การสกัดแนวเส้นภูมิประเทศจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในเขตจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย พะเยา และลำปาง

Lineaments extraction from satellite images in Chiang Mai, Chiang Rai, Phayao, and Lampang provinces

ณัฏฐ์ สุขพรสวรรค์[1], ชนิดา สุวรรณประสิทธิ์[2], พิษณุ วงศ์พรชัย[3]
Nut Sukphornsawan[1], Chanida Suwanprasit[2], Pisanu Wongpornchai[3]

Received: 23 August 2019 ; Revised: 6 November 2019 ; Accepted: 18 November 2019

บทคัดย่อ

แนวเส้นเป็นลักษณะของเส้นที่ปรากฏอยู่บนพื้นผิวโลกโดยสัมพันธ์กับภูมิลักษณ์ของพื้นที่ ซึ่งบางแนวเส้นสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้างทางธรณีวิทยาในพื้นที่ ปัจจุบันการสำรวจข้อมูลแนวเส้นส่วนใหญ่จำเป็นต้องอาศัยการสำรวจภาคสนามทำให้ใช้เวลาค่อนข้างมาก วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้จึงต้องการพัฒนาวิธีการแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับสกัดแนวเส้นจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI ในเขตพื้นที่บางส่วนของจังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดพะเยา และจังหวัดลำปาง โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการสกัดแนวเส้น และเปรียบเทียบวิธีการเตรียมข้อมูลภาพ 4 วิธีการ ได้แก่ Sobel Filter, Directional Filter, Laplacian Filter และ Principal Component Analysis (PCA) และ 2) การสกัดข้อมูลแนวเส้นจากขั้นตอนการเตรียมข้อมูลภาพและแปลงให้อยู่ในรูปของข้อมูลแนวเส้นด้วย Canny Edge Detection Algorithm ผลการศึกษา พบว่า แนวเส้นส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับภูมิลักษณ์ที่เป็นแนวเทือกเขาตัดกับแนวพื้นที่ราบ ทิศทางการวางตัวของแนวเส้นส่วนใหญ่อยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ โดยวิธีการเตรียมข้อมูลแบบ PCA มีความสอดคล้องกับภูมิลักษณ์แบบแนวเส้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 24.17 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลเปรียบเทียบจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รองลงมาเป็นแนวเส้นจากวิธีการ Sobel Filter, Directional Filter และ Laplacian Filter คิดเป็นร้อยละ 19.30, 5.13 และ 1.82 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การสกัดแนวเส้น แนวเส้น ภาพถ่ายดาวเทียม

Abstract

Lineament is one of earth's surface characteristic which is correlated to the surface area. Some lineaments can sometimes be identified with geological structures. Currently, lineament surveying needs field survey data collection which can be time consuming. The objective of this study was to develop a semi-automated procedure for extracting lineament form Landsat 8 OLI in some parts of Chiang Rai, Chiang Mai, Phayao, and Lampang provinces. There were 2 steps ; 1) satellite data preparation which used 4 methods comprising Sobel Filter, Directional Filter, Laplacian Filter, and Principal Component Analysis (PCA), and 2) lineament extraction from the previous step and lineament transformation using the Canny Edge Detection algorithm. Lineaments were mostly related to connections between mountaina and plain areas. The direction of extracted lineament mostly lied in northeast-southwest direction and extracted lineament from the PCA method was the most compatible with earth features at about 24.17%. The Sobel Filter, Directional Filter, and Laplacian Filter methods were compatible with earth features at about 19.30%, 5.13%, and 1.82% respectively.

Keywords: Extraction of Lineaments, Lineaments, Satellite Images

---

[1] บัณฑิตศึกษา, ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[3] รองศาสตราจารย์, ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[1] Master Student, Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University, E-mail: nuttothai004@gmail.com
[2] Assist. Prof, Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University
[3] Assoc. Prof., Department of Geological Sciences, Faculty of Science, Chiang Mai University

บทนำ

การสกัดแนวเส้นภูมิประเทศจากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นวิธีการสำหรับค้นหารูปร่างหรือลักษณะของแนวเส้นที่ปรากฏอยู่บนพื้นผิวโลกเพื่อแปลงเป็นข้อมูลชนิดแนวเส้น (Line) โดย Hobbs ได้อธิบายความหมายของแนวเส้นบนพื้นผิวโลกไว้ว่า “เป็นลักษณะแนวเส้นที่ปรากฏอยู่บนพื้นผิวโลกมีลักษณะรูปร่างเป็นแนวเส้นตรงหรือโค้งเล็กน้อย โดยแนวเส้นที่ปรากฏมีความสัมพันธ์กับลักษณะของภูมิประเทศ เช่น แนวสันเขาหรือแนวที่เกิดการยกระดับของพื้นที่ แนวทางไหลของน้ำ แนวชายฝั่งและแนวเส้นเขตแดนที่ถูกสร้างขึ้น ฯลฯ ซึ่งลักษณะของแนวเส้นสามารถสังเกตเห็นได้จากความแตกต่างคุณสมบัติของพื้นที่ที่อยู่ติดกัน ในบางแนวเส้นมีความเป็นไปได้ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะทางธรณีที่อยู่ใต้พื้นผิวโลก” [1]

การพัฒนาวิธีการสกัดแนวเส้น สามารถแบ่งเทคนิคการสกัดแนวเส้นออกเป็น 2 ประเภท คือ การสกัดแนวเส้นด้วยสายตา และการสกัดแนวเส้นแบบอัตโนมัติ [2] (หรือ ดิจิทัล) สำหรับการสกัดแนวเส้นด้วยสายตา สามารถแบ่งขั้นตอนได้สองขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการนำภาพมาวิเคราะห์เพื่อทำให้ขอบของภาพมีความชัดเจนยิ่งขึ้น (Edge Enhancements) และขั้นตอนต่อมานำภาพที่ได้จากการวิเคราะห์มาลากแนวเส้นด้วยมือโดยใช้สายตาในการสังเกตลักษณะแนวเส้นในภาพ โดยวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาพ ได้แก่ Principal Component Analysis หรือ PCA, Laplacian Filters, Directional Filter และ Sobel Filter ส่วนการสกัดแนวเส้นแบบอัตโนมัติเป็นการนำเทคนิคทางคอมพิวเตอร์มาใช้สำหรับสกัดแนวเส้นขอบในภาพ โดยวิธีการประเภทนี้ ได้แก่ Canny Algorithm

อดีตที่ผ่านมานักวิจัยหลายท่านได้พยายามคิดค้นวิธีการในการนำเทคนิคต่างๆ มาใช้เพื่อปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้ดียิ่งขึ้นในส่วนของขั้นตอนการเตรียมการสกัดแนวเส้นต่อไป ดังเช่น ได้มีการทดลองพัฒนาวิธีการทางวิทยาการคอมพิวเตอร์เพื่อสกัดแนวเส้นทางธรณีจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-1 [3] หรือ ได้ทำการสกัดแนวเส้นบนพื้นดินที่ปรากฏอยู่ในเขตพื้นที่หมู่บ้านแห่งหนึ่งทางตอนเหนือของประเทศออสเตรีย ด้วยการเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM จาก Directional Filter [4] หรือ การใช้อัลกอริทึมในการค้นหาลักษณะแนวเส้นในภาพถ่ายทั่วไปมาประยุกต์ใช้งานกับภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อค้นหาแนวเส้นที่ปรากฏบนพื้นที่ศึกษา [5] หรือ การใช้วิธีการสกัดแนวเส้นแบบ Directional Filter มาสกัดแนวเส้นบริเวณพื้นที่เมือง Zahret Medien ซึ่งตั้งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศตูนีเซีย ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM เพื่อศึกษาการลักษณะการวางตัวของแนวเส้นในพื้นที่ [6] หรือ การสกัดแนวเส้นจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM โดยใช้วิธีการ Weighted Moving Average (WMA) บริเวณแนวเขาทางตอนเหนือของประเทศชิลี เพื่อศึกษาลักษณะการวางตัวของแนวเส้นบริเวณกลุ่มแนวรอยเลื่อนอตาคามา (Atacama Fault) [7] รวมไปถึง การศึกษาความสอดคล้องของแนวเส้นที่สกัดได้จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM กับลักษณะภูมิลักษณ์ในพื้นที่ โดยใช้วิธีการ Contrast Stretching, Directional Gradient Sobel Filters, Principal Component Analysis ในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาพถ่ายดาวเทียม และใช้วิธีการ Canny Algorithm ในการแปลงค่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้เป็นข้อมูลแนวเส้นชนิดเวกเตอร์ [8]

การสกัดแนวเส้นจึงเป็นเทคนิคที่ช่วยให้สามารถค้นหาหรือติดตามสิ่งปกคลุมดินที่มีลักษณะแนวเส้นในพื้นที่ศึกษาได้เป็นอย่างดี สำหรับในงานวิจัยนี้ได้ทำการสกัดแนวเส้นในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย พะเยา และลำปางโดยมุ่งเน้นไปที่การศึกษาวิธีการสกัดแนวเส้นเพื่อสร้างเป็นข้อมูลแนวเส้นในพื้นที่ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการสกัดแนวเส้นแบบกึ่งอัตโนมัติที่เหมาะสมสำหรับใช้สกัดแนวเส้นในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา

ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดพะเยา และจังหวัดลำปาง มีขนาดพื้นที่ทั้งหมด 12,204 ตารางกิโลเมตร โดยหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1) บริเวณดังกล่าวมีลักษณะพื้นที่เป็นพื้นที่ราบสลับกับภูเขาสูง โดยในพื้นที่มีสิ่งปกคลุมดินที่มีรูปร่างแนวเส้นอยู่หลายชนิด เช่น แนวแม่น้ำ โครงสร้างลายเส้น แนวขอบเขตพื้นที่เกษตร แนวถนน และลักษณะสิ่งปกคลุมที่ถูกระบุว่าเป็นแนวรอยเลื่อน ซึ่งลักษณะรูปร่างของสิ่งปกคลุมดินแต่ละชนิดในพื้นที่มีลักษณะดัง Figure 1

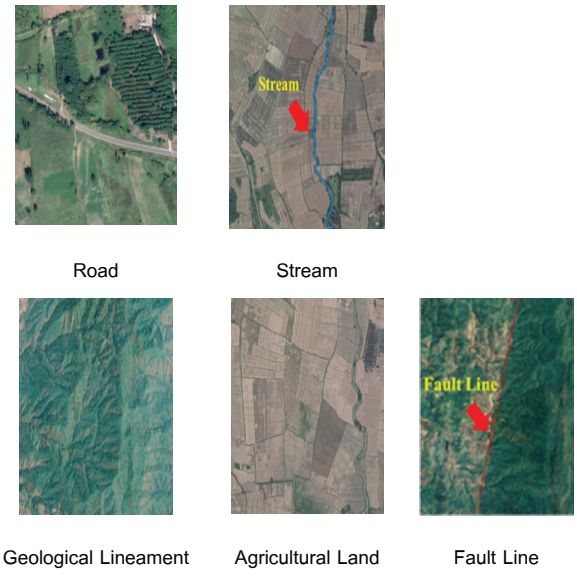


Figure 1 Landforms in the study area

2) ลักษณะของสิ่งปกคลุมดินสามารถมองเห็นเป็นลักษณะของแนวเส้นได้เมื่อมองจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI สีผสมจริง (Band 3-2-1)

3) มีข้อมูลทางวิชาการที่สนับสนุนการมีอยู่ของภูมิลักษณ์แต่ละประเภทในพื้นที่ [9] เช่น ข้อมูลจากหน่วยงานภาครัฐ และข้อมูลจากงานวิจัยที่ทำการศึกษาในพื้นที่ จากการคัดเลือกเกณฑ์ 3 องค์ประกอบ ทำให้ได้ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาดัง Figure 2

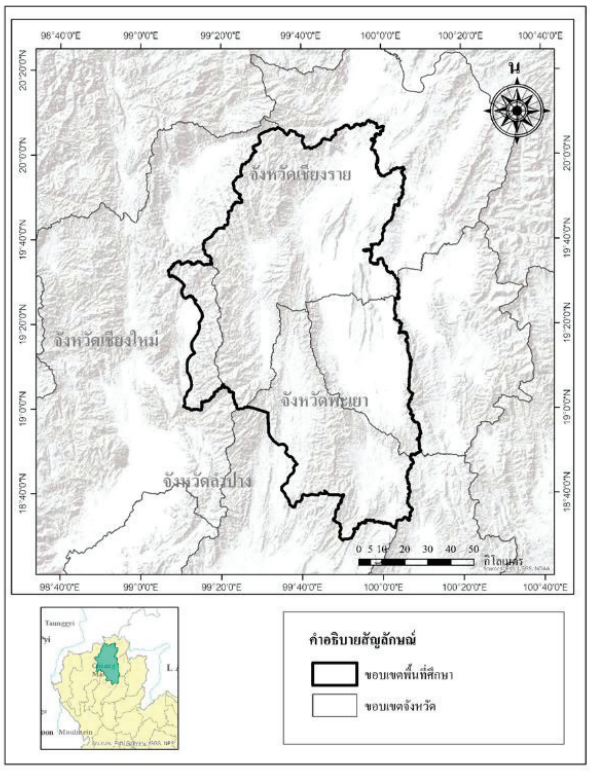


Figure 2 The map of study area
ที่มา: ดัดแปลงจากข้อมูลกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2548)

ข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้งานในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI และข้อมูลตรวจสอบความถูกต้อง เช่น ข้อมูลแนวรอยเลื่อน ข้อมูลแนวถนน ข้อมูลทางน้ำ ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข และภาพถ่ายดาวเทียมสีผสมจริง สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมที่ถูกนำมาใช้ในงานเป็นภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI โดยเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ทั้งหมด 3 ภาพ คือ ภาพใน Path 130 Row 46, 47, และ 48 ตามลำดับและ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ทั้งหมด 2 ภาพ คือภาพใน Path 131 Row 46 และ 47 ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สภาพอากาศในพื้นที่ขณะนั้นปลอดโปร่ง ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI เป็นภาพถ่ายชนิดหลายช่วงคลื่นประกอบด้วยช่วงคลื่น 11 ช่วงคลื่น ได้แก่ ช่วงคลื่นที่ 1-5 คือ Visible and Near Infrared Band (VNIR) มีความยาวคลื่น 0.435-0.879 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นที่ 6-7 และ 9 คือ Short Wavelength Infrared Band (SWIR) มีความยาวคลื่น 1.363-2.294 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นที่ 8 คือ Panchromatic มีความยาวคลื่น 0.503-0.676 ไมโครเมตร และช่วงคลื่นที่ 10-11 คือ Thermal Infrared Band มีความยาวคลื่น 10.60-12.51 ไมโครเมตร ข้อมูลที่ใช้สำหรับตรวจสอบแนวเส้นประกอบด้วย 1) ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลขเป็นข้อมูลที่มีขนาดพิกเซล 30*30 เมตร โดยข้อมูลได้มาจากเว็บไซต์กรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey หรือ USGS) 2) ข้อมูลแนวรอยเลื่อนจากกรมทรัพยากรธรณีของประเทศไทย และ 3) ข้อมูลลักษณะสิ่งปกคลุมดิน เช่น ข้อมูลแนวถนนกับข้อมูลทางน้ำจากข้อมูลกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมปี 2548 และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสีผสมจริง (Band 4-3-2) โดยข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องทั้งหมดจะถูกนำมาตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งก่อนการนำไปใช้งาน สำหรับวิธีการตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลแนวเส้นที่สกัดได้เลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบด้วยสายตา และใช้ค่าทางสถิติในการอธิบายผลลัพธ์ของข้อมูลแนวเส้นที่สกัดได้

ขั้นตอนการวิเคราะห์

สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์สามารถแบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการสกัดแนวเส้นและขั้นตอนการสกัดข้อมูลแนวเส้น ซึ่งก่อนขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้งานได้ถูกปรับแก้ค่าแผ่รังสี (Radiance) โดยการแปลงค่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากรูปแบบ 32 bit ให้อยู่ในรูปแบบจำนวนเต็ม 16 bit เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทำได้ง่ายยิ่งขึ้น จากนั้นนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการสกัดแนวเส้น

การเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการสกัดแนวเส้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากวิธีการที่นำมาใช้ในการปรับแก้มีผลต่อลักษณะแนวเส้นที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียม การปรับแก้จะทำให้ลักษณะของแนวเส้นที่อยู่ในพื้นที่มีความเด่นชัดขึ้นเมื่อเทียบกับคุณสมบัติของพื้นที่ใกล้กัน ซึ่งเป็นผลมาจากวิธีการที่เข้าไปเปลี่ยนแปลงค่าพิกเซลในภาพถ่ายดาวเทียม การปรับแก้ภาพถ่ายดาวเทียมในครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาพถ่ายดาวเทียม 4 วิธีการ

คือ Sobel Filter, Directional Filter, Laplacian Filter และ Principal Component Analysis โดยแต่ละวิธีการถูกนำมาใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงคลื่น Visible and Near Infrared Band (VNIR) หรือ Band 2 ถึง 5 และ Short Wavelength Infrared Band (SWIR) หรือ Band 6 ถึง 7 ซึ่งวิธีการปรับแก้ภาพแต่ละวิธีการมีรายละเอียดในการปรับแก้ดังนี้

1.1) Sobel Filter เป็นวิธีการวิเคราะห์ภาพถ่ายที่มุ่งเน้นในการสกัดแนวเส้นขอบขององค์ประกอบภาพ โดยหลักการทำงานของ Sobel Filter เป็นการนำค่าตัวเลขที่เกิดจากการตัดกันของตัวกรองสองชนิด คือ ตัวกรองแบบแนวตั้ง (Gy) และตัวกรองแบบแนวนอน (Gx) มาใช้เป็นผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ ซึ่งหลักการทำงานของ Sobel Filter สามารถเขียนเป็นสมการ 2 ได้ดังสมการที่ 1 และ 2

$$G = \sqrt{Gx^2 + Gy^2} \qquad \text{สมการที่ 1}$$

$$\theta = \arctan(Gx/Gy) \qquad \text{สมการที่ 2}$$

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(a)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(b)

Figure 3 Masks of Sobel Filter by (a) is Gx size 3*3 and (b) is Gy size 3*3

1.2) Directional Filter เป็นวิธีการวิเคราะห์ภาพโดยมุ่งเน้นการสกัดแนวเส้นขอบแบบเฉพาะเจาะจงในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ลักษณะคล้ายกับตัวกรองจากวิธีการ Sobel Filter โดยมีพื้นฐานมาจากสมการที่ 1 Figure 3 แต่มีทิศทางการกรองที่เพิ่มขึ้นจาก 2 ทิศทาง เป็น 4 ทิศทาง ได้แก่ แนวแกน X หรือ ทิศเหนือ–ใต้ แนวแกน Y หรือ ทิศตะวันออก-ตะวันตก แนวทแยงมุม X,Y และ -X,-Y หรือ ทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ แนวทแยงมุม –X,Y และ X,-Y หรือ ทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยทิศแต่ละทิศใช้อักษรย่อเป็น N-S หรือ North-South E-W หรือ East-West NW-SE หรือ Northwest-Southeast และ NE-SW หรือ northeast-southwest ตามลำดับ ซึ่งลักษณะวิธีการแต่ละทิศทางมีลักษณะ [10] ดัง Figure 4

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

E-W

2	1	0
1	0	-1
0	-1	-2

NE-SW

0	-1	-2
1	0	-1
2	1	0

NW-SE

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

N-S

Figure 4 Masks of Directional Filter (a) E-W size 3*3 (b) NW-SE size 3*3 (c) NE-SW size 3*3 (d) N-S size 3*3

1.3) Laplacian Filter เป็นตัวกรองที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาพโดยทำให้แนวเส้นขอบของภาพมีลักษณะเด่นขึ้นเมื่อเทียบกับพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งเกิดจากการทำงานของ Laplacian Filter ที่มุ่งเน้นการเพิ่มค่าความถี่ที่มีค่าสูงในภาพ ทำให้สามารถมองเห็นแนวเส้นที่เกิดจากจุดตัดกันระหว่างค่าสีของภาพ [11] โดยสามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ 4 และลักษณะของตัวกรอง Laplacian Filter ใน Figure 5

$$L(x,y) = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} \qquad \text{สมการที่ 4}$$

0	-1	0
-1	-4	-1
0	-1	0

Figure 5 Laplacian Filter size 3*3

4) Principal Component Analysis เป็นวิธีการที่ไม่ได้มุ่งเน้นไปยังการสกัดแนวเส้นขอบของภาพโดยตรง แต่เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับแยกค่าความแปรปรวนออกจากกลุ่มข้อมูล โดยคงเหลือไว้แต่ข้อมูลที่มีค่าสอดคล้องกับค่าข้อมูลกลางที่ใช้สำหรับเป็นเกณฑ์ในการแยกข้อมูล ลักษณะของภาพที่ทำ PCA จะถูกแปลงสภาพเป็นภาพใหม่ที่ข้อมูลหรือลักษณะสิ่งปกคลุมดินในภาพมีความเด่นชัดมากยิ่งขึ้น

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาพถ่ายดาวเทียมที่กล่าวมาข้างต้นได้ถูกนำมาใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมทุกช่วงคลื่นที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่เหมาะสมสำหรับนำไปสกัดข้อมูลแนวเส้นในขั้นตอนต่อไป ในขั้นตอนก่อนการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมสามารถสรุปรายละเอียดการทำงานได้ดัง Figure 6

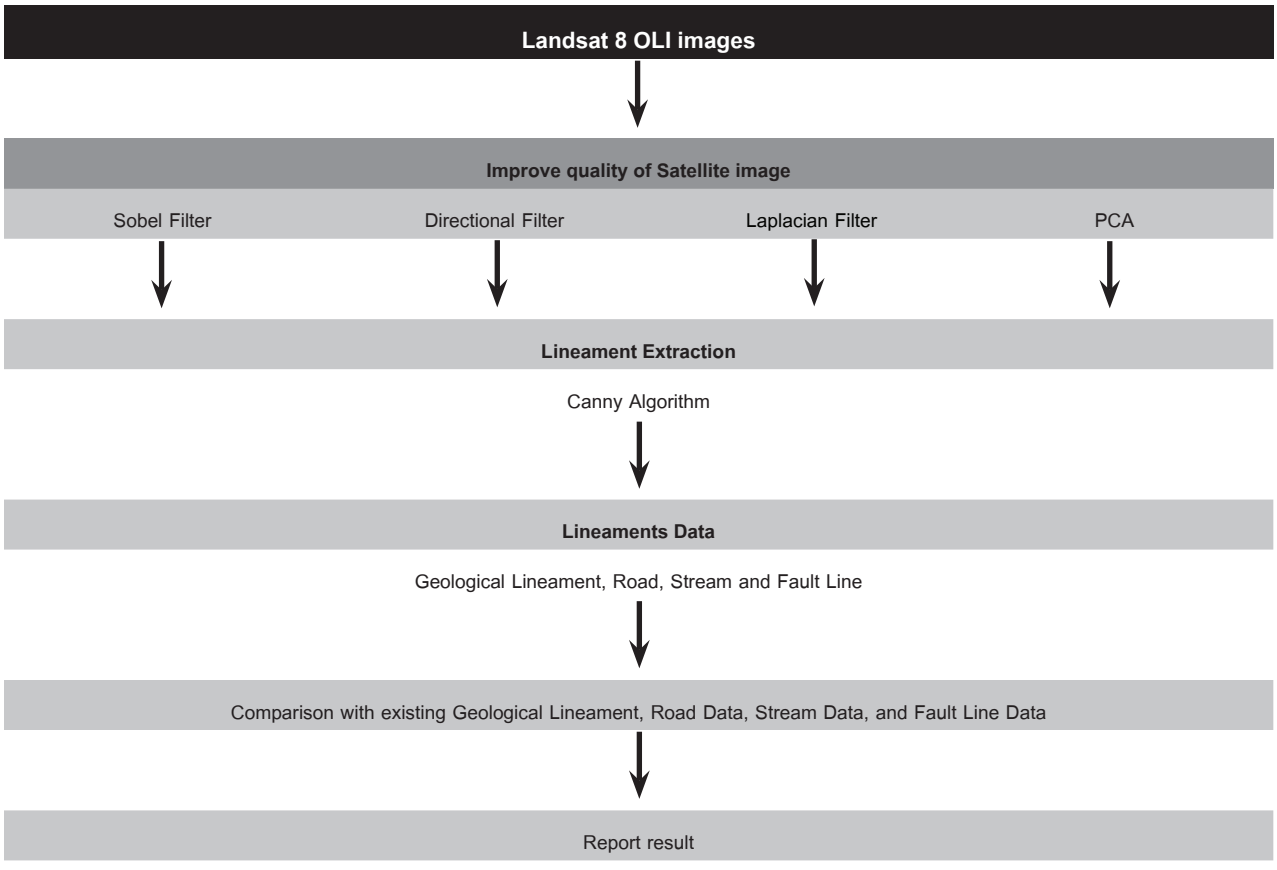


Figure 6 Processes of the lineaments extraction and analysis

2. การสกัดข้อมูลแนวเส้น

การสกัดข้อมูลแนวเส้นเป็นการสร้างข้อมูลใหม่ชนิดแนวเส้น จากข้อมูลภาพที่ผ่านการเพิ่มประสิทธิภาพได้ใช้อัลกอริทึมที่มีชื่อว่า Canny Algorithm [12] ในการสกัดข้อมูล ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมที่ใช้ในการสกัดข้อมูลแนวเส้นออกมาได้ 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่หนึ่ง การเตรียมข้อมูลภาพโดยเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านขั้นตอนการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาพแล้ว ซึ่งภาพได้ถูกกรองข้อมูลเพื่อให้ลักษณะแนวเส้นในพื้นที่มีความเด่นชัดยิ่งขึ้น ขั้นตอนที่สอง ใช้วิธีการ Sobel Filter เพื่อให้ได้ค่าข้อมูลในภาพ ขั้นตอนที่สาม เป็นการหาค่า Theta (θ) [2]จากสมการที่ 2 เพื่อกำหนดทิศทางในการไล่ระดับค่าข้อมูล โดยเริ่มจากค่าที่สูงที่สุดไล่ลงไปค่าที่ต่ำที่สุด ทำให้ได้ลักษณะแนวเส้นที่สามารถนำไปแปลงเป็นข้อมูลใหม่รูปแบบเวกเตอร์ (Vector) ซึ่งแปลงออกมาจากข้อมูลเดิมที่เป็นข้อมูลภาพชนิดแรสเตอร์ (Raster)

ผลการวิจัย

สำหรับผลการการวิเคราะห์สามารถจำแนกผลลัพท์ออกมาได้เป็น 2 ผลลัพท์ คือ ผลลัพท์จากขั้นตอนการเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการสกัดแนวเส้น และผลลัพท์จากขั้นตอนการสกัดข้อมูลแนวเส้น โดยขั้นตอนแรกได้กล่าวถึงผลลัพธ์ในเรื่องของวิธีการในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาพถ่ายดาวเทียม และภาพถ่ายดาวเทียมที่เหมาะสมแก่การนำไปสกัดเป็นข้อมูลแนวเส้นในขั้นตอนที่สอง ขั้นตอนที่สองได้กล่าวถึงผลลัพท์ที่ได้จากการสกัดข้อมูลภาพให้เป็นข้อมูลแนวเส้น และการตรวจสอบข้อมูลแนวเส้น โดยผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนสามารถแจกแจงรายละเอียดออกมาได้ดังต่อไป

1. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการสกัดแนวเส้น

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการสกัดแนวเส้นได้ให้ผลลัพธ์ที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1) ภาพถ่ายดาวเทียม มีหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกข้อมูล คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงคลื่นนั้นต้องสามารถมองเห็นรายละเอียดของภูมิประเทศได้ดีโดยมีสภาพอากาศเข้ามารบกวนน้อยที่สุด และภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงคลื่นนั้นสามารถแสดงลักษณะของแนวเส้นขอบออกมาได้เมื่อนำไปวิเคราะห์กับวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพทั้ง 3 วิธีการ ยกเว้นวิธีการ PCA ที่เลือกใช้ Band ทั้งหมดในการปรับแก้ (VNIR และ SWIR) โดยพบว่าในช่วงคลื่นตั้งแต่ น้ำเงิน เขียว และแดง เป็นช่วงคลื่นที่ได้รับผลกระทบทางด้านการแปรปรวนของสภาพอากาศอย่างมาก ทำให้ตัวภาพในช่วงคลื่นทั้งสาม ไม่สามารถมองเห็นลักษณะของพื้นที่ศึกษาได้อย่างชัดเจน ซึ่งส่งผลต่อความคาดเคลื่อนในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาพและ

ระบุคุณสมบัติของแนวเส้นในพื้นที่ศึกษา ในส่วนของ Band 5 NIR เป็นช่วงคลื่นที่ได้รับผลจากสภาพอากาศที่น้อยกว่าช่วงคลื่นแบบ Visible Band แต่ยังพบว่าในพื้นที่ศึกษายังคงมีความแปรปรวนของสภาพอากาศอยู่บางส่วน สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมช่วง Band 6 ถึง 7 เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้รับความแปรปรวนของสภาพอากาศน้อยเนื่องจากความสามารถของคุณสมบัติของช่วงคลื่นที่ใช้ถ่ายภาพ ทำให้ภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นเหล่านี้สามารถมองเห็นลักษณะของพื้นที่ได้อย่างชัดเจนกว่าช่วงคลื่น VNIR เมื่อนำภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองภาพมาเปรียบเทียบกันพบว่า ภาพถ่ายดาวเทียมช่วง Band 7 เป็นช่วงคลื่นที่แสดงลักษณะของพื้นที่ให้เห็นได้ชัดเจนกว่าภาพในช่วงคลื่น Band 6 ดัง Figure 7

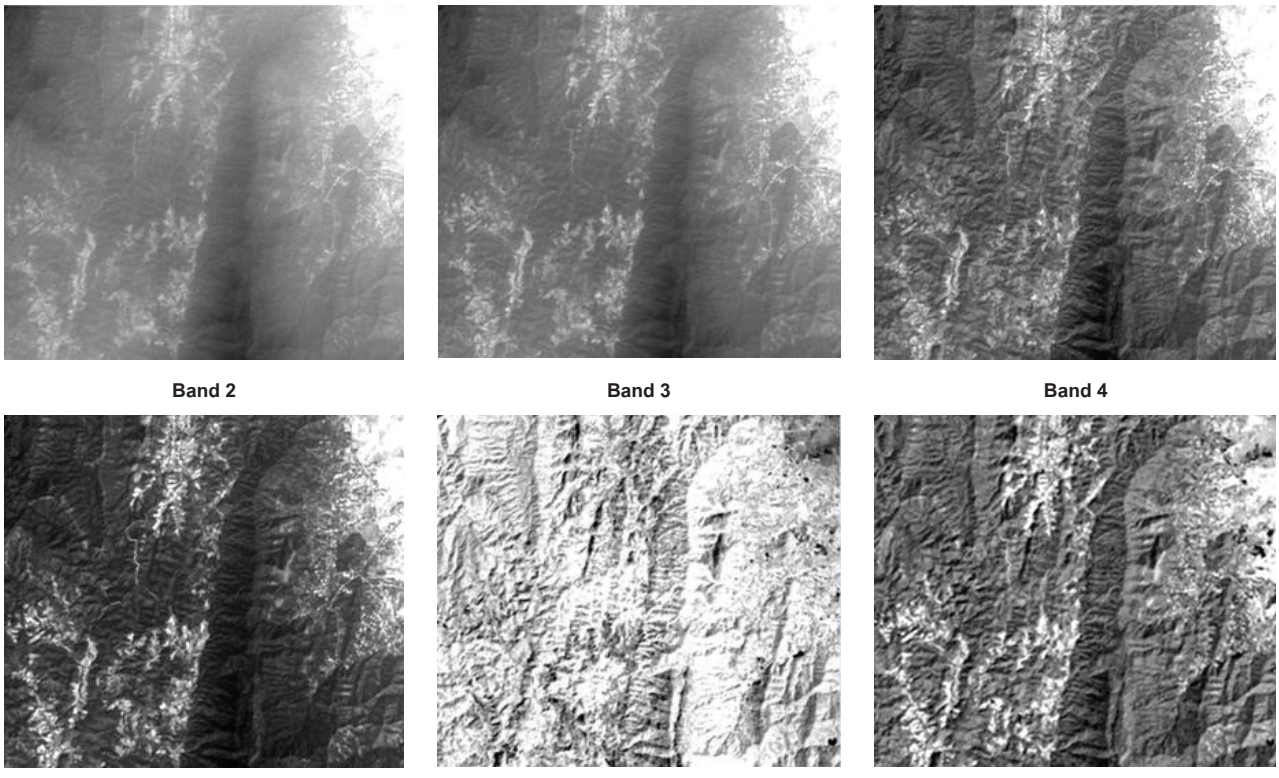


Figure 7 Example Landsat 8 OLI original Band images

ดังนั้น จากการใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกภาพถ่ายดาวเทียมที่กำหนดไว้ทำให้ภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงคลื่น Band 7 SWIR จึงเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการเป็นข้อมูลตั้งต้นในการวิเคราะห์

1.2) วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับวิธีการที่นำมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 4 วิธีการให้ผลลัพธ์ออกมาดังต่อไปนี้

1.2.1) วิธีการ Sobel Filter ผลลัพธ์ที่ได้เผยให้เห็นลักษณะของแนวเส้นที่มีทิศทางในหลายทิศทาง ซึ่งเกิดจากตัววิธีการที่มุ่งเน้นสกัดแนวเส้นโดยไม่ได้จำกัดทิศทางของแนวเส้นหรือลักษณะการวางตัวของแนวเส้นเอาไว้

1.2.2) วิธีการ Laplacian Filter ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการคือ ทำให้สิ่งปกคลุมดินที่มีลักษณะเป็นแนวเส้นที่โดดเด่นอยู่แล้วในภาพเดิมมีความเด่นชัดมากยิ่งขึ้น แต่พื้นที่โดยรอบของแนวเส้นกลับมีลักษณะที่เด่นชัดน้อยลง ซึ่งสิ่งปกคลุมดินที่มีลักษณะเด่นชัดในภาพเดิม เช่น ถนน แนวลำน้ำ และขอบเขตพื้นที่เกษตร

1.2.3) วิธีการ Directional Filter ผลลัพธ์ที่ได้เป็นสิ่งปกคลุมดินที่มีลักษณะแนวเส้นทิศทางเดี่ยวกับตัวกรอง เช่น แนวเส้นที่วางตัวทิศทาง N-S แนวเส้นที่วางตัวทิศ E-W แนวเส้นที่วางตัวทิศ NW-SE และแนวเส้นที่วางตัวในทิศทาง NE-SW แต่แนวเส้นที่ปรากฏออกมาจากวิธีการนี้มีแนวเส้นที่มีทิศทางไม่ได้กำหนดมีปรากฏให้เห็นบ้างเล็กน้อย สำหรับทิศทางของวิธีการที่นำมาวิเคราะห์ผลได้เลือกทิศทาง N-S เพื่อเป็นตัวอย่างให้เห็นถึงแนวเส้นที่สกัดได้จากวิธีการนี้

1.2.4) วิธีการ PCA ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการนี้ภาพถ่ายดาวเทียมไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปมากนักเมื่อเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านวิธีการ PCA สำหรับผลลัพธ์ของวิธีการ PCA ได้ทำการเลือก Band 1 มาใช้สำหรับการวิเคราะห์ในครั้งนี้ โดยผลลัพธ์ของวิธีการแต่ละวิธีการมีลักษณะดัง Figure 8

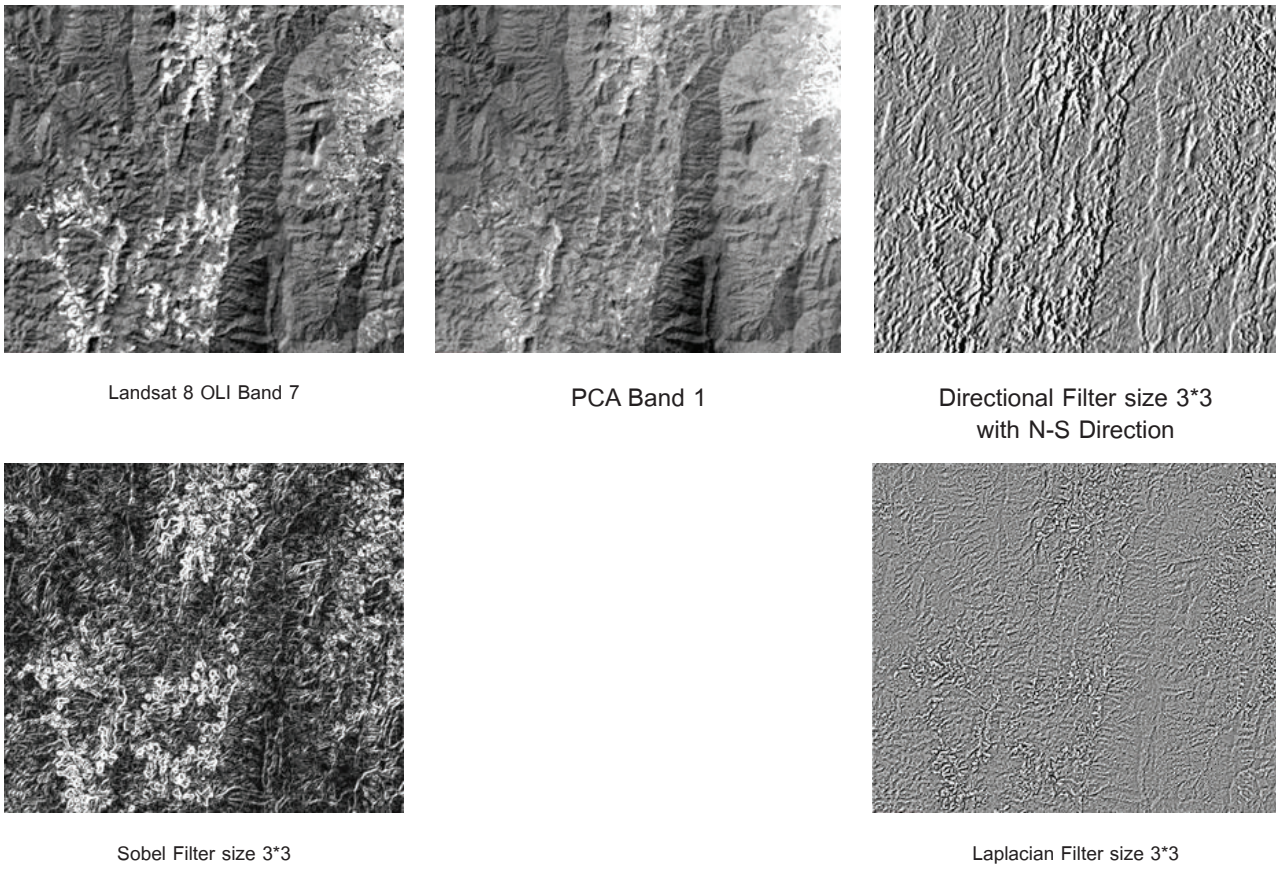
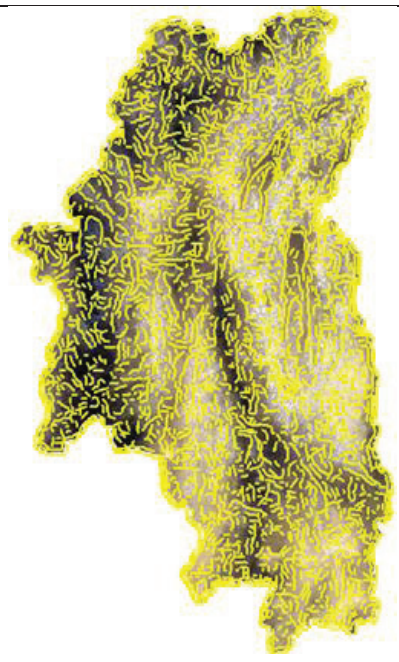
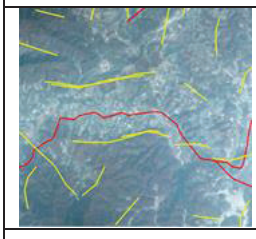
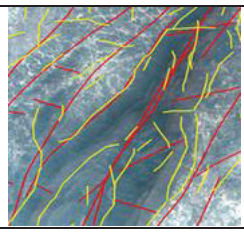
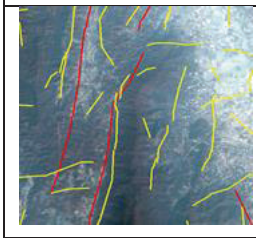


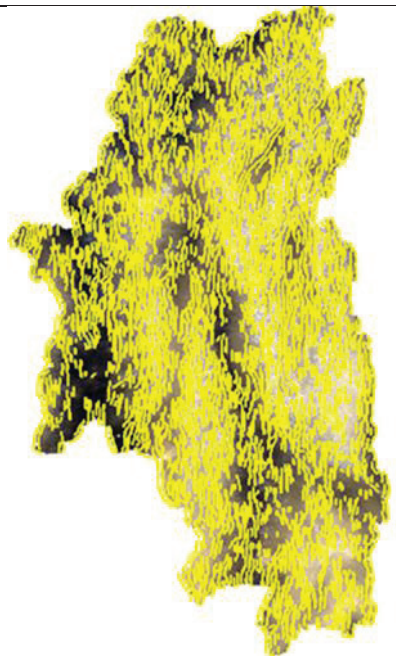
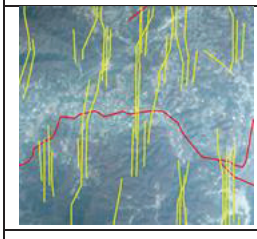
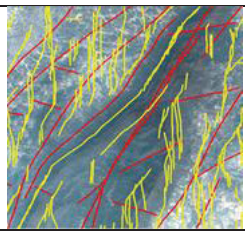
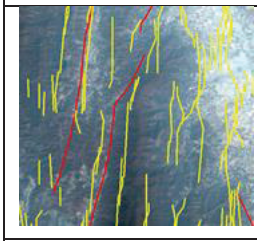
Figure 8 Example characteristics of image after images quality improvement

2. ข้อมูลแนวเส้นและการตรวจสอบข้อมูลแนวเส้น

สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการเพิ่มประสิทธิภาพในแต่ละวิธีการจะถูกนำมาสกัดเป็นข้อมูลแนวเส้นโดยใช้อัลกอริทึม Canny เมื่อนำแนวเส้นที่สกัดได้ในแต่ละวิธีการมาเปรียบเทียบกับข้อมูลแนวเส้นที่มีภูมิลักษณ์เป็นแนวเส้น ได้แก่ แนวแม่น้ำ โครงสร้างลายเส้น แนวถนน และแนวรอยเลื่อน พบว่า แนวเส้นที่สกัดได้มีแค่ไม่กี่แนวเส้นเท่านั้นที่สอดคล้องกับภูมิลักษณะในพื้นที่ โดยแนวเส้นส่วนใหญ่ที่ปรากฏคือ ข้อมูลแนวเส้นที่ผิดปกติ (Noise) ซึ่งเกิดจากความไม่สม่ำเสมอของระดับสีในภาพ ทำให้การตีความของอัลกอริทึมเกิดความผิดพลาด (Error) ส่งผลให้เกิดข้อมูลแนวเส้นที่ผิดปกติหรือข้อมูลแนวเส้นที่ไม่สามารถระบุแหล่งที่มาได้ โดยผลลัพธ์การเปรียบเทียบสามารถสรุปได้ดัง Figure 9 และ Figure 10

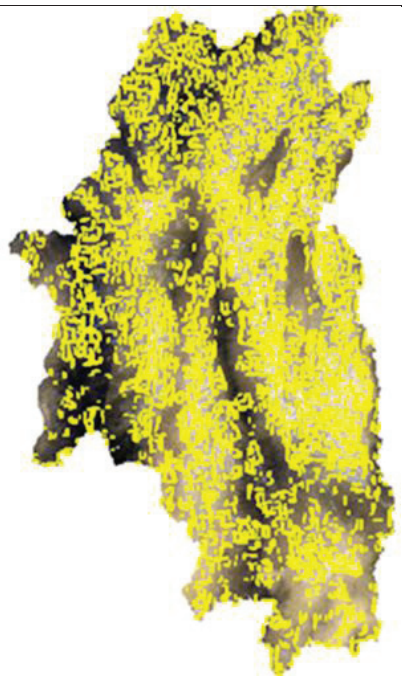
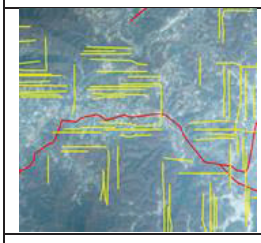
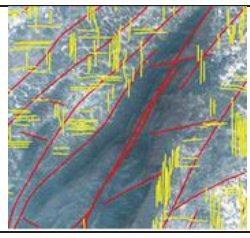
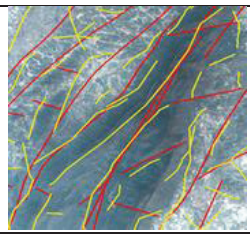
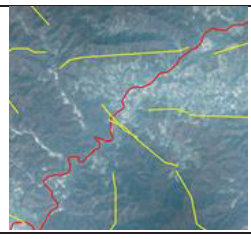
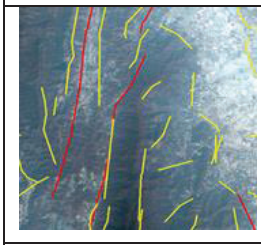
จาก Figure 9 ลักษณะของแนวเส้นในวิธีการ Directional Filter ไม่ได้สอดคล้องกับข้อมูลแนวทางน้ำและแนวถนน นอกจากนี้แนวเส้นที่สกัดได้ไม่สอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศที่วางตัวในทิศทาง E-W ในภาพข้อมูลทางน้ำ ซึ่งเกิดจากวิธีการ Directional Filter ที่มุ่งเน้นปรับปรุงข้อมูลเฉพาะทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ทำให้ลักษณะภูมิประเทศที่วางตัว N-S มีความเด่นชัดขึ้น แต่ทิศทางที่อยู่นอกเหนือจากที่วิธีการถูกลดความคมชัดลง (Figure 8) ซึ่งส่งผลต่อการสกัดข้อมูลแนวเส้น ส่วนวิธีการ Sobel Filter และ วิธีการ PCA ใน Figure 10 สามารถสกัดแนวเส้นตามลักษณะการวางตัวของพื้นที่ได้ดี เนื่องจาก 2 วิธีการนี้ ไม่มีการจำกัดทิศทาง และ Laplacian Filter เป็นวิธีการที่ข้อมูลแนวเส้นแทบไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบและลักษณะภูมิประเทศ

Sobel Filter	Lineaments characteristics in the study area (number of line)		
	Stream Network	Geological Lineament	Road Network
			
	Overlapped : 201	Overlapped : 232	Overlapped : 95
	Fault Line	Total of lineament Data	
		2,953	
		Existing lineaments comparison	
		570	
		Percentage	
	Overlapped : 42	19.30	

Directional Filter with N-S Direction	Lineaments characteristics in the study area (number of line)		
	Stream Network	Geological Lineament	Road Network
			
	Overlapped : 50	Overlapped : 145	Overlapped : 36
	Fault Line	Total of lineament Data	
		5,085	
		Existing lineaments comparison	
		261	
		Percentage	
	Overlapped : 30	5.13	

Existing lineaments Lineament extraction

Figure 9 Lineaments comparison between Sobel Filter and Directional Filter with N-S Direction

<table>
<tr><td>Laplacian Filter</td><td colspan="3">Lineaments characteristics in the study area (number of line)</td></tr>
<tr><td rowspan="8">  </td><td>Stream Network</td><td>Geological Lineament</td><td>Road Network</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td>Overlapped : 44</td><td>Overlapped : 87</td><td>Overlapped : 30</td></tr>
<tr><td>Fault Line</td><td colspan="2">Total of lineament Data</td></tr>
<tr><td rowspan="3"> </td><td colspan="2">9,857</td></tr>
<tr><td colspan="2">Existing lineaments comparison</td></tr>
<tr><td colspan="2">179</td></tr>
<tr><td>Overlapped : 18</td><td colspan="2">Percentage
1.82</td></tr>
<tr><td>PCA Band 1</td><td colspan="3">Lineaments characteristics in the study area (number of line)</td></tr>
<tr><td rowspan="8"> </td><td>Stream Network</td><td>Geological Lineament</td><td>Road Network</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>Overlapped : 104</td><td>Overlapped : 306</td><td>Overlapped : 184</td></tr>
<tr><td>Fault Line</td><td colspan="2">Total of lineament Data</td></tr>
<tr><td rowspan="3">  </td><td colspan="2">2,718</td></tr>
<tr><td colspan="2">Existing lineaments comparison</td></tr>
<tr><td colspan="2">657</td></tr>
<tr><td>Overlapped : 63</td><td colspan="2">Percentage
24.17</td></tr>
</table>

Existing lineaments Lineament extraction

Figure 10 Lineaments comparison between Laplacian Filter and PCA Band 1

จากข้อมูลแนวเส้นที่สกัดได้ในแต่ละวิธีการได้ให้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

2.1) แนวเส้นกับข้อมูลเปรียบเทียบ จากการเปรียบเทียบแนวเส้นที่สกัดได้ในแต่ละวิธีการพบว่า แนวเส้นจากภาพ Band 1 ของวิธีการ PCA สามารถสกัดแนวเส้นที่สอดคล้องกับข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบได้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 24.17 วิธีการ Sobel Filter สามารถสกัดแนวเส้นที่สอดคล้องกับข้อมูลที่นำมาเปรียบคิดเป็นร้อยละ 19.30 ส่วนแนวเส้นจากวิธีการ Directional Filter ทิศทาง N-S มีความสอดคล้องกับข้อมูลเปรียบเทียบคิดเป็นร้อยละ 5.13 ซึ่งลักษณะข้อมูลแนวเส้นส่วนใหญ่ที่สอดคล้องคือ ข้อมูลแนวเส้นที่วางตัวในทิศทาง N-S และข้อมูลแนวเส้นจาก Laplacian Filter เป็นข้อมูลแนวเส้นที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเปรียบเทียบน้อยที่สุด คือ 1.82

2.2) ค่าพารามิเตอร์ ในการสกัดแนวเส้นได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมือนกัน โดยค่าพารามิเตอร์ที่ไม่สอดคล้องกับค่าสะท้อนของภาพถ่ายจะส่งผลให้อัลกอริทึมไม่สามารถแปลงข้อมูลแนวเส้นจากภาพถ่ายได้หรือแปลงเป็นข้อมูลแนวเส้นได้แต่ได้จำนวนแนวเส้นน้อยและไม่สอดคล้องกับภูมิลักษณ์ในพื้นที่

2.3) ความเข้มของสี แนวเส้นที่ปรากฏส่วนใหญ่เป็นแนวเส้นที่วางตัวอยู่ในช่วงตัดกันของความเข้มของสี เช่น บริเวณภูเขาที่ค่าสีมีความเข้มมากกว่าเมื่อเทียบค่าสีในพื้นที่ราบ ฯลฯ

2.4) วิธีการที่นำมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาพถ่ายดาวเทียมมีผลต่อตำแหน่งของข้อมูลแนวเส้นและลักษณะการวางตัวของแนวเส้นในพื้นที่

2.5) ขนาดของตัวกรอง วิธีการที่นำมาเพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาพมีบางวิธีการที่สามารถปรับขนาดของตัวกรองได้เช่น 3*3 ช่อง 5*5 ช่อง โดยขนาดของตัวกรองสามารถช่วยในการลดปัญหาที่เกิดจากความไม่สม่ำเสมอของระดับสีในภาพได้ แต่สิ่งปกคลุมดินที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดของตัวกรองจะถูกลดความคมชัดในภาพไป

2.5) แนวเส้นที่สกัดได้กับภูมิลักษณ์ในพื้นที่ โดยแนวเส้นที่ได้จากวิธีการ PCA วิธีการ Sobel Filter และ Directional Filter ทิศทาง N-S แนวเส้นสกัดได้ส่วนใหญ่เป็นแนวเทือกเขาตัดกับแนวพื้นราบ แนวถนนขนาดใหญ่ และแนวทางไหลของน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นภูมิประเทศลักษณะแนวเส้นที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยสายตา ส่วนลักษณะภูมิประเทศที่เป็นแนวเส้นขนาดเล็กโดยส่วนใหญ่ไม่สามารถสกัดได้ สำหรับแนวเส้นที่ได้จากวิธีการ Laplacian Filter ถึงแม้ว่าวิธีการจะสามารถทำให้ภูมิลักษณ์ในพื้นที่มีความเด่นชัดมากขึ้น แต่เมื่อนำภาพจากวิธีการมาสกัดเป็นข้อมูลแนวเส้น แนวเส้นที่สกัดได้ไม่มีความสอดคล้องกับลักษณะแนวเส้นที่เด่นชัดในภาพของวิธีการ ซึ่งเกิดจากวิธีการหรือค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สกัดแนวเส้นไม่สอดคล้องกับค่าของข้อมูลภาพดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.2) และลักษณะแนวเส้นของวิธีการเป็นดัง Figure 10

จากข้อมูลแนวเส้นที่สกัดได้ในแต่ละวิธีการสามารถสรุปเป็นข้อมูลทางสถิติได้ดัง Table 1 โดยข้อมูลแนวเส้นส่วนใหญ่ของวิธีการ Sobel Filter PCA และ Laplacian Filter วางตัวอยู่ในทิศทาง NE-SW ส่วน Directional Filter แนวเส้นส่วนใหญ่วางตัวในทิศทาง N-S ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของวิธีการที่เน้นสกัดเฉพาะทิศทาง N-S

Table 1 Lineament orientation and the extracted lineament statistics

	Method	**Sobel Filter**
Total of lineament Data	2,953	
Maximum Length (m)	31,378	
Mean Length (m)	2,383	
The main direction of lineament	NE-SW	
	Method	Directional Filter with N-S Direction
	Total of lineament Data	5,085
	Maximum Length (m)	19,877
	Mean Length (m)	2,997
The main direction of lineament	N-S	
	Method	Laplacian Filter
	Total of lineament Data	9,857
	Maximum Length (m)	8,925
	Mean Length (m)	1,584
The main direction of lineament	NE-SW	
	Method	PCA
	Total of lineament Data	2,718
	Maximum Length (m)	20,700
	Mean Length (m)	2,586
The main direction of lineament	NE-SW	

วิจารณ์และสรุปผล

การสกัดแนวเส้นโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเป็นวิธีการที่สามารถสกัดข้อมูลที่มีลักษณะแนวเส้นบนพื้นผิวโลกได้อย่างรวดเร็ว โดยแนวเส้นที่สกัดได้ส่วนใหญ่เป็นภูมิลักษณ์ที่ปรากฏลักษณะแนวเส้นอย่างเห็นได้ชัดเจนจากการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาพถ่ายดาวเทียม (Figure 7) นอกจากนี้บริเวณที่สกัดแนวเส้นได้ยังเป็นจุดที่เกิดการตัดกันของค่าสีหรือรอยต่อระหว่างสิ่งปกคลุมดินสองชนิด โดยสามารถพบเห็นได้จากตัวอย่างภาพใน Figure 9 และ 10 ลักษณะแนวเส้นที่สกัดได้มีลักษณะความยาวที่ไม่ต่อเนื่องกัน ซึ่งเกิดจากความแตกต่างกันของค่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และการตั้งค่าพารามิเตอร์ในการแปลงค่าข้อมูลภาพ สำหรับทิศทางการวางตัวของแนวเส้นที่สกัดส่วนใหญ่วางตัวในทิศทาง NE-SW ยกเว้น แนวเส้นจากวิธีการ Directional Filter ที่ส่วนใหญ่วางตัวในทิศทาง N-S เนื่องจากวิธีการถูกสร้างมาเพื่อสกัดแนวเส้นเฉพาะทิศทาง N-S ดัง Table 1 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบแนวเส้นของแต่ละวิธีการโดยเรียงจากวิธีการที่มีแนวเส้นสัมพันธ์กับข้อมูลตรวจสอบมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดมีดังนี้ 1) ภาพที่ได้จากวิธีการ PCA เป็นวิธีการที่สกัดแนวเส้นได้มีความสอดคล้องกับข้อมูลแนวเส้นในพื้นที่สูงที่สุดจากวิธีการทั้งหมดที่นำมาใช้ในการศึกษา โดยคิดเป็นร้อยละ 24.17 ซึ่งจุดเด่นของวิธีการ PCA คือ สามารถสกัดแนวเส้นภูมิประเทศที่สายตาสามารถมองเห็นอย่างชัดเจนได้ดี แต่วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถสกัดแนวเส้นภูมิประเทศขนาดเล็กได้ดีมากนัก 2) อันดับรองลงมาคือวิธีการ Sobel Filter มีความสอดคล้องกับข้อมูลแนวเส้นคิดเป็นร้อยละ19.30 จุดเด่นของวิธีการ Sobel Filter คือ สามารถเน้นลักษณะแนวเส้นในภาพถ่ายดาวเทียมได้ดีที่สุดจากวิธีการที่นำมาศึกษา และมีความต่อเนื่องของแนวเส้นที่ยาวที่สุด แต่ข้อจำกัดของวิธีการ คือ แนวเส้นที่สกัดได้ส่วนใหญ่เป็นแนวเส้นจากลักษณะภูมิประเทศ

ขนาดใหญ่ ดังนั้นวิธีการ Sobel Filter และ PCA เหมาะแก่การสกัดแนวเส้นภูมิประเทศที่เป็นขนาดใหญ่และมีความต่อเนื่องของแนวเส้น 3) วิธีการ Directional Filter ทิศทาง N-S มีแนวเส้นที่สอดคล้องกับข้อมูลเปรียบเทียบคิดเป็นร้อยละ 5.13 จุดเด่นของวิธีการ Directional Filter คือ สามารถสกัดแนวเส้นที่มีทิศทางแบบเฉพาะทิศใดทิศทางหนึ่งได้อย่างดี แต่วิธีการกลับไม่สามารถสกัดแนวเส้นในทิศทางอื่นนอกจากทิศทางที่วิธีการกำหนด ดังนั้นวิธีการ Directional Filter จึงเหมาะสมกับการสกัดแนวเส้นที่มีการวางตัวในทิศทางที่แน่นอน และ 4) วิธีการ Laplacian Filter แนวเส้นที่สกัดได้สัมพันธ์กับข้อมูลตรวจสอบต่ำที่สุดคิดเป็นร้อยละ 1.82 โดยจุดเด่นของวิธีการคือ สามารถเน้นลักษณะแนวเส้นภูมิประเทศในภาพให้มีความเด่นชัดมากยิ่งขึ้น แต่มีข้อจำกัด คือ ภาพที่ได้จากวิธีการนี้ไม่สามารถสกัดแนวเส้นด้วยวิธีการ Canny Algorithm ได้ ซึ่งเกิดจากข้อมูลบริเวณที่เป็นแนวเส้นไม่เข้ากับเงื่อนไขที่กำหนดในวิธีการสกัดแนวเส้น ดังนั้นวิธีการ Laplacian Filter จึงเหมาะแก่การปรับปรุงภาพเพื่อใช้สำหรับสังเกตลักษณะแนวเส้นภูมิประเทศบนพื้นผิวโลก

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการสกัดแนวเส้นโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI ซึ่งวิธีการที่นำมาใช้สกัดแนวเส้นมีการศึกษาแค่บางวิธีการเท่านั้น ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่มีวิธีการอื่นที่สามารถสกัดแนวเส้นได้ดีมากกว่าวิธีการที่นำมาใช้ศึกษาในครั้งนี้ นอกจากนี้วิธีการสกัดแนวเส้นในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ถูกพัฒนาเพื่อสกัดแนวเส้นภูมิประเทศแบบเฉพาะเจาะจง แต่ผลลัพธ์ของการศึกษาครั้งนี้สามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการสำหรับสกัดแนวเส้นภูมิประเทศแบบเฉพาะจงได้ในการศึกษาการสกัดแนวเส้นครั้งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. O'Leary, D.W., Friedman, J. D., and Pohn, H. A. Lineament, linear, lineation: some proposed new definitions for old terms. Geological Society of America Bulletin. 1976 ; 87: 1463- 1469.
2. Sukumar, M., Venkatesan, N., and Nelson Kennedy Babu, C. A Review of Various Lineament Detection Techniques for high resolution Satellite Images. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering 2014 ; 4: 72-78.
3. Xu, S. R., Li, C. C., and Flint, N. K., 1981.Extraction of Geological Lineaments from LANDSAT Imagery by Using Local Variance and Gradient Trend. LARS Symposia 1981. p 415.
4. Mah, A., Lennox, P., Taylor, G., and Balia, L. Lineament analysis of Landsat thematic mapper images, Northern Territory, Australia. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 1995 ; 61: 761-773.
5. Karnieli, A., Meisels, A., Fisher, L., and Arkin, Y. Automatic extraction and evaluation of geological linear features from digital remote sensing data using a hough transform. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda ; 1996.
6. Gannouni, S., and Gabtni, H. Structural Interpretation of Lineaments by Satellite Image Processing (Landsat TM) in the Region of Zahret Medien (Northern Tunisia). Journal of Geographic Information System 2015 ; 7: 119-127.
7. Leech, D.P., Treloar, P.J., Lucas, N.S., and Grocott, J. Landsat TM analysis of fracture patterns: a case study from the Coastal Cordillera of northern Chile. International Journal of Remote Sensing 2003 ; 24: 3709–3726.
8. Gannouni, S. and Gabtni, H. Structural Interpretation of Lineaments by Satellite Image Processing (Landsat TM) in the Region of Zahret Medien (Northern Tunisia). Journal of Geographic Information System 2015 ; 7: 119-127.
9. ปัญญา จารุศิริ, วิโรจน์ ดาวฤกษ์, สุวิทย์ โคสุวรรณ, บุรินทร์ เวชบันเทิง, สุทธิพันธ์ ชุทรานนท์. แผ่นดินไหวในประเทศไทย และพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ; 2543
10. Süzen, M.L., and Toprak, V. 1998. Filtering of satellite images in geological lineament analyses: an application to a fault zone in Central Turkey. int. j. remote sensing 1998 ; 19: 1101-1114.
11. Ali, S A. and Pirasteh, S. Geological applications of Landsat enhanced thematic mapper (ETM) data and geographic information system (GIS) : mapping and structural interpretation in south-west Iran, Zagros structural belt. International Journal of Remote Sensing 2004 ; 25: 4715-4727.
12. Canny, J. A Computational Approach to Edge Detection. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence ; 1986.