วิทยานิพนธ์

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำ ของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR WATER RESOURCE MANAGEMENT OF BUNG BORAPHET BASIN

นางสาวสาวิตรี นาคหอม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ	วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

Decision Support System for Water Resource Management of Bung Boraphet Basin

นามผู้วิจัย นางสาวสาวิตรี นาคหอม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D.)

กรรมการ .....

(Mr. Peter Ross Hawkins, Ph.D.)

กรรมการ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย, Dipl.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์สุวัฒนา จิตตลดากร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 18 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** 2550

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

Decision Support System for Water Resource Management of Bung Boraphet Basin

โดย

นางสาวสาวิตรี นาคหอม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)
พ.ศ. 2550

สาวิตรี นาคหอม 2550: ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D. 179 หน้า

พื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยจุดออกของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดคือบึงบอระเพ็ดซึ่งเป็นทะเลสาบน้ำจืดและระบบพื้นที่ชุ่มน้ำขนาดใหญ่และมีความสำคัญมากในจังหวัดนครสวรรค์ ในปัจจุบันทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและโดยเฉพาะอย่างยิ่งบึงบอระเพ็ดกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรง ดังนั้น การบริหารจัดการน้ำจึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด โดยระบบดังกล่าวประกอบด้วย ระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด รวมทั้งระบบฐานข้อมูลของบึงบอระเพ็ดและพื้นที่ลุ่มน้ำ สำหรับในส่วนของระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า นั้นได้พิจารณาใช้แบบจำลอง URBS เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันจากข้อมูลน้ำฝนรายวันและลักษณะเฉพาะของพื้นที่ลุ่มน้ำ จากนั้นได้นำผลการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS ในระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548 มาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่บึงบอระเพ็ด จากนั้นได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดในระหว่างปี พ.ศ.2516-2545 ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดซึ่งเท่ากับ 683.24 ล้านลูกบาศก์เมตร เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2534 ซึ่งในปีดังกล่าวมีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 697.65 มิลลิเมตร ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำฝนลดลงร้อยละ 33 ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี จากการสมมติให้ปริมาณฝนในระหว่างปี พ.ศ.2546-2548 ลดลงร้อยละ 33 และนำข้อมูลฝนดังกล่าวไปประยุกต์ใช้เพื่อการประเมินน้ำท่า ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่บึงบอระเพ็ดในกรณีนี้มีค่าลดลงจากกรณีที่เกิดขึ้นจริงคิดเป็นร้อยละ 57 ซึ่งถ้าเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นจริงจะทำให้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในบึงบอระเพ็ดรุนแรงมากขึ้นและจะสร้างความเสียหายอย่างมากต่อระบบนิเวศโดยรวมของพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จากนั้นได้จัดทำระบบแบบจำลอง URBS ขึ้นและเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูล เพื่อให้การใช้งานแบบจำลองเป็นไปได้โดยสะดวก สำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น มีการสร้างชั้นของข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของระบบแบบจำลอง URBS รวมทั้งสามารถใช้แสดงผลเชิงพื้นที่ได้อย่างชัดเจน และเมื่อนำระบบแบบจำลอง URBS และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มาเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูล จะได้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ซึ่งได้พัฒนาให้สามารถทำงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในการจัดทรัพยากรน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ 14 / 05 / 07

Sawitree Nakhorm 2007: Decision Support System for Water Resource Management of Bung Boraphet Basin. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Nutchanat Sriwongsitanon, Ph.D. 179 pages.

Bung Boraphet Basin is a sub-basin of the Chao Phraya Basin. The outlet of the Bung Boraphet Basin is Bung Boraphet, which is a large and important freshwater lake and wetland system in Nakorn Sawan Province. At present, Bung Boraphet Basin and particularly Bung Boraphet is facing severe water shortages. Therefore water management is urgently needed to better allocate the water resource. This research has the main objective to develop a decision support system for Water Resource Management of Bung Boraphet Basin. This decision support system consists of a Rainfall-Runoff Model System, a Geographic Information System (GIS) of Bung Boraphet Basin, and a Database System for Bung Boraphet and its basin. For the Rainfall-Runoff Model System, the URBS Model has been chosen for daily runoff estimation using daily rainfall data and basin characteristics. Daily runoff estimates for the Bung Boraphet Basin between 2003 and 2005 resulting from an application of the URBS Model were compared to observed daily runoff flowing into Bung Boraphet. The URBS Model was then applied for daily runoff estimation between 1973 and 2002. The results revealed that the minimum runoff of 683.24 MCM occurred in 1991. It was also found that the rainfall in that year was only 697.65 mm, which is around 33 percent of the average rainfall during that period. By reducing the rainfall between 2003 and 2005 by 33 percent and then applying these rainfalls for runoff estimation during this period, the results show that runoff flowing into Bung Boraphet for this case reduces to only 57 percent of the real situation. If this situation really occurs, the water shortage in Bung Boraphet would be worsen and would cause a lot of damages to the whole ecological system of the Bung Boraphet Wetland. The URBS Model System was later developed and connected to the Database System for the convenience of the model application. For GIS, layers of data needed for spatial analysis were prepared to support the URBS Model application and to show spatial results clearly. Once the URBS Model System and the GIS are connected to the Database System, it will be an internet based Decision Support System to support decision makers for water resource management of Bung Boraphet Basin more efficiently.

Sawitree Nakhorm. N. Sriwongsitanon 14 / 05 / 07

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากท่านประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร.นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ กรรมการวิชาเอก อาจารย์ Peter Ross Hawkins กรรมการวิชารอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย และอาจารย์ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธาริน ปฐมวาณิชย์ ที่คอยให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และกองทุนอนุสัญญาว่าด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Ramsar Small Grant Funds) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยเพื่อการดำเนินงานวิทยานิพนธ์นี้ และขอขอบคุณ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา กรมประมง กรมพัฒนาที่ดิน และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช ที่ได้สนับสนุนข้อมูลประกอบการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายขอขอบพระคุณมารดา นางสำรวย สุทธนะ และบุคคลผู้ใกล้ชิดของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา

สาวิตรี นาคหอม

เมษายน 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (1)

สารบัญตาราง (2)

สารบัญภาพ (5)

คำนำ 1

วัตถุประสงค์ 3

การตรวจเอกสาร 4

อุปกรณ์และวิธีการ 48

อุปกรณ์ 48

วิธีการ 48

ผลและวิจารณ์ 75

สรุปและข้อเสนอแนะ 133

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 137

ภาคผนวก 142

ภาคผนวก ก ข้อมูลพื้นฐาน 143

ภาคผนวก ข การสร้างไฟล์สำหรับการดำเนินการแบบจำลอง URBS 153

ภาคผนวก ค บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12 169

ประวัติการศึกษา และการทำงาน 179

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวแปรภูมิอากาศ ช่วงปีสถิติข้อมูล และปริมาณรายปีของตัวแปรภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดนครสวรรค์	6
2	รายชื่อสถานีวัดน้ำฝน รหัสสถานี ช่วงปีสถิติข้อมูล และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง	7
3	รายชื่อสถานีวัดน้ำท่า ช่วงปีสถิติข้อมูล และสถิติปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานีที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียงลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	9
4	การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	10
5	พิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝน ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง	50
6	พิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของสถานีวัดน้ำท่าบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ลุ่มน้ำ	51
7	พิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนที่ติดตั้งเพิ่มบริเวณโดยรอบบึงบอระเพ็ด	52
8	พิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของจุดวัดระดับน้ำที่ติดตั้งเพิ่มที่คลองสาขาหลัก	52
9	พิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของจุดติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำในบึงบอระเพ็ด	53
10	ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของลุ่มน้ำสาขาย่อยของลุ่มน้ำย่อยคลองบอน	57
11	ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของลุ่มน้ำสาขาย่อยของลุ่มน้ำย่อยคลองท่าตะโก	57
12	พารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง URBS และลักษณะเฉพาะทางกายภาพของลุ่มน้ำย่อยคลองบอนและคลองท่าตะโก	59
13	แฟคเตอร์การถ่วงน้ำหนักสำหรับแต่ละสถานีและกลุ่มสถานีวัดน้ำฝนของลุ่มน้ำสาขาย่อยของคลองบอน	59
14	แฟคเตอร์การถ่วงน้ำหนักสำหรับแต่ละสถานีและกลุ่มสถานีวัดน้ำฝนของลุ่มน้ำสาขาย่อยของคลองท่าตะโก	60
15	ชื่อชั้นและคำอธิบายประเภทของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	65

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งเปอร์เซ็นต์การเกิดน้ำท่าทั้งหมด	79
17	ผลรวมของปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	82
18	ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติและปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่บึงบอระเพ็ด เมื่อปริมาณน้ำฝนระหว่างปีพ.ศ.2546-2548 ลดลง 33 เปอร์เซ็นต์	85
19	ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	90
20	ขนาดพื้นที่ของแต่ละอำเภอในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	92
21	ตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง	95
22	ตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำใกล้เคียงกับลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	96
23	ตำแหน่งที่ตั้งโครงการชลประทานขนาดเล็กที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	99
24	ขนาดพื้นที่และเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มชุดดินในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	101
25	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	102
26	ที่ตั้งและขนาดพื้นที่ของป่าไม้ประเภทต่างๆ	104
27	ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำรั่วซึมในบึงบอระเพ็ด	106
28	ตำแหน่งที่ตั้ง Staff Gage บริเวณโดยรอบบึงบอระเพ็ด	108
29	ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำในบึงบอระเพ็ด	110
30	ตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝนในบริเวณใกล้เคียงบึงบอระเพ็ด	111

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	การผันแปรรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งตั้งอยู่ใกล้เคียงบึงบอระเพ็ดมากที่สุด โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในรอบ 30 ปี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2514 ถึง พ.ศ. 2543	144
ก2	ปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง	148
ก3	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของแม่น้ำน่านที่สถานี N.14A	149
ก4	ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของแม่น้ำน่านที่สถานี N.8	150

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	พื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและพื้นที่อนุรักษ์บึงบอระเพ็ด	5
2	ลักษณะการสูบน้ำและการสร้างฝายทดน้ำของเกษตรกรในพื้นที่รอบบึงบอระเพ็ด	13
3	การเปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการสมดุลน้ำและที่ได้จากการตรวจวัด	13
4	การสูบตะกอนโดยเรือขุดตะกอนของศูนย์พัฒนาประมงน้ำจืด จังหวัดนครสวรรค์ และ ภูเขาตะกอนในบึงบอระเพ็ด	14
5	แบบจำลองการซึมลงสู่ชั้นดินบนพื้นฐานของพื้นที่ทึบน้ำ	31
6	เครื่องมือ Digitizer	38
7	การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและการวิเคราะห์น้ำฝนโดยวิธี Thiessen Polygon	56
8	ตัวอย่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานี 26032	68
9	ตัวอย่างข้อมูลระดับน้ำรายวันของสถานี N 14A	69
10	ตัวอย่างข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับและปริมาณน้ำของสถานี N14A	70
11	โปรแกรมประยุกต์สำหรับการแปลงรูปแบบข้อมูล	71
12	ผลการแปลงข้อมูลของสถานี 26032 จากโปรแกรมแปลงรูปแบบข้อมูลที่พัฒนาขึ้น	72
13	การเชื่อมโยงระบบแบบจำลอง URBS และผลการดำเนินการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ากับระบบฐานข้อมูล	74
14	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งกราฟน้ำฝนระหว่างวันที่ 16 กรกฎาคม ถึง 6 ตุลาคม 2546	76
15	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งกราฟน้ำฝนระหว่างวันที่ 25 พฤษภาคม ถึง 8 สิงหาคม 2547	77
16	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งกราฟน้ำฝนระหว่างวันที่ 27 สิงหาคม ถึง 6 พฤศจิกายน 2548	78
17	กราฟน้ำท่าแบบ Natural Flow และกราฟน้ำฝนระหว่างวันที่ 16 กรกฎาคม ถึง 6 ตุลาคม 2546 เมื่อปริมาณน้ำฝนลดลงจากความเป็นจริงร้อยละ 33	86

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
18	กราฟน้ำท่าแบบ Natural Flow และกราฟน้ำฝนระหว่างวันที่ 25 พฤษภาคม ถึง 8 สิงหาคม 2547 เมื่อปริมาณน้ำฝนลดลงจากความเป็นจริงร้อยละ 33	87
19	กราฟน้ำท่าแบบ Natural Flow และกราฟน้ำฝนระหว่างวันที่ 27 สิงหาคม ถึง 6 พฤศจิกายน 2548 เมื่อปริมาณน้ำฝนลดลงจากความเป็นจริงร้อยละ 33	88
20	การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าแบบ Natural Flow รวมทั้งกราฟน้ำฝน ทั้งในกรณีที่ผ่านและไม่ผ่านระบบแบบจำลอง URBS ของเหตุการณ์ระหว่างวันที่ 2 สิงหาคม ถึง 7 ตุลาคม พ.ศ.2546	89
21	ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	91
22	ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	91
23	ขอบเขตพื้นที่ของแต่ละอำเภอในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	93
24	ขอบเขตพื้นที่ของแต่ละตำบลในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	94
25	ตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง	96
26	ตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำใกล้เคียงกับลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	97
27	ตำแหน่งที่ตั้งของหมู่บ้านในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	98
28	ตำแหน่งที่ตั้งโครงการชลประทานขนาดเล็ก และคลองชลประทานที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	100
29	กลุ่มชุดดินต่างๆ ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	101
30	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	102
31	แนวทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงจังหวัดในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	103
32	ขอบเขตพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	104
33	เส้นชั้นความสูงในบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง	105
34	ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำรั่วซึมในบึงบอระเพ็ด	107
35	ตำแหน่งที่ตั้ง Staff Gage บริเวณโดยรอบบึงบอระเพ็ด	108
36	ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำในบึงบอระเพ็ด	109
37	ตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝนในบริเวณโดยรอบบึงบอระเพ็ด	111

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
38	การเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลผ่านเวปไซด์ http://158.108.38.229/bb/index.php	112
39	เมนูต่างๆ ภายในเวปไซด์	113
40	ตัวอย่างการแสดงผลของ Meteorologicall Data	114
41	ตัวอย่างการแสดงผลของ Hydrological Data	116
42	ตัวอย่างการแสดงผลของ Water Quality Data	117
43	หน้าจอการเข้าสู่แบบจำลอง URBS	118
44	หน้าต่างเมนู Select Catchment	119
45	หน้าต่างเมนู Catchment Description	119
46	หน้าต่างการเข้าถึงค่า Weighted Rainfall ในแต่ละลุ่มน้ำสาขาย่อย	121
47	หน้าต่างการเลือกช่วงเวลาวิเคราะห์ค่า Weighted Rainfall	122
48	หน้าต่างการวิเคราะห์ค่า Weighted Rainfall สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อย	122
49	เมนูย่อยของการสร้างไฟล์ด้านเข้าของแบบจำลอง URBS	123
50	หน้าต่างการสร้าง Pluviograph File	124
51	หน้าต่างการสร้าง Catchment Definition File	124
52	หน้าต่างการสร้าง Rainfall Definition File	125
53	หน้าต่างการสร้าง Gauging Station File	125
54	หน้าต่างการสร้างชุดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS	126
55	หน้าต่างการสร้าง Batch File	126
56	หน้าจอการเข้าสู่ Biodiversity Data	127
57	ตัวอย่างการแสดงผลของ Biodiversity Data	127
58	ตัวอย่างการแสดงผลของ Agricultural Data	128
59	ตัวอย่างการแสดงผลของ Agricultural Data ในรูปแบบของผลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	129
60	หน้าต่างการนำเข้าข้อมูล	130
61	หน้าต่างการค้นหาข้อมูลในระบบ	130

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

62	รายการสถานีในลุ่มน้ำที่เลือก	131
63	ข้อมูลของสถานีที่เลือก	131
64	ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูล	132

ภาพผนวกที่

ก1	การผันแปรรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญของสถานีตรวจอากาศ อ.เมือง จ.นครสวรรค์	147

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

Decision Support System for Water Resource Management of Bung Boraphet Basin

คำนำ

บึงบอระเพ็ดจัดเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland) ที่สำคัญมากที่สุดแห่งหนึ่งในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย รวมทั้งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ปลาน้ำจืดที่สำคัญ และมีความหลากหลายทางชีวภาพอย่างมาก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำรงรักษาให้คงอยู่ตลอดไป โดยในปี พ.ศ. 2480 กรมประมงได้ประกาศเขตอนุรักษ์บึงบอระเพ็ดซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 212 ตารางกิโลเมตร (132,737 ไร่) อย่างไรก็ตาม ประชาชนมากกว่า 30,000 คน ที่เข้ามาอาศัยและทำกินในพื้นที่ดังกล่าวได้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในด้านต่างๆ ของบึงบอระเพ็ดโดยไม่คำนึงถึง ความคงอยู่อย่างยั่งยืนของบึงบอระเพ็ด จึงเป็นเหตุให้ทรัพยากรธรรมชาติในทุกด้านเกิดความเสื่อมโทรมลงอย่างต่อเนื่องตลอดจนมีการใช้ทรัพยากรบางด้านที่มากเกินกว่าความสามารถของบึงบอระเพ็ดที่จะให้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านทรัพยากรน้ำซึ่งถูกนำมาใช้ประโยชน์โดยขาดการบริหารจัดการ อันเนื่องมาจากการที่มีหลายหน่วยงานของทางราชการเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ในบึงบอระเพ็ดแต่ขาดการบูรณาการในด้านการทำงานที่เป็นเอกภาพ รวมทั้งขาดข้อมูลและเครื่องมือที่สามารถนำมาช่วยให้การจัดการด้านทรัพยากรน้ำดำเนินไปในแนวทางที่ถูกต้อง ทั้งนี้การแก้ปัญหาด้านทรัพยากรน้ำของบึงบอระเพ็ดมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาในแง่ของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดโดยรวม ดังนั้น โครงการ “ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด” จึงได้เกิดขึ้น โดยโครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน”

โครงการระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบต่อไปนี้ขึ้นคือ ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ระบบฐานข้อมูล และ ระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (แบบจำลอง URBS) โดยการจัดสร้างระบบแต่ละระบบสรุปได้ดังนี้ 1) การสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด มีวัตถุประสงค์เพื่อ การรวบรวม แก้ไขและปรับปรุงข้อมูลให้มี

ความทันสมัย และนำมาจัดเก็บให้เป็นระบบ เพื่อนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำและใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบึงบอระเพ็ด 2) การสร้างระบบฐานข้อมูลในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดเก็บข้อมูลในด้านต่างๆ ของบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด และเพื่อสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนสนับสนุนการดำเนินงานของระบบแบบจำลอง URBS ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการในส่วนของการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบของระบบฐานข้อมูล การตรวจสอบความถูกต้องของระบบฐานข้อมูลโดยรวมตลอดจนการแสดงผลข้อมูล สำหรับงานในส่วนของการออกแบบโครงสร้างระบบฐานข้อมูลและการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลนั้น กระทำโดยผู้ชำนาญการด้านคอมพิวเตอร์ซึ่งดำเนินการภายใต้โครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน และ 3) การสร้างระบบแบบจำลอง URBS ซึ่งเริ่มจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS ในการประเมินน้ำท่าของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด และเพื่อให้การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS สามารถดำเนินการได้โดยง่ายและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น จึงได้ดำเนินการสร้างระบบแบบจำลอง URBS ขึ้นและสามารถดำเนินงานผ่านทางเวปไซต์ http://158.108.38.229/bb/index.php ซึ่งจัดทำขึ้นภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” ซึ่งระบบดังกล่าวมีส่วนช่วยในการจัดเตรียมไฟล์ข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง URBS โดยดำเนินงานเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น จากนั้นได้ทำการทดสอบระบบดังกล่าวเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นต่อระบบแบบจำลอง URBS และเมื่อนำระบบทั้งสามมาเชื่อมโยงกันจะได้เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด โดยระบบดังกล่าวสามารถดำเนินงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เนต ทำให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และทำให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่ายสามารถเข้าถึงได้โดยง่าย นอกจากนั้นแล้ว ระบบดังกล่าวสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการบริหารจัดการในด้านการใช้น้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและของบึงบอระเพ็ดให้สอดคล้องกับสภาวการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ เพื่อการดำรงอยู่อย่างยั่งยืนของบึงบอระเพ็ดสืบไป

วัตถุประสงค์

1. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS เพื่อการประเมินกราฟน้ำท่ารายวันของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด และร่วมจัดทำระบบแบบจำลอง URBS ให้สามารถดำเนินงานผ่านระบบเวปไซด์

2. พัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS) เพื่อการรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ในบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

3. รวบรวมและตรวจสอบคุณภาพข้อมูลทางกายภาพในบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด เพื่อการนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล รวมทั้งการตรวจสอบความถูกต้องของระบบฐานข้อมูล

การตรวจเอกสาร

พื้นที่ศึกษา

1. ที่ตั้งและ อาณาเขต

ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดมีพื้นที่ประมาณ 4,486 ตารางกิโลเมตร และครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดนครสวรรค์ เพชรบูรณ์ ลพบุรี และจังหวัดพิจิตร ดังแสดงในภาพที่ 1 สำหรับพื้นที่บึงบอระเพ็ดซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 212 ตารางกิโลเมตร (132,737 ไร่) ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง อำเภอชุมแสง และอำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์ ประมาณละติจูดที่ 15 องศา 40 ลิปดา ถึง 15 องศา 45 ลิปดาเหนือ และ ลองติจูดที่ 100 องศา 10 ลิปดา ถึง 100 องศา 23 ลิปดาตะวันออก โดยอาณาเขตของบึงบอระเพ็ดติดต่อกับพื้นที่ต่างๆ ดังนี้

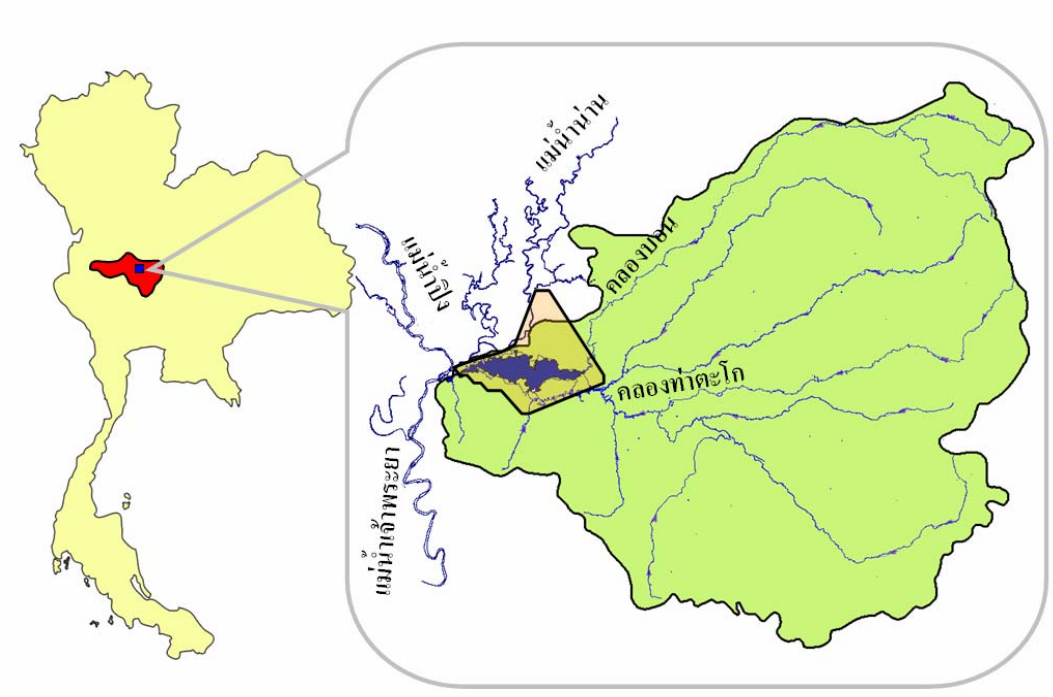
ทิศเหนือ	ติดต่อกับ ตำบลทับกฤช อำเภอชุมแสง
ทิศใต้	ติดต่อกับ ตำบลหนองปลิง ตำบลพระนอน อำเภอเมือง นครสวรรค์ และ ตำบลวังมหากร อำเภอท่าตะโก
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ ตำบลเขาพนมเศษ ตำบลพนมรอก อำเภอท่าตะโก
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ ตำบลแควใหญ่ ตำบลเกรียงไกร ตำบลนครสรรค์ออก อำเภอเมืองนครสวรรค์

การบริหารการประมงในบึงบอระเพ็ด เริ่มขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2470 โดยกระทรวงเกษตราธิการได้สร้างทำนบและประตูระบายน้ำขึ้นเพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้ประโยชน์ทางด้านการประมง ซึ่งต่อมาในปี พ.ศ.2471 กระทรวงพระคลังมหาสมบัติ ได้ประกาศกำหนดเขตบึงบอระเพ็ดให้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์น้ำ และปี พ.ศ.2473 ได้กำหนดพื้นที่หวงห้ามเป็นเขตสถานีประมงไว้ประมาณ 250,000 ไร่ ต่อมารัฐบาลได้ตราพระราชกฤษฎีกา ลงวันที่ 4 สิงหาคม 2480 ถอนการหวงห้ามเหลืออยู่เพียง 132,737 ไร่จนถึงปัจจุบัน และในปี พ.ศ.2490 กระทรวงเกษตราธิการได้แบ่งเขตรักษาพันธุ์ออกเป็น 2 เขต คือ

เขตที่ 1 เป็นเขตหวงห้ามมิให้ผู้ใดทำการประมงโดยเด็ดขาด มีเนื้อที่ 38,850 ไร่

เขตที่ 2 เป็นเขตหวงห้ามที่อนุญาตให้ราษฎรทำการประมงได้โดยใช้เครื่องมือบางชนิดที่กำหนดให้ มีเนื้อที่ 93,887 ไร่

สำหรับภูมิประเทศของลุ่มน้ำมีลักษณะเป็นที่ราบเรียบ ที่ราบลอนคลื่น และภูเขาลูกเล็กๆ โดยมีลำน้ำสาขาที่สำคัญคือ คลองบอนและคลองท่าตะโก ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 1,068 และ 3,418 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยลุ่มน้ำย่อยนี้รับน้ำฝนแล้วระบายลงสู่จุดออกที่บึงบอระเพ็ด การใช้ประโยชน์พื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นการทำเกษตรกรรมประมาณร้อยละ 88 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเป็นนาข้าวและพืชไร่คิดเป็นร้อยละ 44.44 และ 37.17 ของพื้นที่เกษตรกรรม ที่เหลือเป็นไม้ยืนต้น ไม้ผล ไร่นาสวนผสม และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แหล่งน้ำเพื่อการเกษตรที่สำคัญคือ น้ำฝน (38.8 เปอร์เซ็นต์) น้ำจากคลองธรรมชาติ (47.6 เปอร์เซ็นต์) และน้ำชลประทาน (14.1 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งในจังหวัดนครสวรรค์มีพื้นที่รับน้ำตามโครงการชลประทานเพียงร้อยละ 16.3 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด (กรมชลประทาน, 2547) บึงบอระเพ็ดมีลักษณะระบบนิเวศที่มีคุณค่าในธรรมชาติอย่างมีเอกลักษณ์ ทำให้ประชาชนในพื้นที่ได้รับประโยชน์ในด้านเศรษฐกิจและสังคม เช่น การประมง การใช้น้ำเพื่อทำการเกษตร อุปโภคบริโภค รวมทั้งการท่องเที่ยว เป็นต้น



ภาพที่ 1 พื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและพื้นที่อนุรักษ์บึงบอระเพ็ด
ที่มา: นุชนารถและคณะ (2549)

2. ลักษณะภูมิอากาศ

จากข้อมูลภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ สามารถนำมาสรุปตัวแปรภูมิอากาศ ช่วงปีสถิติข้อมูล และปริมาณรายปี ในช่วงปี พ.ศ. 2494 - 2548 ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรภูมิอากาศ ช่วงปีสถิติข้อมูล และปริมาณรายปีของตัวแปรภูมิอากาศ ของสถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดนครสวรรค์

ตัวแปรภูมิอากาศ	ปริมาณรายปี		
	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.4	30.2	26.2
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	70.7	89.0	49.0
เมฆปกคลุม (อ๊อกต้า)	5.6	8.6	2.9
ความเร็วลม (นอต)	3.0	5.4	1.5
ปริมาณการระเหยจากถาด (มิลลิเมตร)	2,018.0	243.5	126.6

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2548)

3. ลักษณะทางอุทกวิทยา

3.1 ปริมาณน้ำฝน

สถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณข้างเคียงที่เก็บรวบรวมได้มีทั้งสิ้น 16 สถานี โดยเป็นสถานีที่ดำเนินการโดยกรมอุตุนิยมวิทยาทั้งหมด สถานีวัดน้ำฝนเหล่านี้ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ เพชรบูรณ์ พิจิตร และลพบุรี จำนวน 10, 3, 2 และ 1 สถานี ตามลำดับ สำหรับสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดประกอบด้วย 3 สถานี คือ สถานี 26102 (อำเภอหนองบัว) สถานี 26122 (อำเภอไพศาลี) และสถานี 26032 (อำเภอท่าตะโก) ซึ่งอยู่ในจังหวัดนครสวรรค์ทั้งหมด ปริมาณฝนส่วนใหญ่ตกในฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมจนถึงตุลาคม โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ยของ 3 สถานี เหล่านี้ เท่ากับ 1,076.93 มิลลิเมตร และมีปริมาณฝนเฉลี่ยสูงสุดที่สถานี 26102 และปริมาณฝนเฉลี่ยต่ำสุดที่สถานี 26122 โดยมีค่าเท่ากับ 1,138.88 และ

1,020.64 มิลลิเมตร ตามลำดับ สำหรับรายชื่อสถานีวัดน้ำฝน รหัสสถานี ช่วงปีสถิติข้อมูล และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง สรุปรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝน รหัสสถานี ช่วงปีสถิติข้อมูล และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล (พ.ศ.)	ปริมาณฝนรายปี (มม.)		
			เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
จ.นครสวรรค์					
1. อ.เมือง	26013	2495-2547	1,083.55	1,577.40	598.10
2. อ.พยุหะคีรี	26052	2495-2547	962.17	1,568.00	59.30
3. อ.ชุมแสง	26022	2519-2547	943.13	2,636.70	180.70
4. อ.หนองบัว	26102	2495-2547	1,138.88	2,032.50	174.60
5. อ.ไพศาลี	26122	2510-2547	1,020.64	1,444.40	93.80
6. อ.ตาคลี	26082	2495-2547	920.86	2,108.20	70.10
7. อ.ท่าตะโก	26032	2495-2547	1,071.26	1,879.40	636.30
8. อ.เก้าเลี้ยว	26292	2518-2547	992.32	1,362.80	261.60
9. อ.โกรกพระ	26042	2495-2547	1,003.38	1,660.00	86.10
10. อ.ตากฟ้า	26142	2524-2547	1,023.23	1,493.70	387.45
จ.เพชรบูรณ์					
11. อ.ชนแดน	36052	2498-2547	1,308.05	2,000.60	224.10
12. อ.บึงสามพัน	36192	2530-2547	870.09	1,318.20	352.60
13. อ.หนองไผ่	36092	2508-2547	1,190.61	1,855.50	252.40
จ.พิจิตร					
14. อ.บางมูลนาก	38022	2517-2547	924.03	1,590.90	111.40
15. อ.ทับคล้อ	38082	2526-2547	865.82	1,665.00	240.20
จ.ลพบุรี					
16. อ.โคกเจริญ	19392	2531-2547	837.95	1,181.60	238.30

ที่มา: กรมชลประทาน (2547)

3.2 ปริมาณน้ำท่า

เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดไม่มีสถานีวัดน้ำท่าตั้งอยู่ ดังนั้น จึงทำการรวบรวมสถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียงลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดทั้งสิ้น 14 สถานี ซึ่งเป็นสถานีที่ดำเนินการโดยกรมชลประทานทั้งสิ้น สำหรับสถานีวัดน้ำท่าเหล่านี้ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำปิง น่าน สะแกกรัง และเจ้าพระยา จำนวน 2, 5, 6 และ 1 สถานี ตามลำดับ โดยสถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงกับบึงบอระเพ็ดมากที่สุด คือสถานี N37 ซึ่งตั้งอยู่ที่อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ โดยมีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยเท่ากับ 13,341.40 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีค่า Specific Yield รายปีเท่ากับ 7.53 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร อย่างไรก็ตาม สถานีวัดน้ำท่า N.37 ได้หยุดทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปีพ.ศ.2539 ดังนั้น สถานีวัดน้ำที่ที่อยู่ใกล้กับบึงบอระเพ็ดและยังคงเก็บข้อมูลจนถึงปัจจุบัน คือ สถานีวัดน้ำท่า N.14A และ N.8 ซึ่งสถานีวัดน้ำท่า N.14A อยู่ใกล้กับบึงบอระเพ็ดมากกว่าสถานี N.8 สถานีดังกล่าวมีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยเท่ากับ 11,252.67 และ 10,287.50 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และมีค่า Specific Yield รายปีเท่ากับ 10.75 และ 9.92 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร ตามลำดับ สำหรับรายชื่อสถานีวัดน้ำท่า ช่วงปีสถิติข้อมูล และสถิติปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานีที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียงลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดทั้ง 14 สถานี สรุปดังในตารางที่ 3

4. การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดมีพื้นที่ 4,486 ตารางกิโลเมตร หรือ 2,811,563 ไร่ โดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินในลักษณะต่างๆ ดังนี้ 1) พื้นที่เกษตรกรรม 88.09 เปอร์เซ็นต์ 2) พื้นที่ป่าไม้ 4.99 เปอร์เซ็นต์ 3) พื้นที่เบ็ดเตล็ด 3.22 เปอร์เซ็นต์ 4) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 2.40 เปอร์เซ็นต์ และ 5) พื้นที่แหล่งน้ำ 1.30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งรายละเอียดลักษณะการใช้ที่ดินแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 รายชื่อสถานีวัดน้ำท่า ช่วงปีสถิติข้อมูล และสถิติปริมาณน้ำท่ารายปีของสถานีที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียงลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

แม่น้ำ และสถานีวัดน้ำท่า	รหัสสถานี	พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล (พ.ศ.)	ปริมาณน้ำท่ารายปี (ล้าน ลบ.ม.)			Annual Specific Yield (ลิตร/วินาที/ตร.กม.)
				เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	
1.แม่น้ำปิง	P.16	45,677	2522-2542	6,851.60	11,360.40	4,407.20	4.76
2.แม่น้ำปิง	P.17	45,851	2508-2542	7,391.49	12,134.60	4,380.30	5.11
3.คลองบุษบง	N.53	111	2522-2542	53.52	104.48	23.54	15.29
4.แม่น้ำน่าน อ.บางมูลนาก	N.8	32,878	2508-2542	10,287.50	16,313.80	4,785.20	9.92
5.แม่น้ำน่าน อ.ชุมแสง	N.14	33,197	2497-2522	8,978.20	13,266.10	5,142.80	8.58
6.แม่น้ำน่าน อ.ชุมแสง	N.14A	33,182	2521-2538	11,252.67	17,389.90	4,951.80	10.75
7.แม่น้ำน่าน อ.ทับกฤช	N.37	56,214	2511-2539	13,341.40	19,171.90	8,213.30	7.53
8.น้ำแม่วง บ้านปางมะค่า	Ct.5A	979	2512-2542	349.56	827.40	72.45	11.32
9.น้ำแม่วง บ้านเขาชนกัน	Ct.5B	930	2531-2542	408.78	776.67	151.83	13.93
10.น้ำวังม้าที่ศาลเจ้าพ่อไก่ต่อ	Ct.4	1,246	2514-2531	307.98	642.48	102.17	7.84
11.คลองโพธิ์ บ้านห้างไร่	Ct.7	457	2518-2542	122.39	365.60	3.42	8.49
12.น้ำแม่วง บ้านโคกหม้อ	Ct.8	3,410	2518-2521	332.25	594.69	38.87	3.09
13.ห้วยทับเสลา บ้านบุ่งอ้ายเจี้ยม	Ct.9	522	2520-2542	128.65	397.40	17.67	7.82
14.แม่น้ำเจ้าพระยา อ.เมืองนครสวรรค์	C.2	110,569	2499-2542	22,092.70	37,585.40	10,349.90	6.34

ที่มา: กรมชลประทาน (2544)

ตารางที่ 4 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด	
	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
1. พื้นที่เกษตรกรรม	2,476,593	88.09
1.1 นาข้าว	1,361,936	48.44
1.2 พืชไร่	1,044,915	37.16
1.3 ไม้ยืนต้น	38,376	1.36
1.4 ไม้ผล	26,482	0.94
1.5 สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	550	0.02
1.6 เกษตรผสมผสาน/ไร่นาสวนผสม	4,334	0.15
2. พื้นที่ป่าไม้	140,269	4.99
2.1 ป่าผลัดใบเสื่อมโทรม	96,573	3.43
2.2 ป่าเบญจพรรณ	42,961	1.53
2.3 ป่าละเมาะ	735	0.03
3. พื้นที่เบ็ดเตล็ด	90,658	3.22
3.1 ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	54,007	1.92
3.2 พื้นที่ลุ่มนอกบึง	33,551	1.19
3.3 เหมืองแร่หรือบ่อขุด	3,100	0.11
4. พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	67,467	2.40
4.1 ตัวเมืองและย่านการค้า	9,233	0.33
4.2 หมู่บ้าน	52,674	1.87
1) โครงการที่ดินจัดสรร	2,237	0.08
2) หมู่บ้านบนพื้นที่ราบ	6,303	0.22
3) หมู่บ้านบนพื้นที่ราบ-ไม้ผลผสม	44,134	1.57
4.3 สถานที่ราชการ	5,560	0.20
5. พื้นที่น้ำ	36,576	1.30
5.1 บึงบอระเพ็ด	32,285	1.15
1) พื้นที่ผิวน้ำ	21,728	0.77
2) ยาบัวหรือวัชพืชรอบบึง	8,815	0.31
3) เกาะในบึง	1,742	0.06
5.2 แม่น้ำ ลำคลอง	1,951	0.07
5.3 อ่างเก็บน้ำ	2,340	0.08
พื้นที่รวมทั้งหมด	2,811,563	100.00

ที่มา: กรมชลประทาน (2547)

5. ปัญหาด้านต่างๆ ของบึงบอระเพ็ดในสภาพปัจจุบัน

นุชนารถ และคณะ (2549) ได้ทำการสำรวจภาคสนามในพื้นที่บึงบอระเพ็ดภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง "การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน" โดยการสัมภาษณ์ประชาชนและเจ้าหน้าที่ของกรมประมง เพื่อรับฟังทัศนคติรวมทั้งแนวคิดต่างๆ ในด้านปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่างๆ ของบึงบอระเพ็ด สามารถสรุปประเด็นปัญหาต่างๆ ของบึงบอระเพ็ดที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้ดังนี้

5.1 ปัญหาการบุกรุกครอบครองพื้นที่บึงบอระเพ็ด

เนื่องจากพื้นที่โดยรอบบึงบอระเพ็ดมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง ทำให้ราษฎรบุกรุกพื้นที่บริเวณรอบๆ บึงบอระเพ็ด และทำการจับจองพื้นที่ทำกินในเขตหวงห้ามของบึงบอระเพ็ด ซึ่งเดิมได้สงวนไว้เป็นที่รักษาพืชพันธุ์ทั้งหมด แต่ได้ถูกบุกรุกและปัจจุบันมีพื้นที่ผิวน้ำซึ่งไม่ถูกบุกรุกในฤดูแล้งเพียง 39,050 ไร่เท่านั้น (กรมชลประทาน, 2547) ส่งผลให้บึงบอระเพ็ดเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมาดังต่อไปนี้

5.2 ปัญหาการทำการประมงที่ผิดกฎหมาย

พื้นที่บึงบอระเพ็ดแบ่งออกได้เป็น 2 เขต ตามพระราชบัญญัติการประมงเมื่อปี พ.ศ. 2490 คือเขตที่ 1 เป็นเขตการอนุรักษ์ห้ามทำการประมงและจับสัตว์น้ำทุกชนิด และเขตที่ 2 เป็นเขตที่อนุญาตให้ทำการประมงและจับสัตว์น้ำได้โดยใช้เครื่องมือตามที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของศูนย์พัฒนาประมงฯ และการสำรวจภาคสนาม พบว่ายังมีประชาชนเป็นจำนวนไม่น้อยลักลอบทำการจับสัตว์น้ำในเขตที่ 2 โดยการใช้ไฟฟ้าช็อต ซึ่งจะทำให้ปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ ซึ่งกำลังวางไข่หรือลูกปลาที่มีขนาดเล็กตายไปด้วย ทำให้ปริมาณและชนิดของปลาในบึงบอระเพ็ดลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจชนิดและปริมาณปลาในบึงบอระเพ็ด (ไพศาลและคณะ, 2519) อ้างโดย นุชนารถและคณะ (2549) พบว่าชนิดของพันธุ์ปลาที่พบมีจำนวนทั้งสิ้น 154 ชนิด และมีผลผลิตเฉลี่ย 1,160,590 กิโลกรัมต่อปี และในปีพ.ศ. 2541 มีชนิดของพันธุ์ปลาเหลือเพียง 33 ชนิด และมีผลผลิตเฉลี่ย 205,461 กิโลกรัมต่อปี (สุอินทร์และประภาส, 2541) อ้างโดย นุชนารถและคณะ (2549)

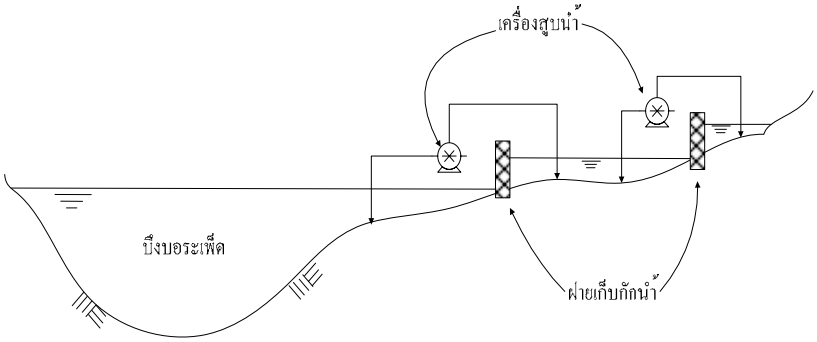
5.3 ปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในบึงบอระเพ็ด

บึงบอระเพ็ดเป็นแหล่งน้ำจืดขนาดใหญ่ดังนั้นพื้นที่รอบบึงบอระเพ็ดจึงเต็มไปด้วยแหล่งชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรมจำนวนมาก และสิ่งที่ตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือบึงบอระเพ็ดทำหน้าที่เป็นแหล่งรองรับของเสียจากชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรมดังกล่าว จากการสำรวจภาคสนามในด้านคุณภาพน้ำของลำน้ำสาขาก่อนไหลลงสู่บึงบอระเพ็ด พบว่าคุณภาพน้ำในแหล่งชุมชนที่มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น เช่น บ้านพนมเศษ และบ้านปากง่าม มีคุณภาพของน้ำต่ำมาก เนื่องมาจากของเสียจากพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่โดยรอบบึงบอระเพ็ด ซึ่งส่วนมากเป็นยาฆ่าแมลงและสารเคมีทางการเกษตรต่างๆ และเป็นแหล่งกำเนิดของเสียที่ไม่แน่นอน (non point sources) สามารถเข้าสู่บึงบอระเพ็ดได้โดยการปนเปื้อนมากับน้ำฝนที่ไหลล้นจากคันนาเข้าสู่คลองและลำน้ำสาขาต่างๆ และไหลลงสู่บึงบอระเพ็ดในที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีฝนตกในช่วงต้นฤดูฝน (first flush) ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจะมีความเข้มข้นของสารพิษต่างๆ สูงมาก และเหตุการณ์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี อย่างไรก็ตามจากการสอบถามประชาชนที่อาศัยในพื้นที่บริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างบึงบอระเพ็ดกับลำน้ำสาขาคือ คลองบอนและคลองท่าตะโก พบว่า ในช่วงปลายเดือนมีนาคม พ.ศ. 2546 ได้เกิดฝนหลงฤดูตกอย่างหนักทำให้เกิดปัญหาปลาตายเป็นจำนวนมากในช่วงเวลาดังกล่าว

5.4 ปัญหาการลดลงของระดับน้ำและการขาดแคลนน้ำในบึงบอระเพ็ด

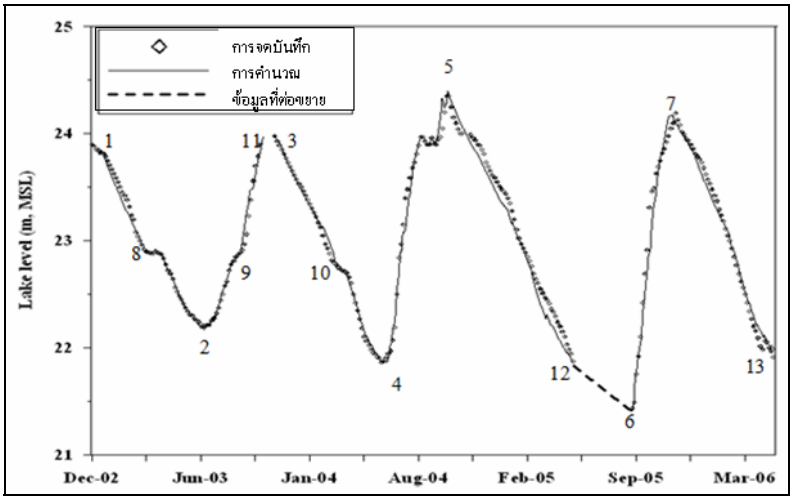
ระดับน้ำในช่วงฤดูแล้งของบึงบอระเพ็ดจะลดลงอย่างต่อเนื่องและลดลงต่ำกว่าระดับเก็บกักต่ำสุดที่เหมาะสมเพื่อการรักษาสมดุลทางระบบนิเวศวิทยา คือที่ระดับ +23.00 เมตร (ระดับน้ำทะเลกลาง) ส่งผลให้สาหร่ายและพืชน้ำอันไม่พึงประสงค์ (Nuisance Plants) เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและมีปริมาณมาก นอกจากนี้ยังทำให้ชาวประมงสามารถจับปลาและสัตว์น้ำต่างๆ ได้ง่ายขึ้น ทำให้ปริมาณและชนิดพันธุ์ปลาต่างๆ ที่มีอยู่อย่างสมบูรณ์ในอดีตลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากการสูบน้ำจากบึงบอระเพ็ดไปใช้เพื่อการเกษตรกรรมซึ่งส่วนใหญ่เป็นการทำนาหว่านน้ำตม โดยมีการขุดคลองส่งน้ำเชื่อมต่อกับบึงบอระเพ็ดเพื่อส่งน้ำไปยังพื้นที่เกษตรกรรมโดยรอบบึงบอระเพ็ด ซึ่งเกษตรกรจะทำการสูบน้ำจากคลองส่งน้ำเข้าไปในแปลงนา และเมื่อระดับน้ำในบึงบอระเพ็ดลดลงจนไม่สามารถส่งน้ำขึ้นไปทางด้านเหนือน้ำได้ เกษตรกรก็จะทำการสร้างฝายทดน้ำและสูบน้ำข้ามสันฝาย ดังแสดงในภาพที่ 2 ปัญหาการขาดแคลนน้ำยังก่อให้เกิดความขัดแย้งระหว่างเกษตรกรด้วยกันในการแย่งชิงน้ำเพื่อการเกษตรกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ใกล้ฤดู

เก็บเกี่ยวประมาณช่วงเดือนเมษายน ซึ่งปัญหาดังกล่าวเกิดจากการขาดแผนการจัดการด้านการใช้น้ำที่เหมาะสมสำหรับบึงบอระเพ็ด



ภาพที่ 2 ลักษณะการสูบน้ำและการสร้างฝายทดน้ำของเกษตรกรในพื้นที่รอบบึงบอระเพ็ด
ที่มา: นุชนารถและคณะ (2549)

จากการวิเคราะห์สมดุลน้ำรายวันของบึงบอระเพ็ดภายใต้โครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน พบว่า ระดับน้ำและปริมาตรน้ำในบึงบอระเพ็ดที่ได้จากการตรวจวัด กับค่าที่คำนวณได้จากสมการสมดุลน้ำ มีความใกล้เคียงกัน ดังแสดงในภาพที่ 3 ทำให้ผลการศึกษาสมดุลน้ำมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการบริหารจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดที่เหมาะสมต่อไป



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบระดับน้ำที่คำนวณได้จากสมการสมดุลน้ำและที่ได้จากการตรวจวัด ระหว่าง เดือนธันวาคม พ.ศ.2545 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ.2549
ที่มา: นุชนารถและคณะ (2549)

5.5 ปัญหาตะกอน การตื้นเขินและความขุ่นของน้ำในบึงบอระเพ็ด

การตื้นเขินของบึงบอระเพ็ดอันเนื่องมาจากการทับถมของตะกอนจากแหล่งต่าง ๆ นับว่าเป็นปัญหาหลักที่สำคัญประการหนึ่งในปัจจุบัน ซึ่งจากการสำรวจภาคสนามพบว่าแหล่งกำเนิดของปริมาณตะกอนจากภายนอกที่เข้าสู่บึงบอระเพ็ด ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณตะกอนที่ถูกพัดพามากับน้ำหลากตามลำน้ำสาขาของบึงบอระเพ็ด และตะกอนจากแม่น้ำน่านเมื่อมีการเปิดประตูระบายน้ำให้น้ำจากแม่น้ำน่านไหลเข้าสู่บึงบอระเพ็ดในฤดูน้ำหลาก สำหรับการจัดการกับปัญหาการตื้นเขินของบึงบอระเพ็ดในปัจจุบันอยู่ในความควบคุมของศูนย์พัฒนาประมงน้ำจืดจังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งกระทำโดยการใช้เรือขุดลอกตะกอนโดยทำการสูบตะกอนที่ทับถมบริเวณท้องน้ำขึ้นมากองไว้จนเกิดเป็นภูเขาตะกอนในบึงบอระเพ็ดดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาของตะกอนที่ไม่ถูกต้องเนื่องจากเมื่อทำการสูบตะกอนขึ้นมาจากท้องน้ำก็จะมีตะกอนบางส่วนไหลกลับลงไปในน้ำอีก และในขณะที่ทำการสูบตะกอนพบว่าลักษณะของน้ำในบริเวณรอบๆ บริเวณที่ทำการสูบตะกอนมีความขุ่นของน้ำมากกว่าบริเวณอื่นๆ โดยรอบ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของสัตว์น้ำและพืชน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสูบตะกอนในเขตที่ 1 ซึ่งเป็นเขตห้ามจับสัตว์น้ำ อาจส่งผลให้ปลาและสัตว์น้ำต่างๆ หลบหนีเข้าไปยู่ในเขตที่ 2 ซึ่งสามารถทำการจับสัตว์น้ำได้ ดังนั้นการกระทำดังกล่าวย่อมส่งผลกระทบต่อวัตถุประสงค์ในการอนุรักษ์พันธุ์ปลาของบึงบอระเพ็ด

ภาพที่ 4 การสูบตะกอนโดยเรือขุดตะกอนของศูนย์พัฒนาประมงน้ำจืด จังหวัดนครสวรรค์ และภูเขาตะกอนในบึงบอระเพ็ด

ที่มา: นุชนารถและคณะ (2549)

6. แนวทางการแก้ไขปัญหาของบึงบอระเพ็ด

6.1 ผลการศึกษาโครงการพัฒนาบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์

กรมชลประทาน (2547) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมเรื่อง “การศึกษาโครงการพัฒนาบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและพัฒนาด้านต่างๆ ภายในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดซึ่งมีทิศทางและกรอบที่ชัดเจน โดยได้เสนอแผนการพัฒนาบึงบอระเพ็ดซึ่งประกอบด้วยแผนงานต่างๆ รวม 48 โครงการย่อย ในจำนวนโครงการเหล่านี้ กรมชลประทานได้เสนอให้ทำการศึกษาความเหมาะสมสำหรับ 2 โครงการ อันประกอบด้วย 1)โครงการกำหนดปริมาณเก็บกักน้ำในบึงบอระเพ็ด และ 2) โครงการอ่างเก็บน้ำคลองกำปาง

ในส่วนของการศึกษาการกำหนดปริมาณเก็บกักน้ำในบึงบอระเพ็ดได้พิจารณาทางเลือกการเก็บกักน้ำที่ระดับต่างๆ กันรวม 12 ทางเลือก ซึ่งจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ความเหมาะสมด้านวิศวกรรม เศรษฐกิจ สังคม และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม รวมทั้งความเห็นจากที่ประชุมของจังหวัดนครสวรรค์ ได้ข้อสรุปว่า การกำหนดปริมาณน้ำเก็บกักที่ +25.00 เมตร (ระดับน้ำทะเลกลาง) และระดับน้ำต่ำสุดที่ +24.00 เมตร (ระดับน้ำทะเลกลาง) ซึ่งที่ระดับเก็บกักดังกล่าวทำให้มีพื้นที่น้ำท่วมสูงสุด 94,538 ไร่ และพื้นที่น้ำท่วมถาวร 82,846 ไร่ ซึ่งมีความเหมาะสมมากกว่าทางเลือกอื่นๆ โดยลักษณะของโครงการที่เสนอประกอบด้วย

1. ก่อสร้างและปรับปรุงอาคารชลศาสตร์ท้ายบึงบอระเพ็ดเพื่อรองรับการเก็บกักน้ำที่สูงขึ้น เช่น ฝาย ประตูระบายน้ำท้ายบึง และบันไดปลาโจน

2. ก่อสร้างคันรอบบึงเพื่อเก็บกักน้ำ และก่อสร้างประตูระบายน้ำ ท่อลอดตามแนวคันเพื่อการเก็บกักน้ำและระบายน้ำ

3. ขุดคลองระบายน้ำด้านนอกบึงขนานไปกับแนวคันพร้อมระบบสูบน้ำและประตูระบายน้ำปลายคลองระบาย

จากผลการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น พบว่าโครงการต่างๆ อาจจะส่งผลกระทบทางด้านลบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในบึงและในลุ่มน้ำในขณะก่อสร้าง โดยเฉพาะการขุดลอกบึง การทิ้งตะกอนและการสร้างโครงการต่างๆ บริเวณริมบึง แต่ไม่รุนแรงและสามารถป้องกันแก้ไขได้ ส่วนในระยะดำเนินการ โครงการส่วนใหญ่จะมีผลดีต่อสิ่งแวดล้อม

และทรัพยากรธรรมชาติ โดยจะมีการฟื้นฟูบูรณะบึง ทรัพยากรประมง ระบบนิเวศทางน้ำ นกน้ำ สัตว์ป่า และป่าไม้ รวมทั้งจะมีการบริหารจัดการด้านต่างๆอย่างเป็นองค์รวม โดยนำองค์กรท้องถิ่นและประชาชนมามีส่วนร่วมในขั้นตอนต่างๆ ซึ่งจะมีผลดีทางด้านเศรษฐกิจและสังคมในระดับท้องถิ่นและระดับจังหวัดอย่างมาก และจะสามารถนำที่ราชพัสดุในพื้นที่บึงบอระเพ็ดกลับมาเป็นของราชการได้อีกครั้งหนึ่ง และมีมาตรการถาวรในการป้องกันการบุกรุกบึงที่ได้ผลดี ตลอดจนมีกฎหมายผังเมืองรวมเพื่อควบคุมการพัฒนาในพื้นที่บึงไม่ให้มากเกินไปจนทำให้เกิดการเสื่อมโทรมด้านต่างๆ อีก

6.2 ผลการศึกษาโครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน

นุชนารถและคณะ (2549) ได้ทำการวิจัยในโครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อจัดทำแผนการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดแบบบูรณาการที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง และเพื่อการดำรงอยู่อย่างยั่งยืนของบึงบอระเพ็ด ในการจัดทำแผนการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดเน้นการมีส่วนร่วมของทุกฝ่าย โดยจัดให้มีการประชุมกลุ่มย่อยและการประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับหน่วยงานราชการ องค์กรอิสระประชาชนและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่างๆ ในบึงบอระเพ็ด เพื่อรับทราบความคิดเห็น หน้าที่ ความรับผิดชอบ วิสัยทัศน์ ปัญหาและอุปสรรค ที่เกี่ยวข้องกับบึงบอระเพ็ด จากผลการดำเนินงานทำให้ได้เป้าหมายของการจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและแนวทางปฏิบัติที่เป็นที่ยอมรับจากทุกฝ่ายที่เข้าร่วมจัดทำ ซึ่งประกอบด้วย

เป้าหมายที่ 1: การจัดการบึงบอระเพ็ดอย่างชาญฉลาดตามหลักสากลโดยยึดแนวทางการปฏิบัติที่ดีที่สุด (Best Practice) โดยใช้แนวทางการบริหารจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำแบบบูรณาการ

เป้าหมายที่ 2: การจัดการคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของบึงบอระเพ็ดอย่างชาญฉลาดเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

เป้าหมายที่ 3: การจัดการน้ำของบึงบอระเพ็ดอย่างชาญฉลาดเพื่อการอนุรักษ์และส่งเสริมคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อม

เป้าหมายที่ 4: การจัดการคุณค่าทางสังคมของพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

ทฤษฎีและแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

1. กราฟน้ำท่า

กราฟน้ำท่า (Hydrograph) คือ กราฟที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำหรือระดับน้ำตามเวลาที่ผ่านไป โดยน้ำท่าเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดิน ซึ่งบางส่วนสูญเสียไปในลักษณะของการคายน้ำหรือการระเหย บางส่วนซึมลงสู่ผิวดินและเดินทางไปปรากฏในลำน้ำได้ 3 ลักษณะคือ น้ำที่ไหลบนผิวดิน (Overland Flow) น้ำที่ไหลใต้ผิวดิน (Interflow) และน้ำใต้ดิน (Groundwater Flow) น้ำที่ไหลบนผิวดินจะเกิดขึ้นได้เมื่อความเข้มของฝนที่ตกมีอัตรามากกว่าอัตราการซึมลงดิน สำหรับน้ำที่ไหลใต้ผิวดินเกิดจากน้ำส่วนที่ไหลซึมลงในดินผ่านดินชั้นต่างๆ จนถึงชั้นที่น้ำไหลซึมผ่านได้ยากและไหลไปตามแนวนอนในดินไปบรรจบลำน้ำ ซึ่งมีลักษณะการไหลช้ากว่าน้ำที่ไหลบนผิวดินมาก ส่วนน้ำใต้ดินเป็นน้ำฝนที่ซึมลึกลงไปจนถึงระดับน้ำใต้ดินและกลายเป็นส่วนหนึ่งของน้ำใต้ดิน จนท้ายที่สุดน้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้นนี้จะเคลื่อนตัวและไหลไปรวมกับน้ำในลำน้ำ บางครั้งอาจเรียกน้ำใต้ดินว่า Baseflow เนื่องจากน้ำใต้ดินเคลื่อนตัวได้ช้ามากกว่าจะไปปรากฏที่ลำน้ำ และ ลักษณะการปรากฏที่ลำน้ำนี้จะไม่ทำให้เกิดการขึ้นลงอย่างรวดเร็วของกราฟน้ำท่า (วีระพล, 2538)

กราฟน้ำท่า คือ กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลหรือระดับน้ำกับเวลาหรือเป็นข้อมูลการเคลื่อนที่ของคลื่นหรืออัตราการไหลของน้ำผ่านสถานีวัดน้ำหรือผ่านจุดที่พิจารณาจุดใดจุดหนึ่ง เมื่อปริมาณการไหลของน้ำในลำน้ำเพิ่มขึ้น จะทำให้ระดับน้ำและปริมาตรการเก็บกักชั่วคราวของลำน้ำเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อปริมาณการไหลลดลง ปริมาตรของน้ำที่เก็บกักชั่วคราวก็จะถูกปล่อยออกมา ดังนั้นเมื่อคลื่นหรือกราฟน้ำท่าเคลื่อนตัวไปทางด้านท้ายน้ำ จะทำให้รูปร่างของกราฟน้ำท่าเปลี่ยนแปลงไป ถ้าไม่คิดปริมาณน้ำที่ไหลมาจากลำน้ำสาขา หรือให้การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของกราฟน้ำท่าคงที่แล้ว รูปร่างของกราฟน้ำท่าจะมีฐานเวลาที่ยาวขึ้น และมีขนาดของปริมาณการไหลสูงสุดลดต่ำลงเมื่อคลื่นหรือกราฟน้ำท่าเคลื่อนตัวไปทางท้ายน้ำ เรียกว่าคลื่นมีลักษณะ Attenuation (วีระพล, 2538) กระบวนการนี้ เรียกว่า การเคลื่อนที่ของน้ำท่า (Flow Routing)

การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของน้ำท่าทำได้ 2 วิธีคือ วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบลัมพ์ (Lumped System Routing) และ วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบดิสตริบิวท์ (Distributed System Routing) (นุชนารถ, 2545)

1. วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบลัมพ์ (Lumped System Routing) หมายถึง การเคลื่อนที่ทางอุทกวิทยา (Hydrologic Routing) ซึ่งมีพื้นฐานของการเฉลี่ยตามพื้นที่ (Spatial Averaging) โดยเฉลี่ยแบบทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งน้ำท่าจะถูกคำนวณให้เป็นฟังก์ชั่นของเวลาเพียงอย่างเดียว ณ จุดที่พิจารณา จะไม่พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการต่างๆ ภายในระบบของพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น สมมติให้การซึมผ่านผิวดิน (Infiltration) คงที่ตลอดทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ

2. วิธีการเคลื่อนที่ของระบบแบบดิสตริบิวท์ (Distributed System Routing) หมายถึง การเคลื่อนที่ทางชลศาสตร์ (Hydraulic Routing) โดยจะพิจารณาตำแหน่งของการเกิดกระบวนการซึ่งน้ำท่าจะถูกคำนวณให้เป็นฟังก์ชั่นของทั้งพื้นที่และเวลา (Space and Time)

ในการศึกษานี้เป็นการนำแบจำลองด้านอุทกวิทยา (แบบจำลอง URBS) ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของการใช้หลักการด้านอุทกวิทยาอธิบายการเกิดน้ำท่าดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ในขณะที่องค์ประกอบด้านการเคลื่อนที่ของกราฟน้ำท่าจะใช้หลักการของการเคลื่อนที่แบบลัมพ์มาเป็นหลักการในการสร้างแบบจำลอง อย่างไรก็ตาม เพื่อให้แบบจำลองสามารถประเมินกราฟน้ำท่าได้ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น แบบจำลอง URBS จึงกำหนดให้มีการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็นลุ่มน้ำย่อยเพื่อให้สามารถนำหลักการของการเคลื่อนที่แบบดิสตริบิวท์มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน สำหรับรายละเอียดของแบบจำลอง URBS ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3 ต่อไป

2. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

การประเมินปริมาณน้ำท่าเป็นกระบวนการทางด้านอุทกวิทยาที่ทำได้หลายวิธี สามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 2 กลุ่ม (วีระพล, 2531) คือ แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้หาความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) และ แบบจำลองทางสถิติที่ใช้หลักการวิเคราะห์ถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression Analysis Model) แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้หาความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่าเป็นแบบจำลองที่นำสถิติข้อมูลฝนมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่า โดยการใช้ข้อมูลทางกายภาพและสภาพทางอุทกวิทยา เช่น ประเภทของดินและการใช้ที่ดิน

เป็นต้น ส่วนแบบจำลองถดถอยเชิงซ้อนจะใช้หลักสถิติที่เรียกว่า “การวิเคราะห์ถดถอยเชิงซ้อน (Multi Regression Analysis) และ หลักสถิติอนุกรมเวลา (Time Series Analysis)” ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้คุณลักษณะของลุ่มน้ำ เช่น แบบจำลอง HEC-4 เป็นต้น

ไพโรจน์ (2543) ได้กล่าวไว้ว่า การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับกิจกรรมต่างๆ เช่น ข้อมูลสถิติการไหลของน้ำท่า หรือ ข้อมูลสถิติน้ำฝน ที่มีความเกี่ยวข้องกัน ซึ่งโดยปกติปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่รับน้ำจะต้องถูกคาดการณ์ไว้เป็นข้อมูลอันหนึ่ง เช่น การศึกษาการทดลองความเสียหายจากน้ำท่วมอาจต้องมีการคาดคะเนในการเพิ่มปริมาตรของน้ำท่า เพื่อรับการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่รับน้ำนั้น อย่างไรก็ตามไม่มีบันทึกข้อมูลใดที่สามารถจัดหามาได้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังไม่เกิดขึ้น ในกรณีที่คล้ายกันการคาดการณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ที่ต้องการตัดสินใจในการระบายน้ำออก เมื่อมีพายุฝนในพื้นที่รับน้ำ การคอยที่จะเก็บข้อมูลและสังเกตการไหลเป็นสิ่งที่ไม่ควรทำ ซึ่งมีทางเลือก คือ ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจัดเตรียมข้อมูลคาดการณ์ล่วงหน้า ซึ่งในแบบจำลองหนึ่งๆ จะมีตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (Output) กับตัวแปรที่ทราบค่า (Input) ในกรณีแบบจำลองที่รวมอยู่ในแบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่า ตัวแปรที่ทราบค่าคือ ปริมาณฝน และตัวแปรที่จะได้ออกมาคือ ปริมาณน้ำท่า หรือ ตัวแปรที่ทราบค่าคือ ปริมาณน้ำด้านเหนือน้ำ และได้ปริมาณน้ำด้านท้ายน้ำออกมา การประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่รับน้ำฝนของลุ่มน้ำย่อย กับปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนเป็นปริมาณน้ำท่าในลำน้ำที่แปรผันตามเวลา รวมทั้งการวิเคราะห์คำนวณกราฟน้ำท่าของระบบลุ่มน้ำ แบบจำลองต่างๆ ที่สามารถใช้วิเคราะห์คำนวณข้อมูลปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนเป็นปริมาณน้ำท่า เช่น HEC-1, HEC-HMS และNAM เป็นต้น

2.1 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า และการประยุกต์ใช้

แบบจำลองน้ำฝน–น้ำท่า เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ประเมินกราฟน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝน โดยอาศัยข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝน เช่น ลักษณะภูมิประเทศ สภาพอุตุนิยมวิทยา สภาพอุทกวิทยา และ ลักษณะการใช้ที่ดิน เป็นต้น จากอดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ที่ใช้หลักการดังกล่าวกันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้ ได้แก่ แบบจำลอง SSARR, STANDFORD WATERSHED, SACRAMENTO WATERSHED, TANK, SCS, HEC-HMS, NAM และ URBS เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ได้พิจารณาใช้แบบจำลอง URBS เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวัน

จากข้อมูลน้ำฝนรายวันและลักษณะเฉพาะของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงต่อไป ในส่วนของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า อื่นๆ และการประยุกต์ใช้สรุปได้ดังนี้

วันชัย (2534) ได้ทำการประเมินปริมาณน้ำท่ารายเดือนจากปริมาณฝนโดยวิธี Linear programming ในลุ่มน้ำแม่แตง แม่แจ่ม เชิญ แควใหญ่ และหลังสวน หลักการของแบบจำลอง คือ การหาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในเดือนปัจจุบันกับปริมาณฝนที่ตกในเดือนปัจจุบันและที่ตกย้อนหลังไปอีก 5 เดือน ผลการศึกษาพบว่า ในการประเมินปริมาณน้ำท่า ถ้าข้อมูลของปริมาณน้ำท่าและปริมาณฝนมีความสัมพันธ์กันดี แบบจำลองสามารถประเมินปริมาณน้ำท่าได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด เนื่องจากธรรมชาติของการเกิดฝนในพื้นที่ใดๆ นั้นจะมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอทั่วพื้นที่โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้น การประเมินน้ำท่าให้ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงได้นั้นจำเป็นต้องมีสถานีวัดน้ำฝนที่มากพอ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนเหล่านั้นสามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำที่พิจารณาได้

Arcelus (2000) ได้ทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าด้วยแบบจำลอง HEC-HMS และแบบจำลอง NAM โดยการประเมินพารามิเตอร์ของแบบจำลองทั้งสองในลุ่มน้ำที่มีสถานีวัดน้ำท่า และนำพารามิเตอร์ที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS ไปปรับใช้กับลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าตามสภาพภูมิประเทศและการใช้ที่ดิน จากนั้นจึงประเมินพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM ในลุ่มน้ำเดียวกันเพื่อให้กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง NAM เข้ากันได้ดีกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง HEC-HMS พบว่าวิธีการนี้ให้ผลเป็นที่ยอมรับได้สำหรับลุ่มน้ำที่ไม่มีการเก็บข้อมูล นอกจากนี้ วงศ์สถิตย์ (2545) ยังได้ทำการศึกษาคุณลักษณะทางอุทกศาสตร์ของลุ่มน้ำมูล โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS

Sagawara et al. (1974) ได้พัฒนาแบบจำลอง TANK เพื่อใช้หาปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝน โดยใช้แนวคิดในการกำหนดชั้นดินให้มีลักษณะเป็นถังน้ำ ซึ่งแนวคิดนี้ถูกเสนอขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1934 โดย Zoch และมีผู้พัฒนาต่ออีกหลายคน เช่น Clack ในปี ค.ศ.1945 และ Nash ในปี ค.ศ.1957 โดยแบบจำลอง TANK มีหลักการ คือ สมมติให้ลุ่มน้ำเป็นถังเก็บน้ำ เมื่อฝนตกลงมายังถังน้ำจะมีบางส่วนเก็บกักอยู่ในถังและบางส่วนไหลออกทางก้นถัง ซึ่งถ้าลุ่มน้ำใดมีปริมาณน้ำสะสมอยู่มาก อัตราการไหลออกของน้ำจากลุ่มน้ำจะมาก และถ้าลุ่มน้ำใดที่มีปริมาณน้ำสะสมอยู่น้อย อัตราการไหลของน้ำท่าจะน้อยตามไปด้วย ปริมาณน้ำในถังจึงเปรียบเสมือนความชื้นที่มีอยู่ในดิน ซึ่งต่อมามีการปรับปรุงแบบจำลองนี้โดยการใช้ถังเป็นตัวแทนของชั้นดิน ซึ่งปริมาณน้ำในถัง

แต่ละถังเปรียบเป็นความชื้นของชั้นดินในแต่ละชั้น และอัตราการไหลของน้ำจากถังแต่ละถังก็จะแตกต่างกันออกไปด้วย ทำให้อธิบายถึงลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งในการใช้แบบจำลองนี้ผู้ใช้ต้องปรับค่าพารามิเตอร์ที่แสดงคุณสมบัติต่างๆ ของถังแต่ละใบ จนกระทั่งปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด โดยแบบจำลอง TANK ได้ถูกนำมาใช้โดยทั่วไป ดังต่อไปนี้

วีระชัย (2530) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 7 สถานี ภายในลุ่มน้ำป่าสัก โดยกำหนดค่าคงที่ทั้ง 14 พารามิเตอร์ของแบบจำลอง TANK ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำไม่เกิน 1,000 ตารางกิโลเมตร สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลอง TANK สามารถคำนวณปริมาณน้ำท่าจากสถิติน้ำฝนได้ผลดี ซึ่งข้อมูลน้ำท่าจากการวัดและปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99.9เปอร์เซ็นต์ และเนื่องจากแบบจำลอง TANK ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำที่ชุ่มชื้นตลอดทั้งปี ดังนั้นแบบจำลองนี้จึงใช้ได้ดีกับพื้นที่ที่มีความชุ่มชื้นตลอดปีเท่านั้น ส่วนพื้นที่ที่ไม่ชุ่มชื้นตลอดทั้งปี จะมีความชื้นในดินไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งลุ่มน้ำ ซึ่งบริเวณที่สูงจะแห้งกว่าบริเวณที่ลุ่ม ทำให้ลักษณะการเกิดน้ำท่าต่างกัน จึงควรแบ่งพื้นที่รับน้ำออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ ตามปริมาณความชื้นในดิน แล้วจึงจำลองพื้นที่ย่อยๆ ของแต่ละส่วนด้วยแบบจำลอง TANK

อวิรุทธ์ (2538) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำบางปะกง โดยใช้แบบจำลอง RIBAMAN (RBM-DOGGS) ซึ่งมีหลักการอ้างอิงกับวิธีการ SCS ที่ต้องใช้ข้อมูลลักษณะดินและการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ และได้แบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 3 กรณี ตามเงื่อนไขความชื้นของพื้นที่ก่อนพายุฝนที่พิจารณา คือ ความชื้นเริ่มต้นของพื้นที่มีค่าน้อย ปานกลาง และสูง พบว่าแบบจำลองนี้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่าได้อย่างเหมาะสม โดยค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลจากการคำนวณกับค่าที่วัดได้ของอัตราการไหล อัตราการไหลสูงสุด และ เวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 0.825-0.944, 0.960-0.995 และ 0.868-0.997 ตามลำดับ และเสนอแนะว่า แบบจำลอง RIBAMAN (RBM-DOGGS) เป็นการใช้ข้อมูลฝนรายชั่วโมง ซึ่งไม่เหมาะกับการประเมินปริมาณน้ำท่าที่มีช่วงเวลานาน แต่จะเหมาะกับการศึกษาเพื่อการป้องกันอุทกภัยมากกว่า เนื่องจากสามารถนำข้อมูลฝนออกแบบมาใช้ในแบบจำลองได้ และนอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้กับลุ่มน้ำอื่นๆ โดยทั่วไป

กานดา (2545) ได้ศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแบบจำลอง NAM สำหรับลุ่มน้ำน่าน โดยใช้สถานีวัดน้ำท่า 11 สถานี ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำฝนอยู่ในช่วง 35-4,840 ตารางกิโลเมตร พบว่าพารามิเตอร์ที่ได้อยู่ในช่วงที่แนะนำไว้ในคู่มือการใช้งานของแบบจำลอง NAM ซึ่งผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองพบว่า กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง NAM และ ที่ได้จากการตรวจวัดมีความใกล้เคียงกัน คือ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.57-0.98 เฉลี่ยเท่ากับ 0.82 และมีค่ายกกำลังสองของค่าความแตกต่างอยู่ระหว่าง 12.76-219.67 เฉลี่ยเท่ากับ 111.59 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ในการศึกษาค่าความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ต่างๆ นั้น ได้พิจารณาที่สถานีวัดน้ำท่า N.17 โดยพิจารณาที่อัตราการไหลสูงๆ และอัตราการไหลต่ำๆ โดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง พบว่าการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์แต่ละตัวมีผลต่อองค์ประกอบของน้ำท่าด้วยอัตราที่แตกต่างกัน และมีความไวที่แตกต่างกันต่ออัตราการไหลสูงและอัตราการไหลต่ำ

ศิริกัญญา (2547) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลอง NAM และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ ในการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบนจำนวน 13 สถานี ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำฝนระหว่าง 45-3,853 ตารางกิโลเมตร ในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง NAM นั้น ข้อมูลด้านเข้า คือ ปริมาณฝนรายวัน การระเหยรายวัน ค่าเงื่อนไขเริ่มต้น และพารามิเตอร์ของแบบจำลองจำนวน 15 พารามิเตอร์ ผลการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พบว่า ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วงที่ได้แนะนำไว้ในคู่มือการใช้งานของแบบจำลอง และประสิทธิภาพการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันของแบบจำลองทั้งสองได้พิจารณาเงื่อนไขความเข้ากันได้ดีของกราฟน้ำท่า 4 ประการ คือ 1) สมดุลน้ำ 2) กราฟน้ำท่าโดยรวม 3) ปริมาณการไหลสูง และ 4) ปริมาณการไหลต่ำ พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลการประเมินน้ำท่ารายวันที่ถูกต้องกว่าแบบจำลอง NAM ส่วนในด้านของสมดุลน้ำ กราฟน้ำท่าโดยรวม และ ปริมาณการไหลสูง ในทางตรงกันข้ามสำหรับปริมาณการไหลต่ำ แบบจำลอง NAM ให้ผลที่ดีกว่า

วิษุวัฒก์ (2546) ได้ประยุกต์ใช้ แบบจำลอง NAM และแบบจำลองอุทกวิทยาน้ำนองซึ่งพัฒนาโดย วีระพล (2545) อ้างโดย วิษุวัฒก์ (2546) ซึ่งใช้วิธีคำนวณจากพายุฝนด้วยเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองทั้งสองในการคาดคะเนปริมาณน้ำนองสูงสุด ที่เกิดจากพายุฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าตะเภา และลุ่มน้ำคลองชุมพรซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก โดยมีพื้นที่ลุ่มน้ำ 2,227 และ 521 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าทั้งสองแบบจำลองสามารถประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำทั้งสองเพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำนอง

สูงสุดได้ดี แต่แบบจำลอง NAM จะให้ผลการคำนวณปริมาณน้ำนองสูงสุดได้ดีกว่าแบบจำลองอุทกวิทยาน้ำนองเป็นส่วนใหญ่

สุพรรษาและคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์แบบลุ่มน้ำรวมระหว่างพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM และลักษณะเฉพาะทางกายภาพของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยลักษณะเฉพาะทางกายภาพดังกล่าวประกอบด้วย ขนาดพื้นที่รับน้ำ (A) ความยาวตามลำน้ำสายหลัก (L) ความยาวตามลำน้ำสายหลักจากจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำจนถึงจุดออกของลุ่มน้ำ (Lc) และความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำสายหลัก (S) ผลการศึกษาพบว่า พารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM มีความสัมพันธ์กับลักษณะเฉพาะทางกายภาพของสถานีวัดน้ำท่าต่างๆ ในลุ่มน้ำปิงตอนบนเป็นอย่างดี จึงสามารถนำมาสร้างความสัมพันธ์แบบลุ่มน้ำรวมซึ่งได้พิสูจน์แล้วว่าความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นนี้มีความเหมาะสมในการประเมินกราฟน้ำท่าสำหรับบริเวณที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่าตั้งอยู่ในลุ่มน้ำปิงตอนบน นอกจากนี้ แนวทางการศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำอื่นๆ ในประเทศไทยได้ต่อไป

3. แบบจำลอง URBS (URBS Model)

นุชนารถและคณะ (2548) ได้ทำการการคัดเลือกแบบจำลองด้านอุทกวิทยาที่มีประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้และพัฒนาให้แบบจำลองที่ได้รับคัดเลือกสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้โดยง่าย ภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “การประยุกต์แบบจำลองอุทกวิทยาเพื่อการจำลองปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำท่วมสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำยม” ซึ่งเป็นโครงการวิจัยย่อยของโครงการ “ระบบพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วนสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำยม” โดยผลการเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลอง NAM, HEC-HMS, URBS และแบบจำลอง SWAT พบว่าแต่ละแบบจำลองมีข้อดี-ข้อเสียที่ต่างกัน และไม่มีแบบจำลองใดที่สามารถผ่านเกณฑ์การคัดเลือกได้ทุกข้อ แต่จากเกณฑ์การให้คะแนนพบว่าแบบจำลอง URBS ได้คะแนนรวมสูงที่สุดโดยได้คะแนน 92 คะแนนจาก 100 คะแนน ในขณะที่แบบจำลอง NAM, HEC-HMS และแบบจำลอง SWAT ได้คะแนนรวม 70, 82 และ 72 คะแนน ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วงานวิจัยดังกล่าวได้นำแบบจำลอง URBS และแบบจำลอง NAM มาใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันสำหรับสถานีวัดน้ำท่า 5 สถานี ในลุ่มน้ำปิงตอนบน ผลการศึกษา พบว่า ทั้งแบบจำลอง URBS และแบบจำลอง NAM สามารถประเมินกราฟน้ำท่ารายวันได้ถูกต้องใกล้เคียงกัน จากผลการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าแบบจำลอง URBS มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เพื่อการประเมินกราฟ

น้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำในประเทศไทย ดังนั้นในโครงการระบบช่วยตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดนี้จึงได้เลือกใช้แบบจำลอง URBS เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

แบบจำลอง URBS เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อการพยากรณ์น้ำท่วม โดย Queensland Department of Natural Resources and Mines ในปี ค.ศ.1990 ซึ่งมีพื้นฐานของทฤษฎีมาจากการพัฒนาของ Laurenson & Mein (1990) และแบบจำลอง WT42 (Shallcross, 1987) อ้างโดยนุชนารถและคณะ (2548) โดยแบบจำลอง URBS มีความสามารถดังนี้

1. สามารถเข้าถึงข้อมูลด้านอุทกวิทยา
2. สามารถแสดงผลได้ทั้งในรูปของข้อความและกราฟ
3. สามารถคำนวณระดับน้ำจากข้อมูลอัตราการไหลได้
4. ง่ายในการรวบรวมข้อมูลด้านออกจากแบบจำลองสมดุลน้ำ
5. ไฟล์ข้อมูลด้านออกสามารถอ่านได้โดยตรงด้วยแบบจำลอง MIKE 11 และ HEC-RAS ทั้งยังสามารถนำออกสู่โปรแกรมประเภท Spreadsheet ได้
6. สามารถออกแบบพายุฝนสำหรับ zone ต่างๆ ตามหลักการของ AR&R ได้โดยอัตโนมัติ และยังมีการตรวจสอบผลของการออกแบบพายุฝนอย่างอัตโนมัติด้วย
7. รวมวิธี Monte-Caelo สำหรับใช้ในการออกแบบพายุฝนเพื่อเป็นผลลัพธ์ให้กับส่วนของการจัดการต่อไป
8. สามารถใช้การจำลองน้ำท่วมได้ทั้งในลักษณะเหตุการณ์เดี่ยวและเหตุการณ์ต่อเนื่อง
9. สามารถจำลองพฤติกรรมทางอุทกวิทยาที่สำคัญมีรายละเอียดดังนี้

ก. ทำการแยกการเคลื่อนตัวของน้ำท่วมออกเป็นการเคลื่อนตัวในพื้นที่ลุ่มน้ำและการเคลื่อนตัวในแม่น้ำ

ข. มีการแนะนำแบบจำลองการสูญเสียแบบเหตุการณ์เดี่ยวใหม่ๆ หลายแบบจำลอง

ค. มีการจำลองการสูญเสียแบบเหตุการณ์ต่อเนื่อง เช่น แบบจำลองการคืนสภาพของการสูญเสียเริ่มต้น (Recovering Initial Loss Model)

ง. มีการแยกแบบจำลองการสูญเสียออกเป็นการสูญเสียในพื้นที่ไม่ทึบน้ำและพื้นที่ทึบน้ำ

จ. สามารถอธิบายผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงชุมชนเมืองและการตัดไม้ทำลายป่า

10. สามารถจำลองการชะล้างและการพัดพาของตะกอน

11. สามารถวิเคราะห์ค่าเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วม

12. สามารถวิเคราะห์การเก็บกักในพื้นที่

13. สามารถประเมินผลกระทบจากการเก็บกักของ Roffwater

14. สามารถใช้เพื่อการหาแนวทางการออกแบบการเก็บกักในลุ่มน้ำ

15. มีการคำนวณการสูญเสียของน้ำของการเคลื่อนที่ในลำน้ำ (Channel Transmission Losses)

16. มีการรวมเกณฑ์สำหรับใช้ในการจัดการอ่างเก็บน้ำแบบง่ายๆ

17. มีการจัดการเพื่อที่จะทำให้ใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุดและใช้เวลาในการตรวจสอบมากที่สุด

18. มีความสามารถในการจัดการการพยากรณ์น้ำท่วม

แบบจำลอง URBS ประกอบด้วยแบบจำลองย่อยที่สำคัญต่อการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า 2 แบบจำลองย่อย คือ แบบจำลองการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่า และแบบจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละแบบจำลองย่อยดังนี้

3.1 แบบจำลองการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่า (Runoff Routing Models)

แบบจำลอง URBS เป็นแบบจำลองประเภทโครงข่ายการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่า (Runoff - Routing Networked Model) ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ในการใช้งานแบบจำลอง URBS เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำท่า ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญประกอบด้วย ความยาวลำน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำ ความลาดชันของทางน้ำ ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ สัดส่วนพื้นที่ชุมชนเมือง (Fraction Urbanized) สัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ (Fraction Forested) และสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ

ในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่า ประกอบด้วยสองแบบจำลองย่อย คือ แบบจำลอง Basic และแบบจำลอง Split ในส่วนของแบบจำลอง Basic นั้น จะคล้ายกับแบบจำลอง RORB (Laureson & Mein, 1990) สำหรับแบบจำลอง Split จะคล้ายกับแบบจำลอง WBNM (Watershed Bounded Network Model) ซึ่งรายละเอียดของแต่ละแบบจำลองสรุปได้ดังนี้

3.1.1 แบบจำลอง Basic (Basic Model)

แบบจำลอง Basic มีสมมุติฐาน คือ ปริมาตรเก็บกักในพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาตรเก็บกักของลำน้ำในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจะถูกพิจารณารวมเป็นปริมาตรเก็บกักเดียวกันในลักษณะของอ่างเก็บน้ำแบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-Linear Reservoir) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรเก็บกักและอัตราการไหล (S-Q) ของอ่างเก็บน้ำแบบไม่เป็นเส้นตรงตามแนวความคิดแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$S = k_c^1 Q^m \tag{1}$$

เมื่อ k_c^1 คือ ค่าคงที่สำหรับการเคลื่อนตัวแบบไม่เป็นเส้นตรงของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นกับลักษณะเฉพาะของปริมาตรเก็บกักของพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาตรเก็บกักของลำน้ำ และเมื่อทำการแทนค่า k_c^1 ด้วยลักษณะเฉพาะดังกล่าวส่งผลให้สมการของปริมาตรเก็บกักเปลี่ยนรูปดังนี้

$$S = \left\{ \frac{\alpha f L n (1+F)^2}{\sqrt{S_c}(1+U)^2} \right\} Q^m \tag{2}$$

เมื่อ S คือ ปริมาตรเก็บกักของพื้นที่ลุ่มน้ำและลำน้ำ (ลูกบาศก์เมตรชั่วโมงต่อวินาที)

α คือ พารามิเตอร์ Storage Lag

f คือ แฟคเตอร์ความยาวของช่วงลำน้ำ

L คือ ความยาวลำน้ำ (กิโลเมตร)

U คือ สัดส่วนพื้นที่เมืองในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (Fraction Urbanization of sub-catchment)

F คือ สัดส่วนพื้นที่ป่าไม่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (Fraction Forested of sub-catchment)

n คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำ

S_c คือ ความลาดชันของทางน้ำ

Q คือ ปริมาณน้ำไหลออก (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

m คือ พารามิเตอร์ความเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Catchment Non-Linearity Parameter)

สำหรับเกณฑ์การตรวจสอบความไม่มีเสถียรภาพของการวิเคราะห์สามารถตรวจสอบได้โดยสมการดังต่อไปนี้

$$\frac{k_c^1}{\delta_T} \leq 0.01 \tag{3}$$

ผลการวิเคราะห์ที่ได้ควรมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งหากเกิดความไม่มีเสถียรภาพขึ้น ควรปรับเปลี่ยนขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ให้มีค่าเพิ่มขึ้นหรืออาจลดช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.1.2 แบบจำลอง Split (Split Model)

แบบจำลอง Split มีหลักการคล้ายกับแบบจำลอง Basic แต่ปริมาตรเก็บกักของลุ่มน้ำและลำน้ำจะถูกแยกจากกันอย่างอิสระ โดยเมื่อฝนตกลงบนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ปริมาณฝนจะเคลื่อนตัวผ่านปริมาตรเก็บกักของลุ่มน้ำซึ่งอยู่ที่จุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่ลุ่มน้ำเพื่อไหลไปสู่ลำน้ำโดยใช้หลักการการเคลื่อนตัวของน้ำท่าบนพื้นที่ลุ่มน้ำ จากนั้นปริมาณการไหลออกจากปริมาตรเก็บกักของลุ่มน้ำซึ่งเปรียบเสมือนเป็นปริมาณการไหลเข้าของปริมาตรเก็บกักลำน้ำจะถูกเคลื่อนตัวไปตามทางน้ำด้วยวิธี Muskingum แบบไม่เป็นเส้นตรง โดยหลักการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำผ่านปริมาตรเก็บกักลุ่มน้ำและปริมาตรเก็บกักลำน้ำอธิบายได้ดังนี้

ก. การเคลื่อนตัวบนพื้นที่ลุ่มน้ำ (Catchment Routing)

การเคลื่อนตัวบนพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นจะใช้ปริมาตรเก็บกักลุ่มน้ำเป็นตัวแทนอ่างเก็บน้ำแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยแสดงความสัมพันธ์ของปริมาตรเก็บกักและอัตราการไหลดังนี้

$$S_{catch} = \left\{ \frac{\beta\sqrt{A}(1+F)^2}{(1+U)^2} \right\} Q^m \tag{4}$$

เมื่อ S_{catch} คือ ปริมาตรเก็บกักลุ่มน้ำ (ลูกบาศก์เมตรชั่วโมงต่อวินาที)

β คือ พารามิเตอร์ Catchment Lag

A คือ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (ตารางกิโลเมตร)

U คือ สัดส่วนพื้นที่เมืองในพื้นที่ลุ่มน้ำ

F คือ สัดส่วนพื้นที่ป่าไม่ในพื้นที่ลุ่มน้ำ

m คือ พารามิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของลุ่มน้ำ

ข. การเคลื่อนตัวในลำน้ำ (Channel Routing)

การเคลื่อนตัวในลำน้ำมีพื้นฐานมาจากวิธี Muskingum แบบไม่เป็นเส้นตรงแสดงได้ดังนี้

$$S_{chnl} = \alpha f \frac{nL}{\sqrt{S_c}} \left(xQ_u + (1-x)Q_d \right)^{n^1} \quad (5)$$

เมื่อ S_{chnl} คือ ปริมาตรเก็บกักในลำน้ำ (ลูกบาศก์เมตรชั่วโมงต่อวินาที)

α คือ พารามิเตอร์ Channel Lag

f คือ แฟคเตอร์ความยาวลำน้ำ

L คือ ความยาวลำน้ำ (กิโลเมตร)

S_c คือ ความลาดชันของทางน้ำ

Q_u คือ ปริมาณการไหลเข้าทางด้านเหนือน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

Q_d คือ ปริมาณการไหลออกทางด้านท้ายน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

x คือ พารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของ Muskingum

n^1 คือ พารามิเตอร์แบบไม่เป็นเส้นตรงของ Muskingum

n คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ

3.2 แบบจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Loss Models)

แนวความคิดในการจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝนในแบบจำลอง URBS มี 2 วิธี คือ การจำลองการสูญเสียแบบเหตุการณ์เดียว และ การจำลองการสูญเสียแบบเหตุการณ์ต่อเนื่อง ซึ่งมีรายระเอียดดังนี้

3.2.1 การจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝนแบบเหตุการณ์เดียว (Event Base Rainfall Loss Modeling)

การจำลองการสูญเสียแบบเหตุการณ์เดียวและแบบต่อเนื่องนั้นมีสิ่งที่คล้ายคลึงกันคือ ต้องการให้ผู้ใช้กำหนดปริมาณการสูญเสียของปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำก่อนที่จะเกิดปริมาณน้ำท่าซึ่งเรียกการสูญเสียประเภทนี้ว่า การสูญเสียเริ่มต้น (Initial Loss) ในแบบจำลอง URBS นี้จะแยกการจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝนสำหรับพื้นที่ทึบน้ำและพื้นที่ไม่ทึบน้ำออกจากกัน โดยผู้ใช้มีทางเลือกในการกำหนดพารามิเตอร์การสูญเสียที่เป็นตัวแทนของทั้งพื้นที่ทึบน้ำและพื้นที่ไม่ทึบน้ำ สำหรับวิธีการวิเคราะห์การสูญเสียของปริมาณน้ำฝนแบบเหตุการณ์เดียวในแบบจำลอง URBS จำนวน 3 วิธีดังนี้

ก. แบบจำลองการสูญเสียในพื้นที่ทึบน้ำ (Impervious Loss Model)

แบบจำลอง URBS จะทำการสมมติค่า Default ว่าไม่มีการสูญเสียเริ่มต้น และปริมาณการไหลออกจากพื้นที่ทึบน้ำเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม มีการทำวิจัยเกี่ยวกับการสูญเสียเริ่มต้นแล้วและได้แนะนำว่า ค่าการสูญเสียเริ่มต้นควรมีค่าประมาณ 1 ถึง 2 มิลลิเมตร และสัดส่วนของการกลายเป็นปริมาณน้ำท่าควรอยู่ระหว่าง 90 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีการวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น Boyd et al. (1993) ได้แนะนำว่า สัดส่วนใช้การของพื้นที่ทึบน้ำ (Effective Fraction Impervious) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7 และ 0.9

ข. แบบจำลองการสูญเสียในพื้นที่ไม่ทึบน้ำ (Pervious Loss Model)

แบบจำลอง URBS ประกอบด้วยแบบจำลองย่อยในการสูญเสียในพื้นที่ไม่ทึบน้ำจำนวน 3 แบบจำลอง ดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองการสูญเสียแบบต่อเนื่อง (Continuing Loss Model)

แบบจำลองการสูญเสียแบบต่อเนื่องมีสมมติฐานคือ มีปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (il , มิลลิเมตร) ก่อนที่ปริมาณฝนจะกลายเป็นปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) หลังจากนั้นอัตราการสูญเสียต่อเนื่อง (cl , มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) จะถูกประยุกต์กับปริมาณฝน

2. แบบจำลองปริมาณน้ำท่าที่เป็นสัดส่วน (Proportional Runoff Model)

แบบจำลองปริมาณน้ำท่าที่เป็นสัดส่วนจะทำการสมมติว่า มีปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (il , มิลลิเมตร) ก่อนที่ปริมาณฝนจะกลายเป็นปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) หลังจากนั้นสัดส่วนของปริมาณน้ำท่า (pr) จะถูกสมมติขึ้น

3. แบบจำลองการสูญเสียของ Manley-Phillips (Manley-Phillips Loss Model)

แบบจำลองการสูญเสียของ Manley-Phillips จะทำการสมมติว่า อัตราการสูญเสียมีพื้นฐานมาจากสมการดังนี้

$$f_i = \frac{1}{2}(2kP)^{1/2} t^{-1/2} + k \qquad (6)$$

เมื่อ f_t คือ อัตราการสูญเสียหลังจากเวลา t (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)

t คือ เวลา (ชั่วโมง)

P คือ เฮดของน้ำดูดซึม (Capillary Suction Head), (มิลลิเมตร)

k คือ อัตราการสูญเสียอิ่มตัว (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)

ค. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ที่มีผลกระทบกับพารามิเตอร์ในแบบจำลองการสูญเสีย (Including Spatial Variability Effects in Loss Model Parameters)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ที่มีผลกระทบกับพารามิเตอร์ในแบบจำลองการสูญเสียนี้ มีแนวความคิดว่า เมื่อมีการซึมลงสู่ชั้นดินในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ มีระยะทาง x มิลลิเมตร นั้นจะคาดเดาได้ว่า มีสัดส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำ y ที่ทำให้เกิดน้ำท่า โดยแบบจำลอง URBS ได้สมมติแบบจำลองอย่างง่ายในลักษณะของการกระจายตัวแบบเส้นตรงเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยสมการดังนี้

$$f_{ect} = f_u + \frac{F_t}{F_{\max}}, Max(f_{ect}) = 1 \quad (7)$$

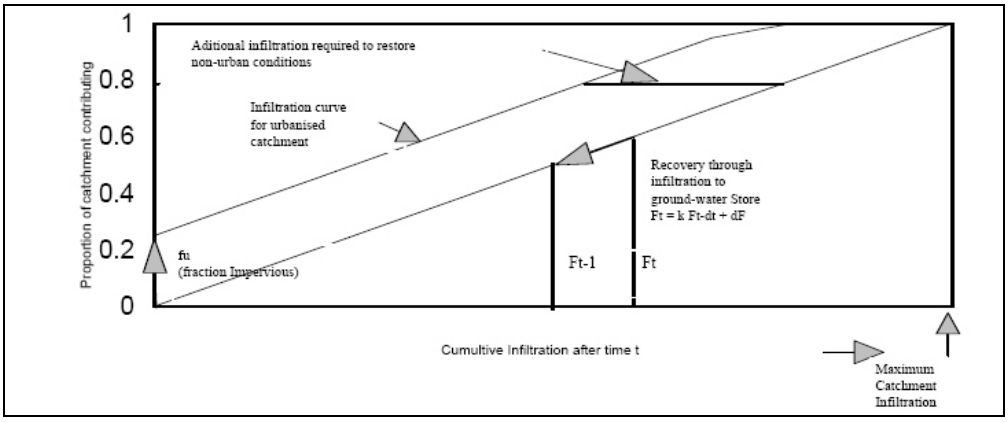
เมื่อ f_{ect} คือ พื้นที่ทึบน้ำอย่างแท้จริง

f_u คือ พื้นที่ทึบน้ำปัจจุบัน

F_t คือ ปริมาณการซึมลงดินสะสมในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ (มิลลิเมตร) เมื่อเวลาผ่านไป t

$F_{\max}$ คือ ความสามารถสูงสุดในการซึมลงสู่ชั้นดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ

โดยแบบจำลองการซึมลงสู่ชั้นดินแสดงได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แบบจำลองการซึมลงสู่ชั้นดินบนพื้นฐานของพื้นที่ทึบน้ำ
ที่มา: Carroll (2004)

สำหรับปริมาณฝนส่วนเกินในแต่ละช่วงเวลาสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$R_i = f_{eff} C_{imp} R_i^{tot} + (1 - f_{eff}) R_i^{per} \quad (8)$$

เมื่อ R_i^{tot} คือ ความลึกของปริมาณฝนทั้งหมด

C_{imp} คือ สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ทึบน้ำ

R_i^{per} คือ ความลึกของปริมาณฝนส่วนเกินในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ ซึ่งถูกคำนวณผ่านทางแบบจำลองการสูญเสียในพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ ในส่วนของการคืนสภาพของปริมาณการสูญเสียทำได้โดยการลดปริมาณการซึมลงสู่ชั้นดินหลังจากช่วงเวลาการคำนวณ แสดงได้ดังนี้

$$F_t = k_{\delta T} F_{tl}, k_{\delta T} = k^{\frac{\delta T}{24}} \quad (9)$$

เมื่อ $k_{\delta T}$ คือ สัมประสิทธิ์การลดลง

k_{24} คือ สัมประสิทธิ์ 24 ชั่วโมง

3.2.2 แบบจำลองปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า และ การจำลองปริมาณการสูญเสียแบบต่อเนื่อง (Rainfall-Runoff Models / Continuous Loss Modeling)

แบบจำลอง URBS มีการจำลองปริมาณการสูญเสียแบบต่อเนื่องด้วยกัน 2 วิธี คือ แบบจำลองการคืนสภาพของปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น และ แบบจำลองสมดุลน้ำแบบ third party water model โดยมีหลักการดังนี้

ก. แบบจำลองการคืนสภาพของปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น (Recovering Initial Loss Models, RILM)

จากเหตุผลที่ว่า ปริมาณการสูญเสียแบบต่อเนื่องหรือปริมาณการสูญเสียแบบเป็นสัดส่วนนั้นสามารถที่จะทำการคืนสภาพได้ เมื่อปริมาณการซึมลงสู่ชั้นดินลดลงตามหลักการของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ แต่การคืนสภาพของปริมาณการสูญเสียเริ่มต้นหลังจากช่วงฤดูแล้งนั้น ยังไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ซึ่งแบบจำลอง RILM สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้

แบบจำลอง RILM เป็นแบบจำลองปริมาณการสูญเสียแบบง่าย โดยผู้ใช้เป็นผู้กำหนดความจุของปริมาตรเก็บกักของการสูญเสียเริ่มต้น (IL_{max}) แต่หากไม่ทำการกำหนดแบบจำลองก็สามารถคำนวณได้จากเหตุการณ์น้ำฝนเหตุการณ์แรก โดยคำนวณจากกรณีที่ปริมาณน้ำฝนมีค่าน้อยกว่าศักย์การสูญเสีย ซึ่งปริมาณน้ำที่ขาดนี้จะถูกกำหนดให้เป็นปริมาตรเก็บกักของ

การสูญเสียเริ่มต้น ดังนั้นเหตุการณ์น้ำฝนเหตุการณ์แรกควรเริ่มในช่วงฤดูแล้ง โดยแบบจำลอง RILM ประกอบด้วย 2 แบบจำลองย่อย ดังนี้

1. แบบจำลองการสูญเสียแบบต่อเนื่อง (Continuing Loss Model)

แบบจำลองการสูญเสียแบบต่อเนื่อง ถูกพัฒนาเพื่อยอมให้การสูญเสียเริ่มต้นสามารถคืนสภาพได้ โดยการสูญเสียเริ่มต้นจะถูกคำนวณใหม่ทุกช่วงเวลาด้วยสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} IL_{(i+1)} &= IL_i, R_i = clr_i.\delta t \\ IL_{(i+1)} &= IL_i + f.(clr_i\delta t - R_i), R_i \le clr_i.\delta t \\ IL_{(i+1)} &= IL_{\max}, IL_i > IL_{\max} \end{aligned} \tag{10}$$

เมื่อ R_i คือ อนุกรมของปริมาณน้ำฝน

clr_i คือ อนุกรมของอัตราการสูญเสียแบบต่อเนื่อง

δt คือ ช่วงเวลา

f คือ พารามิเตอร์สำหรับการสอบเทียบแบบจำลองและเป็นตัวแทนโดย f ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 และ 0.5 Markar (2001) อ้างโดย Carroll (2004)

2. แบบจำลองปริมาณการสูญเสียแบบเป็นสัดส่วน (Proportional Loss Model)

แบบจำลองปริมาณการสูญเสียแบบเป็นสัดส่วน ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อยอมให้การสูญเสียเริ่มต้นสามารถคืนสภาพได้ โดยการสูญเสียเริ่มต้นจะถูกคำนวณใหม่ทุกช่วงเวลาด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} IL_{(i+1)} &= IL_i, prR_i = rlr_i.\delta t \\ IL_{(i+1)} &= IL_i + rlr_i\delta t - R_i, R_i \le rlr_i.\delta t \\ IL_{(i+1)} &= IL_{\max}, IL_i > IL_{\max} \end{aligned} \tag{11}$$

เมื่อ R_i คือ อนุกรมของปริมาณน้ำฝน

pr คือ สัมประสิทธิ์ปริมาณน้ำท่าแบบเป็นสัดส่วน

rlr คือ การคืนสภาพของอัตราการสูญเสีย เมื่ออัตราของปริมาณฝนน้อยกว่าอัตราการสูญเสียแล้วปริมาณการสูญเสียเริ่มต้นสามารถคืนสภาพได้

ข. Third Party Water Balance Models

แบบจำลองสมดุลน้ำเช่น แบบจำลอง AWBM (Boughton, 1993) อาจถูกนำมาใช้เพื่อหาปริมาณการสูญเสียสำหรับเหตุการณ์ที่กำหนด อ้างโดย Carroll (2004) ซึ่งแบบจำลองนี้จะให้ผลการวิเคราะห์คือปริมาณน้ำท่าหรือปริมาณฝนส่วนเกินที่ตำแหน่งสถานีตรวจวัด ซึ่งแบบจำลอง URBS สามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้โดยจะพิจารณาเป็นรายลุ่มน้ำย่อยไป และเมื่อแบบจำลองถูกนำไปใช้จะสามารถแน่ใจว่าพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับแบบจำลองการสูญเสียเหตุการณ์เดียวจะถูกกำหนดว่าไม่สามารถทำให้เกิดการสูญเสียได้

3.3 แบบจำลองปริมาณการไหลพื้นฐาน (Baseflow Model)

แบบจำลอง URBS สามารถประเมินปริมาณการไหลพื้นฐานได้ทั้งแบบคงที่และแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยสามารถกำหนดค่าเริ่มต้นของปริมาณการไหลพื้นฐานให้มีค่าเท่ากับค่าแรกของข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่กำหนดใน Gauging Station Files (Qr) สำหรับการประเมินการไหลพื้นฐานแบบคงที่ จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ Qr ตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา ในขณะที่ปริมาณการไหลพื้นฐานแบบเปลี่ยนแปลงตามเวลาสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$Qb_i = BR(Qb_{i-1}) + BC(Qr)^{BM} \quad (12)$$

เมื่อ Qb_i , Qb_{i-1} คือ ปริมาณการไหลพื้นฐานสำหรับช่วงเวลา i และ i-1 ตามลำดับ

BR คือ ค่าคงที่ถดถอยรายวันของปริมาณการไหลพื้นฐาน (Daily Baseflow Recession Factor)

BC คือ ค่าคงที่การไหลพื้นฐานที่ประยุกต์ใช้กับข้อมูลน้ำท่า(Baseflow Constant Applied to Runoff)

BM คือ ค่าเลขกำลังการไหลพื้นฐานที่ประยุกต์ใช้กับข้อมูลน้ำท่า (Baseflow Exponent Applied to Runoff)

พารามิเตอร์ที่กล่าวมานี้สามารถกำหนดได้จากคำสั่ง “DEFALT PARAMETERS” ใน Catchment Definition File ซึ่งรายละเอียดจะอธิบายในหัวข้อ “รายละเอียดขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานที่สำคัญ” ต่อไป สำหรับแบบจำลอง URBS Version ปัจจุบัน ค่า *BM* จะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 และค่า *BR* และ *BC* จะกำหนดให้มีค่าคงที่ทุกจุดพิจารณาของลุ่มน้ำ

3.4 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS

Malone (2000) ได้ประยุกต์แบบจำลอง URBS เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมตามเวลาจริงในแม่น้ำขนาดใหญ่ของรัฐ Queensland ประเทศออสเตรเลีย มาตั้งแต่ปี ค.ศ.1990 ซึ่งหลักในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS คือ แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจากนั้นจะถูกเชื่อมโยงเป็นอนุกรมของทางน้ำ โดยปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่ถูกประยุกต์ที่จุดศูนย์ถ่วงของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจะถูกแปลงเป็นปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (Excess Rainfall) ด้วยการคิดปริมาณการสูญเสียแบบง่ายๆ จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองการสูญเสียเริ่มต้นและการสูญเสียต่อเนื่อง (Initial Loss–Continuing Loss; IL-CL) หรือแบบจำลองการสูญเสียเริ่มต้นและสัดส่วนปริมาณน้ำท่า (Initial Loss–Proportional Runoff; IL-PR) ซึ่งแบบจำลอง IL-CL มีความเหมาะสมสำหรับลุ่มน้ำขนาดเล็กที่มีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลน้ำฝนที่มีช่วงเวลาการเก็บข้อมูลที่สั้น ส่วนแบบจำลอง IL-PR จะมีความเหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ซึ่งไม่จำเป็นต้องเก็บข้อมูลฝนด้วยช่วงเวลาสั้นๆ เหมือนกับในลุ่มน้ำขนาดเล็ก

สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่า ทำได้โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SPLIT หรือแบบจำลอง BASIC ซึ่งผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง SPLIT ให้ผลลัพธ์ในการจำลองกราฟน้ำท่าได้ดีกว่าแบบจำลอง BASIC ส่วนกรณีที่แม่น้ำได้รับผลกระทบจากน้ำท้อ (Backwater Effect) แบบจำลองจะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลและระดับน้ำเป็นเงื่อนไขควบคุม ในส่วนของการพยากรณ์น้ำท่วมได้ประยุกต์ใช้วิธี Matching ในการแปลงแบบจำลองการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall Runoff Routing Model) เป็นแบบจำลองการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่วม (Flood Routing Model)

ในการศึกษานี้ Malone ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS กับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่จำนวน 3 ลุ่มน้ำคือ Fitzroy, Burdekin และ Cooper Creek ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 150,000 , 130,000 และ 200,000 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยลุ่มน้ำดังกล่าวถูกแบ่งออกเป็นลุ่มน้ำย่อยจำนวน 470, 188 และ 138 ลุ่มน้ำย่อย ตามลำดับ นอกจากนี้ระบบของทั้ง 3 แบบจำลองลุ่มน้ำยังได้แบ่งออกเป็นแบบจำลองย่อยที่มีการเชื่อมโยงกันจำนวน 9, 4 และ 6 แบบจำลอง ตามลำดับ ซึ่งจำนวนของแบบจำลองย่อยที่เชื่อมโยงกันและจำนวนของลุ่มน้ำย่อยนั้นมีผลต่อการประเมินปริมาณน้ำท่วม และผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง URBS สามารถประเมินกราฟอัตราการไหลและกราฟระดับน้ำได้อย่างดี แต่มีแนวโน้มในการประเมินค่าเกินจริงในช่วงโค้งขึ้นของกราฟน้ำท่า ซึ่งสาเหตุมาจากความสามารถในการถ่ายโอนปริมาณการสูญเสียระหว่างแม่น้ำยังไม่ดีพอ อย่างไรก็ตาม แบบจำลอง URBS จัดได้ว่าสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมได้ดี และยังสามารถเชื่อมโยงได้กับฐานข้อมูลของ the Bureau of Meteorology ในรัฐ Queensland แบบตามเวลาจริง

พรรณพิมพ์และนุชนารถ (2549) ได้ทำการประเมินประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านอุทกวิทยาในการประเมินปริมาณน้ำหลากของลุ่มน้ำปิงตอนบนโดยใช้สถานีวัดน้ำท่าจำนวน 4 สถานี สำหรับแบบจำลองด้านอุทกวิทยานั้น ได้พิจารณาใช้แบบจำลอง URBS และแบบจำลอง NAM ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง URBS สามารถประเมินปริมาณน้ำท่วมได้ใกล้เคียงกับข้อมูลที่มีการตรวจวัดจริงและมีความถูกต้องในระดับสูง และได้ผลการประเมินปริมาณน้ำท่วมไปในทิศทางเดียวกันกับแบบจำลอง NAM โดยสอดคล้องกับปริมาณและรูปแบบของการกระจายตัวของน้ำฝน และมีแนวโน้มของความถูกต้องอยู่ในระดับที่สูงกว่าแบบจำลอง NAM ในบางเหตุการณ์น้ำท่วม แสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง URBS มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่วมของลุ่มน้ำปิงตอนบน ตลอดจนมีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำอื่นๆ ในประเทศไทยได้เช่นเดียวกับแบบจำลอง NAM ที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไป

4. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เป็นระบบฐานข้อมูลที่ทำหน้าที่จัดการข้อมูลต่างๆ ให้อยู่ในระบบข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งข้อมูลแต่ละชนิดมีการอ้างอิงพิกัดตำแหน่งและอยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิตอล ที่มีการผสมผสานกระบวนการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับระบบข้อมูลแผนที่ (Geographic Information) และระบบฐานข้อมูล

(Database System) (อุทัย, 2547) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจในงานที่มีความซับซ้อนให้สามารถเห็นภาพได้อย่างชัดเจน และช่วยส่งเสริมให้การดำเนินโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับงานด้านทรัพยากรน้ำมีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลในหลายๆ ด้านมาใช้ประกอบการตัดสินใจร่วมกัน ดังนั้น จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้จัดเก็บข้อมูลและแสดงผลเชิงพื้นที่ของข้อมูลด้านต่างๆ

4.1 โครงสร้างและการนำเข้าข้อมูล (GIS Structure and Data Input)

สุวิทย์ (2538) กล่าวว่า “การรวบรวม การนำเข้า การตรวจสอบ และการปรับปรุงข้อมูลพื้นที่ เป็นขั้นตอนหนึ่งของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีค่าใช้จ่ายมาก ESRI (1992)” และได้กล่าวถึงเรื่องข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ว่ามาจากหลายๆ แหล่ง เช่น แผนที่ข้อมูลเชิงรหัสจากการกวาดเก็บข้อมูล (Scan) หรือการดิจิไทซ์ (Digitize) ซึ่งเป็นวิธีการทั่วไปในการรับข้อมูลเชิงพื้นที่จากแผนที่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital) ที่ได้ข้อมูลในรูปของชุดตัวเลขค่าพิกัด ตลอดจนแหล่งที่มาของข้อมูลเวคเตอร์ที่มีการผลิตขึ้นแล้วโดยทั่วไป คือ ข้อมูลสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลกราฟฟิกของ AutoCAD (DXF) ข้อมูลของ Digital Line Graph (DLG) ข้อมูล TIGER ของ U.S.Census Bureau และข้อมูลที่อยู่ในรูปค่าพิกัด x,y ต่างๆ สำหรับแหล่งที่มาของข้อมูลแบบราสเตอร์นั้น ได้แก่ USGS Digital Elevation Models (DEM) ข้อมูล Grid (แบบ GIS) ของ ERDAS และ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม อย่างไรก็ตามหากข้อมูลที่มีอยู่เดิมไม่เหมาะสมกับการใช้งาน การรวบรวมข้อมูลใหม่เป็นเรื่องที่มีความจำเป็น

ข้อมูลด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จัดเก็บในสองรูปแบบหลักคือ แบบข้อมูลเชิงภาพ (Raster or Grid Format) และแบบเชิงเส้น (Vector Format) โดยทั้งสองแบบนี้จะอ้างอิงกับระบบพิกัด เช่น ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic) ระบบ UTM (Universal Traverse Mercater) หรือระบบอื่นใดที่เหมาะสมต่อพื้นที่นั้นๆ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมสามารถที่จะประมวลผลของข้อมูล ในลักษณะทางคณิตศาสตร์และสถิติได้ (ศรีสะอาด, 2537)

การนำเข้าข้อมูลของระบบ GIS ในลักษณะโครงสร้างแบบเวกเตอร์เป็นโครงสร้างแบบพื้นฐาน แบ่งออกเป็นวิธีการในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ 1) การป้อนข้อมูลที่เป็นจุด (Point Entities) 2) การป้อนข้อมูลรูปแบบเส้น (Linear Entities) และ 3) การป้อนข้อมูลรูปแบบพื้นที่ (Area Entities) โดยกระบวนการการนำเข้าข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำได้ดังต่อไปนี้

1. การนำเข้าข้อมูลทางพื้นที่ (Spatial Data) (การดิจิไทซ์)
   1.1 การนำเข้าข้อมูลสู่เวกเตอร์ด้วยมือ
   1.2 การนำเข้าข้อมูลสู่ระบบกริดด้วยมือ
   1.3 การนำเข้าด้วยดิจิไทซ์
   1.4 การแปลงเวกเตอร์ให้เป็นกริด

2. การนำเข้าข้อมูลลักษณะประจำที่เกี่ยวข้องที่ไม่อิงพื้นที่ (Attribute Data)

การนำเข้าข้อมูลลักษณะประจำที่เกี่ยวข้องที่ไม่อิงพื้นที่ คุณสมบัติของเอนทิตี้ทางพื้นที่ซึ่งจำเป็นต้องมีการจัดการใน GIS เช่น การดิจิไทซ์เส้นถนน ซึ่งแสดงด้วยสี สัญลักษณ์ หรือ ตำแหน่งบนแผนที่

3. การเชื่อมโยงข้อมูลทางพื้นที่กับข้อมูลลักษณะประจำที่ไม่อิงพื้นที่

ภาพที่ 6 เครื่องมือ Digitizer

4.2 การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นแล้ว ข้อมูลทั้งหมดต้องถูกถ่ายทอดเข้าสู่ระบบพิกัดแผนที่ระบบเดียวกัน จึงจะสามารถใช้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ได้ เทคนิคที่สำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การวิเคราะห์การซ้อนทับ (Overlay Analysis) แบบจำลอง (Modeling) การสร้างขอบเขตปะทะ (Buffering) และการวิเคราะห์โครงข่าย (สุวิทย์, 2538) อันจะนำไปสู่คำตอบที่สามารถใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการค้นหาคำตอบดังที่ ESRI (1992) ได้กล่าวถึงไว้ 5 ประเภท คือ

1) ตำแหน่งที่ระบุนั้นมีสภาพหรือลักษณะแบบใด
2) ค้นหาสิ่งที่ต้องการภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด
3) แนวโน้มสิ่งที่เปลี่ยนแปลงภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดในตำแหน่งที่ต้องการ
4) ศึกษารูปแบบของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลอื่นๆ
5) วิเคราะห์ในลักษณะการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองต่างๆ

4.3 แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข

แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model หรือ DEM) ถูกใช้เพื่อการแสดงการแปรเปลี่ยนของระดับความสูงของพื้นที่เชิงตัวเลข ซึ่งมีการแสดงได้ 2 ลักษณะคือ การใช้แผ่นผิวทางคณิตศาสตร์ และ วิธีการแสดงด้วยภาพ

Oswald และ Raetzseh (1984) อ้างโดย วีระภาส (2541) ที่ถูกอ้างโดย นพคุณ (2545) ซึ่งทำการศึกษาวิธีการแสดง DEM ด้วยภาพโดยใช้แบบจำลองเส้นในระบบการทำแผนที่แบบพร้อมสรรพ (Turn Key) ในการแสดง DEM ด้วยภาพวิธีการที่ค่อนข้างถูกต้องและมีความยืดหยุ่นมากนั้น Poiker et al. (1978) อ้างโดย นพคุณ (2545) ได้นำเสนอแบบจำลองแบบจุด ได้แก่ เครือข่ายสามเหลี่ยมแบบไม่สม่ำเสมอ (Triangulated Irregular Network; TIN) โดยวิธีการนี้สามารถใช้ในการสร้างแผนที่แสดงความลาดเท แผนที่แสดงความสูงต่ำเชิงเงา แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูง รูปหน้าตัดด้านข้าง รูปเส้นขอบ จากการศึกษาการสร้าง Stream Network ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ของวีระภาส (2541) อ้างโดย นพคุณ (2545) พบว่ามีเส้นลำน้ำที่แตกแขนงอย่างมากมายเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นลำน้ำจริงที่ปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ

4.4 แบบจำลองอุทกวิทยากับข้อมูลระบบภูมิสารสนเทศ

การนำข้อมูลระบบ GIS มาใช้เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการศึกษาสภาพทางธรรมชาติมีมากขึ้น เช่น การหมุนเวียนของน้ำในวัฐจักรทางอุทกวิทยาสำหรับแบบจำลองอุทกวิทยา โดยเฉพาะลักษณะการกระจายธรรมชาติ (Distributed in Nature) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของความหลากหลายของพื้นที่ลุ่มน้ำและฝน โดย GIS จะเป็นเครื่องมือช่วยแสดงลักษณะมิติเชิงพื้นที่ (Spatial Dimension)

Saghafian (1992) อ้างโดย นพคุณ (2545) แบ่งระดับของแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่ใช้ GIS เป็นเครื่องมือช่วยไว้ 4 ระดับ คือ 1) Hydrologic Assessment 2) Hydrologic Parameter Determination 3) Hydrologic Modeling Inside GIS และ 4) Linking GIS and Hydrologic Model

Mitasova (1998) อ้างโดย นพคุณ (2545) ได้แบ่งประเภทของการรวมกัน และ การสนับสนุนของระบบ GIS ไว้ดังนี้

1. การรวมกันแบบสมบูรณ์ (Full Integration - Embeded Coupling) ซึ่งได้รับการพัฒนาเครื่องมือ และการเขียนโปรแกรมโดยมี GIS เป็นเครื่องมือในการสนับสนุนเช่น Application Programming Interface (API), Scripting Tool, Map Algebra Operations เป็นต้น โดยแบบจำลองจะทำงานด้วยคำสั่งของ GIS สำหรับข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ของข้อมูลจะใช้ระบบฐานข้อมูลของ GIS Database โดยจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปใช้กับแบบจำลอง ส่วนประสิทธิภาพของการคำนวณด้วยการเขียน Script Tools ทำให้การคำนวณช้าลงซึ่งเป็นข้อจำกัดในการพัฒนาเนื่องจากต้องพึ่งระบบ GIS สำหรับตัวอย่างแบบจำลองประเภทนี้ คือ

1.1 เชื่อมต่อกันแบบฝังตัว (Embeded Coupling) เช่น โปรแกรม r.hydro.CASC2d และ r.water.fea ใน GRASS GIS และ โปรแกรม Darcyflow และ Particletrack ใน ARCGRID

1.2 การสนับสนุนด้วยพีชคณิตของแผนที่ (Map Algebra Implementation) ตัวอย่างเช่น การคำนวณการไหลของน้ำด้วยโปรแกรม r.mapcalc ใน GRASS GIS และ การแพร่กระจายตัว (Dispersion) ด้วยโปรแกรม Simple Fire Spread Model ใน ARCGRID

1.3 แบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาเพื่อสนับสนุนผู้ใช้ โดยพัฒนาเครื่องมือและ Extension สำหรับพีชคณิตของแผนที่ (Map algera) เช่น โปรแกรม DYNAMITE for PCRaster, Avenue Script และโปรแกรม Cellular-IDRISI เป็นต้น

2. การรวมกันภายใต้ระบบติดต่อกับผู้ใช้ (Integration Under a Common Interface - Tight Coupling) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาอยู่ภายนอกระบบ GIS และมีโครงสร้างของข้อมูลเป็นแบบของตัวเองโดยมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างแบบจำลอง และ GIS ที่ซ่อนอยู่ภายใน โดยอาจมีบางข้อมูลที่มีการใช้ร่วมกันอยู่ด้วย ซึ่งระบบติดต่อผู้ใช้จะเป็นตัวสนับสนุนให้ GIS และแบบจำลองที่มีความซับซ้อนอื่นๆ ที่แตกต่างกันให้อยู่ในกระบวนการเดียวกัน ซึ่งไม่สามารถไปใช้กับ GIS ระบบอื่นได้ ตัวอย่างแบบจำลองเช่น SWAT, AGNPS, ANSWERS ทำงานบน GRASS GIS และ SWAT, IDOR3D, BASIN-2 ทำงานบน ArcView GIS

3. การรวมกันแบบไม่ถาวร (Loose Couping) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาและทำงานอย่างเป็นอิสระปราศจากระบบ GIS แต่ข้อมูล Output จะถูกนำไปแสดงในระบบ GIS และ output จะถูกนำเข้ามาในระบบ GIS เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และแสดงให้เห็นภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ด้วยระบบ GIS ที่แตกต่างกันได้ ตัวอย่างแบบจำลองเช่น โปรแกรม PAYSAGE - Forest and Habitat Orange ทำการเชื่อมต่อกับ Arcview หรือ ArcInfo และ โปรแกรม SIMWE - Erotion and Deposition ทำการเชื่อมต่อกับ GRASS แต่ก็สามารถใช้กับ GIS ตัวอื่นๆ ที่สามารถสนับสนุนข้อมูลแบบ Raster ได้

4.5 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

นพคุณ (2545) ได้ศึกษาอิทธิพลของลักษณะทางภูมิกายภาพของลุ่มน้ำต่อลักษณะการไหลของน้ำในลำธารของลุ่มน้ำภาคเหนือ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่า การประยุกต์ใช้ GIS ในการศึกษานั้น ค่าปัจจัยลักษณะทางภูมิกายภาพที่คำนวณได้มีความเหมาะสมมากขึ้นในแง่ความใกล้เคียงพื้นที่จริง เหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนามาตรฐานในการศึกษาข้อมูลทางด้านภูมิกายภาพของลุ่มน้ำ ทั้งด้านงานวิจัย และ ด้านการเรียนการสอนทางด้านการจัดการลุ่มน้ำต่อไป

อนุชิต (2544) พบว่าการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และการสำรวจระยะไกลในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มนั้น สามารถกระทำได้อย่างละเอียดโดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากรูปแบบหนึ่งสู่อีกรูปแบบหนึ่ง ในการคำนวณด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น ให้คำตอบได้อย่างชัดเจนถึงการเปลี่ยนแปลงในเรื่องนี้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านอื่นๆ ได้

Mauro et al. (1998) อ้างโดย กิตติพงษ์ (2546) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรม SWAT-Arcview Extension ซึ่งเป็นการรวมกันของแบบจำลอง SWAT กับ ArcView GIS เพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการประเมินผลกระทบของมลภาวะที่เป็น Non-Point Source และ Point Source ในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดย AVSWAT จะเป็นโปรแกรมติดต่อผู้ใช้ สามารถทำงานได้ทั้งที่เป็น PC และ Unix โดยต้องใช้ร่วมกับ ArcView Spatial Analyst Extension

Arnold et al. (1999) ได้ใช้ระบบ GIS (ArcView) และแบบจำลอง SWAT ในการจำลองปริมาณน้ำท่า และ ปริมาณสารอาหารในน้ำ (Nutrient) ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าสามารถจำลองปริมาณน้ำท่าได้ดี ซึ่งระบบการติดต่อผู้ใช้ (Interface) ที่เป็น GIS จะทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำอย่างอัตโนมัติ และ ดึงข้อมูลจากแผนที่ได้ ทั้งยังสามารถใช้ระบบฐานข้อมูลมาช่วยในส่วนของข้อมูลในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยๆ โดยจะแสดงผลข้อมูลด้วยกราฟของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

Yan and Fulcher (1998) ได้ทำการสร้างเครื่องมือในการเตรียมการเชื่อมต่อระหว่าง SWAT Model กับ ArcInfo GIS ซึ่งเป็นโปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้ ที่เป็นเครื่องมือในการพัฒนาข้อมูลนำเข้า และวิเคราะห์ผลนำออก ซึ่งทำให้สามารถเพิ่มความเร็วในกระบวนการจำลองแบบที่ซับซ้อน

กิตติพงษ์ (2546) ได้ทำการประเมินสัมพันธภาพลำน้ำย่อยของประเทศไทยด้วยข้อมูลระบบสารสนเทศ และ แบบจำลองสาธารณะสิทธิ SWAT/GIS โดยพื้นที่ศึกษาคือลุ่มน้ำแม่ตื่นตอนบน ซึ่งตั้งอยู่ใน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ โดยมีพื้นที่ประมาณ 1,500 ตารางกิโลเมตร และแบ่งพื้นที่ออกเป็น 7 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และ 10 หน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRU, Hydrologic Response Unit) ในการสอบเทียบแบบจำลองได้ดำเนินการสำหรับสถานีวัดน้ำท่า 2 สถานี คือ P64 (บ้านหลวง อำเภออมก๋อย) และ สถานี PN-8 (บ้านป่าคา อำเภออมก๋อย) ผลการสอบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองแสดงความแตกต่างสัมพัทธ์ระหว่างข้อมูลจากแบบจำลองและข้อมูล

จากสถานีวัดน้ำท่า ที่สถานี P64 ได้ผลลัพธ์สำหรับค่าน้ำท่ารวม น้ำท่าผิวดิน และการไหลใต้ดิน ดังนี้คือ 0.67, -1.16 และ 1.14 เปอร์เซ็นต์ และสถานี PN-8 ได้ -2.77, 0.58 และ -4.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษานำเสนอด้วยแบบจำลองระดับความสูง ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลบนระบบภูมิสารสนเทศเป็นแบบจำลองเคลื่อนไหว 360° และแสดงภาพภูเขาสูงของพื้นที่ศึกษาตลอดจนปริมาณน้ำหลากในลุ่มน้ำ

5. ระบบฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล (Database) หมายถึงที่สำหรับจัดเก็บข้อมูลไว้ที่เดียวกันอย่างเป็นระบบ ทำให้ข้อมูลประเภทเดียวกันจัดเก็บอยู่ด้วยกัน และยังสามารถถ่ายเทข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้งานร่วมกันระหว่างหลายๆ หน่วยงานได้โดยไม่มีการเก็บข้อมูลซ้ำซ้อนกัน ซึ่งส่วนใหญ่จะนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดการฐานข้อมูล (มณีโชติ, 2546) ซึ่งในปัจจุบันโปรแกรมการจัดการฐานข้อมูลที่มีค่าลิขสิทธิ์ เช่น Microsoft SQL SERVER, ORACLE และโปรแกรมที่ไม่มีค่าลิขสิทธิ์ เช่น PostgreSQL หรือ MySQL ต่างก็มีความสามารถในการจัดการฐานข้อมูลได้เป็นอย่างดี สำหรับการจัดทำระบบฐานข้อมูลภายใต้งานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้โปรแกรม MySQL เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณในการจัดทำ

ระบบฐานข้อมูล (Database System) หมายถึง โครงสร้างสารสนเทศที่ประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันที่จะนำมาใช้ในระบบต่างๆ ร่วมกัน ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก คือ 1) ฐานข้อมูล 2) ซอฟต์แวร์จัดการระบบฐานข้อมูล (DBMS) 3) โปรแกรมใช้งานฐานข้อมูล (Application Programs) และ 4) ผู้ใช้งาน (Users) (มณีโชติ, 2546) โดยซอฟต์แวร์สำหรับจัดการฐานข้อมูล (Database Management Program) นั้นส่วนใหญ่จะใช้ลักษณะของระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System) ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ภาษา SQL (Structure Query Language) ที่มีมาตรฐานในการกำหนดคุณสมบัติในการสืบค้นและการคำนวณโดยใช้ฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1 แนวความคิดด้านการเก็บบันทึกข้อมูล

ระบบการจัดการฐานข้อมูลเป็นเครื่องมือสำหรับจัดการข้อมูลอรรถาธิบายซึ่งสามารถทำการจัดเก็บ เรียกใช้ ปรับปรุง และแก้ไขข้อมูล นอกจากนี้ในปัจจุบันซอร์ฟแวร์ทางด้านการจัดการระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System, RDBMS) ส่วนใหญ่สามารถป้อนข้อมูลด้านเข้าได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ข้อมูลรูปภาพ ตัวเลข ตัวอักษร และข้อมูลเวลา เป็นต้น ซึ่งจะมีฟังก์ชันเฉพาะสำหรับจัดการข้อมูลตามรูปแบบของข้อมูลอีกด้วย

การเก็บข้อมูลของหน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศไทย มีลักษณะการจัดเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งส่วนใหญ่มักไม่อยู่ในระบบฐานข้อมูล โดยอาจเป็นเอกสารกระดาษ หรือเก็บอยู่ในรูปของ Spreadsheet เช่น Microsoft Excel Files เป็นต้น ดังนั้นการเก็บบันทึกข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลนอกจากจำเป็นจะต้องป้อนข้อมูลเข้าโดยตรงส่วนหนึ่งแล้ว การรวบรวมข้อมูลอีกส่วนหนึ่งจะเป็นการแปลงไฟล์ให้อยู่ในรูปของระบบฐานข้อมูล ทั้งนี้ก่อนที่จะนำข้อมูลเหล่านี้มาเก็บในฐานข้อมูลกลางจะต้องทำการประเมินความเหมาะสมของข้อมูล รวมถึงการออกแบบฐานข้อมูลกลาง ซึ่งจะประกอบด้วยฐานข้อมูลย่อย ๆ หลายฐานข้อมูลในระบบฐานข้อมูลกลาง ทั้งนี้ควรจัดทำ Metadata ซึ่งเป็นการระบุชนิดและประเภทของข้อมูล แหล่งที่มาของข้อมูล วันเวลาที่เก็บบันทึก ฯลฯ เพื่อให้ระบบฐานข้อมูลกลางสามารถเรียกข้อมูลมาใช้งานได้อย่างรวดเร็ว และตรงตามความต้องการ สำหรับหน่วยงานหลักที่มีข้อมูลด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับโครงการวิจัยนี้ประกอบด้วย กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา กรมประมง และกรมพัฒนาที่ดิน

5.2 แนวความคิดด้านการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล

การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลจะต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1) พิจารณาความซ้ำซ้อนและลดความขัดแย้งของข้อมูล (Data Redundancy)
2) พิจารณาความสะดวกในการใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่างแบบจำลอง (Data Sharing)
3) พิจารณาความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล (Data Accessibility)
4) พิจารณาด้านความปลอดภัยของข้อมูล (Data Safety)
5) พิจารณาความเป็นอิสระของข้อมูลซึ่งกันและกัน (Data Independency)

วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลตามหลักการของการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ คือ ต้องไม่มีความซ้ำซ้อนของข้อมูล (No Data Redundancy) และ เพื่อเชื่อมโยงฐานข้อมูลย่อยในระบบฐานข้อมูลหลักเข้าด้วยกัน ซึ่งการดำเนินการให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว จำเป็นจะต้องทำการวิเคราะห์ 2 ด้านคือ 1) Entity Relation Diagram (ER Diagram) และ 2) System Data Dictionary นอกจากนี้ ยังต้องคำนึงถึงการจัดทำฐานข้อมูลสำรอง เพื่อรองรับในกรณีที่ระบบฐานข้อมูลที่ใช้งานอยู่เกิดความเสียหาย ทั้งนี้เนื่องจากระบบฐานข้อมูลจะเป็นที่รวบรวมข้อมูลทั้งหมดของโครงการ ทำให้สามารถสร้างรูปแบบของรายงานที่หลากหลายตามความเหมาะสม ซึ่งอาจเกิดจากการดึงข้อมูลจากหลายๆ ส่วนของโครงการมาไว้ร่วมกันได้

5.3 แนวความคิดด้านการเชื่อมโยงการทำงานของระบบฐานข้อมูลเข้ากับระบบแบบจำลอง URBS และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเชื่อมโยงการทำงานของระบบฐานข้อมูลเข้ากับระบบแบบจำลอง URBS เพื่อให้การดำเนินงานของแบบจำลอง URBS เป็นไปได้โดยสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยหน้าที่หลักของระบบฐานข้อมูลในส่วนนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1) การจัดเตรียมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง URBS และ 2) การเก็บบันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองรวมทั้งการแสดงผล การดำเนินงานทั้งสองส่วนจะต้องทำการสรุปข้อมูล และผลลัพธ์ของแบบจำลอง URBS ที่ต้องการบันทึกไว้ และทำการศึกษาระบบฐานข้อมูลของแบบจำลองตลอดจนวิธีการเชื่อมโยงเพื่อการนำเข้า หรือส่งออกข้อมูล สำหรับการเชื่อมโยงระหว่างระบบฐานข้อมูลกลางและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ก็เช่นเดียวกัน คือจะต้องสรุปข้อมูลอรรถาธิบายที่ต้องการเก็บไว้ในฐานข้อมูลกลาง และทำการเชื่อมโยงผ่าน OLE DB หรือ ODBC เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ผลการดำเนินงานที่ได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้นจะนำมาจัดเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลในลักษณะของไฟล์รูปภาพ (Image File) เท่านั้น โดยสามารถเรียกดูรายละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ สำหรับการแก้ไข ปรับปรุงข้อมูลใดๆ ในระบบแบบจำลอง URBS และการแสดงผลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น จะถูกดำเนินการที่ระบบฐานข้อมูลหลักเสมอ เพื่อให้การเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นถูกต้องอยู่เสมอ โดยการแก้ไข ปรับปรุงข้อมูลสามารถทำได้ 2 แนวทาง คือ 1) ปรับปรุงโดยตรงที่ฐานข้อมูล หรือ 2) ปรับปรุงที่แบบจำลอง URBS โดยการดำเนินงานทั้งสองแนวทางนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและรูปแบบของข้อมูลที่จะปรับปรุง อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดขอบเขตการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานในแต่ละระดับด้วย

6. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System)

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ หมายถึง ระบบที่มีความพร้อมทั้งในด้านข้อมูล แบบจำลอง การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ที่ใช้ประกอบการตัดสินใจ ทำให้การตัดสินใจง่ายและรวดเร็วขึ้น ซึ่งระบบสนับสนุนการตัดสินใจเป็นระบบที่เชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ตัดสินใจและปัญหาเข้าด้วยกัน เพื่อช่วยให้การตัดสินใจทำได้ถูกต้อง รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ รวมทั้งสามารถนำมาใช้เพื่อตอบคำถามในลักษณะ “What if” ได้ (Wurbs, 1995)

Mateos et al. (2002) ได้เสนอโปรแกรม SIMIS ซึ่งเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดการด้านการชลประทาน ซึ่งนำมาใช้โดย FAO อย่างไรก็ตามโปรแกรมนี้ไม่สามารถประมาณค่าความต้องการใช้น้ำได้ จึงต้องทำการคำนวณความต้องการใช้น้ำและนำมาใส่ในโปรแกรม นอกจากนั้นแล้ว ในปีเดียวกัน Letcher et al. (2002) ได้นำ GIS และแบบจำลองทางอุทกวิทยาเข้ามารวมกันในโปรแกรม SIMIS อย่างไรก็ตาม โปรแกรมดังกล่าวมีข้อจำกัดคือไม่คำนึงถึงการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจของเกษตรกรและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

Perez et al. (2002) ได้พัฒนาแบบจำลอง CATCHCROP โดยใช้ภาษา JAVA JBUILDER 4.0 เพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการ โดยเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้หลักสมดุลน้ำ (Water Balance) และได้ทำการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับพื้นที่ทางภาคเหนือของประเทศไทยเพื่อช่วยในการจัดสรรน้ำและการผสมผสานพื้นที่เพาะปลูกพืช รวมทั้งการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และผลผลิตที่เกิดขึ้นเมื่อการจัดสรรน้ำเปลี่ยนแปลงไป

Yates et al. (2004) ได้พัฒนาแบบจำลอง MULINO DSS เพื่อใช้เป็นต้นแบบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ หรือ Decision Support System Software (mDSS) สำหรับใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบยั่งยืนในระบบลุ่มน้ำ ซึ่งแบบจำลองนี้ได้รวมแบบจำลอง ทางด้านเศรษฐศาสตร์-สังคม และสิ่งแวดล้อมเข้าด้วยกัน โดยมีหลักการคล้ายกับแบบจำลอง RoverWare (Giupponi et al., 2004) ที่พิจารณากระบวนการตัดสินใจโดยใช้เกณฑ์การพิจารณาที่หลากหลายในเวลาเดียวกัน

U.S. Environment Protection Agency (2004) ได้พัฒนาแบบจำลอง BASINS (Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources) เวอร์ชัน 3.1 ซึ่งเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ทำงานร่วมกับ ArcView GIS โดยหลักการของ BASINS เน้นงานทางด้านสิ่งแวดล้อม ที่สามารถสร้างทางเลือกในการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยการใช้งานร่วมกับแบบจำลอง SWAT BASINS ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ GIS ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อม เครื่องมือวิเคราะห์ลุ่มน้ำ และเครื่องมือสร้างเหตุการณ์สมมุติ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. Digitizer Table พร้อมอุปกรณ์ประกอบ 1 ชุด
2. แผนที่ภูมิประเทศบริเวณลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด มาตราส่วน 1 : 50,000
3. Personal Computer
4. โปรแกรม Microsoft Excel
5. โปรแกรมระบบฐานข้อมูล MySQL
6. GIS Software (ArcView 3.1)
7. แบบจำลอง URBS
8. ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด
9. เครื่องเขียนและอุปกรณ์สำนักงาน

วิธีการ

การดำเนินโครงการระบบช่วยตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ด มีขั้นตอนและวิธีการโดยสรุปดังต่อไปนี้

1. ศึกษาทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดในด้านทรัพยากรน้ำและปัญหาที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนแนวทางการแก้ไขปัญหา

2. ศึกษาทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง URBS ตลอดจนการประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า อื่นๆ

3. รวบรวมแผนที่ภูมิประเทศของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7017 ของกรมแผนที่ทหาร เพื่อนำมาศึกษาลักษณะภูมิประเทศ การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำและลุ่มน้ำย่อย จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ เช่น ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (A, ตารางกิโลเมตร) ความยาวลำน้ำจากจุดออกของลุ่มน้ำด้านเหนือน้ำถึงจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำที่พิจารณา (L_1, กิโลเมตร) ความยาวลำน้ำจากจุดศูนย์ถ่วงของลุ่ม

น้ำที่พิจารณาถึงจุดออกของลุ่มน้ำนั้นๆ (L_2, กิโลเมตร) ความยาวลำน้ำจากจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำที่พิจารณาถึงจุดบรรจบของลุ่มน้ำสาขา (L_3, กิโลเมตร) และความยาวลำน้ำจากจุดบรรจบของลุ่มน้ำสาขาถึงจุดออกของลุ่มน้ำที่พิจารณา (L_4, กิโลเมตร) เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง URBS

4. รวบรวมข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยารายวัน อันประกอบด้วย ข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ปริมาณเมฆปกคลุม และปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหยของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครสวรรค์ (รหัสสถานี 400201 พิกัดละติจูดที่ 15-48-00 และลองกิจูดที่ 100-10-00) โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากรายงานสถิติภูมิอากาศของประเทศไทย จากกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494–2548 โดยได้แสดงข้อมูลรายเดือนและกราฟการผันแปรรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญของสถานีตรวจอากาศ อ.เมือง จ.นครสวรรค์ไว้ในตารางผนวกที่ ก1 และภาพผนวกที่ ก1 ตามลำดับ

5. รวบรวมข้อมูลด้านอุทกวิทยา อันประกอบด้วย

5.1 ข้อมูลปริมาณฝนรายวันของสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง รวมทั้งสิ้น 16 สถานี ซึ่งเป็นสถานีที่ดำเนินการโดยกรมอุตุนิยมวิทยาทั้งหมด สถานีวัดน้ำฝนเหล่านี้ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ เพชรบูรณ์ พิจิตร และลพบุรี โดยมีจำนวนเท่ากับ 10, 3, 2 และ 1 สถานี ตามลำดับ สำหรับสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดประกอบด้วย 3 สถานี คือ สถานี 26102 (อำเภอหนองบัว) สถานี 26122 (อำเภอไพศาลี) และสถานี 26032 (อำเภอท่าตะโก) ซึ่งตั้งอยู่ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ทั้งหมด โดยแสดงค่าเฉลี่ยปริมาณฝนรายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียงไว้ในตารางผนวกที่ ก2 สำหรับพิกัดที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและช่วงปีสถิติข้อมูลของแต่ละสถานีแสดงไว้ในตารางที่ 5

5.2 ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันของสถานีวัดน้ำท่าที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดจากกรมชลประทาน (เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดไม่มีสถานีวัดน้ำท่าตั้งอยู่) จำนวน 14 สถานี ซึ่งเป็นสถานีที่ดำเนินการโดยกรมชลประทานทั้งสิ้น สำหรับสถานีวัดน้ำท่าเหล่านี้ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำปิง น่าน สะแกกรัง และเจ้าพระยา โดยมีจำนวนเท่ากับ 2, 5, 6 และ 1 สถานี ตามลำดับ สำหรับสถานีวัดน้ำที่อยู่ใกล้กับบึงบอระเพ็ดและยังคงเก็บข้อมูลจนถึงปัจจุบัน คือ สถานีวัดน้ำท่า

N.14A และ N.8 ซึ่งสถานีวัดน้ำท่า N.14A อยู่ใกล้กับบึงบอระเพ็ดมากกว่าสถานี N.8 โดยแสดงปริมาณน้ำท่ารายเดือนของทั้งสองสถานีไว้ในตารางผนวกที่ ก3 และพิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของแต่ละสถานีแสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 พิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝน ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง

ชื่อสถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล (พ.ศ.)	พิกัด	
			ละติจูด	ลองจิจูด
จ.นครสวรรค์				
1. อ.เมือง	26013	2495-2547	15-15-40	100-20-50
2. อ.พยุหะคีรี	26052	2495-2547	15-27-14	100-08-18
3. อ.ชุมแสง	26022	2519-2547	15-52-48	100-18-20
4. อ.หนองบัว	26102	2495-2547	15-51-46	100-35-22
5. อ.ไพศาลี	26122	2510-2547	15-35-43	100-39-38
6. อ.ตาคลี	26082	2495-2547	15-15-40	100-20-50
7. อ.ท่าตะโก	26032	2495-2547	15-38-20	100-29-10
8. อ.เก้าเลี้ยว	26292	2518-2547	15-50-40	100-04-38
9. อ.โกรกพระ	26042	2495-2547	15-33-16	100-04-34
10. อ.ตากฟ้า	26142	2524-2547	15-21-00	100-30-00
จ.เพชรบูรณ์				
11. อ.ชนแดน	36052	2498-2547	16-11-15	100-51-48
12. อ.บึงสามพัน	36192	2530-2547	15-44-20	101-02-08
13. อ.หนองไผ่	36092	2508-2547	15-59-13	101-03-53
จ.พิจิตร				
14. อ.บางมูลนาก	38022	2517-2547	16-01-35	100-23-55
15. อ.ทับคล้อ	38082	2526-2547	16-10-00	100-33-00
จ.ลพบุรี				
16. อ.โคกเจริญ	19392	2531-2547	15-21-00	100-49-00

ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

ตารางที่ 6 พิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของสถานีวัดน้ำท่าบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ลุ่มน้ำ

รายชื่อสถานี	รหัสสถานี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	พิกัด ละติจูด	พิกัด ลองจิจูด	ช่วงปีสถิติข้อมูล (พ.ศ.)
1.แม่น้ำปิง อ.ขาณุวรลักษณ์บุรี	P.16	45,677	16-03-42	99-51-51	2522-2542
2.แม่น้ำปิง อ.บรรพตพิสัย	P.17	45,851	15-56-02	99-58-49	2508-2542
3.คลองบุษบง อ.ชนแดน	N.53	111	16-11-26	100-55-40	2522-2542
4.แม่น้ำน่าน อ.บางมูลนาก	N.8	32,878	16-01-50	100-22-53	2508-2542
5.แม่น้ำน่าน อ.ชุมแสง	N.14	33,197	15-53-41	100-18-44	2497-2522
6.แม่น้ำน่าน อ.ชุมแสง	N.14A	33,182	15-53-56	100-18-34	2521-2538
7.แม่น้ำน่าน อ.ทับกฤช	N.37	56,214	15-45-19	100-15-35	2511-2539
8.น้ำแม่วง บ้านปางมะค่า	Ct.5A	979	15-54-10	99-28-45	2512-2542
9.น้ำแม่วง บ้านเขาชนกัน	Ct.5B	930	15-54-11	99-27-37	2531-2542
10.น้ำวังม้าที่ศาลเจ้าพ่อไก่ต่อ	Ct.4	1,246	15-47-01	99-40-55	2514-2531
11.คลองโพธิ์ บ้านห้างไร่	Ct.7	457	15-38-23	99-32-20	2518-2542
12.น้ำแม่วง บ้านโคกหม้อ	Ct.8	3,410	15-29-30	99-56-28	2518-2521
13.ห้วยทับเสลา บ้านบุ่งอ้ายเจี้ยม	Ct.9	522	15-31-38	99-28-10	2520-2542
14.แม่น้ำเจ้าพระยา อ.เมืองนครสวรรค์	C.2	110,569	15-40-15	100-06-45	2499-2542

ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

5.3 ข้อมูลปริมาณฝนรายวันของจุดตรวจวัดน้ำฝนที่ติดตั้งเพิ่มเติมบริเวณโดยรอบบึงบอระเพ็ด เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยภายใต้โครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” (นุชนารถและคณะ, 2549) มีจำนวนทั้งสิ้น 4 จุด โดยพิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของแต่ละสถานีแสดงไว้ในตารางที่ 7

5.4 ข้อมูลระดับน้ำที่จุดตรวจวัดระดับน้ำที่ติดตั้งเพิ่มเติมที่คลองสาขาหลักคือคลองบอนและคลองท่าตะโก และคลองขุด 2 สาย เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยภายใต้โครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” (นุชนารถและคณะ, 2549) มีจำนวนทั้งสิ้น 4 จุด

นอกจากนั้นแล้ว ได้รวบรวมข้อมูลระดับน้ำที่จัดเก็บที่ประตูระบายน้ำคลองบอระเพ็ดที่ดำเนินการโดยกรมประมง สำหรับพิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของแต่ละจุดตรวจวัดแสดงไว้ในตารางที่ 8

5.5 ข้อมูลคุณภาพน้ำในบึงบอระเพ็ดและบริเวณโดยรอบบึงบอระเพ็ดทั้งจากกรมควบคุมมลพิษและจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ติดตั้งเพิ่มเติมในบึงบอระเพ็ด เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยภายใต้โครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” (นุชนารถและคณะ, 2549) มีจำนวนทั้งสิ้น 23 จุด สำหรับพิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของแต่ละสถานีแสดงไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 7 พิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนที่ติดตั้งเพิ่มบริเวณโดยรอบบึงบอระเพ็ด

ลำดับที่	ที่ตั้ง	ช่วงปีสถิติข้อมูล (พ.ศ.)	พิกัด	
			ตะวันออก	เหนือ
1	บ้านหัวดง	2546-2549	635102	1732251
2	สถานีประมง	2546-2549	627785	1737591
3	บ้านทับกฤช	2546-2549	635571	1740233
4	บ้านพนมเศษ	2546-2549	644256	1738126

ที่มา: นุชนารถและคณะ (2549)

ตารางที่ 8 พิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของจุดวัดระดับน้ำที่ติดตั้งเพิ่มที่คลองสาขาหลัก

จุดที่	ช่วงปีสถิติข้อมูล (พ.ศ.)	พิกัด		ที่ตั้ง
		ตะวันออก	เหนือ	
1	2546-2549	643372	1732663	คลองท่าตะโก บ้านวังมหากร
2	2546-2549	644256	1738106	คลองบอน บ้านพนมเศษ
3	2546-2549	627698	1737825	ประตูระบายน้ำคลองบอระเพ็ด
4	2546-2549	639822	1736253	คลองขุด บ้านแหลมกระทุ่ม
5	2546-2549	642752	1735541	คลองขุด บ้านคลองขุด

ที่มา: นุชนารถและคณะ (2549)

ตารางที่ 9 พิกัดที่ตั้งและช่วงปีสถิติข้อมูลของจุดติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำในบึงบอระเพ็ด

จุดที่	ช่วงปีสถิติข้อมูล (พ.ศ.)	พิกัด ตะวันออก	พิกัด เหนือ	ที่ตั้ง
1	2546-2549	644256	1738126	คลองบอน บ้านพนมเศษ
2	2546-2549	643372	1732663	คลองท่าตะโก บ้านวังมหากร
3	2546-2549	643372	1732663	คลองท่าตะโก บ้านปากง่าม
4	2546-2549	635302	1733263	คลองท่าตะโก บ้านหัวดง
5	2546-2549	639815	1736342	คลองขุด บ้านแหลมกระทุ่ม
6	2546-2549	643252	1735653	คลองขุด บ้านคลองขุด
7	2546-2549	625038	1736338	หน้าฝาย คลองบางปรอง
8	2546-2549	625825	1736395	ระหว่างฝายเก่าและฝายใหม่
9	2546-2549	626533	1736380	หน้าฝายเก่า
10	2546-2549	627606	1736217	หน้าเกาะไผ่ขวาง
11	2546-2549	629100	1736955	หน้าท่าเรือ กรมประมง
12	2546-2549	629315	1736610	หน้าภูเขาตะกอน
13	2546-2549	630276	1736362	หลังเกาะวัด
14	2546-2549	633184	1736349	บริเวณน้ำใสกลางบึง
15	2546-2549	633498	1737324	บ้านคุ้งตะโกก
16	2546-2549	631818	1734882	บ้านปลวกสูง
17	2546-2549	635738	1735675	เกาะตาเรือง
18	2546-2549	635626	1736332	บ้านหนองไกร
19	2546-2549	634890	1734426	หน้าอุทยานนกน้ำ
20	2546-2549	637853	1735257	บ้านแหลมทอง
21	2546-2549	640527	1735578	บริเวณป่าบัว
22	2546-2549	642336	1736024	บริเวณน้ำขุ่น
23	2546-2549	633206	1731333	บริเวณที่น้ำมีสีคล้ำ

ที่มา: นุชนารถและคณะ (2549)

6. การศึกษาและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS ซึ่งเป็นแบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่า ที่นำมาใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันตามธรรมชาติ (Natural flow) จากพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด และการพัฒนาระบบแบบจำลอง URBS

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันตามธรรมชาติ (Natural flow) จากพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดนั้น ดำเนินการสำหรับช่วงเวลาที่ได้มีการจัดเก็บข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันที่ไหลเข้าสู่บึงบอระเพ็ดจากลำน้ำสาขาต่างๆ ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2545 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2549 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้จากการเก็บข้อมูลที่จุดทางเข้าบึงบอระเพ็ดบริเวณคลองบอนและคลองท่าตะโก ซึ่งดำเนินการภายใต้โครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” (นุชนารถและคณะ, 2549) โดยช่วงเวลาที่ทำการศึกษาสำหรับการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติ (Natural flow) และปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้ว (Regulated flow)ได้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาที่มีการไหลเข้าสู่บึงบอระเพ็ดในช่วงระหว่างระดับน้ำต่ำสุดในบึงบอระเพ็ดจนถึงระดับสันฝายที่ +24.00 เมตร (ระดับน้ำทะเลกลาง) เท่านั้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ 1) วันที่ 16 กรกฎาคม ถึง 6 ตุลาคม 2546, 2) วันที่ 25 พฤษภาคม ถึง 8 สิงหาคม 2547 และ 3) วันที่ 27 สิงหาคม ถึง 6 พฤศจิกายน 2548

สำหรับสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการประเมินกราฟน้ำท่ามีทั้งสิ้น 17 สถานี โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS นั้น จำเป็นต้องแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดออกเป็นลุ่มน้ำย่อย ซึ่งได้ดำเนินการแบ่งออกเป็น 37 ลุ่มน้ำย่อย โดยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยจะต้องประเมินปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำฝนที่ใช้เป็นตัวแทนของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ดังนั้น ในการศึกษานี้ได้ดำเนินการหาค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโดยวิธี Thiessen Polygon อย่างไรก็ตาม สถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่บริเวณข้างเคียงลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดมีจำนวนค่อนข้างมากและไม่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่าในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดมากมายนัก ดังนั้นจึงนำปริมาณน้ำฝนของสถานีวัดน้ำท่าเหล่านั้นมาหาค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์เพื่อใช้เป็นตัวแทนของปริมาณน้ำฝนของแต่ละกลุ่ม นอกจากนั้นแล้วในบริเวณรอบๆ บึงบอระเพ็ดมีสถานีวัดน้ำฝนตั้งอยู่ 6 สถานี ซึ่งเป็นอุปสรรคในการดำเนินงานโดยวิธี Thiessen Polygon ดังนั้นจึงจัดรวมสถานีเหล่านี้และหาค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ของปริมาณน้ำฝนเพื่อใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มดังกล่าว จากการจัดกลุ่มข้อมูลฝนด้วยวิธีการดังได้กล่าวมาแล้วทำให้ได้กลุ่มของสถานีวัดน้ำฝนที่ถูกรวมจำนวน 3 กลุ่ม โดยมีรายละเอียดของสถานีในแต่ละกลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 ใช้ชื่อแทนกลุ่มว่า R1 โดยมีสถานีที่อยู่ในกลุ่มจำนวน 6 สถานี ซึ่งประกอบด้วย รหัสสถานี 26013, 26042 และสถานีที่ติดตั้งเพิ่มเติมทั้ง 4 จุด ประกอบด้วยสถานีซึ่งตั้งอยู่ที่บ้านหัวดง สถานีประมง บ้านทับกฤช และบ้านพนมเศษ

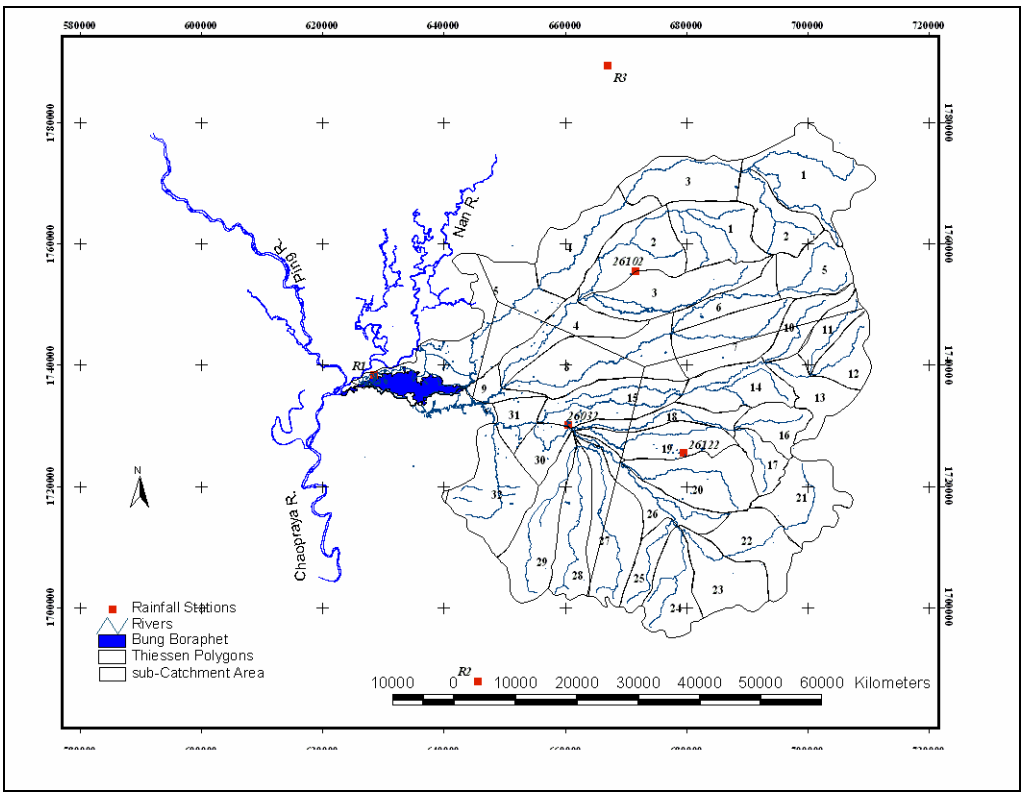
กลุ่มที่ 2 ใช้ชื่อแทนกลุ่มว่า R2 โดยมีสถานีที่อยู่ในกลุ่มจำนวน 3 สถานี ซึ่งประกอบด้วย รหัสสถานี 26082, 26292 และ 26142

กลุ่มที่ 3 ใช้ชื่อแทนกลุ่มว่า R3 โดยมีสถานีที่อยู่ในกลุ่มจำนวน 5 สถานี ซึ่งประกอบด้วย รหัสสถานี 26022, 38022, 38082, 36052 และ 36092

นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดที่ไม่ถูกรวมกลุ่มอีก 3 สถานี ซึ่งประกอบด้วย รหัสสถานี 26032, 26122 และ 26102 ดังนั้น ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้เป็นตัวแทนของปริมาณน้ำฝนมีทั้งหมด 6 กลุ่มสถานี โดยตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนเหล่านี้รวมทั้งการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและการวิเคราะห์น้ำฝนโดยวิธี Thiessen Polygon แสดงในภาพที่ 7

6.1 การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดออกเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและลุ่มน้ำสาขาย่อย

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS สำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่า หรือปริมาณน้ำท่วมนั้น พื้นที่ลุ่มน้ำของคลองบอนและคลองท่าตะโกจะถูกแบ่งออกเป็นลุ่มน้ำย่อยเพื่อเพิ่มความถูกต้องของการประเมินปริมาณน้ำท่า ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ ดังนั้น จากการแบ่งลุ่มน้ำย่อยจะมีปริมาณน้ำฝนที่เป็นตัวแทนของลุ่มน้ำย่อยที่แตกต่างกันไปตามสถานีตัวแทน โดยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ถูกแบ่งควรมีขนาดและลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกัน อย่างไรก็ตาม พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่แบ่งควรมีอย่างน้อยที่สุดจำนวน 5 ลุ่มน้ำย่อย (Carroll, 2004) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดซึ่งประกอบด้วย คลองบอนและคลองท่าตะโกนั้น ได้ทำการแบ่งจำนวนลุ่มน้ำสาขาออกเป็น 5 และ 32 ลุ่มน้ำสาขาย่อย ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและการวิเคราะห์น้ำฝนโดยวิธี Thiessen Polygon

6.2 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการหาลักษณะเฉพาะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการหาลักษณะเฉพาะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งประกอบด้วย A, L_1, L_2, L_3 และ L_4 ดังที่ได้อธิบายความหมายแล้วในหัวข้อที่ 3 เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง โดยลักษณะเฉพาะทางกายภาพของลุ่มน้ำสาขาย่อยของคลองบอนและคลองท่าตะโก จำนวน 5 และ 32 ลุ่มน้ำสาขาย่อย แสดงในตารางที่ 10 และ 11 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของลุ่มน้ำสาขาย่อยของลุ่มน้ำย่อยคลองบอน

ลำดับที่ของลุ่มน้ำสาขาย่อย	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	L_1 (กม.)	L_2 (กม.)	L_3 (กม.)	L_4 (กม.)
1	192.16	15.91	15.82	-	-
2	101.80	10.26	12.08	-	-
3	123.83	11.93	14.50	-	-
4	147.71	12.22	18.54	-	-
5	258.27	11.53	20.94	-	-

ตารางที่ 11 ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของลุ่มน้ำสาขาย่อยของลุ่มน้ำย่อยคลองท่าตะโก

ลำดับที่ของลุ่มน้ำสาขาย่อย	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	L_1 (กม.)	L_2 (กม.)	L_3 (กม.)	L_4 (กม.)	ลำดับที่ของลุ่มน้ำสาขาย่อย	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	L_1 (กม.)	L_2 (กม.)	L_3 (กม.)	L_4 (กม.)
1	134	8.51	8.9	-	-	17	50.46	5.45	8.71	-	-
2	134.6	9.36	19.2	-	-	18	64.95	14.6	19.5	-	-
3	155.74	17.9	30.9	-	-	19	103.85	11.4	25.5	-	-
4	103.34	10.1	14	-	-	20	150.05	13.3	29.2	-	-
5	97.52	7.52	8.06	-	-	21	127.51	7.66	7.83	-	-
6	72.88	11.6	14.1	-	-	22	114.86	7.57	4.84	-	-
7	142.56	13.6	11.2	-	-	23	117.49	3.96	7.17	-	-
8	199.51	22.1	19	-	-	24	108.14	10.9	10.1	-	-
9	30.45	3.7	7.75	-	-	25	55.95	9.98	11	-	-
10	68.35	6.96	11.4	-	-	26	90.38	11.3	21.8	-	-
11	51.62	7.29	10.1	-	-	27	163.3	18.6	19.5	-	-
12	68.25	6.53	7.91	-	-	28	115.78	17.2	17.6	-	-
13	81.32	2.31	6.49	-	-	29	143.41	15	14.2	-	-
14	107.83	9.92	9.36	-	-	30	53.88	7.61	6.36	-	-
15	127.74	16.6	17.3	-	-	31	47.58	4.59	10.8	-	-
16	61.92	5.84	6.8	-	-	32	166.37	12.7	9.36	-	-

6.3 การประเมินพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS

เนื่องจากลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดไม่มีสถานีวัดน้ำท่าตั้งอยู่นอกเหนือจากสถานีวัดระดับน้ำของบึงบอระเพ็ดซึ่งตั้งอยู่ที่ประตูระบายน้ำคลองบอระเพ็ด อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำท่าในบึงบอระเพ็ดได้ผ่านการใช้น้ำในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งพื้นที่โดยรอบบึงบอระเพ็ด จึงไม่สามารถใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง URBS ได้ ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลอง URBS ซึ่งมีทั้งสิ้น 6 พารามิเตอร์ โดยพิจารณาใช้ค่าต่างๆ ดังนี้

1) พารามิเตอร์แสดงการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของลุ่มน้ำ (m) ได้พิจารณาใช้ค่าที่แนะนำไว้ในคู่มือการใช้งานแบบจำลองซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.8

2) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการสูญเสียซึ่งประกอบด้วย IL, PR และ IF ได้พิจารณาใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองของสถานีวัดน้ำท่าต่างๆ ในลุ่มน้ำปิงตอนบน (นุชนารถและคณะ, 2549) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10 (มิลลิเมตร), 0.25 และ 600 (มิลลิเมตร) ตามลำดับ

3) พารามิเตอร์ α และ β ได้พิจารณาใช้ค่าที่คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS และลักษณะเฉพาะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังแสดงในสมการที่ 13 และ 14 ซึ่งสมการดังกล่าวได้จากการศึกษาในลุ่มน้ำปิงตอนบน (Punpim and Nutchanart, 2007) จากสมการดังกล่าว เมื่อแทนค่า A, L, L_c และ S ของลุ่มน้ำย่อยคลองบอนและคลองท่าตะโกจะได้ค่า α และ β ซึ่งค่า A, L, L_c, S, α และ β แสดงไว้ในตารางที่ 12

$$\alpha = 0.006(A^{0.784} L^{0.179} L_c^{-0.608} S^{0.041}) \quad (13)$$

$$\beta = 0.484(A^{0.484} L^{-0.199} L_c^{0.102} S^{0.035}) \quad (14)$$

6.4 การประเมินปริมาณน้ำฝนสำหรับใช้เป็นตัวแทนในแต่ละลุ่มน้ำย่อย

การประเมินปริมาณน้ำฝนสำหรับใช้เป็นตัวแทนในแต่ละลุ่มน้ำย่อยทำการประเมินโดยวิธี Thiessen Polygon สำหรับผลการวิเคราะห์ Thiessen Polygon แสดงไว้แล้วในภาพที่ 7 โดยแฟคเตอร์การถ่วงน้ำหนัก (weighting factor) สำหรับแต่ละสถานีและกลุ่มสถานีวัดน้ำฝนของลุ่มน้ำสาขาย่อยของคลองบอนและคลองท่าตะโกแสดงในตารางที่ 13 และ 14 ตามลำดับ

ตารางที่ 12 พารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง URBS และลักษณะเฉพาะทางกายภาพของลุ่มน้ำย่อยคลองบอนและคลองท่าตะโก

พารามิเตอร์	คำจำกัดความ	ลุ่มน้ำย่อย	
		คลองบอน	คลองท่าตะโก
A	ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร)	1,068	3,418
L	ความยาวลำน้ำสายหลัก (กิโลเมตร)	127.70	138.77
L_c	ความยาวลำน้ำหลักถึงจุด Centroid (กิโลเมตร)	89.85	62.33
S	ความลาดชันท้องคลอง	0.000169	0.000234
α	พารามิเตอร์แสดง Channel Lag	0.12	0.45
β	พารามิเตอร์แสดง Catchment Lag	3.98	7.27

ตารางที่ 13 แฟคเตอร์การถ่วงน้ำหนักสำหรับแต่ละสถานีและกลุ่มสถานีวัดน้ำฝนของลุ่มน้ำสาขาย่อยของคลองบอน

หมายเลขลุ่มน้ำย่อย	รหัสสถานีวัดน้ำฝน					รวม
	R1	R3	26102	26032	26122	
1	0	0.09	0.91	0	0	1
2	0	0	1	0	0	1
3	0	0.05	0.95	0	0	1
4	0	0	1	0	0	1
5	0.49	0	0.29	0.22	0	1

ตารางที่ 14 แฟคเตอร์การถ่วงน้ำหนักสำหรับแต่ละสถานีและกลุ่มสถานีวัดน้ำฝนของลุ่มน้ำสาขาย่อยของคลองท่าตะโก

	รหัสสถานีวัดน้ำฝน						
หมายเลขลุ่มน้ำย่อย	R1	R2	R3	26102	26032	26122	รวม
1	0	0	0	0	0	1	1
2	0	0	0	0	0	1	1
3	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	0.41	0.59	1
5	0	0	0	0	0	1	1
6	0	0	0	0	0	1	1
7	0	0	0	0.38	0	0.62	1
8	0	0	0	0.09	0.6	0.31	1
9	0.08	0	0	0	0.92	0	1
10	0	0	0	0.44	0	0.56	1
11	0	0	0	0.8	0	0.2	1
12	0	0	0	1	0	0	1
13	0	0	0	1	0	0	1
14	0	0	0	1	0	0	1
15	0	0	0	0.29	0.71	0	1
16	0	0	0	1	0	0	1
17	0	0	0	1	0	0	1
18	0	0	0	0.79	0.21	0	1
19	0	0	0	0.83	0.17	0	1
20	0	0	0	1	0	0	1
21	0	0	0	1	0	0	1
22	0	0	0	1	0	0	1
23	0	0	0	1	0	0	1
24	0	0.01	0	0.99	0	0	1
25	0	0.01	0	0.99	0	0	1
26	0	0	0	0.84	0.16	0	1
27	0	0.07	0	0.59	0.34	0	1
28	0	0.24	0	0	0.76	0	1
29	0	0.35	0	0	0.65	0	1
30	0	0	0	0	1	0	1
31	0	0	0	0	1	0	1
32	0.01	0.03	0	0	0.96	0	1

6.5 การประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันตามธรรมชาติ (Natural flow) ของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

การประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันตามธรรมชาติ (Natural flow) ของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดโดยใช้แบบจำลอง URBS นั้นจะต้องทำการสร้างชุดข้อมูลด้านเข้าให้อยู่ในรูปแบบที่แบบจำลอง URBS ต้องการ ซึ่งประกอบด้วย

1) Catchment Definition File ซึ่งต้องทำการกำหนดค่า Default ของพารามิเตอร์ควบคุม ต่างๆ โครงข่ายการเชื่อมโยงของแต่ละลุ่มน้ำย่อย สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย และสถานีวัดน้ำท่าสำหรับใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง โดย Catchment Definition File ของลุ่มน้ำย่อยคลองบอนและคลองท่าตะโก แสดงไว้ในภาคผนวก ข

2) Rainfall Definition File ซึ่งต้องทำการกำหนดช่วงเวลาของการวิเคราะห์ ชื่อไฟล์ สถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ และประเภทของแบบจำลองการสูญเสียปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดย Rainfall Definition File ของลุ่มน้ำย่อยคลองบอนและคลองท่าตะโก แสดงไว้ในภาคผนวก ข

3) Gauging Station File ซึ่งต้องทำการสร้างไฟล์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าตามชื่อไฟล์ทั้งหมดที่ได้กำหนดไว้ใน Catchment Definition File สำหรับกรณีศึกษานี้จะมีเพียง 2 ไฟล์ สำหรับคลองบอนและคลองท่าตะโก โดยทุกไฟล์ต้องมีนามสกุล (*.g) สำหรับข้อมูลสำคัญที่ต้องกำหนด คือ ช่วงเวลาของการเก็บข้อมูล (วินาที) จำนวนข้อมูลทั้งหมด และข้อมูลปริมาณน้ำท่า (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) ซึ่งตัวอย่าง Gauging Station File แสดงไว้ในภาคผนวก ข

4) Pluviograph File ซึ่งต้องทำการสร้างไฟล์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนตามชื่อไฟล์ทั้งหมดที่ได้กำหนดไว้ใน Catchment Definition File สำหรับกรณีศึกษานี้จะประกอบด้วย Pluviograph File ของคลองบอน และคลองท่าตะโก จำนวน 5 และ 32 ไฟล์ ตามลำดับ โดยทุกไฟล์ต้องมีนามสกุล (*.r) สำหรับข้อมูลสำคัญที่จะต้องกำหนดประกอบด้วย ช่วงเวลาของการเก็บข้อมูล (วินาที) จำนวนข้อมูลทั้งหมด (จำนวนข้อมูลน้ำฝน–1) และข้อมูลปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ซึ่งตัวอย่าง Pluviograph File ของลุ่มน้ำย่อย แสดงไว้ในภาคผนวก ข

5) การสร้าง Batch File สำหรับใช้ในการ Run แบบจำลอง URBS ซึ่งต้องกำหนดที่อยู่ของ Execute File ของโปรแกรม URBS ที่อยู่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า เวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดของการวิเคราะห์ และที่สำคัญยิ่งใน Batch File นี้เราสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ควบคุมต่างๆ ของแบบจำลอง และยังสามารถเปลี่ยนแปลง แก้ไข ได้ทุกครั้งของการวิเคราะห์ เพื่อปรับให้ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดจริง สำหรับตัวอย่างของ Batch File สำหรับใช้ในการ Run แบบจำลอง URBS ของพื้นที่ศึกษาแสดงไว้ในภาคผนวก ข

6.6 การสร้างระบบแบบจำลอง URBS ที่สามารถใช้งานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

การสร้างระบบแบบจำลอง URBS ที่สามารถใช้งานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้น ได้ใช้ต้นแบบจากโครงการวิจัยเรื่อง “การประยุกต์แบบจำลองอุทกวิทยาเพื่อการจำลองปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำท่วมสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำยม” ซึ่งเป็นโครงการวิจัยย่อยของโครงการวิจัยหลักเรื่อง “ระบบการพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วมตามเวลาจริงสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำยม” (นุชนารถและคณะ, 2548) สำหรับการดำเนินการของระบบแบบจำลอง URBS สามารถดำเนินการผ่านทางเวปไซด์ http://158.108.38.229/bb/index.php ซึ่งได้จัดทำขึ้นภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” (นุชนารถและคณะ, 2549) โดยขั้นตอนการเข้าสู่ระบบแบบจำลอง URBS แสดงไว้ในหัวข้อ 3.4 Hydrological Model ในส่วนของผลการดำเนินงานของระบบฐานข้อมูลต่อไป

7. การสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) สำหรับบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

การสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) สำหรับบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดเริ่มจากการลากเส้นขอบเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำหลักและลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในแผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000 และเริ่มการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

7.1 ข้อมูลที่นำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วยข้อมูลที่อยู่ในรูปของแผนที่และข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม ซึ่งแยกเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) คือ ข้อมูลที่แสดงด้วยจุด เส้น หรือพื้นที่ ซึ่งถูกกำหนดโดยจุดพิกัด โดยข้อมูลเชิงพื้นที่ในส่วนที่ทำการจัดทำประกอบด้วย

1. ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำย่อย
2. ขอบเขตการปกครองระดับอำเภอและตำบลในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด
3. เส้นลำน้ำหลักและลำน้ำสาขาภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ
4. ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา ซึ่งประกอบด้วยสถานีวัดน้ำฝน และสถานีวัดน้ำท่า ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง
5. ตำแหน่งที่ตั้งหมู่บ้าน
6. ตำแหน่งที่ตั้งโครงการชลประทานขนาดเล็ก
7. ชนิดดินและการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด
8. ถนนสายหลักในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด
9. ขอบเขตพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด
10. ขอบเขตบึงบอระเพ็ด
11. เส้นชั้นความสูงที่ระดับต่างๆ ในบึงบอระเพ็ด
12. ตำแหน่งวัดปริมาณน้ำรั่วซึมในบึงบอระเพ็ด
13. ตำแหน่งวัดระดับน้ำในบึงบอระเพ็ด
14. ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำในบึงบอระเพ็ด
15. ตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝนที่ติดตั้งเพิ่มบริเวณใกล้เคียงบึงบอระเพ็ด

2) ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) เช่น ชื่อและพิกัดที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่า ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำและลุ่มน้ำย่อย เป็นต้น ข้อมูลเชิงคุณลักษณะในส่วนที่ทำการจัดทำ ประกอบด้วย

1. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำย่อย คือขนาดพื้นที่
2. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของขอบเขตการปกครองระดับอำเภอและตำบล คือ ชื่อตำบล ชื่ออำเภอ ที่ตั้ง และขนาดพื้นที่

3. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของเส้นลำน้ำหลักและลำน้ำสาขาภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ คือ ความยาวลำน้ำ

4. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา คือ ชื่อสถานี รหัสสถานี ที่ตั้ง และพิกัดในระบบ UTM

5. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของตำแหน่งที่ตั้งหมู่บ้าน คือ ชื่อหมู่บ้าน ตำบล และอำเภอที่ตั้ง

6. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของตำแหน่งที่ตั้งโครงการชลประทานขนาดเล็ก คือ ตำแหน่งที่ตั้งของโครงการ

7. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของชนิดดินและการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด คือ รหัสและขนาดพื้นที่ของชนิดดินและการใช้ที่ดิน

8. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของถนนสายหลักในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด คือ รหัสและชนิดของถนน

9. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของขอบเขตพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด คือ ขนาดพื้นที่และชนิดของป่าไม้

10. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของขอบเขตบึงบอระเพ็ด คือ ขนาดพื้นที่

11. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของเส้นชั้นความสูงที่ระดับต่างๆ คือ ระดับความสูงของเส้นชั้นความสูง

12. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของตำแหน่งวัดปริมาณน้ำรั่วซึมในบึงบอระเพ็ด คือ ตำแหน่งที่ตั้งและพิกัดในระบบ UTM

13. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของตำแหน่งวัดระดับน้ำในบึงบอระเพ็ด คือ ตำแหน่งที่ตั้งและพิกัดในระบบ UTM

14. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำในบึงบอระเพ็ด คือ ตำแหน่งที่ตั้งและพิกัดในระบบ UTM

15. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝนที่ติดตั้งเพิ่มบริเวณใกล้เคียงบึงบอระเพ็ด คือ ตำแหน่งที่ตั้งและพิกัดในระบบ UTM

7.2 ชื่อชั้นและคำอธิบายประเภทของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ได้จัดทำขึ้นมีการแบ่งชื่อชั้นและคำอธิบายประเภทของข้อมูลดังในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ชื่อชั้นและคำอธิบายประเภทของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ชื่อชั้นของข้อมูล	คำอธิบาย	ประเภทของข้อมูล (Feature Class)			
		Raster	Point	Arc	Polygon
Amp	ขอบเขตการปกครองระดับอำเภอ				●
Adm	ขอบเขตการปกครองระดับตำบล				●
Village	ตำแหน่งที่ตั้งหมู่บ้าน		●		
Road	เส้นแสดงแนวถนน			●	
Contour	เส้นชั้นความสูงที่ระดับต่างๆ			●	
Bung	ขอบเขตของบึงบอระเพ็ด (แบบเส้นโค้ง)			●	
Bung_polygon	ขอบเขตของบึงบอระเพ็ด (แบบพื้นที่)				●
Irr	ตำแหน่งที่ตั้งพื้นที่ชลประทาน		●		
Irr_2	คลองชลประทาน			●	
Rain_sta	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝน		●		
Runoff_sta	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่า		●		
Rain_sta_n	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งเพิ่มบริเวณใกล้เคียงบึงบอระเพ็ด		●		
River ping	เส้นแม่น้ำนอกขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด			●	
River	เส้นแม่น้ำหลักและแม่น้ำสาขาของบึงบอระเพ็ด			●	
River_line	เส้นแสดงทิศทางการไหลของน้ำ			●	
Seepage gauging point	ตำแหน่งวัดปริมาณน้ำรั่วซึมในบึงบอระเพ็ด		●		
W_level gauging point	ตำแหน่งวัดระดับน้ำในบึงบอระเพ็ด		●		
Wq_gauging point	ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำในบึงบอระเพ็ด		●		
Watershed	เส้นแสดงขอบเขตลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด			●	
Watershed_poly	ขอบเขตลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด				●
Sub_watershed	เส้นแสดงขอบเขตลุ่มน้ำย่อย			●	
Sub_poly	ขอบเขตลุ่มน้ำย่อย				●
Landuse	การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด				●
Soiltype	กลุ่มชุดดินในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด				●
Forest	ขอบเขตป่าไม้ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด				●

8. การพัฒนาระบบฐานข้อมูล

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลมีขั้นตอนในการดำเนินงานสรุปได้ดังนี้

8.1 การศึกษารูปแบบของข้อมูลที่ได้รับ

1) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

หน่วยงานหลักที่ดำเนินการจัดเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝน คือ กรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน โดยเก็บบันทึกข้อมูลเป็นรายวันระหว่างเวลา 7.00 น. ของวันก่อนหน้าจนถึงเวลา 7.00 น. ของวันที่เก็บข้อมูล ซึ่งจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของ Text File โดยรายละเอียดของข้อมูลประกอบด้วย 1) รหัสสถานีและตำแหน่งที่ตั้ง 2) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ซึ่งรูปแบบของการจัดเก็บข้อมูลนั้นแบ่งออกเป็นปีปฏิทิน (Calendar Year) และ ปีน้ำ (Water Year) โดยปีน้ำจะเริ่มต้นด้วยเดือนเมษายน และ 3) ส่วนของการสรุปข้อมูลปริมาณฝนทั้งหมดในแต่ละเดือน ค่าเฉลี่ยรายเดือน จำนวนวันฝนตก และปริมาณฝนสูงสุด 1 ถึง 31 วัน โดยตัวอย่างของข้อมูลปริมาณน้ำฝนแสดงดังภาพที่ 8

2) ข้อมูลระดับน้ำและปริมาณน้ำท่า

หน่วยงานที่ดำเนินการจัดเก็บข้อมูลระดับน้ำและปริมาณน้ำท่าคือ กรมชลประทาน ซึ่งอ่านข้อมูลระดับน้ำวันละ 5 ครั้ง (6.00 น. 9.00 น. 12.00 น. 15.00 น. และ 18.00 น.) โดยจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของ Text File ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลประกอบด้วย 1) รหัสสถานี ตำแหน่งที่ตั้ง ลำน้ำสายรอง ลำน้ำสายหลัก และลุ่มน้ำ 2) ข้อมูลระดับน้ำหรือปริมาณน้ำท่ารายวัน ซึ่งรูปแบบของการจัดเก็บข้อมูลนั้นแบ่งออกเป็นปีปฏิทิน (Calendar Year) และ ปีน้ำ (Water Year) และ 3) ส่วนของการสรุปข้อมูลปริมาณน้ำท่าทั้งหมดในแต่ละเดือน ค่าเฉลี่ยรายเดือน ค่าสูงสุด ต่ำสุด ปริมาณน้ำสูงสุดพร้อมแสดงวันกำกับ และค่า Specific Yield ดังแสดงตัวอย่างข้อมูลระดับน้ำรายวันไว้ในภาพที่ 9

3) ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณน้ำ

หน่วยงานที่ดำเนินการจัดเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณน้ำ (Rating Table) คือ กรมชลประทาน โดยทำการจัดเก็บในลักษณะของ Text File โดยรายละเอียดของข้อมูลประกอบด้วย 1) รหัสสถานี ตำแหน่งที่ตั้ง อำเภอ จังหวัด ชื่อลำน้ำสายหลัก 2) ส่วนของข้อมูล ซึ่งเริ่มด้วยปีที่เก็บ จากนั้นจะเป็นแถวของคู่ความสัมพันธ์ระหว่างระดับและปริมาณน้ำ และ 3) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณน้ำ ดังแสดงตัวอย่างข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับและปริมาณน้ำไว้ในภาพที่ 10

Royal Irrigation Department, Thailand — Computer Center
Station - 26032 A. Tha Tako, Nakhon Sawan — RFL/RDAYWY/2.01

Water Year - 2004

Daily Rainfall in Millimeter

Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual
1	.0	5.6	5.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
2	.0	.0	.0	2.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
3	18.5	3.2	.0	.0	32.0	28.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
4	.0	34.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
5	.0	.0	.0	.0	30.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
6	.0	16.5	16.5	.0	6.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
7	.0	6.3	15.0	35.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
8	.0	.0	3.2	.0	.0	4.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
9	.0	25.2	26.5	10.0	29.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
10	.0	.0	.0	5.0	2.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
11	.0	.0	3.2	3.2	.0	45.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
12	.0	28.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
13	.0	.0	30.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
14	.0	31.0	53.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
15	.0	20.0	.0	.0	.0	48.6	.0	.0	.0	.0	.0	2.5	
16	.0	.0	.0	.0	.0	5.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
17	.0	4.1	.0	.0	.0	28.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
18	.0	.0	.0	12.3	16.0	49.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
19	.0	.0	.0	.0	2.5	20.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
20	.0	3.5	10.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
21	.0	.0	.0	12.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
22	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
23	.0	.0	.0	.0	16.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
24	.0	3.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	33.8	
25	.0	.0	.0	23.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
26	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
27	13.6	.0	.0	20.1	.0	2.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
28	5.0	.0	.0	24.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
29	.0	.0	3.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0	
30	.0	.0	2.0	.0	.0	12.3	.0	.0	.0	.0		.0	
31		3.2		.0	2.0		.0		.0	.0		.0	
Total	37.1	194.3	168.4	148.3	137.6	245.5	.0	.0	.0	.0	.0	36.3	967.5 MM.
Average	1.2	6.3	5.6	4.8	4.4	8.2	.0	.0	.0	.0	.0	1.2	2.6 MM./Day
Rainy Days	3	13	11	10	9	10	0	0	0	0	0	2	58 Days

Maximum 1 Day Rainfall 53.2 MM. 14 Jun 2004, Maximum 2 Day Rainfall 83.3 MM. 13 Jun 2004
Maximum 3 Day Rainfall 98.4 MM. 17 Sep 2004, Maximum 4 Day Rainfall 132.6 MM. 15 Sep 2004
Maximum 5 Day Rainfall 152.6 MM. 15 Sep 2004, Maximum 6 Day Rainfall 152.6 MM. 15 Sep 2004
Maximum 7 Day Rainfall 152.6 MM. 15 Sep 2004, Maximum 8 Day Rainfall 178.2 MM. 11 Sep 2004
Maximum 9 Day Rainfall 198.2 MM. 11 Sep 2004, Maximum 10 Day Rainfall 198.2 MM. 11 Sep 2004
Maximum 14 Day Rainfall 202.4 MM. 8 Sep 2004, Maximum 15 Day Rainfall 202.4 MM. 8 Sep 2004
Maximum 30 Day Rainfall 249.1 MM. 23 Aug 2004

ภาพที่ 8 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานี 26032
ที่มา: กรมชลประทาน (2547)

RID Computer Center, Processing : 10-OCT-2005 14:57:35.51 LQS/LQS02D/03

Station - Wat Luang Pho Kaeo, A. Chum Saeng, Nakhon Sawan, (N.14A) Royal Irrigation Department
Stream - Nan Thailand
River - Nan Hydrology Division
River System - Nan River Rating Curve HC 09518Y/78

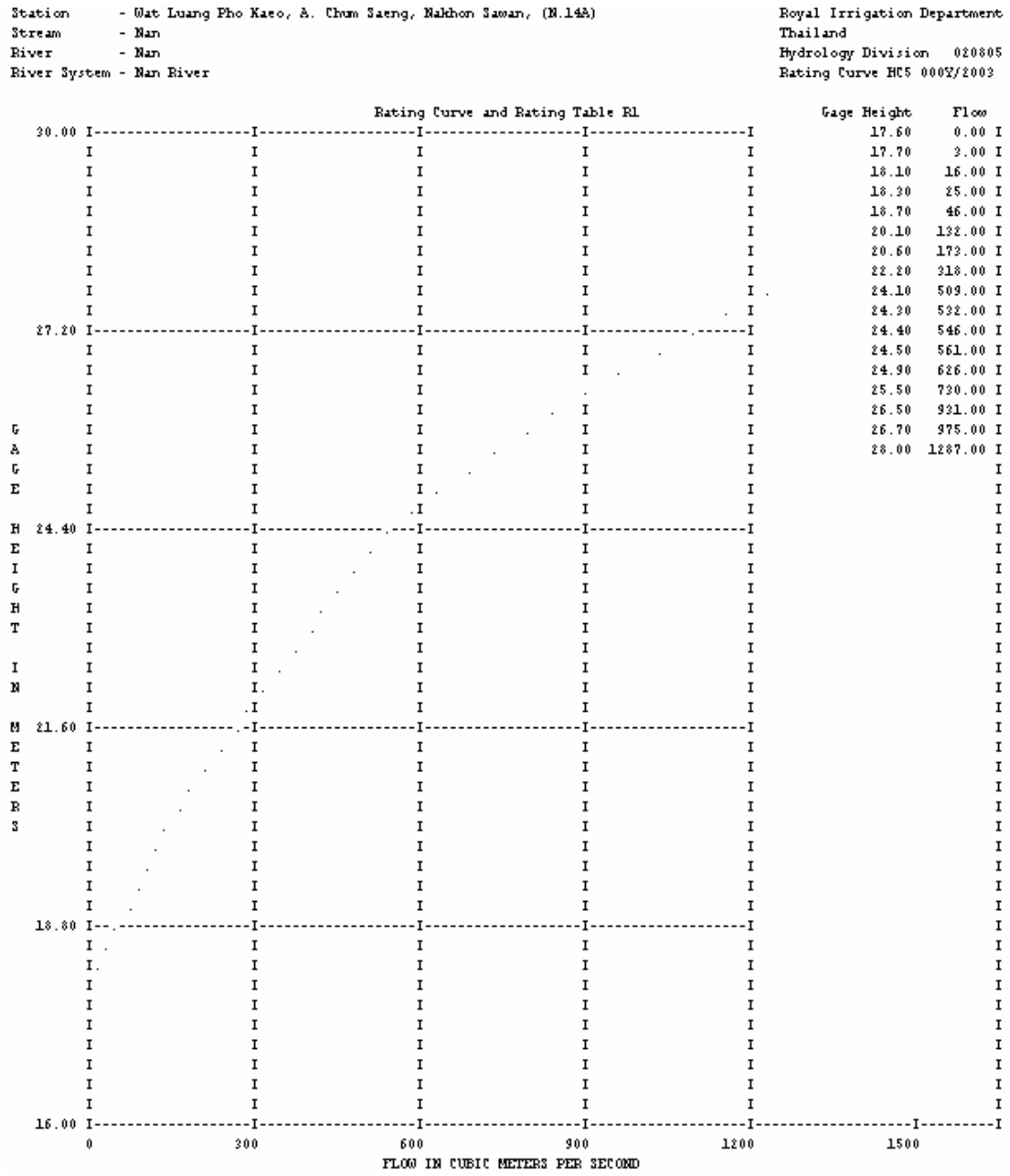
Water Year - 1978

Gage Height in Meter (MSL), Water Year April 1, 1978 to March 31, 1979

Date	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Annual
1	20.70	21.19	20.18	20.26	25.74	26.50	27.70	26.03	23.02	21.47	20.60	21.06	
2	20.70	21.14	20.10	20.31	25.74	26.45	27.72	25.80	23.05	21.14	20.48	20.95	
3	20.71	21.13	20.08	20.50	25.71	26.19	27.73	25.57	22.82	20.91	20.61	21.25	
4	20.83	21.13	20.12	20.72	25.75	26.06	27.75	25.27	22.74	20.66	21.05	21.71	
5	20.99	21.07	20.24	21.03	25.57	25.97	27.77	25.02	22.69	20.41	21.34	21.96	
6	20.99	21.19	20.28	21.98	25.30	25.74	27.78	24.93	22.48	20.37	21.26	22.04	
7	21.04	21.31	20.18	23.03	25.13	25.48	27.79	24.88	22.26	20.87	20.97	22.03	
8	21.15	21.27	19.99	23.31	24.85	25.33	27.79	24.70	22.08	21.39	20.66	21.87	
9	21.20	21.14	19.87	23.43	24.48	25.21	27.79	24.49	21.89	21.58	20.64	21.91	
10	21.16	20.89	19.90	23.71	24.20	25.18	27.79	24.46	21.68	21.52	20.90	22.04	
11	21.17	20.72	20.55	24.15	24.23	25.21	27.79	24.56	21.88	21.54	21.16	22.17	
12	21.15	20.79	21.29	24.74	24.50	25.10	27.78	24.59	22.18	21.54	21.33	22.27	
13	21.11	20.93	21.55	25.50	24.65	24.77	27.78	24.42	22.28	21.59	21.35	22.34	
14	21.07	20.83	21.53	26.02	24.87	24.62	27.77	24.18	22.10	21.49	21.13	22.23	
15	20.93	20.63	21.39	26.13	25.70	25.09	27.75	23.98	21.96	21.47	20.87	22.03	
16	20.78	20.51	21.50	26.21	26.95	25.61	27.74	23.78	22.03	21.46	20.87	22.12	
17	20.62	20.49	21.60	26.45	27.20	25.85	27.72	23.61	22.02	21.28	21.16	22.25	
18	20.53	20.47	21.40	26.60	27.23	25.85	27.67	23.45	21.80	21.00	21.64	22.30	
19	20.55	20.38	21.13	26.56	27.24	25.82	27.59	23.31	21.52	20.89	21.89	22.30	
20	20.64	20.29	21.00	26.44	27.26	25.92	27.51	23.29	21.29	21.03	21.86	22.31	
21	20.65	20.29	20.88	26.32	27.25	26.37	27.43	23.34	21.22	21.01	21.69	22.30	
22	20.81	20.38	20.66	26.18	27.25	26.76	27.33	23.30	21.43	20.93	21.40	22.21	
23	21.06	20.43	20.61	25.95	27.16	26.98	27.25	23.15	21.68	20.87	21.48	22.22	
24	21.17	20.38	20.70	25.83	27.01	27.40	27.11	23.07	21.52	20.74	21.79	22.29	
25	21.21	20.26	20.82	25.99	26.83	27.57	26.94	23.20	21.80	20.60	21.85	22.32	
26	21.19	20.15	20.94	26.09	26.68	27.60	26.73	23.26	21.79	20.58	21.59	22.33	
27	21.24	20.17	21.04	26.02	26.57	27.63	26.59	23.22	21.72	20.87	21.37	22.36	
28	21.38	20.34	21.00	25.89	26.48	27.66	26.56	23.14	21.38	21.03	21.30	22.32	
29	21.41	20.55	20.69	25.77	26.58	27.68	26.54	23.05	21.28	21.04		22.26	
30	21.34	20.59	20.41	25.67	26.54	27.70	26.46	22.95	21.51	20.93		22.32	
31		20.39		25.66	26.39		26.31		21.65	20.76		22.36	
Mean	20.98	20.69	20.72	24.60	26.03	26.18	27.42	24.07	21.96	21.06	21.22	22.08	
Max	21.41	21.31	21.60	26.60	27.26	27.70	27.79	26.03	23.05	21.59	21.89	22.36	27.79
Min	20.53	20.15	19.87	20.26	24.20	24.62	26.31	22.95	21.22	20.37	20.48	20.95	19.87

Annual Max Momentary Gage Height 27.79 M (MSL), at 12.00 Hours, on Oct 8, 1978
Zero Gage at Bottom Elevation 19.00 M (MSL), River Bed 17.92 M (MSL)
Left Bank Elevation 27.64 M (MSL)
Right Bank Elevation 28.01 M (MSL), Drainage Area 33182 Square Kilometers

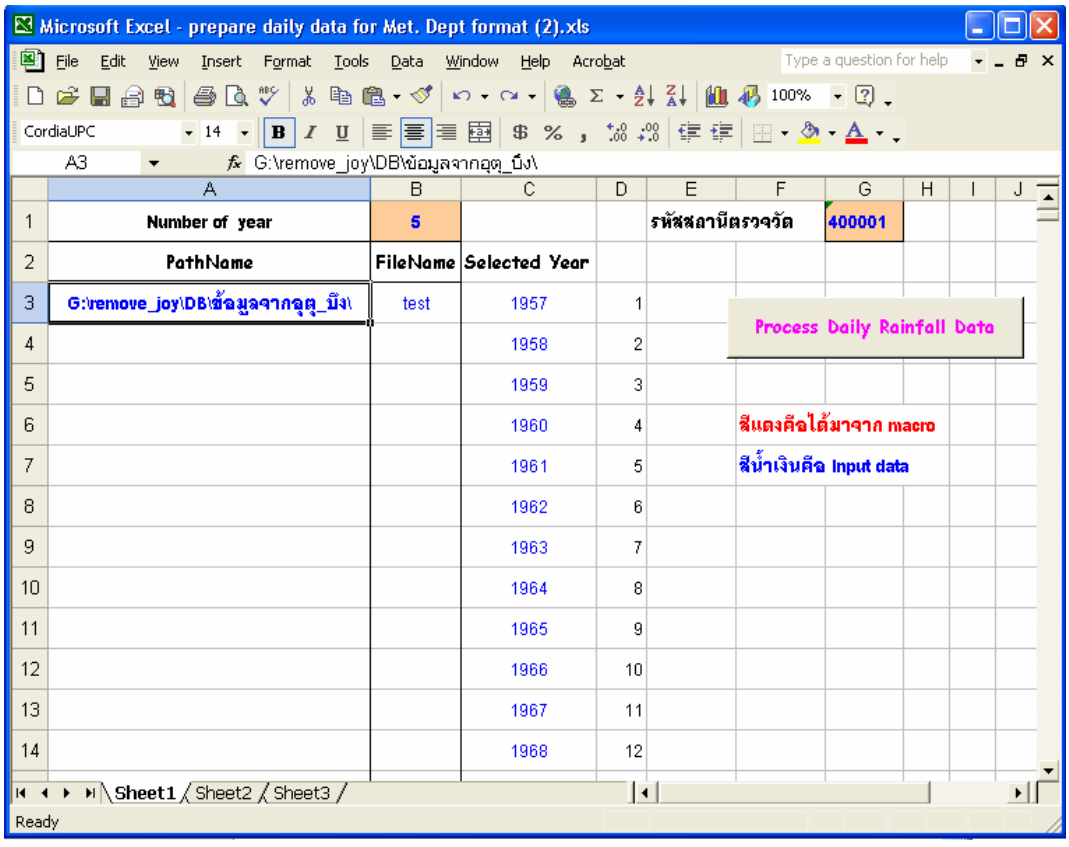
ภาพที่ 9 ตัวอย่างข้อมูลระดับน้ำรายวันของสถานี N 14A
ที่มา: กรมชลประทาน (2547)



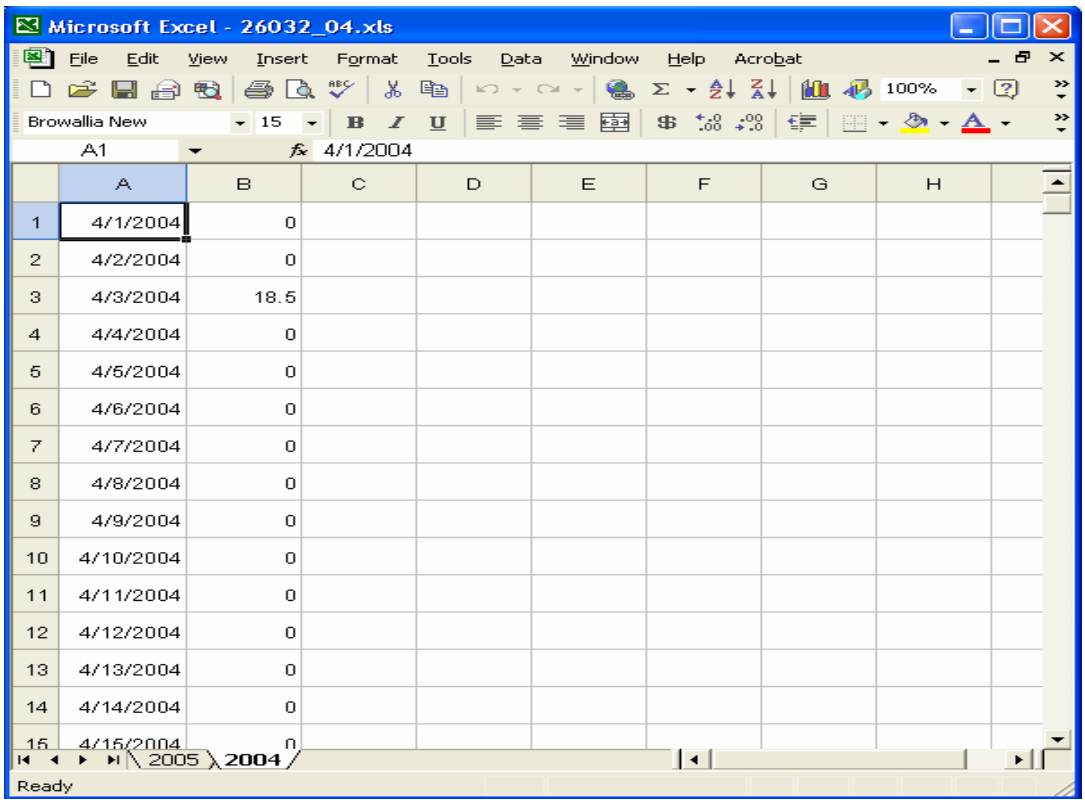
ภาพที่ 10 ตัวอย่างข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับและปริมาณน้ำของสถานี N14A
ที่มา: กรมชลประทาน (2547)

8.2 การแปลงรูปแบบของข้อมูล

การแปลงรูปแบบข้อมูล (Data Conversion) ที่ได้รับจากหน่วยงานต่างๆ ทั้งข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน น้ำท่ารายวัน และข้อมูลระดับน้ำรายวัน ให้อยู่ในรูปแบบที่จะสามารถนำเข้าสู่ฐานข้อมูลได้โดยตรง ซึ่งเป็นรูปแบบของอนุกรมเวลา (Time Seires) โดยให้มีอย่างน้อย 2 ช่องข้อมูล คือ ให้ 1 ช่องแสดงเวลาในการเก็บบันทึกข้อมูล และอีก 1 ช่องแสดงผลที่ได้จากตรวจวัด ซึ่งการจัดทำระบบฐานข้อมูลของโครงการนี้ ได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับช่วยในการแปลงรูปแบบข้อมูลโดยใช้ภาษา Visual Basic for Applications (VBA) บนโปรแกรม Microsoft Excel สำหรับอ่านค่าข้อมูลตาม วัน เดือน และปี จนกว่าจะครบจำนวนปีทั้งหมดที่มีการจัดเก็บข้อมูลของแต่ละสถานี แล้วทำการจัดเก็บข้อมูลเป็นไฟล์ละ 1 สถานี หน้ากระดาษ (Sheet) ละ 1 ปี นอกจากนั้นต้องทำการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลก่อนที่จะจัดเก็บในระบบฐานข้อมูล สำหรับโปรแกรมประยุกต์สำหรับการแปลงรูปแบบข้อมูล และตัวอย่างตารางผลที่ได้จากการแปลงข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝน 26032 (อ.เมืองนครสวรรค์) แสดงดังภาพที่ 11 และ 12 ตามลำดับ



ภาพที่ 11 โปรแกรมประยุกต์สำหรับการแปลงรูปแบบข้อมูล



	A	B
1	4/1/2004	0
2	4/2/2004	0
3	4/3/2004	18.5
4	4/4/2004	0
5	4/5/2004	0
6	4/6/2004	0
7	4/7/2004	0
8	4/8/2004	0
9	4/9/2004	0
10	4/10/2004	0
11	4/11/2004	0
12	4/12/2004	0
13	4/13/2004	0
14	4/14/2004	0
15	4/15/2004	0

ภาพที่ 12 ผลการแปลงข้อมูลของสถานี 26032 จากโปรแกรมแปลงรูปแบบข้อมูลที่พัฒนาขึ้น

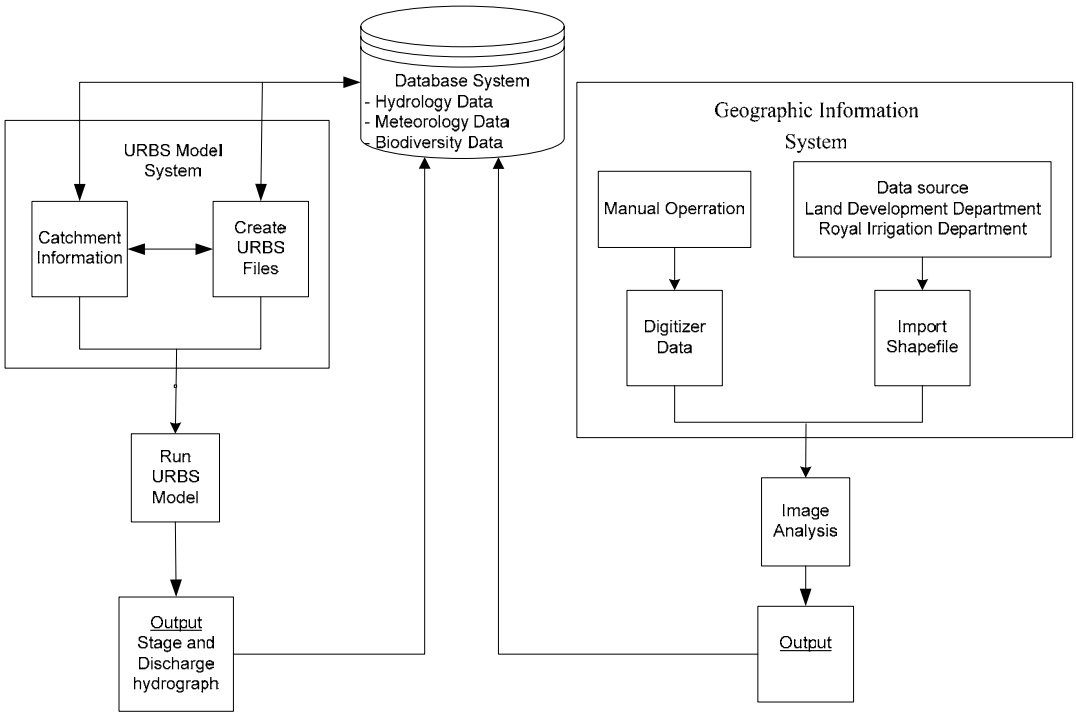
8.3 การตรวจสอบคุณภาพข้อมูล

การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับจากหน่วยงานต่างๆ ก่อนนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล ว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด หากพบข้อผิดพลาด ซึ่งอาจสังเกตุได้ชัดเจนและสามารถแก้ไขได้ในทันที หรือเป็นข้อผิดพลาดที่ต้องสอบถามไปยังหน่วยงานเจ้าของข้อมูลนั้นๆ การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลยังรวมถึงการตรวจสอบจำนวนปีของข้อมูลว่าตรงตามรายงานหรือมีการบันทึกข้ามปีหรือไม่ ซึ่งจากการตรวจสอบในเบื้องต้น พบว่ามีข้อผิดพลาดที่เกิดจากการนำเข้าข้อมูล อาทิเช่น การใส่ค่าข้อมูลผิดตำแหน่ง การใส่เลขศูนย์เกินหรือตกไป การใส่จุดทศนิยมผิดตำแหน่ง การใส่จำนวนติดลบ การเคาะช่องว่าง ซึ่งมีผลทำให้ตำแหน่งของข้อมูลคลาดเคลื่อน เป็นต้น ซึ่งข้อผิดพลาดต่างๆ เหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของข้อมูลโดยตรง

นอกจากการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลก่อนนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลแล้วยังต้องทำการตรวจสอบข้อมูลหลังจากการนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว เพื่อป้องกันความผิดพลาดของข้อมูลต่างๆ ทั้งนี้เมื่อตรวจสอบพบข้อผิดพลาดของระบบฐานข้อมูลก็สามารถดำเนินการแก้ไข ปรับปรุงข้อมูลได้ทันที โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยผู้ชำนาญการด้านคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการนำเข้า การตรวจสอบ และปรับปรุงข้อมูลในระบบฐานข้อมูล ซึ่งพัฒนาโดยใช้โปรแกรม PHP ซึ่งทำงานบนเวปเบราว์เซอร์ เช่น Internet Explorer โดยขั้นตอนในการปรับปรุงและแก้ไขข้อมูลแสดงไว้ในหัวข้อที่ 3.7 ขั้นตอนการเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลในระบบฐานข้อมูล ในส่วนของผลการดำเนินงานระบบฐานข้อมูลต่อไป

9. การเชื่อมโยงระบบต่างๆ เข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ต

การดำเนินงานในส่วนนี้คือการเชื่อมโยงระบบต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย ระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (แบบจำลอง URBS) ระบบฐานข้อมูล และผลการดำเนินงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่ได้สร้างไว้แล้วเข้าด้วยกันเป็นระบบช่วยตัดสินใจที่สามารถดำเนินงานหรือแสดงผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดที่มีประสิทธิภาพ และเพื่อเป็นแหล่งข้อมูลในการสืบค้นข้อมูลต่างๆ ของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยการนำระบบแบบจำลอง URBS มาเชื่อมโยงเข้ากับระบบฐานข้อมูลเพื่อให้การดำเนินงานของระบบดำเนินไปได้โดยง่าย รวดเร็ว และมีความถูกต้อง สำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้นมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของระบบแบบจำลองคณิตศาสตร์ รวมทั้งใช้แสดงข้อมูลทางกายภาพที่ผ่านการจัดทำแล้ว ดังนั้น จึงเป็นการนำผลการดำเนินงานที่ได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาเชื่อมโยงเข้ากับระบบทั้งสอง โดยแผนภาพแสดงระบบสนับสนุนการตัดสินใจแสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 การเชื่อมโยงระบบแบบจำลอง URBS และผลการดำเนินการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ากับระบบฐานข้อมูล

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาของโครงการระบบช่วยตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ด ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1) ระบบแบบจำลอง URBS 2) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 3) ระบบฐานข้อมูล ซึ่งรายละเอียดของแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

1. ระบบแบบจำลอง URBS

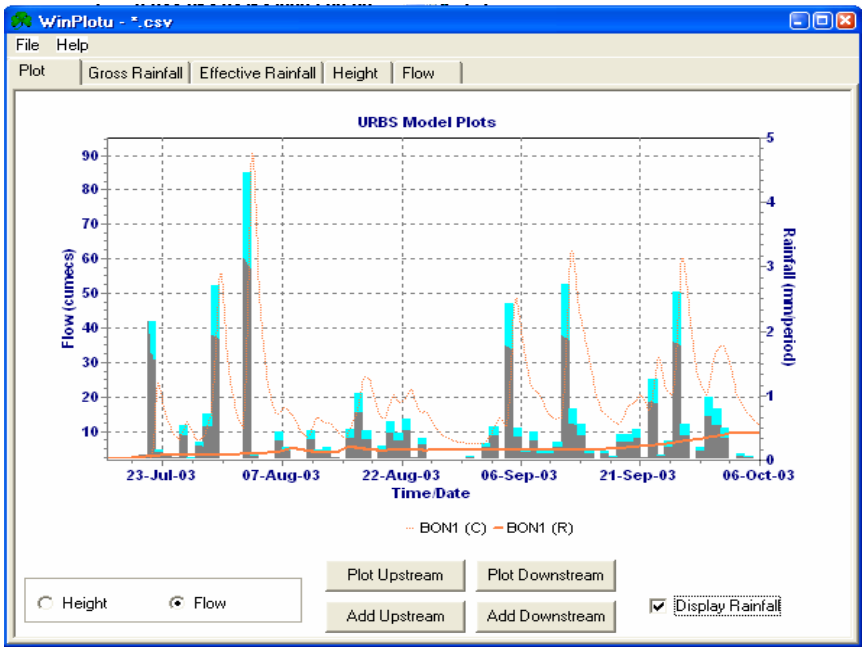
ผลการศึกษาในส่วนของระบบแบบจำลอง URBS ประกอบด้วย การประยุกต์ใช้แบบจำลอง การสร้างระบบแบบจำลองและการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS

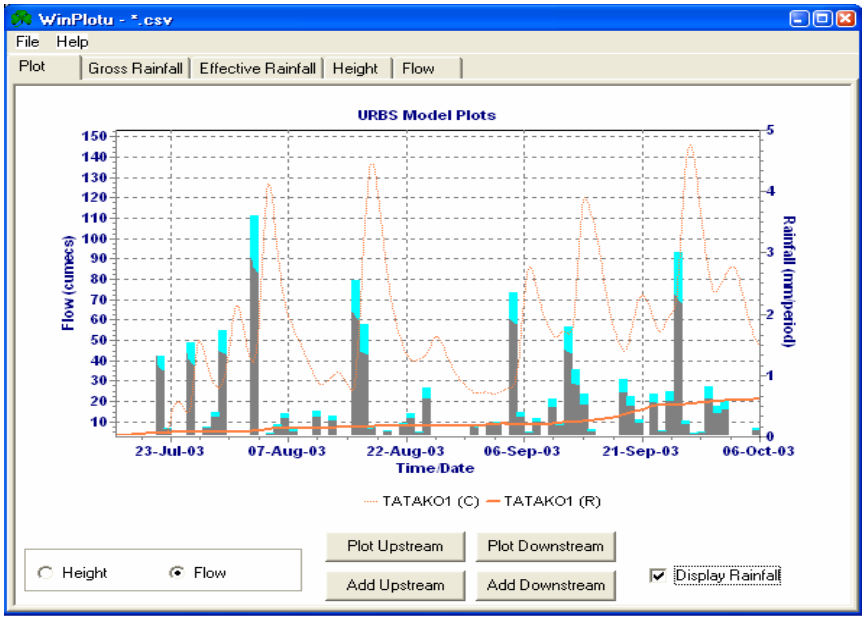
1.1.1 การประเมินปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดในระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS ซึ่งทำการประเมินกราฟน้ำท่าโดยใช้ข้อมูลน้ำฝนสำหรับช่วงเวลา 3 ช่วง คือ 1) วันที่ 16 กรกฎาคม ถึง 6 ตุลาคม พ.ศ.2546 2) วันที่ 25 พฤษภาคม ถึง 8 สิงหาคม พ.ศ.2547 และ 3) วันที่ 27 สิงหาคม ถึง 6 พฤศจิกายน พ.ศ.2548 โดยผลของการประยุกต์ใช้แบบจำลองจะได้กราฟน้ำท่าตามธรรมชาติ (Natural Flow) ที่ไม่ผ่านการใช้น้ำในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำในลุ่มน้ำและไหลลงสู่บึงบอระเพ็ด (Regulated Flow)

ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS สำหรับแต่ละช่วงเวลาแสดงดังในภาพที่ 14 ถึง 16 โดยในภาพดังกล่าวได้แสดงการเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งกราฟน้ำฝน

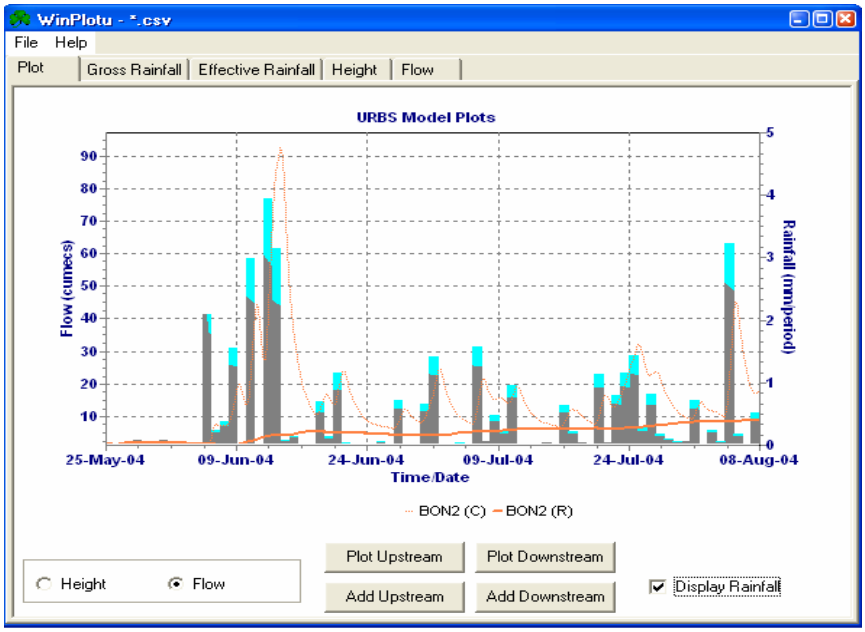


(14 ก) ลุ่มน้ำย่อยคลองบอน

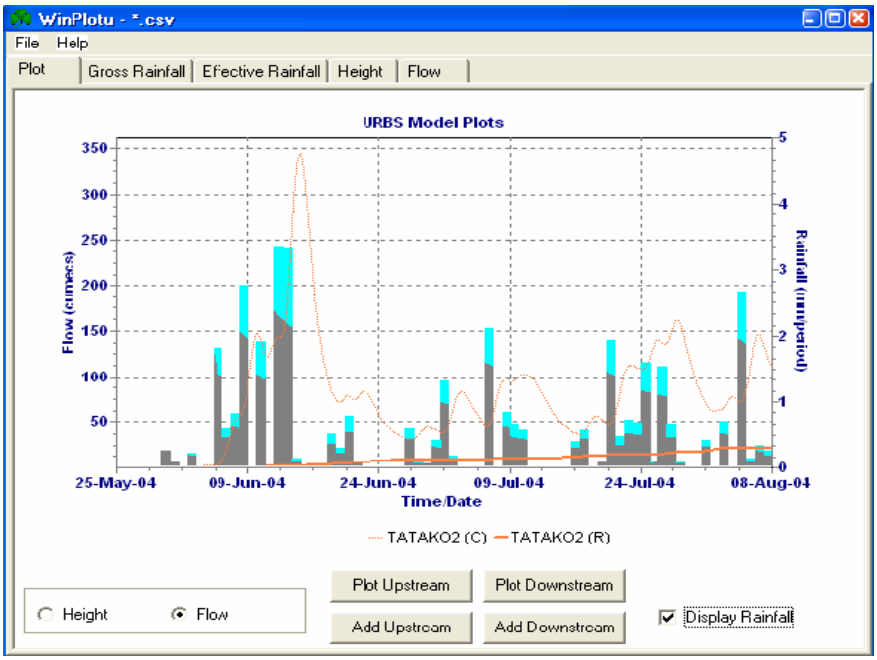


(14 ข) ลุ่มน้ำย่อยคลองท่าตะโก

ภาพที่ 14 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งกราฟน้ำฝน ระหว่างวันที่ 16 กรกฎาคม ถึง 6 ตุลาคม 2546

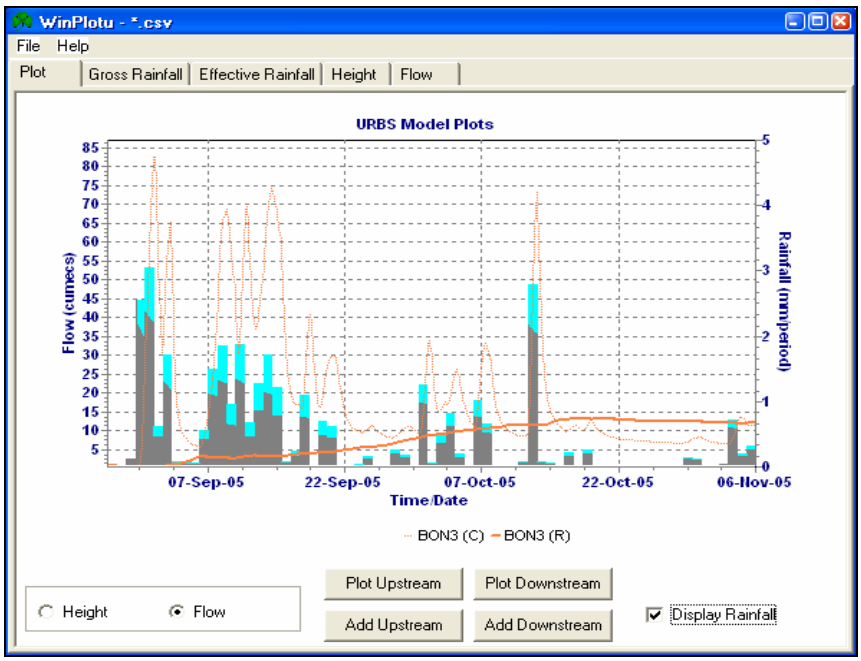


(15 ก) ลุ่มน้ำย่อยคลองบอน

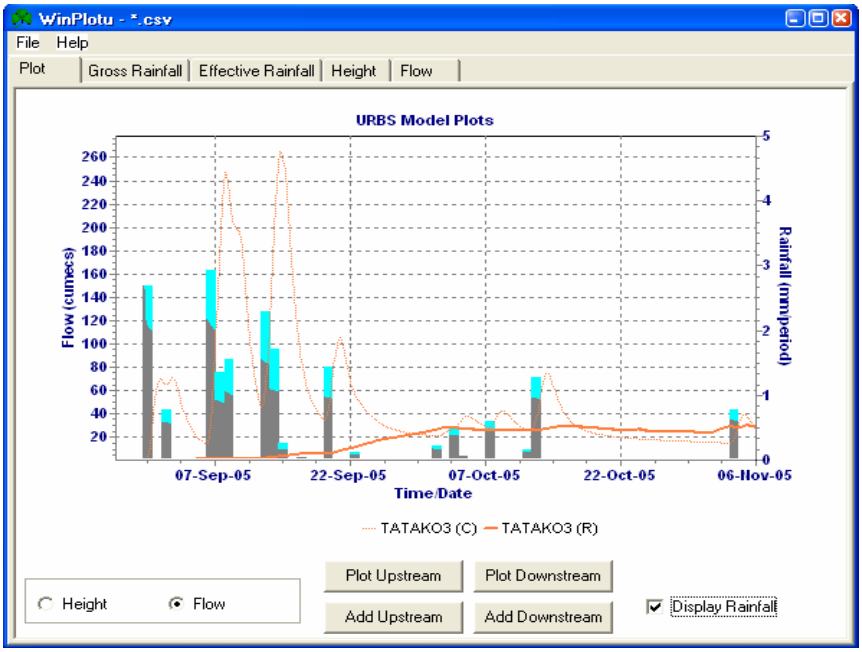


(15 ข) คลองท่าตะโก

ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งกราฟน้ำฝน ระหว่างวันที่ 25 พฤษภาคม ถึง 8 สิงหาคม 2547



(16 ก) ลุ่มน้ำย่อยคลองบอน



(16 ข) คลองท่าตะโก

ภาพที่ 16 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งกราฟน้ำฝน ระหว่างวันที่ 27 สิงหาคม ถึง 6 พฤศจิกายน 2548

สำหรับปริมาณน้ำท่าของแต่ละช่วงเวลาได้แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งเปอร์เซ็นต์การเกิดน้ำท่าทั้งหมดได้แสดงไว้ในตารางที่ 16 ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งเปอร์เซ็นต์การเกิดน้ำท่าทั้งหมด

ช่วงเวลา	น้ำท่าตามธรรมชาติ (Natural Flow) (ล้าน ลบ.ม.)			น้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้ว (Regulated Flow) (ล้าน ลบ.ม.)			Regulated Flow/ Natural Flow (%)	Natural Flow - Regulated Flow (ล้าน ลบ.ม.)
	คลองบอน	คลองท่าตะโก	รวม	คลองบอน	คลองท่าตะโก	รวม		
16/7/03 - 6/10/03	140.55 (27%)	387.46 (73%)	528.01 (100%)	35.55 (34%)	68.13 (66%)	103.68 (100%)	20	424.33
25/5/04 - 8/8/04	97.50 (16%)	502.95 (84%)	600.45 (100%)	30.99 (35%)	56.47 (65%)	87.46 (100%)	15	512.99
27/8/05 - 6/11/05	120.67 (28%)	402.95 (72%)	523.62 (100%)	47.09 (32%)	102.23 (68%)	149.31 (100%)	29	374.31

1) ปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติของคลองบอนและคลองท่าตะโกโดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 23 และ 77 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้วของคลองบอนและคลองท่าตะโกโดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 33 และ 67 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสัดส่วนการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าตะโกสูงกว่าคลองบอน จึงทำให้สัดส่วนของ Regulated flow (ร้อยละ 67) ของคลองท่าตะโกลดลงจากสัดส่วนของปริมาณน้ำท่า (ร้อยละ 77)

2) ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่บึงบอระเพ็ด (Regulated flow) จากระดับน้ำต่ำสุดของบึงจนถึงระดับสันฝายในปี พ.ศ.2546, 2547 และ 2548 มีค่าเท่ากับ 103.68, 87.46 และ 149.31 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (ระดับน้ำต่ำสุดในปี พ.ศ.2546, 2547 และ 2548 อยู่ที่ +22.2 เมตร (รทก.), +21.85 เมตร (รทก.) และ +21.41 เมตร (รทก.) ตามลำดับ) ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำท่าที่ต้องการเติมให้กับบึงบอระเพ็ดจากระดับต่ำสุดจนเต็มในปีพ.ศ.2548 มีค่ามากกว่าปีอื่นๆ ประมาณ

36.64 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในปีดังกล่าวเป็นปีน้ำแล้งที่ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเกิดล่าช้ากว่าปีอื่นๆ ซึ่งส่งผลให้ระดับน้ำในบึงบอระเพ็ดลดลงต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่าที่ถูกใช้ไปเพื่อกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำ (Natural Flow-Regulated Flow) สำหรับปี พ.ศ.2546 และ 2547 พบว่ามีค่าเท่ากับ 424.33 และ 512.99 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งสังเกตได้ว่าปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำท่าที่ถูกใช้ไปสำหรับกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำสำหรับในปี พ.ศ.2548 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 374.31 ล้านลูกบาศก์เมตร นั้นกลับลดลงกว่าผลการศึกษาในช่วง 2 แรก เนื่องจากในปีดังกล่าวเป็นปีน้ำแล้งที่ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเกิดล่าช้ากว่าปีอื่นๆ ทำให้มีปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้มีค่าน้อยกว่าปีอื่นๆ เช่นกัน

3) ลักษณะการใช้ที่ดินของลุ่มน้ำย่อยคลองบอนประกอบด้วย นาข้าว ข้าวโพด-อ้อย ป่าเบญจพรรณ มันสำปะหลัง หมู่บ้านบนพื้นที่ราบ และ อื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 57, 22, 4, 0, 4 และ 13 ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองบอน ตามลำดับ โดยมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติเฉลี่ย (Natural Flow) และปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำเฉลี่ย (Regulated Flow) เท่ากับ 120 และ 38 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณน้ำท่าที่ถูกใช้ไปสำหรับกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำเฉลี่ย (Natural Flow-Regulated Flow) มีค่าประมาณ 82 ล้านลูกบาศก์เมตร ดังนั้นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยสุทธิที่ไหลลงสู่บึงบอระเพ็ดมีค่าเท่ากับ 32 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยคลองบอนทั้งหมด

สำหรับลักษณะการใช้ที่ดินของลุ่มน้ำย่อยคลองท่าตะโกประกอบด้วย นาข้าว ข้าวโพด-อ้อย ป่าเบญจพรรณ มันสำปะหลัง หมู่บ้านบนพื้นที่ราบ และ อื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 48, 33, 7, 4, 3 และ 6 ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองท่าตะโก ตามลำดับ โดยมีปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติเฉลี่ย (Natural Flow) และปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำเฉลี่ย (Regulated Flow) เท่ากับ 431 และ 76 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณน้ำท่าที่ถูกใช้ไปสำหรับกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำเฉลี่ย (Natural Flow-Regulated Flow) มีค่าประมาณ 356 ล้านลูกบาศก์เมตร ดังนั้นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยสุทธิที่ไหลลงสู่บึงบอระเพ็ดมีค่าเท่ากับ 18 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำย่อยคลองบอนทั้งหมด

1.1.2 การประเมินปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดในระหว่างปี พ.ศ. 2516-2546

จากผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่าในระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548 ทำให้ได้พารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลอง จากนั้นจึงนำพารามิเตอร์ดังกล่าวมาใช้เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดในระหว่างวันที่ 1 เม.ย. 2516 ถึง 31 มี.ค. 2546 จากผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,840.58 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยคิดเป็นปริมาณน้ำท่าที่คลองบอน และคลองท่าตะโกเท่ากับ 443.79 (ร้อยละ 24) และ 1,396.79 (ร้อยละ 76) ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สำหรับผลรวมของปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีจากลุ่มน้ำย่อยคลองบอนและคลองท่าตะโก แสดงดังในตารางที่ 17 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำท่ารายปีมีค่าสูงสุดในปี พ.ศ.2542 ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยถึงร้อยละ 71 และมีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2534 คิดเป็นร้อยละ 37 ของปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย โดยในปีดังกล่าวมีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 1,202.59 และ 669.93 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำฝนร้อยละ 119 และ 67 ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ตามลำดับ

ตารางที่ 17 ผลรวมของปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

	ปริมาณน้ำท่ารวม (ล้าน ลบ.ม.)												
ปี พ.ศ.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รายปี
2516	13.29	200.52	241.44	174.66	325.82	312.98	169.32	80.50	50.88	33.53	25.02	29.46	1,657.42
2517	106.80	193.92	157.20	260.20	143.13	295.88	254.77	197.08	77.68	101.22	45.10	83.78	1,916.77
2518	56.76	125.76	157.76	186.60	387.49	632.82	369.92	260.30	113.52	70.74	42.09	40.18	2,443.94
2519	138.90	375.10	165.80	250.04	235.22	197.14	211.10	103.36	55.95	30.98	19.89	13.90	1,797.37
2520	44.36	100.24	83.48	112.22	158.00	176.82	109.27	50.04	111.10	47.62	33.89	24.09	1,051.13
2521	16.54	76.92	122.34	207.14	148.98	263.60	193.83	85.02	54.09	34.02	19.86	19.37	1,241.71
2522	51.36	79.84	158.30	146.77	231.93	215.44	82.26	51.54	33.23	20.78	19.58	43.46	1,134.47
2523	48.68	158.12	293.04	281.87	204.80	333.24	352.48	131.64	79.54	49.73	29.05	47.84	2,010.04
2524	88.26	85.10	199.10	276.54	359.62	399.46	223.09	124.48	70.81	43.91	25.37	31.54	1,927.27
2525	68.44	75.26	149.90	89.43	148.37	414.78	315.53	128.80	86.64	51.61	29.11	18.70	1,576.57
2526	13.30	127.60	164.44	174.69	380.90	258.48	259.69	142.84	73.27	50.37	32.56	25.54	1,703.67
2527	59.68	230.90	242.96	280.12	147.45	142.28	171.54	69.42	42.58	36.58	19.77	11.87	1,455.15
2528	40.10	186.42	208.64	187.45	423.68	455.44	417.08	179.60	101.56	62.79	36.16	27.86	2,326.78
2529	45.30	194.48	93.44	108.67	355.06	206.22	147.53	67.96	69.96	31.04	25.73	72.99	1,418.37
2530	137.64	118.54	128.40	102.23	173.02	606.94	266.99	132.00	81.79	48.91	36.05	26.68	1,859.18
2531	135.38	285.80	285.66	230.88	409.33	270.12	433.63	140.28	87.84	59.74	32.94	27.26	2,398.86
2532	46.16	197.00	196.38	202.71	267.79	234.56	205.14	86.44	50.22	31.54	18.59	74.93	1,611.46

ตารางที่ 17 (ต่อ) ผลรวมของปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

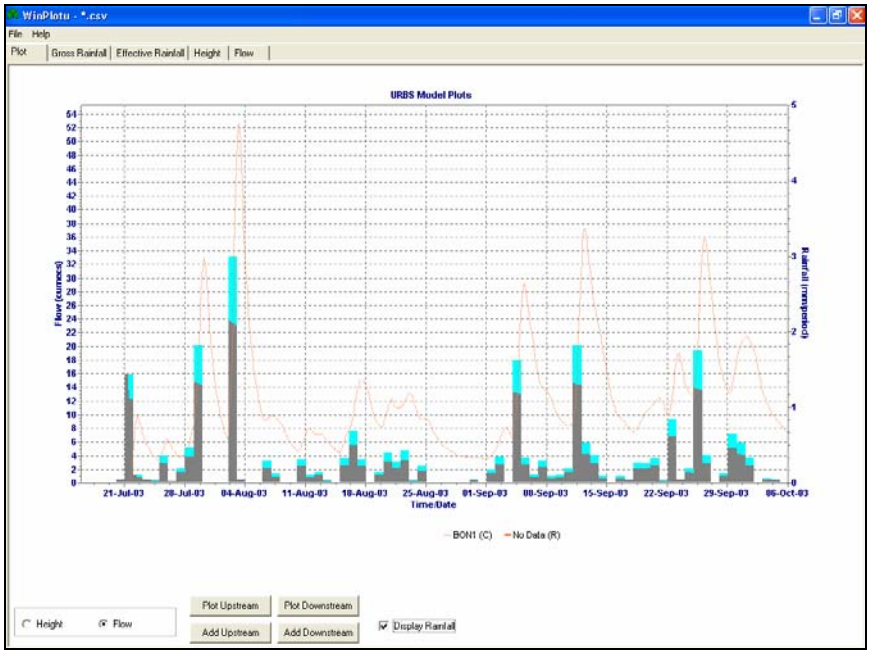
ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำท่ารวม (ล้าน ลบ.ม.)												
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รายปี
2533	25.86	218.18	163.72	149.35	179.87	314.82	289.26	109.58	65.95	41.28	23.75	20.29	1,601.90
2534 (ต่ำสุด)	***18.08***	***79.54***	***78.44***	***69.18***	***155.94***	***111.42***	***81.71***	***55.38***	***22.56***	***18.01***	***8.88***	***6.09***	***683.24***
2535	3.82	122.86	153.70	189.12	485.48	253.32	217.15	90.02	58.69	36.94	21.41	56.09	1,688.60
2536	131.34	215.38	182.00	174.47	188.42	443.74	162.02	82.10	52.64	32.93	21.99	72.88	1,759.92
2537	42.00	278.14	195.74	199.70	185.63	323.18	159.37	69.18	45.48	29.10	17.09	135.59	1,680.19
2538	91.12	277.36	204.66	378.53	516.65	402.52	275.54	121.86	76.68	47.98	33.01	23.73	2,449.65
2539	86.44	206.22	266.32	155.26	213.91	285.84	253.91	293.72	89.84	56.06	33.68	28.72	1,969.92
2540	64.00	100.00	71.62	151.23	146.54	422.32	343.64	111.04	70.66	44.27	30.02	30.70	1,586.04
2541	120.92	244.30	222.54	201.91	332.22	570.86	575.42	200.68	124.89	74.67	61.76	42.10	2,772.27
2542 (สูงสุด)	***232.50***	***469.82***	***445.48***	***350.96***	***299.50***	***382.30***	***475.86***	***216.52***	***104.99***	***65.63***	***49.36***	***57.18***	***3,150.10***
2543	113.18	350.86	443.68	251.50	276.85	270.78	250.44	105.58	62.11	38.98	23.43	65.57	2,252.95
2544	49.72	331.34	162.42	173.05	331.10	219.82	243.53	111.56	59.10	38.38	21.62	16.15	1,757.79
2545	80.38	185.38	150.46	122.20	212.55	723.44	302.10	148.50	123.95	61.51	58.79	165.28	2,334.55
เฉลี่ย	72.34	196.36	192.97	194.62	267.51	338.02	260.44	124.17	73.27	46.36	29.85	44.66	1,840.58

1.1.3 การประเมินปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้วและไหลลงสู่บึงบอระเพ็ด (Rrgulated Flow) โดยสมมติให้ปริมาณฝนในระหว่างปี พ.ศ.2546-2548 ลดลง 33 เปอร์เซ็นต์

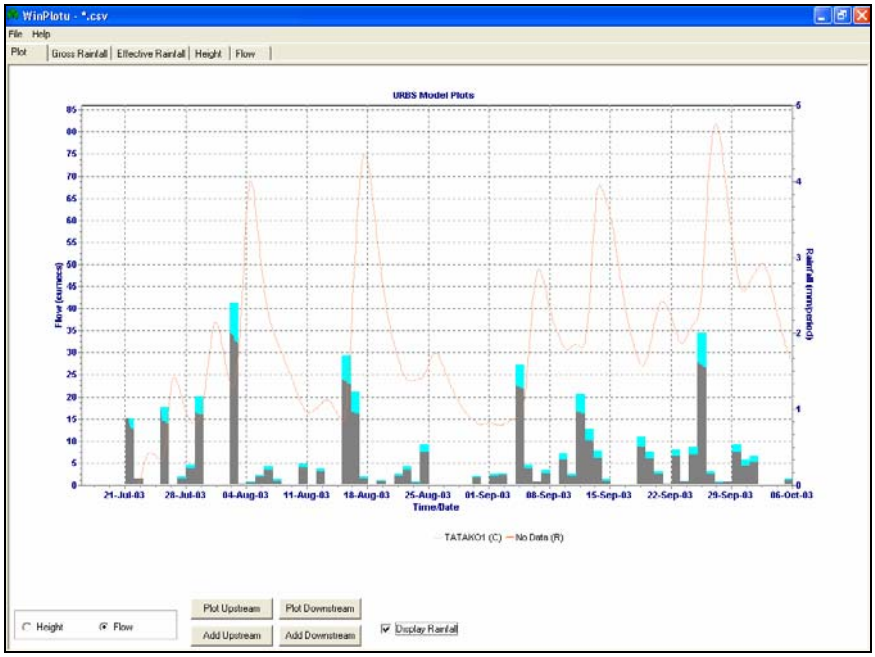
การประเมินปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้วและไหลลงสู่บึงบอระเพ็ด (Rrgulated Flow) ในระหว่างปี พ.ศ.2546-2548 โดยสมมติให้ปริมาณฝนลดลง 33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลจากการตรวจสอบข้อมูลฝนต่ำสุดซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ.2534 มีค่าเท่ากับ 697.65 มิลลิเมตร ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำฝนลดลงร้อยละ 33 ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ดังนั้น จึงสมมุติว่า ถ้าปริมาณน้ำฝนในระหว่างปี พ.ศ.2546-2548 ลดลง 33 เปอร์เซ็นต์ อย่างต่อเนื่อง จากนั้นนำปริมาณฝนที่ลดลงมาประเมินปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติ ในช่วงเวลาดังกล่าว ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติในแต่ละปีแสดงไว้ในภาพที่ 17 ถึง 19 และสรุปผลไว้ดังตารางที่ 18 จากนั้นนำปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติมาใช้ในการคำนวนปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้วและไหลลงสู่บึงบอระเพ็ด โดยใช้ตัวเลขเปอร์เซ็นต์ระหว่างปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดต่อปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้วและไหลลงสู่บึงบอระเพ็ดที่เกิดขึ้นจริงในระหว่างปี พ.ศ.2546-2548 ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 20, 15 และ 29 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 16 เมื่อนำตัวเลขดังกล่าวไปคูณกับปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติที่สมมุติขึ้นเมื่อปริมาณน้ำฝนลดลงร้อยละ 33 จะได้เป็นปริมาณน้ำท่าสมมุติที่ผ่านการใช้น้ำแล้วเท่ากับ 60.51, 53.37 และ 87.39 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้วที่เกิดขึ้นจริงเท่ากับ 103.68, 87.46 และ 149.31 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังนั้น ปริมาณน้ำท่าสมมุติที่ผ่านการใช้น้ำแล้วลดลงจากปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้วที่เกิดขึ้นจริงคิดเป็นร้อยละ 58.36, 61.02 และ 58.53 ตามลำดับ ซึ่งถ้าเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นจริงแล้วจะกระทบต่อการใช้น้ำโดยรอบบึงบอระเพ็ดและระบบนิเวศโดยรวมของบึงบอระเพ็ด ดังนั้น การบริหารจัดการน้ำเพื่อการดำรงอยู่อย่างยั่งยืนของบึงบอระเพ็ดจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดนับว่าสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการในด้านการใช้น้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและของบึงบอระเพ็ดได้อย่างเป็นรูปธรรม

ตารางที่ 18 ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติและปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่บึงบอระเพ็ด เมื่อปริมาณน้ำฝนระหว่างปีพ.ศ.2546-2548 ลดลง 33 เปอร์เซ็นต์

ช่วงเวลา	น้ำท่าตามธรรมชาติ(natural flow) ที่เกิดขึ้นจริง (ล้าน ลบ.ม.)			น้ำท่าตามธรรมชาติสมมุติเมื่อปริมาณน้ำฝนลดลง 33% (ล้าน ลบ.ม.)			ปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติลดลง (%)	Regulated flow จริง (ล้าน ลบ.ม.)	Regulated flow สมมุติเมื่อปริมาณน้ำฝนลดลง 33% (ล้าน ลบ.ม.)	Regulated flow สมมุติ/ Regulated flow จริง (%)
	คลองบอน	คลองท่าตะโก	รวม	คลองบอน	คลองท่าตะโก	รวม				
16/7/03 -6/10/03	140.55	387.46	528.01	82.43	220.11	302.53		103.68		
	(27%)	(73%)	(100%)	(27%)	(73%)	(100%)	42.7	(20%)	60.51	58.36
25/5/04 -8/8/04	97.5	502.95	600.45	53.58	302.21	355.78		87.46		
	(16%)	(84%)	(100%)	(15%)	(85%)	(100%)	40.75	(15%)	53.37	61.02
27/8/05 -6/11/05	120.67	402.95	523.62	66.52	234.82	301.34		149.31		
	(28%)	(72%)	(100%)	(28%)	(72%)	(100%)	42.45	(29%)	87.39	58.53

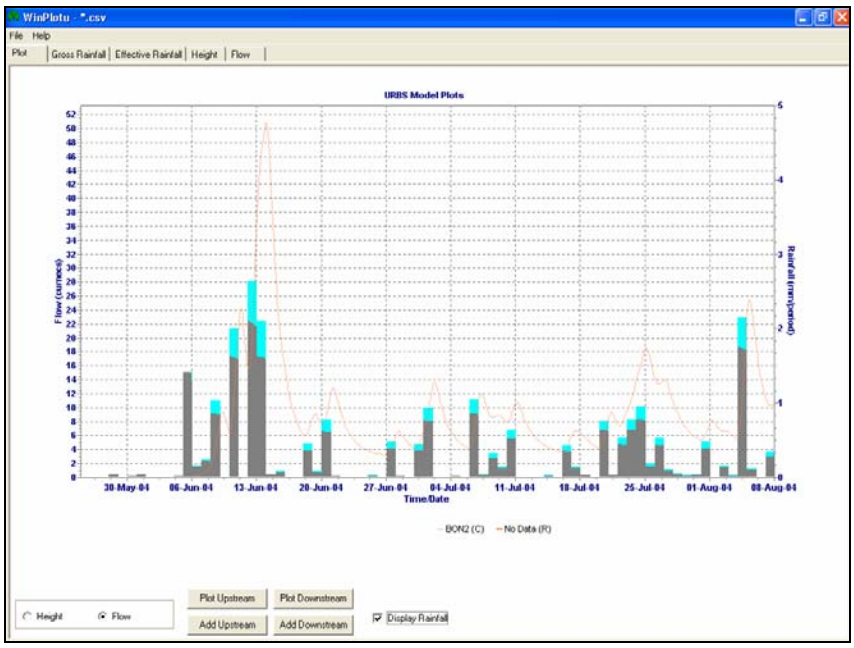


(17 ก) ลุ่มน้ำย่อยคลองบอน

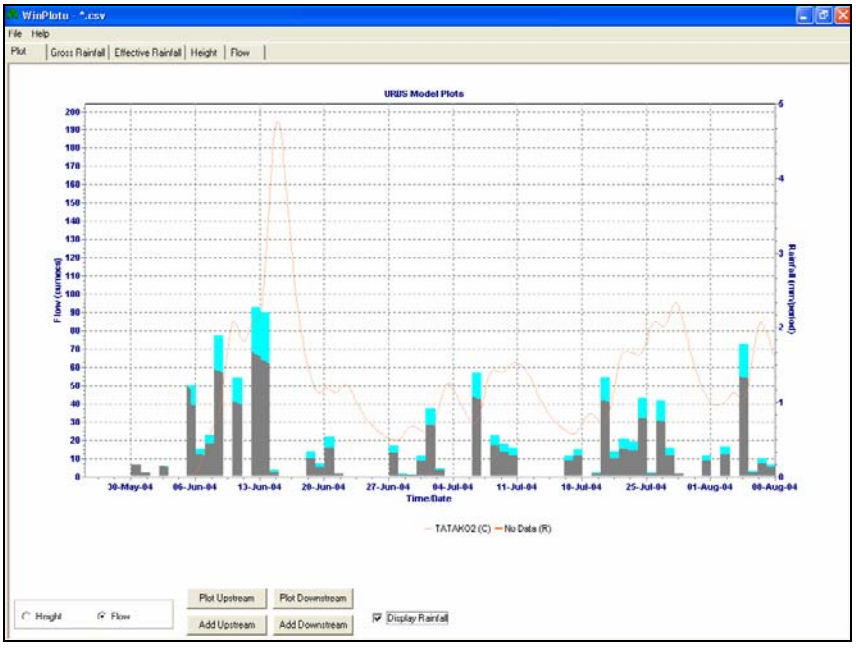


(17 ข) ลุ่มน้ำย่อยคลองท่าตะโก

ภาพที่ 17 กราฟน้ำท่าแบบ Natural Flow และกราฟน้ำฝนระหว่างวันที่ 16 กรกฎาคม ถึง 6 ตุลาคม 2546 เมื่อปริมาณน้ำฝนลดลงจากความเป็นจริงร้อยละ 33

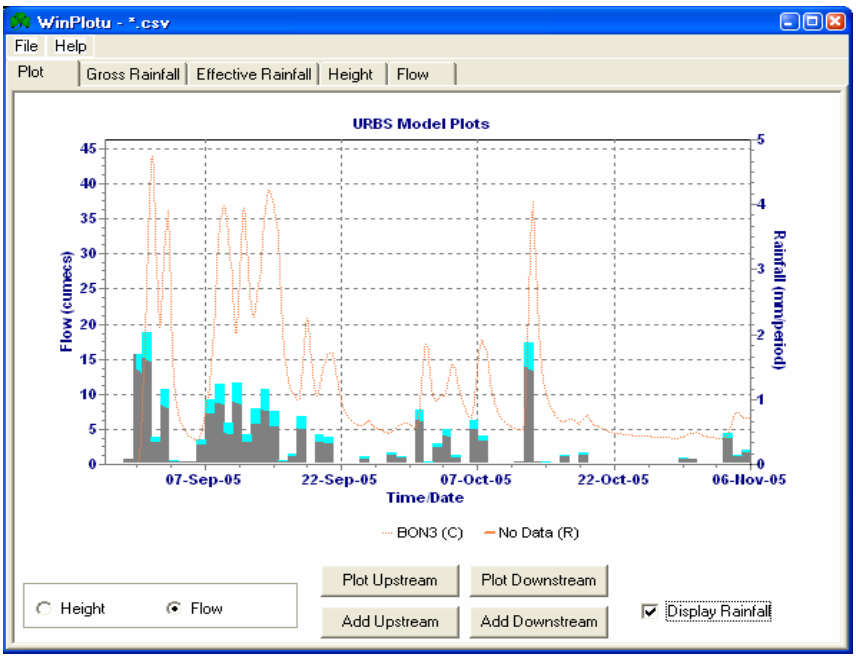


(18 ก) ลุ่มน้ำย่อยคลองบอน

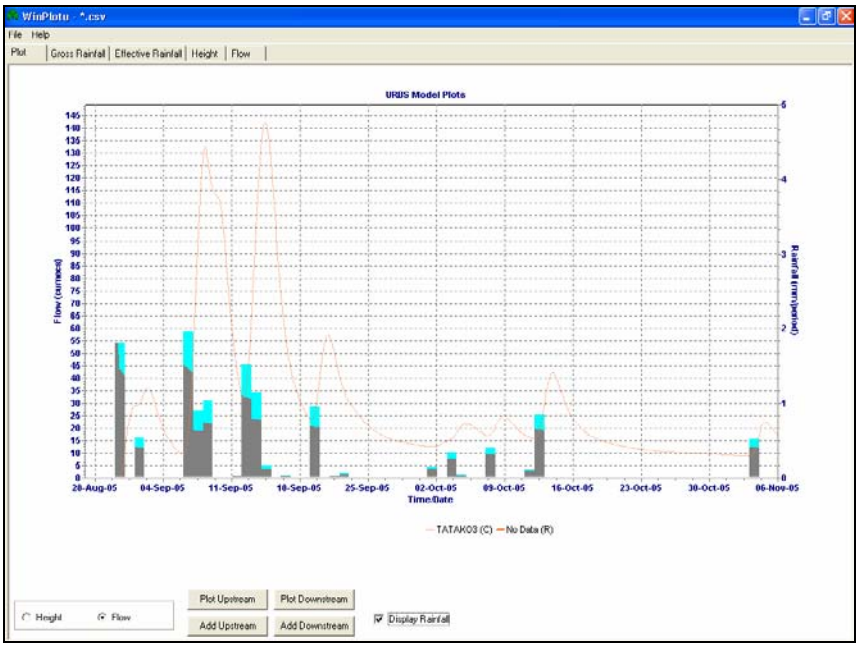


(18 ข) ลุ่มน้ำย่อยคลองท่าตะโก

ภาพที่ 18 กราฟน้ำท่าแบบ Natural Flow และกราฟน้ำฝนระหว่างวันที่ 25 พฤษภาคม ถึง 8 สิงหาคม 2547 เมื่อปริมาณน้ำฝนลดลงจากความเป็นจริงร้อยละ 33



(19 ก) ลุ่มน้ำย่อยคลองบอน



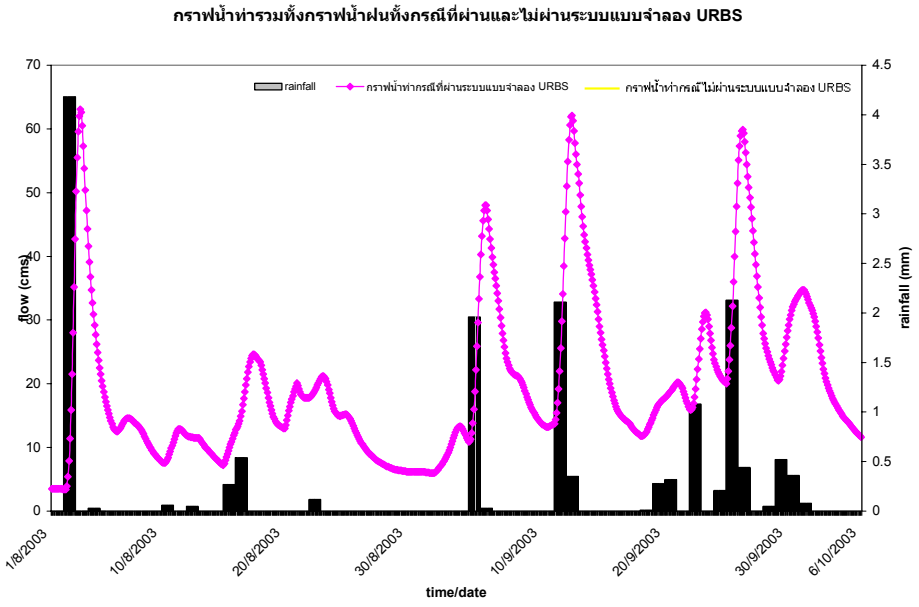
(19 ข) ลุ่มน้ำย่อยคลองท่าตะโก

ภาพที่ 19 กราฟน้ำท่าแบบ Natural Flow และกราฟน้ำฝนระหว่างวันที่ 27 สิงหาคม ถึง 6 พฤศจิกายน 2548 เมื่อปริมาณน้ำฝนลดลงจากความเป็นจริงร้อยละ 33

1.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบแบบจำลอง URBS

วัตถุประสงค์ของการสร้างระบบแบบจำลอง URBS ที่สามารถดำเนินงานแบบจำลองผ่านระบบอินเตอร์เน็ตได้ คือ เพื่อต้องการให้การใช้งานแบบจำลองเป็นไปได้โดยสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ สำหรับขั้นตอนการดำเนินงานแสดงไว้ในหัวข้อ 3.4 เรื่อง Hydrological Model ในส่วนของผลการดำเนินงานของระบบฐานข้อมูล อย่างไรก็ตาม มีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบผลการดำเนินงานในการประเมินน้ำท่าโดยแบบจำลอง URBS ผ่านทางระบบที่สร้างขึ้น เพื่อให้แน่ใจได้ว่าระบบดังกล่าวสามารถนำมาใช้งานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ในการตรวจสอบผลการดำเนินงานของระบบแบบจำลอง URBS ได้ประยุกต์ระบบดังกล่าวเพื่อการประเมินกราฟน้ำท่าระหว่างวันที่ 2 สิงหาคม ถึง 7 ตุลาคม พ.ศ.2546 ผลการประเมินกราฟน้ำท่าทั้งกรณีที่ผ่านและไม่ผ่านระบบแบบจำลอง URBS ดังในภาพที่ 20 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากราฟน้ำท่าในช่วงเวลาดังกล่าวเท่ากันทั้งสองกรณี จึงสรุปได้ว่า ระบบแบบจำลอง URBS ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 20 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าแบบ Natural Flow รวมทั้งกราฟน้ำฝน ทั้งในกรณีที่ผ่านและไม่ผ่านระบบแบบจำลอง URBS ของเหตุการณ์ระหว่างวันที่ 2 สิงหาคม ถึง 7 ตุลาคม พ.ศ.2546

2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

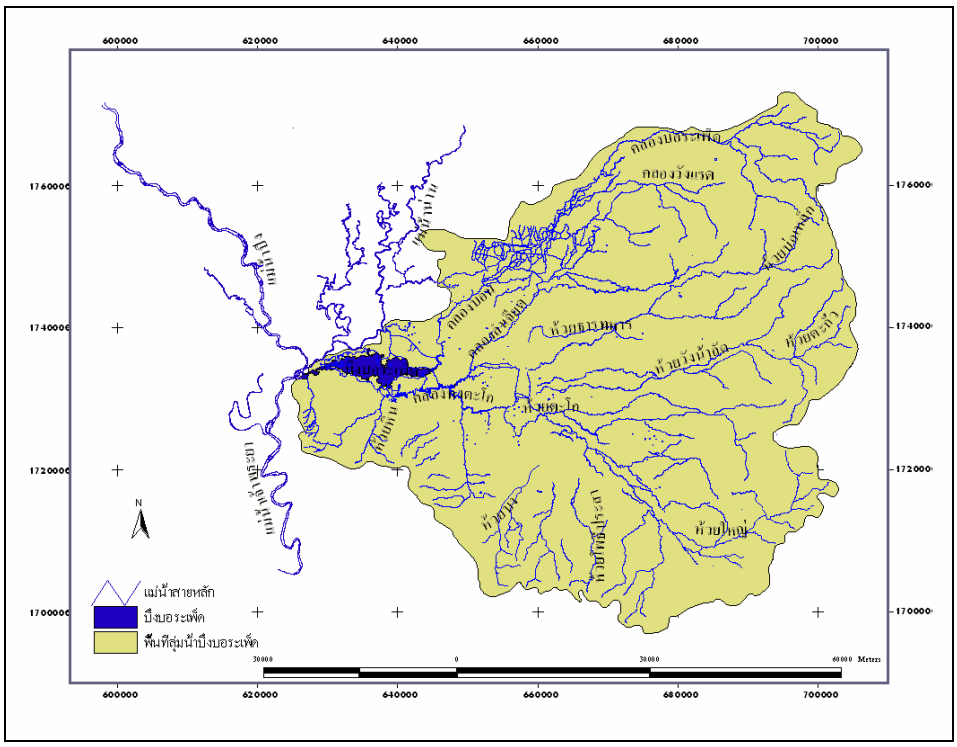
ผลจากการจัดทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยข้อมูลทางกายภาพต่างๆ ของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดดังต่อไปนี้

2.1 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำย่อย

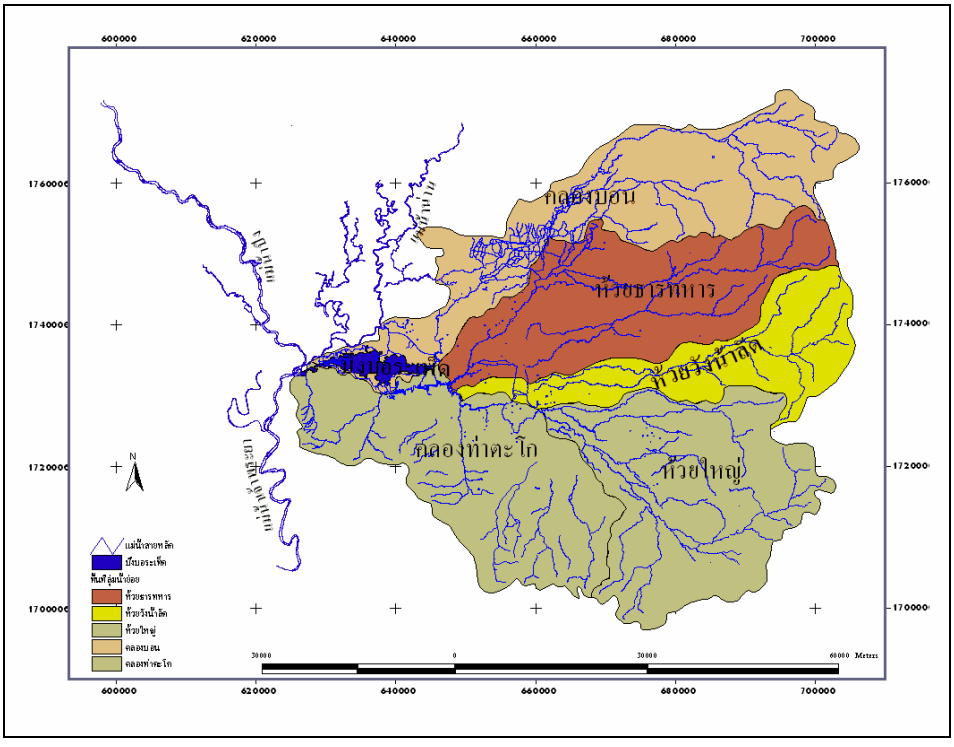
ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดมีขนาดพื้นที่ 4,486 ตารางกิโลเมตร โดยขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำแสดงดังในภาพที่ 21 สำหรับลุ่มน้ำย่อยที่สำคัญประกอบด้วย 5 ลุ่มน้ำย่อย คือ ลุ่มน้ำย่อยคลองบอน ห้วยธารทหาร คลองท่าตะโก ห้วยวังน้ำลัด และลุ่มน้ำย่อยห้วยใหญ่ สำหรับขนาดและขอบเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแสดงดังใน ตารางที่ 19 และภาพที่ 22 ตามลำดับ

ตารางที่ 19 ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

ชื่อลุ่มน้ำย่อย	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)
คลองบอน	1,068
ห้วยใหญ่	1,015
คลองท่าตะโก	980
ห้วยธารทหาร	893
ห้วยวังน้ำลัด	530
รวม	4,486



ภาพที่ 21 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด



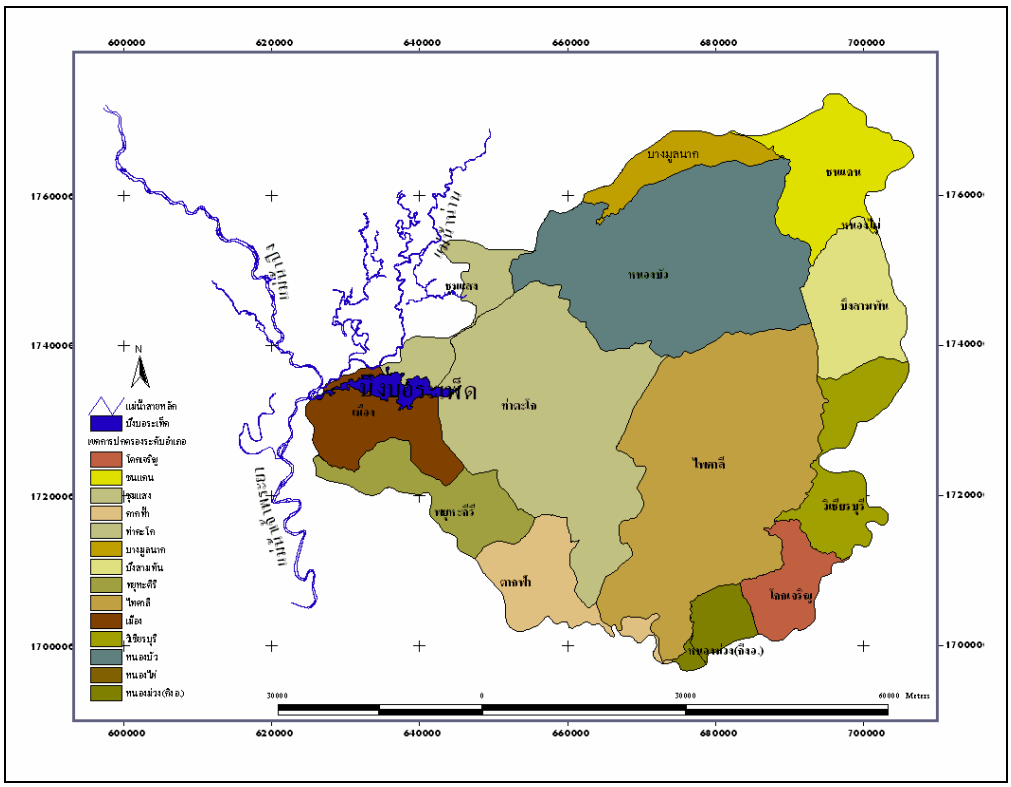
ภาพที่ 22 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

2.2 ขอบเขตการปกครองระดับอำเภอและตำบลในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัด คือ จังหวัดนครสวรรค์ พิจิตร เพชรบูรณ์ และ จังหวัดลพบุรี ซึ่งมีจำนวนอำเภอในแต่ละจังหวัดเท่ากับ 7, 1, 4 และ 2 อำเภอ ตามลำดับ สำหรับขนาดและขอบเขตของแต่ละอำเภอแสดงดังในตารางที่ 20 และภาพที่ 23 ตามลำดับ

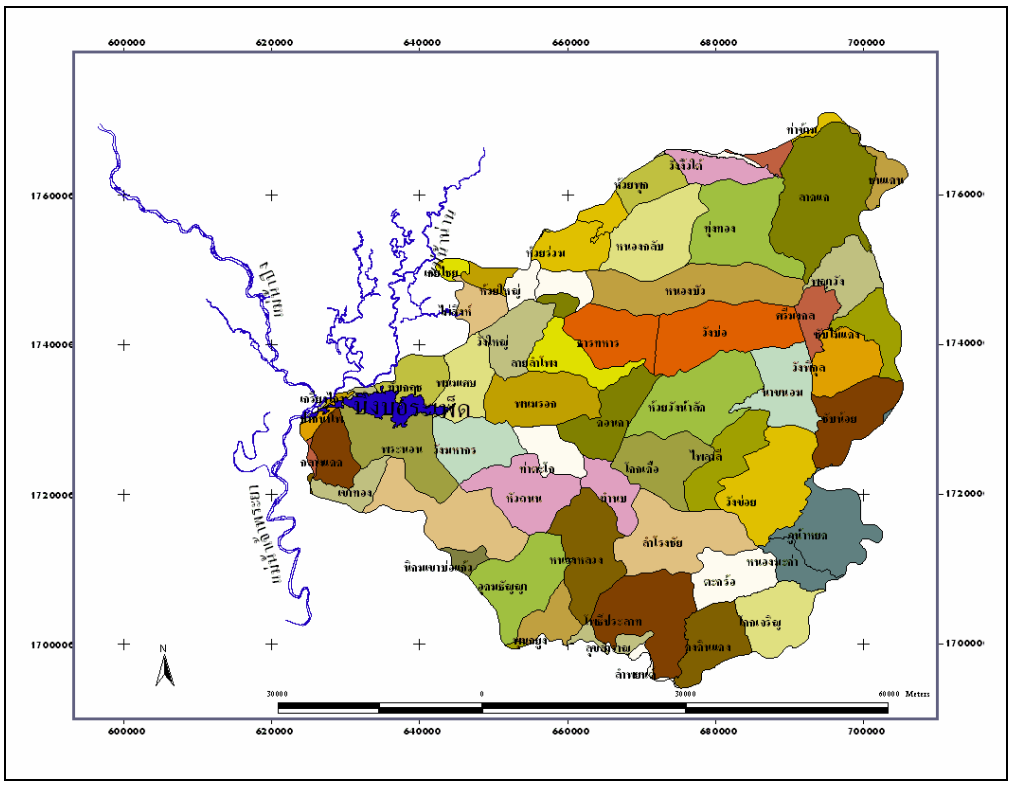
ตารางที่ 20 ขนาดพื้นที่ของแต่ละอำเภอในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

อำเภอ	จังหวัด	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	อำเภอ	จังหวัด	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)
เมือง	นครสวรรค์	168.4	บางมูลนาก	พิจิตร	165.3
หนองบัว	นครสวรรค์	844.4	หนองไผ่	เพชรบูรณ์	0.2
ชุมแสง	นครสวรรค์	232.8	บึงสามพัน	เพชรบูรณ์	253.9
ท่าตะโก	นครสวรรค์	834.3	วิเชียรบุรี	เพชรบูรณ์	194.1
ไพศาลี	นครสวรรค์	980.1	ชนแดน	เพชรบูรณ์	282.9
พยุหะคีรี	นครสวรรค์	225.5	โคกเจริญ	ลพบุรี	106.7
ตากฟ้า	นครสวรรค์	172.6	หนองม่วง(กิ่งอ.)	ลพบุรี	36.8



ภาพที่ 23 ขอบเขตพื้นที่ของแต่ละอำเภอในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดครอบคลุมพื้นที่ 71 ตำบล ซึ่งตั้งอยู่ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ พิจิตร เพชรบูรณ์ และ จังหวัดลพบุรี โดยมีจำนวนตำบลในแต่ละจังหวัดเท่ากับ 47, 7, 14 และ 3 ตำบล ตามลำดับ สำหรับขอบเขตของแต่ละตำบลแสดงดังในภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ขอบเขตพื้นที่ของแต่ละตำบลในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

2.3 เส้นลำน้ำหลักและลำน้ำสาขาภายในและภายนอกพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

ลำน้ำสาขาหลักของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดประกอบด้วย คลองบอน และคลองท่าตะโก ห้วยธารทหาร ห้วยวังน้ำลัด และห้วยใหญ่ ซึ่งมีความยาวเท่ากับ 132.77, 61.77, 95.88, 82.49 และ 73.12 กิโลเมตร ตามลำดับ สำหรับแม่น้ำที่อยู่โดยรอบลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ประกอบด้วย แม่น้ำปิง ยม น่าน และ แม่น้ำเจ้าพระยา โดยเส้นลำน้ำทั้งในและโดยรอบลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดแสดงดังไว้แล้วในภาพที่ 21

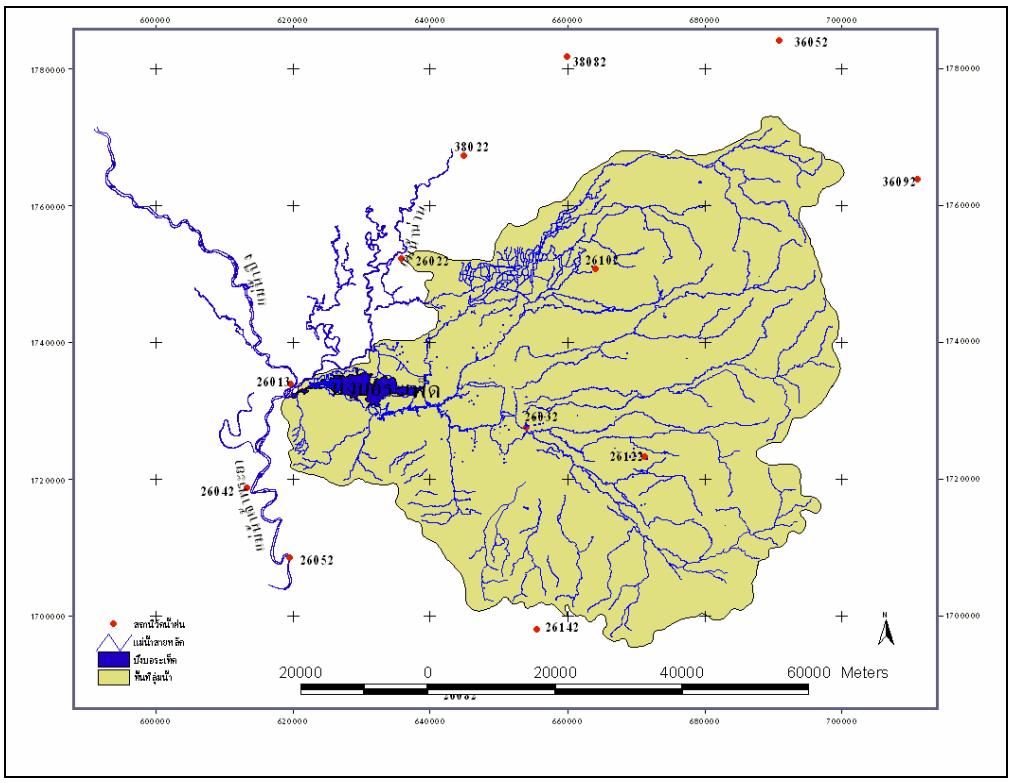
2.4 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

สถานีตรวจอากาศในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ โดยมีรหัสสถานี คือ 26013 สำหรับตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศแสดงดังในภาพที่ 25 ในส่วนของสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียงมีทั้งหมด 14 สถานี ซึ่งสถานีเหล่านี้ตั้งอยู่ในจังหวัดพิจิตร เพชรบูรณ์ และ นครสวรรค์ และมีจำนวนสถานีในแต่ละจังหวัด

เท่ากับ 2, 2 และ 10 สถานี ตามลำดับ โดยตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละสถานีแสดงดังตารางที่ 21 และภาพที่ 25 สำหรับลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดนั้นไม่มีสถานีวัดน้ำท่าตั้งอยู่ ดังนั้นจึงแสดงสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำใกล้เคียงซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 15 สถานี สถานีเหล่านี้ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำปิง น่าน สะแกกรัง และลุ่มน้ำเจ้าพระยา และมีจำนวนสถานีในแต่ละลุ่มน้ำเท่ากับ 2, 5, 7 และ 1 สถานี ตามลำดับ โดยตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละสถานีแสดงดังตารางที่ 22 และภาพที่ 26

ตารางที่ 21 ตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง

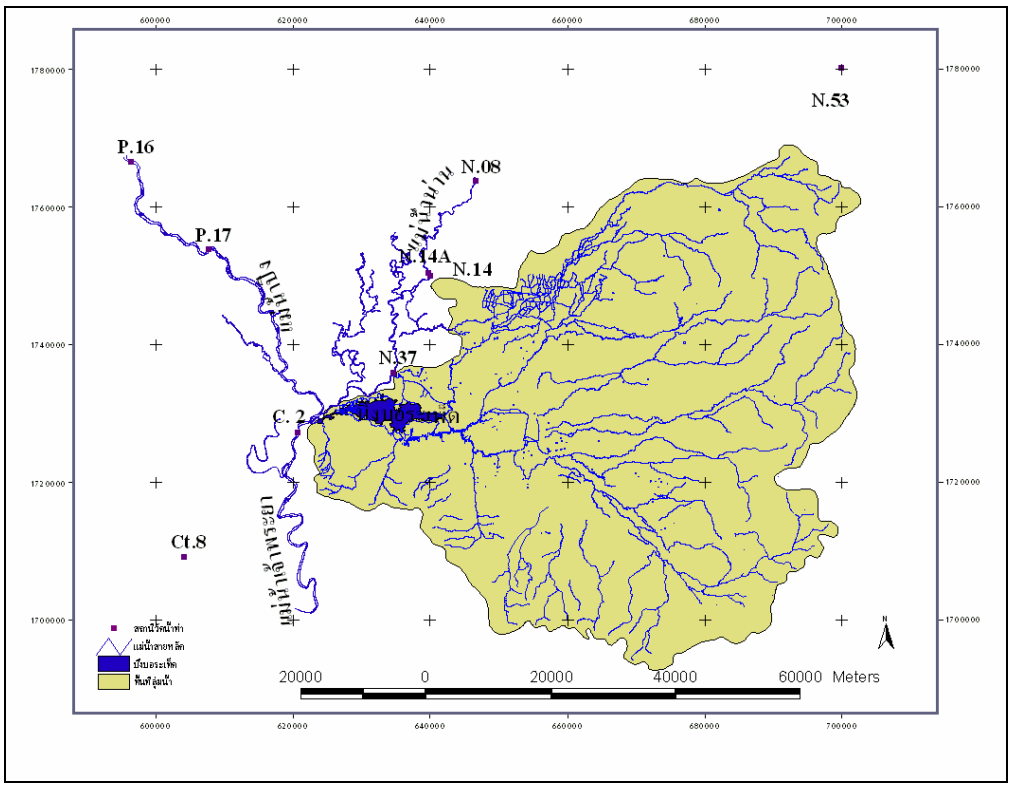
ลำดับที่	รหัสสถานี	ตำแหน่งที่ตั้ง	ลำดับที่	รหัสสถานี	ตำแหน่งที่ตั้ง
1	38022	อ.บางมูลนาก จ.พิจิตร	8	26042	โกรกพระ จ.นครสวรรค์
2	38082	อ.ทับคล้อ จ.พิจิตร	9	26052	พยุหคีรี จ.นครสวรรค์
3	36052	อ.ชนแดน จ.เพชรบูรณ์	10	26082	ตาคลี จ.นครสวรรค์
4	36092	อ.หนองไผ่ จ.เพชรบูรณ์	11	26102	หนองบัว จ.นครสวรรค์
5	26013	อ.เมือง จ.นครสวรรค์	12	26122	ไพศาลี จ.นครสวรรค์
6	26022	อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์	13	26142	สถานีวัดอากาศเกษตร ตากฟ้า จ.นครสวรรค์
7	26032	อ.ท่าตะโก จ.นครสวรรค์	14	26292	เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์



ภาพที่ 25 ตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง

ตารางที่ 22 ตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำใกล้เคียงกับลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

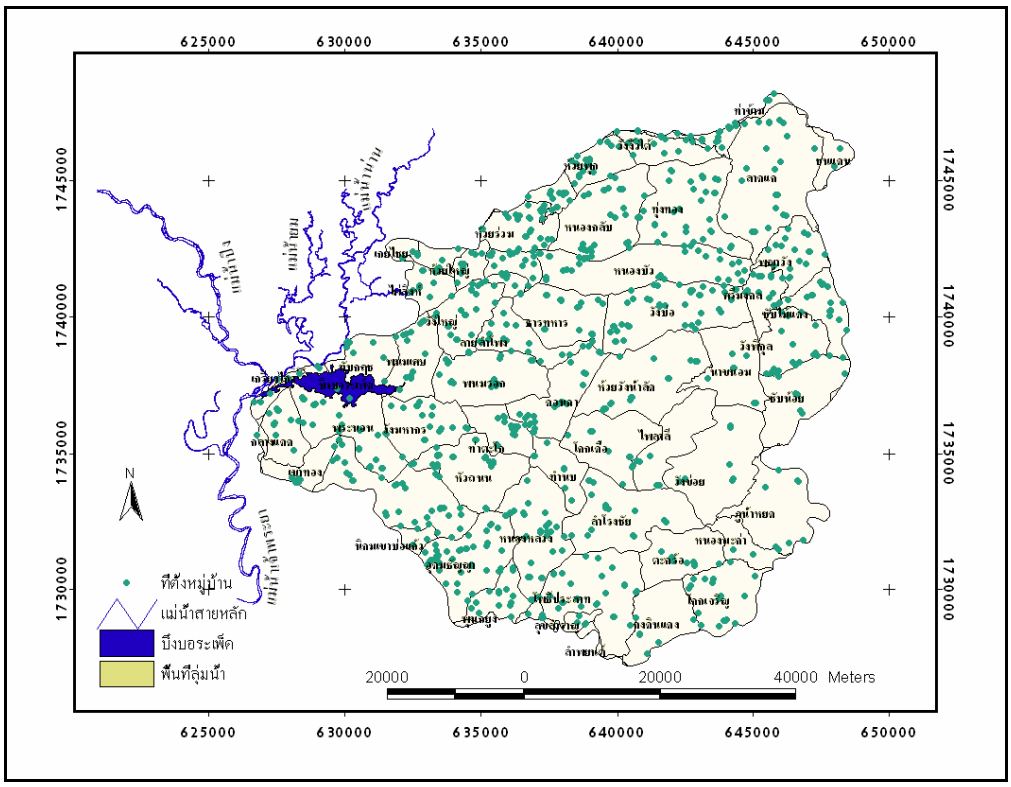
ลำดับที่	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	ลำดับที่	รหัสสถานี	ชื่อสถานี
1	P.16	แม่น้ำปิงที่ อ.ขาณุวรลักษณ์บุรี	9	Ct 5 A	น้ำแม่วงที่ อ.ขาณุวรลักษณ์บุรี
2	P.17	แม่น้ำปิงที่ อ.บรรพตพิสัย	10	Ct 5 B	น้ำแม่วงที่ อ.ลาดยาว
3	N.08	แม่น้ำน่านที่ อ.บางมูลนาก	11	Ct 6	ห้วยทับเสลาที่ อ.บ้านไร่
4	N.14	แม่น้ำน่านที่ อ.ชุมแสง	12	Ct 7	คลองโพธิ์ที่ อ.ลาดยาว
5	N.14A	แม่น้ำน่านที่ อ.ชุมแสง	13	Ct.8	น้ำแม่วงที่ อ.ทับทัน
6	N.37	แม่น้ำน่านที่ อ.ชุมแสง	14	Ct 9	ห้วยทับเสลาที่ อ.ลานสัก
7	N.53	แม่น้ำน่านที่ อ.ชนแดน	15	C. 2	แม่น้ำเจ้าพระยาที่ อ.เมือง
8	Ct 4	น้ำวังม้าที่ อ.ลาดยาว			นครสวรรค์



ภาพที่ 26 ตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำใกล้เคียงกับลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

2.5 ตำแหน่งที่ตั้งหมู่บ้าน

ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดครอบคลุมพื้นที่ 71 ตำบล และมีจำนวนหมู่บ้านทั้งสิ้น 935 หมู่บ้าน กระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ สำหรับตำแหน่งที่ตั้งของหมู่บ้านของแต่ละตำบลในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดแสดงดังในภาพที่ 27



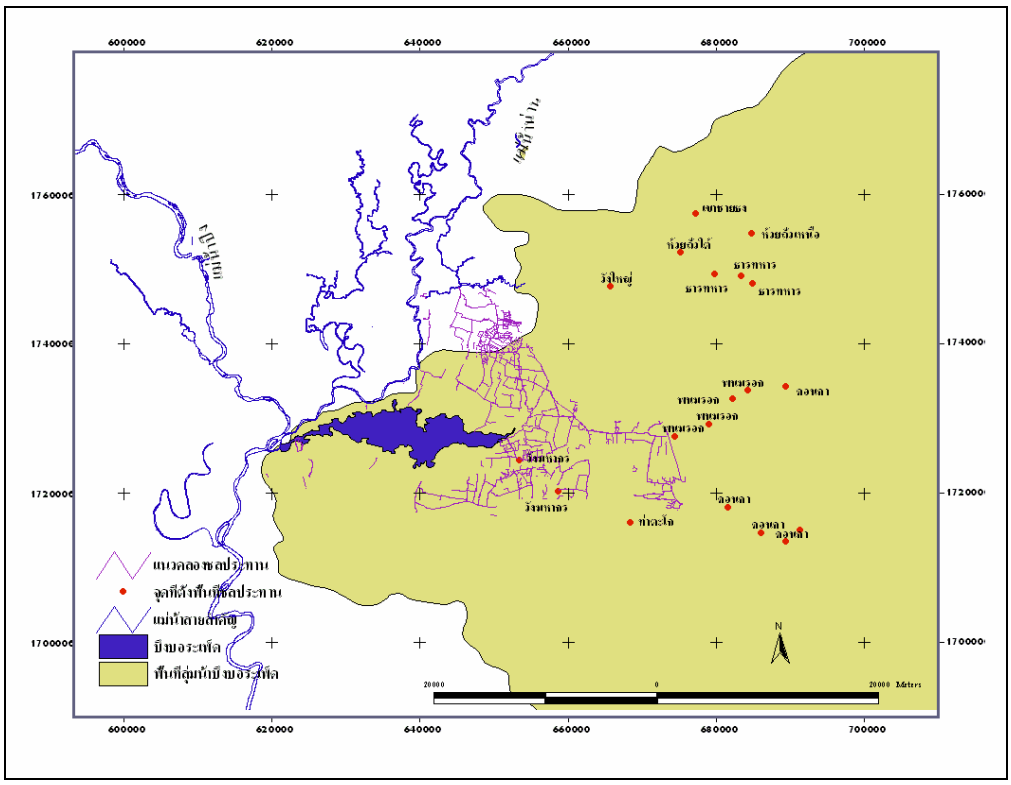
ภาพที่ 27 ตำแหน่งที่ตั้งของหมู่บ้านในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

2.6 ตำแหน่งที่ตั้งโครงการชลประทานขนาดเล็ก

โครงการชลประทานขนาดเล็กในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดมีอยู่ในเขตอำเภอท่าตะโกและอำเภอหนองบัว จำนวน 12 และ 7 โครงการ ตามลำดับ โดยตำแหน่งที่ตั้งของโครงการชลประทานขนาดเล็กแสดงดังตารางที่ 23 และตำแหน่งที่ตั้งของโครงการฯ รวมทั้งคลองชลประทานแสดงดังภาพที่ 28

ตารางที่ 23 ตำแหน่งที่ตั้งโครงการชลประทานขนาดเล็กที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

	พิกัด			ตำแหน่งที่ตั้ง		
จุดที่	ตะวันออก	เหนือ	ระดับ	บ้าน	ตำบล	อำเภอ
1	643800	1733400	25.8	วังมหากร	วังมหากร	ท่าตะโก
2	647300	1730600	26	ช่องแกระ	วังมหากร	ท่าตะโก
3	653800	1727800	29.5	ไดตามุ่ย	ท่าตะโก	ท่าตะโก
4	664700	1753800	35.5	ป่ารัง	ห้วยถั่วเหนือ	หนองบัว
5	652000	1749000	27.9	หนองสองห้อง	วังใหญ่	หนองบัว
6	658300	1752100	29.5	ห้วยถั่วใต้	ห้วยถั่วใต้	หนองบัว
7	659700	1755600	31.3	เกาะแก้ว	เขาชายธง	หนองบัว
8	661400	1750100	28.65	ห้วยวารีใต้	ธารทหาร	หนองบัว
9	663800	1750000	30.65	โคกมะกอก	ธารทหาร	หนองบัว
10	664800	1749300	34	ป่าเรไร	ธารทหาร	หนองบัว
11	657800	1735600	30.2	พนมรอก	พนมรอก	ท่าตะโก
12	660900	1736700	31.6		พนมรอก	ท่าตะโก
13	663000	1739000	32.8	หนองเบน	พนมรอก	ท่าตะโก
14	664400	1739700	35.09	หนองตีนเต่า	พนมรอก	ท่าตะโก
15	667800	1740100	44.5	หนองสะเอ้ง	ดอนคา	ท่าตะโก
16	662600	1729200	35	วังแรง	ดอนคา	ท่าตะโก
17	665600	1726900	36	วังตะแบก	ดอนคา	ท่าตะโก
18	667800	1726100	40		ดอนคา	ท่าตะโก
19	669100	1727100	42		ดอนคา	ท่าตะโก



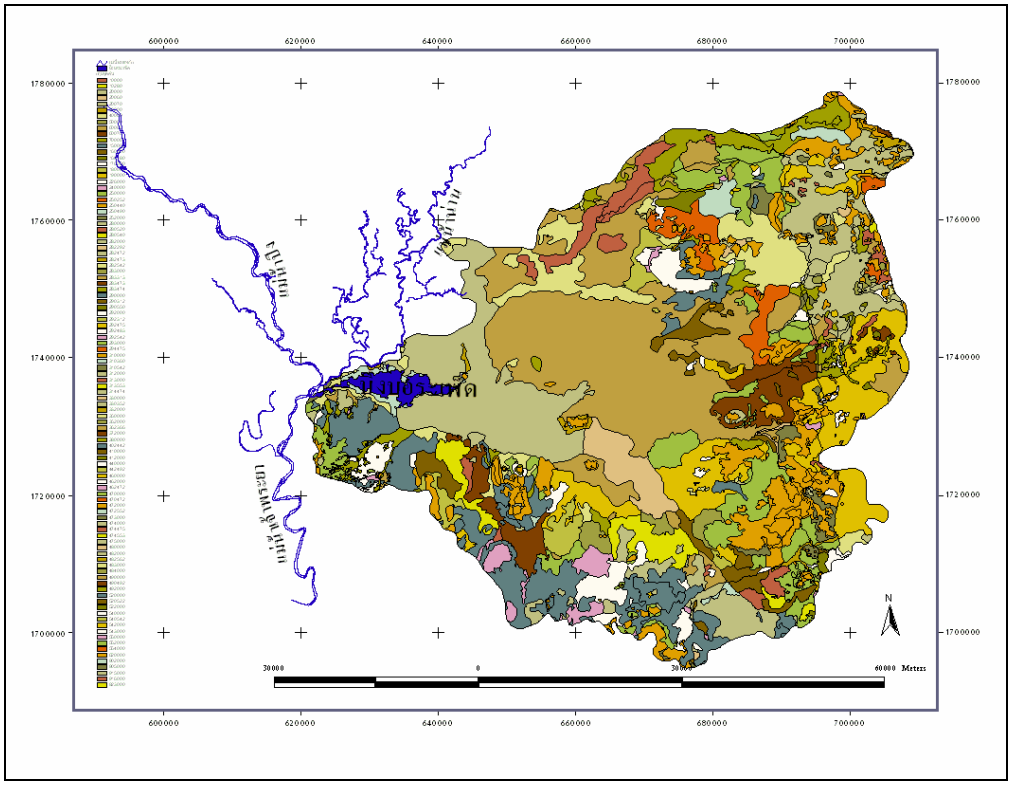
ภาพที่ 28 ตำแหน่งที่ตั้งโครงการชลประทานขนาดเล็ก และคลองชลประทานที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

2.7 ชนิดดินและการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดมีกลุ่มชุดดินหลักจำนวน 5 กลุ่มคือ กลุ่มชุดดินที่ 2, 6, 25, 28 และ 54 โดยพื้นที่ของกลุ่มดินแต่ละกลุ่มคิดเป็น 9.45, 17.83, 6.20, 10.52 และ 7.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วยังมีกลุ่มชุดดินย่อยๆ อีกจำนวน 32 กลุ่ม คิดเป็นพื้นที่เท่ากับ 48.97 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 24) สำหรับขอบเขตของกลุ่มชุดดินต่างๆ ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดแสดงดังในภาพที่ 29

ตารางที่ 24 ขนาดพื้นที่และเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มชุดดินในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

สัญลักษณ์	หน่วยดินที่	คำอธิบาย	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	เปอร์เซ็นต์
20000	2	กลุ่มชุดดินที่_2	425	9.45
60000	6	กลุ่มชุดดินที่_6	802	17.83
250000	25	กลุ่มชุดดินที่_25	279	6.20
280000	28	กลุ่มชุดดินที่_28	473	10.52
540000	54	กลุ่มชุดดินที่_54	316	7.03
	อื่นๆ		2,191	48.97
	รวม		4,486	100

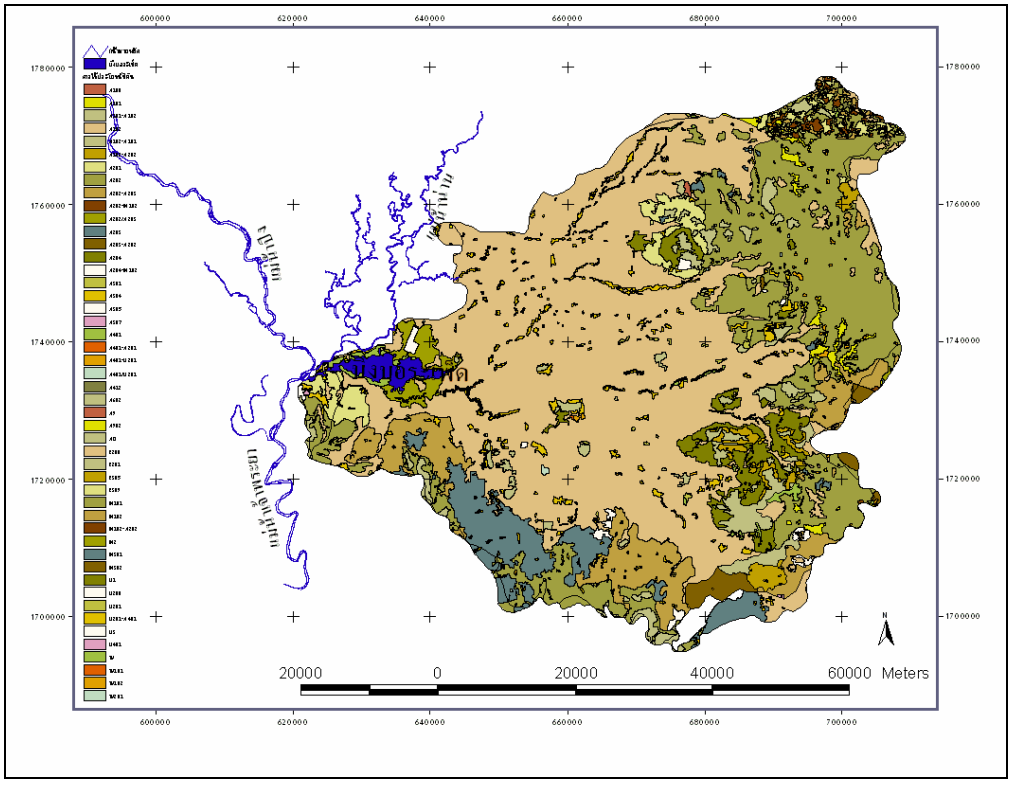


ภาพที่ 29 กลุ่มชุดดินต่างๆ ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่มีจำนวน 5 ส่วนหลัก คือ นาดำ-นาหว่าน ข้าวโพด-อ้อย ป่าเบญจพรรณ-สัก มันสำปะหลัง และหมู่บ้านบนพื้นที่ราบ-ไม้ผลผสม โดยพื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินคิดเป็น 46.77, 29.03, 5.58, 2.93 และ 2.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับขอบเขตของการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ แสดงดังตารางที่ 25 และแสดงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินดังภาพที่ 30

ตารางที่ 25 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

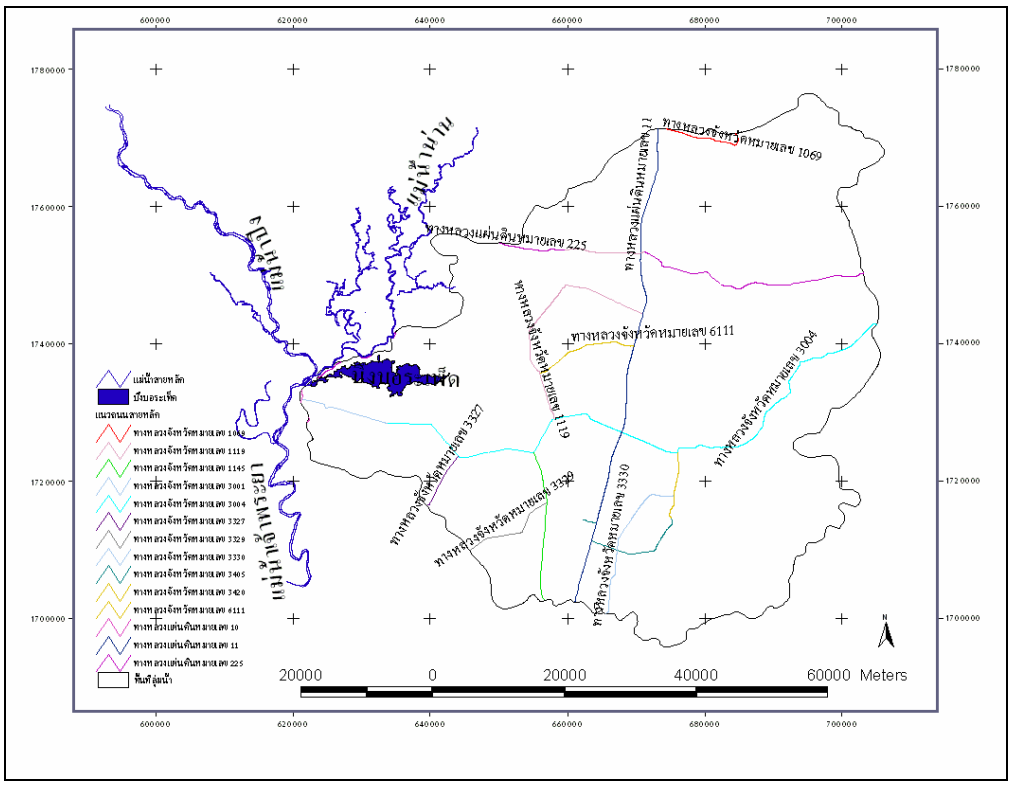
สัญลักษณ์	คำอธิบาย	พื้นที่ (ตร.กม.)	เปอร์เซ็นต์
A101-A102	นาดำ-นาหว่าน	2098.30	46.77
A202-A203	ข้าวโพด-อ้อย	1302.51	29.03
F201-F305	ป่าเบญจพรรณ-สัก	250.10	5.58
A204	มันสำปะหลัง	131.27	2.93
U201-A401	หมู่บ้านบนพื้นที่ราบ-ไม้ผลผสม	117.75	2.62
	อื่นๆ	586.07	13.07



ภาพที่ 30 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

2.8 ถนนสายหลักในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

ถนนสายหลักในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดที่แสดงในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย ทางหลวงแผ่นดิน และทางหลวงจังหวัด จำนวน 2 และ 7 สาย ตามลำดับ โดยทางหลวงแผ่นดินประกอบด้วยทางหลวงหมายเลข 11 และ 225 ส่วนทางหลวงจังหวัดประกอบด้วยทางหลวงหมายเลข 1119, 1069, 3004, 3327, 3330, 3339 และ 6111 โดยแนวทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงจังหวัดแสดงดังในภาพที่ 31



ภาพที่ 31 แนวทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงจังหวัดในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

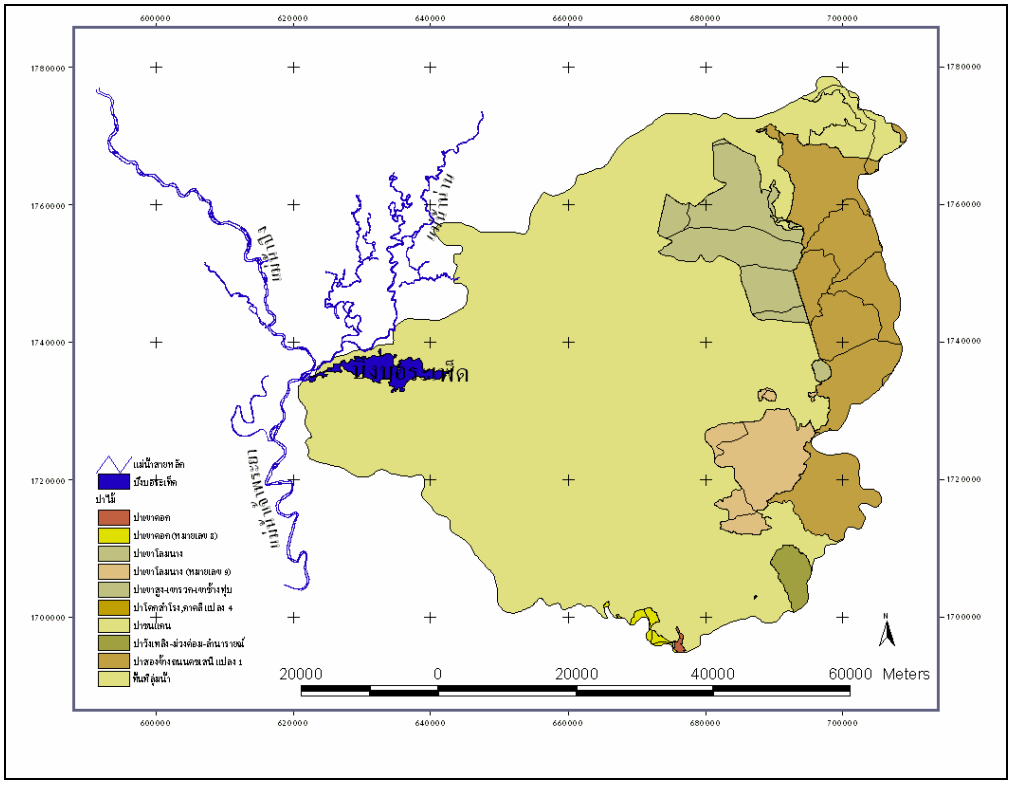
2.9 ขอบเขตพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดคิดเป็น 25.83 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ซึ่งป่าไม้ที่มีอยู่มากในเขตอำเภอหนองบัว บึงสามพัน วิเชียรบุรี ไพศาลี และอำเภอชนแดน โดยมีพื้นที่ป่าไม้คิดเป็น 5.98, 5.35, 4.50, 3.88 2.78 และ 3.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่ตั้งและขนาด

พื้นที่ของป่าไม้ประเภทต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 26 และขอบเขตพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดแสดงดังในภาพที่ 32

ตารางที่ 26 ที่ตั้งและขนาดพื้นที่ของป่าไม้ประเภทต่างๆ

ชื่อป่าไม้	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่ (ตร.กม.)	เปอร์เซ็นต์
ป่าเขาสูง-เขารวก-เขาช้างฟุบ	หนองบัว	นครสวรรค์	269	5.98
ป่าสองข้างถนนคชเสนี แปลง 1	บึงสามพัน	เพชรบูรณ์	240	5.35
ป่าสองข้างถนนคชเสนี แปลง 1	วิเชียรบุรี	เพชรบูรณ์	202	4.50
ป่าเขาโลมนาง (หมายเลข 9)	ไพศาลี	นครสวรรค์	175	3.88
ป่าสองข้างถนนคชเสนี แปลง 1	ชนแดน	เพชรบูรณ์	125	2.78
	อื่นๆ		147.8	3.34
	รวม		1,158.8	25.83



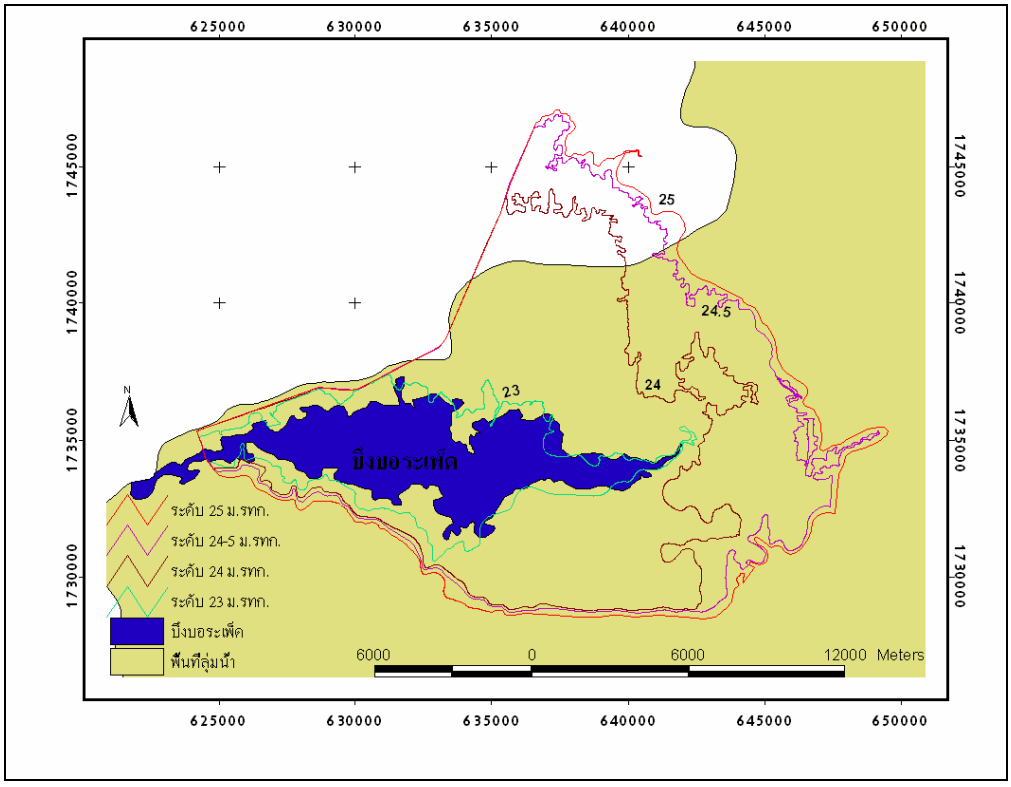
ภาพที่ 32 ขอบเขตพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

2.10 ขอบเขตบึงบอระเพ็ด

บึงบอระเพ็ดตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอชุมแสง และอำเภอท่าตะโก ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ โดยมีขนาดพื้นที่ผิวน้ำที่ระดับสันฝายเท่ากับ 41.18 ตารางกิโลเมตร โดยขอบเขตของบึงบอระเพ็ดแสดงไว้แล้วในภาพที่ 21

2.11 เส้นชั้นความสูงในบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง

บึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียงมีระดับความสูงระหว่าง 23 ถึง 25 เมตร (รทก.) โดยเส้นชั้นความสูงที่ระดับ 23, 24, 24.5 และ 25 เมตร (รทก.) แสดงดังในภาพที่ 33



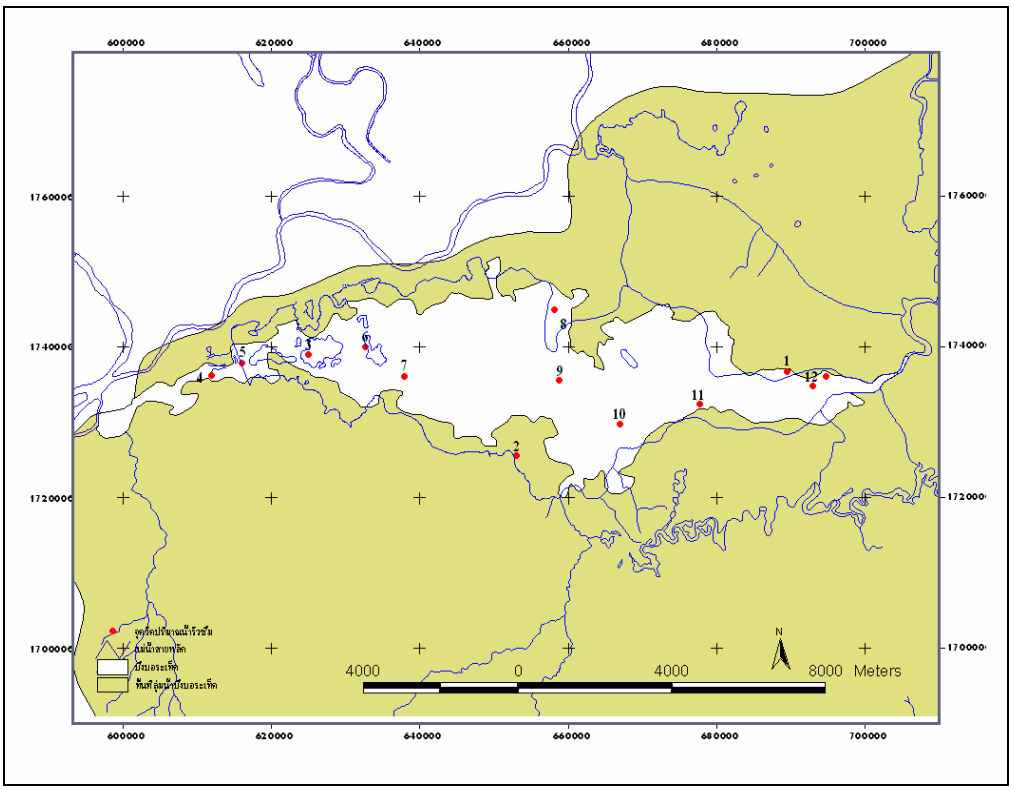
ภาพที่ 33 เส้นชั้นความสูงในบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง

2.12 ตำแหน่งวัดปริมาณน้ำรั่วซึมในบึงบอระเพ็ด

ปริมาณน้ำรั่วซึมในบึงบอระเพ็ดที่ได้ทำการวัดเพื่อประกอบการศึกษาสมดุลน้ำรายวันที่ดำเนินการภายใต้โครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” มีจำนวนทั้งสิ้น 13 จุด กระจายทั่วพื้นที่บึงบอระเพ็ด โดยในแต่ละจุดได้ติดตั้งท่อ PVC เพื่อวัดปริมาณน้ำรั่วซึม โดยตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำรั่วซึมแสดงดังตารางที่ 27 และ ภาพที่ 34

ตารางที่ 27 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำรั่วซึมในบึงบอระเพ็ด

ลำดับที่	พิกัด		ลำดับที่	พิกัด	
	ตะวันออก	เหนือ		ตะวันออก	เหนือ
1	640246	1735994	8	634199	1737563
2	633206	1733813	9	634334	1735764
3	627837	1736415	10	635909	1734631
4	625305	1735890	11	637968	1735143
5	626108	1736188	12	640903	1735605
6	629315	1736610	13	641267	1735857
7	630314	1735870			



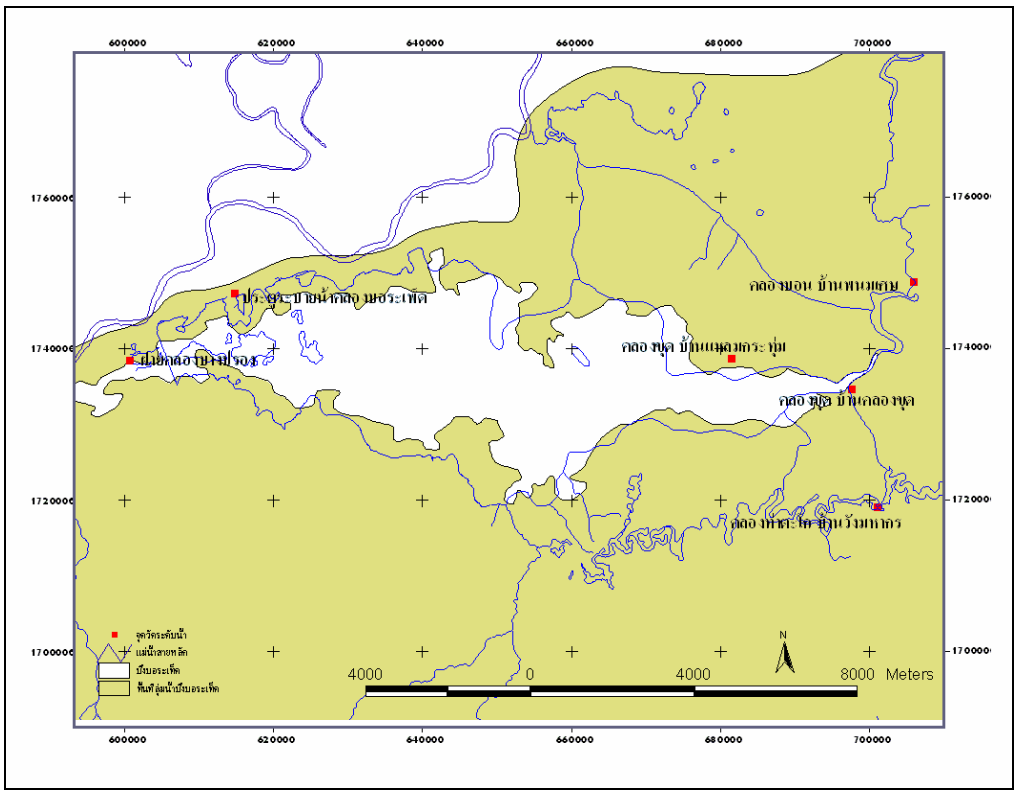
ภาพที่ 34 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำรั่วซึมในบึงบอระเพ็ด

2.13 ตำแหน่งติดตั้ง Staff Gage เพื่อวัดระดับน้ำบริเวณโดยรอบบึงบอระเพ็ด

การวัดระดับน้ำที่คลองบอนและคลองท่าตะโกเพื่อประกอบการศึกษาสมดุลน้ำรายวันที่ดำเนินการภายใต้โครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” มีจำนวนทั้งสิ้น 6 จุด โดยในแต่ละจุดได้ติดตั้ง Staff Gage เพื่อวัดระดับน้ำ สำหรับตำแหน่งที่ตั้ง Staff Gage แสดงดังตารางที่ 28 และ ภาพที่ 35 โดยในลำดับที่ 1 ถึง 4 ในตารางที่ 28 นั้นดำเนินการติดตั้งและตรวจวัดภายใต้โครงการวิจัยข้างต้น และในลำดับที่ 5 ติดตั้งและตรวจวัดโดยกรมประมง

ตารางที่ 28 ตำแหน่งที่ตั้ง Staff Gage บริเวณโดยรอบบึงบอระเพ็ด

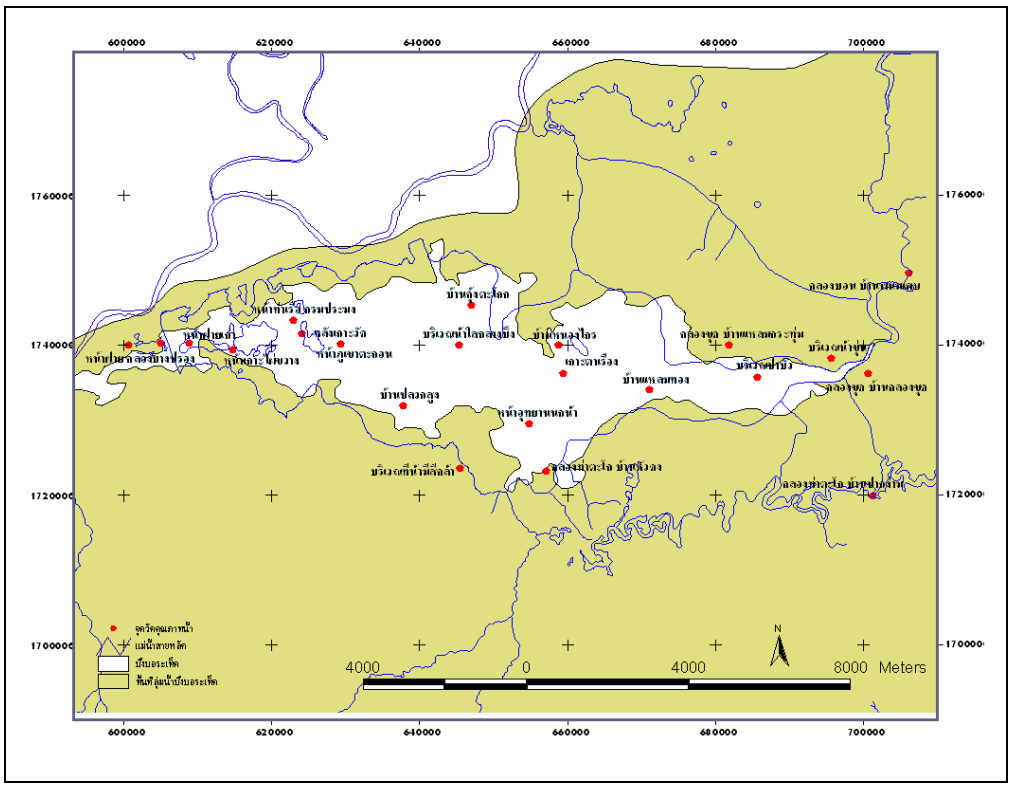
ลำดับที่	พิกัด ตะวันออก	เหนือ	ตำแหน่งที่ตั้ง
1	643372	1732663	คลองท่าตะโก บ้านวังมหากร
2	644256	1738106	คลองบอน บ้านพนมเศษ
3	642752	1735541	คลองขุด บ้านคลองขุด
4	627698	1737825	ประตูระบายน้ำคลองบอระเพ็ด
5	639822	1736253	คลองขุด บ้านแหลมกระทุ่ม



ภาพที่ 35 ตำแหน่งที่ตั้ง Staff Gage บริเวณโดยรอบบึงบอระเพ็ด

2.14 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำในบึงบอระเพ็ด

การเก็บตัวอย่างน้ำในบึงบอระเพ็ด เพื่อประกอบการศึกษาด้านคุณภาพน้ำในบึงบอระเพ็ดที่ดำเนินการภายใต้โครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” มีจำนวนทั้งสิ้น 23 จุด โดยตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำแสดงดังภาพที่ 36 และ ตารางที่ 29



ภาพที่ 36 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำในบึงบอระเพ็ด

ตารางที่ 29 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำในบึงบอระเพ็ด

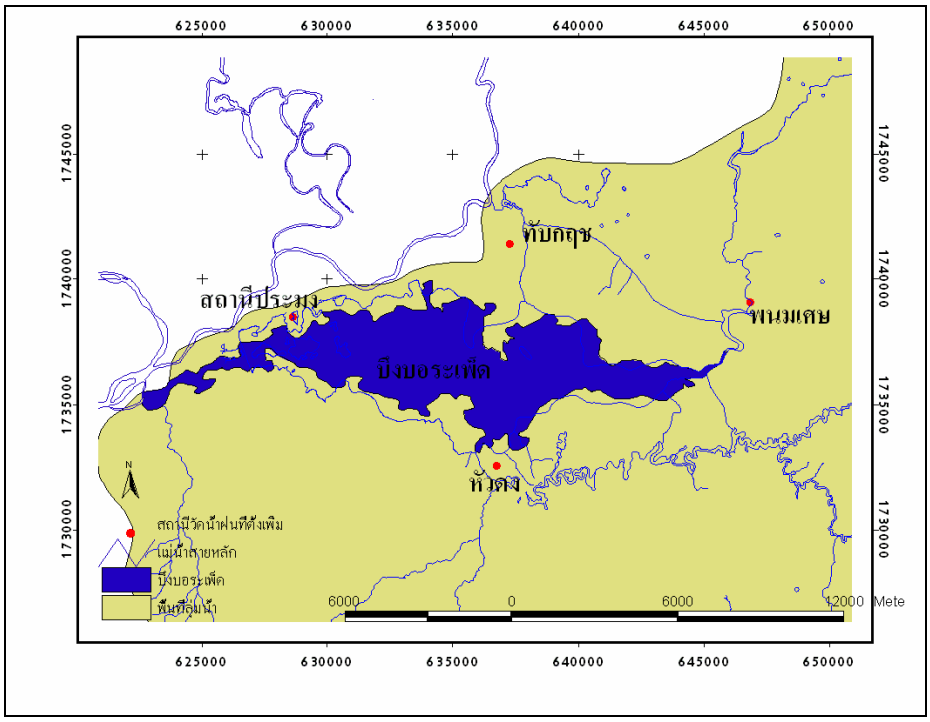
ลำดับที่	พิกัด ตะวันออก	พิกัด เหนือ	ตำแหน่งที่ตั้ง
1	644256	1738126	คลองบอน บ้านพนมเศษ
2	643372	1732663	คลองท่าตะโก บ้านวังมหากร
3	643372	1732663	คลองท่าตะโก บ้านปากง่าม
4	635302	1733263	คลองท่าตะโก บ้านหัวดง
5	639815	1736342	คลองขุด บ้านแหลมกระทุ่ม
6	643252	1735653	คลองขุด บ้านคลองขุด
7	625038	1736338	หน้าฝาย คลองบางปรอง
8	625825	1736395	ระหว่างฝายเก่าและฝายใหม่
9	626533	1736380	หน้าฝายเก่า
10	627606	1736217	หน้าเกาะไผ่ขวาง
11	629100	1736955	หน้าท่าเรือ กรมประมง
12	629315	1736610	หน้าภูเขาตะกอน
13	630276	1736362	หลังเกาะวัด
14	633184	1736349	บริเวณน้ำใสกลางบึง
15	633498	1737324	บ้านคุ้งตะโกก
16	631818	1734882	บ้านปลวกสูง
17	635738	1735675	เกาะตาเรือง
18	635626	1736332	บ้านหนองไกร
19	634890	1734426	หน้าอุทยานนกน้ำ
20	637853	1735257	บ้านแหลมทอง
21	640527	1735578	บริเวณป่าบัว
22	642336	1736024	บริเวณน้ำขุ่น
23	633206	1731333	บริเวณที่น้ำมีสีคล้ำ

2.14 ตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝนที่ติดตั้งเพิ่มบริเวณใกล้เคียงบึงบอระเพ็ด

สถานีวัดน้ำฝนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดมีทั้งสิ้น 3 สถานี ซึ่งอยู่ห่างจากบึงบอระเพ็ด ดังนั้น การศึกษาสมดุลน้ำภายใต้โครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” จึงได้ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝนเพิ่มจำนวนทั้งสิ้น 4 จุด เพื่อให้การประเมินปริมาณน้ำฝนที่ตกลงสู่บึงบอระเพ็ดโดยตรงมีความถูกต้องมากขึ้น โดยแต่ละจุดได้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝน โดยตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวแสดงดังตารางที่ 30 และภาพที่ 37

ตารางที่ 30 ตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝนในบริเวณใกล้เคียงบึงบอระเพ็ด

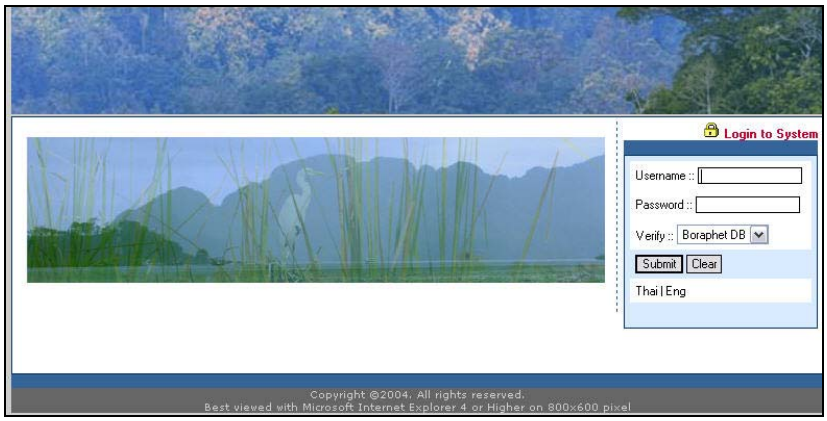
ลำดับที่	ที่ตั้ง	พิกัด	
		ตะวันออก	เหนือ
1	หัวดง	635102	1732251
2	สถานีประมง	627785	1737591
3	ทับกฤช	635571	1740233
4	พนมเศษ	644256	1738126



ภาพที่ 37 ตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝนในบริเวณโดยรอบบึงบอระเพ็ด

3. ระบบฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นภายใต้โครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” สามารถดำเนินงานผ่านเวปไซต์ชื่อ http://158.108.38.229/bb/index.php โดยการเข้าสู่เวปไซต์ดังกล่าวจำเป็นต้องใส่ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านทุกครั้งที่มีการเข้าสู่ฐานข้อมูล เพื่อเหตุผลในด้านความปลอดภัยของระบบฐานข้อมูล โดยหน้าต่างการป้อนรหัสของผู้ใช้งานแสดงดังภาพที่ 38

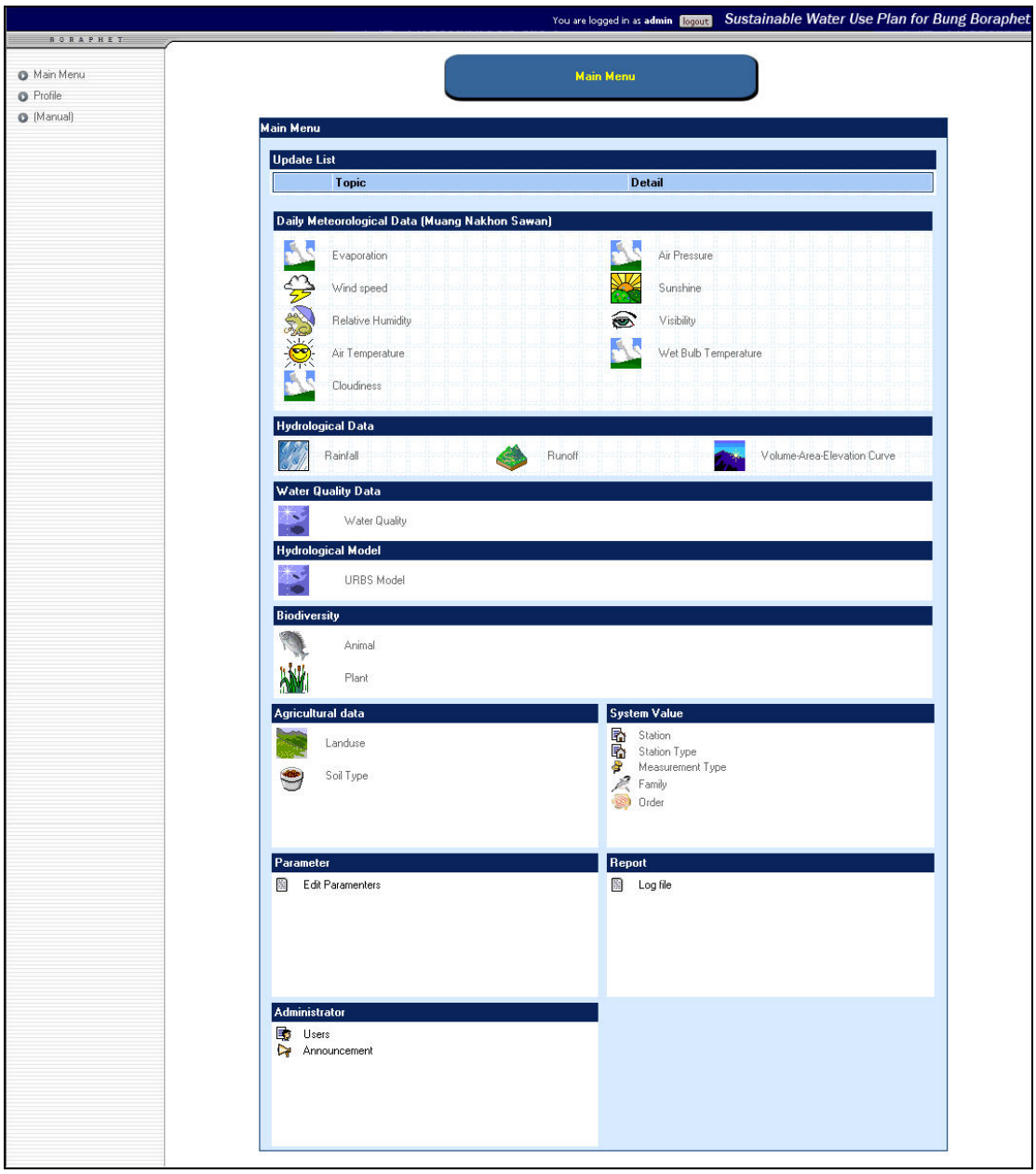


ภาพที่ 38 การเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลผ่านเวปไซต์ http://158.108.38.229/bb/index.php

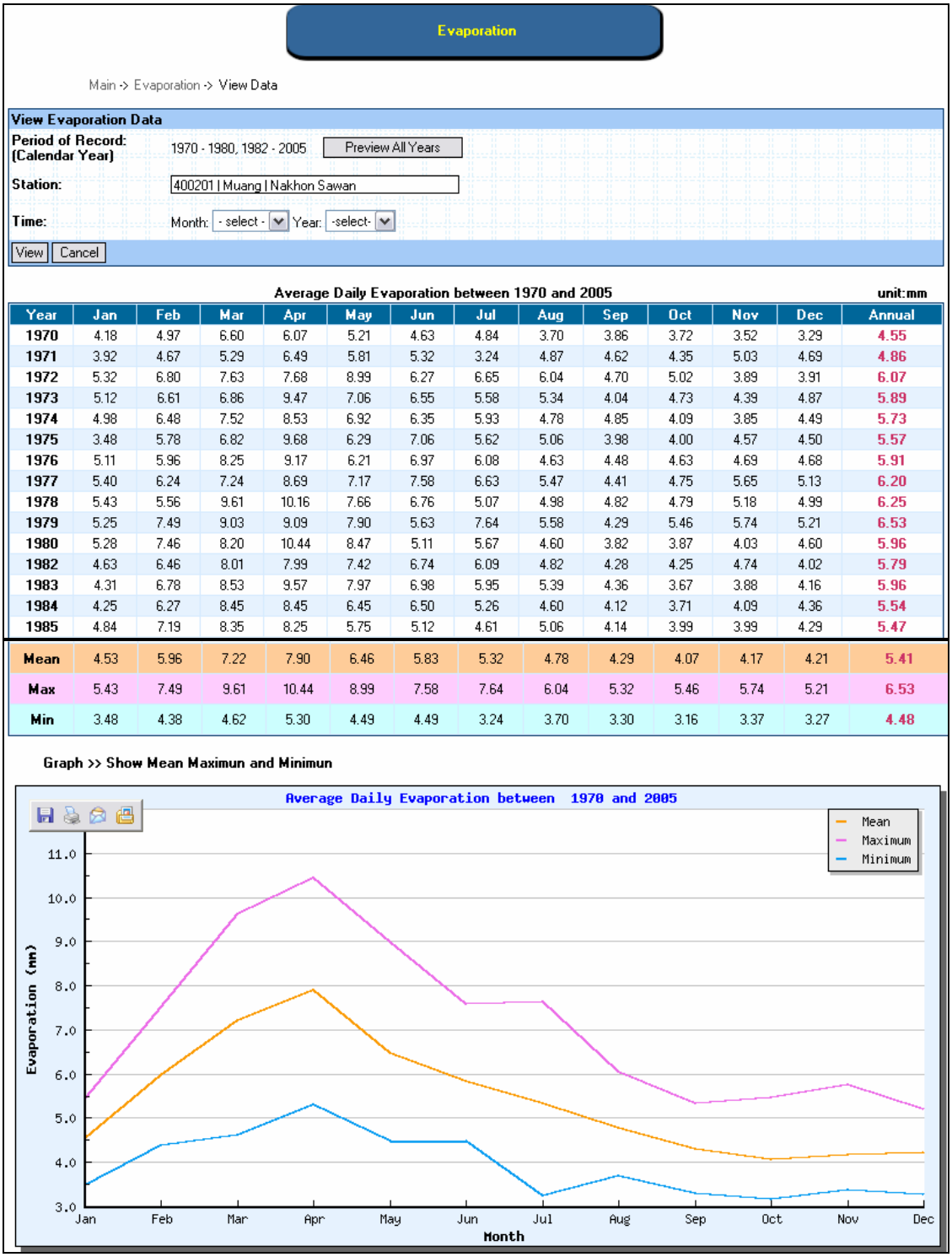
เมื่อเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลแล้วหน้าต่างการทำงานจะเปลี่ยนไปดังภาพที่ 39 ซึ่งทำการจัดเก็บข้อมูลตามกลุ่มของข้อมูลโดยแยกเป็น 6 กลุ่มข้อมูล อันประกอบด้วย 1) Meteorologicall Data, 2) Hydrological Data, 3) Water Quality Data, 4) Hydrological Model, 5) Biodiversity Data และ 6) Agricultural Data ซึ่งในแต่ละเมนูย่อยนั้นสามารถเรียกดู แก้ไข และเพิ่มข้อมูลได้โดยการคลิกเข้าไปในเมนูย่อยที่ต้องศึกษาได้ โดยตัวอย่างของหน้าจอและรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละกลุ่มข้อมูลมีดังต่อไปนี้

3.1 Meteorological Data

ในส่วนนี้ได้จัดเก็บข้อมูลรายวันของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลรายวัน รายเดือน และรายปี ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย ความเร็วลมเฉลี่ย เมฆปกคลุม และความกดอากาศ โดยตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลของข้อมูลแสดงไว้ในภาพที่ 40



ภาพที่ 39 เมนูต่างๆ ภายในเวปไซด์



Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1970	4.18	4.97	6.60	6.07	5.21	4.63	4.84	3.70	3.86	3.72	3.52	3.29	4.55
1971	3.92	4.67	5.29	6.49	5.81	5.32	3.24	4.87	4.62	4.35	5.03	4.69	4.86
1972	5.32	6.80	7.63	7.68	8.99	6.27	6.65	6.04	4.70	5.02	3.89	3.91	6.07
1973	5.12	6.61	6.86	9.47	7.06	6.55	5.58	5.34	4.04	4.73	4.39	4.87	5.89
1974	4.98	6.48	7.52	8.53	6.92	6.35	5.93	4.78	4.85	4.09	3.85	4.49	5.73
1975	3.48	5.78	6.82	9.68	6.29	7.06	5.62	5.06	3.98	4.00	4.57	4.50	5.57
1976	5.11	5.96	8.25	9.17	6.21	6.97	6.08	4.63	4.48	4.63	4.69	4.68	5.91
1977	5.40	6.24	7.24	8.69	7.17	7.58	6.63	5.47	4.41	4.75	5.65	5.13	6.20
1978	5.43	5.56	9.61	10.16	7.66	6.76	5.07	4.98	4.82	4.79	5.18	4.99	6.25
1979	5.25	7.49	9.03	9.09	7.90	5.63	7.64	5.58	4.29	5.46	5.74	5.21	6.53
1980	5.28	7.46	8.20	10.44	8.47	5.11	5.67	4.60	3.82	3.87	4.03	4.60	5.96
1982	4.63	6.46	8.01	7.99	7.42	6.74	6.09	4.82	4.28	4.25	4.74	4.02	5.79
1983	4.31	6.78	8.53	9.57	7.97	6.98	5.95	5.39	4.36	3.67	3.88	4.16	5.96
1984	4.25	6.27	8.45	8.45	6.45	6.50	5.26	4.60	4.12	3.71	4.09	4.36	5.54
1985	4.84	7.19	8.35	8.25	5.75	5.12	4.61	5.06	4.14	3.99	3.99	4.29	5.47
Mean	4.53	5.96	7.22	7.90	6.46	5.83	5.32	4.78	4.29	4.07	4.17	4.21	5.41
Max	5.43	7.49	9.61	10.44	8.99	7.58	7.64	6.04	5.32	5.46	5.74	5.21	6.53
Min	3.48	4.38	4.62	5.30	4.49	4.49	3.24	3.70	3.30	3.16	3.37	3.27	4.48

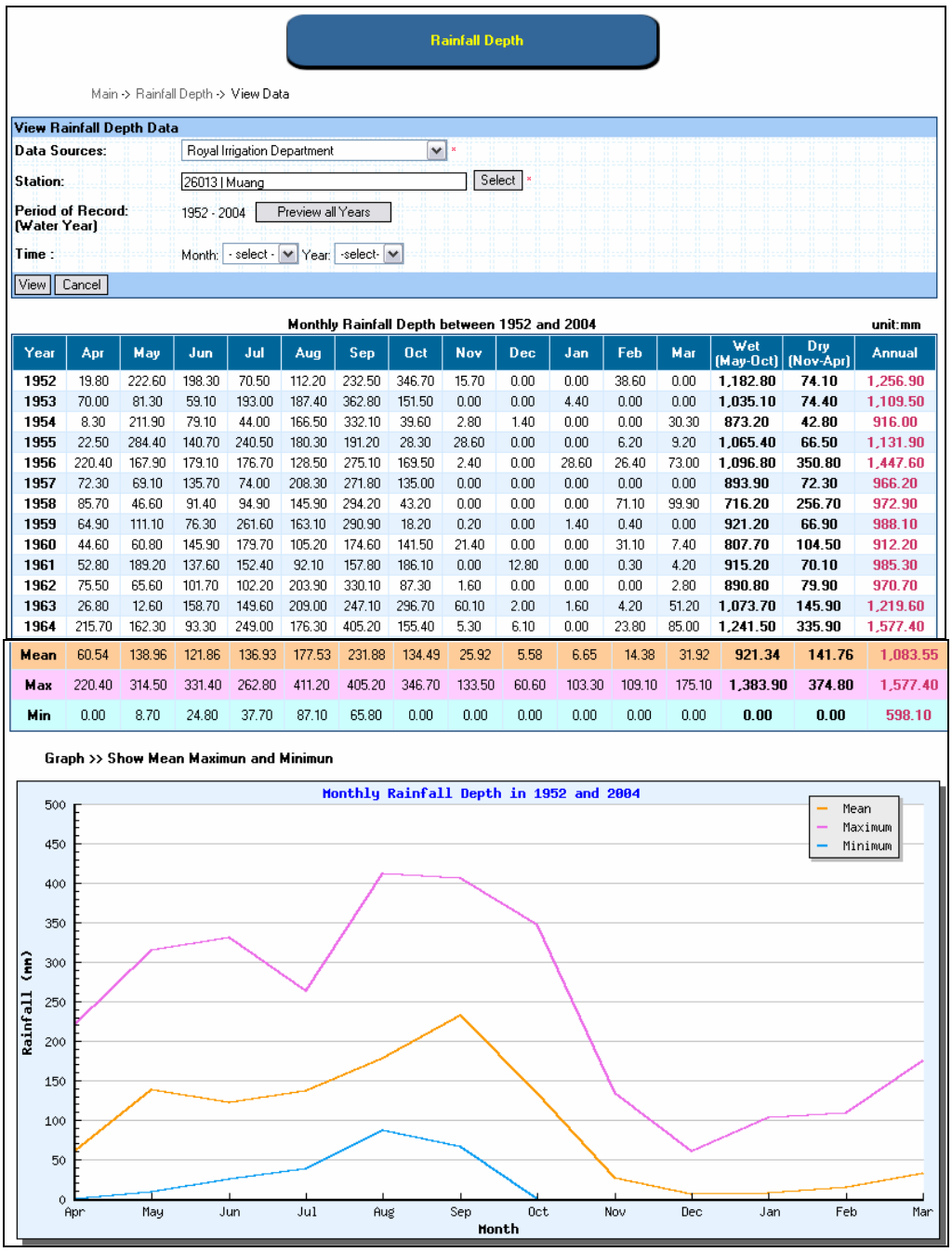
ภาพที่ 40 ตัวอย่างการแสดงผลของ Meteorologicall Data

3.2 Hydrological Data

ในส่วนนี้ได้จัดเก็บข้อมูลปริมาณฝนที่สถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำและบริเวณใกล้เคียงที่ดำเนินการโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ปริมาณน้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่าที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ลุ่มน้ำ และ Volume Area Elevation curve ของบึงบอระเพ็ด ซึ่งดำเนินการโดยกรมชลประทาน นอกจากนั้นแล้ว ยังได้เก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนและระดับน้ำที่ติดตั้งภายใต้โครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” ในการเลือกดูข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่าเหล่านี้สามารถเข้าดูได้โดยผ่านแผนที่ GIS ที่ได้กำหนดตำแหน่งสถานีเหล่านั้น โดยสามารถคลิกเข้าไปตามตำแหน่งของสถานีที่ต้องการดูข้อมูลได้ จากนั้นจะเข้าถึงสถานีที่เลือกและสามารถเลือกดูข้อมูลทั้งรายวัน รายเดือน และรายปี รวมทั้งกราฟแสดงข้อมูลดังกล่าวและกราฟแสดงค่าเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด สำหรับตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลของข้อมูลแสดงไว้ในภาพที่ 41

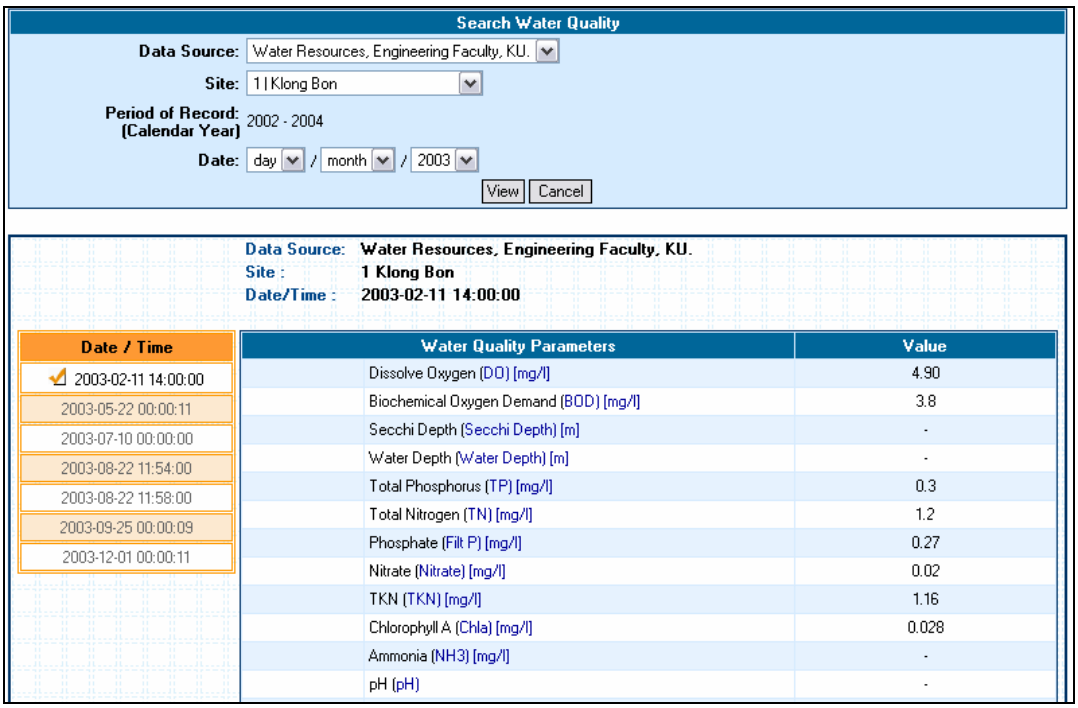
3.3 Water Quality Data

ในส่วนนี้ได้จัดเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำของบึงบอระเพ็ดและที่คลองสาขาหลักของบึงบอระเพ็ดทั้งที่ดำเนินการตรวจวัดภายใต้โครงการ “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” และดำเนินการตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งได้ทำการรวบรวมพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำในบึงบึงบอระเพ็ด โดยตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลของข้อมูลแสดงไว้ในภาพที่ 42



Year	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Wet (May-Oct)	Dry (Nov-Apr)	Annual
1952	19.80	222.60	198.30	70.50	112.20	232.50	346.70	15.70	0.00	0.00	38.60	0.00	1,182.80	74.10	1,256.90
1953	70.00	81.30	59.10	193.00	187.40	362.80	151.50	0.00	0.00	4.40	0.00	0.00	1,035.10	74.40	1,109.50
1954	8.30	211.90	79.10	44.00	166.50	332.10	39.60	2.80	1.40	0.00	0.00	30.30	873.20	42.80	916.00
1955	22.50	284.40	140.70	240.50	180.30	191.20	28.30	28.60	0.00	0.00	6.20	9.20	1,065.40	66.50	1,131.90
1956	220.40	167.90	179.10	176.70	128.50	275.10	169.50	2.40	0.00	28.60	26.40	73.00	1,096.80	350.80	1,447.60
1957	72.30	69.10	135.70	74.00	208.30	271.80	135.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	893.90	72.30	966.20
1958	85.70	46.60	91.40	94.90	145.90	294.20	43.20	0.00	0.00	0.00	71.10	99.90	716.20	256.70	972.90
1959	64.90	111.10	76.30	261.60	163.10	290.90	18.20	0.20	0.00	1.40	0.40	0.00	921.20	66.90	988.10
1960	44.60	60.80	145.90	179.70	105.20	174.60	141.50	21.40	0.00	0.00	31.10	7.40	807.70	104.50	912.20
1961	52.80	189.20	137.60	152.40	92.10	157.80	186.10	0.00	12.80	0.00	0.30	4.20	915.20	70.10	985.30
1962	75.50	65.60	101.70	102.20	203.90	330.10	87.30	1.60	0.00	0.00	0.00	2.80	890.80	79.90	970.70
1963	26.80	12.60	158.70	149.60	209.00	247.10	296.70	60.10	2.00	1.60	4.20	51.20	1,073.70	145.90	1,219.60
1964	215.70	162.30	93.30	249.00	176.30	405.20	155.40	5.30	6.10	0.00	23.80	85.00	1,241.50	335.90	1,577.40
Mean	60.54	138.96	121.86	136.93	177.53	231.88	134.49	25.92	5.58	6.65	14.38	31.92	921.34	141.76	1,083.55
Max	220.40	314.50	331.40	262.80	411.20	405.20	346.70	133.50	60.60	103.30	109.10	175.10	1,383.90	374.80	1,577.40
Min	0.00	8.70	24.80	37.70	87.10	65.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	598.10

ภาพที่ 41 ตัวอย่างการแสดงผลของ Hydrological Data



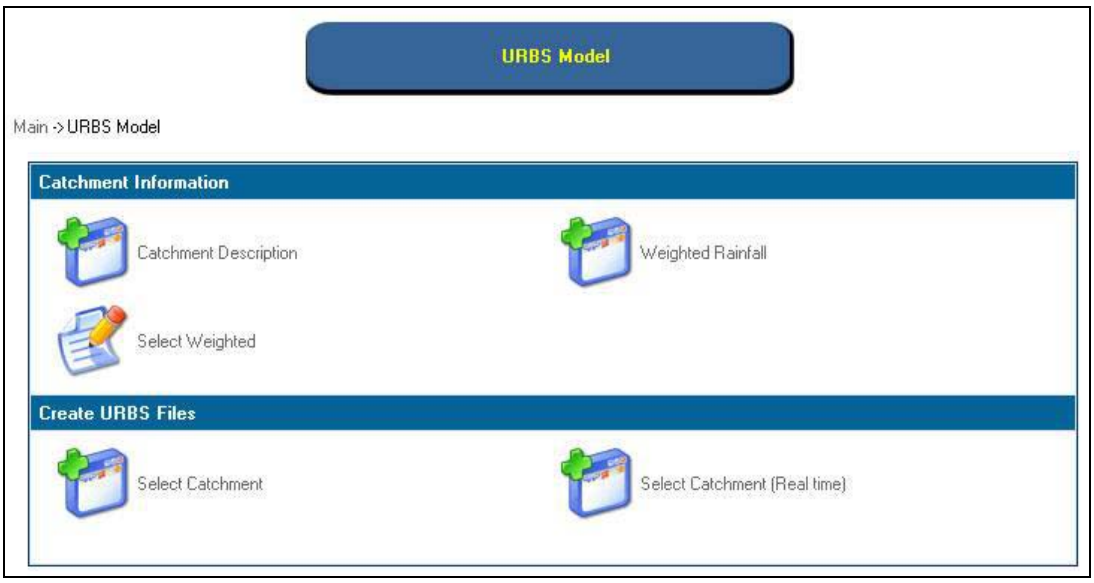
ภาพที่ 42 ตัวอย่างการแสดงผลของ Water Quality Data

3.4 Hydrological Model

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนของการดำเนินงานของระบบแบบจำลอง URBS ผ่านทางหน้าจอหลักของระบบอินเตอร์เน็ต ซึ่งสามารถเข้าสู่โปรแกรมระบบแบบจำลอง URBS ได้โดยการคลิกที่เมนูแบบจำลอง URBS ในหน้าจอหลักของเวปไซด์ดังแสดงไว้แล้วในภาพที่ 39 ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานของระบบแบบจำลอง URBS ผ่านระบบฐานข้อมูลแสดงได้ดังนี้

3.4.1 การเข้าสู่ระบบแบบจำลอง URBS

สามารถดำเนินการโดยคลิกเข้าไปที่เมนู URBS Model ในหน้าจอหลักของเวปไซด์ดังกล่าวดังแสดงไว้แล้วในภาพที่ 39 จากนั้นหน้าจอจะเปลี่ยนไปดังภาพที่ 43 เพื่อเข้าสู่เมนูย่อยของระบบแบบจำลอง URBS ซึ่งจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ 1) Catchment Information และ 2) Create URBS File



ภาพที่ 43 หน้าจอการเข้าสู่แบบจำลอง URBS

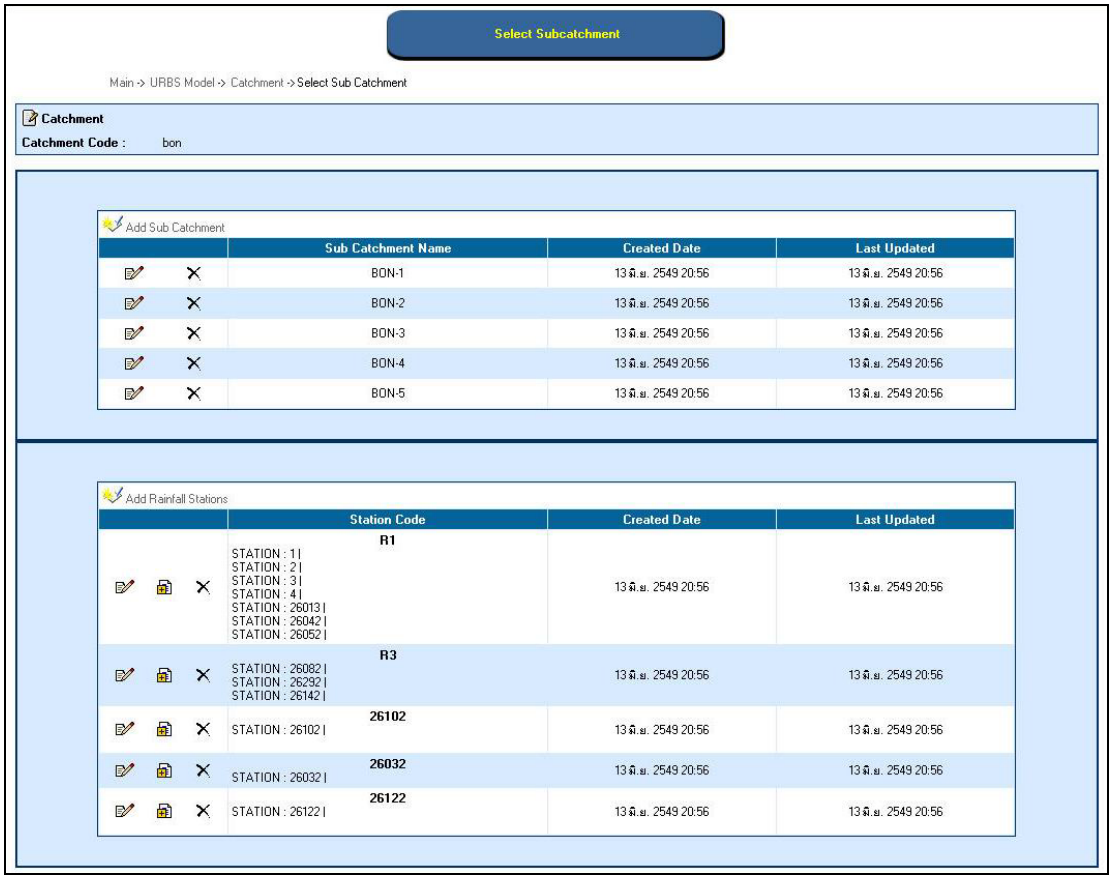
3.4.2 การกำหนดข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Catchment Information)

ส่วนนี้จะเป็นการกำหนดข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 เมนูย่อย คือ 1) Catchment Description, 2) Weighted Rainfall และ 3) Select Weighted โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนแสดงไว้ดังนี้

ก. การกำหนดข้อมูลรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Catchment Description)

การทำงานในส่วนนี้จะเป็นการกำหนดรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ต้องการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS ซึ่งประกอบด้วย จำนวนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และรายชื่อสถานีวัดน้ำฝนที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเข้าไปที่เมนูย่อย Catchment Description ซึ่งเมื่อเข้าสู่เมนูย่อยนี้แล้วจะแสดงรายชื่อของลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ดังภาพที่ 44 และในเมนูนี้สามารถเข้าไปดูรายละเอียด หรือกำหนดข้อมูลเพิ่มเติมได้โดยคลิกที่ปุ่มคำสั่งการเข้าถึงรายละเอียดของแต่ละลุ่มน้ำ แล้วหน้าต่างจะเปลี่ยนไปดังภาพที่ 45

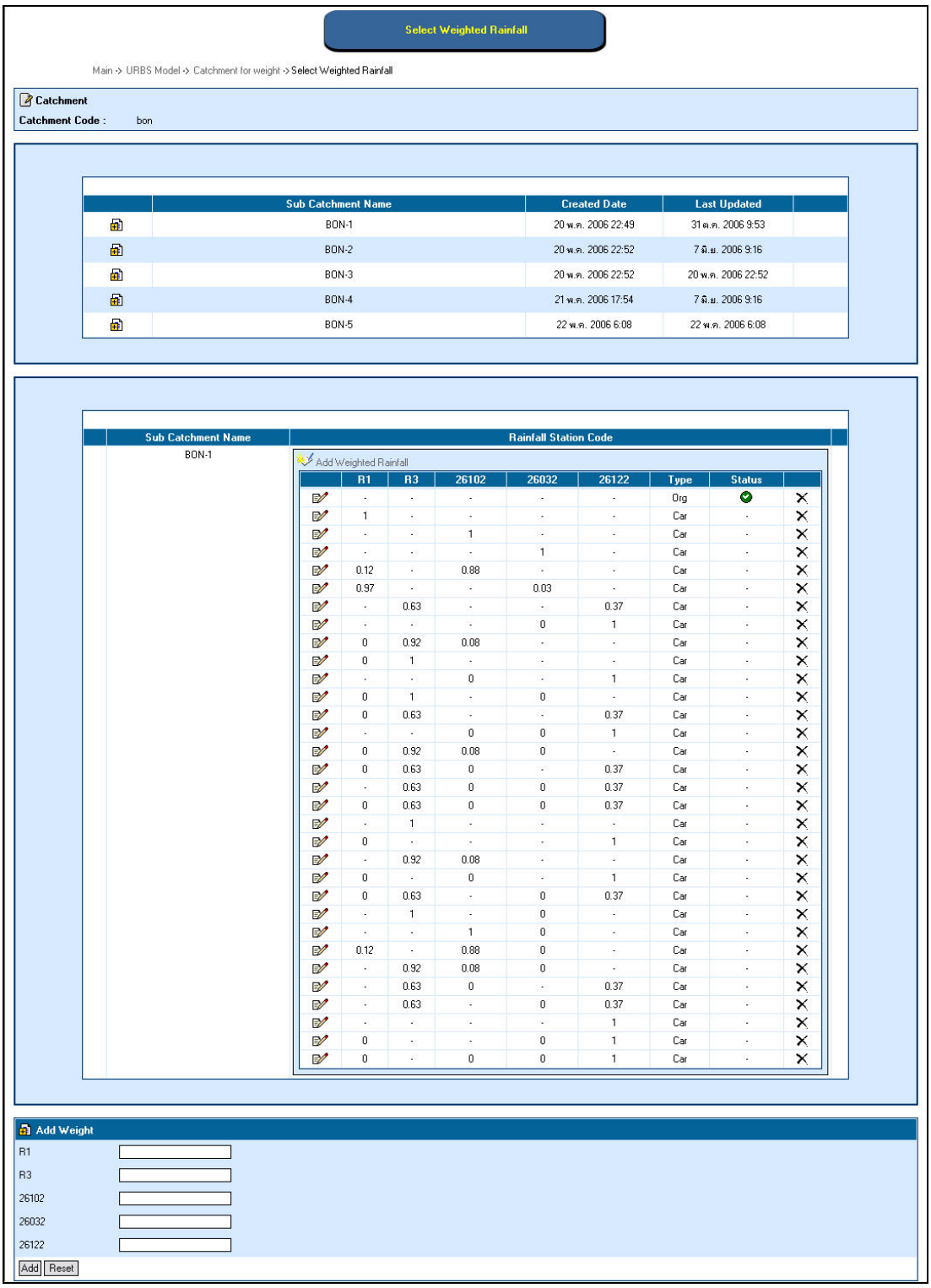
ภาพที่ 44 หน้าต่างเมนู Select Catchment



ภาพที่ 45 หน้าต่างเมนู Catchment Description

ข. การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของ Thiessen Polygon เพื่อนำไปประเมินปริมาณน้ำฝนตามพื้นที่

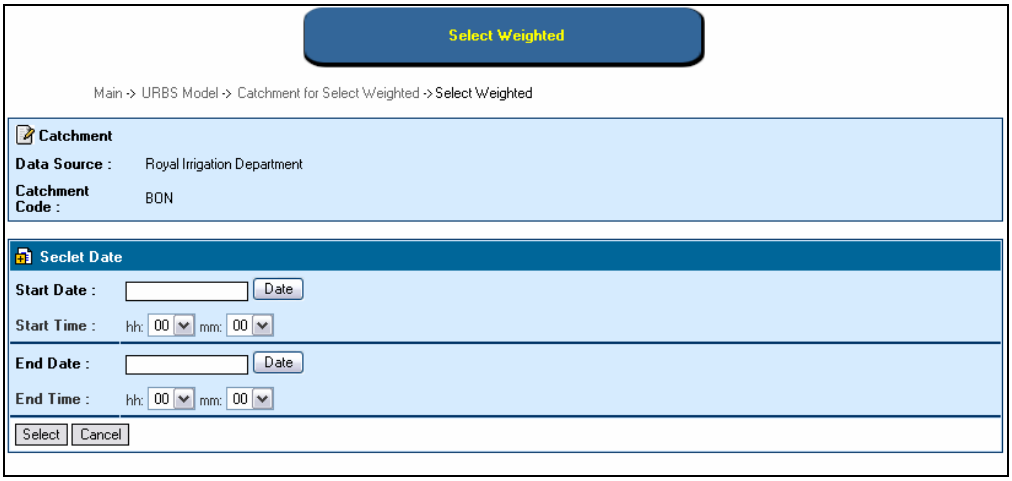
การประเมินปริมาณน้ำฝนตามพื้นที่ (Areal Rainfall) ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธี Thiessen Polygon ซึ่งวิธีนี้ถ้าจำนวนและที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนเปลี่ยนแปลงไปต้องสร้าง Polygon ใหม่ทุกครั้ง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในการปฏิบัติงานจริงมีความเป็นไปได้ที่บางช่วงเวลาของการศึกษา สถานีวัดน้ำฝนบางแห่งอาจไม่มีข้อมูลตรวจวัดเนื่องจากสาเหตุบางประการ ดังนั้นจึงได้แก้ปัญหาดังกล่าวโดยการวิเคราะห์ Thiessen Polygon ทุกกรณีที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้เมื่อไม่มีข้อมูลน้ำฝน ซึ่งสามารถเข้าไปดูรายละเอียดของข้อมูลได้ด้วยการคลิกที่เมนูย่อย Weighted Rainfall ซึ่งเมื่อคลิกเข้าไปแล้วจะปรากฏหน้าต่างแสดงข้อมูลของค่า Weighted Rainfall ในแต่ละกรณีดังภาพที่ 46



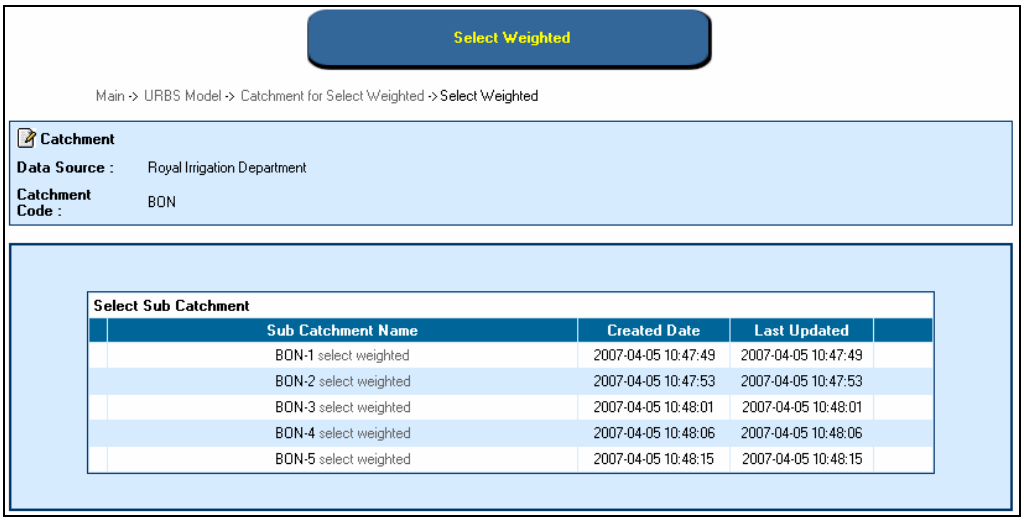
ภาพที่ 46 หน้าต่างการเข้าถึงค่า Weighted Rainfall ในแต่ละลุ่มน้ำสาขาย่อย

ค. การวิเคราะห์ค่า Weighted Rainfall สำหรับช่วงเวลาต่างๆ

ก่อนการประเมินปริมาณน้ำฝนจะต้องวิเคราะห์ค่า Weighted Rainfall ก่อน เพื่อให้ระบบแบบจำลองทราบว่าเลือกใช้ Weighted Rainfall กรณีใดไปประเมินน้ำฝนเฉลี่ย ซึ่งสามารถทำได้โดยเข้าไปที่เมนูย่อย Select Weighted จากนั้นคลิกเลือกสถานีวัดน้ำท่าที่พิจารณา ดังแสดงผลในภาพที่ 47 และทำการเลือกช่วงเวลาที่ต้องการจะประเมินปริมาณน้ำท่า เมื่อเลือกแล้ว หน้าต่างการแสดงผลจะเปลี่ยนไปดังภาพที่ 48



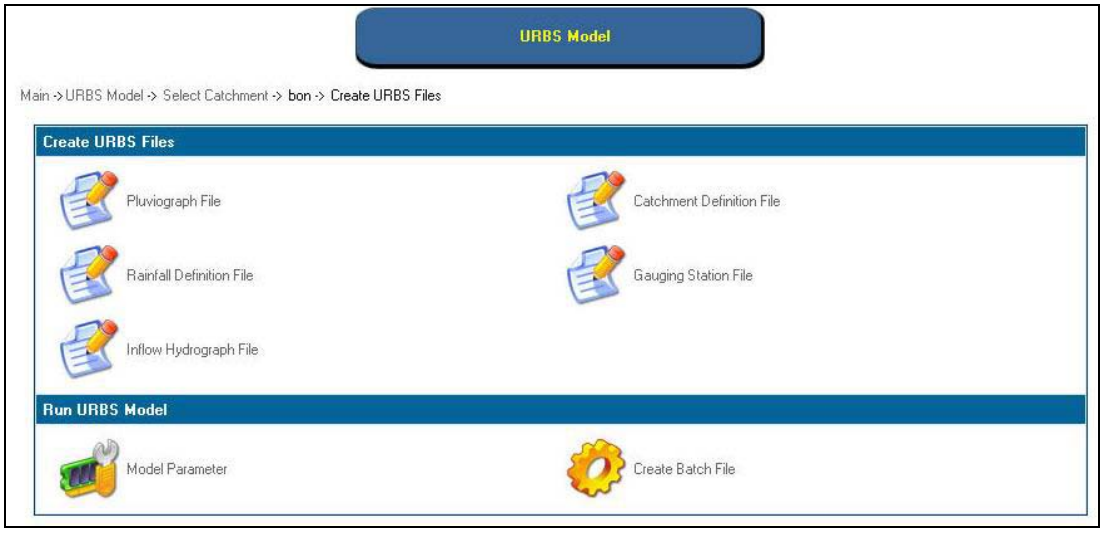
ภาพที่ 47 หน้าต่างการเลือกช่วงเวลาวิเคราะห์ค่า Weighted Rainfall



ภาพที่ 48 หน้าต่างการวิเคราะห์ค่า Weighted Rainfall สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อย

3.4.3 การสร้างข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง URBS

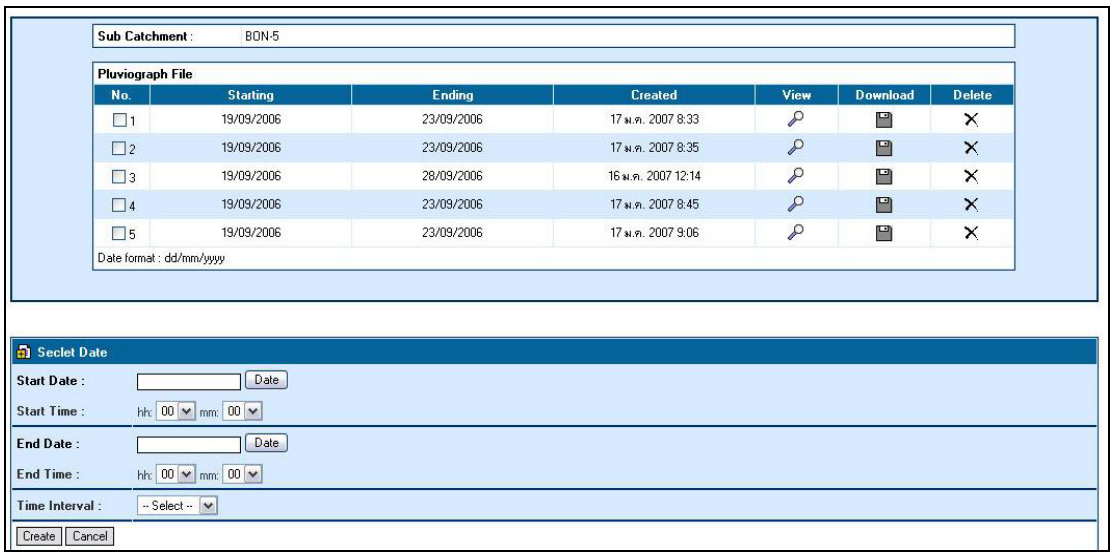
การสร้างไฟล์ข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง URBS สามารถเข้าผ่านเมนูย่อย Select Catchment จากนั้นทำการเลือกลุ่มน้ำย่อยที่ต้องการศึกษาซึ่งในที่นี้แสดงตัวอย่างของลุ่มน้ำย่อยคลองบอน ซึ่งต่อจากนี้จะเป็นการทำงานภายใต้ข้อมูลของคลองบอนเท่านั้น ซึ่งเมื่อทำการเลือกแล้วจะปรากฏหน้าต่างเมนูย่อยของการสร้างไฟล์ต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 49 โดยไฟล์ที่ถูกสร้างขึ้นในแต่ละส่วนสามารถเรียกดู บันทึก และลบข้อมูลได้โดยคลิกที่ปุ่มคำสั่ง View, Download และ Delete ตามลำดับ ซึ่งปุ่มคำสั่งเหล่านี้จะปรากฏอยู่ในแต่ละส่วนของการสร้างไฟล์ต่างๆ และได้อธิบายวิธีการเพิ่มข้อมูลในส่วนของการ Input Data ไว้ในหัวข้อที่ 3.7 ต่อไป



ภาพที่ 49 เมนูย่อยของการสร้างไฟล์ด้านเข้าของแบบจำลอง URBS

ก) Pluviograph File

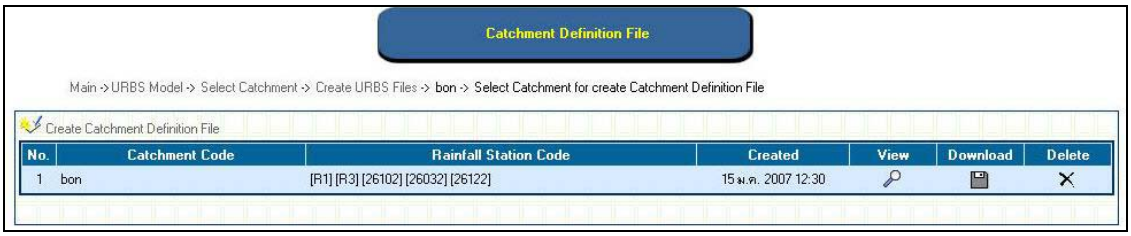
การสร้าง Pluviograph File สามารถคลิกเข้าไปที่เมนูย่อย Pluviograph File จากนั้นคลิกที่คำสั่ง Create Pluviograph File แล้วจะปรากฏหน้าต่างการทำงานเพื่อทำการป้อนข้อมูลต่างๆ ดังภาพที่ 50



ภาพที่ 50 หน้าต่างการสร้าง Pluviograph File

ข. Catchment Definition File

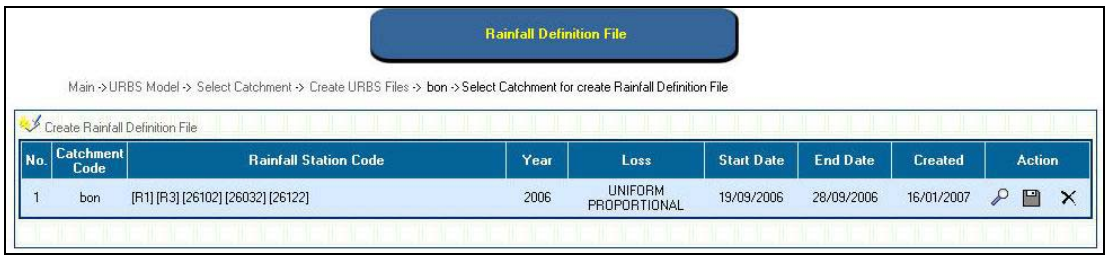
การสร้าง Catchment Definition File สามารถคลิกเข้าไปที่เมนูย่อย Catchment Definition File แล้วจะปรากฏหน้าต่างการทำงานเพื่อทำการป้อนข้อมูล ดังภาพที่ 51



ภาพที่ 51 หน้าต่างการสร้าง Catchment Definition File

ค. Rainfall Definition File

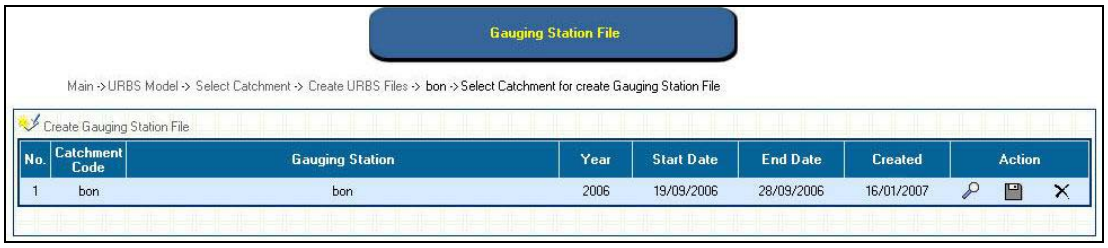
การสร้าง Rainfall Definition File Rainfall Definition File แล้วจะปรากฏหน้าต่างการทำงานเพื่อทำการป้อนข้อมูลต่างๆ ดังภาพที่ 52



ภาพที่ 52 หน้าต่างการสร้าง Rainfall Definition File

ง. Gauging Station File

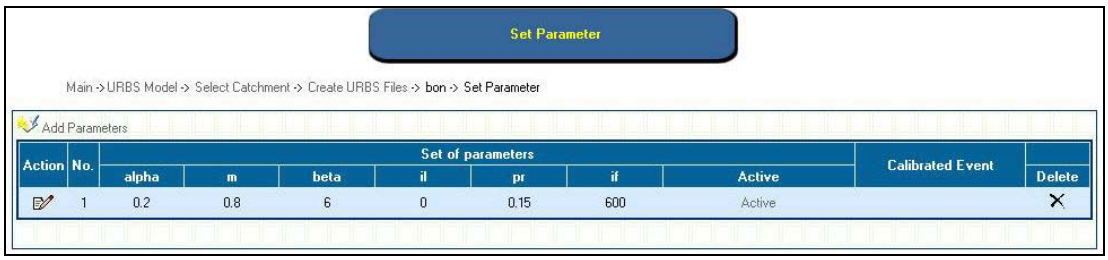
การสร้าง Gauging Station File สามารถคลิกเข้าไปที่เมนูย่อย Gauging Station File แล้วจะปรากฏหน้าต่างการทำงานเพื่อทำการป้อนข้อมูลต่างๆ ดังภาพที่ 53



ภาพที่ 53 หน้าต่างการสร้าง Gauging Station File

จ. Model Parameters

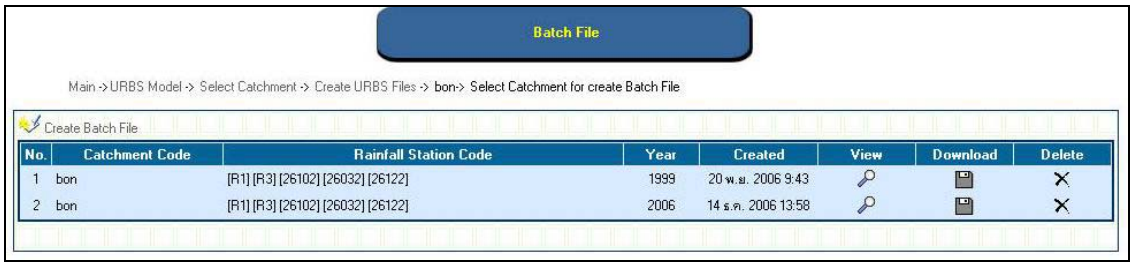
เมนูนี้จะแสดงค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่มน้ำที่เลือก ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถกำหนดให้เป็น Default ของลุ่มน้ำได้โดยการคลิกปุ่ม Active ให้มีค่าเป็น Active (ซึ่งหากไม่เคยคลิกจะเป็น Inactive) ดังภาพที่ 54 นอกจากนี้ยังสามารถสร้างพารามิเตอร์ชุดใหม่เพิ่มได้โดยการคลิกที่ปุ่ม Add Parameters ที่มุมบนด้านซ้ายของหน้าต่าง



ภาพที่ 54 หน้าต่างการสร้างชุดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS

ฉ. Create Batch File

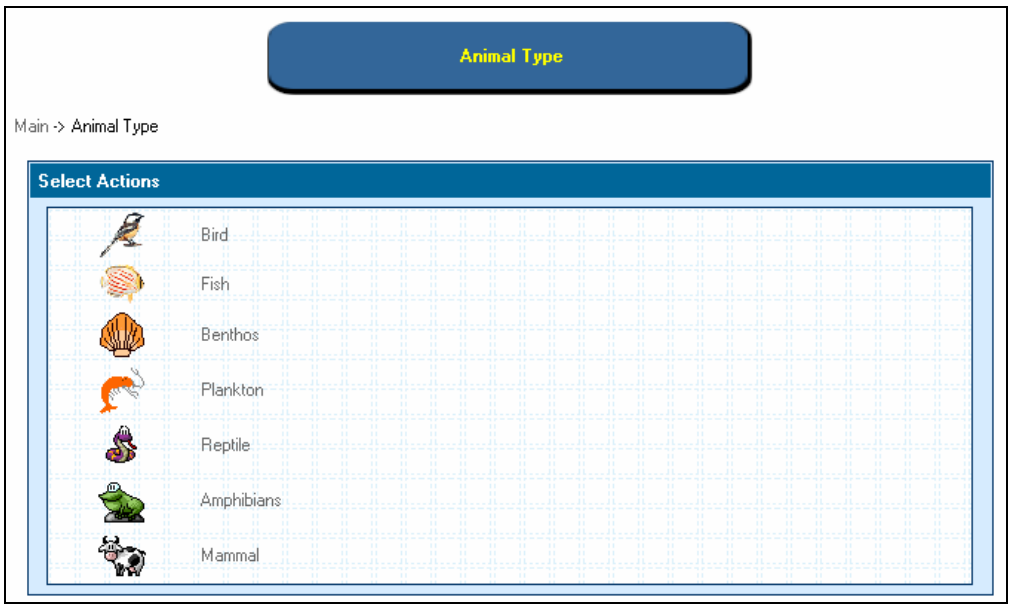
เมื่อคลิกเข้าไปในเมนูย่อยนี้จะแสดง Batch File ของลุ่มน้ำที่เลือกซึ่งเคยสร้างมาก่อนหน้านี้แสดงดังภาพที่ 55 และยังสามารถสร้างใหม่ได้โดยคลิกที่คำสั่ง Create Batch File ที่มุมบนด้านซ้ายของหน้าต่าง



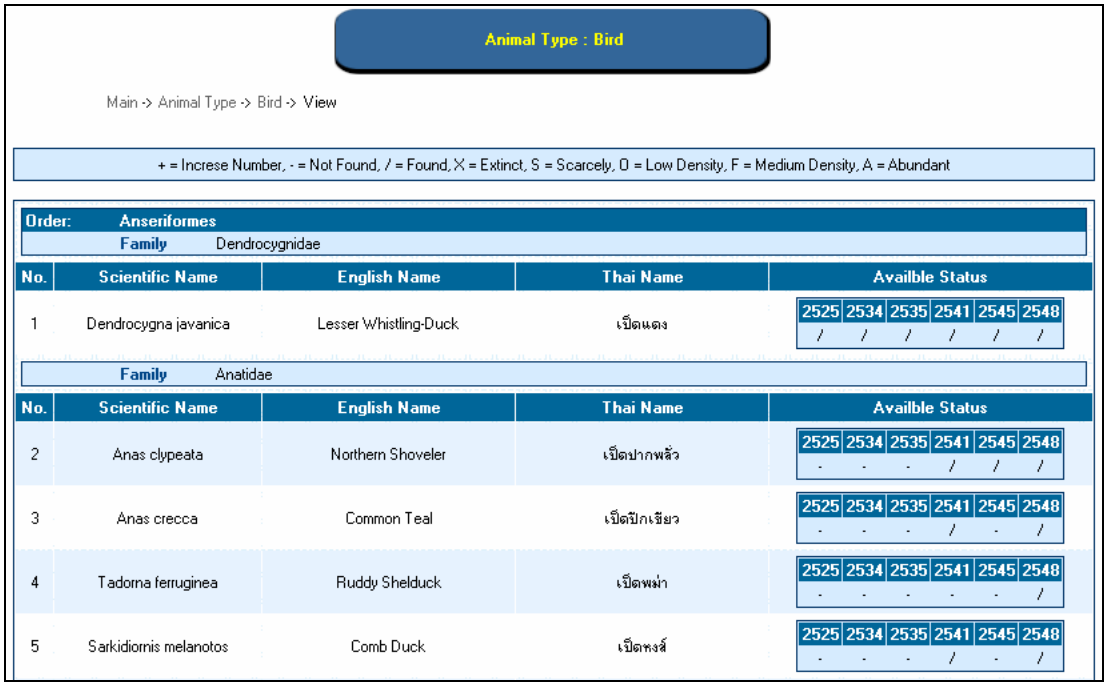
ภาพที่ 55 หน้าต่างการสร้าง Batch File

3.5 Biodiversity Data

ในส่วนนี้ได้จัดเก็บข้อมูลความหลากลายทางชีวภาพของบึงบอระเพ็ด ซึ่งประกอบด้วย ชนิด จำนวน และสถานะที่พบในพื้นที่บึงบอระเพ็ด ของปลา สัตว์น้ำชนิดอื่นๆ และพืชน้ำ ซึ่งดำเนินการจัดเก็บข้อมูลโดยกรมประมง และข้อมูลของนก พืชและสัตว์ประจำถิ่น ซึ่งรวมรวบโดยกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช สำหรับตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลของข้อมูลแสดงไว้ในภาพที่ 56 และ 57



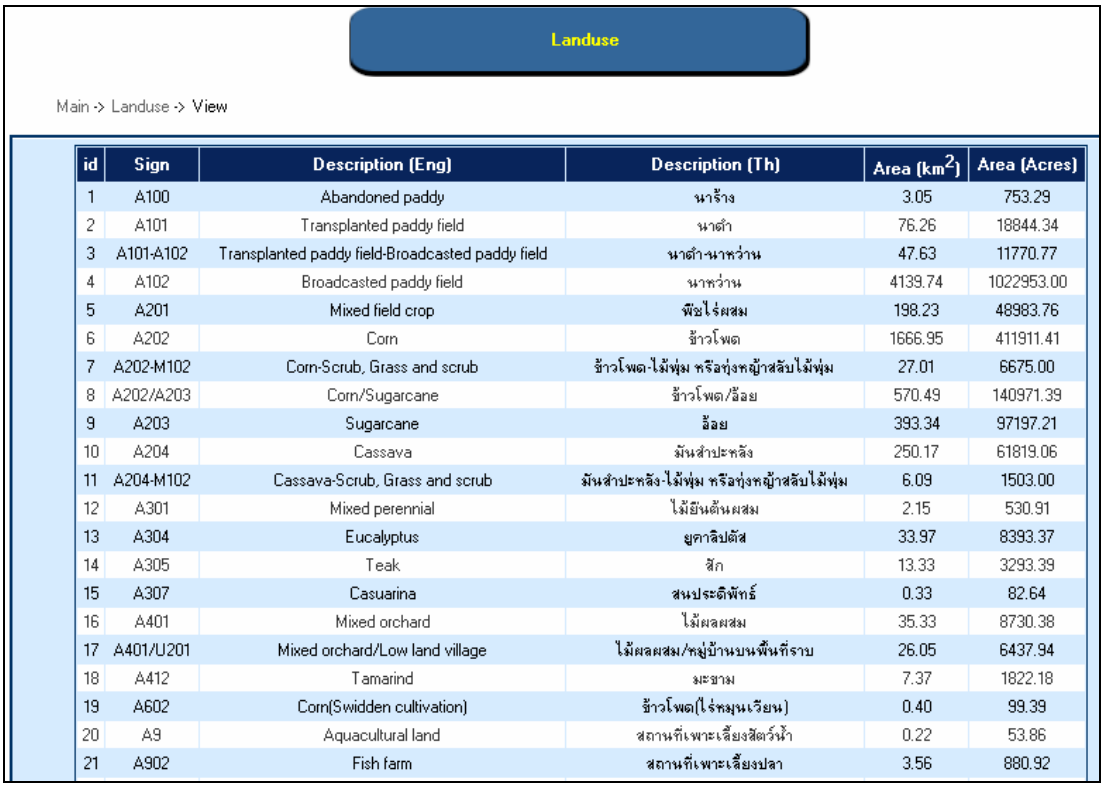
ภาพที่ 56 หน้าจอการเข้าสู่ Biodiversity Data



ภาพที่ 57 ตัวอย่างการแสดงผลของ Biodiversity Data

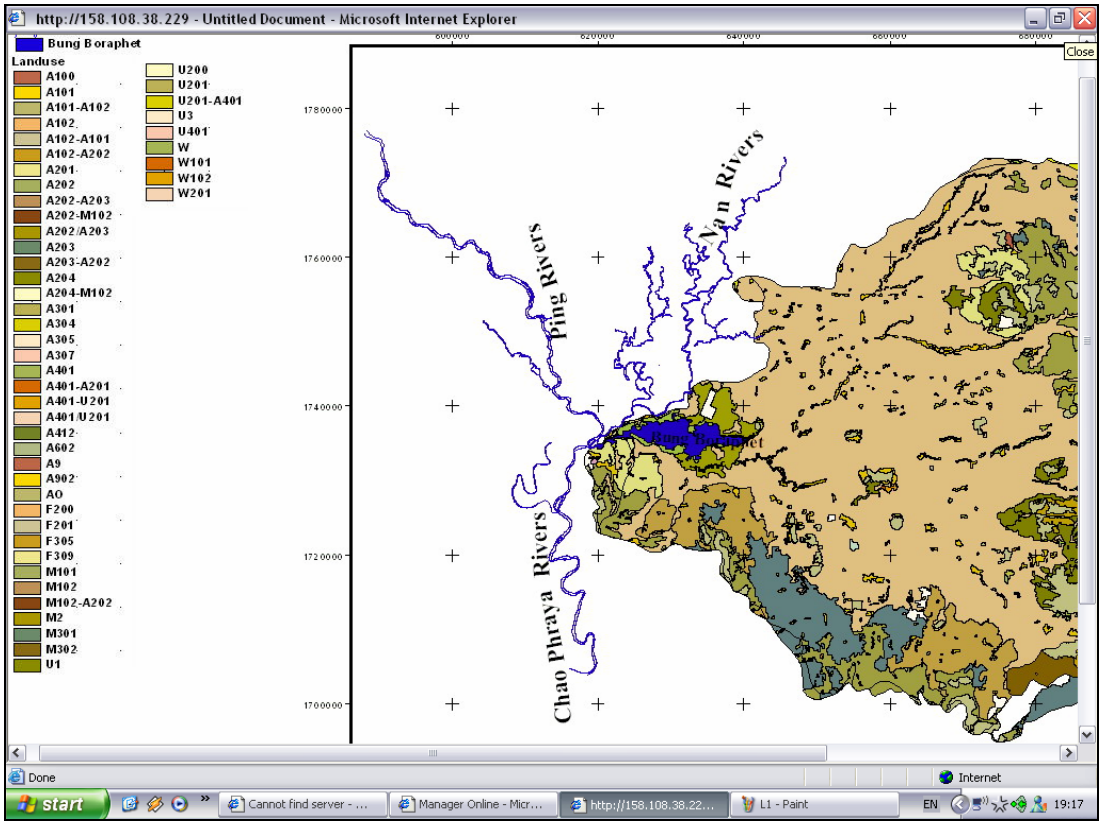
3.6 Agricultural Data

ในส่วนนี้ได้จัดเก็บข้อมูลชนิดดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ประกอบด้วย ขอบเขตชนิดดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสัดส่วนชนิดดินและการใช้ที่ดิน ซึ่งดำเนินการโดยกรมพัฒนาที่ดิน โดยข้อมูลดังกล่าวแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ GIS สำหรับตัวอย่างหน้าจอการแสดงผลของข้อมูลแสดงไว้ในภาพที่ 58 และ 59



id	Sign	Description (Eng)	Description (Th)	Area (km^2)	Area (Acres)
1	A100	Abandoned paddy	นาร้าง	3.05	753.29
2	A101	Transplanted paddy field	นาดำ	76.26	18844.34
3	A101-A102	Transplanted paddy field-Broadcasted paddy field	นาดำ-นาหว่าน	47.63	11770.77
4	A102	Broadcasted paddy field	นาหว่าน	4139.74	1022953.00
5	A201	Mixed field crop	พืชไร่ผสม	198.23	48983.76
6	A202	Corn	ข้าวโพด	1666.95	411911.41
7	A202-M102	Corn-Scrub, Grass and scrub	ข้าวโพด-ไม้พุ่ม หรือทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม	27.01	6675.00
8	A202/A203	Corn/Sugarcane	ข้าวโพด/อ้อย	570.49	140971.39
9	A203	Sugarcane	อ้อย	393.34	97197.21
10	A204	Cassava	มันสำปะหลัง	250.17	61819.06
11	A204-M102	Cassava-Scrub, Grass and scrub	มันสำปะหลัง-ไม้พุ่ม หรือทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม	6.09	1503.00
12	A301	Mixed perennial	ไม้ยืนต้นผสม	2.15	530.91
13	A304	Eucalyptus	ยูคาลิปตัส	33.97	8393.37
14	A305	Teak	สัก	13.33	3293.39
15	A307	Casuarina	สนประดิพัทธ์	0.33	82.64
16	A401	Mixed orchard	ไม้ผลผสม	35.33	8730.38
17	A401/U201	Mixed orchard/Low land village	ไม้ผลผสม/หมู่บ้านบนพื้นที่ราบ	26.05	6437.94
18	A412	Tamarind	มะขาม	7.37	1822.18
19	A602	Corn(Swidden cultivation)	ข้าวโพด(ไร่หมุนเวียน)	0.40	99.39
20	A9	Aquacultural land	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	0.22	53.86
21	A902	Fish farm	สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	3.56	880.92

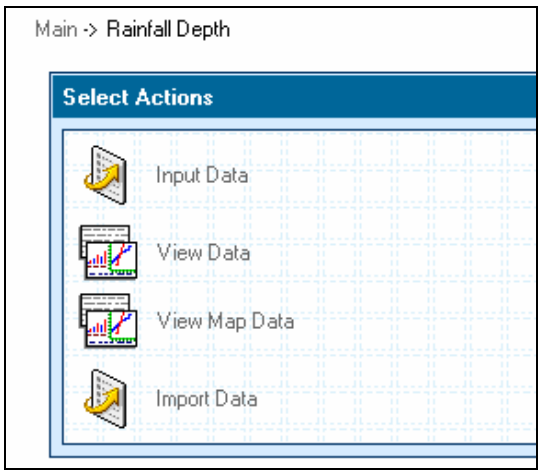
ภาพที่ 58 ตัวอย่างการแสดงผลของ Agricultural Data



ภาพที่ 59 ตัวอย่างการแสดงผลของ Agricultural Data ในรูปแบบของผลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

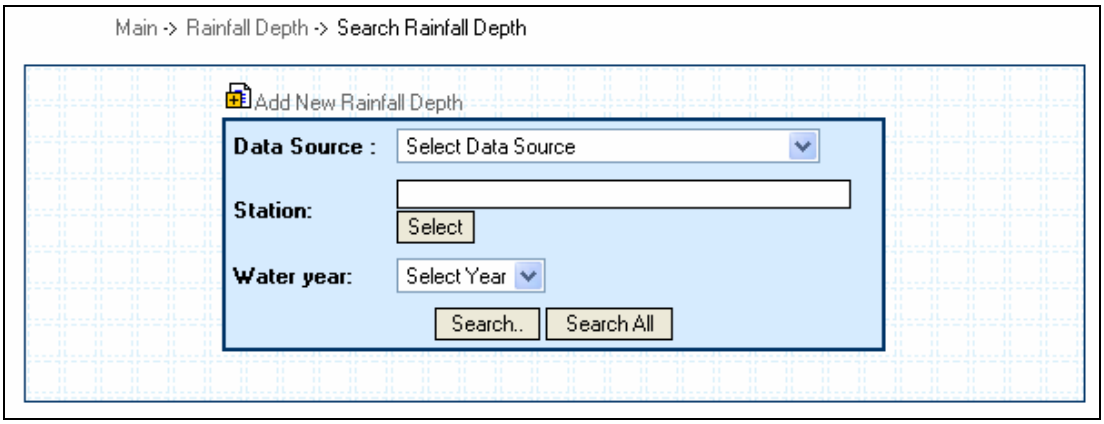
3.7 ขั้นตอนการเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลในระบบฐานข้อมูล

ในการดำเนินงานของแต่ละเมนูย่อยนั้นสามารถเรียกดู แก้ไข และเพิ่มข้อมูลได้โดยการคลิกเข้าไปในเมนูย่อยที่ต้องศึกษาแล้วไปยังส่วนของการ Input Data หรือ Edit Data ได้ โดยจะแสดงตัวอย่างของหน้าจอและวิธีการ Input Data ซึ่งทำได้โดยเข้าสู่ระบบในส่วนการทำงาน Input Data ดังภาพที่ 60



ภาพที่ 60 หน้าต่างการนำเข้าข้อมูล

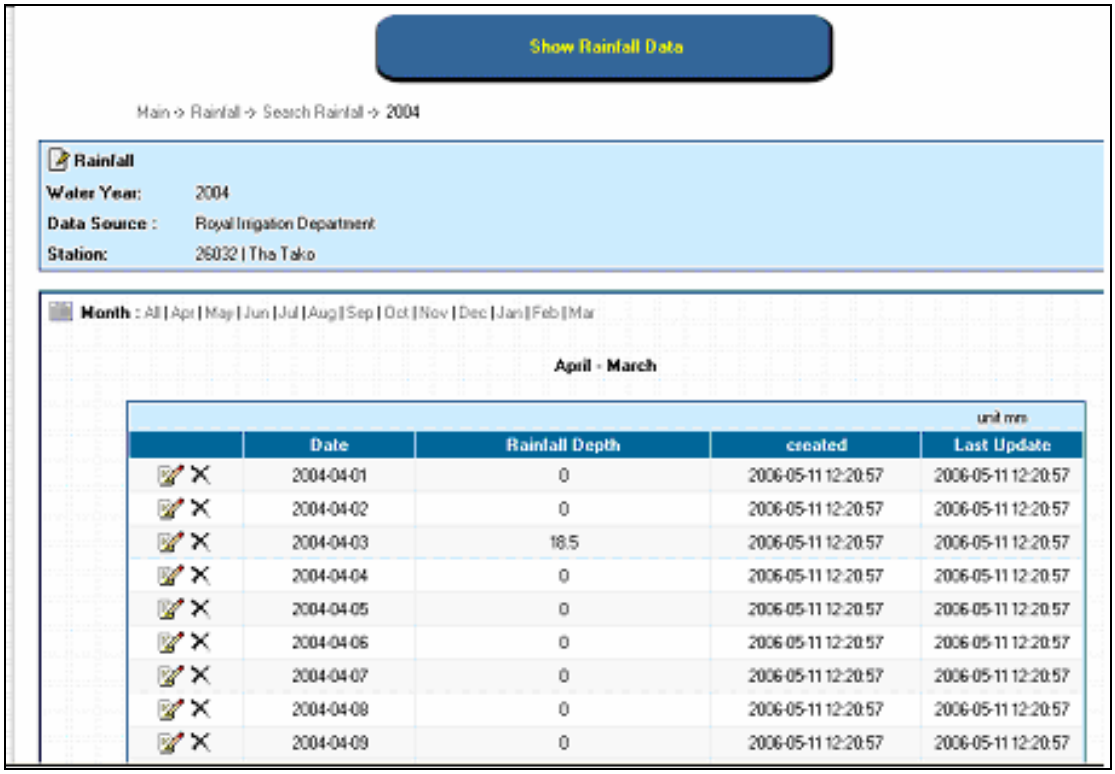
หลังจากเลือกเมนู Input Data แล้วจะปรากฏหน้าจอเพื่อค้นหาข้อมูลที่มีอยู่ในระบบ ดังภาพที่ 61 จากนั้นจะปรากฏหน้าจอดังภาพที่ 62 คลิกที่ เพื่อเลือกสถานีที่เราต้องการแก้ไข จากนั้นจะปรากฏหน้าจอแสดงข้อมูลของปีนั้น ดังภาพที่ 63



ภาพที่ 61 หน้าต่างการค้นหาข้อมูลในระบบ

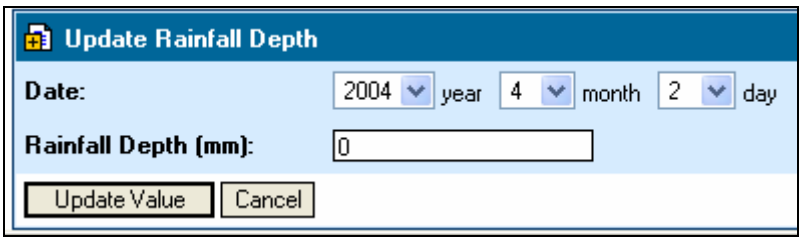
No.	Action	Year	Station	Data source	Delete
1		2005	26062 | Banphot Phisai	Royal Irrigation Department	
2		2005	38082 | Khao Sai School A.Tab Khlo	Royal Irrigation Department	
3		2005	38022 | Bang Mool Nak	Royal Irrigation Department	
4		2005	26262 | San Chao Kai-To	Royal Irrigation Department	
5		2005	26072 | Lat Yao	Royal Irrigation Department	

ภาพที่ 62 รายการสถานีในลุ่มน้ำที่เลือก



ภาพที่ 63 ข้อมูลของสถานีที่เลือก

จากนั้นเมื่อต้องการแก้ไขข้อมูลวันใด กดที่ เพื่อทำการแก้ไขข้อมูล ข้อมูลจะไปปรากฏที่ส่วนการทำงานแก้ไขข้อมูล และเมื่อแก้ไขข้อมูลเสร็จแล้วกดปุ่ม Update Value เพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลง ดังภาพที่ 64 ซึ่งเมื่อกดปุ่ม Update Value นี้แล้วก็จะเสร็จสิ้นการแก้ไขข้อมูล จากนั้นระบบฐานข้อมูลจะทำการจัดเก็บข้อมูลที่ได้ทำการแก้ไขนั้นแทนที่ข้อมูลเดิม



ภาพที่ 64 ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูล

สรุปและข้อเสนอแนะ

การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพจะเกิดขึ้นได้จำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจปัญหา ความมีวิสัยทัศน์ ความรู้แบบบูรณาการ บุคคลากรที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งข้อมูลพื้นฐานที่มาก ถูกต้องและเพียงพอ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์เข้ามามีอิทธิพลและเสริมสร้างความมีประสิทธิภาพให้กับการจัดการทรัพยากรน้ำมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญในข้อนี้จึงได้จัดทำระบบช่วยตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดขึ้น ซึ่งระบบดังกล่าวประกอบด้วย ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ระบบฐานข้อมูลของบึงบอระเพ็ดและพื้นที่ลุ่มน้ำ และระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (URBS Model) โดยการจัดสร้างระบบแต่ละระบบสรุปได้ดังนี้

1. การสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบึงบอระเพ็ด มีวัตถุประสงค์เพื่อ การรวบรวม แก้ไขและปรับปรุงข้อมูลให้มีความทันสมัย และนำมาจัดเก็บให้เป็นระบบ เพื่อนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำและใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบึงบอระเพ็ด ซึ่งในการดำเนินงานได้ใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7017 ของกรมแผนที่ทหาร เป็นแผนที่ฐานที่ใช้อ้างอิงและโครงสร้างของฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้พิจารณาใช้รูปแบบ Shape File Format ซึ่งดำเนินการโดยโปรแกรม ArcView3.1 โดยข้อมูลที่ใช้ประกอบการสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย ขอบเขตของบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ลำน้ำหลักและลำน้ำสาขา พิกัดสถานีวัดน้ำฝน-น้ำท่า และข้อมูลชนิดดิน การใช้ที่ดิน และพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำ จากผลการสร้างระบบดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการประเมินพารามิเตอร์ด้านกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งประกอบด้วย ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (A, ตร.กม.) ความยาวลำน้ำจากจุดออกของลุ่มน้ำด้านเหนือน้ำถึงจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำที่พิจารณา (L_1, กม.) ความยาวลำน้ำจากจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำที่พิจารณาถึงจุดออกของลุ่มน้ำนั้นๆ (L_2, กม.) ความยาวลำน้ำจากจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำที่พิจารณาถึงจุดบรรจบของลุ่มน้ำสาขา (L_3, กม.) และ ความยาวลำน้ำจากจุดบรรจบของลุ่มน้ำสาขาถึงจุดออกของลุ่มน้ำที่พิจารณา (L_4, กม.) ของลุ่มน้ำย่อยคลองบอนและคลองท่าตะโก เพื่อใช้เป็นข้อมูลเข้าของแบบจำลอง URBS ในการประเมินปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดต่อไป

2. การสร้างระบบฐานข้อมูลของงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดเก็บข้อมูลในด้านต่างๆ ของบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด และเพื่อสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนสนับสนุนการดำเนินงานของระบบแบบจำลอง URBS ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการในส่วนของการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบของระบบฐานข้อมูล การตรวจสอบความถูกต้องของระบบฐานข้อมูลโดยรวมตลอดจนการแสดงผลข้อมูล สำหรับงานในส่วนของการออกแบบโครงสร้างระบบฐานข้อมูลและการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลนั้น กระทำโดยผู้ชำนาญการด้านคอมพิวเตอร์ซึ่งดำเนินการภายใต้โครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน โดยข้อมูลที่จัดเก็บในระบบฐานข้อมูลประกอบด้วย 1) ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาของสถานีอุตุนิยมวิทยาอำเภอ เมือง จังหวัดนครสวรรค์ (ของกรมอุตุนิยมวิทยา) 2) ข้อมูลปริมาณฝน (ของกรมอุตุนิยมวิทยาและโครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน) 3) ข้อมูลปริมาณน้ำท่า (ของกรมชลประทาน) 4) ข้อมูลคุณภาพน้ำ (ของกรมควบคุมมลพิษ และโครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน) 5) ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพ (ของกรมประมง และ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช) และ 6) ข้อมูลชนิดดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ของกรมพัฒนาที่ดิน) ซึ่งระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นสามารถดำเนินงานผ่านทางเวปไซด์ http://158.108.38.229/bb/index.php

3. ในการสร้างระบบแบบจำลอง URBS นั้น เริ่มต้นด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติ (Natural Flow) ในระหว่างปี พ.ศ.2546-2548 ของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด โดยพารามิเตอร์ที่ควบคุมแบบจำลอง URBS มีทั้งสิ้น 6 พารามิเตอร์ ได้พิจารณาใช้ค่าต่างๆ ดังนี้ พารามิเตอร์ m มีค่าเท่ากับ 0.8 ซึ่งเป็นค่าที่แนะนำไว้ในคู่มือการใช้งานแบบจำลอง พารามิเตอร์ IL, IF และ PR มีค่าเท่ากับ 10 มิลลิเมตร, 600 มิลลิเมตร และ 0.25 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองของสถานีวัดน้ำท่าต่างๆ ในลุ่มน้ำปิงตอนบน และพารามิเตอร์ α ของลุ่มน้ำย่อยคลองบอนและคลองท่าตะโกมีค่าเท่ากับ 0.12 และ 3.98 ตามลำดับ พารามิเตอร์ β ของลุ่มน้ำย่อยคลองบอนและคลองท่าตะโกมีค่าเท่ากับ 0.45 และ 7.27 ตามลำดับ ซึ่งพารามิเตอร์ α และ β คำนวณจากสมการ $\alpha = 0.006(A^{0.784}L^{0.179}L_c^{-0.102}S^{0.035})$ และ $\beta = 0.484(A^{0.484}L^{-0.199}L_c^{0.102}S^{0.035})$ ตามลำดับ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของแบบจำลอง URBS และลักษณะเฉพาะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ ที่ได้จากผลการศึกษาในลุ่มน้ำปิงตอนบน

จากผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS พบว่า ปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติ (Natural Flow) ของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ในระหว่างปี พ.ศ.2546-2548 มีค่าเท่ากับ 528.01, 600.45 และ 321.74 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้ว (Regulated Flow) ซึ่งได้จากการตรจวัด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 103.68, 87.46 และ 149.31 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20, 15 และ 29 ตามลำดับ ของปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จากนั้นจึงนำพารามิเตอร์ของแบบจำลองดังกล่าวข้างต้นมาใช้เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด (Natural Flow) ในระหว่างปี พ.ศ.2516-2545 ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดเท่ากับ 683.24 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งเกิดขึ้นในปี พ.ศ.2534 ซึ่งในปีดังกล่าวมีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 697.65 มิลลิเมตร ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำฝนลดลงร้อยละ 33 ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ดังนั้น จึงสมมติให้ปริมาณฝนในระหว่างปี พ.ศ.2546-2548 (ช่วงเวลาที่มีการเก็บข้อมูลของ Regulated Flow) ลดลงร้อยละ 33 อย่างต่อเนื่อง และนำข้อมูลดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับแบบจำลอง URBS ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำท่าสมมุติที่ผ่านการใช้น้ำแล้วลดลงจากปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้วที่เกิดขึ้นจริงคิดเป็นร้อยละ 53.86, 61.02 และ 58.53 ตามลำดับ ซึ่งถ้าเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นจริงจะทำให้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในบึงบอระเพ็ดที่รุนแรงอยู่แล้วมีความรุนแรงมากขึ้น และส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศโดยรวมของบึงบอระเพ็ด ดังนั้น การบริหารจัดการน้ำเพื่อการดำรงอยู่อย่างยั่งยืนของบึงบอระเพ็ดจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

เพื่อให้การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS สามารถดำเนินการได้โดยง่ายและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น จึงได้ดำเนินการสร้างระบบแบบจำลอง URBS ขึ้นและสามารถดำเนินงานผ่านทางเวปไซด์ http://158.108.38.229/bb/index.php ซึ่งจัดทำขึ้นภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “การจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน” ซึ่งระบบดังกล่าวมีส่วนช่วยในการจัดเตรียมไฟล์ข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง URBS โดยดำเนินงานเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น และเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นต่อระบบแบบจำลอง URBS ดังนั้น จึงได้ทำการทดสอบระบบดังกล่าว ซึ่งพบว่า กราฟน้ำท่าที่ได้จากการดำเนินงานผ่านและไม่ผ่านระบบแบบจำลองมีค่าเท่ากัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบดังกล่าวเหมาะสมที่จะไปประยุกต์ใช้ต่อไป

เมื่อนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ระบบฐานข้อมูล และระบบแบบจำลอง URBS มาเชื่อมโยงกันจะได้เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านแหล่งน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด โดยระบบดังกล่าวสามารถดำเนินงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เนต ทำให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และทำให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่ายสามารถเข้าถึงได้โดยง่าย นอกจากนั้นแล้ว ระบบดังกล่าวจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการบริหารจัดการในด้านการใช้น้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและของบึงบอระเพ็ดให้สอดคล้องกับสภาวการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม การบริหารจัดการน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและของบึงบอระเพ็ดจะสมบูรณ์ได้ จำเป็นต้องสร้างระบบสมดุลน้ำรายวันของบึงบอระเพ็ด รวมทั้งระบบการประเมินการใช้น้ำรายวันเพื่อกิจกรรมต่างๆ ของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและของบึงบอระเพ็ด ตลอดจนการจัดเก็บข้อมูลที่ใช้ประกอบการประเมินด้านการใช้น้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและของบึงบอระเพ็ดเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น เพื่อนำมาประกอบกันกับระบบที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้จึงจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรมต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมชลประทาน . 2547. **การศึกษาโครงการพัฒนาบึงบอระเพ็ดจังหวัดนครสวรรค์.** รายงานแผนแม่บทฉบับสุดท้ายเล่มที่ 2/5 รายงานหลัก. 2-217 น.

กรมชลประทาน. 2547. **การศึกษาโครงการพัฒนาบึงบอระเพ็ดจังหวัดนครสวรรค์.** รายงานฉบับสมบูรณ์. 1,476 น.

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. 2548. **การสำรวจชนิดพันธุ์สัตว์ในบึงบอระเพ็ด.** รายงานประจำปี. 39 น.

กานดา คงธรรม. 2545. **การศึกษาพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM สำหรับลุ่มน้ำน่าน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กิตติพงษ์ ธนาศิริยะกุล. 2546. **การประเมินสัมพันธภาพลำน้ำย่อยของประเทศไทยด้วยข้อมูลระบบภูมิสารสนเทศ และ แบบจำลองสาธารณสิทธิ SWAT/GIS กรณีศึกษา พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตื่นตอนบน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพคุณ แก้วสิงห์. 2545. **การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาอิทธิพลของลักษณะทางภูมิกายภาพของลุ่มน้ำต่อลักษณะการไหลของน้ำในลำธารของลุ่มน้ำภาคเหนือ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2545. **เอกสารประกอบวิชาการจำลองสภาวะการเกิดน้ำท่วม.** ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. และ คณะ. 2548. **รายงานความก้าวหน้าโครงการการประยุกต์แบบจำลองอุทกวิทยาเพื่อการจำลองปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำท่วมสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำยม ประจำปีงบประมาณ 2548.**

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. และ คณะ. 2549. **รายงานความก้าวหน้าโครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน ฉบับที่ 1 ประจำปีงบประมาณ 2549.**

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. และ คณะ. 2549. **รายงานความก้าวหน้าโครงการการประยุกต์แบบจำลองอุทกวิทยาเพื่อการจำลองปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำท่วมสำหรับลุ่มน้ำปิงตอนบนและลุ่มน้ำยม ประจำปีงบประมาณ 2549.**

พรรณพิมพ์ พุทธรักษา และ นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์. 2549. **การประเมินประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านอุทกวิทยาในการประเมินปริมาณน้ำหลากของลุ่มน้ำปิงตอนบน.** การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 11.

ไพโรจน์ เกรียงศิริ. 2543. **การใช้โปรแกรม HEC-1 Flood Hydrograph Package Version 4.0.** ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ. 395 น.

มณีโชติ สมานไทย. 2546. **คู่มือการออกแบบฐานข้อมูลและภาษา SQL ฉบับผู้เริ่มต้น.** สำนักพิมพ์อินโฟเพรส, นนทบุรี.

วงศ์สถิตย์ บุญธัญกรณ์. 2545. **การศึกษาคุณลักษณะทางอุทกศาสตร์ของลุ่มน้ำมูล โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-HMS.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันชัย ประไพสุวรรณ. 2534. **การประเมินหาน้ำท่ารายเดือนโดยใช้วิธี Linear Programming.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ. 2546. **การวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุดของลุ่มน้ำคลองท่าตะเภา และลุ่มน้ำคลองชุมพร โดยแบบจำลองทางอุทกวิทยา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีระพล แต้สมบัติ. 2528. **หลักอุทกวิทยา.** ห้างหุ้นส่วนจำกัดฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

_____ . 2531. **อุทกวิทยาประยุกต์.** ห้างหุ้นส่วนจำกัดฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

วีระชัย ชูพิศาลยโรจน์. 2530. **การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสักโดยวิธีแบบจำลองถัง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริกัญญา แสงสว่าง. 2547. **การเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและแบบจำลองทางอุทกวิทยา ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมในลุ่มน้ำปิงตอนบน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศรีสอาด ตั้งประเสริฐ. 2537. **ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินค่าทรัพยากรที่ดิน.** กระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพฯ. 395 น. แปลจาก P.A. Burrough. (ed.). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford United Kingdom.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2545. **ความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด.** 146 น.

สุพรรษา บำรุงพงษ์ และคณะ. 2550. **ความสัมพันธ์แบบลุ่มน้ำรวมระหว่างพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM และลักษณะเฉพาะทางกายภาพของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำปิงตอนบน.** การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12.

สุวิทย์ อ๋องสมหวัง. 2538. **ความรู้พื้นฐานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. ส่วนวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้.** สำนักวิชาการป่าไม้. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 15 น. แปลจาก G.C.Russell. And K. Green (eds.). An introduction to geographic information system. Journal of Forest 90 (10): 13-20.

อวิรุทธ์ สุขสมอรรถ. 2538. **การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำบางปะกงโดยใช้แบบจำลอง RIBAMAN (RBM-DOGGS).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนุชิต รัตนสุวรรณ. 2544. **การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกล ในการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุทัย สุขสิงห์. 2547. **การจัดการระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ด้วยโปรแกรม ArcView 3.2a-3.3.** สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., กรุงเทพฯ.

Arcelus, E.A. 2000. **Coupling Two Hydrological Models to Compute Runoff in Ungauged Basins.** Journal of Hydrology, 101, 2000. 301-309.

Boyd, M.J., Bufill, M.C., and Knee, R.M. 1993. **Pervious and impervious runoff in urban catchments.** Hydrological Services Journal, 38, 6 Dec. 1993.

Carroll, D. G. 2004. **URBS a Rainfall Runoff Routing Model for flood forecasting & design** version 4.00. 168 p.

Giupponi, C., J. Mysiak, A. Fassio and V. Cogan. 2004. **MULINO-DSS: a computer tool for sustainable use of water resources at the catchment scale.** Mathematics and Computers in Simulation, 64 p. 13-24.

Laurenson, E.M. and Mein, R.G. 1990. **RORB - Version 4 Runoff Routing Program User Manual.** Monash University, Dept of Civil Engineering.

Letcher, R.A., W.S., Merritt, B.F.W., Croke, A.J., Jakeman and C., Buller. 2002. **Integrated Water Resources Assessment and Management (IWRM) Project:** Integrated Toolbox. iCAM working Paper 02.

Malone, T. 2000. **Streamflow Routing Techniques in Large Rivers in Queensland.** *In* WMO project: Intercomparison of Forecast Models for Streamflow Routing in Large Rivers.

Mapiam, P.P. and Sriwongsitanon. 2007. **An Estimation of the URBS Model Parameters for Flood Estimation of Ungauged Catchments in the Upper Ping River Basin.** Under the consideration processes for publication in the Journal of Nordic Hydrology since January, 2007.

Mateos, L., Lopez-Cortijo, I. and J.A. Sagardoy. 2002. **SIMIS: the FAO decision support system for irrigation scheme management.** Agricultural Water Management. 56 p. 193-206.

Perez, P., N. Ardlie, P. Kuneepong, C. Dietrich and W.S. Merritt. 2002. **CATCHCROP: modeling crop yield and water demand for integrated catchment assessment in Northern Thailand.** Environmental Modelling & Software. 17 p. 251-259.

Shallcross, W. 1987. **Flood Estimation by Runoff Routing - Program WT42.** Queensland Water Resources Commission.

Sugawara, M. 1974. **TANK Model with Snow Component.** National Research Center for Disaster Prevention, Japan.

U.S. Environmental Protection Agency. 2004. **BASINS version 3.1: User's Manual.** [online] Available at http://www.epa.gov/QST/BASINS.

Wurbs, R.A. 1995. **Water Management Models.** Prentice Hall PTR. Englewood Cliffs, New Jersey. 239 p.

Yates, D., J. Sieber, D. Purkey and Lee. 2005. **WEAP21-A Demand-, Priority-, and Preference- Driven Water Planning Model Part 1: Model Characteristics.** Water International, 30 p. 487-500.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลพื้นฐาน

ตารางผนวกที่ ก1 การผันแปรรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งตั้งอยู่ใกล้เคียงบึงบอระเพ็ดมากที่สุด โดยทำการเก็บ รวบรวมข้อมูลในรอบ 30 ปี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2514 ถึง พ.ศ. 2543

ข้อมูล	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ปี
ความกดอากาศ (+ 1000 หรือ 900 มิลิบาร์)													
เฉลี่ย	1,012.7	1,010.9	1,009.2	1,007.6	1,006.5	1,005.5	1,005.6	1,005.9	1,007.7	1,010.1	1,012.4	1,014.0	1,009.0
สูงสุด	1,025.2	1,022.5	1,024.4	1,018.7	1,014.5	1,012.3	1,012.8	1,012.8	1,015.5	1,020.1	1,022.7	1,025.0	1,025.2
ต่ำสุด	1,003.9	1,001.1	1,000.6	998.5	998.5	997.8	997.5	997.4	999.4	1,001.4	1,003.3	1,003.8	997.4
พิสัยรายวันเฉลี่ย	5.4	5.7	5.9	5.8	5.0	4.2	4.0	4.1	4.7	4.8	4.8	5.1	5.0
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ย	25.5	28.2	30.3	31.5	30.2	29.5	29.0	28.3	27.9	27.6	26.3	24.6	28.2
เฉลี่ยสูงสุด	32.7	35.1	36.9	38.0	36.0	34.8	34.2	33.4	32.8	32.3	31.7	31.2	34.1
เฉลี่ยต่ำสุด	18.8	21.8	24.5	25.9	25.6	25.3	24.9	24.6	24.3	23.8	21.4	18.4	23.3
สูงที่สุด	37.4	39.7	41.4	42.4	42.6	40.0	39.5	38.6	36.1	36.1	36.4	36.1	42.6
ต่ำที่สุด	8.9	12.0	14.1	20.3	21.2	22.0	20.9	21.4	21.0	16.2	11.9	7.7	7.7
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)													
เฉลี่ย	63.0	60.0	60.0	62.0	71.0	73.0	74.0	78.0	82.0	81.0	74.0	67.0	70.0
เฉลี่ยสูงสุด	85.0	85.0	86.0	85.0	88.0	89.0	90.0	92.0	95.0	95.0	92.0	88.0	89.0
เฉลี่ยต่ำสุด	39.0	36.0	36.0	40.0	50.0	54.0	56.0	60.0	64.0	62.0	53.0	43.0	49.0
ต่ำสุด	18.0	8.0	10.0	14.0	23.0	32.0	31.0	38.0	41.0	37.0	25.0	25.0	8.0
จุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)													
เฉลี่ย	17.1	18.8	20.7	22.4	23.7	23.6	23.5	23.8	24.4	23.8	20.9	17.4	21.7

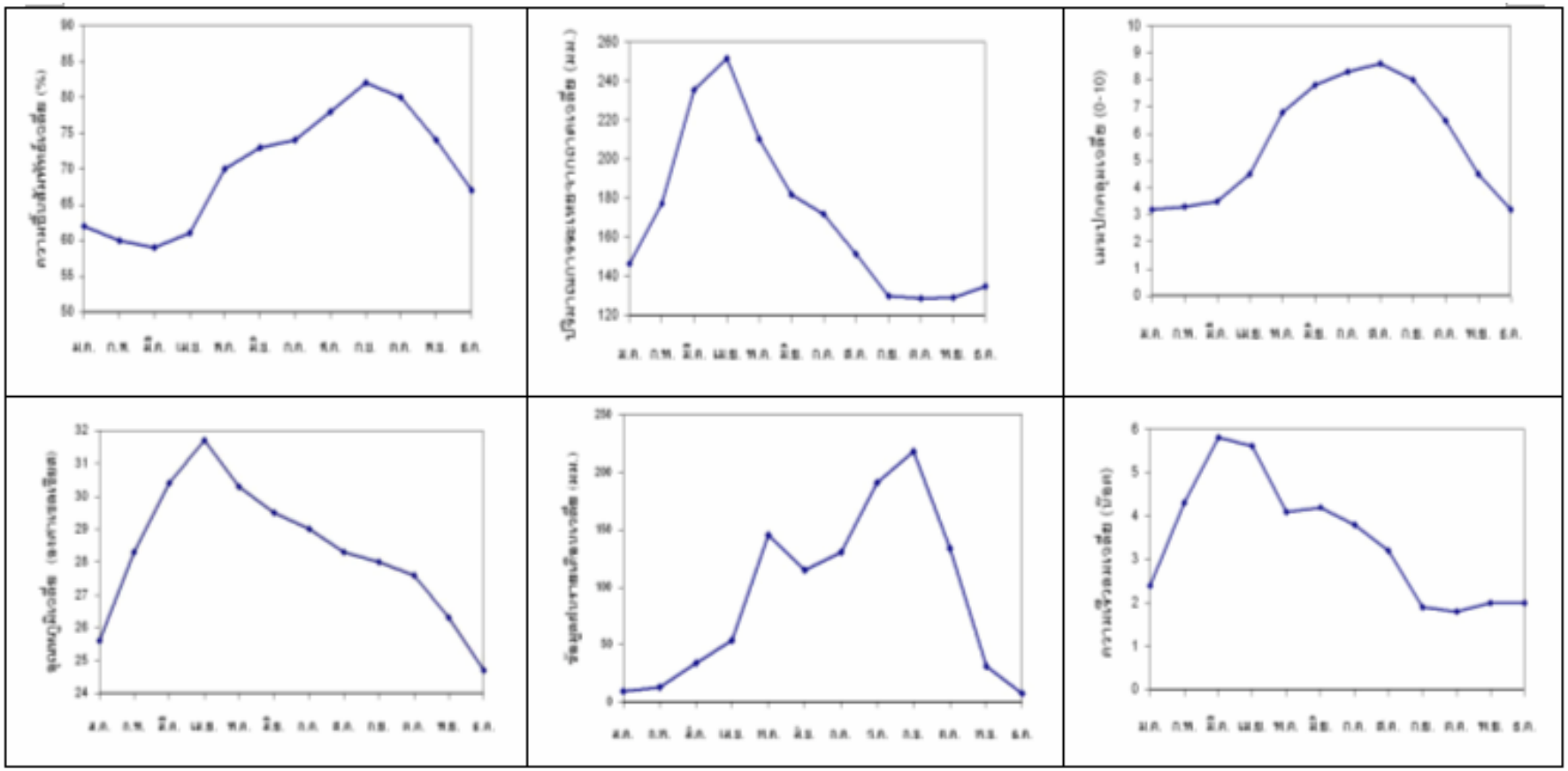
ตารางผนวกที่ ก 1 (ต่อ) การผันแปรรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งตั้งอยู่ใกล้เคียงบึงบอระเพ็ดมากที่สุด โดยทำการเก็บ รวบรวมข้อมูลในรอบ 30 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2514 ถึง พ.ศ. 2543

ข้อมูล	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ปี
การระเหยจากถาดวัดการระเหย (มิลลิเมตร)													
เฉลี่ย-ถาด	144.0	174.3	233.2	243.5	206.8	179.5	169.5	151.0	130.1	126.6	126.5	133.0	2,018.0
ความครึ้มของเมฆ (0-10 อ๊อกต้า)													
เฉลี่ย	2.9	3.2	3.6	4.6	6.6	7.8	8.2	8.6	8.0	6.4	4.4	3.1	5.6
ชั่วโมงที่มีแสงแดด													
เฉลี่ย	262.0	248.3	259.4	261.9	241.5	184.7	175.4	158.8	167.9	212.7	234.3	250.8	2,657.7
ทัศนวิสัย (กิโลเมตร)													
เวลา 0700	3.7	3.7	4.8	7.0	10.2	11.8	10.7	10.7	8.9	7.3	6.2	5.2	7.5
เฉลี่ย	5.8	5.5	5.9	7.8	11.0	12.2	11.6	11.3	10.4	9.5	8.5	7.4	8.9
ความเร็วลม (นอต)													
ความเร็วลมเฉลี่ย	2.0	3.8	5.4	5.0	3.6	3.8	3.3	2.8	1.6	1.5	1.7	1.8	-
ทิศทาง	E	S	S	S	S	S	S	S	S	NE	NE	NE	-
ความเร็วลมสูงสุด	25.0	30.0	40.0	50.0	48.0	45.0	37.0	45.0	40.0	30.0	21.0	25.0	50.0
ฝน (มิลลิเมตร)													
เฉลี่ย	5.4	12.5	33.4	58.3	153.1	110.4	133.1	185.0	218.2	132.6	30.5	4.9	1,077.4
จำนวนวันที่ฝนตก	1.0	1.4	2.7	5.1	12.7	13.2	15.5	18.6	18.3	13.9	3.5	0.9	106.8
ฝนสูงที่สุดใน 24 ชั่วโมง	60.9	55.3	112.3	84.9	150.1	127.8	96.1	78.2	102.9	87.2	52.5	40.3	150.1

ตารางผนวกที่ ก 1 (ต่อ) การผันแปรรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญของสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งตั้งอยู่ใกล้เคียงบึงบอระเพ็ดมากที่สุด โดยทำการเก็บ รวบรวมข้อมูลในรอบ 30 ปี ระหว่าง ปี พ.ศ.2514 ถึง พ.ศ.2543

ข้อมูล	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ปี
<u>จำนวนวันที่เกิด</u>													
เมฆหมอก	27.3	26.8	27.8	20.3	2.9	0.0	0.3	0.1	0.9	4.8	12.1	21.5	144.8
หมอก	1.8	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.5	0.7	1.0	0.7	6.1
ฟ้าคะนอง	0.2	1.1	3.2	7.9	15.3	9.8	9.8	10.6	15.1	9.9	1.7	0.3	84.9
พายุฝน	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา



ภาพผนวกที่ ก1 การผันแปรรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญของสถานีตรวจอากาศ อ.เมือง จ.นครสวรรค์

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา

ตารางผนวกที่ ก 2 ปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและบริเวณใกล้เคียง

	สถานีวัดน้ำฝน	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย (มิลลิเมตร)												รายปี (มม.)
				เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	
1.	อ.เมือง จ.นครสวรรค์	26013	2495-2542	61.53	137.76	116.76	134.21	179.11	234.17	134.47	27.21	5.27	6.89	13.54	31.70	1,082.62
2.	อ.พยุหคีรี จ.นครสวรรค์	26052	2495-2542	55.04	129.37	108.06	123.23	161.44	237.79	153.11	28.52	2.17	5.50	8.34	22.98	1,035.55
3.	อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์	26022	2495-2542	59.88	135.43	105.99	137.11	159.29	262.04	135.93	23.62	2.12	5.22	10.77	28.84	1,066.23
4.	อ.หนองบัว จ.นครสวรรค์	26102	2495-2542	66.08	157.96	140.30	145.70	200.91	241.34	126.95	25.67	4.91	3.05	11.09	29.32	1,153.27
5.	อ.ไพศาลี จ.นครสวรรค์	26122	2495-2542	66.14	146.93	126.51	129.37	173.40	219.57	125.33	17.68	1.75	6.46	7.29	33.18	1,053.60
6.	อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์	26082	2495-2542	41.09	108.69	113.31	127.86	150.90	259.43	130.26	22.46	0.60	3.40	5.88	25.33	989.20
7.	อ.ท่าตะโก จ.นครสวรรค์	26032	2495-2542	68.63	133.47	136.32	138.45	168.29	220.08	128.87	22.35	5.99	8.26	17.40	38.20	1,086.32
8.	อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์	26292	2518-2542	54.29	161.93	114.67	140.40	153.99	258.42	151.07	26.26	3.65	3.88	4.22	25.47	1,098.23
9.	อ.โกรกพระ จ.นครสวรรค์	26042	2498-2542	61.24	136.18	112.98	126.40	182.28	245.00	138.80	28.95	2.53	6.55	11.44	24.70	1,077.05
10.	อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์	26142	2524-2542	71.58	145.26	151.98	131.25	195.92	225.58	148.36	16.28	1.91	2.34	12.29	37.76	1,140.49
11.	อ.ชนแดน จ.เพชรบูรณ์	36052	2498-2542	66.88	161.74	193.01	190.67	242.20	247.46	119.78	16.17	1.34	4.63	10.94	31.00	1,285.80
12.	อ.บึงสามพัน จ.เพชรบูรณ์	36192	2530-2542	69.61	180.31	116.50	123.08	223.16	192.41	80.91	21.67	0.00	1.35	3.37	21.39	1,033.77
13.	อ.หนองไผ่ จ.เพชรบูรณ์	36092	2508-2542	69.83	173.99	154.81	167.58	229.38	223.97	113.70	13.28	2.87	3.57	12.12	43.87	1,208.96
14.	อ.บางมูลนาก จ.พิจิตร	38022	2518-2542	48.37	155.16	117.00	136.92	159.32	242.15	120.46	24.66	1.85	2.65	5.21	20.75	1,034.51
15.	อ.ทับคล้อ จ.พิจิตร	38082	2526-2542	68.24	132.36	120.61	128.16	187.72	184.80	130.33	27.09	4.76	3.15	14.72	25.05	1,027.00
16.	อ.โคกเจริญ จ.ลพบุรี	19392	2531-2542	83.98	149.21	114.36	71.66	165.66	161.25	109.58	18.27	1.15	5.42	4.71	26.08	911.32

ที่มา: กรมชลประทาน (2548)

ตารางผนวกที่ ก3 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของแม่น้ำน่านที่สถานี N.14A

	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน												น้ำท่ารายปี
ปี พ.ศ.	เม.ย.	พฤษภาคม	มิ.ย.	กรกฎาคม	สิงหาคม	ก.ย.	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	(ล้าน ลบ.ม.)
2521	477.28	421.42	419.65	1,994.96	2,454.22	2,064.22	3,050.97	1,042.58	449.88	335.57	317.76	462.38	13,490.88
2522	774.78	792.88	1,123.80	830.29	1,124.41	1,166.70	953.73	698.22	524.09	268.71	181	235.6	8,674.22
2523	254.8	448.4	882.1	1,384.20	2,171.90	3,376.40	3,281.90	1,344.10	729.7	404.6	484.2	626.4	15,388.90
2524	672.9	951.84	1,253.22	1,554.04	3,089.77	1,798.27	1,143.05	1,200.05	894.97	520.28	567.92	781.97	14,428.30
2534	504.45	407.31	367.03	305.12	1,109.03	1,819.09	810.22	405.67	270.56	146.52	144.15	163.45	6,452.61
2535	280.81	258.34	180.64	128.15	951.23	752.29	1,024.85	377.37	289.3	114.95	225.63	368.25	4,951.81
2536	372.89	429.41	536.47	375.99	607.17	1,364.63	590.04	411.02	399.23	109.46	158.44	203.83	5,558.58
2537	124.19	469.83	1,542.04	983.47	1,650.03	2,920.30	1,892.65	509.06	681	264.64	504.96	654.68	12,196.86
2538	702.01	751.88	777.07	860.71	2,423.23	3,765.68	3,398.71	1,915.06	896.93	412.71	582.59	917.91	17,404.48
2539	996.43	1,433.50	1,748.34	1,060.29	2,028.46	2,932.73	3,141.57	1,641.06	969.26	285.79	465.76	686.73	17,389.93
2541	550.39	407.93	212.7	1,187.54	956.34	1,360.52	1,417.24	720.15	425.3	173.27	281.23	351.03	8,043.66
2542	425.44	971.21	1,114.53	616.36	1,324.47	2,539.95	2,523.91	2,357.83	1,049.72	516.71	811.63	936.33	15,188.09
2543	629.36	1,228.24	1,439.69	1,494.64	1,188.41	2,773.22	2,675.10	1,799.02	622.69	529.25	600.47	797.65	15,777.76
ค่าเฉลี่ย	520.44	690.17	892.1	982.75	1,621.44	2,202.62	1,992.61	1,109.32	630.97	314.04	409.67	552.79	11,918.91
ค่าสูงสุด	996.43	1,433.50	1,748.34	1,994.96	3,089.77	3,765.68	3,398.71	2,357.83	1,049.72	529.25	811.63	936.33	17,404.48
ค่าต่ำสุด	124.19	258.34	180.64	128.15	607.17	752.29	590.04	377.37	270.56	109.46	144.15	163.45	4,951.81

ที่มา: กรมชลประทาน (2547)

ตารางผนวกที่ ก 4 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของแม่น้ำน่านที่สถานี N.8

	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน												น้ำท่ารายปี
ปี พ.ศ.	เม.ย.	พฤษภาคม	มิ.ย.	กรกฎาคม	สิงหาคม	ก.ย.	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	(ล้านลบ.ม.)
2498	87.87	176.6	510.45	757.73	2,139.44	3,351.40	2,182.46	471.4	230.95	122.6	83.29	55.12	10,169.31
2499	52.79	251.74	467.51	1,224.72	3,057.61	3,401.65	2,494.71	611.11	258.42	138.24	63.68	59.96	12,082.14
2500	79.06	116.55	265.25	557.17	738.03	2,735.77	2,375.22	609.38	236.13	133.75	99.45	68.08	8,013.84
2501	47.26	73.79	211.59	392.17	714.36	1,826.58	811.64	302.66	143.42	65.84	45.27	43.13	4,677.71
2502	38.74	95.73	213.67	412.65	2,041.03	3,231.45	2,551.13	587.95	222.05	128.91	88.73	65.4	9,677.44
2506	12.11	15.93	127.87	492.22	2,387.58	2,329.17	2,041.20	1,757.29	535.33	348.45	156.47	124.5	10,328.12
2507	79.83	235.53	517.1	969.32	1,126.74	2,899.93	3,572.12	1,367.54	481.59	218.76	144.89	107.14	11,720.49
2508	82.51	103.16	441.33	433.47	1,220.23	2,109.80	1,216.43	730.77	325.56	138.07	89.6	63.24	6,954.17
2509	44.41	216.78	673.14	707.53	2,537.57	3,373.49	896.4	802.05	365.64	151.89	94.52	76.46	9,939.88
2510	81.82	198.55	271.64	350.01	882.06	2,121.29	2,065.91	462.76	367.98	153.53	94.44	82.51	7,132.50
2511	98.5	427.59	573.44	832.03	1,513.04	1,332.46	801.19	264.56	171.24	99.62	66.7	45.36	6,225.73
2512	33.35	65.23	355.88	1,041.90	1,825.89	2,474.32	1,595.55	858.82	283.05	77.85	48.64	39.57	8,700.05
2513	30.67	223.6	715.39	2,289.77	3,471.55	4,061.23	2,749.42	1,151.97	470.19	203.39	118.71	98.15	15,584.04
2514	69.72	83.81	342.58	577.51	1,562.98	2,427.69	1,958.26	761.88	645.75	562.98	331.52	249	9,573.68
2515	269.57	381.97	594.35	741.23	1,031.18	841.1	816.83	189.87	423.53	91.58	160.79	290.65	5,832.65
2516	207.45	200.56	342.14	543.37	1,012.78	1,578.61	1,163.72	393.21	305.34	171.94	70.93	179.8	6,169.85

ตารางผนวกที่ ก 4 (ต่อ) ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของแม่น้ำน่านที่สถานี N.8

	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน												น้ำท่ารายปี
ปี พ.ศ.	เม.ย.	พฤษภาคม	มิ.ย.	กรกฎาคม	สิงหาคม	ก.ย.	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	(ล้าน ลบ.ม.)
2517	567.73	618.51	565.06	755.05	1,494.63	1,238.54	968.28	1,148.34	544.32	443.23	378.69	602.29	9,324.67
2518	565.66	620.01	807.41	1,149.21	1,876.00	3,610.61	3,260.30	1,538.09	924.74	537.41	628.47	795.92	16,313.83
2519	921.11	1,150.42	1,061.94	919.47	1,609.98	2,793.31	2,634.20	1,598.92	1,015.95	757.21	675.39	833.76	15,971.66
2520	801.45	1,038.96	875.75	969.41	1,367.28	2,976.31	1,274.31	751.59	499.16	333.07	277.26	383.96	11,548.51
2521	465.26	340.42	332.54	1,785.84	2,371.09	2,300.38	2,995.49	931.69	638.33	476.55	463.51	704.91	13,806.01
2522	914.99	906.1	1,211.72	868.64	1,225.25	1,221.99	944.95	774.44	578	313.68	202.5	280.56	9,442.82
2523	330.17	479.59	815.2	1,288.28	2,123.24	3,596.96	2,899.90	1,130.99	784.24	506.32	581.97	710.79	15,247.65
2524	740.91	1,014.78	1,167.22	1,539.78	3,079.94	1,399.23	893.2	937.81	817.07	597.57	651.72	855.39	13,694.62
2534	497.84	388.83	316.26	274.9	1,197.05	1,947.71	964.85	470.96	379.38	199.36	214.32	246.76	7,098.22
2535	249.91	237.43	185.41	159.47	749.56	612.02	1,015.23	419.84	438.93	176.55	224.71	316.11	4,785.17
2536	406.3	485.59	545.16	422.68	670.56	1,213.82	391.17	245.64	259.21	130.33	130.34	165.24	5,066.04
2537	135.99	446.1	1,569.56	1,099.59	1,630.74	3,196.45	1,440.96	476.57	682.06	228.84	388.21	682.12	11,977.19
2538	780.92	824.29	840.4	961.23	2,751.13	4,333.15	3,293.47	1,812.76	856.67	448.88	655.03	1,012.50	18,570.43
2539	932.64	1,249.90	1,455.97	935.68	1,664.62	2,505.75	3,187.73	1,551.20	721.93	234.65	418.06	625.99	15,484.12
2540	606.45	560.4	404.07	450.97	750.25	1,200.40	1,238.07	574.42	576.24	217.43	375.71	410.07	7,364.48
2541	426.68	345.99	219.1	758.49	603.98	599.32	404.72	383.51	330.45	208.47	277.76	339.69	4,898.16

ตารางผนวกที่ ก 4 (ต่อ) ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของแม่น้ำน่านที่สถานี N.8

	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน												น้ำท่ารายปี
ปี พ.ศ.	เม.ย.	พฤษภาคม	มิ.ย.	กรกฎาคม	สิงหาคม	ก.ย.	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	(ล้าน ลบ.ม.)
2542	356.39	719.77	749.44	413.01	994.77	1,948.55	1,701.10	1,533.99	520.74	400.86	672.16	759.21	10,769.99
2543	596.42	1,031.67	1,119.55	1,166.36	900.79	2,256.38	1,998.87	1,249.13	505.23	514.05	567.27	686.9	12,592.62
ค่าเฉลี่ย	341.54	450.76	613.68	830.61	1,597.73	2,324.91	1,788.21	848.62	486.44	280.35	280.61	354.71	10,198.17
ค่าสูงสุด	932.64	1,249.90	1,569.56	2,289.77	3,471.55	4,333.15	3,572.12	1,812.76	1,015.95	757.21	675.39	1,012.50	18,570.43
ค่าต่ำสุด	12.11	15.93	127.87	159.47	603.98	599.32	391.17	189.87	143.42	65.84	45.27	39.57	4,677.71

ที่มา: กรมชลประทาน (2547)

ภาคผนวก ข

การสร้างไฟล์สำหรับการดำเนินการแบบจำลอง URBS

1) Catchment Definition File ของลุ่มน้ำย่อยคลองบอน

```
Bon
MODEL: SPLIT
USES: L
DEFAULT PARAMETERS: alpha = 0.2 m = 0.8 beta = 5 x = 0.3 n = 1
DEFAULT PARAMETERS: if = 300 k = 0.9
DEFAULT PARAMETERS: BR = 0.985 BC = 0.001 BM = 1

5 SUBAREAS OF AREA:
  192.162  101.799  123.831  147.709  258.275

{*************************************************************************}
RAIN        #1      L = 15.818
STORE.
RAIN        #2      L = 12.082
GET.
ROUTE               L = 11.928
ADD RAIN    #3      L = 14.500
ROUTE               L = 12.221
ADD RAIN    #4      L = 18.544
ROUTE               L = 11.533
ADD RAIN    #5      L = 20.940
PRINT. Bon
END OF CATCHMENT DATA.

5 PLUVIOGRAPHS:
LOCATION. bon-1
  1 SUBAREAS:
   1
```

LOCATION. bon-2

1 SUBAREAS:

2

LOCATION. bon-3

1 SUBAREAS:

3

LOCATION. bon-4

1 SUBAREAS:

4

LOCATION. bon-5

1 SUBAREAS:

5

END OF PLUVIOGRAPH DATA.

1 GAUGING STATION:

LOCATION. Bon

END OF GAUGING STATIONS DATA.

2) Catchment Definition File ของลุ่มน้ำย่อยคลองท่าตะโก

TATAKO

MODEL: SPLIT

USES: L

DEFAULT PARAMETERS: alpha = 0.2 m = 0.8 beta = 5 x = 0.3 n = 1

DEFAULT PARAMETERS: if = 300 k = 0.9

DEFAULT PARAMETERS: BR = 0.985 BC = 0.001 BM = 1

32 SUBAREAS OF AREA:

134.001 134.605 155.736 103.336 97.524 72.885 142.557 199.513 30.448 68.351 51.618

68.247 81.325 107.827 127.742 61.917 50.457 64.952 103.851 150.051 127.512 114.859

117.493 108.135 55.950 90.384 163.298 115.783 143.414 53.880 47.585 166.366

{**********}

RAIN #1 L = 8.9

ADD RAIN #2 L = 9.362

ROUTE L = 19.24

STORE.

RAIN #3 L = 30.919

GET.

ROUTE L = 10.049

ADD RAIN #4 L = 14.025

STORE.

RAIN #5 L = 8.061

ROUTE L = 11.591

ADD RAIN #6 L = 14.127

STORE.

RAIN #7 L = 11.239

GET.

ROUTE L = 22.087

ADD RAIN #8 L = 18.076

GET.

ROUTE L = 3.7

ADD RAIN #9 L = 7.747

STORE.

RAIN #10 L = 11.384

STORE.

RAIN #11 L = 10.051

STORE.

RAIN #12 L = 7.908

GET.

ROUTE L = 2.306

ADD RAIN #13 L = 6.488

GET.

ROUTE L = 9.917

ADD RAIN #14 L = 9.363

ROUTE L = 16.578

ADD RAIN #15 L = 17.312

STORE.

RAIN #16 L = 6.803

STORE.

RAIN #17 L = 8.713

GET.

ROUTE L = 14.6

ADD RAIN #18 L = 15.024

STORE.

RAIN #19 L = 25.454

GET.

ROUTE L = 4.458

STORE.

RAIN #20 L = 29.186

STORE.

RAIN #21 L = 7.828

ROUTE L = 7.573

ADD RAIN #22 L = 4.835

ROUTE L = 3.957

ADD RAIN #23 L = 7.169

STORE.

RAIN #24 L = 10.068

STORE.

RAIN #25 L = 10.966

GET.

GET.

ROUTE L = 11.321

ADD RAIN #26 L = 9.666

GET.

ROUTE L = 15.772

STORE.

RAIN #27 L = 19.487

STORE.

RAIN #28 L = 17.554

STORE.

RAIN #29 L = 14.213

GET.

GET.

GET.

GET.

ROUTE L = 7.613

ADD RAIN #30 L = 6.363

GET.

ROUTE L = 4.587

ADD RAIN #31 L = 10.803

STORE.

RAIN #32 L = 9.358

GET.

ROUTE L = 10.175

GET.

PRINT. Tatako

END OF CATCHMENT DATA.

32 PLUVIOGRAPHS:

LOCATION. tatako-1

1 SUBAREAS:

1

LOCATION. tatako-2

1 SUBAREAS:

2

LOCATION. tatako-3

1 SUBAREAS:

3

LOCATION. tatako-4

1 SUBAREAS:

4

LOCATION. tatako-5

1 SUBAREAS:

5

LOCATION. tatako-6

1 SUBAREAS:

6

LOCATION. tatako-7

1 SUBAREAS:

7

LOCATION. tatako-8

1 SUBAREAS:

8

LOCATION. tatako-9

1 SUBAREAS:

9

LOCATION. tatako-10

1 SUBAREAS:

10

LOCATION. tatako-11

1 SUBAREAS:

11

LOCATION. tatako-12

1 SUBAREAS:

12

LOCATION. tatako-13

1 SUBAREAS:

13

LOCATION. tatako-14

1 SUBAREAS:

14

LOCATION. tatako-15

1 SUBAREAS:

15

LOCATION. tatako-16

1 SUBAREAS:

16

LOCATION. tatako-17

1 SUBAREAS:

17

LOCATION. tatako-18

1 SUBAREAS:

18

LOCATION. tatako-19

1 SUBAREAS:

19

LOCATION. tatako-20

1 SUBAREAS:

20

LOCATION. tatako-21

1 SUBAREAS:

21

LOCATION. tatako-22

1 SUBAREAS:

22

LOCATION. tatako-23

1 SUBAREAS:

23

LOCATION. tatako-24

1 SUBAREAS:

24

LOCATION. tatako-25

1 SUBAREAS:

25

LOCATION. tatako-26

1 SUBAREAS:

26

LOCATION. tatako-27

1 SUBAREAS:

27

LOCATION. tatako-28

1 SUBAREAS:

28

LOCATION. tatako-29

1 SUBAREAS:

29

LOCATION. tatako-30

1 SUBAREAS:

30

LOCATION. tatako-31

1 SUBAREAS:

31

LOCATION. tatako-32

1 SUBAREAS:

32

END OF PLUVIOGRAPH DATA.

1 GAUGING STATION:

LOCATION. Tatako

END OF GAUGING STATIONS DATA.

3) Rainfall Definition File ของลุ่มน้ำย่อยคลองบอน

Bon

CALIBRATION RUN

TIME INCREMENT: 2.0 HOURS

RUN DURATION: 672.0 HOURS

PLUVIOGRAPH. bon-1

PLUVIOGRAPH. bon-2

PLUVIOGRAPH. bon-3

PLUVIOGRAPH. bon-4

PLUVIOGRAPH. bon-5

LOSS: UNIFORM PROPORTIONAL

4) Rainfall Definition File ของลุ่มน้ำย่อยคลองท่าตะโก

TATAKO

CALIBRATION RUN

TIME INCREMENT: 2.0 HOURS

RUN DURATION: 1968.0 HOURS

PLUVIOGRAPH. tatako-1

PLUVIOGRAPH. tatako-2

PLUVIOGRAPH. tatako-3

PLUVIOGRAPH. tatako-4

PLUVIOGRAPH. tatako-5

PLUVIOGRAPH. tatako-6

PLUVIOGRAPH. tatako-7

PLUVIOGRAPH. tatako-8

PLUVIOGRAPH. tatako-9

PLUVIOGRAPH. tatako-10

PLUVIOGRAPH. tatako-11

PLUVIOGRAPH. tatako-12

PLUVIOGRAPH. tatako-13

PLUVIOGRAPH. tatako-14

PLUVIOGRAPH. tatako-15

PLUVIOGRAPH. tatako-16

PLUVIOGRAPH. tatako-17

PLUVIOGRAPH. tatako-18

PLUVIOGRAPH. tatako-19

PLUVIOGRAPH. tatako-20

PLUVIOGRAPH. tatako-21

PLUVIOGRAPH. tatako-22

PLUVIOGRAPH. tatako-23

PLUVIOGRAPH. tatako-24

PLUVIOGRAPH. tatako-25

PLUVIOGRAPH. tatako-26

PLUVIOGRAPH. tatako-27

PLUVIOGRAPH. tatako-28

PLUVIOGRAPH. tatako-29

PLUVIOGRAPH. tatako-30

PLUVIOGRAPH. tatako-31

PLUVIOGRAPH. tatako-32

LOSS: UNIFORM PROPORTIONAL

5) ตัวอย่างของ Gauging Station File ของลุ่มน้ำย่อยคลองบอน

Station : 16/7-30/7/2003

Station ID : Bon

Starting Time : 16/07/03 00:00:00

Time Increment: 24 HOURS

0 86400 15

2.16

2.13

2.28

2.50

2.71

2.94

3.02

3.27

3.36

3.45

3.50

3.50

3.45

3.45

3.50

6) ตัวอย่างของ Pluviograph File ของลุ่มน้ำย่อยคลองบอน

Station : 17/7-30/7/2003

Station ID : bon-1

Starting Time : 16/07/03 00:00:00

Time Increment: 24 HOURS

0 86400 14

0

0

0

0

0

0

6.8

0

0

82.2

0

0

2.5

16.3

7) ตัวอย่างของ Batch File สำหรับใช้ในการ Run แบบจำลอง URBS

```
rem single Event Batch File
rem set path for executable files
path="C:\program files\URBS 2002\"
C:

cd c:\Documents and Settings\joy\u_bung\BON\

set URBS=URBS
set URBS_SPLT=TRUE
set URBS_MASK=TRUE
set URBS_BASF=TRUE

rem set directory path for rain and river and river data
set URBS_RAIN=c:\Documents and Settings\joy\u_bung\BON\data\
set URBS_GAUG=c:\Documents and Settings\joy\u_bung\BON\data\

rem set start date and time
set URBS_DATE=16/7/2003
set URBS_TIME=00:00:00

rem run model
urbs32.exe Bon.cat Bon.rf Bon alpha=0.12 m=0.8 beta=3.98 il=27 pr=0.22 if=500
rem plot results
winplotu Bon.csv
```

ภาคผนวก ค

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12

การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ ๑๒ โรงแรมอมรินทร์ลากูน จ.พิษณุโลก 2-4 พฤษภาคม 2550

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านทรัพยากรน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

Decision Support System for Water Resource Management of Bung Boraphet Basin

สาวิตรี นาคาหอม (Sawitree Nakhorm)[1]

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ (Nutchanart Sriwongsitanon)[2]

[1]นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (sawitree.nakhorm@gmail.com)

[2]รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (fengnns@ku.ac.th)

บทคัดย่อ : พื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยจุดออกของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดคือบึงบอระเพ็ดซึ่งเป็นทะเลสาบน้ำจืดและระบบพื้นที่ชุ่มน้ำขนาดใหญ่และมีความสำคัญมากในจังหวัดนครสวรรค์ ในปัจจุบันทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและโดยเฉพาะอย่างยิ่งบึงบอระเพ็ดกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรง ดังนั้น การบริหารจัดการน้ำจึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านทรัพยากรน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด โดยระบบดังกล่าวประกอบด้วย ระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด รวมทั้งระบบฐานข้อมูลของบึงบอระเพ็ดและพื้นที่ลุ่มน้ำ สำหรับในส่วนของระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า นั้นได้พิจารณาใช้แบบจำลอง URBS เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันจากข้อมูลน้ำฝนรายวันและลักษณะเฉพาะของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยผลการประเมินปริมาณน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำย่อยสามารถนำมาใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด จากนั้นได้จัดทำระบบแบบจำลอง URBS ขึ้นและเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูล เพื่อให้การใช้งานแบบจำลองเป็นไปได้โดยสะดวก สำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น มีการสร้างชั้นของข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของระบบแบบจำลอง URBS รวมทั้งสามารถใช้แสดงผลเชิงพื้นที่ได้อย่างชัดเจน และเมื่อนำระบบแบบจำลอง URBS และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มาเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูล จะได้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ซึ่งได้พัฒนาให้สามารถทำงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในการจัดทรัพยากรน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป

ABSTRACT: Bung Boraphet Basin is the sub-basin of the Chao Phraya Basin. The outlet of Bung Boraphet Basin is Bung Boraphet, which is a large and important freshwater lake and wetland system in Nakorn Sawan Province. At present, Bung Boraphet Basin and particularly Bung Boraphet are facing severe water shortage. Therefore water management is urgently needed for solving the problem. This research has the main objective to develop a decision support system for Water Resource Management of Bung Boraphet Basin. This decision support system consists of the Rainfall-Runoff Model System and the Geographic Information System (GIS) of Bung Boraphet Basin, and the Database System for Bung Boraphet and its basin. For Rainfall-Runoff Model System, the URBS Model has been chosen for daily runoff estimation using daily rainfall data and basin characteristics. Results of runoff estimation for each sub-basin can be used as the information for basin water resource management. The URBS Model System was then developed and connected to the Database System for the convenience of the model application. For GIS, layers of data needed for spatial analysis were prepared to support the URBS Model application and to show spatial results clearly. Once the URBS Model System and GIS are connected to the Database System, it will be the Decision Support System which was developed under the internet system to support decision makers for water resource management of Bung Boraphet Basin more efficiently.

KEYWORDS: Bung Boraphet, Decision Support System, URBS Model System, Geographic Information System, Database System

1. บทนำ

บึงบอระเพ็ดเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่สำคัญของประเทศไทยและมีความหลากหลายทางชีวภาพของทรัพยากรธรรมชาติ ดังนั้น หน่วยราชการต่างๆ จึงได้มีความพยายามที่จะอนุรักษ์ทรัพยากรของบึงบอระเพ็ดให้คงความสมบูรณ์ตลอดไป โดยในปี ค.ศ.1947 กรมประมงได้ประกาศเขตอนุรักษ์บึงบอระเพ็ดซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 212ตร.กม. (132,737 ไร่) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันมีประชาชนมากกว่า 30,000 คน เข้ามาอาศัยและทำมาหากินในพื้นที่ดังกล่าว จึงเป็นเหตุให้ทรัพยากรธรรมชาติในทุกด้านเกิดความเสื่อมโทรมลงอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนมีการใช้ทรัพยากรบางด้านที่มากเกินกว่าความสามารถของบึงบอระเพ็ดที่จะให้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านทรัพยากรน้ำซึ่งถูกนำมาใช้ประโยชน์โดยขาดการบริหารจัดการ อันเนื่องมาจากการที่มีหลายหน่วยงานของทางราชการเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ในบึงบอระเพ็ดแต่ขาดการบูรณาการในด้านการทำงานที่เป็นเอกภาพ รวมทั้งขาดข้อมูลและเครื่องมือที่สามารถนำมาช่วยให้การจัดการด้านทรัพยากรน้ำดำเนินไปในแนวทางที่ถูกต้อง นอกจากนั้นแล้ว การแก้ปัญหาด้านทรัพยากรน้ำของบึงบอระเพ็ดมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาในแง่ของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดโดยรวม ดังนั้น งานวิจัยนี้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน [1] จึงได้เกิดขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านทรัพยากรน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบต่อไปนี้ขึ้นคือ ระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (แบบจำลอง URBS) ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และ ระบบฐานข้อมูล โดยระบบที่สร้างขึ้นจะมีส่วนช่วยให้การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์

1. พัฒนาระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model System) เพื่อการประเมินกราฟน้ำท่ารายวันของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

2. พัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS) เพื่อการรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ในบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

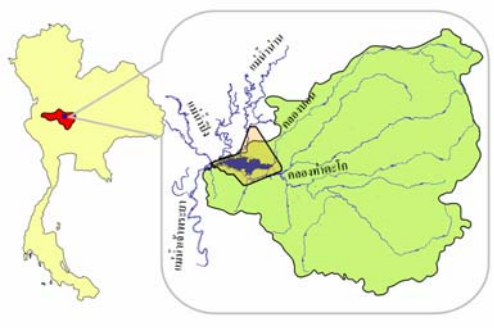
3. พัฒนาระบบฐานข้อมูล (Database System) เพื่อรวบรวมข้อมูลทางกายภาพในบึงบอระเพ็ดและลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

4. การเชื่อมโยงระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ระบบฐานข้อมูล และผลการดำเนินงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ให้สามารถดำเนินงานหรือแสดงผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

3. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดมีพื้นที่ประมาณ 4,486 ตร.กม. และครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดนครสวรรค์ เพชรบูรณ์ ลพบุรี และพิจิตร ภูมิประเทศของลุ่มน้ำมีลักษณะเป็นที่ราบเรียบ ที่ราบลอนคลื่น และภูเขาลูกเล็กๆ โดยมีลำน้ำสาขาที่สำคัญคือ คลองบอนและคลองท่าตะโก ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 1,068 และ 3,418 ตร.กม. ตามลำดับ ลุ่มน้ำย่อยนี้รับน้ำฝนแล้วระบายลงสู่จุดออกที่บึงบอระเพ็ด การใช้ประโยชน์พื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นการทำเกษตรกรรมประมาณ 88% ของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเป็นนาข้าว 44.44% พืชไร่ 37.17% ที่เหลือเป็นไม้ยืนต้น ไม้ผล ไร่นาสวนผสม และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แหล่งน้ำเพื่อการเกษตรที่สำคัญคือ น้ำฝน (38.8%) น้ำจากคลองธรรมชาติ (47.6%) และน้ำชลประทาน (14.1%) ซึ่งในจังหวัดนครสวรรค์มีพื้นที่รับน้ำตามโครงการชลประทาน 16.3% ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด [2] สำหรับพื้นที่บึงบอระเพ็ดซึ่งเป็นพื้นที่อนุรักษ์และมีขนาดประมาณ 212 ตร.กม. ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง อำเภอชุมแสง และอำเภอท่าตะโก ของจังหวัดนครสวรรค์ ดังแสดงในภาพที่ 1 ในปี ค.ศ.1927 กระทรวงเกษตราธิการได้สร้างทำนบและประตูระบายน้ำขึ้นและเริ่มเก็บกักน้ำเพื่อประโยชน์ทางด้านการประมง โดยมีระดับเก็บกักที่ +23.80 ม. (รทก.) ต่อมาในปี ค.ศ.1993 กรมประมงได้จัดทำโครงการฟื้นฟูบึงบอระเพ็ด รวมทั้งเพิ่มระดับทำนบและประตูระบายน้ำให้มีระดับสูงสุดที่ +24.00 ม. (รทก.) ซึ่งสามารถเก็บกักน้ำได้

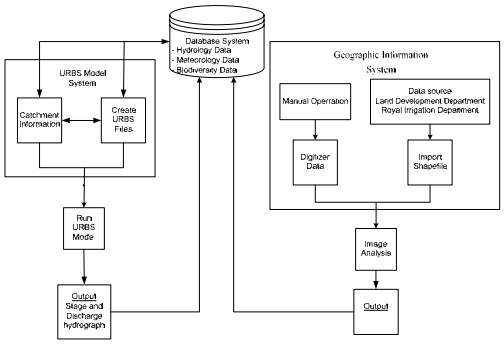
ประมาณ 177 ล้าน ลบ.ม. [3] โดยจะรับน้ำจากพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดในช่วงฤดูฝนเข้ามาเก็บกักไว้ใช้ประโยชน์ในช่วงฤดูแล้ง และในบางปีที่น้ำในแม่น้ำน่านมีปริมาณมากก็จะเปิดประตูระบายน้ำเพื่อผันน้ำเข้าสู่บึงบอระเพ็ด และหากมีปริมาณน้ำในบึงบอระเพ็ดมากเกินกว่าระดับเก็บกักก็จะไหลล้นเข้าท่วมบริเวณโดยรอบ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเป็นการเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพโดยเฉพาะการเพิ่มปริมาณและพันธุ์ปลา ทำให้บึงบอระเพ็ดเป็นที่อยู่อาศัยของปลาจำนวน 54 ชนิด [4] และนกจำนวน 252 ชนิด รวมทั้งพันธุ์พืชและสัตว์ที่หายากจำนวนมาก [5]



ภาพที่ 1 พื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดและพื้นที่อนุรักษ์บึงบอระเพ็ด [1]

4. การจัดทำระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านทรัพยากรน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ การพัฒนาระบบการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำ 3 ระบบ คือ 1) ระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (แบบจำลอง URBS) 2) ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และ 3) ระบบฐานข้อมูล โดยรายละเอียดของการจัดทำระบบเหล่านี้ได้แสดงไว้ในหัวข้อย่อยถัดไป และเมื่อทำการสร้างระบบทั้งสามแล้วได้ดำเนินการจัดทำระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านทรัพยากรน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ที่สามารถดำเนินงานหรือแสดงผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยการนำระบบแบบจำลอง URBS มาเชื่อมโยงเข้ากับระบบฐานข้อมูล เพื่อให้การดำเนินงานของระบบดำเนินไปได้โดยง่าย รวดเร็ว และมีความถูกต้อง สำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้นมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของระบบแบบจำลองคณิตศาสตร์ รวมทั้งใช้แสดงข้อมูลทางกายภาพที่ผ่านการจัดทำแล้ว ดังนั้น จึงเป็นการนำผลการดำเนินงานที่ได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาเชื่อมโยงเข้ากับระบบทั้งสอง โดยแผนภาพแสดงระบบสนับสนุนการตัดสินใจแสดงไว้ในแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 การเชื่อมโยงระบบฐานข้อมูลเข้ากับระบบแบบจำลอง URBS

4.1. ระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

แบบจำลองน้ำฝน–น้ำท่า เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ประเมินกราฟน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝน โดยอาศัยข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝน เช่น ลักษณะภูมิประเทศ สภาพอุตุนิยมวิทยา สภาพอุทกวิทยา และ ลักษณะการใช้ที่ดิน เป็นต้น จากอดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ที่ใช้หลักการดังกล่าวกันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้ได้แก่ แบบจำลอง SSARR, STANDFORD WATERSHED, SACRAMENTO WATERSHED, TANK, SCS, HEC-HMS, NAM, และ URBS เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ได้พิจารณาใช้แบบจำลอง URBS เพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่ารายวันจากข้อมูลน้ำฝนรายวันและลักษณะเฉพาะของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงต่อไป และเพื่อให้การดำเนินงานแบบจำลองเป็นไปได้โดยสะดวกและมีประสิทธิภาพจึงดำเนินการจัดสร้างระบบแบบจำลอง URBS ขึ้นและเชื่อมโยงเข้ากับระบบฐานข้อมูล

4.1.1 ทฤษฎีของแบบจำลอง URBS

แบบจำลอง URBS เป็นแบบจำลองโครงข่ายการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำท่า (Runoff-Routing Networked Model) ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ.1990 โดย Don Carroll วิศวกรชาวออสเตรเลีย โดยแบบจำลองมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีของ Laurenson & Mein [6] และแบบจำลอง WT42 [7] ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักของการพัฒนาแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วม [8] และในปัจจุบันได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในประเทศออสเตรเลีย โดย The Bureau of Meteorology [9] แบบจำลอง URBS มีสมมติฐานในการประเมินปริมาณน้ำท่าคือ ปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (Rainfall Excess) ซึ่งถูกประเมินจากแบบจำลองการสูญเสียของปริมาณน้ำฝน จะเคลื่อนตัวผ่านปริมาตรเก็บกักของลุ่มน้ำ (Catchment Storage) ซึ่งตั้งอยู่ที่จุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำเพื่อไหลไปสู่ลำน้ำโดยใช้หลักการของการเคลื่อนตัวผ่านอ่างเก็บน้ำแบบไม่เป็นเส้นตรง จากนั้นปริมาณการไหลออกจากปริมาตรเก็บกักลุ่มน้ำซึ่งเปรียบเสมือนเป็นปริมาณการไหลเข้าปริมาตรเก็บกักลำน้ำ (Channel Storage) จะถูกเคลื่อนตัวไปตามทางน้ำด้วยวิธี Muskingum แบบไม่เป็นเส้นตรง โดยหลักการของการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำผ่านปริมาตรเก็บกักลุ่มน้ำและปริมาตรเก็บกักลำน้ำแสดงได้ดังสมการที่ (1) และ (2)

$$S_{catch} = \left\{ \frac{\beta \sqrt{A}(1+F)^2}{(1+U)^2} \right\} Q^m \qquad (1)$$

เมื่อ S_{catch} คือ ปริมาตรเก็บกักลุ่มน้ำ (ลบ.ม.ชม/.วินาที) β คือ พารามิเตอร์ Catchment Lag A คือ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (ตร.กม.) U คือ สัดส่วนพื้นที่เมืองในพื้นที่ลุ่มน้ำ F คือ สัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำ และ m คือ พารามิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของลุ่มน้ำ

$$S_{chnl} = \alpha f \frac{nL}{\sqrt{S_c}} \left(xQ_u + (1-x)Q_d \right)^{n^1} \qquad (2)$$

เมื่อ S_{chnl} คือ ปริมาตรเก็บกักในลำน้ำ (ลบ.ม.ชม/.วินาที) α คือ พารามิเตอร์ Channel Lag f คือ แฟคเตอร์ความยาวลำน้ำ L คือ ความยาวลำน้ำกม S_c คือ ความลาดชันของทางน้ำ Q_u คือ ปริมาณการไหลเข้าทางด้านเหนือน้ำ (ลบ.ม/.วินาที) Q_d คือ ปริมาณการไหลออกทางด้านท้ายน้ำ (ลบ.ม/.วินาที) x คือ พารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของ Muskingum n^1 คือ พารามิเตอร์แบบไม่เป็นเส้นตรงของ Muskingum และ n คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ

4.1.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของแบบจำลอง URBS

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS สำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่านั้น จำเป็นต้องแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำของสถานีวัดน้ำท่าต่างๆ ออกเป็นลุ่มน้ำย่อยเพื่อลดความผิดพลาดของการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนและเพิ่มความถูกต้องของการประเมินปริมาณน้ำท่า โดยพื้นที่ลุ่มน้ำที่แบ่งควรมีขนาดและลักษณะเฉพาะทางภูมิศาสตร์ใกล้เคียงกัน จากนั้นทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่แสดงลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย 1) ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (A, ตร.กม.) 2) ความยาวลำน้ำจากจุดออกของลุ่มน้ำด้านเหนือน้ำถึงจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำที่พิจารณา (L_1, กม.) 3) ความยาวลำน้ำจากจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำที่พิจารณาถึงจุดออกของลุ่มน้ำนั้นๆ (L_2, กม.) 4) ความยาวลำน้ำจากจุดศูนย์ถ่วงของลุ่มน้ำที่พิจารณาถึงจุดบรรจบของลุ่มน้ำสาขา (L_3, กม.) และ 5) ความยาวลำน้ำจากจุดบรรจบของลุ่มน้ำสาขาถึงจุดออกของลุ่มน้ำที่พิจารณา (L_4, กม.) ซึ่งการดำเนินการในส่วนนี้ได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อการประเมินพารามิเตอร์ดังกล่าว สำหรับการประเมินปริมาณน้ำฝนที่ใช้เป็นตัวแทนในแต่ละลุ่มน้ำย่อยนั้นดำเนินการโดยวิธี Thiessen Polygon [10] จากนั้นทำการสร้างชุดข้อมูลด้านเข้าให้อยู่ในรูปแบบที่แบบจำลอง URBS ต้องการ อันประกอบด้วย 1) Catchment Definition File เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง โครงข่ายการเชื่อมโยงของแต่ละลุ่มน้ำย่อย สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย และสถานีวัดน้ำท่าสำหรับใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง 2) Rainfall Definition File เพื่อกำหนดช่วงเวลาของการวิเคราะห์ ชื่อไฟล์ สถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ และประเภทของแบบจำลองการสูญเสียปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์ 3) Gauging Staion File เพื่อกำหนดไฟล์ข้อมูลปริมาณน้ำท่า 4) Pluviograph File เพื่อกำหนดไฟล์ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ซึ่ง Gauging Staion File และ Pluviograph File นี้จะต้องมีชื่อตามชื่อไฟล์ทั้งหมดที่ได้กำหนดไว้ใน Catchment

Definition File และ 5) Batch File สำหรับใช้ในการดำเนินงานแบบจำลอง URBS ซึ่งผู้ใช้ต้องกำหนดที่อยู่ของ Execute File ที่อยู่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า เวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดของการวิเคราะห์ และที่สำคัญยิ่ง ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลองใน Batch File นี้ได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ทุกครั้งของการดำเนินงานแบบจำลอง เพื่อปรับให้ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่มีการตรวจวัดจริง

4.2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4.2.1 ทฤษฎีของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เป็นระบบฐานข้อมูลที่ทำหน้าที่จัดการข้อมูลต่างๆ ให้อยู่ในระบบข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งข้อมูลแต่ละชนิดมีการอ้างอิงพิกัดตำแหน่งและอยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิตอล ที่มีการผสมผสานกระบวนการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับระบบข้อมูลแผนที่ (Geographic Information) และระบบฐานข้อมูล (Database System) [11]ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจในงานที่มีความซับซ้อนให้สามารถเห็นภาพได้อย่างชัดเจน และช่วยส่งเสริมให้การดำเนินโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับงานด้านทรัพยากรน้ำมีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลในหลายๆ ด้านมาใช้ประกอบการตัดสินใจร่วมกัน ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้จัดเก็บข้อมูลและแสดงผลเชิงพื้นที่ของข้อมูลด้านต่างๆ

4.2.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ในงานวิจัยนี้ ได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้เพื่อรวบรวม แก้ไข ปรับปรุงข้อมูลให้มีความทันสมัย จัดเก็บข้อมูลไว้อย่างเป็นระบบ และสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ของบึงบอระเพ็ดและพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ซึ่งในการดำเนินงาน ได้ใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7017 ของกรมแผนที่ทหาร เป็นแผนที่ฐานที่ใช้อ้างอิง และโครงสร้างของฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้พิจารณาใช้รูปแบบ Shape File Format ที่สามารถแสดงข้อมูลด้วยโปรแกรม ArcView ของบริษัท ESRI การดำเนินงานในส่วนนี้เริ่มจากการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำในแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 จากนั้นทำการดิจิไทซ์ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำและลุ่มน้ำย่อย ขอบเขตบึงบอระเพ็ด เข้าสู่โปรแกรม ArcView 3.1 และนำข้อมูลต่างๆ มาจัดเก็บในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย พิกัดสถานีวัดน้ำฝน-น้ำท่าจากกรมชลประทาน และข้อมูลชนิดดิน การใช้ที่ดิน และพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำ จากกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งต้องดำเนินการจัดกลุ่มข้อมูลเหล่านี้เป็นกลุ่มของข้อมูลหลัก (Theme) ตามคุณลักษณะของข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย 1) ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด 2) ขอบเขตลุ่มน้ำย่อย 3) ลำน้ำสาขาของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด 4) ขอบเขตการปกครอง 5) ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ทั้งภายในและโดยรอบพื้นที่ลุ่มน้ำ 6) ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าโดยรอบพื้นที่ลุ่มน้ำ 7) ข้อมูลชนิดดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน 8) เส้นชั้นความสูงในบึงบอระเพ็ด และ 9) พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ซึ่งโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่จัดทำขึ้นนี้นำมาสนับสนุนการดำเนินงานของแบบจำลอง URBS เพื่อการประเมินพารามิเตอร์ด้านกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำเพื่อใช้เป็นข้อมูลเข้าของแบบจำลอง ดังกล่าวแล้วข้างต้น

4.3. ระบบฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล (Database) หมายถึงที่สำหรับจัดเก็บข้อมูลไว้ที่เดียวกันอย่างเป็นระบบ ทำให้ข้อมูลประเภทเดียวกันจัดเก็บอยู่ด้วยกัน และยังสามารถใช้ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้งานร่วมกันระหว่างหลายๆ หน่วยงานได้โดยไม่มีการเก็บข้อมูลซ้ำซ้อนกัน ซึ่งส่วนใหญ่จะนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดการฐานข้อมูล [12] ซึ่งในปัจจุบันโปรแกรมการจัดการฐานข้อมูลที่มีค่าลิขสิทธิ์ เช่น Microsoft SQL SERVER, ORACLE และโปรแกรมที่ไม่มีค่าลิขสิทธิ์ เช่น PostgreSQL หรือ MySQL ต่างก็มีความสามารถในการจัดการฐานข้อมูลได้เป็นอย่างดี สำหรับการจัดทำระบบฐานข้อมูลภายใต้

งานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้โปรแกรม MySQL เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณในการจัดทำ

4.3.1 ทฤษฎีของระบบฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูล (Database System) หมายถึง โครงสร้างสารสนเทศที่ประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันที่จะนำมาใช้ในระบบต่างๆ ร่วมกัน ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก คือ 1) ฐานข้อมูล 2) ซอฟต์แวร์จัดการระบบฐานข้อมูล (DBMS) 3) โปรแกรมใช้งานฐานข้อมูล (Application Programs) และ 4) ผู้ใช้งาน (Users) [12] โดยซอฟต์แวร์สำหรับจัดการฐานข้อมูล (Database Management Program) นั้นส่วนใหญ่จะใช้ลักษณะของระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System) ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ภาษา SQL (Structure Query Language) ที่มีมาตรฐานในการกำหนดคุณสมบัติในการสืบค้นและการคำนวณโดยใช้ฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของระบบฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูลของงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดเก็บข้อมูลในด้านต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย 1) ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา ของสถานีอุตุนิยมวิทยา อ. เมือง จ. นครสวรรค์ (ของกรมอุตุนิยมวิทยา) 2) ข้อมูลปริมาณฝน (ของกรมชลประทาน และโครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน [1]) 3) ข้อมูลปริมาณน้ำท่า (ของกรมชลประทาน) 4) ข้อมูลคุณภาพน้ำ (ของกรมควบคุมมลพิษ และโครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน [1]) 5) ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพ (ของกรมประมง และ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช) และ 6) ข้อมูลชนิดดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ของกรมพัฒนาที่ดิน) ทั้งนี้เพื่อสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการพัฒนาระบบฐานข้อมูลดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้คือ 1) การรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ 2) การออกแบบโครงสร้างระบบฐานข้อมูล 3) การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล 4) การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบของระบบฐานข้อมูล 5) การนำข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล 6) การตรวจสอบความถูกต้องของระบบฐานข้อมูลโดยรวมตลอดจนการแสดงผลข้อมูล สำหรับงานวิจัยนี้ได้ดำเนินงานในส่วนที่ 1), 3), 4) และ 6) เท่านั้น โดยงานในส่วนของการออกแบบโครงสร้างระบบฐานข้อมูล และการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลนั้น กระทำโดยผู้ชำนาญการด้านคอมพิวเตอร์ซึ่งดำเนินการภายใต้โครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน [1]

4.4 การเชื่อมโยงระบบต่างๆ เข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ต

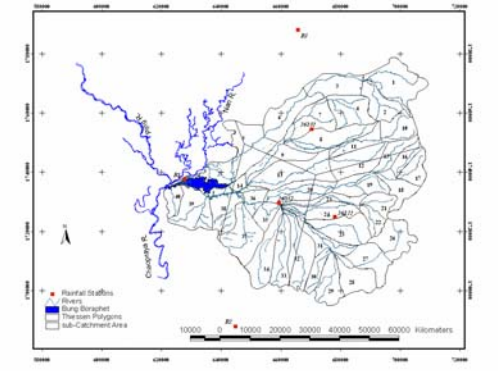
การดำเนินงานในส่วนนี้คือการเชื่อมโยงระบบต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย ระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (แบบจำลอง URBS) ระบบฐานข้อมูล และผลการดำเนินงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เข้าด้วยกันเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่สามารถดำเนินงานหรือแสดงผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อเป็นแหล่งข้อมูลในการสืบค้นข้อมูลต่างๆ ของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

6. ผลการศึกษา

6.1. ระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS เริ่มด้วยการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็นลุ่มน้ำย่อยและลุ่มน้ำสาขาย่อย โดยลุ่มน้ำย่อยประกอบด้วย คลองบอนและคลองท่าตะโก ซึ่งมีจำนวนลุ่มน้ำสาขาย่อยเท่ากับ 5 และ 35 ลุ่มน้ำสาขาย่อยตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2 จากนั้นประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการหาคุณสมบัติทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งประกอบด้วย A, L_1, L_2, L_3 และ L_4 เพื่อเป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง ซึ่งได้นำมาประเมินกราฟน้ำท่าโดยใช้ข้อมูลน้ำฝนสำหรับช่วงเวลา 3 ช่วง คือ 1) วันที่ 16 ก.ค. ถึง 6 ต.ค. 2003, 2) วันที่ 25 พ.ค. ถึง 8 ส.ค. 2004 และ 3) วันที่ 27 ส.ค. ถึง 6 พ.ย. 2005 โดยสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงไว้ในภาพที่ 2 ผลของการประยุกต์ใช้แบบจำลองจะได้กราฟน้ำท่าตามธรรมชาติ (Natural Flow) ที่ไม่ผ่านการใช้น้ำในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าที่ผ่านการ

ใช้น้ำในลุ่มน้ำและไหลลงสู่บึงบอระเพ็ด (Regulated Flow) โดยพิจารณาใช้ข้อมูลในช่วงระหว่างระดับน้ำต่ำสุดในบึงบอระเพ็ดจนถึงระดับสันฝายที่ +24.00 ม. (รทก.) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้จากการเก็บข้อมูลที่จุดทางเข้าบึงบอระเพ็ดบริเวณคลองบอนและคลองท่าตะโก ภายใต้โครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน [1] ส่วนค่าพารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลองพิจารณาใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้ทำการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองดังกล่าวในลุ่มน้ำปิงตอนบน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1



ภาพที่ 2 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้คำนวณ Thiessen Polygon

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ควบคุมแบบจำลอง URBS ที่ใช้ในการวิเคราะห์กราฟน้ำท่าของลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด

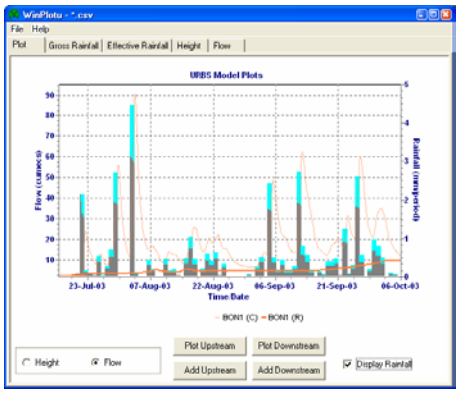
พารามิเตอร์	คำจำกัดความของพารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
α	พารามิเตอร์แสดง channel lag	0.45	-
β	พารามิเตอร์แสดง catchment lag	8.0	-
m	พารามิเตอร์แสดงการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรงของลุ่มน้ำ	0.8	-
IL	ปริมาณการสูญเสียเริ่มต้น	0.0	มม.
PR	ปริมาณการสูญเสียแบบเป็นสัดส่วน	0.22	-
IF	ความสามารถสูงสุดในการซึมลงสู่ชั้นดิน	320	มม.

ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS ได้แสดงตัวอย่างกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งกราฟน้ำฝน สำหรับปริมาณน้ำท่าที่คำนวณระหว่างวันที่16 ก.ค. ถึง 6 ต.ค. 2003 ของคลองบอนและคลองท่าตะโกไว้ ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4 ตามลำดับ และได้แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งเปอร์เซ็นต์การเกิดน้ำท่าทั้งหมดไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

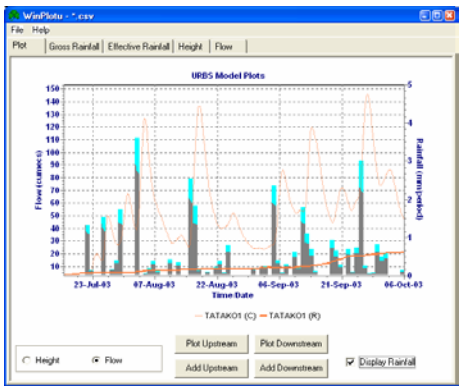
1) ปริมาณน้ำท่าตามธรรมชาติของคลองบอนและคลองท่าตะโกโดยเฉลี่ยคิดเป็น 18% และ 82% ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้วของคลองบอนและคลองท่าตะโกโดยเฉลี่ยคิดเป็น 33% และ 67% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสัดส่วนการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าตะโกสูงกว่าคลองบอน จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ของ Regulated flow (67%) ของคลองท่าตะโกลดลงจากเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำท่า (82%)

2) ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่บึงบอระเพ็ด (Regulated flow) จากระดับน้ำต่ำสุดของบึงจนถึงระดับสันฝายในปี ค.ศ.2003, 2004 และ 2005 มีค่าเท่ากับ 103.68, 87.46 และ 149.31 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำท่าที่ต้องการเติมให้กับบึงบอระเพ็ดจนเต็มสำหรับปี ค.ศ.2005 มีค่ามากกว่าปีอื่นๆ ประมาณ 36% เนื่องจากในปีดังกล่าวเป็นปีน้ำแล้งที่ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำเกิดล่าช้ากว่าปีอื่นๆ ซึ่งส่งผลให้ระดับน้ำในบึงบอระเพ็ดลดลงต่ำที่สุด ดังนั้นจึงมีความต้องการปริมาณน้ำท่าเติมเข้าสู่บึงบอระเพ็ดมากกว่าปีอื่นๆ

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การประยุกต์ใช้แบบจำลอง URBS สามารถดำเนินงานได้โดยง่าย และสามารถเปลี่ยนแปลง scenario ได้ตามความต้องการ ผู้วิจัยจึงได้สร้างระบบแบบจำลอง URBS ที่สามารถดำเนินงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เนตขึ้น ในเวปไซต์ของโครงการ http://158.108.38.229/bb/index.php โดยหน้าต่างแรกของระบบแบบจำลอง URBS ที่พัฒนาขึ้นแสดงดังในภาพที่ 6 ดังนั้นผลการศึกษาที่สรุปไว้ข้างต้นจึงเป็นเพียงตัวอย่างของ scenario หนึ่งเท่านั้น



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งกราฟน้ำฝนของคลองบอน ระหว่างวันที่ 16 ก.ค. ถึง 6 ต.ค.2003



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบกราฟน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งกราฟน้ำฝนของคลองท่าตะโก ระหว่างวันที่ 16 ก.ค. ถึง 6 ต.ค. 2003

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าแบบ Regulated Flow และ Natural Flow รวมทั้งแสดงเปอร์เซ็นต์ของน้ำท่าที่เข้าสู่บึงบอระเพ็ด

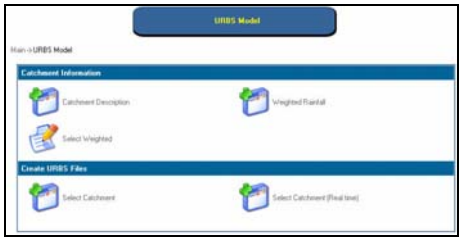
ช่วงเวลา	น้ำท่าตามธรรมชาติ (Natural flow) (ล้าน ลบ.ม.)			น้ำท่าที่ผ่านการใช้น้ำแล้ว (Regulated flow) (ล้าน ลบ.ม.)			Regulated flow/ Natural flow (%)	Regulated flow - Natural flow
	คลองบอน	คลองท่าตะโก	รวม	คลองบอน	คลองท่าตะโก	รวม		
16/7/03 - 6/10/03	140.55 (27%)	387.46 (73%)	528.01 (100%)	35.55 (34%)	68.13 (66%)	103.68 (100%)	20	424.33
25/5/04- 8/8/04	97.50 (16%)	502.95 (84%)	600.45 (100%)	30.99 (35%)	56.47 (65%)	87.46 (100%)	15	512.99
27/8/05- 6/11/05	18.83 (6%)	302.91 (94%)	321.94 (100%)	47.09 (32%)	102.23 (68%)	149.31 (100%)	46	172.63
เฉลี่ย	85.63 (18%)	397.77(82%)	483.40 (100%)	37.88 (33%)	75.61 (67%)	113.48(100%)	23	369.92

6.2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และระบบฐานข้อมูล

สำหรับผลการดำเนินงานในส่วนของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และระบบฐานข้อมูลเพื่อสนับสนุนการจัดการด้านทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดดังกล่าวรายละเอียดไว้แล้วในหัวข้อ 4.2.2 และ 4.3.2 ตามลำดับ สามารถดูผลการดำเนินงานได้ในเวปไซด์ของโครงการหลักฯ โดยตัวอย่างของหน้าต่างและรายละเอียดของข้อมูลในระบบฐานข้อมูลแสดงในภาพที่ 5, 6 และภาพที่ 7

ภาพที่ 5 หน้าต่างการเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลผ่านทางเวปไซด์

ภาพที่ 6 หน้าต่างของเมนูต่างๆ ในเวปไซต์



ภาพที่ 7 หน้าต่างของเมนูต่างๆ ของแบบจำลอง URBS ในเวปไซต์

สรุปผลการศึกษา

การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพจะเกิดขึ้นได้จำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจปัญหา ความมีวิสัยทัศน์ ความรู้แบบบูรณาการ บุคคลากรที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งข้อมูลพื้นฐานที่มาก ถูกต้องและเพียงพอ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์เข้ามามีอิทธิพลและเสริมสร้างความมีประสิทธิภาพให้กับการจัดการทรัพยากรน้ำมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญในข้อนี้จึงได้จัดทำระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการด้านทรัพยากรน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดขึ้น ซึ่งระบบดังกล่าวประกอบด้วย ระบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (URBS Model) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด และระบบฐานข้อมูลของบึงบอระเพ็ดและพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยระบบต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นได้นำมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เนตซึ่งสามารถนำมาใช้สนับสนุนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำบึงบอระเพ็ดให้สอดคล้องกับสภาวการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณกองทุนอนุสัญญาว่าด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (Ramsar Small Grant Funds) สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยเพื่อการดำเนินงานโครงการวิจัยนี้ และ ขอขอบคุณ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา กรมประมง กรมพัฒนาที่ดิน และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช ที่ได้สนับสนุนข้อมูลประกอบการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ และ คณะ, 2549. รายงานความก้าวหน้าโครงการการจัดการด้านแหล่งน้ำในบึงบอระเพ็ดอย่างยั่งยืน ฉบับที่ 1ประจำปีงบประมาณ 2549. สำนักวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

[2] กรมชลประทาน, 2547. การศึกษาโครงการพัฒนาบึงบอระเพ็ดจังหวัดนครสวรรค์ ,รายงานแผนแม่บทฉบับสุดท้ายเล่มที่ 2/5 รายงานหลัก. 2-217 หน้า

[3] กรมชลประทาน, 2547. การศึกษาโครงการพัฒนาบึงบอระเพ็ดจังหวัดนครสวรรค์ ,รายงานฉบับสมบูรณ์. 1,476 หน้า

[4] กรมประมง, 2548. การสำรวจชนิดพันธุ์ปลาในบึงบอระเพ็ด. รายงานประจำปี. 28 หน้า

[5] กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, 2548 .การสำรวจชนิดพันธุ์สัตว์ในบึงบอระเพ็ด. รายงานประจำปี .39 หน้า

[6] Laurenson, E.M. & Mein, R.G, 1990. RORB - Version 4 Runoff Routing Program User Manual, Monash University, Dept of Civil Engineering.

[7] Shallcross, W., 1987 Flood Estimation by Runoff Routing - Program WT42, Queensland Water Resources Commission.

[8] Carroll, D. G. 2004. URBS a Rainfall Runoff Routing Model for flood forecasting & design version 4.00. 168 p.

[9] Malone, T. 2000. Streamflow Routing Techniques in Large Rivers in Queensland. In WMO project: Intercomparison of Forecast Models for Streamflow Routing in Large Rivers.

[10] วีระพล แต้สมบัติ, 2528. หลักอุทกวิทยา. ห้างหุ้นส่วนจำกัดฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์. กรุงเทพฯ.

[11] อุทัย สุขสิงห์, 2547. การจัดการระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ด้วยโปรแกรม ArcView 3.2a-3.3. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. กรุงเทพฯ.

[12] มณีโชติ สมานไทย, 2546. คู่มือการออกแบบฐานข้อมูลและภาษา SQL ฉบับผู้เริ่มต้น. สำนักพิมพ์อินโฟเพรส. นนทบุรี

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวสาวิตรี นาคหอม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 26 ธันวาคม 2524
สถานที่เกิด	แพร่
ประวัติการศึกษา	2547 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาประจำปีงบประมาณ 2549