การศึกษาโดยการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอ่างเก็บน้ำสิรินธร

นายสุวิทย์ ธโนภานุวัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๖

ISBN 974-562-367-9

010601

i 18101239

A SIMULATION STUDY OF SIRINDHORN RESERVOIR

Mr. Suwit Thanopanuwat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาโดยการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอ่างเก็บน้ำสิรินธร
โดย	นายสุวิทย์ ธโนภานุวัฒน์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เสถียร ชลาชีวะ)

..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.นิวัตต์ ดารานันทน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จักรี จัตุฑะศรี)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาโดยการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอ่างเก็บน้ำสิรินธร

ชื่อนิสิต นายสุวิทย์ ธโนภานุวัฒน์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา ๒๕๒๕

พอมนุกูล สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจในการใช้เทคนิคการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการพัฒนาแหล่งน้ำและการประยุกต์เทคนิคการทำแบบจำลองไปใช้กับการศึกษาในสภาพแหล่งน้ำที่เป็นจริง ของโครงการอ่างเก็บน้ำสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี สำหรับกรณีการดำเนินการอ่างเก็บน้ำ และการจัดสรรน้ำ ซึ่งโครงการนี้มีลักษณะของการใช้น้ำที่ขัดแย้งกัน ระหว่างการผลิตไฟฟ้าและการชลประทาน

จากการศึกษาเทคนิคการจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองสภาพระบบอ่างเก็บน้ำสิรินธรได้ถูกสร้างขึ้นในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบขึ้นด้วยองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบด้วยกันได้แก่ ชุดโปรแกรมคำนวณปริมาณน้ำฝน แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน และแบบจำลองการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งถูกสร้างตามหลักการของอุทกวิทยาดำเนินการ

แบบจำลองความต้องการชลประทาน ได้ถูกใช้ในการจำลองสภาพโครงการชลประทานโดมน้อยทั้งหมด 16 กรณี ด้วยกัน โดยการเปลี่ยนแปลงตัวแปรและตัวกำหนดลักษณะของโครงการ สำหรับชุดข้อมูลน้ำฝนรายเดือนระหว่างปี 2495 - 2521

แบบจำลองการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำ ได้ถูกใช้ในการจำลองสภาพการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำสิรินธร ทั้งหมด 22 กรณี โดยการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่าง ๆ อันประกอบด้วยปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน กำลังผลิตไฟฟ้าของเขื่อน และนโยบายการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น โดยใช้ชุดข้อมูลอุทกวิทยา ระหว่างปี 2498 - 2521

ผลของการนำเทคนิคการจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการศึกษาพบว่ามีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาการดำเนินการของระบบแหล่งน้ำอย่างยิ่ง และการศึกษาการจำลองสภาพการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำลิรินธรในการศึกษานี้ บ่งว่าอ่างเก็บน้ำลิรินธรมีขีดความสามารถ ในการจัดสรรน้ำเพื่อวัตถุประสงค์การผลิตไฟฟ้า และการชลประทานค่อนข้างจำกัด เมื่อการพัฒนาความต้องการน้ำในวัตถุประสงค์ทั้งสองสมบูรณ์เต็มตามโครงการ ดังนั้น การศึกษาหาแนวทางการกำหนดนโยบายการดำเนินการอ่างเก็บน้ำและการจัดสรรน้ำของโครงการที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรได้มีการดำเนินการศึกษาต่อไป

Thesis Title : A Simulation Study of Sirindhorn Reservoir

Name : Mr. Suwit Thanopanuwat

Thesis Advisor : Associate Professor Chaipant Rukvichai, Ph.D.

Department : Civil Engineering

Academic Year : 1982

ABSTRACT

This study concerns the simulation technique approach in water resources development. An application of the technique had been conducted with the real system of the Sirindhorn Multi-purpose Reservoir at Ubolratchathani Province for the purpose of reservoir operation and water allocation study. There are conflicts among the uses of water for power production and irrigation.

A simulation model were made in the form of FORTRAN computer program to represent the operation of Sirindhorn Reservoir. The model comprises of three model components, namely Rainfall Statistical Program Package, Irrigation Demand Model, and Reservoir Operations Model. They were constructed according to the operational hydrology.

The Irrigation Demand Model, representing the Dom-Noi Irrigation Project, was used to estimate the irrigation demands under 16 conditions of varying parameters and characteristics of the project. The rainfall data during 1952-1978 were employed for this study.

The Reservoir Operations Model, representing the physical characteristics and the operation of Sirindhorn Reservoir, was run for 22 conditions of several parameters. These parameters were irrigation

demands, power production capacities, operating policies and etc. The hydrological data were employed for the period of 1955-1978.

The study results reveal that simulation technique is a proper way to analyse the management problem of water resource system. With this simulation study of the operation of Sirindhorn Reservoir, it is found that the reservoir has a rather limitted capacity for both power production and irrigation when the project is fully developed. Hence, some further studies are needed and recommended to develop a proper guideline for operating policies and water allocation of the Sirindhorn Reservoir.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.นิวัตต์ ดารานันทน์ รองศาสตราจารย์ จักรี จัตุทะศรี ศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์ รองศาสตราจารย์ เสถียร ชลาชีวะ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย ที่ได้เคยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนให้คำแนะนำ และข้อคิดที่ดีตลอดมา ทั้งในด้านวิชาการ และการดำรงชีวิตความเป็นอยู่ในสังคมอันเป็นผลสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

อนึ่ง ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ของ กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การพลังงานแห่งชาติ และ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีส่วนในการสนับสนุนอำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำ ให้ข้อคิด ตลอดจนข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งต่อความเมตตา กรุณา ของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย ที่ให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้าอย่างมาก ได้สละทั้งกำลังกายและกำลังใจช่วยให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้

จากประสบการณ์ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้ถึงประโยชน์จากการทำงาน ที่จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากบุคคลหลายฝ่าย จึงจะประสบผลสำเร็จด้วยดี ประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้หากพึงมี ข้าพเจ้าขอมอบให้ผู้ที่สนใจ นำไปเป็นข้อคิดประกอบการปฏิบัติและเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

สุวิทย์ ธโนภานุวัฒน์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบาญ ..... ฌ

สารบาญตารางประกอบ ..... ฌ

สารบาญภาพประกอบ ..... ต

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 บททั่วไป 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 6

1.3 ขอบข่ายการศึกษา 6

1.4 การดำเนินการศึกษา 7

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

บทที่ 2 วิธีการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการพัฒนาแหล่งน้ำ (Simulation Method In Water Resources Development).... 10

2.1 บทนำ 10

2.2 ความเป็นมาของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 10

2.3 หลักการเบื้องต้น (Basic Concepts) 12

2.4 องค์ประกอบของระบบในการศึกษา แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Elements of a Simulation Study)..... 15

2.4.1 ส่วนประกอบ (components) 15

2.4.2 ความสัมพันธ์ (relationships) 15

2.4.3 ตัวแปร (variables) 15

2.4.4 ช่วงเวลา (time interval) 17

หน้า

2.5 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Input for Simulation Study) 18
2.6 ลำดับการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบแหล่งน้ำ (Organizing for Simulation of a Water-Resource System) 19
2.7 ลักษณะการใช้งานของเทคนิคแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 20
2.8 การศึกษาที่เคยมี 22
บทที่ 3 ลุ่มน้ำลำโดมน้อย และโครงการอ่างเก็บน้ำเอนกประสงค์เขื่อนสิรินธร 25
3.1 บทนำ 25
3.2 ลักษณะทั่วไปของลุ่มน้ำลำโดมน้อย 25
3.2.1 ที่ตั้งและสภาพภูมิประเทศ 26
3.2.2 สภาพภูมิอากาศ (อุตุนิยมวิทยา) 29
3.2.3 สภาพอุทกวิทยา 32
3.3 รายละเอียดโครงการอ่างเก็บน้ำเอนกประสงค์เขื่อนสิรินธร 45
3.3.1 ประวัติความเป็นมา 45
3.3.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 51
3.3.3 ลักษณะโครงการ 53
3.4 การดำเนินการของอ่างเก็บน้ำสิรินธร (Reservoir Operation) 73
3.4.1 กฎการดำเนินการ (Operating Rules) 73
3.4.2 นโยบายการดำเนินการ (Operating Policies) 75
3.4.3 วิธีการดำเนินการ (Operating Procedures) 76

หน้า

3.5 ผลตอบแทนจากโครงการ 82
3.5.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้า 82
3.5.2 การชลประทาน 82
3.5.3 การประมง 82
3.5.4 การบรรเทาอุทกภัย 83
3.5.5 สันทนาการ 83
3.6 หลักการเบื้องต้นของการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำสิรินธร 84
บทที่ 4 แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทานของโครงการ
ชลประทานโดมน้อย 88
4.1 บทนำ 88
4.2 ทฤษฎีการคำนวนความต้องการน้ำชลประทาน 89
4.2.1 ลักษณะของการประเมินปริมาณความต้องการ
น้ำชลประทานในแต่ละระดับของโครงการ 89
4.2.2 วิธีการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช
(Crop Evapotranspiration) 94
4.2.3 ปริมาณฝนที่ใช้ประโยชน์
(Effective Rainfall) 97
4.2.4 ประสิทธิภาพของการชลประทาน 98
4.3 หลักการจำลองรูปแบบความต้องการน้ำชลประทาน 101
4.3.1 กฎเกณฑ์และข้อสมมติฐานที่ใช้
(Criteria and Assumptions) 101
4.3.2 กรรมวิธีคำนวนของแบบจำลอง 103
4.4 แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน
(ชุดโปรแกรม IDMO1) 106

หน้า

บทที่ 5 แบบจำลองการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำ 120

5.1 บทนำ 120

5.2 หลักการจำลอง 120

5.2.1 การจำลองสภาพทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ 122

5.2.2 การจำลองนโยบายการดำเนินการ 123

5.3 องค์ประกอบของแบบจำลอง 127

5.3.1 โปรแกรมหลัก STRON..... 131

5.3.2 โปรแกรมย่อย SIRIN 131

5.3.3 โปรแกรมย่อย OUTP 133

5.4 กรรมวิธีการคำนวณ 133

5.4.1 การคำนวณปริมาณน้ำที่จัดสรรให้เพื่อการ
ชลประทาน 136

5.4.2 การคำนวณปริมาณน้ำที่ปล่อยเพื่อการผลิตไฟฟ้า 137

5.5 ข้อมูลเข้า (Input Data) 141

5.5.1 ข้อมูลแสดงลักษณะทางกายภาพ 141

5.5.2 ข้อมูลอุทกวิทยา 141

5.5.3 ข้อมูลนโยบายดำเนินการ 143

5.6 ข้อมูลออก 143

บทที่ 6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบอ่างเก็บน้ำสิรินธร
กรณีการจัดสรรน้ำ 145

6.1 หลักการของแบบจำลองฯ 145

6.2 การทดสอบแบบจำลองฯ 149

6.2.1 การทดสอบเปรียบเทียบกับสภาพที่เป็นจริง 150

6.2.2 การทดสอบเปรียบเทียบกับการศึกษาของ กฟผ. 150

6.3 สรุปผลการทดสอบ 159

หน้า

บทที่ 7 แนวทางการศึกษาการดำเนินการในระบบแหล่งน้ำของอ่างเก็บน้ำสิรินธร 161
7.1 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การดำเนินการในกรณีต่าง ๆ 161
7.2 การใช้แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน
(ชุดโปรแกรม IDMO1) 161
7.2.1 การเลือกวิธีคำนวณปริมาณฝนเฉลี่ยของโครงการ
ชลประทานโดมน้อย 164
7.2.2 การเลือกวิธีคำนวณปริมาณฝนใช้ประโยชน์ 164
7.2.3 การเลือกวิธีคำนวณค่าศักยภาพการคายระเหยของพืช .....
7.2.4 แผนการปลูกพืชที่กำหนดไว้ในการศึกษา 165
7.2.5 การกำหนดประสิทธิภาพของโครงการชลประทานโดมน้อย 166
7.3 ผลการศึกษาแบบจำลองความต้องการชลประทานในกรณีต่าง ๆ 166
7.4 การใช้แบบจำลองการเนินการของอ่างเก็บน้ำ
(ชุดโปรแกรม STRON)..... 172
7.4.1 การกำหนดกำลังการผลิตไฟฟ้า 172
7.4.2 การกำหนดระดับท้ายน้ำเฉลี่ย 172
7.4.3 การกำหนดเส้นระดับดำเนินการล่าง 176
7.4.4 การกำหนดปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน 176
7.5 ผลการศึกษาแบบจำลองการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำ
ในกรณีต่าง ๆ 176

บทที่ 8 สรุปและข้อเสนอแนะ 184
8.1 ข้อสรุป 184
8.1.1 การดำเนินการศึกษา 184
8.1.2 การจัดการอ่างเก็บน้ำสิรินธร 185
8.1.3 การสร้างแบบจำลอง 185
8.1.4 การทดสอบแบบจำลอง 186
8.1.5 การวิเคราะห์การใช้งาน..... 187
8.1.6 ผลการศึกษา..... 188
8.2 ข้อเสนอแนะ 188

หน้า

เอกสารอ้างอิง 190

ภาคผนวก 194

สารบาญตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
๓.๑	ข้อมูลลักษณะภูมิอากาศของสถานีจังหวัดอุบลราชธานี	๓๐
๓.๒	สถิติน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีพิบูลมังสาหาร (๖๗๐๒๒)	๓๕
๓.๓	สถิติน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีเดชอุดม (๖๗๑๓๒)	๓๖
๓.๔	สถิติน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีบุณฑริก (๖๗๑๔๒)	๓๗
๓.๕	สถิติน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีโขงเจียม (๖๗๑๑๒)	๓๘
๓.๖	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของพื้นที่ลุ่มน้ำลำโดมน้อย (คำนวณโดยวิธี THEISSEN)	๔๓
๓.๗	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของพื้นที่โครงการชลประทานโดมน้อย (คำนวณโดยวิธี THEISSEN)	๔๔
๓.๘	สถิติปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของลำโดมน้อยที่น้ำตกแซ	๔๖
๓.๙	สถิติปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของลำโดมน้อยที่บริเวณที่ตั้งเขื่อน	๔๗
๓.๑๐	ปริมาณน้ำท่าของลำโดมน้อยที่เขื่อนสิรินธร	๔๘
๓.๑๑	สรุปลักษณะทั่วไปของโครงการเอนกประสงค์เขื่อนสิรินธร	๖๑
๓.๑๒	สถิติปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ สิรินธรเฉลี่ยรายเดือน (หลังสร้างเขื่อน), ล้าน ม.๓	๗๗

ตารางที่ หน้า

๓.๑๓ เส้นระดับดำเนินการบน ๗๗

๓.๑๔ เส้นระดับดำเนินการล่าง ๗๘

๓.๑๕ สถิติระดับน้ำในอ่าง ๗๘

๓.๑๖ สถิติข้อมูลอัตราการระเหยของน้ำในอ่าง ๗๙

๓.๑๗ สถิติการปล่อยน้ำ เพื่อการผลิตไฟฟ้า ๗๙

๓.๑๘ สถิติปริมาณน้ำ ที่ปล่อยผ่านทางน้ำล้น ๘๐

๓.๑๙ สถิติการสูบน้ำจากอ่างฯ เพื่อการชลประทาน ๘๐

๓.๒๐ สถิติการปล่อยน้ำออกจากอ่างทั้งหมด ๘๑

๓.๒๑ สถิติการผลิตกำลังงานไฟฟ้า ๘๑

๔.๑ แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายเดือนของ Potential Evapotranspiration ๙๖

๔.๒ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ๙๖

๔.๓ ประสิทธิภาพฝนใช้ประโยชน์ (Effective Rainfall Factor) ๙๙

๔.๔ ประสิทธิภาพในการชลประทานสำหรับวิธีการส่งน้ำ ขนาดของพื้นที่ลักษณะของดินและวิธีให้น้ำแบบต่าง ๆ ๑๐๒

๔.๕ รายชื่อตัวแปรสำคัญของชุดโปรแกรม IDMO1 ..... ๑๐๙

๔.๖ โปรแกรมหลักและโปรแกรมย่อยที่ใช้ในชุดโปรแกรม IDMO1 ..... ๑๑๐

๕.๑ ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ (Head) ขีดความสามารถผลิตไฟฟ้า และประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ที่ใช้ในการศึกษา ๑๒๕

๕.๒ รายชื่อตัวแปรสำคัญของชุดโปรแกรม STRON ๑๓๐

๖.๑ เกณฑ์กำหนดของ กฟผ. ที่ใช้ศึกษาความต้องการน้ำของโครงการชลประทานโดมน้อย ๑๕๓

ตารางที่ หน้า

๖.๒ แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้องการน้ำชลประทาน (QPUMP) ระหว่างข้อมูลการศึกษาของกฟผ. กับค่าที่ได้จากแบบจำลองสภาพระบบ ๑๕๔

๖.๓ การเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำที่ปล่อยเพื่อการผลิตไฟฟ้า (QPOW) ระหว่างข้อมูลการศึกษาของกฟผ. กับค่าที่ได้จากแบบจำลองสภาพระบบ ๑๕๖

๖.๔ แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ (VEND) ระหว่างข้อมูลการศึกษาของกฟผ. กับค่าที่ได้จากแบบจำลองสภาพระบบ ๑๕๗

๗.๑ การใช้แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน (ชุดโปรแกรม IDMO1) ในการศึกษากรณีต่าง ๆ ๑๖๒

๗.๒ การใช้แบบจำลองและดำเนินการยองอ่างเก็บน้ำ (ชุดโปรแกรม STRON) ในการศึกษากรณีต่าง ๆ ๑๗๔

สารบาญภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
๑.๑	แผนที่โครงการ	๔
๑.๒	ทัศนียภาพของตัวเขื่อนและอ่างเก็บน้ำสิรินธร	๕
๒.๑	แผนผังแสดงการใช้งานของแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์	
๓.๑	แผนที่แสดงลุ่มน้ำแม่โขงตอนล่าง	๒๗
๓.๒	แผนที่แสดงที่ตั้งโครงการอ่างเก็บน้ำสิรินธร และโครงการชลประทานโดมน้อย	๒๘
๓.๓	การแผ่กระจายรายเดือนของอุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, อัตราการระเหยและปริมาณน้ำฝน ของสถานีจังหวัดอุบลราชธานี	๓๑
๓.๔	แผนที่แสดงเส้นน้ำฝนเฉลี่ย	๓๓
๓.๕	แผนที่แสดงที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนที่ลุ่มน้ำลำโดมน้อย และบริเวณใกล้เคียง	๓๔
๓.๖	แสดงลักษณะการแผ่กระจายของปริมาณฝนเฉลี่ย รายเดือน ณ สถานีต่าง ๆ	๓๙
๓.๗	แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีบุณฑริก และสถานีพิบูลมังสาหาร	๔๐
๓.๘	แสดงการแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนเฉลี่ยของแต่ละสถานี โดยวิธีของ THEISSEN	๔๒
๓.๙	ลักษณะการแผ่กระจายเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณ น้ำท่าที่เขื่อนสิรินธร	๔๙
๓.๑๐	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่เขื่อนสิรินธร	๕๐
๓.๑๑	ทัศนียภาพของอ่างเก็บน้ำและตัวเขื่อนสิรินธร พร้อมทั้งอาคารประกอบ	๕๔

รูปที่ หน้า

๓.๑๒ แบบแปลนเขื่อนสิรินธร ๕๕

๓.๑๓ รูปตัดตามขวางและตามยาวของเขื่อนสิรินธร ๕๖

๓.๑๔ รูปตัดของโรงไฟฟ้า แสดงส่วนของกังหันน้ำ
และระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า ๕๘

๓.๑๕ บริเวณโรงไฟฟ้าและลานไกไฟฟ้า ๕๙

๓.๑๖ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งติดตั้งแล้วเสร็จ ๕๙

๓.๑๗ แผนที่โครงการชลประทานโดมน้อย ๖๖

๓.๑๘ รูปตัดโรงสูบน้ำโครงการชลประทานโดมน้อย ๖๗

๓.๑๙ ทัศนียภาพของโรงสูบน้ำโครงการชลประทานโดมน้อย ๖๘

๓.๒๐ ทัศนียภาพภายในโรงสูบน้ำ ๖๘

๓.๒๑ บริเวณด้านหน้าของโรงสูบน้ำ (ด้านที่ติดกับอ่างเก็บน้ำ) ๖๙

๓.๒๒ บริเวณด้านหลังของโรงสูบน้ำขณะทำการสูบน้ำ
เข้าสู่บ่อพักน้ำ ๖๙

๓.๒๓ ทัศนียภาพของคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา ๗๑

๓.๒๔ ทัศนียภาพของคลองซอย ๗๑

๓.๒๕ ทัศนียภาพของพื้นที่เพาะปลูก (ที่มีคูส่งน้ำสภาพเรียบร้อย) ๗๒

๓.๒๖ ทัศนียภาพของพื้นที่เพาะปลูก (ที่คูส่งน้ำเสื่อมสภาพ) ๗๒

๓.๒๗ เส้นระดับดำเนินการต่าง ๆ ๗๔

๓.๒๘ แผนผังระบบของอ่างเก็บน้ำสิรินธร ๘๕

๓.๒๙ การจำลองระบบของอ่างเก็บน้ำสิรินธรจากการประกอบ
แบบจำลองชุดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ๘๖

๔.๑ แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้น้ำของพืช
ต่อปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของโครงการ ๙๐

๔.๒ แสดงการสูญเสียของน้ำในแปลงนาข้าว ๙๒

๔.๓ ส่วนประกอบในความสมดุลย์ของดินและน้ำ
(ในการปลูกพืชไร่ - พืชสวน) ๙๒

รูปที่ หน้า

๔.๔ ประสิทธิภาพของการชลประทาน ๑๐๐

๔.๕ ขั้นตอนการคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทาน
และปริมาณน้ำเหลือระบายของชุดโปรแกรม IDOM1 ..... ๑๐๘

๔.๖ องค์ประกอบและโครงสร้างของแบบจำลองความต้องการ
น้ำชลประทาน (ชุดโปรแกรม IDOM1) สำหรับการคำนวณ
ความต้องการน้ำชลประทานและปริมาณน้ำที่เหลือระบายออก
จากโครงการชลประทานโดมน้อย ๑๑๑

๔.๗ ตัวอย่างลักษณะของข้อมูลเข้าที่ใช้ในการคำนวณ
ความต้องการน้ำชลประทานของชุดโปรแกรม
IDMO1 (กรณีที่ ๗) ๑๑๒

๔.๘ ตัวอย่างของข้อมูลออก (กรณีที่ ๗) แสดงข้อมูลเข้า
ที่ใช้คำนวณในรูปของตารางปฏิทินการปลูกพืช ขนาดพื้นที่
รวมทั้งแฟกเตอร์ และค่าประสิทธิภาพต่าง ๆ ๑๑๓

๔.๙ ตัวอย่างของข้อมูลออก (กรณีที่ ๗) ปริมาณฝนของโครงการ ๑๑๔

๔.๑๐ ตัวอย่างของข้อมูลออก (กรณีที่ ๗) ปริมาณฝนใช้ประโยชน์ ๑๑๕

๔.๑๑ ตัวอย่างของข้อมูลออก (กรณีที่ ๗) ความต้องการ
น้ำชลประทาน ๑๑๖

๔.๑๒ ตัวอย่างของข้อมูลออก (กรณีที่ ๗) ความต้องการ
น้ำชลประทาน ๑๑๗

๔.๑๓ ตัวอย่างของข้อมูลออก (กรณีที่ ๗) ผลรวมสะสม
ของความต้องการน้ำชลประทาน ๑๑๘

๔.๑๔ ตัวอย่างของข้อมูลออก (กรณีที่ ๗) ปริมาณน้ำเหลือระบาย ๑๑๙

๕.๑ หลักการทางอุทกวิทยาในการจำลองอ่างเก็บน้ำ ๑๒๑

๕.๒ ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ - พื้นที่ - ความจุ
ของอ่างเก็บน้ำสิรินธร ๑๒๔

รูปที่ หน้า

๕.๓ ความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับ - ขีดความสามารถ
ผลิตไฟฟ้า - ปริมาณน้ำผ่านกังหันน้ำ- ประสิทธิภาพต่าง ๆ ๑๒๖
๕.๔ แสดงค่าเส้นระดับดำเนินการต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา ๑๒๘
๕.๕ องค์ประกอบแบบจำลองการดำเนินการอ่างเก็บน้ำสิรินธร
สำหรับการคำนวณการจัดสรรน้ำตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ๑๒๙
๕.๖ แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการคำนวณ
ของชุดโปรแกรม STRON ๑๓๔
๕.๖(ต่อ) แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการคำนวณ
ของชุดโปรแกรม STRON ๑๓๘
๕.๗ แสดงผลการศึกษาการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำสิรินธร
โดยชุดโปรแกรม STRON (กรณีที่ ๑๓) ๑๔๔
๖.๑ ความสัมพันธ์ของชุดโปรแกรมต่าง ๆ ที่ประกอบเป็น
แบบจำลองสภาพระบบ ๑๔๗
๖.๒ หลักการของแบบจำลองสภาพระบบอ่างเก็บน้ำสิรินธร
ในกรณีของการจัดสรรน้ำ ๑๔๘
๖.๓ การทดสอบเปรียบเทียบแบบจำลองสภาพระบบ
กับสภาพที่เป็นจริง ๑๕๑
๖.๔ เปรียบเทียบผลลัพท์ที่ได้จากโปรแกรม STRON และ
จากการศึกษาของ กฟผ. (โปรแกรม HEC - 3) ๑๕๘

รูปที่ หน้า

๗.๑ (ก) แผนการปลูกพืชที่ ๑ (จากการศึกษาของ กฟผ.) ๑๖๗

๗.๑ (ข) แผนการปลูกพืชที่ ๒ ..... ๑๖๗

๗.๑ (ค) แผนการปลูกพืชที่ ๓ ..... ๑๖๘

๗.๑ (ง) แผนการปลูกพืชที่ ๔ ..... ๑๖๘

๗.๒ การเปรียบเทียบผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณ ปริมาณฝนโครงการ (กรณีที่ ๑ และ ๒) และการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณฝนใช้ประโยชน์ (กรณีที่ ๒ และ ๓) ๑๗๐

๗.๓ การเปรียบเทียบผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณค่าศักยภาพการคายระเหย (กรณี ๑, ๗ และ ๑๒) ๑๗๑

๗.๔ การเปรียบเทียบกรณีที่ลดพื้นที่การเพาะปลูกฤดูแล้งลง (กรณีที่ ๗ และ ๑๖) .. ๑๗๓

๗.๕ การเปรียบเทียบกรณีใช้เส้นระดับดำเนินการล่างค่าสูง (กรณี ๑๓) และกรณีที่ใช้เส้นระดับดำเนินการล่างค่าต่ำ (กรณีที่ ๑๔) ๑๗๘

๗.๖ การเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบการศึกษาโดยสมมุติฐานของ กฟผ. ด้วยกรณีที่ ๓ และกรณีที่ ๑๗ ..... ๑๗๙

๗.๗ การเปรียบเทียบผลการศึกษาจากชุดโปรแกรม STRON (กรณี ๓, ๗, ๑๓ และ ๑๕) ๑๘๑

๗.๘ การเปรียบเทียบผลการศึกษาจากชุดโปรแกรม STRON (กรณี ๑๓, ๑๗ และ ๑๙) ๑๘๒

๗.๙ แสดงกรณีการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำลิรินธรที่เสนอแนะจากการศึกษา (กรณี ๑๙) ๑๘๓