

วันที่ส่ง/...../.....

วันที่อนุมัติ/...../.....

.....
(อาจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ดัชนีกรณีศึกษา บริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย

นางสาวพรปวีณ์ วิกรมสกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาคธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MORPHOTECTONIC INDEX OF SUMATRA ISLAND, INDONESIA

Miss Patcharapawee Wikornmetkun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Bachelor of Science
Department of Geology, Chulalongkorn University
Academic Year 2011
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อ (ภาษาไทย)	ดัชนีธรณีฐานบริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย
หัวข้อ (ภาษาอังกฤษ)	MORPHOTECTONIC INDEX OF SUMATRA ISLAND, INDONESIA
ชื่อผู้เสนอโครงการ	นางสาว พชรปวีณ์ วิกรมเศกุล รหัสนิสิต 513 26215 23 ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้ ศึกษาเกี่ยวกับดัชนีธรณีฐาน ซึ่งเป็นการศึกษากระบวนการแปรสัณฐานของแผ่นเปลือกโลกจากลักษณะภูมิประเทศ ภูมิสัณฐาน โดยใช้ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายเชิงดิจิทัลเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษา ได้ทำการศึกษابนพื้นที่ เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ที่มีลักษณะการแปรสัณฐานของภูมิประเทศ ภูมิสัณฐาน ที่ชัดเจน

โดยงานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำและดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำมาใช้ในการศึกษา ผลปรากฏว่า ค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำที่สูงผิดปกติแสดงแนวโน้มการเรียงตัวที่มีความสัมพันธ์กับระบบรอยเลื่อนสุมาตรา และค่าดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำแสดงให้เห็นถึง ลักษณะการเอียงตัวที่ไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำทุกแอ่งบนเกาะสุมาตรา และมีความสัมพันธ์กับลักษณะการเอียงตัวแบบขวาเข้าของรอยเลื่อนสุมาตราอีกด้วย

จากผลการศึกษาที่ได้ แสดงให้เห็นว่า ลักษณะภูมิประเทศ ภูมิสัณฐานที่ผิดปกติส่วนใหญ่บริเวณ เกิดจากกระบวนการมุดตัวของแผ่นอินเดีย มุดลงไปใต้แผ่นยูเรเชีย ซึ่งเป็นกระบวนการเกิดเกาะสุมาตรานั่นเอง

Project Title (Thai)	ดัชนีธรณีฐานบริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย
Project Title (English)	MORPHOTECTONIC INDEX OF SUMATRA ISLAND, INDONESIA
Researcher	Miss Patcharapawee Wikornmetkun ID 513 26215 23 Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Advisor	Dr. Santi Pailoplee
Academic Year	2011

Abstract: In this study, tectonic activities in Sumatra Island, Indonesia are investigated in detail based mainly on the geomorphologic features. Two geomorphic Index are analyzed carefully consist of 1) Stream length-gradient index (SL) and 2) Transverse Topographic Symmetry Factor (T). Digital Elevation Model (DEM) with resolution 90 meters are used for base data. The obtained results reveal that the SL is high along the steep slope implying the Sumatran fault system. Moreover the obtained T indicates that all of basin in Sumatra Island is not symmetry. Some of them are affected from Subduction process between Indo-Australian plate-Eurasian plate but the other are according to the volcanic activity.

Key word: Sumatra Island; Indonesia; Stream length-gradient index; Transverse Topographic Symmetry Factor

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำในด้านต่างๆ มากมายตลอดการทำโครงการ ขอขอบพระคุณ นายศธาวุฒิ ไวยสุตศิริ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำโปรแกรมจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณอาจารย์ ภาควิชา ธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ทำการวิชาความรู้ รวมถึงประสบการณ์ต่างๆ ตลอดมา ขอขอบพระคุณภาควิชาธรณีวิทยาที่อนุเคราะห์ในด้านห้องเรียนที่ใช้ในการศึกษาหาความรู้ ขอขอบพระคุณพี่บุคลากรทุกท่าน ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ผู้ที่ยกย่องให้กำลังใจและให้โอกาสในการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญสมการ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	1
1.1. ที่มาและความสำคัญ (Theme and Background)	1
1.2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Relevant Research)	2
1.3. วัตถุประสงค์ (Objectives)	8
1.4. พื้นที่ศึกษา (Study Area)	8
1.5. ขอบเขตงานวิจัย (Scope of work)	12
1.7. ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Results)	12
บทที่ 2 ทฤษฎีและระเบียบวิธีวิจัย (Theory and Methodology)	13
2.1. ทฤษฎี (Theory)	13
2.1.1. ดัชนีธรณีฐาน (Morphotectonic index)	13
2.1.2. ดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Stream length-gradient index, SL)	13
2.1.3. ดัชนีปัจจัยตามขวางทางสมมาตรภูมิประเทศ (Transverse topographic symmetry factor, T)	18
2.2. ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)	22
2.2.1. ระเบียบวิธีการวิจัยค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (SL Index Methodology)	23
2.2.2. ระเบียบวิธีการวิจัยค่าดัชนีปัจจัยตามขวางทางสมมาตรภูมิประเทศ (T Factor Methodology)	25
บทที่ 3 ผลการวิจัย (Results)	27
3.1. ผลการวิจัยค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Results of Stream length-gradient index)	27
3.2. ผลการวิจัยดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำ (Result of Transverse	33

topographic symmetry factor)	
บทที่ 4 อภิปรายผล (Discussion)	35
4.1 อภิปรายผลการทดลองค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Stream length-gradient index Discussion)	35
4.2 อภิปรายผลการทดลองดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำ (Transverse topographic symmetry factor Discussion)	41
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย (Conclusion)	44
5.1 สรุปผลดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Stream length-gradient index Conclusion)	44
5.2 สรุปผลดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำ (Drainage basin asymmetry factor Conclusion)	44
รายการอ้างอิง (References)	47

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 1.1	แสดงค่าดัชนีธรณีสารสนเทศแต่ละชนิด จากการศึกษาของ Bhati และคณะ (2007)	6

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูป 1.1	แสดงลักษณะภูมิประเทศและระบบแม่น้ำ (Drainage System) บริเวณชายฝั่ง Bessin ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาของ Font และคณะ (2010)	2
รูป 1.2	แสดงแผนที่รูปแบบ (Pattern) แบบจุดของค่า SL บนเส้นแม่น้ำหลัก บริเวณชายฝั่ง Bessin ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งจุดสีดำเป็นจุดที่แสดงค่า SL สูงกว่าปกติ	3
รูป 1.3	แสดงการแปรข้อมูลค่า SL วางซ้อนกับแผนที่ภูมิประเทศ จะเห็นค่า SL ที่สูงผิดปกติ มีความสัมพันธ์แนวการยกตัวบริเวณชายฝั่ง Bessin และสัมพันธ์แนวการรอยเลื่อนหลัก CCFZ คือมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ในบริเวณพื้นที่ชายฝั่ง Bessin ประเทศฝรั่งเศส	3
รูป 1.4	แสดงพื้นที่บริเวณ Anandpur Sahib เขต Rupnagar ประเทศอินเดีย ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาของ Bhati และคณะ (2007)	5
รูป 1.5	แสดงการใช้ค่าดัชนีความไม่สมมาตรของลุ่มน้ำ ในการประเมินลักษณะการเอียงตัวของลุ่มน้ำ จากการศึกษาของ Bhati และคณะ (2007)	7
รูป 1.6	แสดงลักษณะการแบ่งค่าดัชนีความคดโค้งเชิงเขาออกเป็น 6 ค่า (A-F) ซึ่งสามารถจำแนกระดับความรุนแรงของได้แปรสารสนเทศในพื้นที่ศึกษาได้ จากการศึกษาของ Bhati และคณะ (2007)	7
รูป 1.7	แสดงเขตการปกครองบนเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย	9
รูป 1.8	แสดงโมเดลการเกิดเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย McCaffrey (2009)	10
รูป 1.9	แผนที่แสดง แนวรอยเลื่อนสุมาตรา แนวการมุดตัวของแผ่นเปลือกและร่องลึกซุนวาแนวภูเขาไฟมีพลัง บนเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย	10

รูป 1.10	แสดงรูปภาพถ่ายลักษณะความสูงภูมิประเทศเชิงดิจิทัล ซึ่งแสดงถึงความคมชัดของลักษณะภูมิศาสตร์ของเกาะสุมาตราประเทศอินโดนีเซีย McCarthy (1997)	11
รูป 1.11	แสดงขอบเขตพื้นที่งานวิจัย เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย	12
รูป 2.1	แสดงวิธีการหาค่า SL บนเส้นแม่น้ำ Hack (1973) (ซ้าย) A : แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่า SL บนทางน้ำ Hack (1973) (ขวา) B : แสดงลักษณะสันปันน้ำ (Watersheds) กับตำแหน่งจุด (Midpoint) ที่ใช้คำนวณค่า SL และตัวแปร $L \Delta H \Delta L$	14
รูป 2.2	แสดงพื้นที่ศึกษาและเส้นลำน้ำ บริเวณ Sierra Nevada ทางตอนใต้ของประเทศสเปน Hamdomi และคณะ (2007)	15
รูป 2.3	แสดงผลการศึกษาค่า SL บริเวณ Sierra Nevada ทางตอนใต้ของประเทศสเปน Hamdomi และคณะ (2007)	15
รูป 2.4	แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณตอนเหนือของแ่งไรน์ (Rhine Graben) ประเทศเยอรมันและแสดงระบบลำน้ำ (Water shade system) ที่มีลำน้ำย่อยแยกตัวออกมาจากเส้นแม่น้ำหลัก หรือ แม่น้ำไรน์ Peters และ Balen (2007)	17
รูป 2.5	แสดงการกระจายตัวของค่า SL บริเวณตอนเหนือของแ่งไรน์ (Rhine Graben) ประเทศเยอรมัน Peters และ Balen (2007)	18
รูป 2.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า D_a และ D_d ในการคำนวณค่า T โดย Cox และ คณะ (1994)	19
รูป 2.7	แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณ ทางด้านทิศตะวันออก บริเวณ อ่าว Corinth เขต Beotia ตอนกลางประเทศกรีซ Tsodoulou และ คณะ (2008)	21
รูป 2.8	แสดงผลการศึกษาค่า T ในบริเวณบริเวณ ทางด้านทิศตะวันออก บริเวณ อ่าว Corinth เขต Beotia ตอนกลางประเทศกรีซ Tsodoulou และ คณะ (2008) a : แสดงวิธีการคำนวณค่า T โดย Cox (1994) b: แสดงเวกเตอร์ค่า T ที่ชี้ไปในทางที่มีการเอียงตัวของแ่ง c : แสดงทิศทางการเอียงตัวของแ่งที่มาจากการคำนวณค่า T	21
รูป 2.9	ข้อมูลแผนที่ลักษณะความสูงของภูมิประเทศแบบดิจิทัล เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย โดยแสดงจากโปรแกรม Global Mapper	23

รูป 2.10	แสดงข้อมูลเส้นแม่น้ำ บนเกาะสุมาตรา แสดงโดยโปรแกรม Arc View 3.2 a a แสดงข้อมูลเส้นแม่น้ำทั่วทั้งเกาะสุมาตรา b แสดงข้อมูลเส้นแม่น้ำ ขนาดขยาย บริเวณทางตอนเหนือ บน เกาะสุมาตรา c แสดงข้อมูลพื้นฐาน (Data) ของเส้นแม่น้ำ บริเวณทางตอนเหนือ บนเกาะสุมาตรา	24
รูป 2.11	แสดงข้อมูลเชิงจุด บนเกาะสุมาตรา แสดงโดยโปรแกรม Arc View 3.2 a a แสดงข้อมูลจุดแต่ละจุดทั่วทั้งเกาะสุมาตรา b แสดงข้อมูลจุด ขนาดขยาย บริเวณทางตอนเหนือ บน เกาะสุมาตรา c แสดงข้อมูลพื้นฐาน (Data) ของจุดแต่ละจุด บริเวณทางตอนเหนือ บนเกาะสุมาตรา	25
รูป 2.12	รูปแสดงแ่งน้ำและแม่น้ำสายหลัก บนเกาะสุมาตรา จากโปรแกรม Arc View 3.2a	26
รูป 3.1	แสดงผลการศึกษาค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (SL) โดยรวม บนเกาะสุมาตรา	28
รูป 3.2	แสดงผลค่า SL ขนาดขยายบริเวณทางตอนเหนือสุดของเกาะสุมาตรา บนพื้นที่เขต Aceh	29
รูป 3.3	แสดงผลค่า SL ขนาดขยายบริเวณทางตอนเหนือ ของเกาะสุมาตรา บนพื้นที่เขต North Sumatra พื้นที่บางส่วนของเขต Rigu และ เขต West Sumatra	29
รูป 3.4	แสดงผลค่า SL ขนาดขยายบริเวณตอนกลางของเกาะสุมาตรา บนพื้นที่เขต Jambi เขต West Sumatra พื้นที่บางส่วนของเขต North Sumatra เขต South Sumatra และ เขต Bengkulu	30
รูป 3.5	แสดงผลค่า SL ขนาดขยายบริเวณทางตอนใต้ ของเกาะสุมาตรา บนพื้นที่เขต Lampung และพื้นที่บางส่วนของเขต South Sumatra และ พื้นที่เขต Bengkulu	30
รูป 3.6	แสดงลักษณะแนวโน้มการเรียงตัวของค่า SL ที่สูงผิดปกติ (ช่วงที่ 3-5) ซึ่งมีแนวการเรียงตัวตามแนวทิศ NW-SE ดังเส้นปะสีเขียวที่แสดงในรูป 3.4a และ รูป 3.4b	31
รูป 3.7	แสดงตำแหน่งที่พบการแนวเรียงตัวของค่า SL ที่สูงผิดปกติ ที่มีลักษณะเรียงตัวคล้ายวงกลม หรือ เหมือนกับเรียงตัวล้อมรอบภูมิประเทศ ลักษณะใดลักษณะหนึ่ง บนเกาะสุมาตรา	32

รูป 3.8	แสดงตำแหน่งขนาดขยายจากรูป 3.5 ของแนวการเรียงตัวของค่า SL ที่สูงผิดปกติ ซึ่งมีลักษณะเรียงตัวคล้ายวงกลม หรือ เหมือนกับเรียงตัวล้อมรอบภูมิประเทศลักษณะใด ลักษณะหนึ่ง บนเกาะสุมาตรา	32
รูป 3.9	แสดงผลการศึกษาดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำ ซึ่งแสดงลักษณะและระยะห่างระหว่างเส้นแม่น้ำหลักกับเส้นผ่านศูนย์กลางแอ่งน้ำของแต่ละแอ่งน้ำ (เส้นสีม่วง) บนเกาะสุมาตรา	33
รูป 3.10	แสดงลักษณะแนวโน้มการเรียงตัวของแอ่งน้ำบนเกาะสุมาตรา ซึ่งพบว่าแอ่งน้ำทางทิศตะวันตกของเกาะสุมาตราส่วนใหญ่เรียงตัวไปในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) และแอ่งน้ำทางทิศตะวันออกเฉียงใต้เรียงตัวไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)	34
รูป 4.1	แสดงรอยเลื่อนสุมาตรา (Sumatra Fault) (สีน้ำเงิน) บนเกาะสุมาตรา จากโปรแกรม Arc View 3.2a	36
รูป 4.2	แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของค่า SL ที่ผิดปกติ ขนาดขยาย โดยผู้วิจัยได้ทำการลากเส้น (สีเขียว) แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของ SL ที่อาจมีนัยสำคัญกับรอยเลื่อนสุมาตรา (เส้นสีน้ำเงิน) หรือ อาจเป็น Linear Fault บนพื้นที่เขต Aceh ทางตอนเหนือของเกาะสุมาตรา	36
รูป 4.3	แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของค่า SL ที่ผิดปกติ ขนาดขยาย โดยผู้วิจัยได้ทำการลากเส้น (สีเขียว) แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของ SL ที่อาจมีนัยสำคัญกับรอยเลื่อนสุมาตรา (เส้นสีน้ำเงิน) หรือ อาจเป็น Linear Fault บนพื้นที่เขต North Sumatra พื้นที่บางส่วนของเขต Rigu และ เขต West Sumatra	37
รูป 4.4	แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของค่า SL ที่ผิดปกติ ขนาดขยาย โดยผู้วิจัยได้ทำการลากเส้น (สีเขียว) แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของ SL ที่อาจมีนัยสำคัญกับรอยเลื่อนสุมาตรา (เส้นสีน้ำเงิน) หรือ อาจเป็น Linear Fault บนพื้นที่บางส่วนของเขต Jambi เขต West Sumatra เขต North Sumatra เขต South Sumatra และ เขต Bengkulu	38

รูป 4.5	แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของค่า SL ที่ผิดปกติ ขนาดขยาย โดยผู้วิจัยได้ทำการลากเส้น (สีเขียว) แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของ SL ที่อาจมีนัยสำคัญกับรอยเลื่อนสุมาตรา (เส้นสีน้ำเงิน) หรือ อาจเป็น Linear Fault บนพื้นบางส่วนของเขต South Sumatra และพื้นที่เขต Bengkulu เขต Lampung ทางตอนใต้ บนเกาะสุมาตรา	38
รูป 4.6	แสดงตำแหน่งพื้นที่ภูเขาไฟ (รูปสามเหลี่ยมสีเหลือง) บนเกาะสุมาตรา และบริเวณใกล้เคียง และแสดงพื้นที่ที่สังเกตเห็นลักษณะการเรียงของค่า SL ช่วงที่ 3-5 เป็นวงกลม หรือ ใกล้เคียง โดยอ้างอิงจากรูป 3.7	39
รูป 4.7	แสดงตัวอย่างตำแหน่งภูเขาไฟขนาดขยาย จากรูป 3.8a 3.8b และ 3.8c บนเกาะสุมาตรา	39
รูป 4.8	แสดงตัวอย่างตำแหน่งภูเขาไฟขนาดขยาย จากรูป 3.8d 3.8e และ 3.8f บนเกาะสุมาตรา	40
รูป 4.9	แสดงตัวอย่างตำแหน่งภูเขาไฟขนาดขยาย จากรูป 3.8j 3.8k และ 3.8 บนเกาะสุมาตรา	40
รูป 4.10	แสดงตัวอย่างตำแหน่งภูเขาไฟขนาดขยาย จากรูป 3.8m บนเกาะสุมาตรา	40
รูป 4.11	แสดงตำแหน่งภูเขาไฟมีพลัง คือ ภูเขาไฟ Marapi ภูเขาไฟ Talang ภูเขาไฟ Kerinc และ ภูเขาไฟ Sinabung ในเขต West Sumatra ซึ่งสอดคล้องกับบริเวณการวางตัวของแอ่งหมายเลข 3 รูป 4.13 บนเกาะสุมาตรา	42
รูป 4.12	แสดงลักษณะการเอียงของแอ่งน้ำ ซึ่งแอ่งน้ำในหมายเลข 1 2 และ 3 เป็นแอ่งน้ำที่เอียงตัวตรงกันข้ามกับแนวการเอียงตัวของลุ่มน้ำส่วนใหญ่ โดยแอ่งน้ำ 1 และ 2 มีความสัมพันธ์กับการเกิดทะเลสาบโทบา ส่วนแอ่งหมายเลข 3 มีความสัมพันธ์กับแนวภูเขาไฟที่มีพลัง (รูป 4.12)	43
รูป 5.1	แสดงค่า SL มีที่ความสัมพันธ์กับรอยเลื่อนสุมาตราและเส้น Linear Fault (สีเขียว) พบว่ามีนัยสำคัญไปกับแนวรอยเลื่อนสุมาตรา	45
รูป 5.2	แสดงลักษณะการเอียงเทของแอ่งน้ำและแนวภูเขาไฟ บนเกาะสุมาตรา	46

สารบัญสมการ

		หน้า
สมการ 2.1	ดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Stream length-gradient index, SL)	13
สมการ 2.2	ดัชนีปัจจัยตามขวางทางสมมาตรภูมิประเทศ (Transverse topographic symmetry factor, T)	19

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

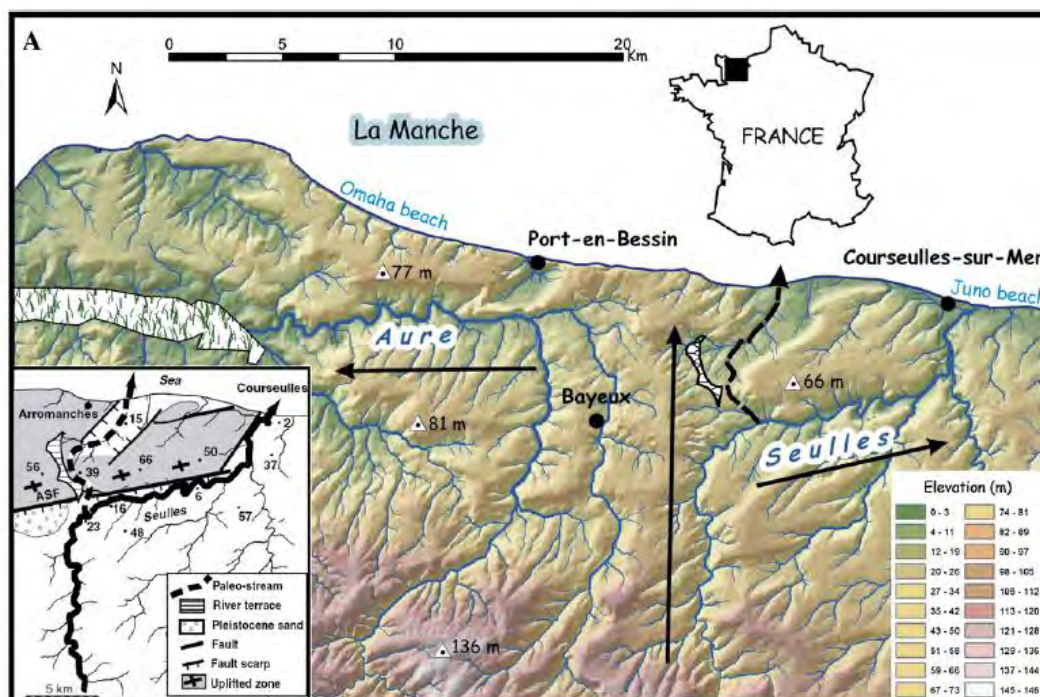
1.1 ที่มาและความสำคัญ (Theme and Background)

ดัชนีธรณีฐาน (Morphotectonic index) เป็นการศึกษา วิเคราะห์และประเมินลักษณะ การเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศ ภูมิฐาน ที่มีนัยสำคัญกับลักษณะการแปรสัณฐานในพื้นที่ ศึกษา ถือเป็นวิธีที่น่าสนใจและมีการยอมรับกันทั่วโลก ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Hamdomi และ คณะ (2007) เป็นการศึกษาระดับความสัมพันธ์ของการเกิดธรณีแปรสัณฐานที่ยังคงมีพลังบริเวณ ทางใต้ของประเทศสเปน หรือ การศึกษาของ Bhati และคณะ (2007) เป็นการศึกษาดัชนีแปร สัณฐานเพื่อวิเคราะห์ พื้นที่ Anandpur Sahib ประเทศอินเดีย หรือ การศึกษาของ Font และคณะ (2010) ได้ศึกษาค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Stream length-gradient index, SL) เพื่อประเมิน ลักษณะการแปรสัณฐานบริเวณนอร์มานดี (Normandy area) ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของ ประเทศฝรั่งเศส เป็นต้น โดยศึกษาจากการวัด ลักษณะ รูปร่าง ขนาด ของภูมิประเทศหรือภูมิ ฐาน ซึ่งศึกษาจากข้อมูลโทรสัมผัสระยะไกล (Remote Sensing) ในรูปแบบข้อมูลเชิงปริมาณ แล้วนำค่าที่ได้มาประเมินลักษณะความสัมพันธ์ของการแปรสัณฐานในแต่ละพื้นที่

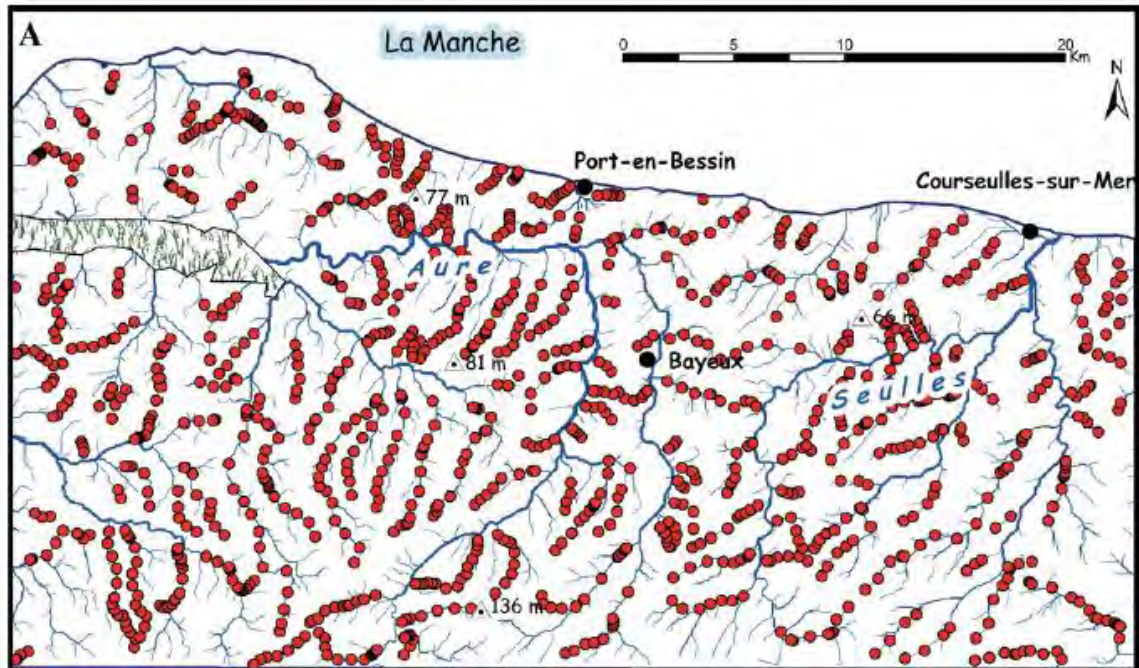
ดังนั้นการศึกษาด้านดัชนีธรณีฐาน มีความเหมาะสมกับการศึกษาในพื้นที่ที่มีการแปร สัณฐานที่ค่อนข้างรุนแรงหรือบ่อยครั้ง เพื่อให้ได้ค่าจากการวัดลักษณะภูมิประเทศและภูมิฐานที่ ชัดเจน จึงได้สนใจที่จะทำการศึกษาค่าดัชนีธรณีฐาน บริเวณเกาะสุมาตรา (Sumatra Island) ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด คลื่นยักษ์สึนามิ ขึ้นหลาย ครั้ง ในรอบศตวรรษ และมีการแปรสัณฐานที่ชัดเจน เนื่องจากเป็นบริเวณแนวการมุดตัวของแผ่น เปลือกโลก 2 แผ่น คือ แผ่นเปลือกโลกยูเรเชียมุดตัวลงไปได้แผ่นเปลือกโลกอินโดออสเตรเลีย เกิด เป็นแนวคดโค้งภูเขาไฟ(เกาะสุมาตรา) มีกระบวนการยุบตัว ยกตัว แปรสัณฐานเกิดขึ้นหลายครั้งบน พื้นที่ อีกทั้งพื้นที่เกาะสุมาตรายังไม่ค่อยมีการศึกษาทางด้านดัชนีธรณีฐาน จึงถือเป็นบริเวณ เกาะสุมาตราเป็นพื้นที่ที่น่าสนใจในการศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการแปรสัณฐานทางธรณีที่ ยังคงมีพลังบนเกาะสุมาตราต่อไป

1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Relevant Research)

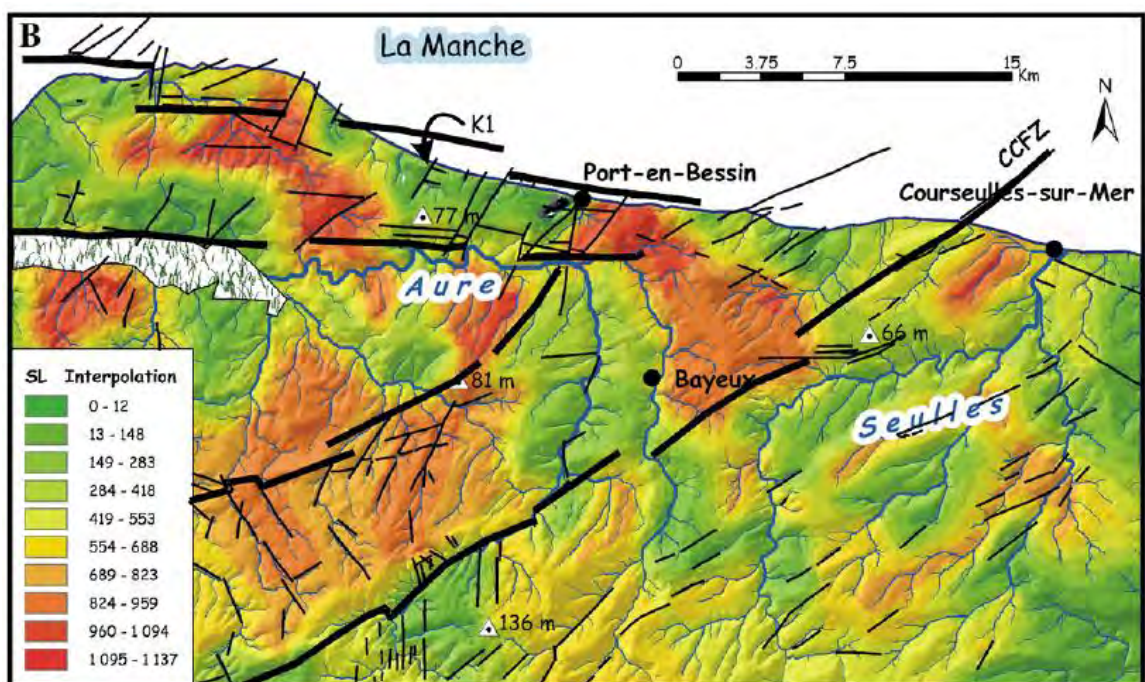
Font และคณะ (2010) ได้ศึกษาค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Stream length-gradient index, SL) เป็นการศึกษาลักษณะความชันของทางน้ำ โดยใช้ข้อมูลแผนที่ลักษณะความสูงของภูมิประเทศแบบดิจิทัล (Digital Elevation Model, DEM) และข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) มาวิเคราะห์และประเมินลักษณะการแปรสัณฐานบริเวณนอร์มานดี (Normandy area) (รูป 1.1) ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศฝรั่งเศส จากการศึกษพบว่าบริเวณที่มีการกระจายตัวของค่า SL ที่สูงผิดปกติ (รูป 1.2) เป็นบริเวณที่ติดกับหน้าผาอันเกิดจากรอยเลื่อน (Fault Scarps) และบริเวณที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของแม่น้ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า SL มีนัยสำคัญกับการแปรสัณฐานหลักในพื้นที่หรือแสดงลักษณะความแตกต่างของอัตราการยกตัว (Uplift) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลยุค Quaternary ทางด้านบริเวณชายฝั่ง และได้มีการจัดทำแผนที่แสดงค่า SL จากข้อมูล DEM เพื่อช่วยในการทำความเข้าใจลักษณะการแปรสัณฐานบริเวณชายฝั่งที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างต่ำ และเป็นข้อมูลในการศึกษาการแปรสัณฐานในพื้นที่บริเวณนี้ต่อไป (รูป 1.3)



รูป 1.1 แสดงลักษณะภูมิประเทศและระบบแม่น้ำ (Drainage System) บริเวณชายฝั่ง Bessin ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาของ Font และคณะ (2010)



รูป 1.2 แสดงแผนที่รูปแบบ (Pattern) แบบจุดของค่า SL บนเส้นแม่น้ำหลัก บริเวณชายฝั่ง Bessin ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งจุดสีดำเป็นจุดที่แสดงค่า SL สูงกว่าปกติ



รูป 1.3 แสดงการแปรข้อมูลค่า SL วางซ้อนกับแผนที่ภูมิประเทศ จะเห็นค่า SL ที่สูงผิดปกติ มีความสัมพันธ์แนวการยกตัวบริเวณชายฝั่ง Bessin และสัมพันธ์แนวการรอยเลื่อนหลัก CCFZ คือมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ในบริเวณพื้นที่ชายฝั่ง Bessin ประเทศฝรั่งเศส

Bhati และคณะ (2007) ได้ศึกษาดัชนีแปรสัณฐานเพื่อวิเคราะห์ พื้นที่ Anandpur Sahib ประเทศอินเดีย (รูป 1.4) โดยศึกษาผ่านระบบโทรสัมผัสระยะไกลและระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ทั้งนี้ Bhati และคณะ (2007) ได้ใช้ค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงของหุบเขา (Channel Sinuosity, S) ดัชนีความไม่สมมาตรของลุ่มน้ำ (Drainage Basin Asymmetry, T & AF) ดัชนีอัตราส่วนการวางตัวของลุ่มน้ำ (Basin Elongation, Re) ดัชนีความคดโค้งเชิงเขา (Mountain Frony Sinuosity, Smf) และดัชนีรูปร่างหุบเขา (Vally Floor to Valley Width Ratio, Vf) (ตาราง 1.1) ซึ่งดัชนีธรณีสัณฐานแต่ละค่า Sahib และคณะ (2007) ได้อธิบายถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ศึกษาดังนี้

ดัชนีการเปลี่ยนแปลงของหุบเขา เป็นค่าอธิบายถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่เกิดจากการกระทำของแม่น้ำแต่ละชนิด จากการศึกษาพบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ศึกษา มาจากการกระทำของแม่น้ำ Sutlej เป็นลักษณะของแม่น้ำกวดแกว่ง (Meandering Steam)

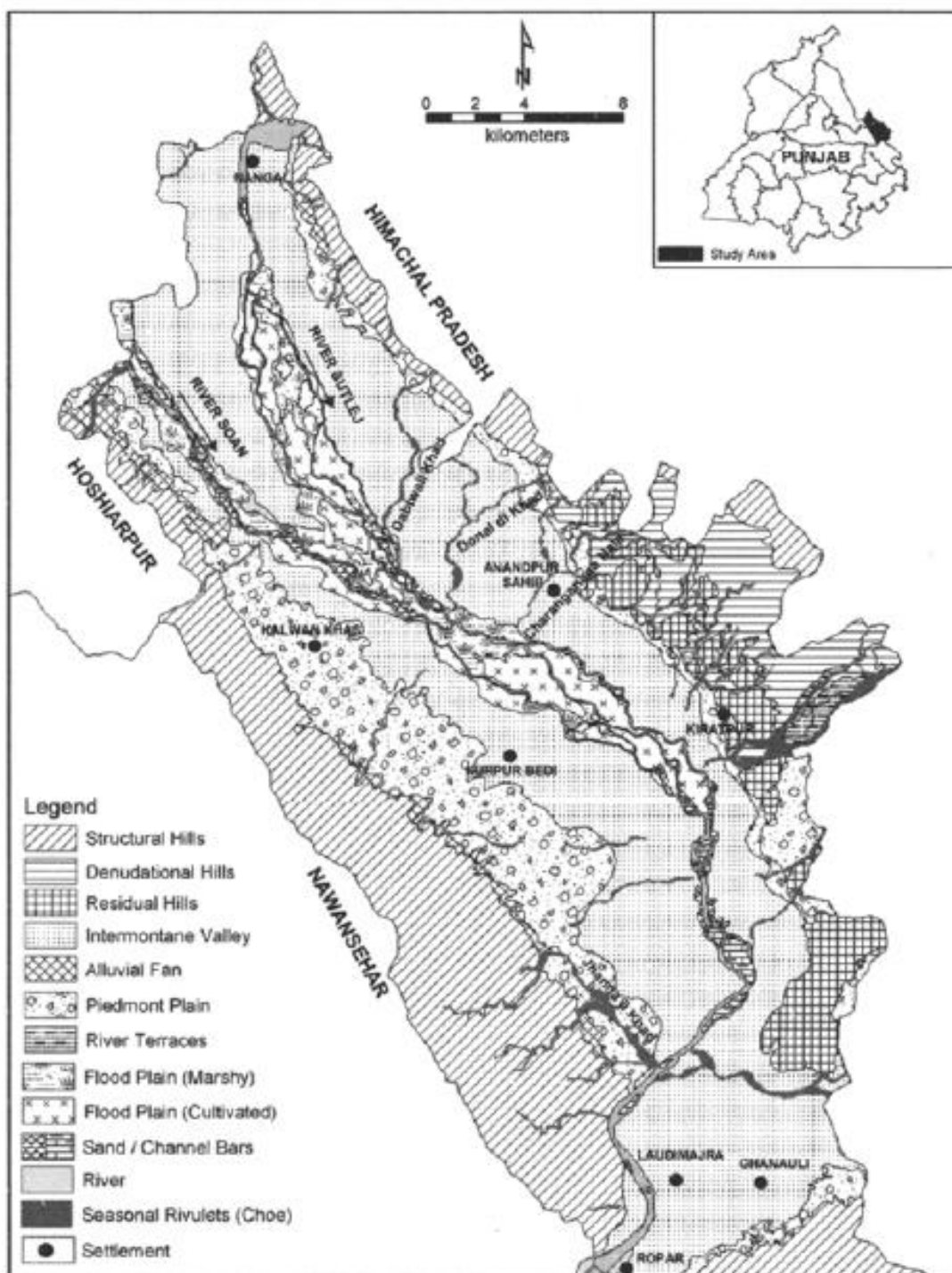
ดัชนีความไม่สมมาตรของลุ่มน้ำ เป็นค่าที่อธิบายถึงการเอียงเทของลุ่มน้ำในแต่ละลุ่มของพื้นที่ศึกษาโดยอ้างอิงจากเส้นผ่านศูนย์กลางของลุ่มน้ำ จากการศึกษาพบว่าลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษามีแนวโน้มการเอียงตัวไปทางด้านทิศตะวันตก (รูป 1.5)

ดัชนีอัตราส่วนการวางตัวของลุ่มน้ำ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงลักษณะการแปรสัณฐานที่มีพลัง จากการศึกษาได้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 16 ลุ่มน้ำย่อย พบว่าพื้นที่บริเวณนี้มีลักษณะการแปรสัณฐานตั้งแต่ร้อยละจนถึงรุนแรงมาก

ดัชนีความคดโค้งเชิงเขา เป็นค่าที่จำแนกบริเวณการแปรสัณฐาน จากลักษณะการถูกกัดกร่อนในแนวด้านหน้าของเชิงเขา จากการศึกษาได้แบ่งค่าดัชนีความคดโค้งเชิงเขาออกเป็น 6 ค่า (A-F) ซึ่งสามารถจำแนกระดับความรุนแรงโดยในบริเวณ B C D มีค่า Smf ต่ำ แสดงว่าเป็นบริเวณการแปรสัณฐานน้อย และในบริเวณ A E F มีค่า Smf ปานกลาง แสดงว่าเป็นบริเวณแปรสัณฐานระดับปานกลางหรือไม่ผิดปกติมาก (รูป 1.6)

ดัชนีรูปร่างหุบเขา เป็นค่าที่อธิบายลักษณะการยกตัว ซึ่งมาจากการเปรียบเทียบความกว้างของหุบเขา จากการศึกษาพบว่าค่าดัชนีรูปร่างหุบเขามีค่าต่ำ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่บริเวณนี้มีการยกตัวขึ้นอย่างช้าๆ

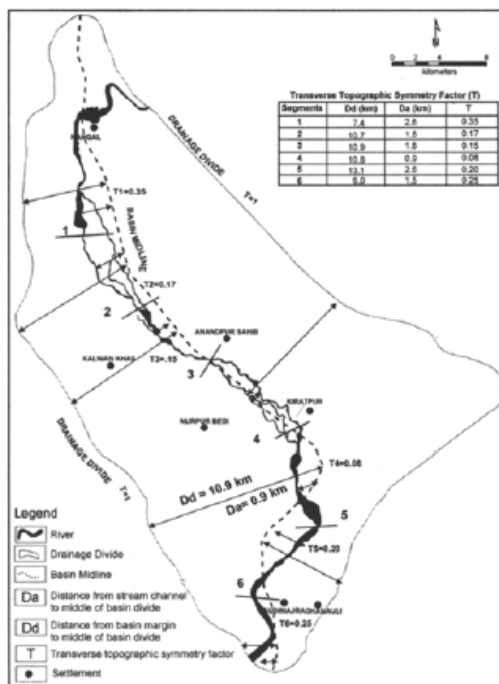
จากการศึกษา Bhati และคณะ (2007) ได้แสดงถึงลักษณะการวางอยู่อย่างผิดปกติของแม่น้ำ การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของเส้นทางน้ำ ลักษณะความไม่สมมาตรของแอ่งน้ำ การยกตัวของพื้นที่ ซึ่งค่าดัชนีสัณฐานเหล่านี้เป็นสิ่งที่สามารถยืนยันการแปรสัณฐานทางธรณีได้อย่างชัดเจน



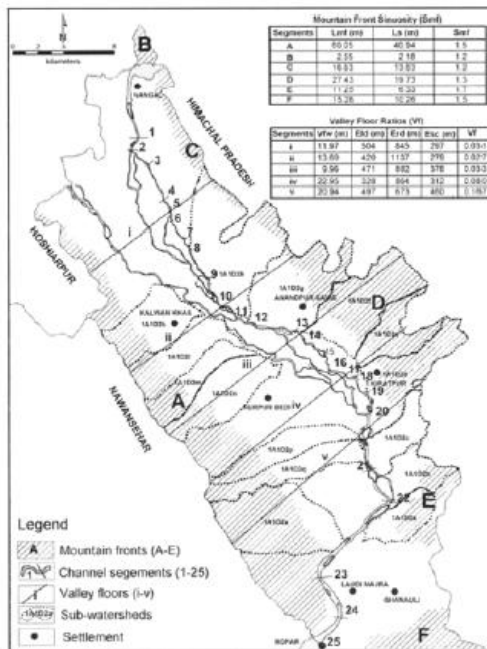
รูป 1.4 แสดงพื้นที่บริเวณ Anandpur Sahib เขต Rupnagar ประเทศอินเดีย ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาของ Bhati และคณะ (2007)

ตาราง 1.1 แสดงค่าดัชนีธรณีสัณฐานแต่ละชนิด จากการตีพิมพ์ของ Bhati และคณะ (2007)

Morphotectonic Parameters	Formulae	References	Values, Inferences	Range in Study Area
Channel Sinuosity (S)	$S=SL/VL$, SL=Stream length, VL=Valley length	Muller (1968)	S=1.0, Straight Course S=1.0-1.5, Sinuous Course S>1.5, Meandering Course	0.98-3.42
Drainage Basin Asymmetry: <i>Topographic Symmetry</i> <i>Factor (T) Asymmetry Factor (AF)</i>	$T=Da/Dd$ Da=Distance from midline of drainage basin to midline of active channel, Dd=Distance from basin midline to basin divide $AF=100(Ar/At)$, Ar=Right hand side area of drainage basin looking downstream, At=Total area of drainage basin	Cox (1994)	T=0, Symmetric Basin T>0, Asymmetric Basin AF=50, Stable Setting Environment AF>50, Suggest tilt	0.08-0.35 82
Basin Elongation Ratio (Re)	$Re=(2\sqrt{A}:\sqrt{\lambda})/L$, A= Basin area, L= Basin length	Bull & Mc Fadden (1977)	Re<0.50, Tectonically Active Re=0.50-0.75, Slightly Active Re>0.75, Inactive Setting	0.20-0.80
Mountain Front Sinuosity (Smf)	$Smf=Lmf/Ls$, Lmf=Mountain front length along mountain foot, Ls=Straight line length of mountain front	Bull & Mc Fadden (1977)	Smf<1.4, Tectonically Active Smf=1.4-3, Slightly Active Smf>3, Inactive Setting	1.2-1.7
Valley Floor to Valley Width Ratio (Vf)	$Vf=2Vfw/[(Eld-Esc)+(Erd-Esc)]$, Vfw=Width of valley floor, Eld & Erd=Elevation of the left & right valley divides respectively, Esc=Elevation of valley floor	Bull & Mc Fadden (1977)	Low Values, Deep Valleys, Active Incision High Values, Broad Valleys	0.27-0.16



รูป 1.5 : แสดงการใช้ค่าดัชนีความไม่สมมาตรของลุ่มน้ำ ในการประเมินลักษณะการเอียงตัวของลุ่มน้ำ จากการศึกษาของ Bhati และคณะ (2007)



รูป 1.6 แสดงลักษณะการแบ่งค่าดัชนีความคดโค้งเชิงเขาออกเป็น 6 ค่า (A-F) ซึ่งสามารถจำแนกระดับความรุนแรงของได้แปรสัณฐานในพื้นที่ศึกษาได้ จากการศึกษาของ Bhati และคณะ (2007)

ในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการศึกษาค่าดัชนีบรรณีสถฐาน 2 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Stream length-gradient index, SL) และดัชนีปัจจัยตามขวางทางสมมาตรภูมิประเทศ (Transverse Topographic Symmetry Factor, T) เพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะการแปรสัณฐานโดยรวมทั่วทั้งเกาะสุมาตรา

1. ดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Stream length-gradient index, SL) ที่เป็นค่าดัชนีที่ศึกษาจากลักษณะความชันของทางน้ำ สามารถแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มความผิดปกติ การยุบตัว ยกตัวของกระบวนการแปรสัณฐาน

2. ดัชนีปัจจัยตามขวางทางสมมาตรภูมิประเทศ (Transverse Topographic Symmetry Factor, T) ที่เป็นค่าที่ศึกษาความสมมาตรของกลุ่มน้ำ สามารถแสดงให้เห็นถึงการเอียงตัวของลุ่มน้ำที่เกิดจากกระบวนการแปรสัณฐาน

1.3 วัตถุประสงค์ (Objective)

1. เพื่อศึกษาและเห็นลักษณะแนวโน้มการแปรสัณฐานจากความชันของเส้นแม่น้ำบนเกาะสุมาตรา

2. เพื่อศึกษาและเห็นลักษณะแนวโน้มการเอียงตัวของแอ่งน้ำบนเกาะสุมาตรา

1.4 พื้นที่ศึกษา (Study area)

1.4.1 ลักษณะภูมิศาสตร์ (Geography)

เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย มีเนื้อที่ประมาณ 435,000 ตารางกิโลเมตร แบ่งออกเป็น 8 จังหวัด ดังนี้ Aceh, North Sumatra, Riau, West Sumatra, Jambi, South Sumatra, Bengkulu และ Lampung เรียงจากทิศเหนือไปทิศใต้ (รูป 1.7) มีแนวเทือกเขาที่ยาวที่สุดของเกาะอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือไปตะวันออกเฉียงใต้ โดยผ่านเส้นศูนย์สูตรตรงกลาง พื้นที่ด้านในของเกาะแบ่งเป็น 2 เขตทางภูมิศาสตร์ใหญ่ ๆ ได้แก่ เทือกเขาบาริซัน (Barisan Mountains) ซึ่งเป็นแกนกลางของเกาะ โดยแบ่งพื้นที่เป็นทางตะวันตกมีลักษณะเป็นพื้นที่ราบเล็กน้อยสลับหุบเขา มีหน้าผาสองชั้น และพื้นที่ลุ่มทางตะวันออกมีแม่น้ำใหญ่พัดพาเอาตะกอนดินจากภูเขา ทำให้เกิดลุ่มกว้างขวางเป็นแอ่งสะสมตัวของพวกบิโตรเลียม ส่วนบริเวณรอบเกาะทางทิศตะวันออกเฉียงใต้คือ

เกาะชวา แบ่งด้วยช่องแคบซุนดา ทางทิศเหนือคือคาบสมุทรมลายู แบ่งด้วยช่องแคบมะละกา ทางทิศตะวันออกคือเกาะบอร์เนียว แบ่งด้วยช่องแคบการีมาตา (Karimata Strait) และทางทิศตะวันตกของเกาะคือมหาสมุทรอินเดีย



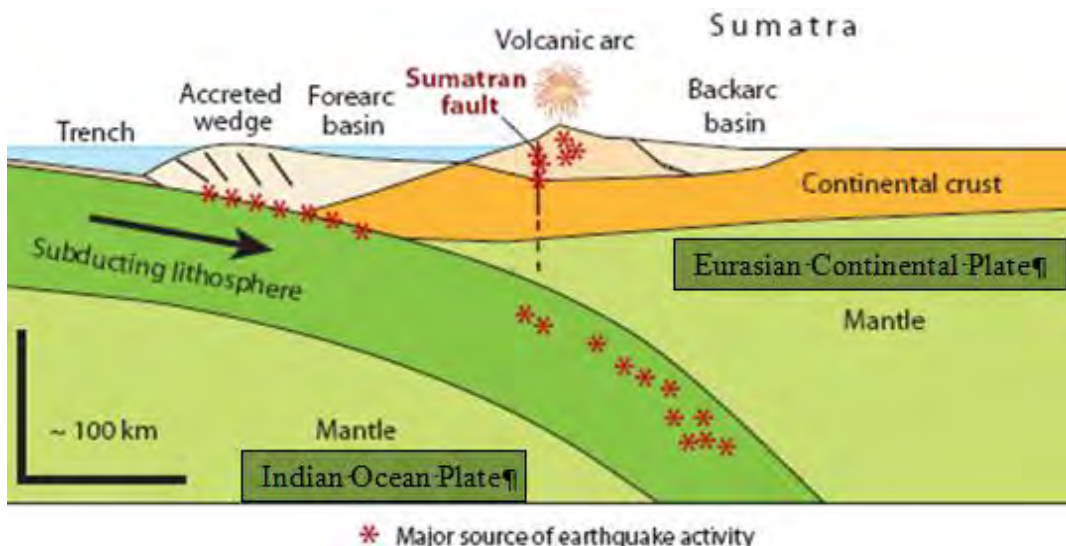
รูป 1.7 แสดงเขตการปกครองบนเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย

1.4.2 ลักษณะการแปรสัณฐาน (Tectonic Setting)

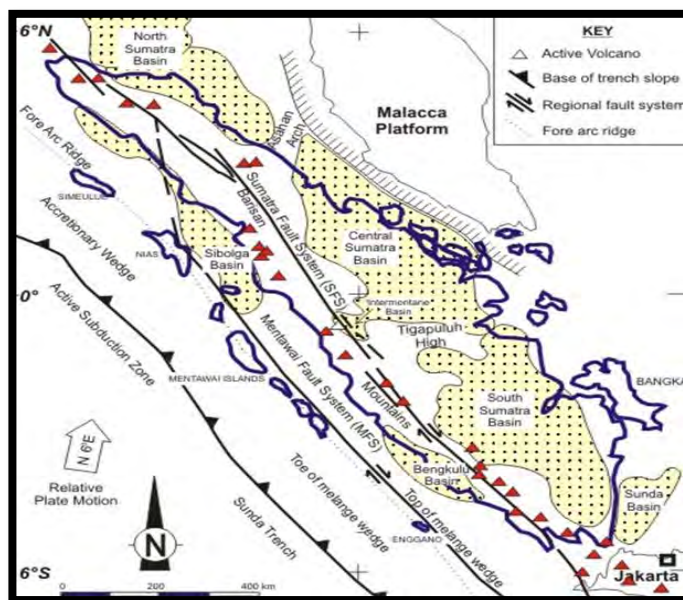
เกาะสุมาตรา เกิดจากการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก 2 แผ่น คือแผ่นอินเดีย (Indian Ocean Plate) มุดตัวลงใต้แผ่นยูเรเชีย (Eurasian Continental Plate) ทำให้เกิดแนวคดโค้งภูเขาไฟ (Volcanic Island Arc) หรือแนวเทือกเขาบาริซัน เกิดแนวร่องลึกซุนวา (Sunda Arc Trench) ซึ่งมีความยาวขยาดัวประมาณ 5,000 กิโลเมตรทางด้านทิศตะวันตกของเกาะ (รูป 1.8) และเกิดแนวรอยเลื่อนที่มีพลังขนาดใหญ่ตัดผ่านตามแนวแกนเกาะ เรียกว่า รอยเลื่อนสุมาตรา (Sumatra Fault) ซึ่งเป็นแนวรอยเลื่อนแบบเลื่อนเข้าขวา (Right Lateral) (รูปที่ 1.9)

Sieh และ Natawidjaja (2000) กล่าวว่า รอยเลื่อนสุมาตรา เป็นรอยเลื่อนที่เกิดจากระบบการมุดตัวเปลือกโลกบริเวณเกาะสุมาตรา มีความยาวประมาณ 1,900 กิโลเมตร เป็นลักษณะรอยเลื่อนแบบเฉือน (Strike slip fault) ที่มีการเลื่อนตัวแบบขวาเข้า ตลอดแนวยาวเป็นที่ตั้งของแนวคดโค้งภูเขาไฟ ประกอบด้วย Segment จำนวนมาก ซึ่งแต่ละ Segment สามารถทำให้เกิดการเลื่อนตัวของแผ่นดินได้ และโดยทั่วไปอัตราการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนสุมาตรา เกิดจากเคลื่อนที่ชนกันของแผ่นเปลือกโลกและการขยายตัวของแนวคดโค้งภูเขาไฟ

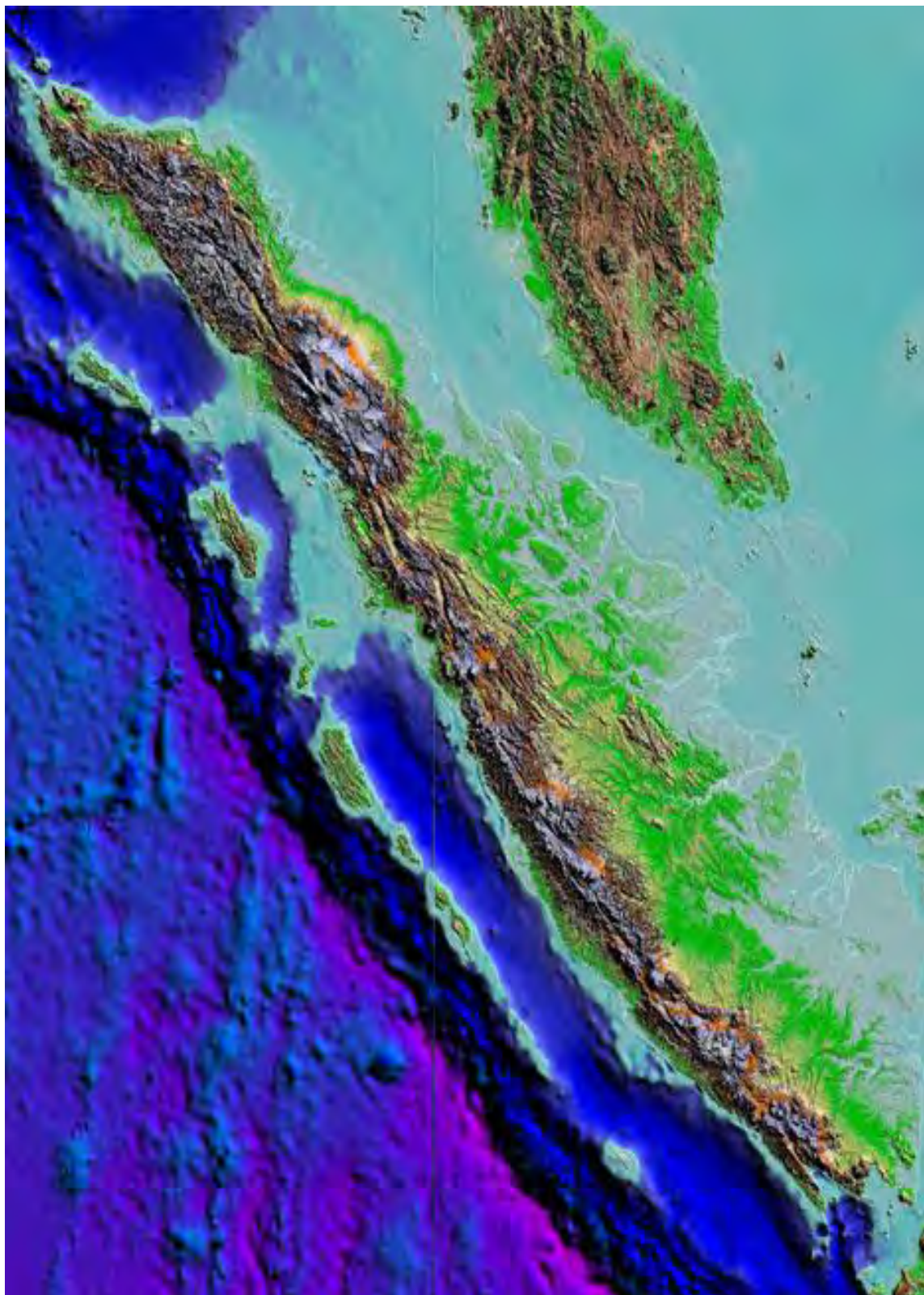
ดังนั้นเนื่องจากเป็นบริเวณที่เกิดจากมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกที่ยังคงมีการเคลื่อนตัวอยู่ทุกวันนี้ ทำให้เกาะสุมาตราเกิดการแปรสัณฐานขึ้นบ่อยครั้ง ได้แก่ แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด และคลื่นยักษ์สึนามิ ทำให้เกาะสุมาตรามีลักษณะภูมิสัณฐานที่ค่อนข้างชัดเจน (รูป 1.10)



รูป 1.8 แสดงโมเดลการเกิดเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย McCaffrey (2009)



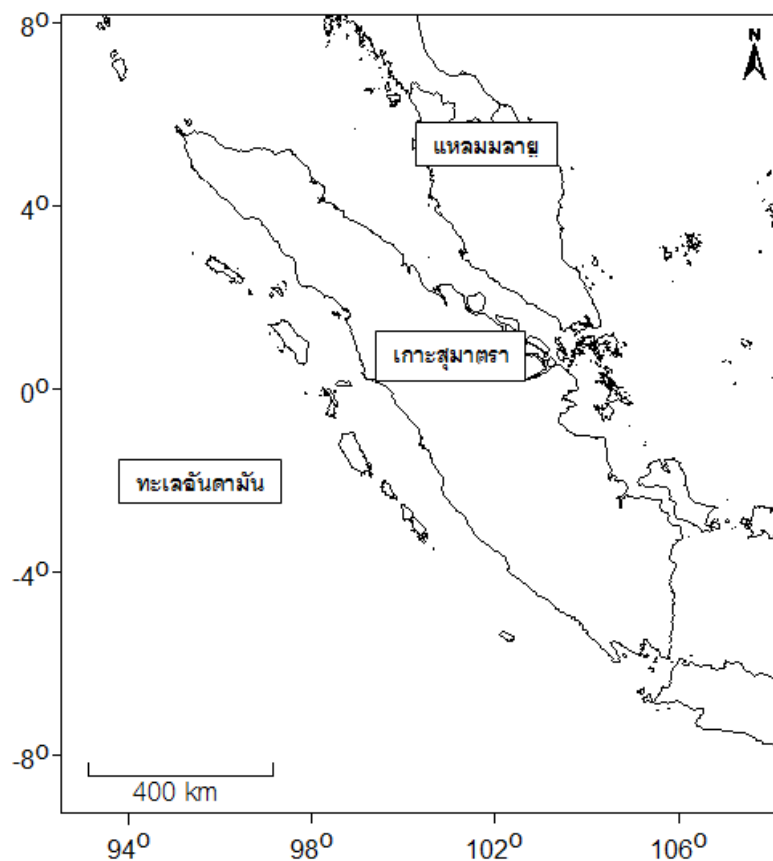
รูป 1.9 แผนที่แสดง แนวรอยเลื่อนสุมาตรา แนวการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก และร่องลึกซุนวา แนวภูเขาไฟมีพลัง บนเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย



รูป 1.10 แสดงรูปภาพถ่ายลักษณะความสูงภูมิประเทศเชิงดิจิทัล ซึ่งแสดงถึงความคมชัดของลักษณะภูมิศาสตร์ของเกาะสุมาตราประเทศอินโดนีเซีย จากการศึกษาของ McCarthy (1997)

1.5 ขอบเขตงานวิจัย (Scope of work)

งานวิจัยนี้มีพื้นที่ศึกษาอยู่ระหว่างลองจิจูด (Longitude) ที่ 95° - 106° E และ ละติจูดที่ (Latitude) ที่ -6° S – 6° N ครอบคลุมพื้นที่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย (รูป 1.11)



รูป 1.11 แสดงขอบเขตพื้นที่งานวิจัย เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาค่าดัชนีธรณีฐานฐาน 2 ค่า คือ ดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Stream length-gradient index, SL) และดัชนีปัจจัยตามขวางทางสมมาตรภูมิประเทศ (Transverse topographic symmetry factor, T)

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Results)

สามารถเห็นลักษณะแนวโน้มการแปรผันฐานฐานจากความชันของเส้นแม่น้ำและการเอียงตัวของลุ่มน้ำบนเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย

บทที่ 2

ทฤษฎีและระเบียบการวิจัย (Theory and Methodology)

2.1 ทฤษฎี (Theory)

2.1.1 ดัชนีธรณีสัณฐาน (Morphotectonic index)

เป็นวิธีการศึกษาโดยใช้ค่าดัชนีธรณีสัณฐานหรือข้อมูลเชิงปริมาณมาวิเคราะห์และประเมินระดับความรุนแรงของการแปรสัณฐานทางธรณีเบื้องต้น ซึ่งในแต่ละพื้นที่ค่าดัชนีธรณีสัณฐานจะมีค่าแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะความต้านทานของหิน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและลักษณะการเปลี่ยนแปลงภูมิประเทศที่เกิดจากกระบวนการแปรสัณฐานทางธรณีวิทยา (Keller และ Pinter, 2002) โดยอาศัยข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ ภาพถ่ายดาวเทียม และระบบข้อมูลโทรสัมผัสระยะไกล (Remote Sensing) มาใช้ในการศึกษา

2.1.2 ดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Stream length-gradient index, SL)

ดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (SL) เริ่มมีการศึกษาครั้งแรกโดย Hack (1973) จากการศึกษาลักษณะความต้านทานของหินภายใต้การกัดกร่อนของแม่น้ำ บริเวณเทือกเขาแอปพาเลเชียน (Appalachian Mountains) โดยอาศัยหลักการที่ว่า การเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศเป็นผลมาจากสมดุลเชิงพลศาสตร์ระหว่างการกัดกร่อนของแม่น้ำและการไหลของแม่น้ำผ่านความเค้นความเครียดของหินและดิน

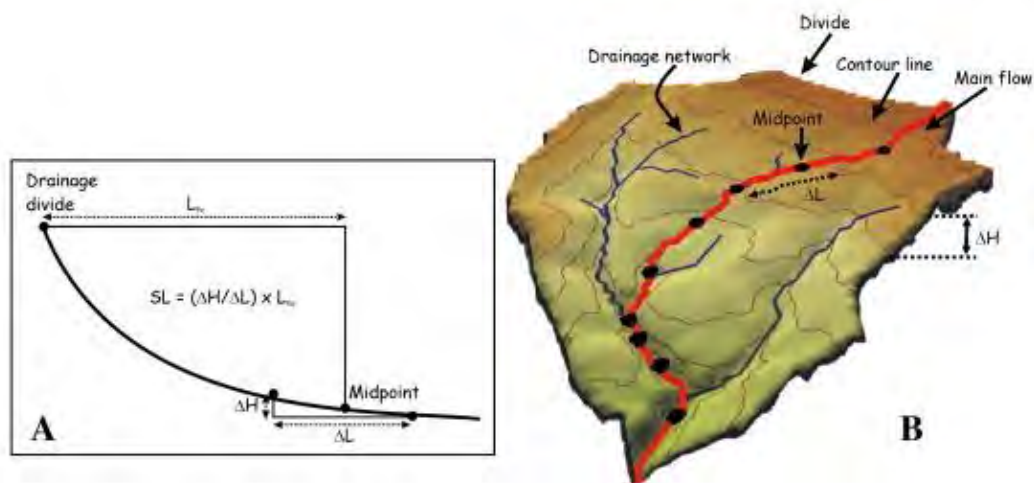
ค่า SL จึงเป็นค่าที่ใช้ศึกษาบริเวณที่มีความผิดปกติของความชัน (Knick points) หรือความลาดยาวทางน้ำ ที่เกิดจากผลกระทบของแปรสัณฐานบนเส้นทางน้ำ เช่น บริเวณการยุบตัว ยกตัว หรือแนวรอยเลื่อน รวมทั้งอธิบายลักษณะการกัดกร่อนและความต้านทานของหินจากการกระทำของทางน้ำ โดยค่า SL ศึกษาจากสมการ 2.1

$$SL = \left(\frac{\Delta H}{\Delta L} \right) L \quad (\text{สมการ 2.1})$$

กำหนดให้ (รูป 2.1)

SL คือ ดัชนีความลาดยาวทางน้ำ เป็นจุดๆจุดหนึ่งบนเส้นทางน้ำ หรือเรียกว่า จุด Midpoint

- ΔH คือ ความสูงในแนวดิ่งระหว่างจุด Midpoint
- ΔL คือ ความยาวในแนวระนาบระหว่างจุด Midpoint
- L คือ ความยาวของลำน้ำ วัดตามจริงระหว่างจุดสองจุด (ต้นน้ำ - Midpoint) ระยะทางจากต้นน้ำถึงตำแหน่งที่คำนวณหาค่า SL หรือจุด Midpoint



รูป 2.1 แสดงวิธีการหาค่า SL บนเส้นแม่น้ำ Hack (1973)

(ซ้าย) A : แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่า SL บนทางน้ำ Hack (1973)

(ขวา) B : แสดงลักษณะสันปันน้ำ (Watersheds) กับตำแหน่งจุด (Midpoint) ที่ใช้คำนวณค่า SL และตัวแปร $L \ \Delta H \ \Delta L$

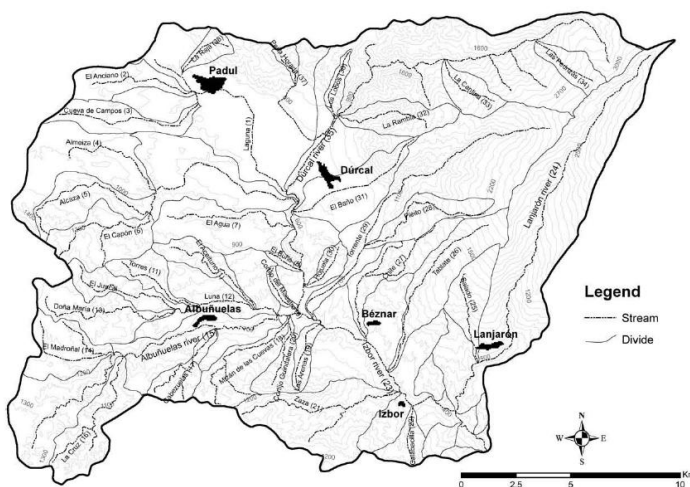
จากสมการ 2.1 จะเห็นว่า ค่า SL ของแต่ละจุดบนเส้นทางน้ำ มาจากการนำอัตราส่วนความชันในแต่ละจุด มาคูณกับความยาวของทางน้ำจากจุดต้นน้ำ หรือ จุดที่เส้นแม่น้ำย่อยแยกออกมาจากเส้นแม่น้ำหลัก ถึงจุดที่คำนวณค่า SL สามารถนำค่า SL ที่คำนวณค่าแล้วมาวิเคราะห์ภายใต้หลักการดังนี้

1. ถ้าค่า SL ทุกจุดบนเส้นแม่น้ำเดียวกันมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าการแปรสัณฐานบนเส้นแม่น้ำสายนี้เป็นไปตามปกติ หรือ การกัดกร่อนของแม่น้ำ ลักษณะความเค้น ความเครียดของหินเข้าสู่สภาพสมดุล หรือ ไม่มีการแปรสัณฐานที่รุนแรง
2. ถ้ามีค่า SL บางจุดบนเส้นแม่น้ำมีความแตกต่างอย่างมากกับจุดค่า SL อื่นๆบนเส้นแม่น้ำเดียวกัน แสดงว่าในบริเวณจุดที่มีค่า SL แตกต่างกับจุดอื่น มีลักษณะความชันที่ผิดปกติ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการแปรสัณฐานที่รุนแรง หรือ ความแตกต่างของด้านทาน ความเค้น ความเครียดของหินต่อการถูกกัดกร่อนจากแม่น้ำ

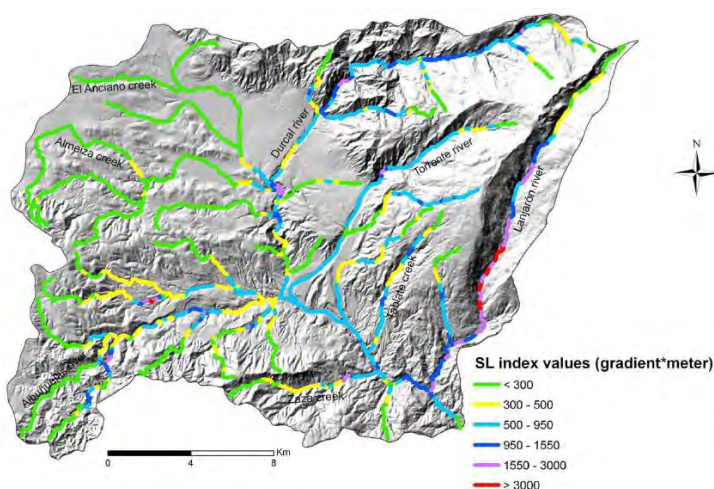
ทั้งนี้การใช้ค่า SL ศึกษาลักษณะการแปรสัณฐานในพื้นที่จึงควรคำนวณค่า SL หลายๆจุดบนระบบเส้นทางน้ำในบริเวณกว้าง เพื่อให้เห็นลักษณะแนวโน้มการแปรสัณฐานในพื้นที่ เช่น แนวรอยเลื่อน ระดับความสูงของน้ำทะเลในอดีต การยกตัว ยุบตัวของแผ่นดิน เป็นต้น

ตัวอย่างการวิเคราะห์ค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ

Hamdomi และคณะ (2007) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของกระบวนการแปรสัณฐานบริเวณ Sierra Nevada ทางตอนใต้ของประเทศสเปน (รูป 2.2) โดยใช้ค่า SL เป็นดัชนีธรณีสังฐาน อีกตัวหนึ่งที่ใช้ในการศึกษา ได้ผลการศึกษาดัง รูป 2.3



รูป 2.2 แสดงพื้นที่ศึกษาและเส้นลำน้ำ บริเวณ Sierra Nevada ทางตอนใต้ของประเทศสเปน Hamdomi และคณะ (2007)



รูป 2.3 แสดงผลการศึกษาค่า SL บริเวณ Sierra Nevada ทางตอนใต้ของประเทศสเปน Hamdomi และคณะ (2007)

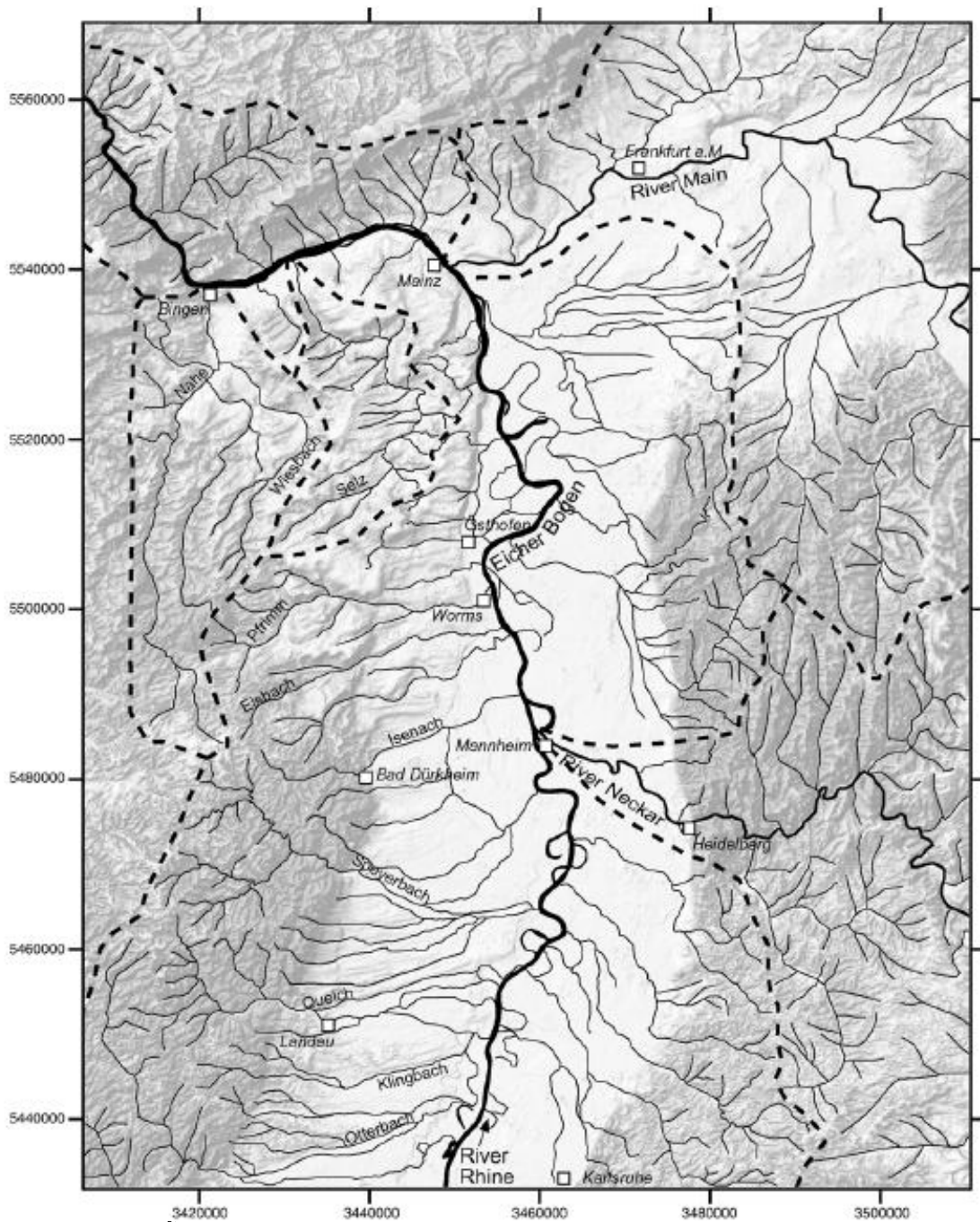
Hamdomi และคณะ (2007) ได้อธิบายลักษณะการกระจายตัวของค่า SL ในรูป 2.3 ดังนี้

ค่า SL บริเวณทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของ Sierra Nevada มีการกระจายตัวหลากหลายค่า ซึ่งหลายบริเวณทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้หน้าเทือกเขา Padul มีค่า SL ที่สูงผิดปกติ ซึ่งสัมพันธ์กับหินพวก Soft Rock ในพื้นที่และในบริเวณบนแม่น้ำ Terrante ค่า SL ก็มีค่าเพิ่มขึ้น ตรงที่มีการแนวรอยเลื่อน Niguales ตัดผ่าน แสดงให้เห็นว่าค่า SL ที่สูงผิดปกติทางด้านทิศตะวันตกของ Sierra Nevada มีความสัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อน Niguales และ ลักษณะความต้านทานของหินพวก Soft Rock

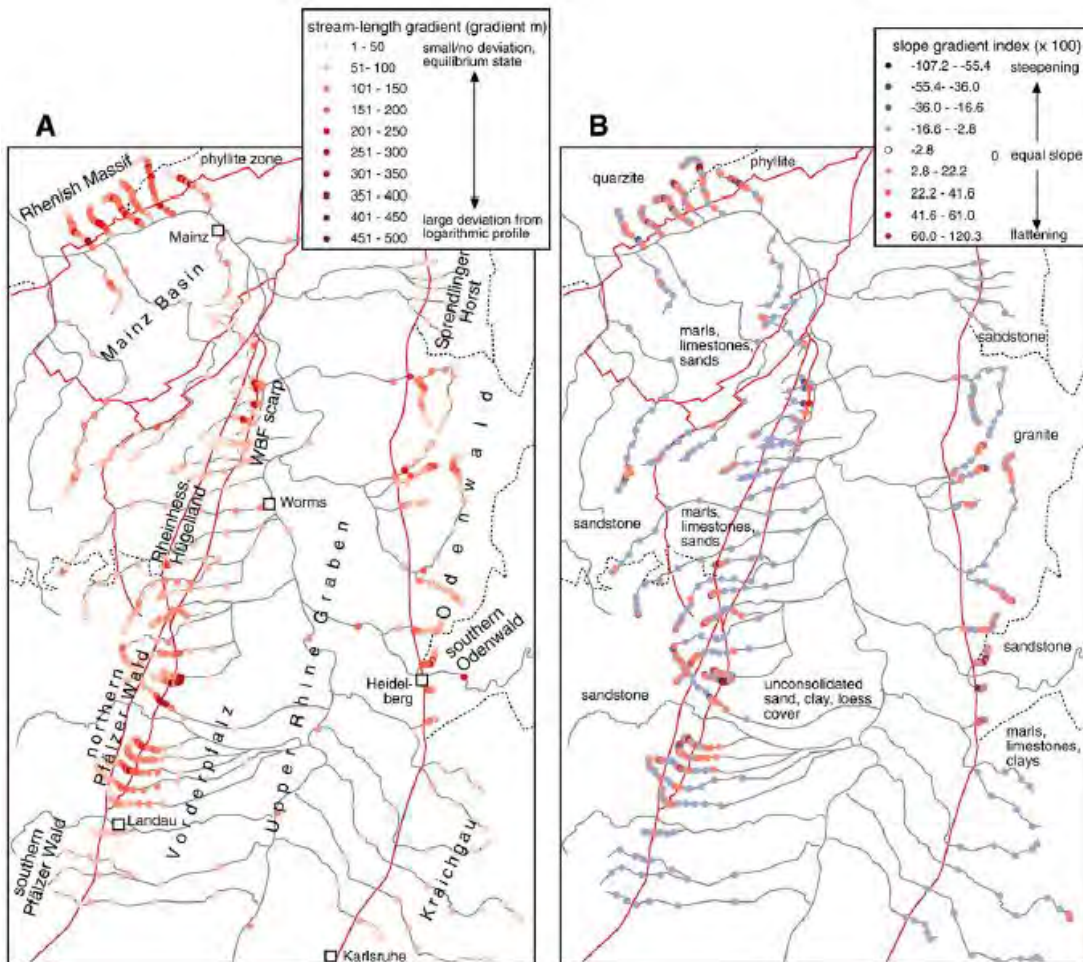
ค่า SL บริเวณทางด้านตะวันออกของ Sierra Nevada เป็นบริเวณที่ค่า SL สูงสุดและอาจเป็นค่าที่ผิดปกติที่แสดงบนแม่น้ำ Lanjaron ซึ่งค่าสูงสุดที่แสดงออกมานี้ ไม่ได้มีนัยสำคัญกับลักษณะความต้านทานของหินในพื้นที่ ดังนั้นจึงน่าจะเกิดจากลักษณะการแปรสัณฐานในพื้นที่

ค่า SL บริเวณทางด้านทิศเหนือของพื้นที่ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างต่ำ จึงถือเป็นบริเวณที่ไม่ค่อยมีการแปรสัณฐานใด ถึงแม้ว่าอาจจะมีบางจุดที่มีค่า SL สูงเด่นออกมาก็น่าจะเป็นผลมาจากสภาพความต้านทานของหินมากกว่าการเกิดกระบวนการแปรสัณฐานในพื้นที่เพราะค่า SL ที่สูงผิดปกติในบริเวณนี้ไม่ได้แสดงแนวโน้ม หรือลักษณะของการแปรสัณฐานในพื้นที่แต่อย่างใด

Peters และ Balen (2007) ทำการศึกษาการแปรสัณฐานของภูมิสัณฐาน บริเวณตอนเหนือของแ่งไรน์ (Rhine Graben) ประเทศเยอรมัน (รูป 2.4) โดยได้ศึกษาค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ ดังนี้ (รูป 2.5)



รูป 2.4 แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณตอนเหนือของแ่งไรน์ (Rhine Graben) ประเทศเยอรมัน และแสดงระบบลำน้ำ (Water shade system) ที่มีลำน้ำย่อยแยกตัวออกมาจากเส้นแม่น้ำหลัก หรือ แม่น้ำไรน์ Peters และ Balen (2007)



รูป 2.5 แสดงการกระจายตัวของค่า SL บริเวณตอนเหนือของแอ่งไรน์ (Rhine Graben) ประเทศเยอรมัน Peters และ Balen (2007)

Peters และ Balen (2007) ได้อธิบายลักษณะการกระจายตัวของค่า SL ในรูป 2.5 ดังนี้

ลักษณะการกระจายตัวของค่า SL ที่สูงผิดปกติ มีแนวโน้หวางตัวในทิศ NE-SW ซึ่งพบอยู่บนจุดของเส้นทางน้ำอันดับที่ 1 หรือ 2 เป็นส่วนใหญ่ และแนวการวางตัวของค่า SL ที่ผิดปกติมีความสัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนหลัก (HTBF) ในพื้นที่ด้วยเช่นกัน

2.1.3 ดัชนีปัจจัยตามขวางทางสมมาตรภูมิประเทศ (Transverse Topographic Symmetry Factor, T)

ดัชนีความไม่สมมาตรของลุ่มน้ำ (Drainage Basin Asymmetry) เป็นดัชนีธรณีฐานที่ช่วยวิเคราะห์ จำแนก อธิบายลักษณะการแปรสัณฐานยุคใหม่ (Neotectonic) ของบริเวณพื้นที่ที่

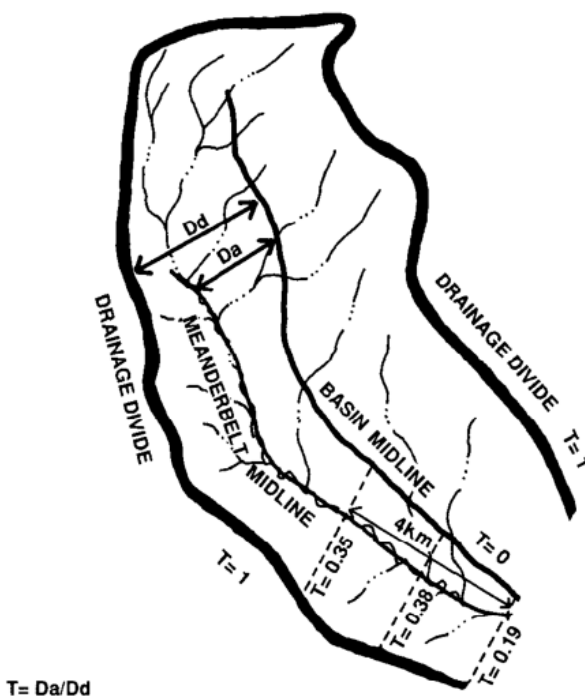
เป็นลุ่มหรือแอ่ง (Basin) ในเรื่องของลักษณะการวางตัว เอียงตัว ยกตัว และยุบตัว มีศึกษาครั้งแรกโดย Cox และ คณະ (1994)

ดัชนีนี้ปัจจัยตามขวางทางสมมาตรภูมิประเทศ (T) เป็นหนึ่งในดัชนีความไม่สมมาตรของลุ่มน้ำ ใช้ศึกษาวิเคราะห์และอธิบายรูปแบบที่เป็นไปได้ของการเอียงเทของพื้นดิน (Ground tilting) ที่เกิดจากการกระทำของกระบวนการแปรสัณฐาน โดยค่า T ศึกษาจากสมการ 2.2

$$T = \frac{D_a}{D_d} \tag{สมการ 2.2}$$

กำหนดให้ (รูป 2.6)

- T คือ ค่าดัชนีปัจจัยตามขวางทางสมมาตรภูมิประเทศ
- Da คือ ระยะทางจากตรงกลางของแอ่งตะกอนรับน้ำ (midline of its drainage basin) ถึงระยะทางน้ำที่เกิดจากการกระบวนการแปรสัณฐาน (midline of active channel) หรือ ระยะที่เส้นแม่น้ำตั้งอยู่จริง โดยวัดตั้งฉากกับเส้นตรงที่ลากผ่านทางน้ำนั้นพอดี
- Dd คือ ระยะทางจากขอบของแอ่งรับน้ำ ทหารด้วย เส้นกลางของแอ่งรับน้ำ (midline of the basin)



รูป 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Da และ Dd ในการคำนวณค่า T โดย Cox และ คณະ (1994)

จากสมการ 2.2 จะสามารถประเมินลักษณะการเอียงตัวของแอ่งน้ำดังนี้

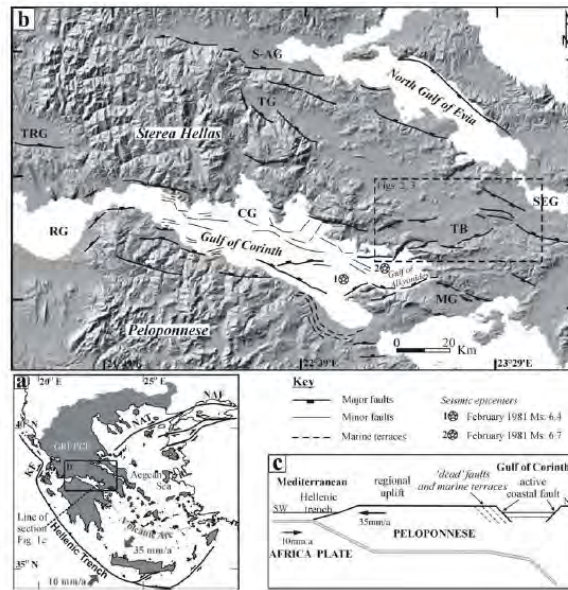
$T = 0$ หมายถึง แอ่งน้ำมีความสมมาตรสมบูรณ์แบบ (Completely Symmetry) กล่าวคือ ภายใต้อำนาจที่ศึกษาบริเวณแอ่งน้ำ เส้นแม่น้ำทับกับเส้นผ่านศูนย์กลางแอ่งน้ำพอดี ซึ่งเป็นผลมาจากการไม่เกิดกระบวนการแปรสัณฐานใดๆ ที่ทำให้เกิดการเอียงตัว ยุบตัว ยกตัว ของแอ่งน้ำ ดังนั้นแอ่งน้ำจึงมีความสมมาตรสมบูรณ์แบบ

$T = 1$ หมายถึง แอ่งน้ำไม่มีความสมมาตรสมบูรณ์แบบ (Completely Asymmetry) กล่าวคือ ภายใต้อำนาจที่ศึกษาบริเวณแอ่งน้ำ เกิดการแปรสัณฐานอย่างรุนแรง หรือ มากพอที่ทำให้เส้นแม่น้ำหลักเอียงตัวไปทับกับบริเวณขอบแอ่งน้ำ หรือ อาจกล่าวได้ว่า แอ่งน้ำมีการเอียงตัว หรือ ยกตัว ยุบตัว เนื่องจากกระบวนการแปรสัณฐานเป็นผลให้แอ่งน้ำไม่มีความสมมาตรสมบูรณ์แบบ

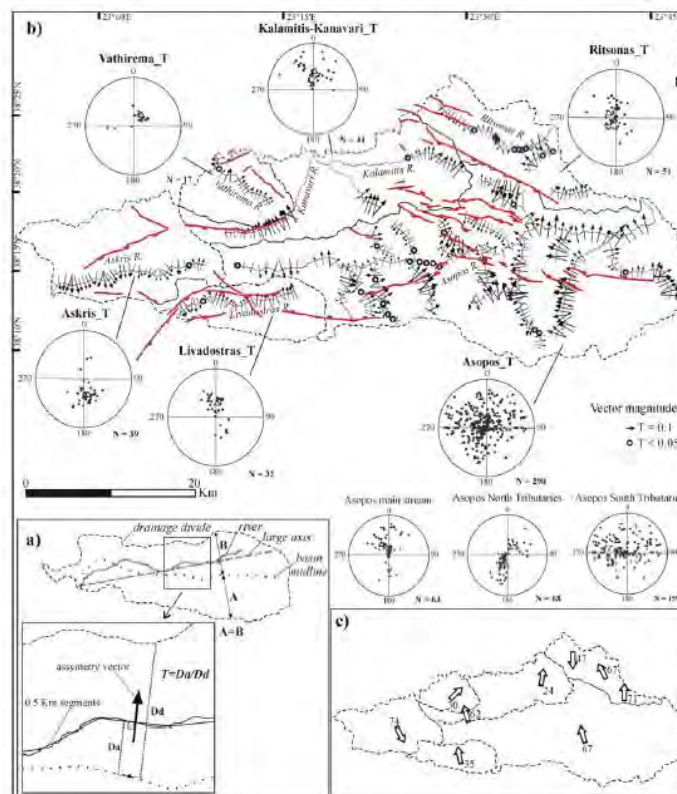
อย่างไรก็ตาม ในลักษณะตามธรรมชาติของแอ่งน้ำ มีความเป็นไปได้น้อยมากที่จะส่งผลการวัดค่า T ได้ $T = 1$ หรือ $T = 0$ พอดี เพราะลักษณะการวางตัวเชิงภูมิประเทศของลำน้ำ ย่อมต้องถูกกระทำด้วยปัจจัยหลายๆอย่างที่นอกเหนือจากการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก เช่น การกัดกร่อน เป็นต้น ดังนั้น เราจึงวิเคราะห์และอธิบายค่า T จากค่าที่ใกล้เคียง 1 และ 0 เท่านั้น ซึ่งเป็นค่าที่สามารถบ่งบอกลักษณะความรุนแรงของกระบวนการแปรสัณฐานในพื้นที่ได้เป็นอย่างดีและเพียงพอ โดยกระบวนการแปรสัณฐานในพื้นที่จะมีความรุนแรงยิ่งมาก เมื่อค่า T ยิ่งเข้าใกล้ 1 และมีความรุนแรงน้อยลง เมื่อค่า T ยิ่งเข้าใกล้ 0 โดยที่เราไม่คิดปัจจัยอื่นเนื่องมาจากโครงสร้างของหินฐานที่อยู่ภายใต้แอ่งนั้น (Davis, 2002)

ตัวอย่างการวิเคราะห์ดัชนีปัจจัยตามขวางทางสมมาตรภูมิประเทศ

Tsodoulou และ คณะ (2008) ทำการศึกษาลักษณะการแปรสัณฐานในการขยายตัวทางด้านทิศตะวันออก บริเวณอ่าว Corinth เขต Beotia ตอนกลางประเทศกรีซ (รูป 2.7) โดยใช้ค่าดัชนีปัจจัยตามขวางทางสมมาตรภูมิประเทศซึ่งเป็นหนึ่ง ค่าดัชนีธรณีฐานที่ใช้ศึกษา มาทำการศึกษา ดังรูป 2.8



รูป 2.7 แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณ ทางด้านทิศตะวันออก บริเวณ อ่าว Corinth เขต Beotia ตอนกลางประเทศกรีซ Tsodoulou และ คณะ (2008)



รูป 2.8 แสดงผลการศึกษาค่า T ในบริเวณบริเวณ ทางด้านทิศตะวันออก บริเวณ อ่าว Corinth เขต Beotia ตอนกลางประเทศกรีซ Tsodoulou และ คณะ (2008)

a : แสดงวิธีการคำนวณค่า T โดย Cox (1994)

b : แสดงเวกเตอร์ค่า T ที่ชี้ไปในทางที่มีการเอียงตัวของแอ่ง

c : แสดงทิศทางการเอียงตัวของแอ่งที่มาจากการคำนวณค่า T

Tsodoulou และ คณะ (2008) ได้อธิบายผลการวิเคราะห์จากการศึกษาค่า T ดังนี้

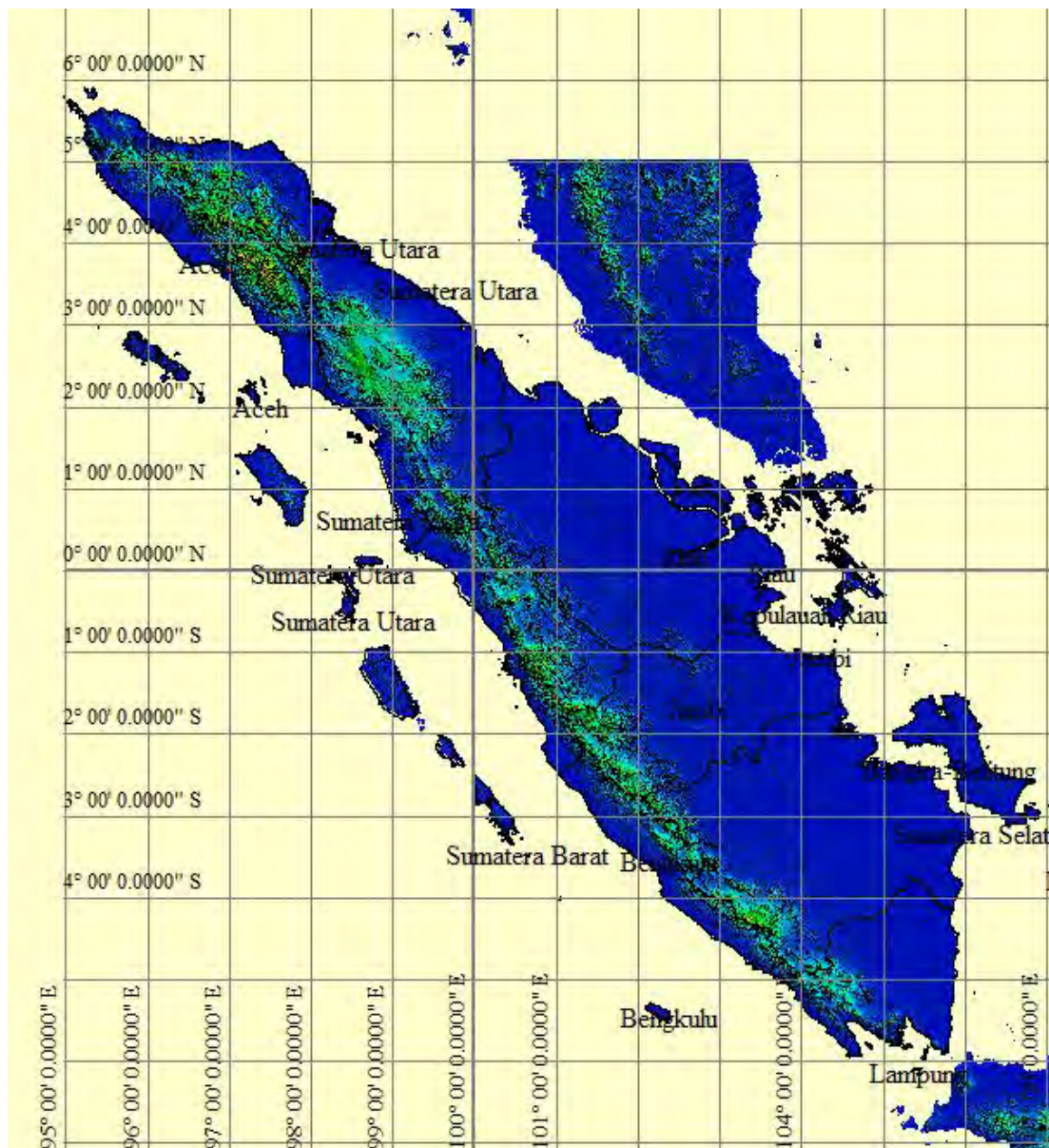
การวิเคราะห์ค่า T ในพื้นที่ศึกษาได้ทำการแบ่ง พื้นที่แอ่งน้ำ 5 กลุ่มน้ำหลัก (รูป 2.8b) ซึ่งลักษณะแนวโน้มการเอียงตัวของลุ่มน้ำส่วนใหญ่ได้เอียงไปทางทิศเหนือ หรือ แนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือบ้าง (N NW) และมีเพียงลุ่มน้ำทางด้านตะวันตกของขอบพื้นที่ศึกษาที่มีการเอียงตัวไปทางใต้ อย่างชัดเจน

จากลักษณะแนวโน้มการเอียงตัวของลุ่มน้ำส่วนใหญ่ในพื้นที่ ที่เอียงตัวไปทางทิศเหนือ พบว่ามีนัยสำคัญกับบริเวณรอยเลื่อนหลัก (Erithres-Dafnes Fault zone) ที่มีวางตัวในแนวทิศ ตะวันออก-ตะวันตก (Strike E-W) อยู่ในพื้นที่ (รูป 2.7) และมีลักษณะการเอียงตัว (Dip) ไปทางทิศเหนือ ซึ่งเป็นทิศทางเดียวกับแนวโน้มการเอียงตัวของลุ่มน้ำส่วนใหญ่ในพื้นที่

2.2 ระเบียบวิธีการวิจัย (Methodology)

วิธีการวิจัยดุษฎีนิพนธ์นี้ศึกษาในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ทำการวิจัยบนข้อมูลระบบสารสนเทศ (RS) ทั้งหมด ซึ่งเริ่มจากการศึกษาข้อมูลพื้นที่ศึกษาเบื้องต้นผ่านโปรแกรม Google Earth โดยศึกษาและ จำแนกลักษณะภูมิประเทศ ภูมิสารสนเทศ โครงสร้างกระบวนการแปรสภาพฐาน ตำแหน่งรอยเลื่อนหลัก ตำแหน่งและขนาดภูเขาไฟ และระบบเส้นทางน้ำสายหลัก ซึ่งมีนัยสำคัญกับข้อมูลพื้นฐานในหัวข้อ 1.4

จากนั้นทำการ Download ข้อมูลแผนที่ลักษณะความสูงของภูมิประเทศแบบดิจิทัล (Digital Elevation Model, DEM) จากเว็บไซต์ (Website) <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.as> (รูป 2.9) โดยมีค่าความละเอียด 90 ตารางเมตร (Resolution 90) แล้วแยกวิธีการวิจัยค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำและดัชนีปัจจัยตาม ขวางทางสมมาตรภูมิประเทศ ดังนี้



รูป 2.9 ข้อมูลแผนที่ลักษณะความสูงของภูมิประเทศแบบดิจิทัล เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย โดยแสดงจากโปรแกรม Global Mapper

2.2.1 ระเบียบวิธีการวิจัยค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (SL Index Methodology)

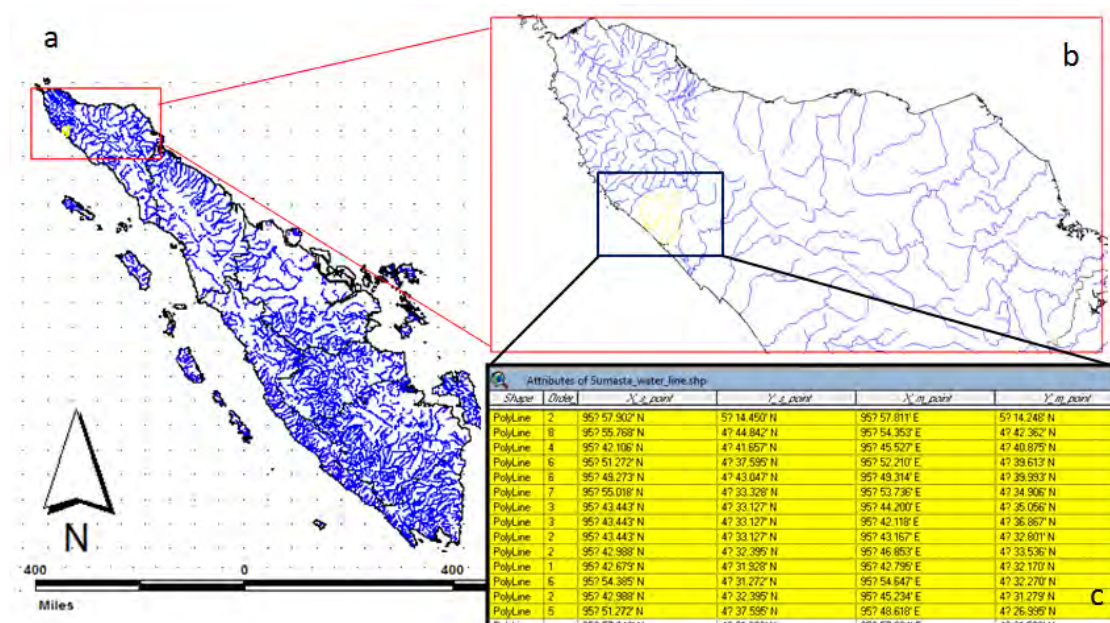
เมื่อทำการ Download ข้อมูล DEM ของพื้นที่เกาะสุมาตราเสร็จแล้ว นำข้อมูล DEM มาแปลง (Digitize) เป็นข้อมูลใหม่ให้อยู่ในรูปพิกัดภูมิศาสตร์ (Geo reference) หรือข้อมูล Shape file โดยใช้โปรแกรม ARC/INFO 9.2 (Arc Gis software) ในการแปลงข้อมูล ต้องการข้อมูลดังนี้

1. ข้อมูลเส้นแม่น้ำบนเกาะสุมาตรา (รูป 2.10a) เป็นข้อมูลเชิงเส้น (Poly Line) (รูป 2.10b) มีข้อมูลพื้นฐาน (Database in attributed Box) (รูป 2.10c) ที่สำคัญคือ ข้อมูลพิกัดกริด (Grid Reference) ของความยาวทางน้ำ และ ลำดับเส้นแม่น้ำ (Order)

2. ข้อมูลจุดแต่ละจุดบนเส้นแม่น้ำ (รูป 2.11a) เป็นข้อมูลเชิงจุด (Point) (รูป 2.11b) ซึ่งแต่ละจุดต้องมีข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญคือ ข้อมูลพิกัดกริด (Latitude Longitude) และข้อมูลความสูง (Elevation) (รูป 2.11c)

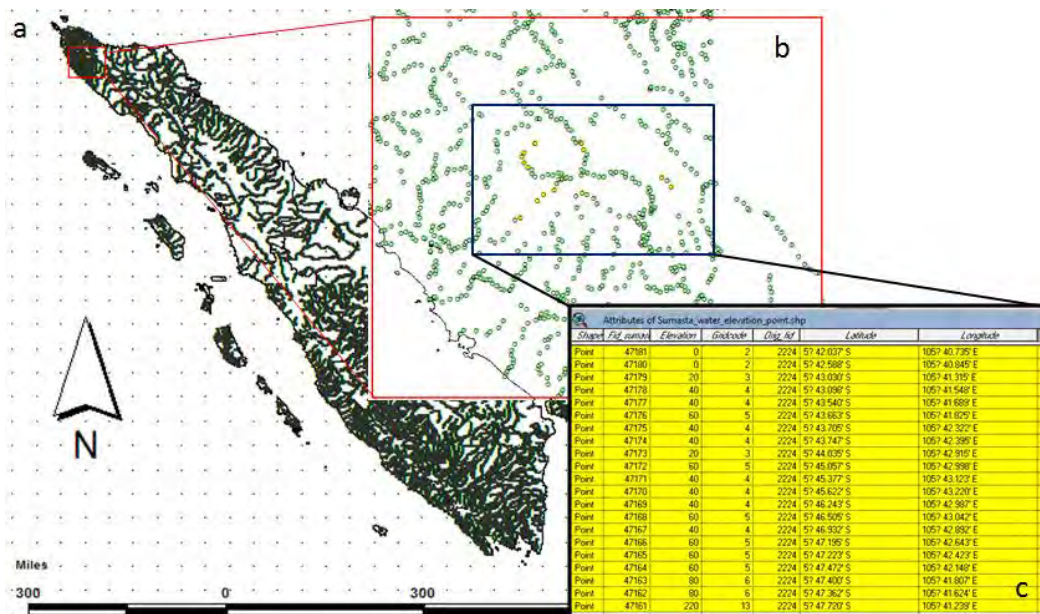
จากการแปลงข้อมูลบนเกาะสุมาตรา พบว่า ได้ข้อมูลลำดับเส้นแม่น้ำที่มีการกระจายตัวตั้งแต่ 1-14 ลำดับ จำนวน 2,223 เส้น และข้อมูลความสูงของจุดบนเส้นแม่น้ำอยู่ในช่วงระหว่าง -60 – 3280 เมตร จากระดับน้ำทะเล จำนวน 41,781 จุด

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประเมินคำนวณหาค่า SL (สมการ 2.1) ในโปรแกรม Microsoft Excel แล้วทำการพล็อต (Plot) ข้อมูลลงบนโปรแกรม Arc View 3.2 a เพื่อประเมินวิเคราะห์ และอภิปรายผลต่อไป (รูป 3.1)



รูป 2.10 แสดงข้อมูลเส้นแม่น้ำ บนเกาะสุมาตรา แสดงโดยโปรแกรม Arc View 3.2 a

- a แสดงข้อมูลเส้นแม่น้ำทั่วทั้งเกาะสุมาตรา
- b แสดงข้อมูลเส้นแม่น้ำ ขนาดขยาย บริเวณทางตอนเหนือ บน เกาะสุมาตรา
- c แสดงข้อมูลพื้นฐาน (Data) ของเส้นแม่น้ำ บริเวณทางตอนเหนือ บนเกาะสุมาตรา



รูป 2.11 แสดงข้อมูลเชิงจุด บนเกาะสุมาตรา แสดงโดยโปรแกรม Arc View 3.2 a
 a แสดงข้อมูลจุดแต่ละจุดทั่วทั้งเกาะสุมาตรา
 b แสดงข้อมูลจุด ขนาดขยาย บริเวณทางตอนเหนือ บน เกาะสุมาตรา
 c แสดงข้อมูลพื้นฐาน (Data) ของจุดแต่ละจุด บริเวณทางตอนเหนือ บนเกาะสุมาตรา

2.2.2 ระเบียบวิธีการวิจัยค่าดัชนีปัจจัยตามขวางทางสมมาตรภูมิประเทศ (T Factor

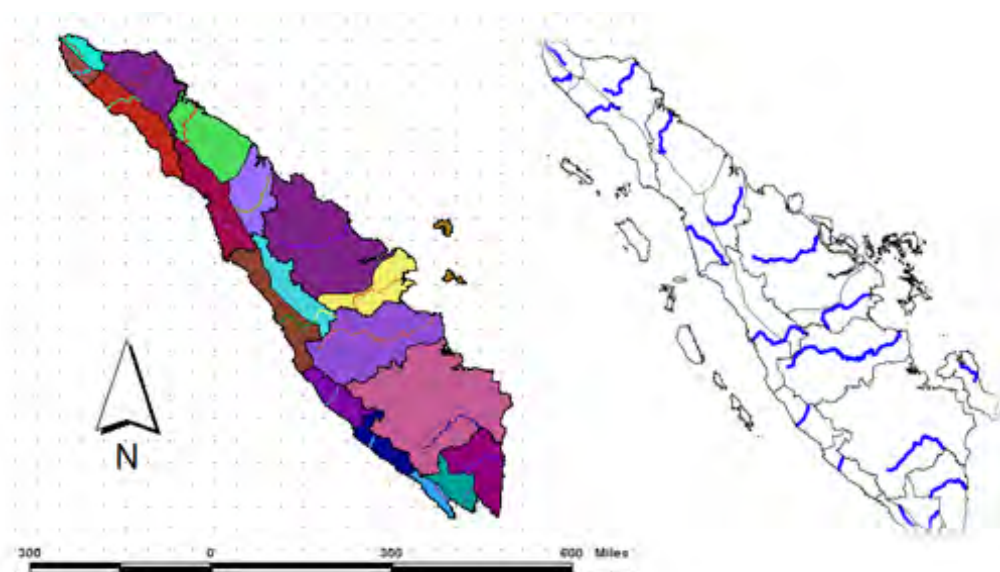
Methodology)

จากข้อมูล DEM ที่ Download มา นำมาสร้างข้อมูลลุ่มน้ำ (Basin) โดยการ Generate จากเส้นแม่น้ำสายหลัก และ ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางลุ่มน้ำ (Midline Basin) มีวิธีการดังนี้

- 1.สร้างข้อมูลแอ่งรับน้ำ เชิงพื้นที่ (Polygon) ที่มาจากข้อมูลแม่น้ำสายหลัก เชิงเส้น จากข้อมูล DEM โดยแปลงเป็นข้อมูลใหม่ให้อยู่ในรูป Shape file จากโปรแกรม ARC/INFO 9.2 ซึ่งจากการแบ่งแอ่งน้ำในพื้นที่ได้จำนวน 17 แอ่งน้ำ จากเส้นแม่น้ำสายหลัก 17 เส้น (รูป 2.12)
- 2.สร้างข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางแอ่งน้ำ โดยนำข้อมูลแอ่งน้ำและเส้นแม่น้ำหลักของแต่ละแอ่ง แปลงเป็นไฟล์ .KMLและเปิดในโปรแกรม Google Earth จากนั้นทำการวัดขอบแอ่งน้ำ ในระยะห่างที่เท่ากัน ซ้าย – ขวา เริ่มจากตำแหน่งของแม่น้ำสายหลักในแต่ละแอ่ง ทำการวัดเป็นคู่ แล้วหาจุดกึ่งกลางระหว่างสองจุด ซ้าย -ขวา ทำเช่นนี้ จนสุดขอบลุ่มน้ำอีกด้าน ก็จะเห็นแนวโน้มของเส้นผ่าน

ศูนย์กลางแอ่งน้ำ ทำการ Save ไฟล์ แล้วนำมาประเมิน วิเคราะห์ในโปรแกรม Arc View 3.2a ต่อไป

ทั้งนี้ในการวิจัยค่า T ไม่ได้มีค่านวนค่า T ในสมการ 2.2 แต่จะใช้วิธีการแปลงข้อมูลของ T Factor เท่านั้น เพื่อให้เห็นลักษณะแนวโน้ม การเรียงตัวของแอ่งรับน้ำในแต่ละแอ่ง บนเกาะสุมาตรา ดังผลการวิจัยในบทที่ 3 (รูป 3.4)



รูป 2.12 รูปแสดงแอ่งน้ำและแม่น้ำสายหลัก บนเกาะสุมาตรา จากโปรแกรม Arc View 3.2a

บทที่ 3

ผลการวิจัย (Results)

3.1 ผลการวิจัยค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Results of Stream length-gradient index)

จากผลการศึกษาค่า SL ผลปรากฏว่าค่า SL มีการกระจายตัวอยู่ระหว่าง -9,330,810.980 ถึง 18,079,696.000 จึงได้แบ่งค่า SL ออกเป็น 5 ช่วง ตามความเหมาะสมดังนี้

(รูป 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5)

ช่วงที่ 1 ค่า SL: -9,330,810.981 – 2,355,911.508

ช่วงที่ 2 ค่า SL: 2,355,911.509 – 9,030,380.147

ช่วงที่ 3 ค่า SL: 9,030,380.148 – 21,305,056.670

ช่วงที่ 4 ค่า SL: 21,305,056.680 – 52,481,910.240

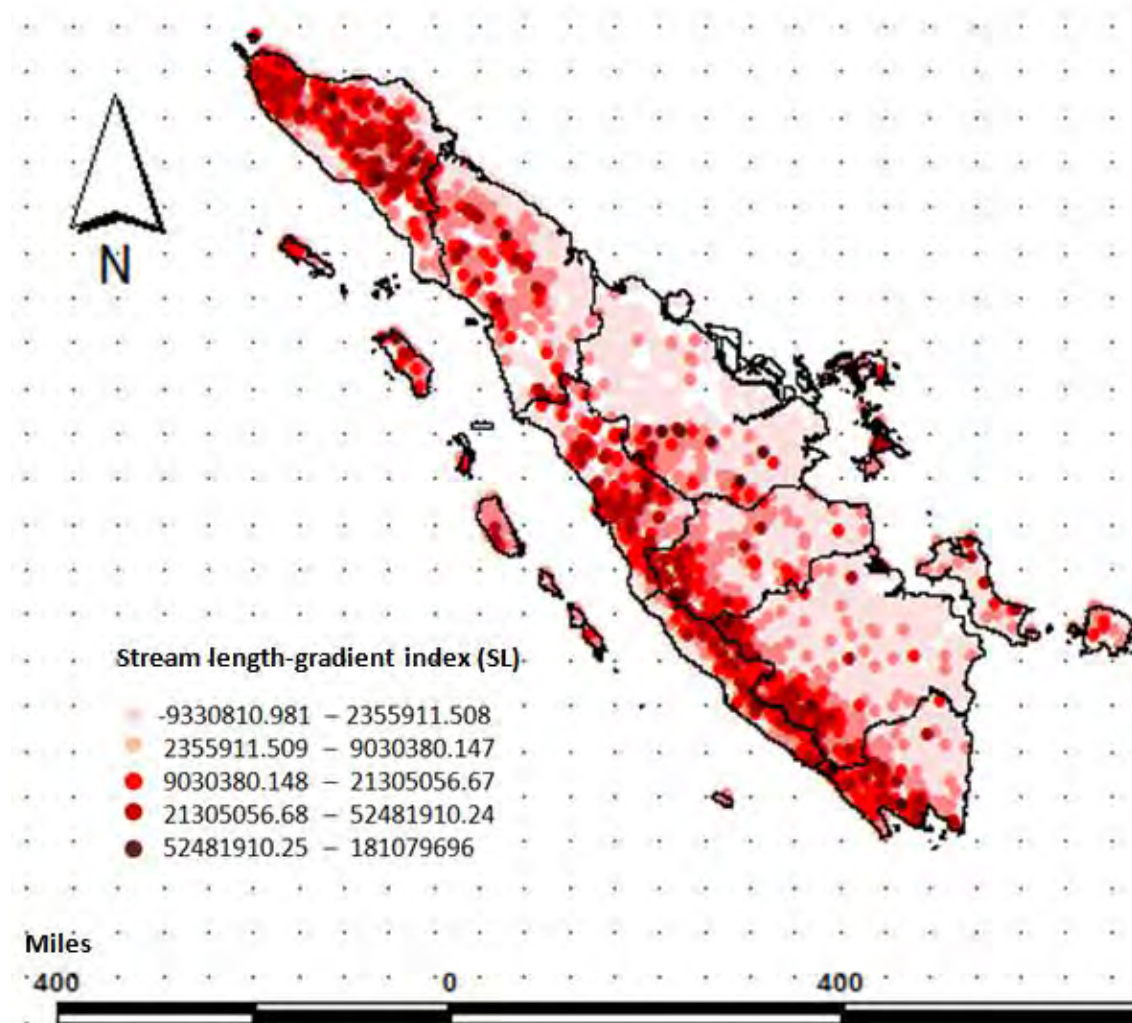
ช่วงที่ 5 ค่า SL: 52,481,910.250 – 181,079,696.000

Hamdomi และคณะ (2007) กล่าวว่า ค่า SL สามารถช่วยจำแนกระดับความรุนแรงของกระบวนการแปรสัณฐานแต่ละบริเวณได้ โดยการจำแนกเป็นช่วง กล่าวคือ บริเวณค่า SL ต่ำ เป็นค่าปกติ บ่งบอกถึงในบริเวณที่ไม่แสดงลักษณะผิดปกติของการแปรสัณฐานหรือไม่มีการแปรสัณฐานที่รุนแรงเกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่า SL ช่วงที่ 1-2 ในงานวิจัยนี้

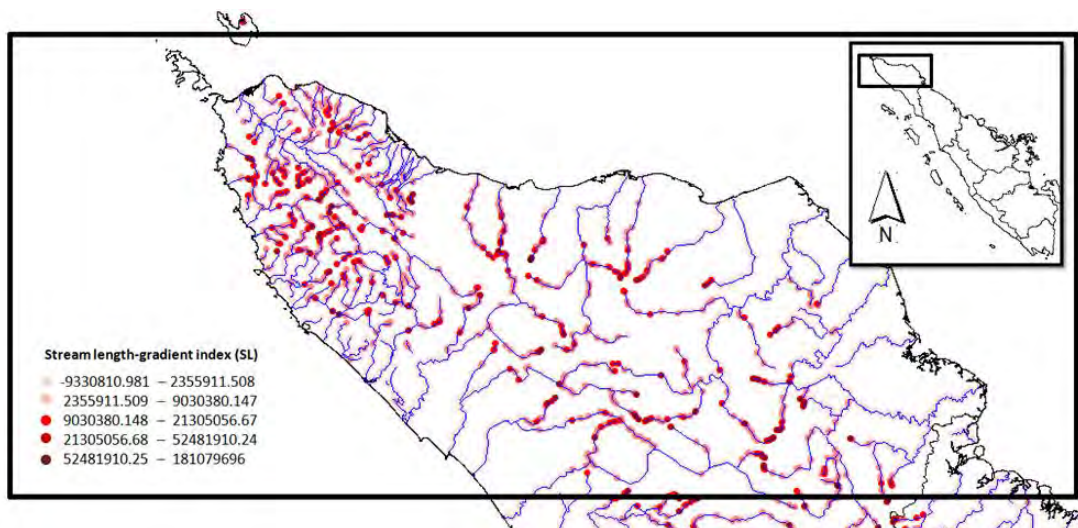
ส่วนช่วงค่า SL ที่มีค่าสูง แสดงถึงระดับความชันของทางน้ำที่เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถนำข้อมูลค่า SL นี้มาแปรข้อมูลถึงลักษณะการแปรสัณฐานในพื้นที่ศึกษาได้ แต่ต้องอาศัยข้อมูลอื่นๆ เป็นองค์ประกอบด้วย ดังนั้น บริเวณที่มีช่วงค่า SL สูงผิดปกติ สามารถตั้งสมมติฐานได้ว่าบริเวณพื้นที่ดังกล่าวมีกระบวนการแปรสัณฐานเกิดขึ้นซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการวางตัวของค่า SL ที่สูงผิดปกติ และจากผลการทดลอง พบว่าช่วงค่า SL ที่ 3-5 ถือเป็นค่า SL ที่สูงผิดปกติ จึงได้มุ่งศึกษาลักษณะค่า SL ในนี้และมีผลการทดลองดังนี้

ค่า SL ในช่วง 3-5 มักพบว่าตั้งอยู่บนลำดับทางน้ำที่ 1 (Order 1) และพบข้างบนทางน้ำอันดับที่ 2-3 ซึ่งมีลักษณะแนวโน้มการเรียงตัว 2 ลักษณะ คือ

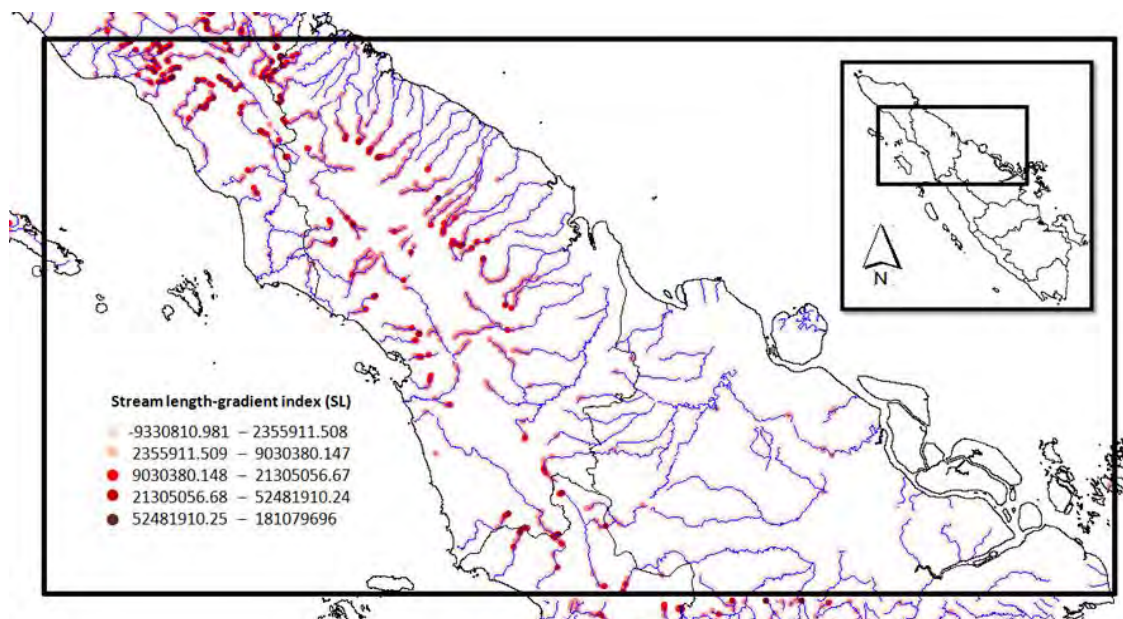
1. มีแนวการเรียงตัว ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือสูทิศตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) โดยเป็นแนวผ่านกลางเกาะสุมาตรา แต่ค่อนไปทางชายฝั่งทางด้านทิศตะวันออก (รูป 3.6)
2. บางบริเวณบนพื้นที่เกาะสุมาตรา พบค่า SL ในช่วง 3-5 ที่แสดงลักษณะเปลี่ยนแปลงความลาดยาวทางน้ำโดยฉับพลันเป็นแนววงกลม หรือ เหมือนกับว่าค่า SL ช่วง 3-5 ที่พบนี้มีการเปลี่ยนแปลงล้อมรอบลักษณะภูมิประเทศชนิดหนึ่ง (รูป 3.7, 3.8)



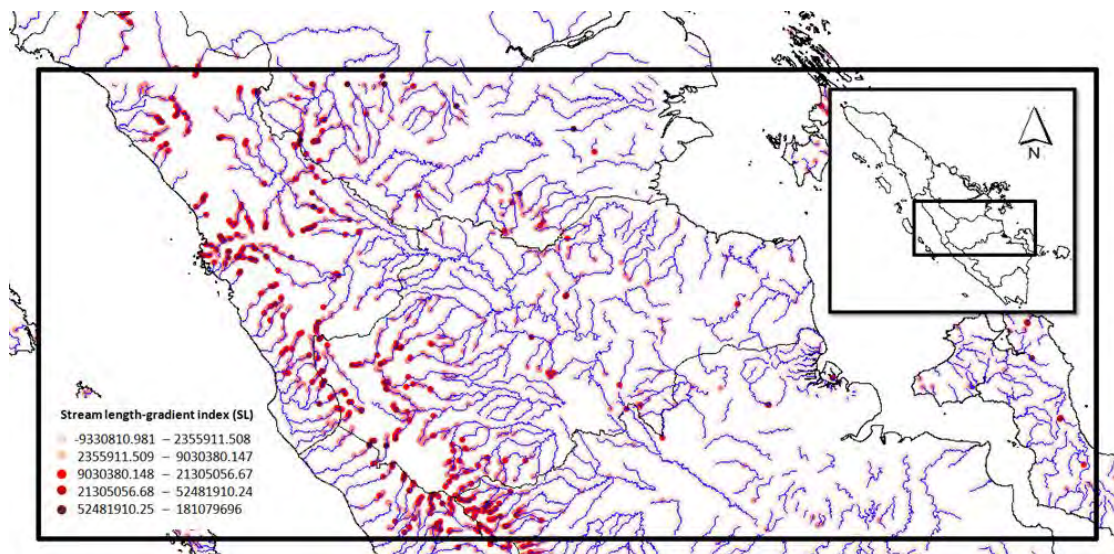
รูป 3.1 แสดงผลการศึกษาค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (SL) โดยรวม บนเกาะสุมาตรา



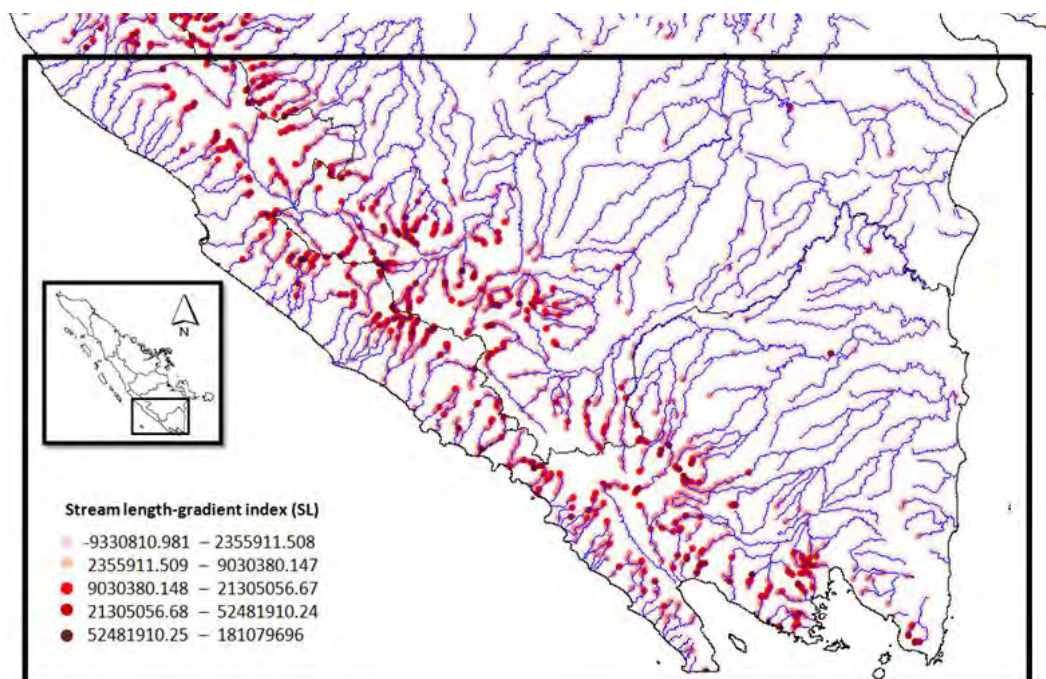
รูป 3.2 แสดงผลค่า SL ขนาดขยายบริทางตอนเหนือสุดของเกาะสุมาตรา บนพื้นที่เขต Aceh



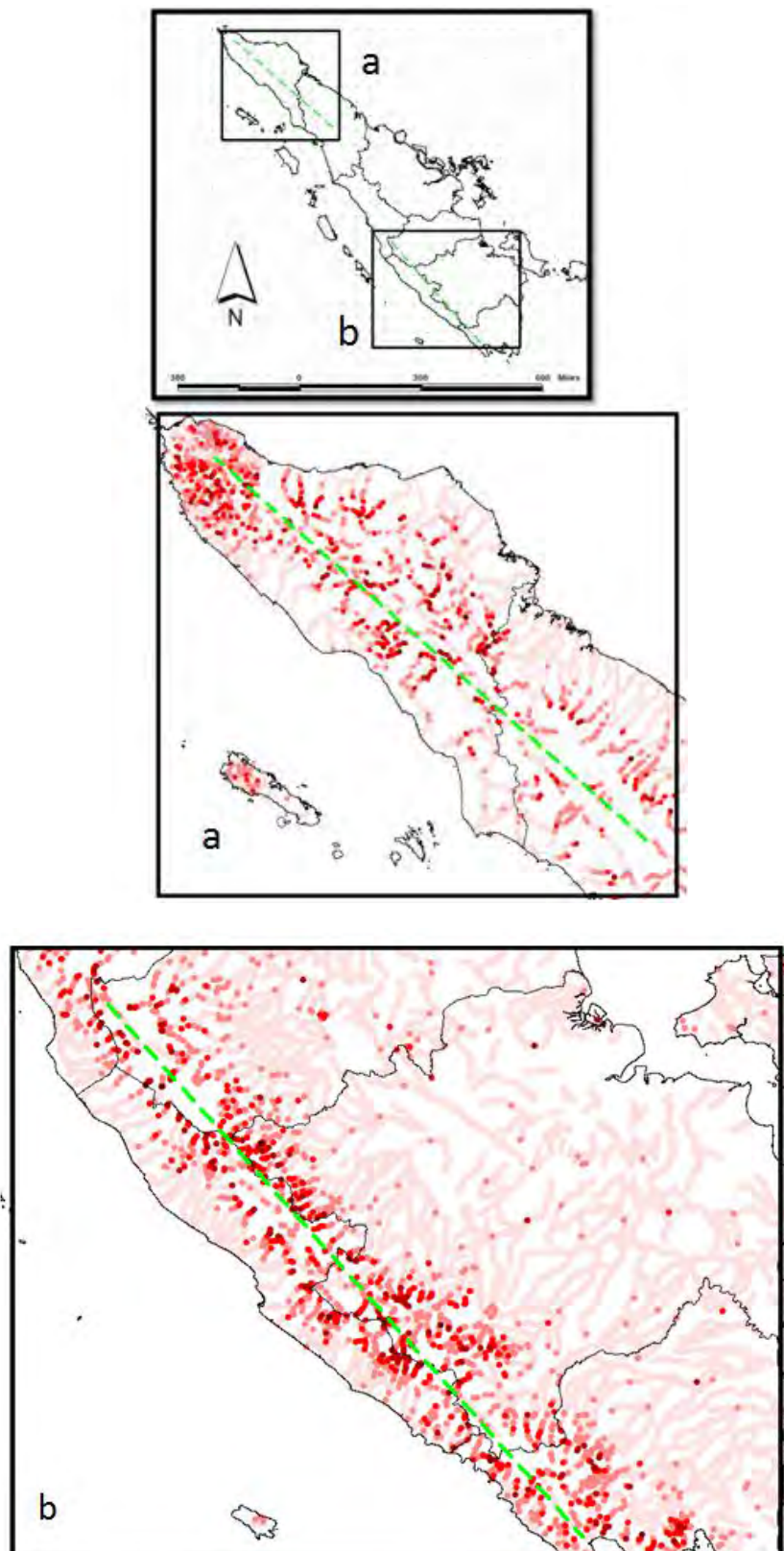
รูป 3.3 แสดงผลค่า SL ขนาดขยายบริทางตอนเหนือ ของเกาะสุมาตรา บนพื้นที่เขต North Sumatra พื้นที่บางส่วนของเขต Rigu และ เขต West Sumatra



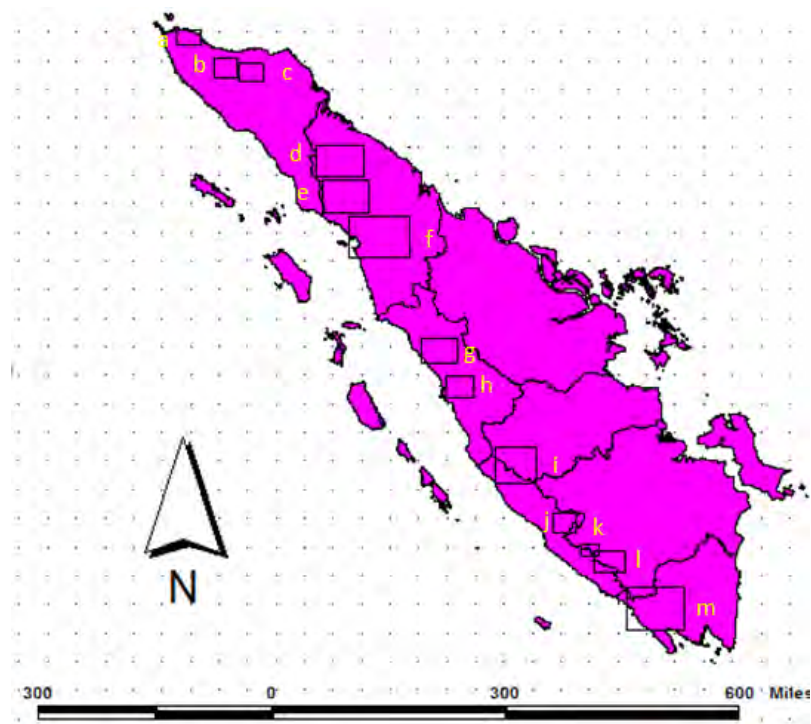
รูป 3.4 แสดงผลค่า SL ขนาดขยายบริเวณตอนกลางของเกาะสุมาตรา บนพื้นที่เขต Jambi เขต West Sumatra พื้นที่บางส่วนของเขต North Sumatra เขต South Sumatra และ เขต Bengkulu



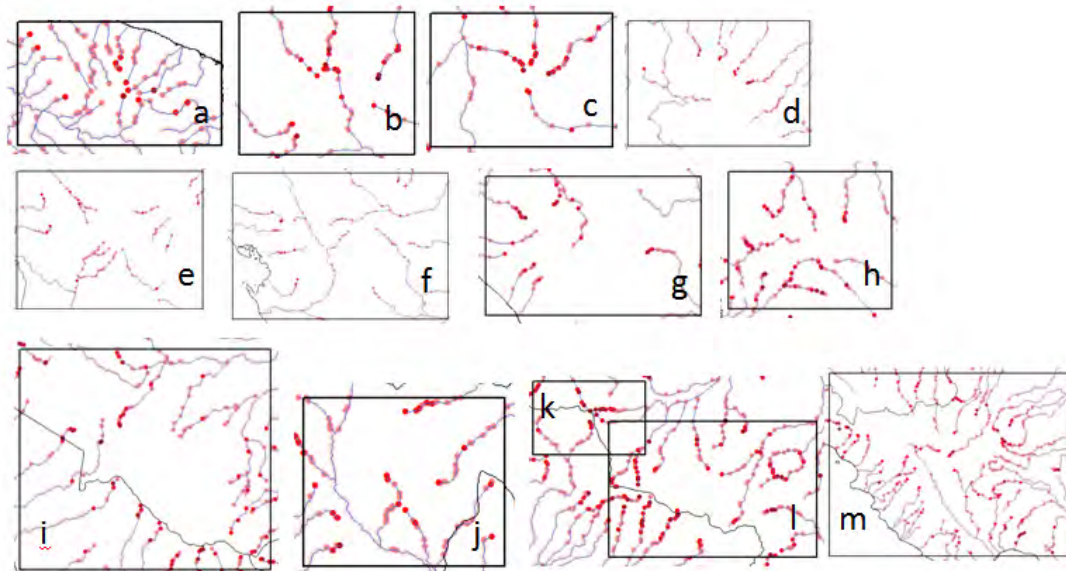
รูป 3.5 แสดงผลค่า SL ขนาดขยายบริเวณทางตอนใต้ ของเกาะสุมาตรา บนพื้นที่เขต Lampung และพื้นที่บางส่วนของเขต South Sumatra และพื้นที่เขต Bengkulu



รูป 3.6 แสดงลักษณะแนวโน้มการเรียงตัวของค่า SL ที่สูงผิดปกติ (ช่วงที่ 3-5) ซึ่งมีแนวการเรียงตัวตามแนวทิศ NW-SE ดังเส้นปะสีเขียวที่แสดงในรูป 3.4a และ รูป 3.4b



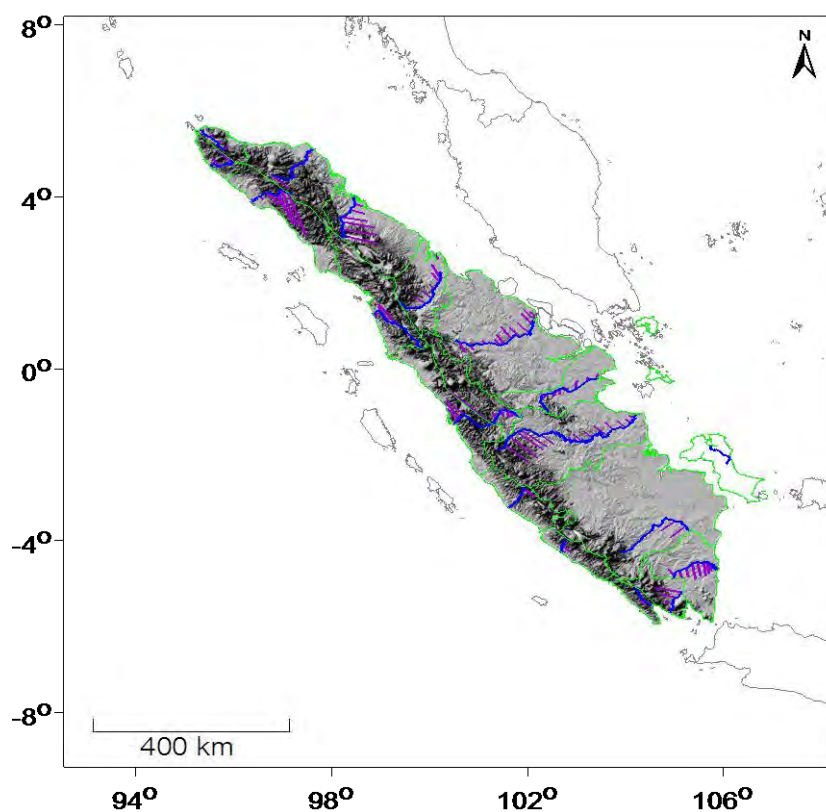
รูป 3.7 แสดงตำแหน่งที่พบการแนวเรียงตัวของค่า SL ที่สูงผิดปกติ ที่มีลักษณะเรียงตัวคล้ายวงกลม หรือ เหมือนกับเรียงตัวล้อมรอบภูมิประเทศลักษณะใดลักษณะหนึ่ง บนเกาะสุมาตรา



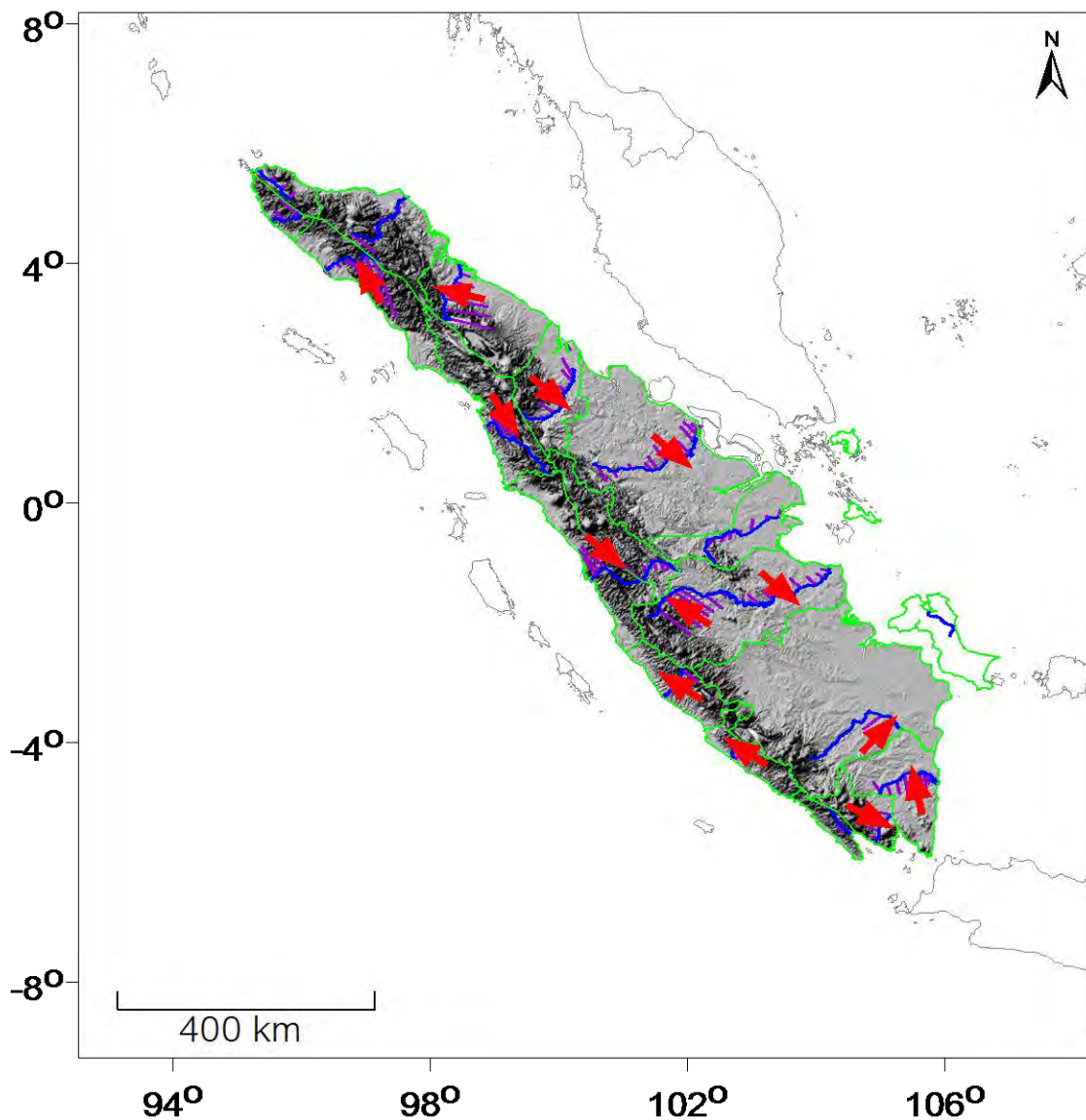
รูป 3.8 แสดงตำแหน่งขนาดขยายจากรูป 3.5 ของแนวการเรียงตัวของค่า SL ที่สูงผิดปกติ ซึ่งมีลักษณะเรียงตัวคล้ายวงกลม หรือ เหมือนกับเรียงตัวล้อมรอบภูมิประเทศลักษณะใดลักษณะหนึ่ง บนเกาะสุมาตรา

3.2 ผลการวิจัยดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำ (Result of Transverse topographic symmetry factor)

จากการผลการศึกษาดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำ โดยอ้างอิงจากวิธีการศึกษาจาก Cox (1994) พบว่าลักษณะการเอียงตัวของแอ่งน้ำจากการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างเส้นแม่น้ำหลักของแต่ละแอ่งน้ำกับเส้นผ่านศูนย์กลางของแอ่งน้ำ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะการเอียงตัวของแอ่ง กล่าวคือ หากระยะห่างมาก แสดงถึงการเอียงตัวของแอ่งมาก หรือมีการแปรสัณฐานที่รุนแรง และหากระยะห่างน้อย แสดงถึงการเอียงตัวของแอ่งน้อย มีการแปรสัณฐานไม่มาก และผลการศึกษาที่ได้ (รูป 3.9) พบแนวโน้มการเอียงตัวของแอ่งน้ำบนเกาะสุมาตราเป็น 2 ทิศทางคือ พบว่าแอ่งน้ำทางทิศตะวันตกของเกาะสุมาตราส่วนใหญ่เอียงตัวไปในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) และแอ่งน้ำทางทิศตะวันออกส่วนใหญ่เอียงตัวไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) (รูป 3.10)



รูป 3.9 แสดงผลการศึกษาดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำ ซึ่งแสดงลักษณะและระยะห่างระหว่างเส้นแม่น้ำหลักกับเส้นผ่านศูนย์กลางของแอ่งน้ำของแต่ละแอ่งน้ำ (เส้นสีม่วง) บนเกาะสุมาตรา



รูป 3.10 แสดงลักษณะแนวโน้มการเรียงตัวของแอ่งน้ำบนเกาะสุมาตรา ซึ่งพบว่าแอ่งน้ำทางทิศตะวันตกของเกาะสุมาตราส่วนใหญ่เรียงตัวไปในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) และแอ่งน้ำทางทิศตะวันออกส่วนใหญ่เรียงตัวไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)

บทที่ 4

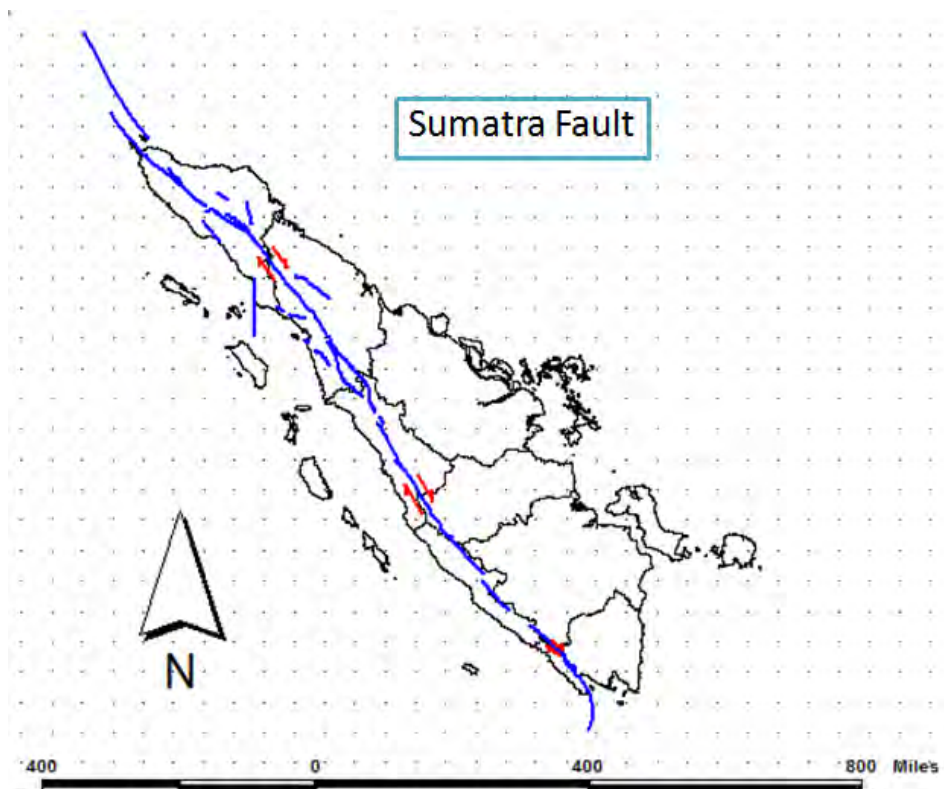
อภิปรายผล (Discussion)

4.1 อภิปรายผลการทดลองค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Stream length-gradient index Discussion)

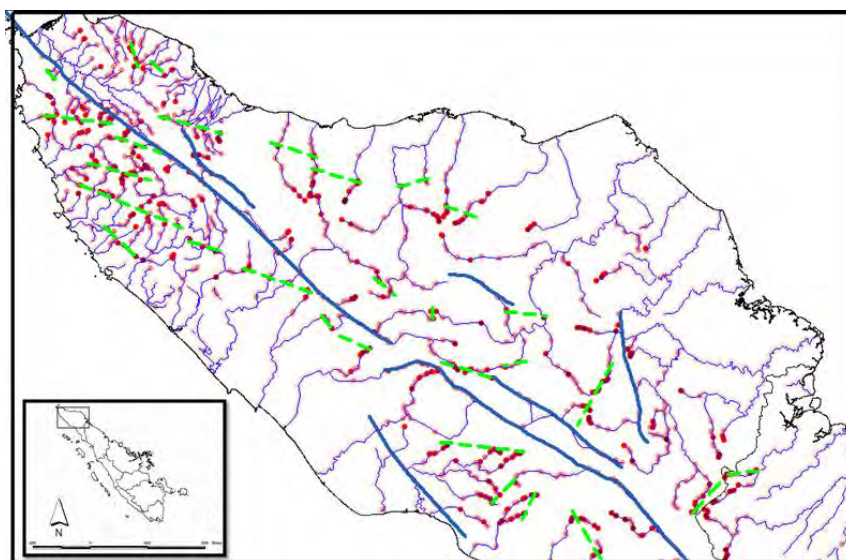
จากผลการวิจัยค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำ พบว่าแนวโน้มการเรียงตัวของค่า SL ที่สูง ผิดปกติในช่วงที่ 3-5 มีการเรียงตัว 2 ลักษณะ (รูป 3.6, 3.7, 3.8) ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์และ อภิปรายผลการทดลองได้ดังนี้ โดยอ้างอิงวิธีการศึกษาจาก Hamdomi และคณะ (2007) และ Peters และ Balen (2007)

1.วิเคราะห์และอภิปรายผลการเรียงของค่า SL ในช่วง 3-5 ที่มีแนวโน้มส่วนใหญ่การเรียงตัวไปในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) (รูป 3.6) หรือ ในแนวใดแนวหนึ่ง เป็นลักษณะเส้นตรง เป็นลักษณะที่คล้ายกับว่าในบริเวณพื้นที่นี้ เกิดแนวแรงขนาดใหญ่เข้ามากระทำ ทำให้เกิดการร่องรอยความชันที่เปลี่ยนแปลงอย่างมาก ส่งผลให้เกิดการแนวการเรียงของค่า SL ที่ผิดปกติเป็นแนวเส้นตรง (รูป 4.2, 4.3, 4.4, 4.5) ซึ่งจากข้อมูลการศึกษาพบว่าโน้มการเรียงเหล่านี้มีความสัมพันธ์การรอยเลื่อนสุมาตรา (รูป 4.1) ที่มีแนวทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) ผ่านกลางเกาะสุมาตรา และตั้งอยู่ใกล้กับแนวโน้มการเรียงตัวของค่า SL ที่ ผิดปกตินี้ จึงอธิบายได้ว่าลักษณะแนวโน้มการเรียงของค่า SL ช่วงที่ 3-5 ที่เรียงตัวเป็นแนวเส้นตรง มีนัยสำคัญกับรอยเลื่อนสุมาตรา หรือ เกิดจากแนวแรงขนาดใหญ่เข้ามากระทำ บนเกาะสุมาตรา

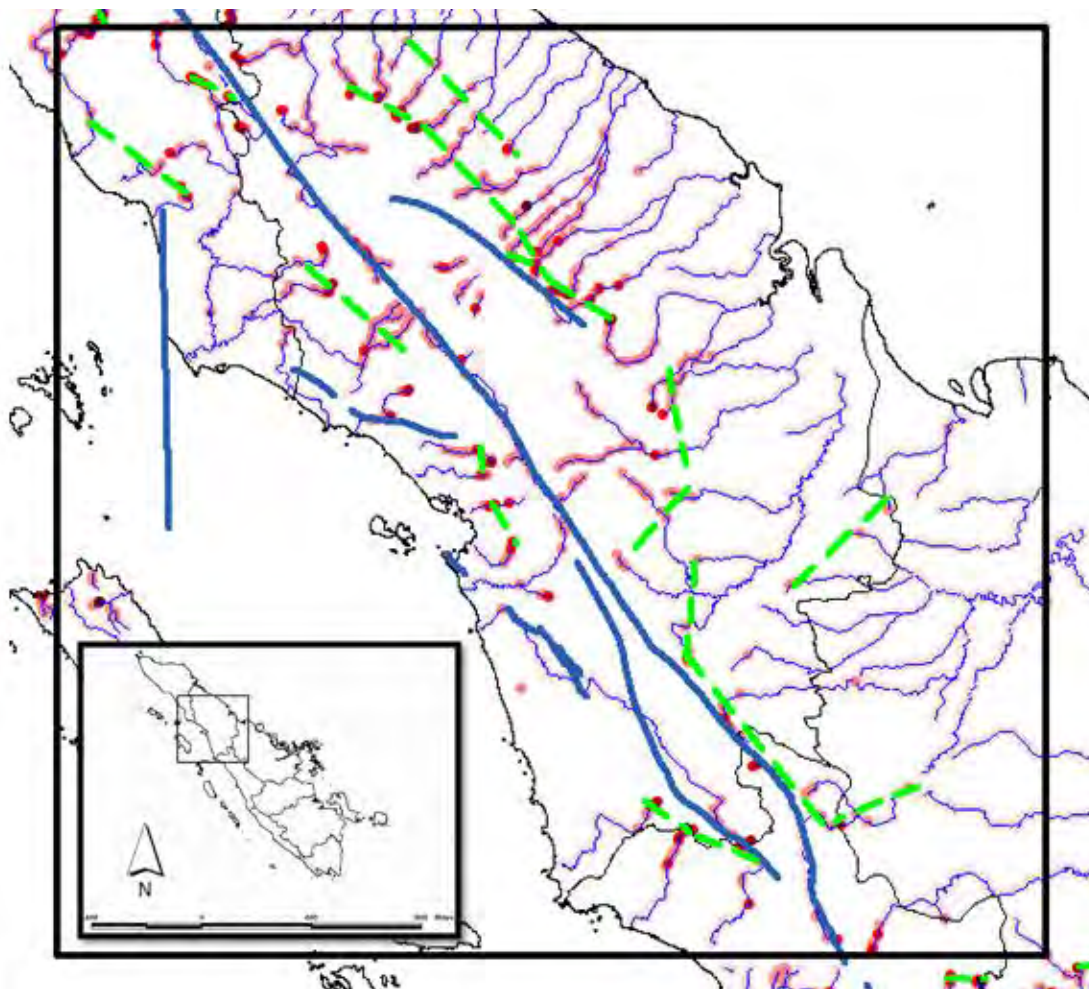
2.วิเคราะห์และอภิปรายผลการเรียงของค่า SL ในช่วง 3-5 บางบริเวณที่แสดงลักษณะเปลี่ยนแปลงความลาดยาวทางน้ำโดยฉับพลันเป็นแนววงกลม หรือ มีแนวลักษณะล้อมรอบภูมิประเทศชนิดหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายกับวงกลม เช่น ภูเขา หรือ เกิดมวลขนาดใหญ่ยกตัวขึ้นมา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความชันโดยฉับพลัน ซึ่งจากการศึกษาพบว่า บริเวณพื้นที่ที่พบการเรียงตัวที่ ผิดปกติของค่า SL ในลักษณะนี้ เป็นบริเวณพื้นที่ที่มีภูเขาไฟ (รูป 4.6) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ลักษณะการเรียงตัวของ ค่า SL ที่ผิดปกติในลักษณะนี้อาจเกิดจากการยกตัวขึ้นมาจากมวลขนาดใหญ่ ซึ่งก็คือ ภูเขาไฟ ทำให้ความ SL เกิดความผิดปกติ จึงอธิบายได้ว่าลักษณะแนวโน้มการเรียงของค่า SL ช่วงที่ 3-5 ที่เรียงตัวเป็นวงกลม มีนัยสำคัญกับการเกิดภูเขาไฟ บนเกาะสุมาตรา



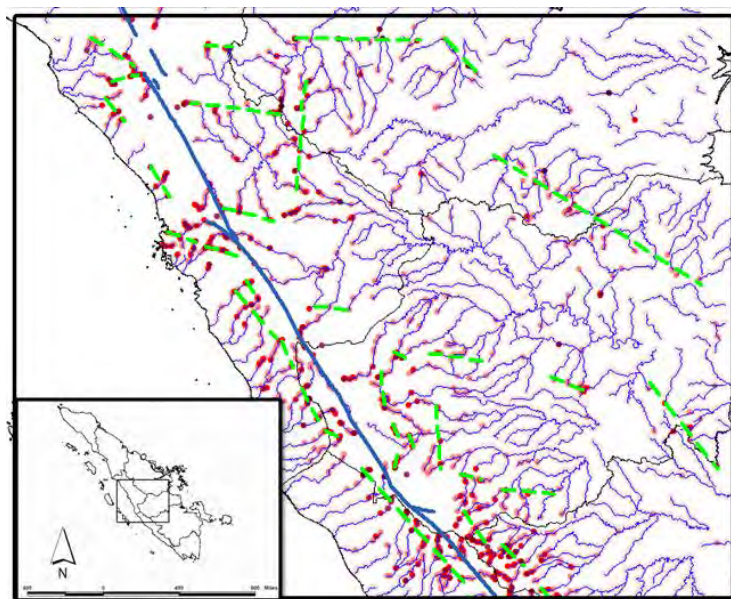
รูป 4.1 แสดงรอยเลื่อนสุมาตรา (Sumatra Fault) (สีน้ำเงิน) บนเกาะสุมาตรา จากโปรแกรม Arc View 3.2a



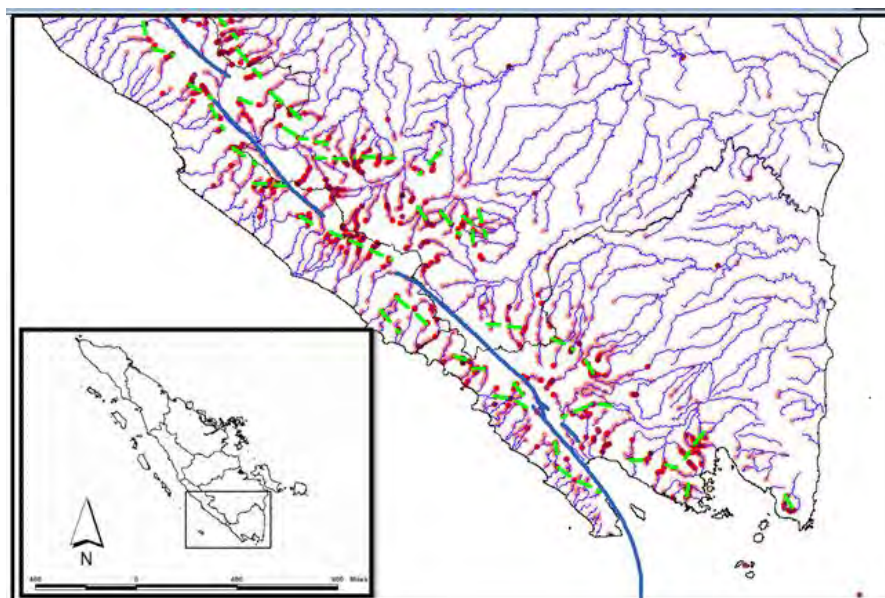
รูป 4.2 แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของค่า SL ที่ผิดปกติ ขนาดขยาย โดยผู้วิจัยได้ทำการลากเส้น (สีเขียว) แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของ SL ที่อาจมีนัยสำคัญกับรอยเลื่อนสุมาตรา (เส้นสีน้ำเงิน) หรือ อาจเป็น Linear Fault บนพื้นที่เขต Aceh ทางตอนเหนือของเกาะสุมาตรา



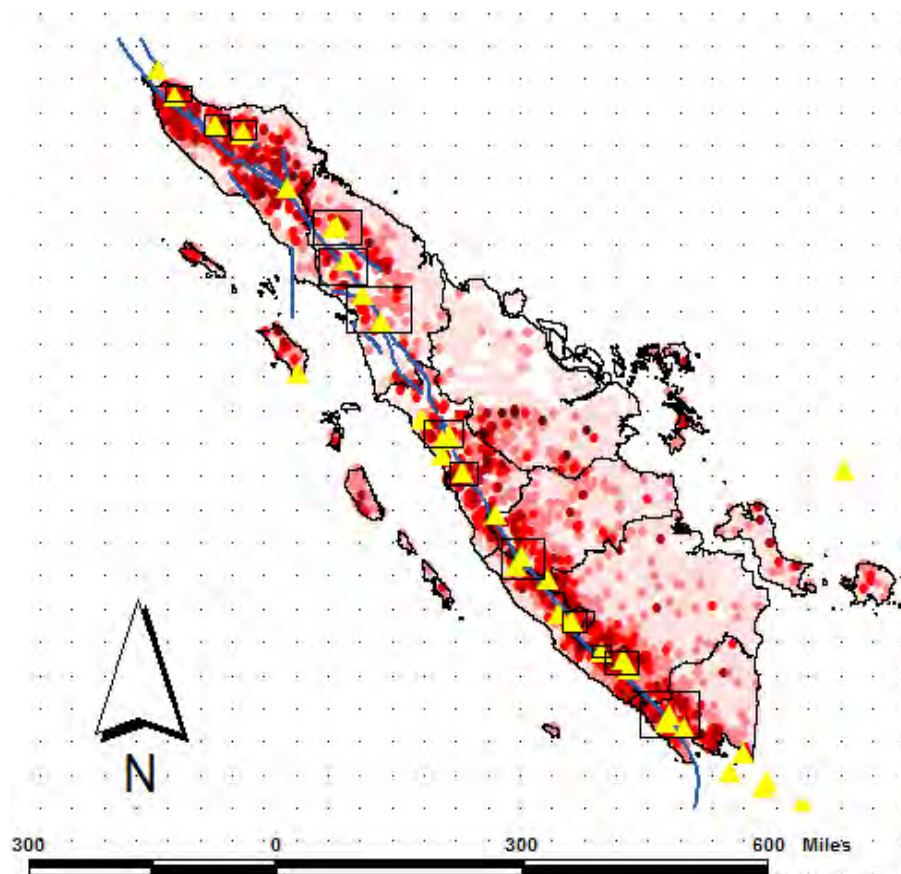
รูป 4.3 แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของค่า SL ที่ผิดปกติ ขนาดขยาย โดยผู้วิจัยได้ทำการลากเส้น (สีเขียว) แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของ SL ที่อาจมีนัยสำคัญกับรอยเลื่อนสุมาตรา (เส้นสีน้ำเงิน) หรือ อาจเป็น Linear Fault บนพื้นที่เขต North Sumatra พื้นที่บางส่วนของเขต Rindu และ เขต West Sumatra



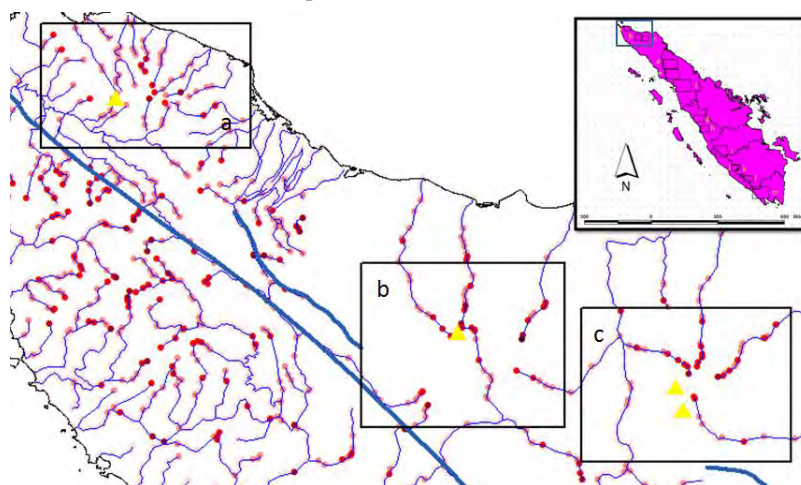
รูป 4.4 แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของค่า SL ที่ผิดปกติ ขนาดขยาย โดยผู้วิจัยได้ทำการลากเส้น (สีเขียว) แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของ SL ที่อาจมีนัยสำคัญกับรอยเลื่อนสุมาตรา (เส้นสีน้ำเงิน) หรือ อาจเป็น Linear Fault บนพื้นที่บางส่วนเขต Jambi เขต West Sumatra เขต North Sumatra เขต South Sumatra และ เขต Bengkulu



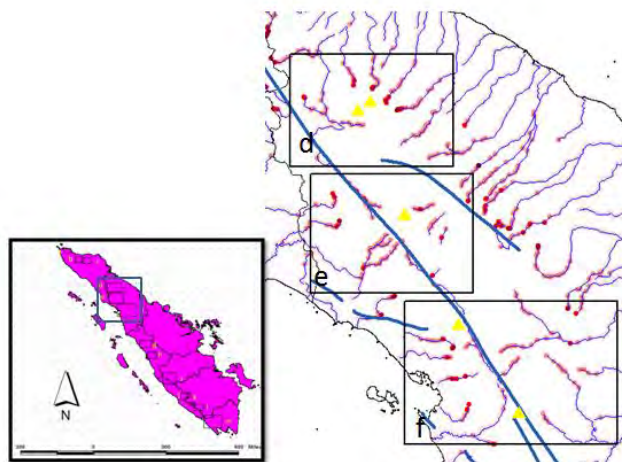
รูป 4.5 แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของค่า SL ที่ผิดปกติ ขนาดขยาย โดยผู้วิจัยได้ทำการลากเส้น (สีเขียว) แสดงแนวโน้มการเรียงตัวของ SL ที่อาจมีนัยสำคัญกับรอยเลื่อนสุมาตรา (เส้นสีน้ำเงิน) หรือ อาจเป็น Linear Fault บนพื้นที่บางส่วนของเขต South Sumatra และพื้นที่เขต Bengkulu เขต Lampung ทางตอนใต้ บนเกาะสุมาตรา



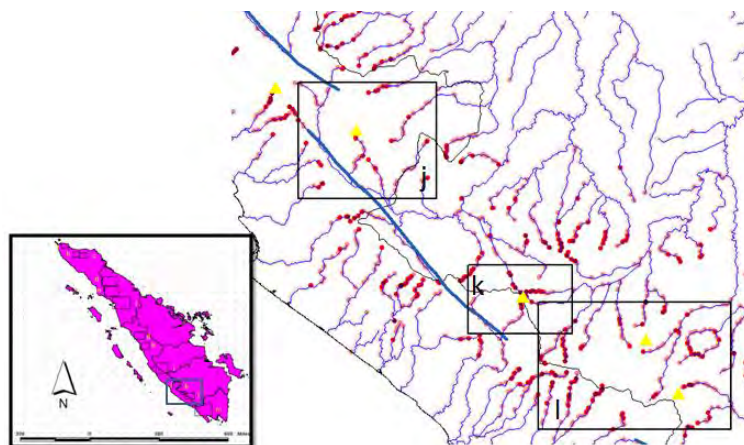
รูป 4.6 แสดงตำแหน่งพื้นที่ภูเขาไฟ (รูปสามเหลี่ยมสีเหลือง) บนเกาะสุมาตราและบริเวณใกล้เคียง และแสดงพื้นที่ที่สังเกตเห็นลักษณะการเรียงของค่า SL ช่วงที่ 3-5 เป็นวงกลมหรือ ใกล้เคียง โดยอ้างอิงจากรูป 3.7



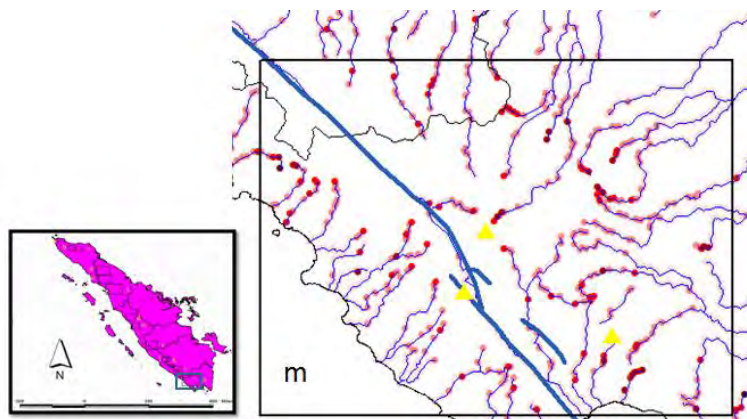
รูป 4.7 แสดงตัวอย่างตำแหน่งภูเขาไฟขนาดขยาย จากรูป 3.8a 3.8b และ 3.8c บนเกาะสุมาตรา



รูป 4.8 แสดงตัวอย่างตำแหน่งภูเขาไฟขนาดขยาย จากรูป 3.8d 3.8e และ 3.8f บนเกาะสุมาตรา



รูป 4.9 แสดงตัวอย่างตำแหน่งภูเขาไฟขนาดขยาย จากรูป 3.8j 3.8k และ 3.8 บนเกาะสุมาตรา



รูป 4.10 แสดงตัวอย่างตำแหน่งภูเขาไฟขนาดขยาย จากรูป 3.8m บนเกาะสุมาตรา

4.2 อภิปรายผลการทดลองดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำ (Transverse topographic symmetry factor Discussion)

จากผลการวิจัยดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำ โดยอ้างอิงวิธีการศึกษา Cox (1994) พบว่า แนวโน้มการเอียงตัวของแอ่งน้ำบนเกาะสุมาตราเป็น 2 ทิศทาง ดังนี้

1. แอ่งน้ำทางทิศตะวันตกของเกาะสุมาตราส่วนใหญ่เอียงตัวไปในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) (รูป 3.10) กล่าวคือ แอ่งน้ำในพื้นที่ชายฝั่งทางทิศตะวันตกของ เขต Aceh เขต Bengkulu และเขต Lampung เอียงตัวไปในแนว NW ค่อนข้างมาก และมีแอ่งน้ำด้านชายฝั่งทางทิศตะวันตกของเขต North Sumatra และ เขต West Sumatra ที่เอียงตัวไปในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้เล็กน้อย เมื่อเทียบกับการเอียงตัวของแอ่งในพื้นที่อื่นๆของชายฝั่งด้านทิศตะวันตก บนเกาะสุมาตรา

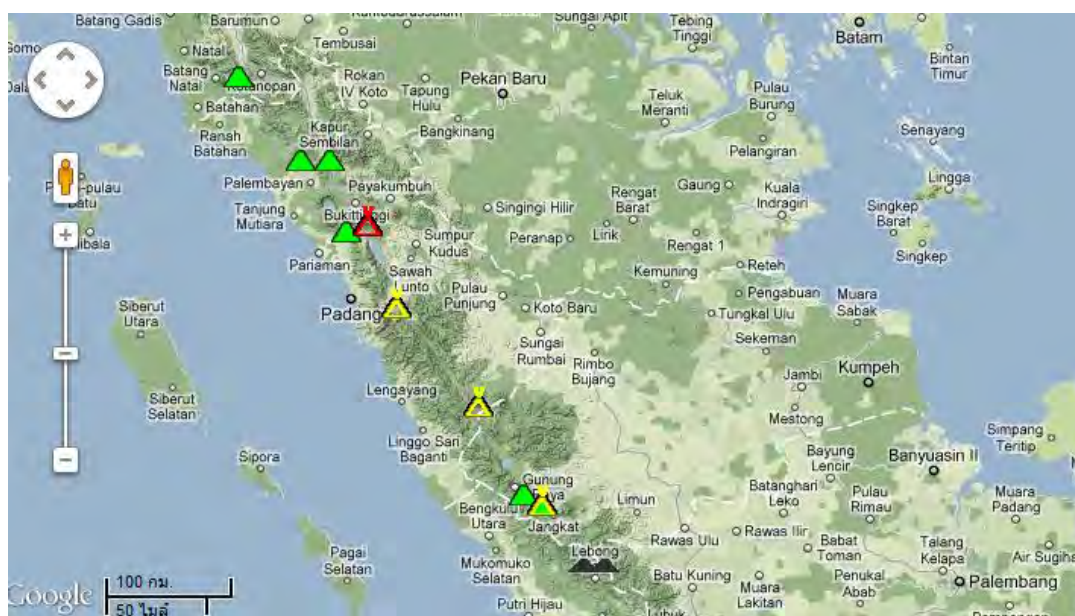
2. แอ่งน้ำทางทิศตะวันออกของเกาะสุมาตราส่วนใหญ่เอียงตัวไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) (รูป 3.10) กล่าวคือ แอ่งน้ำในพื้นที่ชายฝั่งทางทิศตะวันออกของ เขต Riau เขต Jambi และเขต South Sumatra เอียงตัวไปในแนว SE ค่อนข้างมาก และมีแอ่งน้ำด้านชายฝั่งทางทิศตะวันออกของ เขต North Sumatra ที่เอียงตัวไปในทิศตะวันตกเฉียงเหนือเล็กน้อย เมื่อเทียบกับการเอียงตัวของแอ่งในพื้นที่อื่นๆของชายฝั่งด้านทิศตะวันออก บนเกาะสุมาตรา

จากข้อมูลการศึกษาพบว่าแนวโน้มการเอียงตัวของแอ่งบนเกาะสุมาตราตามมีความสัมพันธ์กับลักษณะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนสุมาตรา (รูป 4.5) ที่มีลักษณะการเคลื่อนแบบขวาเข้า (Right Lateral) ซึ่งแสดงถึงลักษณะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนสุมาตรา อาจมีผลต่อการลักษณะการแปรสัณฐานของแอ่งน้ำ ทำให้แอ่งน้ำเอียงตัวไปในแนวทางเดียวกับลักษณะการเคลื่อน ก็คือในแนว NE ของแอ่งน้ำในบริเวณชายฝั่งทางด้านทิศตะวันตกและ SW ของแอ่งน้ำในบริเวณชายฝั่งทางด้านทิศตะวันออก ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการเคลื่อนเข้าขวาของรอยเลื่อนสุมาตรา

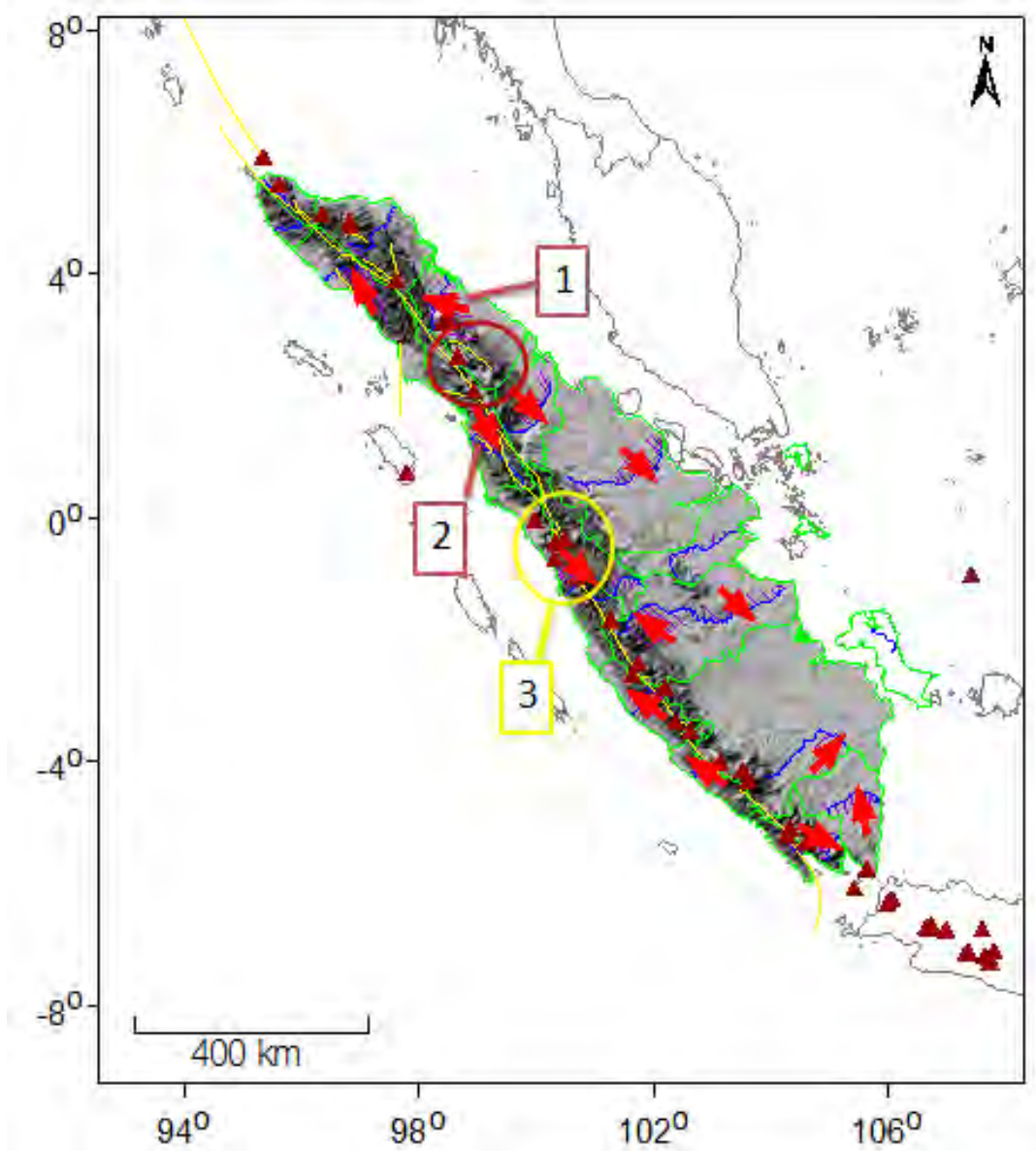
ทั้งนี้ จะเห็นว่าในบางบริเวณพื้นที่ของแอ่งน้ำบนเกาะสุมาตรา มิได้มีการเอียงตัวตามลักษณะรอยเลื่อนสุมาตรา หรือ มีการเอียงตัวกลับทิศทางกัน (ในแนว 180 องศา) พบในบริเวณทางตอนเหนือ พื้นที่เขต North Sumatra และ ทางด้านทิศตะวันตกของเขต West Sumatra (แสดงในแอ่งหมายเลข 1 และ แอ่งหมายเลข 2 รูป 4.13) ซึ่งมีการเอียงตัวเพียงเล็กน้อย แต่ต่างทิศทางกับแอ่งอื่นๆ ทั้งนี้จากการศึกษาข้อมูลบนเกาะสุมาตราพบว่า พื้นที่ดังกล่าว คือ พื้นที่เขต North Sumatra เป็นตำแหน่งเดียวกับที่ตั้งของทะเลสาบโทบา (Toba lake) ซึ่งเป็นทะเลสาบที่เกิดจากภูเขาไฟขนาดใหญ่ ที่มีความยาวถึง 100 กิโลเมตร กว้าง 30.5 เมตร ทำให้อาจอธิบายได้ว่า การเอียงตัวต่างทิศทางของแอ่งน้ำในบริเวณนี้ เกิดจากเมื่อมีการปะทุของภูเขาไฟ Toba เกิดขึ้น ส่งผล

ให้มวลขนาดใหญ่ดันตัวขึ้นบนผิวโลก พื้นที่บริเวณนี้จึงมีการเอียงตัวตามแนวรัศมีของภูเขาไฟ ดังนั้น แอ่งน้ำในพื้นที่เขต North Sumatra จึงเอียงตัวกลับด้าน ต่างทิศทางอาจแอ่งอื่นๆในชายฝั่งด้านเดียวกัน (รูป 4.13)

ส่วนการเอียงตัวของแอ่งทางด้านทิศตะวันตก ในเขต West Sumatra ที่มีการเอียงตัวกลับทิศทางกับเพียงเล็กน้อย (แสดงในแอ่งหมายเลข 3 จากรูป 4.13) กับแอ่งส่วนใหญ่ในชายฝั่งทางด้านตะวันตกของเกาะ พบว่าทางพื้นที่บริเวณนี้ มีภูเขาไฟที่มีพลัง (Active Volcano) คือ ภูเขาไฟ Marapi ภูเขาไฟ Talang ภูเขาไฟ Kerinc และ ภูเขาไฟ Sinabung (รูป 4.12) ตั้งอยู่ข้างบน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า ภายใต้อันแอ่งสุมาตราน่าจะมีมวลขนาดใหญ่ที่กำลังจะยกตัวหรือปะทุขึ้นมา และมีความสัมพันธ์กับภูเขาไฟที่มีพลังข้างบน



รูป 4.11 แสดงตำแหน่งภูเขาไฟมีพลัง คือ ภูเขาไฟ Marapi ภูเขาไฟ Talang ภูเขาไฟ Kerinc และ ภูเขาไฟ Sinabung ในเขต West Sumatra ซึ่งสอดคล้องกับบริเวณการวางตัวของแอ่งหมายเลข 3 รูป 4.13 บนเกาะสุมาตรา



รูป 4.12 แสดงลักษณะการเอียงของแอ่งน้ำ ซึ่งแอ่งน้ำในหมายเลข 1 2 และ 3 เป็นแอ่งน้ำที่เอียงตัวตรงกันข้ามกับแนวการเอียงตัวของลุ่มน้ำส่วนใหญ่ โดยแอ่งน้ำ 1 และ 2 มีความสัมพันธ์กับการเกิดทะเลสาบโตะบา ส่วนแอ่งหมายเลข 3 มีความสัมพันธ์กับแนวภูเขาไฟที่มีพลัง (รูป 4.12)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย (Conclusion

)

5.1 สรุปผลดัชนีความลาดยาวทางน้ำ (Stream length-gradient index Conclusion)

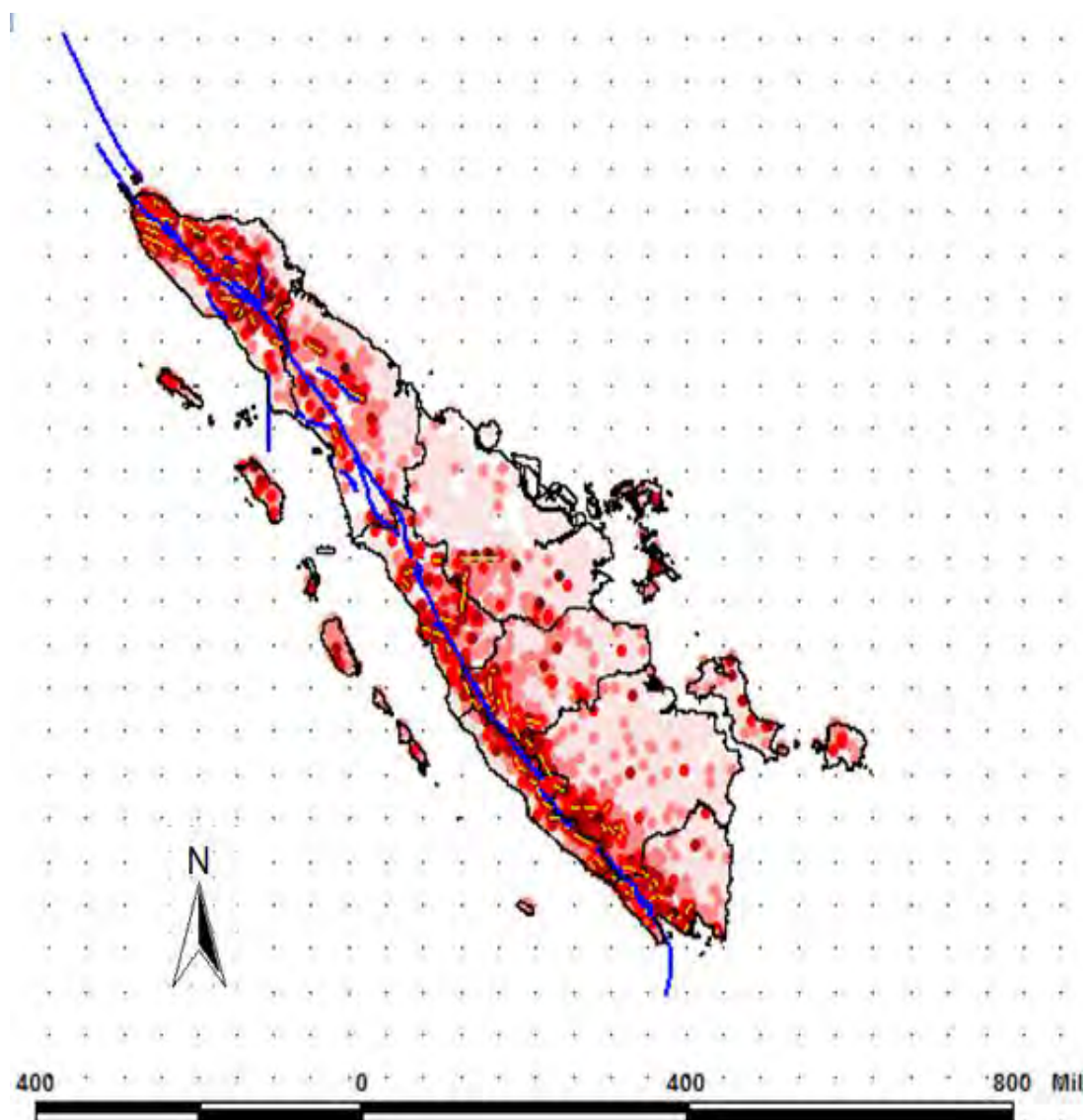
จากผลงานการวิจัยดัชนีความลาดยาวทางน้ำ พบว่าลักษณะการเรียงตัวของค่า SL ที่สูงผิดปกติ สามารถแสดงให้เห็นถึงลักษณะแนวการเลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Sieh และ Natawidjaja (2000) ได้ศึกษาเกี่ยวกับรอยเลื่อนสุมาตรา ที่เป็นแนวรอยเลื่อนมีพลังขนาดใหญ่วางตัวอยู่บนแนวคดโค้งภูเขาไฟ ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเกาะหรือ ขนานกับแนวการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก คือ แนวที่แผ่นอินเดียมุดตัวลงใต้แผ่นยูเรเชีย ทั้งนี้ ตำแหน่งแนวรอยเลื่อนสุมาตรามีความสัมพันธ์กับลักษณะการเรียงตัวของค่า SL ที่สูงผิดปกติ คือมีแนวโน้มส่วนใหญ่วางตัวอยู่ในแนวเดียวกัน ดังนั้นการศึกษาค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำบนเกาะสุมาตรา จึงเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะการแปรสัณฐาน หรือมีนัยสำคัญกับแนวการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนสุมาตรา (รูป 5.1)

5.2 สรุปผลดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำ (Drainage basin asymmetry factor Conclusion)

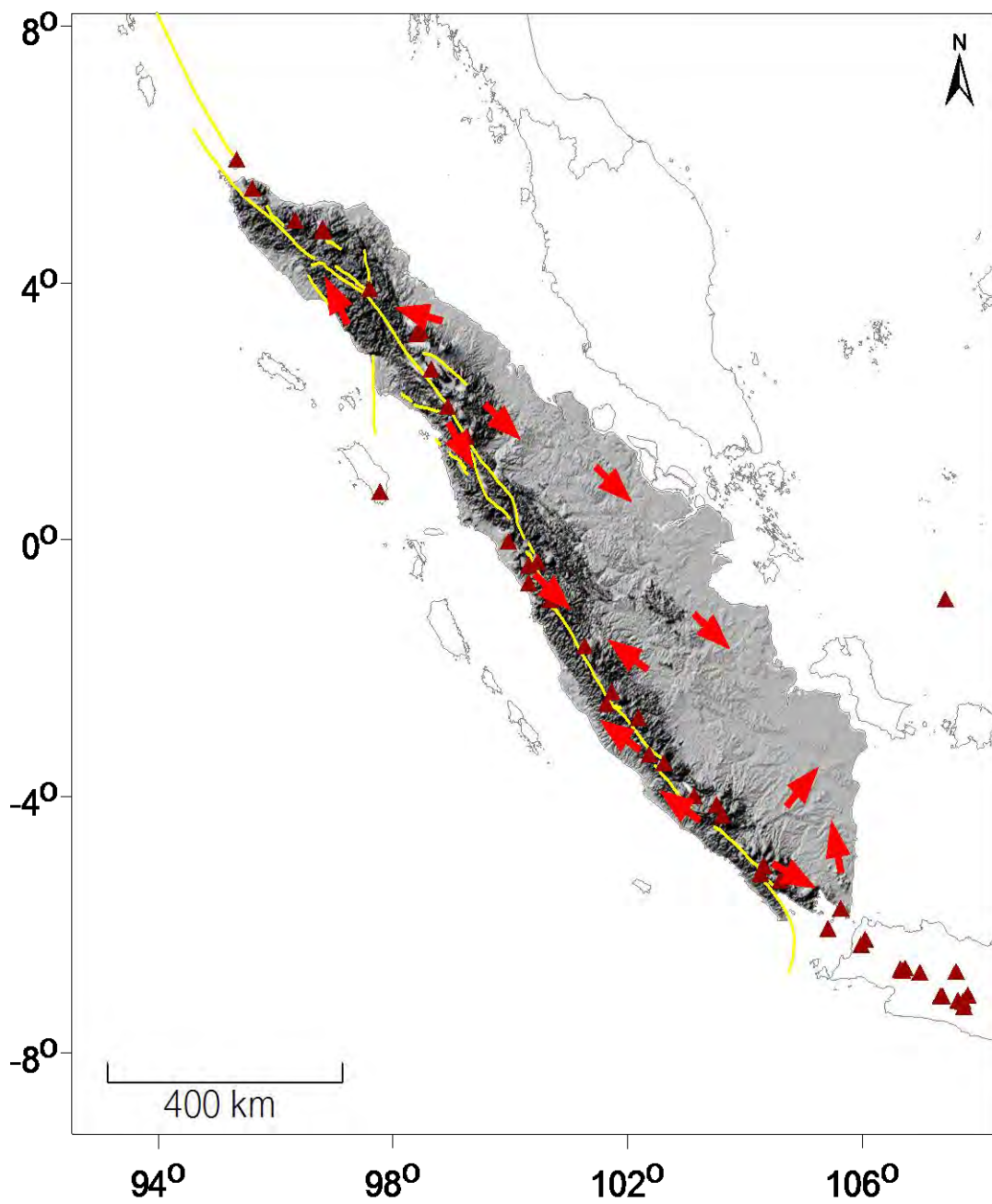
จากผลงานการวิจัยพบว่าดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำ ได้แสดงให้เห็นถึงการเอียงตัวของแอ่งน้ำบนสุมาตรา ซึ่งโดยปกติแล้ว ถ้าแอ่งน้ำมีความสมมาตร แสดงว่าไม่เกิดการแปรสัณฐานใดๆเกิดขึ้น Cox (1994) แต่ทว่าจากผลการศึกษาพบว่าแอ่งน้ำบนเกาะสุมาตรา มีการแอ่งตัว แสดงว่าบริเวณใต้พื้นผิวของเกาะสุมาตรา มีการยกตัว ดันตัวเกิดขึ้น ซึ่งตรงกับการศึกษาของ McCaffrey (2009) ที่กล่าวว่า เกาะสุมาตราเกิดขึ้นบนแนวคดโค้งภูเขาไฟจากการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก เมื่อภูเขาไฟที่เกิดจากแมกมาดันตัวขึ้นมาบนผิวโลกเกิดขึ้น ย่อมส่งผลให้พื้นผิวโลกถูกดันขึ้นมา แอ่งน้ำจึงเกิดการเอียงตัวขึ้น

สำหรับทิศทางการเอียงตัวของแอ่งน้ำ พบว่ามีความสัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนสุมาตราที่เป็นลักษณะเลื่อนเข้าขวา พบว่า แนวโน้มการเอียงตัวของลุ่มน้ำทางด้านทิศตะวันออกเฉียงไปทางตะวันออกเฉียงใต้ (SE) และ แนวโน้มการเอียงตัวของลุ่มน้ำทางด้านทิศตะวันตกเอียงตัวไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) ดังนั้นการศึกษาดัชนีความไม่สมมาตรของแอ่งรับน้ำบนเกาะสุมาตรา

จึงเป็นการศึกษาที่บ่งบอกลักษณะทิศทางการเรียงตัวของแอ่งน้ำ ซึ่งมีนัยสำคัญกับลักษณะทิศทางการเลื่อนแบบขวาเข้าของรอยเลื่อนสุมาตรา (รูป 5.2)



รูป 5.1 แสดงค่า SL มีที่ความสัมพันธ์กับรอยเลื่อนสุมาตราและเส้น Linear Fault (สีเหลือง) พบว่า มีนัยสำคัญไปกับแนวรอยเลื่อนสุมาตรา



รูป 5.2 แสดงลักษณะการเอียงเทของแอ่งน้ำและแนวภูเขาไฟ บนเกาะสุมาตรา

รายการอ้างอิง (References)

- Barber, A.J. and Crow, M.J.2002. An Evaluation of Plate Tectonic Models for the Development of Sumatra. Gondwana Research, V 6, No. 1 , pp. 1-28.
- Hamdouni, R. El Irigaray, R.C. Fernandez, T.C. Chacon, T. and Keller,E.A.2008. Assessment of relative active tectonic, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). Geomorphology 96: 150–173.
- Bhatt, C.M. and Sharma, R.C. 2007. Morphotectonic analysis in Anandpur Sahib Area, Punjab (India) using remote sensing and GIS approach. Photonirvachak Vol. 35, No. 2.
- Pablo, Silva, G. Goy, J.L. Zazo C. and Bardaji,T.2003. Fault-generated mountain fronts in southeast Spain:geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity.Geomorphology 50: 203–225.
- Font, M. Amorese, D. and Lageade, J.L.2010. DEM and GIS analysis of the stream gradient index to evaluate effects of tectonics:The Normandy intraplate area (NW France) Geomorphology119:170-180.
- McCaffrey, R.2009. The Tectonic Framework of the Sumatran Subduction Zone. The Annual Review of Earth and Planetary Sciences 37:345-366.
- Garrote, J. Heydt, G.G. and Cox, R.T. 2007 . Multi-stream order analyses in basin asymmetry: A tool to discriminate the influence of neotectonics in fluvial landscape development(Madrid Basin, Central Spain).Geomorphology120: 130-140.