6/3/8/05

การต่อเชื่อมระหว่างแบบจำลองชลศาสตร์ กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

นางสาววิภารัตน์ สฤษฎีชัยกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-828-4

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10 ต.ค. 2544

I19246134

LINKAGE OF A HYDRAULIC MODEL AND GIS

Miss Wiparat Salitdeechaikul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Water Resources Engineering
Department of Water Resources Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-333-828-4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การต่อเชื่อมระหว่างแบบจำลองชลศาสตร์ กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
โดย	นางสาววิภารัตน์ สฤษฎ์ชัยกุล
ภาควิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. ทวนทัน กิจไพศาลสกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร. ทวนทัน กิจไพศาลสกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ ดร. อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ชัยยุทธ สุขศรี)

.....กรรมการ

(อาจารย์ดร.ครรชิต ลิขิตเดชาโรจน์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิภารัตน์ สฤษฎ์ชัยกุล : การต่อเชื่อมระหว่างแบบจำลองชลศาสตร์กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (LINKAGE OF A HYDRAULIC MODEL AND GIS) อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. ทวนทัน กิจไพศาล สกุล, อ. ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ ดร. อิทธิ ตริสิริรัตยวงศ์, 213 หน้า. ISBN 974-333-828-4 .

การออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่เขตเมืองโดยทั่วไปจะทำโดยการจำลองสภาพการระบายน้ำฝนที่ตกในพื้นที่โดยใช้แบบจำลองชลศาสตร์ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือหลัก อย่างไรก็ตามแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบันแสดงผลการคำนวณในรูปของค่าระดับน้ำตามตำแหน่งพิกัดหรือจุดรับน้ำต่างๆที่กำหนดในพื้นที่ โดยไม่แสดงผลขอบเขตน้ำท่วมบนแผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา ซึ่งสามารถเข้าใจได้เฉพาะผู้ใช้โปรแกรมเท่านั้น ดังนั้นจึงได้มีความพยายามอย่างต่อเนื่องที่จะพัฒนาวิธีการแสดงผลการจำลองสภาพน้ำท่วมลงบนแผนที่ภูมิประเทศ

ในการศึกษานี้เป็นการต่อเชื่อมกันระหว่างแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcView ซึ่งมีรูปแบบการต่อเชื่อมแบบหลวมโดยผู้ใช้โปรแกรมเป็นผู้ส่งข้อมูลและดำเนินการต่อเชื่อมในทุกขั้นตอน เริ่มต้นจากแบบจำลองชลศาสตร์จะคำนวณค่าระดับน้ำที่จุดต่างๆในพื้นที่ จากนั้นจะส่งผลมายังระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อทำการวิเคราะห์ขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมและความลึกน้ำท่วมในบริเวณต่างๆ โดยนำผลไปแสดงซ้อนทับกับแผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา การแสดงผลดังกล่าวจะทำให้เข้าใจการจำลองสภาพน้ำท่วมได้ชัดเจนขึ้น จากการศึกษานี้ได้เลือกรูปแบบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง Hydroworks ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลรูปภาพ *.hyd ให้เป็นแฟ้มข้อมูลตัวหนังสือ *.txt หลังจากนั้น ArcView GIS จะนำแฟ้มข้อมูลตัวหนังสือที่ได้นี้ มาสร้างพื้นผิวของค่าระดับน้ำ หลักการสำคัญในการต่อเชื่อมระหว่างแบบจำลองทั้งสองนี้จะใช้หมายเลขจุดรับน้ำเป็นการอ้างอิง ส่วนค่าระดับพื้นดินจะใช้ข้อมูลที่ใส่โดยตรงใน ArcView GIS หลังจากนั้นจะใช้ค่าความแตกต่างระหว่างระดับน้ำและพื้นดิน แสดงเป็นแผนที่น้ำท่วมทุกๆช่วงเวลา 15 นาทีของเวลาในการจำลอง พื้นที่ศึกษา คือพื้นที่สุขุมวิท มีพื้นที่ประมาณ 24 ตารางกิโลเมตร ข้อมูลที่ใช้ในการปรับเทียบและสอบเทียบแบบจำลองเป็นเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540 และวันที่ 1 กันยายน 2541 ตามลำดับ โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับเทียบจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์การไหลของท่อ

ผลที่ได้จากการต่อเชื่อมระหว่างแบบจำลองทั้งสอง สามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดทางเลือกการดำเนินการระบายน้ำในเวลาจริงและการศึกษาปรับปรุงระบบระบายน้ำ ในการศึกษานี้มีการประยุกต์ใช้กับพื้นที่ศึกษาในการปรับปรุงระบบระบายน้ำโดยใช้ฝนที่มีคาบการเกิด 2 ปี มีแนวทางการปรับปรุง เช่น การเพิ่มขนาดและความลาดชันของท่อ, การติดตั้งหรือเพิ่มกำลังของเครื่องสูบน้ำและการขุดเจาะอุโมงค์ผันน้ำ ซึ่งสามารถลดขนาดของน้ำท่วมได้ วิธีการต่อเชื่อมแบบจำลองทั้งสองนี้จะใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นของการต่อเชื่อมระหว่างแบบจำลองอื่นๆกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ต่อไป

ภาควิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ	**ลายมือชื่อนิสิต**	.....
สาขาวิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**	.....
ปีการศึกษา	2542	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**	.....

4070420521 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING
KEY WORD: LINKAGE / HYDRAULIC MODEL / GIS / LOOSE COUPLING / DRAINAGE SYSTEM
WIPARAT SALITDEECHAIKUL : LINKAGE OF A HYDRAULIC MODEL AND GIS.
THESIS ADVISER : Dr. TUNTAN KITPAISANSAKUL, Ph.D. THESIS COADVISER : Dr. ITTHI TRISIRISATAYAWONG, Ph.D. 213 pp. ISBN 974-333-828-4.

Urban drainage design is commonly done by drainage simulation using a hydraulic model computer program. However, the available models can present the computed result in terms of the water levels at the specified coordinates or nodes in the study area without presentation of flood extent on the geographic map of the area. This presentation limits the understanding only to the program users. Therefore, there are continuous efforts to develop the presentation of the simulation flood condition on the geographic map.

This study is to link the hydraulic model named Hydroworks and GIS named ArcView, using the loose coupling method. The user performs every step of model linkage such as import and export data files. First, the hydraulic model computes the water levels at the nodes in the area. Then, the computed water levels are used by GIS to analyse the flood area extent and flood depth at the nodes, which will be overlaid on the geographic map of the study area. Accordingly, the generated flood maps will show flood simulation result in a much more comprehensible form. From the study, the output files from program will be selected as the graphic files (*.hyd), then user will convert to the text files (*.txt) and import its to ArcView GIS. After that ArcView GIS will generate the water level map. The major concept of both programs is to use node number reference as the ground level map will be constructed using the data imported directly into ArcView GIS. Then the program will use the difference between water levels and ground levels to show the flood map every 15 minutes of simulation interval. The study area is Sukhumwit which is about 24 kilometers square. The model calibration and model verification are done using the event data on September 15,1997 and September 1,1998 respectively. The roughness coefficient of conduit is an important parameter for calibration of water level.

The result of the linkage between the hydraulic model and GIS can be used to adjust the real time drainage operation and drainage design. In this study, the linked models are applied to the study area for improving the drainage system by using a design rainfall of 2 years return period. There are alternatives of drainage system improvement for example increasing size and slope of the conduit, constructing new condition or increasing pump capacity and drilling forced drainage tunnel which can decrease the flood extent. The method of linking between 2 models will be the guideline linking between other model and GIS.

ภาควิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ	ลายมือชื่อนิสิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	
ปีการศึกษา	2542	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์คำปรึกษา คำแนะนำและข้อมูลที่มีประโยชน์ จากผู้มีพระคุณดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ทวนทัน กิจไพศาลสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. อิทธิ ตริสิริรัตยวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำ แนวทาง คำปรึกษาตลอดเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยอย่างดียิ่ง รวมถึงการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี รองศาสตราจารย์ ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และอาจารย์ ดร. ครรชิต ลิชิตเดชาโรจน์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ เพื่อตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ที่ให้ความอนุเคราะห์รายงานและข้อมูล และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยบางส่วนสำหรับการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา ขอขอบคุณผู้อยู่เบื้องหลังการจัดทำวิทยานิพนธ์ทุกๆ ท่าน

ท้ายสุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ และญาติผู้ใหญ่ทุกท่าน ที่ให้โอกาสและสนับสนุน การศึกษาของผู้วิจัยมาตลอด รวมทั้งความรัก ความอบอุ่น กำลังใจและคำแนะนำในเรื่องต่างๆ เสมอมา

ประโยชน์และความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ และกำลังใจ จนวิทยานิพนธ์สำเร็จลงได้ด้วยดี

วิภารัตน์ สฤษฏ์ชัยกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญรูป.....ฏ
คำอธิบายสัญลักษณ์.....ณ

บทที่1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2
1.3 ขอบข่ายของการศึกษา.....3
1.4 วิธีการและขั้นตอนการศึกษา.....3
1.5 คำจำกัดความ.....5

บทที่ 2 การศึกษาที่ผ่านมา.....7
2.1 การพัฒนาแนวคิดของการศึกษา.....7
2.2 แนวคิดในการศึกษา.....7
2.3 รายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....7
2.4 สรุปสาระการศึกษาที่ผ่านมา.....12

บทที่ 3 พื้นที่ศึกษา.....13
3.1 สภาพภูมิประเทศ.....13
3.2 สภาพภูมิอากาศ.....16
3.3 สภาพปัญหาน้ำท่วม.....17
3.4 สภาพระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา.....18
3.5 การรวบรวมข้อมูลของพื้นที่ศึกษา.....23
3.6 เหตุผลของการเลือกพื้นที่ศึกษา.....23

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ทฤษฎีและแบบจำลองที่เกี่ยวข้อง....24
4.1 แบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks....24
4.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcView....40

บทที่ 5 การจัดสร้างการต่อเชื่อมของแบบจำลอง....47
5.1 การจำลองชลศาสตร์โดยแบบจำลอง Hydroworks....47
5.2 การจัดเตรียมและสร้างระบบสนเทศภูมิศาสตร์ ArcView....56
5.3 ขั้นตอนการต่อเชื่อมและการทำงาน....58

บทที่ 6 ผลการศึกษา....62
6.1 แบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks....62
6.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcView....75
6.3 การต่อเชื่อมกันระหว่างแบบจำลองชลศาสตร์กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์....76
6.4 การแสดงผลการจำลองระบบระบายน้ำ....85

บทที่ 7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ....113
7.1 สรุปการใช้แบบจำลอง....113
7.2 สรุปผลการต่อเชื่อมกันของแบบจำลอง....113
7.3 สรุปผลการประยุกต์ใช้การต่อเชื่อมกันของแบบจำลอง....114
7.4 สรุปประโยชน์ของการต่อเชื่อมกันของแบบจำลอง....114
7.5 ข้อจำกัดของแบบจำลอง....115
7.6 ข้อเสนอแนะ....116

รายการอ้างอิง....119
ภาคผนวก....122
ภาคผนวก ก. อธิบายที่มาของสมการพื้นฐาน....123
ภาคผนวก ข. อธิบายที่มาของสมการอนุพันธ์....127
ภาคผนวก ค. อธิบายที่มาของการหาคำตอบของสมการอนุพันธ์....131
ภาคผนวก ง. รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks และตัวอย่างการจำลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ระบบระบายน้ำ.....136
ภาคผนวก จ. โปรแกรมภาษา Avenue ที่ใช้ในการต่อเชื่อม.....169
ภาคผนวก ฉ. ชุดภาพแสดงฝนของเหตุการณ์ปรับวันที่ 15 กันยายน 2540 และวันที่ 1 กันยายน 2541
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนและช่วงเวลาที่คาบการเกิด
ชุดภาพแสดงค่าระดับน้ำของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540 และวันที่ 1 กันยายน
2541.....176
ภาคผนวก ช. คำสั่งเพิ่มเติมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ของ ArcView GIS.....210
ประวัติผู้ศึกษา.....213

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 รายละเอียดของคูคลองภายในพื้นที่ศึกษา 20
3.2 รายละเอียดของอาคารชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา.....22
4.1 ประเภทของแฟ้มข้อมูลต่างๆ ที่ใส่ในแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks.....38
4.2 ประเภทของแฟ้มข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks.....39
5.1 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า.....48
5.2 จำนวน node, link และความยาวlink ในแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อย.....48
5.3 การตรวจสอบค่าระดับน้ำที่ได้จากการส่งค่าอัตราการไหลที่จุดรอยต่อระหว่างพื้นที่.....51
5.4 แฟ้มข้อมูลที่ใส่ในแบบจำลองของแต่ละพื้นที่.....52
5.5 การแสดงผลจากแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks ด้วยตารางสรุปผล.....54
5.6 ข้อมูลค่าระดับพื้นดินในจุดต่างๆ ใน ArcView GIS.....57
5.7 ข้อมูลจุดรับน้ำใน Arcview GIS.....58
5.8 รูปแบบของข้อมูลที่ปรับแก้เพื่อการต่อเชื่อม.....59
5.9 การต่อเชื่อมโดยใช้สตริงของ Ref เป็นการอ้างอิง.....60
5.10 ข้อมูลจุดรับน้ำที่มีค่าความลึกของน้ำที่จุดพิกัดต่างๆ.....60
6.1 ข้อมูลความลึกฝนในสถานีต่างๆ.....63
6.2 รายงานสภาพการเกิดน้ำท่วมตามจุดต่างๆในพื้นที่ศึกษา ณ วันที่ 15 กันยายน 2540.....64
6.3 รายงานสภาพการเกิดน้ำท่วมตามจุดต่างๆในพื้นที่ศึกษา ณ วันที่ 1 กันยายน 2541.....69
6.4 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของท่อ/ทางน้ำกับพื้นที่อื่นๆ.....72
6.5 สรุปสภาพการจำลองเหตุการณ์น้ำท่วม ณ วันที่ 15 กันยายน 2540.....85
6.6 พื้นที่เกิดน้ำท่วมในทุกๆ ช่วงเวลา 15 นาทีของการจำลองระบบระบายน้ำ ณ วันที่ 15 กันยายน 2540.....86
6.7 สรุปสภาพการจำลองเหตุการณ์น้ำท่วม ณ วันที่ 1 กันยายน 2541.....86
6.8 พื้นที่เกิดน้ำท่วมในทุกๆ ช่วงเวลา 15 นาทีของการจำลองระบบระบายน้ำ ณ วันที่ 1 กันยายน 2541.....87
6.9 พื้นที่เกิดน้ำท่วมในทุกๆ ช่วงเวลา 15 นาทีของการจำลองระบบระบายน้ำก่อนการปรับปรุง.....90
6.10 การเปลี่ยนแปลงระบบระบายน้ำของแผนการปรับปรุงระบบระบายน้ำแผนที่ 1.....91
6.11 พื้นที่เกิดน้ำท่วมในทุกๆ ช่วงเวลา 15 นาทีของการจำลองระบบระบายน้ำแผนที่ 1.....93
6.12 การเปลี่ยนแปลงระบบระบายน้ำของแผนการปรับปรุงระบบระบายน้ำแผนที่ 2.....94
6.13 พื้นที่เกิดน้ำท่วมในทุกๆ ช่วงเวลา 15 นาทีของการจำลองระบบระบายน้ำแผนที่ 2.....96

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

6.14 การเปลี่ยนแปลงระบบระบายน้ำของแผนการปรับปรุงระบบระบายน้ำแผนที่ 3.....97
6.15 พื้นที่เกิดน้ำท่วมในทุกๆ ช่วงเวลา 15 นาทีของการจำลองระบบระบายน้ำแผนที่ 3.....99
6.16 การเปลี่ยนแปลงระบบระบายน้ำของแผนการปรับปรุงระบบระบายน้ำแผนที่ 4.....100
6.17 พื้นที่เกิดน้ำท่วมในทุกๆ ช่วงเวลา 15 นาทีของการจำลองระบบระบายน้ำแผนที่ 4.....102
6.18 การเปลี่ยนแปลงระบบระบายน้ำของแผนการปรับปรุงระบบระบายน้ำแผนที่ 5.....103
6.19 พื้นที่เกิดน้ำท่วมในทุกๆ ช่วงเวลา 15 นาทีของการจำลองระบบระบายน้ำแผนที่ 5.....105
6.20 การเปลี่ยนแปลงระบบระบายน้ำของแผนการปรับปรุงระบบระบายน้ำแผนที่ 6.....106
6.21 พื้นที่เกิดน้ำท่วมในทุกๆ ช่วงเวลา 15 นาทีของการจำลองระบบระบายน้ำแผนที่ 6.....108
6.22 สรุปสภาพน้ำท่วมตามแผนต่างๆ.....109
6.23 แนวทางเลือกที่เสนอเพิ่มเติมในการปรับปรุงระบบระบายน้ำ.....111
7.1 ข้อจำกัดการใช้แบบจำลองฮลศาสตร์ Hydroworks.....115

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการศึกษา 4
3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษา....14
3.2 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา....15
3.3 แผนที่ภูมิประเทศแสดงระดับพื้นดิน....16
3.4 แผนที่ที่เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา....18
3.5 แผนที่แสดงจุดติดตั้งเครื่องสูบน้ำและประตูระบายน้ำ....19
4.1 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า....25
4.2 การปรับแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อย....26
4.3 แผนภาพแสดงแบบจำลองอุทกวิทยา....27
4.4 แบบจำลองอุทกพลศาสตร์....30
4.5 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์....31
4.6 หน้าตัดท่อแบบ Preissman Slot....33
4.8 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks....37
4.9 การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจำลองชุดข้อมูลเป็นชั้นของข้อมูลต่างๆ....41
4.10 ชนิดของรูปแบบจำลองภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกันทางพื้นฐานลองชนิด....43
4.11 วิธีการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น....44
4.12 การประมาณค่าเชิงพื้นผิวโดยการเลือกจุดที่อยู่รอบๆ มาพิจารณา....45
4.13 การสร้างพื้นผิวจากจุดต่างๆ....45
4.14 การคำนวณระหว่างชั้นผิว....46
5.1 พื้นที่รับน้ำแปลงย่อยทั้งหมด....47
5.2 แผนที่การใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา....49
5.3 การแบ่งพื้นที่การจำลองระบบระบายน้ำ....50
5.4 โครงข่ายระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา....51
5.5 ก และ ข. การแสดงผลจากแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks ด้วยภาพแปลนและภาพตัดตามยาว....53
5.6 การแสดงผลจากแบบจำลองชลศาสตร์ Hydroworks ด้วยกราฟชลภาพระดับน้ำแสดงค่าระดับน้ำ....54
5.7 การแสดงผลค่าความลึกของน้ำทุกๆ ช่วงเวลาของการจำลองในแต่ละจุดรับน้ำ (*.hyd)....55
5.8 การแสดงผลค่าความลึกของน้ำทุกๆ ช่วงเวลาของการจำลองในแต่ละจุดรับน้ำ (*.txt)....56
6.1 วิธีรูปธีเอสเสน โพลีกอน....63

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6.2 ซลภาพแสดงระดับน้ำที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง....65
6.3 ซลภาพแสดงระดับน้ำที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง....67
6.4 ซลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณแยกนานาถึงแยกอโศกของเหตุการณ์ปรับเทียบแบบจำลอง....70
6.5 ซลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณแยกนานาถึงแยกอโศกของเหตุการณ์สอบเทียบแบบจำลอง....71
6.6 การแสดงผลจากแบบจำลองซลศาสตร์ Hydroworks ด้วยภาพแปลนของพื้นที่ AB....72
6.7 การแสดงผลจากแบบจำลองซลศาสตร์ Hydroworks ด้วยภาพตัดตามยาวของพื้นที่ AB บางส่วน....73
6.8 การแสดงผลจากแบบจำลองซลศาสตร์ Hydroworks ด้วยแฟ้มข้อมูลตัวหนังสือของพื้นที่ AB....74
6.9 การแสดงผลจากแบบจำลองซลศาสตร์ Hydroworks ที่เปลี่ยนชนิดของแฟ้มข้อมูลของพื้นที่ AB....75
6.10 แผนที่ผังเมืองของพื้นที่ศึกษา....76
6.11 ขั้นตอนการต่อเชื่อม....77
6.12 การประยุกต์ใช้แบบจำลองที่ได้จากการต่อเชื่อม....78
6.13 แผนที่น้ำท่วมในเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540 ที่เวลา 90 นาที....79
6.14 แผนที่น้ำท่วมสูงสุดในเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540....80
6.15 แผนที่น้ำท่วมที่มีความลึกมากกว่า 30 เซนติเมตร ในเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540....80
6.16 แผนที่ระยะเวลาการเกิดน้ำท่วมในเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540....81
6.17 แผนที่น้ำท่วมในเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541 ที่เวลา 135 นาที....81
6.18 แผนที่น้ำท่วมสูงสุดในเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541....82
6.19 แผนที่น้ำท่วมที่มีความลึกมากกว่า 30 เซนติเมตร ในเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541....82
6.20 แผนที่ระยะเวลาการเกิดน้ำท่วมในเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541....83
6.21 ภาพตัดตามยางของถนนสุขุมวิท....84
6.22 แผนที่น้ำท่วมก่อนการปรับปรุงโดยใช้ฝนออกแบบที่คาบการเกิด 2 ปี....89
6.23 แผนที่น้ำท่วมในการปรับปรุงระบบระบายน้ำแผนที่ 1....92
6.24 แผนที่น้ำท่วมในการปรับปรุงระบบระบายน้ำแผนที่ 2....95
6.25 แผนที่น้ำท่วมในการปรับปรุงระบบระบายน้ำแผนที่ 3....98
6.26 แผนที่น้ำท่วมในการปรับปรุงระบบระบายน้ำแผนที่ 4....101
6.27 แผนที่น้ำท่วมในการปรับปรุงระบบระบายน้ำแผนที่ 5....104
6.28 แผนที่น้ำท่วมในการปรับปรุงระบบระบายน้ำแผนที่ 6....107
6.29 สรุปแนวทางการปรับปรุงระบบระบายน้ำในแผนต่างๆ....110
6.30 ตัวอย่างการปรับปรุงระบบระบายน้ำโดยใช้อุโมงค์ผันน้ำ....112

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

7.1 การต่อเชื่อมกันแบบถาวร....117
ข-1 แสดงวิธี 4- point, x-t solution plane....128
ค-1 ขั้นตอนการแก้สมการดิฟเฟอร์เรนเชียลด้วยวิธีนิวตันราฟสันที่ช่วงเวลาหนึ่ง....135
ง-1 ตัวอย่างการกำหนดหมายเลขท่อ/ทางน้ำ....137
ง-2 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลจุดรับน้ำและท่อ/ทางน้ำ....138
ง-3 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลจุดรับน้ำเริ่มต้น....139
ง-4 การใส่ค่าปริมาตรน้ำท่วม....140
ง-5 การคิดความลึกน้ำท่วม....140
ง-6 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลจุดรับน้ำภายใน....141
ง-7 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลบ่อน้ำ....142
ง-8 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลจุดน้ำออก....142
ง-9 ตัวอย่างจุดรับน้ำสรุปที่ได้จากการตรวจสอบของโปรแกรม....142
ง-10 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลท่อน้ำเริ่มต้น....143
ง-11 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลท่อ/ทางน้ำ....144
ง-12 ตัวอย่างชนิดของท่อ/ทางน้ำแบบต่างๆ....146
ง-13 ตัวอย่างการใส่ค่าของทางน้ำธรรมชาติที่ไม่มีรูปร่างตามที่กำหนด....147
ง-14 ตัวอย่างหน้าตัดของทางน้ำเปิด....148
ง-15 ตัวอย่างการใส่ข้อมูล orifice....148
ง-16 ตัวอย่างการใส่ข้อมูล weir....149
ง-17 ตัวอย่างการใส่ข้อมูล compound weir or orifice....150
ง-18 ตัวอย่างการใส่ข้อมูล vortex....150
ง-19 ประเภทของการสูบน้ำ....151
ง-20 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลการสูบน้ำ....152
ง-21 ตัวอย่างการใส่ข้อมูล flap valve....153
ง-22 ตัวอย่างการใส่ข้อมูล sluice gate....153
ง-23 ตัวอย่างท่อ/ทางน้ำสรุปที่ได้จากการตรวจสอบของโปรแกรม....154
ง-24 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของการไหล....155
ง-25 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลรายละเอียดของเหตุการณ์ฝน....157
ง-26 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลน้ำฝนโดยทั่วไป....157

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ง-27 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลน้ำฝนเฉพาะสถานี....157
ง-28 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลความเข้มฝน....158
ง-29 ตัวอย่างการจบการบันทึกข้อมูลฝน....158
ง-30 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลรายละเอียดของเหตุการณ์....159
ง-31 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลชลภาพโดยทั่วไป....159
ง-32 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลชลภาพเฉพาะบางจุด....159
ง-33 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลชลภาพ....160
ง-34 ตัวอย่างการจบการบันทึกข้อมูลชลภาพ....160
ง-35 การเลือกแฟ้มข้อมูลต่างๆ ของแผนงาน....161
ง-36 การประมวลผล....161
ฉ-1 ความสัมพันธ์ของความเข้มฝนและช่วงเวลาของเหตุการณ์วันที่ 15 กันยายน 2540....177
ฉ-2 ความสัมพันธ์ของความเข้มฝนและช่วงเวลาของเหตุการณ์วันที่ 1 กันยายน 2541....178
ฉ-3 ความสัมพันธ์ของความเข้มฝน ช่วงเวลาและคาบการเกิดของสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา....179
ฉ-4 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณแยกนานาถึงแยกอโศกของวันที่ 15 กันยายน 2540....180
ฉ-5 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณแยกนานาถึงแยกอโศกของวันที่ 1 กันยายน 2541....183
ฉ-6 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนพระราม3 ของวันที่ 15 กันยายน 2540....186
ฉ-7 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนพระราม3 ของวันที่ 1 กันยายน 2541....188
ฉ-8 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนอโศก ของวันที่ 15 กันยายน 2540....190
ฉ-9 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนอโศก ของวันที่ 1 กันยายน 2541....193
ฉ-10 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท31-35 ของวันที่ 15 กันยายน 2540....196
ฉ-11 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท31-63 ของวันที่ 1 กันยายน 2541....200
ฉ-12 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท22-34 ของวันที่ 15 กันยายน 2540....204
ฉ-13 ชลภาพแสดงค่าระดับน้ำบริเวณถนนสุขุมวิท22-34 ของวันที่ 1 กันยายน 2541....207
ช-1 คำสั่งเพิ่มเติมบนหน้าจอ ArcView GIS....211
ช-2 ปุ่มการแสดงแผนที่น้ำท่วม....212

คำอธิบายสัญลักษณ์

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อหรือพื้นที่รับน้ำ (ตร.ม.)

A_t = พื้นที่หน้าตัดของท่อทั้งหมด (ตร.ม.)

B = ความกว้างของผิวน้ำในท่อ (ม.)

C = ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า

C_ρ = ความเร็วการไหลเต็มท่อ (ม./วินาที)

d = ค่าเฉลี่ยความลึกของ initial losses (ม.)

g = แรงโน้มถ่วงโลก (ม./วินาที^{2})

i_n = ปริมาณฝนสุทธิ (มม./ชม.)

i = ปริมาณฝนทั้งหมด (มม./ชม.)

i_{10} = ความเข้มของฝนที่ผ่านมา 10 นาที (มม./ชม.)

k_d = ค่าสัมประสิทธิ์ความลึกเก็บกัก

PR = ค่าความซึมผ่านผิวดิน

q = อัตราการไหลด้านข้าง (อัตราการไหลต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง)

Q = อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)

(Q,y) = ค่าระดับและอัตราการไหลในทางน้ำซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของระยะทาง (x) และเวลา (t)

S = อ่างเก็บน้ำ (ลบ.ม.)

S_0 = ความลาดชันของท่อหรือพื้นที่รับน้ำ

S_f = เส้นลาดพลังงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย