มีเพียงพื้นที่ท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามเท่านั้นที่โดยส่วนใหญ่จะได้รับน้ำเกิน คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับกับปริมาณความต้องการน้ำ อยู่ระหว่าง 1.000-10.00 (ดังภาพที่ 57)

จากภาพที่ 57 พบว่าแบบจำลองวางแผนส่งน้ำเกินความต้องการในพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามในเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม สิงหาคม และตุลาคม เพื่อระบายน้ำส่วนเกิน ป้องกันการเกิดน้ำไหลล้นอ่างเก็บน้ำ และน้ำท่วมพื้นที่ด้านท้ายอ่างเก็บน้ำ

ภาพที่ 63 พื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำหลายแห่งอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำของพื้นที่รับน้ำด้านท้ายอ่างเก็บน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศมีค่าสูงกว่าพื้นที่รับน้ำเพื่อการเกษตรกรรมและอุปโภคบริโภคในกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุดซึ่งเป็นกรณีที่ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าในกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุดค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำของพื้นที่รับน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามเท่ากับ 2.23 เนื่องจากปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามมีปริมาณมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำและไม่สามารถผันน้ำส่วนนี้ไปยังอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายได้ทั้งหมด แบบจำลองจึงต้องส่งน้ำส่วนเกินนี้ไปยังพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามเพื่อป้องกันน้ำไหลล้นอ่างเก็บน้ำและเกิดน้ำท่วมท้ายอ่างเก็บน้ำ

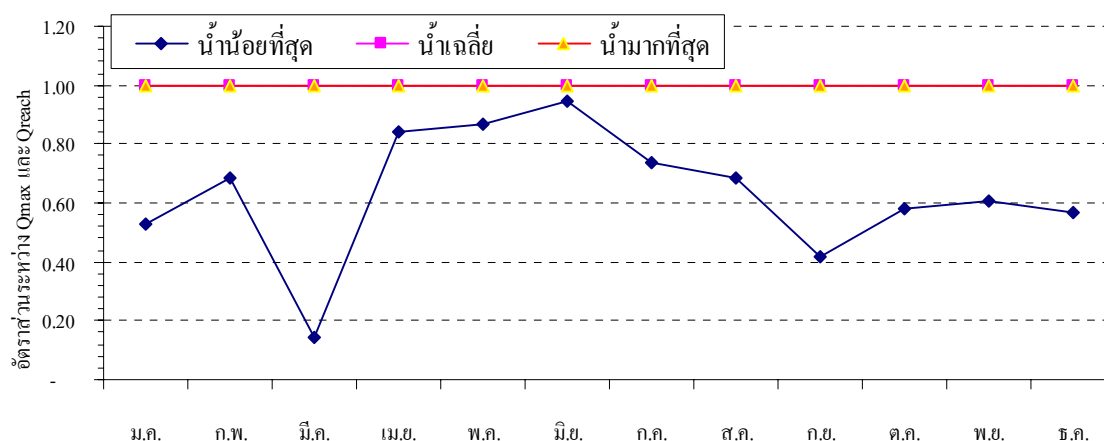


ภาพที่ 63 ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับและปริมาณความต้องการน้ำ

ภาพรวมของผลการจัดสรรน้ำจากทั้งสามกรณี พบว่า บางเดือนมีปริมาณน้ำในระบบอ่างเก็บน้ำใกล้เคียงกับระดับเก็บกักต่ำสุด (Dead Storage) ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำหากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในเดือนถัดไปน้อยกว่าที่คาดการณ์ไว้ และในบางเดือนปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำใกล้เคียงกับความจุเก็บกักซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำไหลล้นอ่างเก็บน้ำหรือน้ำท่วมพื้นที่ด้านท้ายอ่างเก็บน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำช่วงเดือนสุดท้าย (ธันวาคม) ของการจัดสรรน้ำอ่างเก็บน้ำกรณีน้ำน้อยมีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเท่ากับความจุต่ำสุด ซึ่งจะส่งผลให้ไม่มีน้ำเหลือในอ่างเก็บน้ำสำหรับใช้ใน เดือนถัดไปหากมีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในเดือนถัดไปไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับความถูกต้องของข้อมูลนำเข้าแบบจำลองเพื่อป้องกันการขาดแคลนน้ำในเดือนถัดไป

ในกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย พบว่า หลายพื้นที่ของระบบอ่างเก็บน้ำเกิดการขาดแคลนน้ำ แต่ในขณะที่อ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามยังมีปริมาณน้ำที่สามารถผันไปให้อ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายและผันไปยังอ่างเก็บน้ำแห่งอื่น ๆ ต่อไปเพื่อบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำได้อีก 2,314 ล้าน ลบ.ม. (จากภาพผนวกที่ ข13) แต่แบบจำลอง ไม่ได้ผันน้ำจำนวนนี้ไปช่วยเหลืออ่างเก็บน้ำแห่งอื่น

แต่อย่างใด และในกรณีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด พบว่า พื้นที่ท้ายน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามได้รับน้ำเกินความต้องการรวมทั้งสิ้น 5.280 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่อ่างเก็บน้ำอื่นสามารถรับปริมาณน้ำดังกล่าวเพื่อเก็บไว้ใช้ต่อไปได้ ซึ่งแบบจำลองควรจะผันน้ำจำนวนดังกล่าวไปเก็บไว้ใช้ในอ่างเก็บน้ำแห่งอื่นด้วยเช่นกัน แต่เมื่อนำปริมาณน้ำที่ส่งผ่าน Reach หมายเลข R003 ซึ่งเป็นท่อผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามไปยังอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายมาวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ส่งผ่าน Reach R003 และความสามารถในการระบายน้ำสูงสุดของ Reach R003 แสดงดังภาพที่ 64 พบว่าในกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยและในกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุดแบบจำลองได้แนะนำให้ผันน้ำผ่าน Reach R003 ด้วยความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด จากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า Reach R003 มีขนาดเล็กเกินกว่าความต้องการผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามไปยังอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายในกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยและน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



ภาพที่ 64 อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ส่งผ่าน Reach R003 และความสามารถในการระบายน้ำสูงสุดของ Reach R003

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การศึกษานี้ใช้รูปแบบของ GAs คล้ายคลึงกับ Wardlaw and Sharif (1999) โดยการเข้ารหัสแบบจำนวนจริง (Real-value Coding) การคัดเลือกแบบ Tournament Selection ได้ทำการปรับปรุงจากเดิมที่กำหนดให้มีการเลือก Chromosome เพียง 1 ครั้งเพิ่มเป็น 5 ครั้งต่อ Generation เพื่อให้การจำลองวางแผนการส่งน้ำกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยและสูงสุดทำได้รวดเร็วขึ้น ส่วนการแลกเปลี่ยนยีนใช้แบบ Uniform Crossover เช่นเดียวกับ Wardlaw and Sharif (1999) สำหรับการดัดแปลงยีนใช้แบบ Uniform Mutation มีความแตกต่างจากวิธีของ Wardlaw and Sharif (1999) โดยกำหนดให้ค่าที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงยีน (Gene) ขึ้นอยู่กับผลต่างระหว่างความสามารถในการระบายน้ำมากที่สุด (Maximum Capacity) ของ Reach กับความสามารถในการระบายน้ำน้อยที่สุด (Minimum Capacity) ของ Reach และมีค่าลดลงเมื่อ Generation เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละ Reach ในพื้นที่ศึกษามีความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด (Maximum Capacity) แตกต่างกันมากหากใช้แบบ Modified Uniform Mutation จะทำให้การวางแผนการจัดสรรน้ำโดยแบบจำลอง GAs ใช้เวลามากขึ้น สำหรับความยาวของโครโมโซมมีจำนวนเท่ากับ  $21 \times 12 = 252$  ยีน (Reach 21 แห่ง ช่วงเวลา 12 เดือน)

การประเมินปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยวิธีความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่รับน้ำและปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของสถานีวัดน้ำท่าในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำท่าไหลเข้าระบบอ่างเก็บน้ำกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 9.476 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 24.544 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุดเท่ากับ 39.571 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ศึกษาเพื่อใช้ในการกิจกรรมการเพาะปลูก อุปโภค-บริโภค และรักษาระบบนิเวศท้ายอ่างเก็บน้ำเท่ากับ 22.710 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งปริมาณความต้องการน้ำดังกล่าวข้างต้นไม่รวมประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำ

จากการใช้แบบจำลองในพื้นที่ระบบอ่างเก็บน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษา ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของ GAs ได้รูปแบบและพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด แสดงดังตารางที่ 42

ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของ GAs

| กรณีการจำลอง                       | กรณีน้ำไหลเข้า<br>อ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด | กรณีน้ำไหลเข้า<br>อ่างเก็บน้ำเฉลี่ย | กรณีน้ำไหลเข้า<br>อ่างเก็บน้ำมากที่สุด |
|------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| Number of Mutation per Chromosomes | 31                                      | 11                                  | 26                                     |
| Probability of Crossover           | 0.123                                   | 0.80                                | 1.00                                   |
| Population Size                    | 80                                      | 160                                 | 40                                     |

ผลการจัดสรรน้ำในระบบอ่างเก็บน้ำโดยแบบจำลอง GAs พบว่า ในกรณีของน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุดจะสามารถวางแผนการส่งน้ำได้ใกล้เคียงกับความต้องการน้ำโดยอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ส่งกับปริมาณความต้องการน้ำใกล้เคียง 1.00 มีเพียงบางเดือนของอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามเท่านั้นที่พื้นที่รับน้ำและพื้นที่ทำนน้ำของอ่างเก็บน้ำได้รับน้ำเกินความต้องการ คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับกับปริมาณความต้องการน้ำอยู่ในช่วง 1.00-10.00 ซึ่งเป็นการระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำช่วยป้องกันไม่ให้น้ำไหลล้นอ่างเก็บน้ำและน้ำท่วมในพื้นที่ทำนอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม สำหรับในกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย พบว่า พื้นที่รับน้ำบางส่วนเกิดการขาดแคลนน้ำโดยอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับกับปริมาณความต้องการน้ำอยู่ในช่วง 0.94-1.00 และในกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด พบว่า ส่วนใหญ่พื้นที่รับน้ำเกิดการขาดแคลนน้ำโดยอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับกับปริมาณความต้องการน้ำอยู่ในช่วง 0.40-1.00 สรุปภาพรวมของการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง GAs ในทั้งสามกรณี พบว่า ไม่มีการส่งน้ำมากกว่าความสามารถในการรับน้ำสูงสุดโดยไม่ก่อให้เกิดน้ำท่วมพื้นที่ด้านท้ายอ่างเก็บน้ำแต่อย่างใด

### ข้อเสนอแนะ

การใช้แบบจำลอง GAs เพื่อวางแผนการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ จำเป็นต้องใช้พารามิเตอร์เป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีสมการเป้าหมายรวมกับสมการข้อจำกัด รวมทั้งสิ้น 7 สมการ ดังนั้น การนำแบบจำลองไปใช้งานจึงควรมีการหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับนำไปใช้งานในแต่ละกรณี เพื่อให้แบบจำลองสามารถวางแผนการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยอาจพัฒนาโปรแกรมเพิ่มเติมให้มีความสามารถในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้โดยอัตโนมัติ

การประเมินน้ำท่าโดยใช้วิธีความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ใกล้เคียง มีความคลาดเคลื่อนมากกว่าใช้วิธีการวัดปริมาณน้ำท่าโดยการติดตั้งสถานีวัดน้ำท่าบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำ หรือการประเมินน้ำท่าจากการวิเคราะห์สมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ ดังนั้น เพื่อให้การประเมินน้ำท่ามีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้นจึงควรมีการเก็บข้อมูลความจุอ่างเก็บน้ำ ปริมาณฝน การระเหย และปริมาณการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเพิ่มเติม เพื่อวิเคราะห์สมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ

การประเมินความต้องการใช้น้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำจำเป็นต้องทราบข้อมูลของกิจกรรมการใช้น้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำครบถ้วนทุกกิจกรรม มิใช่ประเมินความต้องการน้ำจากแผนการเพาะปลูกพืชเท่านั้น เนื่องจากในระบบอ่างเก็บน้ำยังมีกิจกรรมลักษณะอื่นที่ใช้น้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำอีก เช่น กิจกรรมใช้น้ำจากหน่วยราชการต่างๆ การเกษตรกรรม การประมง การเลี้ยงสัตว์ การปลูกและดูแลป่าไม้ และอุปโภค-บริโภค เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีความต้องการน้ำในการรักษาระบบนิเวศท้ายอ่างเก็บน้ำที่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้การประเมินความต้องการน้ำมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น

ผลการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง GAs (แสดงดังภาคผนวก ข) พบว่า ในบางเดือนมีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเท่ากับหรือใกล้เคียงกับระดับเก็บกักต่ำสุด ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ แต่ในบางเดือนจะมีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเท่ากับหรือใกล้เคียงกับความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำซึ่งจะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำไหลล้นอ่างเก็บน้ำและน้ำท่วมพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำ และในช่วงเดือนสุดท้าย (ธันวาคม) ของอ่างเก็บน้ำหลายแห่งมีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเท่ากับหรือใกล้เคียงกับความจุเก็บกักต่ำสุดซึ่งจะส่งผลให้เกิดการขาดแคลนน้ำในอนาคตได้ ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านบน (Upper Rule

Curve) และโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านล่าง (Lower Rule Curve) เพิ่มเติมต่อไปเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดสรรน้ำของแบบจำลองได้ โดยแบบจำลองจะพยายามจัดสรรน้ำให้พื้นที่ต่าง ๆ มีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำอยู่ระหว่างโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านบนกับโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านล่างซึ่งจะลดความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำและเกิดน้ำท่วมพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำ

ควรมีการศึกษาสมการเป้าหมาย (Objective Function) เพิ่มเติมเพื่อให้แบบจำลองสามารถส่งน้ำได้เท่าเทียมกันยิ่งขึ้น เนื่องจากสมการเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ส่งผลให้มีการส่งน้ำให้กับพื้นที่ท้ายอ่างเก็บน้ำมากกว่าพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำเป็นส่วนใหญ่เพราะปริมาณน้ำที่สูญเสียจากการส่งน้ำไปยังท้ายอ่างเก็บน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศท้ายน้ำมีการสูญเสียน้ำน้อยกว่าการส่งน้ำไปยังพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติม

จากการจัดสรรน้ำโดยใช้แบบจำลอง GAs ในกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยและกรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสูงสุด พบว่า ท่อผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามไปยังอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายจะมีการผันน้ำด้วยอัตราสูงสุดของความสามารถในการระบายน้ำสูงสุดของท่อผันน้ำ คือ 0.16 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ไม่เพียงพอสำหรับการผันน้ำที่คงเหลืออยู่ในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามเพื่อนำน้ำไปช่วยเหลือพื้นที่อื่นที่ขาดแคลนน้ำ และผันน้ำส่วนเกินจากอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามไปเก็บไว้ยังอ่างเก็บน้ำอื่นๆ ซึ่งสามารถรับน้ำเพิ่มเติมได้อีก ดังนั้น จึงควรเพิ่มศักยภาพในการผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามไปยังอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย หรือพิจารณาจัดหาแหล่งน้ำเพิ่มเติมให้กับอ่างเก็บน้ำที่มักจะประสบปัญหาขาดแคลนน้ำ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด อ่างเก็บน้ำห้วยทราย อ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง และบ่อพักน้ำเขากะปุก หากเกิดการขาดแคลนน้ำควรมีการปรับลดความต้องการน้ำลงโดยใช้น้ำอย่างประหยัดมากขึ้น ลดพื้นที่เพาะปลูก ปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อยแทนการปลูกพืชที่ใช้น้ำมาก เพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำ และใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย. 2549. รายงานสถิติจำนวนประชากร และบ้าน รายจังหวัด  
รายอำเภอ และรายตำบล ณ เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2549. รายงานสถิติจำนวนประชากรและ  
บ้าน. แหล่งที่มา: [http://www.dopa.go.th/xstat/p4976\\_01.html](http://www.dopa.go.th/xstat/p4976_01.html), 10 มกราคม 2551.

กรมชลประทาน. ม.ป.ป. ก. **ค่าสัมประสิทธิ์พืช**. ค่าสัมประสิทธิ์พืช. แหล่งที่มา:  
<http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/Kc/>, 15 กันยายน 2550.

\_\_\_\_\_. ม.ป.ป. ข. **ปริมาณการใช้น้ำของพืชและปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง**. ปริมาณการใช้น้ำ  
ของพืชและปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง. แหล่งที่มา:  
<http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/ET&ETo/index.htm>, 14 ตุลาคม 2550.

กรมทรัพยากรน้ำ. ม.ป.ป.. **ความต้องการใช้น้ำสำหรับการอุปโภค-บริโภค**. แหล่งที่มา:  
[http://202.129.59.150/bwrpp/25basin/25int\\_pln/south\\_estPattani\\_prg1.files/frame.htm#slide0438.htm](http://202.129.59.150/bwrpp/25basin/25int_pln/south_estPattani_prg1.files/frame.htm#slide0438.htm), 9 มกราคม 2551.

กรมอนามัย. ม.ป.ป. **การประเมินความสะอาดปลอดภัยของน้ำบริโภคในครัวเรือน**. การศึกษา  
สุขลักษณะของสถานที่ผลิตอาหารที่จัดเป็นกิจการอันตรายต่อสุขภาพ ตาม พ.ร.บ.  
การสาธารณสุข. แหล่งที่มา: <http://www.anamai.moph.go.th/download/pom/index2.htm>,  
9 มกราคม 2551.

กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา. 2528. **เอกสารประกอบการบรรยาย วิชา การวัดปริมาณน้ำ  
ชลประทาน**. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

กัมปนาท ภัคคิกุล. 2544. การประยุกต์ปัญญาประดิษฐ์ทางคอมพิวเตอร์ที่เลียนแบบทฤษฎี  
การคัดเลือกตามธรรมชาติของ Charles Darwin เพื่อจัดการทรัพยากรน้ำ. วารสาร  
นิเวศวิทยา 2544: 22-35.

กัมปนาท ภักดีกุล. 2547. พันธุกรรมคอมพิวเตอร์-ทางเลือกใหม่ของการจัดการน้ำในยุคโลก  
วิวัฒน์. สถาบันพัฒนาการชลประทาน, ปากเกร็ด นนทบุรี. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

\_\_\_\_\_. , อนุชัย ถนอมสินรัตน์ และกรตสุวรรณ โพธิ์สุวรรณ. 2549. การบริหารจัดการน้ำ  
โครงการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบุรี. 71.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2544. รายงานการศึกษาเพื่อปรับปรุง Rule Curve ของ  
อ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ. ม.ป.ท..

คณิศร นำชัยสวัสดิวงศ์, กัมปนาท ภักดีกุล และวัชร เสือดี. 2548. การประยุกต์ใช้พันธุกรรม  
ทางคอมพิวเตอร์ในการระบายน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ. วันชชาติ 2548: 145-156.

โครงการชลประทานเพชรบุรี. 2548. แผนการพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพ โครงการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ  
อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. โครงการชลประทานเพชรบุรี สำนักชลประทานที่ 14  
กรมชลประทาน, เพชรบุรี.

โครงการชลประทานเพชรบุรี. 2549. แผนการเพาะปลูกพืช พ.ศ. 2549/2550. โครงการ  
ชลประทานเพชรบุรี กรมชลประทาน, เพชรบุรี. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

ฉลอง เกิดพิทักษ์. 2537. การจัดการน้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2538. การจัดการน้ำในลุ่มน้ำประเทศไทย. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทองเปลว กองจันทร์. 2546. กระบวนการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์เพื่อการจัดสรรน้ำจากระบบ  
อ่างเก็บน้ำ :กรณีศึกษาในลุ่มน้ำมูลตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก,  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทองเปลว กองจันทร์. 2548. เทคนิคและวิธีการจัดการอ่างเก็บน้ำ. สถาบันพัฒนาการชลประทาน กรมชลประทาน, นนทบุรี.

ธนา สุวิทธน. 2529. ลักษณะน้ำท่าของแม่น้ำในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปัญญา ขวัญยืน. 2541. การวิเคราะห์ระบบเพื่อการวางแผนและการจัดการโครงการชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

\_\_\_\_\_. 2542. การจัดการเรื่องน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปรีชา พันธุ์วา. 2547. การหาประสิทธิภาพชลประทานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามหาธาตุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พันธ์ทิพย์ เลิศบุรุษ. 2544. สัตว์พื้นท้องน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนท่าทุ่งนา จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พีระพงศ์ ลิ้มปนาธร. 2544. การศึกษาการใช้น้ำเตรียมแปลงสำหรับการปลูกข้าวของโครงการชลประทานคลองตรอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ภัทวิ ดวงจิตร. 2547. การประเมินผลโครงการจัดรูปที่ดินในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ขยส เนียมทรัพย์. 2542. วิศวกรรมสุขาภิบาลและการประปา. วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ปากเกร็ด นนทบุรี. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

รามศ ชูสิงห์. 2543. ความหลากหลายของสัตว์พื้นท้องน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รณชัย ศรีรอดบาง. 2546. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบระบบ  
ชลประทานในระดับแปลงนา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรารุช วุฒิวนิชย์. 2538. การจัดการน้ำขั้นสูง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2541. อุทกวิทยาประยุกต์. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

\_\_\_\_\_ และ บัญชา ขวัญยืน. 2540. การประยุกต์โปรแกรม HEC ทางวิศวกรรมชลประทาน.  
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต  
กำแพงแสน, นครปฐม.

วัชรระ เลือติ. 2537. การพัฒนาโปรแกรมจัดสรรน้ำและติดตามผลการใช้น้ำสำหรับโครงการส่งน้ำ  
และบำรุงรักษาสองพี่น้อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต  
กำแพงแสน.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. หลักการชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2544. หลักการชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

วีระพล เต็มสมบัติ. 2531. อุทกวิทยาประยุกต์. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2538. เอกสารประกอบการสอนวิชาอุทกวิทยาขั้นสูง. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน. 2550. ข้อมูลน้ำท่าและสถานีวัดน้ำที่รับผิดชอบ  
โดยกรมชลประทานในประเทศไทย. (ดิจิทัลไฟล์). สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรม  
ชลประทาน, กรุงเทพฯ.

ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันตก. 2550. **ข้อมูลน้ำท่ารายเดือน**. ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันตก. แหล่งที่มา: <http://hydro-7.com>, 6 มกราคม 2551.

อดุลย์ วรรณจนา. 2538. **การวางโครงการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อภิชาติ อนุกุลอำไพ, วิบูลย์ บุญยธโรกุล, วราวุธ วุฒินิชย์, โกวิท ทั่วมแสงยม และ มนต์รี คำชู. 2524. **คู่มือการชลประทานในระดับไรนา**. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, กรุงเทพฯ.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, D., and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration, Guidelines for Computing Crop Water Requirements. **FAO Irrig. and Drain. Paper 56**. Food and Agric. Orgn. of the United Nations, Rome, Italy.

Chaiyasing, S. 1997. **Determination of the Rule Curves of the Sirikit Dam for Hydropower, Irrigation and Flood Control**. M.S. thesis, Asian Institute of Technology.

Eiben, A.E. and J.E. Smith. n.d.. **Introduction to Evolutionary Computing Genetic Algorithms**. (Presentation).

Food and Agriculture Organization of the United Nations. n.d.. **Databases**. FAO - Water Development and Management Unit - Information Resources - Databases. Available Source: [http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html), February 16, 2008.

Frontline Systems, Inc. 2007. **Premium Solver Platform User Guide**. (pdf file). P.O. Box 4288, Incline Village, NV 89450, USA.

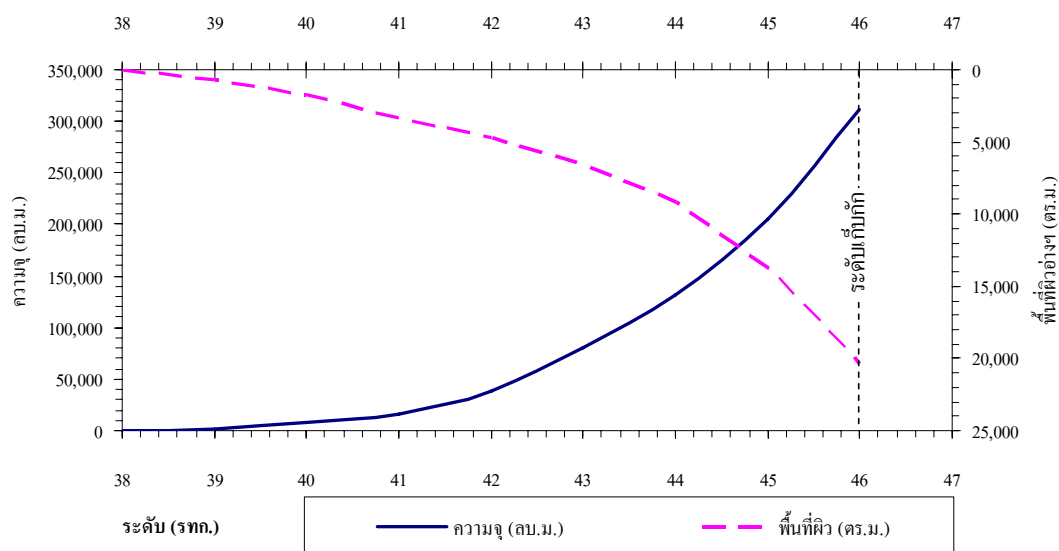
Goldberg, D.E. 1989. **Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning**. Addison-Wesley Reading Mass

- Goldberg, D.E. and K. Deb. 1991. A Comparative Analysis of Selection Schemes Used in Genetic Algorithms, pp. 69-93. **Foundation of Genetic Algorithms**. Morgan Kaufman, San Mateo, Calif.
- Larson, R. 1968. **State Increment Dynamic Programming**. Elsevier, New York.
- MySQL AB. 2008. **MySQL 5.0 Reference Manual**. MySQL. Available Source: [www.mysql.com](http://www.mysql.com), January 1, 2008.
- Obitko, M. 1998. **Introduction to Genetic Algorithms**. Introduction to Genetic Algorithms with Java Applets:. Available Source: <http://cs.felk.cvut.cz/~xobitko/ga/>, February 16, 2008.
- Vudhivanich, V. 1996. **Methodology for Inclusion of Risk in Multireservoir Operations**. Ph.D. thesis, Colorado State University.
- Wardlaw, R. and M. Sharif. 1999. Evaluation of a Genetic Algorithms for Optimal Reservoir System Operation. **J. Water Resources Planning and Management, ASCE**. 125 (1): 25-33.

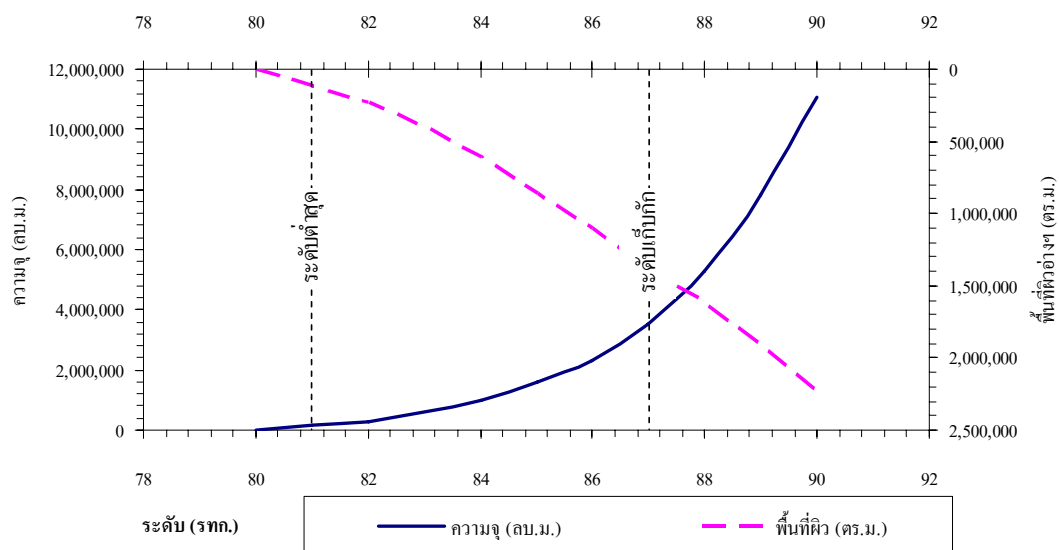
### ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
โค้งพื้นที่-ความจุของอ่างเก็บน้ำ

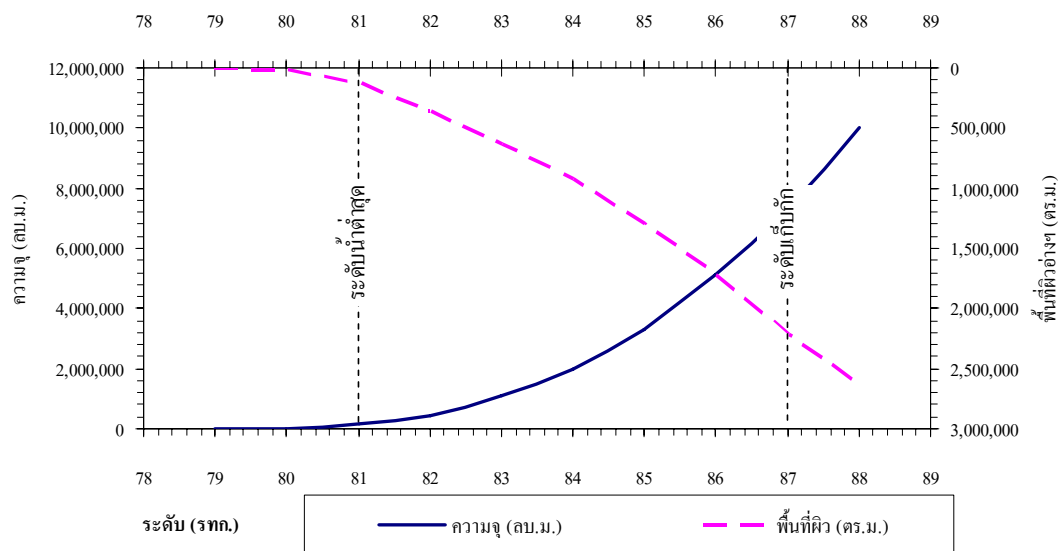
### โค้ง ความจุ พื้นที่ผิวอ่างเก็บน้ำ



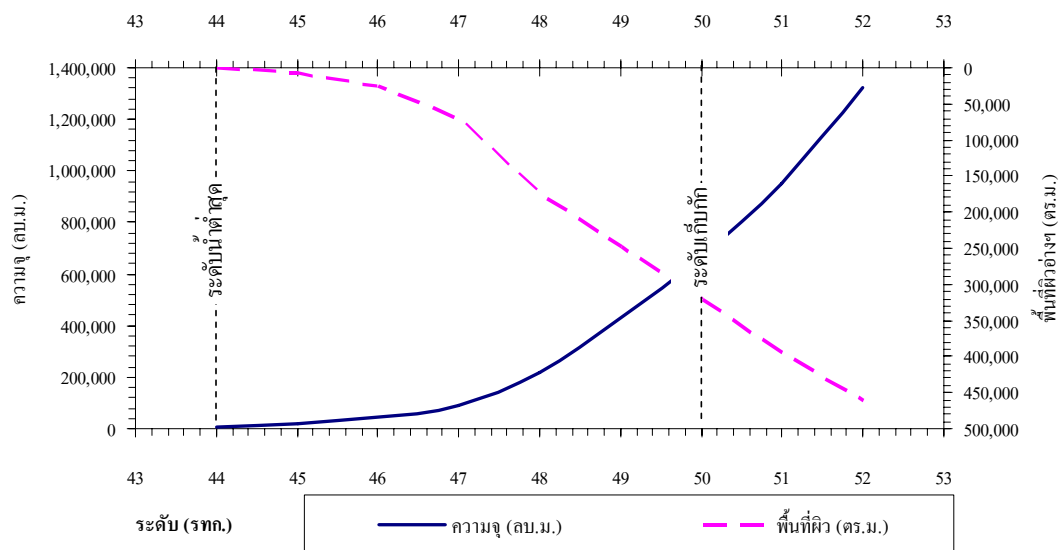
ภาพผนวกที่ ก1 โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ บ่อพักน้ำเขากะปุก



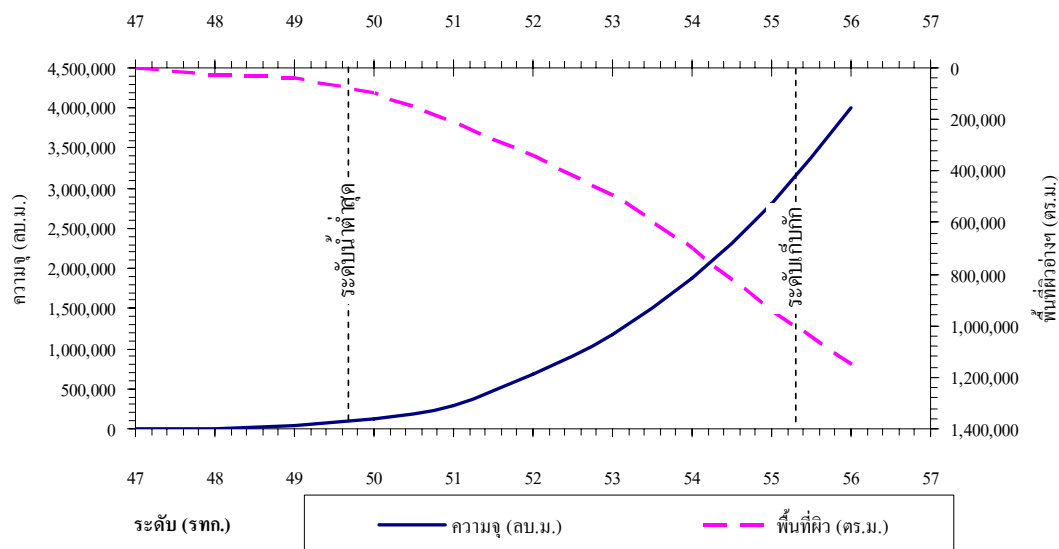
ภาพผนวกที่ ก2 โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตาย



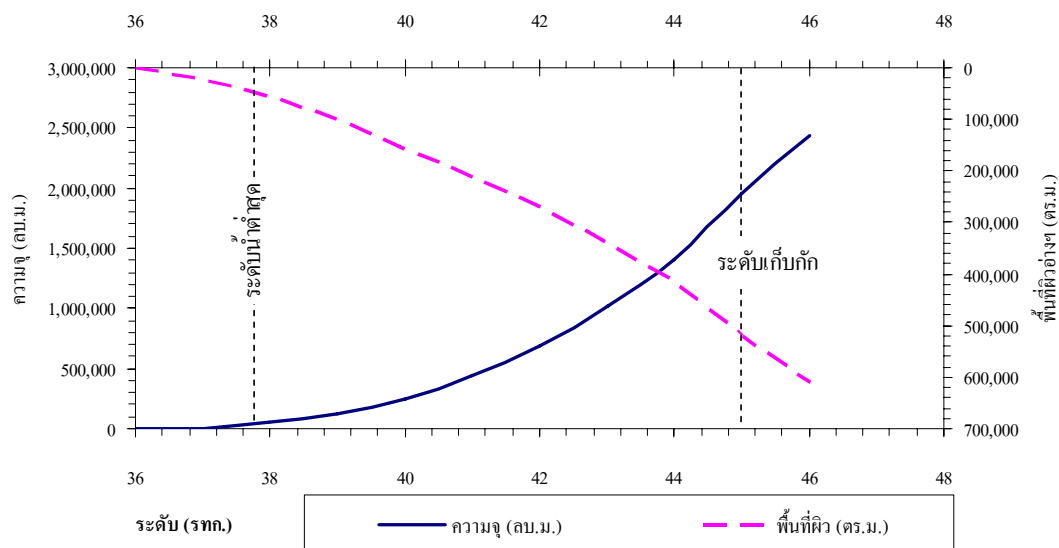
ภาพผนวกที่ ก3 โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำทุ่งขาม



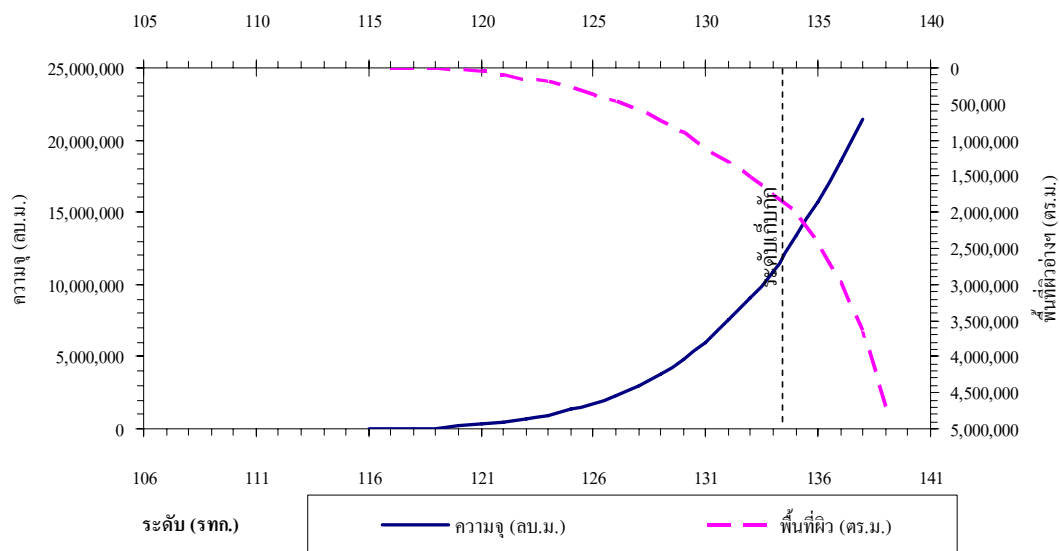
ภาพผนวกที่ ก4 โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพง



ภาพผนวกที่ ก5 โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยตะแปด



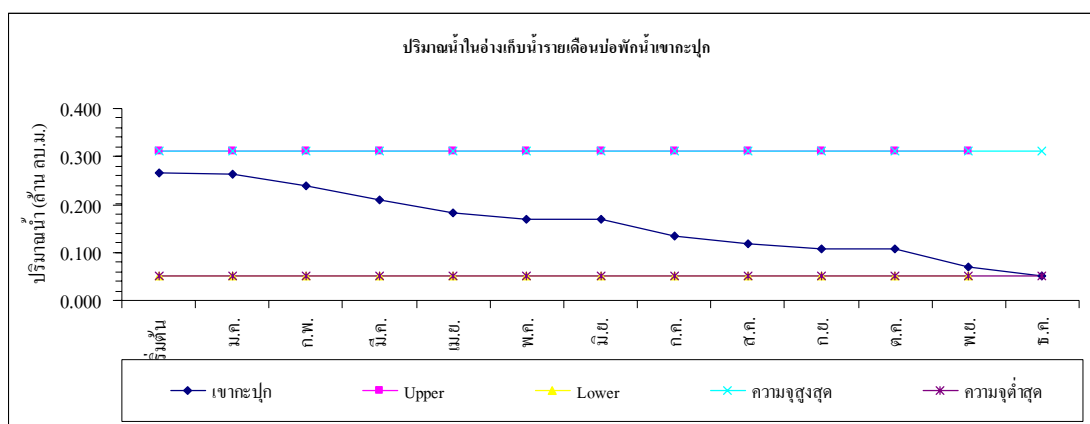
ภาพผนวกที่ ก6 โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยทราย



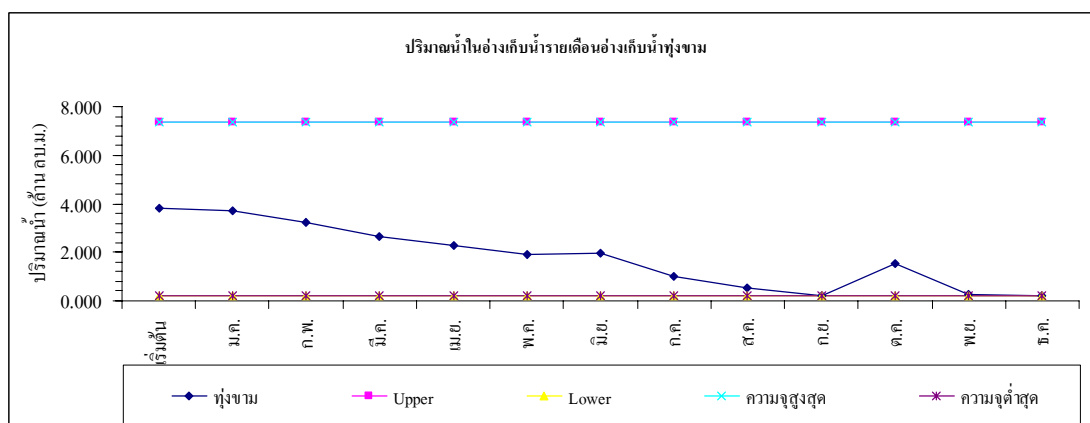
ภาพผนวกที่ ก7 โค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำห้วยไทรงาม

#### ภาคผนวก ข

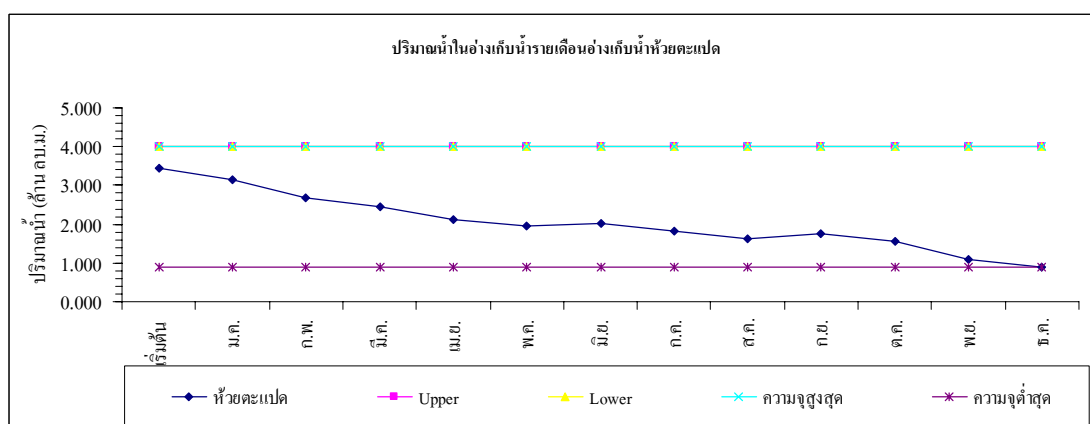
ผลการประยุกต์ใช้ GAs ในการจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ



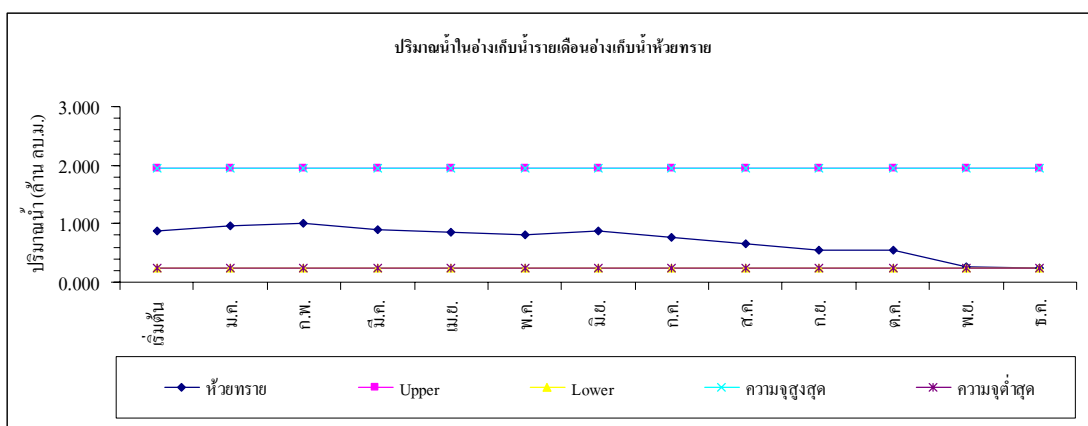
ภาพผนวกที่ ข1 ปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำเขากะปุกรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



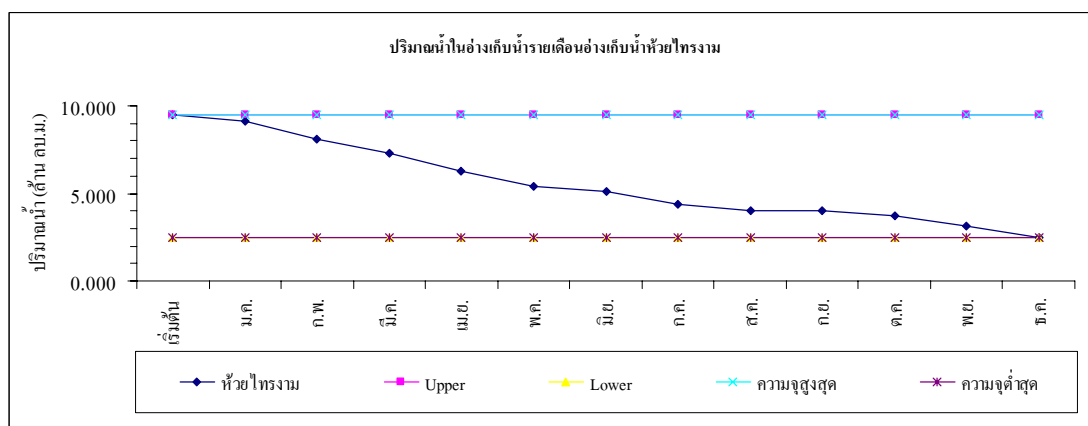
ภาพผนวกที่ ข2 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



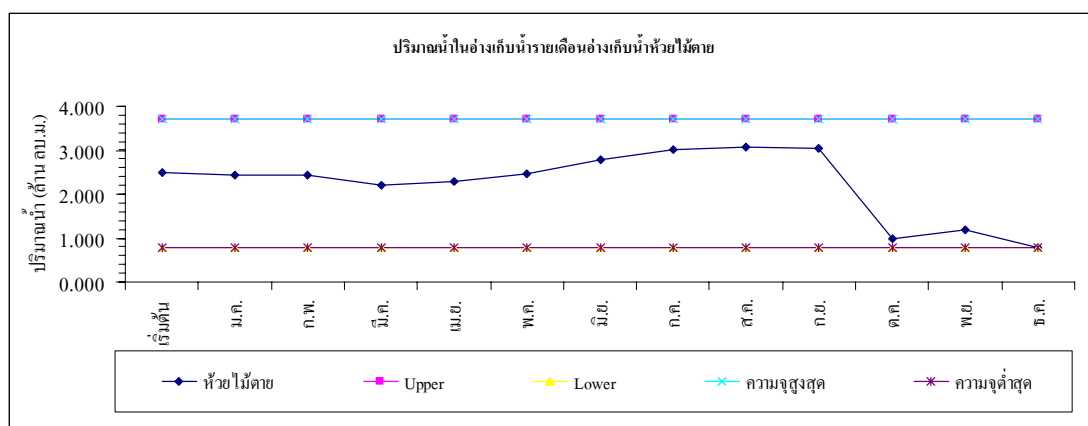
ภาพผนวกที่ ข3 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตะเป็ดรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



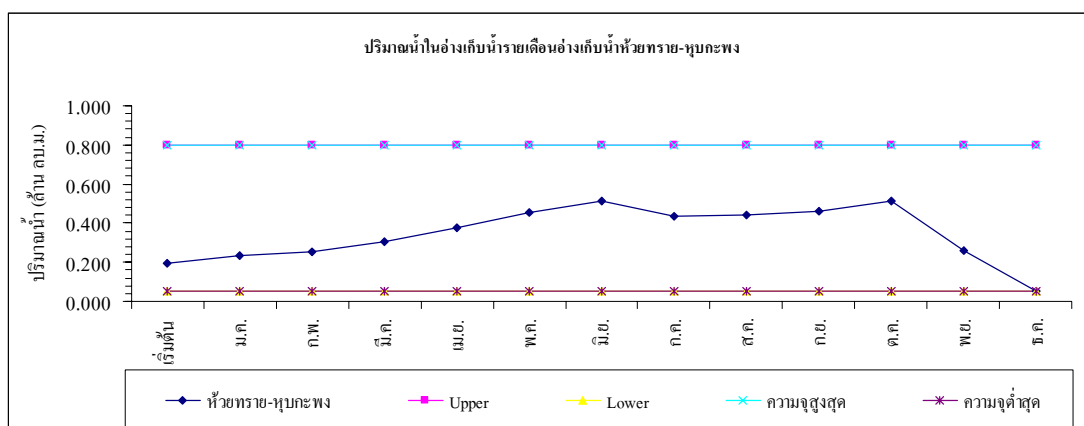
ภาพผนวกที่ ข4 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



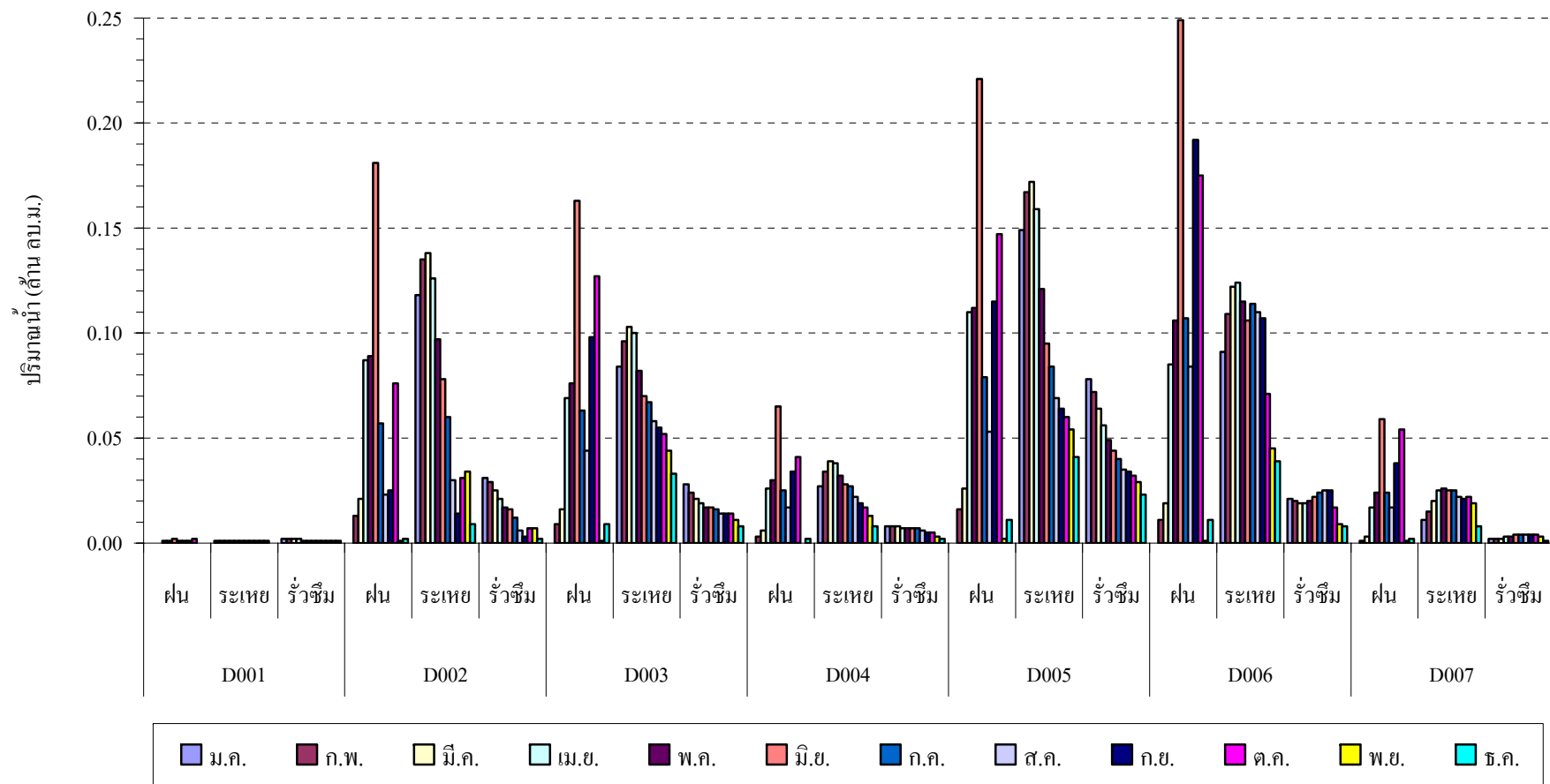
ภาพผนวกที่ ข5 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



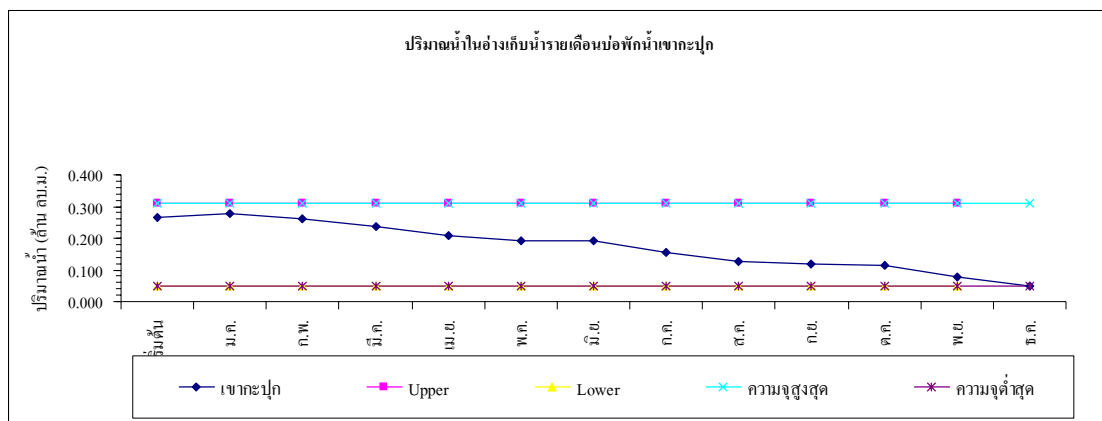
ภาพผนวกที่ ข6 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



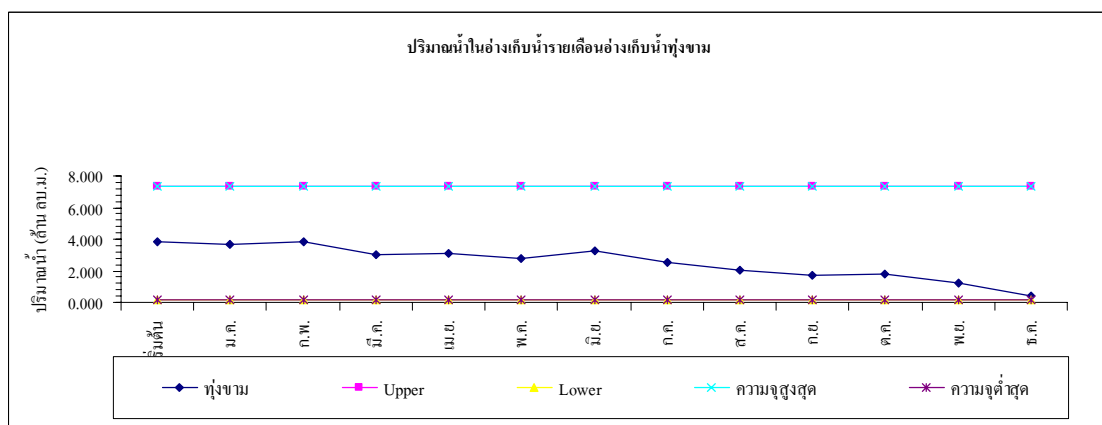
ภาพผนวกที่ ข7 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพงรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



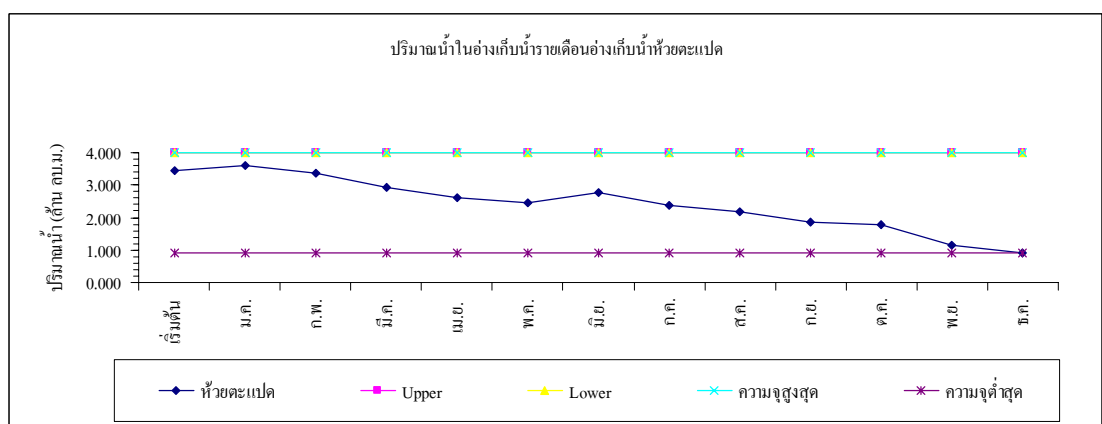
ภาพผนวกที่ ๘ ปริมาณฝน การระบาย และการรั่วซึมของอ่างเก็บน้ำ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



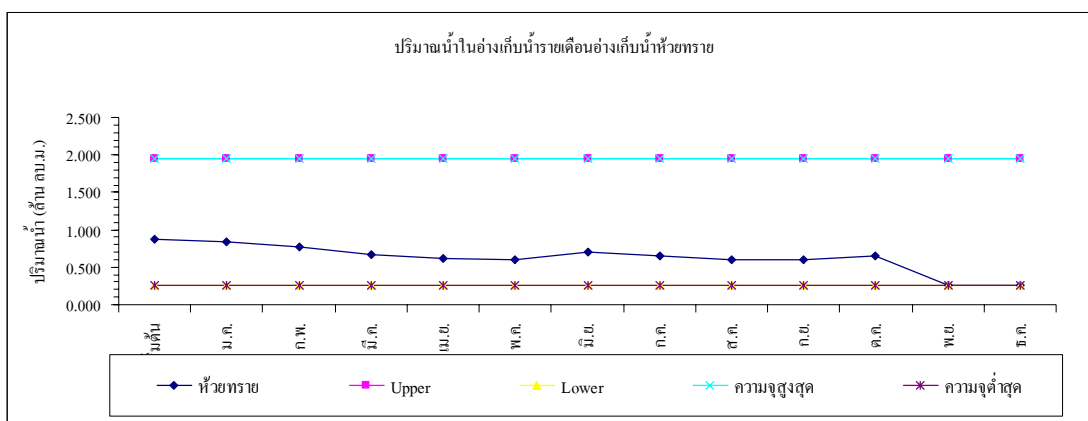
ภาพผนวกที่ ข9 ปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำเขาตะปูรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



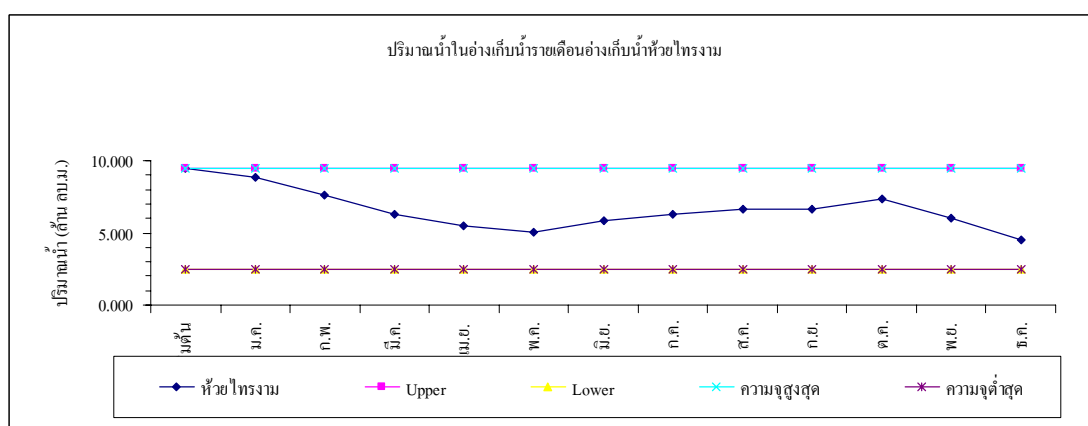
ภาพผนวกที่ ข10 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



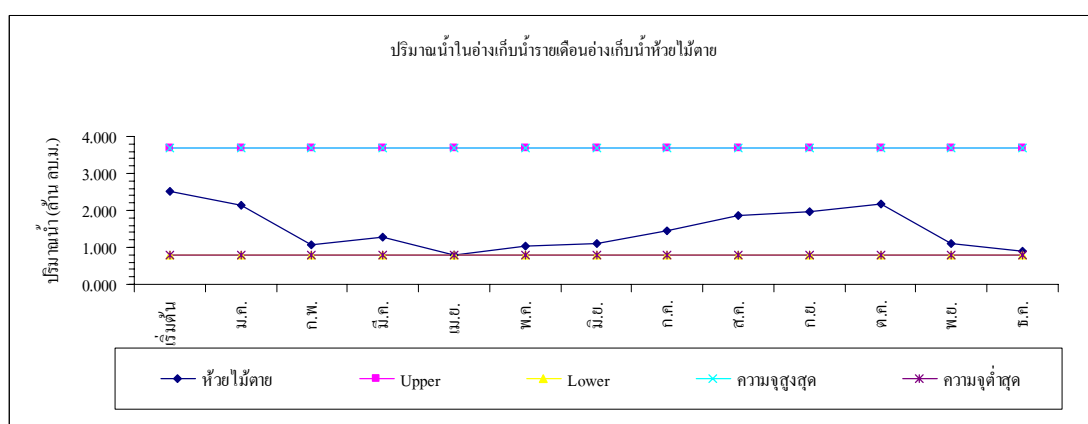
ภาพผนวกที่ ข11 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตะเป็ดรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



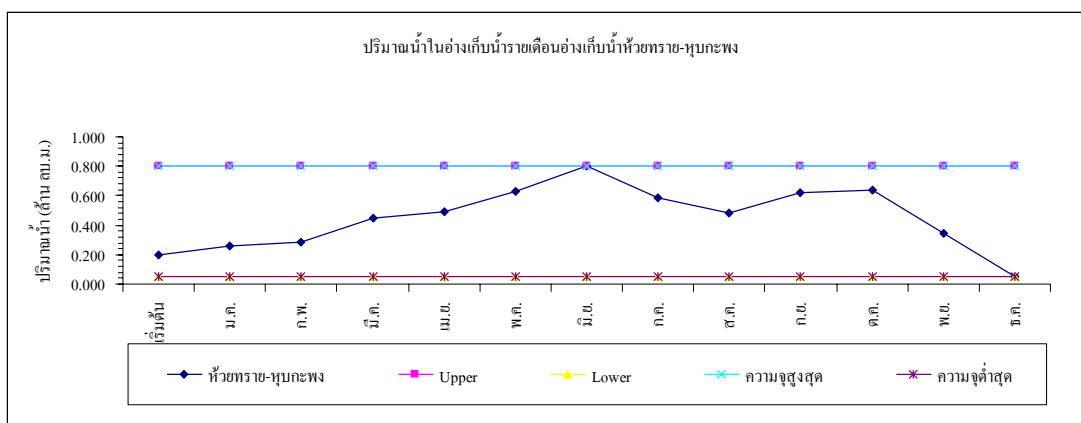
ภาพผนวกที่ ข12 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



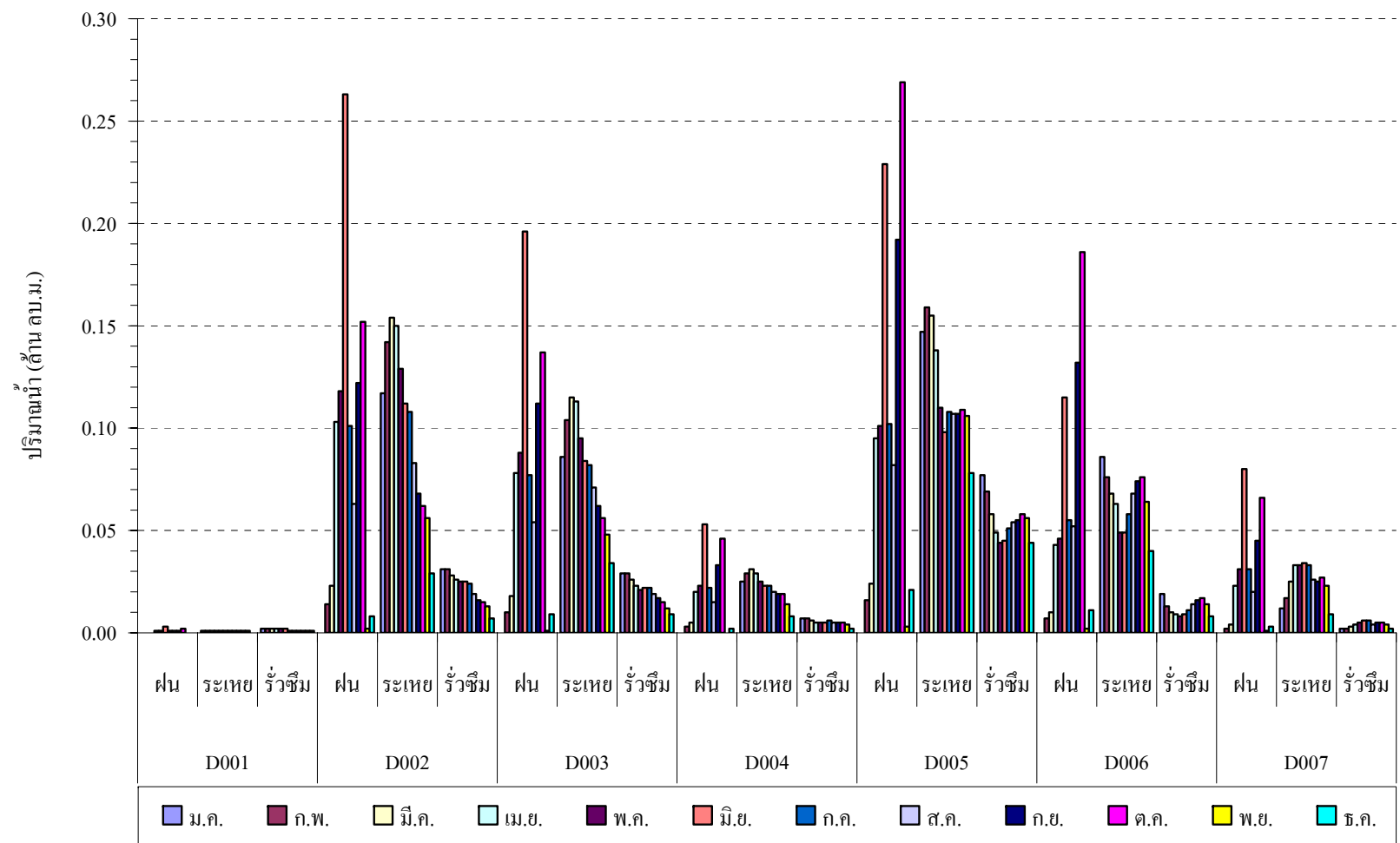
ภาพผนวกที่ ข13 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



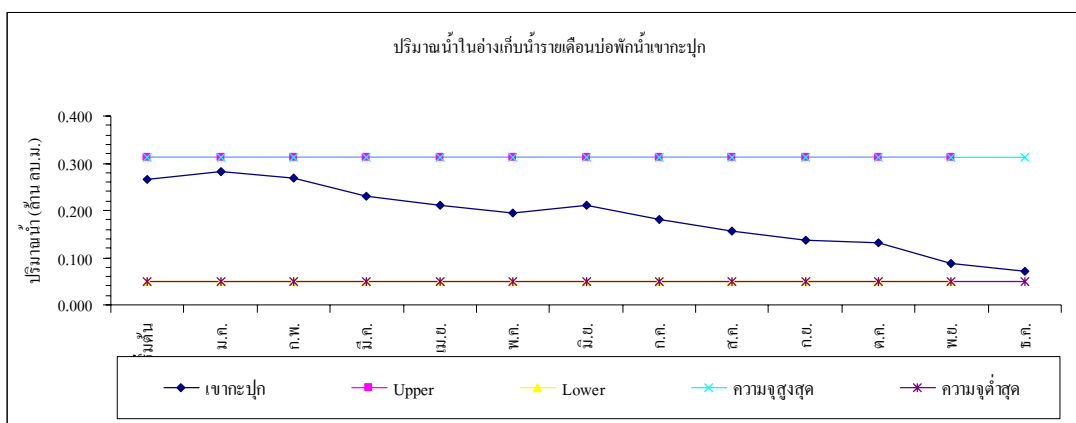
ภาพผนวกที่ ข14 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



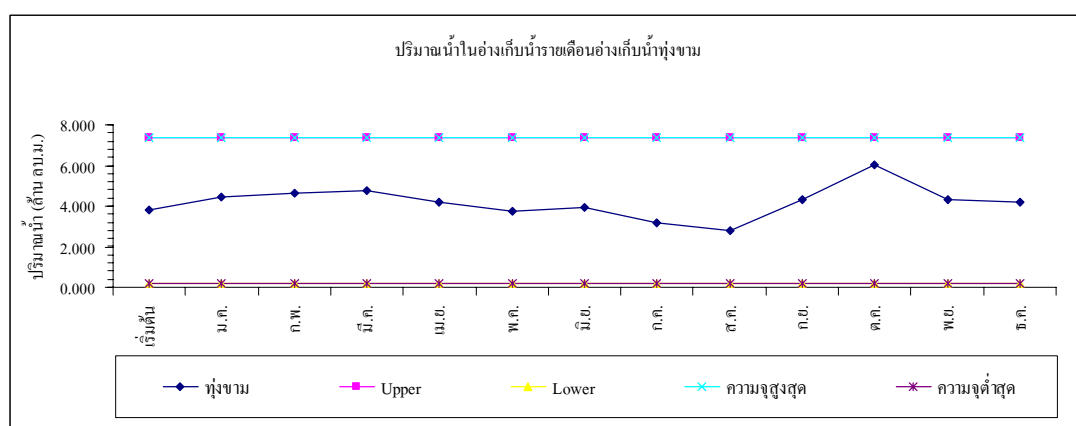
ภาพผนวกที่ ข15 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพงรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



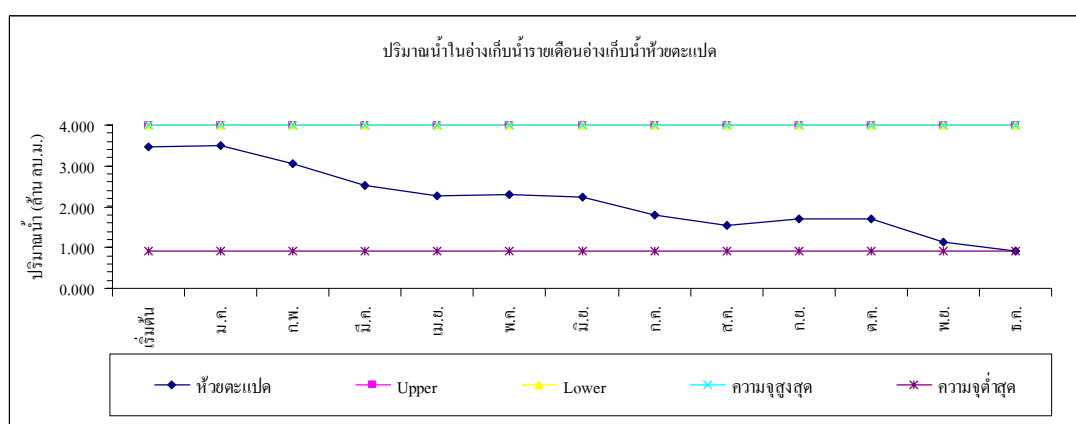
ภาพผนวกที่ ข16 ปริมาณฝน การระเหย และการรั่วซึมของอ่างเก็บน้ำ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



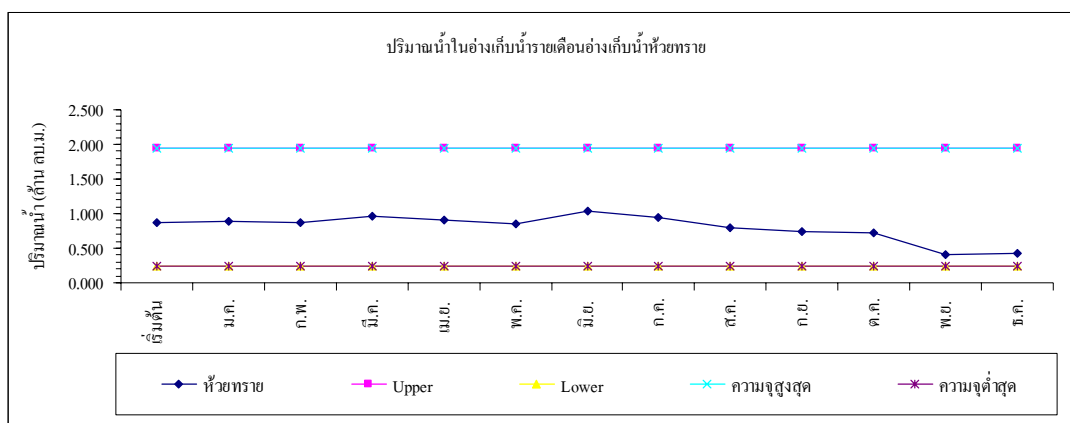
ภาพผนวกที่ ข17 ปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำเขากะปุกรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



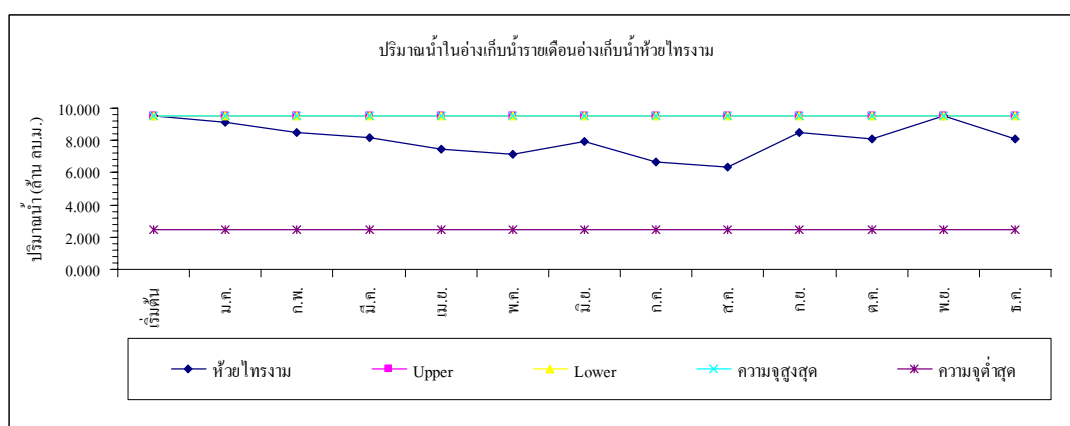
ภาพผนวกที่ ข18 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



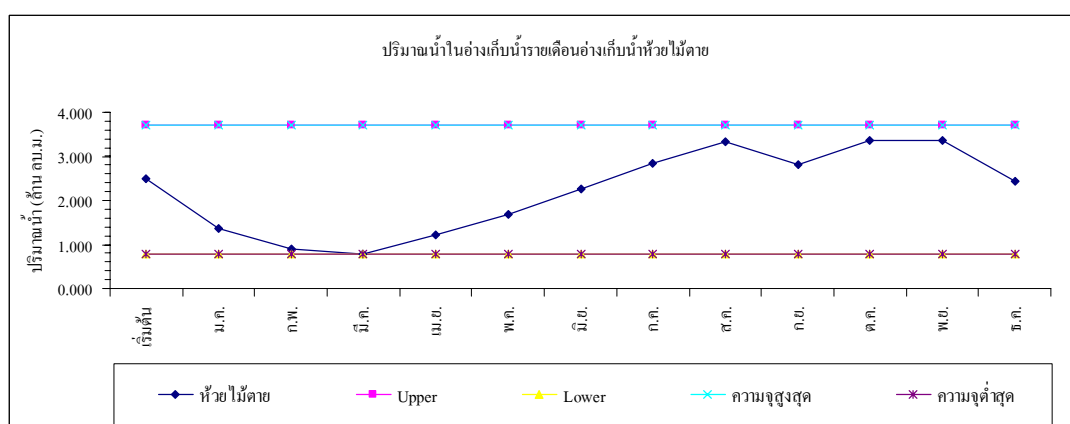
ภาพผนวกที่ ข19 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตะเป็ดรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



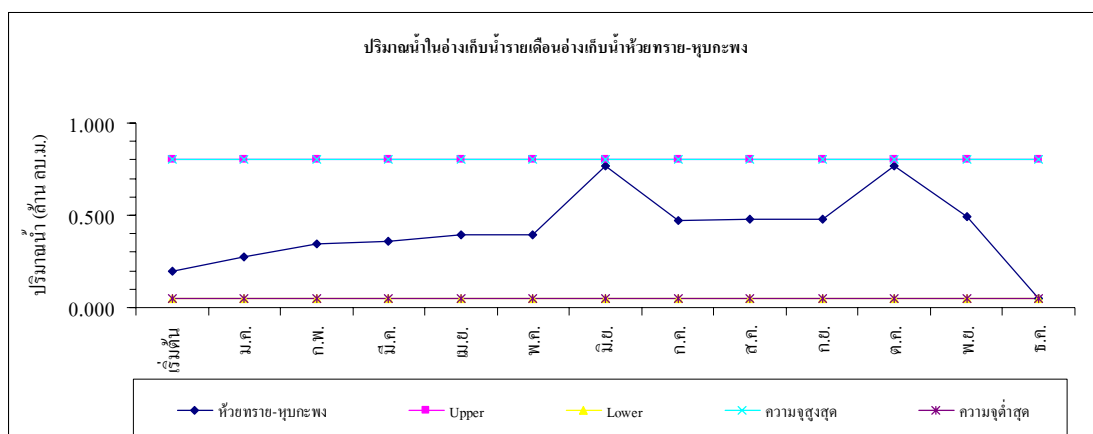
ภาพผนวกที่ ข20 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



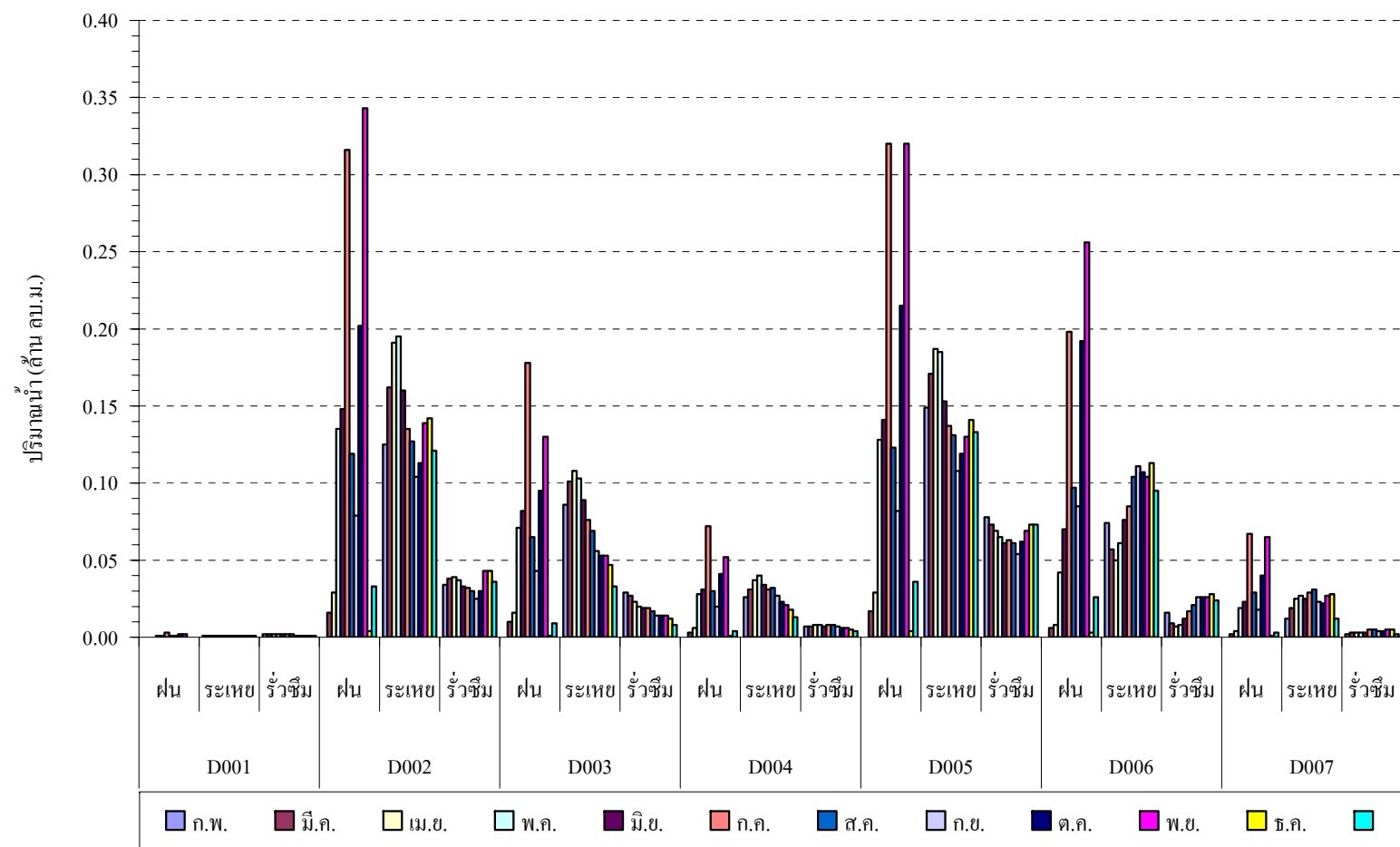
ภาพผนวกที่ ข21 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



ภาพผนวกที่ ข22 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



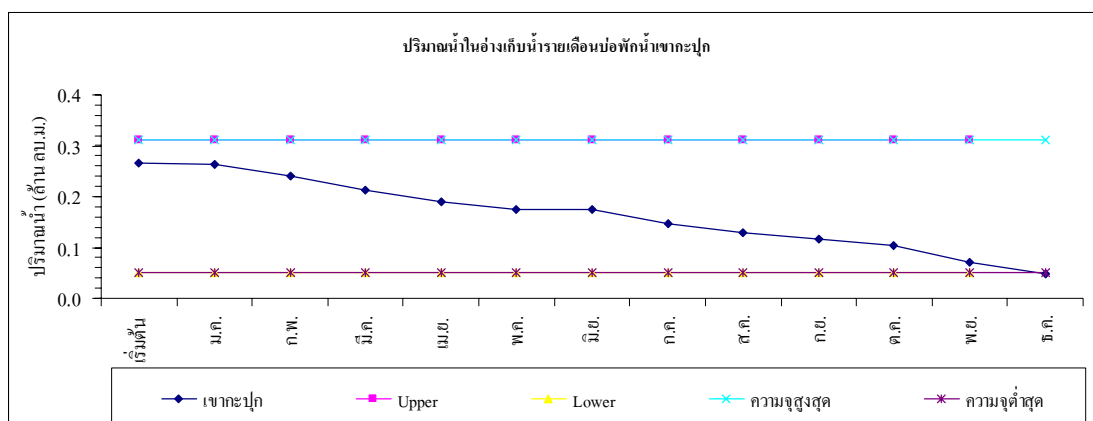
ภาพผนวกที่ ข23 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพงรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



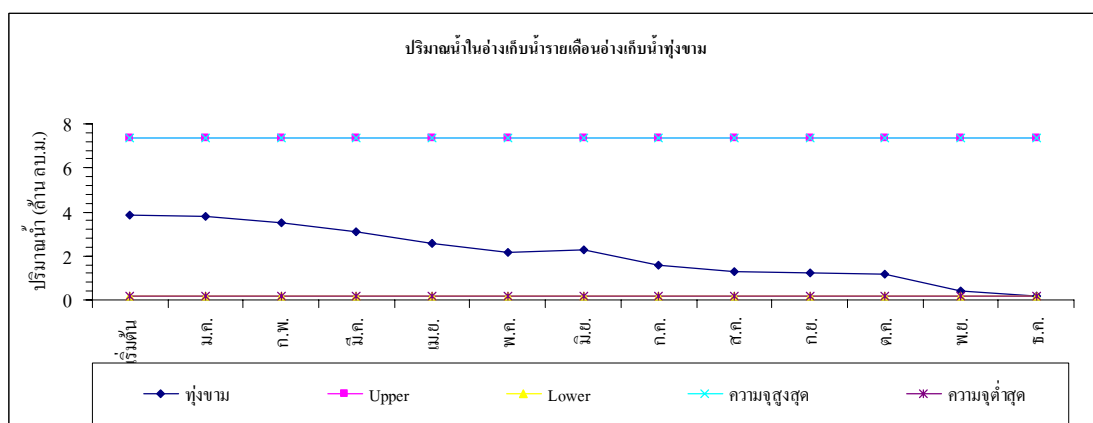
ภาพผนวกที่ ข24 ปริมาณฝน การระเหย และการรั่วซึมของอ่างเก็บน้ำ ธรรมชาติไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด

#### ภาคผนวก ค

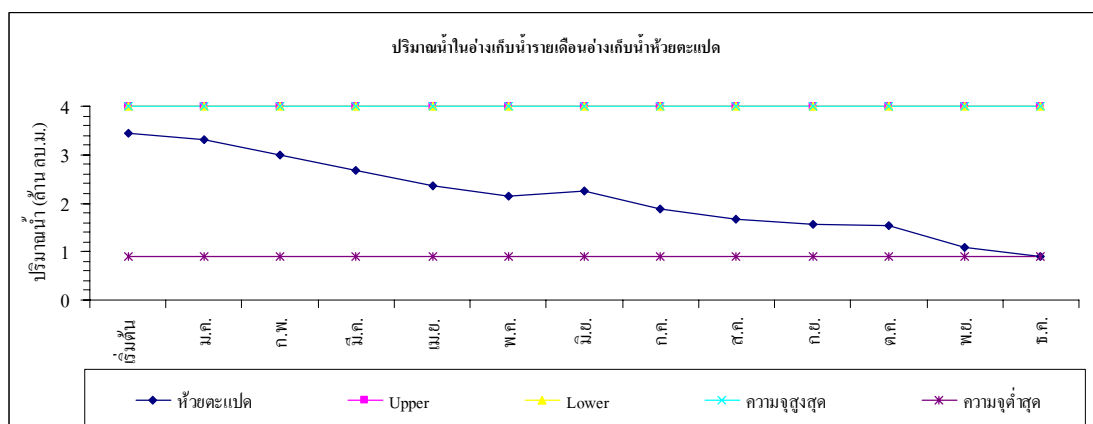
ผลการประยุกต์ใช้ GRG ในการจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ



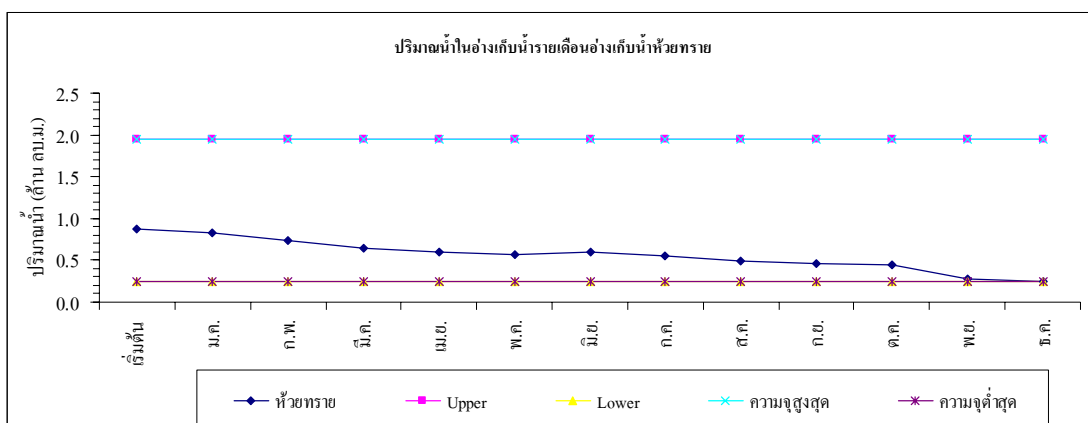
ภาพผนวกที่ ค1 ปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำเขากะปุกรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



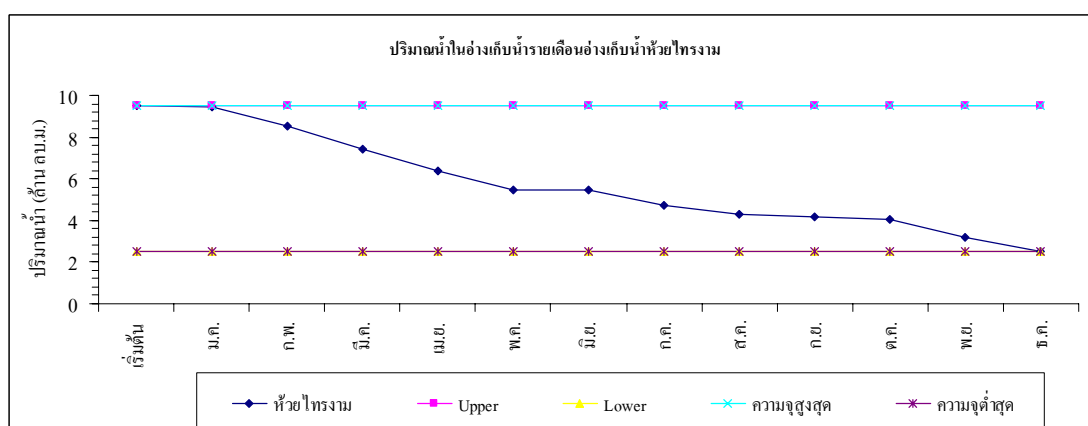
ภาพผนวกที่ ค2 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



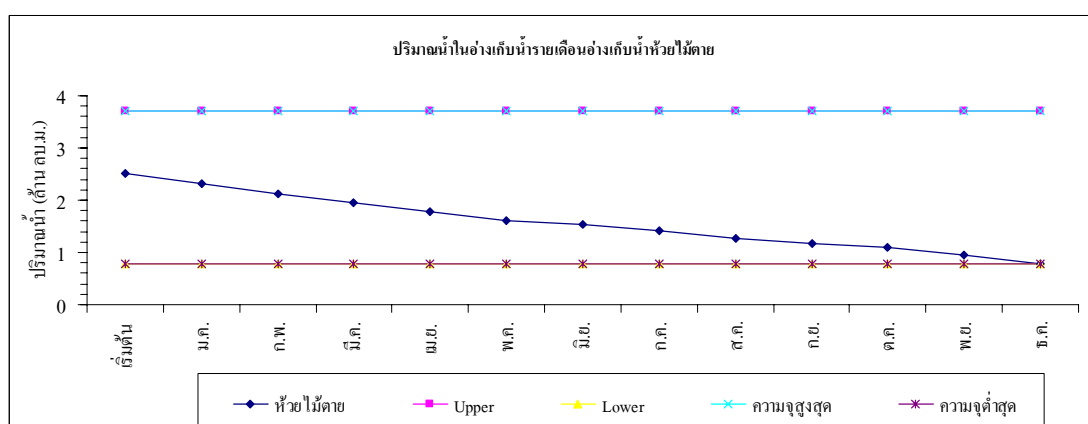
ภาพผนวกที่ ค3 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตะเปดรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



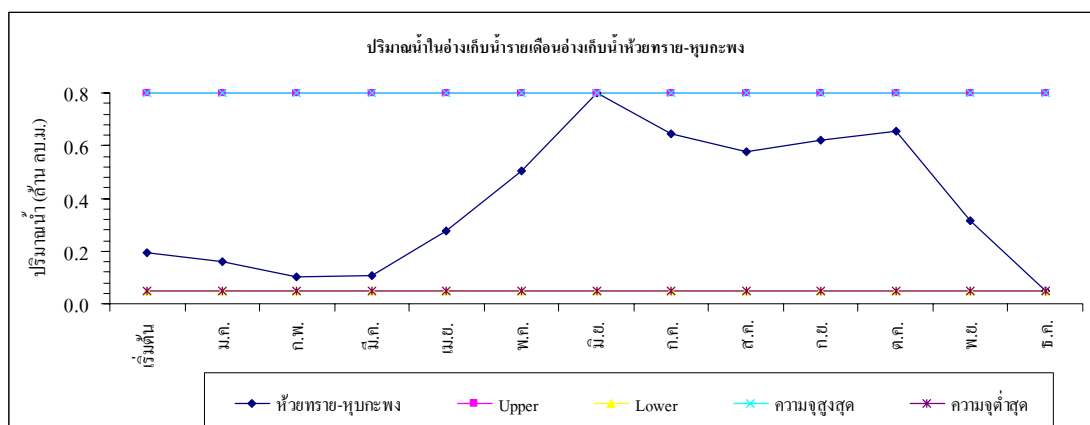
ภาพผนวกที่ ค4 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



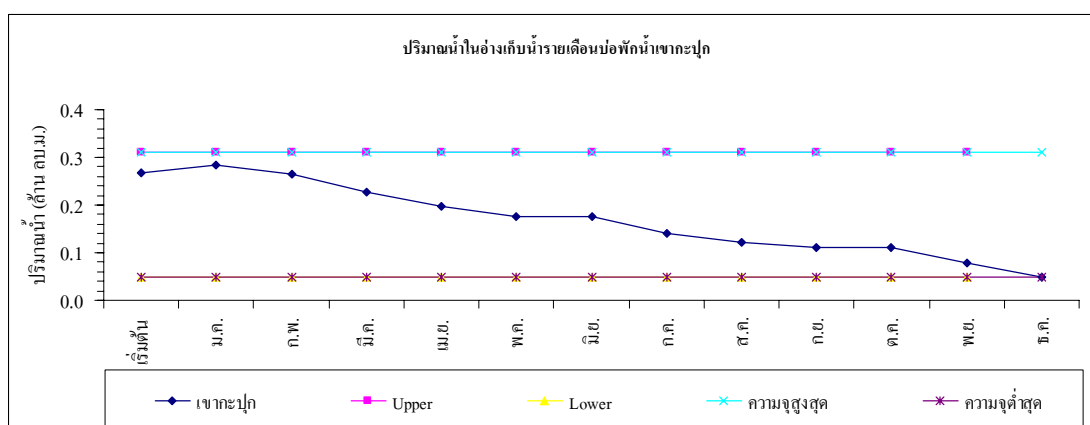
ภาพผนวกที่ ค5 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



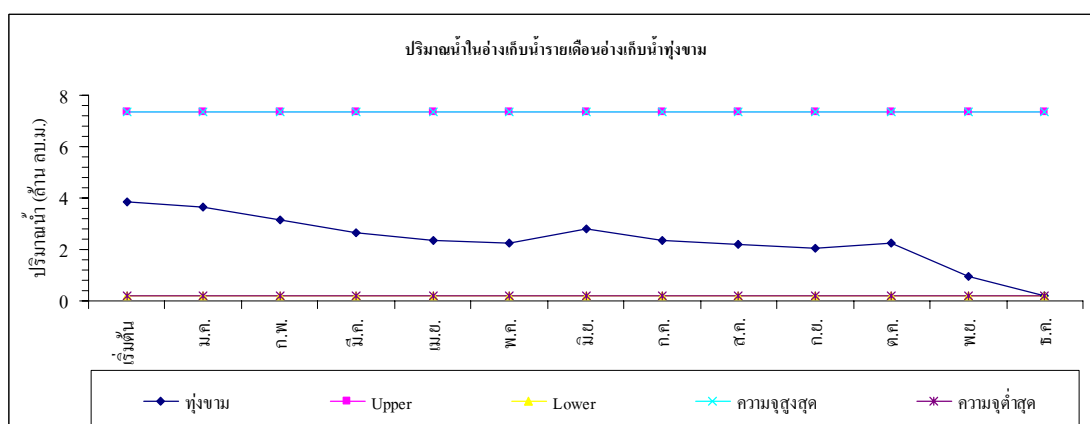
ภาพผนวกที่ ค6 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



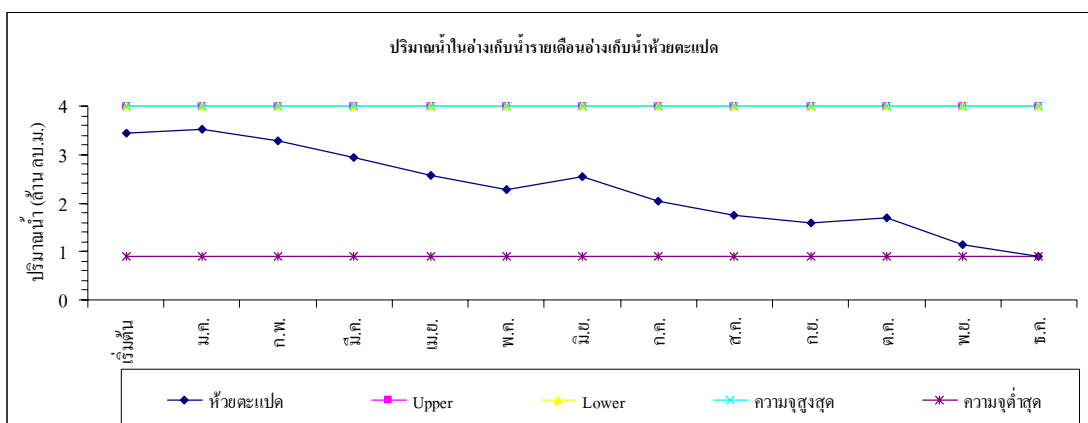
ภาพผนวกที่ ค7 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพงรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด



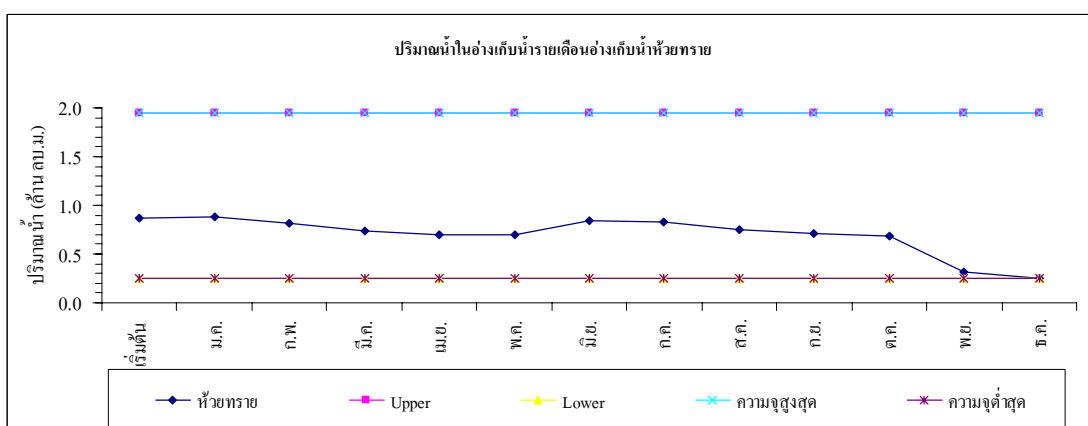
ภาพผนวกที่ ค8 ปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำเขากระดูกรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



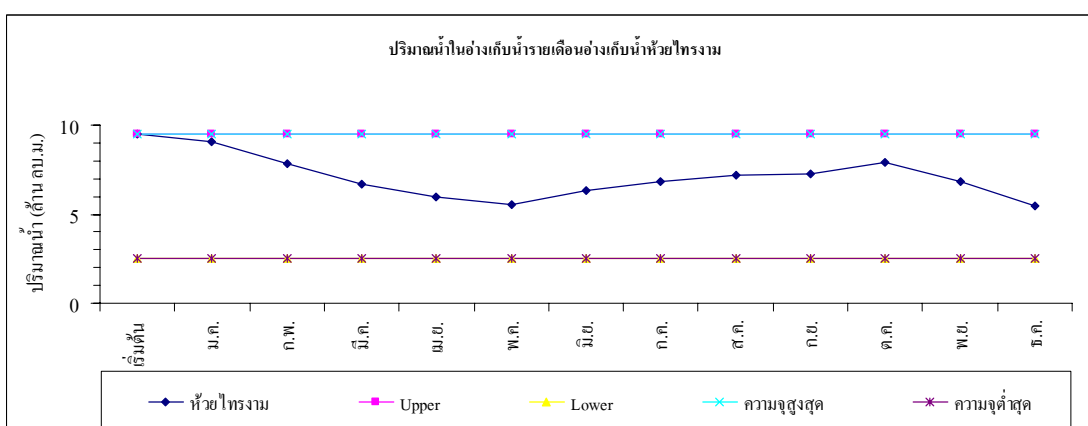
ภาพผนวกที่ ค9 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



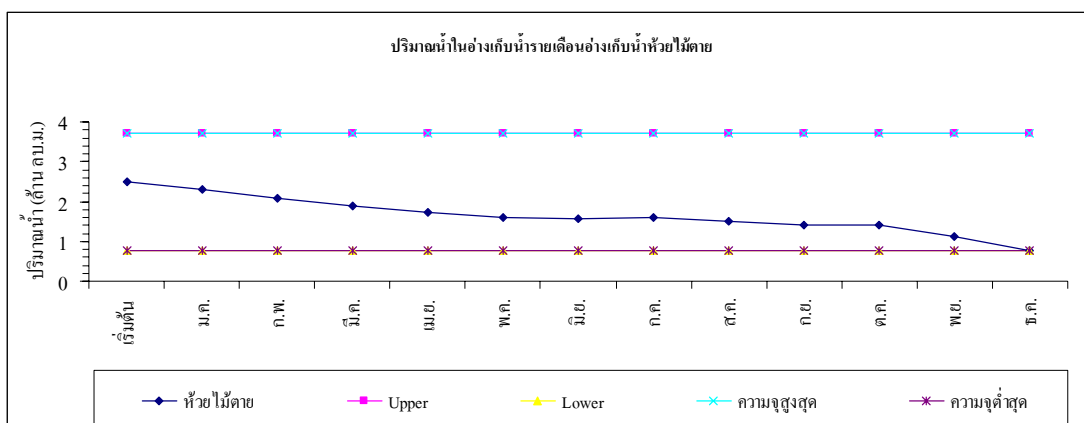
ภาพผนวกที่ 10 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตะแบดรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



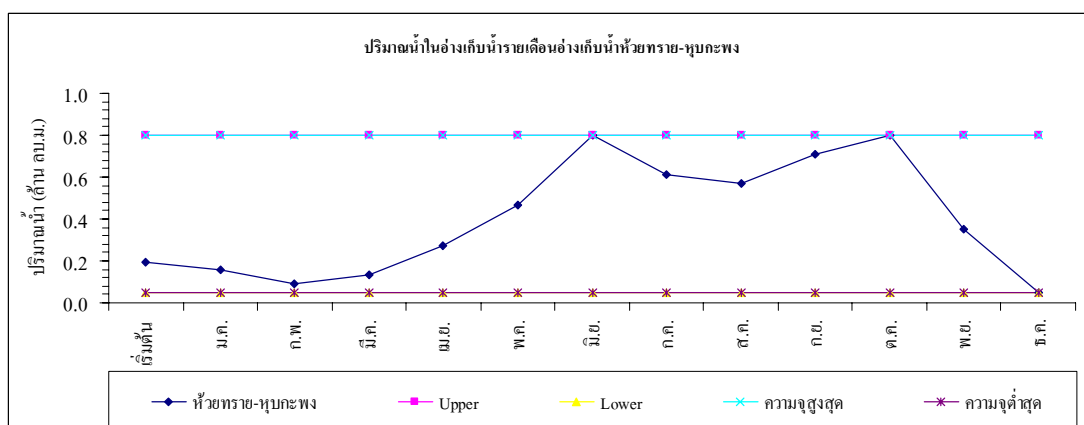
ภาพผนวกที่ 11 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



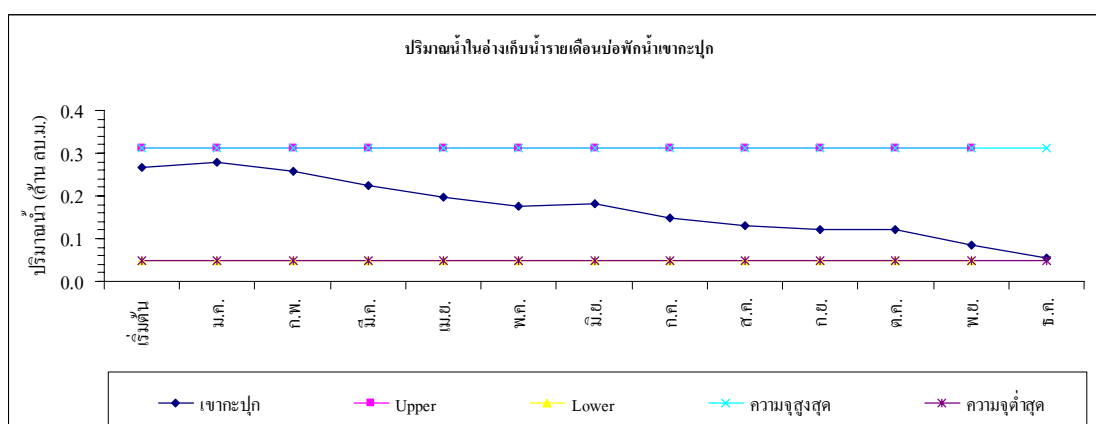
ภาพผนวกที่ 12 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



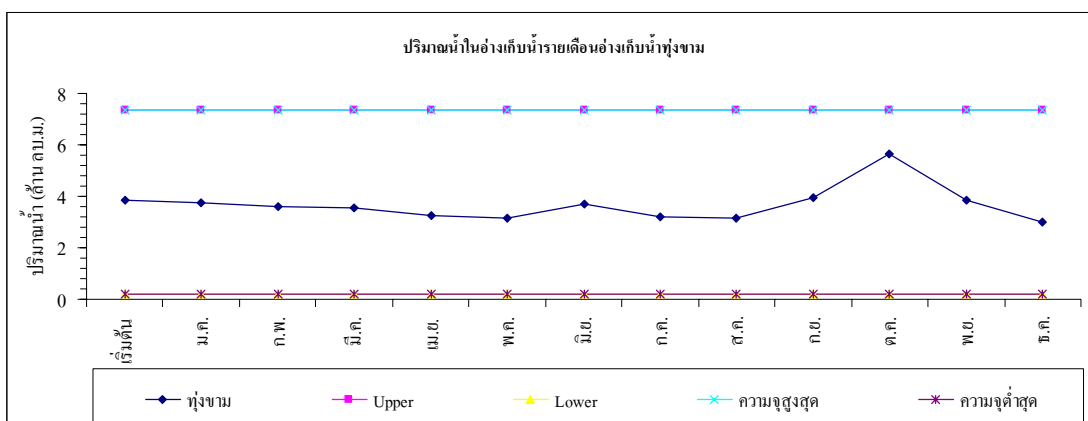
ภาพผนวกที่ ค13 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



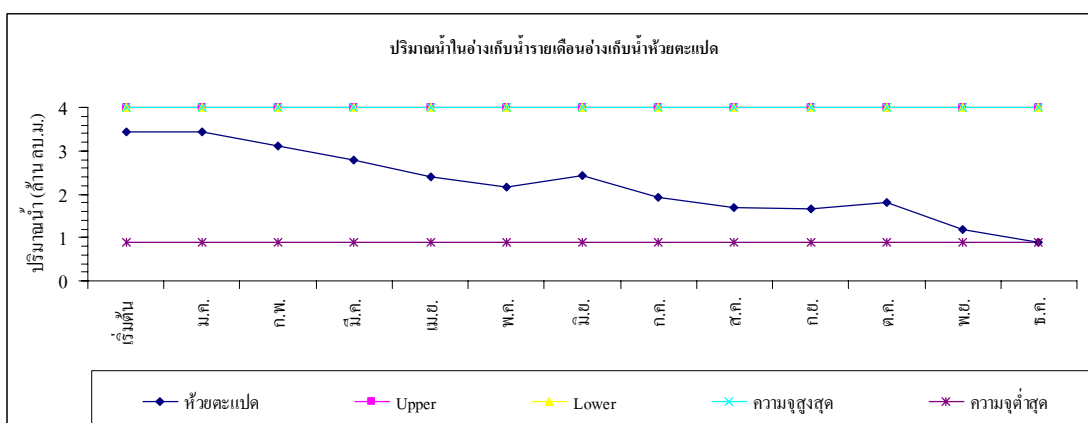
ภาพผนวกที่ ค14 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพงรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย



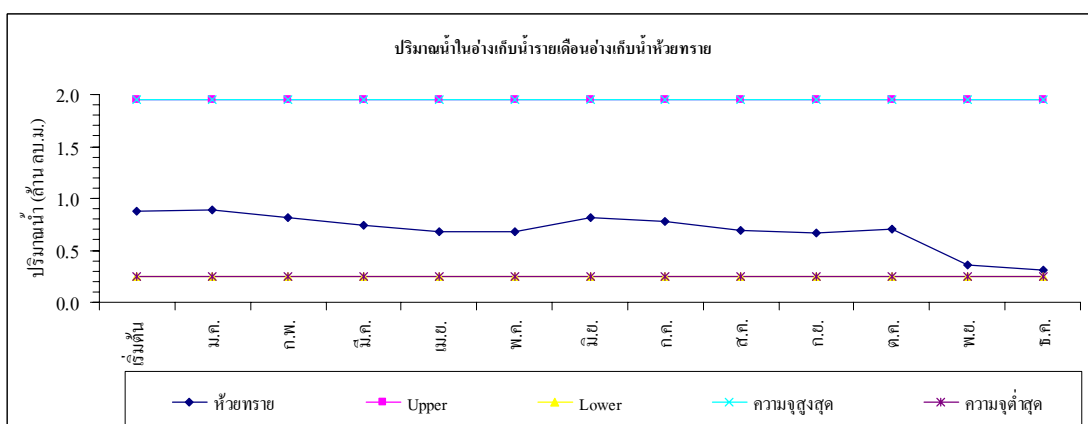
ภาพผนวกที่ ค15 ปริมาณน้ำในบ่อพักน้ำเขากะปุกรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



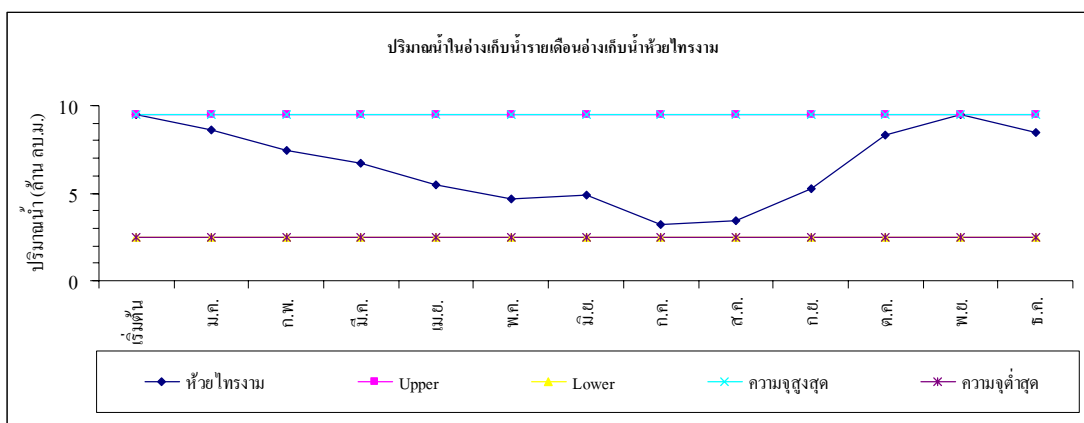
ภาพผนวกที่ ค16 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำทุ่งขามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



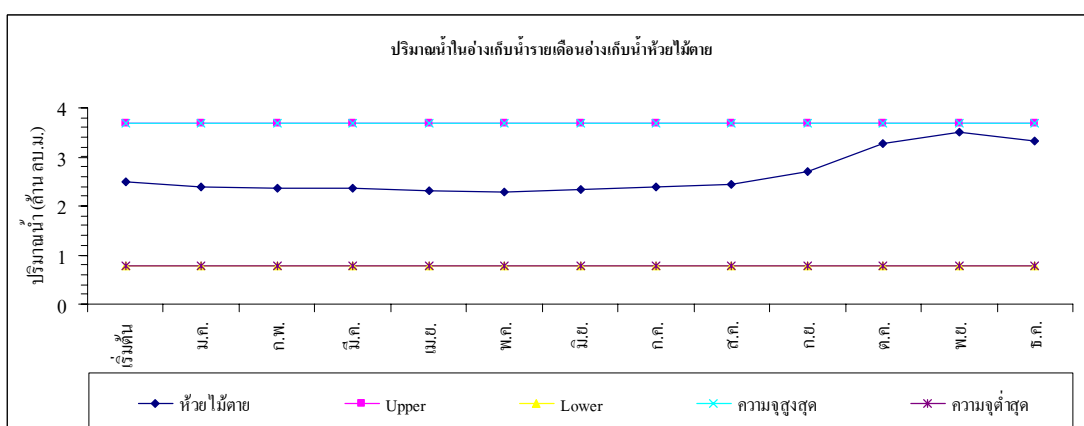
ภาพผนวกที่ ค17 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยตะเป็ดรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



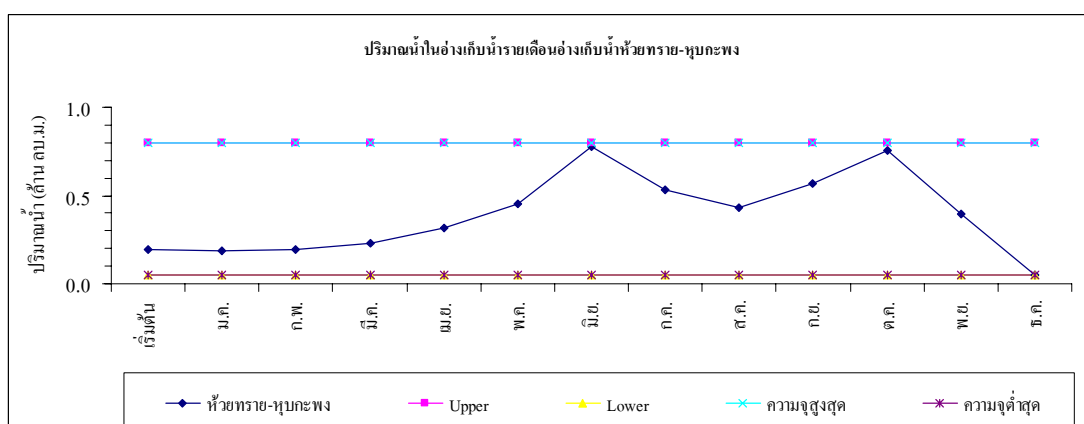
ภาพผนวกที่ ค18 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทรายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



ภาพผนวกที่ ค19 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไทรงามรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



ภาพผนวกที่ ค20 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้ตายรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด



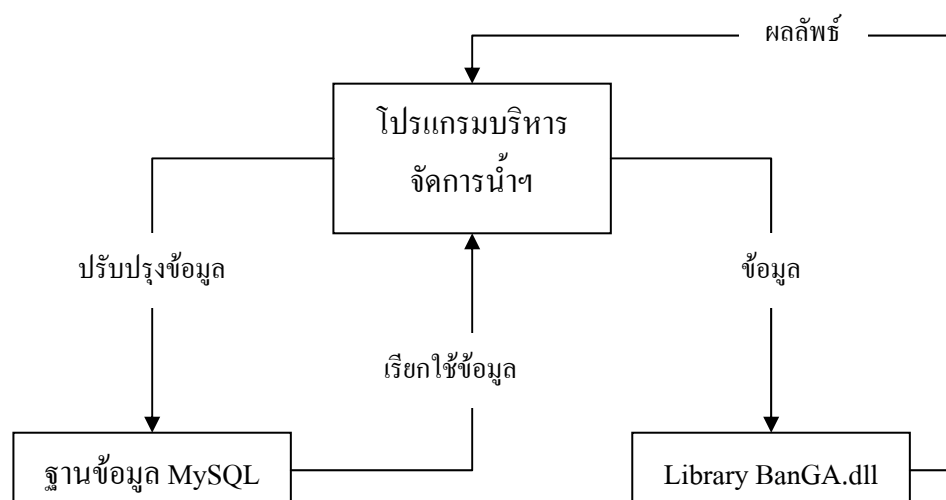
ภาพผนวกที่ ค21 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยทราย-หุบกะพงรายเดือน กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด

**ภาคผนวก ง**

โปรแกรมบริหารจัดการน้ำ โครงการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ  
อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

กัมปนาท และคณะ (2549) พัฒนาโปรแกรมบริหารจัดการน้ำ โครงการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เก็บข้อมูลพื้นฐานซึ่งใช้ในการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ อันได้แก่ ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ พื้นที่รับน้ำ สถานีวัดน้ำฝน สถานีวัดการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ปริมาณการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ระดับ-ปริมาณน้ำ-พื้นที่ผิวน้ำ ในอ่างเก็บน้ำรายวัน ปริมาณฝนรายวัน และผนวกข้อมูลกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อใช้แสดงผลสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่ง โดยทำการเพิ่มเติม แก้ไข หรือลบข้อมูลซึ่งอยู่ในฐานข้อมูล MySQL

การศึกษาครั้งนี้ทำการปรับปรุงโปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ โดยปรับปรุงโปรแกรมฯ และฐานข้อมูล MySQL เพื่อให้รองรับความสามารถในการจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ และพัฒนา Library BanGA.dll ซึ่งทำหน้าที่จำลองการจัดสรรน้ำโดยประยุกต์ใช้ Genetic Algorithms การทำงานของโปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ ฐานข้อมูล MySQL และ Library BanGA.dll แสดงดังภาพผนวกที่ 1A



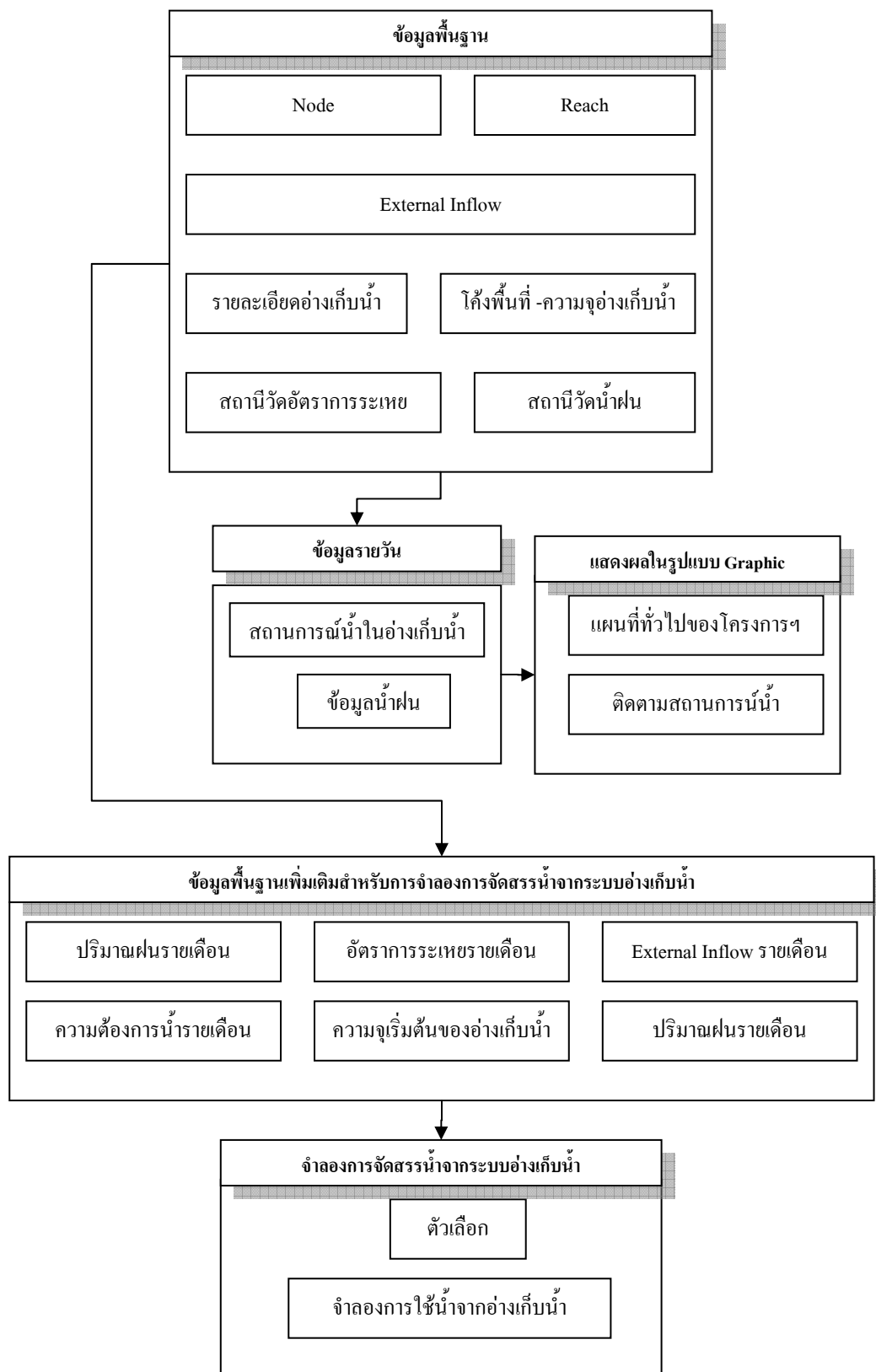
ภาพผนวกที่ ง1 การเชื่อมโยงระหว่างโปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ ฐานข้อมูล MySQL และ Library BanGA.dll

จากภาพผนวกที่ ง1 โปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User) และเชื่อมต่อฐานข้อมูล MySQL และ Library BanGA.dll เมื่อผู้ใช้งานต้องการจำลองวางแผนการจัดสรรน้ำ โปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ จะเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล MySQL และประมวลผลข้อมูลบางส่วนให้อยู่ในรูปแบบที่ Library BanGA.dll สามารถนำไปใช้งานได้ จากนั้นจึงนำข้อมูล

ทั้งหมดส่งไปยัง Library BanGA.dll และในขั้นตอนสุดท้าย Library BanGA.dll จึงประมวลผลข้อมูลเพื่อจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วจึงส่งผลลัพธ์กลับไปยังโปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ เพื่อบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลต่อไป

จากภาพผนวกที่ ง2 ซึ่งแสดงขั้นตอนเบื้องต้นในการใช้งานโปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ โดยแบ่งขั้นตอนหลักเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย

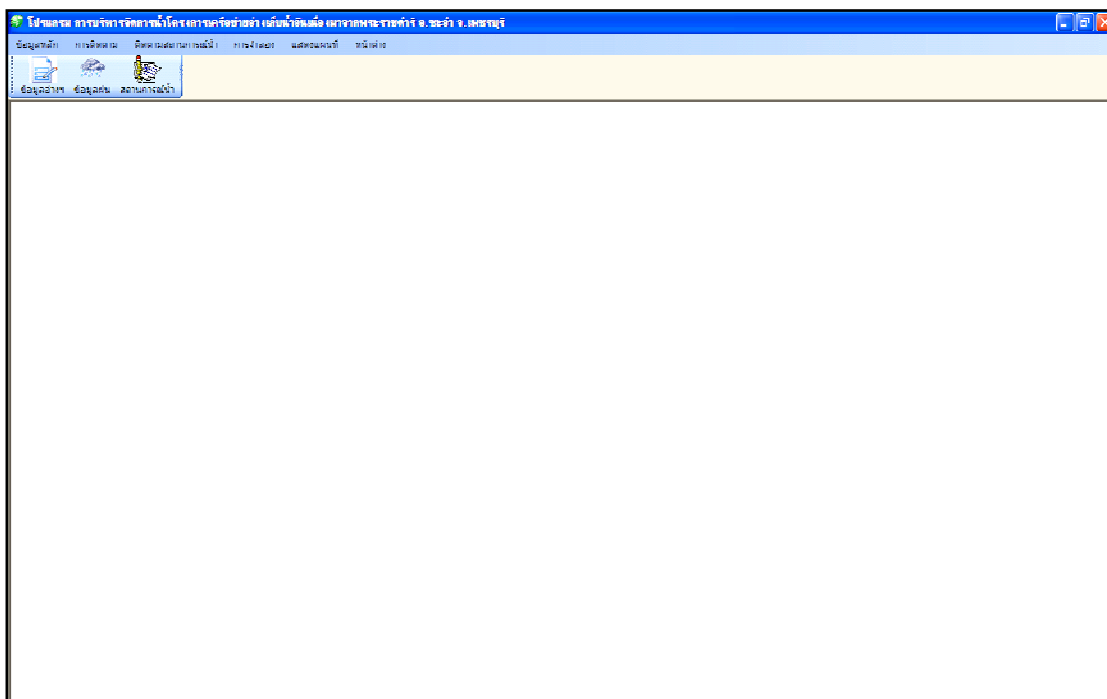
1. ขั้นตอนบันทึกข้อมูลพื้นฐาน ประกอบด้วย โหนด (Node) ระบบกระจายน้ำ (Reach) ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ โค้งพื้นที่-ความจุ อ่างเก็บน้ำ น้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (External Inflow) สถานีวัดอัตราการระเหย และสถานีวัดน้ำฝน
2. ขั้นตอนการบันทึกข้อมูลรายวัน ประกอบด้วย ข้อมูลรายวันอ่างเก็บน้ำ และข้อมูลน้ำฝนรายวัน
3. ขั้นตอนการแสดงผลในรูปแบบ Graphic ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลจากขั้นตอนที่ 1 และ 2 มาประมวลผลเป็นรูปแบบกราฟฟิกและแผนที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานโปรแกรมวิเคราะห์สถานการณ์น้ำในระบบอ่างเก็บน้ำได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น
4. ขั้นตอนบันทึกข้อมูลพื้นฐานเพิ่มเติมสำหรับการจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ ขั้นตอนนี้เป็นการบันทึกข้อมูลเพิ่มเติมจากข้อ 1 ที่จำเป็นสำหรับการจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วย ปริมาณฝนรายเดือน อัตราการระเหยรายเดือน ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (External Inflow) รายเดือน
5. ขั้นตอนการจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วย การกำหนดตัวเลือก (Parameter) ให้กับแบบจำลอง GAs และขั้นตอนการจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ โดยขั้นตอนนี้จะได้ผลลัพธ์ในรูปแบบตัวอักษร (Text) จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ในรูปแบบตัวอักษรที่ได้ไปแปลงเป็นรูปแบบกราฟหรือชาร์ต (Chart) ซึ่งจะแปลผลลัพธ์ให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้ใช้งานต่อไป



ภาพผนวกที่ ๒ ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ

โปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ ประกอบด้วยฟอร์ม (Form) หรือหน้าต่าง (Window) สำหรับติดต่อกับผู้ใช้งาน (User) จำนวน 21 ฟอร์ม ได้แก่

1. หน้าต่างหลักของโปรแกรม เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมในครั้งแรก โปรแกรมฯ จะแสดงหน้าต่างว่าง โดยมีเมนูและแถบเครื่องมือ (Toolbar) แสดงดังภาพผนวกที่ ง3



ภาพผนวกที่ ง3 หน้าต่างหลักของโปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ

2. หน้าต่างข้อมูลรายละเอียดอ่างเก็บน้ำ หน้าต่างนี้ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลทั่วไปของอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ รหัส(ซึ่งต้องตรงกันกับรหัสโหนดของระบบ) ชื่อภาษาไทย ชื่อภาษาอังกฤษ ที่ตั้ง ระดับน้ำสูงสุด ระดับน้ำเก็บกัก ระดับน้ำต่ำสุด ความจุสูงสุด ความจุเก็บกัก ความจุต่ำสุด พื้นที่รับน้ำ การระบายน้ำสูงสุด สัมประสิทธิ์การรั่วซึม พื้นที่ชลประทาน จำนวนครัวเรือนที่ได้รับประโยชน์ สถานีวัดน้ำฝน สถานีวัดอัตราการระเหย คำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับอ่างเก็บน้ำ และสมการความสัมพันธ์ระหว่างความจุและพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำดังสมการที่ 34 หน้าต่างข้อมูลรายละเอียดอ่างเก็บน้ำแสดงดังภาพผนวกที่ ง4

**ข้อมูลรายละเอียดอ่างเก็บน้ำ**

ข้อมูลทั่วไป

รหัสอ่างเก็บน้ำ: D001

ชื่อภาษาไทย: บ่อพักน้ำเขากะปุก

ชื่อภาษาอังกฤษ:

ที่ตั้ง:

ข้อมูลด้านวิศวกรรม

ระดับน้ำสูงสุด: 46 ม.รทก. ความสูงสุด: 312000 ลบ.ม.

ระดับน้ำเก็บกัก: 46 ม.รทก. ความจุเก็บกัก: 312000 ลบ.ม.

ระดับน้ำต่ำสุด: 0 ม.รทก. ความจุต่ำสุด: 50000 ลบ.ม.

พื้นที่รับน้ำ: 0 ตร.กม. การระบายน้ำสูงสุด: 0 ลบ.ม./วินาที

ส.ป.ส. การรั่วซึม: 0.1

ควบคุมการเปลี่ยนแปลงแผนแรกจัด

รายการใหม่ ลบ < << >> >

จำนวนระเบียบ: a -2E-07 b 0.1004

สมการความสัมพันธ์ระหว่างความจุ-พื้นที่ผิว

สถานะน้ำฝน สถานะวัดอัตราจะหยุด

สถานะน้ำฝนที่ใช้สำหรับคำนวณพื้นที่กักเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำ

| รหัสสถานี | พื้นที่รอบคดลุม | ส.ป.ส. พื้นที่ | ส.ป.ส. น้ำฝน | รายละเอียด |
|-----------|-----------------|----------------|--------------|------------|
| R008      | 0               | 1              | 1            |            |

รายละเอียดอื่นๆ

พื้นที่ชลประทาน: 600 ไร่

ครั้นร้อน: 35 ครั้นร้อน

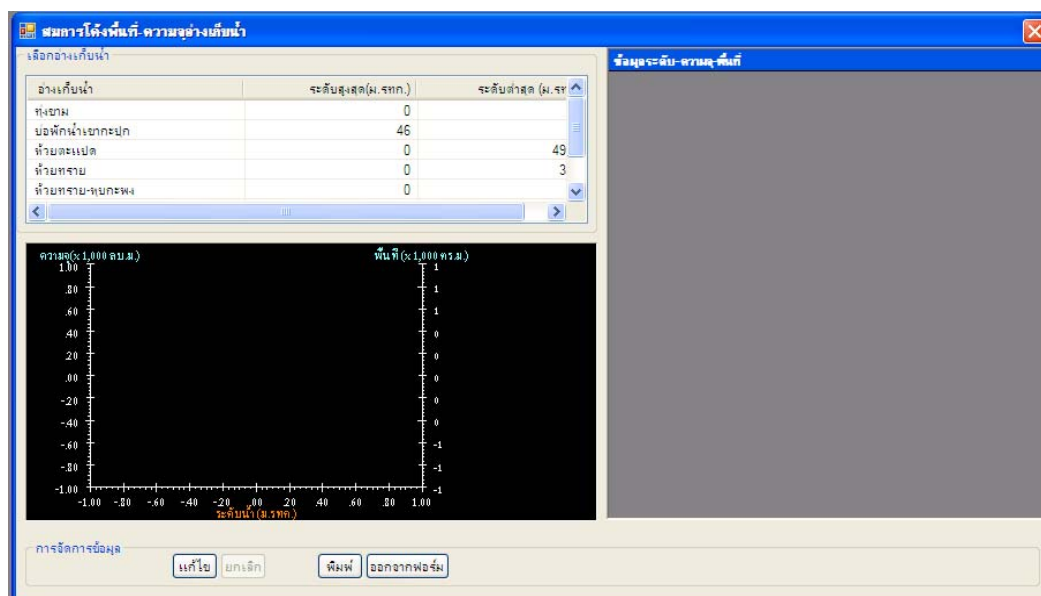
คำอธิบายเพิ่มเติม:

การจัดการข้อมูล

แก้ไข ยกเลิก พิมพ์ ออกจากฟอร์ม

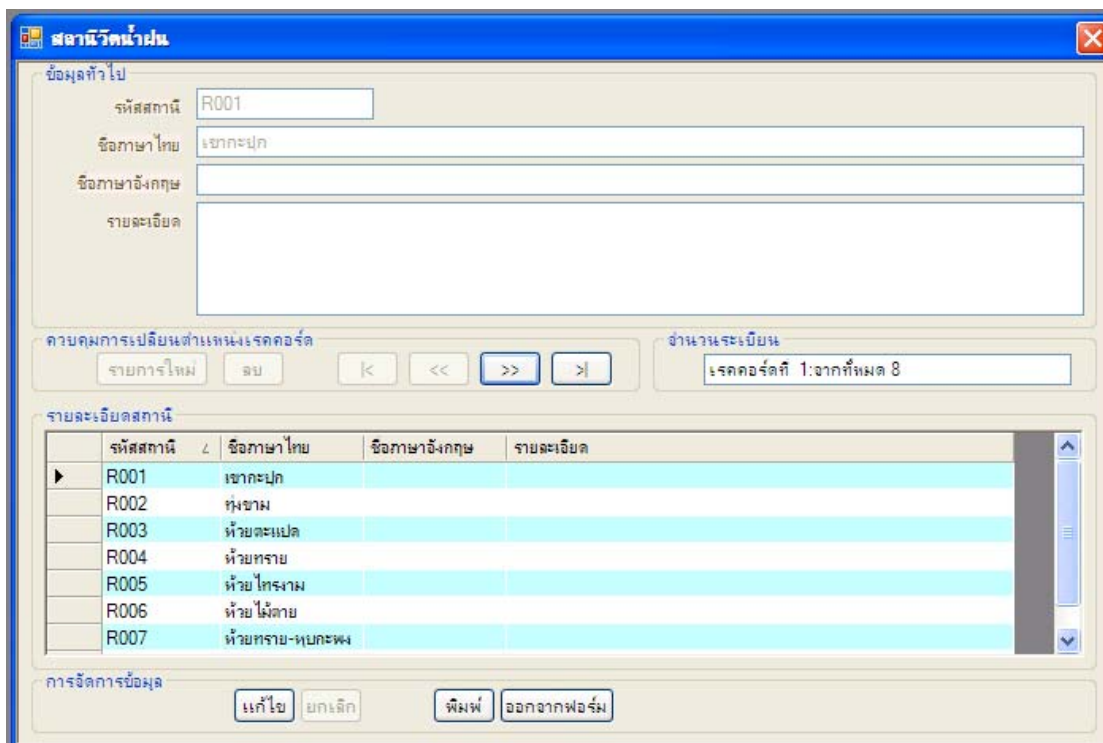
ภาพผนวกที่ 4 หน้าต่างข้อมูลรายละเอียดอ่างเก็บน้ำ

3. หน้าต่างโค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ เป็นหน้าต่างที่ใช้บันทึกข้อมูล ระดับ ความจุ พื้นที่ผิวของอ่างเก็บน้ำแสดงดังภาพผนวกที่ 5



ภาพผนวกที่ 5 หน้าต่างโค้งพื้นที่-ความจุอ่างเก็บน้ำ

4. หน้าต่างสถานีวัดน้ำฝน เป็นหน้าต่างสำหรับบันทึกข้อมูลรายชื่อสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการบริหารจัดการระบบอ่างเก็บน้ำ โดยหน้าต่างนี้แสดงดังภาพผนวกที่ 6



| รหัสสถานี | ชื่อภาษาไทย       | ชื่อภาษาอังกฤษ | รายละเอียด |
|-----------|-------------------|----------------|------------|
| R001      | เขากะปุก          |                |            |
| R002      | ห้วยขาม           |                |            |
| R003      | ห้วยตะแบก         |                |            |
| R004      | ห้วยทราย          |                |            |
| R005      | ห้วยไทรงาม        |                |            |
| R006      | ห้วยไผ่ตาย        |                |            |
| R007      | ห้วยทราย-ห้วยพะวง |                |            |

ภาพผนวกที่ 6 หน้าต่างสถานีวัดน้ำฝน

5. หน้าต่างสถานีวัดอัตราการระเหย เป็นหน้าต่างที่ใช้ในการบันทึกสถานีวัดอัตราการระเหยแสดงดังภาพผนวกที่ 7

6. หน้าต่างข้อมูล Reach เป็นหน้าต่างที่ใช้บันทึกข้อมูล Reach (ท่อผันน้ำ คลองส่งน้ำ ลำน้ำธรรมชาติ หรืออื่นใดที่นำน้ำจากพื้นที่หนึ่งส่งไปยังพื้นที่อื่น) ข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย รหัส ชื่อภาษาไทย ชื่อภาษาอังกฤษ รายละเอียด โหนดรับน้ำ โหนดส่งน้ำ อัตราการไหลสูงสุด อัตราการไหลต่ำสุด ประสิทธิภาพ แสดงดังภาพผนวกที่ 8

**สถานีวัดอัตราการระเหย**

ข้อมูลทั่วไป

รหัสสถานี: ET001

ชื่อภาษาไทย: เพชรบุรี

ชื่อภาษาอังกฤษ: Petchaburi

รายละเอียด: กรมชลประทาน

ควบคุมการเปลี่ยนตำแหน่งเรคคอร์ด

รายการใหม่ ลบ << >> >

จำนวนระเบียบ:

รายละเอียดสถานี

| รหัสสถานี | ชื่อภาษาไทย     | ชื่อภาษาอังกฤษ   | รายละเอียด  |
|-----------|-----------------|------------------|-------------|
| ET001     | เพชรบุรี        | Petchaburi       | กรมชลประทาน |
| ET002     | ประจวบคีรีขันธ์ | Prajaub Kirikhan | กรมชลประทาน |

การจัดการข้อมูล

แก้ไข ยกเลิก พิมพ์ ออกจากฟอร์ม

ภาพผนวกที่ 7 หน้าต่างสถานีวัดอัตราการระเหย

**ข้อมูล REACH**

ข้อมูลทั่วไป

รหัส: R003

ชื่อภาษาไทย: ท่อผันน้ำอ่างฯ ห้วยไทรงาม-ห้วยไม้ตาย

ชื่อภาษาอังกฤษ:

รายละเอียด:

โหมดเชื่อมต่อ

โหมดรับน้ำ: D005

โหมดส่งน้ำ: D006

ข้อมูลอื่นๆ

ชนิด: 0

อัตราการไหลสูงสุด: 0.16 ลบ.ม./วินาที

อัตราการไหลต่ำสุด: 0 ลบ.ม./วินาที

ประสิทธิภาพ: 0.8

ควบคุมการเปลี่ยนตำแหน่งเรคคอร์ด

รายการใหม่ ลบ << >> >

จำนวนระเบียบ: เรคคอร์ดที่ 1: จากทั้งหมด 21

รายละเอียดสถานี

| รหัส | ชื่อภาษาไทย                                    | ชื่อภาษาอังกฤษ | รับน้ำจากโหมด | ส่งน้ำไปโหมด |
|------|------------------------------------------------|----------------|---------------|--------------|
| R003 | ท่อผันน้ำอ่างฯ ห้วยไทรงาม-ห้วยไม้ตาย           |                | D005          | D006         |
| R017 | ห้วยน้ำอ่างฯ ห้วยตะเป็ด                        |                | D003          | N003         |
| R006 | แนวท่อเชื่อมอ่างฯ ห้วยไม้ตาย-ทุ่งขาม           |                | D006          | D002         |
| R009 | แนวท่อผันน้ำทุ่งขาม-โหมดเชื่อมต่อรับน้ำเข้าบ่อ |                | D002          | C002         |
| R018 | ระบบผันน้ำอ่างฯ ห้วยตะเป็ด-โหมด C003           |                | D003          | C003         |
| R021 | ระบบส่งน้ำบ่อพักน้ำเขากะปุก                    |                | D001          | A001         |

การจัดการข้อมูล

แก้ไข ยกเลิก พิมพ์ ออกจากฟอร์ม

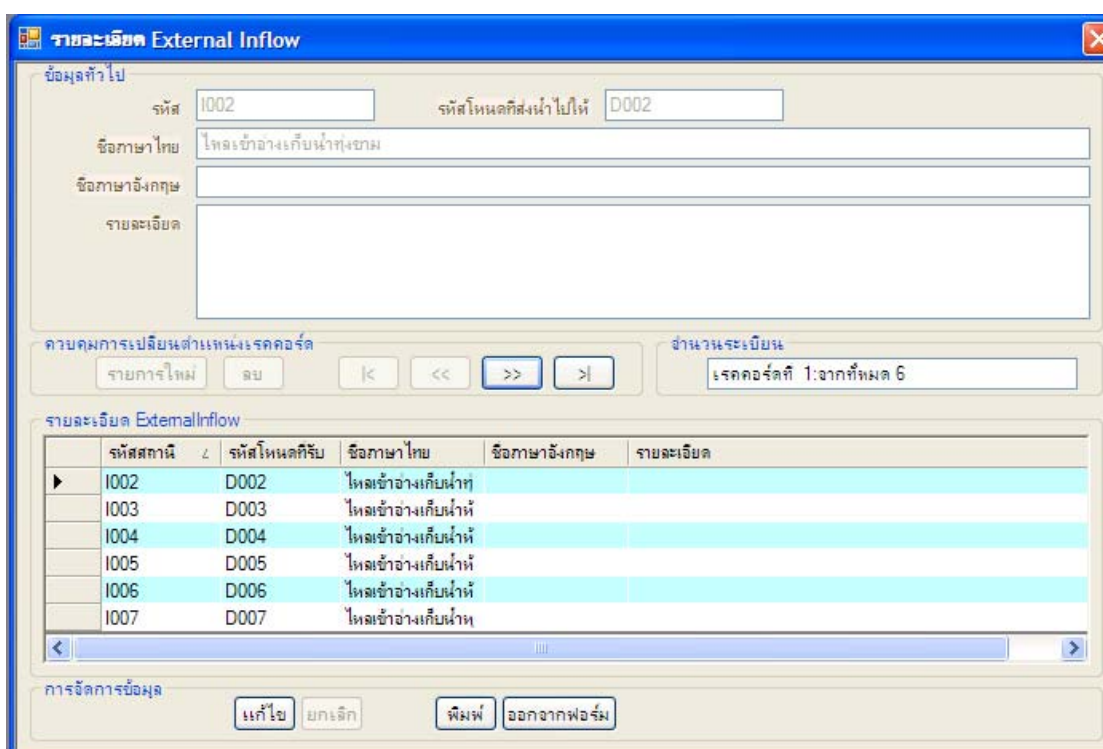
ภาพผนวกที่ 8 หน้าต่างข้อมูล Reach

7. หน้าต่างรายละเอียดจุดเชื่อมต่อ (Node) หน้าต่างนี้มีความสำคัญมากเนื่องจากผู้ใช้งานต้องกำหนดจุดเชื่อมต่อ (Node) อย่างถูกต้องเพื่อให้โปรแกรมฯ ทำงานได้อย่างถูกต้อง จุดเชื่อมต่อ (node) หมายถึง อ่างเก็บน้ำ บ่อพักน้ำ พื้นที่รับน้ำ จุดเชื่อมต่อระหว่าง Reach เป็นต้น ข้อมูลที่ต้องบันทึกประกอบด้วย รหัสโหนด ชื่อภาษาไทย ที่ตั้ง รายละเอียด มีความต้องการน้ำหรือไม่ จำนวนสมมูลน้ำหรือไม่ ทำหน้าที่ระบายน้ำหรือไม่ จำกัดปริมาณน้ำที่รับได้สูงสุดโดยไม่เกิดปัญหาน้ำท่วมอยู่ที่เท่าไร หน้าต่างรายละเอียดจุดเชื่อมต่อ (Node) แสดงดังภาพผนวกที่ 9

| รหัสโหนด | ชื่อภาษาไทย                    | ที่ตั้ง             | รายละเอียด |
|----------|--------------------------------|---------------------|------------|
| A001     | พื้นที่รับน้ำ เขากะปุก         | อ่างเก็บน้ำเขากะปุก |            |
| A002     | พื้นที่รับน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยขา | อ่างเก็บน้ำห้วยขา   |            |
| A003     | พื้นที่รับน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยต  | อ่างเก็บน้ำห้วยต    |            |
| A004     | พื้นที่รับน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยท  | อ่างเก็บน้ำห้วยท    |            |
| A005     | พื้นที่รับน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยไ  | อ่างเก็บน้ำห้วยไ    |            |
| A007     | พื้นที่รับน้ำอ่างเก็บน้ำห้วยท  | อ่างเก็บน้ำห้วยท    |            |
| C002     | จุดเชื่อมต่อท่อพื้นที่ห้วยขา   | -                   |            |

ภาพผนวกที่ 9 หน้าต่างรายละเอียดจุดเชื่อมต่อ (node)

8. หน้าต่างรายละเอียด External Inflow หน้าต่างนี้ใช้สำหรับบันทึกรายละเอียดแหล่งน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ทั้งนี้โปรแกรมฯ ถูกออกแบบให้อ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งสามารถมีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำได้มากกว่า 1 แห่ง ข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย รหัส รหัสโหนดที่ส่งน้ำไปให้ (อาจเป็นโหนดอ่างเก็บน้ำ หรือโหนดอื่นๆ ที่มีน้ำไหลเข้าก็ได้) ชื่อภาษาไทย ชื่อภาษาอังกฤษ และรายละเอียด ภาพของหน้าต่างรายละเอียด External Inflow แสดงดังภาพผนวกที่ 10

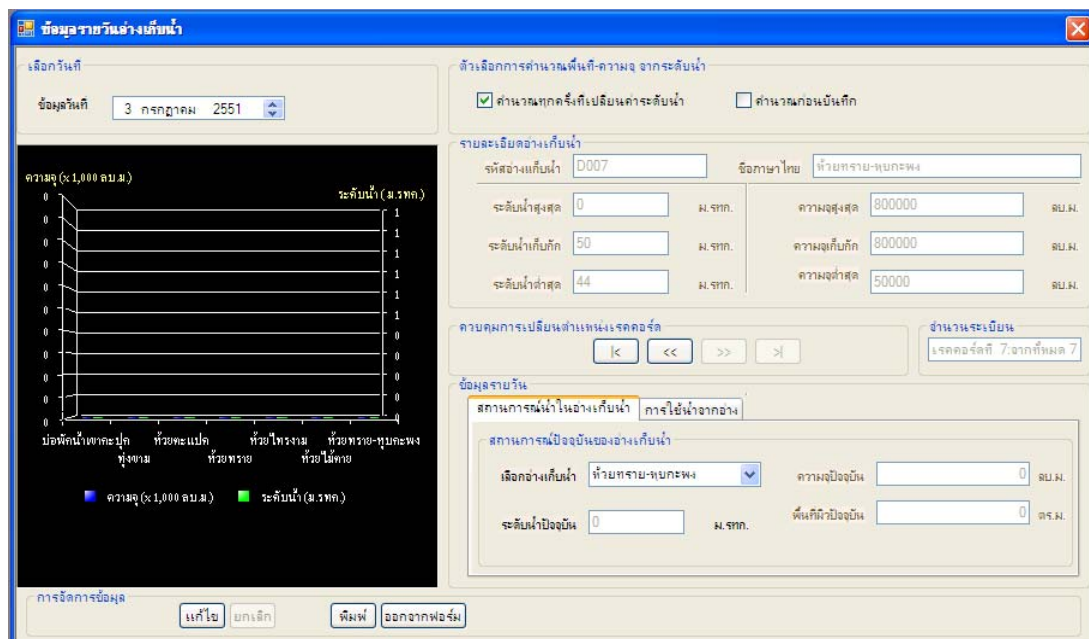


| รหัสสถานี | รหัสไหลที่รับ | ชื่อภาษาไทย               | ชื่อภาษาอังกฤษ | รายละเอียด |
|-----------|---------------|---------------------------|----------------|------------|
| I002      | D002          | ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม |                |            |
| I003      | D003          | ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม |                |            |
| I004      | D004          | ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม |                |            |
| I005      | D005          | ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม |                |            |
| I006      | D006          | ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม |                |            |
| I007      | D007          | ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม |                |            |

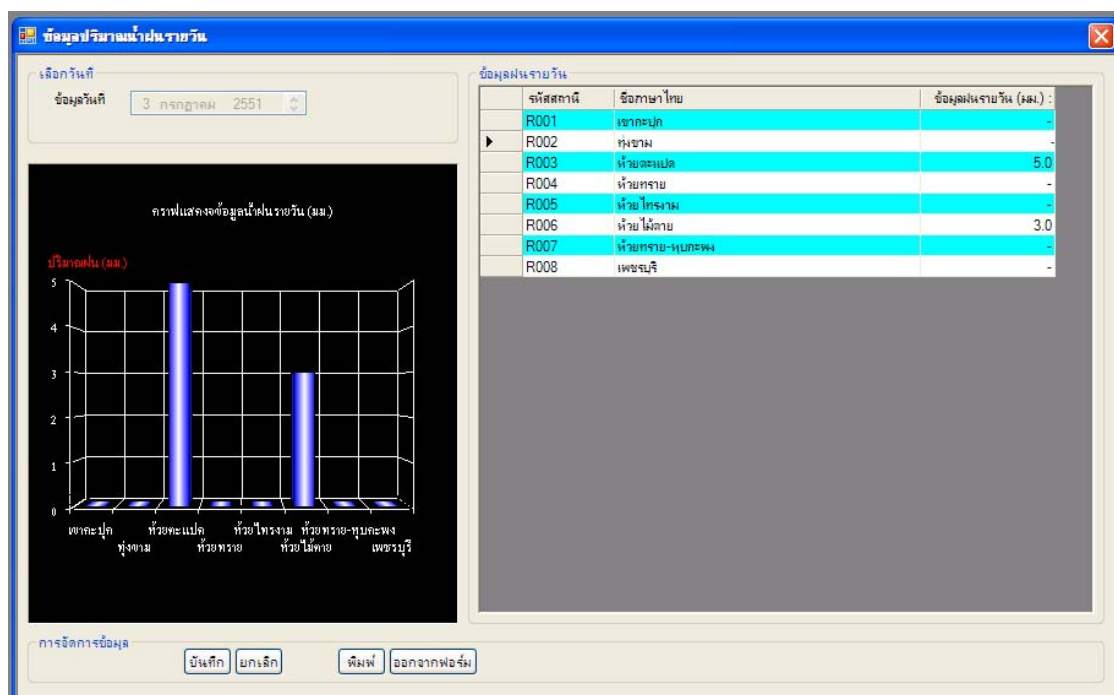
ภาพผนวกที่ 10 หน้าต่างรายละเอียด External Inflow

9. หน้าต่างข้อมูลรายวันอ่างเก็บน้ำ เป็นหน้าต่างที่ใช้บันทึกข้อมูลรายวันของอ่างเก็บน้ำแต่ละแห่ง ประกอบด้วยข้อมูล วันที่ของข้อมูล ชื่ออ่างเก็บน้ำ ระดับน้ำ ความจุ พื้นที่ผิวน้ำ โดยเมื่อผู้ใช้งาน (User) บันทึกข้อมูลระดับน้ำโปรแกรมจะคำนวณปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำหรือความจุ และพื้นที่ผิวน้ำโดยอัตโนมัติพร้อมกับแสดงกราฟความจุและระดับน้ำ นอกจากนี้หน้าต่างนี้ยังมีการเชื่อมโยงข้อมูลพื้นฐานของอ่างเก็บน้ำมาแสดงเพื่อให้ผู้ใช้งาน (User) ทราบข้อมูลเบื้องต้นของอ่างเก็บน้ำด้วย ภาพหน้าต่างข้อมูลรายวันอ่างเก็บน้ำแสดงดังภาพผนวกที่ 11

10. หน้าต่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน เป็นหน้าต่างที่ใช้บันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน โดยข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย วันที่ของข้อมูล ชื่ออ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ภาพของหน้าต่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันแสดงดังภาพผนวกที่ 12

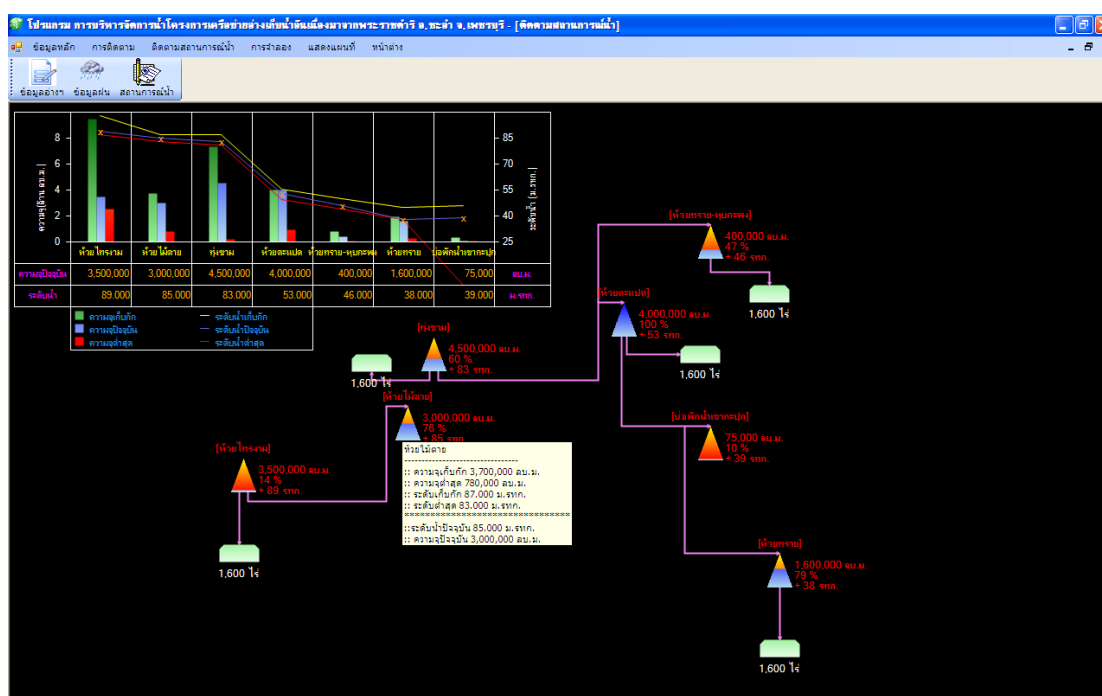


ภาพผนวกที่ 11 หน้าต่างข้อมูลรายวันของอ่างเก็บน้ำ



ภาพผนวกที่ 12 หน้าต่างปริมาณน้ำฝนรายวัน

11. หน้าต่างติดตามสถานการณ์น้ำ หน้าต่างนี้ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูลสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำ โดยนำข้อมูลพื้นฐานอ่างเก็บน้ำ ระดับและปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ ปัจจุบัน มาแสดงผลในรูปแบบของรูปภาพ (Graphic) หากผู้ใช้ต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมสามารถนำเมาส์ (Mouse) ไปวางไว้บนรูปอ่างเก็บน้ำโปรแกรมฯ จะแสดงข้อมูลเพิ่มเติม ภาพหน้าต่างติดตามสถานการณ์น้ำแสดงดังภาพผนวกที่ 13

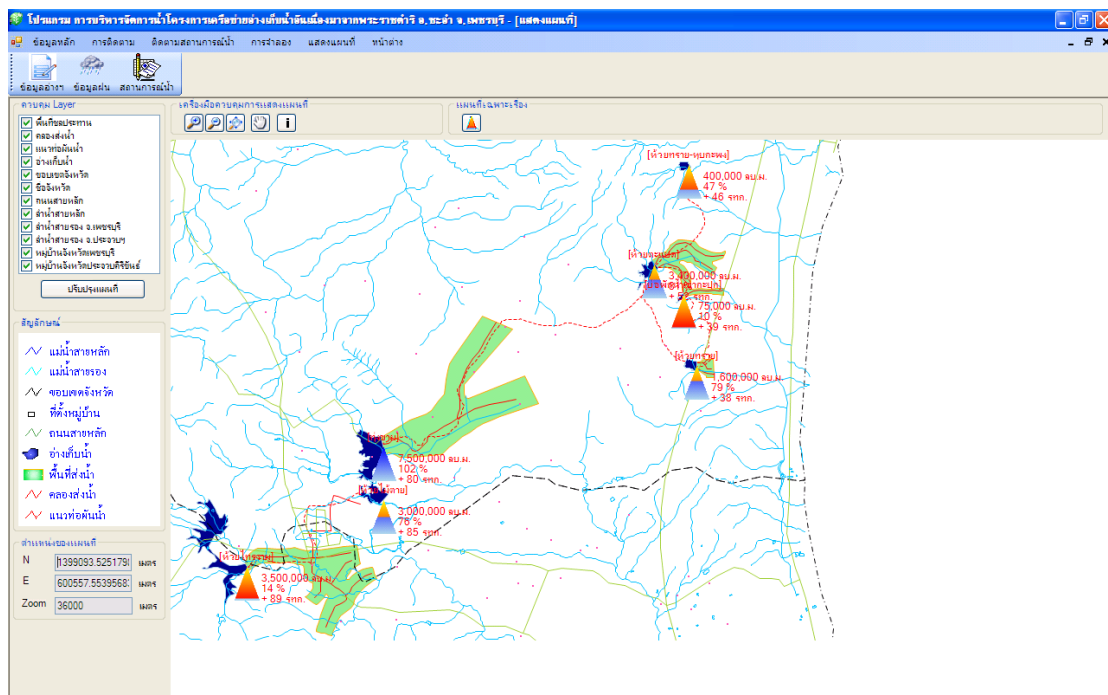


ภาพผนวกที่ 13 หน้าต่างติดตามสถานการณ์น้ำ

12. หน้าต่างแสดงแผนที่ หน้าต่างนี้ใช้สำหรับแสดงผลข้อมูลสถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาปัจจุบันคล้ายคลึงกับหน้าต่างติดตามสถานการณ์น้ำ แต่หน้าต่างนี้จะแสดงผลโดยเชื่อมโยงกับข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ดังภาพผนวกที่ 14

13. หน้าต่างข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน (มิลลิเมตร) ของแต่ละสถานี แสดงดังภาพผนวกที่ 15

14. หน้าต่างข้อมูลอัตราการระเหยรายเดือน ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลอัตราการระเหยรายเดือน (มิลลิเมตร) ดังภาพผนวกที่ 16



ภาพผนวกที่ 14 หน้าต่างแสดงแผนที่

ภาพผนวกที่ 15 หน้าต่างข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน

**ข้อมูลอัตราการระเหยรายเดือน**

ข้อมูลทั่วไป

รหัส: ET001 2551

ชื่อภาษาไทย: เพชรบุรี

ชื่อภาษาอังกฤษ: Petchaburi

รายละเอียด: กรมอุตุนิยมวิทยา

ควบคุมการเปลี่ยนตำแหน่งเรคคอร์ด: < << >> >

จำนวนระเบียบ: เรคคอร์ดที่ 1: จากทั้งหมด 2

อัตราการระเหยรายเดือน (มม.)

| เดือน | อัตราการระเหยรายเดือน |
|-------|-----------------------|
| 1     | 0                     |
| 2     | 0                     |
| 3     | 0                     |
| 4     | 0                     |
| 5     | 0                     |
| 6     | 0                     |
| 7     | 0                     |

การจัดการข้อมูล: แก้ไข ยกเลิก พิมพ์ ออกจากฟอร์ม

ภาพผนวกที่ 16 หน้าต่างข้อมูลอัตราการระเหยรายเดือน

**External Inflow รายเดือน**

ข้อมูลทั่วไป

รหัส: I002 ส่งน้ำไปไหน: D002 พ.ศ. 2549

ชื่อภาษาไทย: ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำทุ่งขาม

ชื่อภาษาอังกฤษ:

รายละเอียด:

ควบคุมการเปลี่ยนตำแหน่งเรคคอร์ด: < << >> >

จำนวนระเบียบ: เรคคอร์ดที่ 1: จากทั้งหมด 6

ข้อมูล External Inflow รายเดือน (ลบ.ม.)

| เดือน | น้ำน้อย | น้ำปกติ | น้ำมาก  |
|-------|---------|---------|---------|
| 1     | 163,670 | 179,460 | 289,220 |
| 2     | 129,130 | 280,920 | 609,680 |
| 3     | 146,060 | 367,890 | 855,460 |
| 4     | 40,480  | 414,780 | 464,700 |
| 5     | 41,290  | 438,390 | 544,980 |
| 6     | 41,900  | 575,950 | 578,240 |
| 7     | 57,680  | 834,540 | 870,970 |

การจัดการข้อมูล: แก้ไข ยกเลิก พิมพ์ ออกจากฟอร์ม

ภาพผนวกที่ 17 หน้าต่าง External Inflow รายเดือน

15. หน้าต่าง External Inflow รายเดือน ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ หรือ โหนดรายเดือน จากภาพผนวกที่ ง17 ข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย รหัส External Inflow ปี พ.ศ. ของข้อมูล ปริมาณน้ำกรณีปริมาณน้ำน้อย ปริมาณน้ำปกติ ปริมาณน้ำมาก

16. หน้าต่างความต้องการน้ำรายเดือน ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลความต้องการน้ำของพื้นที่รับน้ำ แสดงดังภาพผนวกที่ ง18

| เดือน | ความต้องการน้ำรายเดือน |
|-------|------------------------|
| 1     | 230                    |
| 2     | 18,160                 |
| 3     | 22,250                 |
| 4     | 18,320                 |
| 5     | 11,970                 |
| 6     | 230                    |
| 7     | 23,730                 |

ภาพผนวกที่ ง18 หน้าต่างความต้องการน้ำรายเดือน

17. หน้าต่างความจุเริ่มต้นของอ่างเก็บน้ำ เป็นหน้าต่างที่ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำก่อนเริ่มจำลองการจัดสรรน้ำ แสดงดังภาพผนวกที่ ง19

18. หน้าต่างข้อมูลอ่างเก็บน้ำรายเดือน ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำล่าง (Lower Rule Curve) และ โค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำด้านบน (Upper Rule Curve) แสดงดังภาพผนวกที่ ง20

**ความจุเริ่มต้นของอ่างเก็บน้ำ**

ข้อมูลทั่วไป

รหัส: D001

ชื่อภาษาไทย: บ่อพักน้ำเขากะปุก

ชื่อภาษาอังกฤษ:

รายละเอียด:

ความสูงสูงสุด: 312000      ล้าน ลบ.ม.

ความจุต่ำสุด: 50000      ล้าน ลบ.ม.

ความจุเริ่มต้น: 267200      ล้าน ลบ.ม.

ควบคุมการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเรคคอร์ด

จำนวนระเบียบ: เรคคอร์ดที่ 1: จากทั้งหมด 7

การจัดการข้อมูล

แก้ไข    ยกเลิก    พิมพ์    ออกจากฟอร์ม

ภาพผนวกที่ 19 หน้าต่างความจุเริ่มต้นของอ่างเก็บน้ำ

**ข้อมูลอ่างเก็บน้ำรายเดือน**

ข้อมูลทั่วไป

รหัส: D002      ชนิดโหนด: อ่างเก็บน้ำ      2549

ชื่อภาษาไทย: ทุ่งขาม

ชื่อภาษาอังกฤษ:

รายละเอียด:

ควบคุมการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเรคคอร์ด

จำนวนระเบียบ: เรคคอร์ดที่ 2: จากทั้งหมด 7

ข้อมูลอ่างเก็บน้ำรายเดือน

| เดือน | z | upper rule cur | lower rule c |
|-------|---|----------------|--------------|
| 1     |   |                |              |
| 2     |   |                |              |
| 3     |   |                |              |
| 4     |   |                |              |
| 5     |   |                |              |
| 6     |   |                |              |
| 7     |   |                |              |

การจัดการข้อมูล

แก้ไข    ยกเลิก    พิมพ์    ออกจากฟอร์ม

ภาพผนวกที่ 20 หน้าต่างข้อมูลอ่างเก็บน้ำรายเดือน

19. หน้าต่างตัวเลือกการตั้งค่า GA เป็นหน้าต่างที่ใช้สำหรับการตั้งค่าแบบจำลอง GA ซึ่งใช้ในการจำลองวางแผนการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำประกอบด้วยข้อมูล รหัสการตั้งค่า ชื่อภาษาไทย Population Size, Probability of Selection, Probability of Crossover, Probability of Mutation ค่าตัวคูณสำหรับ Maximum Capacity ของ Reach ในขั้นตอนการ Mutation รายละเอียดของการตั้งค่าเงื่อนไขการหยุดจำลอง ค่า R1 ถึง R7 โดยโปรแกรมฯ สามารถมีการตั้งค่าได้มากกว่า 1 แบบ

20. หน้าต่างจำลองการจัดสรรน้ำ เป็นหน้าต่างที่ใช้สำหรับจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ หน้าต่างนี้เป็นหน้าต่างที่ใช้ในการเรียกงาน Library BanGA.dll สำหรับการจำลองการจัดสรรน้ำโดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง GA ทั้งนี้หน้าต่างนี้จะทำการจัดเตรียมข้อมูลพื้นฐาน การตั้งค่าสำหรับแบบจำลอง และแปลผลลัพธ์ที่ได้จาก Library BanGA.dll ให้อยู่ในรูปข้อความ Text ขั้นตอนการใช้งานคือ กำหนดช่วงเดือนที่ต้องการจำลอง (สามารถจำลองข้ามปีได้) โดยสามารถจำลองได้สูงสุด 12 เดือน หากต้องการให้แบบจำลองใช้ข้อมูลความจุเริ่มต้นของอ่างเก็บน้ำจากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ เวลาปัจจุบันให้เลือก จำลองจากสถานการณ์ปัจจุบัน แต่หากต้องการใช้ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเริ่มต้นจากข้อมูลที่บันทึกในหน้าต่างความจุเริ่มต้นของอ่างเก็บน้ำไม่ต้องเลือกตัวเลือกนี้ หากต้องการให้โปรแกรมฯ แปลงข้อมูลระบบกระจายน้ำของอ่างเก็บน้ำใหม่ให้เลือก สร้าง Network ของระบบกระจายน้ำ จากนั้นเลือกประเภทของการจำลองและการตั้งค่าแบบจำลอง GA ที่ใช้งาน จากนั้นคลิกที่ปุ่ม คลิกที่นี่เพื่อจำลองการจัดสรรน้ำ โปรแกรมฯ จะใช้เวลาในการจำลองสักครู่ และในขั้นตอนสุดท้ายโปรแกรมจะแสดงผลที่ได้จากการจัดสรรน้ำ ภาพหน้าต่างจำลองการจัดสรรน้ำ ผลลัพธ์ที่ได้ประกอบด้วยข้อมูลรายเดือน ได้แก่ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน ปริมาณฝนตกลงในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำระเหยจากอ่างเก็บน้ำ ปริมาณการรั่วซึมจากอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำไหลผ่าน Reach ปริมาณความต้องการน้ำ ปริมาณน้ำที่พื้นที่ได้รับ อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ได้รับต่อปริมาณความต้องการน้ำ ข้อผิดพลาดจากการจำลองเนื่องจากสมมูลน้ำ และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำสูงกว่าความจุเก็บกักหรือปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำน้อยกว่าความจุต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำ หน้าต่างจำลองการจัดสรรน้ำ แสดงดังภาพผนวกที่ ง21

**การจัดการจัดสรรน้ำ**

ตัวเลือกการจัดสรร

ช่วงเวลาการจัดสรร

เริ่ม: มกราคม 2549 ถึง: ธันวาคม 2549 รวม: 12 เดือน ☐ ข้อมูลจากสถานการณ์ปัจจุบัน

การสร้างข้อมูลพื้นฐาน

☒ สร้าง Network ของระบบกระจายน้ำ

ประเภทของการจัดสรร

☐ กรณีน้ำน้อย CF001

☒ กรณีน้ำปกติ CF002

☐ กรณีน้ำมาก CF003

ข้อมูลการจัดสรรน้ำ

ผลการจำลองสถานการณ์

กำลังสร้าง Water Distribution Network System  
กำลังอ่านข้อมูลเบื้องต้นจากฐานข้อมูล... ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว  
กำลังดำเนินการจำลองการจัดสรรน้ำ กรุณารอสักครู่...

การตั้งค่าสำหรับ GA

pop size 160  
probability of selection 1  
probability of crossover 0.8  
probability of mutation 0.044

R1 40000  
R2 507000

ความก้าวหน้า

## ภาพผนวกที่ 21 หน้าต่างจำลองการจัดการจัดสรรน้ำ

การศึกษาครั้งนี้จำลองการจัดการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำ 3 กรณี ได้แก่ กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด เฉลี่ย และมากที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมบริหารจัดการน้ำฯ ในรูปแบบข้อความ (Text) ทั้ง 3 กรณีมีดังนี้

### 1. กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำน้อยที่สุด

กำลังสร้าง Water Distribution Network System

กำลังอ่านข้อมูลเบื้องต้นจากฐานข้อมูล... ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว

กำลังดำเนินการจำลองการจัดการจัดสรรน้ำ กรุณารอสักครู่...

การตั้งค่าสำหรับ GA

pop size 80

probability of selection 1

probability of crossover 0.8

probability of mutation 0.123



## Upper-Lower Rule curve (ล้าน ลบ.ม.)

|      |       | ม.ค.  | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค. |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|      | พ.ย.  | ธ.ค.  |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D001 | Upper | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 |      |
|      |       | 0.312 | 0.312 | 0.312 |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05 |
|      |       | 0.05  | 0.05  |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D002 | Upper | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 |      |
|      |       | 7.358 | 7.358 | 7.358 |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2  |
|      |       | 0.2   | 0.2   |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D003 | Upper | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4    |
|      |       | 4     | 4     |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9  |
|      |       | 0.9   | 0.9   |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D004 | Upper | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95 |
|      |       | 1.95  | 1.95  |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25 |
|      |       | 0.25  | 0.25  |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D005 | Upper | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5  |
|      |       | 9.5   | 9.5   |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5  |
|      |       | 2.5   | 2.5   |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D006 | Upper | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7  |
|      |       | 3.7   | 3.7   |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78 |
|      |       | 0.78  | 0.78  |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D007 | Upper | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8  |
|      |       | 0.8   | 0.8   |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05 |
|      |       | 0.05  | 0.05  |       |       |       |       |       |       |       |      |



|                                   |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-----------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|                                   | รวัซิม   | 0.078 | 0.072 | 0.064 | 0.056 | 0.049 | 0.044 | 0.04  | 0.035 | 0.034 |      |
|                                   | 0.032    | 0.029 | 0.023 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D006                              | ฝน       | 0     | 0.011 | 0.019 | 0.085 | 0.106 | 0.249 | 0.107 | 0.084 | 0.192 |      |
|                                   | 0.175    | 0.001 | 0.011 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                                   | ระเหย    | 0.091 | 0.109 | 0.122 | 0.124 | 0.115 | 0.106 | 0.114 | 0.11  | 0.107 |      |
|                                   | 0.071    | 0.045 | 0.039 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                                   | รวัซิม   | 0.021 | 0.02  | 0.019 | 0.019 | 0.02  | 0.022 | 0.024 | 0.025 | 0.025 |      |
|                                   | 0.017    | 0.009 | 0.008 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D007                              | ฝน       | 0     | 0.001 | 0.003 | 0.017 | 0.024 | 0.059 | 0.024 | 0.017 | 0.038 |      |
|                                   | 0.054    | 0.001 | 0.002 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                                   | ระเหย    | 0.011 | 0.015 | 0.02  | 0.025 | 0.026 | 0.025 | 0.025 | 0.022 | 0.021 |      |
|                                   | 0.022    | 0.019 | 0.008 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                                   | รวัซิม   | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.003 | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.004 |      |
|                                   | 0.004    | 0.003 | 0.001 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| ความจุของอ่างเก็บน้ำ (ล้าน ลบ.ม.) |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                                   | เริ่มต้น | ม.ค.  | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค. |
|                                   | พ.ย.     | ธ.ค.  |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D001                              | 0.267    | 0.264 | 0.24  | 0.209 | 0.182 | 0.169 | 0.169 | 0.134 | 0.118 | 0.107 |      |
|                                   | 0.108    | 0.07  | 0.05  |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D002                              | 3.834    | 3.693 | 3.208 | 2.673 | 2.266 | 1.906 | 1.953 | 0.989 | 0.515 | 0.199 |      |
|                                   | 1.533    | 0.262 | 0.199 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D003                              | 3.451    | 3.149 | 2.694 | 2.447 | 2.125 | 1.962 | 2.028 | 1.822 | 1.639 | 1.744 |      |
|                                   | 1.546    | 1.083 | 0.898 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D004                              | 0.872    | 0.974 | 1.011 | 0.907 | 0.854 | 0.808 | 0.871 | 0.76  | 0.662 | 0.544 |      |
|                                   | 0.547    | 0.26  | 0.25  |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D005                              | 9.5      | 9.125 | 8.116 | 7.28  | 6.271 | 5.415 | 5.124 | 4.401 | 4.025 | 4.015 |      |
|                                   | 3.758    | 3.103 | 2.496 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D006                              | 2.503    | 2.448 | 2.441 | 2.198 | 2.277 | 2.454 | 2.794 | 3.002 | 3.07  | 3.049 | 1    |
|                                   | 1.189    | 0.779 |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D007                              | 0.196    | 0.234 | 0.251 | 0.303 | 0.378 | 0.452 | 0.516 | 0.438 | 0.44  | 0.464 |      |
|                                   | 0.512    | 0.26  | 0.05  |       |       |       |       |       |       |       |      |



|                                   |                |                |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-----------------------------------|----------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| R018                              | 0.225<br>0.073 | 0.274          | 0.06  | 0.11  | 0.07  | 0.061 | 0     | 0.072 | 0.009 | 0.176 | 0.1  |
| R019                              | 0<br>0.001     | 0.007<br>0.012 | 0     | 0     | 0.006 | 0     | 0     | 0.005 | 0.006 | 0.016 |      |
| R020                              | 0.181<br>0.081 | 0.214<br>0.048 | 0.05  | 0.089 | 0.052 | 0.051 | 0.001 | 0.054 | 0.003 | 0.126 |      |
| R021                              | 0<br>0.037     | 0.026<br>0.029 | 0.029 | 0.025 | 0.016 | 0     | 0.034 | 0.019 | 0.015 | 0.013 |      |
| R022                              | 0<br>0         | 0              | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    |
| R023                              | 0.005<br>0.015 | 0.004<br>0.009 | 0.004 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.011 | 0.017 | 0.007 |      |
| R024                              | 0.008<br>0.338 | 0.095<br>0.043 | 0.105 | 0.105 | 0.079 | 0.008 | 0.104 | 0.133 | 0.134 | 0.119 |      |
| ปริมาณความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.) |                |                |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                                   | ม.ค.<br>ธ.ค.   | ก.พ.           | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย. |
| A001                              | 0<br>0.02      | 0.018          | 0.022 | 0.018 | 0.012 | 0     | 0.024 | 0.016 | 0.011 | 0.01  | 0.03 |
| A002                              | 0.009<br>0.748 | 0.251<br>0.346 | 0.278 | 0.288 | 0.216 | 0.008 | 0.681 | 0.356 | 0.291 | 0.254 |      |
| A003                              | 0.002<br>0.437 | 0.189<br>0.162 | 0.206 | 0.235 | 0.183 | 0.002 | 0.35  | 0.19  | 0.177 | 0.16  |      |
| A004                              | 0.007<br>0.245 | 0.071<br>0.038 | 0.08  | 0.08  | 0.061 | 0.007 | 0.078 | 0.108 | 0.099 | 0.091 |      |
| A005                              | 0.004<br>0.647 | 0.613<br>0.546 | 0.671 | 0.634 | 0.492 | 0.004 | 0.423 | 0.277 | 0.193 | 0.193 |      |
| A007                              | 0.006<br>0.307 | 0.029<br>0.313 | 0.037 | 0.031 | 0.023 | 0.006 | 0.267 | 0.174 | 0.09  | 0.088 |      |
| N002                              | 0.164<br>0.493 | 0.129<br>0.306 | 0.146 | 0.04  | 0.041 | 0.042 | 0.058 | 0.398 | 0.592 | 0.217 |      |







|      |          |   |        |   |   |   |   |   |   |   |
|------|----------|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|
|      | Vmin Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0        | 0 | -0.001 |   |   |   |   |   |   |   |
| D006 | Vmax Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0        | 0 | 0      |   |   |   |   |   |   |   |
|      | Vmin Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0        | 0 | -0.001 |   |   |   |   |   |   |   |
| D007 | Vmax Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0        | 0 | 0      |   |   |   |   |   |   |   |
|      | Vmin Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0        | 0 | 0      |   |   |   |   |   |   |   |

ข้อผิดพลาดทางด้าน Upper - Lower Rule Curve (ผ่าน ลบ.ม.)

|      |           | ม.ค. | ก.พ.   | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. |
|------|-----------|------|--------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|
|      | พ.ย.      | ธ.ค. |        |       |       |      |       |      |      |      |      |
| D001 | Upper Err | 0    | 0      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0         | 0    | 0      |       |       |      |       |      |      |      |      |
|      | Lower Err | 0    | 0      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0         | 0    | 0      |       |       |      |       |      |      |      |      |
| D002 | Upper Err | 0    | 0      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0         | 0    | 0      |       |       |      |       |      |      |      |      |
|      | Lower Err | 0    | 0      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0         | 0    | 0      |       |       |      |       |      |      |      |      |
| D003 | Upper Err | 0    | 0      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0         | 0    | 0      |       |       |      |       |      |      |      |      |
|      | Lower Err | 0    | 0      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0         | 0    | -0.001 |       |       |      |       |      |      |      |      |
| D004 | Upper Err | 0    | 0      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0         | 0    | 0      |       |       |      |       |      |      |      |      |
|      | Lower Err | 0    | 0      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0         | 0    | 0      |       |       |      |       |      |      |      |      |
| D005 | Upper Err | 0    | 0      | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0         | 0    | 0      |       |       |      |       |      |      |      |      |

|      |           |   |        |   |   |   |   |   |   |   |
|------|-----------|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|
|      | Lower Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0         | 0 | -0.001 |   |   |   |   |   |   |   |
| D006 | Upper Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0         | 0 | 0      |   |   |   |   |   |   |   |
|      | Lower Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0         | 0 | -0.001 |   |   |   |   |   |   |   |
| D007 | Upper Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0         | 0 | 0      |   |   |   |   |   |   |   |
|      | Lower Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0         | 0 | 0      |   |   |   |   |   |   |   |

\*\*\*\*\*

Current Gen = 20000 : ค่า Best Fitness = 8531554.51429711

Objective = 17063.099760976

Water Balance Constraint : 3.07E-12

Over Supply Constraint : 0.00E+00

Flood Control Constraint : 0

Reservoir Upper-Lower Rule Curve Constraint : 6.83E-06

Reservoir Capacity Constraint : 6.83E-06

Reservoir Last Storage Constraint : 1.92E+01

เวลาที่ใช้ -00:02:33.7031250

## 2. กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย

กำลังสร้าง Water Distribution Network System

กำลังอ่านข้อมูลเบื้องต้นจากฐานข้อมูล... ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว /

กำลังดำเนินการจำลองการจัดสรรน้ำ กรณารอสักครู่...

การตั้งค่าสำหรับ GA

pop size 160

probability of selection 1

probability of crossover 0.80



## Upper-Lower Rule curve (ล้าน ลบ.ม.)

|      |       | ม.ค.  | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค. |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|      | พ.ย.  | ธ.ค.  |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D001 | Upper | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 |      |
|      |       | 0.312 | 0.312 | 0.312 |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05 |
|      |       | 0.05  | 0.05  |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D002 | Upper | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 |      |
|      |       | 7.358 | 7.358 | 7.358 |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2  |
|      |       | 0.2   | 0.2   |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D003 | Upper | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4    |
|      |       | 4     | 4     |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9  |
|      |       | 0.9   | 0.9   |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D004 | Upper | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95 |
|      |       | 1.95  | 1.95  |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25 |
|      |       | 0.25  | 0.25  |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D005 | Upper | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5  |
|      |       | 9.5   | 9.5   |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5  |
|      |       | 2.5   | 2.5   |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D006 | Upper | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7  |
|      |       | 3.7   | 3.7   |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78 |
|      |       | 0.78  | 0.78  |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D007 | Upper | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8  |
|      |       | 0.8   | 0.8   |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | Lower | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05 |
|      |       | 0.05  | 0.05  |       |       |       |       |       |       |       |      |

ปริมาณฝน(ล้าน ลบ.ม.) อัตราการระเหย (ล้าน ลบ.ม.) การรั่วซึม(ล้าน ลบ.ม.) ของ อ่างเก็บน้ำ

|      |         | ม.ค.  | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค. |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|      | พ.ย.    | ธ.ค.  |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D001 | ฝน      | 0     | 0     | 0     | 0.001 | 0.001 | 0.003 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |      |
|      | 0.002   | 0     | 0     |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | ระเหย   | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |      |
|      | 0.001   | 0.001 | 0     |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | รั่วซึม | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |      |
|      | 0.001   | 0.001 | 0.001 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D002 | ฝน      | 0     | 0.014 | 0.023 | 0.103 | 0.118 | 0.263 | 0.101 | 0.063 | 0.122 |      |
|      | 0.152   | 0.002 | 0.008 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | ระเหย   | 0.117 | 0.142 | 0.154 | 0.15  | 0.129 | 0.112 | 0.108 | 0.083 | 0.068 |      |
|      | 0.062   | 0.056 | 0.029 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | รั่วซึม | 0.031 | 0.031 | 0.028 | 0.026 | 0.025 | 0.025 | 0.024 | 0.019 | 0.016 |      |
|      | 0.015   | 0.013 | 0.007 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D003 | ฝน      | 0     | 0.01  | 0.018 | 0.078 | 0.088 | 0.196 | 0.077 | 0.054 | 0.112 |      |
|      | 0.137   | 0.001 | 0.009 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | ระเหย   | 0.086 | 0.104 | 0.115 | 0.113 | 0.095 | 0.084 | 0.082 | 0.071 | 0.062 |      |
|      | 0.056   | 0.048 | 0.034 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | รั่วซึม | 0.029 | 0.029 | 0.026 | 0.023 | 0.021 | 0.022 | 0.022 | 0.019 | 0.017 |      |
|      | 0.015   | 0.012 | 0.009 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D004 | ฝน      | 0     | 0.003 | 0.005 | 0.02  | 0.023 | 0.053 | 0.022 | 0.015 | 0.033 |      |
|      | 0.046   | 0     | 0.002 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | ระเหย   | 0.025 | 0.029 | 0.031 | 0.029 | 0.025 | 0.023 | 0.023 | 0.02  | 0.019 |      |
|      | 0.019   | 0.014 | 0.008 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | รั่วซึม | 0.007 | 0.007 | 0.006 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.006 | 0.005 | 0.005 |      |
|      | 0.005   | 0.004 | 0.002 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D005 | ฝน      | 0     | 0.016 | 0.024 | 0.095 | 0.101 | 0.229 | 0.102 | 0.082 | 0.192 |      |
|      | 0.269   | 0.003 | 0.021 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | ระเหย   | 0.147 | 0.159 | 0.155 | 0.138 | 0.11  | 0.098 | 0.108 | 0.107 | 0.107 |      |
|      | 0.109   | 0.106 | 0.078 |       |       |       |       |       |       |       |      |

|      |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | รวัซิม | 0.077 | 0.069 | 0.058 | 0.049 | 0.044 | 0.045 | 0.051 | 0.054 | 0.055 |
|      | 0.058  | 0.056 | 0.044 |       |       |       |       |       |       |       |
| D006 | ฝน     | 0     | 0.007 | 0.01  | 0.043 | 0.046 | 0.115 | 0.055 | 0.052 | 0.132 |
|      | 0.186  | 0.002 | 0.011 |       |       |       |       |       |       |       |
|      | ระเหย  | 0.086 | 0.076 | 0.068 | 0.063 | 0.049 | 0.049 | 0.058 | 0.068 | 0.074 |
|      | 0.076  | 0.064 | 0.04  |       |       |       |       |       |       |       |
|      | รวัซิม | 0.019 | 0.013 | 0.01  | 0.009 | 0.008 | 0.009 | 0.011 | 0.014 | 0.016 |
|      | 0.017  | 0.014 | 0.008 |       |       |       |       |       |       |       |
| D007 | ฝน     | 0     | 0.002 | 0.004 | 0.023 | 0.031 | 0.08  | 0.031 | 0.02  | 0.045 |
|      | 0.066  | 0.001 | 0.003 |       |       |       |       |       |       |       |
|      | ระเหย  | 0.012 | 0.017 | 0.025 | 0.033 | 0.033 | 0.034 | 0.033 | 0.026 | 0.025 |
|      | 0.027  | 0.023 | 0.009 |       |       |       |       |       |       |       |
|      | รวัซิม | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | 0.006 | 0.004 | 0.005 |
|      | 0.005  | 0.004 | 0.002 |       |       |       |       |       |       |       |

ความจุของอ่างเก็บน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)

|      | เริ่มต้น | ม.ค.  | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค. |
|------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|      | พ.ย.     | ธ.ค.  |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D001 | 0.267    | 0.277 | 0.263 | 0.236 | 0.207 | 0.193 | 0.193 | 0.154 | 0.127 | 0.118 |      |
|      | 0.115    | 0.078 | 0.05  |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D002 | 3.834    | 3.64  | 3.812 | 3.007 | 3.129 | 2.765 | 3.257 | 2.511 | 2.025 | 1.731 |      |
|      | 1.807    | 1.207 | 0.417 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D003 | 3.451    | 3.618 | 3.349 | 2.921 | 2.626 | 2.446 | 2.771 | 2.39  | 2.18  | 1.849 |      |
|      | 1.787    | 1.156 | 0.898 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D004 | 0.872    | 0.841 | 0.766 | 0.673 | 0.619 | 0.607 | 0.7   | 0.648 | 0.594 | 0.598 | 0.65 |
|      | 0.25     | 0.249 |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D005 | 9.5      | 8.874 | 7.572 | 6.303 | 5.528 | 5.063 | 5.854 | 6.299 | 6.616 | 6.68  | 7.35 |
|      | 6.014    | 4.473 |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D006 | 2.503    | 2.131 | 1.063 | 1.272 | 0.786 | 1.024 | 1.118 | 1.453 | 1.859 | 1.962 |      |
|      | 2.167    | 1.115 | 0.907 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D007 | 0.196    | 0.258 | 0.283 | 0.445 | 0.492 | 0.626 | 0.801 | 0.583 | 0.486 | 0.62  |      |
|      | 0.636    | 0.343 | 0.05  |       |       |       |       |       |       |       |      |



|      |                |                |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|----------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| R018 | 0.039<br>0.024 | 0.132<br>0.116 | 0.108 | 0.12  | 0.13  | 0.094 | 0.082 | 0.165 | 0.231 | 0.257 |
| R019 | 0.016<br>0.014 | 0.023<br>0.006 | 0.014 | 0.003 | 0.009 | 0     | 0.001 | 0     | 0.012 | 0.016 |
| R020 | 0.016<br>0.006 | 0.084<br>0.087 | 0.073 | 0.094 | 0.097 | 0.076 | 0.066 | 0.133 | 0.173 | 0.191 |
| R021 | 0<br>0.048     | 0.029<br>0.032 | 0.035 | 0.029 | 0.019 | 0     | 0.038 | 0.026 | 0.018 | 0.016 |
| R022 | 0<br>0         | 0              | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| R023 | 0.006<br>0.018 | 0.005<br>0.011 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.021 | 0.008 |
| R024 | 0.011<br>0.393 | 0.114<br>0.061 | 0.128 | 0.128 | 0.098 | 0.011 | 0.125 | 0.173 | 0.159 | 0.146 |

## ปริมาณความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)

|      | ม.ค.           | ก.พ.           | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย. |
|------|----------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| A001 | 0<br>0.02      | 0.018          | 0.022 | 0.018 | 0.012 | 0     | 0.024 | 0.016 | 0.011 | 0.01  | 0.03 |
| A002 | 0.009<br>0.748 | 0.251<br>0.346 | 0.278 | 0.288 | 0.216 | 0.008 | 0.681 | 0.356 | 0.291 | 0.254 |      |
| A003 | 0.002<br>0.437 | 0.189<br>0.162 | 0.206 | 0.235 | 0.183 | 0.002 | 0.35  | 0.19  | 0.177 | 0.16  |      |
| A004 | 0.007<br>0.245 | 0.071<br>0.038 | 0.08  | 0.08  | 0.061 | 0.007 | 0.078 | 0.108 | 0.099 | 0.091 |      |
| A005 | 0.004<br>0.647 | 0.613<br>0.546 | 0.671 | 0.634 | 0.492 | 0.004 | 0.423 | 0.277 | 0.193 | 0.193 |      |
| A007 | 0.006<br>0.307 | 0.029<br>0.313 | 0.037 | 0.031 | 0.023 | 0.006 | 0.267 | 0.174 | 0.09  | 0.088 |      |
| N002 | 0.164<br>0.493 | 0.129<br>0.306 | 0.146 | 0.04  | 0.041 | 0.042 | 0.058 | 0.398 | 0.592 | 0.217 |      |









|      |           |   |        |   |   |   |       |   |   |   |
|------|-----------|---|--------|---|---|---|-------|---|---|---|
|      | Lower Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 |
|      | 0         | 0 | -0.001 |   |   |   |       |   |   |   |
| D005 | Upper Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 |
|      | 0         | 0 | 0      |   |   |   |       |   |   |   |
|      | Lower Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 |
|      | 0         | 0 | 0      |   |   |   |       |   |   |   |
| D006 | Upper Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 |
|      | 0         | 0 | 0      |   |   |   |       |   |   |   |
|      | Lower Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 |
|      | 0         | 0 | 0      |   |   |   |       |   |   |   |
| D007 | Upper Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0.001 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0         | 0 | 0      |   |   |   |       |   |   |   |
|      | Lower Err | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0     | 0 | 0 | 0 |
|      | 0         | 0 | 0      |   |   |   |       |   |   |   |

\*\*\*\*\*

Current Gen = 15000 : ค่า Best Fitness = 101447186.441284

Objective = 2536.17927309157

Water Balance Constraint : 1.38E-12

Over Supply Constraint : 0.00E+00

Flood Control Constraint : 0

Reservoir Upper-Lower Rule Curve Constraint : 5.86E-06

Reservoir Capacity Constraint : 5.86E-06

Reservoir Last Storage Constraint : 1.61E+01

เวลาที่ใช้ -00:03:07.2031250

### 3. กรณีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมากที่สุด

กำลังสร้าง Water Distribution Network System  
กำลังอ่านข้อมูลเบื้องต้นจากฐานข้อมูล... ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว /  
กำลังดำเนินการจำลองการจัดสรรน้ำ กรุณารอสักครู่...



|             |       |       |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-------------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| D006        | 0.086 | 0.182 | 0.256        | 0.139 | 0.163 | 0.173 | 0.26  | 0.339 | 0.588 | 0.683 |      |
|             | 0.583 | 0.108 |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D007        | 0.014 | 0.029 | 0.041        | 0.022 | 0.026 | 0.028 | 0.042 | 0.054 | 0.095 | 0.11  |      |
|             | 0.094 | 0.017 |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
| Upper-Lower | Rule  | Curve | (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |      |
|             | ม.ก.  | ก.พ.  | มี.ค.        | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย. |
|             | ธ.ค.  |       |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D001        | Upper | 0.312 | 0.312        | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 | 0.312 |      |
|             | 0.312 | 0.312 | 0.312        |       |       |       |       |       |       |       |      |
|             | Lower | 0.05  | 0.05         | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  |      |
|             | 0.05  | 0.05  |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D002        | Upper | 7.358 | 7.358        | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 | 7.358 |      |
|             | 7.358 | 7.358 | 7.358        |       |       |       |       |       |       |       |      |
|             | Lower | 0.2   | 0.2          | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.2   |      |
|             | 0.2   | 0.2   |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D003        | Upper | 4     | 4            | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     |      |
|             | 4     | 4     |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
|             | Lower | 0.9   | 0.9          | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   |      |
|             | 0.9   | 0.9   |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D004        | Upper | 1.95  | 1.95         | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  | 1.95  |      |
|             | 1.95  | 1.95  |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
|             | Lower | 0.25  | 0.25         | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  |      |
|             | 0.25  | 0.25  |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D005        | Upper | 9.5   | 9.5          | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   | 9.5   |      |
|             | 9.5   | 9.5   |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
|             | Lower | 2.5   | 2.5          | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   | 2.5   |      |
|             | 2.5   | 2.5   |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D006        | Upper | 3.7   | 3.7          | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   | 3.7   |      |
|             | 3.7   | 3.7   |              |       |       |       |       |       |       |       |      |
|             | Lower | 0.78  | 0.78         | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  | 0.78  |      |
|             | 0.78  | 0.78  |              |       |       |       |       |       |       |       |      |

|      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| D007 | Upper | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  |
|      |       | 0.8  | 0.8  |      |      |      |      |      |      |      |      |
|      | Lower | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
|      |       | 0.05 | 0.05 |      |      |      |      |      |      |      |      |

ปริมาณฝน (ล้าน ลบ.ม.) อัตราการระเหย (ล้าน ลบ.ม.) การรั่วซึม (ล้าน ลบ.ม.) ของอ่างเก็บน้ำ

|      |         | ม.ค.  | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย. |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|      | ธ.ค.    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D001 | ฝน      | 0     | 0     | 0     | 0.001 | 0.001 | 0.003 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 |      |
|      |         | 0.002 | 0     | 0     |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | ระเหย   | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |      |
|      |         | 0.001 | 0.001 | 0.001 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | รั่วซึม | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 |      |
|      |         | 0.001 | 0.001 | 0.001 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D002 | ฝน      | 0     | 0.016 | 0.029 | 0.135 | 0.148 | 0.316 | 0.119 | 0.079 | 0.202 |       |      |
|      |         | 0.343 | 0.004 | 0.033 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | ระเหย   | 0.125 | 0.162 | 0.191 | 0.195 | 0.16  | 0.135 | 0.127 | 0.104 | 0.113 |       |      |
|      |         | 0.139 | 0.142 | 0.121 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | รั่วซึม | 0.034 | 0.038 | 0.039 | 0.037 | 0.033 | 0.032 | 0.03  | 0.025 | 0.03  |       |      |
|      |         | 0.043 | 0.043 | 0.036 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D003 | ฝน      | 0     | 0.01  | 0.016 | 0.071 | 0.082 | 0.178 | 0.065 | 0.043 | 0.095 | 0.13  |      |
|      |         | 0.001 | 0.009 |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | ระเหย   | 0.086 | 0.101 | 0.108 | 0.103 | 0.089 | 0.076 | 0.069 | 0.056 | 0.053 |       |      |
|      |         | 0.053 | 0.047 | 0.033 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | รั่วซึม | 0.029 | 0.027 | 0.023 | 0.02  | 0.019 | 0.019 | 0.017 | 0.014 | 0.014 |       |      |
|      |         | 0.014 | 0.012 | 0.008 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D004 | ฝน      | 0     | 0.003 | 0.006 | 0.028 | 0.031 | 0.072 | 0.03  | 0.02  | 0.041 |       |      |
|      |         | 0.052 | 0.001 | 0.004 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|      | ระเหย   | 0.026 | 0.031 | 0.037 | 0.04  | 0.034 | 0.031 | 0.032 | 0.027 | 0.023 |       |      |
|      |         | 0.021 | 0.018 | 0.013 |       |       |       |       |       |       |       |      |

|                      |          |              |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|----------------------|----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|                      | รวัซิม   | 0.007        | 0.007 | 0.008 | 0.008 | 0.007 | 0.008 | 0.008 | 0.007 | 0.006 |      |
|                      | 0.006    | 0.005        | 0.004 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D005                 | ฝน       | 0            | 0.017 | 0.029 | 0.128 | 0.141 | 0.32  | 0.123 | 0.082 | 0.215 | 0.32 |
|                      | 0.004    | 0.036        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                      | ระเหย    | 0.149        | 0.171 | 0.187 | 0.185 | 0.153 | 0.137 | 0.131 | 0.108 | 0.119 | 0.13 |
|                      | 0.141    | 0.133        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                      | รวัซิม   | 0.078        | 0.073 | 0.069 | 0.065 | 0.061 | 0.063 | 0.061 | 0.054 | 0.062 |      |
|                      | 0.069    | 0.073        | 0.073 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D006                 | ฝน       | 0            | 0.006 | 0.008 | 0.042 | 0.07  | 0.198 | 0.097 | 0.085 | 0.192 |      |
|                      | 0.256    | 0.003        | 0.026 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                      | ระเหย    | 0.074        | 0.057 | 0.05  | 0.061 | 0.076 | 0.085 | 0.104 | 0.111 | 0.107 |      |
|                      | 0.104    | 0.113        | 0.095 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                      | รวัซิม   | 0.016        | 0.009 | 0.007 | 0.008 | 0.012 | 0.017 | 0.021 | 0.026 | 0.026 |      |
|                      | 0.026    | 0.028        | 0.024 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D007                 | ฝน       | 0            | 0.002 | 0.004 | 0.019 | 0.023 | 0.067 | 0.029 | 0.018 | 0.04  |      |
|                      | 0.065    | 0.001        | 0.003 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                      | ระเหย    | 0.012        | 0.019 | 0.025 | 0.027 | 0.025 | 0.029 | 0.031 | 0.023 | 0.022 |      |
|                      | 0.027    | 0.028        | 0.012 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                      | รวัซิม   | 0.002        | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.005 | 0.005 | 0.004 | 0.004 |      |
|                      | 0.005    | 0.005        | 0.002 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| ความจุของอ่างเก็บน้ำ |          | (ล้าน ลบ.ม.) |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                      | เริ่มต้น | ม.ค.         | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค. |
|                      | พ.ย.     | ธ.ค.         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D001                 | 0.267    | 0.283        | 0.268 | 0.229 | 0.21  | 0.195 | 0.212 | 0.182 | 0.156 | 0.138 |      |
|                      | 0.131    | 0.087        | 0.072 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D002                 | 3.834    | 4.438        | 4.621 | 4.788 | 4.197 | 3.766 | 3.921 | 3.2   | 2.812 | 4.308 |      |
|                      | 6.052    | 4.333        | 4.2   |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D003                 | 3.451    | 3.489        | 3.06  | 2.529 | 2.253 | 2.297 | 2.222 | 1.805 | 1.557 | 1.704 |      |
|                      | 1.699    | 1.126        | 0.906 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| D004                 | 0.872    | 0.895        | 0.869 | 0.969 | 0.908 | 0.861 | 1.028 | 0.942 | 0.797 | 0.737 |      |
|                      | 0.716    | 0.416        | 0.428 |       |       |       |       |       |       |       |      |





|      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A005 | 0.004 | 0.613 | 0.671 | 0.634 | 0.492 | 0.004 | 0.423 | 0.277 | 0.193 | 0.193 |
|      | 0.647 | 0.546 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| A007 | 0.006 | 0.029 | 0.037 | 0.031 | 0.023 | 0.006 | 0.267 | 0.174 | 0.09  | 0.088 |
|      | 0.307 | 0.313 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| N002 | 0.164 | 0.129 | 0.146 | 0.04  | 0.041 | 0.042 | 0.058 | 0.398 | 0.592 | 0.217 |
|      | 0.493 | 0.306 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| N003 | 0.02  | 0.015 | 0.018 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.048 | 0.071 | 0.026 |
|      | 0.059 | 0.037 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| N004 | 0.006 | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.021 | 0.008 |
|      | 0.018 | 0.011 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| N005 | 0.345 | 0.272 | 0.308 | 0.085 | 0.087 | 0.088 | 0.122 | 0.837 | 1.247 | 0.456 |
|      | 1.039 | 0.644 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| N006 | 0.049 | 0.039 | 0.044 | 0.012 | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.119 | 0.177 | 0.065 |
|      | 0.147 | 0.091 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| N007 | 0.008 | 0.006 | 0.007 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.019 | 0.028 | 0.01  |
|      | 0.024 | 0.015 |       |       |       |       |       |       |       |       |

ปริมาณน้ำที่แต่ละพื้นที่ได้รับ (ล้าน ลบ.ม.)

|      | ม.ค.           | ก.พ.           | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย. |
|------|----------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| A001 | 0<br>0.02      | 0.018          | 0.022 | 0.018 | 0.012 | 0     | 0.024 | 0.016 | 0.011 | 0.01  | 0.03 |
| A002 | 0.009<br>0.748 | 0.251<br>0.346 | 0.278 | 0.288 | 0.216 | 0.008 | 0.681 | 0.356 | 0.291 | 0.254 |      |
| A003 | 0.002<br>0.437 | 0.189<br>0.162 | 0.206 | 0.235 | 0.183 | 0.002 | 0.35  | 0.19  | 0.177 | 0.16  |      |
| A004 | 0.007<br>0.245 | 0.071<br>0.038 | 0.08  | 0.08  | 0.061 | 0.007 | 0.078 | 0.108 | 0.099 | 0.091 |      |
| A005 | 0.004<br>0.647 | 0.613<br>0.546 | 0.671 | 0.634 | 0.492 | 0.004 | 0.423 | 0.277 | 0.193 | 0.193 |      |
| A007 | 0.006<br>0.307 | 0.029<br>0.313 | 0.037 | 0.031 | 0.023 | 0.006 | 0.267 | 0.174 | 0.09  | 0.088 |      |



|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| N004 | 0.99 | 1.01 | 1.00 | 0.97 | 1.05 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.00  |
|      | 1.00 | 1.00 |      |      |      |      |      |      |      |       |
| N005 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.14 | 1.00 | 2.25 | 2.10 | 1.00 | 10.01 |
|      | 1.00 | 1.00 |      |      |      |      |      |      |      |       |
| N006 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00  |
|      | 1.00 | 1.00 |      |      |      |      |      |      |      |       |
| N007 | 1.01 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 1.00 | 1.01 | 1.00 | 1.00 | 1.00  |
|      | 1.00 | 1.00 |      |      |      |      |      |      |      |       |

ข้อผิดพลาดทางด้าน Water Balance (ล้าน ลบ.ม.)

|      | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. |
|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
|      | ธ.ค. |      |       |       |      |       |      |      |      |      |      |
| C002 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0    |      |       |       |      |       |      |      |      |      |      |
| C003 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0    |      |       |       |      |       |      |      |      |      |      |

ข้อผิดพลาดทางด้าน Dam Storage (ล้าน ลบ.ม.)

|      | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. |
|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
|      | ธ.ค. |      |       |       |      |       |      |      |      |      |      |
| D001 | Vmax | Err  | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0    | 0    | 0     |       |      |       |      |      |      |      |      |
|      | Vmin | Err  | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0    | 0    | 0     |       |      |       |      |      |      |      |      |
| D002 | Vmax | Err  | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0    | 0    | 0     |       |      |       |      |      |      |      |      |
|      | Vmin | Err  | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0    | 0    | 0     |       |      |       |      |      |      |      |      |
| D003 | Vmax | Err  | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0    | 0    | 0     |       |      |       |      |      |      |      |      |
|      | Vmin | Err  | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|      | 0    | 0    | 0     |       |      |       |      |      |      |      |      |

|      |      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------|------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D004 | Vmax | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0    | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |
|      | Vmin | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D005 | 0    | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |
|      | Vmax | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0    | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |
| D006 | Vmin | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0    | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |
|      | Vmax | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D007 | 0    | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |
|      | Vmin | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0    | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |

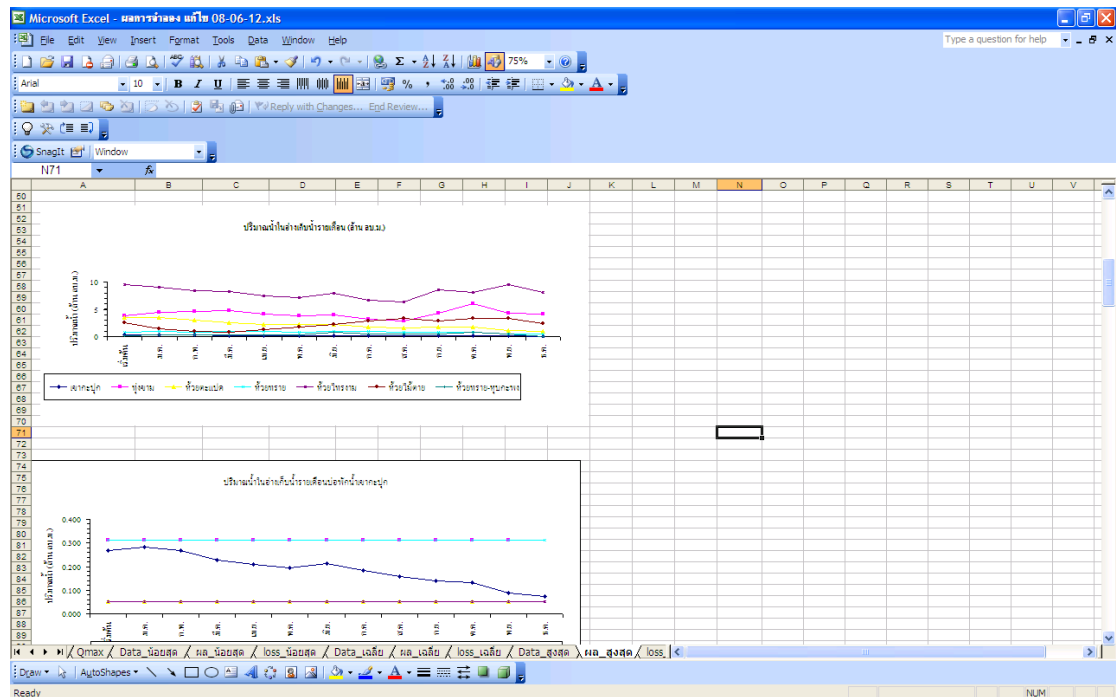
| ข้อผิดพลาดทางด้าน |       |      | Upper-Lower Rule Curve (ล้าน ลบ.ม.) |       |      |       |      |      |      |      |      |
|-------------------|-------|------|-------------------------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
|                   | ม.ก.  | ก.พ. | มี.ก.                               | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. |
|                   | บ.ก.  |      |                                     |       |      |       |      |      |      |      |      |
| D001              | Upper | Err  | 0                                   | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|                   | 0     | 0    | 0                                   |       |      |       |      |      |      |      |      |
|                   | Lower | Err  | 0                                   | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| D002              | 0     | 0    | 0                                   |       |      |       |      |      |      |      |      |
|                   | Upper | Err  | 0                                   | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|                   | 0     | 0    | 0                                   |       |      |       |      |      |      |      |      |
| D003              | Lower | Err  | 0                                   | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|                   | 0     | 0    | 0                                   |       |      |       |      |      |      |      |      |
|                   | Upper | Err  | 0                                   | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| D004              | 0     | 0    | 0                                   |       |      |       |      |      |      |      |      |
|                   | Lower | Err  | 0                                   | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|                   | 0     | 0    | 0                                   |       |      |       |      |      |      |      |      |

|      |       |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------|-------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D004 | Upper | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0     | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |
|      | Lower | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0     | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |
| D005 | Upper | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0     | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |
|      | Lower | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0     | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |
| D006 | Upper | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0     | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |
|      | Lower | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0     | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |
| D007 | Upper | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0     | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |
|      | Lower | Err | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|      | 0     | 0   | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |

\*\*\*\*\*

Current Gen = 7500 : ค่า Best Fitness = 4,698,789,065.32  
 Objective = 23493.945  
 Water Balance Constrain : 0.00E+00  
 Over Supply Constrain : 0  
 Flood Control Constrain : 0.00E+00  
 Reservoir Upper-Lower Rule Curve Constrain : 1.12E-09  
 Reservoir Capacity Constrain : 1.12E-09  
 Reservoir Last Storage Constrain : 6.46  
 เวลาที่ใช้ -00:00:40.5312500

เมื่อได้ผลลัพธ์การจำลองการจัดสรรน้ำจากระบบอ่างเก็บน้ำแล้ว จากนั้นนำผลลัพธ์ซึ่งอยู่ในรูปแบบข้อความ (Text) ไปแสดงผลเป็นกราฟ (Chart) เพื่อให้ผู้ใช้งาน (User) วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยภาพตัวอย่างการแปลงผลโดยโปรแกรม Microsoft Excel แสดงดังภาพผนวกที่ 22



ภาพผนวกที่ 22 ตัวอย่างการแปลงผลลัพธ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

**ภาคผนวก จ****โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL**

ตารางผนวกที่ จ1 อ่างเก็บน้ำ (Dam)

| ที่ | ชื่อฟิลด์          | ชนิด      | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย                                                                 |
|-----|--------------------|-----------|---------|-----|-------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1   | node_id            | char(8)   | NO      | PRI |             | รหัสโหนด                                                                 |
| 2   | name_th            | char(50)  | NO      |     |             | ชื่อภาษาไทย                                                              |
| 3   | name_en            | char(50)  | NO      |     |             | ชื่อภาษาอังกฤษ                                                           |
| 4   | address            | char(255) | NO      |     |             | ที่ตั้ง                                                                  |
| 5   | drain_max          | double    | NO      |     | 0           | ความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด (cms)                                      |
| 6   | watershed          | int(11)   | NO      |     | 0           | พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)                                                   |
| 7   | water_level_max    | float     | NO      |     | 0           | ระดับน้ำสูงสุด (รทก.)                                                    |
| 8   | water_level_normal | float     | NO      |     | 0           | ระดับน้ำเก็บกัก (รทก.)                                                   |
| 9   | water_level_min    | float     | NO      |     | 0           | ระดับน้ำต่ำสุด (รทก.)                                                    |
| 10  | capacity_max       | float     | NO      |     | 0           | ความจุสูงสุด (mcm)                                                       |
| 11  | capacity_normal    | float     | NO      |     | 0           | ความจุเก็บกัก (mcm)                                                      |
| 12  | capacity_min       | float     | NO      |     | 0           | ความจุต่ำสุด (mcm)                                                       |
| 13  | irr_area           | int(11)   | NO      |     | 0           | พื้นที่ชลประทาน                                                          |
| 14  | family             | int(11)   | NO      |     | 0           | จำนวนครัวเรือน                                                           |
| 15  | dam_desc           | char(255) | NO      |     |             | รายละเอียดอ่างเก็บน้ำ                                                    |
| 16  | seepage_coeff      | float     | NO      |     |             | สัมประสิทธิ์การรั่วซึม                                                   |
| 17  | capa_area_a        | double    | YES     |     |             | สัมประสิทธิ์สมการ<br>ความสัมพันธ์ระหว่าง<br>ความจุ-พื้นที่ผิวอ่างเก็บน้ำ |
| 18  | capa_area_b        | double    | NO      |     | 0           | สัมประสิทธิ์สมการ<br>ความสัมพันธ์ระหว่าง<br>ความจุ-พื้นที่ผิวอ่างเก็บน้ำ |
| 19  | capa_area_c        | double    | YES     |     |             | สัมประสิทธิ์สมการ<br>ความสัมพันธ์ระหว่าง<br>ความจุ-พื้นที่ผิวอ่างเก็บน้ำ |

ตารางผนวกที่ จ2 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำรายเดือน

| ที่ | ชื่อฟิลด์        | ชนิด                | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย                                                |
|-----|------------------|---------------------|---------|-----|-------------|---------------------------------------------------------|
| 1   | node_id          | char(8)             | NO      | PRI |             | รหัสโหนดอ่างเก็บน้ำ                                     |
| 2   | year_monitor     | int(11)             | NO      | PRI | 0           | พ.ศ.                                                    |
| 3   | month_monitor    | int(11)             | NO      | PRI | 0           | เดือน                                                   |
| 4   | eto              | int(11)             | NO      |     | 0           | อัตราการระเหย                                           |
| 5   | rain_plan        | int(11)             | NO      |     | 0           | ฝนคาดการณ์ (มม.)                                        |
| 6   | rain_fact        | int(11)             | NO      |     | 0           | ฝนตกจริง (มม.)                                          |
| 7   | inflow_plan      | int(11)             | NO      |     | 0           | ปริมาณน้ำไหลเข้า<br>อ่างเก็บน้ำคาดการณ์<br>(ล้าน ลบ.ม.) |
| 8   | inflow_fact      | int(11)             | NO      |     | 0           | ปริมาณน้ำไหลเข้า<br>อ่างเก็บน้ำจริง<br>(ล้าน ลบ.ม.)     |
| 9   | seepage          | int(11)             | NO      |     | 0           | ปริมาณการรั่วซึม<br>(ล้าน ลบ.ม.)                        |
| 10  | water_use        | int(11)             | NO      |     | 0           | ปริมาณการใช้น้ำ<br>(ล้าน ลบ.ม.)                         |
| 11  | capacity_plan    | int(11)             | NO      |     | 0           | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ<br>คาดการณ์ (ล้าน ลบ.ม.)         |
| 12  | capacity_fact    | int(11)             | NO      |     | 0           | ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ<br>จริง (ล้าน ลบ.ม.)             |
| 13  | upper_rule_curve | int(10)<br>unsigned | NO      |     |             | โค้งปฏิบัติการบน<br>(ล้าน ลบ.ม.)                        |
| 14  | lower_rule_curve | int(10)<br>unsigned | NO      |     |             | โค้งปฏิบัติการล่าง<br>(ล้าน ลบ.ม.)                      |

ตารางผนวกที่ จ3 อัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายเดือน (ETo)

| ที่ | ชื่อฟิลด์      | ชนิด                | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย                                  |
|-----|----------------|---------------------|---------|-----|-------------|-------------------------------------------|
| 1   | eto_station_id | char(8)             | NO      | PRI |             | รหัสสถานีวัดการใช้น้ำของพืชอ้างอิง        |
| 2   | year_monitor   | int(10)<br>unsigned | NO      | PRI | 0           | พ.ศ.                                      |
| 3   | month_monitor  | int(11)             | NO      | PRI | 0           | เดือน                                     |
| 4   | eto_monthly    | float               | NO      |     | 0           | อัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายเดือน (มม.) |

ตารางผนวกที่ จ4 สถานีวัดอัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายเดือน (ETo)

| ที่ | ชื่อฟิลด์      | ชนิด      | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย                           |
|-----|----------------|-----------|---------|-----|-------------|------------------------------------|
| 1   | eto_station_id | char(8)   | NO      | PRI |             | รหัสสถานีวัดการใช้น้ำของพืชอ้างอิง |
| 2   | name_th        | char(50)  | NO      |     |             | ชื่อภาษาไทย                        |
| 3   | name_en        | char(50)  | NO      |     |             | ชื่อภาษาอังกฤษ                     |
| 4   | sta_desc       | char(255) | NO      |     |             | รายละเอียดสถานี                    |

ตารางผนวกที่ จ5 ปริมาณน้ำไหลเข้า (Inflow)

| ที่ | ชื่อฟิลด์ | ชนิด      | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย              |
|-----|-----------|-----------|---------|-----|-------------|-----------------------|
| 1   | ext_id    | char(8)   | NO      | PRI |             | รหัสน้ำไหลเข้า        |
| 2   | node_id   | char(8)   | NO      | MUL |             | รหัสโหนดที่น้ำไหลเข้า |
| 3   | name_th   | char(30)  | NO      |     |             | ชื่อภาษาไทย           |
| 4   | name_en   | char(30)  | NO      |     |             | ชื่อภาษาอังกฤษ        |
| 5   | ext_desc  | char(255) | NO      |     |             | รายละเอียดน้ำไหลเข้า  |

ตารางผนวกที่ จ6 ปริมาณน้ำไหลเข้ารายเดือน (Monthly Inflow)

| ที่ | ชื่อฟิลด์             | ชนิด    | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย        |
|-----|-----------------------|---------|---------|-----|-------------|-----------------|
| 1   | ext_id                | char(8) | NO      | PRI |             | รหัสหน้าไหลเข้า |
| 2   | year_monitor          | int(11) | NO      | PRI | 0           | พ.ศ.            |
| 3   | month_monitor         | int(11) | NO      | PRI | 0           | เดือน           |
| 4   | inflow_monthly        | int(11) | NO      |     | 0           | น้ำเฉลี่ย       |
| 5   | inflow_little_monthly | int(11) | NO      |     | 0           | น้ำน้อย         |
| 6   | inflow_much_monthly   | int(11) | NO      |     |             | น้ำมาก          |

ตารางผนวกที่ จ7 การตั้งค่าแบบจำลองสำหรับหน้าต่างการจำลองการจัดสรรน้ำ

| ที่ | ชื่อฟิลด์             | ชนิด             | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย                          |
|-----|-----------------------|------------------|---------|-----|-------------|-----------------------------------|
| 1   | id                    | int(10) unsigned | NO      | PRI |             | รหัสการตั้งค่า                    |
| 2   | date_start            | date             | NO      |     |             | วันที่เริ่มการจำลอง               |
| 3   | date_end              | date             | NO      |     |             | วันสิ้นสุดการจำลอง                |
| 4   | month_amount          | int(10) unsigned | NO      |     |             | จำนวนเดือนที่ทำการจำลอง           |
| 5   | is_realtime           | tinyint(1)       | NO      |     |             | จำลองแบบ ณ เวลาจริง               |
| 6   | is_calulation_network | tinyint(1)       | NO      |     |             | สร้างการเชื่อมต่อของระบบกระจายน้ำ |
| 7   | sim_type              | int(10) unsigned | NO      |     |             | ประเภทการจำลอง                    |
| 8   | config_typei          | char(8)          | NO      |     |             | รหัสการตั้งค่ากรณีน้ำน้อย         |
| 9   | config_typeii         | char(8)          | NO      |     |             | รหัสการตั้งค่ากรณีน้ำเฉลี่ย       |
| 10  | config_typeiii        | char(8)          | NO      |     |             | รหัสการตั้งค่ากรณีน้ำมาก          |
| 11  | sim_result            | text             | NO      |     |             | ผลการจำลอง                        |

ตารางผนวกที่ จ8 ข้อมูลโหนด (Node)

| ที่ | ชื่อฟิลด์         | ชนิด       | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย                                  |
|-----|-------------------|------------|---------|-----|-------------|-------------------------------------------|
| 1   | node_id           | char(8)    | NO      | PRI |             | รหัสโหนด                                  |
| 2   | node_type_id      | int(11)    | NO      | MUL | 0           | ชนิดโหนด                                  |
| 3   | name_th           | char(100)  | NO      |     |             | ชื่อภาษาไทย                               |
| 4   | name_en           | char(100)  | NO      |     |             | ชื่อภาษาอังกฤษ                            |
| 5   | address           | char(150)  | NO      |     |             | ที่ตั้ง                                   |
| 6   | node_desc         | char(255)  | NO      |     |             | รายละเอียดโหนด                            |
| 7   | has_demand        | tinyint(1) | NO      |     | 0           | มีความต้องการน้ำหรือไม่                   |
| 8   | sim_water_balance | tinyint(1) | NO      |     | 0           | คำนวณสมดุลน้ำในโหนดหรือไม่                |
| 9   | issink            | tinyint(1) | NO      |     | 0           | ทำหน้าที่ระบายน้ำหรือไม่                  |
| 10  | isflood_control   | tinyint(1) | NO      |     |             | ควบคุมปริมาณน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมหรือไม่ |
| 11  | max_flood         | float      | NO      |     |             | ปริมาณน้ำที่รับได้โดยไม่เกิดน้ำท่วม (cms) |

ตารางผนวกที่ จ9 ข้อมูลสถานีวัดอัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงของโหนด (Node)

| ที่ | ชื่อฟิลด์      | ชนิด        | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย                           |
|-----|----------------|-------------|---------|-----|-------------|------------------------------------|
| 1   | node_id        | varchar(8)  | NO      | PRI |             | รหัสโหนด                           |
| 2   | eto_station_id | varchar(8)  | NO      | PRI |             | รหัสสถานีวัดการใช้น้ำของพืชอ้างอิง |
| 3   | area           | int(11)     | NO      |     | 0           | พื้นที่ผิวน้ำ                      |
| 4   | area_factor    | float       | NO      |     | 0           | ส.ป.ส. ปรับค่าพื้นที่              |
| 5   | eto_factor     | float       | NO      |     | 0           | ส.ป.ส.ปรับค่าการสใช้น้ำ            |
| 6   | node_sta_desc  | varchar(45) | NO      |     |             | รายละเอียด                         |

ตารางผนวกที่ จ10 ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนของโหนด (Node)

| ที่ | ชื่อฟิลด์       | ชนิด      | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย              |
|-----|-----------------|-----------|---------|-----|-------------|-----------------------|
| 1   | node_id         | char(8)   | NO      | PRI |             | รหัสโหนด              |
| 2   | rain_station_id | char(8)   | NO      | PRI |             | รหัสสถานีวัดน้ำฝน     |
| 3   | area            | int(11)   | NO      |     | 0           | พื้นที่ผิวน้ำ         |
| 4   | area_factor     | float     | NO      |     | 0           | ส.ป.ส. ปรับค่าพื้นที่ |
| 5   | rain_factor     | float     | NO      |     | 0           | ส.ป.ส. ปรับค่าน้ำฝน   |
| 6   | node_sta_desc   | char(255) | NO      |     |             | รายละเอียด            |

ตารางผนวกที่ จ11 ข้อมูลโหนดรายเดือน

| ที่ | ชื่อฟิลด์      | ชนิด    | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย                            |
|-----|----------------|---------|---------|-----|-------------|-------------------------------------|
| 1   | node_id        | char(8) | NO      | PRI |             | รหัสโหนด                            |
| 2   | year_monitor   | int(11) | NO      | PRI | 0           | พ.ศ.                                |
| 3   | month_monitor  | int(11) | NO      | PRI | 0           | เดือน                               |
| 4   | water_req_eat  | int(11) | NO      |     | 0           | ความต้องการน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค   |
| 5   | water_req_agr  | int(11) | NO      |     | 0           | ความต้องการน้ำสำหรับเกษตรกรรม       |
| 6   | water_req_ind  | int(11) | NO      |     | 0           | ความต้องการน้ำสำหรับอุตสาหกรรม      |
| 7   | water_req_env  | int(11) | NO      |     | 0           | ความต้องการน้ำสำหรับรักษาระบบนิเวศ  |
| 8   | water_req_all  | int(11) | NO      |     | 0           | ความต้องการน้ำทั้งหมด               |
| 9   | water_obs_eat  | int(11) | NO      |     | 0           | ปริมาณน้ำที่ส่งสำหรับอุปโภค-บริโภค  |
| 10  | water_obs_agr  | int(11) | NO      |     | 0           | ปริมาณน้ำที่ส่งสำหรับเกษตรกรรม      |
| 11  | water_obs_ind  | int(11) | NO      |     | 0           | ปริมาณน้ำที่ส่งสำหรับอุตสาหกรรม     |
| 12  | water_obs_env  | int(11) | NO      |     | 0           | ปริมาณน้ำที่ส่งสำหรับรักษาระบบนิเวศ |
| 13  | water_obs_all  | int(11) | NO      |     | 0           | ปริมาณน้ำที่ส่งจริงทั้งหมด          |
| 14  | water_obs_plan | int(11) | NO      |     | 0           | ปริมาณน้ำที่ส่งทั้งหมด (แผน)        |

ตารางผนวกที่ จ12 ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน

| ที่ | ชื่อฟิลด์       | ชนิด      | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย          |
|-----|-----------------|-----------|---------|-----|-------------|-------------------|
| 1   | rain_station_id | char(8)   | NO      | PRI |             | รหัสสถานีวัดน้ำฝน |
| 2   | name_th         | char(50)  | NO      |     |             | ชื่อภาษาไทย       |
| 3   | name_en         | char(50)  | NO      |     |             | ชื่อภาษาอังกฤษ    |
| 4   | sta_desc        | char(255) | NO      |     |             | รายละเอียด        |

ตารางผนวกที่ จ13 ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน

| ที่ | ชื่อฟิลด์       | ชนิด                  | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย          |
|-----|-----------------|-----------------------|---------|-----|-------------|-------------------|
| 1   | rain_station_id | char(8)               | NO      | PRI |             | รหัสสถานีวัดน้ำฝน |
| 2   | year_monitor    | mediumint(8) unsigned | NO      | PRI | 0           | พ.ศ.              |
| 3   | month_monitor   | tinyint(3) unsigned   | NO      | PRI | 0           | เดือน             |
| 4   | rain_monthly    | float                 | YES     |     |             | ปริมาณฝน (มม.)    |

ตารางผนวกที่ จ14 ข้อมูลปริมาณฝนรายวัน

| ที่ | ชื่อฟิลด์       | ชนิด    | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย          |
|-----|-----------------|---------|---------|-----|-------------|-------------------|
| 1   | rain_station_id | char(8) | NO      | PRI |             | รหัสสถานีวัดน้ำฝน |
| 2   | rain_date       | date    | NO      | PRI | 000-00-00   | วันที่            |
| 3   | rain_daily      | float   | YES     |     |             | ปริมาณฝน (มม.)    |

**ตารางผนวกที่ จ15** ข้อมูลท่อผันน้ำ คลองส่งน้ำ ลำน้ำธรรมชาติ (Reach)

| ที่ | ชื่อฟิลด์          | ชนิด       | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย                   |
|-----|--------------------|------------|---------|-----|-------------|----------------------------|
| 1   | reach_id           | char(8)    | NO      | PRI |             | รหัส Reach                 |
| 2   | reach_type         | tinyint(3) | NO      |     | 0           | ประเภท                     |
| 3   | node_water_recieve | char(8)    | NO      | MUL |             | รหัสโหนดรับน้ำ             |
| 4   | node_water_send    | char(8)    | NO      | MUL |             | รหัสโหนดส่งน้ำ             |
| 5   | eff                | double     | NO      |     | 0           | ประสิทธิภาพ                |
| 6   | name_th            | char(80)   | NO      |     |             | ชื่อภาษาไทย                |
| 7   | name_en            | char(80)   | NO      |     |             | ชื่อภาษาอังกฤษ             |
| 8   | capacity_max       | double     | NO      |     | 0           | อัตราการไหลสูงสุด<br>(cms) |
| 9   | capacity_min       | double     | NO      |     | 0           | อัตราการไหลต่ำสุด<br>(cms) |
| 10  | reach_desc         | char(255)  | NO      |     |             | รายละเอียด                 |

**ตารางผนวกที่ จ16** ข้อมูลปริมาณน้ำผ่าน ท่อผันน้ำ คลองส่งน้ำ ลำน้ำธรรมชาติ (Reach) รายวัน

| ที่ | ชื่อฟิลด์    | ชนิด     | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย        |
|-----|--------------|----------|---------|-----|-------------|-----------------|
| 1   | reach_id     | char(8)  | NO      | PRI |             | รหัส Reach      |
| 2   | monitor_date | date     | NO      | PRI | 0000-00-00  | วันที่          |
| 3   | value        | double   | NO      |     | 0           | ปริมาณน้ำ (cms) |
| 4   | monitor_desc | char(25) | NO      |     |             | รายละเอียด      |

ตารางผนวกที่ จ17 การตั้งค่าสำหรับแบบจำลอง GAs

| ที่ | ชื่อฟิลด์            | ชนิด      | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย                                          |
|-----|----------------------|-----------|---------|-----|-------------|---------------------------------------------------|
| 1   | config_id            | char(8)   | NO      | PRI |             | รหัสการตั้งค่า                                    |
| 2   | name_th              | char(50)  | NO      |     | -           | ชื่อภาษาไทย                                       |
| 3   | config_desc          | char(255) | NO      |     | -           | คำอธิบาย                                          |
| 4   | max_gen              | int(11)   | NO      |     | 3500        | Maximum Generation                                |
| 5   | prob_crossover       | float     | NO      |     | 0.7         | Probability of Crossover                          |
| 6   | prob_mutation        | float     | NO      |     | 0.3         | Probability of Mutation                           |
| 7   | prob_select          | float     | NO      |     | 0.01        | Selection                                         |
| 8   | r1                   | float     | NO      |     | 0           | R1                                                |
| 9   | r2                   | float     | NO      |     | 0           | R2                                                |
| 10  | r3                   | float     | NO      |     | 0           | R3                                                |
| 11  | r4                   | float     | NO      |     | 0           | R4                                                |
| 12  | r5                   | float     | NO      |     | 0           | R5                                                |
| 13  | r6                   | float     | NO      |     | 0           | R6                                                |
| 14  | r7                   | float     | NO      |     | 0           | R7                                                |
| 15  | pop_size             | int(11)   | NO      |     | 50          | Population Size                                   |
| 16  | delta_fitness_change | double    | NO      |     | 0.001       | ผลต่างของ Fitness                                 |
| 17  | delta_fitness_gen    | int(11)   | NO      |     | 100         | จำนวน Generation ที่<br>คำนวณผลต่างของ<br>Fitness |
| 18  | percent_mutation     | float     | NO      |     | 0.01        | ส.ป.ส.สำหรับลดค่า<br>Mutation                     |

**ตารางผนวกที่ จ18** ข้อมูล โหนด (Node) สำหรับการจำลองการจัดสรรน้ำ

| ที่ | ชื่อฟิลด์       | ชนิด       | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย                                     |
|-----|-----------------|------------|---------|-----|-------------|----------------------------------------------|
| 1   | node_id         | char(8)    | NO      | PRI |             | รหัสโหนด                                     |
| 2   | node_num        | int(11)    | NO      |     | 0           | หมายเลขโหนด                                  |
| 3   | chk_balance     | tinyint(1) | NO      |     | 0           | คำนวณสมดุลน้ำหรือไม่                         |
| 4   | has_demand      | tinyint(1) | NO      |     | 0           | มีความต้องการน้ำหรือไม่                      |
| 5   | issink          | tinyint(1) | NO      |     | 0           | เป็นโหนดสำหรับระบายน้ำหรือไม่                |
| 6   | isflood_control | tinyint(1) | NO      |     |             | ควบคุมปริมาณน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมหรือไม่    |
| 7   | max_flood       | float      | NO      |     |             | อัตราการระบายน้ำสูงสุดโดยไม่เกิดน้ำท่วม(cms) |

**ตารางผนวกที่ จ19** ข้อมูล Reach สำหรับการจำลองการจัดสรรน้ำ

| ที่ | ชื่อฟิลด์             | ชนิด    | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย          |
|-----|-----------------------|---------|---------|-----|-------------|-------------------|
| 1   | reach_id              | char(8) | NO      | PRI |             | รหัส Reach        |
| 2   | reach_num             | int(11) | NO      |     | 0           | หมายเลข Reach     |
| 3   | node_watersend_id     | char(8) | NO      | MUL | -           | รหัสโหนดส่งน้ำ    |
| 4   | node_watersend_num    | int(11) | NO      |     | 99999       | หมายเลขโหนดส่งน้ำ |
| 5   | node_waterrecieve_id  | char(8) | NO      | MUL | -           | รหัสโหนดรับน้ำ    |
| 6   | node_waterrecieve_num | int(11) | NO      |     | 99999       | หมายเลขโหนดรับน้ำ |

**ตารางผนวกที่ จ20** ข้อมูลอ่างเก็บน้ำสำหรับการจำลองการจัดสรรน้ำ

| ที่ | ชื่อฟิลด์   | ชนิด    | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย                    |
|-----|-------------|---------|---------|-----|-------------|-----------------------------|
| 1   | node_id     | char(8) | NO      | PRI |             | รหัสโหนด                    |
| 2   | node_num    | int(11) | NO      |     | 0           | หมายเลขโหนด                 |
| 3   | ini_storage | float   | NO      |     | 0           | ความจุเริ่มต้น (ล้าน ลบ.ม.) |

**ตารางผนวกที่ จ21** ข้อมูลน้ำไหลเข้า (Inflow) สำหรับการจำลองการจัดสรรน้ำ

| ที่ | ชื่อฟิลด์  | ชนิด    | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย          |
|-----|------------|---------|---------|-----|-------------|-------------------|
| 1   | inflow_id  | char(8) | NO      | PRI |             | รหัสน้ำไหลเข้า    |
| 2   | inflow_num | int(11) | NO      |     | 0           | หมายเลขน้ำไหลเข้า |
| 3   | node_id    | char(8) | NO      | MUL |             | รหัสโหนด          |
| 4   | node_num   | int(11) | NO      |     | 0           | หมายเลขโหนด       |

**ตารางผนวกที่ จ22** ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน สถานีวัดอัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงสำหรับการจัดสรรน้ำ

| ที่ | ชื่อฟิลด์    | ชนิด             | ค่าว่าง | Key | ค่าเริ่มต้น | คำอธิบาย          |
|-----|--------------|------------------|---------|-----|-------------|-------------------|
| 1   | sta_id       | char(8)          | NO      | PRI |             | รหัสสถานี         |
| 2   | node_id      | char(8)          | NO      | PRI |             | รหัสโหนด          |
| 3   | node_num     | int(10) unsigned | NO      |     | 0           | หมายเลขโหนด       |
| 4   | area_factor  | float            | NO      |     | 0           | ส.ป.ส.ปรับพื้นที่ |
| 5   | value_factor | float            | NO      |     | 0           | ส.ป.ส.ปรับค่า     |

นอกจากนี้ฐานข้อมูล MySQL ยังประกอบด้วย Store Procedure ทำหน้าที่แปลงข้อมูลระบบกระจายน้ำทั้งระบบให้อยู่ในรูปแบบที่แบบจำลองจัดสรรน้ำสามารถนำไปใช้งานได้ ประกอบด้วย Store Procedure จำนวน 4 แฟ้ม ได้แก่

1. RunNumInflow ทำหน้าที่แปลงรหัส Inflow เป็นหมายเลข
2. RunNumNode ทำหน้าที่แปลงรหัส Node เป็นหมายเลข
3. RunNumReach ทำหน้าที่แปลงรหัส Reach เป็นหมายเลข
4. InitialSystem ทำหน้าที่สร้างระบบกระจายน้ำทั้งหมดให้อยู่ในรูปแบบที่ GAS สามารถนำไปใช้งานได้

สำหรับ Source Code ของ Store Procedure มีดังนี้

(ขอสงวนสิทธิ์ หากมีความประสงค์นำไปใช้กรุณาติดต่อ นายกรตสุวรรณ โพธิ์สุวรรณ  
โทร.085-8317983 e-mail : [krotsuwan@hotmail.com](mailto:krotsuwan@hotmail.com))

#### 1. RunNumInflow

```
DELIMITER $$

DROP PROCEDURE IF EXISTS `iwms`.`RunNumInflow` $$

CREATE DEFINER=`root`@`localhost` PROCEDURE `RunNumInflow`()
BEGIN
    DECLARE i int;
    DECLARE inflow_count int;
    DECLARE id CHAR(8);
    DECLARE cur_1 CURSOR FOR SELECT inflow_id FROM sim_inflow;
    SET i=0;
    SELECT COUNT(*) INTO inflow_count FROM sim_inflow limit 1;
    OPEN cur_1;

    WHILE i< inflow_count DO
        FETCH cur_1 INTO id;
        update sim_inflow set inflow_num=i where inflow_id=id limit 1;
        SET i=i+1;
    END WHILE;

    CLOSE cur_1;
```

```
END $$
```

```
DELIMITER ;
```

## 2. RunNumNode

```
DELIMITER $$
```

```
DROP PROCEDURE IF EXISTS `iwms`.`RunNumNode` $$
```

```
CREATE DEFINER=`root`@`localhost` PROCEDURE `RunNumNode`()
```

```
BEGIN
```

```
    DECLARE i int;
```

```
    DECLARE node_count int;
```

```
    DECLARE id CHAR(8);
```

```
    DECLARE cur_1 CURSOR FOR SELECT node_id FROM sim_node;
```

```
    SET i=0;
```

```
    SELECT COUNT(*) INTO node_count FROM sim_node limit 1;
```

```
    OPEN cur_1;
```

```
    WHILE i< node_count DO
```

```
        FETCH cur_1 INTO id;
```

```
        update sim_node set node_num=i where node_id=id limit 1;
```

```
        SET i=i+1;
```

```
    END WHILE;
```

```
    CLOSE cur_1;
```

```
END $$
```

```
DELIMITER ;
```

## 3. RunNumReach

```
DELIMITER $$
```

```
DROP PROCEDURE IF EXISTS `iwms`.`RunNumReach` $$
```

```
CREATE DEFINER=`root`@`localhost` PROCEDURE `RunNumReach`()
```

```
BEGIN
```

```

DECLARE i INT DEFAULT 0;
DECLARE reach_count int;
DECLARE id CHAR(8);
DECLARE cur_1 CURSOR FOR SELECT reach_id FROM sim_reach;
SELECT COUNT(*) INTO reach_count FROM sim_reach limit 1;
OPEN cur_1;

WHILE i< reach_count DO
    FETCH cur_1 INTO id;
    update sim_reach set reach_num=i where reach_id=id limit 1;
    SET i=i+1;
END WHILE;

CLOSE cur_1;
END $$
DELIMITER ;

4. InitialSystem
DELIMITER $$
DROP PROCEDURE IF EXISTS `iwms`.`InitialSystem` $$
CREATE DEFINER=`root`@`localhost` PROCEDURE `InitialSystem`()
BEGIN
    TRUNCATE TABLE sim_node;
    TRUNCATE TABLE sim_reach;
    TRUNCATE TABLE sim_inflow;
    TRUNCATE TABLE sim_sta;

    insert into sim_node(node_id,chk_balance,has_demand,issink,isflood_control,max_flood)
select node_id,sim_water_balance,has_demand,issink,isflood_control,max_flood from node;

    insert into sim_reach(reach_id,node_watersend_id,node_waterrecieve_id) select
reach_id,node_water_send,node_water_recieve from reach;

    insert into sim_inflow(inflow_id,node_id) select ext_id,node_id from ext_inflow;

```

```

insert into sim_sta(sta_id,node_id,area_factor,value_factor) select
rain_station_id,node_id,area_factor,rain_factor from node_rain_sta;

insert into sim_sta(sta_id,node_id,area_factor,value_factor) select
eto_station_id,node_id,area_factor,eto_factor from node_eto_sta;

CALL RunNumNode();

UPDATE sim_reach,sim_node SET sim_reach.node_watersend_num=sim_node.node_num
where sim_reach.node_watersend_id=sim_node.node_id;

UPDATE sim_reach,sim_node SET sim_reach.node_waterrecieve_num=sim_node.node_num
where sim_reach.node_waterrecieve_id=sim_node.node_id;

UPDATE sim_inflow,sim_node SET sim_inflow.node_num=sim_node.node_num where
sim_inflow.node_id=sim_node.node_id;

UPDATE sim_dam,sim_node SET sim_dam.node_num=sim_node.node_num where
sim_dam.node_id=sim_node.node_id;

UPDATE sim_sta,sim_node SET sim_sta.node_num=sim_node.node_num where
sim_sta.node_id=sim_node.node_id;

CALL RunNumReach();

CALL RunNumInflow();

END $$

DELIMITER ;

```

**ภาคผนวก จ**

รหัส (Source Code) Library BanGA.dll

Library BanGA เป็นแฟ้ม (File) ชื่อ BanGA.dll ถูกเรียกใช้งานโดยโปรแกรมบริหารจัดการน้ำ โครงการเครือข่ายอ่างเก็บน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ่างเอชะอำ จังหวัดเพชรบุรีทำหน้าที่รับข้อมูลจากฐานข้อมูล MySQL ผ่านโปรแกรมฯ จากนั้นจึงจำลองการจัดสรรน้ำและประยุกต์ใช้ Genetic Algorithms และส่งผลลัพธ์จากการจัดสรรน้ำให้กับโปรแกรมฯ เพื่อบันทึกลงฐานข้อมูล MySQL ต่อไป ตัวแปลภาษา (Compiler) ที่ใช้ในการพัฒนาคือภาษา C# โดยพัฒนาในลักษณะการโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming) ประกอบด้วยแฟ้ม (File) ของรหัส (Source Code) จำนวน 13 แฟ้มได้แก่ (ขอสงวนสิทธิ์ หากมีความประสงค์นำไปใช้กรุณาติดต่อ นายกรตสุวรรณ โพธิ์สุวรรณ โทร.085-8317983 e-mail : [krotsuwan@hotmail.com](mailto:krotsuwan@hotmail.com))

1. BanGA.cs
2. Gene.cs
3. GeneDetail.cs
4. Chromosome.cs
5. Population.cs
6. LayerSelect.cs
7. Inflow.cs
8. Reach.cs
9. Node.cs
10. NodeDetail.cs
11. NodeDam.cs
12. NodeDemand.cs
13. NodeFloodControl.cs

รหัส (Source Code) ของ Library BanGA.dll มีดังนี้

#### **BanGA.cs**

```
using System;
using System.Threading;
using System.IO;
using MyGA.Item;
```

```

public class BanGA
{
    public delegate void DelegateCurGenChange(int val);
    public static event DelegateCurGenChange CurGenChange
    public static event DelegateCurGenChange SimComplete
    StreamWriter sw = new StreamWriter("data.txt");

    public bool IsCancle = false
    public int _PopSize;
    public int _ChroLen;
    public int _GeneLen;
    public float percent_mut_qmax;
    private int RepeatRand;
    public double R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7;
    private double _OldFitness;
    private int _MaxGen = 100;
    private double _DeltaFitness = 0.001d;
    private int _DeltaFitnessGen = 100;
    public int _CurGen;
    private float _ProbSelection;
    private float _ProbCrossOver;
    private float _ProbMutation;
    private int _NumOfMutate;
    public Population[] Population;
    private int _CurPop, _NextPop;
    public Random RndInt;
    public Random ranMutation;
    public Random ranCrossover;
    public GeneDetails GeneDetails;
    public Nodes myNode;
    public TimeSpan timeUsedForSimulation;

```

```

public int[] NumberofDay;
public int _NumNode;
public int _NumDamNode;
public int _NumDemandNode;
public int _NumUnctrInflow;
public int _NumCheckBalance;
public int _NumFloodControl;
public NodeDams _DamNodes;
public NodeDemands _DemandNodes;
public UnctrInflows _UncontrolInflow;
public NodeFloodControls _FloodControlNodes;
public int[] NodeCheckBalances;
public int[] NodeCalFloodControl;
public LayerSelect LaySelect;
public BanGA(ref int PopSize, ref int ChroLen, ref int GeneLen)
{
    CurGenChange = new DelegateCurGenChange(CurrentGenerationChange);
    SimComplete = new DelegateCurGenChange(SimulationComplete);
    this.PopSize = PopSize;
    this.ChroLen = ChroLen;
    this.GeneLen = GeneLen;
    this.Population = new Population[2];
    LaySelect = new LayerSelect(ref _PopSize, ref _ChroLen, ref _GeneLen);
    LaySelect.BestFitness = 1E+32;
    _CurPop = 0;
    _NextPop = 1;
    _NumUnctrInflow = 1;
    _MaxGen = 60000;
    _ProbSelection = 1.0f;
    _ProbMutation = 0.0197f;
    _ProbCrossOver = 0.80f;

```

```

    RndInt = new Random();

    this.ranCrossover = new Random();

    this.ranMutation = new Random();

    R1 = 1.0;

    R2 = 1.0;

    R3 = 1.0;

    R4 = 1.0;

    R5 = 1.0;

    R6 = 1.0;

    R7 = 1.0;

    Population[0] = new Population(ref _PopSize, ref _ChroLen, ref _GeneLen);
    Population[1] = new Population(ref _PopSize, ref _ChroLen, ref _GeneLen);
}

#region Method

public void StartSimulation()
{
    System.Threading.Thread t = new System.Threading.Thread(new ThreadStart(Simulation));

    t.IsBackground = true;

    t.Start();
}

public void Simulation()
{
    int i = 0;

    bool cal_stepI = false, cal_stepII = false ;

    Double tmp_R1 = 0.0d, tmp_R2 = 0.0d, tmp_R3 = 0.0d, tmp_R4 = 0.0d, tmp_R5 = 0.0d,
tmp_R6 = 0.0d, tmp_R7 = 0.0d;

    int tmp_MaxGen = 1;

    tmp_R1 = this.R1;

    tmp_R2 = this.R2;

    tmp_R3 = this.R3;

```

```

tmp_R4 = this.R4;
tmp_R5 = this.R5;
tmp_R6 = this.R6;
tmp_R7 = this.R7;
tmp_MaxGen = this.MaxGen;
this.R2 = 0.0d;
this.R3 = 0.0d;
this.R4 = 0.0d;
this.R5 = 0.0d;
this.R6 = 0.0d;
this.R7 = 0.0d;
_OldFitness = 1E+32;
Initialize();
LaySelect.Items[0].Fitness = 1E+32;
LaySelect.BestFitness = 1E+32;
timeUsedForSimulation = DateTime.Now.TimeOfDay;
if (cal_stepI == true)
{
    this.MaxGen = (int)(0.2f*this.MaxGen);
    _CurGen = 0;
    for (_CurGen = 0; _CurGen < _MaxGen; _CurGen++)
    {
        Objective();
        _CurGen += 1;
        if (_CurGen % this._DeltaFitnessGen == 0)
        {
            CurGenChange.Invoke(_CurGen);
            if (IsCancle == true)
            {
                break;
            }
        }
    }
}

```

```

        if (_OldFitness - LaySelect.BestFitness < this._DeltaFitness)
        {
            if (_OldFitness > LaySelect.BestFitness)
            {
                break;
            }
        }
        else
        {
            _OldFitness = LaySelect.BestFitness;
        }
    }
    BinaryTournamentSelection();
    //RouletteWheelSelection();
    SwapCurPop();
    UniformCrossOver();
    ModUniMutate();
}

for (i = 0; i < this.PopSize; i++)
{
    CopyChro(ref this.Population[_CurPop].Chromosomes[0], ref
this.Population[_CurPop].Chromosomes[i]);
}
}

if (cal_stepII == true)
{
    this.R2 = tmp_R2;
    this.R3 = 0.0d;
    this.R4 = 0.0d;
    this.R5 = 0.0d;
}

```

```

this.R6 = tmp_R6 ;
_OldFitness = 1E+32;
LaySelect.Items[0].Fitness = 1E+32;
LaySelect.BestFitness = 1E+32;
this.MaxGen = (int)(0.5f * tmp_MaxGen);
_CurGen = 0;
for (_CurGen = 0; _CurGen < _MaxGen; _CurGen++)
{
    Objective();
    _CurGen += 1;
    if (_CurGen % this._DeltaFitnessGen == 0)
    {
        CurGenChange.Invoke(_CurGen);
        if (IsCancle == true)
        {
            break;
        }
        this.R2 += 0.1;
        this.R6 += 0.1;
        if (_OldFitness - LaySelect.BestFitness < this._DeltaFitness)
        {
            if (_OldFitness > LaySelect.BestFitness)
            {
                break;
            }
        }
        else
        {
            _OldFitness = LaySelect.BestFitness;
        }
    }
}

```

```

        BinaryTournamentSelection();
        //RouletteWheelSelection();

        SwapCurPop();
        UniformCrossOver();
        ModUniMutate();
    }
    for (i = 0; i < this.PopSize; i++)
    {
        CopyChro(ref this.Population[_CurPop].Chromosomes[0], ref
this.Population[_CurPop].Chromosomes[i]);
    }
}
_OldFitness = 1E+32;
LaySelect.Items[0].Fitness = 1E+32;
LaySelect.BestFitness = 1E+32;
this.R1 = tmp_R1;
this.R2 = tmp_R2;
this.R3 = tmp_R3;
this.R4 = tmp_R4;
this.R5 = tmp_R5;
this.R6 = tmp_R6;
this.R7 = tmp_R7;
this.MaxGen = tmp_MaxGen;
_CurGen = 0;
for (_CurGen = 0; _CurGen < _MaxGen; _CurGen++)
{
    Objective();
    if (_CurGen % this._DeltaFitnessGen == 0)
    {
        CurGenChange.Invoke(_CurGen);
        if (IsCancle == true)

```

```

    {
        break;
    }
    _ProbMutation = 0.97f * _ProbMutation;
    if (_OldFitness - LaySelect.BestFitness < this._DeltaFitness)
    {
        if (_OldFitness > LaySelect.BestFitness)
        {
            break;
        }
    }
    else
    {
        _OldFitness = LaySelect.BestFitness;
    }
}

BinaryTournamentSelection();
//RouletteWheelSelection();

SwapCurPop();

UniformCrossOver();

ModUniMutate();
}

CopyChro(ref Population[_NextPop].Chromosomes[0], ref LaySelect.BestChro);
Console.WriteLine ("Best fitness {0} P.Xover P.Mutation");

timeUsedForSimulation = timeUsedForSimulation.Subtract(DateTime.Now.TimeOfDay);

sw.Close();

SimComplete.Invoke(_CurGen);
}

public void sim_Senivity()
{
    int i = 0;

```

```

    Double tmp_R1 = 0.0d, tmp_R2 = 0.0d, tmp_R3 = 0.0d, tmp_R4 = 0.0d, tmp_R5 = 0.0d,
tmp_R6 = 0.0d, tmp_R7 = 0.0d;

    int tmp_MaxGen = 1,tmp_popsiz=0;

    float tmp_ProbMutation = 0.000f, tmp_ProbCrossOver=0.0f;

    int num_mu_perchromosome = 0;

    tmp_ProbMutation = this.ProbMutation;

    this.PopSize = 20;

    tmp_R1 = this.R1;

    tmp_R2 = this.R2;

    tmp_R3 = this.R3;

    tmp_R4 = this.R4;

    tmp_R5 = this.R5;

    tmp_R6 = this.R6;

    tmp_R7 = this.R7;

    tmp_MaxGen = this.MaxGen;

    while (this.PopSize < 210)
    {

        this.ProbMutation = tmp_ProbMutation;

        this.PopSize += 20;

        this.ProbCrossOver+=0.05f;


        Initialize();

        _OldFitness = 1E+32;

        LaySelect.Items[0].Fitness = 1E+32;

        LaySelect.BestFitness = 1E+32;

        this.R1 = tmp_R1;

        this.R2 = tmp_R2;

        this.R3 = tmp_R3;

        this.R4 = tmp_R4;

        this.R5 = tmp_R5;

        this.R6 = tmp_R6;

```

```

this.R7 = tmp_R7;
this.MaxGen = tmp_MaxGen;
_CurGen = 0;
for (_CurGen = 0; _CurGen < _MaxGen; _CurGen++)
{
    Objective();
    if (_CurGen % this._DeltaFitnessGen == 0)
    {
        CurGenChange.Invoke(_CurGen);
        if (IsCancle == true)
        {
            break;
        }
        _ProbMutation = 0.97f * _ProbMutation;
        if (_OldFitness - LaySelect.BestFitness < this._DeltaFitness)
        {
            if (_OldFitness > LaySelect.BestFitness)
            {
                break;
            }
        }
        else
        {
            _OldFitness = LaySelect.BestFitness;
        }
    }
    BinaryTournamentSelection();
    SwapCurPop();
    UniformCrossOver();
    ModUniMutate();
}

```

```

        CopyChro(ref Population[_NextPop].Chromosomes[0], ref LaySelect.BestChro);
    }
    SimComplete.Invoke(_CurGen);
}

public void sim_Rx()
{
    int i = 0;

    Double tmp_R1 = 0.0d, tmp_R2 = 0.0d, tmp_R3 = 0.0d, tmp_R4 = 0.0d, tmp_R5 = 0.0d,
tmp_R6 = 0.0d, tmp_R7 = 0.0d;

    int tmp_MaxGen = 1, tmp_popsize = 0;

    float tmp_ProbMutation = 0.000f, tmp_ProbCrossOver = 0.0f;

    int num_mu_perchromosome = 0;

    tmp_ProbMutation = this.ProbMutation;

    while (this.R1 < 30000.0d)
    {
        this.ProbMutation = tmp_ProbMutation;

        Initialize();

        _OldFitness = 1E+32;
        LaySelect.Items[0].Fitness = 1E+32;
        LaySelect.BestFitness = 1E+32;

        this.R1 += 1000.0d;

        _CurGen = 0;

        for (_CurGen = 0; _CurGen < _MaxGen; _CurGen++)
        {
            Objective();

            if (_CurGen % this._DeltaFitnessGen == 0)
            {
                CurGenChange.Invoke(_CurGen);

                if (IsCancle == true)

```

```

        {
            break;
        }
        _ProbMutation = 0.97f * _ProbMutation;
        if (_OldFitness - LaySelect.BestFitness < this._DeltaFitness)
        {
            if (_OldFitness > LaySelect.BestFitness)
            {
                break;
            }
        }
        else
        {
            _OldFitness = LaySelect.BestFitness;
        }
    }
    BinaryTournamentSelection();
    SwapCurPop();
    UniformCrossOver();
    ModUniMutate();
}

CopyChro(ref Population[_NextPop].Chromosomes[0], ref LaySelect.BestChro);
}

SimComplete.Invoke(_CurGen);
}

public void Initialize()
{
    int i, j, k;

    for (i = 0; i < _PopSize; i++)

```

```

{
    for (j = 0; j < _ChroLen; j++)
    {
        for (k = 0; k < _GeneLen; k++)
        {
            Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] = (float)RandReal(ref
GeneDetails.Gens[j].CapaMin[k],
            ref GeneDetails.Gens[j].CapaMax[k]);
        }
    }
}

```

```

public void Objective()
{
    try
    {
        int i, j, k;
        int num_n_1;
        double SumSqareWaterBalanceError = 0.0d;
        num_n_1 = 0;
        for (i = 0; i < _PopSize; i++)
        {
            SumSqareWaterBalanceError = 0.0d;
            num_n_1 = 0;
            LaySelect.Items[i].Fitness = 0.0d;
            LaySelect.Items[i].Objective = 0.0d;
            LaySelect.Items[i].OverConstr = 0.0d;
            LaySelect.Items[i].FloodConstr = 0.0d;
            LaySelect.Items[i].BalConstr = 0.0d;
            LaySelect.Items[i].DamUpperLowerConstr = 0.0d;
            LaySelect.Items[i].DamStoConstr = 0.0d;

```

```

LaySelect.Items[i].DamLstSorConstr = 0.0d;
this.myNode.ResetQ();
for (j = 0; j < this.ChroLen; j++)
{
    for (k = 0; k < this.GeneLen; k++)
    {
        myNode.Items[GeneDetails.Gens[j].NodeReciveWater].Qout[k] +=
Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k];
        myNode.Items[GeneDetails.Gens[j].NodeSendWater].Qin[k] +=
GeneDetails.Gens[j].Eff * Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k];
    }
}
_UncontrolInflow.Addwater();
myNode.CalQbalance();
_DamNodes.CalDamConstrain();
LaySelect.Items[i].DamUpperLowerConstr = _DamNodes.DamUperLowerConstrain;
LaySelect.Items[i].DamStoConstr = _DamNodes.DamStorageConstrain;
LaySelect.Items[i].DamLstSorConstr = _DamNodes.DamLastStorageConstrain;
_DemandNodes.CalDemandConstrain();
LaySelect.Items[i].Objective = _DemandNodes.DemandObjective;
LaySelect.Items[i].OverConstr = _DemandNodes.OversupplyConstrain;
LaySelect.Items[i].FloodConstr = _FloodControlNodes.GetFloodControlConstrain();
for (j = 0; j < _NumCheckBalance; j++)
{
    for (k = 0; k < this.GeneLen; k++)
    {
        {
            {
                if (Math.Abs(myNode.Items[NodeCheckBalances[j]].QBalance[k])>0.0004f)
                {
                    num_n_1 += 1;

```

```

        SumSqareWaterBalanceError +=
(double)(Math.Pow(myNode.Items[NodeCheckBalances[j]].QBalance[k], 2.0d));
    }
}
}
}
}
if (num_n_1 < 2)
{
    num_n_1 = 2;
}
LaySelect.Items[i].BalConstr = SumSqareWaterBalanceError;
LaySelect.Items[i].Fitness = R1 * LaySelect.Items[i].Objective + R2 *
LaySelect.Items[i].BalConstr + R3 * LaySelect.Items[i].OverConstr + R4 *
LaySelect.Items[i].FloodConstr + R5 * LaySelect.Items[i].DamUpperLowerConstr + R6 *
LaySelect.Items[i].DamStoConstr + R7 * LaySelect.Items[i].DamLstSorConstr;
}
k = 0;
for (j = 0; j < _PopSize; j++)
{
    if (LaySelect.Items[j].Fitness < LaySelect.Items[k].Fitness)
    {
        k = j;
    }
}
if (LaySelect.Items[k].Fitness < LaySelect.BestFitness)
{
    CopyChro(ref Population[_CurPop].Chromosomes[k], ref
Population[_CurPop].Chromosomes[0]);
    CopyChro(ref Population[_CurPop].Chromosomes[k], ref LaySelect.BestChro);
    LaySelect.Items[0].Fitness = LaySelect.Items[k].Fitness;

```

```

        LaySelect.BestFitness = LaySelect.Items[k].Fitness;
        LaySelect.BestObjective = LaySelect.Items[k].Objective;
        LaySelect.BestBalConstr = LaySelect.Items[k].BalConstr;
        LaySelect.BestDamStoConstr = LaySelect.Items[k].DamStoConstr;
    }
    else
    {
        CopyChro(ref LaySelect.BestChro, ref Population[_CurPop].Chromosomes[0]);
        LaySelect.Items[0].Fitness = LaySelect.BestFitness;
    }

    sw.WriteLine("Gen {0} BestFit {1}", _CurGen, LaySelect.BestFitness);
}

catch (Exception e)
{
    Console.WriteLine(e.Message);
}
}

public void RouletteWheelSelection()
{
    int i, j;
    double RandVal;
    double StartRand = 0.0;
    LaySelect.Items[0].CumFitness = 1.0d/LaySelect.Items[0].Fitness;
    for (j = 0; j < _PopSize; j++)
    {
        LaySelect.Items[j].SelChroIndex = j;
    }
    for (i = 1; i < _PopSize; i++)
    {

```

```

        LaySelect.Items[i].CumFitness = LaySelect.Items[i - 1].CumFitness + 1.0d /
LaySelect.Items[i].Fitness;
    }
    for (i = 1; i < _PopSize; i++)
    {
        RandVal = RandDbl(ref StartRand, ref LaySelect.Items[_PopSize - 1].CumFitness);
        for (j = 0; j < _PopSize; j++)
        {
            if (RandVal < LaySelect.Items[j].CumFitness)
            {
                LaySelect.Items[i].SelChroIndex = j;
                break;
            }
        }
    }
    for (i = 0; i < _PopSize; i++)
    {
        CopyChro(ref Population[_CurPop].Chromosomes[LaySelect.Items[i].SelChroIndex], ref
Population[_NextPop].Chromosomes[i]);
    }
}

public void ProportionalSelection()
{
    int mem, i, j;
    double sum = 0;
    double p;
    double avg;

    for (mem = 0; mem < _PopSize; mem++)
    {

```

```

        sum += LaySelect.Items[mem].Fitness;
    }
    avg = sum / (double)_PopSize;
    for (mem = 0; mem < _PopSize; mem++)
    {
        LaySelect.Items[mem].RelFitness = LaySelect.Items[mem].Fitness / sum;
    }
    LaySelect.Items[0].CumFitness = LaySelect.Items[0].CumFitness;
    for (mem = 1; mem < _PopSize; mem++)
    {
        LaySelect.Items[mem].CumFitness = LaySelect.Items[mem - 1].CumFitness +
            LaySelect.Items[mem].RelFitness;
    }

    for (i = 1; i < _PopSize; i++)
    {
        p = RndInt.Next(1000) / 1000.0;
        if (p >= LaySelect.Items[i].CumFitness)
        {
            LaySelect.Items[i].SelChroIndex = 0;
        }
        else
        {
            for (j = 0; j < _PopSize; j++)
            {
                if (p < LaySelect.Items[j].CumFitness && p >= LaySelect.Items[j].CumFitness)
                {
                    LaySelect.Items[i].SelChroIndex = j + 1;
                }
            }
        }
    }
}

```

```

    for (i = 0; i < _PopSize; i++)
    {
        CopyChro(ref Population[_CurPop].Chromosomes[LaySelect.Items[i].SelChroIndex], ref
Population[_NextPop].Chromosomes[i]);
    }
}

```

```

public void BinaryTournamentSelection()
{
    int i, j;
    int ii;
    RepeatRand = 5;

    for (j = 0; j < _PopSize; j++)
    {
        LaySelect.Items[j].SelChroIndex = j;
    }

    for (i = 0; i < RepeatRand; i++)
    {
        for (j = 0; j < _PopSize; j++)
        {
            if (RndInt.NextDouble() < _ProbSelection)
            {
                ii = RndInt.Next(_PopSize);
                while (ii==j)
                {
                    ii = RndInt.Next(_PopSize);
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        if (LaySelect.Items[LaySelect.Items[j].SelChroIndex].Fitness <
LaySelect.Items[LaySelect.Items[ii].SelChroIndex].Fitness)
        {
            LaySelect.Items[ii].SelChroIndex = LaySelect.Items[j].SelChroIndex;
        }
        else
        {
            LaySelect.Items[j].SelChroIndex = LaySelect.Items[ii].SelChroIndex;
        }
    }
}

for (i = 0; i < _PopSize; i++)
{
    CopyChro(ref Population[_CurPop].Chromosomes[LaySelect.Items[i].SelChroIndex], ref
Population[_NextPop].Chromosomes[i]);
}
}

```

```

public void RankSelection()
{
    int ii, jj, mem;
    int[,] Index = new int[_PopSize, 0];
    for (mem = 0; mem < _PopSize * 5; mem++)
    {
        ii = RndInt.Next(_PopSize);
        jj = RndInt.Next(_PopSize);
        if (LaySelect.Items[ii].Fitness < LaySelect.Items[jj].Fitness)
        {
            LaySelect.Items[ii].SelChroIndex = ii;
        }
    }
}

```

```

    }
}

```

```

private void Xover(ref Chromosome ChroI, ref Chromosome ChroII)
{
    int i;
    int StartCut;
    StartCut = RndInt.Next(_ChroLen);
    for (i = StartCut; i < _ChroLen; i++)
    {
        SwapGene(ref ChroI.Genes[i], ref ChroII.Genes[i]);
    }
}

```

```

private void TPXover(ref Chromosome ChroI, ref Chromosome ChroII)
{
    int i;
    int StartCutI, StartCutII;
    StartCutI = RndInt.Next(_ChroLen);
    StartCutII = RndInt.Next(_ChroLen);
    if (StartCutII < StartCutI) SwapInt(ref StartCutI, ref StartCutII);
    for (i = StartCutI; i < StartCutII; i++)
    {
        SwapGene(ref ChroI.Genes[i], ref ChroII.Genes[i]);
    }
}

```

```

private void MunXover(ref Chromosome ChroI, ref Chromosome ChroII)
{
    int i, ii, CrossIndex;
    for (ii = 0; ii < _ChroLen; ii++)

```

```

{
    for (i = 0; i < _GeneLen; i++)
    {
        CrossIndex = (int)RndInt.Next(0, 2);
        if (CrossIndex == 1)
        {
            SwapAllel(ref ChroI.Genes[ii].Alleles[i], ref ChroII.Genes[ii].Alleles[i]);
        }
    }
}

```

```

private void UnXover(ref Chromosome ChroI, ref Chromosome ChroII)
{
    int i, ii, CrossIndex;
    Console.WriteLine("Crossover");
    for (ii = 0; ii < _ChroLen; ii++)
    {
        CrossIndex = RndInt.Next(2) & 01;
        for (i = 0; i < _GeneLen; i++)
        {
            if (CrossIndex == 0)
            {
                SwapAllel(ref ChroI.Genes[ii].Alleles[i], ref ChroII.Genes[ii].Alleles[i]);
            }
        }
    }
}

```

```

public void OnePointCrossOver()
{

```

```

int mem, one;
int first = 0;
double x;
for (mem = 0; mem < _PopSize; mem++)
{
    x = RndInt.Next(1000) / 1000.0;
    if (x < _ProbCrossOver)
    {
        ++first;
        if (first == 2)
        {
            Xover(ref Population[_NextPop].Chromosomes[mem], ref
Population[_NextPop].Chromosomes[mem]);
        }
        else
        {
            one = mem;
        }
    }
}

```

```

public void TwoPointCrossOver()
{
    int mem, one = 0;
    int first = 0;
    double x;
    for (mem = 0; mem < _PopSize; mem++)
    {
        x = RndInt.Next(1000) / 1000.0;
        if (x < _ProbCrossOver)

```

```

    {
        ++first;
        if (first % 2 == 0)
        {
            TPXover(ref Population[_NextPop].Chromosomes[one], ref
Population[_NextPop].Chromosomes[mem]);
        }
        else
        {
            one = mem;
        }
    }
}
}

```

```

public void UniformCrossOver()
{
    int mem, one = 0;
    int first = 0;
    double x;
    for (mem = 1; mem < _PopSize; mem++)
    {
        x = ranCrossover.NextDouble();
        if (x < _ProbCrossOver)
        {
            ++first;
            if (first % 2 == 0)
            {
                MunXover(ref Population[_CurPop].Chromosomes[one], ref
Population[_CurPop].Chromosomes[mem]);
            }
        }
    }
}

```

```

        else
        {
            one = mem;
        }
    }
}

}

public void ModUniMutate()
{
    int i, j, k;
    float x;
    double Mutant, ChangeStep;
    int RanValue;
    int max_mu_ranrange=6;
    ChangeStep = 0.0d;

    for (i = 1; i < _PopSize; i++)
    {
        for (j = 0; j < _ChroLen; j++)
        {
            for (k = 0; k < _GeneLen; k++)
            {
                x = (float)ranMutation.NextDouble();
                if (x < _ProbMutation)
                {
                    RanValue = RndInt.Next(max_mu_ranrange);
                    switch (RanValue)
                    {
                        case 0:
                            ChangeStep = 0.0001d;

```

```

        break;
    case 1:
        ChangeStep = 0.001d;
        break;
    case 2:
        ChangeStep = 0.01d;
        break;
    case 3:
        ChangeStep = 0.1d;
        break;
    default:
        ChangeStep = (this.percent_mut_qmax * (RandDbIII(0.0d,
(double)(GeneDetails.Gens[j].CapaMax[k] - GeneDetails.Gens[j].CapaMin[k]))));
        break;
    }
    Mutant = RndInt.Next(2);
    if (Mutant == 1)
    {
        Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] += ChangeStep;
        if (Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] >
GeneDetails.Gens[j].CapaMax[k])
        {
            Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] -= 2.0f *
ChangeStep;
            if (Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] <
GeneDetails.Gens[j].CapaMin[k])
            {
                Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] =
GeneDetails.Gens[j].CapaMin[k];
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    else
    {
        Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] -= ChangeStep;
        if (Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] <
GeneDetails.Gens[j].CapaMin[k])
        {
            Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] += 2.0f *
ChangeStep;
            if (Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] >
GeneDetails.Gens[j].CapaMax[k])
            {
                Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] =
GeneDetails.Gens[j].CapaMax[k];
            }
        }
    }
}
}
}
}
}
}
}
}
}
}

public void ModUniMutateII()
{
    int i, j, k;
    float x;
    float Mutant, ChangeStep;
    ChangeStep = 0f;

```

```

for (i = 1; i < _PopSize; i++)
{
    for (j = 0; j < _ChroLen; j++)
    {
        for (k = 0; k < _GeneLen; k++)
        {
            x = (float)RndInt.NextDouble();
            if (x < _ProbMutation)
            {
                ChangeStep = RandRealII(0.0001f, 0.001f);
                Mutant = RndInt.Next(2);
                if (Mutant == 1)
                {
                    Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] += ChangeStep;
                    if (Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] >
GeneDetails.Gens[j].CapaMax[k])
                    {
                        Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] =
GeneDetails.Gens[j].CapaMax[k];
                    }
                }
                else
                {
                    Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] -= ChangeStep;
                    if (Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] <
GeneDetails.Gens[j].CapaMin[k])
                    {
                        Population[_CurPop].Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] =
GeneDetails.Gens[j].CapaMin[k];
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        }
    }
}
}
}

```

```

public void SwapCurPop()

```

```

{
    if (_CurPop == 0)
    {
        _CurPop = 1;
        _NextPop = 0;
    }
    else
    {
        _CurPop = 0;
        _NextPop = 1;
    }
}

```

```

public void CopyChro(ref Chromosome SourceChro, ref Chromosome TargetChro)

```

```

{
    int i, j;
    for (i = 0; i < _ChroLen; i++)
    {
        for (j = 0; j < _GeneLen; j++)
        {
            TargetChro.Genes[i].Alleles[j] = SourceChro.Genes[i].Alleles[j];
        }
    }
}

```

```

public void CopyPop(ref Population SourcePop, ref Population TargetPop)
{
    int i=0, j=0, k=0;

    for (i = 0; i < _PopSize; i++)
    {
        for (j = 0; j < _ChroLen; j++)
        {
            for (k = 0; k < _GeneLen; k++)
            {
                TargetPop.Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k] =
SourcePop.Chromosomes[i].Genes[j].Alleles[k];
            }
        }
    }
}

public float RandReal(ref float Lower, ref float Upper)
{
    float val;
    float nb = Upper - Lower;
    val = (float)(RndInt.NextDouble() * nb + Lower);
    return val;
}

public float RandRealII(float Lower, float Upper)
{
    float val;
    float nb = Upper - Lower;
    val = (float)(RndInt.NextDouble() * nb + Lower);
    return val;
}

```

```
}
```

```
public double RandDbl(ref double Lower, ref double Upper)
```

```
{
```

```
    double val;
```

```
    double nb = Upper - Lower;
```

```
    val = (double)(RndInt.NextDouble() * nb + Lower);
```

```
    return val;
```

```
}
```

```
public double RandDblIII(double Lower,double Upper)
```

```
{
```

```
    double val;
```

```
    double nb = Upper - Lower;
```

```
    val = (double)(RndInt.NextDouble() * nb + Lower);
```

```
    return val;
```

```
}
```

```
public void SwapChro(ref Chromosome ChroI, ref Chromosome ChroII)
```

```
{
```

```
    Chromosome tmpChro;
```

```
    tmpChro = ChroI;
```

```
    ChroI = ChroII;
```

```
    ChroII = tmpChro;
```

```
}
```

```
public void SwapGene(ref Gene GeneI, ref Gene GeneII)
```

```
{
```

```
    Gene tmpGene;
```

```

    tmpGene = GeneI;
    GeneI = GeneII;
    GeneII = tmpGene;
}

```

```

public void SwapAllel(ref double FirstAl, ref double SecAl)
{
    double tmpFloat;
    tmpFloat = FirstAl;
    FirstAl = SecAl;
    SecAl = tmpFloat;
}

```

```

public void SwapInt(ref int First, ref int Sec)
{
    int tmpInt;
    tmpInt = First;
    First = Sec;
    Sec = tmpInt;
}

#endregion

```

```

#region Property
public int PopSize
{
    get
    {
        return _PopSize;
    }
    set
    {

```

```
    if (value < 1)
    {
        _PopSize = 1;
    }
    else if (value > 5000)
    {
        _PopSize = 5000;
    }
    else
    {
        _PopSize = value;
    }
}
```

```
public int ChroLen
{
    get
    {
        return _ChroLen;
    }
    set
    {
        if (value < 1)
        {
            _ChroLen = 1;
        }
        else if (value > 255)
        {
            _ChroLen = 255;
        }
    }
}
```

```
        else
        {
            _ChroLen = value;
        }
    }
}
```

```
public int GeneLen
{
    get
    {
        return _GeneLen;
    }
    set
    {
        if (value < 1)
        {
            _GeneLen = 1;
        }
        else if (value > 255)
        {
            _GeneLen = 255;
        }
        else
        {
            _GeneLen = value;
        }
    }
}
```

```
public int MaxGen
{
    get
    {
        return _MaxGen;
    }
    set
    {
        if (value > (int)1000000)
        {
            _MaxGen = (int)1000000;
        }
        else if (value < (int)10)
        {
            _MaxGen = (int)10;
        }
        else
        {
            _MaxGen = value;
        }
    }
}
```

```
public double DeltaFitness
{
    get
    {
        return _DeltaFitness;
    }
    set
    {

```

```
    if (value > 500.0d)
    {
        _DeltaFitness = 500.0d;
    }
    else if (value < 1E-8)
    {
        _DeltaFitness = 1E-8;
    }
    else
    {
        _DeltaFitness = value;
    }
}
```

```
public int DeltaFitnessGen
{
    get
    {
        return _DeltaFitnessGen;
    }
    set
    {
        if (value > 3000)
        {
            _DeltaFitnessGen = 3000;
        }
        else if (value < 100)
        {
            _DeltaFitnessGen = 100;
        }
    }
}
```

```
        else
        {
            _DeltaFitnessGen = value;
        }
    }
}

public float ProbSelection
{
    get
    {
        return _ProbSelection;
    }
    set
    {
        if (value > (float)1)
        {
            _ProbSelection = (float)0.99999999;
        }
        else if (value < (float)0)
        {
            _ProbSelection = (float)0.000000001;
        }
        else
        {
            _ProbSelection = value;
        }
    }
}
```

```
public float ProbCrossOver
{
    get
    {
        return _ProbCrossOver;
    }
    set
    {
        if (value > (float)1)
        {
            _ProbCrossOver = (float)0.99999999;
        }
        else if (value < (float)0)
        {
            _ProbCrossOver = (float)0.000000001;
        }
        else
        {
            _ProbCrossOver = value;
        }
    }
}
```

```
public float ProbMutation
{
    get
    {
        return _ProbMutation;
    }
    set
    {

```

```

        if (value < 0.0f)
        {
            _ProbMutation = 0.0f;
        }
        else if (value > 1)
        {
            _ProbMutation = 1.0f;
        }
        else
        {
            _ProbMutation = value;
        }
    }
}

public int NumOfMutate
{
    get
    {
        return _NumOfMutate;
    }
    set
    {
        if (value > _ChroLen)
        {
            _NumOfMutate = _ChroLen;
        }
        else if (value < 1)
        {
            _NumOfMutate = (int)1;
        }
    }
}

```

```

        else
        {
            _NumOfMutate = value;
        }
    }
}

#endregion

#region "Event Handle"
public void CurrentGenerationChange(int Curgen)
{

}

public void SimulationComplete(int Curgen)
{

}

#endregion
}

```

### **Gene.cs**

```

using System;
namespace MyGA.Item
{
    public struct Gene
    {
        public double[] Alleles;
        public String ID;
    }
}

```

```

        public Gene(ref int GenLenght)
        {
            Alleles=new double[GenLenght];
            ID="";
        }
    }
}

```

### **GeneDetail.cs**

```

using System;

namespace MyGA.Item
{
    public struct GeneDetails
    {
        public GeneDetail[] Gens;
        public GeneDetails(ref int ChroLen,ref int GenLen)
        {
            int i;
            Gens=new GeneDetail[ChroLen];
            for (i=0;i<ChroLen;i++)
            {
                Gens[i]=new GeneDetail(ref GenLen);
            }
        }
    }

    public struct GeneDetail
    {
        public String ID;
        public float[] CapaMax;
    }
}

```

```

        public float[] CapaMin;
        public float Eff;
        public int NodeSendWater;
        public int NodeReciveWater;
        public GeneDetail(ref int GenLen)
        {
            CapaMax=new float[GenLen];
            CapaMin=new float[GenLen];
            Eff=1.0f;
            NodeSendWater=-1;
            NodeReciveWater=-1;
            ID="";
        }
    }
}

```

### **Chromosome.cs**

```

using System;
namespace MyGA.Item
{
    public struct Chromosome
    {
        public Gene[] Genes;
        public Chromosome(ref int ChroLen,ref int GenLen)
        {
            int i;
            Genes=new Gene[ChroLen];
            for (i=0;i<ChroLen;i++)
            {
                Genes[i]=new Gene(ref GenLen);
            }
        }
    }
}

```

```

        }
    }
}

```

### **Population.cs**

```

using System;

namespace MyGA.Item
{
    public struct Population
    {
        public Chromosome[] Chromosomes;
        public Chromosome BestChromosome;
        public Population(ref int PopSize,ref int ChroLen,ref int GenLen)
        {
            int i;
            this.Chromosomes=new Chromosome[PopSize];
            BestChromosome=new Chromosome(ref ChroLen,ref GenLen);
            for (i=0;i<PopSize;i++)
            {
                Chromosomes[i]=new Chromosome(ref ChroLen,ref GenLen);
            }
        }
    }
}

```

### **LayerSelect.cs**

```

using System;

namespace MyGA.Item

```

```

{
    public struct LayerSelect
    {
        public Chromosome BestChro;
        public double BestFitness;
        public double BestObjective;
        public double BestBalConstr;
        public double BestDamStoConstr;
        public double SumFitness;
        public SelectItem[] Items;

        public LayerSelect(ref int Popsiz,ref int ChroLen,ref int GenLen)
        {
            BestChro=new Chromosome(ref ChroLen,ref GenLen);
            BestFitness=1000000.0;
            BestObjective = 1000000.0;
            BestBalConstr = 1000000.0;
            BestDamStoConstr = 1000000.0;
            SumFitness=0.0;
            Items=new SelectItem[Popsiz];
        }
    }

    public struct SelectItem
    {
        public double Fitness;
        public double CumFitness;
        public double RelFitness;
        public int SelChroIndex;
        public double Objective;
        public double OverConstr;
        public double BalConstr;
    }
}

```

```

        public double DamUpperLowerConstr;
        public double DamLstSorConstr;
        public double DamStoConstr;
        public double FloodConstr;
    }
}

```

### **Inflow.cs**

```

using System;

namespace MyGA.Item
{
    public struct UnctrInflows
    {
        public int GeneLength;
        public UnctrInflow[] Items;
        public int numInflow;
        public UnctrInflows(ref int setGenLen, ref int NumInflow)
        {
            this.GeneLength = setGenLen;
            this.numInflow = NumInflow;
            Items = new UnctrInflow[NumInflow];
        }
        public void Addwater()
        {
            int i, j;
            for (i = 0; i < numInflow; i++)
            {
                for (j = 0; j < this.GeneLength ; j++)
                {
                    this.Items[i].NodeSend.Qin[j] += this.Items[i].Inflow[j];
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        }
    }
}

public struct UnctrInflow
{
    public Node NodeSend;
    public float[] Inflow;
    public UnctrInflow(ref int setGenLen, ref Node setNodeSend)
    {
        Inflow = new float[setGenLen];
        NodeSend = setNodeSend;
    }
}

```

### **Reach.cs**

```

using System;

namespace MyGA
{
    public struct Reachs
    {
        public int[] MaxCapa;
        public float[] Eff;

        public Reachs(ref int ChroLen)
        {
            MaxCapa=new int[ChroLen];
            Eff=new float[ChroLen];
        }
    }
}

```

```
    }
}
```

### **Node.cs**

```
using System;
namespace MyGA.Item
{
    public struct Nodes
    {
        int numNode;
        int GeneLength;
        public Node[] Items;
        public Nodes(ref int setGenLen, ref int setNumNode)
        {
            this.GeneLength = setGenLen;
            this.numNode = setNumNode;
            this.Items = new Node[this.numNode];
        }
        public void CalQbalance()
        {
            int i,j;

            for (i = 0; i < this.numNode; i++)
            {
                for (j = 0; j < this.GeneLength; j++)
                {
                    this.Items[i].QBalance[j] = this.Items[i].Qin[j] - this.Items[i].Qout[j];
                }
            }
        }
    }
}
```

```

    }

    public void ResetQ()
    {
        int i, j;

        for (i = 0; i < this.numNode; i++)
        {
            for (j = 0; j < this.GeneLength; j++)
            {
                this.Items[i].QBalance[j] = 0.0d;
                this.Items[i].Qin[j] = 0.0d;
                this.Items[i].Qout[j]=0.0d;
            }
        }
    }
}

public struct Node
{
    public double[] Qin;
    public double[] Qout;
    public double[] QBalance;
    public int Genelength;
    public String ID;
    public Node(ref int setGenLen)
    {
        this.Genelength = setGenLen;
        this.Qin = new double[this.Genelength];
        this.Qout = new double[this.Genelength];
        this.QBalance = new double[this.Genelength];
    }
}

```

```

        this.ID="";
    }
}
}

```

### **NodeDetail.cs**

```

using System;

namespace MyGA.Item
{
    public struct NodeDetails
    {
        public Node[] Nodes;
        public NodeDetails(ref int NodeCount)
        {
            Nodes=new Node[NodeCount];
        }
    }
}

```

### **NodeDam.cs**

```

using System;

namespace MyGA.Item
{
    public struct NodeDams
    {
        int numDamNode;
        int GeneLength;
        public NodeDam[] Dams;
        public double DamStorageConstrain;
    }
}

```

```

public double DamUpperLowerConstrain;
public double DamLastStorageConstrain;
public NodeDams(ref int setGenLen, ref int setNumDam)
{
    this.Dams = new NodeDam[setNumDam];
    this.numDamNode = setNumDam;
    this.GeneLength = setGenLen;
    this.DamStorageConstraint = 0.0d;
    this.DamUpperLowerConstraint = 0.0d;
    this.DamLastStorageConstraint = 0.0d;
}
public void CalDamConstrain()
{
    int i = 0, j = 0;
    int num_n_1 = 0;
    double SumSqare_CapaError;
    double SumSqare_UpperLowerError;
    double SumSqare_CapaLastError;
    SumSqare_CapaError = 0.0d;
    SumSqare_UpperLowerError = 0.0d;
    SumSqare_CapaLastError = 0.0d;
    num_n_1 = this.numDamNode * this.GeneLength-1;
    this.DamStorageConstraint = 0.0d;
    this.DamUpperLowerConstraint = 0.0d;
    this.DamLastStorageConstraint = 0.0d;
    for (i = 0; i < numDamNode; i++)
    {
        double At0 = 0.0f;
        double At1 = 0.0f;
        Dams[i].Storage[0] = Dams[i].InitialStorage;
        for (j = 0; j < GeneLength; j++)

```

```

{
    At0 = (Dams[i].CapaToAreaEQA * Math.Pow(Dams[i].Storage[j], 2.0d)) +
Dams[i].CapaToAreaEQB * Dams[i].Storage[j];
    Dams[i].Storage[j + 1] = Dams[i].Storage[j] + Dams[i].Node_index.QBalance[j];
    At1 = (Dams[i].CapaToAreaEQA * Math.Pow(Dams[i].Storage[j + 1], 2.0d)) +
Dams[i].CapaToAreaEQB * Dams[i].Storage[j+1];
    Dams[i].Storage[j + 1] += (Dams[i].Rain[j] - Dams[i].ETTo[j]) * (At0 + At1) /
2000.0f;
    Dams[i].Storage[j + 1] -= (Dams[i].Storage[j + 1] + Dams[i].Storage[j]) *
Dams[i].SeepageFactor / 24.0f;
    if (Dams[i].Storage[j + 1] > Dams[i].UpperRuleCurve[j + 1])
    {
        SumSqaure_UpperLowerError += Math.Pow(Dams[i].Storage[j + 1] -
Dams[i].UpperRuleCurve[j + 1], 2.0) / Dams[i].UpperRuleCurve[j + 1];
        if (Dams[i].Storage[j + 1] > Dams[i].MaxStorage)
        {
            num_n_1 += 1;
            SumSqaure_CapaError += (double)(Math.Pow((Dams[i].Storage[j + 1] -
Dams[i].MaxStorage), 2.0) / Dams[i].MaxStorage);
        }
    }
    else if (Dams[i].Storage[j + 1] < Dams[i].LowerRuleCurve[j + 1])
    {
        SumSqaure_UpperLowerError += (double)(Math.Pow(Dams[i].Storage[j + 1] -
Dams[i].LowerRuleCurve[j + 1], 2.0) / Dams[i].LowerRuleCurve[j + 1]);

        if (Dams[i].Storage[j + 1] < Dams[i].MinStorage)
        {
            num_n_1 += 1;

```

```

        SumSqaire_CapaError += (double)(Math.Pow(Dams[i].MinStorage -
Dams[i].Storage[j + 1], 2.0) / Dams[i].MinStorage);
    }
}
}
if (Dams[i].Storage[GeneLength] < Dams[i].MaxStorage)
{
    SumSqaire_CapaLastError += (double)(Math.Pow((Dams[i].MaxStorage -
Dams[i].Storage[GeneLength]), 2.0d) / Dams[i].MaxStorage);
}
}
this.DamUpperLowerConstraint = SumSqaire_UpperLowerError;
this.DamStorageConstraint = SumSqaire_CapaError;
this.DamLastStorageConstraint = SumSqaire_CapaLastError;
}
}

```

```

public struct NodeDam
{
    public int GeneLenght;
    public double[] Storage;
    public double[] UpperRuleCurve;
    public double[] LowerRuleCurve;
    public double InitialStorage;
    public double MinStorage;
    public double MaxStorage;
    public Node Node_index;
    public float[] Rain;
    public float[] ETo;
    public float SeepageFactor;
    public float CapaToAreaEQA;
}

```

```

public float CapaToAreaEQB;
public NodeDam(ref Node setNode_index)
{
    GeneLenght = setNode_index.QBalance.Length;
    Node_index = setNode_index;
    Storage = new double[GeneLenght + 1];
    UpperRuleCurve = new double[GeneLenght + 1];
    LowerRuleCurve = new double[GeneLenght + 1];
    Rain = new float[GeneLenght];
    ETo = new float[GeneLenght];
    InitialStorage = 0.0d;
    MinStorage = 0.0d;
    MaxStorage = 0.0d;
    SeepageFactor = 0.0f;
    CapaToAreaEQA = 0.0f;
    CapaToAreaEQB = 0.0f;
}
}
}

```

### **NodeDemand.cs**

```

using System;
namespace MyGA.Item
{
    public struct NodeDemands
    {
        public int numDemandNode;
        public int GeneLength;
        public double SumDemand;
        public double SumSupply;
    }
}

```

```

public double SumSupplyPerSumDemand;
public double SumSquareOverSupply;
public double DemandObjective;
public double OversupplyConstrain;
public NodeDemand[] Demands;
public int[] IsSinkIndex;
public int[] NotIsSinkIndex;
int numIsSink;
int numNotIsSink;

public NodeDemands(ref int setGenLen, ref int NumDemand)
{
    this.numDemandNode = NumDemand;
    this.GeneLength = setGenLen;
    SumDemand=0.0d;
    SumSupply = 0.0d;
    SumSupplyPerSumDemand = 0.0d;
    SumSquareOverSupply = 0.0d;
    OversupplyConstraint = 0.0d;
    this.DemandObjective = 0.0d;
    this.OversupplyConstraint = 0.0d;
    this.Demands = new NodeDemand[NumDemand];
    this.IsSinkIndex = new int[0];
    this.NotIsSinkIndex = new int[0];
    this.numIsSink = 0;
    this.numNotIsSink = 0;
}

public void InitialDemandNode(){
    int i,j,k;
    this.SumDemand = 0.0f;

```

```

for (i = 0; i < this.numDemandNode; i++)
{
    for (j = 0; j < this.GeneLength; j++){
        this.SumDemand += this.Demands[i].Demand[j];
    }
}

for (i = 0; i < this.numDemandNode; i++)
{
    if (this.Demands[i].IsSink == true)
    {
        numIsSink += 1;
    }
    else
    {
        numNotIsSink += 1;
    }
}

this.IsSinkIndex = new int[numIsSink];
this.NotIsSinkIndex = new int[numNotIsSink];

i = 0;
j = 0;
k = 0;

for (i = 0; i < this.numDemandNode; i++)
{
    if (this.Demands[i].IsSink == true)
    {
        this.IsSinkIndex[j] = i;
        j += 1;
    }
    else
    {

```

```

        this.NotIsSinkIndex[k] = i;
        k += 1;
    }
}

}

public void CalDemandConstrain()
{
    int i, j;
    this.DemandObjective = 0.0d;
    this.OversupplyConstraint = 0.0d;
    for (i = 0; i < this.numNotIsSink; i++)
    {
        for (j = 0; j < GeneLength; j++)
        {
            this.DemandObjective +=
Math.Pow(this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Demand[j] -
this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j], 2.0d) /
this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Demand[j];
            if (this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j] -
this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Demand[j]>0.0004f)
            {
                this.OversupplyConstraint +=
Math.Pow(this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j] -
this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Demand[j],2.0d) /
this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Demand[j];
            }
            if (this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j]>0.0f)
            {
                this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j] = 0.0f;
            }
        }
    }
}

```

```

    }
}
for (i = 0; i < this.numIsSink; i++)
{
    for (j = 0; j < GeneLength; j++)
    {
        if (this.Demands[this.IsSinkIndex[i]].Demand[j] >
this.Demands[this.IsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j])
        {
            this.DemandObjective += Math.Pow(this.Demands[this.IsSinkIndex[i]].Demand[j]
- this.Demands[this.IsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j], 2.0d) /
this.Demands[this.IsSinkIndex[i]].Demand[j];
        }
        if (this.Demands[this.IsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j] > 0.0f)
        {
            this.Demands[this.IsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j] = 0.0f;
        }
    }
}
}

```

```

public void CalDemandConstrainII()
{
    int i, j;
    this.DemandObjective = 0.0d;
    this.OversupplyConstraint = 0.0d;
    this.SumSupply=0.0f;
    for (i = 0; i < this.numNotIsSink; i++)
    {
        for (j = 0; j < GeneLength; j++)
        {

```

```

        if (this.Demands[i].Node_index.QBalance[j] > 0.0f)
        {
            this.SumSupply += this.Demands[i].Node_index.QBalance[j];
        }
    }
}

this.SumSupplyPerSumDemand=this.SumSupply/SumDemand;
for (i = 0; i < this.numNotIsSink; i++)
{
    for (j = 0; j < GeneLength; j++)
    {
        this.DemandObjective +=
(double)(Math.Pow(this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j] /
this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Demand[j] - this.SumSupplyPerSumDemand, 2.0d));

        if (this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j] -
this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Demand[j]>0.0001f)
        {
            this.OversupplyConstraint +=
(double)(Math.Abs(this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j] -
this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Demand[j]) /
this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Demand[j]);
        }

        if (this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j]>0.0f)
        {
            this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j] = 0.0f;
        }
    }
}

for (i = 0; i < this.numIsSink; i++)
{
    for (j = 0; j < GeneLength; j++)

```

```

    {
        if (this.Demands[this.NotIsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j]
<this.Demands[this.IsSinkIndex[i]].Demand[j])
        {
            this.DemandObjective +=
(double)(Math.Pow(this.Demands[this.IsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j] /
this.Demands[this.IsSinkIndex[i]].Demand[j] - this.SumSupplyPerSumDemand, 2.0d));
        }
        if (this.Demands[this.IsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j] > 0.0f)
        {
            this.Demands[this.IsSinkIndex[i]].Node_index.QBalance[j] = 0.0f;
        }
    }
}

```

```

public struct NodeDemand
{
    public double[] Demand;
    public bool IsSink;
    public Node Node_index;
    public int GeneLength;
    public NodeDemand(ref Node setNode_index)
    {
        this.GeneLength = setNode_index.Qin.Length;
        this.Demand = new double[this.GeneLength];
        this.Node_index=setNode_index;
        this.IsSink=false;
    }
}

```

**NodeFloodControl.cs**

```

using System;

namespace MyGA.Item
{
    public struct NodeFloodControls
    {
        int numFloodControlNode;
        int GeneLength;
        public double FloodControlConstrain;
        public NodeFloodControl[] FloodControls;
        public NodeFloodControls(ref int setGenLen, ref int NumFloodControl)
        {
            this.numFloodControlNode = NumFloodControl;
            this.GeneLength = 0;
            this.FloodControlConstraint = 0.0d;
            this.FloodControls = new NodeFloodControl[NumFloodControl];
        }

        public double GetFloodControlConstrain()
        {
            int i=0;
            int j = 0;
            this.FloodControlConstraint =0.0d;
            for (i = 0; i < this.numFloodControlNode; i++)
            {
                for (j = 0; j < this.GeneLength; j++)
                {
                    this.FloodControlConstraint += Math.Pow((this.FloodControls[i].Node_index.Qin[j]
- this.FloodControls[i].QMax[j]), 2.0d) / this.FloodControls[i].QMax[j];
                }
            }
        }
    }
}

```

```

    }

    return this.FloodControlConstrain;
}

}

public struct NodeFloodControl
{
public Node Node_index;
public double[] QMax;
public int GeneLength;
public NodeFloodControl(ref Node setNode_index)
    {
        this.Node_index=setNode_index;
        this.GeneLength = this.Node_index .Genelength;
        this.QMax = new double[this.GeneLength];
    }
}
}

```

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

|                                                        |                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ –นามสกุล                                          | นายกรตสุวรรณ โพธิ์สุวรรณ                                                                                    |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด                                   | วันที่ 17 กรกฎาคม 2521                                                                                      |
| สถานที่เกิด                                            | สุพรรณบุรี                                                                                                  |
| ประวัติการศึกษา                                        | ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>วิชาเอกวิศวกรรมชลประทาน (เกียรตินิยมอันดับ 2)<br>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน                           | วิศวกรชลประทาน 5                                                                                            |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน                                   | สถาบันพัฒนาการชลประทาน กรมชลประทาน ปากเกร็ด<br>นนทบุรี 11120                                                |
| ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ<br>ทุนการศึกษาที่ได้รับ |                                                                                                             |