

การประยุกต์แบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อการส่งน้ำ

นายมงคล ทองจีน



ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974 - 635 - 554 - 6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPUTER MODEL APPLICATION FOR WATER SCHEDULING



Mr. MONGKOL TONGGEEN

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1996

ISBN 974 - 635 - 554 - 6

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประยุกต์แบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อการส่งน้ำ

โดย

นายมงคล ทองจีน

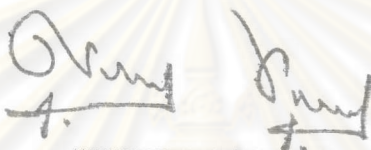
ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์สุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

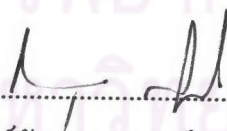


..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักรวิชัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์)



..... กรรมการ

(อาจารย์ชัยยุทธ สุขศรี)



..... กรรมการ

(ดร. สมเกียรติ ประจักษ์)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

มงคล ทองจีน : การประยุกต์แบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อการส่งน้ำ

(COMPUTER MODEL APPLICATION FOR WATER SCHEDULING)

อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ประดิษฐ์านนท์, 246 หน้า. ISBN 974-635-554-6.

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองต่างๆ ที่กรมชลประทานเชื่อว่ามีความสามารถ ความคล่องตัว และความน่าใช้ในงานส่งน้ำชลประทานมากน้อยเพียงใด โดยเน้นถึงความสัมพันธ์อัตราการใช้น้ำของพืชจากสมการต่างๆ ที่มีอยู่ในแบบจำลอง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ที่มีข้อมูลอยู่อย่างจำกัด และเปรียบเทียบพิจารณาแบบจำลองที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้งานในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครนายก


การศึกษ้อัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยข้อมูลภูมิอากาศจากความสัมพันธ์ต่างๆ จำนวน 7 ความสัมพันธ์ ได้แก่ Hargreaves 1985, Penman-Monteith, Jensen-Haise, FAO-24 Pan Evaporation, Penman 1948, Penman A.M. Michael และ Penman Doorenbos and Pruitt. ซึ่งเลือกสถานีตรวจวัดอากาศสุพรรณบุรี และสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานของพืชสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี และนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับการวัดอัตราการใช้น้ำของพืชด้วยถัง Lysimeter ในปี พ.ศ.2522-2523 ในช่วงฤดูฝน เพื่อเลือกความสัมพันธ์ที่เหมาะสม นำไปใช้กับพื้นที่โครงการนครนายก ผลการศึกษา สรุปได้ว่าความสัมพันธ์ของ Penman Doorenbos and Pruitt มีความเหมาะสมมากกว่าความสัมพันธ์อื่นๆ และเลือกใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่สถานีตรวจวัดอากาศปราจีนบุรี เป็นตัวแทนของจังหวัดนครนายก ในการศึกษาเบื้องต้นได้พิจารณาแบบจำลอง 5 โปรแกรม และทำการคัดเลือกแบบจำลอง WASAM , WATERCAL และ CADSM มาเปรียบเทียบกันในรายละเอียด และได้นำมาทดลองใช้เปรียบเทียบกันโดยข้อมูลของการใช้น้ำของโครงการนครนายก ปี พ.ศ. 2538 พบว่าแบบจำลองทั้งหมดให้ ปริมาณความต้องการใช้น้ำตลอดฤดูเพาะปลูกใกล้เคียงกับข้อมูล แต่ยังคงมีความแตกต่างกันในการกระจายของปริมาณการใช้น้ำรายเดือน นอกจากนี้ยังได้คำนวณหาความต้องการใช้น้ำชลประทาน ในปี พ.ศ.2515 ปีพ.ศ. 2516 และปี พ.ศ.2536 ซึ่งเป็นปีที่มีโอกาสเกิดน้ำน้อยในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี และ 10 ปี ตามลำดับ พบว่าแบบจำลองทั้งสามให้ผลปริมาณความต้องการใช้น้ำใกล้เคียงกัน

การเปรียบเทียบแบบจำลอง และการประยุกต์ใช้สรุปได้ว่า แบบจำลอง WASAM มีความเหมาะสมมากที่สุด และง่ายกว่าแบบจำลองอื่น ทั้งนี้เพราะว่า WASAM ถูกพัฒนาบนระบบวินโดว มีภาษาไทย จึงง่ายต่อการปรับแก้หรือประยุกต์กับโครงการอื่นๆ

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา (แหล่งน้ำ)

สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ

ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิติ 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

C615164 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: CONSUMPTIVE USE / WATER SUPPLY / EVAPOTRANSPIRATION

MONGKOL TONGGEEN : COMPUTER MODEL APPLICATION FOR WATER

SCHEDULING : Assoc. Prof. DR. SURAVUTH PRATISHTHANANDA, 246 pp.

ISBN 974-635-554-6

The objective of this study is to investigate the capability, flexibility and versatility of the computer models currently used in irrigation work by the Royal Irrigation Department. The equations for evapotranspiration available in the models are emphasized in order to apply in the area with limited data. Then, the models are compared for appropriate application with the Nakhon Nayok Irrigation Operation and Maintenance Project.

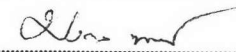
About 7 equations for evapotranspiration are studied using climatic data. They are Hargreaves 1985, Penman-Monteith, Jensen-Haise, FAO-24 Pan Evaporation, Penman 1948, Penman A.M. Michael and Penman Doorenbos and Pruitt. The evapotranspiration for the rainy seasons of 1979-1980 are calculated using the climatic data measured at Suphan Buri Climatological Station and Samchuk Water Consumptive Used Station at Suphan Buri. They are compared with the measured values by Lysimeter in order to select the proper equation for the Nakhon Nayok Project. It is concluded that Penman Doorenbos and Pruitt should be selected and the climatic data measured at Prachinburi can represent the ones at Nakhon Nayok. For a preliminary study, 5 computer model are studied. WASAM, WATERCAL and CADSM are then selected for comparison in details. The irrigation water requirement of Nakhon Nayok Project during year 1995 are estimated and compared. It is concluded that all 3 models provide the total water requirement for a crop season approximately equal to the data. However, there are some differences in the distribution of monthly water requirement. In addition, the models are used to estimate the irrigation water requirement in 1972, 1973 and 1993 which corresponded to 2, 5 and 10 year return period. It is concluded that all models provide similar results.

The model calibration and application indicate that WASAM is the most appropriate and relatively easier than others. Since WASAM is developed on WINDOWS with Thai Language Option, it can be easily calibrated or applied to other projects.

ภาควิชา.....วิศวกรรมโยธา (แหล่งน้ำ).....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมแหล่งน้ำ.....

ปีการศึกษา..... 2539.....

ลายมือชื่อนิสิต..... .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบไปด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย ประธานกรรมการ อาจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี กรรมการ ดร. สมเกียรติ ประจักษ์ กรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาแหล่งน้ำ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ ข้าพเจ้า และขอขอบพระคุณ คุณอำพล สุขยิธัญ นายช่างหัวหน้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครนายก คุณปรีชา นาคทั้ง หัวหน้างานจัดสรรน้ำโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครนายก ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านของโครงการฯ รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของฝ่ายเกษตรชลประทาน กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา และเจ้าหน้าที่ของกองอุทกวิทยา กรมชลประทาน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลต่าง ๆ ในการศึกษาวิจัย ในครั้งนี้

ตลอดระยะเวลาของการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งต่อความเมตตากรุณาของท่านรองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์ ท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ อบรม สั่งสอน ต่อข้าพเจ้า รวมทั้ง ดร.สมเกียรติ ประจักษ์ วิศวกรโยธา 6 ฝ่ายวางโครงการ 2 กองวางโครงการ กรมชลประทาน ที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณ มารดา พี่ และน้อง และขอขอบคุณต่อ ภรรยา ธิดา บุตร ของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจเสมอมา นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณพิสมัย ประจักษ์ คุณชลอ ชาติเวียง คุณวรวิทย์ สุภายวัน และน้อง ๆ นิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ แหล่งน้ำ ทุกท่านที่ช่วยในการจัดพิมพ์ต้นฉบับ

มงคล ทองจีน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำและความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	4
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 ลักษณะทั่วไปของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครนายก	
2.1 ความเป็นมา.....	7
2.2 ที่ตั้งและอาณาเขต.....	8
2.3 ลักษณะภูมิประเทศ.....	8
2.4 ลักษณะภูมิอากาศ.....	8
2.5 ลักษณะดิน.....	10
2.6 ลักษณะฝน.....	10
2.7 พื้นที่โครงการ.....	10
2.8 การแบ่งงานบริหารของโครงการ.....	10
2.9 ข้อมูลประชากร.....	12
2.10 แหล่งน้ำธรรมชาติ.....	12
2.11 ระบบกระจายน้ำ.....	13
2.12 อาคารชลประทาน.....	13
บทที่ 3 การพิจารณาโปรแกรมด้านการจัดส่งน้ำ	
3.1 บทนำ.....	14

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำและความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	4
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 ลักษณะทั่วไปของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครนายก	
2.1 ความเป็นมา.....	7
2.2 ที่ตั้งและอาณาเขต.....	8
2.3 ลักษณะภูมิประเทศ.....	8
2.4 ลักษณะภูมิอากาศ.....	8
2.5 ลักษณะดิน.....	10
2.6 ลักษณะฝน.....	10
2.7 พื้นที่โครงการ.....	10
2.8 การแบ่งงานบริหารของโครงการ.....	10
2.9 ข้อมูลประชากร.....	12
2.10 แหล่งน้ำธรรมชาติ.....	12
2.11 ระบบกระจายน้ำ.....	13
2.12 อาคารชลประทาน.....	13
บทที่ 3 การพิจารณาโปรแกรมด้านการจัดส่งน้ำ	
3.1 บทนำ.....	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พิจารณา.....	14
3.3 เกณฑ์การพิจารณาเปรียบเทียบ.....	16
3.4 หลักการของรูปแบบจำลอง.....	17
3.4.1 โปรแกรม WASAM.....	17
3.4.2 โปรแกรม INCA.....	19
3.4.3 โปรแกรม WATERCAL.....	21
3.4.4 โปรแกรม SIMIS.....	22
3.4.5 โปรแกรม CADSM.....	25
3.5 ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์การประมวลผล.....	27
3.6 การเปรียบเทียบโปรแกรมด้านการจัดการน้ำ.....	34
บทที่ 4 ความต้องการใช้น้ำของพืช	
4.1 บทนำ.....	47
4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพืชและสภาพภูมิอากาศ.....	48
4.3 การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบอัตราการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง.....	59
4.3.1 การเปรียบเทียบอัตราการคายระเหยน้ำของพืช.....	60
4.3.2 การใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ.....	62
4.4 สรุปผลการวิเคราะห์การหาความต้องการใช้น้ำและสภาพภูมิอากาศ.....	64
บทที่ 5 การตรวจสอบการใช้งานของโปรแกรม	
5.1 บทนำ.....	72
5.2 การจัดเตรียมข้อมูล.....	72
5.2.1 ระบบกระจายน้ำ.....	72
5.2.2 พืช.....	75
5.2.3 กิจกรรมการเพาะปลูก.....	75
5.2.4 ค่าอัตราการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง(ETp).....	75
5.2.5 ประสิทธิภาพการชลประทาน.....	76
5.2.6 อัตราการรั่วซึม.....	79
5.2.7 ฝนใช้การ.....	79
5.2.8 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลง.....	80

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2.9 ปริมาณฝนตก.....	80
5.2.10 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช(Kc)	81
5.3 การเตรียมโปรแกรมและการสอบเทียบการใช้งานของโปรแกรม	82
5.3.1 การเตรียมโปรแกรม	82
5.3.2 การสอบเทียบเทียบการใช้งานของโปรแกรม	82
5.3.3 สรุปผลการสอบเทียบเทียบการใช้งานของโปรแกรม	82
5.3.4 การประยุกต์แบบจำลองเพื่อการส่งน้ำ	84
5.4 การประเมินน้ำทำสำหรับจัดสรรน้ำ.....	86
5.5 สรุปผลการเปรียบเทียบการคำนวณเพื่อหาความต้องการน้ำจากแบบจำลอง.....	87
บทที่ 6 บทวิจารณ์ ข้อเสนอแนะ	
6.1 บทวิจารณ์	115
6.2 ข้อเสนอแนะ	118
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	118
รายการอ้างอิง.....	121
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ค่าอัตราการระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETp).....	124
ภาคผนวก ข. ปริมาณน้ำฝนของสถานีวัดน้ำ ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา นครนายก	159
ภาคผนวก ค. กิจกรรมการปลูกพืชรายสัปดาห์ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา นครนายก.....	185
ภาคผนวก ง. Typical Output จากแบบจำลอง	202
ประวัติผู้เขียน	246

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1 การเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ด้านต่าง ๆ ของโปรแกรมจัดสรรน้ำ.....	35
4-1 การเปรียบเทียบค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่คำนวณจากความสัมพันธ์ต่าง ๆ.....	66
4-2 ค่า Kc ที่คำนวณจากข้อมูลสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานของพืชจังหวัด สุพรรณบุรี.....	67
4-3 ค่า Kc ที่คำนวณจากข้อมูลสถานีตรวจอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสุพรรณบุรี	67
4-4 ค่าอัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ.2522-พ.ศ.2538 ของสถานี ตรวจวัดอากาศ จ.สุพรรณบุรี	68
4-5 ค่าอัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ.2532-พ.ศ.2537 ของสถานีฯ สามชุก จ.สุพรรณบุรี	69
4-6 ข้อมูลภูมิอากาศเบื้องต้นของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ใช้กับความสัมพันธ์ต่าง ๆ.....	70
4-7 ข้อมูลภูมิอากาศเบื้องต้นของกรมชลประทานที่ใช้กับความสัมพันธ์ต่าง ๆ.....	70
4-8 ค่าอัตราการคายระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ย (ปี พ.ศ.2522-พ.ศ.2538) โดยความสัมพันธ์ Penman Doorenbos and Pruitt	71
5-1 การแบ่งพื้นที่โครงการเพื่อการวิเคราะห์หาความต้องการน้ำ.....	74
5-2 ประสิทธิภาพในการให้น้ำ(Ea) ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (Eb) และประสิทธิภาพในการ ส่งน้ำ (Ec) สำหรับวิธีการส่งน้ำ ขนาดพื้นที่ ลักษณะของดิน และวิธีการให้น้ำ แบบต่าง ๆ	77
5-3 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc).....	81
5-4 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับใช้สอบเทียบการใช้งานของแบบจำลอง	92
5-5 ปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานีในเขตพื้นที่ RMC	93
5-6 ปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานีในเขตพื้นที่ LMC-1.....	94
5-7 ปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานีในเขตพื้นที่ LMC-1.....	95
5-8 ปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานีในเขตพื้นที่ คลองเหมือง	96
5-9 ปริมาณน้ำฝนรายสัปดาห์	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5-10 ผลการคำนวณความต้องการใช้น้ำของแบบจำลอง WATERCAL	98
5-11 ผลการคำนวณความต้องการใช้น้ำของแบบจำลอง CADSM	98
5-12 ผลการคำนวณความต้องการใช้น้ำของแบบจำลอง WASAM	96
5-13 การเปรียบเทียบหาค่าความต้องการใช้น้ำจากแบบจำลองที่ประสิทธิภาพต่าง ๆ ของคลอง RMC	99
5-14 การเปรียบเทียบหาค่าความต้องการใช้น้ำจากแบบจำลองที่ประสิทธิภาพต่าง ๆ ของคลอง LMC 1.....	100
5-15 การเปรียบเทียบหาค่าความต้องการใช้น้ำจากแบบจำลองที่ประสิทธิภาพต่าง ๆ ของคลอง LMC 2.....	100
5-16 การเปรียบเทียบหาค่าความต้องการใช้น้ำจากแบบจำลองที่ประสิทธิภาพต่าง ๆ ของคลอง MUANG.....	101
5-17 ปริมาณน้ำต้นทุนที่ส่งเข้าระบบของโครงการฯ ในช่วงฤดูฝน ปี พ.ศ.2538	102
5-18 ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบชลประทานของโครงการฯ ในช่วงฤดูฝน ปี พ.ศ. 2538	104
5-19 ผลการคำนวณปริมาณน้ำจากแบบจำลอง WASAM 1995	105
5-20 ผลการคำนวณปริมาณน้ำจากแบบจำลอง WATERCAL 1995.....	105
5-21 ผลการคำนวณปริมาณน้ำจากแบบจำลอง WASAM 1995	105
5-22 เปรียบเทียบน้ำต้นทุนกับปริมาณน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองต่างๆ	106
5-23 ข้อมูลเปรียบเทียบน้ำท่ารายเดือนของสถานี NY.1	107
5-24 ข้อมูลเปรียบเทียบน้ำท่ารายเดือนของสถานี NY.1B	108
5-25 ข้อมูลเปรียบเทียบน้ำท่ารายเดือนของสถานี NY.1, NY.1B	109
5-26 การคำนวณขนาดของน้ำท่าสำหรับรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยวิธีกัมเบล.....	110
5-57 การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่าที่น้อยที่สุดรายปีในช่วงฤดูฝนด้วยกราฟ.....	111
5-28 การเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำจากผลการคำนวณของแบบจำลองกับ ปริมาณน้ำที่มีอยู่จริงในรอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ (ด้าน ลบ.ม.).....	113
6-1 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแต่ละแบบจำลองในเชิงปฏิบัติงาน	116

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1-1 จุดที่ตั้งและขอบเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครนายก.....	3
1-2 ผังแสดงขั้นตอนการศึกษา.....	5
2-1 ลักษณะภูมิประเทศของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครนายก.....	9
2-2 การแบ่งงานบริหารพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครนายก.....	11
5-1 การแบ่งพื้นที่ของโครงการเพื่อการวิเคราะห์หาความต้องการน้ำ.....	73
5-2 ผังแสดงการทำงานของโปรแกรม WATERCAL.....	89
5-3 ผังแสดงการทำงานของโปรแกรม CADSM	90
5-4 ผังแสดงการทำงานของโปรแกรม WASAM	91
5-5 การเปรียบเทียบหาค่าความต้องการใช้น้ำจากแบบจำลองที่ประสิทธิภาพต่าง ๆ ของคลอง RMC	99
5-6 การเปรียบเทียบหาค่าความต้องการใช้น้ำจากแบบจำลองที่ประสิทธิภาพต่าง ๆ ของคลอง LMC 1.....	100
5-7 การเปรียบเทียบหาค่าความต้องการใช้น้ำจากแบบจำลองที่ประสิทธิภาพต่าง ๆ ของคลอง LMC 2.....	101
5-8 การเปรียบเทียบหาค่าความต้องการใช้น้ำจากแบบจำลองที่ประสิทธิภาพต่าง ๆ ของคลอง MUANG.....	102
5-9 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกระจายน้ำในแปลงนา กับปริมาณน้ำ ชลประทานที่คำนวณมาจากแบบจำลองต่างๆ รวมทั้งหมดโครงการ	103
5-10 ความต้องการน้ำจากแบบจำลองต่างๆ กับปริมาณน้ำต้นทุน	106
5-11 ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (Etp) รายเดือนของจังหวัดปราจีนบุรี ปี พ.ศ. 2538	106
5-12 ความสัมพันธ์ระหว่าง Q_r และ P_r	112
5-13 การเปรียบเทียบผลการคำนวณหาความต้องการน้ำจากแบบจำลองต่างๆ กับ ปริมาณน้ำท่าที่มีอยู่จริงที่รอบปีการเกิดซ้ำต่ำสุดในรอบ 2 ปี , 5 ปี และ 10 ปี	113
5-14 ความต้องการน้ำจากแบบจำลองต่าง ๆ ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี.....	114