รายงานการวิจัย

การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช

The Study and Development of Vector Flows of Flash Flood Model for Setting up the Appropriate Prevention strategy in the Areas of Sichol, Nopitam and Thasala Districts, Nakhon Si Thamarat Province

ปานจิต มุสิก
มโนรส บริรักษ์อราวินท์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

พ.ศ. 2558

หัวข้อการวิจัย การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช

ชื่อผู้วิจัย ปานจิต มุสิก และ มโนรส บริรักษ์อราวินท์

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ปี พ.ศ. 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองพื้นที่ระดับสูงเชิงเลข ร่วมกับวิธีการจำลองด้วยเซลล์ลาร์ ออร์โตเมต้า วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝนและเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก บริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าทน และสาขาย่อย ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช เขียนโปรแกรมการจำลองด้วยซอฟต์แวร์ Mathematica การสร้างแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก โดยการเขียนโปรแกรมแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนผิวดิน มีทิศทางการไหล 8 ทิศ ด้วยวิธีของกฎเซลลูลาร์ ออโตเมต้า ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองเป็นข้อมูลพื้นที่ระดับสูงเชิงเลขจากกรมพัฒนาที่ดิน มีความละเอียดของกริด 5×5 เมตร ผลการเขียนโปรแกรมแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข แบบ 2 มิติและ 3 มิติ และโปรแกรมจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทนและ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลายสอดคล้องกับความเป็นจริงเมื่อเปรียบเทียบกับภาพจากแผนที่ทางภูมิศาสตร์ จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเตือนภัยน้ำท่วมได้ในช่วงเดือนที่เกิดอุทกภัย โดยการพัฒนาแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไป และเสนอแนวทางป้องกันน้ำท่วมให้กับหน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง ทั้งด้านข้อมูลและปรับเปลี่ยนพื้นที่น้ำท่วมให้มีเส้นทางการระบายน้ำได้ทันตามปริมาณน้ำฝน-น้ำท่าที่เกิดขึ้นจริง

คำสำคัญ : แบบจำลองน้ำท่วม แบบจำลองทิศทางการไหล แบบจำลองพื้นที่ระดับสูงเชิงเลข (DEM) แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า เซลลูลาร์ ออโตเมต้า

Research title The Study and Development of Vector Flows of Flash Flood Model for Setting up the Appropriate Prevention strategy in the Areas of Sichol, Nopitam and Thasala Districts, Nakhon Si Thamarat Province

Name Panjit Musik and Manorot Borirakarawin
Faculty Science and Technology
University Nakhon Si Thammarat Rajabhat University
Years 2015

ABSTRACT

This purpose of this study was to create and develop a vector model of the flow of flash flood to determine the appropriate prevention strategy in the areas of Sichol, Nopitam and Thasala Districts, Nakhon Si Thamarat Province. By using Mathematica to programme the vector model of the flow of surface water, we indicated 8 directions of the flow based on Cellular Automata's rules. The data used to simulate is the high numerical data from the Land Development Department at the 5×5 meter grid. The results of programming model - two-dimensional and three-dimensional and a vector model of the flow of flash flood, are in concordance of the Geographic map. From this study, we can apply it for flood warning during the flooding season by developing more efficient model and offers the approach of flood protection to the relevant government authorities, both the information and modifications to the flood drainage timely rainfall - runoff that actually happens.

Keywords : Flood Model, Surface flow model, Digital Elevation Model (DEM), Rainfall- Runoff Model, Cellular Automata.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นงานวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ปี พ.ศ. 2556

ปานจิต มุสิก และมโนรส บริรักษ์อราวินท์

ตุลาคม 2558

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	12
กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	13
ขอบเขตการวิจัย	14
นิยามศัพท์เฉพาะ	15
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	16
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
ระบบพิกัดแผนที่	17
เซลลูลาร์ ออโตมาตา	20
แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข	23
ทิศทางการไหล	25
แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	26
โปรแกรม Mathematica	29
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	35
เครื่องมือและอุปกรณ์	35
พื้นที่ศึกษา	36
วิธีการวิจัย	42
บทที่ 4 ผลการวิจัย	49
การสร้างและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก	49
สร้างและพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ที่แสดงความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทนและคลองกลาย	58

	หน้า
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	**71**
สรุปผลและอภิปรายผล	71
ข้อเสนอแนะ	72
บรรณานุกรม	**73**
ประวัติผู้วิจัย	**75**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การหาค่า CN จากปัจจัยพื้นที่ลุ่มน้ำ	28
4.1	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน ปี พ.ศ. 2554	58
4.2	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554	60
4.3	ข้อมูลระดับน้ำในคลอง เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554	62
4.4	อัตราการไหลของน้ำ สถานี x.149 คลองกลายที่บ้านหัวนา อ.นบพิตำ	64
4.5	ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณด้วยวิธี U.S SCS สถานีวัดน้ำฝนสถานีอุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช และปริมาณน้ำท่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำท่าคลองบ้านตาล ปี พ.ศ. 2554	65

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ภาพขณะน้ำท่วมในเขตอำเภอนบพิตำ วันที่ 30-31 มีนาคม 2554	2
1.2	ภาพขณะน้ำท่วมในเขตอำเภอท่าศาลาวันที่ 30-31 มีนาคม 2554	2
1.3	ภาพขณะน้ำท่วมในเขตอำเภอสิชลวันที่ 30-31 มีนาคม 2554	3
1.4	ภาพแสดงก้อนหินขนาดใหญ่ ต้นไม้และบ้านเรือนเคลื่อนที่ลงมาตามแรงกระแสน้ำในเขตบริเวณต้นน้ำ ตำบลเทพราช อำเภอสิชล	3
1.5	ภาพแสดงสะพานขาดเนื่องจากแรงน้ำ และสะพานกีดขวางทางเดินของน้ำ ในเขตอำเภอสิชล	3
1.6	ภาพหลังน้ำท่วมในเขตอำเภอนบพิตำ วันที่ 16 พฤษภาคม 2554 ทรากบ้านเรือนที่พังทลายบริเวณใกล้คลองและคอสะพานสะพานชำรุด	4
1.7	ภาพระบบระบายและเก็บกักน้ำของโครงการฝายคลองท่าทนและการระบายน้ำ ซึ่งจัดสร้างโดยกรมชลประทาน	4
1.8	ภาพทางระบายน้ำบริเวณพื้นที่กลางน้ำ ต.สระแก้ว อ.ท่าศาลา มีพื้นที่แคบตื้นเขิน และมีสิ่งขีดขวางทางเดินของน้ำในทุกสาขาคลองย่อย	4
1.9	ภาพแสดงร่อยรอยที่ประชาชนบุกรุกปลูกพืชในช่องทางน้ำไหลและถางทำลายป่าไม้เพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจบนภูเขา	5
1.10	ภาพแสดงสิ่งกีดขวางที่เกิดจากเส้นทางคมนาคมขวางทางการระบายน้ำลงทะเล สะพานบางจุดสั้นไม่เหมาะกับปริมาณน้ำมาก และถนนที่ยกสูงทำให้น้ำระบายออกได้ช้า น้ำต้องหาทางระบายตามช่องทางที่พอจะไหลได้ สิ่งก่อสร้างเหล่านี้จัดสร้างโดยกรมโยธาธิการ	5
1.11	ภาพคลองหิน บริเวณหมู่บ้านปากดวด ต.เสาเภา อำเภอสิชล เป็นทางระบายน้ำออกทะเล เชื่อมต่อกับแนวเขื่อนกั้นเป็นทางยาวยื่นไปในทะเล ผลงานของกรมเจ้าท่า	5
1.12	(ก) ภาพแสดงแนวเขื่อนกั้นเป็นทางยาวยื่นออกไปในทะเล หมู่บ้านปากดวด ต.เสาเภา อำเภอสิชล จัดสร้างโดยกรมเจ้าท่า (ข) ภาพแสดงแนวเขื่อนกั้นเป็นทางยาวยื่นออกไปในทะเล หมู่บ้านปากน้ำกลาย ต.กลาย ท่าศาลา จัดสร้างโดยกรมเจ้าท่า	6
1.13	ภาพแสดงความแรงของกระแสน้ำทำให้เกิดปากน้ำแห่งใหม่ในหมู่ที่ 2 หมู่บ้านชายทะเล ตำบลเสาเภา อ.สิชล จ.นครสรีธรรมราช	6
1.14	ภาพแสดงการสร้างเขื่อนเพื่อป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเล ของกรมขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี กระทรวงคมนาคม เนื่องจากการสร้างเขื่อนยื่นไปในทะเล ทำให้ชายฝั่งทะเลที่ชาวบ้านอาศัยโดนน้ำทะเลกัดเซาะชายฝั่ง	7
1.15	ภาพแสดงการช่วยเหลือของหน่วยงานต่าง ๆ จากภัยน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม	7

ภาพที่		หน้า
1.16	ภาพการแจกน้ำ แจกอาหารแห้ง ได้แก่ ข้าวสาร ปลากระป๋อง มาม่า น้ำปลา เสื้อผ้า และบ้านที่ให้ชาวบ้านผู้ที่บ้านเสียหายทั้งหลัง	7
1.17	ภาพแสดงการร่วมมือของชาวบ้านหลังจากน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม	8
1.18	ภาพแสดงแผ่นดินถล่มไถลลงจากภูเขา ในเขตอำเภอนบพิตำ วันที่ 16 พฤษภาคม 2554	8
1.19	ภาพแสดงหลังน้ำท่วมแผ่นดินถล่มไถลลงจากภูเขา ในเขตอำเภอสิชลบริเวณต้นน้ำตำบลเทพราช อำเภอสิชล วันที่ 4 เมษายน 2554	8
1.20	ภาพคลองกลายขยายลำคลองกว้างขึ้น ในเขตนบพิตำและอำเภอท่าศาลา	9
1.21	ภาพคลองท่าทนขยายลำคลองกว้างขึ้น ในเขตอำเภอสิชล	9
1.22	ภาพแสดงบ้านที่ถูกกระแสน้ำพัดพาไปทั้งหลัง ธงผ้าสีแดงเป็นตำแหน่งของบ้านที่ถูกกระแสน้ำพัดพาไปทั้งหลัง	9
1.23	ภาพหลังน้ำลดในวันที่ 31 มีนาคม 2554 บ้านเลขที่ 48 หมู่ที่ 4 ตำบลเสาเภา อ.สิชล ซึ่งมีดินโคลนสีแดงทั่วบริเวณบ้าน โดยระยะทางจากพื้นที่ต้นน้ำประมาณ 20 กิโลเมตร	10
1.24	ภาพแสดงพื้นดินบริเวณทางน้ำไหลดินจะแตกเห็นชัด และต้นไม้ใหญ่ชายฝั่งคลองจะแห้งเหี่ยว	10
1.25	กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	13
2.1	ระบบพิกัดภูมิศาสตร์	18
2.2	แผนที่โลกแสดงพิกัดภูมิศาสตร์	18
2.3	การกำหนดโซนของระบบพิกัดกริด UTM	19
2.4	ตัวอย่างการอ่านค่าพิกัดกริดแบบ UTM	20
2.5	ลักษณะรูปร่างของตารางแบต่าง ๆ	21
2.6	ชนิดของ Neighborhood	22
2.7	โครงสร้างแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข	23
2.8	การกระจายค่าความลาดชัน ที่ขนาดกริด 5 เมตร ของลุ่มน้ำย่อยลำเสมา	24
2.9	ค่าพื้นที่รับน้ำสะสม ที่สร้างจากแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข ที่ขนาดกริด 5 เมตรของลุ่มน้ำย่อยลำเสมา	24
2.10	การวิเคราะห์ทิศทางการไหล	24
2.11	การวิเคราะห์การไหลสะสม	26
2.12	หน้าต่างโปรแกรม Mathematica	29

ภาพที่		หน้า
3.1	ขอบเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช	36
3.2	ขอบเขตอำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช	37
3.3	ขอบเขตตำบล อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช	38
3.4	ขอบเขตตำบล อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	39
3.5	ขอบเขตตำบล อ.นบพิตำ จ.นครศรีธรรมราช	39
3.6	ขอบเขตตำบล อ.นบพิตำ จ.นครศรีธรรมราช	40
3.7	ขอบเขตพื้นที่แบบจำลอง	42
3.8	โฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูล DEM: DEM SIchon New	43
3.9	โฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูล D:/ AsCII for Arc GIS1_2 > Dem Sichon-Thasala	44
3.10	ตัวอย่างข้อมูล DEM แสดงความสูงของพื้นที่สร้างแบบจำลองชุดที่ 1	45
3.11	ตัวอย่างข้อมูล DEM แสดงความสูงของพื้นที่สร้างแบบจำลองชุดที่ 2	46
4.1	โปรแกรมการจำลอง DEM พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทน	50
4.2	ผลการจำลอง DEM แบบ 3 มิติ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทน	50
4.3	ผลการจำลอง DEM แบบ 2 มิติ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทน	50
4.4	โปรแกรมการจำลอง DEM พื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย	51
4.5	ผลการจำลอง DEM แบบ 3 มิติ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย	51
4.6	ผลการจำลอง DEM แบบ 2 มิติ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย	51
4.7	โปรแกรมกำหนดทิศทางการไหล	52
4.8	ผลการจำลองทิศทางการไหลแบบเวกเตอร์ (ก) เวกเตอร์แสดงทิศทาง (ข) เมตริกซ์ของเวกเตอร์แสดงทิศทาง	52
4.9	ผลการจำลองทิศทางการไหลแบบราสเตอร์ (ก) รหัสสีแสดงทิศทาง (ข) เมตริกซ์ของรหัสสีแสดงทิศทาง	53
4.10	โปรแกรมทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่จำลอง DEM โดยใช้กฎของเซลลูลาร์ออโตมาต้า	54
4.11	ผลการจำลองแสดงทิศทางการไหลของน้ำบนผิวดินเมื่อกำหนดกริดขนาด 20×20 เซลล์ (ก) รหัสสีแสดงทิศทาง (ข) เวกเตอร์แสดงทิศทาง	54
4.12	ข้อมูล DEM บนพื้นผิวจำลอง DEM ขนาดกริด 20×20 เซลล์	55

ภาพที่		หน้า
4.13	ตัวเลขแทนรหัสทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิว DEM ขนาดกริด 20×20 เซลล์	55
4.14	โปรแกรมการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิว DEM ลุ่มน้ำคลองท่าทน	56
4.15	ผลการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิว DEM ลุ่มน้ำคลองท่าทน	56
4.16	โปรแกรมการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิว DEM ลุ่มน้ำคลองกลาย	57
4.17	ผลการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิว DEM ลุ่มน้ำคลองกลาย	57
4.18	โปรแกรมแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน สถานี 210703 อุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช อ.เมือง สถานี 210508 อนามัยบ้านเขาใหญ่ อ.สิชล และสถานี 210604 อนามัยบ้านนบ อ. นบพิตำ ปี พ.ศ. 2554	59
4.19	กราฟแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน ปี พ.ศ. 2554	59
4.20	โปรแกรมแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน สถานี 210703 อุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช อ.เมือง สถานี 210508 อนามัยบ้านเขาใหญ่ อ.สิชล และสถานี 210604 อนามัยบ้านนบ อ. นบพิตำ เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554	61
4.21	กราฟแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน สถานี 210703 อุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช อ.เมือง สถานี 210508 อนามัยบ้านเขาใหญ่ อ.สิชล และสถานี 210604 อนามัยบ้านนบ อ. นบพิตำ เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554	61
4.22	โปรแกรมแสดงข้อมูลระดับน้ำในคลอง สถานี 210501 คลองท่าทนที่บ้านเผียน อ.สิชล สถานี 210603 คลองกลายที่บ้านเผียน อ.นบพิตำ สถานี 210602 คลองกลายที่บ้านทุ่งใน อ.นบพิตำ เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554	63
4.23	กราฟแสดงข้อมูลระดับน้ำในคลอง สถานี 210501 คลองท่าทนที่บ้านเผียน อ.สิชล สถานี 210603 คลองกลายที่บ้านเผียน อ.นบพิตำ สถานี 210602 คลองกลายที่บ้านทุ่งใน อ.นบพิตำ เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554	63
4.24	กราฟแสดงอัตราการไหลของน้ำอัตราการไหลของน้ำ สถานี x.149 คลองกลายที่บ้านหัวนา อ.นบพิตำ เดือนมีนาคม พ.ศ.2554	65
4.25	กราฟแสดงอัตราการไหลของน้ำ สถานี x.149 คลองกลายที่บ้านหัวนา อ.นบพิตำ พ.ศ.2554	65
4.26	โปรแกรมแสดงแบบจำลองปริมาณน้ำท่าที่คำนวณจากปริมาณน้ำฝนด้วยวิธี U.S SCS	66
4.27	กราฟแสดงปริมาณน้ำท่าที่คำนวณจากปริมาณน้ำฝนด้วยวิธี U.S SCS	66
4.28	โปรแกรมแสดงปริมาณน้ำท่าที่คำนวณด้วยวิธี U.S SCS และปริมาณน้ำท่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำท่าคลองบ้านตาล ปี พ.ศ. 2554	67
4.29	กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณด้วยวิธี U.S SCS และปริมาณน้ำท่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำท่าคลองบ้านตาล ปี พ.ศ. 2554	68

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งอยู่ในบริเวณลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกกลุ่มพื้นที่ 2 ซึ่งมีลุ่มน้ำหลัก 2 สาขา คือลุ่มน้ำสาขาคลองกลาย มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 668 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ต้นน้ำคือตำบลกรุงชิง อำเภอนบพิตำ พื้นที่กลางน้ำและพื้นที่ปลายน้ำ ได้แก่ ตำบลนบพิตำ ตำบลนาเหรง ตำบลกะหรอในเขตอำเภอนบพิตำ ตำบลตลิ่งชัน ตำบลกลาย ตำบลสระแก้ว ตำบลท่าศาลา ในเขตอำเภอท่าศาลา และลุ่มน้ำสาขาคลองท่าทนตั้งอยู่ในเขตอำเภอสิชลมีพื้นที่ต้นน้ำคือตำบลเทพราช ตำบลฉลอง ตำบลเปลี่ยน และพื้นที่กลางน้ำและปลายน้ำคือ ตำบลเปลี่ยน ตำบลเสาเภา ตำบลทุ่งปรัง ตำบลสิชล พื้นที่ทั้ง 3 อำเภอดังที่กล่าวมาเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยการเกิดอุทกภัย และแผ่นดินถล่มในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งการเกิดน้ำท่วมจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันทั้ง 3 อำเภอ เนื่องจากมีแหล่งต้นน้ำอยู่บนเทือกเขาเดียวกันและใกล้เคียงกัน และครั้งรุนแรงที่สุดในประวัติศาสตร์เมื่อวันที่ 30-31 มีนาคม พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนของท้องถิ่น

ความเสียหายในการเกิดอุทกภัยในช่วงฤดูร้อนครั้งนี้ ในพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช เนื่องด้วยปริมาณน้ำมีมากในบริเวณพื้นที่พื้นที่ต้นน้ำบริเวณเทือกเขาหลวงและลำน้ำสาขาต่าง ๆ ของพื้นที่กลางน้ำ เนื่องมาจากเกิดฝนตกหนักต่อเนื่องตั้งแต่วันที่ 22-28 มีนาคม 2554 และตกหนักมากในวันที่ 29-31 มีนาคม 2554 ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาประมาณ 300 มิลลิเมตร ติดต่อกันเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จึงมีน้ำป่าไหลหลากจากต้นน้ำลงมามาก แสดงดังภาพที่ 1.1-1.3 รวมทั้งเส้นทางการไหลของน้ำมีความลาดชันสูงในบริเวณต้นน้ำ ทำให้กระแสน้ำมีความเร็วสูง จึงเกิดการพังทลายและการกัดเซาะหน้าดิน ดินโคลนถล่ม ก้อนหินขนาดใหญ่ บ้านเรือน และต้นไม้เคลื่อนที่ลงมาจากต้นน้ำตามแรงของกระแสน้ำ แสดงดังภาพที่ 1.4 ลำน้ำสายหลักลุ่มน้ำสาขาคลองกลาย ไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน ประกอบกับมีสิ่งกีดขวางจากเส้นทางคมนาคมขวางทางน้ำ แสดงดังภาพที่ 1.5 ทำให้สะพานขาดและบ้านเรือนเสียหาย ดังภาพที่ 1.6 บริเวณ คลองท่าทนระบบระบายและเก็บกักน้ำโครงการฝายคลองท่าทนไม่มีประสิทธิภาพ มีร่องน้ำระบายน้ำไม่เพียงพอ ยิ่งเพิ่มความรุนแรงการเกิดน้ำท่วมให้กับชาวบ้านมากขึ้น ดังภาพที่ 1.7 ส่วนสาเหตุน้ำท่วมพื้นที่ราบลุ่ม บริเวณกลางน้ำ และปลายน้ำ เนื่องจากลุ่มน้ำสาขาคลองกลาย และคลองท่าทน ตื้นเขิน บางส่วนแคบ คูระบายน้ำและลำน้ำสาขาย่อยโดนทำลายจากการสร้างสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 1.8 บางส่วนโดนชาวบ้านบุกรุกปลูกพืช เช่น ปาล์ม ทุเรียน มังคุด เป็นต้น ขวางทางระบายน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 1.9

การระบายน้ำออกทะเลจากน้ำในคลองสายหลักและสาขาย่อย เมื่อการระบายน้ำมาถึงรอยเชื่อมต่อระหว่างกลางน้ำกับปลายน้ำมีเป็นปัญหาและอุปสรรคมาก คือเส้นทางคมนาคมสาย

หลักนครศรีธรรมราช-สุราษฎรธานี ถนนยกสูงเป็นแนวยาวขวางทางน้ำดังภาพที่ 1.10 ทำให้น้ำท่วมอย่างรวดเร็วและระดับน้ำท่วมสูง และเมื่อน้ำมาถึงบริเวณปากน้ำ บริเวณปากน้ำบ้านปากดวด ตำบลเสาเภา อำเภอสิชล ดังภาพที่ 1.11 จะมีแนวเขื่อนของกรม เจ้าท่ากั้นเป็นทางยาวยื่นออกไปในทะเล แสดงดังภาพที่ 1.12 ทำให้การระบายน้ำต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้น จึงไม่สามารถระบายน้ำลงทะเลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซ้ำเติมความเดือดร้อนให้กับชาวบ้านยิ่งขึ้น แต่เมื่อน้ำหาทางระบายได้ โดยแรงน้ำมหาศาลดันพื้นที่ชายทะเลจนเกิดปากน้ำแห่งใหม่ในหมู่ที่ 2 หมู่บ้านชายทะเล ตำบลเสาเภา ดังภาพที่ 1.13 สถานการณ์น้ำท่วมจึงลดลงอย่างรวดเร็ว ช่วยบรรเทาความเสียหายให้กับ ชาวบ้านตำบลเปลี่ยน ตำบลเสาเภาได้มาก สำหรับแนวเขื่อนของกรมเจ้าท่ากั้นเป็นทางยาวยื่นออกไปในทะเล มีผลกระทบต่อการกัดเซาะชายฝั่งทะเล ทำให้แหล่งท่องเที่ยวของหมู่บ้านชายทะเล ตำบลเสาเภา โดนทำลายไปโดยสิ้นเชิง ดังแสดงในภาพที่ 1.14

ภาพที่ 1.1 ภาพขณะน้ำท่วมในเขตอำเภอนบพิตำ วันที่ 30-31 มีนาคม 2554

ภาพที่ 1.2 ภาพขณะน้ำท่วมในเขตอำเภอท่าศาลาวันที่ 30-31 มีนาคม 2554

ภาพที่ 1.3 ภาพขณะน้ำท่วมในเขตอำเภอสิชลวันที่ 30-31 มีนาคม 2554

ภาพที่ 1.4 ภาพแสดงก้อนหินขนาดใหญ่ ต้นไม้และบ้านเรือนเคลื่อนที่ลงมาตามแรงกระแสน้ำในเขตบริเวณต้นน้ำ ตำบลเทพราช อำเภอสิชล

ภาพที่ 1.5 ภาพแสดงสะพานขาดเนื่องจากแรงน้ำ และสะพานกีดขวางทางเดินของน้ำ ในเขตอำเภอสิชล

ภาพที่ 1.6 ภาพหลังน้ำท่วมในเขตอำเภอนบพิตำ วันที่ 16 พฤษภาคม 2554 ทรากบ้านเรือนที่พังทลายบริเวณใกล้คลองและคอสะพานสะพานชำรุด

ภาพที่ 1.7 ภาพระบบระบายและเก็บกักน้ำของโครงการฝายคลองท่าทนและการระบายน้ำ ซึ่งจัดสร้างโดยกรมชลประทาน

ภาพที่ 1.8 ภาพทางระบายน้ำบริเวณพื้นที่กลางน้ำ ต.สระแก้ว อ.ท่าศาลา มีพื้นที่แคบ ตื้นเขิน และมีสิ่งขีดขวางทางเดินของน้ำในทุกสาขาคลองย่อย

ภาพที่ 1.9 ภาพแสดงร่อยรอยที่ประชาชนบุกรุกปลูกพืชในช่องทางน้ำไหลและถางทำลายป่าไม้เพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจบนภูเขา

ภาพที่ 1.10 ภาพแสดงสิ่งกีดขวางที่เกิดจากเส้นทางคมนาคมขวางทางการระบายน้ำลงทะเล สะพานบางจุดสั้นไม่เหมาะกับปริมาณน้ำมาก และถนนที่ยกสูงทำให้น้ำระบายออกได้ช้า น้ำต้องหาทางระบายตามช่องทางที่พอจะไหลได้ สิ่งก่อสร้างเหล่านี้จัดสร้างโดยกรมโยธาธิการ

ภาพที่ 1.11 ภาพคลองหิน บริเวณหมู่บ้านปากดวด ต.เสาเภา อำเภอสิชล เป็นทางระบายน้ำออกทะเล เชื่อมต่อกับแนวเขื่อนกั้นเป็นทางยาวยื่นไปในทะเล ผลงานของกรมเจ้าท่า

เมื่อเกิดน้ำท่วมขึ้น ประชาชนต้องรับสภาพที่เป็นอยู่หลังจากเหตุการณ์น้ำท่วมทุกครั้ง ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ถึงแม้จะมีหน่วยงานหลายหน่วยงานทั้งของเอกชนและรัฐ ให้ความช่วยเหลืออย่างรีบด่วน เช่น แจกน้ำ แจกอาหารแห้ง ได้แก่ ข้าวสาร ปลากระป๋อง มาม่า น้ำปลา เสื้อผ้า และบ้านสำหรับผู้ที่บ้านเสียหายทั้งหลัง แสดงในภาพที่ 1.15-1.16 การช่วยรักษาพยาบาลผู้เจ็บป่วย

ช่วยค้นหาศพผู้เสียชีวิต ช่วยเคลื่อนย้ายชาวบ้านออกไปอยู่ในที่ปลอดภัย ให้เงินช่วยเหลือครอบครัวละ 5,000 บาท สร้างบ้านใหม่ให้อยู่ชั่วคราว เป็นต้น ถึงแม้ได้รับความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่าง ๆ แล้ว แต่ก็เป็นสิ่งช่วยเหลือที่ไม่ยั่งยืนให้กับชาวบ้าน ชาวบ้านในแต่ละหมู่บ้านร่วมกันฟื้นฟูสภาพการเป็นอยู่ให้ดีขึ้นด้วยตนเอง แสดงในภาพที่ 1.17 รวมทั้งการทำมาหากินเลี้ยงชีพยังต้องหาทางแก้ปัญหาต่อไป

(ก) หมู่บ้านปากดวด ต.เสาเภา อำเภอสิชล

(ข) หมู่บ้านปากน้ำกลาย ต.กลาย ท่าศาลา

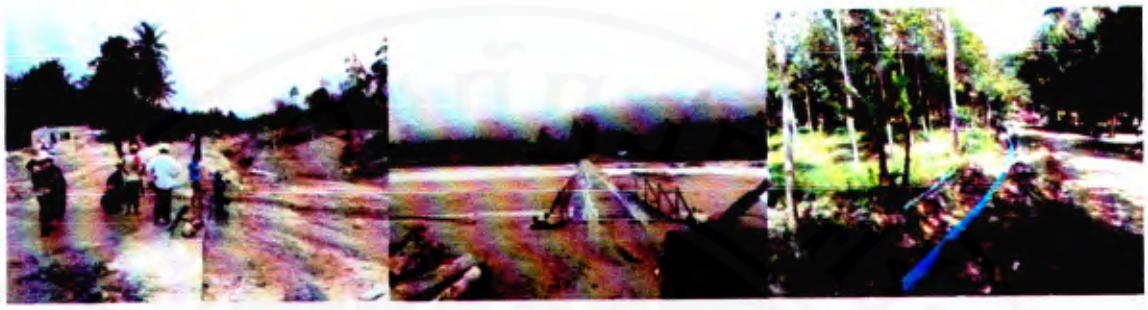
ภาพที่ 1.12 (ก) ภาพแสดงแนวเขื่อนกั้นเป็นทางยาวยื่นออกไปในทะเล หมู่บ้านปากดวด ต.เสาเภา อำเภอสิชล จัดสร้างโดยกรมเจ้าท่า (ข) ภาพแสดงแนวเขื่อนกั้นเป็นทางยาวยื่นออกไปในทะเล หมู่บ้านปากน้ำกลาย ต.กลาย ท่าศาลา จัดสร้างโดยกรมเจ้าท่า

ภาพที่ 1.13 ภาพแสดงความแรงของกระแสน้ำทำให้เกิดปากน้ำแห่งใหม่ในหมู่ที่ 2 หมู่บ้านชายทะเล ตำบลเสาเภา อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช

ภาพที่ 1.14 ภาพแสดงการสร้างเขื่อนเพื่อป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเล ของกรมขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี กระทรวงคมนาคม เนื่องจากการสร้างเขื่อนยื่นไปในทะเล ทำให้ชายฝั่งทะเลที่ชาวบ้านอาศัยโดนน้ำทะเลกัดเซาะชายฝั่ง

ภาพที่ 1.15 ภาพแสดงการช่วยเหลือของหน่วยงานต่าง ๆ จากภัยน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม

ภาพที่ 1.16 ภาพการแจกน้ำ แจกอาหารแห้ง ได้แก่ ข้าวสาร ปลากระป๋อง มาม่า น้ำปลา เสื้อผ้า และบ้านที่ให้ชาวบ้านผู้ที่บ้านเสียหายทั้งหลัง



ภาพที่ 1.17 ภาพแสดงการร่วมมือของชาวบ้านหลังจากน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม

เหตุการณ์น้ำท่วมครั้งนี้ไม่เหมือนที่ผ่านมาในรอบชีวิตคนอายุที่ยังมีชีวิตอยู่ในปัจจุบัน เช่น บริเวณต้นน้ำ การเคลื่อนที่ของน้ำป่าไหลหลาก เสียงน้ำจะดังมาก มีทั้งเสียงน้ำ เสียงการกระทบระหว่างก้อนหิน เสียงเสียดสีของท่อนไม้ แผ่นดินถล่มลงจากภูเขา แรงน้ำทำให้ลำคลองกว้างขึ้น ท่อนไม้สามารถเคลื่อนที่ไปได้ระยะไกล ๆ และบางพื้นที่ลำคลองกลายเป็นพื้นดิน พื้นดินกลายเป็นลำคลอง และบางตำแหน่งบ้านราคามากกว่า 1 ล้าน หายไปทั้งหลัง ดังแสดงในภาพที่ 1.18-1.22

ภาพที่ 1.18 ภาพแสดงแผ่นดินถล่มไถลลงจากภูเขา ในเขตอำเภอนบพิตำ วันที่ 16 พฤษภาคม 2554

ภาพที่ 1.19 ภาพแสดงหลังน้ำท่วมแผ่นดินถล่มไถลลงจากภูเขา ในเขตอำเภอสิชลบริเวณต้นน้ำ ตำบลเทพราช อำเภอสิชล วันที่ 4 เมษายน 2554

ภาพที่ 1.20 ภาพคลองกลายขยายลำคลองกว้างขึ้น ในเขตนบพิตำและอำเภอท่าศาลา

ภาพที่ 1.21 ภาพคลองท่าทนขยายลำคลองกว้างขึ้น ในเขตอำเภอสิชล

ภาพที่ 1.22 ภาพแสดงบ้านที่ถูกกระแสน้ำพัดพาไปทั้งหลัง ธงผ้าสีแดงเป็นตำแหน่งของบ้านที่ถูกกระแสน้ำพัดพาไปทั้งหลัง

สำหรับในบริเวณกลางน้ำและปลายน้ำ กระแสน้ำบางพื้นที่เกิดการเปลี่ยนทิศทาง บางตำแหน่งจะมีน้ำไหลเข้ามาหลายทิศทาง พื้นที่เชื่อมต่อระหว่างบริเวณกลางน้ำกับบริเวณปลายน้ำเกิดน้ำท่วมทุกหลังคาเรือน หลังจากน้ำท่วมจะมีโคลนทั่วบริเวณในบ้าน ซึ่งเม็ดโคลนจะละเอียด สีแดง ระยะทางจากพื้นที่ต้นน้ำประมาณ 20 กิโลเมตร และที่เห็นชัดบริเวณชายฝั่งคลองหิน ตำบลเปลี่ยน

ต้นไม้ใหญ่ เช่น ต้นมะพร้าว จะตายในเวลาต่อมา และหลังจากน้ำท่วมไม่กี่วันพื้นดินบริเวณทางน้ำไหลดินจะแตกเห็นได้ชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 1.23-1.24

ภาพที่ 1.23 ภาพหลังน้ำลดในวันที่ 31 มีนาคม 2554 บ้านเลขที่ 48 หมู่ที่ 4 ตำบลเสาเภา อ.สิชล ซึ่งมีดินโคลนสีแดงทั่วบริเวณบ้าน โดยระยะทางจากพื้นที่ต้นน้ำประมาณ 20 กิโลเมตร

ภาพที่ 1.24 ภาพแสดงพื้นดินบริเวณทางน้ำไหลดินจะแตกเห็นชัด และต้นไม้ใหญ่ชายฝั่งคลองจะแห้งเหี่ยว

จากปรากฏการณ์น้ำท่วมในอดีตที่ผ่านมาในเขตอำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล ความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วม แต่ละครั้งขึ้นอยู่กับปริมาณที่ฝนตกลงมา ระบบการกักเก็บน้ำ ระบบการระบายน้ำ และการระบายน้ำลงทะเลบริเวณปากน้ำ ซึ่งความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจและสังคมจะมีค่าทวีสูงมากขึ้น รวมทั้งสภาพจิตใจของชาวบ้านในพื้นที่ที่เกิดภัยมากอยู่ในสภาพหมดความหวัง ดังนั้นคณะวิจัยชุดนี้ซึ่งเป็นชาวบ้านในพื้นที่และเป็นนักวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์ มองเห็นความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาและสร้างเครื่องมือและพัฒนาเครื่องมือทางด้านวิทยาศาสตร์ สำหรับป้องกันและการเตือนภัยน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ให้กับประชาชนในท้องถิ่นไว้เป็นแนวทางการสำหรับการศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการสร้างบ้านเรือนและสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ สำหรับทำอาชีพ รวมทั้งการปลูกพืชสวนในพื้นที่ที่เหมาะสม และให้หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ในพื้นที่ชุมชนในท้องถิ่น เพื่อไว้เป็นแนวทางการสำหรับการศึกษาและปรับแก้วิธีการสร้างสิ่งก่อสร้างขีดขวางการไหลของน้ำป่าไหลหลาก การศึกษาและพัฒนาระบบป้องกันและการเตือนภัยน้ำท่วมและแผ่นดินเลื่อนมีความสอดคล้องกับนโยบายเร่งด่วนของรัฐบาลที่จะเริ่มดำเนินการในปีแรก โดยส่งเสริมให้มีการบริหารจัดการน้ำอย่างบูรณาการและเร่งรัดขยายเขตพื้นที่ชลประทาน และเร่งให้มีการบริหารจัดการน้ำในระดับประเทศอย่างมีประสิทธิภาพให้สามารถป้องกันปัญหาอุทกภัยและภัยแล้งได้ และการทำงานวิจัยด้านนี้สนองนโยบายที่จะดำเนินการภายในช่วงระยะ ๔ ปีคือนโยบายสังคมและคุณภาพซึ่งสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างทุนปัญญาของ

ชาติ พัฒนามหาวิทยาลัยให้มุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยวิจัยระดับโลก ระดมสรรพกำลังเพื่อพัฒนาระบบเครือข่ายการวิจัยแห่งชาติเพื่อสร้างทุนทางปัญญาและนวัตกรรมอีกต่อไป

คณะวิจัยชุดนี้นอกจากเป็นคนในพื้นที่แล้ว ยังมีประสบการณ์การทำวิจัยเรื่องการจำลองการไหลของน้ำขนาดมหภาค ในสภาวะแวดล้อมการคำนวณของ *Mahematica* ด้วยพีซีคลัสเตอร์ ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ให้เกิดผลสำเร็จ ซึ่งการทำวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก จะต้องสามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือดังกล่าว ได้แก่ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) และข้อมูลระบบสารสนเทศ (GIS)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการจำลองน้ำท่วมหรือน้ำป่าไหลหลาก ที่ได้รับความนิยมทั้งในหน่วยงานและนักวิจัยของศูนย์วิศวกรรมอุทกวิทยา (The Hydrologic Engineering Center: HEC) ซึ่งเป็นซอฟแวร์ฟรี และซอฟแวร์ของ HEC (แบบจำลอง HEC-RAS, HEC-GEORAS, 2555) ได้แก่ (1) แบบจำลองอุทกวิทยา แบบจำลอง HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System) ใช้วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า และปริมาณน้ำหลากจากข้อมูลน้ำฝน (2) โปรแกรม HEC-GeoHMS (The Geospatial Hydrologic Modeling) ใช้จัดทำ ทิศทางการไหลของน้ำ ความลาดเอียงของพื้นที่ สันปันน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำสายหลัก และสาขาย่อยระบบการระบายน้ำ ซึ่งสร้างจากข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model) หรือ DEM แผนที่ภูมิศาสตร์ และการสำรวจจากภาคสนาม (3) แบบจำลองทางด้านชลศาสตร์ คือแบบจำลอง HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) ใช้ในการวิเคราะห์การไหลต่อเนื่องแบบหนึ่งมิติ การไหลไม่ต่อเนื่อง อัตราการไหลสูงสุด โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลอง HEC-HMS (4) โปรแกรม HEC-GeoRAS ใช้สำหรับการวิเคราะห์ระบบการระบายน้ำของลุ่มน้ำ โดยใช้ข้อมูลจาก การใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลสำรวจภาคสนามสำรวจโครงสร้างชลศาสตร์ รวมทั้งหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วม (Flood Hazard Area) จัดทำแผนที่น้ำท่วม (Flood Risk Map) เพื่อหาแนวทางการป้องกันและการเตือนภัยภัยน้ำท่วม

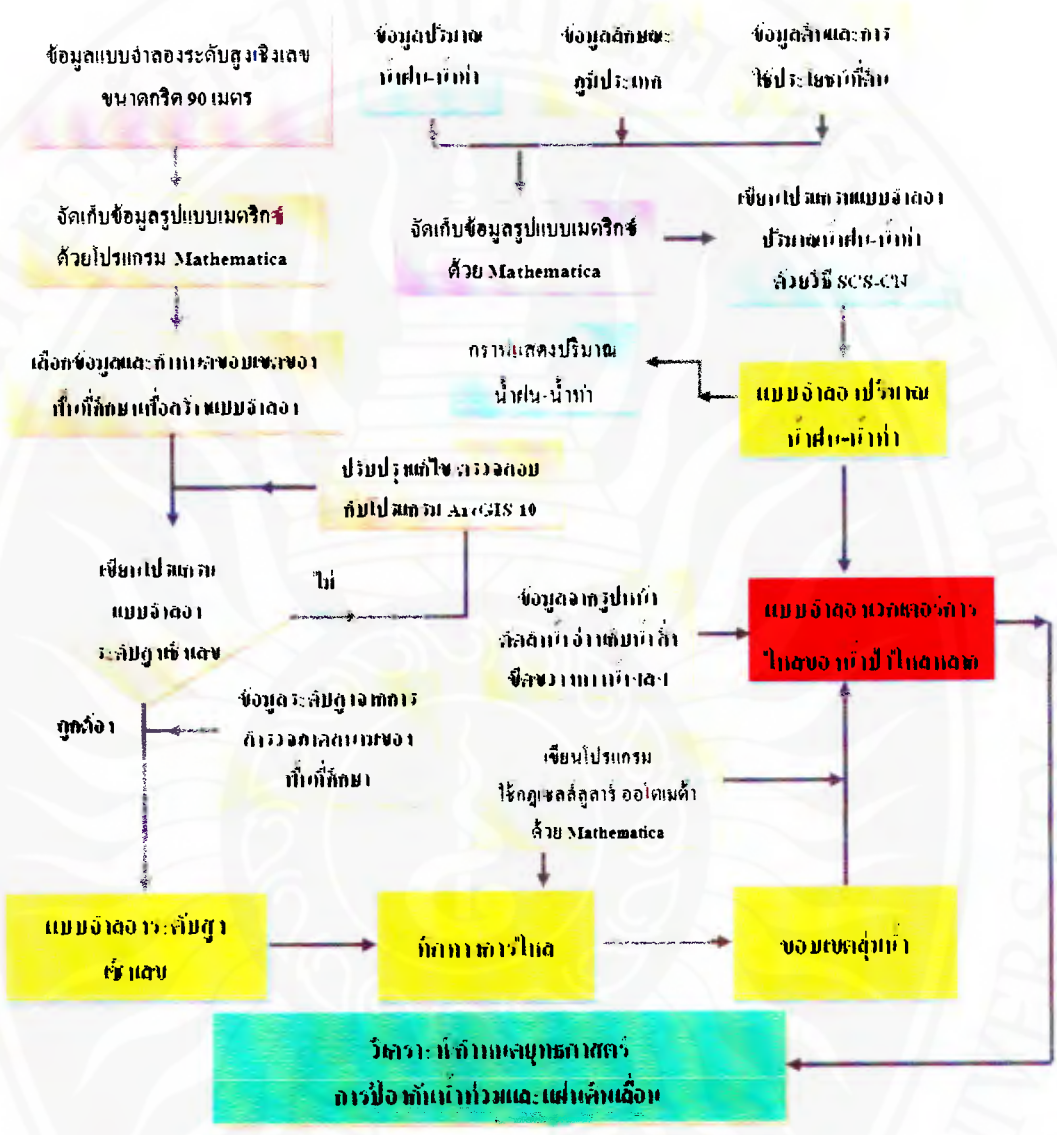
คณะวิจัยชุดนี้จึงสนใจทำวิจัยเรื่อง การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล โดยใช้วิธีเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า เขียนโปรแกรมการจำลองด้วยโปรแกรม Mathematica โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาคืออำเภอนบพิตำ ท่าศาลาและสิชล ใช้ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข มาตราส่วน 1:4,000 ขนาดกริด 5x5 เมตร เพื่อให้ได้รูปแบบโปรแกรมการจำลอง และสามารถนำไปพัฒนาต่อในครั้งต่อไป ทำให้สามารถนำไปปรับปรุงข้อมูลทางกายภาพของทางระบายน้ำจากต้นน้ำ กลางน้ำ และปากน้ำเพื่อระบายน้ำไหลออกทะเล รวมทั้งการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมในรอบปีที่เกิดน้ำท่วมที่ผ่านมา และสร้างแผนที่เวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก จากผลการวิจัยนี้ก็สามารถศึกษาและวางแนวทางการป้องกันและการเตือนภัยน้ำป่าไหลหลาก ให้กับ

ชุมชนในท้องถิ่นและหน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบในการกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินเลื่อนให้ครอบคลุมพื้นที่ได้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองพื้นที่ระดับสูงเชิงเลข (DEM) ร่วมกับวิธีการจำลองด้วยเซลล์ลาร์ ออร์โตเมต้า
2. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝน และเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลบริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าทน และสาขาย่อย ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลาอำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช
3. เพื่อการนำเสนอยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินเลื่อน ในเขตพื้นที่อำเภออำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช

กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย



ภาพที่ 1.25 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยสำหรับการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ พื้นที่ศึกษา เครื่องมือการวิจัย ซอฟแวร์ และระยะเวลาการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาคือ พื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ และพื้นที่ราบที่น้ำท่วมถึง บริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าทนและสาขาย่อย ในเขตอำเภอท่าศาลา อำเภอสิชล และอำเภอนบพิตำ มีคลองหลัก 2 สาย คือคลองกลาย ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขานครศรีธรรมราชในเขตอำเภอนบพิตำ ไหลสู่อ่าวไทยบริเวณอำเภอท่าศาลา และคลองท่าทน ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขานครศรีธรรมราชตอนบนไหลสู่อ่าวไทยบริเวณอำเภอสิชล

2. เครื่องมือการวิจัย

1) เครื่องพีซีคอมพิวเตอร์ Processor : Intel(R) Core (TM) i7-3930K CPU @ 3.2 GHz 3.2 GHz Installed memory (RAM) 64.0 GB

2) ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข มาตราส่วน 1:50,000 ขนาดกริด 90 เมตร ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

3) แผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข มาตราส่วน 1:40,000 ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (สทอภ.)

4) แผนที่ภูมิประเทศ ของกรมแผนที่ทหาร

5) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปี 2546-2556 ของสถานีอุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช

6) ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดลุ่มน้ำคลองกลายและคลองท่าทน

7) โปรแกรม Mathematica

8) โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS)

3. ซอฟแวร์คอมพิวเตอร์

ซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมการจำลองคือ Mathematica

4. ระยะเวลาการวิจัย

ระยะเวลาการวิจัย 1 ปี

นิยามศัพท์เฉพาะ

เพื่อความเข้าใจศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัยให้ตรงกัน ผู้วิจัยจึงนิยามความหมายไว้ดังนี้

1. แบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก หมายถึงแบบจำลองการไหลของน้ำบนผิวดิน

2. ปริมาณน้ำฝน (Rainfall) หมายถึง ระดับความลึกของน้ำฝนในภาชนะที่รองรับน้ำฝน นิยมอ่านค่าปริมาณน้ำฝน ในหน่วยมิลลิเมตร

3. น้ำท่า (Rain off) คือ น้ำที่อยู่ในแม่น้ำ ลำธาร ที่เกิดจากฝนน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่รับน้ำ บางส่วนจะสูญเสียไป ส่วนที่เหลือก็จะไหลไปยังที่ลุ่มน้ำลงสู่แม่น้ำลำธารกลายเป็นน้ำท่า

4. ซอฟต์แวร์ Mathematica เป็นโปรแกรมประยุกต์เชิงสัญลักษณ์ และเชิงตัวเลข ที่ช่วยในการคำนวณที่มีประสิทธิภาพมาก เป็นประโยชน์ทั้งด้านการศึกษาและการวิจัย โดยเฉพาะสาขาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์

5. เซลลูลาร์ ออโตเมต้า (Cellular automata, CA) คือระบบพลวัตของการคำนวณประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่าเซลล์ (cell) เรียงติดต่อกันเป็นตาราง (lattice) หรือเรียกว่ากริด (grid) ลักษณะรูปร่างของกริด อาจอยู่ใน 1 มิติ 2 มิติ 3 มิติหรือมากกว่า

6. ทิศทางการไหล (flow direction) เป็นการหาทิศทางการไหลของน้ำจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งโดยรอบ 8 ทิศทาง (D8 algorithm) คือ ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งทิศทางการไหลของน้ำจะขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศในทางภูมิศาสตร์

7. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เป็นการนำตัวอักษรมาใช้แทนค่าตัวแปรและใช้ตัวเลข เครื่องหมายและสัญลักษณ์ต่างๆ มาใช้เป็นตัวแทนของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านั้น ซึ่งสมการคณิตศาสตร์ที่ได้จะเป็นตัวแทนของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งภายในระบบเพื่อใช้ในการประเมินค่าของผลที่จะเกิดขึ้น

8. แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) หมายถึงการแสดงสภาพพื้นผิวภูมิประเทศในเชิงตัวเลข นำเสนอบนระบบคอมพิวเตอร์ได้ โดยแสดงในรูปจุดความสูง โครงสร้างส่วนต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะโครงสร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือกริดเซลล์ หรือ pixel โดยแต่ละกริดเซลล์จะบอกถึงความสูงของพื้นที่บริเวณนั้นๆ

9. แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) หมายถึงแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์น้ำท่า โดยอาศัยความสัมพันธ์ของน้ำฝนกับการระเหย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า ระดับน้ำ และการเคลื่อนที่ของน้ำหลาก แล้วนำความรู้ไปพัฒนาลุ่มน้ำให้มีประสิทธิภาพสำหรับ การระบายน้ำลงทะเล เพื่อช่วยลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน

2. การกำหนดพื้นที่น้ำท่วมในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราชจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้การกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วม และแผ่นดินเลื่อน เพื่อวางแนวทางการเตือนภัยให้กับประชาชนในท้องถิ่นได้ถูกต้องและเหมาะสมกับพื้นที่ และเสนอยุทธศาสตร์ให้กับหน่วยงานที่รับผิดชอบต่อไป

3. พัฒนาบุคลากรในท้องถิ่นให้มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทันสมัย สำหรับการสร้างและพัฒนาแบบจำลองอุทกวิทยาและชลศาสตร์ ในสภาพแวดล้อม GIS ซึ่งจะพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยในท้องถิ่นได้อย่างยั่งยืน

4. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและพัฒนาเทคโนโลยีโดยการนำแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลากไปประยุกต์ใช้กับลุ่มน้ำอื่น ๆ ในกลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. ระบบพิกัดในแผนที่
2. เซลล์ลาร์ ออโตเมต้า
3. แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข
4. ทิศทางการไหล
5. แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า
6. โปรแกรม Mathematica
7. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบพิกัดในแผนที่

ระบบพิกัดในแผนที่ (Coordinate on map) เป็นระบบที่สร้างขึ้นสำหรับใช้อ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งหรือบอกตำแหน่งพื้นโลกจากแผนที่มีลักษณ์เป็นตารางโครงข่ายที่เกิดจากตัดกันของเส้นตรงสองชุดที่ถูกกำหนดให้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันออก- ตะวันตก ตามแนวของจุดศูนย์กำเนิด (Origin) ที่กำหนดขึ้น ค่าพิกัดที่ใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งต่างๆ จะใช้ค่าของหน่วยที่นับออกจากจุดศูนย์กำเนิดเป็นระยะเชิงมุม (Degree) หรือเป็นระยะทาง (Distance) ไปทางเหนือหรือใต้และตะวันออกหรือตะวันตก ตามตำแหน่งของตำบลที่ต้องการหาค่าพิกัดที่กำหนดตำแหน่งต่างๆ จะถูกเรียกอ้างอิงเป็นตัวเลขในแนวตั้งและแนวนอนตามหน่วยวัด ระบบพิกัดในแผนที่ได้แก่ ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinates) และระบบพิกัดกริด (Rectangular Coordinates), (แผนที, 2555) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

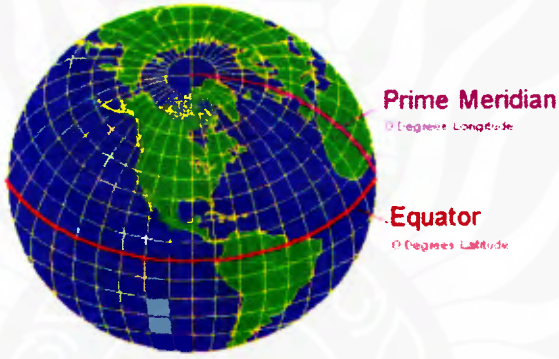
1. ระบบพิกัดภูมิศาสตร์

ระบบพิกัดภูมิศาสตร์เป็นระบบที่ใช้พื้นผิวสามมิติของรูปทรงกลมในการกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก โดยอ้างอิงด้วยค่าของลองติจูด (longitude) และละติจูด (latitude) ค่าทั้งสองเป็นค่าวัดมุมที่ศูนย์กลางของโลก ปกติมีค่าเป็นองศา ลิปดา และ ฟิลิปดา (หรือเป็น degree, minute และsecond - DMS) หรือมีค่าเป็นทศนิยม โดย 60 ฟิลิปดา = 1 ลิปดา และ 60 ลิปดา = 1 องศา

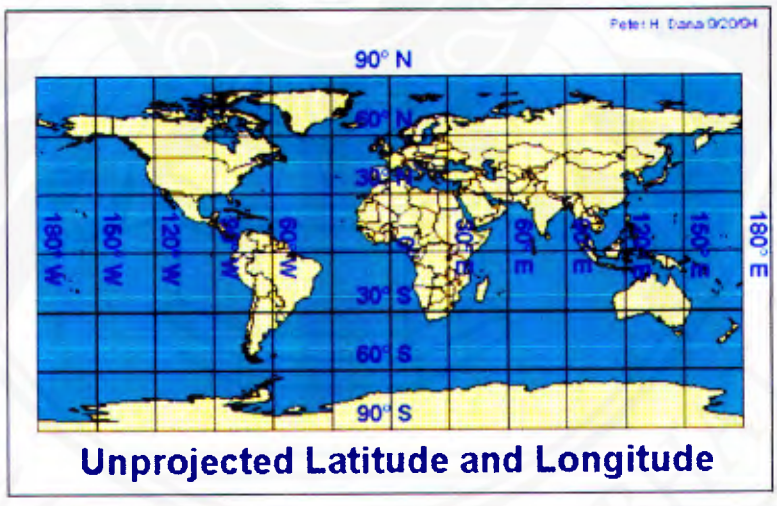
ละติจูด (Latitude) หรือ เส้นรุ้ง เป็นพิกัดที่ใช้บอกตำแหน่งบนพื้นโลก ซึ่งระบุว่าตำแหน่งนั้นอยู่ตรงจุดที่ทำมุมเท่าไรกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) ละติจูด มีค่าตั้งแต่ 0 องศาที่เส้นศูนย์สูตรไปจนถึง 90 องศาที่บริเวณขั้วโลก (เป็น 90 องศาเหนือหรือใต้ วัดเป็นมุมจากเส้นศูนย์สูตรที่จนถึงแนวดิ่งที่ขั้วโลกเหนือ หรือลงไปจนดิ่งที่ขั้วโลกใต้) พื้นที่ที่มีพิกัดละติจูดต่างกัน จะมีสภาพ

ภูมิอากาศ (Climate) และกาลอากาศ (weather) ต่างกัน เช่น แบ่งเป็นเขตร้อน เขตอบอุ่น เขตหนาว

ลองติจูด (Longitude) หรือ เส้นแวง เป็นพิกัดที่ใช้บอกตำแหน่งบนพื้นโลก โดยวัดไปทางตะวันออก หรือตะวันตกจากเส้นสมมุติในแนวเหนือใต้ที่เรียกว่า เส้นไพรม์เมอริเดียน (Prime Meridian) ลองติจูดมีหน่วยเป็นองศา นับจาก 0 องศาที่เส้นไพรม์เมอริเดียนไปทางตะวันออก +180 องศา และไปทางตะวันตก -180 องศา ลองติจูดแตกต่างจากละติจูดตรงที่ ละติจูดมีเส้นศูนย์สูตรเป็นเส้นอ้างอิงตามธรรมชาติ แต่ลองติจูดไม่มี จึงต้องกำหนดเส้นสมมุติขึ้นมาอีกเส้นหนึ่งสำหรับอ้างอิง ในการประชุมเมอริเดียนนานาชาติ เมื่อ ค.ศ. 1884 จึงได้กำหนดให้เส้นเวลาที่กรีนิชที่ผ่านหมู่บ้านที่เดียวกันใกล้ๆกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษเป็นเส้นไพรม์เมอริเดียน และเป็นลองติจูด 0 องศา



ภาพที่ 2.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์

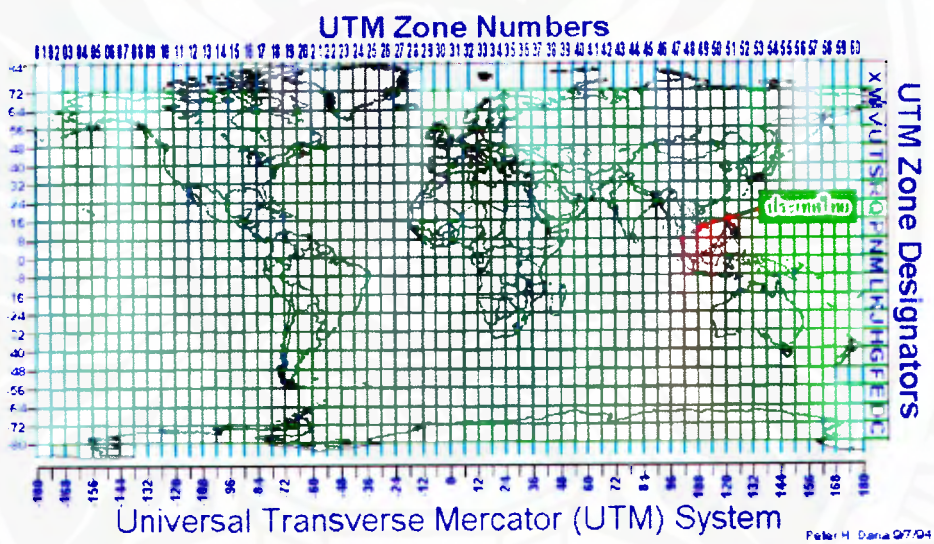


ภาพที่ 2.2 แผนที่โลกแสดงพิกัดภูมิศาสตร์
ที่มา : วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี http://th.wikipedia.org/wiki

2. ระบบพิกัดกริด UTM

ระบบพิกัดกริด UTM (Universal Transverse Mercator Coordinate) เป็นระบบตารางกริดที่ใช้ช่วยในการกำหนดตำแหน่งและใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งที่นิยมใช้กับแผนที่ในกิจการของทหารประเทศต่าง ๆ เกือบทั่วโลกในปัจจุบัน เพราะเป็นระบบตารางกริดที่มีขนาดรูปร่างเท่ากันทุกตาราง และมีวิธีการกำหนดบอกค่าพิกัดที่ง่ายและถูกต้อง (ดรุณี พรหมโชติ, 2557)

การกำหนดโซนของกริด (UTM Grid Zone Designators) โดยสามารถแบ่งโซนของกริด UTM ได้เป็น 60 โซน แสดงดังภาพที่ 2.1 แต่ละ โซนกว้าง 6 องศา โดยเริ่มแบ่งจากลองติจูดที่ 180 องศาตะวันตกนับไปทางตะวันออกทีละ 6 องศา เมื่อแบ่งได้เป็น โซนๆ ละ 6 องศา แล้วก็จะมีหมายเลขกำกับโซนจากโซนซ้ายสุดเป็นโซนที่ 1 และเรียงลำดับไปทางขวาเรื่อยๆ จนครบ 60 โซน ในแต่ละโซนนั้นจะมีเส้นเมอริเดียนย่านกลาง (Central Meridian) 1 เส้น เช่น โซนที่ 1 เส้นเมอริเดียนย่านกลางคือ ลองติจูด 177 องศาตะวันตก ซึ่งเส้นเมอริเดียนย่านกลางจะตัดกับเส้น อิเควเตอร์เป็นมุมฉาก



ภาพที่ 2.3 การกำหนดโซนของระบบพิกัดกริด UTM

ที่มา : (ดรุณี พรหมโชติ, 2557)

ประเทศไทยมีพื้นที่อยู่ ระหว่างละติจูด 5 องศา 30 ลิปดา เหนือ ถึง 20 องศา 30 ลิปดา เหนือ และลองติจูดประมาณ 97 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก ถึง 105 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก ซึ่งตั้งอยู่ในกริดโซนที่ 47 และ 48

ตัวอย่างการอ่านค่าพิกัดแบบ UTM

มุมล่างซ้ายคือ 608000 E 1576000 N

จุด A คือ 609000 E 1577000 N

จุด B คือ 610000 E 1578000 N

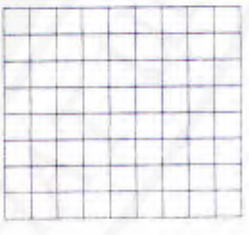
ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างการอ่านค่าพิกัดกริดแบบ UTM
ที่มา : (ดรุณี พรหมโชติ, 2557)

เซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า

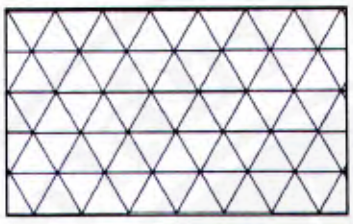
เซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า (Cellular Automata, CA) (Chopard & Droz, 1998) เป็นวิธีการจำลองปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของระบบไม่ต่อเนื่อง (discrete system) ส่วนประกอบของระบบประกอบด้วย พื้นที่ว่าง (space) เวลา (time) และสถานะ (state) วิธีการจำลองต้องกำหนดขอบเขตของปัญหาให้เป็นตาราง (lattice) หรือ (grid) บนตารางประกอบด้วยเซลล์ (cell) ลักษณะรูปร่างของตารางเป็นระบบ n มิติ ($n \geq 1$) ตัวอย่างตารางในระบบ 1 มิติ จะเป็นแถว (row) หรือเป็นตอน (colum) ในระบบ 2 มิติ ตารางจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือเป็นรูปอื่น ๆ ส่วนในระบบ 3 มิติ เป็นรูปลูกบาศก์ หรือรูปทรงอย่างอื่นก็ได้ สำหรับในระบบ 3 มิติ ตารางจะประกอบด้วยเซลล์เป็นจำนวนมาก มีตัวแปรหลายตัวแปร จึงเป็นระบบที่มีความสลับซับซ้อนสูง ตัวอย่างรูปแบบตารางแสดงในภาพที่ 2.5

(ก) แถว

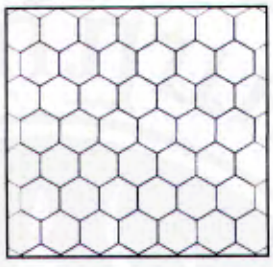
(ข) ตอน



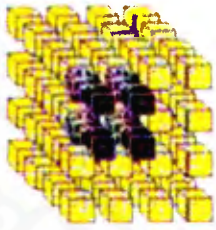
(ค) ตารางแบบสี่เหลี่ยมจตุรัส (square lattice)



(ง) ตารางแบบสามเหลี่ยม (triangular lattice)



(จ) ตารางแบบหกเหลี่ยม (hexagonal lattice)



(ฉ) ลูกบาศก์ (cube lattice)

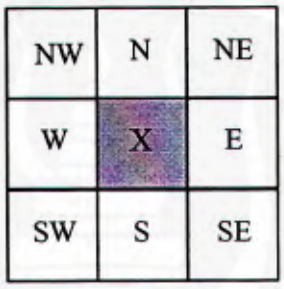
ภาพที่ 2.5 ลักษณะรูปร่างของตารางแบต่าง ๆ

เซลล์เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า แต่ละเซลล์อาจจะเรียกว่าไซท์ (site) หรือโหนด (node) รูปร่างของเซลล์โดยทั่วไปจะเป็นรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หรือ หกเหลี่ยม ทุก ๆ เซลล์มีขนาดเท่ากันและมีลักษณะเหมือนกัน เซลล์มีหน้าที่เก็บข้อมูลที่เป็นค่าคงที่หรือตัวแปร จำนวนตัวคงที่หรือตัวแปรในเซลล์มีจำนวนจำกัดและมีค่าไม่ต่อเนื่อง (discrete state) การเปลี่ยนค่าตัวแปรของเซลล์ในตำแหน่งและเวลาใด ๆ เขียนเป็นกฎเฉพาะที่ (lacal rules) หรือเรียกว่ากฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า (CA rules) การเขียนกฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า เพื่อเปลี่ยนค่าตัวแปรในเซลล์ขึ้นอยู่กับค่าตัวแปรในเซลล์ตำแหน่งนั้น ๆ และค่าตัวแปรของเซลล์ข้างเคียง (neighborhood) รอบ ๆ เซลล์นั้น ๆ สำหรับเวลาที่ใช้คำนวณในระบบเป็นค่าไม่ต่อเนื่อง (discrete time) เรียกว่าช่วงเวลา (time step) การประยุกต์กฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า บนตารางในระหว่างการคำนวณแต่ละ time step คือนำกฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า ไปกระทำซ้ำหรือเรียกว่าการอัพเดท (update) บนตาราง ซึ่งการอัพเดทจะเกิดขึ้นพร้อมกันทุก ๆ เซลล์ และใช้กฎเหมือนกันทุกเซลล์ และต้องอัพเดทไปเรื่อย ๆ ในรอบ time step ถัดไป และหยุดอัพเดทระบบเข้าสู่ภาวะเสถียร (steady state)

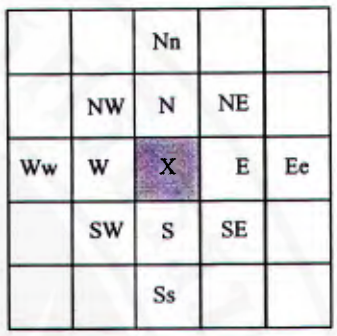
การแบ่งพื้นที่ของระบบเป็นเซลล์ให้แต่ละเซลล์มีชื่อเรียกว่าเซลล์ X เซลล์ที่อยู่ใกล้เคียงกับเซลล์ X (neighbor) หรือเป็นเซลล์ที่มีปฏิสัมพันธ์ (interacts) กับเซลล์ X เรียกกลุ่มเซลล์นี้ว่าเซลล์ข้างเคียงหรือเนเบอะฮูด (neighborhood) ของเซลล์ X ค่าของตัวแปรในแต่ละเซลล์ถูกควบคุมด้วยกฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า การเขียนกฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้าในแต่ละแบบจำลองขึ้นอยู่กับชนิดของเนเบอะฮูดที่ใช้จำลอง ตัวอย่างของเนเบอะฮูดในระบบ 1 มิติ มีเซลล์รอบเซลล์ X จำนวน 2 เซลล์ คือเซลล์ด้านขวาในทิศตะวันออก (east) และเซลล์ด้านซ้ายในทิศตะวันตก (west) แสดงไว้ในภาพที่ 2.6 (ก)

(ก) 1-D Neighborhood

(ข) 2-D von Neumann Neighborhood



(ค) 2-D Moore Neighborhood



(ง) 2-D MvonN Neighborhood

ภาพที่ 2.6 ชนิดของ Neighborhood

เนเบอะฮูดที่นิยมใช้มากในโมเดล 2 มิติ มี 3 แบบ แบบที่ 1 คือ von Neumann Neighborhood ซึ่งมีเซลล์ทั้งหมด 5 เซลล์ เซลล์ที่อยู่รอบเซลล์ X จำนวน 4 เซลล์ เป็นด้านทิศเหนือ (north) เซลล์ด้านทิศตะวันออก (east) เซลล์ด้านทิศใต้ (south) และเซลล์ด้านทิศตะวันตก (west) ระยะห่างระหว่างเซลล์มีค่าเท่ากับ 1 หน่วย แสดงดังภาพที่ 2.6 (ข) เนเบอะฮูดแบบที่ 2 คือ Moore neighborhood มีเซลล์ทั้งหมด 9 เซลล์เซลล์ที่อยู่รอบเซลล์ X จำนวน 8 เซลล์ เป็นเซลล์เนเบอะฮูด คือเซลล์ใน von Neumann Neighborhood 4 เซลล์ และอีกเซลล์ 4 เซลล์ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (northeast) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (southeast) ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (northwest) และทิศตะวันตกเฉียงใต้ (southwest) ระยะห่างระหว่างเซลล์มีค่าเท่ากับ 1 หน่วย และ $\sqrt{2}$ หน่วย แสดงไว้ดังภาพที่ 2.6 (ค) และ เนเบอะฮูดแบบที่ 3 คือ จะมีเซลล์ทั้งหมด 13 เซลล์ อยู่โดยรอบเซลล์ X จำนวน 12 เซลล์ เป็นเซลล์เนเบอะฮูดคือเซลล์ใน Moore Neighborhood และเซลล์อีก 4 เซลล์ใน ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก ระยะห่างระหว่างเซลล์มีค่าเท่ากับ 1 หน่วย $\sqrt{2}$ หน่วย หรือ 2 หน่วยดังภาพที่ 2.6 (ง)

การจำลองโดยใช้เซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า ต้องเขียนโปรแกรมและประมวลผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ การเขียนโปรแกรมด้วยวิธีเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า มีขั้นตอนดังนี้คือ

1. กำหนดพื้นที่ว่างเป็นตารางโดยการสร้างเมตริกซ์ให้สมาชิกในเมตริกซ์มีจำนวนจำกัด

2. กำหนดค่าต่าง ๆ ของสมาชิกในเมตริกซ์เป็นเป็นจำนวนเต็ม จำนวนจริง กลุ่มข้อมูล (list) สัญลักษณ์ แทนตัวแปรหรือค่าคงที่

3. กำหนดฟังก์ชัน หรือกลุ่มของฟังก์ชัน เรียกว่ากฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า เพื่อใช้เปลี่ยนค่าสมาชิกในเมตริกซ์หรือค่าตัวแปร โดยการเปลี่ยนค่าของสมาชิกในเมตริกซ์ขึ้นอยู่กับค่าสมาชิกแต่ละตัวและค่าสมาชิกที่เป็นใช้เนเบอะฮูด

4. อัพเดทฟังก์ชันบนเมตริกซ์ ในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันทั้งเมตริกซ์จนกระทั่งระบบเข้าสู่ภาวะเสถียร

แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข

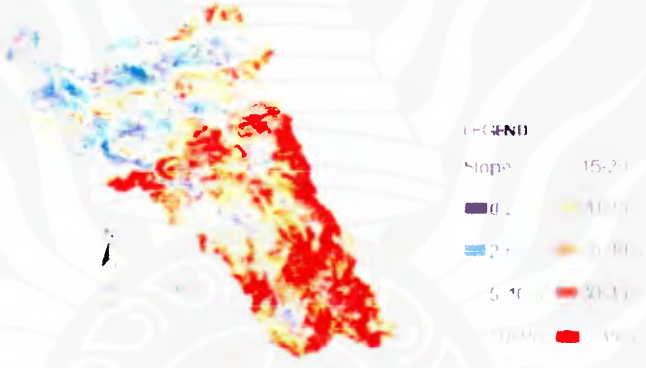
แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) หมายถึงแผนที่ลักษณะความสูงของภูมิประเทศแบบดิจิตอล DEM สร้างมาจากการสำรวจแบบสำรวจจากระยะไกล (remote sensing) ด้วยดาวเทียมของโครงการสำรวจพื้นผิวโลกของหน่วยงานต่าง ๆ เช่น NASA, USGS, NOAA หรือหน่วยงานสำรวจที่สังกัดรัฐบาลประเทศต่าง ๆ เช่น แคนาดา ญี่ปุ่น เป็นต้น ข้อมูลที่จะนำมาสร้างเป็น DEM จะเป็นแบบ file ข้อมูลเชิงตัวเลขของพื้นผิวโลก ซึ่งต้องใช้โปรแกรมเฉพาะในการเปิดดูข้อมูล DEM มีความละเอียดได้หลายค่า ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูลที่แตกต่างการในแต่ละโครงการ เช่น DEM มีความละเอียด 5 เมตร 30 เมตร หรือ 90 เมตร เป็นต้น

DEM (ประสิทธิ์ มากสิน, 2554) เป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความสำคัญ ที่แสดงลักษณะภูมิประเทศในรูปแบบของข้อมูลดิจิตอล 3 มิติ โดยโครงสร้างของแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขมี 3 โครงสร้างหลัก คือโครงสร้างในรูปแบบของกริดสี่เหลี่ยม (Grid DEM) โครงสร้างในรูปแบบของเส้นชั้นความสูง (Contour DEM) และโครงสร้างในรูปแบบของโครงข่ายสามเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอ (Triangulated Irregular Network; TIN) แสดงดังภาพที่ 2.7 ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้จะให้ค่าของลักษณะความสูงของพื้นผิวที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ความถูกต้องของแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขแตกต่างกันออกไปด้วย เช่นโครงสร้างแบบกริด หากสร้างด้วยขนาดกริดใหญ่ การแสดงรายละเอียดของพื้นที่จะน้อยลง หรือโครงสร้างแบบโครงข่ายสามเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอ หากข้อมูลจุดที่ใช้สร้างมีน้อย การแสดงความสูงของพื้นผิวจะมีความคลาดเคลื่อนสูง ซึ่งแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขส่วนใหญ่ถูกจัดเก็บในรูปแบบโครงสร้างตารางกริดสี่เหลี่ยมด้านเท่าและมีค่าประจำแต่ละกริดเป็นค่าความสูงของภูมิประเทศ

ภาพที่ 2.7 โครงสร้างแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข
ที่มา : (ประสิทธิ์ มากสิน, 2554)

แหล่งที่มาของข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขในประเทศไทย อาจได้มาจากหลายหน่วยงาน เช่น กรมแผนที่ทหาร ใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูงระยะห่าง 20 เมตร จากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ที่ขนาดกริด 30 เมตร ความถูกต้องทางดิ่ง (ความสูง) ประมาณ ± 15 เมตร มีรายละเอียดครอบคลุมทั่วทั้งประเทศ กรมพัฒนาที่ดินใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข มาตรา

ส่วน 1:4,000 สร้างแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขที่มีขนาดกริด 5 เมตร มีเกณฑ์ความถูกต้องที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % บริเวณพื้นที่ราบ (ความลาดชันต่ำกว่า 35 %) ความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ 2 เมตร หรือดีกว่า บริเวณพื้นที่สูงชัน (ความลาดชันมากกว่า 35 %) ความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ 4 เมตรหรือดีกว่าหรือหน่วยงานอื่นๆ ที่ผลิตข้อมูลที่สามารถสร้างแบบจำลองความสูงได้ เช่น ข้อมูลเส้นชั้นความสูงจากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:10,000 ขององค์การบริหารส่วนตำบลวังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ที่ได้จากการแปลภาพถ่ายทางอากาศ ภาพที่ 2.8-2.9 แสดงตัวอย่างการกระจายค่าความลาดชันและค่าพื้นที่รับน้ำสะสม ที่สร้างจากแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข ที่ขนาดกริด 5 เมตร ของลุ่มน้ำย่อยลำเสมา



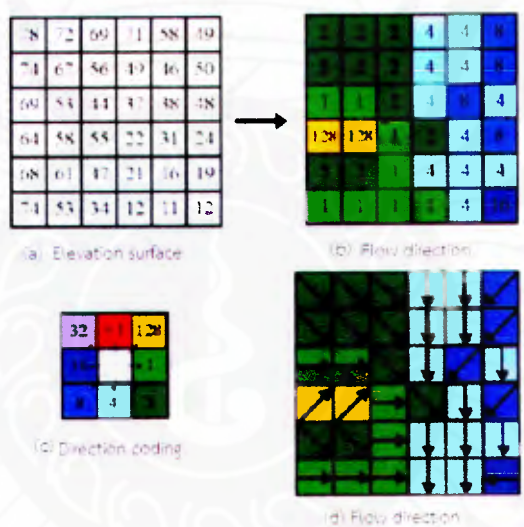
ภาพที่ 2.8 การกระจายค่าความลาดชัน ที่ขนาดกริด 5 เมตร ของลุ่มน้ำย่อยลำเสมา
ที่มา : (ประสิทธิ์ มากสิน, 2554)

ภาพที่ 2.9 ค่าพื้นที่รับน้ำสะสม ที่สร้างจากแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข ที่ขนาดกริด 5 เมตร ของลุ่มน้ำย่อยลำเสมา
ที่มา : (ประสิทธิ์ มากสิน, 2554)

ทิศทางการไหล

การสร้างแบบจำลองทิศทางการไหลและขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษาจะต้องศึกษา 3 ส่วน ดังนี้

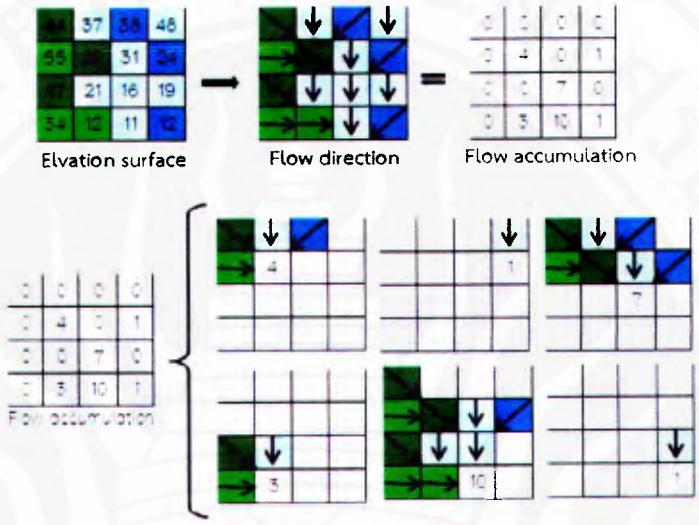
1. ทิศทางการไหล (Flow direction) เป็นการหาทิศทางการไหลของน้ำจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งในข้อมูลแบบราสเตอร์ ทิศทางการไหลจะคำนวณจากข้อมูล DEM ซึ่งทิศทางการไหลมี 8 ทิศ (Eight Direction, D8) ตาม direction coding (Jenson & Domingue, 1988) แสดงในภาพที่ 2.10 (c) คือ ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งทิศทางการไหลของน้ำจะขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศในทางภูมิศาสตร์



ภาพที่ 2.10 การวิเคราะห์ทิศทางการไหล
ที่มา : (Jenson & Domingue, 1988)

การหาทิศทางการไหลของน้ำ โดยพิจารณาจากข้อมูลแบบจำลอง DEM ที่มีโครงสร้างแบบกริดแสดงดังภาพที่ 2.10 (a) กริดมีขนาด 6x6 เซลล์ น้ำจะไหลจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งที่อยู่รอบ ๆ โดยใช้ค่าระดับความสูงที่อยู่ในเซลล์ เป็นตัวควบคุมทิศทางการไหล ซึ่งกำหนดทิศทางการไหลของน้ำเป็น 8 ทิศทาง มีค่ารหัสกำกับในแต่ละทิศทาง แสดงดังภาพที่ 2.10 (c) โดยน้ำจะไหลจากเซลล์ที่พิจารณาสู่เซลล์ที่อยู่รอบตัวที่มีค่าระดับความสูงต่ำสุด ผลที่ได้จะทราบว่ากริดนั้นมีการไหลของน้ำไปทิศทางใด แสดงดังภาพที่ 2.10 (b) และ 2.10 (d) ซึ่งนำไปใช้ในการหาการไหลสะสมของน้ำต่อไป

2. การไหลสะสม (flow accumulation) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ต่อเนื่องมาจากขั้นตอนทิศทางการไหล โดยเซลล์ที่มีการไหลมาสะสมก็จะถูกกำหนดให้เป็นช่องทางไหลของน้ำ ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 การวิเคราะห์การไหลสะสม
ที่มา : (อิศเรศ กะการดี และ เอกสิทธิ์โฆสิต สกุลชัย, 2555)

3. การกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำ (watershed delineation) เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องมาจากการหาทิศทางการไหลโดยเริ่มจากการเชื่อมกริดของข้อมูล DEM เพื่อคำนวณกริดของทิศทางการไหลสะสมของจำนวนหน่วยข้อมูลที่ไหลจากพื้นที่ที่อยู่สูงกว่า การลากเส้นแนวลำน้ำโดยกำหนดจากผลรวมหน่วยการไหลแต่ไม่น้อยกว่าค่าขอบเขตการไหลสะสม และเส้นพื้นที่ลุ่มน้ำกำหนดจากหน่วยข้อมูลที่ทำการระบายน้ำผ่านหน่วยข้อมูลดังกล่าว

แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (rainfall-runoff model) เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนที่ทำให้เกิดกราฟน้ำท่า โดยพิจารณาบนพื้นฐานความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ เช่น ลักษณะภูมิประเทศ สภาพอุตุนิยมวิทยา สภาพอุทกวิทยา และลักษณะการใช้ที่ดิน เป็นต้น ซึ่งได้มีการพัฒนาแบบจำลอง น้ำฝน-น้ำท่าต่างๆ อย่างแพร่หลาย เช่น แบบจำลอง TANK, SCS, LinearProgramming, RIBAMAN (RBM-DOGGS), HEC-HMS, NAM และระบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ เป็นต้น (กิติยา เกียรตินรากร, 2551)

แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่นิยมใช้คือ Soil Conservation Services Curve Number (SCS-CN) (Huang et al., 2006) เป็นแบบจำลองของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้หลักการที่ว่า

“อัตราส่วนของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงไปจะเท่ากับอัตราส่วนของปริมาณการซึมกับปริมาณการซึมที่เปลี่ยนแปลง” ซึ่งจะได้ว่า (จงกล จงวิไลเกษม, 2546)

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (2.1)$$

เมื่อ P = ปริมาณฝนทั้งหมด

F_a = ปริมาณน้ำฝนที่ซึม

I_a = ปริมาณน้ำฝนที่ซึมลงดินทั้งหมดในช่วงแรก

P_e = ฝนส่วนเกิน

S = ปริมาณการซึมได้สูงสุด

จากกฎการอนุรักษ์พลังงาน

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (2.2)$$

จากสมการ (1) และ (2) จะได้ว่า

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (2.3)$$

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง I_a กับ S ของ SCS-CN ในพื้นที่ลุ่มน้ำเล็กๆ พบว่า

$$I_a = 0.2S \quad (2.4)$$

จากสมการ (2.3) และ (2.4) จะได้ว่า

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (2.5)$$

ซึ่งค่า S เราสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2.6)$$

ปริมาณน้ำท่าสุทธิเท่ากับปริมาณฝนส่วนเกินคูณกับขนาดของพื้นที่ ดังสมการที่ (2.7) (ประสิทธิ์ มากสิน, 2554)

$$Runoff = P_e \times A \quad (2.7)$$

เมื่อ Runoff คือ ปริมาณน้ำท่า มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

P_e คือปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

A คือขนาดของพื้นที่มีหน่วยเป็นเฮกเตอร์

ค่าประสิทธิภาพการให้น้ำท่า คำนวณได้จากสภาพภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยา และพืชคลุมดิน โดยพิจารณาจาก 4 ปัจจัย ดังนี้

1) ปัจจัยสภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ความลาดชันซึ่งมีผลต่อความเร็วของการไหล ทั้ง

การไหลบนผิวดิน (Surface Flow) และการไหลใต้ดิน (Subsurface Flow) ช่วงเวลาในการเก็บกัก และความสามารถในการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

2) ปัจจัยการดูดซับน้ำของดิน ได้แก่ ชนิดของเนื้อดิน ความอัดแน่น และความลึกของชั้นดิน การอุ้มน้ำของชั้นดินเป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำท่า

3) ปัจจัยพืชปกคลุมดิน มีผลต่อการลดแรงกระแทกของเม็ดฝนบนผิวดิน ปัจจัยพืชคลุมดินมีความสัมพันธ์กับการอุ้มน้ำ การชะลอความรุนแรงของเม็ดฝนสู่พื้นดิน รวมทั้งมีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำของดิน ชะลอไม่ให้ไหลบ่าท่วมเร็วเกินไปหลังฝนตก

4) ปัจจัยสภาพแอ่งน้ำที่ผิวดิน เช่น อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ หนอง บึง เป็นตัวกักเก็บน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ มีผลทำให้ปริมาณน้ำท่าลดน้อยลง เนื่องจากน้ำถูกกักเก็บไว้ไม่ให้ไหลผ่านผิวดิน

ปัจจัยทั้งหมดนี้ ใช้ประเมินค่าคะแนนเป็นค่าที่บ่งบอกว่าลุ่มน้ำนั้นมีความสามารถในการให้น้ำท่าได้มากน้อยเพียงใด ด้วยวิธี SCS (SCS Method) ซึ่งค่าคะแนนนี้เรียกว่าค่า Runoff Curve Number หรือค่า CN ปกติมีค่าอยู่ระหว่าง 0-100 โดยถ้าค่า CN มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าลุ่มน้ำนั้นมีความสามารถในการดูดซับและเก็บกักน้ำฝนเอาไว้ได้ดี ในทางตรงข้ามหาก ลุ่มน้ำใดมีค่า CN ใกล้ 100 แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นดูดซับและเก็บกักน้ำฝนเอาไว้ไม่ดี สำหรับการประมาณค่า CN ด้วยวิธี SCS แสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การหาค่า CN จากปัจจัยพื้นที่ลุ่มน้ำ (พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล, 2545)

ปัจจัยพื้นที่ลุ่มน้ำ	(I) Extreme CN (100)	(II) High CN (75)	(III) Normal CN (50)	(IV) Low CN (25)
ลักษณะภูมิประเทศ (A)	พื้นที่ภูเขาสูงชัน ความลาดชัน มากกว่า 30 % (30-40)	พื้นที่ลาดเชิงเขา ความลาดชัน 10-30 % (25-32)	พื้นที่เนินเขา ความลาดชัน 5-10 % (17-24)	พื้นที่ราบ ความลาดชัน 0-5 % (5-16)
ความสามารถในการดูดซับน้ำของดิน (B)	สภาพพื้นที่เป็นหิน ชั้นดินบาง (17-20)	พื้นที่เป็นดินเหนียว ดูดซับน้ำช้า (12-16)	พื้นที่เป็นดินร่วน ชั้นดินลึก (7-11)	พื้นที่เป็นดินทราย ชั้นดินลึก (2-6)
การปกคลุมพื้นที่ของพืช (C)	พื้นที่ว่างเปล่า ไม่มีพืชปกคลุม (17-20)	10 % ของพื้นที่ทั้งหมดมีป่าสมบูรณ์ปกคลุม (12-16)	50 % ของพื้นที่ทั้งหมดมีป่าสมบูรณ์ปกคลุม (7-11)	90 % ของพื้นที่ทั้งหมดมีป่าสมบูรณ์ปกคลุม (2-6)
สภาพแอ่งน้ำที่ผิวดิน (D)	ไม่มีแอ่งน้ำที่ผิวดิน (17-20)	มีแอ่งน้ำ หรือร่องน้ำเล็ก ๆ (12-16)	มีทะเลสาบ บึง และหนองน้ำน้อยกว่า 2 % (7-11)	มีทะเลสาบ บึง และหนองน้ำจำนวนมาก (2-6)

เมื่อ $CN = A + B + C + D$

โปรแกรม Mathematica

โปรแกรม Mathematica เป็นทั้งระบบซอฟท์แวร์ และภาษาที่ใช้ในโปรแกรมระดับสูงที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้ได้ทั้งการคำนวณตัวเลข สัญลักษณ์ และกราฟิก Mathematica มีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นเครื่องมือคำนวณตัวเลข และสัญลักษณ์
2. ระบบกราฟิกสำหรับการพล็อตฟังก์ชั่นต่างๆ หรือชุดของข้อมูล
3. ใช้ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม
4. เป็นซอฟท์แวร์แพลตฟอร์มที่สามารถนำแพคเกจหรือแอพพลิเคชั่นอื่นๆ มาประมวลผลได้
5. เป็นเครื่องมือที่ใช้สร้างเอกสารแบบอินเตอร์แอคทีฟที่มีทั้งข้อความ ภาพกราฟิกแอนิเมชั่น และเสียง
6. เป็นภาษาที่ใช้ควบคุมโปรแกรมภายนอกอื่นๆ
7. เป็นระบบที่ทำมาเพื่อให้นำไปใช้กับโปรแกรมอื่นๆ ได้ Mathematica มีฟังก์ชันมากมายรวมถึงภาษาที่ใช้ในการโปรแกรมอย่างเต็มรูปแบบที่เอื้อให้ผู้ใช้ขยายระบบ ภาษายังสนับสนุน
8. การเขียนโปรแกรมเชิงกระบวนการ รวมทั้งโครงสร้างแบบบล็อก เงื่อนไข และการทำซ้ำ
9. การเขียนโปรแกรมเชิงหน้าที่ ด้วยฟังก์ชั่นอย่างเดียว และตัวจัดการฟังก์ชั่น
10. การเขียนโปรแกรมโดยใช้กฎ ที่มีการจับคู่รูปแบบ และการหมุนวัตถุ

ภาพที่ 2.12 หน้าต่างโปรแกรม Mathematica
ที่มา : (Wolfram, 2013)

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลจากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพอสรุปได้ดังนี้

1. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข

เอกพล ฉิ้มพงษ์ และ พงษ์ศักดิ์ จินดาศรี (2552) ได้ทำโครงการศึกษาการสร้างแบบจำลองเตือนภัยน้ำท่วมด้วย Hec-Ras และ Hec-GgoRas จากข้อมูล DEM ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ บริเวณลุ่มน้ำบางสะพาน จ.ประจวบคีรีขันธ์ ศึกษาโดยใช้โปรแกรม ARCGIS V.9.0 และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Hec-Ras กับแบบจำลอง Hec-GEORas การทำข้อมูล DEM โดยทำการรวบรวมข้อมูลเส้นชั้นความสูง 2 เมตรซึ่งข้อมูลจากแหล่งต่างๆ จะถูกรวมให้เป็นข้อมูลเส้นชั้นความสูง 2 เมตรเดียวกันในพื้นที่ลุ่มน้ำบางสะพาน จัดทำแบบจำลองภูมิประเทศ DEM โดยการใช้ข้อมูลชั้นความสูง 2 เมตรที่ถูกรวมให้เป็นข้อมูลเดียวกันใช้ข้อมูล x, y, z จากเส้นชั้นความสูง 2 เมตร ประมวลผลและแก้ไขข้อมูล DEM สำหรับนำไปจัดทำข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำ การวิเคราะห์ลุ่มน้ำ ได้แก่ ทิศทางการไหล ความลาดเอียงของพื้นที่ สันปันน้ำ พื้นที่รับน้ำ ทั้งลุ่มน้ำย่อยและลุ่มน้ำบางสะพาน แล้วสร้างแผนที่เตือนภัยน้ำท่วมในรอบการเกิดซ้ำในปีต่างๆ ทั้งในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ เพื่อประกอบการตัดสินใจการบริหารจัดการน้ำในช่วงฤดูฝนในพื้นที่โครงการให้ทันต่อสถานการณ์และเผยแพร่ ข้อมูลให้ราษฎรในพื้นที่รับทราบ ถ่ายทอดเทคโนโลยีและเผยแพร่ความรู้ให้กับเจ้าหน้าที่ของสำนักชลประทานที่ 14 และเจ้าหน้าที่ของกรมชลประทานในการสร้างแบบจำลอง และเฝ้าระวังติดตามสถานการณ์อุทกภัยที่จะเกิดในพื้นที่ศึกษาได้

ประสิทธิ์ มากสิน (2554) ได้ศึกษาผลกระทบของขนาดกริดและแหล่งที่มาของแบบจำลองความสูงเชิงเลขต่อการคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางด้านอุทกวิทยา แหล่งที่มาของข้อมูล DEM 3 แห่งได้แก่ 1) ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 2) ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศของ อบต.วังน้ำเขียว มาตราส่วน 1:10,000 3) ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขของกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1:4,000 และใช้โปรแกรม ArcGIS สร้างข้อมูล 8 ขนาดกริด (5, 10, 20, 30, 40, 60, 80 และ 100 เมตร) พื้นที่ศึกษาคือลุ่มน้ำย่อยลำเสมาและลุ่มน้ำย่อยคลองอีเต่า ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำลำพระเพลิงตอนบน อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ผลการศึกษาพบว่าขนาดกริดมีผลกระทบต่อค่าคุณลักษณะภูมิประเทศและค่าพารามิเตอร์ ทางด้านอุทกวิทยาอย่างมีนัยสาคัญทางสถิติทุกค่าที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยเฉพาะในช่วงขนาดกริด 5-30 เมตร ยกเว้นค่าระดับความสูงและพื้นที่ลุ่มน้ำ เมื่อขนาดกริดเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยของความลาดชัน ค่าสูงสุด-ต่ำสุดของความ

โค้ง-เว้า ค่าสัณฐานวิทยาลุ่มน้ำ ค่าปัจจัยความยาวความลาดชัน ลดลง แต่ค่าพื้นที่รับน้ำสะสมและค่าดัชนีความเปียกชื้น เพิ่มขึ้น สาหรับแหล่งที่มา ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินให้รายละเอียดดีกว่าข้อมูลแหล่งอื่น ในเรื่อง ค่าความลาดชัน ปัจจัยความยาวความลาดชัน พื้นที่รับน้ำสะสมและค่าดัชนีความเปียกชื้น ข้อมูลจากกรมแผนที่ทหารให้รายละเอียดที่ดีกว่าในเรื่องค่าความโค้ง-เว้า การประเมินการสูญเสียดินมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อขนาดกริดมากกว่า 10 เมตรขึ้นไป การประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยวิธี SCS-CN พบว่าขนาดกริดและแหล่งที่มาของข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความสัมพันธ์กับค่าพื้นที่ลุ่มน้ำ

สุรินทรา แก้วละมุล และ วิเชียร ปลื้มกมล (2555) ได้ค้นคว้าวิจัยเรื่องการตรวจสอบข้อมูล DEM ของลุ่มน้ำห้วยสายบาตร โดยโปรแกรม HEC-GeoRAS DEM data verification of the Huai Sai Bat Basin by HEC-GeoRAS เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล DEM (Digital Elevation Model) ของลุ่มน้ำห้วยสายบาตร สรุปว่าข้อมูล DEM สามารถนำมาใช้ในแบบจำลอง HEC-GeoRAS เพื่อสร้างแบบจำลองความสูง และยังสามารถสร้างภาคตัดขวางลำน้ำได้จำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิม ประหยัดเวลา งบประมาณในการสำรวจอีกด้วย

สรัญพงศ์ มุสิแก้ว (2552) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขสำหรับการแสดงผลบน NASA WORLD WIND สรุปได้ว่าแบบจำลองความสูงเชิงเลข จัดเป็นสารสนเทศปริภูมิที่มีความสำคัญในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีความละเอียดของข้อมูลที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของอุปกรณ์บันทึกข้อมูล แบบจำลองความสูงเชิงเลขมีประโยชน์อย่างยิ่งในการวิเคราะห์สภาพภูมิประเทศ หรือใช้ในการประมวลผลเพื่อหาความลาดชัน ปัจจุบันซอฟต์แวร์แสดงข้อมูลแผนที่ในรูปแบบ 3 มิติ ได้ถูกพัฒนาให้มีขีดความสามารถในการนำเสนอข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายได้ เช่น Google Earth, Virtual Earth 3D และ NASA World Wind โดยเฉพาะ NASA World Wind เป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิด ที่มีความสามารถในการขยายระบบการเชื่อมต่อ กับระบบให้บริการแผนที่อื่นๆผ่านระบบอินเทอร์เน็ต จึงเป็นช่องทางที่สามารถพัฒนาการให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขผ่านเครือข่ายได้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหล

อิศเรศ กะการดี และ เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่องการหาทิศทางการไหลและขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ราบลุ่มด้วยข้อมูล DEM ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้คือ การวิเคราะห์ลักษณะลุ่มน้ำจากข้อมูล DEM ด้วยวิธีมาตรฐานมีข้อจำกัด จึงต้องอาศัยเทคนิคต่าง ๆ เพื่อกำหนดทิศทางการไหลของน้ำและขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ราบตอนล่างของลุ่มน้ำแม่กลองในเขตโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ การวิเคราะห์ลักษณะการระบายน้ำเลือกใช้วิธี D8 ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในซอฟแวร์ GIS เป็นวิธีอ้างอิง ร่วมกับเทคนิค stream burning เพื่อปรับค่าระดับข้อมูล DEM ตามแนวคลองส่งน้ำและ

คลองระบายน้ำ ซึ่งแบ่งเป็น 4 กรณี คือ (a) ใช้ข้อมูล DEM เพียงอย่างเดียว (b) ปรับลดค่าระดับตามแนวคลองระบายน้ำ (c) ปรับเพิ่มค่าระดับตามแนวคลองส่งน้ำ (d) ปรับค่าระดับตามแนวคลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำ ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ด้วยวิธี D8 เพียงอย่างเดียวทิศทางการไหลและขอบเขตลุ่มน้ำไม่สอดคล้องตามความเป็นจริง ส่วนการใช้ข้อมูลคลองส่งน้ำร่วมกับข้อมูลคลองระบายน้ำให้ผลลัพธ์สอดคล้องความเป็นจริงมากกว่าการใช้ข้อมูลคลองส่งน้ำหรือข้อมูลคลองระบายเพียงอย่างเดียว การเตรียมข้อมูลลักษณะการระบายน้ำที่สอดคล้องกับความเป็นจริงช่วยให้การจำลองสภาพทางอุทกวิทยาในพื้นที่ราบลุ่มมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาแบบจำลองปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า

ชุติพนธ์ ภักดีบุญ (2544) ได้ศึกษาแบบจำลองสำหรับแสดงความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำขนาดเล็ก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองที่มีความเหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้งานกับพื้นที่ลุ่มน้ำ กรณีศึกษาคือลุ่มน้ำแม่ตื้นตอนบนที่มีพื้นที่ประมาณ 503 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ ขั้นตอนการศึกษาได้แก่ การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การทดสอบแบบจำลอง และการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองเป็นการศึกษาแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม HEC-HMS ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของน้ำฝน-น้ำท่าโดยอาศัยฟังก์ชันของพารามิเตอร์และตัวแปรต่างๆการประมาณค่าพารามิเตอร์จากลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ จากการศึกษาแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม HEC-HMS พบว่า แบบจำลองที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลและขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำกรณีศึกษา เป็นแบบจำลองซึ่งเป็นการรวมพื้นที่เป็นหน่วยเดียว (Lump system) และใช้สถานีวัดปริมาณน้ำฝน 3 สถานีสำหรับคำนวณปริมาณฝนบนพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งแบบจำลองที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานนั้น ควรแบ่งข้อมูลเป็นฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยใช้การแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 3 ชั่วโมง และใช้กับชุดข้อมูลระยะยาว ผลจากการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองจะเหมาะสำหรับการวางแผนด้านการเกษตรในพื้นที่และพื้นที่ด้านท้ายน้ำได้ ซึ่งจะเป็นตัวช่วยสนับสนุนการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำต่อไป

บัญชา ขวัญยืน และชัยวัฒน์ ภู่วรกุลชัย (2546) ได้ศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลอง HEC-HMS และแบบจำลอง TOPเพื่อทำนายน้ำท่าในลุ่มน้ำลำภาชี ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-HMS และแบบจำลอง TOPเพื่อการทำนายน้ำท่าของลุ่มน้ำลำภาชี ซึ่งในแต่ละแบบจำลองนั้นมีพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับ วัตถุประสงค์ ความจำเป็นทางกายภาพและลักษณะการใช้งานของแบบจำลอง การวิจัยได้ทดสอบแบบจำลอง HEC-HMS และแบบจำลองTOP ในสองลักษณะการใช้งาน คือ กรณีเหตุการณ์เดี่ยวและกรณีเหตุการณ์ต่อเนื่อง ผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองพบว่า ผลลัพธ์ของกรณีเหตุการณ์เดี่ยวมีความถูกต้องสูงกว่ากรณีเหตุการณ์ต่อเนื่อง โดยค่า The Nash and Sutcliff Efficiency ของแบบจำลอง HEC-HMS มีค่า

เท่ากับ -0.104 และ -0.073 และค่าประสิทธิภาพดังกล่าวของแบบจำลอง TOP มีค่าเท่ากับ0.633 และ 0.262 สำหรับเหตุการณ์เดี่ยวและเหตุการณ์ต่อเนื่องตามลำดับ เมื่อพิจารณากราฟน้ำท่าจากการประเมินด้วยแบบจำลอง พบว่าแบบจำลอง TOP มีความเหมาะสมในการใช้งานกับลุ่มน้ำลำภาชีมากกว่าแบบจำลอง HEC-HMS โดยสามารถทำนายปริมาณและช่วงเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดได้แม่นยำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลอง TOP ให้ความ-สำคัญกับความลาดเอียงของภูมิประเทศซึ่งมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก จึงทำให้การสอบเทียบค่าพารามิเตอร์และการประเมินน้ำท่ามีความถูกต้องมากกว่า อนึ่งการนำแบบจำลองทั้งสองไปใช้นั้นควรแบ่งลุ่มน้ำออกเป็นลุ่มน้ำย่อยๆ และควรมีจำนวนสถานีอุทกวิทยาและอุตุนิยมวิทยาที่พอเพียง เพื่อทำให้การหาค่าพารามิเตอร์และการทำนายน้ำท่ามีความถูกต้องยิ่งขึ้น

จงกล จงวิไลเกษม (2546) ได้ศึกษาแบบจำลองน้ำฝน น้ำท่าด้วยข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้กล่าวไว้ว่าข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำท่าเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ จากการที่การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ามีขั้นตอนยุ่งยากและซับซ้อนจึงได้ทำการศึกษาและคิดสร้างแบบจำลองสำหรับประเมินค่าปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝน โดยนำเทคนิคและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การศึกษานี้ได้ทำการเขียนแบบจำลองด้วยโปรแกรมภาษา Visual Basicที่ทำงานบน Microsoft Excel โดยอ้างอิงหลักการใช้ค่า Curve Number ของ Soil ConservationServices มาใช้ในการประเมิน อาศัยข้อมูลลักษณะการใช้ที่ดินและประเภทของดินในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามภูมิภาคและตามลักษณะภูมิประเทศ จากการเลือกพื้นที่ศึกษาภายในลุ่มน้ำปิง ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองให้คำตอบของปริมาตรน้ำท่าเป็นที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามลักษณะของกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองค่อนข้างแตกต่างจากกราฟน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลจริง โดยที่อัตราการไหลสูงสุดของกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองจะเกิดขึ้นช้ากว่ากราฟที่ได้จากข้อมูลจริงประมาณ 1-3 วัน ขึ้นอยู่กับลักษณะความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำและปริมาณการกระจายของฝนตั้งแต่ต้นฤดูฝนจนถึงช่วงเวลาที่ประเมินค่า

4. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจำลองด้วยวิธีเซลลูลาร์ ออร์โตเมต้า

Juraj & Podhoranyi (2013) ได้ศึกษาการวิจัยเรื่อง Cellular Automata for the Flow Simulations on the Earth Surface, Optimization Computation Process เพื่อจำลองสภาพพื้นที่น้ำท่วม โดยกำหนดกริดในพื้นที่ศึกษาเป็น 4 ชั้น (layer) คือ ระดับน้ำ ทิศทางการไหล ความชัน และพื้นที่น้ำท่วม ในงานวิจัยนี้ใช้เนเบอะฮูดแบบ Moore neighborhood ผลการจำลองสอดคล้องกับสภาพพื้นที่น้ำท่วมจริง สำหรับงานวิจัยเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการจำลองน้ำท่วมโดยวิธีเซลลูลาร์ ออโตเมต้า ตัวอย่างเช่น Coulthard, Macklin & Kirkby (2002), Parsons

& Mark (2007), Barredo, & Engelen (2010) และ Ghimire, Chen, Djordjevic& Savic (2011) ผลการจำลองเมื่อเปรียบเทียบกับการเกิดน้ำท่วมจริง ๆ ปรากฏว่าได้ผลใกล้เคียงกัน

สำหรับงานวิจัยนี้การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช แบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก ประกอบด้วยแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข แบบจำลองทิศทางการไหลและขอบเขตลุ่มน้ำ แบบจำลองปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า และแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก ข้อมูลที่ใช้สำหรับแบบจำลอง เป็นข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข มาตราส่วน 1 : 4,000 จากกรมพัฒนาที่ดินซึ่งมีข้อมูลอยู่แล้ว ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดินและลักษณะของดิน ข้อมูลน้ำฝน-น้ำท่า จากสถานีตรวจวัด ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามพื้นที่ทำการศึกษา เป็นต้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยเพื่อการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. พื้นที่ศึกษา
3. วิธีการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

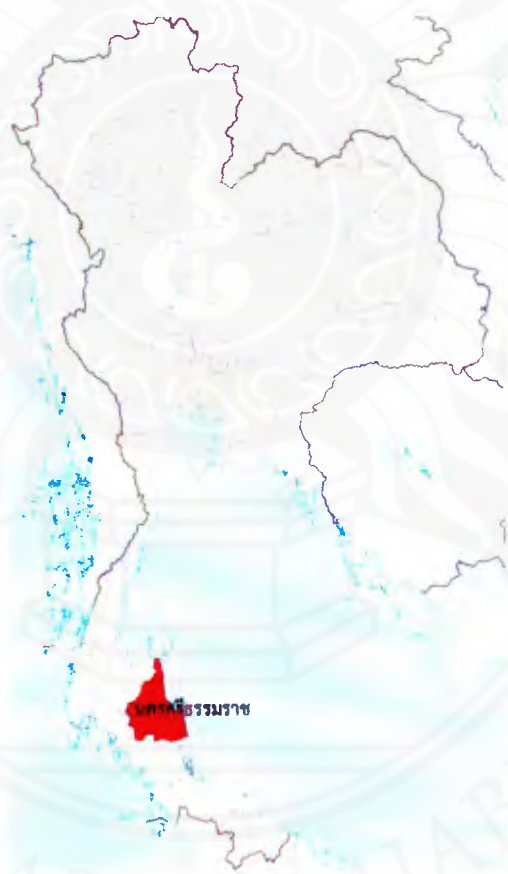
1. เครื่องพีซีคอมพิวเตอร์ Processor : Intel(R) Core (TM) i7-3930K CPU @ 3.2 GHz 3.2 GHz Installed memory (RAM) 64.0 GB
2. เครื่องพิมพ์ (Printer)
3. อุปกรณ์กำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกผ่านดาวเทียม (GPS)
4. ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร
5. ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข มาตราส่วน 1:4,000 ขนาดกริด 5 เมตร ของกรมพัฒนาที่ดิน
6. ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครศรีธรรมราช มาตราส่วน 1: 25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน
5. ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลภูมิอากาศ ของกรมอุตุนิยมวิทยา
6. ข้อมูลด้านอุทกวิทยา ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่า ระดับความสูงของน้ำ และความเร็วของน้ำ ของกรมอุทกวิทยา
7. โปรแกรม Mathematica
8. โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS)

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ที่ตั้งและขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาคือพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ และพื้นที่ราบที่น้ำท่วมถึง บริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าทนและสาขาย่อย ในเขตอำเภอท่าศาลา อำเภอสิชล และอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีคลองหลัก 2 สาย คือคลองกลาย ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขานครศรีธรรมราชในเขตอำเภอนบพิตำ ไหลสู่อ่าวไทยบริเวณอำเภอท่าศาลา และคลองท่าทน ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขานครศรีธรรมราชตอนบน ไหลสู่อ่าวไทยบริเวณอำเภอสิชล



ภาพที่ 3.1 ขอบเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช

ที่มา : (นครศรีธรรมราช, 2557)

จากภาพที่ 3.1 จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งอยู่ทางตอนกลางของภาคใต้ ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 780 กิโลเมตร มีเนื้อที่ 9,942,502 ตารางกิโลเมตร ที่ตั้งของจังหวัดนครศรีธรรมราชพิกัดภูมิศาสตร์ WGS84 8° 24′ 0″ N, 99° 58′ 12″ E หรือ Geo URI geo:8.4,99.97 หรือ UTM 47P 606791 928651 และจากภาพที่ 3.2 จังหวัดนครศรีธรรมราชติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ จังหวัดสุราษฎร์ธานีและอ่าวบ้านดอน
ทิศใต้	ติดต่อกับ อำเภอระโนดจังหวัดสงขลา อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง และอำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ อ่าวไทย เป็นชายฝั่งทะเล มีความยาวตั้งแต่ตอนเหนือของอำเภอขนอมลงไปทางใต้ของอำเภอหัวไทร ประมาณ 225 กิโลเมตร
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดกระบี่

ภาพที่ 3.2 ขอบเขตอำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช
ที่มา : (อำเภอท่าศาลา อำเภอสิชล อำเภอนบพิตำ, 2557)

จากภาพที่ 3.2 แสดงขอบเขตอำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ตั้งของอำเภอท่าศาลา พิกัดภูมิศาสตร์ WGS84 8° 40′ 0″ N, 99° 55′ 54″ E หรือ Geo URI geo: 8.666667, 99.931667 หรือ UTM 47P 602500 958126 ที่ตั้งของอำเภอนบพิตำ พิกัดภูมิศาสตร์ WGS84 8° 43′ 12″ N, 99° 45′ 6″ E หรือ Geo URI geo: 8.72, 99.751667 หรือ UTM 47P 582684 963979 และที่ตั้งของอำเภอสิชล พิกัดภูมิศาสตร์ WGS 849° 0′ 24″ N, 99° 54′ 6″ E หรือ Geo URI geo: 9.006667, 99.901667 หรือ UTM 47P 599108 995711 ในภาพที่ 3.3-.35 แสดงขอบเขตพื้นของแต่ละตำบลในพื้นที่ศึกษา

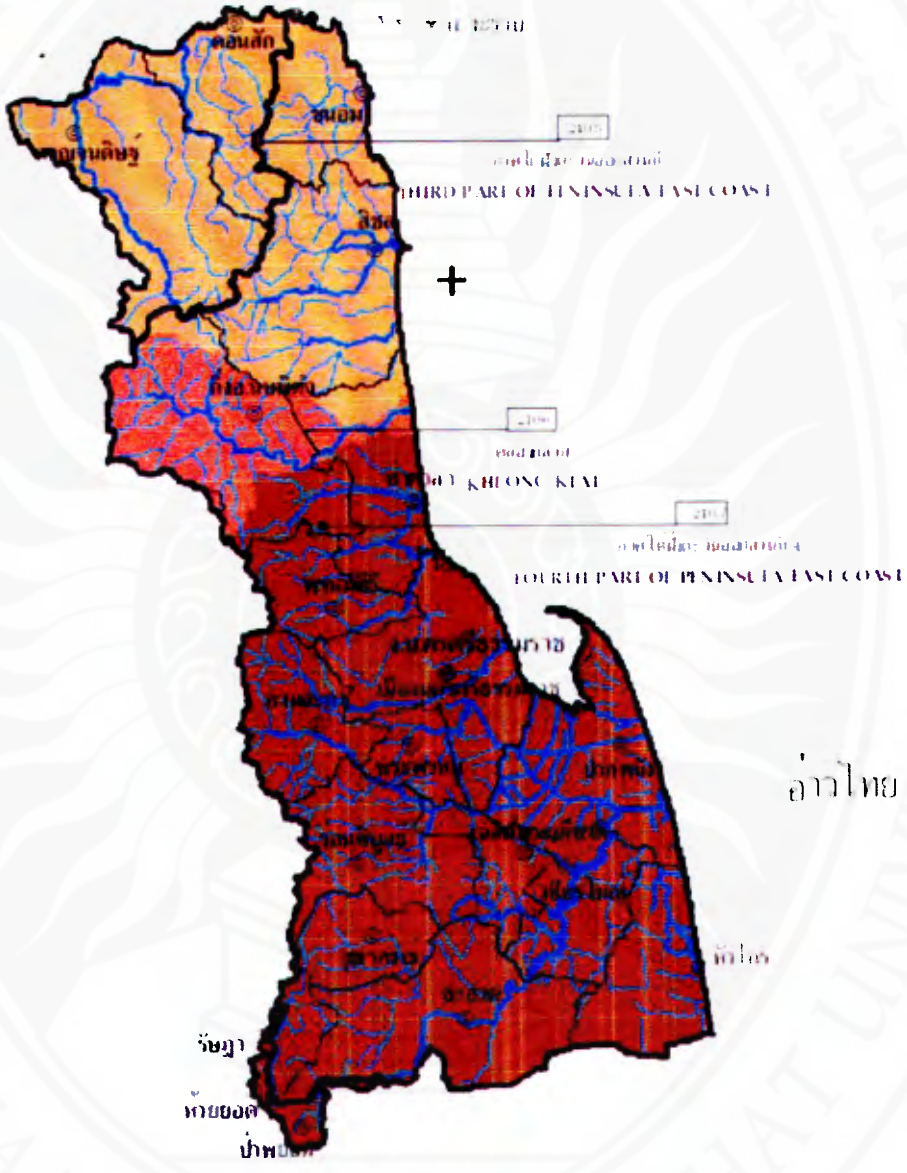
ภาพที่ 3.3 ขอบเขตตำบล อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช
ที่มา : (สำนักสำรวจ และวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2557)

ภาพที่ 3.4 ขอบเขตตำบล อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช
ที่มา : (สำนักสำรวจ และวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2557)

ภาพที่ 3.5 ขอบเขตตำบล อ.นบพิตำ จ.นครศรีธรรมราช
ที่มา : (สำนักสำรวจ และวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2557)

2. พื้นที่ลุ่มน้ำและลำน้ำสาขา

ลุ่มน้ำคลองกลายและคลองท่าทนตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออกส่วนที่ 3 แสดงดังภาพที่ 3.6

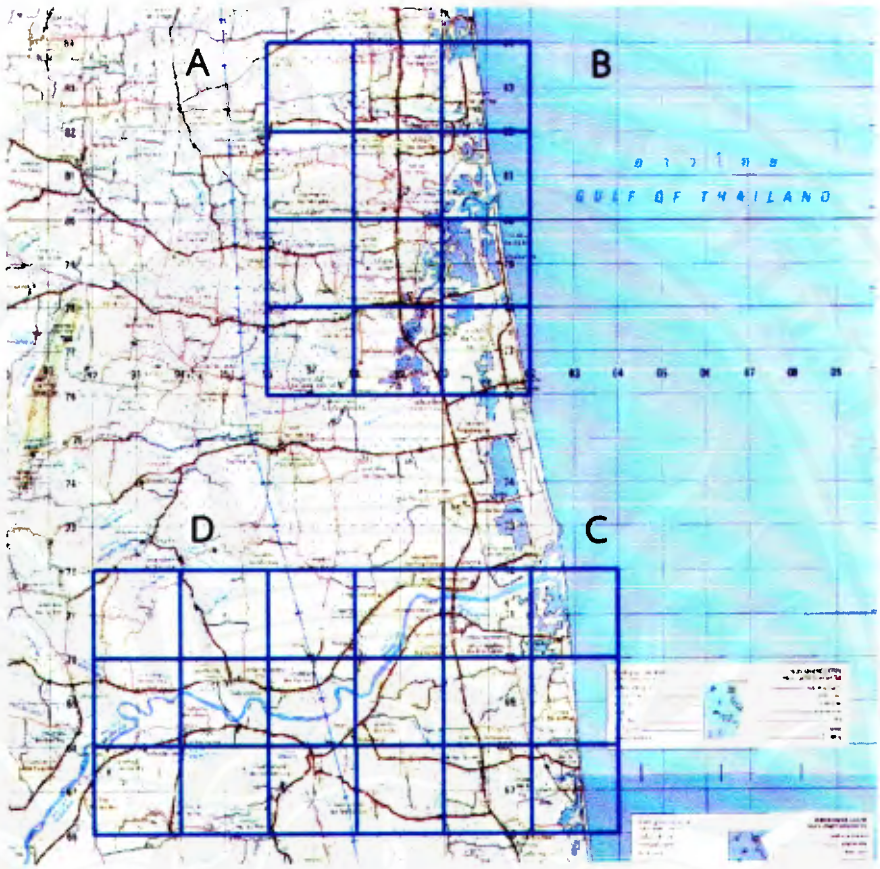


ภาพที่ 3.6 ขอบเขตตำบล อ.นบพิตำ จ.นครศรีธรรมราช
ที่มา : (สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ, 2557)

จากภาพที่ 3.6 ลุ่มน้ำคลองกลาย รหัส 2106 ในแผนที่มาตรฐานการแบ่งลุ่มน้ำหลักและลุ่มน้ำสาขาในประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 675.18 ตร.กม. ครอบคลุมพื้นที่ อ.นบพิตำ อ.พิปูน อ.สิชล อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช และบางส่วนของ อ.นาสาร จ.สุราษฎร์ธานี ลุ่มน้ำคลองกลายมีคลองกลายเป็นลำน้ำหลักที่สำคัญ โดยมีต้นน้ำมาจากเทือกเขาสูง ทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ แล้วไหลออกสู่ทะเลด้านอ่าวไทยทางทิศตะวันออกที่บ้านบางสาน อ.ท่าศาลา มีความยาวลำน้ำโดยประมาณ 70 กิโลเมตร มีลำน้ำสาขาหลายสาย ส่วนใหญ่เป็นสายสั้นๆ เช่น ห้วยนบพิตำ ห้วยจิกคลองกรุงชิง ห้วยปากเจา เป็นต้น สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำคลองกลายแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ พื้นที่ต้นน้ำ ซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขาสูงทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ของลุ่มน้ำ ส่วนใหญ่มีสภาพเป็นพื้นที่ป่า ถัดมาเป็นพื้นที่กลางน้ำซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่ราบริมฝั่งคลองกลายในตอนกลางของพื้นที่ต่อเนื่องถึงพื้นที่ราบทางตอนล่าง ซึ่งเป็นพื้นที่การเกษตรที่สำคัญ และพื้นที่ปลายน้ำ ซึ่งเป็นที่ราบชายฝั่งทะเลมีชุมชนขนาดเล็กหลายชุมชนตลอดแนวชายฝั่ง ลุ่มน้ำคลองท่าทนต้นน้ำเกิดจากเทือกเขานครศรีธรรมราชตอนบน ไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอสิชล

3. พื้นที่แบบจำลอง

พื้นที่การศึกษาที่มีข้อมูลสำหรับการเขียนโปรแกรมจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลากเพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่มในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช แสดงดังภาพที่ 3.7 ซึ่งพิกัดแบบ UTM ของพื้นที่จำลองกรอบสี่เหลี่ยม ABCD ในภาพที่ 3.7 จุด A คือ 59600 E 983800 N จุด C คือ 602000 E 974000 และพื้นที่จำลองกรอบสี่เหลี่ยม EFGH จุด E คือ 5944000 E 972000 N จุด G คือ 604000 E 968000 N



ภาพที่ 3.7 ขอบเขตพื้นที่แบบจำลอง
ที่มา : (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557)

วิธีการวิจัย

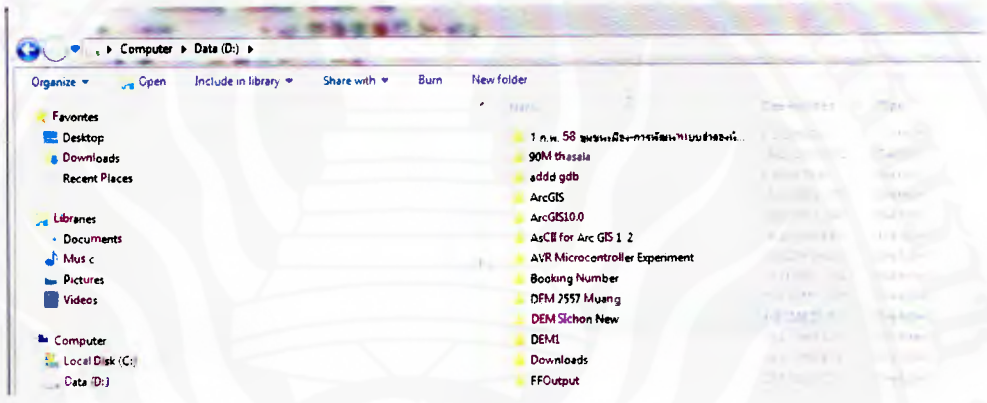
การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล มีวิธีการวิจัยดังนี้

1. ขั้นเตรียมข้อมูล DEM

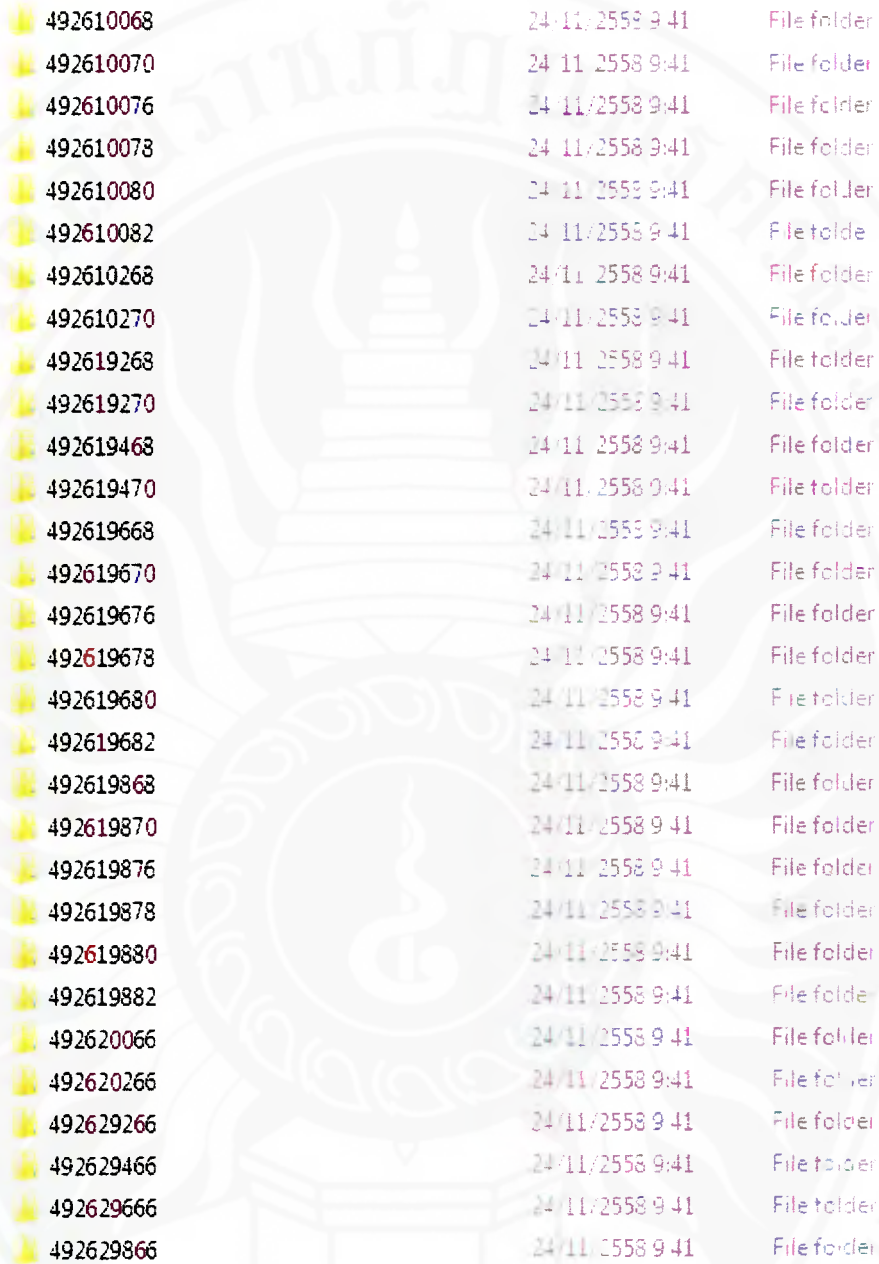
จัดซื้อข้อมูล DEM จากกรมพัฒนาที่ดินกำหนดหมายเลขระวางในเขตพื้นที่บางส่วนของสิชล และพื้นที่บางส่วนของอำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช ทีมาตาราส่วน 1 : 4,000 ขนาดระวาง 2 x 2 ตารางกิโลเมตร จำนวนทั้งหมด 30 ระวาง ซึ่งข้อมูลจัดเก็บจุดระดับเป็นแถวเป็นคอลัมน์ (Row, Column) ขนาดความละเอียดจุดภาพ 5 เมตร (pixel size) จัดเก็บในรูปแบบของ Raster (Filename.img) และขนาดของไฟล์ ประมาณ 2 MB/ระวาง

2. นำข้อมูล DEM จากแผ่น CD ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์

2.1 จัดเก็บข้อมูล DEM จากผ่าน CD ลงในคอมพิวเตอร์ Data (D) DEM SIchon New ตามภาพที่ 3.8 และโฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูล DEM จำนวนทั้งหมด 30 ระวาง แต่ละระวางมีชื่อตามภาพที่ 3.9 D:/ Data (D) DEM SIchon New > Dem Sichon-Thasala



ภาพที่ 3.8 โฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูล DEM: **DEM SIchon New**

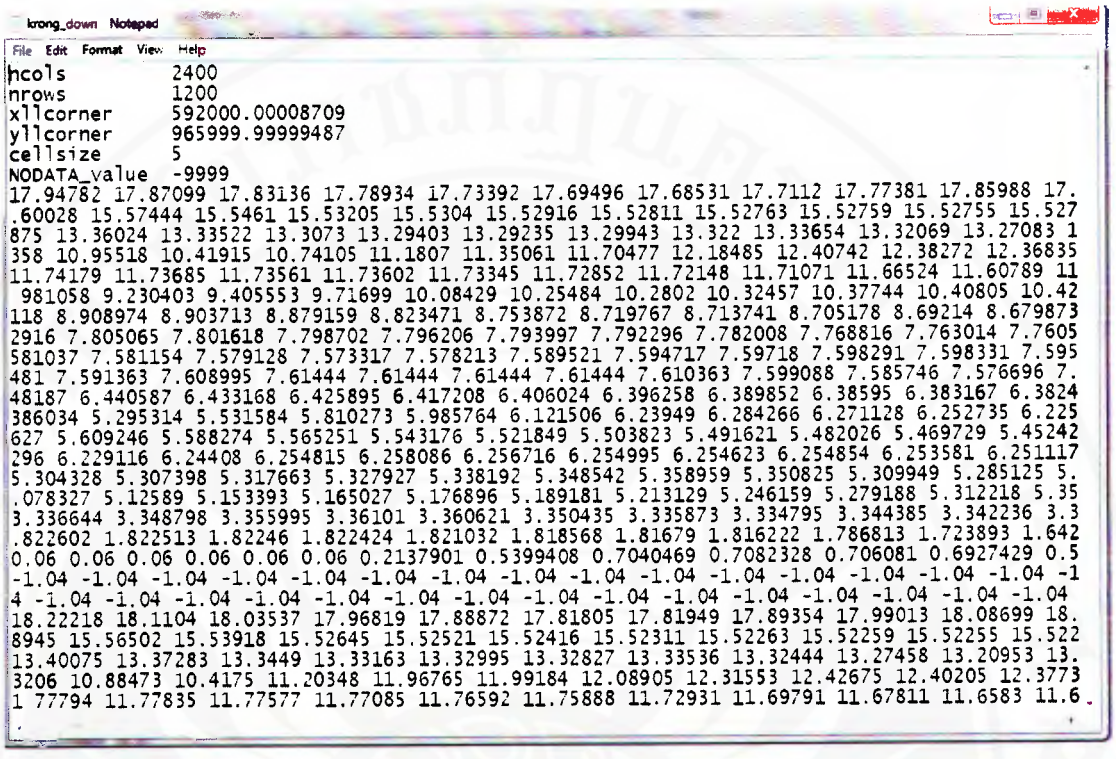


ภาพที่ 3.9 โฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูล D:/ AsCII for Arc GIS1_2 > Dem Sichon-Thasala

2.2 จัดเก็บข้อมูล DEM แสดงความสูงของพื้นที่สร้างแบบจำลอง โดยพื้นที่แบบจำลองในภาพที่ 3.7 แบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 คือข้อมูล DEM ที่แสดงระดับความสูงของพื้นที่สี่เหลี่ยม ABCD มีจำนวน 12 ระวาง เท่ากับ 12×4=48 ตารางกิโลเมตร แบ่งเป็นเซลขนาดพื้นที่ 5×5=25 ตารางเมตร จำนวน 1,200 คอลัมน์ 1,600 แถว หรือ 1,920,000 เซล แสดงในภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.10 ตัวอย่างข้อมูล DEM แสดงความสูงของพื้นที่สร้างแบบจำลองชุดที่ 1

ชุดที่ 2 คือข้อมูล DEM ที่แสดงระดับความสูงของพื้นที่สี่เหลี่ยม EFGH มีจำนวน 18 ระวาง เท่ากับ 18×4=72 ตารางกิโลเมตร จำนวน 2,400 คอลัมน์ 1,200 แถว หรือ 2,880,000 เซล แสดงในภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 ตัวอย่างข้อมูล DEM แสดงความสูงของพื้นที่สร้างแบบจำลองชุดที่ 2

3. นำข้อมูล DEM ชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2 เขียนโปรแกรมการจำลอง

นำข้อมูล DEM ที่ได้มาเขียนโปรแกรมจำลอง DEM และจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำโดยใช้ซอฟแวร์ Mathematica โดยวิธีการจำลองด้วยเซลล์ลาร์ ออร์โตเมต้า พื้นที่การจำลองกำหนดเป็นกริด (grid) รูปสี่เหลียมผืนผ้า ซึ่งแบ่งเป็นเซลย่อยกว้าง 5 เมตร ยาว 5 เมตร ใน 1 เซลมีข้อมูลบอกตำแหน่งเป็นพิกัด UTM และระดับความสูง แทนด้วยค่า (x,y,z) ข้อมูล DEM ชุดที่ 1 มีพื้นที่กริด กว้าง 15 กิโลเมตร ยาว 20 กิโลเมตร และข้อมูล DEM ชุดที่ 2 มีพื้นที่กริด กว้าง 15 กิโลเมตร ยาว 30 กิโลเมตร ซึ่งการเขียนโปรแกรมการจำลองแยกเป็น 2 พื้นที่ เนื่องจากข้อมูล DEM เป็นพื้นที่ไม่ต่อเนื่อง แต่ละพื้นที่เขียนโปรแกรมการจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำด้วยโปรแกรม Mathematica และโปรแกรม ArcGIS เพื่อเปรียบเทียบผลการจำลอง

4. จัดเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนและน้ำท่า

จัดเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าจากสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝน วิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก และสร้างแผนที่เวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลากบริเวณพื้นที่จำลองลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าทน และสาขาย่อย ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลาอำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช

5. วิเคราะห์และวางแนวทางการป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินเลื่อน

รวบรวมองค์ความรู้ที่ได้ในข้อ 1-4 เพื่อวิเคราะห์และวางแนวทางการป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินเลื่อน และการเตือนภัยให้กับประชาชนในท้องถิ่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และเสนอยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินเลื่อน ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ให้กับหน่วยงานที่รับผิดชอบต่อไป

6. สรุปผลการวิจัย นำผลงานวิจัยเผยแพร่

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. การสร้างและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองพื้นที่ระดับสูงเชิงเลข (DEM) ร่วมกับวิธีการจำลองด้วยเซลล์ลาร์ ออร์โตเมต้า

2. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝนและเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก บริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าทน และสาขาย่อย ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลาอำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช

3. การกำหนดยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินเลื่อน ในเขตพื้นที่อำเภออำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช

การสร้างและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก

ผลการสร้างและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก มีรายละเอียดดังนี้

1. สร้างและพัฒนาแบบจำลอง DEM

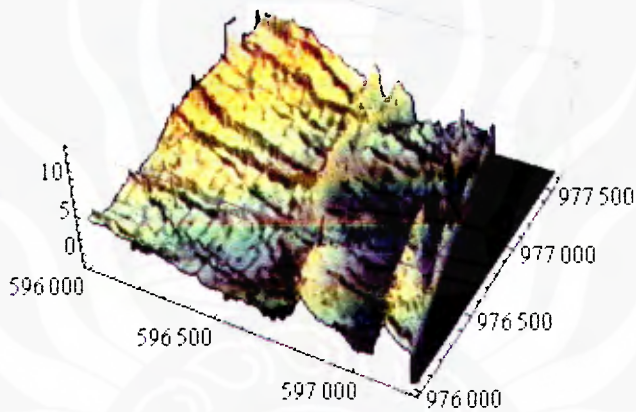
การสร้างและพัฒนาแบบจำลอง DEM ของอำเภอสิชลและอำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราชด้วย Mathematica ผู้วิจัยได้พัฒนาการเขียนโปรแกรมแบบจำลอง DEM โดยมีโปรแกรมและผลการจำลองดังนี้

1.1 โปรแกรมการจำลอง DEM และผลการจำลองพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทน

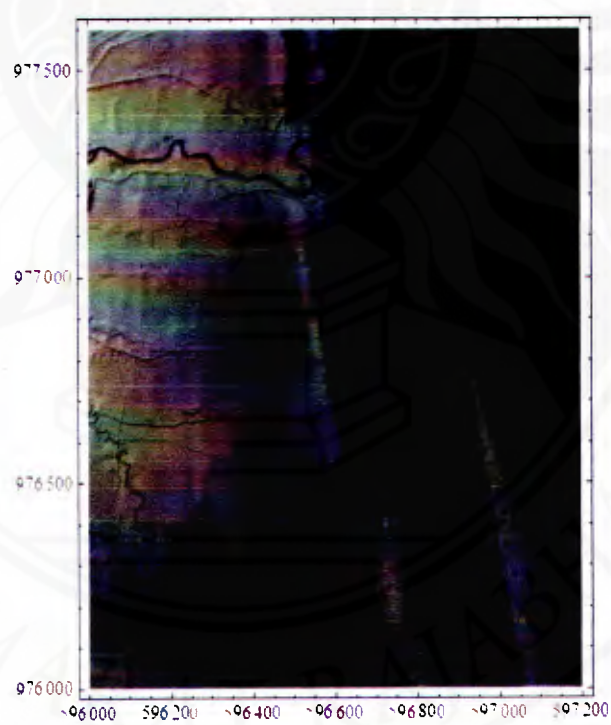
การเขียนโปรแกรมจำลอง DEM โดยการส่งข้อมูลในโฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูล D:\\AsCII for Arc GIS 1_2\\Ascll_Raster_Mosaic\\krong_top.txt เข้าโปรแกรม Mathematica แล้วจัดการข้อมูลและเขียนโปรแกรมสั่งเขียนแบบจำลองพื้นที่แบบ 3 มิติ และ 2 มิติ แสดงดังภาพที่ 4.1-4.3

```
data1 = Import["C:\\ArcGIS for Arc GIS 9.2\\ASCII_Raster_Mosaic\\krong_top.txt", "Table"];
data2 = Drop[data1, {1, 6}];
data20 = Reverse[data2];
ListPlot3D[data20, DataRange → {{596000, 597200}, {976000, 977600}},
 LabelStyle → Directive[{ Courier New", 14}], ColorFunction → "GreenBrownTerrain", Mesh → None]
ReliefPlot[data20, DataRange → {{596000, 597200}, {976000, 977600}},
 FrameTicks → True, LabelStyle → Directive[{"Courier New", 14}],
 ColorFunction → "GreenBrownTerrain"]
Dimensions[data20]
```

ภาพที่ 4.1 โปรแกรมการจำลอง DEM พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทน



ภาพที่ 4.2 ผลการจำลอง DEM แบบ 3 มิติ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทน



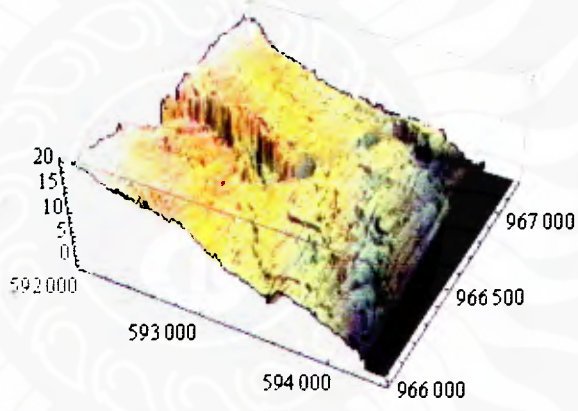
ภาพที่ 4.3 ผลการจำลอง DEM แบบ 2 มิติ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทน

1.2 โปรแกรมการจำลอง DEM และผลการจำลองพื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย

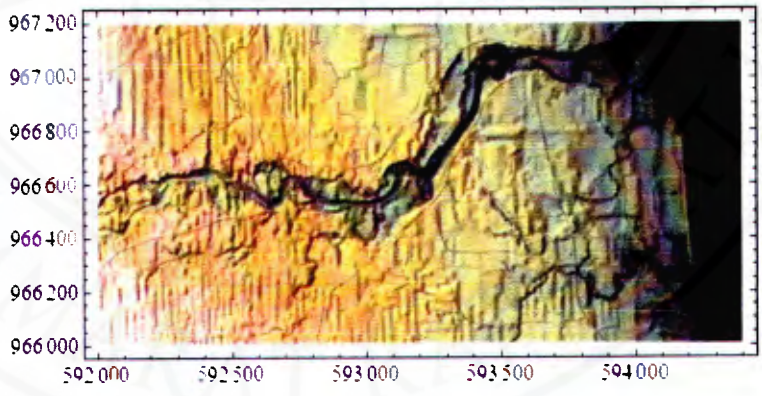
การเขียนโปรแกรมจำลอง DEM โดยการส่งข้อมูลในโฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูล D:\\AsCIIforArcGIS1_2\\Ascll_Raster_Mosaic\\krong_down.txt เข้าโปรแกรม Mathematica แล้วจัดการข้อมูลและเขียนโปรแกรมสั่งเขียนแบบจำลองพื้นที่แบบ 3 มิติ และ 2 มิติ แสดงดังภาพที่ 4.4-4.6

```
data1 = Import["D:\\AsCII for Arc GIS 1_2\\AscII_Raster_Mosaic\\krong_down.txt", "Table"];
data2 = Drop[data1, {1, 6}];
data20 = Reverse[data2];
ListPlot3D[data20, DataRange → {{592000, 594400}, {966000, 967200}},
 LabelStyle → Directive[{"Courier New", 14}],
    ColorFunction → "BrownTerrain", Mesh → None]
ReliefPlot[data20, DataRange → {{592000, 594400}, {966000, 967200}},
 FrameTicks → True, LabelStyle → Directive[{"Courier New", 14}],
 ColorFunction → "BrownTerrain"]
Dimensions[data20]
```

ภาพที่ 4.4 โปรแกรมการจำลอง DEM พื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย



ภาพที่ 4.5 ผลการจำลอง DEM แบบ 3 มิติ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย



ภาพที่ 4.6 ผลการจำลอง DEM แบบ 2 มิติ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลาย

ผลการเขียนโปรแกรมจำลอง DEM แบบ 2 มิติและ 3 มิติ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทนและพื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลายแสดงผลดังภาพที่ 4.1-4.4 ซึ่งผลการเขียนโปรแกรมจำลองภาพการจำลองเหมือนกับภาพจากแผนที่ทางภูมิศาสตร์จริงดังภาพที่ 3.7

2. สร้างและพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่จำลอง DEM

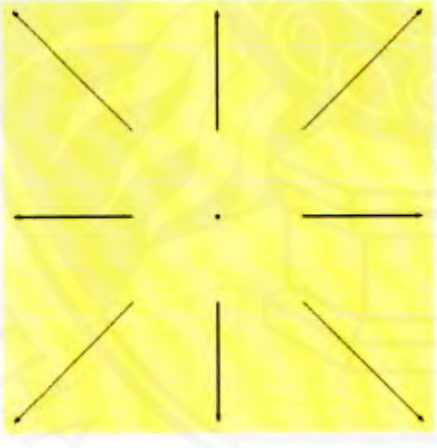
การสร้างและพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่จำลอง DEM ด้วยโปรแกรม Mathematica กำหนดทิศทางการไหลมี 8 ทิศ (D8) โดยใช้กฎของเซลลูลาร์ออโตมาต้า มีโปรแกรมและผลการจำลองดังนี้

2.1 โปรแกรมการจำลองกำหนดทิศทางการไหล

การเขียนโปรแกรมการจำลองกำหนดทิศทางการไหล เป็นการหาทิศทางการไหลของน้ำจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งในข้อมูล DEM ทิศทางการไหลจะคำนวณจากข้อมูล DEM ซึ่งทิศทางการไหลมี 8 ทิศ ตามตัวเลขรหัสทิศทาง (Direction Code) ผลการเขียนโปรแกรมกำหนดทิศทางไหลแบบเวกตอร์และแบบราสเตอร์แสดงดังภาพที่ 4.7-4.9

```
<< Graphics`PlotField`;
<< VectorFieldPlots`;
vector = {{{-1, 1}, {0, 1}, {1, 1}}, {{-1, 0}, {0, 0}, {1, 0}}, {{-1, -1}, {0, -1}, {1, -1}}};
ListVectorFieldPlot[vector, ScaleFactor → 2, Background → RGBColor[0.9, 0.9, 0.5]]
direction = {{32, 64, 128}, {16, 0, 1}, {8, 4, 2}};
Graphics[Raster[Reverse[direction], ColorFunction → (Switch[#, 32, RGBColor[0.8, 0, 1],
      64, RGBColor[1, 0.2, 0], 128, RGBColor[0.9, 1, 0], 16, RGBColor[0, 0, 1],
      1, RGBColor[0, 1, 0], 8, RGBColor[0, 0.65, 1], 4, RGBColor 0, 1, 1], 2, RGBColor 0, 0.5, 0]] &)]]
MatrixForm[direction]
vector // MatrixForm
```

ภาพที่ 4.7 โปรแกรมกำหนดทิศทางการไหล



(ก)

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

(ข)

ภาพที่ 4.8 ผลการจำลองทิศทางการไหลแบบเวกเตอร์ (ก) เวกเตอร์แสดงทิศทาง (ข) เมตริกซ์ของเวกเตอร์แสดงทิศทาง

เวกเตอร์แสดงทิศทางแสดงดังภาพ 4.8 ทิศเหนือเวกเตอร์ (0,1) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เวกเตอร์ (1,1) ทิศตะวันออก เวกเตอร์ (1,0) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ เวกเตอร์ (1,-1) ทิศใต้ เวกเตอร์ (0,-1) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ เวกเตอร์ (-1,-1) ทิศตะวันตก เวกเตอร์ (-1,0) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เวกเตอร์ (-1,1) ซึ่งทิศทางการไหลของน้ำจะขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศในทางภูมิศาสตร์

(ก)

32	64	128
16	0	1
8	4	2

(ข)

ภาพที่ 4.9 ผลการจำลองทิศทางการไหลแบบราสเตอร์ (ก) รหัสสีแสดงทิศทาง (ข) เมตริกซ์ของรหัสสีแสดงทิศทาง

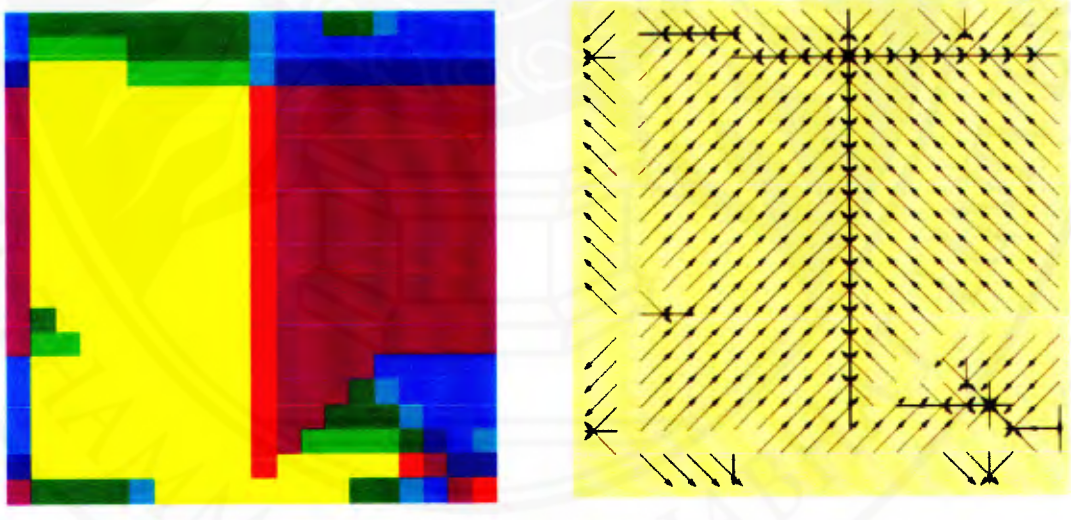
ราสเตอร์แสดงทิศทางแสดงดังภาพ 4.8 ทิศเหนือสีส้มรหัสสี 64 ทิศตะวันออกเฉียงเหนือสีเหลืองรหัสสี 128 ทิศตะวันออกสีเขียวรหัสสี 1 ทิศตะวันออกเฉียงใต้สีเขียวแก่รหัสสี 2 ทิศใต้สีฟ้ารหัสสี 4 ทิศตะวันตกเฉียงใต้สีฟ้าเข้มรหัสสี 8 ทิศตะวันตกสีน้ำเงินรหัสสี 16 และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ สีม่วงรหัสสี 32

2.2 โปรแกรมจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่จำลอง DEM โดยใช้กฎของเซลลูลาร์ออโตมาต้า

การเขียนโปรแกรมจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่จำลอง DEM โดยใช้กฎของเซลลูลาร์ออโตมาต้า เริ่มต้นต้องเลือกพื้นที่ DEM มีขนาดเล็กเพื่อทดสอบการทำงานของโปรแกรมว่าถูกต้องตามความจริงหรือไม่ โดยเลือกพื้นที่จำลองเป็นกริดสี่เหลี่ยม 20×20 เซลล์ ผลทิศทางการไหลคำนวณจากข้อมูล DEM ซึ่งทิศทางการไหลมี 8 ทิศ ตามตัวเลขรหัสทิศทาง การคำนวณทิศทางการไหลบนพื้นที่ทั้งหมดสร้างกฎเซลลูลาร์ออโตมาต้า แล้วแสดงผลการจำลองเป็นแบบเวกเตอร์และแบบราสเตอร์ แสดงดังภาพที่ 4.10-4.13

```
<< Graphics`PlotField`;
<< VectorFieldPlots`;
data1 = Import["D:\\AscII for Arc GIS 1_2\\AscII_Raster_Mosaic\\krong_top.txt", "Table"];
data2 = Drop[data1, {1, 6}];
demx = data2;
dem1 = Drop[demx, {21, 1600}, {21, 1200}];
Moore[mat_, {i_, j_}] := MapThread[mat[[#1, #2]] &, {{0, 0}, {1, 0}, {0, -1}, {-1, 0},
    {0, 1}, {1, -1}, {-1, -1}, {-1, 1}, {1, 1}}], 2];
update[c_, n_, e_, s_, w_, ne_, se_, sw_, nw_] := If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == n, 64,
  If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == e, 1, If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == s, 4,
    If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == w, 16, If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == ne, 128,
      If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == se, 2, If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == sw, 8,
        If[Max[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == nw, 32, 32]]]]]]]]
flowdirection = Moore[update, dem1];
update2[32, _, _, _, _, _, _, _, _] := {-1, 1};
update2[64, _, _, _, _, _, _, _, _] := {0, 1};
update2[128, _, _, _, _, _, _, _, _] := {1, 1};
update2[16, _, _, _, _, _, _, _, _] := {-1, 0};
update2[1, _, _, _, _, _, _, _, _] := {1, 0}
update2[2, _, _, _, _, _, _, _, _] := {1, -1};
update2[4, _, _, _, _, _, _, _, _] := {0, -1};
update2[8, _, _, _, _, _, _, _, _] := {-1, -1};
Gflowdirection = Moore[update2, flowdirection];
ListVectorFieldPlot[Gflowdirection, ScaleFactor → 2, Background → RGBColor[0.9, 0.9, 0.5]]
Graphics[Raster[Reverse[flowdirection], ColorFunction → (Switch[#, 32, RGBColor[0.8, 0, 1],
      64, RGBColor[1, 0.2, 0], 128, RGBColor[0.9, 1, 0], 16, RGBColor[0, 0, 1],
      1, RGBColor[0, 1, 0], 8, RGBColor[0, 0.65, 1], 4, RGBColor[0, 1, 1], 2, RGBColor[0, 0.5, 0]] &)]]
dem1 // MatrixForm
flowdirection // MatrixForm
Gflowdirection // MatrixForm
Dimensions[dem1]
```

ภาพที่ 4.10 โปรแกรมทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่จำลอง DEM โดยใช้กฎของเซลลูลาร์ออโตมาต้า



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.11 ผลการจำลองแสดงทิศทางการไหลของน้ำบนผิวดินเมื่อกำหนดกริดขนาด 20×20 เซลล์ (ก) รหัสสีแสดงทิศทาง (ข) เวกเตอร์แสดงทิศทาง

4.69426	4.63423	4.57375	4.51292	4.45208	4.39125	4.3915	4.40912	4.37213	4.3113
4.68259	4.62256	4.56208	4.50125	4.44042	4.37958	4.34889	4.31189	4.25106	4.19023
4.68697	4.62577	4.56318	4.50142	4.44058	4.37975	4.31892	4.25808	4.19725	4.13524
4.70581	4.64254	4.5779	4.51405	4.45228	4.39145	4.33061	4.26978	4.20777	4.14368
4.72258	4.6584	4.59376	4.52876	4.46491	4.40314	4.34231	4.2803	4.21621	4.15121
4.73844	4.67426	4.60962	4.54462	4.47962	4.41577	4.35283	4.28873	4.22374	4.15874
4.74881	4.68463	4.61999	4.55499	4.48999	4.42498	4.35998	4.29499	4.22999	4.16499
4.75383	4.68964	4.62499	4.55999	4.49499	4.42999	4.36499	4.29999	4.23499	4.16999
4.75884	4.69464	4.62999	4.56499	4.49999	4.43499	4.36999	4.30499	4.23999	4.17499
4.76384	4.69964	4.635	4.57	4.505	4.44	4.375	4.31	4.245	4.18
4.76505	4.70155	4.63816	4.57372	4.50872	4.44372	4.37872	4.31372	4.24872	4.18443
4.76326	4.70099	4.63883	4.57564	4.5112	4.4462	4.3812	4.3162	4.2519	4.18886
4.7627	4.70096	4.6388	4.5763	4.51311	4.44867	4.38367	4.31938	4.25634	4.19384
4.76267	4.70094	4.63878	4.57628	4.51378	4.45059	4.38686	4.32381	4.26131	4.19881
4.76473	4.703	4.64083	4.57833	4.51583	4.45451	4.39412	4.33256	4.27006	4.20756
4.76881	4.70708	4.64491	4.58241	4.52109	4.46185	4.40352	4.34404	4.28247	4.21997
4.77198	4.71116	4.649	4.58767	4.52843	4.4701	4.41177	4.35343	4.29395	4.23238
4.7731	4.71432	4.65426	4.59501	4.53668	4.47835	4.42001	4.36168	4.30335	4.24387
4.7731	4.71638	4.66003	4.60245	4.54411	4.48578	4.42745	4.36911	4.31078	4.25339
4.77403	4.71897	4.66426	4.60834	4.55075	4.49242	4.43409	4.37575	4.31836	4.26264

4.2899	4.29971	4.29678	4.2707	4.2323	4.20671	4.20647	4.21731	4.22814	4.23897
4.16884	4.17864	4.18845	4.18552	4.17183	4.1716	4.18243	4.19327	4.2041	4.21493
4.1122	4.12144	4.13125	4.14106	4.15144	4.16227	4.1731	4.18323	4.1928	4.20307
4.11903	4.127	4.13625	4.14605	4.15643	4.16727	4.17739	4.18627	4.19461	4.20363
4.12656	4.13384	4.14181	4.15105	4.16143	4.17156	4.18044	4.18877	4.1971	4.20544
4.13409	4.14137	4.14864	4.15662	4.16572	4.1746	4.18293	4.19127	4.1996	4.20793
4.14057	4.14803	4.1553	4.16258	4.17045	4.17878	4.18711	4.19568	4.20444	4.21296
4.14579	4.15366	4.16112	4.16839	4.17626	4.18459	4.19316	4.20215	4.21131	4.22025
4.1508	4.15888	4.16675	4.1742	4.18207	4.19064	4.19963	4.20879	4.21796	4.22713
4.1558	4.16389	4.17197	4.17984	4.18812	4.1971	4.20627	4.21544	4.22461	4.23377
4.16172	4.17055	4.17863	4.18672	4.19541	4.20457	4.21374	4.22385	4.2347	4.24462
4.16761	4.17808	4.1869	4.19499	4.20367	4.21284	4.22295	4.23472	4.24722	4.25881
4.17258	4.18396	4.19443	4.20325	4.21194	4.22205	4.23383	4.24633	4.25883	4.27133
4.17756	4.18894	4.20031	4.21079	4.22115	4.23293	4.24543	4.25793	4.27043	4.28293
4.1863	4.19768	4.20906	4.21651	4.22141	4.23074	4.24324	4.25574	4.26824	4.28074
4.19872	4.2101	4.21755	4.21808	4.21605	4.21828	4.22761	4.24011	4.25261	4.26511
4.21113	4.21859	4.21912	4.21662	4.21459	4.21293	4.21516	4.22449	4.23699	4.24548
4.21962	4.22015	4.21766	4.21517	4.21314	4.21147	4.2098	4.21204	4.21736	4.21878
4.22639	4.22344	4.22095	4.21845	4.21642	4.21475	4.21309	4.21143	4.21171	4.21158
4.2358	4.2318	4.22885	4.22636	4.22432	4.22266	4.221	4.21935	4.22152	4.22483

ภาพที่ 4.12 ข้อมูล DEM บนพื้นผิวจำลอง DEM ขนาดกริด 20×20 เซลล์

8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	8	8	2	2	4	8	8	8	8
8	1	1	1	1	2	2	2	2	2	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8
16	128	128	128	128	1	1	1	1	1	4	16	16	16	16	16	16	16	16	16
32	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	32	32	32	32	32	32	32
32	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	32	32	32	32	32	32	32
32	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	32	32	32	32	32	32	32
32	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	32	32	32	32	32	32	32
32	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	32	32	32	32	32	32	32
32	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	32	32	32	32	32	32	32
32	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	32	32	32	32	32	32	32
32	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	32	32	32	32	32	32	32
32	2	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	32	32	32	32	32	32	32
32	1	1	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	32	32	32	32	32	32	32
8	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	32	32	8	8	8	8	8
8	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	32	2	4	8	8	8	8
8	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	32	2	2	2	4	8	8	8
8	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	32	1	1	1	1	2	16	8	4
16	128	128	128	128	128	128	128	128	128	64	128	128	128	128	128	64	32	16	16
32	2	2	2	2	4	128	128	128	128	128	128	128	128	2	2	4	8	32	64

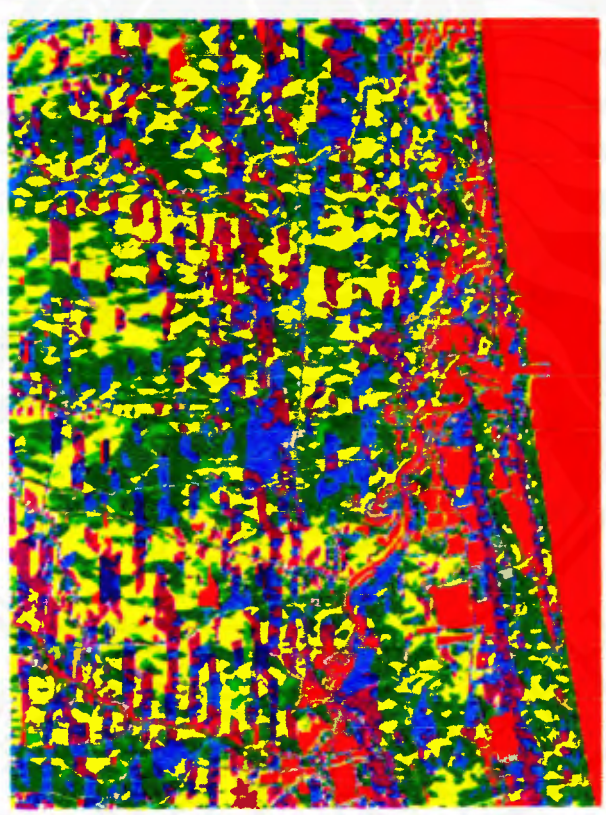
ภาพที่ 4.13 ตัวเลขแทนรหัสทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิว DEM ขนาดกริด 20×20 เซลล์

2.2 โปรแกรมการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิว DEM ลุ่มน้ำคลองท่าทน

การเขียนโปรแกรมจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่จำลอง DEM ของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทน พื้นที่จำลองเป็นกริดสี่เหลี่ยมขนาด 48 ตารางกิโลเมตร แบ่งเป็นเซลขนาดพื้นที่เซลละ 25 ตารางเมตร จำนวน 1600×1200 เซลล์ ทิศทางการไหลคำนวณจากข้อมูล DEM ซึ่งทิศทางการไหลมี 8 ทิศ การคำนวณทิศทางการไหลบนพื้นที่ทั้งหมดสร้างกฎเซลลูลาร์ออโตมาต้า แล้วแสดงผลการจำลองเป็นแบบราสเตอร์ แสดงดังภาพที่ 4.9-4.8

```
data1 = Import[ "C:\\Arc GIS 9.3\\Ascii for Arc GIS 9.3\\Ascii_Raster_DEM\\klongtha_dem.txt", "Table"];
data2 = Drop[data1, {1, 6}];
dem1 = Reverse[data2];
Moore[lon_, lat_] := MapThread[ lon , Map[RotateRight[lat, #] &  {{0, 0}, {1, 0}, {0, -1}, {-1, 0},
      {0, 1}, {1, -1}, {-1, -1}, {1, 1}}]], 2];
update[x_, n_, e_, s_, w_, ne_, se_, sw_, nw_] := If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == n, 64,
  If[Min[ e, s, w, ne, se, sw, nw] == e, 1, If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == s, 4,
    If[Min[ n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == w, 16, If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == ne, 128,
      If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == se, 2, If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == sw, 8,
        If[Max[ n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == nw, 32, 32]]]]]]]]
flowdirection = Moore[update, dem1];
Graphics[Raster[flowdirection, ColorFunction → (Switch[#, 32, RGBColor[0 8, 0, 1],
      64, RGBColor[1  0.2  0], 128, RGBColor[0 9, 1, 0], 16  RGBColor[0, 0, 1],
      1, RGBColor[0, 1, 0], 8, RGBColor[0, 0.65, 1], 4, RGBColor[0, 1, 1], 2, RGBColor[0, 0.5, 0]] &)]]
Dimensions[dem1]
```

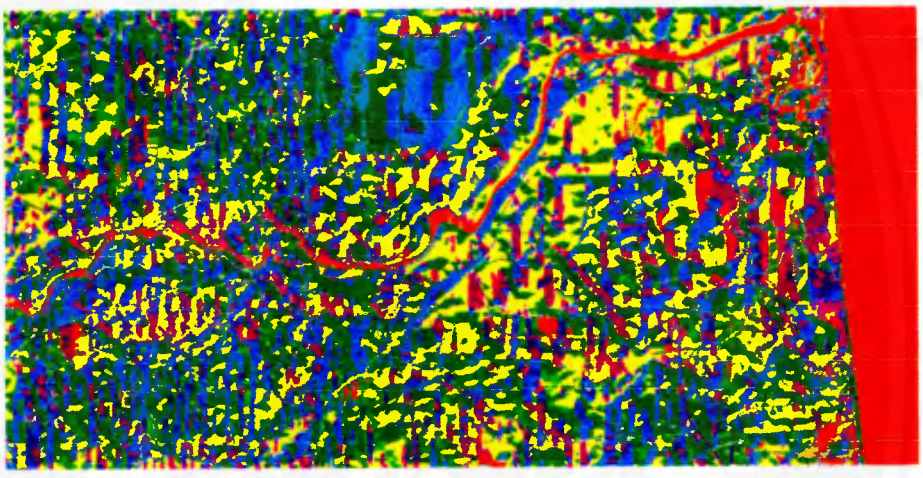
ภาพที่ 4.14 โปรแกรมการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิว DEM ลุ่มน้ำคลองท่าทน



ภาพที่ 4.15 ผลการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิว DEM ลุ่มน้ำคลองท่าทน

```
data1 = Import["D:\\ArcII for Arc GIS 1_2\\ASCII_Raster_Mosaic\\krong_down.txt", "Table"];
data2 = Drop[data1, {1, 6}];
dem1 = Reverse[data2];
Moore[func_, lst_] := MapThread[func, Map[RotateRight[lst, #] &, {{0, 0}, {1, 0}, {0, -1}, {-1, 0},
    {0, 1}, {1, -1}, {-1, -1}, {-1, 1}, {1, 1}}], 2];
update[ _, n_, e_, s_, w_, ne_, se_, sw_, nw_] := If[Min[ , n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == n, 64,
  If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == e, 1, If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == s, 4,
    If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == w, 16, If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == ne, 128,
      If[Min[ , e, s, w, ne, se, sw, nw] == se, 2, If[Min[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == sw, 8,
        If[Max[n, e, s, w, ne, se, sw, nw] == nw, 32, 32]]]]]]]]
flowdirection = Moore[update, dem1];
Graphics[Raster[flowdirection, ColorFunction → (Switch[#, 32, RGBColor[0 8, 0, 1],
      64, RGBColor[1, 0.2, 0], 128, RGBColor[0 9, 1, 0], 16, RGBColor[0, 0, 1],
      1, RGBColor[0, 1, 0], 8, RGBColor[0, 0.65, 1], 4, RGBColor[0, 1, 1], 2, RGBColor[0, 0.5, 0]] &)]]
Dimensions[dem1]
```

ภาพที่ 4.16 โปรแกรมการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิว DEM ลุ่มน้ำคลองกลาย



ภาพที่ 4.17 ผลการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิว DEM ลุ่มน้ำคลองกลาย

ผลการเขียนโปรแกรมจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิว DEM พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทนและลุ่มน้ำคลองกลาย DEM แบบ 2 มิติ แสดงผลดังภาพที่ 4.14-4.174 ซึ่งผลการเขียนโปรแกรมจำลองทิศทางการไหลได้ภาพการจำลองทิศทางการไหลได้แนวลำคลองสอดคล้องกับความเป็นจริงเมื่อเปรียบเทียบกับภาพจากแผนที่ทางภูมิศาสตร์ดังภาพที่ 3.7

สร้างและพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ที่แสดงความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทนและคลองกลาย

การสร้างพัฒนาแบบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ที่แสดงความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่าพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทนและคลองกลาย อำเภอสิชล และอำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช ศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า ปี พ.ศ. 2554 ของสถานีอุทกวิทยา-อุตุนิยมวิทยา ในจังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ สถานี 210501 คลองท่าทน บ้านเผียน ต.เทพราช อ.สิชล พิกัด UTM 583545 N 980303 E สถานี 210508 สถานีอนามัยบ้านเขาใหญ่ ต.เขาน้อย อ.สิชล สถานี 210602 คลองกลายบ้านทุ่งใน อ.นบพิตำ พิกัด UTM 579186 N 965370 E สถานี 210603 คลองกลาย บ้านเผียน สถานี 210604 สถานีอนามัยบ้านนบ ตำบลกรุงชิง อ. นบพิตำ สถานี 210703 อุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช ต.ปากพูน อ.เมือง สถานี x.149 คลองกลาย บ้านหัวนา อ.นบพิตำ พิกัด UTM 582234 N 965007 E และสถานีวัดน้ำท่าลุ่มน้ำคลองบ้านตาล ตำบลท่างิ้ว อ.เมือง

1. ข้อมูลน้ำฝน

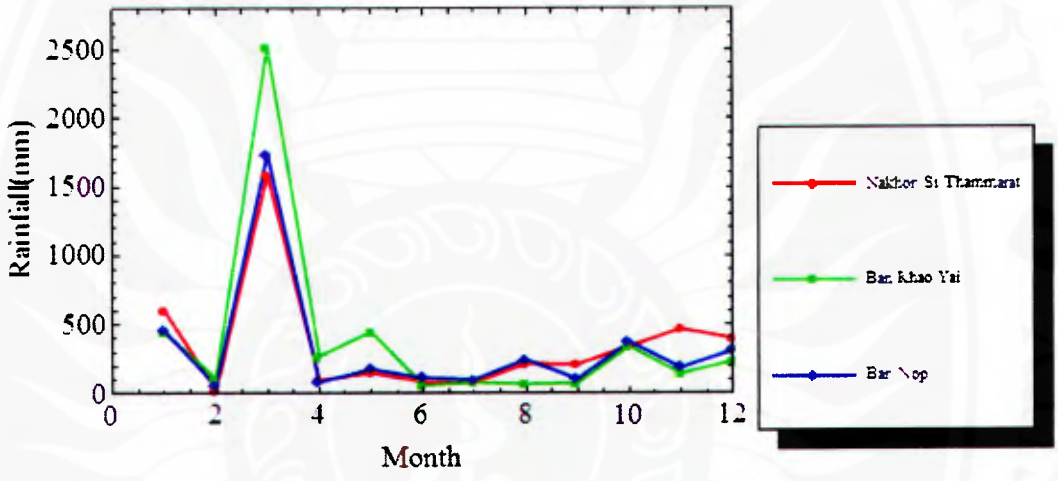
ข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2554 ของสถานีวัดต่าง ๆ ในที่เกี่ยวข้องกับการเกิดน้ำท่วมในเขตพื้นที่ศึกษา แสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 และภาพที่ 4.18-4.19

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน ปี พ.ศ. 2554

เดือน	อุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช อ.เมือง รหัสสถานี 210703	สถานีอนามัยบ้านเขาใหญ่ อ.สิชล รหัสสถานี 210508	สถานีอนามัยบ้านนบ อ. นบพิตำ รหัสสถานี 210604
มกราคม	603	443	457
กุมภาพันธ์	26.5	114	57.2
มีนาคม	1592	2521	1735
เมษายน	97.7	272	83
พฤษภาคม	152	449	178
มิถุนายน	85.7	62	115
กรกฎาคม	82	81	102
สิงหาคม	217	69.1	246
กันยายน	213	76	106
ตุลาคม	342	340	373
พฤศจิกายน	468	144	188
ธันวาคม	399.6	233	310

```
Needs["PlotLegend  "]
rain1 = {603, 26.5, 1592, 97.7, 152, 85.7, 82, 217, 213, 342, 468, 399.6};
rain2 = {443, 114, 2521, 272, 449, 62, 81, 69.1, 76, 340, 144, 233};
rain3 = {457, 57.2, 1735, 83, 178, 115, 102, 246, 106, 373, 188, 310};
ListPlot[{rain1, rain2, rain3}, Frame → True, PlotLegend → {"Nakhon Si Thammarat",
   "Ban Khao Yai", "Ban Nop"},
 Joined → {True, True, True},
 PlotMarkers → Automatic, PlotRange → {{0, 12}, {0, 2800}}, LegendPosition → {1, -0.5},
 FrameLabel → {"Month", "Rain fall(mm)", "", ""},
 PlotStyle -> {{Red, Thick}, {Green, Thick}, {Blue, Thick}},
 LabelStyle → Directive[{"Arial", 18}]]
```

ภาพที่ 4.18 โปรแกรมแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน สถานี 210703 อุตุนิยมวิทยา นครศรีธรรมราช อ.เมือง สถานี 210508 อนามัยบ้านเขาใหญ่ อ สิชล และสถานี 210604 อนามัยบ้านนบ อ. นบพิตำ ปี พ.ศ. 2554



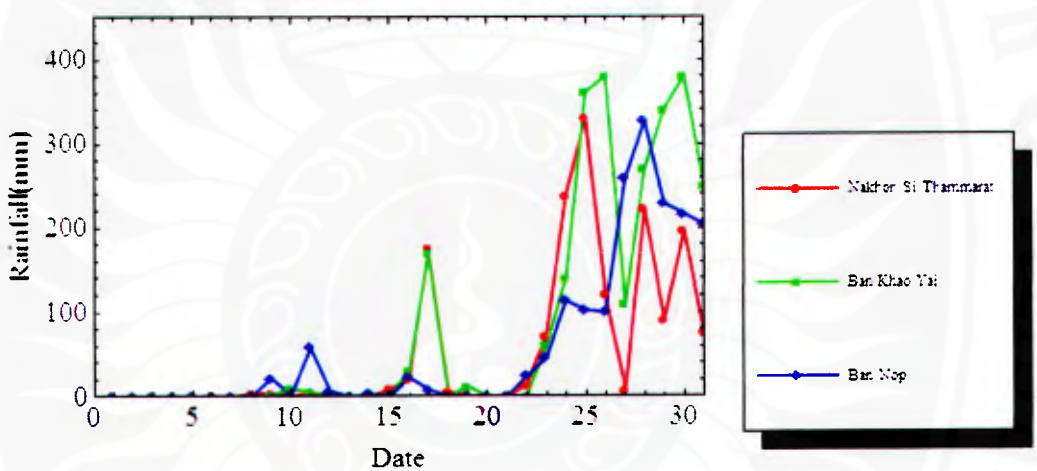
ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน ปี พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554

วันที่	ปริมาน้ำฝน ปี พ.ศ. 2554 (มิลลิเมตร)		
	สถานี 210703 อุตุนิยมวิทยา นครศรีธรรมราช อ.เมือง	สถานี 210508 อนามัยบ้านเขาใหญ่ อ.สิชล	สถานี210604 อนามัยบ้านนบ อ. นบพิตำ
1			
2			
3			
4			
5	0.2		
6	1.1		
7	0.1		
8	3.6		
9	4.2	2	21.7
10		9	1.7
11	5.6	6	57.6
12	0.7		6.6
13			
14			3
15	8.6	2	
16	20.3	30	22.2
17	175	170	8
18	6		
19	0.2	12	
20			
21			
22	14.1		23.7
23	71.6	60	44.8
24	238	140	113
25	330	360	102
26	120	380	100
27	7.8	110	258
28	222	270	326
29	90.5	340	228
30	197	380	216
31	74.6	250	203

```
Needs["PlotLegends`"]
rain1 = {0, 0, 0, 0, 0.2, 1.1, 0.1, 3.6, 4.2, 0, 5.6, 0.7, 0, 0, 8.6, 20.3,
   175, 6, 0.2, 0, 0, 14.1, 71.6, 238, 330, 120, 7.8, 222, 90.5, 197, 74.6};
rain2 = {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 9, 6, 0, 0, 0, 2, 30, 170, 0, 12, 0, 0, 0,
   60, 140, 360, 380, 110, 270, 340, 380, 250};
rain3 = {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 21.7, 1.7, 57.6, 6.6, 0, 3, 0, 22.2, 8, 0, 0,
   0, 0, 23.7, 44.8, 113, 102, 100, 258, 326, 228, 216, 203};
ListPlot[{rain1, rain2, rain3}, PlotLegend → {"Nakhon Si Thammarat",
   "Ban Khao Yai", "Ban Nop"}, Frame → True,
 LegendPosition → {1, -0.5}, Joined → {True, True, True},
 PlotMarkers → Automatic, PlotRange → {{0, 31}, {0, 450}},
 FrameLabel → {"Month", "Rain fall(mm)", "", ""}, LegendPosition → {1, -0.5},
 PlotStyle -> {{Red, Thick}, {Green, Thick}, {Blue, Thick}},
 LabelStyle → Directive[{"Arial", 18}]]
```

ภาพที่ 4.20 โปรแกรมแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน สถานี 210703 อุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช อ.เมือง สถานี 210508 อนามัยบ้านเขาใหญ่ อ.สิชล และสถานี 210604 อนามัยบ้านนบ อ. นบพิตำ เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554



ภาพที่ 4.21 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน สถานี 210703 อุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช อ.เมือง สถานี 210508 อนามัยบ้านเขาใหญ่ อ.สิชล และสถานี 210604 อนามัยบ้านนบ อ. นบพิตำ เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554

2. ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

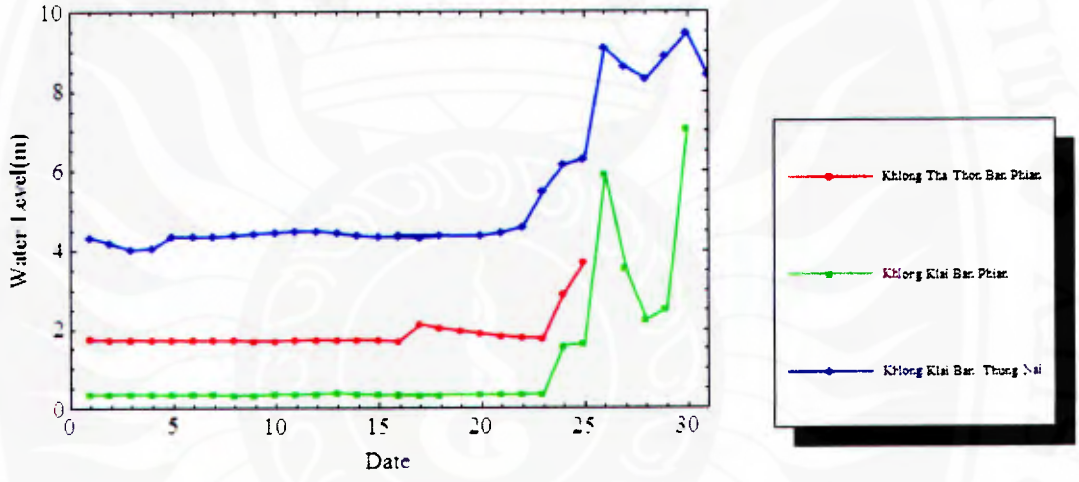
ข้อมูลปริมาณน้ำท่าปี พ.ศ. 2554 ของสถานีวัดต่าง ๆ ในที่เกี่ยวข้องกับการเกิดน้ำท่วมในเขตพื้นที่ศึกษา แสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 และภาพที่ 4.22-4.28

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลระดับน้ำในคลอง เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554

วันที่	ระดับน้ำในคลอง ปี พ.ศ. 2554 (เมตร)		
	สถานี 210501 คลองท่าทน บ้านเผียน อ.สิชล	สถานี 210603 คลองกลาย บ้านเผียน อ.นบพิตำ	สถานี 210602 คลองกลาย บ้านทุ่งใน อ.นบพิตำ
1	1.75	0.35	4.33
2	1.74	0.36	4.17
3	1.74	0.36	4.02
4	1.73	0.35	4.06
5	1.73	0.34	4.36
6	1.72	0.34	4.34
7	1.72	0.34	4.35
8	1.72	0.33	4.38
9	1.71	0.33	4.43
10	1.71	0.35	4.46
11	1.73	0.35	4.49
12	1.74	0.37	4.5
13	1.73	0.39	4.44
14	1.74	0.36	4.38
15	1.72	0.34	4.35
16	1.71	0.33	4.35
17	2.12	0.33	4.33
18	2.03	0.33	4.37
19	1.96	0.34	4.39
20	1.89	0.34	4.38
21	1.83	0.34	4.46
22	1.79	0.35	4.6
23	1.78	0.36	5.5
24	2.9	1.58	6.16
25	3.7	1.63	6.31
26		5.92	9.08
27		3.54	8.6
28		2.23	8.31
29		2.5	8.88
30		7.08	9.44
31			8.4

```
runoff1 = Import["D:\\Data Matematica\\runoff1.xlsx", "Data"];
runoff2 = Import["D:\\Data Matematica\\runoff2.xlsx", "Data"];
runoff3 = Import["D:\\Data Matematica\\runoff3.xlsx", "Data"];
ListPlot[{runoff1[[1]], runoff2[[1]], runoff3[[1]]},
 PlotLegend → {"Khlong Tha Thon Ban Phian",
   "Khlong Klai Ban Phian", "Khlong Klai Ban Thung Nai"}, Frame → True,
 LegendPosition → {1, -0.5}, Joined → {True, True, True},
 PlotMarkers → Automatic, PlotRange → {{0, 31}, {0, 10}},
 FrameLabel → {"Date", "Water Level(m)", "", ""} LegendPosition → {1, -0.5},
 PlotStyle -> {{Red, Thick}, {Green, Thick}, {Blue, Thick}},
 LabelStyle → Directive[{"Arial", 18}]]
```

ภาพที่ 4.22 โปรแกรมแสดงข้อมูลระดับน้ำในคลอง สถานี 210501 คลองท่าทนที่บ้านเผียน อ.สิชล สถานี 210603 คลองกลายที่บ้านเผียน อ.นบพิตำ สถานี 210602 คลองกลายที่บ้านทุ่งใน อ.นบพิตำ เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554



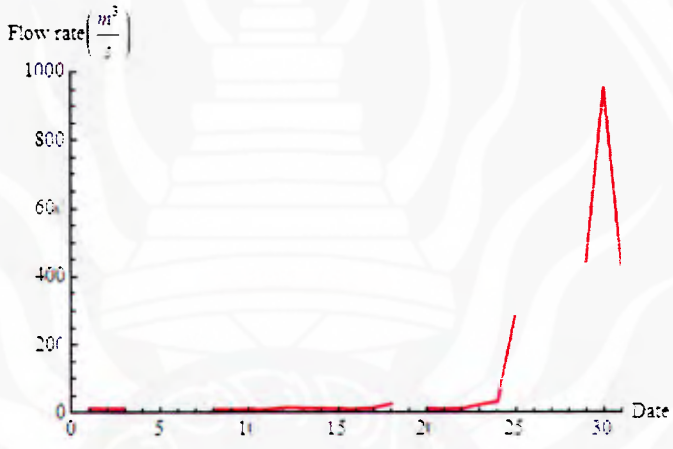
ภาพที่ 4.23 กราฟแสดงข้อมูลระดับน้ำในคลอง สถานี 210501 คลองท่าทนที่บ้านเผียน อ.สิชล สถานี 210603 คลองกลายที่บ้านเผียน อ.นบพิตำ สถานี 210602 คลองกลายที่บ้านทุ่งใน อ.นบพิตำ เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4.4 อัตราการไหลของน้ำ สถานี x.149 คลองกลายที่บ้านหัวนา อ.นบพิตำ

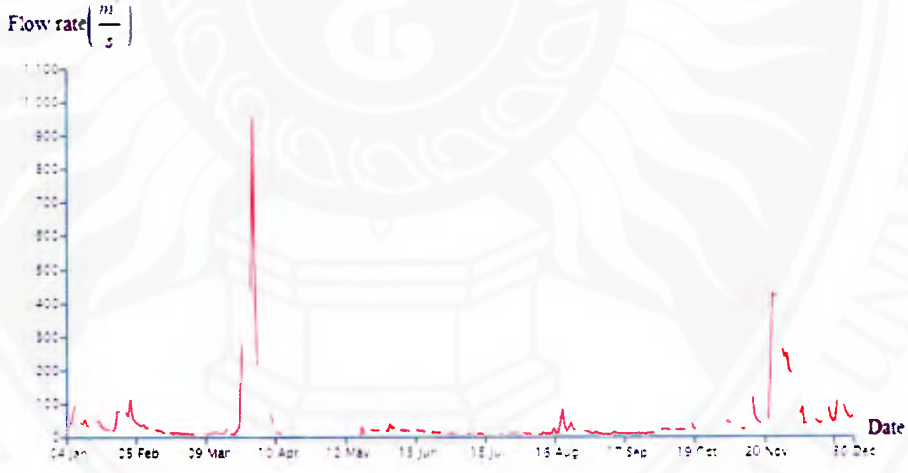
วันที่	อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)
1	12.2
2	11.7
3	11.7
4	
5	
6	
7	
8	9.9
9	9.9
10	11.3
11	9.9
12	15.8
13	14.9
14	13.5
15	12.2
16	11.3
17	14.4
18	26.3
19	
20	12.2
21	11.3
22	12.6
23	23.5
24	32.3
25	281.6
26	
27	
28	
29	440.0
30	954
31	412

```
runoff4 = Import["D:\\Data Matematica\\runoff4.xlsx", "Data"];
ListPlot[runoff4[[1]], PlotRange → {{0, 31}, {0, 1000}},
 Joined → True, PlotStyle -> {Red, Thick},
 LabelStyle → Directive[{"Arial", 14}], AxesLabel → {Date, Flow rate [m³ / s]}]
```

ภาพที่ 4.24 โปรแกรมแสดงอัตราการไหลของน้ำ อัตราการไหลของน้ำ สถานี x.149 คลองกลายที่บ้านหัวนา อ.นบพิตำ



ภาพที่ 4.25 กราฟแสดงอัตราการไหลของน้ำอัตราการไหลของน้ำ สถานี x.149 คลองกลายที่บ้านหัวนา อ.นบพิตำ เดือนมีนาคม พ.ศ.2554



ภาพที่ 4.26 กราฟแสดงอัตราการไหลของน้ำ สถานี x.149 คลองกลายที่บ้านหัวนา อ.นบพิตำ พ.ศ.2554

ที่มา: คลังข้อมูลสภาพน้ำ

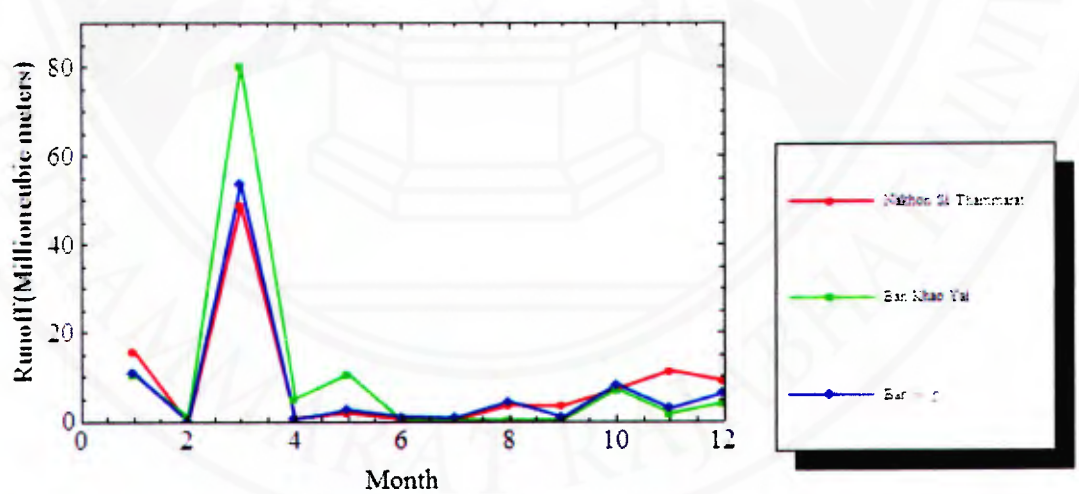
http://www.thaiwater.net/DATA/REPORT/php/itc_zcgraph.php?id1=120,

3. แบบจำลองปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝน ที่แสดงความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทนและคลองกลาย

แบบจำลองปริมาณน้ำท่าที่คำนวณจากปริมาณน้ำฝนด้วยวิธี U.S SCS (SCS method) สถานีวัดน้ำฝนสถานีอนามัยบ้านนบ หมู่ที่ 1 ตำบลกรุงชิง อ. นบพิตำ สถานี 210703 อุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช ต.ปากพูน อ.เมือง และสถานี 210508 อนามัยบ้านเขาใหญ่ อ.สิชล แสดงในภาพที่ 4.27 และ 4.28

```
Needs["PlotLegends`"]
rain1 = {603, 26.5, 1592, 97.7, 152, 85.7, 82, 217, 213, 342, 468, 399.6};
rain2 = {443, 114, 2521, 272, 449, 62, 81, 69.1, 76, 340, 144, 233};
rain3 = {457, 57.2, 1735, 83, 178, 115, 102, 246, 106, 373, 188, 310};
CN = 65
S = (25400/CN) - 254;
A = 34000;
Q1 = ((rain1 - 0.2*S)^2/(rain1 + 0.8 S));
Runff1 = (Q1*A/1000000);
Q2 = ((rain2 - 0.2*S)^2/(rain2 - 0.8 S));
Runff2 = (Q2*A/1000000);
Q3 = ((rain3 - 0.2*S)^2/(rain3 - 0.8 S));
Runff3 = (Q3*A/1000000);
ListPlot[{Runff1, Runff2, Runff3}, Frame -> True, PlotLegend -> {"Nakhon Si Thammarat",
  "Ban Khao Yai", "Ban Nop"},
 Joined -> {True, True, True},
 PlotMarkers -> Automatic, PlotRange -> {{0, 12}, {0, 90}}, LegendPosition -> {1, -0.5},
 FrameLabel -> {"Month", "Rainfall(Million cubic meters)", "", ""},
 PlotStyle -> {{Red, Thick}, {Green, Thick}, {Blue, Thick}},
 LabelStyle -> Directive[{"Arial", 18}]]
```

ภาพที่ 4.27 โปรแกรมแสดงแบบจำลองปริมาณน้ำท่าที่คำนวณจากปริมาณน้ำฝนด้วยวิธี U.S SCS



ภาพที่ 4.28 กราฟแสดงปริมาณน้ำท่าที่คำนวณจากปริมาณน้ำฝนด้วยวิธี U.S SCS

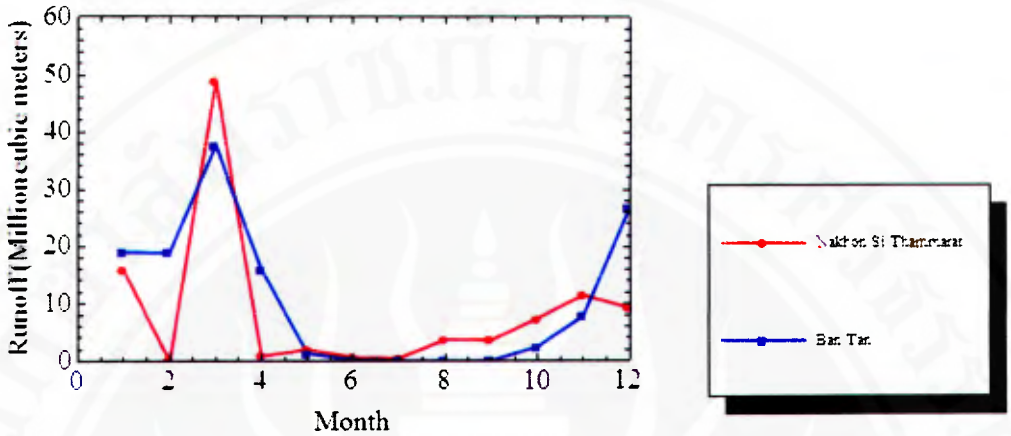
จากภาพที่ 14.28 ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณด้วยวิธี U.S SCS มีค่าตามปริมาณฝนตกจริงในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 มีค่าสูงสุด แต่ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจริงจากการวัดไม่มีให้เปรียบเทียบ เนื่องจากไม่มีข้อมูลจากสถานีวัดที่ทำการศึกษา ดังนั้นเพื่อทดสอบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณด้วยวิธี U.S SCS กับที่วัดจากสถานีจริงจึงเลือก สถานีวัดน้ำฝนสถานีอุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราชปี พ.ศ. 2554 กับสถานีวัดน้ำท่าคลองบ้านตาล ต.ท่างิ้ว อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช

ตารางที่ 4.5 ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณด้วยวิธี U.S SCS สถานีวัดน้ำฝนสถานีอุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช และปริมาณน้ำท่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำท่าคลองบ้านตาล ปี พ.ศ. 2554

เดือน/ปี	ปริมาณน้ำท่า(ล้านลูกบาศก์เมตร)	
	คำนวณด้วยวิธี U.S SCS	สถานีวัดน้ำท่าลุ่มน้ำคลองบ้านตาล
มกราคม	19.39	18.92
กุมภาพันธ์	0.94	18.89
มีนาคม	52.47	37.67
เมษายน	2.86	15.96
พฤษภาคม	6.20	1.28
มิถุนายน	4.27	0.15
กรกฎาคม	2.81	0
สิงหาคม	6.52	0
กันยายน	3.42	0
ตุลาคม	12.56	2.46
พฤศจิกายน	16.68	7.84
ธันวาคม	13.72	26.6

In[245]:=
```
Needs["PlotLegends`"]
rain1 = {603, 26.5, 1592, 97.7, 152, 85.7, 82, 217, 213, 342, 468, 399.6};
runofft = {18.92, 18.89, 37.67, 15.96, 1.28, 0.15, 0, 0, 0, 2.46, 7.84, 26.6};
CN = 65;
S = (25400/CN) - 254;
A = 34000;
Q1 = ((rain1 - 0.2*S)^2/(rain1 + 0.8 S));
Runff1 = (Q1*A/1000000);
ListPlot[{Runff1, runofft}, Frame → True,
 PlotLegend → {"Nakhon Si Thammarat",
   "Ban Tan"}, Joined → {True, True},
 PlotMarkers → Automatic, PlotRange → {{0, 12}, {0, 60}},
 LegendPosition → {1, -0.5},
 FrameLabel → {"Month", "Runoff(Million cubic meters)", "", ""},
 PlotStyle -> {{Red, Thick}, {Blue, Thick}},
 LabelStyle → Directive[{"Arial", 18}]]
```

ภาพที่ 4.29 โปรแกรมแสดงปริมาณน้ำท่าที่คำนวณด้วยวิธี U.S SCS และปริมาณน้ำท่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำท่าคลองบ้านตาล ปี พ.ศ. 2554



ภาพที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่คำนวณด้วยวิธี U.S SCS และปริมาณน้ำท่าที่วัดจากสถานีวัดน้ำท่าคลองบ้านตาล ปี พ.ศ. 2554

จากภาพที่ 4.30 จะเห็นว่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณด้วยวิธี U.S SCS กับข้อมูลปริมาณน้ำท่าจริงมีความใกล้เคียงกัน การคำนวณด้วยวิธี U.S SCS มีความเหมาะสมที่จะใช้คำนวณปริมาณน้ำท่าได้

3. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝน

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลน้ำฝน บริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าทน และสาขาย่อย ปริมาณฝนที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อนำไปใช้คำนวณปริมาณน้ำท่าด้วยวิธี U.S SCS โดยตัวแปรที่ใช้คำนวณปริมาณน้ำท่าประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนรายเดือน ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของพื้นที่ลุ่มน้ำ และค่า CN ผลการคำนวณมีค่าสอดคล้องกันกับค่าที่วัดได้จากสถานีวัด แต่การติดตั้งอุปกรณ์และดำเนินการเก็บวัดข้อมูลน้ำท่าจากพื้นศึกษา มีจำกัด และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทน คลองกลาย มีเครื่องมือตรวจวัดน้อย และบางสถานีถูกยกเลิก

4. การวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก

การวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลากโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองพื้นที่ระดับสูงเชิงเลข (DEM) ร่วมกับวิธีการจำลองด้วยเซลล์ลาร์ ออร์โตเมต้า การจำลองทิศทางการไหลได้สอดคล้องกับความเป็นจริงเมื่อเปรียบเทียบกับภาพจากแผนที่ทางภูมิศาสตร์ดังภาพที่ 3.7

5. การนำเสนอยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินเลื่อน

เสนอยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินเลื่อน ในเขตพื้นที่อำเภอนบพิตำ อำเภอท่าศาลา และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หลักการป้องกันน้ำท่วมคือต้องมีการระบายน้ำที่เกินความต้องการลงทะเลให้เร็วที่สุด และต้องมีการป้องกันพื้นที่สำคัญไม่ให้ถูกน้ำท่วม มีระบบจัดเก็บข้อมูล ประเมินผลและพยากรณ์สภาวะน้ำ แล้วแจ้งเตือนให้แก่ประชาชนและผู้เกี่ยวข้องทราบเพื่อเตรียมตัวได้ทันการ

การมีแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำเพื่อระบายน้ำ และแบบจำลองปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝนเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญ เพื่อนำมาใช้จำลองแผนที่น้ำท่วมเมื่อมีฝนตกหนักในพื้นที่และต้องมีทางระบายให้ทัน เพื่อเป็นการลดความเสียหายให้กับประชาชน ดังนั้นการสร้างแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำและการระบายน้ำตามเส้นทางน้ำที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ หรือเส้นทางน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นใหม่ เมื่อนำภาพการจำลองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับพื้นที่จริงเพื่อปรับแนวทางการระบายน้ำใหม่ให้เหมาะสม โดยสามารถออกแบบในแบบจำลองได้ตามที่ต้องการ แบบจำลองที่ได้จึงเป็นต้นแบบที่ใช้ปรับปรุงเส้นทางการไหลของน้ำให้เพียงพอกับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา เพื่อบรรเทาความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินได้แบบยังยืน

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบประยุกต์ เป็นงานที่ทำอย่างมีระบบ โดยใช้ความรู้ที่ได้รับจากการวิจัยของผู้วิจัยหลาย ๆ ท่าน ประกอบกับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ และข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขของกรมพัฒนาที่ดิน มีความละเอียด 5×5 เมตร ข้อมูลปริมาณน้ำฝน น้ำท่า ของสถานีอุทกวิทยา-อุตุนิยมวิทยา ในจังหวัดนครศรีธรรมราช ปี พ.ศ.2554 รวมทั้งซอฟแวร์ Mathematica เพื่อนำมาใช้เขียนโปรแกรมการจำลอง โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อสร้างและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองพื้นที่ระดับสูงเชิงเลข (DEM) ร่วมกับวิธีการจำลองด้วยเซลล์ลาร์ ออร์โตเมต้า วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝน เวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก บริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าทน และสาขาย่อย ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช นำความรู้และข้อมูลที่ได้เสนอยุทธศาสตร์การป้องกันน้ำท่วมและแผ่นดินเลื่อนในเขตพื้นที่อำเภออำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

สรุปผลและอภิปรายผล

การนำข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขของกรมพัฒนาที่ดินโดยการสำรวจระยะไกลจากกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลน้ำฝน-น้ำท่าจากสถานีวัดน้ำฝนและวัดน้ำท่า มาบูรณาสร้างและพัฒนาแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก บริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าทน และสาขาย่อย ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยการเขียนโปรแกรมประยุกต์ระหว่างกฎการไหล 8 ทิศทาง (D8) กับการใช้กฎของวิธีเซลลูลาร์ ออโตเมต้า ด้วยโปรแกรม Mathematica ผลการเขียนโปรแกรมจำลอง DEM แบบ 2 มิติและ 3 มิติ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทนและ พื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลายสอดคล้องกับความเป็นจริงกับแผนที่ทางภูมิศาสตร์ ผลการเขียนโปรแกรมจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก ได้ภาพแสดงทิศทางการไหลของน้ำตามแนวลำคลองสอดคล้องกับความเป็นจริงเมื่อเปรียบเทียบกับภาพจากแผนที่ทางภูมิศาสตร์ จึงทำให้สามารถนำแบบจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก ไปพัฒนาต่อ โดยนำข้อมูลแนวลำคลองจริง ๆ จากการสำรวจจริงในปัจจุบัน และคลองระบายน้ำสาขาย่อยที่มีอยู่แล้ว เพื่อเป็นข้อมูลในโปรแกรมแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขและโปรแกรมการจำลองจำลองเวกเตอร์การไหลของน้ำป่าไหลหลาก ก็จะให้ผลการจำลองสอดคล้องความเป็นจริงมากกว่าการใช้ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขเพียงอย่างเดียว

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลน้ำฝน บริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าทน และสาขาย่อย ปริมาณฝนที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อนำไปใช้คำนวณปริมาณน้ำท่าด้วยวิธี U.S SCS โดยตัวแปรที่ใช้คำนวณปริมาณน้ำท่าประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนรายเดือน ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของพื้นที่ลุ่มน้ำ ลักษณะภูมิประเทศ การดูดซับน้ำของดินพืชคลุมดิน และแอ่งน้ำที่ผิวดินและค่า CN ผล

การคำนวณมีค่าสอดคล้องกันกับค่าที่วัดได้จากสถานีวัด แต่การติดตั้งอุปกรณ์และดำเนินการเก็บวัดข้อมูลน้ำท่าจากพื้นศึกษามีจำนวนจำกัด บางสถานีก็ถูกยกเลิก จากการศึกษาครั้งนี้สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการเตือนภัยน้ำท่วมได้ในช่วงเดือนที่เกิดอุทกภัย โดยการพัฒนาแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไปและต้องได้รับความร่วมมือจากทางหน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง ทั้งด้านข้อมูลและปรับเปลี่ยนพื้นที่น้ำท่วมให้มีเส้นทางการระบายน้ำได้ทันตามปริมาณน้ำฝน-น้ำท่าที่เกิดขึ้นจริง ก็จะสามารถลดภัยพิบัติจากน้ำป่าไหลหลากได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูล DEM มาตราส่วน 1:4,000 ขนาดกริด 5×5 เมตร ของกรมพัฒนาที่ดิน มหาวิทยาลัยต้องซื้อในราคาสูง จึงทำให้มีปัญหาในการจัดซื้อ ซื้อข้อมูลได้ไม่เพียงพอกับพื้นที่การจำลอง ดังนั้นเพื่อให้สามารถจำลองพื้นที่ได้ตามสภาพน้ำท่วมจริงทั้ง อ.นบพิตำ อ.ท่าศาลา และอ.สิชล ควรใช้ข้อมูล DEM มาตราส่วน 1:50,000 ขนาดกริด 30×30 เมตร ของกรมแผนที่ทหาร

2. ควรมีการตรวจสอบข้อมูลภาคสนาม เพื่อให้ได้แบบจำลอง DEM มีความถูกต้องตามจริงในปัจจุบัน

3. สถานีสำรวจปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า มีจำนวนไม่ครอบคลุมทั้งพื้นที่ ควรเพิ่มจำนวนสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า และมีการตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. (2557). **แผนที่และข้อมูลทางแผนที่.** ค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2557 จาก http://www.lddservice.org/services/home.php

จงกล จงวิไลเกษม. (2546). **แบบจำลองน้ำฝน น้ำท่าด้วยข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชุติพนธ์ ภักดีบุญ. (2544). **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแสดงความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำขนาดเล็ก.**วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดรุณี พรหมโชติ. (2557). **แผนที่และหลักการอ่านแผนที่.** ค้นเมื่อ 20 กันยายน 2557 http://irrigation.rid.go.th/rid15/cvl1/pack%20siet/18_3-1_Map.pdf

นครศรีธรรมราช. (2557). ค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2557. http://th.wikipedia.org/wiki/

บัญชา ขวัญยืน และชัยวัตน์ ภู่วรกุลชัย. (2546). การเปรียบเทียบแบบจำลอง HEC-HMS และแบบจำลอง TOP เพื่อทำนายน้ำท่าในลุ่มน้ำลำภาชี. **วิทยาสารกำแพงแสน.** 1(1), 49-55.

แบบจำลอง HEC-RAS, HEC-GEORAS, ค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2555 http://158.108.68.26/GAME-T/HEC/hec.html

ประสิทธิ์ มากสิน. (2554). **ผลกระทบของขนาดกริดและแหล่งที่มาของแบบจำลองความสูงเชิงเลขต่อการคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางด้านอุทกวิทยา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

แผนที่, ค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2555 จาก http://www.cgistln.nu.ac.th/gistweb_2013/images/document/1.Map.pdf

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล, นิพนธ์ ตั้งธรรม และ เกษม จันทร์แก้ว. (2542). **แบบจำลองสำหรับประเมินสภาวะวิกฤตของลุ่มน้ำในประเทศไทย**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37, 297-302.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, ค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2557 จาก http://th.wikipedia.org/wiki 20 พ.ย. 2557

สำนักสำรวจ และวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน. (2557).

สุรินทรา แก้วละมุล และ วิเชียร ปลื้มกมล. (2555). **การตรวจสอบข้อมูล DEM ของลุ่มน้ำห้วยสายบาตร โดยโปรแกรม HEC-GeoRAS DEM data verification of the Huai Sai Bat Basin by HEC-GeoRAS.** การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่.

สรัญพงศ์ มุสิแก้ว. (2552). **การพัฒนาระบบให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขสำหรับการแสดงผลบน NASA WORLD WIND.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกพล ฉิ้มพงษ์ และ พงษ์ศักดิ์ จินดาศรี. (2552). **การสร้างแบบจำลองเตือนภัยน้ำท่วมด้วย Hec-Ras และ Hec-GgoRas จากข้อมูล DEM ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ บริเวณลุ่มน้ำบางสะพาน จ.ประจวบคีรีขันธ์.** สำนักชลประทานที่ 14 กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อิศเรศ กะการดี และ เอกสิทธิ์โฆสิต สกุลชัย. (2555). การหาทิศทางการไหลและขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ราบลุ่มด้วยข้อมูล DEM. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17**. 9-11 พฤษภาคม 2555 ณ โรงแรม เซ็นทารา แอนคอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ อุดรธานี.

Barredo, J.I. & Engelen G. (2010). Land Use Scenario Modeling for Flood Risk Mitigation . **Sustainability**, 2, 1327-1344.

Chopard,B & Droz, M. (1998). **Cellular Automata Moeling of Physics Systems**. Cambrige University Press, Collection Alea.

Coulthard TJ., Macklin MG., & Kirkby MJ. (2002). A cellular model of Holocene upland river basin and alluvial fan formation. **Earth Surface Processes and Landforms, 27**: 269–288.

Ghimire, B., Chen, A. S., Djordjevic, S. & Savic, D. (2011). Application of cellular automata approach for fast flood simulation. **Urban Water Management - Challenges and Opportunities**, 1, 265 – 270.

Huang, M., J. Gallichan, Z. Wang and M. Goulet. 2006. A modification to the Soil Conservation Service Curve Number method for Steep Slopes in the Loess Plateau of China. **Hydrological Processes** 20: 579-589.

Jenson, S. K., and J. O. Domingue. 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 54 (11), 1593–1600.

Juraj Cirbus, J. & Podhoranyi, M. (2013). Cellular Automata for the Flow Simulations on the Earth Surface, Optimization Computation Process. Applied Mathematics & Information Sciences, **An International Journal.** 7(6), 2149-2158.

Wolfram. (2013). **USGSDEM (.dem) .** Retrieved 5 July, 2013 from: http://reference.wolfram.com/language/ref/format/USGSDEM.html

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวปานจิต มุสิก (หัวหน้าโครงการวิจัย)

(ภาษาอังกฤษ) Miss Panjit Musik

หมายเลขบัตรประชาชน 38099 00590586

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยงานที่สังกัด คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง
จังหวัดนครศรีธรรมราช รหัสไปรษณีย์ 80280
โทรศัพท์ 075-377443 โทรสาร 075- 377443

ที่อยู่ปัจจุบัน 828/28 ถนนศรีปราชญ์ ตำบลคลัง อำเภอเมือง จังหวัด
นครศรีธรรมราช 80000
โทรศัพท์ 084-5089834
E-mail : panjitmusik@yahoo.com
FB : ปานจิต มุสิก/โรงเรียนปานจิตวิทยาวัฒน์

ประวัติการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถานศึกษา	ปีการศึกษาที่จบ
การศึกษาบัณฑิต (ฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา	2525
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การสอนฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2533
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์เชิงคำนวณ)	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	2548

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายมโนรส บริรักษ์อราวินท์ (ผู้ร่วมวิจัย)
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Manorot Borirakarawin
หมายเลขบัตรประชาชน 38099 00392946
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
หน่วยงานที่สังกัด คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง
จังหวัดนครศรีธรรมราช รหัสไปรษณีย์ 80280
โทรศัพท์ 075-377443 โทรสาร 075- 377443
e-Mail : teacher_manorot@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถานศึกษา	ปีการศึกษาที่จบ
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช	2546
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ)	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	2551