บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องธรณีสัณฐานที่เกิดจากการกระทำของธารน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ริม ได้ทำการทบทวนวรรณกรรมโดยศึกษาจากหนังสือ ตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปวิเคราะห์ร่วมกับผลการวิจัยในบทที่ 4 เนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย

1. พัฒนาการและวิธีการวิจัยด้านธรณีสัณฐาน
2. การรับรู้จากระยะไกล หรือการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing)
3. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS)
4. ดัชนีตำแหน่งภูมิประเทศ (Topographic position index)
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. กรอบแนวคิดการวิจัย

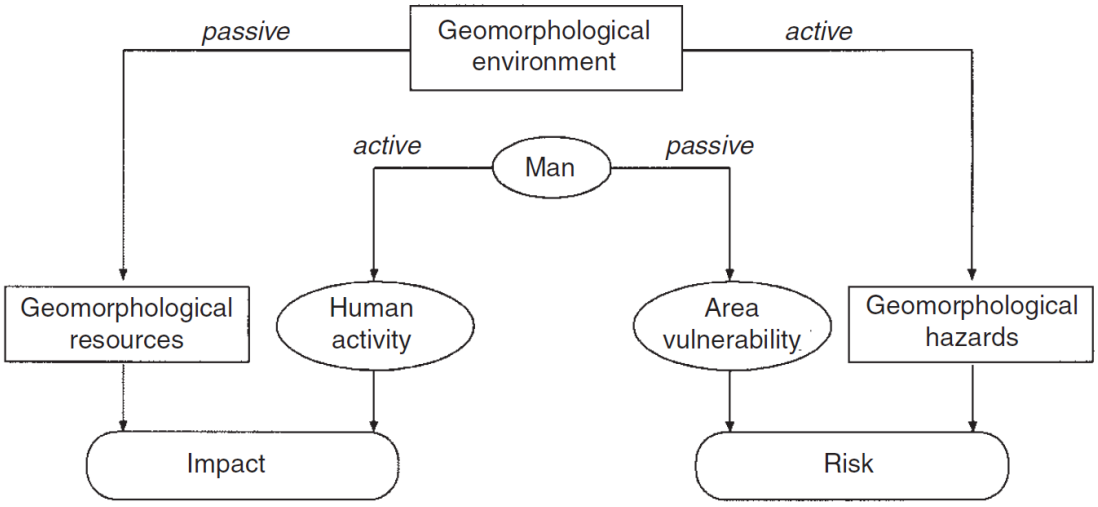
พัฒนาการและวิธีการวิจัยด้านธรณีสัณฐาน

ธรณีสัณฐานวิทยา(Geomorphology) มาจากภาษากรีก 3 คำ คือ ge แปลว่าโลก morphe แปลว่า รูปทรงสัณฐาน และ logos แปลว่าการศึกษา (Gregory & Goudie,2011). เป็นการศึกษาที่มีความคาบเกี่ยวกับหลายสาขาวิชา และมีขอบเขตการศึกษาอย่างใกล้ชิดระหว่างสาขาภูมิศาสตร์และสาขาธรณีวิทยา ดังนั้นการให้คำนิยามและรูปแบบการศึกษาจึงมีความหลากหลายขึ้นกับความสนใจหลักของนักวิจัย แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาธรณีสัณฐานวิทยาจะประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ(สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2538) ได้แก่ สัณฐานวิทยา วัสดุประกอบสัณฐาน กระบวนการที่กระทำโครงสร้างของตะกอนหรือชั้นหิน และระยะเวลา

ในช่วงแรกของการศึกษาประมาณกลางศตวรรษที่ 19 จนถึง ครึ่งแรกของศตวรรษที่ 20 การศึกษาทางด้านธรณีสัณฐานยังเป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ เป็นการบรรยายธรณีสัณฐานและภูมิประเทศโดยอาศัยการออกภาคสนามและหลักฐานทางด้านประวัติศาสตร์ และใช้ประโยชน์ผลการศึกษาด้านพัฒนาการการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์และโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็น นับตั้งแต่ครึ่งหลังของศตวรรษที่ 20 จนถึงปัจจุบันธรณีสัณฐานวิทยาได้เปลี่ยนรูปแบบการศึกษาไปในเชิงปริมาณวิเคราะห์มากขึ้น (Bierman and Montgomery, 2014) รวมทั้งมีการใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศทาง

ภูมิศาสตร์ในการศึกษา วิจัย มีการทำนายคาดการณ์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และข้อมูลภาพจากดาวเทียม ทำให้สามารถขยายขอบเขตพื้นที่การวิจัยได้กว้างขึ้น มีการประเมินผลที่รวดเร็วและแม่นยำเพิ่มขึ้น

สำหรับการศึกษาด้านธรณีสัณฐานสิ่งแวดล้อมนั้นปัจจุบันมีความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากผลการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ซึ่งมนุษย์มีการเปลี่ยนรูปหรือมีการใช้กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางพื้นผิว โดยความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรณีสัณฐานสิ่งแวดล้อมนั้นมี 2 ลักษณะ คือ ลักษณะแรกสัมพันธ์กับกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบตามมา และลักษณะที่สองสัมพันธ์กับความเปราะบางของพื้นที่ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสี่ยงและธรณีพิบัติ เช่น อุทกภัยและดินถล่ม (ภาพ 2.1) นอกจากนี้ ผลการศึกษาทางด้านธรณีสัณฐานสามารถนำไปใช้เพื่อวางแผนรับมือกับอันตรายที่จะเกิดขึ้นและลดความความเสียหาย และยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการแสวงหาทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต เช่น ทรัพยากรน้ำ ทรัพยากรแร่ธาตุต่างๆเป็นต้น (Goudie, A.S., Eds., 2004) ผนวกกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการรับรู้จากระยะไกลในการศึกษาวิจัยจึงทำให้ธรณีสัณฐานวิทยาเป็นประเด็นที่น่าสนใจมากขึ้น



ภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานสิ่งแวดล้อมกับมนุษย์
ที่มา : Goudie, A.S., Eds., 2004

การรับรู้จากระยะไกล หรือการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing)

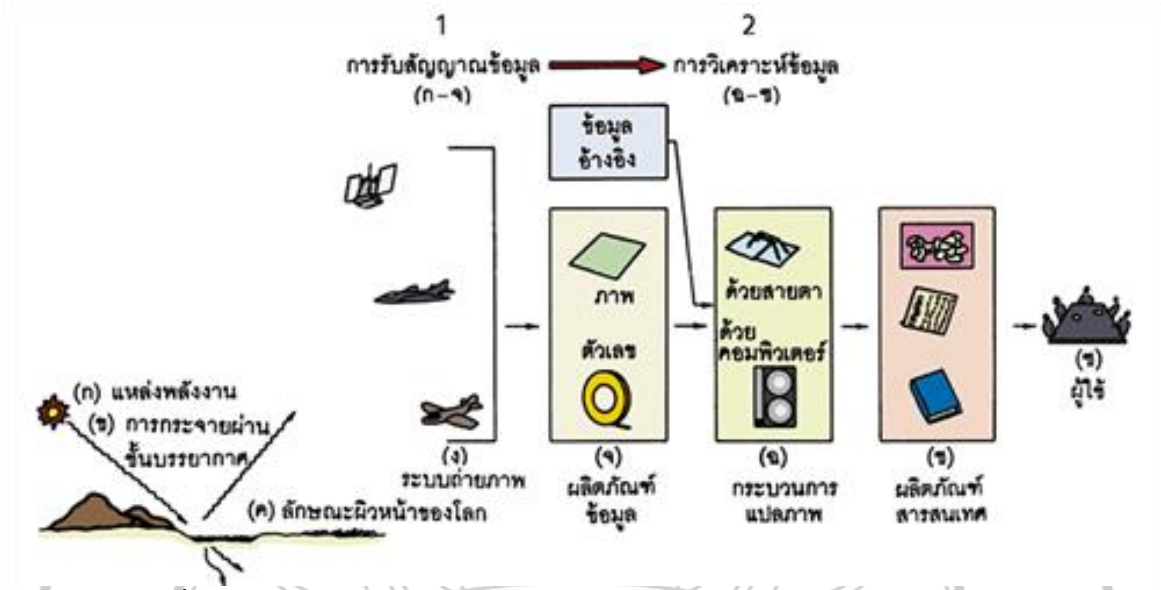
การรับรู้จากระยะไกล(Remote Sensing) หรือการสำรวจข้อมูลระยะไกล เป็นศัพท์เทคนิคที่ใช้เป็นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาใน พ.ศ.2503 หมายถึง วิทยาศาสตร์และศิลป์ของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่หรือปรากฏการณ์ จากเครื่องมือบันทึกข้อมูลโดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย(สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2538) โดยอาศัยพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic energy) เป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลซึ่งมีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Spectral characteristics) ลักษณะเชิงพื้นที่ของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial characteristics) และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (Temporal characteristics)

กระบวนการและองค์ประกอบการรับรู้ระยะไกล ประกอบด้วย (ภาพ 2.2) (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2552)

1) การได้มาซึ่งข้อมูล (Data acquisition) โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดพลังงาน เช่น ดวงอาทิตย์ (ก) เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ (ข) เกิดปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับรูปลักษณ์พื้นผิวโลก (ค) และเดินทางเข้าสู่เครื่องรับรู้ที่ติดตั้งในตัวยาน ได้แก่ เครื่องบิน ยานอวกาศ และดาวเทียม (ง) ถูกบันทึก และผลิตเป็นข้อมูลในรูปแบบภาพ (Pictorial หรือ Photograph) และ/หรือรูปแบบเชิงเลข (Digital form) (จ)

2) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ประกอบด้วย การแปลตีความข้อมูลด้วยสายตา (Visual interpretation) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเลข (Digital analysis) (ฉ) โดยมีข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยข้อมูลอ้างอิงต่างๆ เช่น แผนที่ดิน ข้อมูลปฏิทินและสถิติการปลูกพืช และอื่นๆ ได้ผลิตผล (ช) ของการแปลตีความในรูปแบบแผนที่ ข้อมูลเชิงเลข ตาราง คำอธิบาย หรือแผนภูมิ เป็นต้น เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป (ซ)

โดยทั่วไปแล้วระบบการรับรู้ (Sensing system) ที่สามารถตรวจวัดพลังงานที่สะท้อนจากวัตถุและแผ่รังสีออกมาโดยธรรมชาติเรียกว่า ระบบแพสซิฟ ไม่ว่าจะอาศัยดวงอาทิตย์ หรือเป็นพลังงานที่แผ่รังสีจากตัวเอง ส่วนระบบการรับรู้ที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยังวัตถุเป้าหมายเรียกว่า ระบบแอ็กทิฟ เช่น ระบบเรดาร์ ต้องส่งพลังงานที่สังเคราะห์ขึ้นไปกระทบวัตถุเป้าหมาย แล้วตรวจหา (Detect) พลังงานที่กระจัดกระจายกลับ(Backscatter)



ภาพที่ 2.2 กระบวนการและองค์ประกอบการรับรู้ระยะไกล
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2534 หน้า 13)

ข้อมูลจากการรับรู้ระยะไกลสามารถนำไปใช้ศึกษาวิจัยได้อย่างกว้างขวาง เช่น การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การเกษตร การใช้ประโยชน์ที่ดิน การวางผังเมือง และด้านธรณีวิทยาและธรณีสัณฐานวิทยา(สุรีย์ ธีระรังสิกุล และศักดา ขุนดี, 2554) ได้มีการประยุกต์ใช้ในการกำหนดชนิดของหิน จำแนกลักษณะภูมิประเทศ ธรณีสัณฐาน รูปแบบทางน้ำ โครงสร้างทางธรณีวิทยา รอยเลื่อน ธรณีพิบัติภัย และธรณีสัณฐานสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันการศึกษาสัณฐานภูมิประเทศมีความสะดวกรวดเร็วเนื่องจากข้อมูลภาพจากดาวเทียมสามารถนำมาสร้างเป็นแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข(Digital Elevation Model: DEM) ช่วยให้การจำแนกประเภทมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน นักวิจัยควรเลือกใช้ข้อมูลให้เหมาะสมกับเนื้อหาของงานวิจัย คุณลักษณะของข้อมูลภาพจากดาวเทียมที่มีการประยุกต์ในการจัดทำแผนที่ธรณีสัณฐาน ดังตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 สรุปชนิดของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่ใช้ในงานด้านการจัดทำแผนที่ธรณีสัณฐาน

ดาวเทียม	ระบบบันทึกข้อมูล	จำนวนแบนด์	รายละเอียดภาพ Resolution (เมตร)
Landsat 4,5	TM	6	30
		1	120
Landsat 7	ETM	1	15
		6	30
		1	60
Landsat 8	OLI, TIRS	8	30
		1	15
		2	100
EO-1	Hyperion	220	30
	Ali	1	10
		9	30
SPOT 1-3	HRV	1	10
		3	20
SPOT 4	HRVIR	1	10
		4	20
SPOT 5	HRG	1	5, 2.5
		3	10
IKONOS	Panchromatic	1	1
	MSS	4	4
Quickbird	Panchromatic	1	0.61
	MSS	4	2.44
Terra	ASTER	3	15
		6	30
		5	90
Geoeye	HRG	1	0.4
		4	1.65
Envisat	ASAR	2	30

ที่มา: ดัดแปลงจาก (Napieralski, Barr, Kamp, & Kervyn. (2013 หน้า 192)

การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม (Data Analysis) ประกอบด้วย

1) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสายตา (Visual Interpretation)

การแปลตีความข้อมูลภาพจากดาวเทียมด้วยสายตาข้อมูลที่นำมาแปลตีความหรือจำแนกประเภทข้อมูลภาพจากดาวเทียมด้วยตา เป็น ข้อมูลที่อยู่ในรูปของภาพพิมพ์หรือฟิล์ม โดยภาพแต่ละช่วงคลื่นของการบันทึกภาพ อยู่ในลักษณะขาวดำจึงยากต่อการแปลตีความหมาย ด้วยสายตา การเลือกใช้ภาพสีผสม ซึ่งได้มีการเน้นข้อมูลภาพ (Enhancement) ให้สามารถจำแนกประเภทข้อมูลได้ชัดเจนและง่ายขึ้นนั้น สามารถทำได้โดยกำหนดสีของแต่ละช่วงคลื่นเลียนแบบระบบธรรมชาติ แล้วนำภาพที่ได้ให้แสงสีแล้วนี้ มารวมกัน 3 ภาพ (3 ช่วงคลื่น) เพื่อให้เกิดเป็นภาพสีผสมขึ้น ในช่วงคลื่นสั้นและยาว โดยใช้แสงสีน้ำเงิน เขียวและแดง ตามลำดับของแสงช่วงคลื่นที่สายตาสามารถมองเห็น จึงถึงช่วงคลื่นอินฟาเรด ภาพสีผสมที่ปรากฏให้เห็น คือ พืชพรรณ ต่างๆ จะปรากฏเป็นสีแดงหรือสีเขียว เนื่องจากปฏิกิริยาการสะท้อนสูง ที่คลื่นช่วงยาว ภาพที่พืชปรากฏสีแดง เรียกว่า ภาพสีผสมเท็จ (False Colour Composite – FCC) และภาพที่พืชปรากฏเป็นสีเขียว เรียกว่า ภาพผสมจริง (True Colour)

องค์ประกอบในการแปลและตีความภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา

1. สีและระดับความเข้มของสี (Colour tone and brightness)
2. รูปร่าง (Shape)
3. ขนาด (Size)
4. รูปแบบ (Pattern)
5. ความหยาบละเอียดของเนื้อภาพ (Texture)
6. ความสัมพันธ์กับตำแหน่งและสิ่งแวดล้อม (Location and Association)
7. การเกิดเงา (Shadow)
8. การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (Temporal change)
9. ระดับสี (Tone)

นอกจากองค์ประกอบดังกล่าวแล้ว สิ่งที่จะช่วยในการแปลความหมายได้ถูกต้องมากขึ้น ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศและการเลือกภาพในช่วงเวลาที่เหมาะสม หลักการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา ควรดำเนินการแปลและตีความจากสิ่งที่เห็นได้ง่าย ชัดเจนและคุ้นเคยเสียก่อนแล้วจึงพยายามวินิจฉัยในสิ่งที่จำแนกได้ยาก ไม่ชัดเจนในภายหลัง หรือเริ่มจากระดับหยาบๆก่อนแล้วจึงแปลในรายละเอียดที่หลัง

2) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Analysis)

วิธีการจำแนกข้อมูลดาวเทียมด้วยระบบคอมพิวเตอร์แบ่งออกได้ 2 วิธี ได้แก่

2.1 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) เป็นวิธีการจำแนกข้อมูลภาพซึ่งจะต้องประกอบด้วยพื้นที่ฝึก (Training areas) การจำแนกประเภทของข้อมูลเบื้องต้น โดยการคัดเลือกเกณฑ์ของการจำแนกประเภทข้อมูล และกำหนดสถิติของของประเภทจำแนกในข้อมูล จากนั้นก็จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งภาพ และรวบรวมกลุ่มชั้นประเภทจำแนกสถิติคล้ายกันเข้าด้วยกัน เพื่อจัดลำดับขั้นข้อมูลสุดท้าย นอกจากนี้แล้วก็จะมีการวิเคราะห์การจำแนกประเภทข้อมูลลำดับสุดท้าย หรือตกแต่งข้อมูลหลังจากการจำแนกประเภทข้อมูล (Post-classification)

2.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) เป็นวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ฝึกของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ มักจะใช้ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลเพียงพอในพื้นที่ที่การจำแนก หรือผู้ปฏิบัติไม่มีความรู้ความเคยชินในพื้นที่ที่ศึกษา วิธีการนี้สามารถทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างแบบคละ แล้วจึงนำกลุ่มข้อมูลดังกล่าวมาแบ่งเป็นประเภทต่างๆ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System : GIS คือกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่ สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ ตำแหน่งเส้นรุ้ง เส้นแวง ข้อมูลและแผนที่ใน GIS เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลาย จะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เช่น การแพร่กระจายของโรคระบาด การเคลื่อนย้ายถิ่นฐาน การบุกรุกทำลาย การเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้ เมื่อปรากฏบนแผนที่ทำให้สามารถแปล สื่อความหมายและใช้งานได้ง่าย

ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ถูกจัดเก็บตามประเภทของข้อมูล ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงภาพได้แก่ จุด เส้น รูปหลายเหลี่ยม และข้อมูลลักษณะประจำ ที่ประกอบด้วยตัวอักษรและตัวเลข เช่น ชื่อสถานที่ ชื่อทางภูมิศาสตร์ ค่าพิกัดของตารางพิกัดถูกจัดเก็บในรูปของแฟ้มข้อมูลที่แยกออกจากกันเป็นชั้นข้อมูล (Data layer) ตามลักษณะเพื่อความสะดวกในการจัดเก็บและแก้ไข แฟ้มของชั้นข้อมูลเหล่านี้จะเชื่อมต่อกันในลักษณะซ้อนทับ ข้อมูลในทุกชั้นข้อมูลจะเชื่อมโยงกันโดยอาศัยตำแหน่งทางภูมิศาสตร์เป็นตัวเชื่อมในลักษณะอ้างอิงกับตำแหน่งจริงบนพื้นผิวของโลก(Geocoding) การแก้ไขข้อมูล สามารถแก้ไข

ปรับปรุงข้อมูลในแต่ละชั้นข้อมูลได้อย่างเป็นอิสระ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2552)

องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ 5 องค์ประกอบหลัก ดังนี้

1) ฮาร์ดแวร์ (Hardware) เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สนับสนุนการสร้างฐานข้อมูลและจัดเก็บสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการนำเข้า วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูล เช่น คอมพิวเตอร์ GPS เครื่องพิมพ์ กล้องถ่ายรูป

2) ซอฟแวร์ (Software) คือ โปรแกรมหรือชุดคำสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามลักษณะที่กำหนดไว้ โปรแกรมเฉพาะทางด้านระบบภูมิสารสนเทศ เช่น ArcGIS, QGIS, MapInfo, PCI Geomatica, และ SAGA GIS เป็นต้น

3) ข้อมูล (Data) คือ ข้อเท็จจริง สถานการณ์ สถิติที่มีการจัดเก็บจากแหล่งข้อมูลภาคสนามและทุติยภูมิ อาจอยู่ในรูปแบบเอกสาร แผนที่ หรือแฟ้มดิจิทัล เป็นองค์ประกอบที่สำคัญรองมาจากองค์ประกอบบุคลากร

4) วิธีการดำเนินงานหรือขั้นตอนการปฏิบัติ (Methodology) คือขั้นตอนการจัดเตรียมฐานข้อมูล แต่ละองค์กร แต่ละหน่วยงานอาจจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับภารกิจและผลผลิตเป้าหมายที่ต้องการ

5) บุคลากร (People) คือ นักภูมิสารสนเทศหรือผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทั้งหมด เช่น ผู้สำรวจข้อมูล ผู้นำเข้าข้อมูล ผู้วิเคราะห์ข้อมูล ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล เป็นต้น บุคลากรเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีบทบาทหน้าที่สำคัญ ดังนี้ (สุเพชร จิรขจรกุล, 2560)

- **การนำเข้าข้อมูล (Data Input)** การนำเข้าและแปลงข้อมูลในฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบแผนที่หรือสถิติที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับแผนที่ เพื่อใช้สำหรับการวางแผนและตัดสินใจพัฒนาพื้นที่

- **การจัดการข้อมูล (Data Manipulation)** การจัดเก็บ เปลี่ยนแปลง และแก้ไขข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้อยู่ในระบบพิกัดชนิดเดียวกัน จัดการข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่หน่วยงานสามารถนำไปประมวลผลได้

- **การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)** การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวม จัดหมวดหมู่และประมวลผลให้เป็นสารสนเทศ ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงสถิติ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบเชิงพื้นที่หรือวิเคราะห์จากสถิติเชิงพื้นที่ โดยเลือกใช้ชุดโปรแกรมที่เหมาะสม และใช้งานคำสั่งหรือฟังก์ชั่นได้ถูกต้อง

- **การแสดงผลข้อมูลข้อมูล(Data Display)** การนำเสนอผลลัพธ์ต่อผู้ใช้งานในรูปของแผนที่ทั้งแบบ 2D และ 3D รวมถึงตารางคำบรรยาย ผ่านทางจอแสดงผลหรือพิมพ์ผลออกมาในรูปกระดาษ หรือแสดงผลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อความสะดวกในการเข้าถึงของผู้ที่ต้องการใช้งาน

ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้โปรแกรม SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses) เป็นหลักในการวิเคราห์ข้อมูล SAGA GIS เป็นโปรแกรมเปิดทางด้านภูมิสารสนเทศที่มีแนวคิดในการออกแบบให้ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน ที่เน้นด้านการวิเคราะห์ด้าน Terrain ใช้งานโปรแกรมได้ฟรี (Free Open Source Software) และสามารถทำงานข้ามแพลตฟอร์ม มีการทำงานแบบ Application Programming Interface (API) นิยมใช้ในงานศึกษาวิจัยด้านธรณีวิทยา ธรณีสัณฐานวิทยา อุทกศาสตร์ มีคำสั่งการใช้งานที่สะดวกและการประมวลผลที่รวดเร็ว SAGA GIS พัฒนาโดยทีมงานนักวิจัยเล็กๆภาควิชาภูมิศาสตร์กายภาพ มหาวิทยาลัย Göttingen จากนั้นย้ายศูนย์กลางการพัฒนาโปรแกรมไปที่ ภาควิชาภูมิศาสตร์กายภาพ มหาวิทยาลัย Hamburg

ดัชนีตำแหน่งภูมิประเทศ (Topographic position index)

กระบวนการทางธรณีสัณฐานเป็นตัวกำหนดรปแบบของสัณฐาน ที่ซึ่งกำหนดลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่นั้นๆและมีส่วนสนับสนุนกระบวนการทางนิเวศวิทยาและธรณีวิทยา การจำแนกธรณีสัณฐานที่ถูกต้องแม่นยำจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเกษตรที่มีประสิทธิภาพ การกำหนดเขตที่อยู่อาศัย พื้นที่ภัยพิบัติและอื่นๆ (Fink & Jewell, n.d.).

Andrew Weiss ได้นำเสนอแนวคิดดัชนีภูมิประเทศ(Topographic position index: TPI) ในที่ประชุม the 2001 ESRI International User Conference และได้อธิบายวิธีการคำนวณอย่างน่าสนใจและไม่ซับซ้อน การใช้ค่าดัชนีภูมิประเทศที่มีแตกต่างกันร่วมกับความลาดชันทำให้สามารถจำแนกภูมิประเทศได้ทั้งค่าดัชนีความลาดชัน(เช่น สันเขาบน ก้นหุบเขา ลาดชันกลาง และอื่นๆ) และได้ประเภทของธรณีสัณฐาน(เช่น หุบเขาแคบชัน หุบเขา ที่ราบและอื่นๆ)(Jenness, 2006) ดัชนีภูมิประเทศ (TPI) เป็นการวัดความแตกต่างระดับความสูงที่จุดศูนย์กลาง(Z_0) และความสูงเฉลี่ย($\bar{Z}$) รอบๆภายในที่กำหนดไว้รัศมี (R) (Weiss, 2001) โดยมีสมการคำนวณค่า TPI ดังนี้

$$TPI = Z_0 - \frac{\sum_{1-n} Z_n}{\mathrm{n}}$$

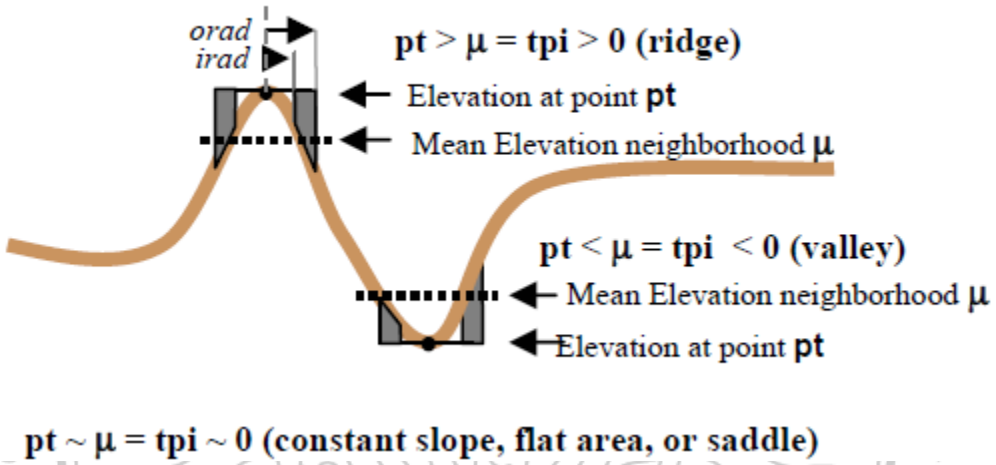
โดยที่

Z_0 = ระดับความสูงที่จุดศูนย์กลาง

Z_n = ระดับความสูงของกริดที่อยู่โดยรอบ

n = จำนวนกริดทั้งหมดที่ล้อมรอบ

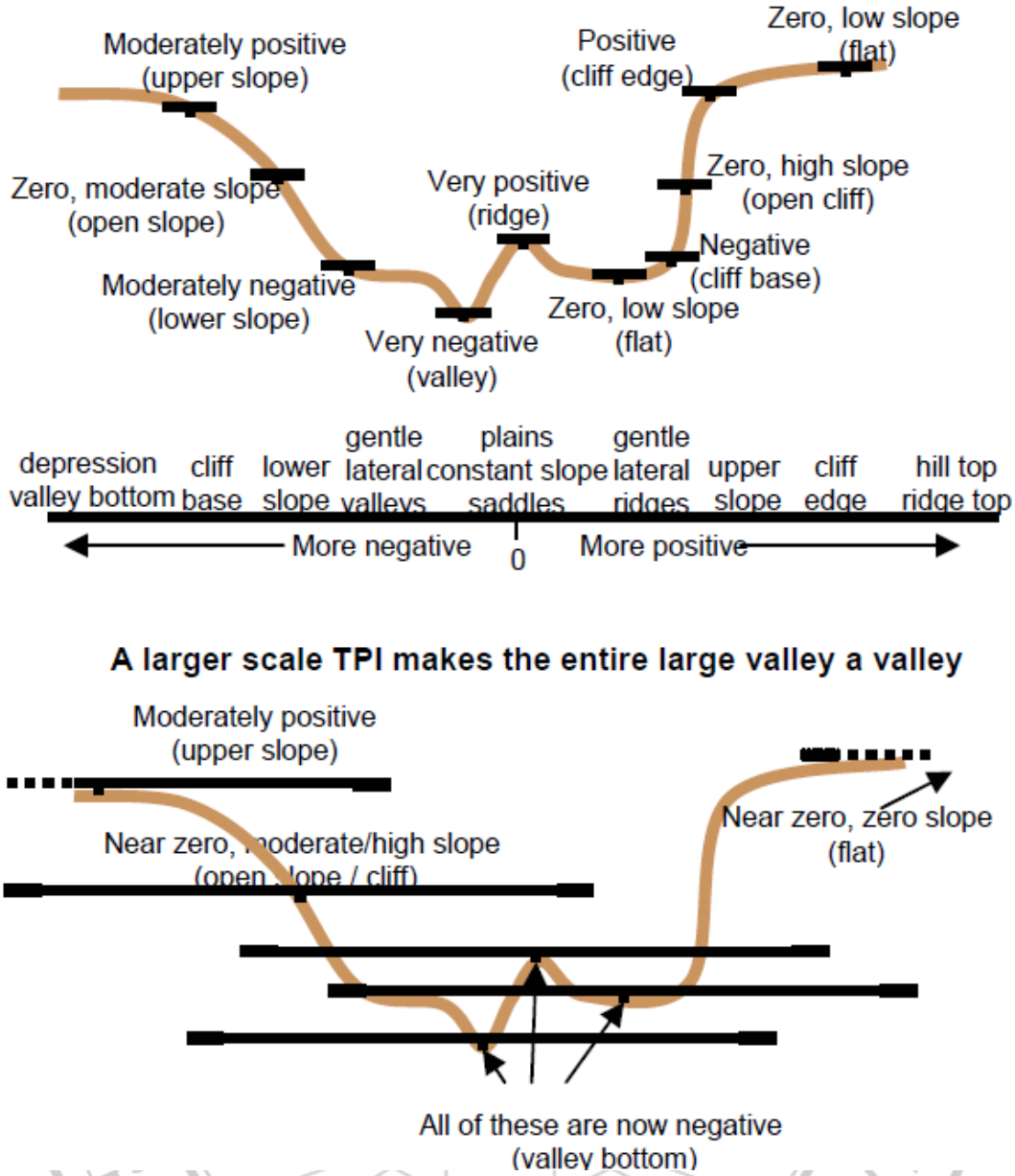
หากค่า TPI > 0 มีแนวโน้มว่าใกล้ยอดเขาหรือสันเขา, เมื่อ TPI<0 มีนัยสำคัญว่าใกล้ด้านล่างหุบเขา และค่า TPI = 0 หมายถึงพื้นที่ราบหรือพื้นที่ลาดชันปานกลาง สามารถใช้แยกความแตกต่างของได้ 2 ชนิด(ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 Topographic Position Index

ที่มา: Weiss(2001)

การจำแนกธรณีสัณฐานอาจจำแนกโดยใช้ค่าดัชนีตำแหน่งความลาดชัน โดยค่าดัชนีความลาดชันนี้สามารถจำแนกออกเป็นชั้นต่างๆได้ โดยใช้ค่า TPI ซึ่งขึ้นอยู่กับความชันของแต่ละจุด (ภาพที่ 2.4 ตารางที่ 2.2)



ภาพที่ 2.4 Topographic Position Index และ Slope position

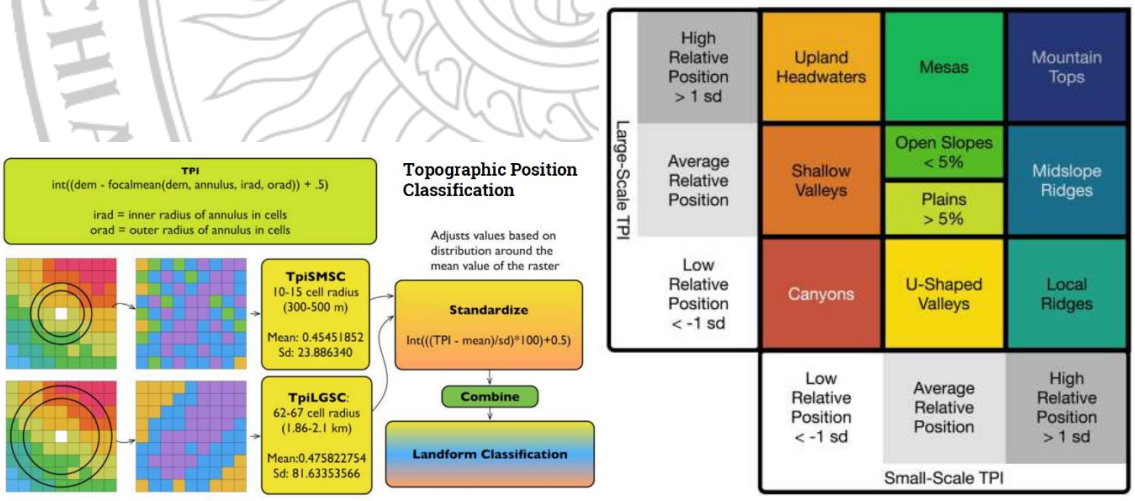
ที่มา: Weiss(2001)

ตารางที่ 2.2 การจำแนกประเภทของธรณีสัณฐานโดยดัชนีตำแหน่งความลาดชัน

ลำดับ	Slope Classes	คำอธิบาย	Weiss (2001)
1	Valleys	หุบเขา	TPI < -1 SD
2	Lower slopes	ความลาดชันระดับต่ำ หรือพื้นที่ที่มีองศาความชันน้อย	-1 SD ≤ TPI < -0.5 SD
3	Flats slopes	ความชันน้อยมาก, พื้นที่ราบ	-0.5 SD ≤ TPI ≤ 0.5 SD, Slope ≤ 5°
4	Middle slopes Steep Slopes	ความลาดชันระดับกลาง องศาความชันมีค่าคงที่	-0.5 SD ≤ TPI ≤ 0.5 SD, Slope > 5°
5	Upper slopes	ความลาดชันระดับสูง หรือองศาความชันมีค่ามาก	0.5 SD < TPI ≤ 1 SD
6	Ridges	สันเขา แนวสันเขา	TPI > 1 SD

ที่มา: งามพรรณ วงษ์อ่อน และรัศมี สุวรรณวีระกำธร (2562)

สำหรับการจำแนกธรณีสัณฐานอาจำแนกออกเป็นลักษณะต่างๆโดยใช้หลักการผสาน 2 ค่า TPI ที่มีขนาดต่างกัน คือ Large neighborhood TPI=LN และ Small neighborhood TPI=SN กับค่าความลาดชัน สามารถแบ่งธรณีสัณฐานออกเป็น 10 ประเภท (ภาพที่ 2.5 และตารางที่ 2.3)



ภาพที่ 2.5 การจำแนกธรณีสัณฐานโดยการผสาน LN TPI กับ SN TPI

ที่มา: Fink & Jewell (n.d.)

ตารางที่ 2.3 การจำแนกประเภทของธรณีสัณฐานโดยการผสานค่า TPI(Large and Small neighborhood TPI)

ลำดับ	Landform Categories	คำอธิบาย	Jenness, 2006
1	High Ridges	สันเขาสูง	TPI < -1 SD
2	Midslope Ridges	สันเขาที่มีความลาดเอียงระดับกลาง	-1 SD ≤ TPI < -0.5 SD
3	Local Ridges	สันเขาขนาดเล็ก	-0.5 SD ≤ TPI ≤ 0.5 SD, Slope ≤ 5°
4	Upper Slopes	บริเวณที่มีความชันสูง	-0.5 SD ≤ TPI ≤ 0.5 SD, Slope > 5°
5	Open Slopes	บริเวณความลาดเอียงคงที่	0.5 SD < TPI ≤ 1 SD
6	Plains	ที่ราบ	TPI > 1 SD
7	Valleys	หุบเขา	
8	Upland Drainages	ทางน้ำในพื้นที่สูง	
9	Midslope Drainages	ทางน้ำที่มีความเอียงระดับกลาง	
10	Streams	ธารน้ำ	

ที่มา: ผู้วิจัย, 2564

De Reu et al. (2013). ดัชนีภูมิประเทศ(TPI) เป็นชุดคำสั่งที่มีคนใช้เพิ่มมากขึ้นโดยใช้วัดตำแหน่งความลาดชันภูมิประเทศและใช้จำแนกสัณฐานแบบอัตโนมัติ แต่แม้ว่าจะมีการใช้ TPI เป็นเครื่องมือร่วมกับโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศกันอย่างกว้างขวางแต่ก็มีสิ่งที่พึงคำนึงในเรื่องของพื้นฐานความรู้ด้านธรณีสัณฐานของผู้ใช้ TPI จะเกิดประโยชน์หรือไม่ขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับแต่ละประเด็นด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งามพรรณ วงษ์อ่อน และรัศมี สุวรรณวีระกำธร (2562) ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำการจำแนกธรณีสัณฐานบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย โดยใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข ความละเอียด 30 เมตร บนพื้นฐานของค่าดัชนีตำแหน่งภูมิประเทศ(TPI) ใช้กริดเซลล์จำนวน 6 กริดเซลล์(3, 5, 9, 17, 25 และ 33 กริดเซลล์) และชนิดของบริเวณล้อมรอบเป็นแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส นำค่าดัชนีตำแหน่งภูมิประเทศ 2 ค่ามาซ้อนทับกันทำให้สามารถจำแนกธรณีสัณฐานออกเป็น 10 ประเภท ผลการวิจัยพบว่า บริเวณล้อมรอบขนาดเล็กสามารถจำแนกลักษณะสัณฐานที่มีโครงสร้างขนาดเล็กได้ดี เช่น เนินเขาขนาดเล็กในที่ราบ ส่วนบริเวณล้อมรอบขนาดใหญ่สามารถจำแนกลักษณะสัณฐานที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่ได้ดี เช่น ภูเขา ยอดเขา หุบเขา เป็นต้น

Mokarram et al. (2015) วิจัยเรื่องการจำแนกธรณีสัณฐานโดยใช้ดัชนีตำแหน่งภูมิประเทศ กรณีศึกษา Salt dome of Korsia-Darab plain ประเทศอิหร่าน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข(DEM) ความละเอียด 30 เมตร ใช้กริดเซลล์ 2 ขนาด ได้แก่ 3*3 และ 10*10 ตามชุดคำสั่ง (algorithm) ของ Jennes ผลการวิจัยพบว่า สามารถแสดงพื้นที่ภูเขา สันเขา ได้อย่างชัดเจน เป็นชุดคำสั่งที่เหมาะสำหรับการทำแผนที่ธรณีวิทยาและการจำแนกธรณีสัณฐาน

ณัฐพร ยวงเงิน และคณะ(2557) ได้ทำการศึกษาธรณีสัณฐานภูมิประเทศแบดแลนด์บริเวณละลุ โดยเน้นศึกษาลักษณะสัณฐาน กระบวนการเกิด และโครงสร้างตะกอนของอนุสัณฐานภูมิประเทศแบดแลนด์ พบสัณฐานประเภท หลุมยุบ หน้าผา กำแพงดิน เสาดิน และตอดินในบริเวณที่ราบภูเขาแคบๆ เป็นลาดเชิงเขาที่เกิดจากตะกอนเศษหินเชิงเขา มีน้ำฝนและทางน้ำสาขาของลุ่มน้ำห้วยยางตอนบนกัดเซาะทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ มักพบรอยแตก รอยร้าวของชั้นตะกอน สัณฐานของแต่ละอนุสัณฐานประกอบด้วยรูปร่าง ความกว้าง ความยาว ความสูง ความลึก ลักษณะผิวหน้าของสัณฐาน ซึ่งมีความแตกต่างกันตามลักษณะโครงสร้างของตะกอนในแต่ละชั้น

สุรีย์ ธีระรังสิกุล และศักดา ขุนดี(2554) ทำการวิจัย ธรณีสัณฐานวิทยาและธรณีวิทยาเบื้องต้นจากการแปลความหมายภาพดาวเทียม มาตราส่วน 1:50,000 พื้นที่ระวางอำภอโนนสะอาด ที่ใช้ในการศึกษา คือ ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 7 ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (DEM) ประมวลผลด้วยโปรแกรม ENVI 4.5 ผลการศึกษาสามารถจำแนกหน่วยหินในพื้นที่ศึกษาได้เป็น 7 หน่วยได้แก่ 1) หน่วยหินตะกอนชนิดหินทราย(หินพระวิหาร) 2) หินทรายเม็ดละเอียดสลับชั้นกับหินทรายแป้งและหินโคลน (หมวดหินเสาขัว) 3) หินทรายเม็ดหยาบชั้นปานกลางถึงหนา(หมวดหินภูพาน) 4) หินทรายเม็ดละเอียดสลับชั้นกับหินทรายแป้ง หินดินดาน และหินโคลน(หมวดหินโคกกรวด) 5) หินทรายแป้งและหินโคลน (หมวดหินมหาสารคาม) 6) ตะกอนร่วนจำพวกกรวด ทราย ทรายแป้งและดินเหนียว มีการจับตัวกันแน่น

กว่าตะกอนร่วนของหน่วยหินที่ 7(ตะกอนตะพักลำน้ำ) และ7) ตะกอนร่วนจำพวกกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว (ตะกอนน้ำพา)

พสพล เจริญพร(2558) ศึกษาการทำแผนที่ธรณีสัณฐานอัตโนมัติจากแบบจำลองความสูงเชิงเลข ในพื้นที่ระวาง 4725II พื้นที่จังหวัดกระบี่ ด้วยวิธีการจำแนกหน่วยทางธรณีสัณฐานแบบอาศัยกฎ (rule-based classification) และวิธีการทางสถิติแบบคลัสเตอร์ (clustering classification) ผลการศึกษาพบว่าแผนที่ธรณีสัณฐานแบบอัตโนมัติด้วยวิธีอาศัยกฎ มีความถูกต้องมากกว่าวิธีการทางสถิติแบบคลัสเตอร์ เมื่อเทียบกับแผนที่ภาคสนาม ดวยคารอยละ 36.70 และ 27.00 ตามลำดับ และแมวาแผนที่ธรณีสัณฐานแบบอัตโนมัติดวยวิธีอาศัยกฎมีคาความถูกต่องมากกวา แตไมสามารถกลาวไดวาวิธีการใดมีประสิทธิภาพมากกวากันทั้งนี้เนื่องจากแตละวิธีมีแนวคิดและวิธีการที่ตางกัน

De Reu et al. (2013). ได้ประยุกต์ใช้ดัชนีภูมิประเทศ (TPI) ในโครงการวิจัยทางด้านธรณีวิทยาทางโบราณคดี ศึกษาหลุมฝังศพของมนุษย์โบราณในยุคสัมฤทธิ์ในพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศเบลเยี่ยม ผลการศึกษาพบว่าจากการวิเคราะห์ภูมิประเทศโดยใช้ TPI ระบุว่าหลุมฝังศพเหล่านั้นตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ลาดชันปานกลางและที่ราบ ขณะที่ในภูมิประเทศจริงพบว่าหลุมฝังศพตั้งอยู่บนสันเขาสูง แต่เมื่อทำการศึกษาโดยใช้ DEV ให้ผลการแปลสัณฐานที่ถูกต้องมากกว่า ดังนั้นนักวิจัยจึงสรุปได้ว่า การใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากระดับความสูงเฉลี่ย(DEV) เป็นวิธีดำเนินการที่ให้ความถูกต้องมากกว่าการใช้ดัชนีภูมิประเทศ(TPI)ในการจำแนกประเภทของธรณีสัณฐานบนพื้นฐานข้อมูลชั้นการระบายน้ำของดินและชั้นตำแหน่งความลาดชัน และผู้วิจัยยังแสดงให้เห็นว่าแม้การวิเคราะห์ TPI จะใช้ได้ผลดีในการจำแนกสัณฐานภูมิประเทศแต่ก็ยังมีข้อจำกัดสำหรับการใช้จำแนกสัณฐานที่มีลักษณะเฉพาะเช่นทางด้านธรณีวิทยาทางโบราณคดี

มนตรี ชูวงษ์(2554) ได้อธิบายการจำแนกลำน้ำสายตรง(straight river) กับลำน้ำโค้งตวัด (meandering river) ออกจากกันโดยใช้ดัชนีความคดโค้งของแม่น้ำ(Sinuosity index) คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างความยาวจริงของแม่น้ำต่อระยะทางที่แม่น้ำไหลผ่านโดยค่าที่ได้นำมาจำแนกตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้

SI< 1.5 ลำน้ำนี้จะมีลักษณะตรงหรือไม่สม่ำเสมอ

SI>1.5 ลำน้ำจะมีลักษณะการโค้งตวัด

SI=(channel length)/(down valley length)

Wolman & Leopold (1957) อธิบายถึงรูปแบบพื้นฐานของการตกสะสมตัวของตะกอนที่สามารถพบได้บนบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงมี 2 รูปแบบ ได้แก่

1. การสะสมตัวของตะกอนบริเวณสันดอนทราย เป็นการสะสมตัวแบบพกไปด้านข้าง ในบริเวณตลิ่งที่เป็นโค้งเว้าในของแม่น้ำ ซึ่งมักเกิดขึ้นพร้อมๆกันกับการกัดกร่อนที่บริเวณตลิ่งที่เป็นโค้งเว้านอกของแม่น้ำ โดยทั้งกระบวนการกัดกร่อนและสะสมตัวนี้เองที่เป็นสาเหตุให้ทางน้ำเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งได้

2. การสะสมตัวของตะกอนช่วงน้ำล้นตลิ่ง เป็นการสะสมตัวแบบพอกแนวดิ่ง พบว่ามีอัตราการตกสะสมตัวที่ต่ำมาก เช่น ที่ Connecticut Valley คาดว่าเป็นผลอันเนื่องมาจากการสะสมตัวในรูปแบบนี้เฉพาะช่วงที่มีปริมาณน้ำมากจนล้นตลิ่ง

Walker & Cant (1984) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการระบบธารน้ำ พบว่า ตะกอนในบริเวณส่วนต่างๆของระบบทางน้ำโค้งตวัดมีลักษณะ ดังนี้ บริเวณพื้นท้องน้ำมีการตกสะสมของตะกอนขนาดใหญ่กว่าทรายหยาบ พบการตกตะกอนของชั้นกรวดจำนวนมากสะสมตัวในแต่ละชั้น วางเฉียงระดับขนาดใหญ่แบบโค้ง ส่วนบริเวณสันดอนทรายตะกอนที่ตกสะสมจะมีขนาดทราย ลักษณะสะสมพอกตัวไปด้านข้าง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการย้ายตำแหน่งของร่องน้ำ พบริ้วรอยคลื่น เป็นต้น

กรอบแนวคิดการวิจัย

ภาพที่ 2.6 กรอบแนวคิดของการวิจัย