

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของแหล่งที่มาของแบบจำลองความสูงเชิงเลขต่อความถูกต้องของการแยกโครงข่าย
การระบายน้ำอัตโนมัติด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยา

**Effect of Digital Elevation Model Sources on Accuracy of Automated
Drainage Network Extraction based on Hydrological Spatial Analysis
Methods**

ชนิสรา สว่างจันทร์*

Chanisa Sawangjan *

ชัชชัย ตันตสิรินทร์

Chatchai Tantasirin

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: chanisaswj@gmail.com

รับต้นฉบับ 1 สิงหาคม 2561

รับแก้ไข 27 กันยายน 2561

รับลงพิมพ์ 9 ตุลาคม 2561

ABSTRACT

The automated drainage network extraction is a hydrological spatial analysis processes use to derive drainage pattern of a watershed area based on the digital elevation model (DEM). Different sources of the DEM may affect the obtained network. This study compared the effects of using DEM from different sources including DEM from Land Development Department (LDD), ASTER GDEM, SRTM and DEM obtained from ANUDEM algorithm on automatic drainage network extraction. Accuracy of the extracted network was verified using field observation data. Three different terrain characteristics of selected watershed including steep slope, moderate slope area and flat area were compared.

It was found that the appropriated drainage area threshold (DAT) derived from different DEM source were different. The higher DEM resolution, the lesser DAT was obtained. Drainage density that derived from automated extraction method was larger than that from the topographic map. The highest accuracy of extracted drainage network using the LDD DEM in the steep watershed area was found while that from the ANUDEM, SRTM and ASTER GDEM were smaller. The accuracy are equal to 85.83, 40.73, 38.75 and 29.55 percent, respectively. In the moderate slope watershed, it was found that the accuracy of extracted drainage from SRTM was the highest and smaller when the ANUDEM, SRTM and ASTER GDEM were used. The accuracy are equal to 73.33, 72.45, 31.49 and 30.03 percent, respectively. The accuracy of the extracted drainage network obtained from the different DEMs of the flat area watershed was smaller but in the same order of that found from the moderate slope area. The accuracy are equal to 39.17, 37.77, 19.20

and 18.32 percent, respectively. Base on the results from this study, it is recommended that the automatic drainage network extraction could be used when the higher DEM resolution.

Keywords: Digital Elevation Model (DEM), Drainage Network, Hydrological Spatial Analysis

บทคัดย่อ

การแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ คือ กระบวนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยาเพื่อให้ได้รูปแบบลำน้ำ โดยใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) เป็นข้อมูลหลักในการวิเคราะห์ ซึ่งหากมีแหล่งที่มาแตกต่างกัน อาจส่งผลต่อผลลัพธ์ของโครงข่ายที่ได้ การศึกษานี้เปรียบเทียบผลของการใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลขจากแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน ได้แก่ กรมพัฒนาที่ดิน (LDD DEM), ASTER GDEM, SRTM และจากขั้นตอนวิธี ANUDEM เป็นข้อมูลหลักเพื่อแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ และตรวจสอบความถูกต้องกับโครงข่ายการระบายน้ำจริงที่สำรวจภาคสนาม โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาในภูมิประเทศที่ต่างกัน 3 แบบ คือ พื้นที่ความลาดชันสูง พื้นที่ความลาดชันปานกลาง และพื้นที่ราบ

ผลการศึกษาพบว่า ค่า DAT ที่เหมาะสมที่ได้จากแบบจำลองความสูงเชิงเลขจากแหล่งที่มาต่าง ๆ มีค่าต่างกัน โครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติเกือบทั้งหมดมีความยาวและความหนาแน่นของการระบายน้ำมากกว่าลำน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศ โดยโครงข่ายลำน้ำอัตโนมัติของพื้นที่สูงชันที่แยกจากข้อมูล LDD DEM มีความถูกต้องมากที่สุด รองลงมาคือ ANUDEM, SRTM และ ASTER GDEM โดยมีค่าความถูกต้อง เท่ากับร้อยละ 85.83, 40.73, 38.75 และ 29.55 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ความลาดชันปานกลางและพื้นที่ราบ พบว่า โครงข่ายการระบายน้ำจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขของ SRTM มีความถูกต้องสูงสุด รองลงมาคือ LDD DEM, ANUDEM และ ASTER GDEM โดยมีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 73.33, 72.45, 31.49 และ 30.03 ในพื้นที่ความลาดชันปานกลาง และร้อยละ 39.17, 37.77, 19.20 และ 18.32 ในพื้นที่ราบ ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษาคือการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติเหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ความลาดชันสูงและปานกลาง โดยใช้ LDD DEM เป็นข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ เนื่องจากมีความถูกต้องและความละเอียดสูง

คำสำคัญ: แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) โครงข่ายการระบายน้ำ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยา

คำนำ

โครงข่ายการระบายน้ำคือข้อมูลที่แสดงเส้นทางการไหลของน้ำที่มีการเชื่อมโยงต่อกันในพื้นที่ลุ่มน้ำตั้งแต่จุดที่มีความสูงมากที่สุดจนถึงจุดออกของน้ำซึ่งเป็นจุดต่ำสุดของลุ่มน้ำ โดยเป็นข้อมูลที่ถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายโครงสร้างและลักษณะการระบายน้ำของลุ่มน้ำ เช่น ความยาวของลำน้ำ ความหนาแน่นการระบายน้ำ เป็นต้น และยังเป็นพารามิเตอร์สำหรับใช้

กับแบบจำลองทางอุทกวิทยาอีกด้วย โดยปกติข้อมูลโครงข่ายการระบายน้ำได้มาจากการ digitize ตามข้อมูลลำน้ำที่แสดงอยู่บนแผนที่ภูมิประเทศ ทำให้เกิดปัญหาต่อการนำไปใช้ประโยชน์เนื่องจากข้อมูลลำน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศเป็นข้อมูลที่ไม่ได้แสดงลำน้ำที่มีอยู่จริงทั้งหมด โดยเฉพาะลำน้ำขนาดเล็กบนพื้นที่ต้นน้ำที่อาจไม่มีปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศทั้งที่มีลำน้ำนั้นอยู่ในพื้นที่จริงจึงทำให้ขาดความถูกต้อง อีกทั้งข้อมูลที่ได้

อาจมีปัญหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการแปลภาพถ่ายทางอากาศและจากขั้นตอนการ digitize ของผู้ใช้งานแต่ละท่าน ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหานี้จึงได้มีวิธีการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยา เช่น การเติม (fill sink) การคำนวณทิศทางการไหล (flow direction) และการไหลสะสม (flow accumulation) เป็นต้น ทำให้ได้ลำน้ำอัตโนมัติที่สอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศ สะดวกต่อการนำใช้งานเนื่องจากไม่ต้อง digitize เส้นลำน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศเอง และลดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งลำน้ำที่เกิดจากการ digitize ผิดพลาดของผู้ใช้งานแต่ละท่าน โดยการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจะใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model; DEM) เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์

แบบจำลองความสูงเชิงเลขคือข้อมูลที่จำลองความสูงต่ำของพื้นผิวโลก ซึ่งมีแหล่งที่มาจาก 3 แหล่ง คือ การสำรวจทางพื้นดิน การใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกล และการแทรกค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial interpolation) จากข้อมูลเส้นชั้นความสูง แบบจำลองความสูงเชิงเลขแต่ละแหล่งมีที่มาและความละเอียดที่ต่างกัน ส่งผลทำให้ค่าความสูงและความถูกต้องของพื้นที่แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีแหล่งที่มาต่างกันมาเป็นข้อมูลในการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอาจมีผลให้ได้โครงข่ายการระบายน้ำที่มีลักษณะและความถูกต้องแตกต่างกันได้

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติโดยใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลขจากแหล่งที่มาที่ต่างกัน ตรวจสอบความถูกต้องกับโครงข่ายการระบายน้ำที่ได้จากการสำรวจจริง และเปรียบเทียบผลที่มีแหล่งที่มาของ DEM ที่แตกต่างกัน โดยมีพื้นที่ศึกษาที่มีลักษณะภูมิประเทศต่างกัน 3 ลักษณะ คือ พื้นที่ลาดชันสูง พื้นที่ลาดชันปานกลาง และพื้นที่ราบ ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถเป็นแนวทางในการเลือกแบบจำลองความสูงเชิงเลขเพื่อแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

1.1 กลุ่มน้ำตัวแทนพื้นที่ความลาดชันสูง คือ กลุ่มน้ำห้วยหนองหอย ตั้งอยู่ใน ต.โป่งแยง และ ต.แม่แรม อ.แมริม จ.เชียงใหม่ มีพื้นที่ 14.62 ตร.กม. เป็นพื้นที่ภูเขา สลับซับซ้อน มีความลาดชันเฉลี่ย 37% มีความสูงจากระดับน้ำทะเลสูงสุด 1,427 ม. ต่ำสุด 740 ม. และเฉลี่ยเท่ากับ 1,076 ม.

1.2 กลุ่มน้ำตัวแทนพื้นที่ความลาดชันปานกลาง คือ กลุ่มน้ำห้วยหุ ตั้งอยู่ใน ต.อุดมทรัพย์ อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา มีขนาดพื้นที่ 19.59 ตร.กม. ความลาดชันเฉลี่ย 11% มีความสูงจากระดับน้ำทะเลสูงสุด 598 ม. ต่ำสุด 270 ม. และเฉลี่ยเท่ากับ 437 ม.

1.3 กลุ่มน้ำตัวแทนพื้นที่ราบ คือ กลุ่มน้ำคลองไทร ตั้งอยู่ใน ต.คลองเรือ อ.วิหารแดง จ.สระบุรี มีขนาดพื้นที่ 15.25 ตร.กม. โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบที่มีความลาดชันน้อยกว่า 5% และมีพื้นที่ภูเขาเป็นส่วนน้อยทางตอนบนของกลุ่มน้ำ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลสูงสุด 425 ม. ต่ำสุด 10 ม. และเฉลี่ยเท่ากับ 48 ม.

2. การรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) จากแหล่งต่างๆ คือ

2.1.1 กรมพัฒนาที่ดิน (LDD DEM) มีความละเอียด 5 ม.

2.1.2 ASTER GDEM ได้มาจากข้อมูลดาวเทียม Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) ซึ่งเป็นโครงการร่วมมือระหว่าง NASA และ METI (The Ministry of Economy, Trade and Industry) ของประเทศญี่ปุ่น มีความละเอียด 30 ม.

2.1.3 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ได้มาจากข้อมูลจากดาวเทียม Space shuttle radar ของ NASA ความละเอียด 90 ม.

2.2 เส้นชั้นความสูงเท่า 20 ม. ของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000

2.3 โครงข่ายการระบายน้ำเชิงเลขจากแผนที่ลักษณะภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 สร้างแบบจำลองความสูงเชิงเลขความละเอียด 5 ม. ด้วยวิธีแทรกค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial interpolation) ด้วยขั้นตอนวิธี (algorithm) ANUDEM (Australian National University Digital Elevation Model) ที่พัฒนาโดย Hutchinson (1988, 1989, 1997)

3.2 วิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยา โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางอุทกวิทยาของแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่เรียกว่า sink ซึ่งหมายถึงกริดที่มีค่าความสูงน้อยกว่ากริดที่อยู่รอบๆ โดยใช้ขั้นตอนวิธีการเติม (fill) ของ Jenson and Domingue (1988) เพื่อให้การคำนวณทางอุทกวิทยาเกี่ยวกับการไหลของน้ำไปยังกริดต่างๆ มีความต่อเนื่อง

3.2.2 คำนวณทิศทางการไหลของน้ำ (flow direction) และการไหลของน้ำสะสม (flow accumulation) โดยใช้ขั้นตอนวิธีของ Jenson and Domingue (1988)

3.2.3 กำหนดจุดออกของน้ำและคำนวณลุ่มน้ำอัตโนมัติ (watershed) แล้วตัด (clip) ชั้นข้อมูลการไหลสะสมให้มีขอบเขตเท่ากับพื้นที่ลุ่มน้ำ

3.3 แยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติโดยการกำหนดค่า Drainage Area Threshold (DAT) ซึ่งเป็นค่าขนาดพื้นที่การไหลสะสมที่เหมาะสมสำหรับใช้แยกโครงข่ายการระบายน้ำด้วยวิธีของ Tantasirin *et al.* (2016) โดยใช้ค่าจำนวนกริดลุ่มน้ำที่คลาดเคลื่อน (number of error stream cell; NES) เป็นพารามิเตอร์ในการกำหนดค่า DAT

3.4 ปรับแก้ความถูกต้องของโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติที่มีลักษณะไม่ถูกต้อง ได้แก่ ช่วง

ของลำน้ำ (stream link) ที่มีความยาวน้อยกว่า 90 ม. (ขนาดกริดที่ใหญ่ที่สุด 1 กริด) และลำน้ำที่มีการไหลขนานกัน (parallel stream line) โดยลบกริดดังกล่าวออก

3.5 คำนวณความหนาแน่นของการระบายน้ำของโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจากสมการ (1) ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นของการระบายน้ำ (Dd)} = \left(\frac{\text{ความยาวลำน้ำทั้งหมด } (\Sigma L)}{\text{พื้นที่ลุ่มน้ำ (A)}} \right) \quad (1)$$

3.6 ตรวจสอบความถูกต้องของโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.6.1 สุ่มวางแปลงขนาด 250×250 ม. จำนวน 20 แปลง ให้กระจายทั้งบริเวณลำน้ำลำดับที่ 1 (first order) จุดเชื่อมต่อของลำน้ำ (conjunction stream) และลำน้ำที่อยู่บนที่ราบ (flat area)

3.6.2 สํารวจภาคสนามเพื่อบันทึกเส้นทางการไหลของน้ำที่อยู่ในแปลงที่กำหนดขึ้นด้วยเครื่องรับสัญญาณ GPS

3.6.3 ขยายระยะ (buffer) ออกจากเส้นลำน้ำธรรมชาติที่สำรวจได้เป็นระยะทาง 10 ม. ซึ่งเป็นระยะที่อาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนของเครื่องรับสัญญาณ GPS และแปลงเป็นข้อมูลราสเตอร์

3.6.4 คำนวณจำนวนกริดทั้งหมดของโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติและจำนวนกริดลำน้ำอัตโนมัติที่ตรงกับลำน้ำที่สำรวจ (ในระยะ 10 ม. ที่ขยายระยะ) แล้วคำนวณร้อยละความถูกต้องด้วยสมการ (2) ดังนี้

$$\text{ร้อยละความถูกต้อง} = \left(\frac{\text{จำนวนกริดลำน้ำอัตโนมัติที่ตรงกับลำน้ำที่สำรวจ}}{\text{จำนวนกริดทั้งหมดของโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ}} \right) \times 100 \quad (2)$$

ขั้นตอนการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยาสามารถสรุปได้ดัง Figure 1

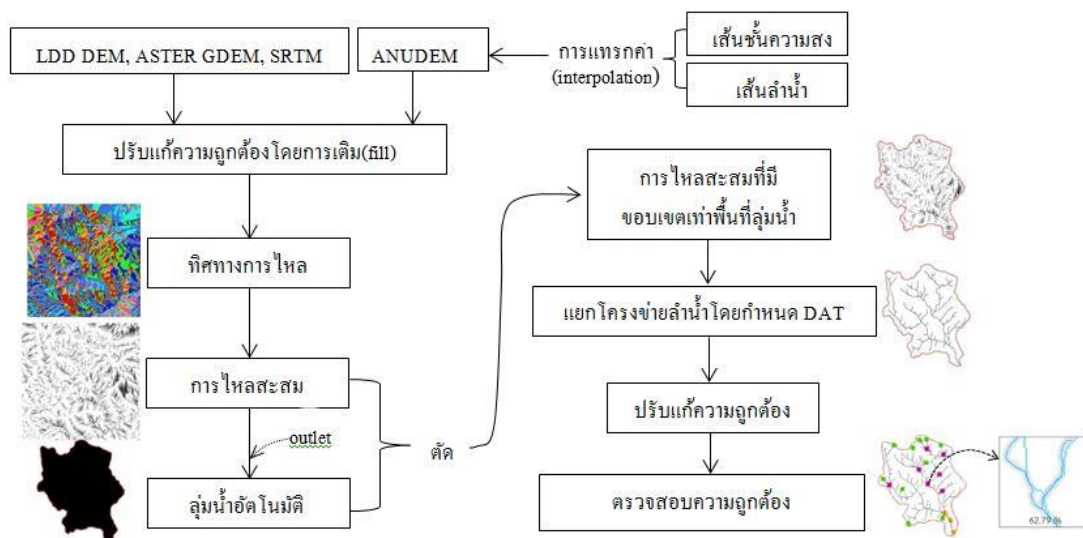


Figure 1 Automated Drainage Network Extraction based on Hydrological Spatial Analysis Methods

ผลและวิจารณ์

การแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติโดยใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลขจากแหล่งที่มาต่าง ๆ

ได้ผลการศึกษาดัง Table 1 และ Figure 2 ถึง 4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

Table 1 Characteristics of automatic drainage network extraction.

Study area	Parameter	digitize from		Source of DEM			
		topo map	ANUDEM	LDD	ASTER	SRTM	
1. steep slope area	1.1 DAT (m ²)	-	50,000	22,500	39,600	89,100	
HuaiNong Hoi watershed (Chiangmai)	1.3 stream length (km)	27.36	35.72	49.21	42.62	24.91	
	1.4 DD (km/km ²)	1.87	2.46	3.39	2.96	1.70	
	1.5 Avg. acuracy (%)	33.39	40.73	85.83	29.55	38.75	
2. moderate slope area	2.1 DAT (m ²)	-	37,500	52,500	64,800	97,200	
Huai Hu watershed (NakhonRatchasima)	2.3 stream length (km)	17.18	35.72	38.65	48.58	28.24	
	2.4 DD (km/km ²)	1.06	2.21	2.43	2.87	1.75	
	2.5 Avg. acuracy (%)	25.86	31.49	72.45	30.03	73.33	
3. flat area	3.1 DAT (m ²)	-	22,500	20,833	39,600	94,500	
Huai Shai watershed (Saraburi)	3.3 stream length (km)	14.73	47.49	59.28	50.22	22.32	
	3.4 DD (km/km ²)	0.97	2.87	4.37	3.14	2.03	
	3.5 Avg. acuracy (%)	31.66	19.20	37.77	18.32	39.17	

Remarks: DAT is drainage area threshold
DD is drainage density

1. ค่า Drainage Area Threshold (DAT) ที่ใช้ในการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ

การคำนวณค่า DAT เพื่อใช้แยกโครงข่ายการระบายน้ำโดยวิธีของ Tantasirin *et al.* (2016) ได้ผลการศึกษาดังนี้

1.1 พื้นที่ความลาดชันสูง พบว่าค่า DAT จากข้อมูล LDD DEM มีค่าน้อยที่สุด รองลงมาคือ ASTER GDEM, ANUDEM และ SRTM โดยมีค่า DAT เท่ากับ 22,500 39,600 50,000 และ 89,100 ตร.ม. ตามลำดับ

1.2 พื้นที่ความลาดชันปานกลาง พบว่า ค่า DAT จากข้อมูล ANUDEM มีค่าน้อยที่สุด รองลงมาคือ LDD DEM, ASTER GDEM และ SRTM โดยมีค่า DAT เท่ากับ 37,500 52,500 64,800 และ 97,200 ตร.ม. ตามลำดับ

1.3 พื้นที่ราบ พบว่า การแยกโครงข่ายการระบายน้ำจากข้อมูล LDD DEM ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำที่ทำการศึกษาย่อยออกเป็น 3 กลุ่มน้ำย่อย มีค่า DAT ของแต่ละกลุ่มน้ำย่อย เท่ากับ 15,000 25,000 และ 22,500 ตร.ม. โดยมีค่าเฉลี่ยของ DAT เท่ากับ 20,833 ตร.ม. น้อยกว่า DEM จากแหล่งอื่น รองลงมาคือ ANUDEM และ ASTER GDEM โดยมีค่า DAT เท่ากับ 22,500 และ 39,600 ตร.ม. ตามลำดับ ส่วนโครงข่ายการระบายน้ำที่แยกจาก SRTM มีผลทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำแยกออกเป็น 3 กลุ่มน้ำย่อยเช่นเดียวกับ LDD DEM โดยมีค่า DAT ของ

แต่ละกลุ่มน้ำย่อย เท่ากับ 48,600 89,100 และ 145,800 ตร.ม. มีค่าเฉลี่ยของ DAT เท่ากับ 94,500 ตร.ม. มากกว่า DEM จากแหล่งอื่น

การคำนวณค่า DAT จากแบบจำลองความสูงเชิงเลขแต่ละแหล่งที่มาไม่เหมือนกัน เนื่องจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขจากแต่ละแหล่งที่มาวิธีการสำรวจ อุปกรณ์ และกระบวนการจัดทำที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ค่าความสูงแต่ละกริดของแบบจำลองเชิงเลขมีความแตกต่างกัน ย่อมส่งผลต่อการคำนวณทิศทางการไหลของน้ำและค่าการไหลสะสม ทำให้ผลการคำนวณค่า DAT แตกต่างกันไป

นอกจากนี้ยังพบว่าความละเอียดของแบบจำลองความสูงเชิงเลขมีความสัมพันธ์กับขนาด DAT โดยพบว่า SRTM ซึ่งเป็นแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดต่ำ (ขนาดกริดใหญ่) ค่า DAT ที่วิเคราะห์ได้มีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่าแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดสูง (ขนาดกริดเล็ก) เนื่องจากขนาดกริดที่ใหญ่จะครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นการกำหนดค่า DAT ขนาดเล็กจะทำให้เกิดกริดลำน้ำที่ผิดพลาดจำนวนมาก ส่งผลให้กริดลำน้ำที่มีค่าการไหลสะสมมากกว่าค่า DAT อยู่ติดกันเกินไปจนไม่สามารถแยกเป็นลำน้ำได้ (Figure 2) แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองความสูงเชิงเลขความละเอียดสูงเท่านั้นที่สามารถกำหนดค่า DAT ที่มีขนาดพื้นที่เล็กได้ สอดคล้องกับ Liu and Zhang (2010)

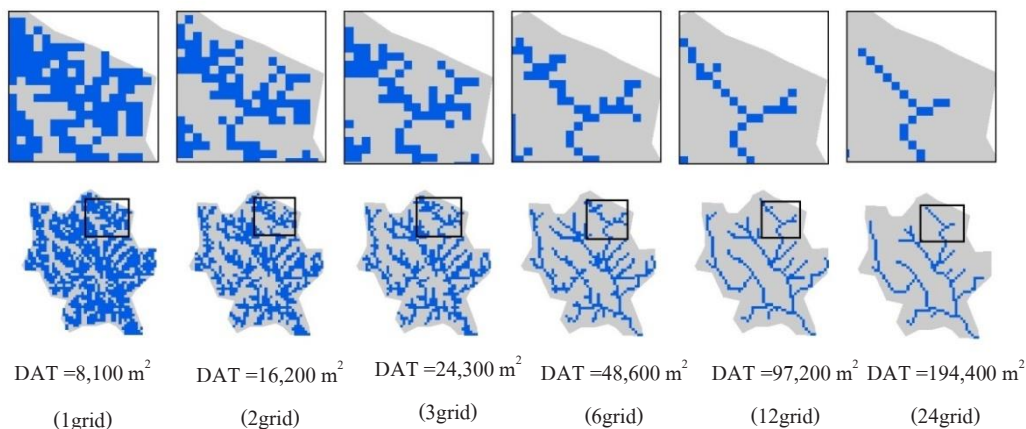


Figure 2 Effect of drainage area threshold (DAT) on automatic drainage network extraction.

2. ลักษณะโครงการระบายน้ำอัตโนมัติ

โครงการระบายน้ำที่แยกอัตโนมัติมีลักษณะดัง Table 1 และ Figure 3 มีรายละเอียดดังนี้

2.1 พื้นที่ความลาดชันสูงพบว่า โครงการระบายน้ำอัตโนมัติจาก LDD DEM มีความยาวลำน้ำทั้งหมดและความหนาแน่นการระบายน้ำมากที่สุด รองลงมาคือ ASTER GDEM, ANUDEM และ SRTM โดยมีความหนาแน่นของการระบายน้ำเท่ากับ 3.39, 2.96, 2.46 และ 1.70 กม./ตร.กม. ตามลำดับ

2.2 พื้นที่ความลาดชันปานกลางพบว่า โครงการระบายน้ำอัตโนมัติจาก ASTER GDEM มีความยาวลำน้ำทั้งหมดและความหนาแน่นการระบายน้ำมากที่สุด รองลงมาคือ LDD DEM, ANUDEM และ SRTM โดยมีความหนาแน่นของการระบายน้ำเท่ากับ 2.87, 2.43, 2.21 และ 1.75 กม./ตร.กม. ตามลำดับ

2.3 พื้นที่ราบพบว่า โครงการระบายน้ำอัตโนมัติจาก LDD DEM มีความยาวลำน้ำทั้งหมดและความหนาแน่นการระบายน้ำมากที่สุด รองลงมาคือ ASTER GDEM, ANUDEM และ SRTM โดยมีค่าความหนาแน่นการระบายน้ำเท่ากับ 4.37, 3.14, 2.87 และ 2.03 กม./ตร.กม. ตามลำดับ โดยลำน้ำอัตโนมัติที่ได้มีลักษณะไม่สอดคล้องกับการไหลของน้ำตามธรรมชาติ คือ โครงการระบายน้ำจาก ANUDEM มีลักษณะเป็นเส้นตรง และ ASTER GDEM มีทิศทางการไหลของน้ำต่างจากลำน้ำจริงมาก ส่วนโครงการระบายน้ำจาก LDD DEM และ SRTM มีลักษณะเป็นลำน้ำ 3 สายแยกจากกัน

ความยาวและความหนาแน่นการระบายน้ำของโครงการระบายน้ำที่แยกอัตโนมัติในพื้นที่ความลาดชันสูงเท่านั้นที่สอดคล้องกับค่า DAT เนื่องจากพื้นที่ความลาดชันสูงมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวภูมิประเทศที่ช่วยกำหนดทิศทางการไหลของลำน้ำได้อย่างชัดเจนเช่น สันเขา หุบเขา เป็นต้น ทำให้ลำน้ำอัตโนมัติจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขแต่ละแหล่งมีทิศทางการไหลใกล้เคียงกัน ดังนั้นความยาวของลำน้ำ

ที่แตกต่างกันจึงขึ้นอยู่กับค่า DAT ที่ต่างกันเป็นหลัก ทำให้แบบจำลองความสูงเชิงเลขที่กำหนด DAT น้อยจะได้ลำน้ำที่มีความยาวและความหนาแน่นมากกว่าแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่กำหนด DAT ขนาดใหญ่ แต่พื้นที่ความลาดชันปานกลางและที่ราบพบว่า ความยาวและความหนาแน่นการระบายน้ำของโครงการระบายน้ำที่แยกอัตโนมัติไม่สอดคล้องกับ DAT เนื่องจากพื้นที่นี้มีการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวภูมิประเทศน้อย ทำให้ลำน้ำอัตโนมัติจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขของแต่ละแหล่งมีทิศทางการไหลที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ความยาวของลำน้ำและความหนาแน่นการระบายน้ำต่างกัน และไม่สอดคล้องกับ DAT

โครงการระบายน้ำที่แยกจาก SRTM ในทุกสภาพภูมิประเทศมีความยาวและความหนาแน่นของลำน้ำน้อยกว่าแหล่งอื่นอย่างชัดเจน เพราะ SRTM มีขนาดกริดใหญ่ ดังนั้นเพื่อให้ได้ลำน้ำที่มีลักษณะเป็นโครงข่ายที่มีจำนวนกริดลำน้ำที่ผิดพลาดน้อย จึงต้องกำหนดค่า DAT ขนาดใหญ่ ส่งผลให้ได้ลำน้ำที่มีจำนวนและความยาวน้อยกว่าแหล่งอื่น ๆ สอดคล้องกับ Giertz *et al.* (2006), Tague and Pohl-Costello (2008) และ Liu and Zhang (2010) พบว่า การแยกโครงการระบายน้ำจากลักษณะกายภาพของพื้นที่โดยใช้กระบวนการอุทกวิทยานั้นแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดสูงจะทำให้ได้ข้อมูลลำน้ำลำดับน้อยหรือลำน้ำในพื้นที่ต้นน้ำที่มีรายละเอียดดีกว่าแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดต่ำ

ลำน้ำที่แยกอัตโนมัติเกือบทั้งหมดมีความหนาแน่นของลำน้ำมากกว่าลำน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศ ยกเว้นลำน้ำอัตโนมัติจาก SRTM ในพื้นที่สูงชัน เนื่องจากเป็นการแยกลำน้ำจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีกริดใหญ่ในพื้นที่ที่มีความซับซ้อนของภูมิประเทศสูง จึงต้องกำหนดค่า DAT ขนาดใหญ่เพื่อลดจำนวนกริดลำน้ำที่ผิดพลาดจึงทำให้ความยาวลำน้ำและความหนาแน่นการระบายน้ำลดลง

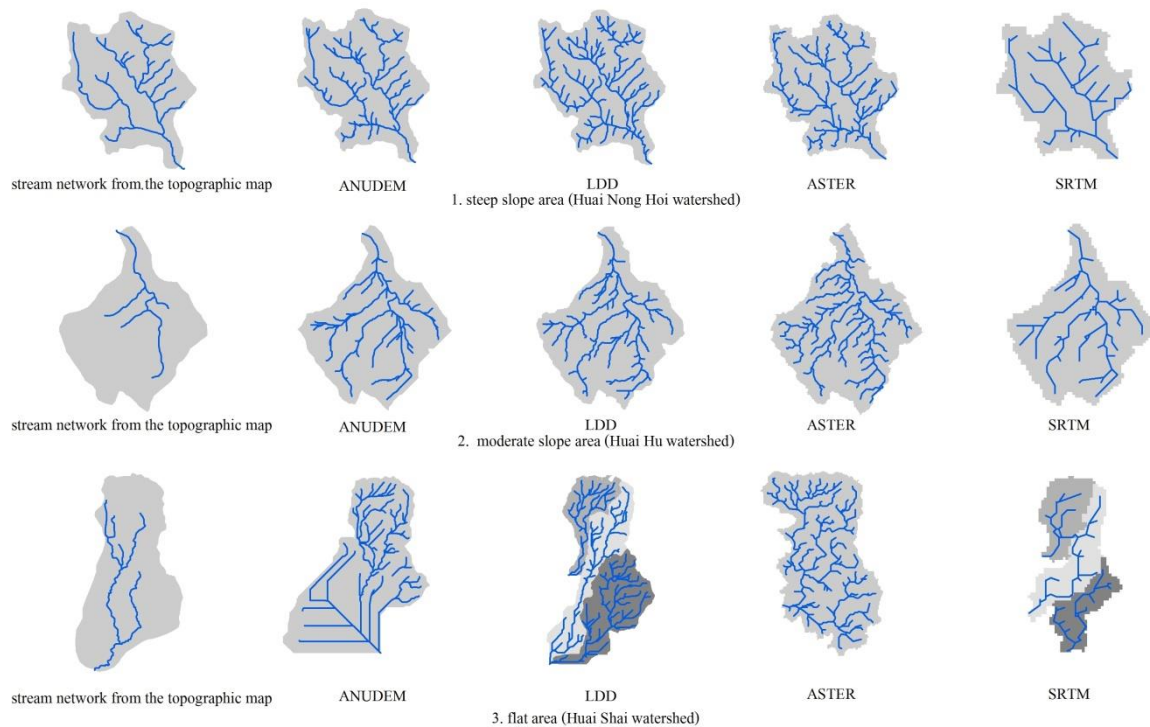


Figure 3 Automatic drainage network extraction using different digital elevation model sources on different terrain characteristics.

3. ความถูกต้องของโครงข่ายการระบายน้ำที่แยกด้วยวิธีอัตโนมัติ

การตรวจสอบความถูกต้องของลำน้ำที่แยก

ด้วยวิธีอัตโนมัติจากข้อมูลลำน้ำที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ได้ผลการศึกษาแสดงดัง Table 1 และ Figure 4 มีรายละเอียดดังนี้

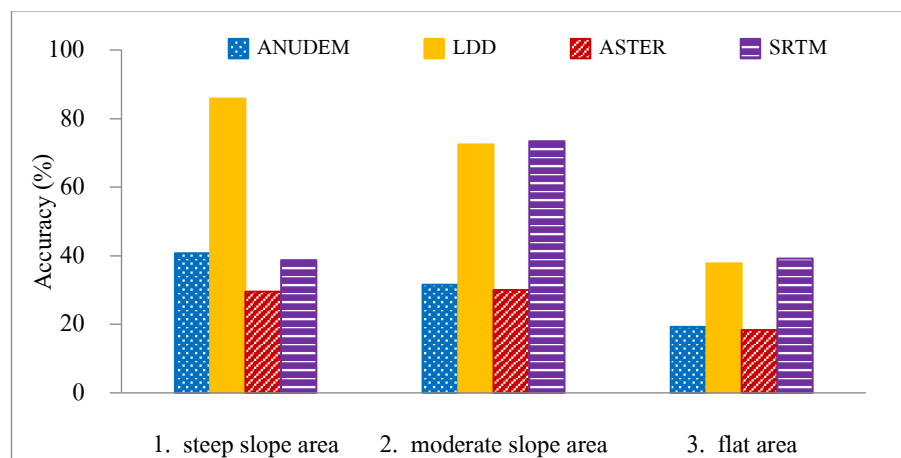


Figure 4 Percentage of Accuracy automatic drainage network.

3.1 พื้นที่ความลาดชันสูง พบว่า โครงข่ายการระบายน้ำจาก LDD DEM มีความถูกต้องมากที่สุด

รองลงมาคือ ANUDEM, SRTM และ ASTER GDEM โดยมีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 85.83, 40.73, 38.75

และ 29.55 ตามลำดับ

3.2 พื้นที่ความลาดชันปานกลางพบว่า โครงข่ายการระบายน้ำจาก SRTM มีความถูกต้องสูงสุด รองลงมาคือ LDD DEM, ANUDEM และ ASTER GDEM โดยมีความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 73.33, 72.45, 31.49 และ 30.03 ตามลำดับ

3.3 พื้นที่ราบ พบว่า โครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจาก SRTM มีความถูกต้องสูงสุด รองลงมาคือ LDD DEM, ANUDEM และ ASTER GDEM โดยมีความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 39.17, 37.77, 19.20 และ 18.32 ตามลำดับ

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจาก LDD DEM มีความถูกต้องมากกว่า ANUDEM และ ASTER GDEM ตามลำดับในทุกสภาพภูมิประเทศ ส่วนโครงข่ายการระบายน้ำจาก ASTER GDEM มีความถูกต้องน้อยในทุกสภาพภูมิประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับ Mantelli *et al.* (2011) ที่กล่าวว่า ASTER GDEM ให้ผลการแยกโครงข่ายการระบายน้ำที่มีค่าความคลาดเคลื่อนสูง

โครงข่ายการระบายน้ำจาก LDD DEM ในพื้นที่สูงชันมีความถูกต้องสูง สอดคล้องกับ Tantasirin *et al.* (2016) เนื่องจาก LDD DEM ถูกผลิตขึ้นเพื่อใช้ในประเทศไทยโดยมีเกณฑ์ความถูกต้องที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Land Development Department, 2008) อีกทั้งมีความละเอียดสูง (5 ม.) ทำให้ข้อมูลความสูงใกล้เคียงกับความสูงของภูมิประเทศจริง (Srisoontorn *et al.*, 2017) และสามารถจำลองสภาพภูมิประเทศที่มีการเปลี่ยนแปลงของผิวโลกบริเวณพื้นที่สูงชันได้ดี ส่งผลให้โครงข่ายการระบายน้ำจาก LDD DEM มีความถูกต้องมากกว่าแหล่งอื่น ด้านพื้นที่ความลาดชันปานกลางแม้ว่าลำน้ำจาก SRTM และ LDD DEM จะมีความถูกต้องสูงใกล้เคียงกัน แต่ลำน้ำจาก LDD DEM มีความเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้มากกว่าเนื่องจากโครงข่ายการระบายน้ำที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกับลำน้ำธรรมชาติมากกว่า อีกทั้งสาเหตุที่ทำให้ลำน้ำจาก SRTM มีความถูกต้องสูงนั้นเนื่องจากขนาดแปลงสำรวจเล็กเกินไป

ที่จะใช้กับแบบจำลองความสูงเชิงเลขความละเอียดต่ำ (ขนาดกริดใหญ่) ส่วนพื้นที่ราบพบว่า โครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขทุกแหล่งที่มาที่มีความถูกต้องน้อยเนื่องจากพื้นผิวของแบบจำลองความสูงเชิงเลขในแต่ละกริดมีความสูงแตกต่างกันน้อยมาก ส่งผลให้การคำนวณทิศทางการไหลที่ได้ไม่สอดคล้องกับสภาพการไหลตามธรรมชาติเพราะตามธรรมชาติเมื่อปัจจัยด้านความสูงของพื้นที่ไม่แตกต่างกันจึงทำให้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เข้ามามีอิทธิพลกับการไหลของน้ำมากขึ้น เช่น Ket-ord (2015) ได้ศึกษาพบว่าโครงสร้างทางธรณีวิทยาส่งผลให้มีรูปแบบการระบายน้ำที่แตกต่างกันได้ เป็นต้น จึงทำให้ทิศทางการไหลของลำน้ำธรรมชาติต่างจากทิศทางการไหลของลำน้ำอัตโนมัติที่ใช้เพียงปัจจัยความสูงของพื้นที่เพียงอย่างเดียว

สรุป

การแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยา สรุปผลการศึกษาดังนี้

1. ค่า DAT ที่เหมาะสมของแบบจำลองความสูงเชิงเลขจากแหล่งต่างๆ มีค่าต่างกัน และ DAT มีความสัมพันธ์กับขนาดกริด โดยแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดต่ำ (ขนาดกริดใหญ่) ไม่สามารถกำหนด DAT ขนาดเล็กเพื่อใช้แยกโครงข่ายการระบายน้ำได้เพราะจะทำให้กริดลำน้ำอยู่ติดกันเกินไปจนไม่มีสภาพเป็นลำน้ำ

2. การแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติในพื้นที่ความลาดชันสูงและพื้นที่ราบโดยใช้ข้อมูลจาก LDD DEM มีความยาวลำน้ำทั้งหมดและความหนาแน่นการระบายน้ำมากที่สุด รองลงมาคือ ASTER GDEM, ANUDEM และ SRTM ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ความลาดชันปานกลาง โครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติที่แยกจากข้อมูล ASTER GDEM มีความยาวลำน้ำและความหนาแน่นการระบายน้ำมากที่สุด รองลงมาคือ LDD DEM, ANUDEM และ SRTM ตามลำดับ โดยความยาวของโครงข่ายการระบายน้ำที่แยกอัตโนมัติใน

พื้นที่ลาดชันสูงเท่านั้นที่สอดคล้องกับค่า DAT และลำน้ำอัตโนมัติเกือบทั้งหมดมีความยาวและความหนาแน่นของการระบายน้ำมากกว่าข้อมูลลำน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศ (ยกเว้นลำน้ำอัตโนมัติจาก SRTM ในพื้นที่สูงชัน)

3. โครงการระบายน้ำอัตโนมัติในพื้นที่ความลาดชันสูงที่แยกจากข้อมูล LDD DEM มีความถูกต้องมากที่สุด รองลงมาคือ ANUDEM, SRTM และ ASTER GDEM ส่วนพื้นที่ความลาดชันปานกลางและพื้นที่ราบ โครงการระบายน้ำจาก SRTM มีความถูกต้องสูงสุด รองลงมาคือ LDD DEM, ANUDEM และ ASTER GDEM ตามลำดับ

4. การแยกโครงการระบายน้ำอัตโนมัติเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้กับพื้นที่ความลาดชันสูงและความลาดชันปานกลาง โดยควรใช้ LDD DEM เป็นข้อมูลหลักสำหรับการวิเคราะห์เนื่องจากทำให้ได้โครงการระบายน้ำที่มีความถูกต้องและความละเอียดสูง แต่วิธีนี้ไม่ควรใช้กับพื้นที่ราบเพราะโครงการระบายน้ำอัตโนมัติที่ได้มีความถูกต้องน้อยและมีรูปร่างของลำน้ำไม่สอดคล้องกับธรรมชาติ และในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาเปรียบเทียบผลที่เกิดจากการใช้ ANUDEM ที่มีความละเอียด (ขนาดกริด) ที่แตกต่างกันเพิ่มเติม เนื่องจากวิธีการ ANUDEM ผู้ใช้งานสามารถกำหนดความละเอียดที่แตกต่างกันได้ ซึ่งอาจมีผลต่อความถูกต้องของโครงการระบายน้ำอัตโนมัติ

REFERENCES

- Land Development Department. 2008. **Digital Elevation Model (DEM)**. Source: <http://www.lddservice.org/services/dem.php>, 20 July 2018.
- Ket-ord, R. 2015. Geomorphological features and drainage patterns in earthquake area, Mae Pung and Mae Lao Sub-Watershed, Chiang Rai province. **Thai Journal of Forestry** 34 (2): 42-50.
- Srisoontorn, W., K. Chuchip, P. Saguantam. 2017. Estimation of the average height of forest stand using digital elevation Model in Khlong Lan National Park, Kamphaeng Phet province. **Thai Journal of Forestry** 36 (2): 87-97.
- Giertz, S., B. Diekkrüger and G. Steup. 2006. Physically-based modelling of hydrological processes in a tropical headwater catchment (West Africa) - process representation and multi-criteria validation. **Hydrology and Earth System Sciences** 10: 829-847.
- Hutchinson, M. F. 1988. Calculation of hydrologically sound digital elevation models. pp. 117-133. *In Third International Symposium on Spatial Data Handling*. International Geographical Union, Sydney.
- _____. 1989. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology** 106: 211-232.
- _____. 1997. **ANUDEM Version 4.6, Users Guide**. Canberra, Australia.
- 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.
- Liu, X. and Z. Zhang. 2010. Extracting drainage network from high resolution DEM in Toowoomba, Queensland. pp. 1-12. *In Queensland Surveying and Spatial Conference 2010*. Surveying & Spatial Sciences Institute. Brisbane, Australia.
- Mantelli L.R., J.M. Barbosa and M.D. Bitencourt. 2011. Assessing ecological risk through automated drainage extraction and watershed delineation.

- Ecological Informatics** 6: 325–331.
- Tague, C. and M.P. Costello. 2008. The potential utility of physically based hydrologic modeling in ungauged urban streams. **Annals of the Association of American Geographers** 98(4): 818-833.
- Tantasirin, C., M. Nagai, T. Tipdecho and N.K. Tripathi. 2016. Reducing hillslope size in digital elevation models at various scales and the effects on slope gradient estimation. **Geocarto International** 31(2): 140-157.
-