

การพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข
สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช



นายเอกวุฒิ เพชรทองดั่ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2560

Model Development in Direction of Water Flow on the Surface DEM for
Flood Forecasting and Early Warning of Nakhon Si Thammarat Province

Mr.Ekkawoot Petthongduang



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Science in Information and Communication Technology
School of Science and Technology
Sukhothai Thammathirat Open University
2017

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข
สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช

ชื่อและนามสกุล นายเอกวุฒิ เพชรทองดั่ง

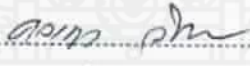
แขนงวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

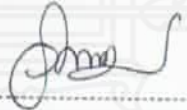
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช


อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.วิภา เจริญกัณฑ์รักษ์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานจิต มุสิก

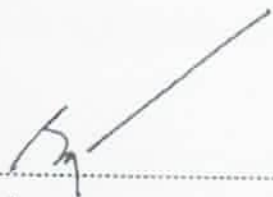
วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2561

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ดวงดาว วิชาดากุล)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภา เจริญกัณฑ์รักษ์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานจิต มุสิก)


..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์)

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข
สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช

ผู้วิจัย นายเอกวุฒิ เพชรทองดั่ง **รหัสนักศึกษา** 2549600241

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร)

อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.วิภา เจริญภักดิ์ (2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานจิต มุสิก
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช 2) ประเมินแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช

วิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วยการศึกษาลักษณะการระบายน้ำ การวิเคราะห์ทิศทางการไหล การวิเคราะห์การไหลสะสม และการวิเคราะห์ขอบเขตของลำน้ำ พื้นที่ศึกษาคือ ลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าหน และคลองสาขาย่อย ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ด้วยกฎการไหล 8 ทิศทาง (D8) กับกฎเซลล์ลู่ ออโตเมต้า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ข้อมูลแบบจำลองพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร โปรแกรมที่ใช้ ได้แก่ Mathematica และ ArcGIS 10.2 ประเมินผลแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบกับขอบเขตแหล่งน้ำจากฐานข้อมูล Google Map

ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข พื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลายและพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าหนสอดคล้องกับความเป็นจริง ประเมินผลแบบจำลองทิศทางการไหลด้วยวิธีการเปรียบเทียบกับขอบเขตแหล่งน้ำจากฐานข้อมูล Google Map แทนการออกสำรวจขอบเขตแหล่งน้ำในพื้นที่จริง จากการเปรียบเทียบดังกล่าวสามารถพิสูจน์เบื้องต้นได้ว่าทิศทางการไหลบริเวณแหล่งน้ำที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองมีความสอดคล้องกับทิศทางการไหลบริเวณแหล่งน้ำในสภาพจริง ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าข้อมูลแหล่งน้ำจากการนำทิศทางการไหลของน้ำที่ได้จากการพัฒนาไปหาขอบเขตแหล่งน้ำมีความสอดคล้องกับข้อมูลแหล่งน้ำจากฐานข้อมูล Google Map โดยข้อมูลจากทั้ง 3 ส่วนมีลักษณะทิศทางการไหลไปในแนวเดียวกัน ไม่มีการเกิดการขาดหายของเส้นทางน้ำแต่อย่างใด สามารถกำหนดจุดระบายน้ำเมื่อเกิดการสะสมของปริมาณน้ำจำนวนมากของพื้นที่ที่ศึกษาได้ ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยควรมีการออกภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน จะทำให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ ทิศทางการไหล พื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข การพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วม

Thesis title: Model Development in Direction of Water Flow on the Surface DEM for Flood Forecasting and Early Warning of Nakhon Si Thammarat Province

Researcher: Mr.Ekkawoot Petthongduang; ID: 2549600241;

Degree: Master of Science (Information and Communication Technology)

Thesis advisors: (1) Dr.Vipa Jaroenpuntaruk, Associate Professor (2) Dr. Panjit Musik, Assistant Professor; **Academic year:** 2017

Abstract

The objectives of this research were to 1) develop the Digital Elevation Model (DEM) for flood forecasting and warning in Nakhon Si Thammarat and 2) evaluate the Digital Elevation Model (DEM) for flood forecasting and warning in Nakhon Si Thammarat.

The research method consisted of studying the drainage characteristics analyzing the water flow direction, flow accumulation, and watershed delineation. Research areas covering in Klong Kraii watershed, Ta Ton Klong and other branches of Thasala district, Nopphitam district and Sichon district of Nakhon Si Thammarat Province were analyzed by using D8 algorithm and cellular automata. Research tools were the information of 1:50,000 DEM of Royal Thai Survey Department, Mathematica and ArcGIS 10.2 programs. Model evaluation compared the source waters with the Google map database.

The research showed that the DEM of Klong Kraii watershed and Ta Ton Klong conformed to the real water flow. For the result of comparing the DEM to the watershed delineation from Google map database instead of surveying the water sources in the real areas, it indicated primarily that the flow direction of the water sources gained from the DEM conformed to the flow direction of the water sources in the real areas. It also showed that the information of the water sources gained from the DEM to find the watershed delineation conformed to the information of the water sources gained from the Google map website. The result showed that water from all three ways flowed similarly and there was no any missing water route. With this result, drain marking can be specified when there was enough water accumulation in the areas that were studied. For the suggestion, the field survey should be applied to collect the recent data for more effective and accurate of the DEM.

Keywords: Flow Direction, Digital Elevation Model, Flood Forecasting and Early Warning

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร.วิภา เจริญภัณฑารักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานจิต มุสิก อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ได้เสียสละเวลาในการให้คำปรึกษา ให้ความรู้ ตลอดถึงแนวทางการปฏิบัติ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ และผู้ทรงคุณวุฒิ ประจำสาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่คอยสั่งสอน อบรม มอบความรู้ และให้คำปรึกษาด้วยดีตลอดมา รวมถึงเพื่อนนักศึกษา ที่คอยให้กำลังใจจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้เสร็จ สมบูรณ์ด้วยดี และสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยให้ โอกาสในการศึกษา และคอยให้คำปรึกษา ด้วยความรักและห่วงใยตลอดมา

เอกวุฒิ เพชรทองดั่ง
กุมภาพันธ์ 2561



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์การวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	4
นิยามคำศัพท์.....	5
ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย.....	6
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	7
อุทกภัยหรือน้ำท่วม	7
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	9
แบบจำลองพื้นที่ผิวดระดับสูงเชิงเลข.....	19
เซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า.....	22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	30
พื้นที่ศึกษา.....	29
เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย.....	35
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	35
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	42
การวิเคราะห์ลักษณะการระบายน้ำ.....	42
การประเมินเส้นทางน้ำและพื้นที่ระบายน้ำ.....	53
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	56
สรุปผลการวิจัย.....	56
การอภิปรายผล.....	57
ข้อเสนอแนะ.....	58
บรรณานุกรม.....	59
ประวัติผู้วิจัย.....	61

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบความละเอียดและความถูกต้องของการรังวัดค่าระดับสูง จากหลายเทคนิค	13
ตารางที่ 3.1 การแบ่งเขตพื้นที่ปกครอง เขตอำเภอท่าศาลา.....	32
ตารางที่ 3.2 การแบ่งเขตพื้นที่ปกครอง เขตอำเภอนบพิตำ.....	33
ตารางที่ 3.3 การแบ่งเขตพื้นที่ปกครอง เขตอำเภอสิชล.....	34



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1	แสดงการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการวิเคราะห์ภูมิประเทศ..... 9
ภาพที่ 2.2	แสดงแผนผังการสร้างแบบจำลองความสูงที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน. 10
ภาพที่ 2.3	แสดงประเภทข้อมูลเชิงพื้นที่ในลักษณะต่างๆ..... 11
ภาพที่ 2.4	แสดงความสูง - ค่าของพื้นผิวหลายรูปแบบในระบบภูมิสารสนเทศ..... 14
ภาพที่ 2.5	แสดงการควบคุมวิธีการประมาณค่าความสูงให้กับกริด..... 15
ภาพที่ 2.6	แสดงความสูง - ค่าของพื้นผิวจากวิธีการ Inverse Distance Weighted 16
ภาพที่ 2.7	แสดงความสูง - ค่าของพื้นผิวจากวิธีการ Spline 17
ภาพที่ 2.8	แสดงความสูง - ค่าของพื้นผิวจากวิธีการ Kriging 18
ภาพที่ 2.9	แสดงความสูง - ค่าของพื้นผิวจากวิธีการ Natural Neighbor..... 21
ภาพที่ 2.10	แสดงการกระจายค่าความลาดชัน ที่ขนาดกริด 5 เมตร ของลุ่มน้ำย่อยลำเสมา..... 21
ภาพที่ 2.11	แสดงค่าพื้นที่รับน้ำสะสม ที่สร้างจากแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข ที่ขนาดกริด 5 เมตร ของลุ่มน้ำย่อยลำเสมา..... 19
ภาพที่ 2.12	แสดงลักษณะรูปร่างของตารางแบบต่าง ๆ..... 23
ภาพที่ 2.13	แสดงชนิดของ Neighborhood 24
ภาพที่ 3.1	แสดงพื้นที่ศึกษา..... 30
ภาพที่ 3.2	แสดงขอบเขตของอำเภอต่าง ๆ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช..... 31
ภาพที่ 3.3	แสดงพื้นที่อำเภอท่าศาลา..... 32
ภาพที่ 3.4	แสดงพื้นที่อำเภอนบพิตำ..... 33
ภาพที่ 3.5	แสดงพื้นที่อำเภอสิชล..... 34
ภาพที่ 3.6	แสดงแผนที่อำเภอนบพิตำ อำเภอท่าศาลา และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช..... 36
ภาพที่ 3.7	แสดงแบบจำลองพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข อำเภอนบพิตำ อำเภอท่าศาลา และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช..... 36
ภาพที่ 3.8	แสดงพื้นที่ศึกษาแสดงแบบกริดเซล อำเภอนบพิตำ อำเภอท่าศาลา และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช..... 37
ภาพที่ 3.9	แสดงตำแหน่งอ้างอิงข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข จากกรมแผนที่ทหาร..... 38
ภาพที่ 3.10	แสดงตำแหน่งอ้างอิงข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข ระบบ UTM 39
ภาพที่ 3.11	แสดงข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลขที่รวมข้อมูลเป็นชุดเดียวกัน..... 40

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 4.1	แสดงเตรียมข้อมูลพื้นที่ผิวดระดับสูงเชิงเลขโดยการเติมเต็มพื้นที่ (Fill)	43
ภาพที่ 4.2	แสดงระดับความสูงของข้อมูล (Slop).....	44
ภาพที่ 4.3	แสดงการวิเคราะห์ทิศทางการไหล (Flow Direction)	45
ภาพที่ 4.4	แสดงการวิเคราะห์การไหลสะสม (Flow Accumulation)	46
ภาพที่ 4.5	แสดงการวิเคราะห์เส้นทางน้ำหรือลำดับของลำน้ำ (Stream Order)	47
ภาพที่ 4.6	แสดงพื้นที่รับน้ำ Watershed และจุดระบายน้ำ.....	48
ภาพที่ 4.7	แสดงการรวมข้อมูลพื้นที่ผิวดระดับสูงเชิงเลขเป็นชุดเดียวกัน.....	49
ภาพที่ 4.8	แสดงทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่จำลองบนพื้นที่ผิวดระดับสูงเชิงเลข โดยใช้กฎของเซลลูลาร์อัตโนมัติ 50	50
ภาพที่ 4.9	แสดงตัวเลขแทนรหัสทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่ผิวดระดับสูงเชิงเลข ขนาดกริด 20X20 เซลล์.....	51
ภาพที่ 4.10	แสดงการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นที่ผิวดระดับสูงเชิงเลขน้ำคลองท่าหน.....	52
ภาพที่ 4.11	แสดงผลการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นที่ผิวดระดับสูงเชิงเลขลุ่มน้ำคลองท่าหน..	53
ภาพที่ 4.12	แสดงการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นที่ผิวดระดับสูงเชิงเลขลุ่มน้ำคลองกลาย....	53
ภาพที่ 4.13	แสดงผลการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นที่ผิวดระดับสูงเชิงเลขลุ่มน้ำคลองกลาย..	54
ภาพที่ 4.14	แสดงเส้นทางน้ำและพื้นที่ระบายน้ำจากเว็บไซต์ google map	55



บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุทกภัยหรือน้ำท่วมจัดเป็นหนึ่งในภัยพิบัติที่มีความสำคัญมากที่สุดในโลก โดยจากการสำรวจพบว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมนั้นเกิดขึ้นในทวีปเอเชีย ส่งผลให้เกิดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก สาเหตุของน้ำท่วมเกิดจากภัยธรรมชาติ อาทิ ฝนตกหนักติดต่อกันเป็นระยะเวลาสั้น ส่งผลให้น้ำท่วมสูงและกระแสน้ำไหลเชี่ยว และจากน้ำมือมนุษย์ อาทิ การปิดกั้นช่องทาง หรือทำให้ช่องทางระบายน้ำมีการระบายน้ำออกไม่ได้ การใช้ที่ดินไม่เหมาะสม การตัดไม้ทำลายป่าในพื้นที่ต้นน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ผลจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในเมืองมากกว่าพื้นที่ที่มีอยู่ ส่งผลให้เกิดตึกรามบ้านช่องที่สร้างด้วยปูนและคอนกรีตมากมาย จึงทำให้การแทรกซึมของน้ำลงดินน้อยลง และบริเวณยอดเขาได้เกิดน้ำท่วมมากขึ้นและไหลป่าลงมาทำลายเรือนสวน ไร่ นา บ้านเรือนประชาชนได้รับความเสียหาย จะเห็นได้ว่าการจัดการภัยพิบัติน้ำท่วมในประเทศกำลังพัฒนานั้น ส่วนใหญ่เป็นการตอบสนองต่อสถานการณ์ภัยพิบัติ เพื่อรับมือกับเหตุฉุกเฉินและการฟื้นฟูภายหลังภัยพิบัติ ดังนั้นการตอบสนองจึงควรเป็นการตอบสนองเชิงรุก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารจัดการ และลดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินให้มากที่สุด การจัดการภัยพิบัติเชิงรุกต้องใช้การมีส่วนร่วมมากขึ้นจากรัฐบาลหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน รวมทั้งการมีส่วนร่วมของประชาชน ซึ่งนำไปสู่การบูรณาการในการจัดการภัยพิบัติทางด้านอุทกภัยทั้งระยะสั้นและระยะยาว

จังหวัดนครศรีธรรมราชตั้งอยู่ริมทะเลทางด้านอ่าวไทย มีลำน้ำธรรมชาติซึ่งเกิดจากเทือกเขานครศรีธรรมราชไหลผ่านอยู่หลายสายเมื่อเกิดฝนตกหนักในบริเวณเทือกเขานครศรีธรรมราช (ประเสริฐ มหากิจ, 2552) ซึ่งเป็นพื้นที่สันเนินหรือพื้นที่เชิงเขา มีความลาดชันค่อนข้างมาก จะมีปริมาณน้ำในคลองต่างๆ ปริมาณมากไหลผ่านตัวเมือง แต่คลองต่างๆ มีขนาดเล็กเนื่องจากถูกบุงกรุกและตื้นเขิน ประกอบกับมีลักษณะการตั้งชุมชนเป็นแนวยาวขนานไปกับถนน ซึ่งขวางลำน้ำธรรมชาติทำให้น้ำระบายลงสู่ทะเลไม่ทัน จึงเกิดการไหลป่าท่วมตัวเมืองเป็นประจำปีเกือบทุกปี ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกหนักที่สุดของปี ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน ตลอดจนจนระบบสาธารณสุข โภค สาธารณูปการต่างๆ การทำนายนระดับน้ำล้นหน้า จึงมีความสำคัญมากสำหรับการเฝ้าติดตามระวังภัยจากน้ำหลาก การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับน้ำต้นน้ำ ปริมาณน้ำฝน กับ ระดับน้ำท้ายน้ำ ในลำน้ำเป็นหนึ่งในงานบริหารจัดการน้ำ ปัจจัยที่มีผลต่อการทำนายนระดับน้ำได้แก่ กระบวนการทาง อุทกวิทยา อุตุนิยมิวิทยา และคุณสมบัติต่างๆ ของแม่น้ำ ในรูปของแบบจำลองกายภาพ (Physical Model) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น และมีความสลับซับซ้อน จึงทำให้การทำนายนเป็นที่ยอมรับในระดับที่จำกัด ดังนั้นควรมีแบบจำลองในการทำนายนที่มีประสิทธิภาพ ให้ความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทางสถิติ ซึ่งจะเกิดประโยชน์สามารถใช้เป็นแนวทางเตือนภัยน้ำท่วมได้อย่างมั่นใจรวดเร็ว แต่ไม่ต้องอาศัยข้อมูลทางกายภาพ

ในรูปของแบบจำลองกล่องดำ (Black Box Model) อันที่จะลดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ในส่วนที่พึงรักษาไว้ได้ การพยากรณ์ระดับน้ำเป็นกระบวนการที่ใช้ในการวางแผนและบริหารจัดการน้ำ ประเภทหนึ่ง รวมถึงการเตือนภัยที่อาจเกิดขึ้นจากสภาวะอุทกภัย (Flood Warning)

อำเภอหนองพิดำ อำเภอท่าศาลา และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งอยู่ใน บริเวณลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก (โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราช, 2557) ซึ่งมีลุ่มน้ำหลัก 2 สาขา คือลุ่มน้ำสาขาคลองกลาย มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 668 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ต้นน้ำคือ ตำบลรุงชิง อำเภอหนองพิดำ พื้นที่กลางน้ำและพื้นที่ปลายน้ำ ได้แก่ ตำบลหนองพิดำ ตำบลนาแหรง ตำบลกะหรอในเขตอำเภอหนองพิดำ ตำบลตลิ่งชัน ตำบลกลาย ตำบลสระแก้ว ตำบลท่าศาลา ในเขต อำเภอท่าศาลา และลุ่มน้ำสาขาคลองท่าหน ตั้งอยู่ในเขตอำเภอสิชลมีพื้นที่ต้นน้ำคือตำบลเทพราช ตำบลฉลอง ตำบลเปลี่ยน และพื้นที่กลางน้ำและปลายน้ำคือ ตำบลเปลี่ยน ตำบลเสาเกา ตำบลทุ่งปรัง ตำบลสิชล พื้นที่ทั้ง 3 อำเภอตั้งที่กล่าวมาเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยการเกิดอุทกภัย และแผ่นดินถล่มในพื้นที่ จังหวัดนครศรีธรรมราช จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อนำองค์ความรู้ ข้อมูล และเครื่องมือต่างๆ ใช้พยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วมให้กับประชาชนในพื้นที่ศึกษาเพื่อลดการสูญเสียที่ร้ายแรงซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้เสมอ

น้ำท่วมที่เกิดในพื้นที่อำเภอหนองพิดำ อำเภอท่าศาลา และอำเภอสิชล บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ และลำน้ำสาขาต่างๆ นอกจากจะเกิดจากการที่มีฝนตกหนักและน้ำป่าไหลหลากจากต้นน้ำลงมา มากจนลำน้ำสายหลักไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน ยังมีสาเหตุอื่นๆ อีก ได้แก่ แม่น้ำสายหลักและสาขาย่อย มีความตื้นเขิน ประกอบกับมีสิ่งกีดขวางจากเส้นทางคมนาคมขวางทางน้ำ และมีทางระบายน้ำ ไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำลงได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงทำให้เกิดน้ำท่วมเป็นประจำ และ สาเหตุจากการระบายน้ำลงสู่ทะเลไม่มีประสิทธิภาพ จึงทำให้ทำให้ระบายน้ำได้ช้าเกิดน้ำท่วม ระดับ น้ำสูง กระแสน้ำไหลรุนแรง สะพานขาดและบ้านเรือนเสียหายจำนวนมาก โดยเมื่อน้ำเคลื่อนที่ ถึงปากอ่าวเพื่อจะออกทะเล มีแนวเขื่อนกันเป็นทางยาวยื่นออกไปในทะเล ทำให้การระบายน้ำต้องใช้ เวลาเพิ่มขึ้นความเสียหายที่เกิดขึ้นก็เพิ่มมากขึ้น จนกว่ามวลน้ำเพิ่มจำนวนมากจนกระทั่งมีแรงน้ำ มหาศาลดันพื้นที่ชายทะเลจนเกิดปากน้ำแห่งใหม่ขึ้น สถานการณ์น้ำท่วมจึงลดลงอย่างรวดเร็ว ช่วยบรรเทาความเสียหายให้กับชาวบ้าน แต่บ้านเรือน สวน ไร่ นา และสิ่งก่อสร้างอื่นๆ ของประชาชน เกิดเสียหายทุกครอบครัว รวมทั้งแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ ก็ถูกทำลาย ซึ่งการเกิดน้ำท่วมจะเกิดขึ้น พร้อมๆ กันทั้ง 3 อำเภอ ดังกล่าว เนื่องจากมีแหล่งต้นน้ำอยู่บนเทือกเขาเดียวกันและใกล้เคียงกัน ถ้าหากเกิดฝนตกหนักต่อเนื่องเป็นเวลาเกิน 24 ชั่วโมง

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิว ระดับสูงเชิงเลข สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช บริเวณลุ่มน้ำ คลองกลาย คลองท่าหนและสาขาย่อย ในเขตอำเภอหนองพิดำ อำเภอท่าศาลา และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวประสบปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้งสร้างความเสียหาย ต่อชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมากตลอดหลายปีที่ผ่านมา

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช

2.2 เพื่อประเมินแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช

3. ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ ได้แก่ พื้นที่ศึกษา ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

3.1 พื้นที่ศึกษา คือพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ และพื้นที่ราบที่น้ำท่วมถึงบริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าหนและสาขาย่อย ในเขตอำเภอหนองปีตา อำเภอท่าศาลา และอำเภอลีซล มีคลองหลัก 2 สาย คือคลองกลาย ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขานครศรีธรรมราชในเขตอำเภอหนองปีตา ไหลสู่อ่าวไทยบริเวณอำเภอท่าศาลา และคลองท่าหน ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขานครศรีธรรมราช ตอนบน ไหลสู่อ่าวไทยบริเวณอำเภอลีซล

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ข้อมูลแบบจำลองพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) มาตรฐาน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ขนาดระวาง 2 x 2 ตารางกิโลเมตร ข้อมูล ณ วันที่ 31 มีนาคม 2560

3.3 เครื่องมือการวิจัย

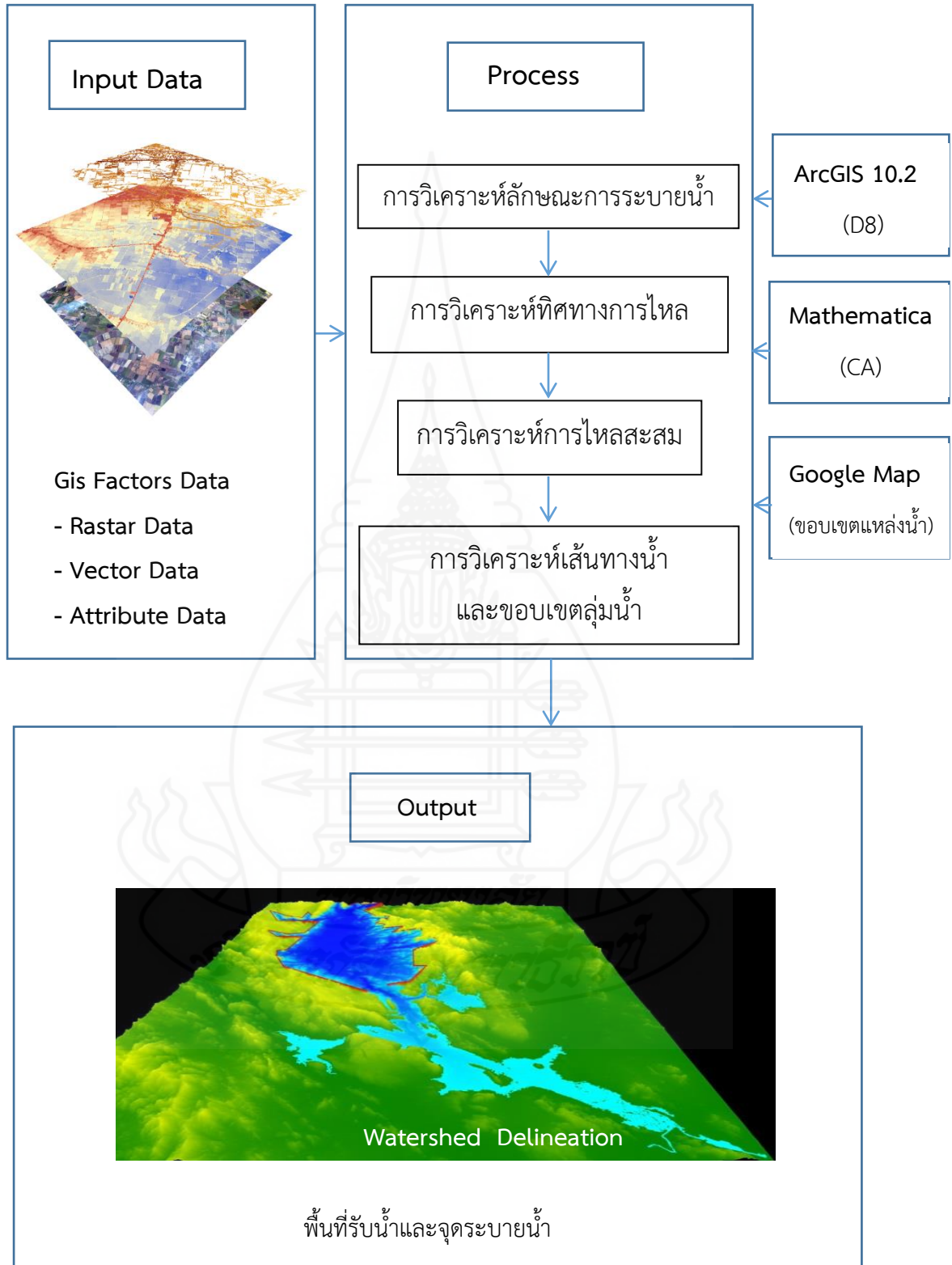
3.3.1 เครื่องพีซีคอมพิวเตอร์ Processor : Intel(R) Core (TM) i7-3930K CPU @ 3.2 GHz Installed memory (RAM) 8.0 GB

3.3.2 โปรแกรม Mathematica เพื่อวิเคราะห์ทิศทางการไหลด้วยกฎเซลล์ลูลาร์อัตโนมัติ

3.3.3 โปรแกรม ArcGIS 10.2 เพื่อวิเคราะห์ทิศทางการไหลด้วยกฎการไหล 8 ทิศทาง

3.3.4 Google Map เพื่อประเมินผลแบบจำลอง

4. กรอบแนวคิดของการวิจัย



กรอบแนวความคิดของการทำวิจัย ได้แก่ ข้อมูลแบบจำลองพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ประกอบด้วยข้อมูลเวกเตอร์ ข้อมูลราสเตอร์และข้อมูล ตาราง ดำเนินการวิจัยโดยการวิเคราะห์ลักษณะการระบายน้ำ การวิเคราะห์ทิศทางการไหล การวิเคราะห์การไหลสะสม และวิเคราะห์เส้นทางน้ำและขอบเขตลุ่มน้ำ ด้วยกฎการไหล 8 ทิศทาง (D8) โดยโปรแกรม ArcGIS เปรียบเทียบกับกฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า โดยใช้โปรแกรม Mathematica ประเมินผลแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบกับขอบเขตแหล่งน้ำจากฐานข้อมูล Google Map แทนการออกสำรวจขอบเขตแหล่งน้ำในพื้นที่จริง นำผลการประเมินแบบจำลองที่ได้มากำหนดพื้นที่ รับน้ำและกำหนดจุดระบายน้ำของพื้นที่ได้

5. นิยามศัพท์

5.1 อุทกภัยหรือน้ำท่วม หมายถึงภัยหรืออันตรายที่เกิดจากน้ำท่วม หรืออันตราย อันเกิดจากสภาวะที่น้ำไหลเอ่อล้นฝั่งแม่น้ำลำธาร หรือทางน้ำ เข้าท่วมพื้นที่ซึ่งโดยปกติแล้วไม่ได้อยู่ใต้ ระดับน้ำหรือเกิดจากการสะสมน้ำบนพื้นที่ซึ่งระบายออกไม่ทันทำให้พื้นที่นั้นปกคลุมไปด้วยน้ำ โดยทั่วไปแล้วอุทกภัยมักเกิดจากน้ำท่วม ซึ่งสามารถแบ่งเป็นลักษณะใหญ่ๆ ได้ 2 ลักษณะ คือน้ำท่วม ชิง/น้ำล้นตลิ่ง และน้ำท่วมฉับพลัน

5.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) หมายถึง กระบวนการ ทำงานเกี่ยวกับข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้กำหนดข้อมูลและให้รายละเอียด เชิงสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งเชิงพื้นที่ เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่ สัมพันธ์กับตำแหน่ง ในแผนที่ ตำแหน่ง เส้นรุ้ง เส้นแวง

5.3 แบบจำลองพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) หมายถึง การแสดงสภาพพื้นผิวภูมิประเทศในเชิงตัวเลข นำเสนอบนระบบคอมพิวเตอร์ได้ มักอยู่ในรูปแบบ ของราสเตอร์หรือ กริดความสูง

5.4 ทิศทางการไหล (flow direction) หมายถึงการหาทิศทางการไหลของน้ำจากจุดหนึ่งไป อีกจุดหนึ่งโดยรอบ 8 ทิศทาง (D8 algorithm) คือ ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งทิศทาง การไหลของน้ำจะขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศในทางภูมิศาสตร์

5.5 การไหลสะสม (Flow Accumulation) หมายถึงการวิเคราะห์ที่ต่อเนื่องมาจาก ขั้นตอนการวิเคราะห์ทิศทางการไหลโดยเซลล์ที่มีการไหลมาสะสมสูงจะถูกกำหนดให้เป็นช่องทางไหล ของน้ำ โดยคิดที่การส่งต่อค่าหน่วยของน้ำไปยังจุดหรือเซลล์ถัดไป ซึ่งสามารถนับค่าผลรวมที่เซลล์ตนเอง โดยบวกค่าสะสมที่นับมาจากจุดอื่นข้างเคียง

5.6 ขอบเขตลุ่มน้ำ (Watershed Delineation) หมายถึงกระบวนการวิเคราะห์ทิศทาง การไหลสะสมโดยการเชื่อมกริดของข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลขเพื่อคำนวณกริดของทิศทางการไหล (flow direction) แล้วประมวลผลรวมหน่วยการไหลสะสมของหน่วยข้อมูลที่ไหลจากพื้นที่ที่อยู่สูง กว่าลากเส้นแนวลำน้ำ

5.7 เซลลูลาร์ ออโตเมต้า (Cellular Automata) หมายถึงระบบพลวัตของการคำนวณ ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่าเซลล์ (cell) เรียงติดต่อกันเป็นตาราง (lattice) หรือเรียกว่ากริด (grid) ลักษณะรูปร่างของกริด อาจอยู่ใน 1 มิติ 2 มิติ 3 มิติหรือมากกว่า

5.8 โปรแกรม Mathematica หมายถึงโปรแกรมประยุกต์เชิงสัญลักษณ์ และเชิงตัวเลข ที่ช่วยในการคำนวณที่มีประสิทธิภาพ เป็นประโยชน์ทั้งด้านการศึกษาและการวิจัย โดยเฉพาะสาขา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์

5.9 โปรแกรม ArcGIS หมายถึงโปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ใช้ในการจัดการข้อมูลภูมิสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อตอบสนองความต้องการการใช้งานของหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐ และเอกชน สถานศึกษา ฯลฯ

5.10 Google Map หมายถึงบริการข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลแผนที่แบบเวกเตอร์ (Vector) ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ของ Google และภาพถ่ายจากดาวเทียมเช่นเดียวกับในกูเกิ้ลเอิร์ธ (Google Earth) สามารถเลื่อนขยายลดขนาดของแผนที่และสามารถสร้างเลย์เออร์เพื่อซ้อนกับแผนที่ได้ เพื่อใช้ในการสืบค้นสถานที่ เส้นทางการเดินทางรวมถึงการปักหมุดให้กับสถานที่ต่างๆ ได้

6. ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

6.1 ได้แบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข สำหรับการพยากรณ์ และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช

6.2 สามารถนำไปใช้ใช้เป็นแนวทางในการป้องกันและบรรเทาภัยน้ำท่วมที่มีผลในการวางแผนระยะสั้น หรือระยะยาวในการแก้ปัญหาอุทกภัยของจังหวัดนครศรีธรรมราช

6.3 สามารถนำไปใช้ในเพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ในการจัดทำแบบจำลองอุทกวิทยาให้กับหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง ที่อาจลดความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจของจังหวัด ลดความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่เกิดจากอุทกภัย

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนของทฤษฎีและงานวิจัยในและต่างประเทศจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ห้องสมุด ระบบอินเทอร์เน็ต โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. อุทกภัยหรือน้ำท่วม
2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)
3. แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM)
4. เซลลูลาร์ ออโตเมต้า
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. อุทกภัยหรือน้ำท่วม

อุทกภัยหรือน้ำท่วม (Flood) ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อนจะทำให้ประเทศไทยเกิดอุทกภัยในช่วงเดือนมีนาคม-เดือนธันวาคม และจะเกิดมากที่สุดในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ในทุกภาคของประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554) โดยเฉพาะภาคใต้ เนื่องจากภาคใต้ น้ำท่วมเป็นการไหลล้นของห้วงน้ำซึ่งทำให้แผ่นดินจมอยู่ใต้น้ำ คำว่า "น้ำเอ่อล้น" (flowing water) ยังอาจใช้กับการไหลเข้าของกระแสน้ำ น้ำท่วมอาจเป็นผลของปริมาณน้ำภายในแหล่งน้ำ เช่น แม่น้ำหรือทะเลสาบ ซึ่งไหลล้นหรือทลายคันดิน เป็นผลให้น้ำบางส่วนออกจากขอบเขตตามปกติของมัน ขณะที่ขนาดของทะเลสาบหรือแหล่งน้ำอื่นมีความแตกต่างกันตามการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและการละลายของหิมะตามฤดูกาล แต่น้ำนั้นมิใช่อุทกภัยที่สำคัญ เว้นแต่น้ำนั้นออกมากล้นพื้นที่ดินที่มนุษย์ใช้ เช่น หมู่บ้าน นครหรือพื้นที่อยู่อาศัยอื่น

การเกิดน้ำท่วมและประเภทของน้ำท่วม น้ำท่วมเป็นภัยธรรมชาติที่ก่อให้เกิดความเสียหายให้กับเมืองทั่วโลกมากกว่าภัยธรรมชาติประเภทอื่นๆ โดยทั่วไปแล้วน้ำท่วมเป็นผลมาจากการไหลบ่าของน้ำฝนที่มีปริมาณสูงกว่าความสามารถในการรองรับของ แม่น้ำและแหล่งน้ำธรรมชาติ ความรุนแรงของน้ำท่วมยังได้รับผลกระทบจากปัจจัยอื่น เช่น ดินโคลนถล่ม ความล้มเหลวของเขื่อนหรือคันกั้นน้ำ และลมพายุ สำหรับสถานการณ์น้ำท่วมในประเทศไทยมักมีสาเหตุมาจากสภาพภูมิอากาศและภูมิอากาศ นอกจากฝนที่เกิดจากลมมรสุมทั้งสองดังที่กล่าวแล้ว ยังมีอิทธิพลอื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่ อิทธิพลของร่องความกดอากาศ อิทธิพลของพายุหมุนหรือหย่อมความกดอากาศต่ำ ซึ่งมักเกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน เมื่อผสมรวมกันจึงทำให้ฝนตกต่อเนื่องโดยเฉลี่ยประมาณ 1,500 มิลลิเมตรต่อปี และหากบางปีมีปรากฏการณ์ลานีญาเข้ามาด้วยก็จะเป็นสาเหตุให้ฝนตกหนักมากขึ้น อันเป็นที่มาของการเกิดน้ำหลาก น้ำท่วมอย่างรุนแรง อย่างไรก็ตามความรุนแรงและรูปแบบของ

น้ำท่วม ยังมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ ได้แบ่งประเภทของน้ำท่วมในประเทศไทยออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1) น้ำป่าไหลหลาก หรือน้ำท่วมฉับพลัน มักจะเกิดขึ้นในที่ราบต่ำหรือที่ราบลุ่มบริเวณใกล้ภูเขาต้นน้ำเกิดขึ้นเนื่องจากฝนตกหนักเหนือภูเขาต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทำให้จำนวนน้ำสะสมมีปริมาณมากจนพื้นดิน และต้นไม้ดูดซับไม่ไหวไหลบ่าลงสู่ที่ราบต่ำเบื้องล่างอย่างรวดเร็ว ความรุนแรงของน้ำอาจทำให้บ้านเรือนพังทลายเสียหาย และเกิดอันตรายถึงชีวิตได้

2) น้ำท่วมหรือน้ำท่วมขัง เป็นลักษณะของน้ำท่วมที่เกิดขึ้นจากปริมาณน้ำสะสมจำนวนมากที่ไหลบ่าในแนวระนาบจากที่สูงไปยังที่ต่ำเข้าท่วมอาคารบ้านเรือน เรือกสวนไร่นาได้รับความเสียหาย หรือเป็นสภาพน้ำท่วมขังในเขตเมืองใหญ่ที่เกิดจากฝนตกหนักต่อเนื่องเป็นเวลานาน

3) น้ำล้นตลิ่ง เกิดขึ้นจากปริมาณน้ำจากฝนหนึ่งต่อเนื่องไหลลงสู่ลำน้ำหรือแม่น้ำมีปริมาณมากจนระบายลงสู่ลุ่มน้ำด้านล่างหรือออกสู่ปากน้ำไม่ทัน ทำให้เกิดสภาวะน้ำล้นตลิ่ง

จังหวัดนครศรีธรรมราช มักประสบปัญหาน้ำท่วมเป็นประจำในระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมเกือบทุกปี (ประเสริฐ มหากิจ, 2552) และ (คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ, 2560) เมื่อเกิดฝนตกชุกและติดต่อกันใน 2-3 วัน ถึงแม้ว่าจะไม่ใช่ฤดูดีเปรสชันหรือพายุไต้ฝุ่นก็ตาม

เหตุการณ์อุทกภัยเมืองนครศรีธรรมราชที่ผ่านมา

วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2542

วันที่ 24 พฤศจิกายน 2543

วันที่ 10 ธันวาคม 2546

วันที่ 25 พฤศจิกายน 2548

วันที่ 6 ธันวาคม 2548

วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2549

วันที่ 22 พฤศจิกายน 2551

วันที่ 25 พฤศจิกายน 2552

วันที่ 4 พฤศจิกายน 2553

วันที่ 3 เมษายน 2554

วันที่ 15 มกราคม 2555

วันที่ 25 พฤศจิกายน 2556

วันที่ 13 ธันวาคม 2557

วันที่ 18 กันยายน 2558

วันที่ 10 ธันวาคม 2559

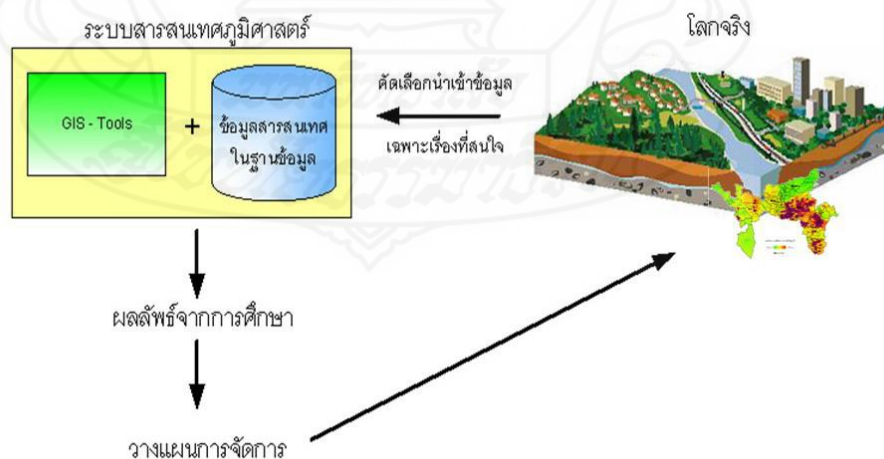
วันที่ 10 มกราคม 2560

2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System : GIS เป็นศาสตร์และศิลป์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีตำแหน่งอ้างอิงบนผิวโลก (Geospatial Data) โดยใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องคือ การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ระบบการกำหนดตำแหน่งบนผิวโลกด้วยดาวเทียมสำรวจ (Global Navigation Satellite System) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ในการบริหารจัดการข้อมูลอันประกอบไปด้วยการรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์สารสนเทศเชิงพื้นที่ (Geospatial Information) ที่นำไปใช้ประกอบการวางแผนและการตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ (ชัยวัฒน์ พรหมทอง, 2555)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยข้อมูลลักษณะต่างๆ ถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกัน ประกอบด้วย คอมพิวเตอร์ (Computer Hardware), โปรแกรมประมวลผล (Software Application), ฐานข้อมูล (Database), หน่วยงานหรือองค์กร (Organizations), และผู้เชี่ยวชาญในระดับต่างๆ (Professionals) ทำงานร่วมกันในการประมวลผล วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

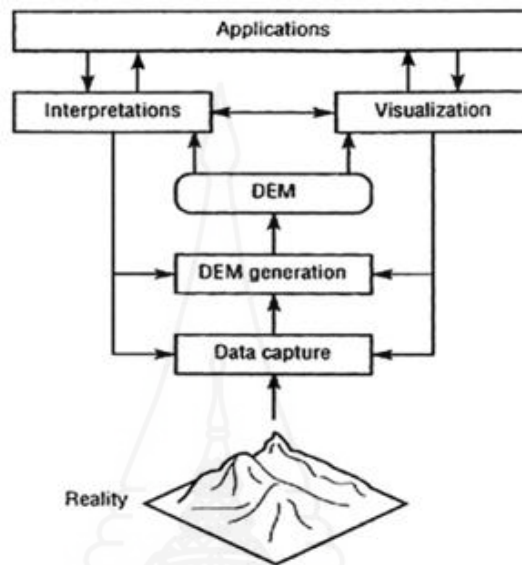
การใช้ระบบภูมิสารสนเทศสร้างแบบจำลองสามมิติของภูมิประเทศ เป็นการสร้างทรวดทรงจำลองลักษณะภูมิประเทศ โดยมีสัดส่วนทั้งในมิติทางราบและทางความสูงอย่างถูกต้อง เพื่อแสดงสภาพความสูงต่ำของภูมิประเทศ โดยใช้เทคโนโลยีของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการวิเคราะห์ภูมิประเทศ

ที่มา : ชัยวัฒน์ พรหมทอง (2555)

2.1 กระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิวสามมิติโดยระบบภูมิสารสนเทศ มีองค์ประกอบ 5 ประการดังแสดงในภาพที่ 2.2 รายละเอียดดังนี้คือ



ภาพที่ 2.2 แสดงแผนผังการสร้างแบบจำลองความสูงที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน

ที่มา : ชัยวัฒน์ พรหมทอง (2555)

2.1.1 การสำรวจหรือสกัดข้อมูลความสูงของพื้นผิวจากภูมิประเทศจริง (Data capture) เป็นการรวบรวมตำแหน่งทั้งทางราบและความสูงของภูมิประเทศ สามารถทำได้หลายวิธี และมีหลายเทคโนโลยีที่สามารถทำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยในหลายๆ อย่าง เช่น ความละเอียดถูกต้อง ปริมาณที่ต้องการ ตลอดจนปัจจัยภายนอก เช่น งบประมาณ เป็นต้น

2.1.2 การสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ (DEM generation) ในระบบภูมิสารสนเทศการแสดงผลพื้นผิวความสูงของภูมิประเทศสามารถทำได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับปัจจัย เช่น ปริมาณข้อมูล วิธีการที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ หรือวัตถุประสงค์ในการแสดงผล เป็นต้น

2.1.3 การแสดงผลในระบบ (Visualization) เป็นการนำข้อมูลเชิงตำแหน่ง มาประมวลผลร่วมกับแบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ และแสดงผลการแสดงผลในรูปแบบสองมิติ หรือสามมิติ ขึ้นกับการกำหนดวิธีการแสดงผล และความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ

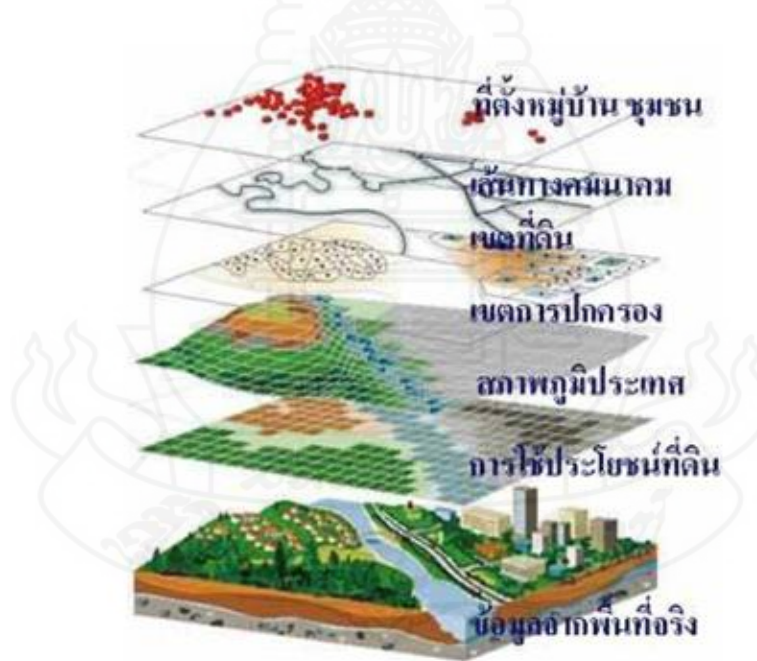
2.1.4 การวิเคราะห์ตีความแบบจำลอง (Interpretation) เป็นการนำข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล นำมาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ ตีความ โดยวิธีการหรือใช้แบบจำลองที่เหมาะสม ตามเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด เช่น การวิเคราะห์เส้นทางน้ำ การวิเคราะห์ดินตัดดินถม การวิเคราะห์ภูมิประเทศ เป็นต้น

2.1.5 การนำไปประยุกต์ใช้งาน (Applications) เป็นการนำผลที่ได้จากส่วนต่างๆ ไปใช้ในการปฏิบัติงาน วางแผนต่างๆหรือบริหารจัดการ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ผลสำเร็จของการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในบางครั้งผู้เชี่ยวชาญต้องอาศัยการทดลองใช้งาน เพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าแบบจำลองให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ทำให้ในบางครั้งอาจจะต้องนำผลลัพธ์จากแบบจำลองมากกว่าหนึ่งแบบมาเปรียบเทียบผลจากการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง เพื่อให้ทราบว่าวิธีการใดมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด

2.2 ข้อมูลเชิงตำแหน่งในระบบภูมิสารสนเทศ

2.2.1 ข้อมูลในระบบจะประกอบด้วยข้อมูลในสองรูปแบบหลักคือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data)

1) **ข้อมูลเชิงพื้นที่** มีรูปลักษณะใน 3 ลักษณะ คือ จุด (Point), เส้น (Line) และพื้นที่รูปปิด (Polygon) เพื่อใช้แทนลักษณะของสิ่งต่างๆที่ปรากฏบนผิวโลกเช่น สถานที่แทนด้วยรูปแบบจุด เส้นถนน หรือทางน้ำ แทนด้วยรูปแบบเส้น พื้นที่ป่าไม้ ขอบเขตการปกครอง แทนด้วยรูปแบบของพื้นที่รูปปิด เป็นต้น ตัวอย่างประเภทข้อมูลเชิงพื้นที่ลักษณะต่างๆ แสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงประเภทข้อมูลเชิงพื้นที่ในลักษณะต่างๆ

ที่มา : ชัยวัฒน์ พรหมทอง (2555)

2) ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ เป็นข้อมูลที่ใช้อธิบายประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่นั้น เช่นเป็นจำนวนตัวเลข คำอธิบาย ชื่อเรียก ตรีรกศาสตร์ รหัส หรือแม้กระทั่งรูปภาพ ก็จัดได้ว่าเป็นข้อมูลเชิงคุณลักษณะประเภทหนึ่ง

2.2.2 การรังวัดข้อมูลความสูงของภูมิประเทศ เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติ (Height Data) ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศ ได้มาจากการสำรวจรังวัด สามารถทำได้หลายวิธี โดยขึ้นอยู่กับความถูกต้อง ระยะเวลา ค่าใช้จ่าย และการครอบคลุมพื้นที่การสำรวจ หรือปัจจัยอื่นๆ ตามความต้องการ โดยสรุปแล้ววิธีที่เป็นที่นิยมสามารถรังวัดหาค่าระดับสูงได้ 3 วิธี คือ

1) การรังวัดภาคพื้นดิน (Terrestrial Survey) การสำรวจภาคพื้นดินเป็นการกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกด้วยวิธีการถ่ายค่าระดับจากจุดที่ทราบค่าไปยังจุดที่ต้องการทราบค่าความสูง โดยการเทียบความสูงต่าง สามารถทำได้จากเทคนิคการรังวัดต่างๆ เช่น การรังวัดด้วยกล้องระดับ การรังวัดด้วยกล้องวัดมุม หรือการรังวัดด้วยเทคนิคการสำรวจรังวัดสัญญาณดาวเทียมสำรวจ ผลลัพธ์ที่ได้จากการรังวัดภาคพื้นดิน จะมีลักษณะเป็นจุดความสูง (Spot Height) กระจายครอบคลุมพื้นที่ มีความถูกต้องของความสูงในระดับ มิลลิเมตร ถึง เซนติเมตร

2) การรังวัดด้วยภาพ (Image Survey) เป็นการหาค่าความสูงด้วยการนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับภาพถ่ายตั้ง (Orthophoto) มารังวัดค่าความสูงของจุดต่าง ๆ ในพื้นที่ ซึ่งเทคนิคแบบนี้จะให้ค่าความสูงในระดับ เดซิเมตร ถึง เมตร

3) การรังวัดด้วยเรดาร์หรือเลเซอร์ (Radar or Laser Scanner) เป็นการสำรวจระยะไกลที่ใช้คลื่นเรดาร์ หรือเลเซอร์ในการส่งสัญญาณไปกระทบวัตถุแล้วสะท้อนกลับมายังเครื่องรับสัญญาณโดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากธรรมชาติหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อสร้างพื้นผิวภูมิประเทศ ในการถ่ายภาพด้วยระบบเลเซอร์ถ้าใช้บนเครื่องบินจะเรียกว่า เครื่องกวาดภาพระบบเลเซอร์ทางอากาศ (Airborne Laser Scanner, ALS) ส่วนบนดาวเทียมจะเรียกว่า ระบบนำแสงตรวจจับและจัดการ (Light Detecting and Ranging, LiDAR) ในปัจจุบันเมื่อนำมาใช้ร่วมกับเทคนิคการสำรวจรังวัดด้วยสัญญาณดาวเทียม GPS โดยที่ความถูกต้องของค่าระดับจะอยู่ในช่วง 10 - 20 เซนติเมตร ส่วนการสำรวจด้วยเรดาร์ความถูกต้องของค่าระดับจะอยู่ในช่วง 10 - 25 เมตร

4) รายละเอียดการเปรียบเทียบวิธีการรังวัดหาค่าความสูงทั้ง 3 วิธี

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบความละเอียด และความถูกต้องของการรังวัดค่าระดับสูงจากหลายเทคนิค

Source	Resolution (m)	Accuracy	Footprint (km ²)	Post-processing requirements	Elevation/surface
Ground survey	Variable but usually <5 m	Very high vertical and horizontal	Variable, but usually small	Low	Elevation
GPS	Variable but usually <5 m	Medium vertical and horizontal	Variable, but usually small	Low	Elevation
Table digitizing	Depends on map scale and contour interval	Medium vertical and horizontal	Depends on map footprint	Medium	Elevation
On-screen digitizing	Depends on map scale and contour interval	Medium vertical and horizontal	Depends on map footprint	Medium	Elevation
Scanned topo-map	Depends on map scale and contour interval	Medium vertical and horizontal	Depends on map footprint	High	Elevation
Ortho-photography	<1	Very high vertical and horizontal	-	High	Surface
LIDAR	1-3	0.15- 1 m vertical, 1 m horizontal	30-50/h	High	Surface
InSAR/ISAR	2.5-5	1-2 m vertical, 2.5-10 m horizontal	Depends on method of acquisition	High	Surface
SRTM, Band C	90 (30)	16 m vertical, 20 m horizontal	Almost global, 60° N to 58° S	Potentially high	Surface
SRTM, Band X	30	16 m vertical, 6 m horizontal	Similar to B and C, but only every second path is available	Potentially high	Surface
ASTER	30	7-50 m vertical, 7-50 m horizontal	3600	Medium	Surface
SPOT	30	10 m vertical, 15 m horizontal	72,000 per swath	Medium	Surface

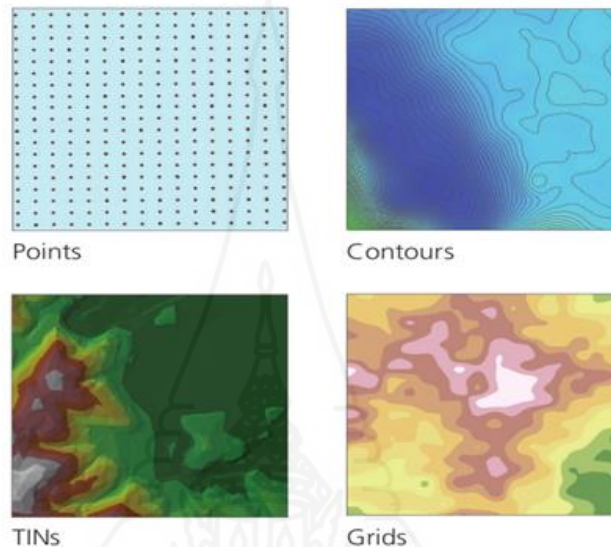
ที่มา : ชัยวัฒน์ พรหมทอง (2555)

2.3 แบบจำลองความสูงสามมิติของภูมิประเทศ

โดยปกติแล้วแผนที่ที่จะแสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นผิวที่ต่อเนื่อง ซึ่งแตกต่างจากการใช้หน่วยพื้นที่ (Raster) แสดงการใช้ที่ดิน ซึ่งเป็นลักษณะของข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) พื้นผิวความสูงที่ต่อเนื่องสามารถแสดงด้วย เส้นชั้นความสูง (Contour line) ซึ่งเสมือนเป็นรูปหลายเหลี่ยมที่ซ้อนกันอยู่เป็นชั้นๆ อย่างไรก็ตามเส้นชั้นความสูงไม่เหมาะที่จะใช้ในการวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numeric analysis) หรือการทำแบบจำลองมากนัก ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาวิธีการต่างๆ ที่จะสามารถแสดงการแปรเปลี่ยนทางความสูงต่ำของพื้นที่เชิงตัวเลขคือ แบบจำลองระดับสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model หรือ DEM) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีแต่ข้อมูลระดับความสูงเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Terrain Model หรือ DTM) ที่มีได้หมายถึงเฉพาะ ระดับความสูงเท่านั้น แต่ยังสามารถแสดงถึงข้อมูลลักษณะอื่นๆ ของภูมิประเทศด้วย เช่น ความชัน (Slope) การหันรับแสง (Aspect) หรือความสูงต่ำเชิงเงา (Shaded relief) เป็นต้น แม้ว่า DEM ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อจำลองระดับความสูงของพื้นผิว แต่วิธีนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการจำลองความแปรเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องของตัวแปรความสูงตัวอื่นๆ บนพื้นที่สองมิติได้อีกด้วย

2.3.1 การแสดงข้อมูลความสูงต่ำของพื้นผิวในระบบภูมิสารสนเทศ

1) การแสดงลักษณะพื้นผิวสามารถแสดงได้หลากหลายลักษณะ เช่น แสดงโดยใช้จุดความสูง (Spot Height) เส้นชั้นความสูง (Contour Line) โครงข่ายสามเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอ (Triangulated Irregular Network, TINs) และตารางกริด (Grid) ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงความสูง - ต่ำของพื้นผิวหลายรูปแบบในระบบภูมิสารสนเทศ

ที่มา : ชัยวัฒน์ พรหมทอง (2555)

2) *Points* เป็นแบบจำลองความสูงที่เก็บค่าระดับสูงและตำแหน่งพิกัด x และ y แบบจุดต่อจุด

3) *Contours* หรือ เส้นชั้นความสูง ประกอบไปด้วยสองส่วน คือ contour line หรือเส้นโค้งที่จุดทุกจุดบนเส้นจะมีค่าระดับสูงเท่ากัน และ contour interval เป็นช่วงต่างค่าระดับสูงในการแสดงเส้น contour line

4) *TINs* (Triangulated Irregular Network) คือ แบบจำลองความสูงที่เก็บข้อมูลในรูปแบบเชิงเส้น (vector) โดยจะเก็บตำแหน่งของจุดที่มีค่าระดับสูงที่แต่ละจุดจะมีเส้นเชื่อมกันเป็นรูปสามเหลี่ยมที่ไม่ซ้อนทับกัน

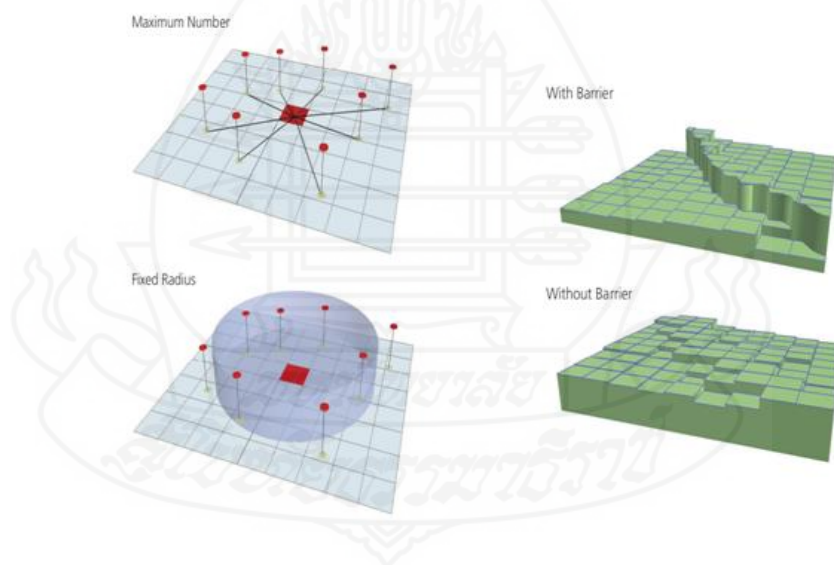
5) *Grids* คือ แบบจำลองที่ประกอบด้วยตารางกริดที่มีขนาดสม่ำเสมอ โดยที่ในแต่ละช่องจะเก็บค่าความสูงที่เป็นตัวแทนของกริดไว้

2.3.2 เทคนิคการประมาณค่าความสูงให้กับพื้นผิว (Interpolation Method)

การประมาณค่าความสูงให้กับพื้นผิวแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ วิธีการโดยตรง และวิธีการทางสถิติ วิธีการโดยตรงจะขึ้นอยู่กับจุดที่ทราบค่าความสูง หรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ประมาณค่าให้กับจุดตัวอย่าง ส่วนวิธีการทางสถิติเป็นวิธีการทำนายค่าให้กับแบบจำลองความสูงโดยการประยุกต์ใช้วิธีการทางสถิติมาใช้งาน โดยที่วิธีการนี้จะทำให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ณ จุดต่างๆ ของพื้นผิวระดับสูงได้ เนื่องจากในความเป็นจริง เราไม่สามารถเข้าไปในทุก ๆ ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาได้ เพื่อให้ได้ค่าความสูงในทุกๆ พื้นที่ ดังนั้นการสุ่มเก็บตัวอย่างเพียงบางจุด และใช้การทำนายค่าที่เป็นไปได้ให้กับตำแหน่งที่ไม่ได้สำรวจค่าความสูงโดยตรง จึงเป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการสร้างแบบจำลองความสูง สำหรับวิธีการต่าง ๆ ในการประมาณค่าความสูงให้กับพื้นผิวนั้น มีวิธีการและรายละเอียดที่จะต้องพิจารณา ดังต่อไปนี้

1) *ควบคุมการประมาณค่าความสูงด้วยการจำกัดจำนวนจุดที่มาพิจารณา* เช่น จำนวนจุดข้างเคียงมากที่สุด หรือจำกัดรัศมีในการเลือกจุดข้างเคียง

2) *การควบคุมด้วยแนวเส้นอุปสรรค (Barrier)* เพื่อจำกัดการเลือกจุดข้างเคียงในการประมาณค่าความสูงให้กับจุดสุ่ม ซึ่งการเลือกจุดข้างเคียงจะไม่ทำข้ามแนวเส้นอุปสรรคนี้ เทคนิคที่สนับสนุนการทำหน้าที่ของเส้นอุปสรรคนี้ คือ เทคนิคที่เรียกว่า IDW (Inverse Distance Weight) และ Kriging



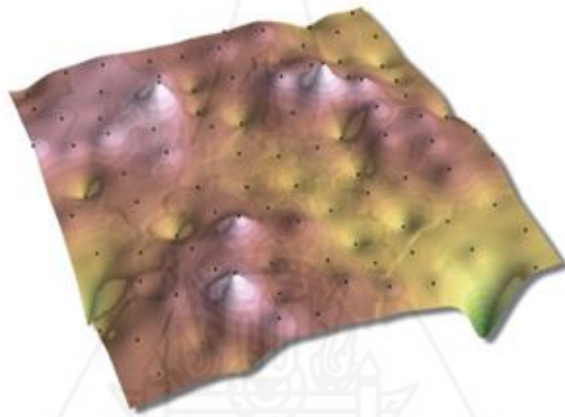
ภาพที่ 2.5 (ก) แสดงการควบคุมวิธีการประมาณค่าความสูงให้กับกริดสามารถทำได้โดยการกำหนดจำนวนจุด หรือกำหนดขอบเขตในการอ่านค่าความสูงของจุดที่ทราบค่ามาใช้ประมาณค่าให้กับจุดตัวอย่าง

(ข) Barriers จะแสดงแนวเส้นบนพื้นผิวเพื่อแสดงให้เห็นความไม่ต่อเนื่องของระดับข้อมูลวิธี

IDW และ Kriging จะเป็นวิธีที่สามารถใช้ Barriers ช่วยในการควบคุมการประมาณค่าพื้นผิวได้

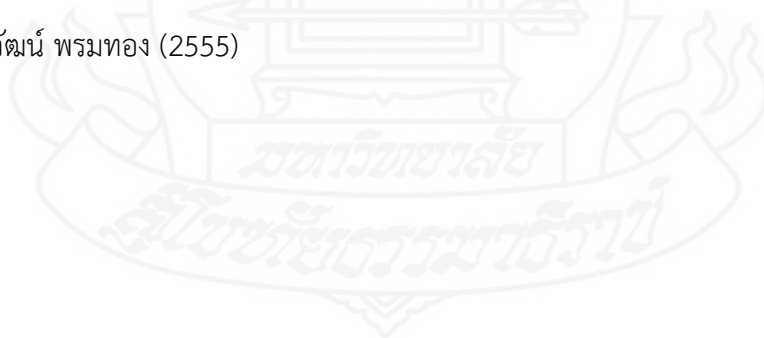
3) เทคนิคการประมาณค่าความสูงโดยวิธีการ *Inverse Distance Weighted (IDW)* วิธีการประมาณค่าแบบ IDW (ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก) จะสมมติว่าจุดระดับความสูงจะมีอิทธิพลในทางผกผันกับระยะทางสำหรับการกำหนดค่าระดับความสูงของแต่ละกริด (cell) กล่าวคือจุดระดับความสูงที่อยู่ใกล้กว่าจะมี ค่าความสำคัญหรืออิทธิพลในการกำหนดค่าความสูงของกริด (cell) นั้นๆ มากกว่าจุดระดับความสูงที่อยู่ไกลออกไป โดยสามารถกำหนดจำนวนจุด หรือ อาจใช้ทุกจุดที่ทราบค่าความสูงที่อยู่ในรัศมีที่กำหนดมาคำนวณหาค่าความสูงให้กริดผลลัพธ์ได้ วิธีการนี้เหมาะกับกรณีที่มีข้อมูลความสูงของพื้นที่สำรวจมีความหนาแน่นมาก

Inverse Distance Weighted

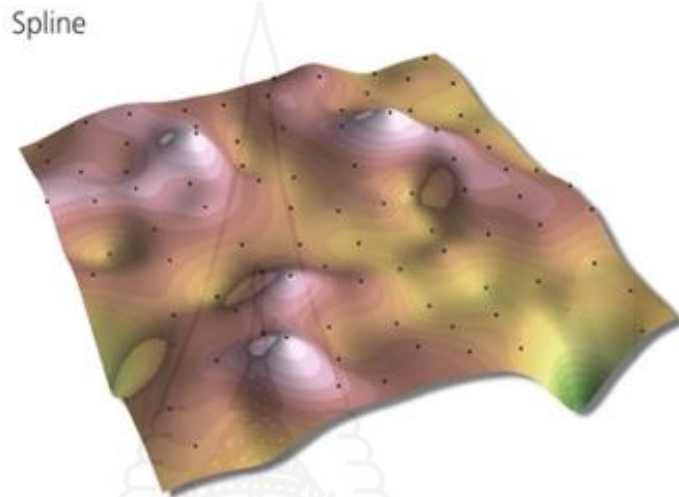


ภาพที่ 2.6 แสดงความสูง - ต่ำของพื้นผิวจากวิธีการ Inverse Distance Weighted

ที่มา : ชัยวัฒน์ พรหมทอง (2555)



4) เทคนิคการประมาณค่าความสูงโดยวิธีการ Spline เป็นวิธีการประมาณค่าทางพื้นที่เป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของไม้บรรทัดที่งอได้ โดยกำหนดค่าระดับความสูงของแต่ละกริด (cell) ด้วยการสร้างความโค้งตามพื้นผิวอย่างเหมาะสม สามารถปรับให้สอดคล้องกับจุดข้อมูลจำนวนไม่มากได้พอดี ดังนั้นจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับข้อมูลจุดที่มีไม่มากนักในพื้นที่

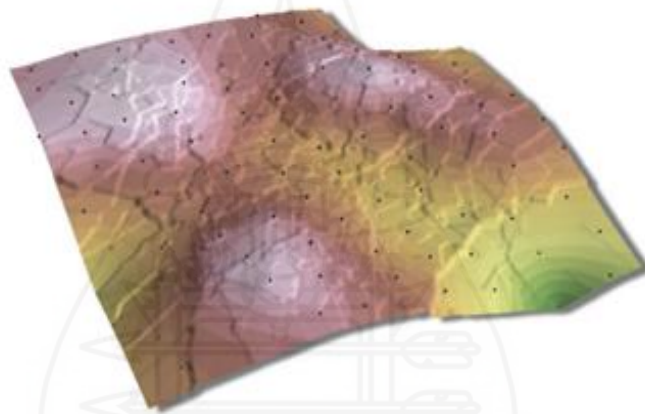


ภาพที่ 2.7 แสดงความสูง - ต่ำของพื้นผิวจากวิธีการ Spline

ที่มา : ชัยวัฒน์ พรหมทอง (2555)

5) เทคนิคการประมาณค่าความสูงโดยวิธีการ Kriging เป็นวิธีการประมาณค่าที่ทำ การสันนิษฐานจากระยะทาง หรือทิศทางระหว่างจุดตัวอย่างแต่ละจุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึง ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ที่สามารถนำมาใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับพื้นผิวได้ วิธีการ Kriging นี้จะทำการเลือกสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับจุดตัวอย่างที่เลือกไว้ หรือจุดตัวอย่าง ทั้งหมดภายในรัศมีที่กำหนด เพื่อให้ค่าผลลัพธ์ในแต่ละพื้นที่ออกมา Kriging ทำงานหลายขั้นตอนโดย ผสมผสานการสำรวจวิเคราะห์ค่าทางสถิติของข้อมูล การทำแบบจำลองแบบ Variogram การสร้าง พื้นผิว และยังมีส่วนเสริมให้สามารถตรวจดูความแปรปรวนของพื้นผิวได้อีกด้วย วิธีการนี้มักนิยมใช้ใน กรณีที่ต้องการทราบความสัมพันธ์ของระยะทาง หรือทิศทางที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล โดยมากมักใช้ทางปฐพีวิทยา และธรณีวิทยา

Kriging

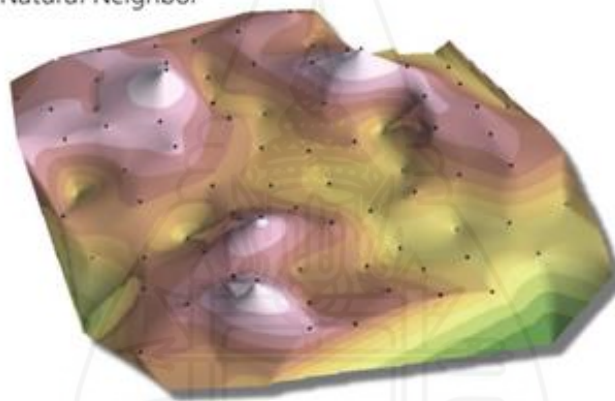


ภาพที่ 2.8 แสดงความสูง - ต่ำของพื้นผิวจากวิธีการ Kriging

ที่มา : ชัยวัฒน์ พรหมทอง (2555)

6) เทคนิคการประมาณค่าความสูงโดยวิธีการ *Natural Neighbor* เป็นเทคนิคเช่นเดียวกับ IDW การประมาณค่าด้วยวิธีนี้ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่อาศัยการเฉลี่ยน้ำหนักของข้อมูลที่ได้ อย่างไรก็ตามแทนที่จะหาค่ามาใส่ในกริดที่ต้องการทราบค่าประมาณโดยใช้จุดทุกจุดแล้วให้น้ำหนักไล่ระดับกันไป วิธีการนี้จะสร้างรูปสามเหลี่ยม Delauney ของจุดทราบค่าความสูง และเลือกมาเฉพาะจุดที่อยู่ใกล้กับจุดเชื่อมของสามเหลี่ยมรอบบริเวณกริดที่ต้องการประมาณค่า โดยน้ำหนักของค่าที่ใช้จะได้สัดส่วนกับพื้นที่นั้น ๆ วิธีการนี้เหมาะอย่างยิ่งหากต้องการสร้างพื้นผิวขึ้นมาจากจุดทราบค่าความสูงที่มีการกระจายตัวด้วย ความหนาแน่นแบบไม่แน่นอน เป็นเทคนิคการประมาณค่าความสูงที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดีในพื้นที่ผิวทั่วไปไม่ต้องการปรับค่าตัวแปรอย่าง รัศมี จำนวนของจุดข้อมูลที่ใช้ หรือน้ำหนัก

Natural Neighbor



ภาพที่ 2.9 แสดงความสูง - ต่ำของพื้นผิวจากวิธีการ Natural Neighbor

ที่มา : ชัยวัฒน์ พรหมทอง (2555)

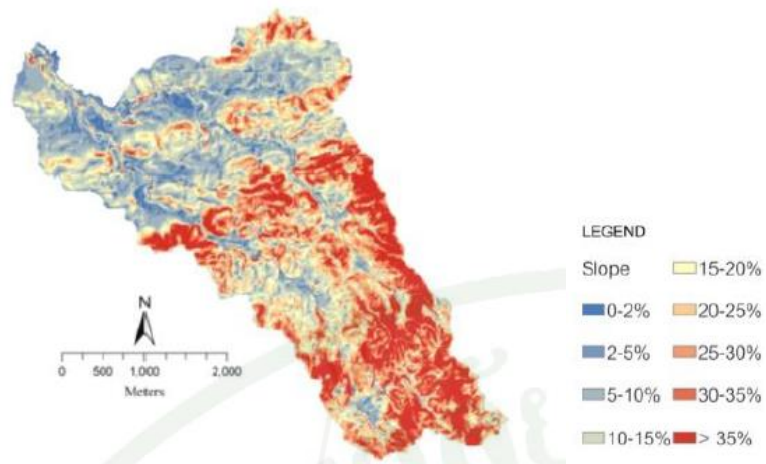
3. แบบจำลองพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข

แบบจำลองพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข (digital elevation model; DEM) เป็นข้อมูลแสดงชั้นความสูงภูมิประเทศในรูปแบบดิจิทัล ถูกสร้างและใช้กันอย่างแพร่หลายในงานที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์ (สุเพชร จิรัชจรกุล, 2555) โดยความหมายแล้วแบบจำลองความสูงเชิงเลข มี 2 รูปแบบ คือ 1) Digital Terrain Model (DTM) ที่แสดงพื้นผิวของโลก โดยมีการขจัดความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวทางกายภาพออกให้เหลือเฉพาะความสูงของพื้นผิวโลกจริงๆ และ 2) Digital Surface Model (DSM) ที่แสดงพื้นผิวของโลกโดยรวมเอาความสูงของพืชพรรณและสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้นเอาไว้ด้วยการอ่านค่าข้อมูลความสูงจากภาพถ่ายทางอากาศ

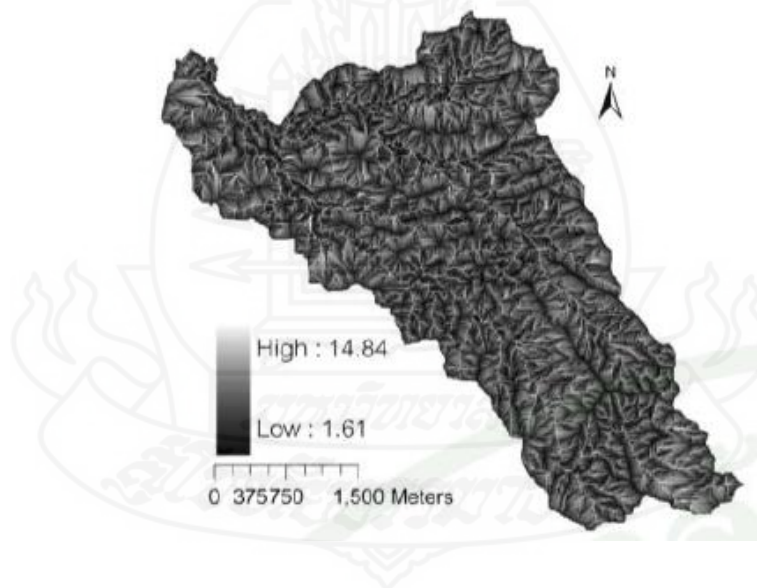
แบบสเตรียโอด้วยเครื่องวาดสเตรียโอเชิงวิเคราะห์หรือการสร้างเมทริกซ์ระดับความสูงโดยวิธีการประมาณค่า (Interpolation) และจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลตารางกริดหรือเมทริกซ์ระดับความสูง โดยแต่ละตารางกริดจัดเก็บค่าพิกัดบนผิวโลกที่มีการกระจายข้อมูลจุดอย่างสม่ำเสมอ ลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (กองภูมิสารสนเทศ, 2554) เป็นโครงข่ายสามเหลี่ยมสม่ำเสมอที่ต่อเนื่องกันเนื่องจากรูปสามเหลี่ยมเป็นรูปเรขาคณิตพื้นฐานในการสร้างภาพกราฟิก โดยทั่วไป สามารถแทนระนาบของพื้นผิวได้อย่างสมบูรณ์ มีด้านและจุดมุมที่ใช้ร่วมกันทำให้สามารถคำนวณค่าตัวแปรในสามมิติได้โดยง่ายและสามารถนำไปใช้กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบแรสเตอร์เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยระบบคอมพิวเตอร์ได้อย่างสะดวก

ประสิทธิ์ มากสิน (2554) เป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความสำคัญ ที่แสดงลักษณะภูมิประเทศในรูปแบบของข้อมูลดิจิทัล 3 มิติ โดยโครงสร้างของแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขมี 3 โครงสร้างหลักคือโครงสร้างในรูปแบบของกริดสี่เหลี่ยม (Grid DEM) โครงสร้างในรูปแบบของเส้นชั้นความสูง (Contour DEM) และโครงสร้างในรูปแบบของโครงข่ายสามเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอ (Triangulated Irregular Network; TIN) แสดงดังภาพที่ 8 ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้จะให้ค่าของลักษณะความสูงของพื้นผิวที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ความถูกต้องของแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขแตกต่างกันออกไปด้วย เช่น โครงสร้างแบบกริด หากสร้างด้วยขนาดกริดใหญ่ การแสดงรายละเอียดของพื้นที่จะน้อยลง หรือโครงสร้างแบบโครงข่ายสามเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอ หากข้อมูลจุดที่ใช้สร้างมีน้อย การแสดงความสูงของพื้นผิวจะมีความคลาดเคลื่อนสูง ซึ่งแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขส่วนใหญ่ถูกจัดเก็บในรูปแบบโครงสร้างตารางกริดสี่เหลี่ยมด้านเท่าและมีค่าประจำแต่ละกริดเป็นค่าความสูงของภูมิประเทศ

แหล่งที่มาของข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขในประเทศไทย อาจได้มาจากหลายหน่วยงาน เช่น กรมแผนที่ทหาร ใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูงระยะห่าง 20 เมตร จากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ที่ขนาดกริด 30 เมตร ความถูกต้องทางตั้ง (ความสูง) ประมาณ ± 15 เมตร มีรายละเอียดครอบคลุมทั่วทั้งประเทศ กรมพัฒนาที่ดินใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายออร์โธรีโธซีเชิงเลขมาตราส่วน 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 2.10-2.11 แสดงตัวอย่างการกระจายค่าความลาดชันและค่าพื้นที่รับน้ำสะสม ที่สร้างจากแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข ที่ขนาดกริด 5 เมตรของกลุ่มน้ำย่อยลำเสมา



ภาพที่ 2.10 แสดงการกระจายค่าความลาดชัน ที่ขนาดกริด 5 เมตร ของลุ่มน้ำย่อยลำเสมา
ที่มา : ประสิทธิ์ มากสิน (2554)



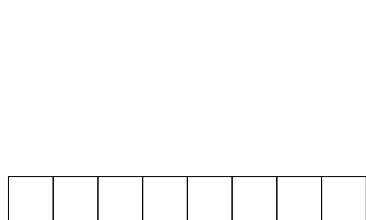
ภาพที่ 2.11 แสดงค่าพื้นที่รับน้ำสะสม ที่สร้างจากแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข ที่ขนาดกริด 5 เมตร
ของลุ่มน้ำย่อยลำเสมา

ที่มา : ประสิทธิ์ มากสิน (2554)

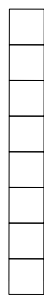
4. เซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า

นักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ค้นพบวิธีการจำลองด้วยเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า เป็นชาวเม็กซิโก ชื่อ จอห์น ฟอน นูมาน (John von Neumann) ประมาณปี ค.ศ.1940 โดยได้ทำการจำลองทางด้าน biological self-reproduction ต่อมาในปี ค.ศ. 1960 จอห์น คอนเวย์ (John Conway) นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้คิดค้นการจำลองด้านเกมมีชื่อว่า Game of Life ซึ่งเป็นโปรแกรมการจำลองที่มีชื่อเสียงมากที่สุดในขณะนั้น ต่อมาในช่วง ค.ศ. 1990- ค.ศ. 2000 วิธีการจำลองด้วยเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องและนำไปประยุกต์ใช้สร้างแบบจำลองของระบบที่ซับซ้อนได้ทุกสาขาวิชา (Chopard & Droz 1998, Gaylord & Wellin, 1994) เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ ธรณีฟิสิกส์ เคมี สังคมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สิ่งมีชีวิตจำลอง (Artificial Life) และวิศวกรรม

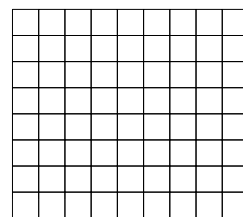
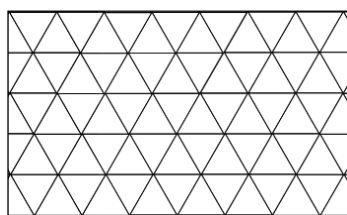
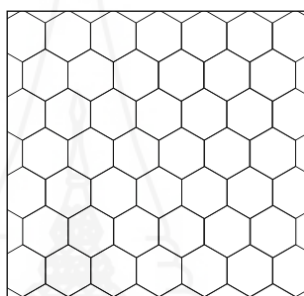
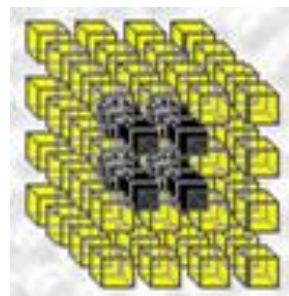
เซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า (Cellular Automata, CA) เป็นวิธีการจำลองปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของระบบไม่ต่อเนื่อง (discrete system) ส่วนประกอบของระบบประกอบด้วย พื้นที่ว่าง (space) เวลา (time) และสถานะ (state) วิธีการจำลองต้องกำหนดขอบเขตของปัญหาให้เป็นตาราง (lattice) หรือ (grid) บนตารางประกอบด้วยเซลล์ (cell) ลักษณะรูปร่างของตารางเป็นระบบ 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 2.12



(ก) แบบแถว



(ข) แบบตอม

(ค) ตารางแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส
(square lattice)(ง) ตารางแบบสามเหลี่ยม
(triangular lattice)(จ) ตารางแบบหกเหลี่ยม
(hexagonal lattice)(ฉ) ลูกบาศก์
(cube lattice)

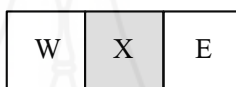
ภาพที่ 2.12 แสดงลักษณะรูปร่างของตารางแบบต่าง ๆ

ที่มา : ปานจิต มุสิก (2557)

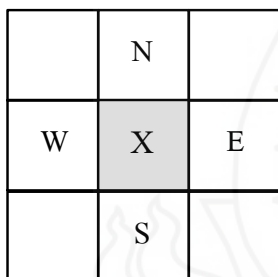
เซลล์เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของเซลล์ลูลาร์ ออโตเมตต้า แต่ละเซลล์อาจจะเรียกว่าไซต์ (site) หรือโหนด (node) รูปร่างของเซลล์โดยทั่วไปจะเป็นรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หรือ หกเหลี่ยม ทุกๆ เซลล์มีขนาดเท่ากันและมีลักษณะเหมือนกัน เซลล์มีหน้าที่เก็บข้อมูลที่เป็นค่าคงที่หรือตัวแปร จำนวนตัวคงที่หรือตัวแปรในเซลล์มีจำนวนจำกัดและมีค่าไม่ต่อเนื่อง (discrete state) การเปลี่ยนค่าตัวแปรของเซลล์ในตำแหน่งและเวลาใดๆ เขียนเป็นกฎเฉพาะที่ (local rules) หรือเรียกว่ากฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมตต้า (CA rules) การเขียนกฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมตต้า เพื่อเปลี่ยนค่าตัวแปรในเซลล์ขึ้นอยู่กับค่าตัวแปรในเซลล์ตำแหน่งนั้น ๆ และค่าตัวแปรของเซลล์ข้างเคียง (neighborhood) รอบ ๆ เซลล์นั้นๆ สำหรับเวลาที่ใช้คำนวณในระบบเป็นค่าไม่ต่อเนื่อง (discrete time) เรียกว่าช่วงเวลา (time step) การประยุกต์กฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมตต้า บนตารางในระหว่างการคำนวณแต่ละ time step คือนำกฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมตต้า ไปกระทำซ้ำหรือเรียกว่าการอัปเดต (update) บนตาราง ซึ่งการ

อัปเดตจะเกิดขึ้นพร้อมกันทุก ๆ เซลล์ และใช้กฎเหมือนกันทุกเซลล์ และต้องอัปเดตไปเรื่อย ๆ ในรอบ time step ถัดไป และหยุดอัปเดตระบบเข้าสู่ภาวะเสถียร (steady state)

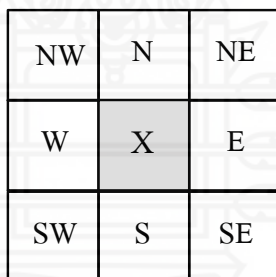
การแบ่งพื้นที่ของระบบเป็นเซลล์ให้แต่ละเซลล์มีชื่อเรียกว่าเซลล์ X เซลล์ที่อยู่ใกล้เคียงกับเซลล์ X (neighbor) หรือเป็นเซลล์ที่มีปฏิสัมพันธ์ (interacts) กับเซลล์ X เรียกกลุ่มเซลล์นี้ว่าเซลล์ข้างเคียงหรือเนบะฮูด (neighborhood) ของเซลล์ X ค่าของตัวแปรในแต่ละเซลล์ถูกควบคุมด้วยกฎเซลล์ลูลาร์อัตโนมัติ การเขียนกฎเซลล์ลูลาร์ อัตโนมัติในแต่ละแบบจำลองขึ้นอยู่กับชนิดของเนบะฮูดที่ใช้จำลอง ตัวอย่างของเนบะฮูดในระบบ 1 มิติ มีเซลล์รอบเซลล์ X จำนวน 2 เซลล์คือเซลล์ด้านขวาในทิศตะวันออก (east) และเซลล์ด้านซ้ายในทิศตะวันตก (west) แสดงไว้ในภาพที่ 2.13 (ก)



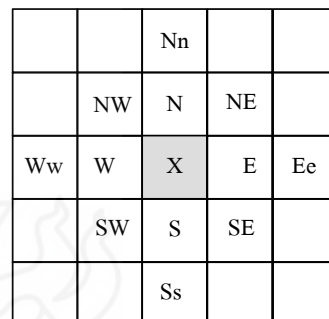
(ก) 1-D Neighborhood



(ข) 2-D von Neumann
Neighborhood



(ค) 2-D Moore
Neighborhood



(ง) 2-D MvonN
Neighborhood

ภาพที่ 2.13 แสดงชนิดของ Neighborhood

ที่มา : ปานจิต มุสิก (2557)

เนบออะฮูดที่นิยมใช้มากในโมเดล 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 แสดงดังภาพในที่ 2.13 (ข) เนบออะฮูดแบบที่ 2 คือ Moore neighborhood มีเซลล์ทั้งหมด 9 เซลล์ เซลล์ที่อยู่รอบเซลล์ X จำนวน 8 เซลล์ เป็นเซลล์เนบออะฮูดคือเซลล์ใน von Neumann Neighborhood 4 เซลล์ และอีกเซลล์ 4 เซลล์ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (northeast) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (southeast) ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (northwest) และทิศตะวันตกเฉียงใต้ (southwest) ระยะห่างระหว่างเซลล์มีค่าเท่ากับ 1 หน่วย และ $\sqrt{2}$ หน่วย แสดงไว้ดังภาพที่ 2.13 (ค) และ เนบออะฮูดแบบที่ 3 คือ จะมีเซลล์ทั้งหมด 13 เซลล์ อยู่โดยรอบเซลล์ X จำนวน 12 เซลล์ เป็นเซลล์เนบออะฮูดคือเซลล์ใน Moore Neighborhood และเซลล์อีก 4 เซลล์ใน ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก ระยะห่างระหว่างเซลล์มีค่าเท่ากับ 1 หน่วย $\sqrt{2}$ หน่วย หรือ 2 หน่วย ดังภาพที่ 2.13 (ง)

การจำลองโดยใช้เซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า ต้องเขียนโปรแกรมและประมวลผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ การเขียนโปรแกรมด้วยวิธีเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า มีขั้นตอนดังนี้คือ

1. กำหนดพื้นที่ว่างเป็นตารางโดยการสร้างเมตริกซ์ให้สมาชิกในเมตริกซ์มีจำนวนจำกัด
2. กำหนดค่าต่าง ๆ ของสมาชิกในเมตริกซ์เป็นจำนวนเต็ม จำนวนจริง กลุ่มข้อมูล (list) สัญลักษณ์ แทนตัวแปรหรือค่าคงที่
3. กำหนดฟังก์ชัน หรือกลุ่มของฟังก์ชัน เรียกว่ากฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า เพื่อใช้เปลี่ยนค่าสมาชิกในเมตริกซ์หรือค่าตัวแปร โดยการเปลี่ยนค่าของสมาชิกในเมตริกซ์ขึ้นอยู่กับค่าสมาชิกแต่ละตัวและค่าสมาชิกที่เป็นใช้เนบออะฮูด
4. อัปเดตฟังก์ชันบนเมตริกซ์ ในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันทั้งเมตริกซ์ จนกระทั่งระบบเข้าสู่ภาวะเสถียร

ปัจจุบันนี้ การจำลองโดยใช้เซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า ได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์มีความก้าวหน้า โดยคอมพิวเตอร์มีความเร็วและหน่วยความจำสูงขึ้นทั้งการคำนวณและการแสดงภาพกราฟฟิก ทำให้โปรแกรมการจำลองเขียนได้ง่ายขึ้นและประมวลผลได้รวดเร็ว ผู้ศึกษาการจำลองจะไม่เสียเวลากับการเรียนรู้การจำลองบนจอคอมพิวเตอร์ อีกทั้งคอมพิวเตอร์มีราคาถูกลง มีผลให้ผู้ศึกษาการจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์สามารถมีคอมพิวเตอร์ไว้ใช้เป็นสมบัติส่วนตัวได้ไม่ยากนัก หรือถ้าจะสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์ให้มีสมรรถนะสูง (high performance computing) ก็ทำได้โดยการนำคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องมาเชื่อมต่อกัน เรียกว่า

พีซีคลัสเตอร์ (PC Cluster) ซึ่งจะมีความสามารถในการทำงานสูงขึ้น โดยคำนวณตัวเลขจำนวนมากได้ในเวลาอันรวดเร็ว ซึ่งนำไปใช้คำนวณงานทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ สมรรถนะที่สูงขึ้นของเครื่องคอมพิวเตอร์ปัจจุบันยังผลให้การจำลองด้วยวิธีเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า มีประสิทธิภาพสูง การจำลองเหมือนปรากฏการณ์จริง ๆ ทำให้เกิดความรู้ใหม่ ๆ และได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนโลกได้อีกมากมาย

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลจากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดินระดับสูงเชิงเลข สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพอสรุปได้ดังนี้

สุพัตรา พุฒินาวรัตน์ (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่องการออกแบบและพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำสำหรับการจำลองอุทกภัย ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ (1) การจำแนกแหล่งน้ำจากการรับรู้ระยะไกล (2) การวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำ (3) การจำลองอุทกภัยโดยอาศัยการหลอมรวมข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุทกภัย ผลการวิจัยพบว่าสามารถจำแนกแม่น้ำในพื้นที่ศึกษาได้ โดยมีความแม่นยำ 95.91% ค่าความระลึกลับ 97.53% ค่าความถูกต้อง 99.93% และอัตราการรู้จำ 94.11% สำหรับการจำแนกน้ำสายย่อย ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของทิศทางการไหลที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอเปรียบเทียบกับทิศทางการไหลของวิธีสตรีมเบิร์นนิ่ง มีค่าอยู่ในระดับสูง โดยมีค่าเท่ากับ 0.91 และการจำลองการเกิดอุทกภัยโดยใช้แบบจำลองโอเพ่นไลเซ็ม (openLISEM) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอุทกภัยที่เกิดขึ้นจริงในจังหวัดปทุมธานี

ปานจิต มุสิก (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่องการบูรณาการข้อมูลสำรวจระยะไกลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้าสำหรับการจำลองน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนผิวดินของจังหวัดนครศรีธรรมราช และแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ด้วยโปรแกรม Mathematica การสร้างแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนผิวดิน โดยการเขียนโปรแกรมแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนผิวดิน มีทิศทางการไหล 8 ทิศ ด้วยวิธีของกฎเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองเป็นข้อมูลพื้นที่ระดับสูงเชิงเลขจากกรมพัฒนาที่ดิน มีความละเอียดของกริด 5x5 เมตร ผลการวิจัยพบว่ามีแบบจำลองที่พัฒนาค่าสอดคล้องกับการจำลองด้วยโปรแกรม ArcGIS 10 จึงทำให้สามารถนำแบบจำลองแสดงทิศทางการไหลของน้ำบนผิวดิน มาเป็นข้อมูลเพื่อหาทิศทางหลักของการไหลเพื่อนำไปใช้ในระบบของแบบจำลองน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช

อิศเรศ กะการดี และ เอกสิทธิ์ โฆสิต สกุลชัย (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่องการหาทิศทาง การไหลและขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ราบลุ่มด้วยข้อมูล DEM ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้คือ การวิเคราะห์ ลักษณะลุ่มน้ำจากข้อมูล DEM ด้วยวิธีมาตรฐานมีข้อจำกัด จึงต้องอาศัยเทคนิคต่าง ๆ เพื่อกำหนดทิศทาง การไหลของน้ำและขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ราบตอนล่างของลุ่มน้ำแม่กลองในเขตโครงการ ชลประทานแม่กลองใหญ่ การวิเคราะห์ลักษณะการระบายน้ำเลือกใช้วิธี D8 ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานใน ซอฟต์แวร์ GIS เป็นวิธีอ้างอิง ร่วมกับเทคนิค stream burning เพื่อปรับค่าระดับข้อมูล DEM ตามแนว คลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำ ซึ่งแบ่งเป็น 4 กรณี คือ (a) ใช้ข้อมูล DEM เพียงอย่างเดียว (b) ปรับลด ค่าระดับตามแนวคลองระบายน้ำ (c) ปรับเพิ่มค่าระดับตามแนวคลองส่งน้ำ (d) ปรับค่าระดับตามแนว คลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำ ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ด้วยวิธี D8 เพียงอย่างเดียวทิศทาง การไหลและขอบเขตลุ่มน้ำไม่สอดคล้องตามความเป็นจริง ส่วนการใช้ข้อมูลคลองส่งน้ำร่วมกับข้อมูล คลองระบายน้ำให้ผลลัพธ์สอดคล้องความเป็นจริงมากกว่าการใช้ข้อมูลคลองส่งน้ำหรือข้อมูลคลอง ระบายเพียงอย่างเดียว การเตรียมข้อมูลลักษณะการระบายน้ำที่สอดคล้องกับความเป็นจริงช่วยให้ การจำลองสภาพทางอุทกวิทยาในพื้นที่ราบลุ่มมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกพล ฉิมพงษ์ และ พงษ์ศักดิ์ จินดาศรี (2552) ได้ทำโครงการศึกษาการสร้าง แบบจำลองเตือนภัยน้ำท่วมด้วย Hec-Ras และ Hec-GgoRas จากข้อมูล DEM ของกระทรวงเกษตร และสหกรณ์ บริเวณลุ่มน้ำบางสะพาน จ.ประจวบคีรีขันธ์ ศึกษาโดยใช้โปรแกรม ARCGIS V.9.0 และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Hec-Ras กับแบบจำลอง Hec-GEORas การทำข้อมูล DEM โดย ทำการรวบรวมข้อมูลเส้นชั้นความสูง 2 เมตรซึ่งข้อมูลจากแหล่งต่างๆ จะถูกรวมให้เป็นข้อมูลเส้นชั้น ความสูง 2 เมตรเดียวกันในพื้นที่ลุ่มน้ำบางสะพาน จัดทำแบบจำลองภูมิประเทศ DEM โดยการใช้ ข้อมูลชั้นความสูง 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 เพื่อ ประกอบการตัดสินใจการบริหารจัดการน้ำในช่วงฤดูฝนในพื้นที่โครงการให้ทันต่อสถานการณ์และ เผยแพร่ ข้อมูลให้ราษฎรในพื้นที่รับทราบ ถ่ายทอดเทคโนโลยีและเผยแพร่ความรู้ให้กับเจ้าหน้าที่ของ สำนักชลประทานที่ 14 และเจ้าหน้าที่ของกรมชลประทานในการสร้างแบบจำลอง และเฝ้าระวัง ติดตามสถานการณ์อุทกภัยที่จะเกิดในพื้นที่ศึกษาได้

ประสิทธิ์ มากสิน (2554) ได้ศึกษาผลกระทบของขนาดกริดและแหล่งที่มาของ แบบจำลองความสูงเชิงเลขต่อการคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางด้านอุทกวิทยา แหล่งที่มาของข้อมูล DEM 3 แห่งได้แก่ 1) ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 2) ข้อมูล แผนที่ภูมิประเทศของ อบต.วังน้ำเขียว มาตราส่วน 1:10,000 3) ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข ของกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1:4,000 และใช้โปรแกรม ArcGIS สร้างข้อมูล 8 ขนาดกริด (5, 10, 20, 30, 40, 60, 80 และ 100 เมตร) พื้นที่ศึกษาคือลุ่มน้ำย่อยลำเสมาและลุ่มน้ำย่อยคลองอีเต่า ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำลำพระเพลิงตอนบน อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ผลการศึกษาพบว่าขนาดกริด มีผลกระทบต่อค่าคุณลักษณะภูมิประเทศและค่าพารามิเตอร์ ทางด้านอุทกวิทยาอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติทุกค่าที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยเฉพาะในช่วงขนาดกริด 5-30 เมตร ยกเว้นค่าระดับความ

สูงและพื้นที่ลุ่มน้ำ เมื่อขนาดกริดเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยของความลาดชัน ค่าสูงสุด-ต่ำสุดของความโค้ง-เว้า ค่าสัมฐานวิทยาลัยลุ่มน้ำ ค่าปัจจัยความยาวความลาดชัน ลดลง แต่ค่าพื้นที่รับน้ำสะสมและค่าดัชนีความเปียกชื้น เพิ่มขึ้น สำหรับแหล่งที่มา ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินให้รายละเอียดดีกว่าข้อมูลแหล่งอื่น ในเรื่อง ค่าความลาดชัน ปัจจัยความยาวความลาดชัน พื้นที่รับน้ำสะสมและค่าดัชนีความเปียกชื้น ข้อมูลจากกรมแผนที่ทหารให้รายละเอียดที่ดีกว่าในเรื่องค่าความโค้ง-เว้า การประเมินการสูญเสียดิน มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อขนาดกริดมากกว่า 10 เมตรขึ้นไป การประเมินปริมาณน้ำทำด้วยวิธี SCS-CN พบว่าขนาดกริดและแหล่งที่มาของข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความสัมพันธ์กับค่าพื้นที่ลุ่มน้ำ

ชญา ณรงค์ฤทธิ์ (2558) ได้ค้นคว้าวิจัยเรื่องผลของเทคนิคและรายละเอียดข้อมูล DEM ที่มีต่อการจัดทำข้อมูลเส้นทางการไหลของน้ำ โดยใช้ข้อมูลความสูงเชิงเลขที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 5, 30 และ 90 เมตร จาก DEM ทั้งหมด 4 แหล่ง ได้แก่ MOAC DEM, SRTM DEM, AW3D30 และ ASTER GRED โดยเลือกพื้นที่ตำบลวังบาลและตำบลบ้านเนิน อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบูรณ์ ผลการศึกษาพบว่า การกำหนดค่า threshold ที่ระดับต่างกัน มีผลต่อทั้งจำนวนของเส้นทางการไหลของน้ำและความถูกต้องเชิงพื้นที่ของเส้นทางการไหลของน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีค่า threshold ต่ำจะได้ค่าความถูกต้องสูงขึ้นของ DEM ทุกรายละเอียดข้อมูล DEM รายละเอียด 5 เมตรให้ความถูกต้องเชิงพื้นที่ที่สูงกว่า DEM ขนาดอื่นๆ โดยค่า threshold ที่ดีที่สุดของข้อมูลรายละเอียด 5 เมตรคือ 15 พิกเซล

สร้อยพงศ์ มุสิแก้ว (2552) ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขสำหรับการแสดงผลบน 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 เป็นซอฟต์แวร์ที่เปิดที่มีความสามารถในการขยายระบบการเชื่อมต่อ กับระบบให้บริการแผนที่อื่นๆ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต จึงเป็นช่องทางที่สามารถพัฒนาการให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขผ่านเครือข่ายได้

เดิร์กเกอร์ (2010) ศึกษากระบวนการสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการบริหารความเสี่ยงน้ำท่วมในฟลัน-เดิส ในส่วนใต้ของเบลเยียมซึ่งได้รับความเดือดร้อน และความร้ายแรงจากน้ำท่วมที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินในฐานะที่เป็นฟลัน-เดิส เป็นหนึ่งในภูมิภาคที่มีประชากรหนาแน่นที่สุดในโลกการบริหารจัดการน้ำก็เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อบรรเทาผลกระทบของภัยพิบัติ ในอดีตที่ผ่านมาแม่น้ำเฟลมิช ผู้นำเลือกที่จะระบายน้ำออกไปให้เร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้โดยการไหลสู่เขื่อนไปตามแม่น้ำ แต่วิธีนี้จะนำไปสู่น้ำท่วมสูง นอกจากนี้โครงสร้างพื้นฐานในการป้องกันน้ำสามารถทนทุกขุทรมานจากความล้มเหลวทางเทคนิคสร้างความเสียหายมากกว่าที่จะได้เกิดขึ้นถ้าไม่มีการป้องกันอยู่ในสถานที่ในการค้นหาทางออกที่ดีกว่าปัญหาที่เกิดขึ้น การใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) วิธีการตามระดับความเสี่ยงถูกสร้างขึ้นเพื่อประเมินปริมาณน้ำท่วมความเสี่ยงขึ้นอยู่กับรูปแบบทาง

อุทกวิทยาข้อมูลการใช้ที่ดิน และข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคม วิธีนี้ถูกนำมาใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์น้ำท่วม เครื่องมือประเมินความเสี่ยงที่เรียกว่า LATIS โดยการประเมินความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น และจำนวนของผู้เสียชีวิตจากน้ำท่วม LATIS มีความจำเป็นในการวิเคราะห์ความเสี่ยงได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

แซมราซิง (2010) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกล และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วมกรณีศึกษาแม่น้ำสีด้าศรีลังกา การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมหลายสาขาเทคโนโลยีเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบน้ำท่วมแบบจำลองน้ำท่วมได้รับการตรวจสอบโดยใช้การสำรวจพื้นดินความจริงที่ไม่น่าเชื่อถือในการศึกษาครั้งนี้ขอบเขตจำกัดจากภาพถ่ายดาวเทียมใช้ได้สำหรับคนที่อยู่ในเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นในปี 2008 ในแม่น้ำศรีลังกา เมื่อเทียบกับระดับที่ได้รับจากน้ำท่วมสำหรับปริมาณน้ำฝน 50 ปีใช้ HEC-HMS และ HEC-RAS และขอบเขตน้ำท่วมโครงการนี้คือการพัฒนา และตรวจสอบแสดงให้เห็นถึงระบบสารสนเทศเพื่อการวางแผน และจัดการโดยใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลด้วยความช่วยเหลือของแผนที่อันตรายน้ำท่วมเป็นระยะเวลาที่แตกต่างกัน (10,20,50 และ 100 ปี) ประเมินช่องโหว่ของประชากร และความเปราะบางทางกายภาพของการบริหารที่ต่ำที่สุดภายใต้ น้ำท่วมและการใช้ผลการดำเนินการวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วมของพื้นที่ศึกษา

ไล่เถา (2008) นำเสนอการพัฒนาแบบจำลองในการวิเคราะห์น้ำท่วมในเขตเมืองโดยการระบายน้ำผิวดิน ซึ่งชั้นข้อมูลนำเข้าประกอบด้วยพารามิเตอร์ของระดับความสูง (DEM) เส้นทางที่น้ำไหลผ่าน และแบบจำลองความสูงเชิงเลขความละเอียดสูง เพื่อใช้สำหรับศึกษา วิเคราะห์ความเสี่ยงของการเกิดอุทกภัย และออกแบบระบบเตือนภัย ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองสามารถจำลองสภาพการเกิดอุทกภัยได้ โดยสามารถนำมาใช้ได้ผ่านทางอินเทอร์เน็ต และ CD-ROM ซึ่งฐานข้อมูลนี้ของประเทศสหรัฐอเมริกาจะจัดให้มีขนาดของ Cell เป็น 30 เมตร ซึ่งมีค่าเหมาะสมกับการใช้ลากเส้นพื้นที่ลุ่มน้ำ และโครงข่ายแม่น้ำในพื้นที่เขตเมือง (Urban Areas) หรือ ในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก

จูราจ และโพโดรณิ (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 ในงานวิจัยนี้ใช้เนบออะฮูดแบบ Moore neighborhood ผลการวิจัยพบว่า การจำลองสอดคล้องกับสภาพพื้นที่น้ำท่วมจริง

บทที่ 3

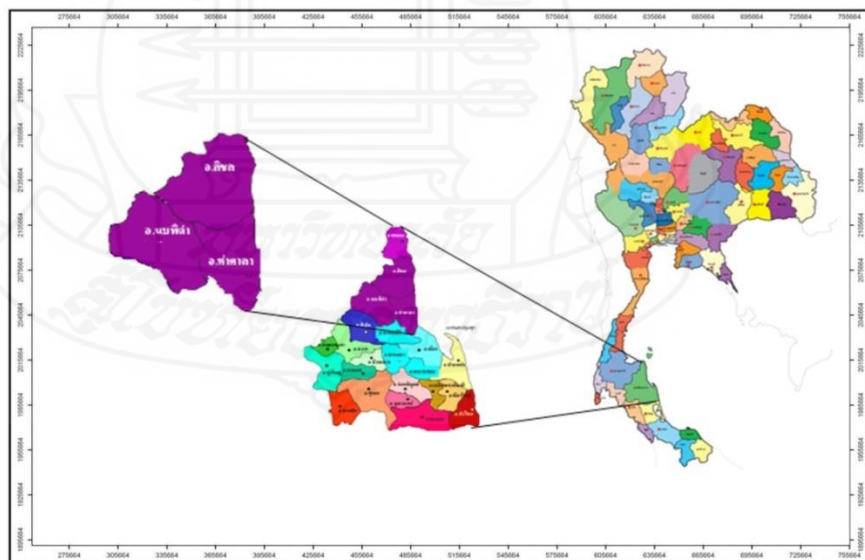
วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลขสำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งรายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

1. พื้นที่ศึกษา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย
3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา (Study Area)

พื้นที่ศึกษาคือ พื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ และพื้นที่ราบที่น้ำท่วมถึง บริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าหนและสาขาย่อย ในเขตอำเภอท่าศาลา อำเภอสิชล และอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช (th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดนครศรีธรรมราช) ดังในรูป 3.1 มีลำคลองหลัก 2 สาย คือคลองกลาย ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขานครศรีธรรมราชในเขตอำเภอนบพิตำ ไหลสู่อ่าวไทย บริเวณอำเภอท่าศาลา และคลองท่าหน ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขานครศรีธรรมราชตอนบน ไหลสู่อ่าวไทยบริเวณอำเภอสิชล



ภาพที่ 3.1 แสดงพื้นที่ศึกษา

ที่มา : ดัดแปลงจาก th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดนครศรีธรรมราช



ภาพที่ 3.2 แสดงขอบเขตของอำเภอต่าง ๆ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช

ที่มา : th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดนครศรีธรรมราช

1.1 อำเภอท่าศาลา

พื้นที่อำเภอท่าศาลาแบ่งเขตการปกครองออกเป็น 10 ตำบล 107 หมู่บ้าน มีพื้นที่ 363.891 ตารางกิโลเมตร

อำเภอท่าศาลาตั้งอยู่ทางทิศเหนือของจังหวัด มีอาณาเขตติดต่อกับเขตการปกครองข้างเคียงดังต่อไปนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอสิชล

ทิศตะวันออก ติดต่อกับอ่าวไทย

ทิศใต้ ติดต่อกับอำเภอเมืองนครศรีธรรมราชและอำเภอพรหมคีรี

ทิศตะวันตก ติดต่อกับอำเภอนบพิตำ



ภาพที่ 3.3 แสดงพื้นที่อำเภอท่าศาลา

ที่มา : th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 3.1 การแบ่งเขตพื้นที่ปกครอง เขตอำเภอท่าศาลา

ลำดับ	ชื่อตำบล	จำนวนหมู่บ้าน
1	ท่าศาลา (Tha Sala)	15
2	กลาย (Klai)	12
3	ท่าซื่น (Tha Khuen)	14
4	หัวตะพาน (Hua Taphan)	9
5	สระแก้ว (Sa Kaeo)	11
6	โมกคลาน (Mok Kalan)	15
7	ไทยบุรี (Thai Buri)	10
8	ดอนตะโก (Don Tago)	6
9	ตลิ่งชัน (Taling Chan)	8
10	โพธิ์ทอง (Pho Tong)	7

1.2 อำเภอนบพิตำ

อำเภอนบพิตำแบ่งเขตการปกครองออกเป็น 4 ตำบล 35 หมู่บ้าน มีพื้นที่ 720.156 ตารางกิโลเมตร

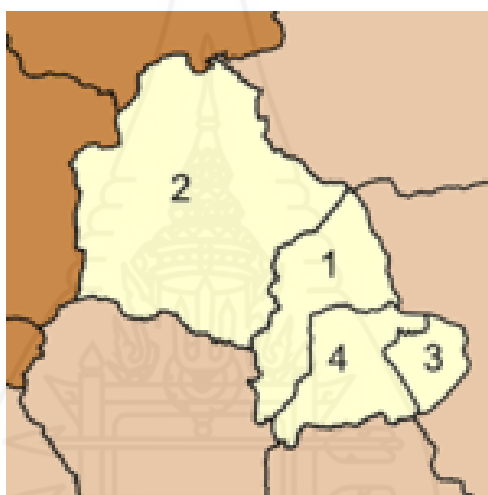
อำเภอนบพิตำตั้งอยู่ทางทิศเหนือของจังหวัด มีอาณาเขตติดต่อกับเขตการปกครองข้างเคียงดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอกาญจนดิษฐ์ (จังหวัดสุราษฎร์ธานี) และอำเภอสีชล

ทิศตะวันออก ติดต่อกับอำเภอท่าศาลา

ทิศใต้ ติดต่อกับอำเภอพรหมคีรีและอำเภอพิปูน

ทิศตะวันตก ติดต่อกับอำเภอบ้านนาสาร (จังหวัดสุราษฎร์ธานี)



ภาพที่ 3.4 แสดงพื้นที่อำเภอนบพิตำ

ที่มา : th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 3.2 การแบ่งเขตพื้นที่ปกครอง เขตอำเภอนบพิตำ

ลำดับ	ชื่อตำบล	จำนวนหมู่บ้าน
1	นบพิตำ (Nopphitam)	9
2	กรุงชิง (Krung Ching)	11
3	กะหรอ (Karo)	9
4	นาเหรียง (Na Reng)	9

1.3 อำเภอสิชล

อำเภอสิชลแบ่งเขตการปกครองออกเป็น 9 ตำบล 106 หมู่บ้าน มีพื้นที่ 703.1 ตารางกิโลเมตร

อำเภอสิชลตั้งอยู่ทางทิศเหนือของจังหวัด มีอาณาเขตติดต่อกับเขตการปกครองข้างเคียงดังต่อไปนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอขนอม

ทิศตะวันออก ติดต่อกับอำเภอเวียง

ทิศใต้ ติดต่อกับอำเภอท่าศาลาและอำเภอนบพิตำ

ทิศตะวันตก ติดต่อกับอำเภอกาญจนาดิษฐ์และอำเภอดอนสัก (จังหวัดสุราษฎร์ธานี)



ภาพที่ 3.5 แสดงพื้นที่อำเภอสิชล

ที่มา : th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 3.3 การแบ่งเขตพื้นที่ปกครอง เขตอำเภอสิชล

ลำดับ	ชื่อตำบล	จำนวนหมู่บ้าน
1	สิชล (Sichon)	10
2	ทุ่งปรัง (Thung Prang)	16
3	ฉลอง (Chalong)	11
4	เสาเผา (Sao Phao)	16
5	เปลียน (Plian)	14
6	สี่ขีด (Si Khit)	12
7	เทพราช (Theppharat)	13
8	เขาน้อย (Khao Noi)	7
9	ทุ่งไส (Thung Sai)	8

2. เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ข้อมูลแบบจำลองพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) มาตรฐาน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ขนาดระวาง 2 x 2 ตารางกิโลเมตร ข้อมูล ณ วันที่ 31 มีนาคม 2560

2.2 เครื่องมือการวิจัย

2.2.1 เครื่องพีซีคอมพิวเตอร์ Processor : Intel(R) Core (TM) i7-3930K CPU @ 3.2 GHz Installed memory (RAM) 8.0 GB

2.2.2 โปรแกรม *Mathematica* เพื่อวิเคราะห์ทิศทางการไหลด้วยกฎเซลล์ลูลาร์อัตโนมัติ

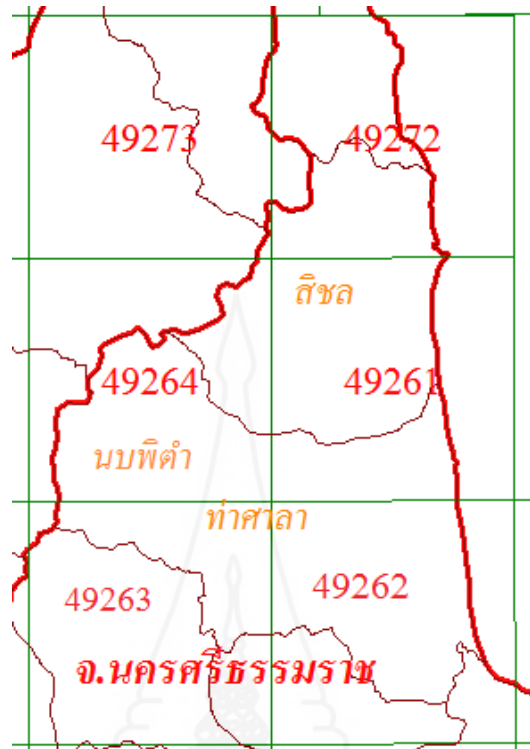
2.2.3 โปรแกรม *ArcGIS 10.2* เพื่อวิเคราะห์ทิศทางการไหลด้วยกฎการไหล 8 ทิศทาง

2.2.4 *Google Map* เพื่อประเมินผลแบบจำลอง

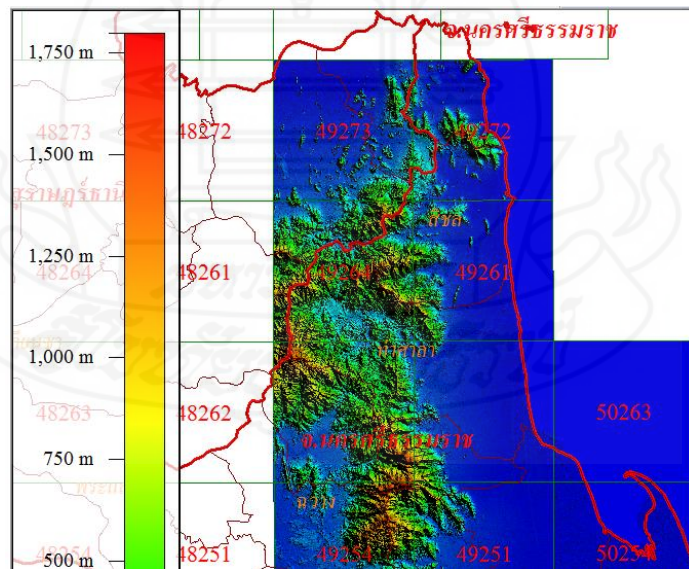
3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นเตรียมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองความสูงเชิงเลข

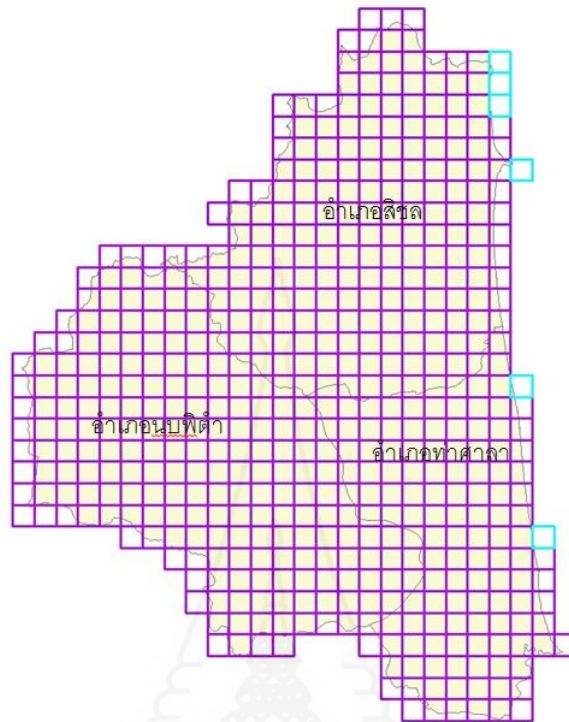
เตรียมข้อมูล DEM เฉพาะพื้นที่ศึกษาเพื่อสร้างแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขของพื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าหนและสาขาย่อย ในเขตอำเภอนบพิตำ อำเภอท่าศาลา และอำเภอสิชลของกรมแผนที่ทหาร มีความละเอียด 30x30 เมตร โดยจัดเก็บข้อมูลรูปแบบเมตริกซ์ด้วยโปรแกรม *Mathematica* หมายเลขระวาง 49273, 49272, 49261-49264 จำนวนทั้งหมด 6 ระวาง แสดงดังภาพที่ 3.6 แต่ละเซลล์จะมีข้อมูลตำแหน่งตามแผนที่ภูมิศาสตร์และระดับความสูงของพื้นที่ คือ (x,y,z) พื้นที่จำลอง แสดงดังภาพที่ 3.7 ขนาดพื้นที่ 27x27 ตารางกิโลเมตร/ระวาง พื้นที่จำลองทั้งหมดเท่ากับ 4,374 ตารางกิโลเมตร หรือมีกริดย่อย 4,860,000 เซลล์ แสดงดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.6 แสดงแผนที่อำเภออบพิตำ อำเภอท่าศาลา และอำเภอสีชล จังหวัดนครศรีธรรมราช



ภาพที่ 3.7 แสดงแบบจำลองพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข อำเภออบพิตำ อำเภอท่าศาลา และอำเภอสีชล จังหวัดนครศรีธรรมราช

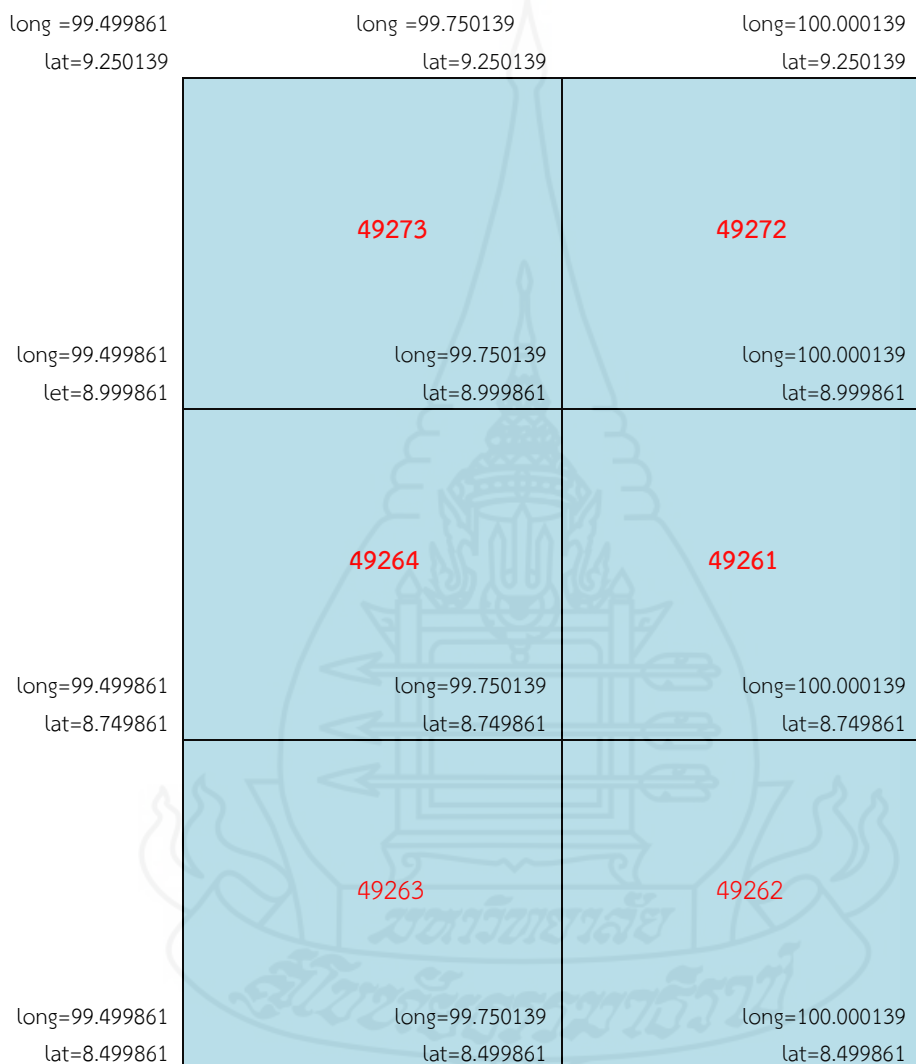


ภาพที่ 3.8 แสดงพื้นที่ศึกษาแสดงแบบกริดเซลล์ อำเภอทับปด อำเภอท่าศาลา และอำเภอสิชล
จังหวัดนครศรีธรรมราช



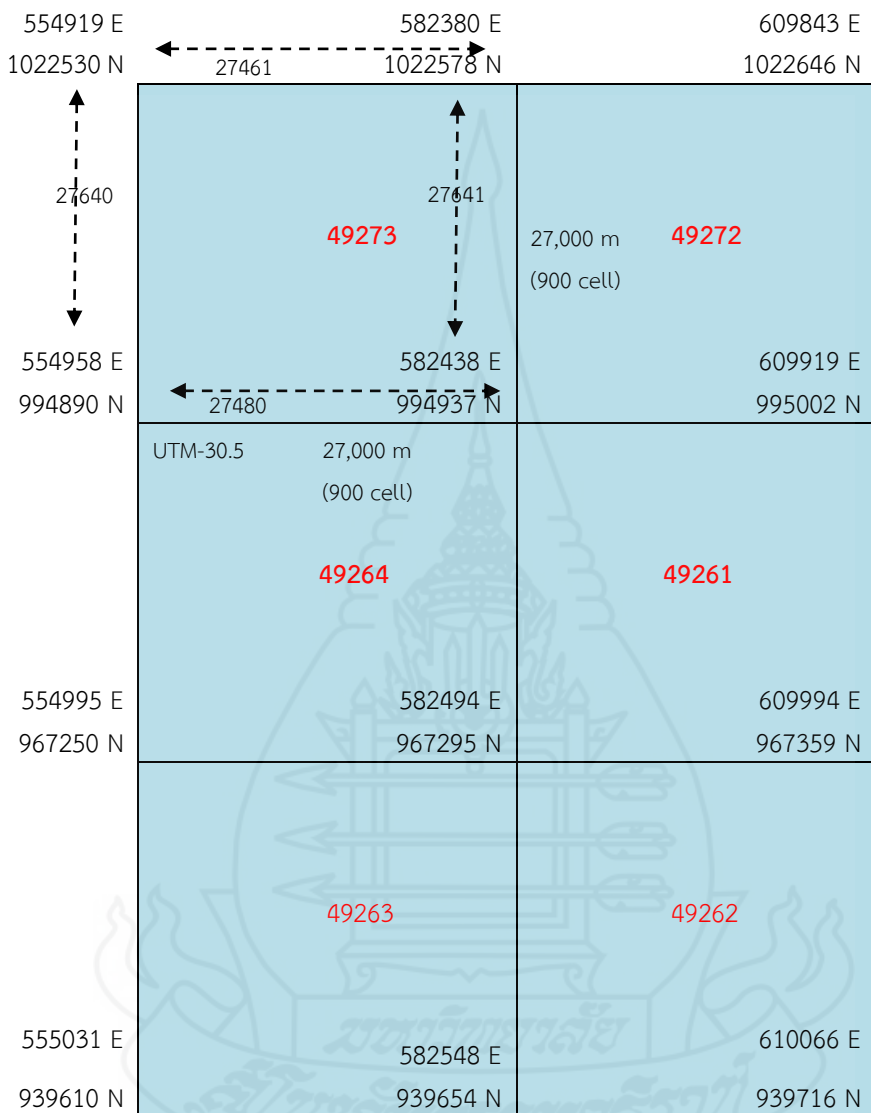
3.2 การนำเข้าข้อมูลแบบจำลองพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข

การนำเข้าข้อมูล DEM ในรูปแบบ ลงในคอมพิวเตอร์ของพื้นที่ศึกษาหมายเลขระวาง 49273, 49272, 49261-49264 จำนวน 6 ระวาง ไฟล์ข้อมูล DEM ของพื้นที่ศึกษาจัดเก็บแยกแต่ละระวาง แสดงดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 แสดงตำแหน่งอ้างอิงข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข จากกรมแผนที่ทหาร

ผู้วิจัยดำเนินการแปลงพิกัด latitude/longitude เป็น พิกัด Grid UTM / UTM Zone 32 Z แสดงดังภาพที่ 3.10



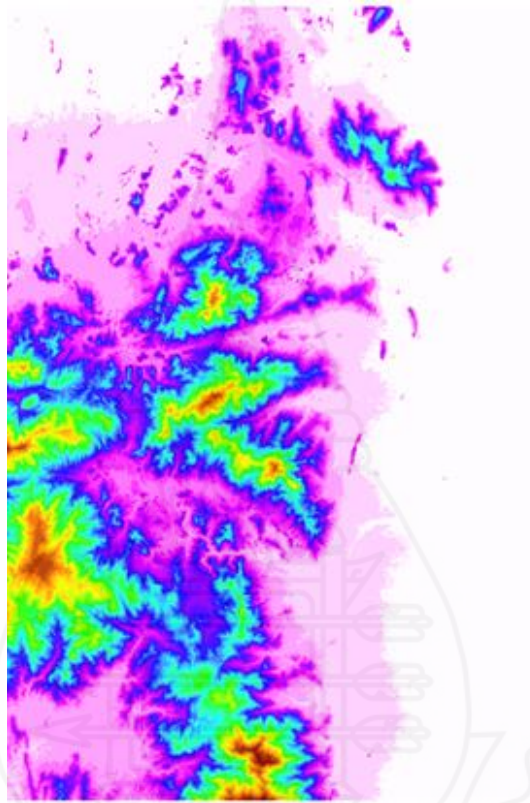
ภาพที่ 3.10 แสดงตำแหน่งอ้างอิงข้อมูลพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข ระบบ UTM

Easting: the x coordinate

Northing: the y coordinate

ข้อมูล 1 กริด (grid/ระวาง) = $27 \times 27 \text{ km}^2 = 729 \text{ km}^2 = 729,000,000 \text{ m}^2$ มีจำนวน เซลล์ 900 แถว และ 900 คอลัมน์ (Row, Column) = 900×900 เซลล์ = 810,000 เซลล์ ระวางที่ 1 หมายเลข 49273 ตำแหน่ง UTM มุมล่างซ้าย (554958, 994890) และมุมล่างขวา (582438, 994937) มุมบนซ้าย (554919, 1022530) และมุมบนขวา (609843, 1022646)

ขอบเขตพื้นที่แบบจำลองรวม พื้นผิวระดับสูงเชิงเลข = 6 (ระวาง) $\times 729 (\text{km}^2) = 4374 \text{ km}^2$ หรือพื้นที่กว้าง 54 km ยาว 81 km แสดงดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 แสดงข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลขที่รวมข้อมูลเป็นชุดเดียวกัน

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 การวิเคราะห์ทิศทางการไหล (Flow Direction) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับความลาดชันและทิศทางของความลาดชันของพื้นที่ที่มีผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำที่ไหลจากพื้นที่สูงลงสู่พื้นที่ต่ำและมีผลต่อการเกิดอุทกภัย เพราะเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่เป็นต้องใช้สำหรับกระบวนการคำนวณปริมาณการไหลสะสมเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำท่าสำหรับนำไปใช้ในการจำลองการเกิดอุทกภัย (บรรเจิด จิระนานนท์, ไชยยัน ศรีสม, และอานนท์ เก่งสาริการณ์, 2554) จากการศึกษาและวิเคราะห์ พบว่าทิศทางการไหลเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการพยากรณ์การเกิดอุทกภัย เพราะเป็นปัจจัยที่เป็นต้องใช้ในแบบจำลองอุทกภัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองทางอุทกวิทยา อย่างไรก็ตามสำหรับแบบจำลองประเภทที่ใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์หรือการวิเคราะห์ทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์นิยมใช้ทิศทางการไหลเป็นปัจจัยนำเข้าปัจจัยหนึ่งประกอบการวิเคราะห์หรือพยากรณ์การเกิดอุทกภัย นอกจากนี้ทิศทางการไหลที่ได้ยังมีผลต่อความถูกต้องของปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ การไหลสะสม และการวิเคราะห์ดัชนีภูมิประเทศอีกด้วย

3.3.2 การวิเคราะห์การไหลสะสม (Flow Accumulation) เป็นการวิเคราะห์ที่ต่อเนื่องมาจากขั้นตอนการวิเคราะห์ทิศทางการไหลโดยเซลล์ที่มีการไหลมาสะสมสูงจะถูกกำหนดให้เป็นช่องทางไหลของน้ำ โดยคิดที่การส่งต่อค่าหน่วยของน้ำไปยังจุดหรือเซลล์ถัดไป ซึ่งสามารถนับค่าผลรวมที่เซลล์ตนเองโดยบวกค่าสะสมที่นับมาจากจุดอื่นข้างเคียง และมีผลต่อการเกิดอุทกภัย เพราะเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่เป็นต้องใช้สำหรับกระบวนการคำนวณปริมาณน้ำท่าสำหรับนำไปใช้ในการจำลองการเกิดอุทกภัย (บรรเจิด จิระนานนท์, ไชยยัน ศรีสม, และอานนท์ เก่งสาริการณ์, 2554)

3.3.3 การวิเคราะห์เส้นทางน้ำและขอบเขตลุ่มน้ำ คือจุดที่น้ำจะไหลออกจากพื้นที่และเป็นจุดที่ต่ำที่สุด และอยู่บริเวณขอบของพื้นที่รับน้ำ และต้องมี Flow Direction ที่จะป็นข้อมูล Input โดยการเชื่อมต่อเซลล์หลายๆ เซล เป็นกริดย่อยบนพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข เพื่อคำนวณทิศทางการไหลของแต่ละกริดย่อย แล้วประมวลผลรวมหน่วยการไหลจากพื้นที่สูงกว่าการลากแนวเส้นลำน้ำ โดยกำหนดจากผลรวมการไหลสะสมที่มากที่สุด

3.3.4 ประเมินผลแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากข้อมูล DEM ด้วยเครื่องมือของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม ArcGIS 10.2 และโปรแกรม Mathematica จากฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรม แล้วเปรียบเทียบแบบจำลองกับฐานข้อมูล Google Map

บทที่ 4

ผลการวิจัย

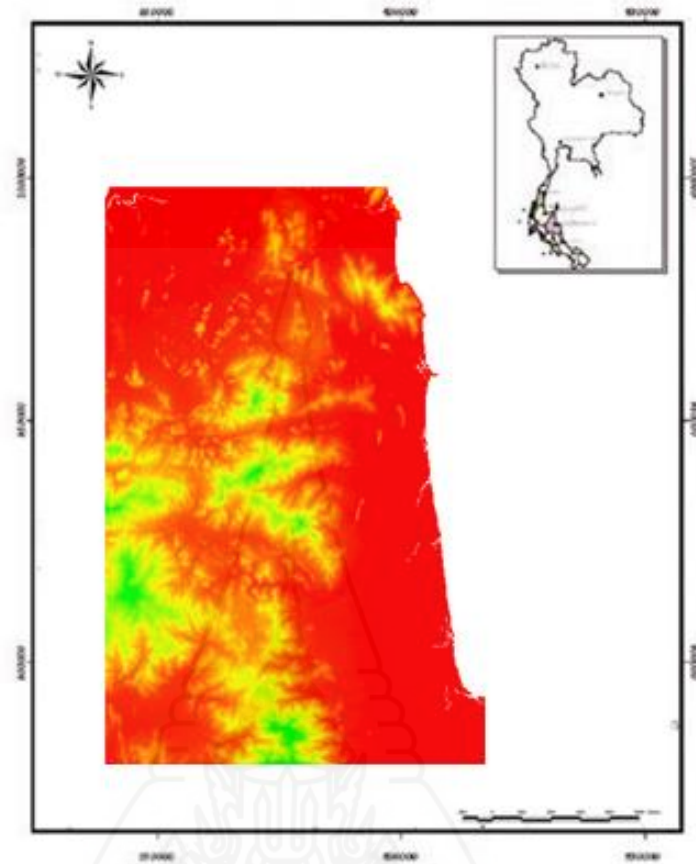
ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการวิจัยแสดงรายละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์ลักษณะการระบายน้ำ
2. การประเมินเส้นทางน้ำและพื้นที่ระบายน้ำ

1. การวิเคราะห์ลักษณะการระบายน้ำ

1.1 การวิเคราะห์ลักษณะการระบายน้ำด้วยโปรแกรม ArcGis 10.2

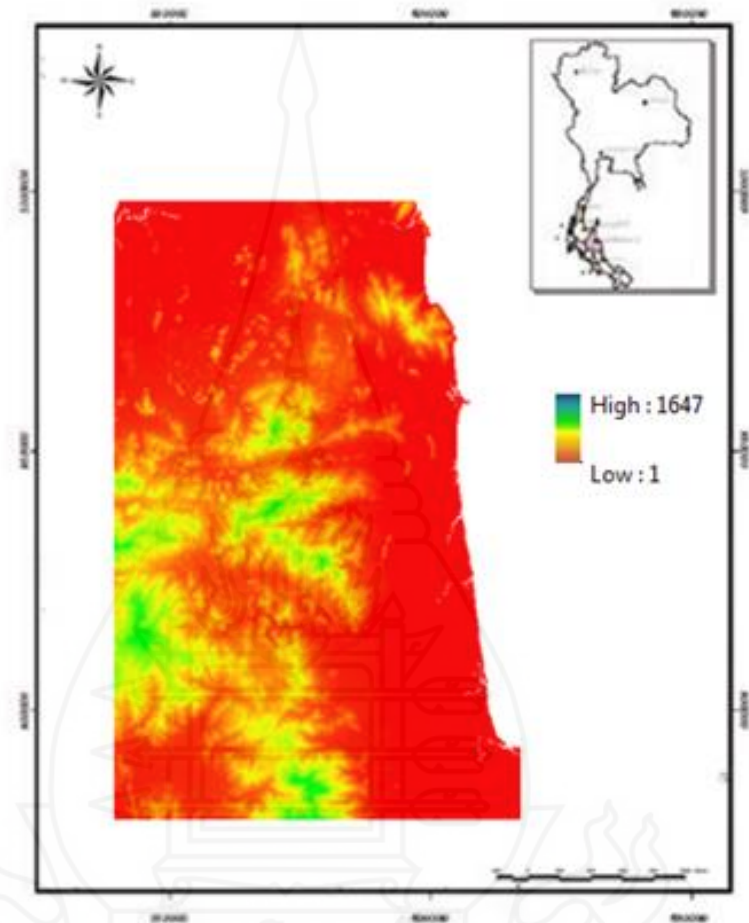
1.1.1 การวิเคราะห์ลักษณะการระบายน้ำ ได้เลือกข้อมูล เฉพาะพื้นที่ศึกษาเพื่อสร้างแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขของพื้นที่ศึกษา โดยการเตรียมข้อมูลบริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าหนและสาขาย่อย ในเขตอำเภอหนองปีตา อำเภอท่าศาลา และอำเภอสิชลของกรมแผนที่ทหาร การเติมเต็มพื้นที่ (Fill) ในพื้นที่ที่เป็นหลุมหรือต่ำ (Sink) กว่าบริเวณอื่น ๆ จะทำการปรับพื้นผิว โดยการเติมเต็มพื้นที่ในขณะที่หากบริเวณใดมีพื้นที่สูง (Peak) กว่าทั่วไป ก็จะทำให้การปรับให้มีความสูงใกล้เคียงกันพื้นที่ที่เป็นหลุมหรือสูงกว่าปกติเกิดจากความผิดพลาดของรายละเอียด ของข้อมูลหรือค่าความสูงแสดงได้ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงเตรียมข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข โดยการเติมเต็มพื้นที่ (Fill)

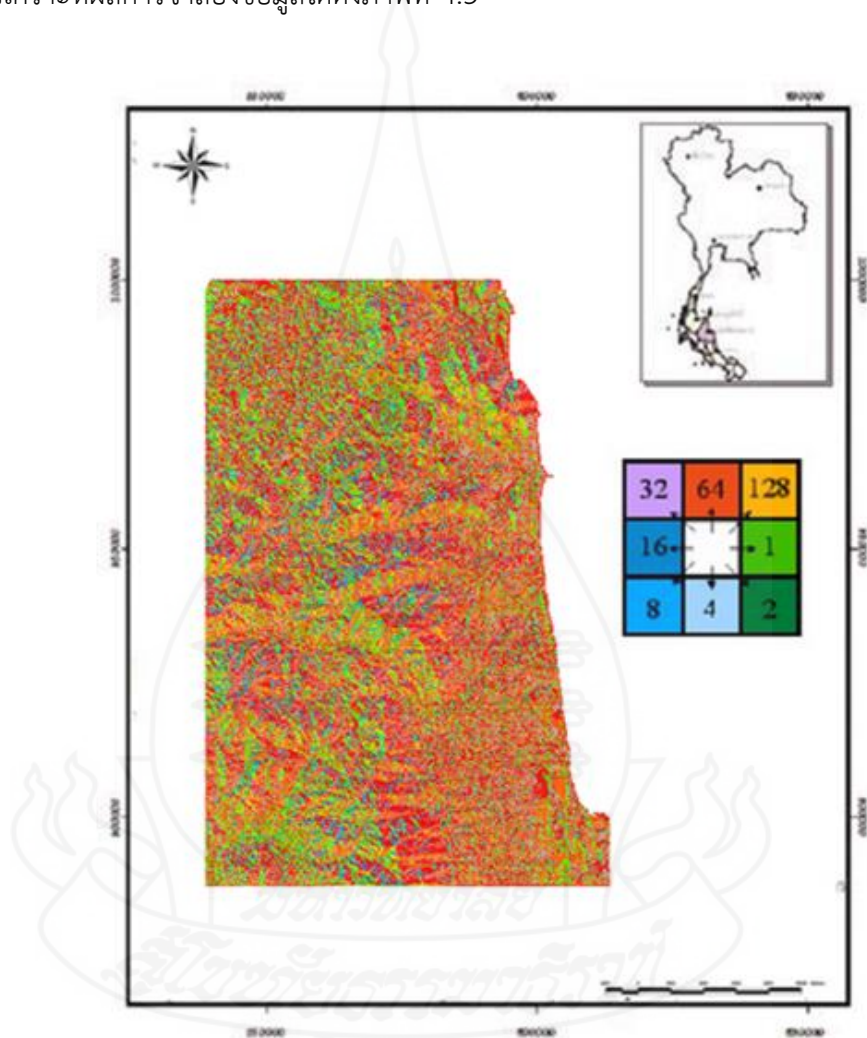


1.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะความสูงของพื้นที่เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการไหลของน้ำเป็นไปอย่างต่อเนื่อง (Slop) เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าความสูงของพื้นที่ศึกษา คือบริเวณที่มีสีเขียวและบริเวณสีแดงจะเป็นพื้นที่ราบ แสดงได้ดังภาพที่ 4.2



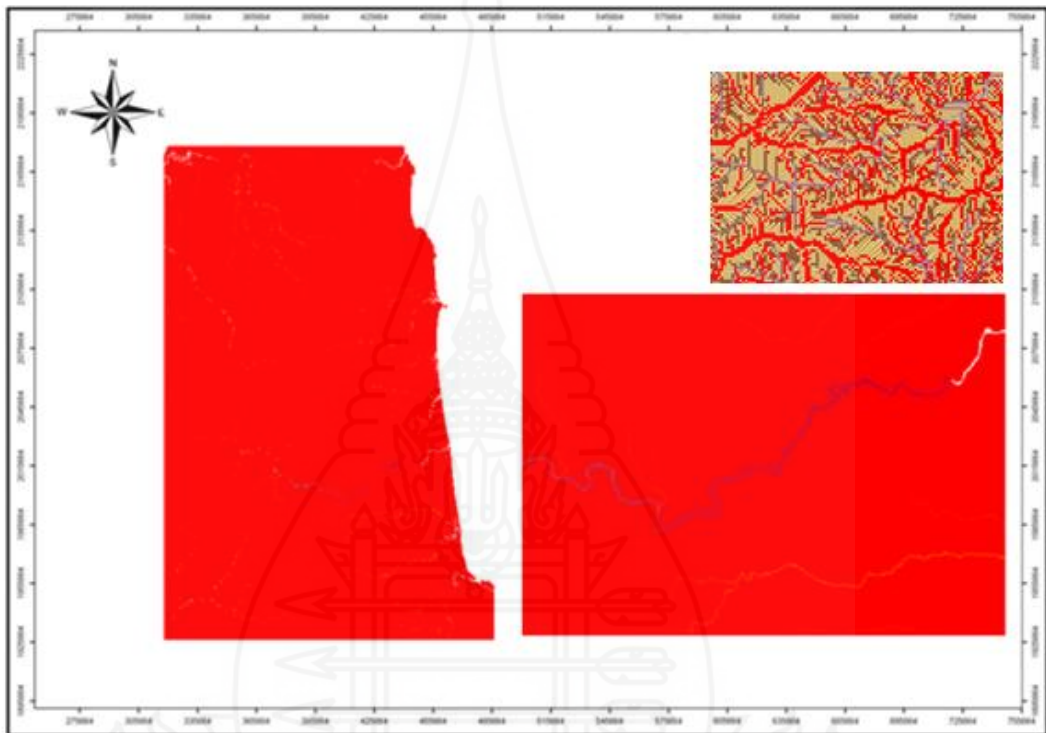
ภาพที่ 4.2 แสดงระดับความสูงของข้อมูล (Slop)

1.1.3 การวิเคราะห์ทิศทางการไหล (Flow Direction) เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าสีของข้อมูลมีลักษณะของสีที่ต่างกันบ่งบอกถึงทิศทางการไหลที่มีทั้งหมด 8 ทิศทาง ตามกฎของ D8 ตามค่าสีที่ระบุ คือ สีเขียวอ่อน มีค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 1 ไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ เป็นต้น ซึ่งบ่งบอกได้ว่าทิศทางของความลาดชันของพื้นที่มีผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำที่ไหลจากพื้นที่สูงลงสู่พื้นที่ต่ำ วิเคราะห์ผลการจำลองข้อมูลได้ดังภาพที่ 4.3



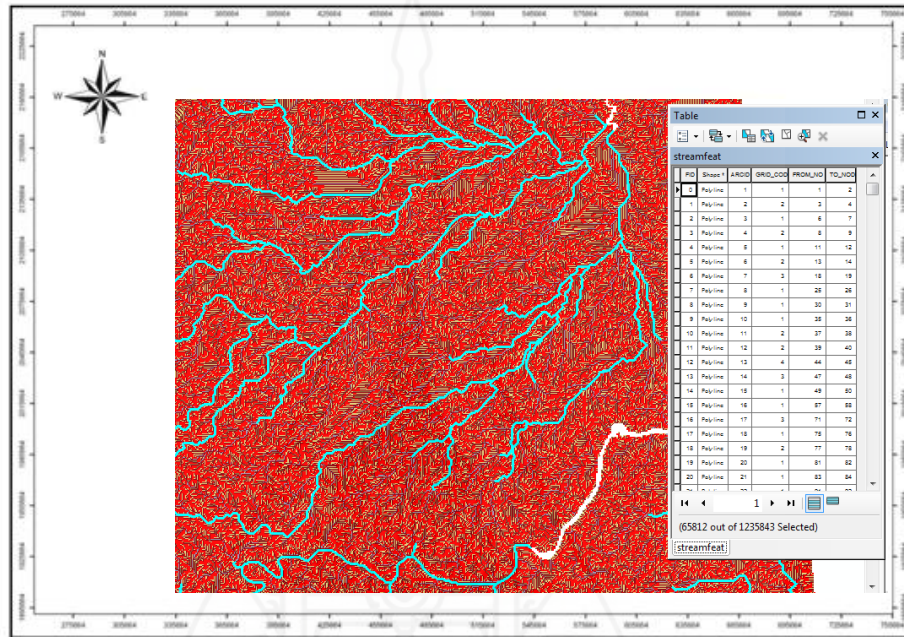
ภาพที่ 4.3 แสดงการวิเคราะห์ทิศทางการไหล (Flow Direction)

1.1.4 การวิเคราะห์การไหลสะสม (Flow Accumulation) เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าการไหลสะสมของทิศทางการไหล (Flow Direction) ตามลักษณะการวิเคราะห์จะเกิดเป็นเส้นทางน้ำจากพื้นที่ทั้งหมดทางด้านซ้าย และขยายตั้งภาพด้านขวาเพื่อให้เห็นเส้นทางการไหลสะสมได้ชัดยิ่งขึ้น โดยเซลล์ที่มีการไหลมาสะสมสูงจะถูกกำหนดให้เป็นช่องทางไหลของน้ำ โดยคิดที่การส่งต่อค่าหน่วยของน้ำไปยังจุดหรือเซลล์ถัดไป แสดงได้ดังภาพที่ 4.4



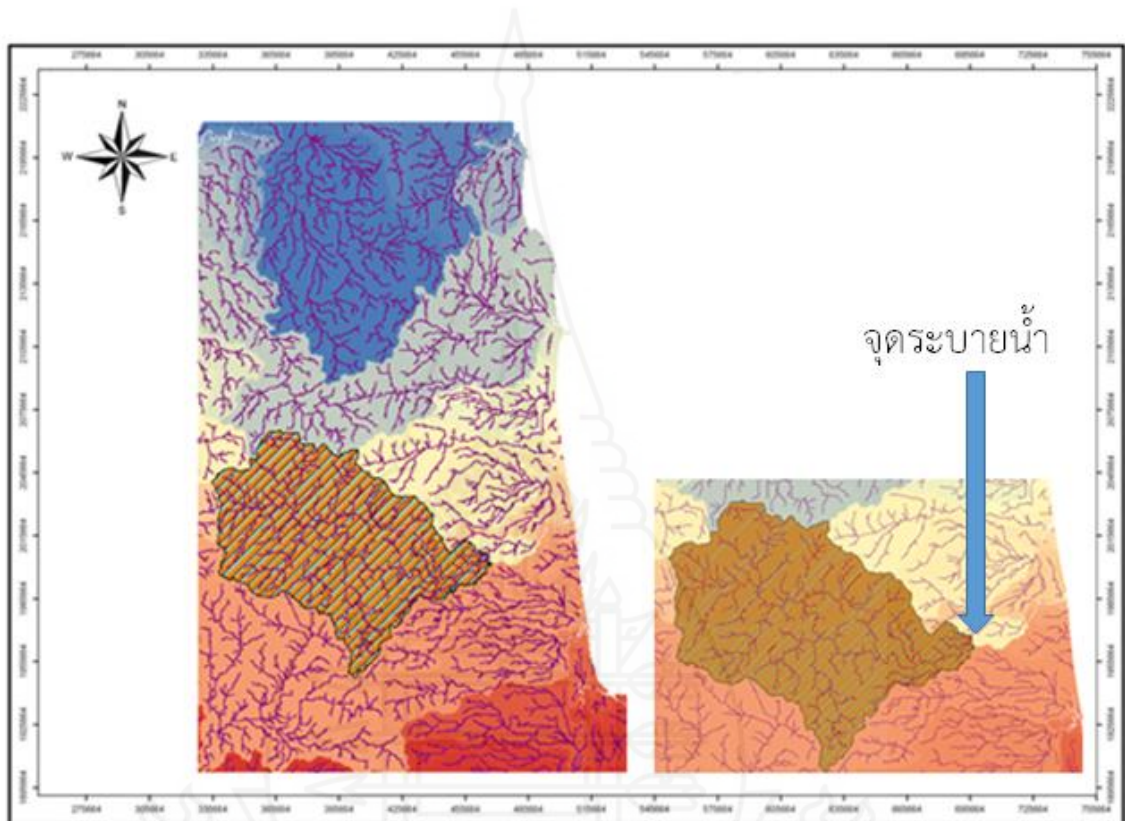
ภาพที่ 4.4 แสดงการวิเคราะห์การไหลสะสม (Flow Accumulation)

1.1.5 การวิเคราะห์เส้นทางน้ำหรือลำดับของลำน้ำ (Stream Order) จากภาพที่ 4.5 เมื่อพิจารณาจะเห็นได้ว่าลำดับชั้นของเส้นลำน้ำจะเห็นเส้นทางการไหลของลำน้ำจุดรวมต่างๆ และลำน้ำสาขาต่างๆ ไหลมารวมกัน โดยใช้วิธี Stream to features จากภาพจะทำการเลือกแม่น้ำสายหลักที่มีค่า Grid Code ≥ 5 มาแสดงข้อมูล แสดงได้ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 แสดงการวิเคราะห์เส้นทางน้ำหรือลำดับของลำน้ำ (Stream Order)

1.1.6 การวิเคราะห์เส้นทางน้ำและขอบเขตลุ่มน้ำ หรือการสร้างพื้นที่รับน้ำ Watershed หลังจากผู้วิจัยได้ทำการหาทิศทางการไหล การไหลสะสม ก็จะสามารถกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำเพื่อสร้างกำหนดพื้นที่ในการรับน้ำและกำหนดจุดระบายน้ำออกของแบบจำลอง แสดงได้ดังภาพที่ 4.6



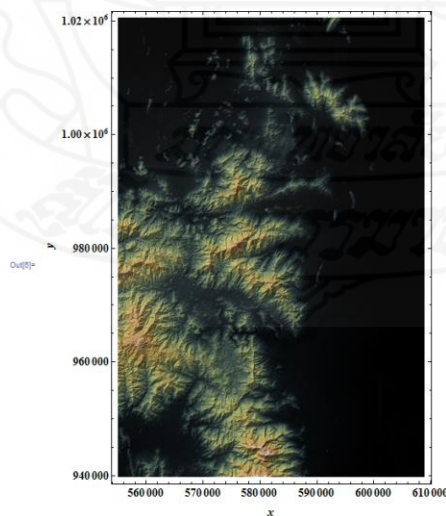
ภาพที่ 4.6 แสดงพื้นที่รับน้ำ Watershed และจุดระบายน้ำ

1.2 การวิเคราะห์ ลักษณะการระบายน้ำด้วยโปรแกรม Mathematica

1.2.1 การเตรียมข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข ของพื้นที่ศึกษาหมายเลขระวาง 49273, 49272, 49261-49264 จำนวน 6 ระวาง ไฟล์ข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข ของพื้นที่ศึกษา จัดเก็บแยกแต่ละระวาง จัดเก็บข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข โดยรวบรวมข้อมูลไว้ในไฟล์เดียวกัน หมายเลขระวาง 49272, 49264, 49261, 49263 และ 49262 โดยเปลี่ยนข้อมูล Input ในคำสั่ง Import

หมายเลขระวาง	คำสั่ง
49273	<code>datadem1=Import["D:\\Army_map\\DEM_ASCII\\rastert_49273.txt","Table"];</code>
49272	<code>Datadem2=Import["D:\\Army_map\\DEM_ASCII\\rastert_49273.txt","Table"];</code>
49264	<code>Datadem3=Import["D:\\Army_map\\DEM_ASCII\\rastert_49273.txt","Table"];</code>
49261	<code>Datadem4=Import["D:\\Army_map\\DEM_ASCII\\rastert_49273.txt","Table"];</code>
49263	<code>Datadem5=Import["D:\\Army_map\\DEM_ASCII\\rastert_49273.txt","Table"];</code>
49262	<code>Datadem6=Import["D:\\Army_map\\DEM_ASCII\\rastert_49273.txt","Table"];</code>

1.2.2 ผลการรวมข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข หมายเลขระวาง 49273, 49272, 49264, 49261, 49263 และ 49262 เป็นชุดเดียวกัน แสดงได้ดังภาพที่ 4.7

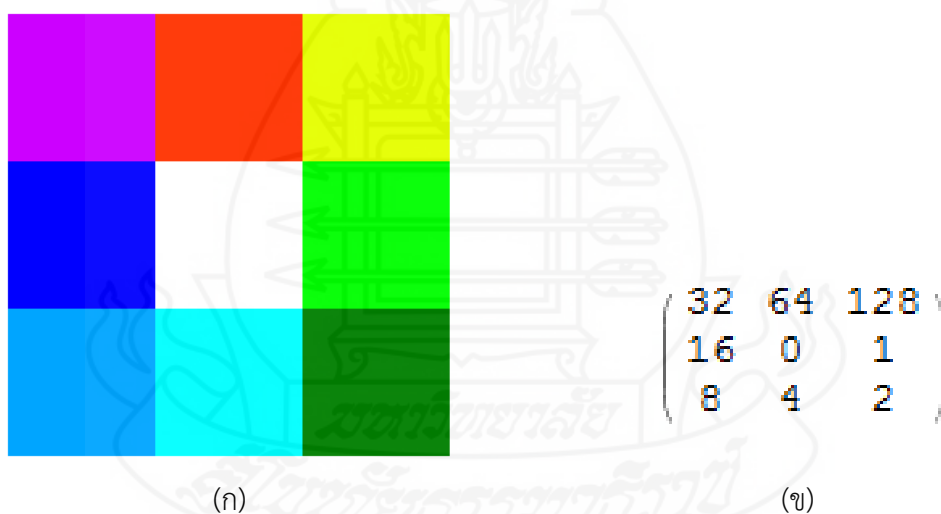


ภาพที่ 4.7 แสดงการรวมข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข เป็นชุดเดียวกัน

1.2.3 การวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่จำลองพื้นผิวระดับสูง เชิงเลข โดยใช้กฎของเซลล์ลาร์ ออโตเมต้า

การเขียนโปรแกรมจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่จำลองพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข โดยใช้กฎของเซลล์ลาร์ออโตเมต้า เริ่มต้นต้องเลือกพื้นที่พื้นผิวระดับสูงเชิงเลข โดยเลือกพื้นที่จำลองเป็นกริดสี่เหลี่ยม 20×20 เซลล์ ผลทิศทางการไหลคำนวณจากข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข ซึ่งทิศทางการไหลมี 8 ทิศ ตามตัวเลขรหัสทิศทาง การคำนวณทิศทางการไหลบนพื้นที่ทั้งหมดสร้างกฎเซลล์ลาร์ออโตเมต้า แล้วแสดงผลการจำลองเป็นแบบเวกเตอร์และแบบราสเตอร์ แสดงได้ดังภาพที่ 4.8 - 4.9

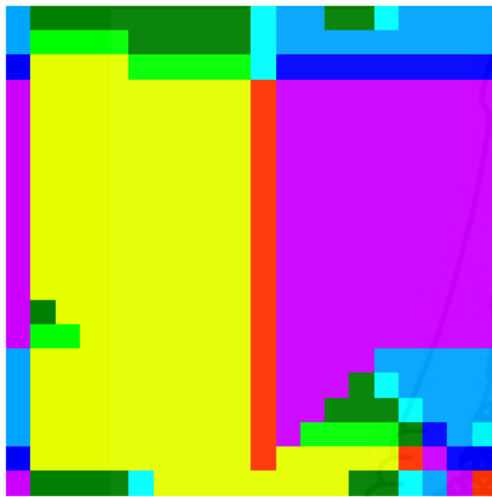
เวกเตอร์แสดงทิศทางแสดงดังภาพ 4.8 (ก) ทิศเหนือเวกเตอร์ (0,1) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เวกเตอร์ (1,1) ทิศตะวันออก เวกเตอร์ (1,0) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ เวกเตอร์ (1,-1) ทิศใต้ เวกเตอร์ (0,-1) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ เวกเตอร์ (-1,-1) ทิศตะวันตก เวกเตอร์ (-1,0) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เวกเตอร์ (-1,1) ซึ่งทิศทางการไหลของน้ำจะขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศในทางภูมิศาสตร์



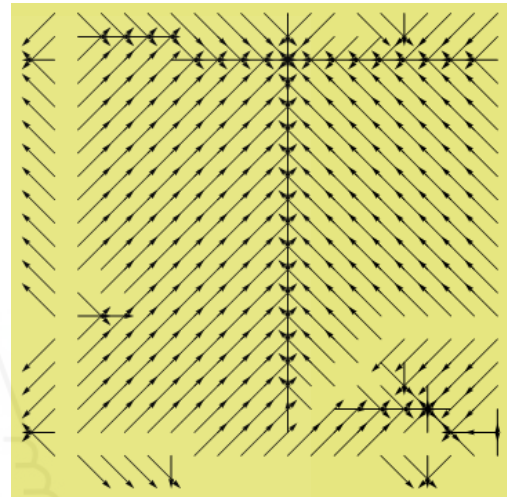
ภาพที่ 4.8 แสดงทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่จำลองพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข
โดยใช้กฎของเซลล์ลาร์ออโตเมต้า

ที่มา : ปานจิต มุสิก (2557)

ราสเตอร์แสดงทิศทางแสดงดังภาพ 4.8 (ข) ทิศเหนือสีส้มรหัสสี 64
 ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ สีเหลืองรหัสสี 128 ทิศตะวันออกสีเขียวรหัสสี 1 ทิศตะวันออกเฉียงใต้สี
 เขียวแก่รหัสสี 2 ทิศใต้สีฟ้ารหัสสี 4 ทิศตะวันตกเฉียงใต้สีฟ้าเข้มรหัสสี 8 ทิศตะวันตกสีน้ำเงินรหัสสี
 16 และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ สีม่วงรหัสสี 32



(ก)



(ข)

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

ภาพที่ 4.9 แสดงตัวเลขแทนรหัสทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข

ขนาดกริด 20×20 เซลล์

1.2.4 การเขียนโปรแกรมจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิวพื้นผิวระดับสูง เชิงเลข กลุ่มน้ำคลองท่าหน

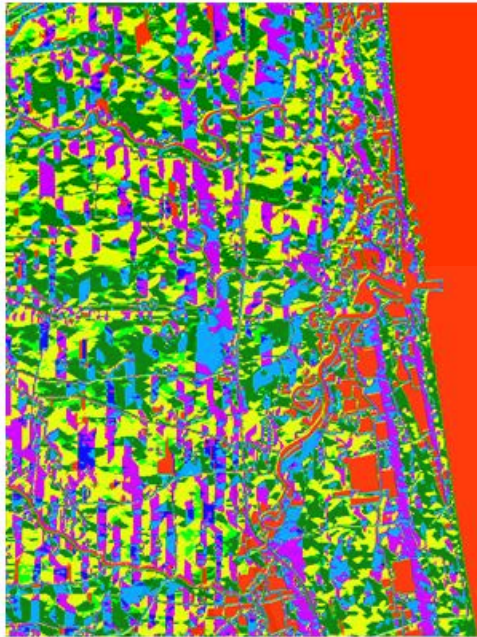
การเขียนโปรแกรมจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นที่จำลองพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข ของพื้นที่กลุ่มน้ำคลองท่าหน พื้นที่จำลองเป็นกริดสี่เหลี่ยมขนาด 48 ตารางกิโลเมตร แบ่งเป็นเซลล์ขนาดพื้นที่เซลล์ละ 25 ตารางเมตร จำนวน 1600×1200 เซลล์ ทิศทางการไหลคำนวณจากข้อมูลพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข ซึ่งทิศทางการไหลมี 8 ทิศ การคำนวณทิศทางการไหลบนพื้นที่ทั้งหมดสร้างกฎเซลล์ลัวร์อัตโนมัติ แล้วแสดงผลการจำลองเป็นแบบบราสเตอร์ แสดงได้ดังภาพที่ 4.10-4.11

```

[1]- data1 = Import["D:\\ASCII for Arc GIS 1_2\\Ascii_Raster_Mosaic\\krong_top.txt", "Table"];
data2 = Drop[data1, {1, 6}];
dem1 = Reverse[data2];
Moore[func_, lat_] := MapThread[func, Map[RotateRight[lat, #] &, {{0, 0}, {1, 0}, {0, -1}, {-1, 0},
{0, 1}, {1, -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[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];
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 4.10 แสดงการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข กลุ่มน้ำคลองท่าหน



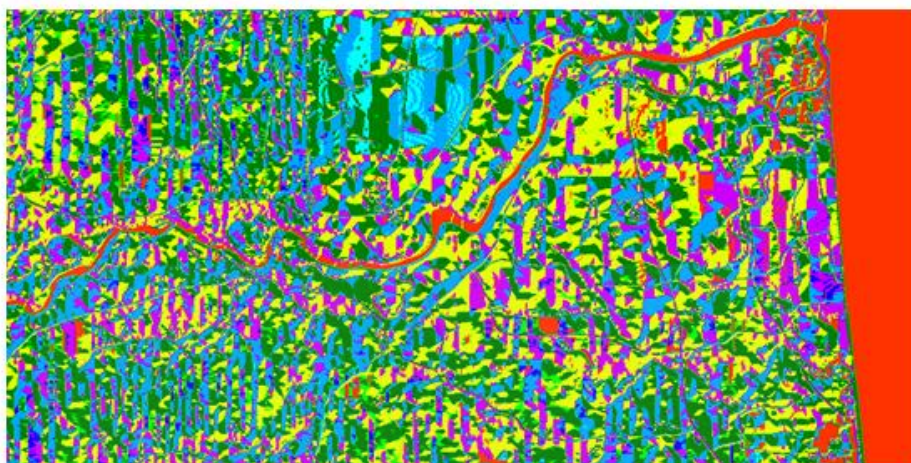
ภาพที่ 4.11 แสดงผลการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข กลุ่มน้ำคลองท่าหน

```

In[9]:= data1 = Import["D:\\ASCII for Arc GIS 1_2\\ASCII_Raster_Mosaic\\krong_down.txt", "Table"];
data2 = Drop[data1, {1, 6}];
dem1 = Reverse[data2];
Moore[func_, lat_] := MapThread[func, Map[RotateRight[lat, #] &, {{0, 0}, {1, 0}, {0, -1}, {-1, 0},
    {0, 1}, {1, -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[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];
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 4.12 การจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิวระดับสูงเชิงเลข กลุ่มน้ำคลองกลาย

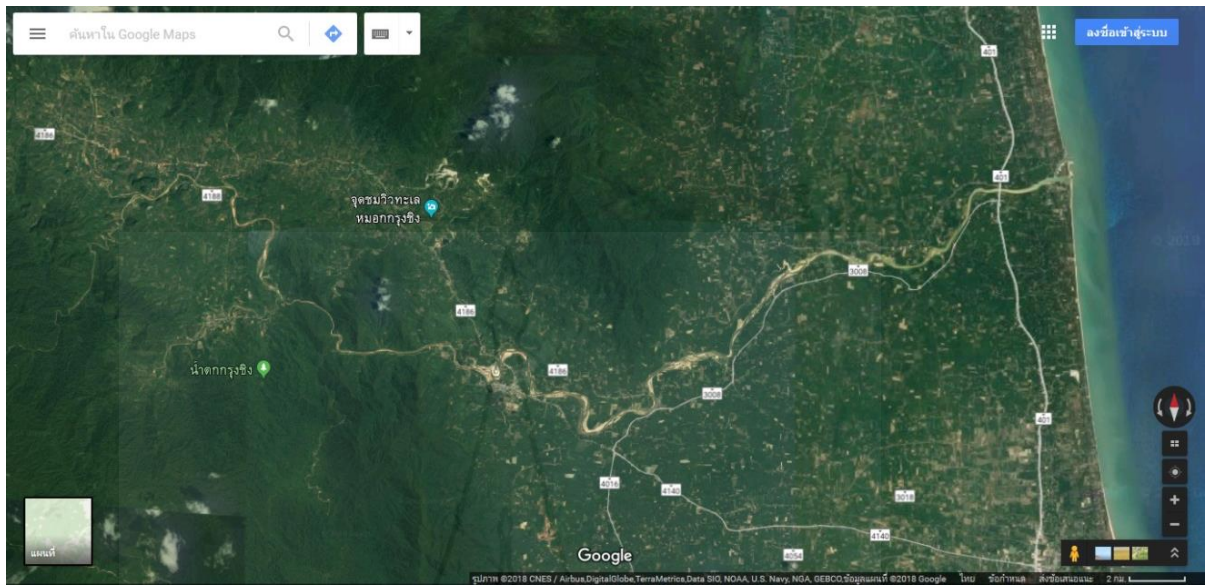


ภาพที่ 4.13 แสดงผลการจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข กลุ่มน้ำคลองกลาย

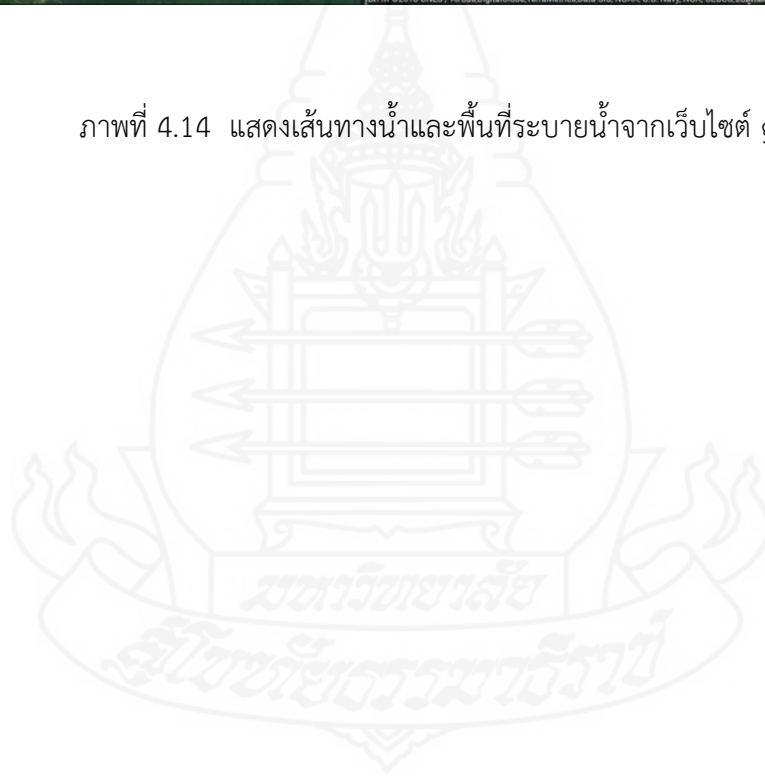
ผลการเขียนโปรแกรมจำลองทิศทางการไหลบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าหนและลุ่มน้ำคลองกลาย ซึ่งผลการวิเคราะห์แบบจำลองทิศทางการไหลได้ภาพการจำลองทิศทางการไหลได้แนวลำคลองแสดงในภาพที่ 4.13

2. การประเมินเส้นทางน้ำและพื้นที่ระบายน้ำ

งานวิจัยนี้ได้นำทิศทางการไหลที่ได้จากการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับขอบเขตแหล่งน้ำจากฐานข้อมูล Google Map โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับข้อมูลจากเว็บไซต์ Google Map แทนการออกสำรวจขอบเขตแหล่งน้ำในพื้นที่จริง โดยการเปรียบเทียบดังกล่าวสามารถพิสูจน์เบื้องต้นได้ว่าทิศทางการไหลที่ได้บริเวณแหล่งน้ำที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองมีความสอดคล้องกับทิศทางการไหลบริเวณแหล่งน้ำในสภาพจริง โดยผลการเปรียบเทียบแสดงดังภาพที่ 4.14 ซึ่งจากภาพแสดงให้เห็นว่าข้อมูลแหล่งน้ำที่ได้จากการนำทิศทางการไหลของน้ำที่ได้จากการพัฒนาไปหาขอบเขตแหล่งน้ำซึ่งแสดงด้วยเส้นสีฟ้ามีความสอดคล้องกับข้อมูลแหล่งน้ำที่ได้จากเว็บไซต์ Google Map โดยข้อมูลจากทั้ง 2 แหล่งมีลักษณะแนวเดียวกัน ไม่มีการเกิดการขาดหายของเส้นทางน้ำแต่อย่างใด ดังนั้นจึงเป็นการยืนยันได้ว่าทิศทางการไหลที่ได้จากการพัฒนา มีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง เพราะมีทิศทางการไหลการไหลไปหาขอบเขตแหล่งน้ำที่ถูกต้องตรงกับข้อมูลจากเว็บไซต์ Google Map



ภาพที่ 4.14 แสดงเส้นทางน้ำและพื้นที่ระบายน้ำจากเว็บไซต์ google map



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

อุทกภัยหรือน้ำท่วมจัดเป็นหนึ่งในภัยพิบัติที่มีความสำคัญมากที่สุดในโลก โดยจากการสำรวจพบว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมนั้นเกิดขึ้นในทวีปเอเชีย ส่งผลให้เกิดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก สาเหตุของน้ำท่วมเกิดจากภัยธรรมชาติ อาทิ ฝนตกหนักติดต่อกันเป็นระยะเวลาสั้น ส่งผลให้น้ำท่วมสูงและกระแสน้ำไหลเชี่ยว และจากน้ำมีมนุษย์ อาทิ การปิดกั้นช่องทาง หรือทำให้ช่องทางระบายน้ำมีการระบายน้ำออกได้ไม่ดี การใช้ที่ดินไม่เหมาะสม การตัดไม้ทำลายป่าในพื้นที่ต้นน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ผลจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในเมืองมากกว่าพื้นที่ที่มีอยู่ ส่งผลให้เกิดตึกรามบ้านช่องที่สร้างด้วยปูนและคอนกรีตมากมาย จึงทำให้การแทรกซึมของน้ำลงดินน้อยลง และบริเวณยอดเขาได้เกิดน้ำท่วมมากขึ้นและไหลบ่าลงมาทำลายเรือกสวน ไร่นา บ้านเรือนประชาชนได้รับความเสียหาย จะเห็นได้ว่าการจัดการภัยพิบัติ น้ำท่วมในประเทศกำลังพัฒนานั้น ส่วนใหญ่เป็นการตอบสนองต่อสถานการณ์ภัยพิบัติ เพื่อรับมือกับเหตุฉุกเฉินและการฟื้นฟูภายหลังภัยพิบัติ ดังนั้นการตอบสนองจึงควรเป็นการตอบสนองเชิงรุก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารจัดการ และลดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินให้มากที่สุด การจัดการภัยพิบัติเชิงรุกต้องมีการมีส่วนร่วมมากขึ้นจากรัฐบาลหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน รวมทั้งการมีส่วนร่วมของประชาชน ซึ่งนำไปสู่การบูรณาการในการจัดการภัยพิบัติทางด้านอุทกภัยทั้งระยะสั้นและระยะยาว

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช 2) ประเมินแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข สำหรับการพยากรณ์และการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งได้นำข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขโดยการสำรวจระยะไกลจากกรมแผนที่ทหาร มาพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำ บริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าหน และสาขาย่อย ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอลำลูกกา จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยการเขียนโปรแกรมประยุกต์ระหว่างกฎการไหล 8 ทิศทาง (D8) ด้วยโปรแกรม ArcGis 10.2 กับการใช้กฎของวิธีเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า ด้วยโปรแกรม Mathematica ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข พื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าหนและพื้นที่ลุ่มน้ำคลองกลายสอดคล้องกับความเป็นจริง ประเมินผลแบบจำลองทิศทางการไหลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเปรียบเทียบกับขอบเขตแหล่งน้ำจากฐานข้อมูล Google Map แทนการออก

สำรวจขอบเขตแหล่งน้ำในพื้นที่จริง จากการเปรียบเทียบดังกล่าวสามารถพิสูจน์เบื้องต้นได้ว่าทิศทางการไหลที่ได้บริเวณแหล่งน้ำที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองมีความสอดคล้องกับทิศทางการไหลบริเวณแหล่งน้ำในสภาพจริง ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าข้อมูลแหล่งน้ำที่ได้จากการนำทิศทางการไหลของน้ำที่ได้จากการพัฒนาไปหาขอบเขตแหล่งน้ำมีความสอดคล้องกับข้อมูลแหล่งน้ำที่ได้จากเว็บไซต์ Google Map โดยข้อมูลจากทั้ง 3 ส่วนมีลักษณะทิศทางการไหลไปในแนวเดียวกัน ไม่มีการเกิดการขาดหายของเส้นทางน้ำแต่อย่างใด สามารถกำหนดจุดระบายน้ำเมื่อเกิดการสะสมของปริมาณน้ำจำนวนมากของพื้นที่ที่ศึกษาได้

2. การอภิปรายผล

การพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข โดยการนำข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขจากกรมแผนที่ทหาร มาพัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำเริ่มจากการวิเคราะห์ทิศทางการไหล การวิเคราะห์ทิศทางการไหล การวิเคราะห์การไหลสะสม และขอบเขตลำน้ำ บริเวณพื้นที่ศึกษาคือ บริเวณลุ่มน้ำคลองกลาย คลองท่าหน และสาขาย่อย ในเขตพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอนบพิตำ และอำเภอลิขิต จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยการเขียนโปรแกรมประยุกต์ระหว่างระหว่างกฎการไหล 8 ทิศทาง (D8) ด้วยโปรแกรม ArcGis 10.2 กับการใช้กฎของวิธีเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้า ด้วยโปรแกรม Mathematica ซึ่งสอดคล้องกับปานจิต มุสิก (2557) กล่าวว่าการบูรณาการข้อมูลสำรวจระยะไกลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองเซลล์ลูลาร์ ออโตเมต้าสำหรับการจำลองน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช พัฒนาแบบจำลองทิศทางการไหลของน้ำบนผิวดินของจังหวัดนครศรีธรรมราช และแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ด้วยโปรแกรม Mathematica และสอดคล้องกับอิสเรศ กะการดี และ เอกสิทธิ์ โขสิต สกฤษชัย (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่องการหาทิศทางการไหลและขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ราบลุ่มด้วยข้อมูล DEM ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้คือ การวิเคราะห์ลักษณะลุ่มน้ำจากข้อมูล DEM ด้วยวิธีมาตรฐานมีข้อจำกัด จึงต้องอาศัยเทคนิคต่าง ๆ เพื่อกำหนดทิศทางการไหลของน้ำและขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ราบตอนล่างของลุ่มน้ำแม่กลองในเขตโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ การวิเคราะห์ลักษณะการระบายน้ำเลือกใช้วิธี D8 ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในซอฟต์แวร์ GIS เป็นวิธีอ้างอิง ร่วมกับเทคนิค stream burning การเตรียมข้อมูลลักษณะการระบายน้ำที่สอดคล้องกับความเป็นจริงช่วยให้การจำลองสภาพทางอุทกวิทยาในพื้นที่ราบลุ่มมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยสร้อยพงศ์ มุสิแก้ว (2552) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขสำหรับการแสดงผลบน NASA WORLD WIND พบว่าแบบจำลองความสูงเชิงเลขมีประโยชน์อย่างยิ่งในการวิเคราะห์สภาพภูมิประเทศ หรือใช้ในการประมวลผลเพื่อหาความลาดชัน สามารถพัฒนาการให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขผ่านเครือข่ายได้

การประเมินผลแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบกับขอบเขตแหล่งน้ำจากฐานข้อมูล Google Map แทนการออกสำรวจขอบเขตแหล่งน้ำในพื้นที่จริงนั้น ผลการประเมินพบว่าการเปรียบเทียบดังกล่าวสามารถพิสูจน์เบื้องต้นได้ว่าทิศทางการไหลที่ได้บริเวณแหล่งน้ำที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองมีความสอดคล้องกับทิศทางการไหลบริเวณแหล่งน้ำในสภาพจริง โดยผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าข้อมูลแหล่งน้ำที่ได้จากการนำทิศทางการไหลของน้ำที่ได้จากการพัฒนาไป

หาขอบเขตแหล่งน้ำมีความสอดคล้องกับข้อมูลแหล่งน้ำที่ได้จากเว็บไซต์ Google Map โดยข้อมูลจากทั้ง 3 ส่วนมีลักษณะทิศทางไหลไปในแนวเดียวกัน ไม่มีการเกิดการขาดหายของเส้นทางน้ำแต่อย่างใด เพราะมีทิศทางไหลไปหาขอบเขตแหล่งน้ำที่ถูกต้องตรงกับข้อมูลจากเว็บไซต์ Google Map ดังนั้นจึงเป็นการยืนยันได้ว่าทิศทางไหลที่ได้จากการพัฒนาสามารถกำหนดพื้นที่รับน้ำที่มีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง สอดคล้องกับงานวิจัยของสุพัตรา พุฒินาวรัตน์ (2558) ได้ศึกษาการออกแบบและพัฒนาวีธีการวิเคราะห์ทิศทางไหลของน้ำสำหรับการจำลองอุทกภัย และงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของทิศทางไหลเปรียบเทียบกับทิศทางไหลของวิธีสตรีมเบิรน์นิง และการจำลองการเกิดอุทกภัยโดยใช้แบบจำลองโอเพินไลเซ็ม (openLISEM) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอุทกภัยที่เกิดขึ้นจริงในจังหวัดปทุมธานี

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการนำเสนอแบบจำลองที่ได้จากพื้นที่ระดับสูงเชิงเลขของจังหวัดนครศรีธรรมราชเพียงอย่างเดียว การวิเคราะห์ทิศทางไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลขยังมีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น ปริมาณน้ำฝนและระยะเวลาที่ฝนตก การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน ลาน้ำจากพื้นที่ใกล้เคียง เป็นต้น ซึ่งข้อจำกัดเหล่านี้ อาจทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อน

3.2 การวิเคราะห์ทิศทางไหลของน้ำบนพื้นผิวดระดับสูงเชิงเลข เป็นปัจจัยที่สำคัญเพื่อให้ข้อมูลมีความละเอียดและแม่นยำเชิงพื้นที่สูงควรมีการออกภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลจะทำให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

3.3 การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงกระบวนการจำลองด้วยค่าพารามิเตอร์เพื่อให้สามารถทำนายล่วงหน้าได้ว่าพื้นที่บริเวณใดจะเป็นพื้นที่แรกที่มีโอกาสจะเกิดน้ำท่วมหากมีปริมาณน้ำที่ไหลลงมาในปริมาณมาก ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยยังไม่ได้ทดลองนำผลการวิจัยไปประเมินจริงในพื้นที่จากระยะเวลาที่ได้มาของข้อมูลกับปัจจุบันอาจมีการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ เช่น มีการก่อสร้างอาคารเพิ่มเติม เป็นต้น จึงยังไม่สามารถยืนยันได้ว่าแบบจำลองที่พัฒนานี้จะมีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด หากหน่วยงานราชการหรือองค์กรใดจะนำผลการวิเคราะห์ไปอ้างอิงหรือกำหนดนโยบายจึงควรนำแบบจำลองไปประเมินกับเหตุการณ์น้ำท่วมที่ผ่านมาและมีการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองกับพื้นที่ปัจจุบันอีกครั้ง

บรรณานุกรม

- กรมอุตุนิยามวิทยา. (2554). *ความรู้ภัยธรรมชาติในประเทศไทย*. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.tmd.go.th/info/risk.pdf>, สืบค้นเมื่อ สิงหาคม, 2559.
- กองภูมิสารสนเทศ. (2554). *แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข*. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://gis.pwa.co.th/manual/แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข.pdf>, สืบค้นเมื่อ ธันวาคม, 2559.
- คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ. (2560). *บันทึกเหตุการณ์น้ำท่วม*. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.thaiwater.net/web/index.php/flood-history.html> สืบค้นเมื่อ ธันวาคม, 2560.
- โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราช. (2554). *โครงการระบบโทรมาตรเตือนภัยน้ำท่วมชุมชนเมืองนครศรีธรรมราช*. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://irrigation.rid.go.th/rid15/nsto/frameset.html>, สืบค้นเมื่อ กันยายน, 2559.
- ขงา ณรงค์ฤทธิ์. (2558). *ผลของเทคนิคและรายละเอียดข้อมูล DEM ที่มีต่อการจัดทำข้อมูลเส้นทางการไหลของน้ำ*. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- โชติไกร ไชยวิจารณ์. (2546). *วิศวกรรมชลศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).
- ชัยวัฒน์ พรหมทอง. (2555). *การใช้โปรแกรมภูมิสารสนเทศในการสร้างแบบจำลองสามมิติของภูมิประเทศ*. กรุงเทพฯ: กองยี่ออเดซี่และยี่ออพิสิคส์ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย.
- บรรเจิด จิระนานนท์, ไชยยัน ศรีสม, และอานนท์ เก่งสาริกการณ์. (2554). แบบจำลองเพื่อการจัดการลุ่มน้ำด้านการวางแผนจัดการน้ำหลากและการใช้ที่ดินเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำ. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 4*. (หน้า 25-35). เพชรบุรี.
- ประเสริฐ มหากิจ. (2552). *การเตือนภัยน้ำท่วมชุมชนเมืองนครศรีธรรมราชด้วยวิธีนิวโรเจเนติก*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์). กรุงเทพมหานคร.
- ประสิทธิ์ มากสิน. (2554). *ผลกระทบของขนาดกริดและแหล่งที่มาของแบบจำลองความสูงเชิงเลขต่อการคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางด้านอุทกวิทยา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์). กรุงเทพมหานคร.
- ปานจิต มุสิก. (2557). *การบูรณาการข้อมูลสำรวจระยะไกลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองเซลล์ลูลาร์ ออโตเมตต้าสำหรับการจำลองน้ำท่วมจังหวัดนครศรีธรรมราช*. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, นครศรีธรรมราช.
- สุเพชร จิระจรกุล. (2555). *เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.1 for Desktop*. ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. ปทุมธานี.

- วิกิพีเดีย. (2556). *น้ำท่วม*. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://th.wikipedia.org/wiki/น้ำท่วม>. สืบค้นเมื่อ สิงหาคม, 2559.
- สร้อยพงศ์ มุสิแก้ว. (2552). *การพัฒนาระบบให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขสำหรับการแสดงผลบน NASA WORLD WIND*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). กรุงเทพมหานคร.
- สุพัตรา พุฒินาวรัตน์. (2558). *การออกแบบและพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำสำหรับการจำลองอุทกภัย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี). นครราชสีมา.
- เอกพล และพงษ์ศักดิ์. (2552). *โครงการศึกษาการสร้างแบบจำลองเดือนภัยน้ำท่วมด้วย HEC-RAS และ HEC-GeoRAS จากข้อมูล DEM ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์บริเวณลุ่มน้ำบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์*. สำนักชลประทานที่ 14 กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.
- อิศเรศ กะการดี และ เอกสิทธิ์ โสมลิต สกฤษชัย. (2555). การหาทิศทางการไหลและขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ราบลุ่มด้วยข้อมูล DEM. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17*. 9-11 พฤษภาคม 2555 ณ โรงแรม เซ็นทารา แอนคอนเวนชันเซ็นเตอร์ อุดรธานี.
- Chopard, B & Droz, M. (1998). *Cellular Automata Modeling of Physics Systems*. Cambridge University Press, Collection Alea.
- Gaylord, J. R. and Wellin, R. P. (1995). *Computer Simulations with Mathematica: Explorations in Complex Physical and Biological Systems*. Springer-Verlag, New York.
- 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.
- 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.
- Leitão. J.P. (2008). Influence of DEM resolution on surface flow network for pluvial urban flooding and simulations of integrated system. *11th International Conference on Urban Drainage*, Edinburgh, Scotland, UK.
- Pieter Deckers. (2010). *A GIS for Flood Risk Management in Flanders*. (Geography). Ghent University. Electronic records.
- T. Tingsanchali. (2012). *Urban flood disaster management*. *Procedia Engineering* 32: 25 - 37.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล	นายเอกวุฒิ เพชรทองด้วง
วัน เดือน ปีเกิด	10 สิงหาคม 2525
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	42/2 ม.3 ต.ดอนตะโก อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80160 Email : ekkawoot@gmail.com
สถานที่ทำงาน	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2548	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2552	เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศธุรกิจ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
พ.ศ. 2560	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

