

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และรีโมทเซนซิง เพื่อหาโอกาสพบ  
แหล่งพุน้ำร้อน บริเวณแนวรอยเลื่อนระนอง

บทคัดย่อ  
ของ  
ศศิธร อินทร์ศรีทอง

10 ก.พ. 2549

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์  
กันยายน 2548

10/2/2008 9.3

ศศิธร อินทร์ศรีทอง . (2548). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และรีโมทเซนซิง เพื่อหาโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน บริเวณแนวรอยเลื่อนระนอง.ปริญญาโท  
วท.ม. (ภูมิศาสตร์). กรุงเทพฯ: มัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.  
คณะกรรมการควบคุม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์กวี วรกวิน อาจารย์สุวิทย์ โสสุวรรณ.

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และรีโมทเซนซิง มาใช้ในการศึกษาหาพื้นที่ที่มีโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน บริเวณแนวรอยเลื่อนระนอง โดยใช้ปัจจัยทางธรณีวิทยา 3 ปัจจัย คือ ระดับน้ำบาดาล ลักษณะชนิดหิน และรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลกสรุปผลการศึกษา ได้ดังนี้

พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนที่เหมาะสมที่สุดมีพื้นที่ 3.33 ตร.กม. หรือร้อยละ 2.95 พบว่า ครอบคลุมพื้นที่บริเวณด้านตะวันตกของ อ.บางสะพาน อ.บางสะพานน้อย จ.ประจวบคีรีขันธ์ อ.ท่าแซะ อ.พะโต๊ะ จ.ชุมพร และ อ.กระบี่ อ.ละอุ่น อ.เมืองระนอง อ.กะเปอร์ จ.ระนอง

พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนที่เหมาะสมปานกลางมีพื้นที่ 33.13 ตร.กม. หรือร้อยละ 29.27 พบครอบคลุมพื้นที่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ ตามแนวการวางตัวของรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลกที่พาดผ่าน ตั้งแต่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ต่อเนื่องถึง จ.ชุมพร และ จ.ระนอง

พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนที่เหมาะสมน้อยมีพื้นที่ 76.17 ตร.กม. หรือร้อยละ 67.68 พบครอบคลุมพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณกว้าง

การวิเคราะห์ด้วยรีโมทเซนซิง พบว่า การปรับแก้ภาพ สามารถให้ความเด่นชัดของโครงสร้างแนวเส้นทางธรณีวิทยาได้ดี การผสมสีภาพ (Color Composition) พบว่า การผสมสีในช่วงคลื่น 471 (RGB) ให้ความแตกต่างของพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำดี้น และแหล่งน้ำลึกได้ แต่ไม่สามารถให้ความแตกต่างของบริเวณแหล่งพุน้ำร้อนได้ การหลอมภาพดาวเทียม (Data Fusion) สามารถให้ความชัดเจนของข้อมูลที่เป็นแหล่งข้อมูลหลักๆ เช่น แหล่งชุมชน แหล่งน้ำ และพื้นที่ป่าไม้ได้ จากการหลอมภาพดาวเทียมสามารถระบุขอบเขตของพื้นที่เหล่านั้นได้อย่างชัดเจน แต่ไม่สามารถระบุขอบเขตแหล่งพุน้ำร้อนได้ การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยทฤษฎี Maximum Likelihood สามารถจำแนกพื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนได้เป็นบริเวณกว้าง แต่ไม่สามารถระบุแน่ชัดได้ว่าในบริเวณพื้นที่เหล่านั้น จะพบพุน้ำร้อน ณ ตำแหน่งใด และการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) พบว่า ไม่สามารถที่จะจำแนกพุน้ำร้อนออกมาได้

APPLICATION OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM AND REMOTE  
SENSING FOR THE PROBABILITY OF FINDING HOT SPRING SOURCE ON  
RANONG FAULT

AN ABSTRACT  
BY  
SASITHON INSRITHONG

Presented in partial fulfillment of the requirements  
for the Master of Science degree in Geography  
at Srinakharinwirot University  
September 2005

Sasithon Insrithong. (2005). *Application of Geographical Information System and Remote Sensing for the Probability of Finding Hot Spring Source on Ranong Fault*. Master's thesis, M.Sc. (Geography). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assistant Prof. Kavee Worrakawin, Mr. Suwith Kosuwan.

This study is an application of geographical information systems and remote sensing for the probability of finding hot spring sources on the Ranong fault. Three geological factors – ground water levels, geological typology of rocks, and active faults – were examined. The result can be summarized as follows:

Areas in possession of the highest probability of finding suitable hot springs sites comprise a surface area equal to 3.33 sq.km., or 2.95 percent of the surveyed land, in both Amphoe Bang Saphan and Amphoe Bang Saphan Noi, Changwat Prachuapkhilikhan; Amphoe Thasae and Amphoe Phato, Changwat Chumphon; Amphoe Kraburi, Amphoe La – un, Amphoe Muang Ranong, and Amphoe Kapoe, Changwat Ranong.

Moderately suitable areas comprising 33.13 sq.km., or 29.27 percent of surveyed land, were located in the active fault area in the Northeastern section of Changwat Prachuapkhilikhan, Changwat Chumphon, and Changwat Ranong.

The area possessing the lowest probability of suitable hot spring sites is comprised of 76.17 sq.km. or 67.68 percent of the surveyed area.

Remote sensing analysis has found that image enhancement was effective in outlining geographical fault line structures. Image enhancement with Linear stretch using color composition found that the composition was 471 RGB which illustrate differences between shallow and deep bodies of water. Areas containing hot springs, however, were unable to be identified using this procedure. The use of data fusion of satellite images provided clarity in the organization of the database relating to communities, reservoirs, forested areas. Due to limits of the satellite picture resolution, however, areas containing hot springs were not identified. The image was analyzed with such processes as image enhancement, color composition, data fusion, unsupervised and supervised classification. Although unsupervised classification techniques were ineffective in identifying the location of hot springs, supervised classification techniques that utilized the Maximum Likelihood approach made it possible to locate hot springs across a wide area. Satellite data used in this study was provided by LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup> and IRS – 1C.

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และรีโมทเซนซิง เพื่อหาโอกาสพบ  
แหล่งพุน้ำร้อน บริเวณแนวรอยเลื่อนระนอง

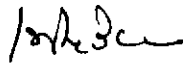
ปริญญานิพนธ์  
ของ  
ศศิธร อินทร์ศรีทอง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์  
กันยายน 2548  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์  
เรื่อง  
การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และรีโมทเซนซิง เพื่อหาโอกาสพบ  
แหล่งพุน้ำร้อน บริเวณแนวรอยเลื่อนระนอง

ของ  
นางสาวศศิธร อินทร์ศรีทอง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์  
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

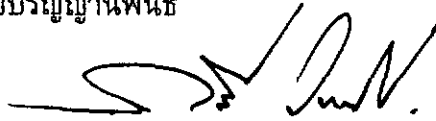


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญสิริ จิระเดชากุล)

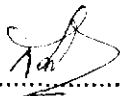
วันที่ ๑๕ เดือน กันยายน พ.ศ. ๒๕๔๘

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวี วรกวิน)



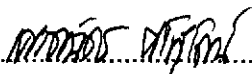
..... กรรมการ

(อาจารย์ สุวิทย์ ไคสุวรรณ)



..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่ม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย พันธนะหิรัญ)



..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่ม

(อาจารย์ เศวตฉัตร ศรีสุรัตน์)

## ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ทั้งนี้เพราะได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลดังกล่าว ดังต่อไปนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์กวี วรกวิน ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ อาจารย์สุวิทย์ โสสุวรรณ กรรมการวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ แนะนำ แนวทาง และแนวคิดในการวิจัย และตรวจสอบความถูกต้อง ตลอดจนเสนอแนะการแก้ปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัยนี้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย พันธนะหิรัญ และ อาจารย์เศวตฉัตร ศรีสุรัตน์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์ที่กรุณาให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์ ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย รวมถึงสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม กรมทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย

ขอขอบคุณ พี่ๆ ที่ให้คำปรึกษา และ ให้ความช่วยเหลือในการจัดทำเอกสารต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณแม่ และ น้าๆ ที่ให้กำลังใจด้วยดีพร้อมให้ปัจจัยสนับสนุนในการทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้

ศศิธร อินทร์ศรีทอง

## สารบัญ

| บทที่                                                | หน้า |
|------------------------------------------------------|------|
| 1 บทนำ .....                                         | 1    |
| ภูมิหลัง .....                                       | 1    |
| ความมุ่งหมายของการวิจัย .....                        | 2    |
| ความสำคัญของการวิจัย .....                           | 2    |
| ขอบเขตของการวิจัย .....                              | 2    |
| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา .....                         | 3    |
| นิยามศัพท์ .....                                     | 4    |
| กรอบแนวคิด .....                                     | 5    |
| สมมุติฐานในการวิจัย .....                            | 5    |
| 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....               | 7    |
| ลักษณะพื้นที่ที่ทำการศึกษา .....                     | 7    |
| เอกสารเกี่ยวกับพุน้ำร้อน .....                       | 13   |
| ปัจจัยการเกิดพุน้ำร้อน.....                          | 15   |
| เอกสารเกี่ยวกับรีโมทเซนซิง.....                      | 20   |
| ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ .....                         | 26   |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                          | 30   |
| 3 วิธีดำเนินการศึกษา .....                           | 33   |
| ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา .....                         | 33   |
| เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา .....                     | 36   |
| การเก็บรวบรวมข้อมูล .....                            | 36   |
| การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล .....                  | 36   |
| สถิติที่ใช้ในการศึกษา .....                          | 37   |
| 4 การวิเคราะห์ข้อมูลและผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล ..... | 40   |
| การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อน             |      |
| ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....                      | 40   |

## สารบัญ(ต่อ)

| บทที่                                                  | หน้า          |
|--------------------------------------------------------|---------------|
| <b>4(ต่อ) ระดับน้ำบาดาล .....</b>                      | <b>40</b>     |
| ธรณีวิทยาชนิดหิน .....                                 | 43            |
| รอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก .....                      | 45            |
| ผลการวิเคราะห์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์                |               |
| เพื่อหาโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน .....                     | 47            |
| การวิเคราะห์ด้วยรีโมทเซนซิง                            |               |
| เพื่อหาโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน .....                     | 50            |
| การปรับเน้นภาพ .....                                   | 50            |
| การผสมสี .....                                         | 52            |
| การหลอมภาพ .....                                       | 56            |
| การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล .....              | 60            |
| การจำแนกประเภทแบบกำกับดูแล .....                       | 62            |
| ผลจากการวิเคราะห์ทางรีโมทเซนซิง                        |               |
| เพื่อหาโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน.....                      | 64            |
| <br><b>5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....</b>      | <br><b>65</b> |
| สรุปผลการวิจัย .....                                   | 66            |
| อภิปรายผล .....                                        | 69            |
| ข้อเสนอแนะ .....                                       | 71            |
| <br><b>บรรณานุกรม .....</b>                            | <br><b>73</b> |
| <br><b>ภาคผนวก .....</b>                               | <br><b>77</b> |
| ภาคผนวก ก ภาพพุน้ำร้อนในปัจจุบันของ จ.ระนอง.....       | 78            |
| ภาคผนวก ข ตารางแสดงตำแหน่งบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา ..... | 81            |
| ภาคผนวก ค ตารางแสดงคุณลักษณะของดาวเทียม .....          | 85            |
| <b>ประวัติย่อผู้วิจัย .....</b>                        | <b>88</b>     |

## บัญชีตาราง

### ตาราง

|                                                                            | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 แสดงลำดับชั้นความเหมาะสมของระดับน้ำบาดาล .....                           | 40   |
| 2 แสดงพื้นที่และร้อยละของระดับน้ำบาดาล .....                               | 41   |
| 3 แสดงลำดับชั้นความเหมาะสมธรณีวิทยาชนิดหิน .....                           | 43   |
| 4 แสดงพื้นที่และร้อยละธรณีวิทยาชนิดหิน .....                               | 43   |
| 5 แสดงลำดับชั้นความเหมาะสมรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก .....                | 45   |
| 6 แสดงพื้นที่และร้อยละรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก .....                    | 45   |
| 7 แสดงพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการหาโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน .....            | 48   |
| 8 รายละเอียดการผสมสีภาพในช่วงคลื่นต่างๆ และผลที่ได้<br>จากการผสมสีภาพ..... | 52   |

## บัญชีภาพประกอบ

| ภาพประกอบ                                                                                                | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 แสดงหมายเลขระวางแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000<br>ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา.....                              | 3    |
| 2 แสดงการกระจายตัวของหินแกรนิต และหินภูเขาไฟ<br>ในประเทศไทยพร้อมทั้งแนวรอยเลื่อนที่ปรากฏในภาคต่างๆ...    | 12   |
| 3 รูปแบบแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่เกิดในหินแกรนิต.....                                               | 16   |
| 4 รูปแบบแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่เกิดในหินชนิดอื่น.....                                             | 16   |
| 5 แสดงหมายเลขระวางแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000<br>ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา.....                              | 34   |
| 6 แสดงระวางภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 ETM <sup>+</sup> ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา                            | 35   |
| 7 แผนที่แสดงระดับน้ำบาดาลที่เหมาะสมในการพบพุน้ำร้อน.....                                                 | 42   |
| 8 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงชนิดหินและตำแหน่งพุน้ำร้อนในปัจจุบัน.....                                           | 44   |
| 9 แผนที่ธรณีวิทยารอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลกและตำแหน่งพุน้ำร้อนใน<br>ปัจจุบัน.....                       | 46   |
| 10 แผนที่พื้นที่ที่เหมาะสมในการพบพุน้ำร้อนและตำแหน่งพุน้ำร้อนในปัจจุบัน                                  | 49   |
| 11 ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 ETM <sup>+</sup> ที่ผ่านการปรับเน้นภาพ.....                                 | 51   |
| 12 ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 ETM <sup>+</sup> ภาพสีผสมเท็จ 4 5 3.....                                    | 54   |
| 13 ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 ETM <sup>+</sup> ภาพสีผสมเท็จ 4 7 1.....                                    | 55   |
| 14 ภาพถ่ายดาวเทียม IRS – 1C ระบบ Panchromatic.....                                                       | 57   |
| 15 ภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการหลอมระหว่างดาวเทียม IRS – 1C<br>กับดาวเทียม LANDSAT 7 ETM <sup>+</sup> ..... | 59   |
| 16 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล<br>( Unsupervised Classification ).....                           | 61   |
| 17 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล<br>( Supervised Classification ).....                                | 63   |
| 18 แผนที่พุน้ำร้อนที่พบในปัจจุบัน และพุน้ำร้อนแหล่งใหม่.....                                             | 68   |
| 19 พุน้ำร้อนบ้านหาดยาย.....                                                                              | 69   |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นทั้งในอดีตและปัจจุบัน ล้วนส่งผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นปรากฏการณ์แผ่นดินไหวหรือปรากฏการณ์ภูเขาไฟระเบิด ซึ่งผลกระทบที่มีต่อมนุษย์นั้น มีทั้งผลกระทบทางตรง และผลกระทบทางอ้อม ผลกระทบทางตรงที่มนุษย์จะได้รับ เช่นการพังทลายของบ้านเรือนที่อยู่อาศัย หรือแม้แต่การสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน ส่วนผลกระทบทางอ้อมที่มนุษย์จะได้รับ เช่น การเกิดภูมิทัศน์ที่แปลกและสวยงาม ความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ รวมไปถึงการได้มาซึ่งแหล่งพลังงานแหล่งใหม่ ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

พลังงานความร้อนใต้พิภพ จัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติชนิดหนึ่ง ซึ่งพบในบริเวณเขตเปลือกโลกที่มีการเคลื่อนที่บริเวณเขตภูเขาไฟที่มีการคุกรุ่น และบริเวณที่มีชั้นเปลือกโลกบาง มนุษย์สามารถนำพลังงานความร้อนใต้พิภพ มาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการเกษตรกรรม อุตสาหกรรม การผลิตกระแสไฟฟ้า หรือแม้แต่การพัฒนาเป็นสถานที่ท่องเที่ยว ซึ่งพลังงานความร้อนใต้พิภพนี้ มักปรากฏให้เห็นในรูป บ่อน้ำร้อน พุน้ำร้อน โคลนเดือด และก๊าซ แต่พลังงานความร้อนใต้พิภพที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ คือ พุน้ำร้อน(ชาวสารการธรณี . 2545 : 41)

พุน้ำร้อนในประเทศไทย มักพบอยู่ในบริเวณหินภูเขาไฟที่ดับแล้ว และพบกระจุกกระจายทุกภูมิภาคของประเทศ ยกเว้น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประโยชน์ของพุน้ำร้อนที่ใช้ในปัจจุบัน คือ ใช้ไอน้ำร้อนไปหมุนกังหันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากการใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมของประเทศในด้านอื่นๆ เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมทำกระดาษ โรงงานน้ำตาล หรือ ใช้ในการอบหรือบ่มผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นใบยาสูบ ข้าวโพด หรือ แม้แต่พัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยว ใช้เป็นสถานที่ในการบำบัดรักษาโรคภัยไข้เจ็บ ทำเป็นห้องอบซาวน่า และอบไอน้ำ เป็นต้น

การสำรวจทรัพยากรด้วยดาวเทียม เป็นการสำรวจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวโลก โดยอาศัยข้อมูลที่ตรวจรับได้ด้วยเครื่องมือที่ติดตั้งบนดาวเทียม โดยอาศัยทฤษฎีความรู้เกี่ยวกับแสง และพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า การสำรวจทรัพยากรด้วยดาวเทียมเป็นการวิเคราะห์ข้อมูล ที่ได้ในลักษณะของภาพถ่ายโดยมิได้สัมผัสกับวัตถุ ในการดำเนินงานในทุกๆด้าน สิ่งสำคัญและจำเป็น ที่จะช่วยชี้ให้เห็นถึงสภาพความเป็นไปของปรากฏการณ์ และช่วยในการตัดสินใจ กำหนดแผนการดำเนินงานให้เป็นไปอย่างเหมาะสม ประกอบด้วยข้อมูล แนวทาง หรือหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และวิธีการนำเสนอข้อมูล การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องในด้านกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ปริมาณ และ

ความหลากหลายของข้อมูลในเชิงปริมาณ และในเชิงคุณภาพ ซึ่งปรากฏอยู่ในรูปแบบต่างๆ กัน เช่น ตารางตัวเลข คำบรรยาย ภาพถ่าย และแผนที่ ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความซับซ้อน ก่อให้เกิดความสับสน ( พงษ์อินทร์ รักอริยะธรรม. 2539 : 73 )

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ทำให้การวิเคราะห์ และการนำเสนอข้อมูลต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นเป็นไปได้ง่าย แนวทางการผสมผสานข้อมูลโดยมีอุปกรณ์และคอมพิวเตอร์เป็นองค์ประกอบ ในการช่วยวิเคราะห์สภาพปัญหา และนำเสนอข้อมูลต่างๆ อย่างเป็นระบบ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการประมวลผลข้อมูล ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) แนวทางในการประมวลผลข้อมูล มีบทบาทในการพัฒนางานในสาขาต่างๆ เช่น กรมพัฒนาที่ดินได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียม และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการดำเนินการวางแผนการใช้ที่ดิน การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน กรมป่าไม้ ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียม และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการดำเนินการจัดการด้านป่าไม้ เป็นต้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และ รีโมทเซนซิง เพื่อหาโอกาสพบพุน้ำร้อน บริเวณแนวรอยเลื่อนระนอง เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนจัดการ รวมทั้งเป็นข้อมูลพื้นฐาน ที่สามารถใช้ในการหาพุน้ำร้อนในพื้นที่อื่นอีกต่อไป

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

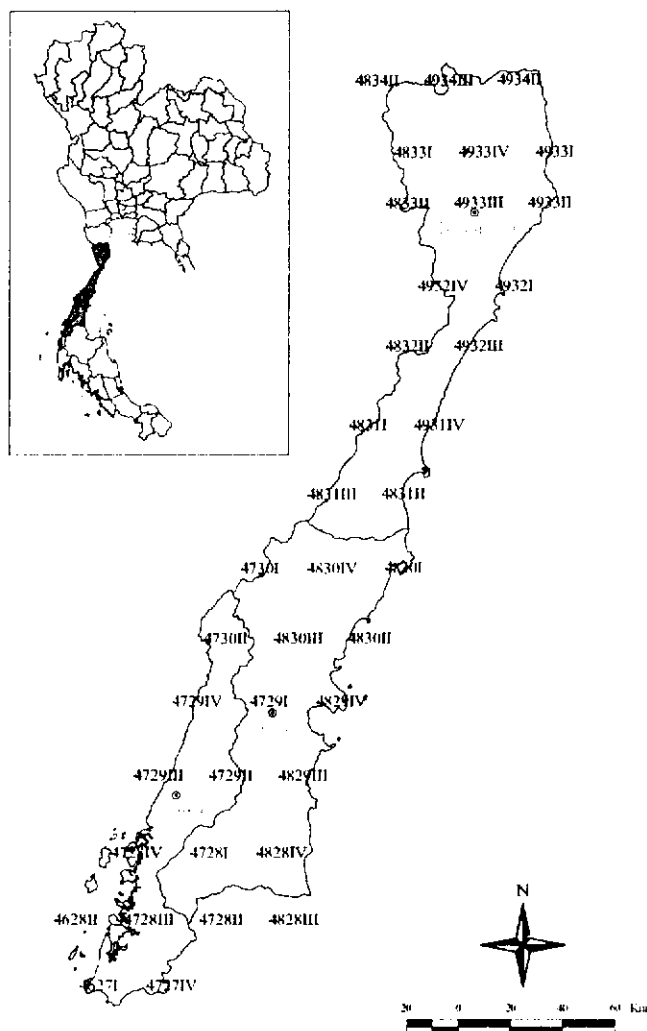
1. เพื่อศึกษาลักษณะประเภทของรอยเลื่อนบริเวณแนวรอยเลื่อนระนองของประเทศไทย
2. เพื่อให้ทราบลักษณะชนิดของหินที่ก่อให้เกิดพุน้ำร้อน
3. เพื่อศึกษาหาโอกาสพบพุน้ำร้อน บริเวณแหล่งอื่นๆ
4. เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และรีโมทเซนซิง ในการประเมินหาโอกาสพบพุน้ำร้อน บริเวณแนวรอยเลื่อนระนอง

### ความสำคัญของการวิจัย

1. ทำให้ทราบบริเวณที่มีโอกาสเกิดพุน้ำร้อนเพื่อพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวแหล่งใหม่
2. เพื่อหาแหล่งพุน้ำร้อนแหล่งใหม่

### ขอบเขตของการวิจัย

บริเวณแนวรอยเลื่อนระนอง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดชุมพร และ จังหวัดระนอง มีขอบเขตแผนที่ภูมิประเทศ L 7017 มาตราส่วน 1: 50,000 ทั้งหมด 38 ระวัง ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงหมายเลขระวางแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000 ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

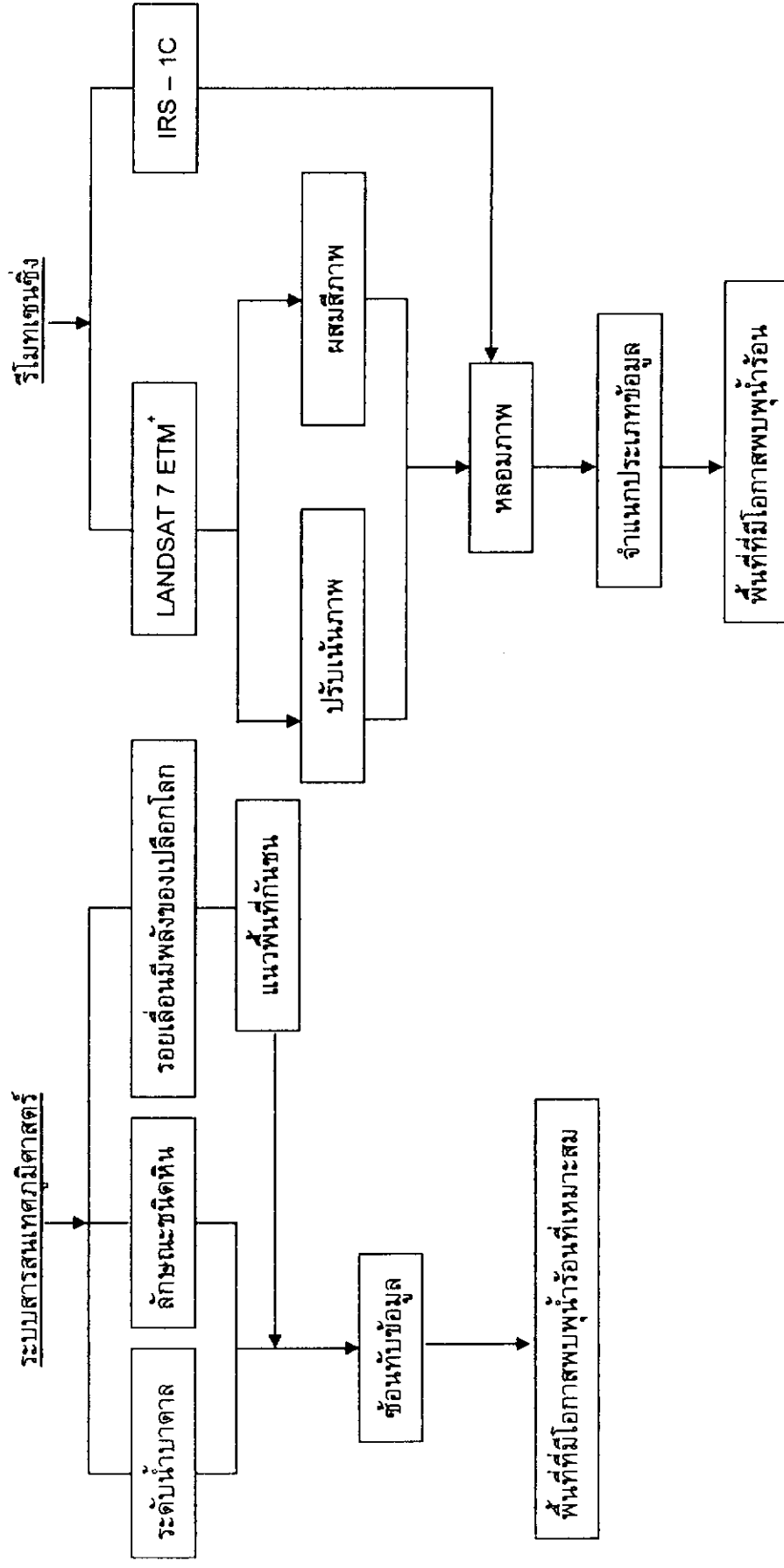
### ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

1. ระดับน้ำบาดาล
2. ลักษณะชนิดหิน
3. แนวรอยเลื่อนที่มีพลังของเปลือกโลก

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **พุน้ำร้อน** คือ ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่น้ำไหลขึ้นมาจากใต้ดิน และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ อาจอุ่นๆ จนถึงเดือดพล่าน และอาจบริสุทธิ์หรือมีแร่ธาตุรวมทั้งแก๊สละลายอยู่ ทำให้มีรสและกลิ่นต่างกัน ปริมาณน้ำที่ไหลออกมาแต่ละพุก็จะต่างกัน
2. **รอยเลื่อน** คือ รอยแตก หรือ แนวรอยแตก ของหินสองฟาก ซึ่งเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน และขนานไปกับรอยแตกนั้น
3. **แนวรอยเลื่อน** คือ รอยเลื่อนที่ปรากฏตัวบนพื้นดิน มักมีแนวเกือบตรงหรือโค้งเล็กน้อย
4. **รอยเลื่อนมีพลัง** คือ รอยเลื่อนบนเปลือกโลก ที่สามารถตรวจสอบได้ หรือมีหลักฐานทางธรณีวิทยาว่ายังคงมีการเลื่อนตัวอยู่ในปัจจุบัน และอาจมีการเลื่อนตัวอีกในอนาคต
5. **น้ำบาดาล** คือ น้ำที่เก็บกักอยู่ในช่องว่าง หรือในรอยแตกของชั้นหินใต้พื้นดิน
6. **พลังงานความร้อนใต้พิภพ** คือ บริเวณที่มีความร้อนสูงกว่าปกติ เนื่องจากมีแหล่งหินหนืด หรือหินอัคนี เช่น หินแกรนิต หนูนแทรกใต้ชั้นดิน และเป็นตัวนำพาความร้อนจากภายในโลกถ่ายเทให้ขึ้นมาสู่ผิวโลก

# กรอบแนวคิด



### สมมุติฐานในการวิจัย

1. บริเวณที่พบพุน้ำร้อนน่าจะสัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนของเปลือกโลก
2. บริเวณที่เป็นหินแกรนิต น่าจะพบพุน้ำร้อนได้มากกว่าหินชนิดอื่นๆ
3. บริเวณที่พบพุน้ำร้อน น่าจะสัมพันธ์กับระดับน้ำบาดาลระดับตื้น

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ลักษณะพื้นที่ที่ทำการศึกษา
2. พุน้ำร้อน
3. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดพุน้ำร้อน
4. การสำรวจระยะไกล
5. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. ลักษณะพื้นที่ที่ทำการศึกษา

##### 1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

ในการศึกษครั้งนี้มีพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 3 จ. เนื่องจากแนวรอยเลื่อนระนองได้พาดผ่าน จ.ประจวบคีรีขันธ์ จ.ชุมพร จ.ระนอง และลงสู่ทะเลอันดามัน ซึ่งลักษณะพื้นที่ทั้ง 3 จ.ประกอบด้วย

อาณาเขตติดต่อ

|             |           |                                                           |
|-------------|-----------|-----------------------------------------------------------|
| ทิศเหนือ    | ติดต่อกับ | จ.ประจวบคีรีขันธ์                                         |
| ทิศใต้      | ติดต่อกับ | จ.ระนอง จ.พังงา                                           |
| ทิศตะวันออก | ติดต่อกับ | อำเภอไทย                                                  |
| ทิศตะวันตก  | ติดต่อกับ | ประเทศสาธารณรัฐสังคมนิยมแห่งประเทศไทย และ มหาสมุทรอินเดีย |

##### 1.2 ธรณีวิทยาทั่วไป

จ.ประจวบคีรีขันธ์ ส่วนใหญ่ปรากฏ หินตะกอนยุคคาร์บอนิเฟอรัส – เพอร์เมียน กลุ่มหินแก่งกระจาน ปิดทับฐานล่างที่เป็นหินอัคนี ภายในชนิดหินแกรนิต โดยจะเปิดให้เห็นหินแกรนิตเป็นหย่อมๆ กลุ่มหินแก่งกระจาน ประกอบด้วยหินทราย หินโคลนปนกรวด หินดินดาน หินทรายแป้ง หินโคลน และหินเชิร์ต และปรากฏหินแปร ชนิดหินไนส์ บริเวณกลุ่มเขาชายฝั่ง อ.หัวหิน ปรากฏเป็น หินปูน กลุ่มหินราชบุรี ยุคเพอร์เมียน เป็นแนวทิวเขา ในเขต กิ่งอ.สามร้อยยอด ตามที่ราบชายฝั่ง ปรากฏตะกอนยุคควอเทอร์นารี

จ.ชุมพร พื้นที่เป็นภูเขาสูงด้านตะวันตกตามแนวเทือกเขาตะนาวศรีตอนล่าง และแนวเทือกเขาภูเก็ตตอนบน มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ปกคลุมด้วยหินตะกอน กลุ่มหินแก่งกระเจานที่เป็นหินทราย และหินโคลนปนกรวด หินดินดาน หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน และหินเชิร์ต ปิดประกอบด้วยบนหินฐานล่าง ที่เป็นหินแกรนิต ที่เปิดให้เห็นเป็นหย่อมๆ พบหินปูน ยุคเพอร์เมียน กลุ่มหินราชบุรี บริเวณตอนกลางของจ. ที่อยู่ในรูปเขาโดด กระจายอยู่เป็นหย่อมๆ เป็นหินปูน สีขาวหม่น หรือ สีเทา บางแห่งพบฟอสซิล แทรกอยู่ในเนื้อหิน ตามบริเวณหย่อมเขาขนานชายฝั่ง เป็นหินหมวด ลำทับ ที่ส่วนใหญ่ เป็นหินทราย โดยมีหินทรายแป้ง และหินกรวดมน ปะปนอยู่ด้วย และตามที่ราบ ที่ราบชายฝั่งเป็นตะกอนธรณี ยุคควอเทอร์นารี

จ.ระนอง พื้นที่มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ปกคลุมด้วยหินตะกอน ยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน กลุ่มหินแก่งกระเจาน ที่เป็นหินทราย และ หินโคลนปนกรวด หินดินดาน หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน และหินเชิร์ต ที่ปิดทับอยู่บนหินฐานชั้นล่าง ที่เป็นหินอัคนีแทรกซอน ประเภทหินแกรนิต ซึ่งเมื่อหินด้านบนถูกเขาชะกร่อน จะเปิดให้เห็นเป็นหย่อมๆ การมีหินฐานล่างเป็นหินแกรนิต ทำให้มีแร่ดีบุก และพลูมปรากฏอยู่ด้วยตามที่ราบ และที่ราบชายฝั่ง เป็นตะกอนยุคควอเทอร์นารี ( กวี วรรณ . 2546 : 34,68,106 )

### 1.3 ธรณีวิทยาจ.ประจวบคีรีขันธ์

พื้นที่จ.ประจวบคีรีขันธ์ ประกอบด้วย หินยุคไซลูเรียน – ดีโวเนียน (SD) ประกอบด้วย หินควอร์ตซ์ชีสต์ สลับกับควอร์ตซ์ หินชนวน หินดินดาน สีเทาขาว บางแห่งเป็นหินชีสต์ ซึ่งสลับกับแคลไซต์ – ซิลิเกต มีลักษณะเป็นเขาโดดๆ ไม่สามารถหาความต่อเนื่องของชั้นหินตอนบนได้

หินชั้นยุคคาร์บอนิเฟอรัส (C) ประกอบด้วย หินแกรนิต และ หินดินดานปนกรวด อยู่ส่วนล่างมีกรวดของควอร์ตซ์ไสต์ และควอร์ตซ์ ส่วนตอนบนจะเป็นหินทรายแป้ง และหินดินดาน

หินชั้นยุคเพอร์เมียน (P) ประกอบด้วย หินปูนสีเทาปนน้ำตาล มีลักษณะเป็นภูเขาโดดๆ ลูกเล็กๆ

หินชุดเมโซโซอิก ประกอบด้วย หินปูน หินกรวดมน อยู่ส่วนล่างสลับกับหินทราย สีน้ำตาล น้ำตาลปนแดง

ตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี (Q) ประกอบด้วย ตะกอนแม่น้ำ ทรายชายหาด ซึ่งมีกรวด หลายขนาด เช่น ควอร์ตซ์ ควอร์ตซ์ไสต์ หินทราย และหินแกรนิต

หินอัคนี บริเวณนี้วางตัวเป็นแนวยาวตามชายแดนติดต่อกับประเทศพม่า ประกอบด้วย หินแกรนิต ได้แก่ ฮอร์นเบลนด์ – ไบโอไทต์ และ หินแกรนิตไนส์ นอกจากนี้ยังพบหินไรโอไลต์แทรกอยู่ทั่วไปกับหินฮอร์นเบลนด์ – ไบโอไทต์ ( มนตรี ศิลปาลิต และคณะ. 2548 : 213 -218 )

#### 1.4 ธรณีวิทยาจังหวัดชุมพร

พื้นที่ จ.ชุมพร ประกอบด้วย หินชั้นยุคไซลูเรียน – ดีโวเนียน (SD) ประกอบด้วยหินแกรนิต หินทรายปนกรวด หินดินดานปนกรวด และหินโคลน พบทางซีกตะวันตก และทิศเหนือ บริเวณอ.ละแม อ.หลังสวน อ.ทุ่งตะโก อ.สวี อ.พะโต๊ะ อ.ท่าแซะ อ.ปะทิว และ อ.เมือง

หินชั้นยุคคาร์บอนิเฟอรัส (C) ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง และหินดินดาน พบแพร่กระจาย อยู่ร่วมกับหินชั้นยุคไซลูเรียน – ดีโวเนียน

หินชั้นยุคเพอร์เมียน (P) เป็นหินปูนชุดราชบุรี พบกระจายเป็นแหล่งเล็กๆ ตามแนวเส้นทางหลวง ตั้งแต่ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี ผ่าน จ.ชุมพร จนถึงเขาไชยราช จ.ประจวบคีรีขันธ์ มีลักษณะเป็นภูเขาโดดๆ ลูกเล็กๆ สำหรับบริเวณใหญ่ๆ มีอยู่ 2 บริเวณ คือ ทางทิศตะวันตกของ อ.สวี ถึง อ.เมือง ซึ่งประกอบด้วยเขาช่องซุกซัง เขาน้ำชา เขาหลัก เขาช่องแรด และบริเวณเขาเขียว เขาแหลมใหญ่ อ.ปะทิว โดยจะพบว่ามีรอยเลื่อน ตัดผ่านในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้

หินชั้นยุคจูแรสซิก (J) ประกอบด้วย หินทรายปนกรวดมน หินทราย และหินทรายแป้ง พบบริเวณชายฝั่งทะเล และเกาะต่างๆ ในทะเลอ่าวไทย ตั้งแต่อ.ละแม อ.หลังสวน และ อ.เมืองชุมพร ได้แก่ เกาะมะพร้าว เกาะเสม็ด แหลมคอกว้าง แหลมทุ่งทราย แหลมแท่น เกาะไข่ บริเวณนาสะพาง

ตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี (Q) ประกอบด้วยกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว จะพบตามแนวชายฝั่งตลอดแนว ตั้งแต่เหนือจรดใต้ของ จ.ชุมพร

หินแกรนิตยุคครีเทเชียส เป็นหินไบโอไทต์ – มัสโคไวต์แกรนิต เนื้อปานกลางถึงละเอียด เกิดเป็นเทือกเขาขนาดใหญ่ วางตัวในแนวเหนือ – ใต้ พบอยู่ 3 บริเวณใหญ่ๆ คือ บริเวณตะวันออก ของ อ.พะโต๊ะ บริเวณตะวันตก ของ อ.หลังสวน ถึง อ.สวี ได้แก่ เขาวังตะเคียน และทางทิศตะวันตก ของ อ.ท่าแซะ ติด จ.ระนอง และพม่า ได้แก่ เขาปลายคลองบางนา เขาตาเถร

หินภูเขาไฟยุคครีเทเชียส (Kv) ประกอบด้วย หินแอนดีไซต์ ไรโอไลต์ พบบริเวณเล็กๆ ทางตะวันตก ของ อ.ท่าแซะ ( อำเภอ ทองภักดี 2539 : 5 – 6 )

### 1.5 ธรณีวิทยาจังหวัดระนอง

พื้นที่ จ.ระนอง ประกอบไปด้วยตะกอนร่วน – ตะกอนกึ่งแข็งตัว สมัยปัจจุบันของยุคควอเทอร์นารี หินตะกอนยุคคาร์บอนิเฟอรัส เพอร์เมียน หินอัคนี ยุคครีเทเชียส และหินแปร ซึ่งมีต้นกำเนิดมาจากทั้งหินตะกอน และหินอัคนี เป็นแหล่งแร่ดีบุกและแร่หายากในอดีต และเป็นแหล่งแร่ดินขาวปริมาณมหาศาลในปัจจุบัน

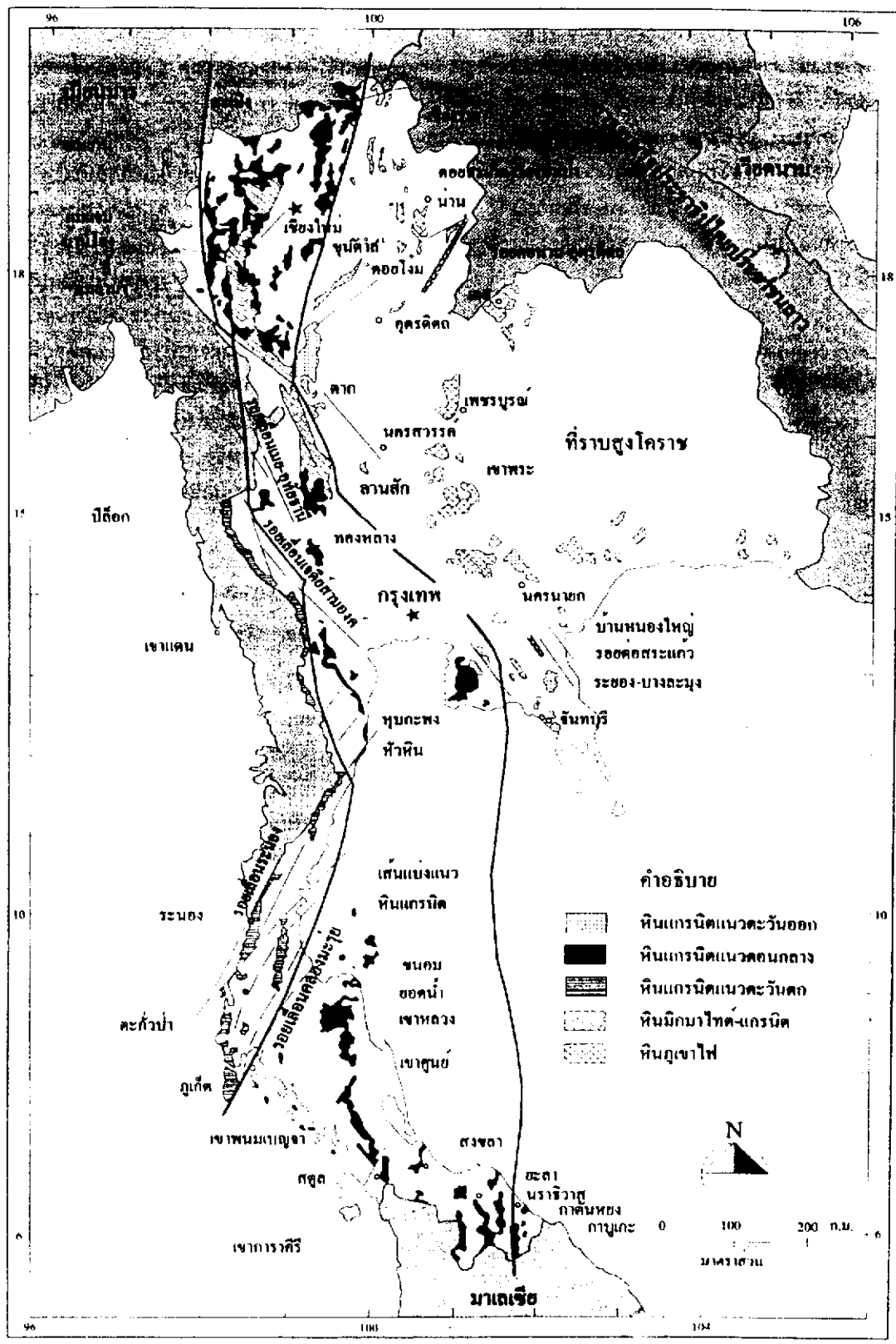
ตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Q) อยู่ตามแหล่งหรือบริเวณต่างๆ โดยตะกอนเศษหิน ดินทรายเหล่านี้ แหล่งตะกอนมีทั้งชนิดที่เกิดแบบสะสมตัวอยู่กับที่ และถูกเคลื่อนย้ายไปสะสมตัวในแหล่งใหม่ โดยกระบวนการทางน้ำ กระบวนการชายฝั่ง หรือผสมผสานกัน แล้วแต่ความเหมาะสมของสถานที่ สิ่งแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการตกจมทับถม หรือจัดเรียงตัวของ วัตถุต้นกำเนิด

หินอัคนีเกือบทั้งหมดเป็นหินแกรนิต มีอายุครีเทเชียส (Cretaceous) ของปลายช่วงมหายุคมีโซโซอิก (Late Mesozoic Era) ที่เกิดแทรกดัน ยกตัวขึ้น และตัดผ่านหินท้องที่เดิม ขึ้นมาในหลายช่วงเหตุการณ์ด้วยกัน ได้เป็นหินแกรนิตหลายชนิด ในรูปของหินอัคนีมวลไพศาล (ไบโอไทต์) ปรากฏเป็นแนวประมาณเหนือ - ใต้ เฉียงไปทางตะวันออกเล็กน้อย อยู่ทางฟากตะวันตก ของจังหวัด ในรูปของเทือกเขาเป็นช่วงๆ โดยปรากฏอยู่ในเทือกเขาสูง ตั้งแต่บริเวณด้านเหนือสุดของจังหวัด และเป็นแนวเทือกเขาพาดผ่านตัวเมืองระนอง ลงไปทางใต้จนถึงตัว อ.กะเปอร์ และไปปรากฏที่บริเวณเทือกเขา เขตต่อเนื่องกับ จ.พังงา - จ.สุราษฎร์ธานี ขบวนการเกิดหินอัคนีนี้ยังก่อให้เกิดแหล่งแร่ดีบุก - ทังสแตน ที่สำคัญในภูมิภาคนี้ และมีแร่หายากหลายชนิดเกิดร่วมด้วย ประกอบกับมีกระบวนการนำแร่ร้อน ไอเก๊าซร้อน ทำให้หินแกรนิตบางส่วนกลายเป็นแหล่งดินขาว

หินตะกอน เป็นหินชนิดที่แผ่กระจายครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด ประกอบด้วยหินหลายชนิดของช่วงมหายุคพาเลโอโซอิก โดยส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนชนิดเนื้อหินมีกรวดปน จำพวกหินโคลนปนกรวด และหินทรายปนกรวด หินดินดาน อายุคาร์บอนิเฟอรัส - เพอร์เมียน จัดอยู่ในหมวดหินชุดแก่งกระเจาน ซึ่งบางส่วนแปรสภาพ ไปเป็นหินแปร หินตะกอน ที่อายุอ่อนที่สุด คือหินอายุเพอร์เมียน ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นจำพวกหินปูน หรือ เพอร์เมียนไลม์สโตน (Permian Limestone) ในกลุ่มหินราชบุรี มีการแผ่กระจายเป็นภูเขาบริเวณแคบๆ ด้านตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งจะเป็นแนวเดียวกับเทือกเขาหินปูนที่วางตัวเรียงรายในแนวเกือบเหนือ - ใต้ ในเขต อ.สวี จ.ชุมพร และยังปรากฏเป็นเขาลูกโดดบริเวณถ้ำพระขยงค์ตอนใต้ของ อ.กระบุรี

หินแปร มีหลายชนิดมีทั้งกำเนิดมาจากการแปรสภาพ ของหินตะกอนอายุคาร์บอนิเฟอรัส - เพอร์เมียน และหินแกรนิตบางส่วน ได้เป็นหินชนวน หินควอร์ตไซต์ หินดินดานกึ่งชนวน หินฟิลไลต์ - กึ่งฟิลไลต์ หินชีสต์ หินฮอร์นเฟลส์ มีทั้งการแปรสภาพแบบสัมผัส และการแปรสภาพบริเวณไพศาล

ลักษณะการวางตัว เป็นแนวของเทือกเขาทิศทางของอุคคลองลำธาร และแม่น้ำ สอดคล้องกับสภาพธรณีวิทยาโครงสร้างหลักของพื้นที่ อันได้แก่ รอยเลื่อน - รอยแตก และการคดโค้งของชั้นหิน โดยแนวทิศทางหลักของเทือกเขา และรอยเลื่อนหลัก ในพื้นที่อยู่ในแนวทิศทาง ตะวันออกเฉียงเหนือ ถึง ตะวันออกเฉียงเหนือค่อนทางเหนือ และ มีรอยเลื่อนย่อยๆ ในทิศทาง ตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ ตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันออก - ตะวันตก การปรับเปลี่ยนลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้าง ของเปลือกโลกในภูมิภาคนี้ ก่อให้เกิดระบบ รอยเลื่อนขนาดใหญ่ที่วางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ ถึง ตะวันออกเฉียงเหนือค่อนทางเหนือ ได้แก่ แถบรอยเลื่อนระนอง (Ranong fault zone) พาดผ่าน จ.ระนอง ต่อเนื่องไปยัง จ.ประจวบคีรีขันธ์ และอำเภอไทย รอยเลื่อน ที่สำคัญใน จ.ระนอง มีลักษณะเป็นกลุ่มรอยเลื่อนขนาดใหญ่ เรียกว่า กลุ่ม รอยเลื่อนระนอง เป็นกลุ่มรอยเลื่อนที่มีการเคลื่อนที่ในแนวราบ หรือรอยเลื่อนเหลื่อมข้างมีแนวการ วางตัวในทิศทาง ประมาณตะวันออกเฉียงเหนือ ถึง ตะวันออกเฉียงเหนือค่อนทางเหนือ พาดผ่าน จ.ระนอง - จ.ประจวบคีรีขันธ์ - อำเภอไทย มีลักษณะเป็นการเคลื่อนตัวในแนวราบเหลื่อมข้างซ้าย ( Left lateral strike - slip fault ) (พงศ์พจน์ เจริญตน. 2542 : 24 - 27 )



ภาพประกอบ 2 แสดงการกระจายตัวของหินแกรนิต และหินภูเขาไฟในประเทศไทย พร้อมทั้งแนว รอยเลื่อนหลัก ที่ปรากฏในภาคต่างๆ  
ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี. (2542). ธรณีวิทยาประเทศไทย.

## 2. เอกสารเกี่ยวกับพุน้ำร้อน

### 2.1 พุน้ำร้อน

อักษรานุกรมภูมิศาสตร์ไทย ให้นิยามของ พุน้ำร้อนว่า เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ น้ำไหลพุ่งขึ้นมาจากใต้ดิน และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ อาจอุ่นๆ ถึงเดือด พล่าน และอาจบริสุทธิ์ หรือมีแร่ธาตุ รวมทั้งแก๊สละลายอยู่ด้วย ทำให้มีรส และกลิ่นต่างกัน ปริมาณ น้ำที่ไหลออกมาแต่ละพุก็จะต่างกัน ( อักษรานุกรมภูมิศาสตร์ไทย. 2545 : 243 )

พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ อังกฤษ – ไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2523 นิยาม พุน้ำร้อนว่า เป็นน้ำที่ขึ้นมาจากใต้ดิน และอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ เรียกว่า พุน้ำร้อน อาจจะมีอุณหภูมิ จนถึงเดือดพล่าน อาจบริสุทธิ์ หรือมีแร่ธาตุ รวมทั้งแก๊สละลายอยู่ ทำให้มีรส และกลิ่นต่าง ๆ กัน ( พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ อังกฤษ – ไทย. 2523 : 418 )

อดิชาติ สุรินทร์คำ และคณะ 2526 ให้นิยามของ พุน้ำร้อน ว่า ต้นกำเนิดของน้ำร้อนที่ พบในแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ แต่ละแหล่งในโลกมักมีต้นกำเนิด ของน้ำจากบรรยากาศ ที่ ไหลซึมผ่านช่องว่าง หรือรอยแตกของหินลึกลงไปใต้ดินได้รับความร้อนจากหินร้อนทำให้มีอุณหภูมิ และความดันสูงขึ้น ไหลกลับสู่เบื้องบน ( อดิชาติ สุรินทร์คำ และ อำนวยชัย เทียนประเสริฐ. 2526 : ไม่ปรากฏเลขหน้า )

สรุป จากการให้คำนิยามของนักวิชาการพอสรุป ความหมายของพุน้ำร้อนได้ว่า เป็น น้ำที่อยู่ใต้ดิน เมื่อน้ำร้อนนั้นสัมผัสกับตัวนำความร้อน ก็จะมีแรงดัน พุ่งขึ้นสู่ผิวดินตามร่อง รอยแตก ของหิน

### 2.2 ระบบของพลังงานความร้อนใต้พิภพ

พลังงานความร้อนใต้พิภพ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระบบใหญ่ ตามลักษณะทาง ธรณีวิทยา และการพัฒนา นำพลังงานความร้อนขึ้นมาใช้ ดังนี้

2.2.1 ระบบวงจรการพาความร้อน ( Hydrothermal – convection system ) เป็นระบบ ของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ ที่เกี่ยวเนื่องกับการที่น้ำ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำฝน ไหลซึมลงสู่ชั้น ดิน ชั้นหิน ลึกลงไปภายในเปลือกโลก และได้รับการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อน เช่น หิน หนืดที่อยู่เบื้องล่าง ทำให้น้ำร้อนขึ้น และไหลกลับขึ้นสู่ผิวดิน ถ้าน้ำร้อนมากพอ น้ำเดือด ไอน้ำจะมี แรงดัน ดันน้ำให้ขึ้นสู่ผิวดิน เป็นพุน้ำร้อน แหล่งพลังงานความร้อน ระบบวงจรการพาความร้อน นี้ ประกอบด้วย น้ำร้อน หรือ ไอน้ำเป็นส่วนใหญ่

2.2.2 ระบบหินแห้งร้อน ( Hot – dry rock systems ) เป็นระบบที่แหล่งกักเก็บความ ร้อน เป็นหินเนื้อตัน น้ำหรือของเหลวไม่สามารถไหลผ่านได้ การนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ จึง กระทำได้โดยการใช้แรงอัด ให้เกิดรอยแตกในหิน แล้วอัดน้ำเย็นลงไป น้ำจะได้รับการถ่ายเทความ ร้อนจนมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเกิดไอร้อนพุ่งขึ้นตามท่อ

2.2.3 ระบบแรงกดดันทางธรณี ( Geopressed systems ) เป็นระบบที่แหล่งให้พลังงานความร้อนใต้พิภพ เกิดขึ้นจากแรงกดทับของชั้นหินหนาเบียดบน เป็นผลให้มีแรงกดดัน ทำให้น้ำใต้ดิน ที่กักเก็บอยู่ในชั้นข้างล่างมีอุณหภูมิสูงขึ้น ( อักษรานุกรมภูมิศาสตร์ไทย. 2545 : 243 )

### 2.3 ประเภทของพุน้ำร้อน

พลังงานความร้อนใต้พิภพ ที่ถูกปล่อยจากภายในโลกสู่ผิวดินนั้น พบได้หลายแบบ ตามลักษณะของน้ำร้อนที่ไหลพุ่งขึ้นมา

2.3.1 พุน้ำร้อน ( Hot spring ) เป็นแหล่งที่น้ำไหลจากใต้ดินสู่ผิวดิน โดยอุณหภูมิของน้ำอาจร้อนจัด หรือเพียงอุ่นๆ เท่านั้น

2.3.2 ไกเซอร์ หรือ กีย์เซอร์ ( Geyser ) เป็นพุน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ และแรงดันของน้ำสูงมาก จนทำให้พุ่งออกมาพื้นดิน เป็นลำน้ำ และไอน้ำสูงขนาดใหญ่ โดยปกติมักพุดเป็นพักๆ

2.3.3 พุแก๊ส ( Fumarole ) มีลักษณะเป็นรู หรือรอยแยก ในดินที่มีแก๊ส หรือไอร้อนพุ่งออกมา มักมีกลิ่นคล้ายไข่เน่า

2.3.4 พุโคลน ( Mud pot ) ประกอบด้วย โคลนเดือดที่พุ่งขึ้นมาจากภายในโลก มักเกี่ยวข้องกับ พุน้ำร้อนไกเซอร์ และพุน้ำร้อนอื่นๆ ในบริเวณภูเขาไฟ ปกติมักมีกำมะถันมาก

### 2.4 การใช้ประโยชน์จากแหล่งพุน้ำร้อนในประเทศไทย

2.4.1 การผลิตกระแสไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้พัฒนาแหล่งพุน้ำร้อน อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาดกำลังผลิต 300 กิโลวัตต์ โดยส่งต่อเข้ากับระบบสายส่งไฟฟ้า ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2.4.2 ด้านอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม การไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่งประเทศไทยได้ร่วมกับสถาบันต่างๆ พัฒนาสร้างห้องอบแห้ง และห้องเย็นโดยใช้น้ำร้อนที่ผ่านจากโรงไฟฟ้าสำหรับการอบแห้ง และการเก็บรักษาพืชผลทางการเกษตร ตลอดจนการใช้น้ำร้อนจากบ่อเจาะสำรวจที่มีน้ำพุ ขึ้นมาที่แหล่งสันกำแพง ในการบ่มใบยาสูบ และอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

2.4.3 พัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยว และสถานที่พักผ่อน เช่นที่ อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ และ อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี อ.เมืองระนอง จ.ระนอง นอกจากเป็นสถานที่พักผ่อนอาบน้ำแร่ ยังอาจใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ด้านกายภาพบำบัดได้ด้วย ( อักษรานุกรมภูมิศาสตร์ไทย. 2545 : 244 – 246 )

### 3. ปัจจัยการเกิดพุน้ำร้อน

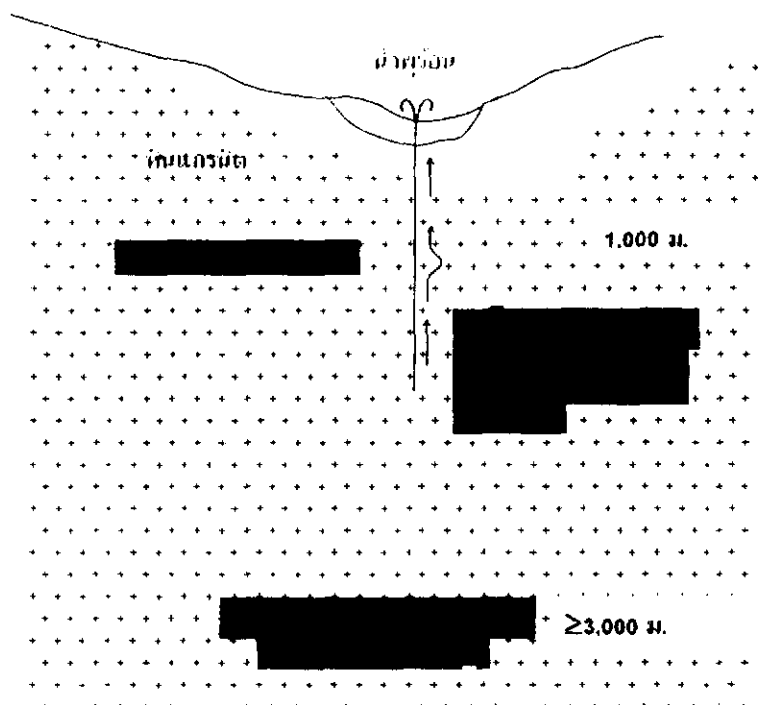
#### 3.1 แหล่งความร้อน

โดยปกติอุณหภูมิของชั้นหินที่ประกอบเป็นเปลือกโลกจะเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ทุกๆ ระดับความลึก 30 เมตร แต่บริเวณที่มีพุน้ำร้อน จะพบว่าอุณหภูมิข้างล่างในทุกกระยะ 30 เมตร สูงกว่าปกติ ทั้งนี้ เนื่องจากมีแหล่งหินหนืด (magma) หรือหินอัคนี เช่น หินแกรนิต หนุนแทรกในชั้นหินเหล่านั้น และเป็นตัวนำพาความร้อนจากภายในโลกถ่ายเทขึ้นสู่ผิวโลก พุน้ำร้อนมักเกิดในบริเวณที่ได้ผิวโลกมีแหล่งหินหนืดอยู่ในระดับตื้นๆ และส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำใต้ดิน เมื่อน้ำผิวดินไหลซึมลงไปตามรอยแตก รอยร้าวของหิน หรือไหลซึมผ่านชั้นหินเนื้อฟามโดยตรงลงไป ในแหล่งน้ำใต้ดิน ความร้อนจากหินข้างล่างหรือจากหินหนืดจะแผดเผาให้หินเนื้อฟามและน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น และปรากฏเป็นพุน้ำร้อนขึ้น ซึ่งจะพบพุน้ำร้อนได้จาก 2 รูปแบบการเกิดประกอบด้วย

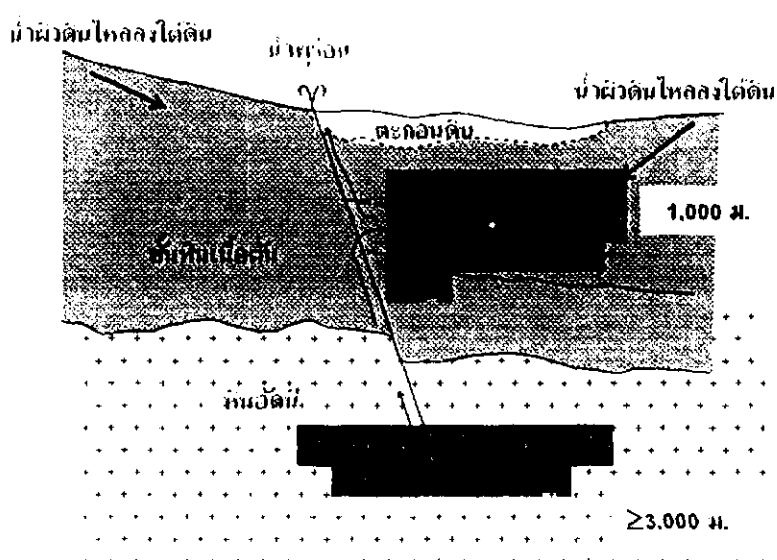
3.1.1 รูปแบบพุน้ำร้อนที่เกิดในหินแกรนิต ที่ไหลขึ้นมาตามรอยเลื่อน และรอยแยก จะถ่ายเทความร้อน ทำให้อุณหภูมิของน้ำร้อนลดลง แล้วไหลขึ้นสู่ผิวดิน ปรากฏเป็นพุน้ำร้อน แหล่งพลังงานความร้อนได้พิภพ รูปแบบนี้มีศักยภาพพลังงานค่อนข้างต่ำเนื่องจาก แหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนเป็นเพียงรอยเลื่อน และรอยแยก ของหินแกรนิต ปริมาณน้ำร้อนในรอยเลื่อน และรอยแยก มีจำนวนน้อยไม่เพียงพอที่จะพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์ ดังภาพประกอบ 3

3.1.2 รูปแบบพุน้ำร้อนที่เกิดในหินชนิดอื่นที่ปิดทับหินแกรนิต รูปแบบนี้มีลักษณะคล้ายกับรูปแบบที่เกิดในหินแกรนิต แต่จะต่างกันที่มีหินชนิดอื่นปิดทับอยู่บนหินแกรนิต กล่าวคือ น้ำร้อนจากรอยเลื่อน และรอยแยก ในหินแกรนิตที่อยู่ระดับลึก จะไหลขึ้นมาสะสมตัวในหินชั้น หรือ หินตะกอน ซึ่งมีความพรุนสูง น้ำเย็นหรือน้ำบาดาล อาจเข้าผสมทำให้อุณหภูมิลดลง และบางส่วนของน้ำร้อนนี้ จะไหลขึ้นสู่ผิวดิน ตามรอยเลื่อน หรือรอยแยก ปรากฏเป็นพุน้ำร้อน แหล่งพลังงานความร้อนได้พิภพ รูปแบบนี้มีแหล่งกักเก็บขนาดใหญ่ มีปริมาณน้ำร้อนจำนวนมาก และถึงแม้จะมีอุณหภูมิไม่สูงนัก แต่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถพัฒนาเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ และเป็นแหล่งที่มีศักยภาพพลังงานสูงกว่ารูปแบบที่เกิดในหินแกรนิต ดังภาพประกอบ 4 (อดิชาติ สุรินทร์คำ และ อำนวยชัย เทียนประเสริฐ.2526 : ไม่ปรากฏเลขหน้า )

ความสัมพันธ์หินแกรนิตกับพุน้ำร้อน ตัวนำพาความร้อนจากภายในโลกถ่ายเทขึ้นสู่ผิวโลก พุน้ำร้อนมักเกิดในบริเวณที่ได้ผิวโลกมีแหล่งหินหนืดอยู่ในระดับตื้นๆ และส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำใต้ดิน พลังงานความร้อนจากหินหนืดได้โลกจะถ่ายเทไปสู่ชั้นหินที่ปิดทับอยู่ด้านบน ส่งผลให้ชั้นหินเหล่านั้นมีความร้อนสะสม ความร้อนจากหินเหล่านั้นจะถ่ายเทหรือแผ่ไปสู่ชั้นหินเนื้อพรุน ซึ่งอยู่ถัดไปทำให้น้ำในบริเวณนั้นกลายเป็นน้ำร้อน แล้วไหลขึ้นมาสู่ผิวดินตามรอยแตก รอยแยก ปรากฏเป็นพุน้ำร้อนขึ้น



ภาพประกอบ 3 รูปแบบแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ ที่เกิดในหินแกรนิต  
ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี. (2542). ธรณีวิทยาประเทศไทย.



ภาพประกอบ 4 รูปแบบแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ ที่เกิดในหินชนิดอื่น  
ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี. (2542). ธรณีวิทยาประเทศไทย.

### 3.2 รอยเลื่อน

รอยเลื่อน เป็นรอยแตกของเปลือกโลกที่ทำให้ หินแต่ละข้างเคลื่อนที่ออกไปจากตำแหน่งเดิมจนชั้นหินเสียดกัน สาเหตุเกิดจากการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก ที่ทำให้หินได้รับแรงบีบอัดไม่เท่ากัน จากการที่เปลือกโลกเกิดรอยเลื่อนขึ้น ทำให้หินแต่ละข้างของรอยแตกนั้น ต้องเลื่อนตัวทั้งขึ้นและลง การแบ่งรอยเลื่อนสามารถแบ่งได้จากการเกิด เป็น 2 จำพวก คือ

3.2.1 พวกที่เกิดจากแรงดึง ( Tension ) ในบริเวณที่ชั้นหินคดโค้งอย่างรุนแรง บริเวณแกนกลางของ Anticline หินมักจะแยกออกจากกันตามรอยแตกที่ขนานกับแนวแกน ทั้งนี้เนื่องจากหินแต่ละข้างได้เอียงเท หรือเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม หินข้างหนึ่งอาจจะอยู่กับที่ แต่อีกข้างหนึ่งเอียงเทออกไป

3.2.2 พวกที่เกิดจากแรงบีบอัด ( Compression ) ซึ่งรอยเลื่อนที่เกิดจากแรงบีบอัดสามารถแบ่งได้เป็นชนิด Normal fault, Reverse fault, Strike – slip fault การแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ใช้ความเอียงของระนาบรอยเลื่อน ทิศทางการเคลื่อนที่ และแรงหรือความกดดันที่หินได้รับเป็นหลัก

- Normal fault เป็นรอยเลื่อนชนิดที่หินแต่ละข้างเคลื่อนที่ลงตามแนวระนาบของรอยเลื่อน เนื่องจากรอยเลื่อนเป็นระนาบ ดังนั้นแนวของรอยเลื่อนจึงเป็นเส้นตรง ระนาบรอยเลื่อนชนิดนี้อาจจะอยู่ในแนวตั้ง หรือในแนวเอียงได้ทั้งสิ้น

- Strike – slip fault เป็นรอยเลื่อนชนิดที่หินแต่ละข้างเลื่อนตัวออกจากกันในแนวระดับ แนวที่หินแต่ละข้างเลื่อนตัวออกจากกันมักเป็นเส้นตรง ในธรรมชาติหินแต่ละข้างไม่ได้เลื่อนตัวไปในแนวตั้ง หรือแนวระดับอย่างแท้จริง ที่พบทั่วไปหินจะเลื่อนตัวทั้งสองทิศทาง

- Reverse fault เป็นรอยเลื่อนที่พบในบริเวณที่หินถูกแรงบีบอัดอย่างรุนแรง จนชั้นหินคดโค้งกลายเป็นภูเขา จากแรงบีบอัดเช่นนี้ทำให้หินเลื่อนตัวขึ้นไปทับอยู่บนหินอีกข้างหนึ่ง Fault อาจจะมีหลายๆ แนว และแต่ละแนวมีรอยเลื่อนขนานกัน ทำให้รอยเลื่อนตัดกันเป็นมุม ทั้งนี้อาจจะเกิดในระยะเวลาแตกต่างกันก็ได้ รอยเลื่อนที่เกิดก่อนจะถูกรอยเลื่อนที่เกิดภายหลังตัดผ่านทำให้เลื่อนออกจากตำแหน่งเดิม และรอยเลื่อนที่รุนแรงกว่าชุดหินจะเลื่อนไปจากตำแหน่งเดิมมากกว่า รอยเลื่อนที่รุนแรงน้อย ทุกๆ บริเวณที่เปลือกโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงและเปลี่ยนแปลงหลายๆ ครั้ง รอยเลื่อนที่เกิดขึ้นในเวลาต่างกันจะตัดกันไปมา เรียกลักษณะรอยเลื่อนชนิดนี้ว่า Fault pattern หรือ Fault system ( แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์.2534 : 179 -180 )

ความสัมพันธ์ระหว่างพุน้ำร้อนกับรอยเลื่อน กล่าวคือ รอยเลื่อนเป็นช่องทางให้น้ำเย็นจากผิวดินไหลลงไปใกล้หินต้นกำเนิดความร้อนใต้โลก และนำพาเอาน้ำร้อนขึ้นมาสู่ผิวโลก ตามแนวรอยแตก รอยแยก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของระบบพลังงานความร้อนใต้พิภพ โดยเฉพาะรอยเลื่อนและรอยแตก ที่เกิดต่อเนื่องกัน เป็นช่องทางให้หินหนืดร้อน ขึ้นมาสะสมตัวอยู่ใกล้ผิวโลก เป็นต้นกำเนิดความร้อนที่สำคัญแก่พลังงานความร้อนใต้พิภพ

### 3.3 น้ำบาดาล

น้ำบาดาล หมายถึง น้ำที่เก็บกักอยู่ในช่องว่าง หรือในรอยแตกของชั้นหินใต้พื้นดิน และช่องว่างดังกล่าวอึดตัวด้วยน้ำ ดังนั้นบ่อที่เจาะลงไปชั้นน้ำชนิดนี้จึงเรียกว่า บ่อน้ำบาดาล ปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมลงไปเก็บกักอยู่ในแหล่งน้ำบาดาล จะมีปริมาณมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความสามารถของชั้นหินใต้ดินที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ ถ้าเป็นหินร่วน ( Unconsolidated rocks ) เช่น กรวด ทราย หรือดินเหนียว ปริมาณน้ำขึ้นอยู่กับความพรุนของหิน หรือช่องว่างในหิน ถ้าเป็นหินแข็ง ( Consolidated rocks ) ปริมาณน้ำขึ้นอยู่กับขนาด และความต่อเนื่องของรอยแตก รอยเลื่อน โฟรง และช่องว่างระหว่างการวางตัวของชั้นหินต่างชนิดกัน

3.3.1 แหล่งน้ำบาดาลในหินร่วน หมายถึง น้ำบาดาลที่เจาะพบในชั้นกรวด ทราย ดินเหนียว ที่เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนที่แม่น้ำพัดพามาที่ลุ่มบริเวณริมฝั่งแม่น้ำ หรือร่องน้ำเก่า นอกจากนี้ยังมีตะกอนที่ราบเชิงเขา และตะกอนที่ราบทรายชายทะเล ในหินร่วนจะมีน้ำฝนกักเก็บเป็นแหล่งน้ำบาดาลประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงทั้งปี โดยน้ำบาดาลจะกักเก็บในช่องว่างของเม็ดกรวด ทราย หรือเศษหินต่างๆ ชั้นหินร่วนสามารถแบ่งแยกตามลักษณะการปรากฏตัวในธรรมชาติได้ 5 พวก คือ

- กรวดทรายตามลำน้ำ ประกอบด้วย กรวดทรายรองรับท้องน้ำ กรวดทรายตามคูกน้ำ กรวดทรายในลำน้ำหลาก และกรวดทรายในร่องน้ำเก่าๆ กรวดทรายประเภทนี้มักถูกกระแสน้ำพัดพา และคัดเลือกให้แยกประเภทหรือแยกขนาด ตลอดจนเรียงตัวกันอย่างดี จึงมักมีคุณสมบัติที่ดีที่สุด ทั้งในด้านความพรุน และความซึมได้ ประกอบกับอยู่ใกล้ลำน้ำ จึงได้รับน้ำเพิ่มเข้าสู่แหล่งน้ำบาดาลโดยตรง หินประเภทนี้ จึงถือเป็นชั้นน้ำที่ดีที่สุด

- กรวดทรายในทุ่งราบ กรวดทรายประเภทนี้มีคุณสมบัติไม่แน่นอน ถ้ามีอาณาเขตกว้างขวาง และมีความหนาแน่นมาก อย่างในที่ราบภาคกลาง ก็จะเป็นแหล่งผลิตน้ำบาดาลมีมาส่วนในที่ราบที่มีชั้นกรวดทรายบางๆ เป็นหย่อมๆ อย่างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางแห่งในภาคเหนือก็จะเป็นแหล่งผลิตน้ำขนาดเล็กๆ การเพิ่มเติมปริมาณน้ำบาดาลในแหล่งประเภทนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณฝนตกเป็นส่วนใหญ่

- กรวดทรายในหุบเขา กรวดทรายประเภทนี้ ส่วนใหญ่ได้จากการผุพังทับถมของเศษหินจากภูเขา ดังเช่นหุบเขาทั้งขนาดเล็กและใหญ่ในภาคเหนือ ปริมาณน้ำที่ได้จากแหล่งประเภทนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการเรียงตัว และขนาดเม็ดทรายและเศษหิน หากกรวดทรายมีช่องว่างใดๆ ไม่มีดินหรือทรายละเอียดเข้าไปอุดในช่องว่าง ก็มีโอกาสน้ำให้น้ำได้มาก

- กรวดทรายในที่ราบสูงเชิงเขา ที่ราบสูงเชิงเขา ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นลานเทชั้นบันได (Terraces) แสดงขอบลุ่มน้ำหลายยุคเก่า ซึ่งตะกอนส่วนใหญ่หรือเฉพาะตอนส่วนกลาง ถูกกัดกร่อนชะล้างออกไปหมด โดยแม่น้ำหรือลำน้ำในปัจจุบันที่ราบสูงประเภทนี้ จึงมักรองรับด้วยกรวดเม็ดหยาบ ทรายหยาบ และกรวดกลมก้อนโตๆ มีทรายละเอียดและดินเหนียวแทรกอยู่ทั่วไป ความพรุน และความซึมได้จึงมีน้อยประกอบกับอยู่ในที่สูงและมีความหนาไม่มาก ระดับน้ำบาดาลอยู่ลึก

- กรวดทรายริมทะเล ที่ราบริมทะเลมีขนาดตั้งแต่เป็นชายหาดเล็กๆ ติดเขาบนฝั่ง ไปจนถึงขนาดเป็นทุ่งราบกว้างขวางสุดสลายตา ที่ราบประเภทนี้ มักมีแม่น้ำลำคลองไหลผ่าน กรวดทรายในที่ราบเช่นนี้จึงมี 2 ประเภท คือ กรวดทรายที่ถูกพัดพาและสะสมตัวในแม่น้ำ และกรวดทรายชายหาดที่ถูกพัดพามาสะสมโดยคลื่นจากทะเล ลักษณะน้ำบาดาลในที่ราบแบบนี้ เฉพาะส่วนที่อยู่ใกล้ หรือริมฝั่งทะเล กรวดทรายมักมีขนาดเล็ก และปนด้วยน้ำเค็ม

3.3.2 แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง หมายถึง หินเนื้อแน่นต่างๆ เช่น หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน หินปูน หินชนวน หินควอร์ตไซต์ หินแกรนิต หินภูเขาไฟ หินแอนดีไซต์ หินไรโอไรต์ หินบะซอลท์ เป็นต้น น้ำบาดาลจะกักเก็บในช่องว่าง ซึ่งเกิดขึ้นมาพร้อมกับหิน และช่องว่างที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากแรงกดดันภายในโลก ทำให้หินแตกร้าว เกิดเป็นรอยเลื่อน รอยแตก รอยแยก หรือเกิดจากขบวนการกัดกร่อนละลายเนื้อหิน ถ้ามีขนาดเล็กและไม่ต่อเนื่อง ทำให้ปริมาณน้ำบาดาลสะสมอยู่น้อย หรือบางแห่งบ่อจะแห้ง ชั้นน้ำบาดาลในหินแข็ง ประกอบด้วย

- หินทราย เกิดจากเม็ดทรายถูกน้ำประสานมาเกาะกันทำให้เม็ดติดต่อกันเป็นเนื้อเดียวกัน ลักษณะการประสานของเนื้อหินจะเป็นตัวบอกว่า หินทรายจะให้น้ำมาก หรือน้อย เนื้อหินทรายที่ถูกประสานไว้แต่เพียงเบาบาง มักมีความพรุนมากกว่าเนื้อหินที่ถูกประสานไว้อย่างแน่นหนา หินทรายส่วนใหญ่ในประเทศไทย โดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความพรุน และความซึมได้ต่ำผิดปกติ ในเนื้อหินมักจะไม่มีน้ำ น้ำบาดาลที่มีหินทราย ส่วนใหญ่จึงได้จากรอยแตก รอยร้าว และรอยต่อระหว่างชั้นหิน

- หินดินดาน มีต้นกำเนิดมาจากดินเหนียว มีความพรุนสูงมากเท่าๆ กับดินเหนียว แต่รูพรุนทั้งหมดเล็กมากจนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า และไม่ยอมให้น้ำไหลผ่าน

- หินปูน คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของหินปูน ที่มีค่าในทางที่จะเป็นแหล่งน้ำบาดาลได้แก่ การมีโพรงอยู่ในหิน โพรงเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดจากหินถูกปฏิกิริยาทางเคมี จนเนื้อหินบางส่วนเปื่อย และถูกน้ำชะล้างออกไป จึงมีลักษณะทั้งในแบบเป็นช่องว่างขนาดเล็กๆ ไปจนถึงเป็นถ้ำหรืออุโมงค์ขนาดใหญ่ นอกจากนั้น เนื้อหินปูนแท้ๆ แข็งเปราะและแน่น เมื่อถูกบีบอัดจึงมักจะเกิดรอยแตก รอยแยกระหว่างเนื้อหิน หรือระหว่างชั้นหิน

- หินชนวน และหินแปรอื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น หินฟิลไลต์ และหินซิสต์ มักมีลักษณะเป็นแผ่นๆ และถูกบีบอัดให้โค้งงอต่อเนื่องกัน ช่องว่างระหว่างแผ่นต่อแผ่นมักจะมีน้อย รอยแตกผ่านเนื้อหิน มักไม่ติดต่อกัน จึงไม่ค่อยมีน้ำไปกักเก็บอยู่ ประกอบกับการโค้งงออย่างรุนแรง เป็นอุปสรรคต่อการไหลถ่ายเทของน้ำ หินประเภทนี้จึงมีน้อยแห่งที่จะเป็นชั้นน้ำที่ดี

- หินควอร์ตไซต์ โดยปกติไม่มีน้ำในเนื้อหินชนิดนี้ ถ้ามีก็เฉพาะในรอยแตก และมีน้อยแห่งที่จะให้น้ำมาก การพัฒนาน้ำบาดาลในหินควอร์ตไซต์ ไม่ได้มีอุปสรรคเฉพาะปริมาณน้ำอย่างเดียว ความแข็งของหินยังเป็นปัญหาในการเจาะอีกด้วย

- หินแกรนิต หินอัคนี ที่พบมากในประเทศไทย ได้แก่ หินแกรนิต หินไดโอไรต์ หินแอนดีไซต์ และหินอื่นๆ ในตระกูลเดียวกัน รวมทั้งที่กลายเป็นหินแปร เช่น หินไนส์ด้วย ทั้งหมดนี้เป็นหินเนื้อแข็ง แน่น เกือบจะไม่มีน้ำพรุนอยู่เลย หินประเภทนี้เกิดอยู่ใกล้ๆ ผิวดิน มีรอยแตกร้าวมาก มีส่วนผุพังเนื่องมาจากการกัดกร่อนทำลายมาก ก็มีโอกาสดักเก็บน้ำไว้ได้พอสมควร

- หินบะซอลต์ หินภูเขาไฟชนิดนี้โดยทั่วๆ ไปไม่มีน้ำ เพราะมีเนื้อแน่น แต่ในบางกรณี ในเนื้อหินมีช่องว่างอันเป็นฟองอากาศที่เกิดขึ้นในขณะที่หินเย็นตัว หรือมีช่องว่างระหว่างชั้นต่อชั้น เนื่องจาก ตัวหินไหลถูกพ่นออกมาในระยะเวลาแตกต่างกัน จึงเกิดเป็นที่กักเก็บน้ำได้ หินบะซอลต์ บางแห่งจึงเป็นชั้นน้ำ และบางแห่งก็มีน้ำปริมาณมาก ( การบริหารและจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลในการพัฒนาประเทศ. 2542 : 12 – 17 )

ความสัมพันธ์ระหว่างพุน้ำร้อนกับระดับน้ำบาดาล มีความสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำของหินในแต่ละชนิดที่อยู่ใต้ดิน โดยความลึกของระดับน้ำบาดาล มีส่วนสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ กล่าวคือ ชั้นน้ำหินแข็ง มีศักยภาพในการให้น้ำต่ำ น้ำที่ได้จากชั้นหินแข็ง จะได้จากรอยแตก รอยแยก ระหว่างชั้นหิน ซึ่งน้ำที่ได้จากชั้นหิน มากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของแนวรอยแตก

## 4. เอกสารเกี่ยวกับรีโมทเซนซิง

### 4.1 ความหมายของรีโมทเซนซิง

โธมัส เอ็ม ลิลลีแลนด์ ให้ความหมาย รีโมทเซนซิงไว้ว่า รีโมทเซนซิงเป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์โดยเครื่องมือบันทึกข้อมูล โดยปราศจากการสัมผัสวัตถุพื้นที่หรือปรากฏการณ์นั้นๆ ( Thomas M. Lillesand. 2000 : 1 )

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ให้ความหมายรีโมทเซนซิง คือ การสำรวจระยะไกล หรือรีโมทเซนซิง เป็นวิทยาศาสตร์ และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์จากเครื่องมือบันทึกข้อมูล โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสกับวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral ) รูปทรงสัณฐานของวัตถุบนพื้นผิวโลก ( Spatial ) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal ) ( สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2536 : ไม่ปรากฏเลขหน้า )

สรุป ความหมายของรีโมทเซนซิง คือ การบันทึกข้อมูลจากระยะไกลโดยไม่สัมผัสกับวัตถุนั้นๆ ข้อมูลได้มาจากค่าการสะท้อนของพลังงานในช่วงคลื่นต่างๆ เช่น ช่วงคลื่นตามองเห็น ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน และช่วงคลื่นไมโครเวฟ เป็นต้น

- การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสายตา ( Visual interpretation ) เป็นการแปลตีความด้วยสายตา จากลักษณะองค์ประกอบของภาพ โดยอาศัยการพิจารณาปัจจัยด้านต่าง ๆ ได้แก่ สี

(Color) เงา (Shadow) รูปร่าง (Form) ขนาดของวัตถุ (Size) รูปแบบ (Pattern) ลวดลาย หรือ ลักษณะเฉพาะ (Texture) และองค์ประกอบทางพื้นที่ (Spatial components)

- การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ ( Digital analysis and image processing ) เป็นการตีความ ค้นหาข้อมูลส่วนที่ต้องการ โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์และสถิติ ซึ่งการที่มีข้อมูลจำนวนมาก ทำให้ไม่สะดวกที่จะทำการคำนวณด้วยมือได้ ดังนั้น จึงมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ ช่วยให้การประมวลผล ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์ สรุปได้ ดังนี้

การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น ( Pre-processing ) เป็นขั้นตอนการสร้างภาพกลับคืน หรือปรับปรุงข้อมูล ที่มีข้อบกพร่องในคุณสมบัติต่างๆ ให้มีความถูกต้อง ตรงตามความเป็นจริง และให้มีรายละเอียดชัดเจนตามเป้าหมาย เพื่อเตรียมพร้อมในการวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งประกอบด้วย

การแก้ระดับความเข้มสีเทา ( Radiometric Correction ) คือ การปรับแก้ระดับสีเทา อาจมีผลผลิตจากอุปกรณ์บันทึกภาพ หรือจากมุมแสงอาทิตย์ หรือจากการกระจายพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ผ่านชั้นบรรยากาศ ทำให้ได้ข้อมูลไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ และเป็นการปรับค่าข้อมูลบริเวณเดียวกัน แต่บันทึกในต่างวัน ต่างฤดู ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน

การแก้ไขความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต ( Geometric Correction ) คือ การบิดเบือนของตำแหน่งในภาพ เนื่องจากความผิดพลาดของการโคจร และระบบการบันทึกภาพของดาวเทียม โดยอาศัยจุดโยงยึดข้อมูล จะได้รับการปรับแก้ไขให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และสอดคล้องกับตำแหน่งบนผิวโลกตามระบบ UTM ของแผนที่

การเน้นคุณภาพข้อมูล ( Image Enhancement ) คือ การปรับปรุงค่าระดับความเข้มสีเทาของข้อมูล โดยการเลือกวิธีการเน้นคุณภาพให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้ข้อมูลใหม่ตามที่ต้องการศึกษา ทำให้การวิเคราะห์ถูกต้องยิ่งขึ้น โดยทั่วไปนิยมใช้วิธียืดความเข้มสีเทาเดิมที่อยู่ในช่วงแคบๆ ให้กระจายกว้างขึ้น โดยเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งทำได้หลายวิธีคือ

Linear Contrast Stretch เป็นการขยายพิสัย ( Range ) ของความเข้มสีเทาเดิมให้มีค่ามากยิ่งขึ้น ตามสมการเส้นตรง

Histogram Equalization เป็น Non-linear Contrast Stretch โดยการกระจายค่าความเข้มสีเทาให้เป็นการกระจายแบบปกติ คือให้จำนวนจุดภาพในแต่ละค่าความเข้มมีจำนวนใกล้เคียงกัน

**4.3 การประมวลผลข้อมูล ( Processing )** เป็นขั้นตอนการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) จากภาพดาวเทียม โดยทั่วไปแยกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

4.3.1 Unsupervised Classification การจำแนกประเภทข้อมูลโดยอาศัยค่าสถิติของการสะท้อนแสงช่วงคลื่นแสงของวัตถุต่างๆ โดยไม่ใช้ ข้อมูลภาคพื้นดินมาช่วยในการจำแนก

เรียกว่า Clustering สามารถจำแนก จำนวนกลุ่มประเภทข้อมูล การจำแนกวิธีนี้มักใช้กับพื้นที่ที่ไม่คุ้นเคย และเป็นขั้นตอนแรกในการจำแนกประเภทข้อมูล

4.3.2 Supervised Classification การจำแนกประเภทข้อมูล โดยอาศัยพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ของข้อมูลภาคพื้นดิน เป็นตัวแทนของลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏในภาพจากดาวเทียม เพื่อคำนวณค่าสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย ( Mean ) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation ) ค่า (Covariance Matrix ) ของแต่ละประเภทข้อมูล ค่าสถิติดังกล่าวเป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด วิธีการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ที่นิยม

- Minimum Distance to Means Classification คือ การจำแนกประเภทข้อมูล โดยพิจารณาค่าสะท้อนช่วงคลื่นของแต่ละจุดภาพ ว่ามีความห่างน้อยที่สุดจากจุดศูนย์กลาง (Mean) ของประเภทข้อมูล

- Parallelepiped Classification คือ การจำแนกประเภทข้อมูลโดยกำหนดช่วงผันแปร (Variance) ของประเภทข้อมูล จากค่าสะท้อนช่วงคลื่นต่ำสุด และสูงสุดภายในพื้นที่ข้อมูล ตัวอย่างแต่ละแบนด์

- Maximum Likelihood Classification คือ การจำแนกประเภทข้อมูลโดยพิจารณาค่า Mean Vector และ Covariance Matrix ของข้อมูลแต่ละประเภท โดยตั้งสมมุติฐานว่าแต่ละประเภทข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ( Normal Distribution ) แล้วคำนวณค่าความน่าจะเป็น ( Probability ) ของแต่ละจุดภาพ ว่าถูกจำแนกในประเภทข้อมูลใด โดยทั่วไปแล้ว วิธีนี้ให้ความถูกต้องมากที่สุด และต้องใช้เวลาคำนวณมาก

การจำแนกข้อมูลดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันเป็นที่นิยมมาก เนื่องจากสามารถใช้กับการจำแนกข้อมูลในพื้นที่ขนาดใหญ่ ใช้เวลาในการทำงานสั้นกว่าและสามารถจำแนกประเภทข้อมูลได้มากกว่า ในระยะเวลาสั้นกว่าการแปลความด้วยสายตา ปัจจุบันข้อมูลดาวเทียมที่นิยมใช้ในการจำแนกประเภทโดยทั่วไป เป็นข้อมูลดาวเทียมที่มีความละเอียดจุดภาพขนาดปานกลาง เช่น ดาวเทียม LANDSAT เป็นต้น เนื่องจากสามารถจัดหาข้อมูลค่อนข้างง่าย มีหน่วยงานใช้กันแพร่หลาย และราคาไม่แพง แต่เนื่องจากความละเอียดจุดภาพประมาณ 30 เมตร จึงทำให้ไม่สามารถแปลความได้ตามต้องการ อย่างไรก็ตาม การใช้ข้อมูลประเภทนี้ก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่ยังมีการใช้อยู่ในปัจจุบัน สำหรับทางเลือกใหม่ในการใช้ข้อมูลดาวเทียมเพื่อการจำแนกหรือการแปลความแล้ว ยังมีข้อมูลดาวเทียมอีกประเภทที่เรียกว่า ดาวเทียมรายละเอียดสูง ( High Resolution Satellite Imagery ) ที่มีความละเอียดจุดภาพที่ดีมาก สามารถมองเห็น และแปลความข้อมูลได้ชัดเจน และถูกต้องมากกว่า ข้อมูลดาวเทียมประเภทแรก ความละเอียดจุดภาพ ประมาณ 1 เมตร กล่าวได้ว่าสามารถเห็นข้อมูลเทียบเท่ากับภาพถ่ายทางอากาศ ( วิลาสลักษณ์ รอดโณม .2546 : 14 -16 )

#### 4.4 ดาวเทียม

4.4.1 ดาวเทียม LANDSAT เป็นดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจทรัพยากร ซึ่งเป็นของ องค์การบริหารการบินและอวกาศ แห่งชาติสหรัฐอเมริกา ( National Aeronautical and Space Administration, NASA ) ดาวเทียม LANDSAT เป็นดาวเทียมที่มีการโคจรแบบ โคจรรอบโลกใน แนวเหนือ - ใต้ เป็นวงผ่านขั้วโลก ใช้เวลาในการกลับมาที่เดิมทุก 18 วัน สำหรับดาวเทียม LANDSAT 1 2 และ 3 สำหรับดาวเทียม LANDSAT 4 และ 5 ใช้เวลาในการโคจรกลับมาที่เดิมทุก 16 วัน มีความสม่ำเสมอในการกลับมาถ่ายภาพ ณ จุดเดิม ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 37 กิโลเมตร

ปัจจุบันดาวเทียมดวงที่ยังคงปฏิบัติการอยู่คือ ดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบเก็บ ดาวเทียมที่สำคัญของดาวเทียม LANDSAT มี 2 ระบบ คือ ระบบ MSS Multi-spectral Scanner มี 4 ช่วงคลื่น คือ แบนด์ 4 และ 5 ให้รายละเอียด เกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ ทางน้ำ ถนน แหล่ง ชุมชน การใช้ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ ป่าไม้ พื้นที่เพาะปลูก แบนด์ 6 และ 7 ให้ รายละเอียด เกี่ยวกับความแตกต่าง ระหว่างพื้นดินกับพื้นน้ำ พื้นที่น้ำท่วม ธรณีสัณฐาน และธรณี โครงสร้าง ข้อมูล MSS 1 ภาพครอบคลุมพื้นที่ 185 x 80 ตารางกิโลเมตร มีรายละเอียดข้อมูล 80 x 80 เมตร อีกระบบ ที่ได้รับการปรับปรุงให้ได้รายละเอียดดีกว่า MSS คือระบบ TM ( Thematic Mapper ) มีการบันทึกใน 7 ช่วงคลื่น โดยแบนด์ 1 - 3 เหมาะสำหรับการทำแผนที่บริเวณชายฝั่ง และ จำแนกความแตกต่าง ระหว่างดิน กับพืชพรรณ แบนด์ 4 ใช้กำหนดปริมาณของมวลชีวภาพ และ จำแนกแหล่งน้ำ แบนด์ 5 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นของดิน ความแตกต่างระหว่างเมฆ กับหิมะ แบนด์ 6 มีรายละเอียดข้อมูล 120 x 120 เมตร ใช้ในการหาแหล่งความร้อน แบนด์ 7 ใช้จำแนกชนิด ของหิน และการทำแผนที่แสดงบริเวณ Hydrothermal มีรายละเอียดข้อมูล 30 x 30 เมตร ปัจจุบัน ดาวเทียม LANDSAT 7 มีระบบบันทึกข้อมูลที่เรียกว่า ETM<sup>+</sup> ( Enhance Thematic Mapper Plus ) ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนามาจากระบบ TM โดยใน แบนด์ 6 ช่วงคลื่นความร้อน ได้รับการพัฒนาให้มี รายละเอียดสูงถึง 60 เมตร และได้เพิ่ม แบนด์ Panchromatic รายละเอียด 15 เมตร อีก 1 แบนด์ ( สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์ . 2544 : ไม่ปรากฏเลขหน้า ) ดังตาราง ในอ้างอิง

4.4.2 ดาวเทียม IRS เป็นดาวเทียม เพื่อการสำรวจทรัพยากร ของประเทศอินเดียดวง แรกได้แก่ IRS - 1A ได้ส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 17 มีนาคม 2531 ดวงที่สอง คือ IRS - 1B ขึ้นสู่วง โคจรเมื่อวันที่ 29 สิงหาคม 2534 โดยมีลักษณะเช่นเดียวกัน หลังจากนั้นในวันที่ 15 ตุลาคม 2538 อินเดีย ได้ส่งดาวเทียม ดวงที่สาม ของชุดคือ IRS - P2 ขึ้นสู่วงโคจร และตามด้วยดาวเทียมดวงที่ สี่ และห้า คือ IRS - 1C และ IRS - 1D เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม 2538 และ 29 กันยายน 2540 ตามลำดับ ระบบบันทึกข้อมูลดาวเทียมชุด IRS ที่นำมาใช้ในประเทศไทยได้แก่ดาวเทียม IRS - 1C และ IRS - 1D ซึ่งมีระบบบันทึกข้อมูล ดังนี้

- ระบบ LISS III (Linear Imaging Self Scanning Sensors) บันทึกข้อมูลได้ 4 ช่วงคลื่น ได้แก่ ช่วงคลื่นตามองเห็น อินฟราเรดใกล้ และอินฟราเรดคลื่นสั้น ซึ่งตรงกับช่วงคลื่นของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT TM จึงเรียกชื่อแบนด์ เช่นเดียวกับข้อมูลของดาวเทียม LANDSAT TM ดังนี้

แบนด์ที่ 2 ช่วงคลื่นตามองเห็น ระหว่าง 0.52 – 0.59 ไมครอน

แบนด์ที่ 3 ช่วงคลื่นตามองเห็น ระหว่าง 0.62 – 0.68 ไมครอน

แบนด์ที่ 4 ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ระหว่าง 0.77 – 0.86 ไมครอน

แบนด์ที่ 5 ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น ระหว่าง 1.55 – 1.70 ไมครอน

ข้อมูลระบบ LISS-III แบนด์ 2 3 และ 4 ให้ค่าความคมชัด 23.5 เมตร บันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง 141 กิโลเมตร ส่วนข้อมูล แบนด์ 5 ให้ค่าความคมชัด 70.5 เมตร บันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง 148 กิโลเมตร ข้อมูลระบบ LISS-III ทั้ง 4 แบนด์ มีค่าความเข้มระดับสีเทา 128 ระดับ และบันทึกข้อมูลซ้ำบริเวณเดิมทุก 24 วัน

- ระบบ Panchromatic เป็นระบบบันทึกข้อมูลที่บันทึกข้อมูลเพียงช่วงคลื่นเดียว คือ ในช่วงคลื่นตามองเห็นที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.5 – 0.75 ไมครอน ให้ค่าความคมชัดของข้อมูล 5.8 เมตร บันทึกข้อมูลเป็นแนวกว้าง 70 กิโลเมตร ทำให้บันทึกข้อมูลซ้ำที่เดิมได้ทุก 5 วัน และสามารถปรับให้แนวกว้างของการบันทึกภาพได้กว้างที่สุด 90 กิโลเมตร ข้อมูลที่ได้จากระบบ PAN มีค่าความเข้มของระดับสีเทา 64 ระดับ

- ระบบ WIFS บันทึกข้อมูลได้ 2 ช่วงคลื่น ได้แก่ ช่วงคลื่นตามองเห็น และอินฟราเรดใกล้ ซึ่งตรงกับแบนด์ 3 และ 4 ของข้อมูล IRS - 1A / IRS - 1B / IRS - P2 จึงเรียกข้อมูล WIFS ว่าแบนด์ 3 และ 4 เช่นกัน คือ

ข้อมูล WIFS ทั้งสองแบนด์ ให้ค่าความคมชัด 188 เมตร บันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง 800 กิโลเมตร บันทึกข้อมูลซ้ำบริเวณเดิมทุก 3 วัน และมีค่าความเข้มของระดับสีเทา 128 ค่า (Gupta. 2002 : 107-108 ) ดังตาราง ในอ้างอิง

#### 4.5 การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม

การนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้หลายด้าน ตามแต่วัตถุประสงค์ที่ใช้งาน เช่นการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดิน การเฝ้าตรวจคุณภาพน้ำ การเฝ้าตรวจองค์ประกอบ ของชั้นบรรยากาศ การวัดอุณหภูมิผิวน้ำทะเล เป็นต้น

วิลาสลักษ์ รอดโณม (2546) ได้ทำการศึกษาการใช้เทคนิคการจำแนกระดับละเอียดกว่าจุดภาพกับภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 เพื่อตรวจหาพื้นที่ปลูกฝิ่นขนาดเล็ก พบว่า การจำแนกพื้นที่ปลูกฝิ่นด้วยเทคนิคการจำแนก ระดับความละเอียดดีกว่าจุดภาพสามารถตรวจหาพื้นที่ปลูกฝิ่นได้แม่นยำ โดยคิดเป็นร้อยละ 89 ส่วนการจำแนกแบบกำกับดูแลคิดเป็นร้อยละ 72

รัศมี สุวรรณวีระกำจร (2540) ได้ทำการศึกษาพื้นที่น้ำท่วมบริเวณ จ.สุราษฎร์ธานี และพื้นที่ใกล้เคียงในช่วงเดือนสิงหาคม 2540 โดยเทคนิคการทำหลอมภาพด้วยระบบวิเคราะห์ ข้อมูลดาวเทียม PCI EASI/PACE ระหว่างข้อมูลที่ได้รับการบันทึกภาพก่อนการเกิดน้ำท่วม และ ขณะเกิดน้ำท่วม ซึ่งผลที่ได้จากการทำหลอมภาพ ระหว่างข้อมูล 2 ช่วงเวลา ทำการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมด้วยวิธี Unsupervised classification พบว่า มีพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาประมาณ 290 ตาราง กิโลเมตร

วิศรา ยาสุมุท (2542) การใช้ประโยชน์ข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อการสำรวจพืชเสพติดตามแนวชายแดนภาคเหนือ พบว่า ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT TM และ SPOT ในช่วงคลื่นต่างๆ สามารถนำมาศึกษาสำรวจพื้นที่ปลูกพืชเสพติดได้ โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกฝิ่น โดยการนำเอา ภาพ LANDSAT TM แบนด์ 4 5 3 และภาพขาวดำ 1 แบนด์ ของ SPOT มาพิจารณาร่วมกัน ประกอบกับการใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ และภาคพื้นดิน จึงทำให้สามารถจำแนกพื้นที่ปลูกฝิ่นได้ค่อนข้างชัดเจน และถูกต้อง

ศิริวุฒิ เจนศิริพิกุล และคณะ (2545) การใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลเพื่อสำรวจ และจำแนกแนวปะการังน้ำตื้น เกาะกระดาด จ.ตรัง พบว่า การปรับรูปฮิสโตแกรม และการใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นในรูปสีผสม จะช่วยสำหรับการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนกแบบกำกับดูแลโดยการปรับรูปฮิสโตแกรม ใช้การปรับแบบ Linear Stretch ซึ่งไม่มีช่วงค่าที่เหมาะสมแน่นอน ในการปรับขึ้นกับข้อมูล เมื่อนำข้อมูลผ่านการปรับภาพมาหาอัตราส่วนช่วงคลื่น และนำมาอยู่ในรูปสีผสม แดง เขียว น้ำเงิน พบว่า สีผสมของอัตราส่วนช่วงคลื่น  $2 \frac{1}{5}$  และ  $\frac{1}{3}$   $1 \frac{2}{5}$  จะแสดงข้อมูลแนวปะการังน้ำตื้นได้ดี สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักนั้น การนำแกน PC ที่ 1 2 3 มาให้อยู่ในรูปสีจะสามารถแยกความชัดเจนของแนวปะการังได้คล้ายกับผลการใช้อัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่น การแปล และการจำแนกแนวปะการัง พบว่า การจำแนกแบบไม่กำกับดูแล ไม่สามารถจำแนกแนวปะการังได้ การจำแนกแบบกำกับดูแล พบว่า ทฤษฎี Mahalanobis Distance และ Minimum Distance จะให้ผลการจำแนกที่ให้ความถูกต้องโดยรวมสูง

## 5. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS คือ ระบบเครื่องมือที่ทำงานโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยซึ่งทำให้เกิดการเพิ่มขีดความสามารถจัดการกับข้อมูลเชิงพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ 4 ประการ คือ 1) การนำเข้าข้อมูล 2) การจัดระเบียบในการจัดเก็บและการนำออกมาใช้ 3) การจัดเตรียม ดัดแปลง และการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์และ 4) การเตรียมรูปแบบของผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เพื่อไปประกอบในการตัดสินใจ ( Stan Aronoff, 1993 : 42-43 )

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบจัดเก็บบันทึกข้อมูล นำข้อมูลเข้า และปรับปรุงข้อมูล ให้มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ได้ โดยใช้ข้อมูลในเชิงภูมิศาสตร์ เพื่อใช้ระบบนี้เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่หนึ่งๆ เพื่อ

ประกอบการตัดสินใจประยุกต์ใช้ในการวางแผนงาน ในการดำเนินงาน ตลอดจนใช้ในการติดตาม ผลในการดำเนินงาน ( พงษ์อินทร์ รักอริยะธรรม. 2539 : 73 )

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลต่างๆ และสามารถที่จะนำไปใช้สร้างแผนที่ได้ สามารถแสดงผลข้อมูลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะแสดง รายละเอียดของข้อมูล ว่ามีอะไรบ้าง เป็นประเภทใหม่ รวมทั้งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ยังสามารถ ช่วยในการค้นหาและวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ( Korte George.1997 : 5 )

กล่าวโดยสรุป ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการจัดการ วิเคราะห์ และ แสดงผลข้อมูลในรูปแบบที่ และข้อมูลเชิงลักษณะ และสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้สะดวก รวดเร็วกว่าการทำแผนที่ด้วยมือ

## 5.1 องค์ประกอบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย

5.1.1 การนำเข้าข้อมูล เป็นการนำเข้าข้อมูล ให้เข้าสู่ระบบข้อมูลของ GIS ข้อมูลภูมิศาสตร์ที่มี อาจอยู่ในรูปแบบที่ ตาราง รูปถ่ายทางอากาศ ภาพจากดาวเทียม เป็นต้น ซึ่งโครงสร้างของข้อมูลอยู่ 2 ประเภท คือ

- ข้อมูลเชิงพื้นที่ ( Spatial Data ) หมายถึง ข้อมูลที่แสดงตำแหน่งจุดที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ขององค์ประกอบต่างๆ ของพื้นที่จริง การเก็บข้อมูลชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

- ข้อมูลเชิงเส้น ( Vector Data ) เป็นการเก็บข้อมูลในรูปของจุด (Point) เส้น (Line) และรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) ข้อมูลจะเป็นค่าพิกัดต่างๆ ที่สามารถอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ได้

- ข้อมูลเชิงภาพประกอบ ( Raster Data ) เป็นการเก็บข้อมูลในรูปของกริดเซลล์ (Grid Cell) หรือเป็นแถบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ข้อมูลที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของพื้นที่ Grid Cell นั้น แต่ละ Grid จะมีค่าที่สามารถอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ได้เช่นกัน

- ข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงพื้นที่ ( Non-spatial Data ) หมายถึง ข้อมูลแสดงคุณลักษณะของพื้นที่ เช่น ชื่อของถนน ความยาว ประเภทของถนน จำนวนผลผลิต ฯลฯ ซึ่งสามารถเรียกว่าข้อมูลประกอบหรือข้อมูลอรรถาธิบาย ( Attribute Data )

5.1.2. การจัดการข้อมูล ( Data Management ) เป็นขั้นตอนการจัดการระบบข้อมูล จะมีการสร้างฐานข้อมูลในระบบ GIS มีการกำหนดรหัสที่เป็นเครือข่ายสัมพันธ์กันของพื้นที่ (Encoding a network of areas ) การจัดหมวดหมู่ และสร้างแฟ้มข้อมูล ( File organization and file creation ) การบันทึกแก้ไขข้อมูล และการเรียกใช้ข้อมูล ( Editing and retrieving ) และการเรียงลำดับข้อมูล ( Sorting ) ทำให้สามารถเรียกใช้ได้สะดวกรวดเร็วขึ้น

5.1.3. การประมวลและวิเคราะห์ข้อมูล ( Data Manipulation and Analysis ) เป็นส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยรวมถึงการจัดลำดับ การแบ่งหมวดหมู่ การทำงานในเชิงเรขาคณิต การจัดการด้านพื้นที่และการวัด การวิเคราะห์ทางสถิติ และการสร้างรูปจำลอง

5.1.4. การแสดงผล ( Data Output ) เป็นขั้นตอนสุดท้ายในภาคแสดงผล ต้องมีทั้งแผนที่ สัญลักษณ์ คำอธิบาย พิกัด มาตรฐาน ทิศ รวมทั้งข้อมูลประกอบต่างๆ ที่ผู้วิเคราะห์ต้องการแสดง

**5.2 รูปแบบของการวิเคราะห์ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์** ได้แบ่งรูปแบบของการวิเคราะห์ข้อมูลของ GIS ไว้ ดังนี้

5.2.1. การสอบถามข้อมูลเชิงคุณลักษณะ เป็นการสืบค้น และแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่จากฐานข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ตามเงื่อนไขที่กำหนด

5.2.2. การสอบถามข้อมูลเชิงพื้นที่ เป็นการสืบค้น และแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่จากฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ตามเงื่อนไขที่กำหนด

5.2.3. การสร้างแนวพื้นที่กันชน ( Buffers ) เป็นการสร้างแนวพื้นที่รอบสิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นระยะทางตามที่กำหนด เรียกว่า การสร้างพื้นที่กันชน สำหรับข้อมูลแบบ Vector สามารถสร้างพื้นที่กันชนรอบจุด เส้น และอาณาบริเวณได้ ส่วนข้อมูล Raster ก็สามารถสร้างพื้นที่กันชนได้เช่นกัน แต่ด้วยลักษณะโครงสร้างข้อมูลซึ่งเป็น Grid Cell มีขนาดใหญ่ การสร้างพื้นที่กันชน ก็จะมีผลความคลาดเคลื่อนเชิงระยะทาง

5.2.4. การวิเคราะห์โครงข่าย ( Network Analysis ) เป็นการวิเคราะห์ ที่มีประโยชน์ในการจัดการขององค์กร ในเรื่องโครงข่ายระบบสาธารณูปโภค ระบบการขนส่ง เช่น การวิเคราะห์เส้นทางรถประจำทาง เส้นทางรถโดยสาร หรือการนำเส้นทางมาช่วยวางแผนในการส่งสินค้า โดยนิยมนำมาใช้ในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด การวิเคราะห์โครงข่ายสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ Network Tracing, Network Routine, Network Allocation

5.2.5. การวิเคราะห์พื้นผิว ( Digital Terrain Modeling and Analysis ) หรือ Surface Analysis เป็นการวิเคราะห์การกระจายของค่าตัวแปรหนึ่ง ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นมิติที่ 3 ของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีค่าพิกัดตามแนวแกน X และ Y ส่วนตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์เป็นค่า Z ที่มีการกระจายตัว ครอบคลุมทั้งพื้นที่ ผลจากการวิเคราะห์พื้นผิวสามารถแสดงเป็นมิติให้เห็นถึงความแปรผันของข้อมูล ด้วยลักษณะสูงต่ำของพื้นผิวนั้น การแสดงข้อมูลพื้นผิวสามารถใช้โครงสร้างข้อมูลแบบ Vector ในรูปของ Tin-based Digital Terrain Model และใช้โครงสร้างข้อมูลแบบ Raster ในรูปของ Grid-based Digital Terrain Model การวิเคราะห์พื้นผิวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายแนวทาง ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ภาพตัดขวาง การแสดงลักษณะของพื้นผิว การวิเคราะห์ความสามารถในการมองเป็นภูมิประเทศจากมุมมองต่างๆ การคำนวณปริมาตรของพื้นที่ และการแสดงลักษณะภูมิประเทศร่วมกับแผนที่ หรือภาพถ่าย

5.2.6. การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ( Spatial Analysis หรือ Grid Cell Modeling ) เป็นการนำข้อมูลจาก Grid Cell ซึ่งมาจากหลายแหล่งข้อมูล รวมทั้งภาพจากดาวเทียม แผนที่ รูปถ่าย ที่

สามารถนำเข้าในรูปของ Grid Cell โดยการ Scan ส่วนใหญ่นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การวางผังเมือง

**5.3 ฟังก์ชันการวิเคราะห์ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์** ได้แบ่งฟังก์ชันการวิเคราะห์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

5.3.1 กลุ่มการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ( Analysis of the Spatial Data ) ฟังก์ชันนี้ มีหน้าที่ในการเปลี่ยนภาพประกอบ แก๊ซ และประเมินความถูกต้องของแฟ้มข้อมูลเชิงพื้นที่ มีความสามารถในการเปลี่ยนรูปข้อมูลดิบ ให้อยู่ในโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ภายในระบบ และทำการแก้ไขแฟ้มข้อมูลเหล่านั้นได้ทันที นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการเปลี่ยนรูปเพื่อให้ชั้นข้อมูลที่แตกต่างกันในพื้นที่เดียวกัน สามารถซ้อนทับกันได้พอดี เช่น ฟังก์ชันการแปลงเชิงเรขาคณิต ( Geometric Transformation ) เป็นฟังก์ชันในการกำหนดค่าพิกัดให้กับชั้นข้อมูลหรือแผนที่

5.3.2 กลุ่มการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ( Analysis of the Attribute Data ) ฟังก์ชันนี้มีหน้าที่ในการแก้ไขตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณลักษณะที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยไม่ต้องอาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังสามารถแยกการจัดเก็บข้อมูลเชิงคุณลักษณะ และข้อมูลเชิงพื้นที่ ไว้คนละฐานข้อมูล เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ที่มีปริมาณมากๆ ได้ เช่น ฟังก์ชันการแก้ไขข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ( Attribute Editing ) เป็นฟังก์ชันที่มีหน้าที่ในการค้นคืน พิจารณา และเปลี่ยนแปลงข้อมูลเชิงคุณลักษณะรวมทั้งสามารถเพิ่มข้อมูลใหม่ และลบข้อมูลเก่า

5.3.3 กลุ่มการบูรณาการการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และคุณลักษณะ ( Integrated analysis of spatial and attribute data ) เป็นฟังก์ชันที่สามารถ วิเคราะห์ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ เช่นฟังก์ชันการค้นคืน จำแนก และการวัด มีหน้าที่ในการค้นคืนทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ แต่จะมีเพียงข้อมูลเชิงคุณลักษณะเท่านั้น ที่ถูกเปลี่ยนแปลง ส่วนตำแหน่งของข้อมูลเชิงพื้นที่ จะไม่เปลี่ยนแปลง รวมทั้งจะไม่สร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ใหม่ ฟังก์ชันการวางซ้อน เป็นฟังก์ชันที่นำชั้นข้อมูลตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไปมาวางซ้อนทับกัน ทำให้เกิดชั้นข้อมูลใหม่ขึ้นมา 1 ชั้น โดยชั้นข้อมูลนั้นนอกจากจะมีรูปใหม่ๆ เกิดขึ้นแล้ว ยังมีข้อมูลเชิงคุณลักษณะเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณลักษณะที่ผสมของชั้นข้อมูล 2 ชั้น

5.3.4 กลุ่มการแสดงผล ( Output formation ) เป็นฟังก์ชันการเตรียมผลการวิเคราะห์เพื่อนำเสนอ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในรูปตาราง และที่อยู่ในรูปของแผนที่ ( ศิริพร ตรีธาร. 2547 : 39 – 43 )

### 5.5 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีประโยชน์มากในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวกับแผนที่จึงได้มีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ในงานมากมาย และประเทศไทยได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการทำงานด้วยเช่นกัน เช่น

5.5.1 การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บันทึกตำแหน่งของสาธารณูปโภคต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการจัดการสาธารณูปโภคในปัจจุบัน

5.5.2 การใช้ระบบสารสนเทศในการศึกษาหาบริเวณที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชชนิดต่างๆ โดยคำนึงถึงลักษณะทางภูมิศาสตร์ เช่นความชันของพื้นที่ประเทศคุณลักษณะของดิน ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

5.5.3 การใช้ระบบสารสนเทศ ในการวิเคราะห์ที่อยู่อาศัยของชุมชนเพื่อหาทางจัดการในด้านต่างๆ เกี่ยวกับชุมชนให้ดีขึ้น เช่น การจัดเส้นทางคมนาคม การป้องกันสาธารณะภัย การจัดการสิ่งแวดล้อมและที่อยู่อาศัย ตลอดจนการวางแผนชุมชน ( อลงกรณ์ โพธิ์กราน. 2547 : 34 อ้างจาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภาควิชาภูมิศาสตร์. 2543 : 2-15 )

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุดมรัตน์และคณะ (Udomrat and others.1985) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ในการศึกษาหาพลังงานความร้อนใต้พิภพ บริเวณพื้นที่ อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน ภาคเหนือของประเทศไทย พบว่า จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT สามารถแสดงสร้างแผนที่แนวเส้นซึ่งจากการวิเคราะห์ในพื้นที่พบว่ามีรอยแตกจำนวน 387 แนว ตลอดความยาวทั้งสิ้น 550 กิโลเมตร และพบพุน้ำร้อนจำนวน 11 บ่อ ซึ่งจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม และทำการออกภาคสนามพบว่าพลังงานความร้อนใต้พิภพใน อ.ปาย วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้

ปัญญา จารุศิริ และคณะ (2540) ศึกษาสาเหตุของแผ่นดินไหวในประเทศไทย ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างธรณีวิทยาของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยอาศัยภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 5 TM พบว่า ลักษณะโครงสร้างใหญ่ๆ ของไทย เช่น รอยเลื่อนในภาคตะวันตก และภาคเหนือ อาจมีผลหรือมีความสัมพันธ์ จนมีผลทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดเล็กได้ ซึ่งผลจากการศึกษานี้ ทำให้คาดได้ว่ากลุ่มรอยเลื่อนในไทย เช่น กลุ่มรอยเลื่อนเชียงราย (แม่จัน) รอยเลื่อนอุครดิตถ์ - แพร่ และรอยเลื่อนแม่ทา - แม่ริม ในภาคเหนือ และรอยเลื่อนแม่สะเรียง - แม่ปิง เจริญสามองค์ในภาคตะวันตก และตะวันตกเฉียงเหนือ มีความสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวในปัจจุบัน

สุวิทย์ โคสุวรรณ และ อภิชาติ สำจวน (2541) ศึกษาธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของรอยเลื่อนแม่จัน บริเวณ อ.แม่จัน จ.เชียงราย พบว่า ลักษณะของธรณีสัณฐานที่แปรไปเนื่องจากพฤติกรรมเคลื่อนตัวไปทางด้านข้างซ้ายของรอยเลื่อน อันได้แก่ ลักษณะทางน้ำหักงอ ทะเลสาบผารอยเลื่อน เนินเขาปิดกั้นทางน้ำ และตะพักชั้นบันได ดัชนีของธรณีสัณฐานเหล่านี้แสดงว่ารอยเลื่อนแม่จัน มีอยู่ด้วยกันหลายส่วน ยาวรวมกันประมาณ 90 กิโลเมตร

ปัญญา จารุศิริ และคณะ (2542) ศึกษาแนวภูเขาไฟและลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของหินภูเขาไฟ บริเวณลำน้ำรายณ์ จ.ลพบุรี โดยใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมและธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ ผลการศึกษา พบว่า แนวภูเขาไฟลำน้ำรายณ์ปรากฏในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งได้จากการแยกตัวของเปลือกโลก โดยอิทธิพลของการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนใหญ่ที่เรียกว่ารอยเลื่อนแม่ปิง ทำให้หินหนืดซึ่งอาจกำเนิดจากชั้นเนื้อโลกตอนบนแทรกดันขึ้นมาตามรอยแตกที่อยู่ในแนวเหนือ-ใต้นั้น การศึกษาแนวการกระจายตัวของหินภูเขาไฟลำน้ำรายณ์ เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดพื้นที่ศักยภาพของแร่พลอย ซึ่งน่าจะอยู่เฉพาะทางเหนือของพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ศักยภาพแหล่งหินเพอร์ไลต์ เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง และแร่ดินขาว และเฟลสปาร์ เพื่ออุตสาหกรรมเซรามิกส์

มานพ รักษาสกุลวงศ์ (2545) สำรวจเบื้องต้นแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพทางภาคเหนือของประเทศไทย พบว่า พุน้ำร้อนในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนใหญ่กำเนิดสัมพันธ์กับหินอัคนีชนิดที่เย็นตัวภายใต้ผิวโลก ซึ่งลักษณะของหินที่สัมพันธ์กับแหล่งพุน้ำร้อน และอาจจะเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพ หินแกรนิตที่มีอายุแตกต่างกันตั้งแต่คาร์บอนิเฟอรัสจนถึงเทอเชียรี ลักษณะของหินเหล่านี้ จะแตกต่างกับลักษณะของหินที่สัมพันธ์กับแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่พบในประเทศอื่นๆ พุน้ำร้อนส่วนใหญ่เกิดในบริเวณที่เกิดรอยเลื่อนและรอยแตก ซึ่งรอยเลื่อน และรอยแตก นี้มีการเคลื่อนที่ และมีขนาดที่ใหญ่มาก ผลจากการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อน น่าจะเป็นตัวการที่ทำให้เกิดมีความร้อนแผ่เข้าไปในหินสองข้างรอบๆ รอยเลื่อนและรอยแตก ซึ่งเป็นการเพิ่มความร้อนเข้าไปสู่ระบบพลังงานความร้อนใต้พิภพ ผลจากการเสียดสีระหว่างหินทั้งสองข้างของรอยเลื่อน ทำให้เกิดความร้อนขึ้น

มงคล อุทธาชน (2545) ศึกษาธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ ของส่วนตะวันออกเฉียงใต้ของรอยเลื่อนแพร่ บริเวณแอ่งแพร่ ภาคเหนือของประเทศไทย พบว่า รอยเลื่อนตะวันออกเฉียงใต้ของระบบรอยเลื่อนแพร่ เป็นรอยเลื่อนที่มีศักยภาพ การเลื่อนตัวปรากฏตรงบริเวณขอบด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแอ่งแพร่ มีความยาวประมาณ 20 กิโลเมตร มีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือก่อนไปทางเหนือ รอยเลื่อนหลักวางตัวอยู่ระหว่างแอ่ง และแนวเทือกเขา มีทิศทางเอียงเทไปทางทิศตะวันตก พบรอยเลื่อนรองวางตัวค่อนข้างขนานไปกับรอยเลื่อนหลัก ตัดผ่านชั้นตะกอนตะพักชั้นสูง และมีทิศทางการเอียงเทไปทางทิศตะวันออกตรงข้ามกับทิศทางการเอียงเทของรอยเลื่อนหลัก หลักฐานการแปรสัณฐาน คามแนวส่วนรอยเลื่อน ซึ่งได้แก่ สันปัดกัน ผาสามเหลี่ยม และลำธารเลื่อนหักมุม

แคลวินและคณะ (Calvin and others : online) ศึกษาการแปลลักษณะเฉพาะของพลังงานความร้อนใต้พิภพด้วยอินฟราเรดความร้อน พบว่า ภาพถ่ายดาวเทียมที่นิยมใช้ในปัจจุบันในการสำรวจแร่และน้ำมันเพื่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ และการประเมินสิ่งแวดล้อม ได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบ Mutispectral และ Hyperspectral ด้วยระบบ Spaceborn และ Airborn ได้ใช้ในการแก้ปัญหาและพัฒนาพลังงานความร้อนใต้ แผนที่พื้นผิวแสดงชนิดแร่และหิน ความหนาแน่นของพืช

พรรณ และความร้อนที่ผิดปกติ สามารถใช้ร่วมกับโครงสร้างและหาพลังงานความร้อนได้พิภพที่มีขนาดใหญ่ และสามารถใช้ในการประเมินหาแหล่งใหม่

วู และเฉิน (Wu and Chen : online) ได้ทำการศึกษาช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนในเขตความร้อนได้พิภพลูซัน พบว่า Airborne DS - 1260 MSS เป็นข้อมูลอินฟราเรดความร้อน ที่ใช้วิเคราะห์อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวในเขตความร้อนได้พิภพลูซัน ซึ่งวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาครั้งนี้ คือ การวางแผนเส้นทางบริเวณ Central Cross - island Expressway ซึ่งทางด่วนที่จะสร้างนี้ควรอยู่ห่างบริเวณที่มีความร้อนได้พิภพ 500 เมตร ซึ่งข้อมูล อินฟราเรดความร้อนที่ได้มาเป็นบริเวณช่วงเข้ามีความละเอียดของภาพประมาณ 9.5 เมตร คุณภาพข้อมูลได้มีการประเมินโดย S/N และ NEDT จากการลงไปสำรวจภาพสนามได้พบจุดที่มีความร้อน ซึ่งส่วนใหญ่ไม่ได้เกิดจากความร้อนได้พิภพ ซึ่งได้แก่ หลังคาโลหะ ที่อยู่อาศัย พื้นที่โล่ง และความลาดชันที่เกิดจากแสงอาทิตย์ อุณหภูมิความร้อนได้พิภพบริเวณนี้มีตั้งแต่ 19 - 22 องศาเซลเซียส เนื่องจากรายละเอียดของรูปภาพค่อนข้างหยาบ พุน้ำร้อนมีขนาดเล็ก และชั้นบรรยากาศทำการดูดซับอุณหภูมิความร้อนให้ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ทำการศึกษาได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
3. การรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการศึกษา

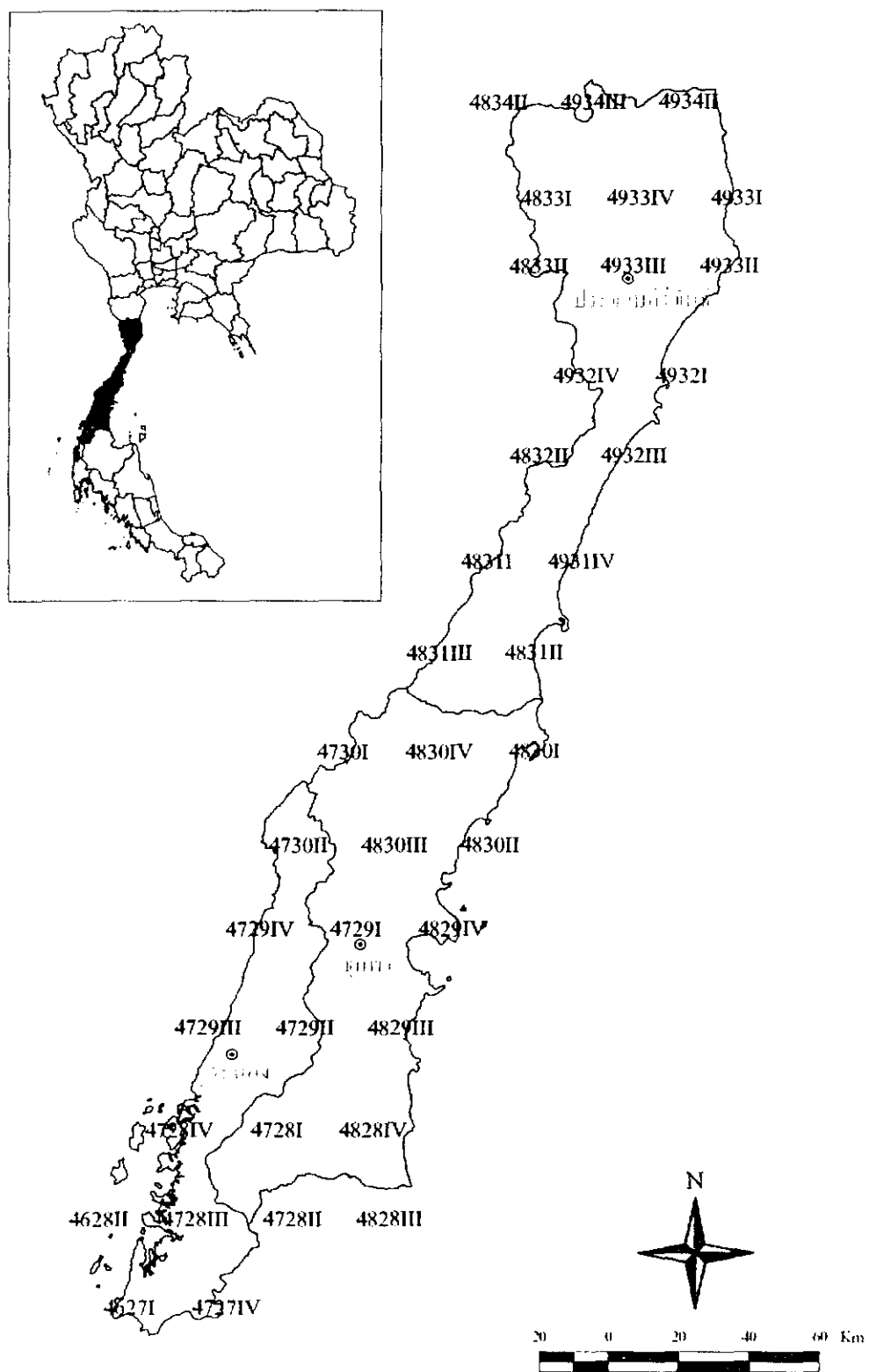
#### 1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1.1 แผนที่ภูมิประเทศ L 7017 มาตราส่วน 1:50,000 จากกรมแผนที่ทหาร จำนวน 38 ระวัง ดังภาพประกอบ 5

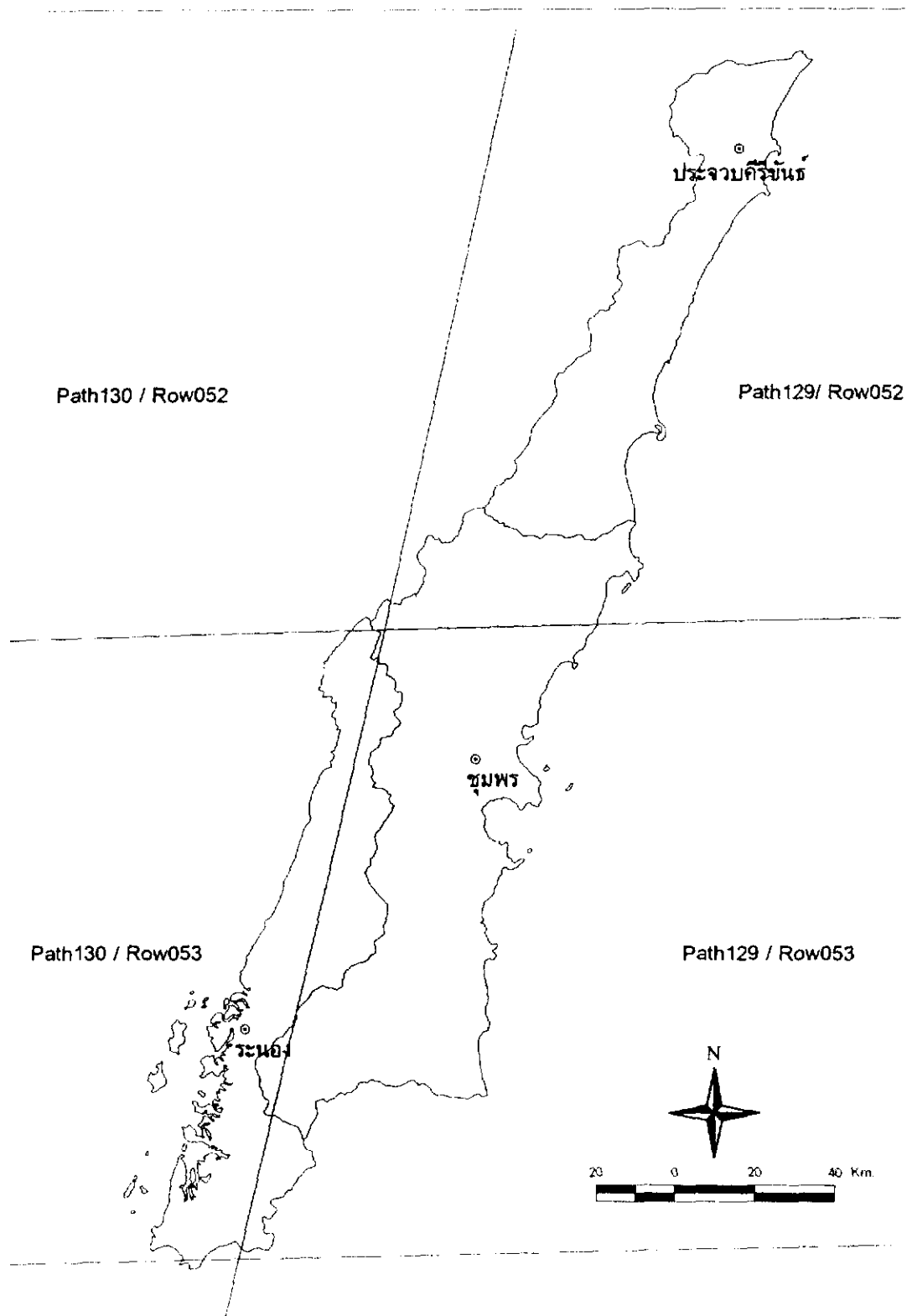
1.2 ข้อมูลระดับน้ำบาดาล บริเวณพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย 3 จ. คือ จ.ประจวบคีรีขันธ์ จ.ชุมพร และ จ.ระนอง จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

1.3 ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup> Path130/Row052 ถ่ายเมื่อวันที่ 18 มกราคม 2546 Pat130/Row053 ถ่ายเมื่อวันที่ 14 มีนาคม 2544 Pat129/Row053 ถ่ายเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2544 ดังภาพประกอบ 6 และภาพถ่ายดาวเทียม IRS-1D Path122/Row066 ถ่ายเมื่อวันที่ 14 มีนาคม 2543 Path122/Row067 เมื่อ วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2544 และดาวเทียม IRS-1C Path121 /Row067 ถ่ายเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 ระบบ Panchromatic จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ

1.4 ข้อมูลธรณีวิทยาจากแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 ระวัง จ.ประจวบคีรีขันธ์ จ.ชุมพร อ.กระบี่ และ จ.ระนอง จากกรมทรัพยากรธรณีหมายเลขระวัง NC 47-3, NC 47-6, NC 47-7 และ NC 47-10



ภาพประกอบ 5 แสดงหมายเลขระวางแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 6 แสดงระวางภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup> ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

### ฮาร์ดแวร์

- 2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ Pentium IV หน่วยความหลัก 256 Mb หน่วยความจำสำรอง 40 Gb
- 2.2 เครื่องพิมพ์เอกสารระบบ HP inkjet
- 2.3 เครื่องมือหาพิกัดจากดาวเทียม
- 2.4 กล้องถ่ายรูป

### ซอฟต์แวร์

- 2.5 โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcView 3.3 Extension Spatial Analysis
- 2.6 โปรแกรมแปลภาพถ่ายดาวเทียม Envi 3.6

## 3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานราชการต่างๆ และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม มีรายละเอียดข้อมูล ดังนี้

### 3.1 ข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.1.1 แผนที่ภูมิประเทศระบบ Digital ครอบคลุมพื้นที่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ จ.ชุมพร และ จ.ระนอง มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ระวาง L7017

3.1.2 แผนที่ธรณีวิทยาระบบ Digital ครอบคลุมพื้นที่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ จ.ชุมพร และ จ.ระนอง มาตราส่วน 1:250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี ระวาง L15015

3.1.3 แผนที่ระดับน้ำบาดาลระบบ Digital ครอบคลุมพื้นที่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ จ.ชุมพร และ จ.ระนอง มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

3.1.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากหน่วยงานต่างๆ

### 3.2 ข้อมูลทางด้านรีโมทเซนซิง

3.2.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup> บันทึกภาพเมื่อวันที่ 14 มีนาคม 2544 และภาพถ่ายดาวเทียม IRS - 1C บันทึกภาพเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544

## 4. การจัดกระทำข้อมูล

### 4.1 ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4.1.1 ตรวจสอบข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศจากหน่วยงานต่างๆ ให้อยู่ในพิกัด Universal Transvers Mercator ( UTM ) เดียวกัน

4.1.2 นำข้อมูลทั้งหมด ที่อยู่ในระบบสารสนเทศทั้งหมด ทำการซ้อนทับเพื่อศึกษาหาพื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อน

## 4.2 ข้อมูลทางรีโมทเซนซิง

4.2.1 การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาโดยใช้ การปรับเน้นคุณภาพข้อมูล ( Image Enhancement ) การเน้นข้อมูลภาพทำโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณภาพของข้อมูลให้อยู่ในระดับที่ดีขึ้น คือการทำให้ข้อมูลภาพมีความคมชัด และมีความแตกต่างของข้อมูลอย่างชัดเจน เพื่อให้ง่ายต่อการจำแนกและการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ

4.2.2 การผสมสีภาพ ( Colour composite image ) สามารถสร้างขึ้นได้ด้วยการซ้อนภาพหลายช่วงคลื่นจำนวน 3 แบนด์ ที่เลือกมา โดยใช้แม่สี 3 สี ภาพสีต่างๆ สามารถสร้างขึ้นได้จากการ เลือกใช้แบนด์ทั้ง 3 ที่แตกต่างกัน

4.2.3 การหลอมภาพ ( Data Fusion ) เป็นเครื่องมือในการรวมข้อมูลจากหลายๆ แหล่งซึ่งเป็นเทคนิคกระบวนการที่ก้าวหน้า ผลที่ได้จากการหลอมภาพ มีคุณภาพดี หรือไม่ดี ขึ้นอยู่กับการแปล และการนำไปประยุกต์ใช้

4.2.4 การจำแนกประเภทข้อมูล ทั้งแบบกำกับดูแล และแบบไม่กำกับดูแล

- การจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล ( Supervised Classification ) คือวิธีการที่ผู้วิเคราะห์ต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณค่าสถิติ ซึ่งค่าสถิตินี้จะเป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งมีทฤษฎีการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล

- การจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล ( Unsupervised Classification ) คือวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง

## 5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ใช้การวัดค่าเฉลี่ย ( Mean ) เพื่อการหาค่าคะแนนที่ใช้เป็นเกณฑ์สำหรับแบบจำลอง ( อลงกรณ์ โพธิ์กราน. 2547 : 48 อ้างจาก ชัยนิ วายลี. 2527 : 14 ) ได้แก่

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

|                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| $\bar{X}$                   | คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปร |
| $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ | คือ ตัวแปรอิสระ        |
| $n$                         | คือ จำนวนตัวแปรทั้งหมด |

### 5.2 ใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัย ( Multi - Criteria Evaluation : MCE )

เพื่อการช้อนทับชั้นข้อมูลต่างๆ ( อลงกรณ์ โพธิ์กราน. 2547 : 48 อ้างจาก สิริพร ดริธาร. 2547 : 69 )  
ได้แก่

$$Y = aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 + \dots nX_n$$

เมื่อ Y คือ ตัวแปรตาม ในที่นี้คือพื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อน

$X_1, X_2, X_3, \dots X_n$  คือ ตัวแปรอิสระ เช่น แนวรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก

$a, b, c, d$  คือ ค่าความสำคัญของแต่ละปัจจัย หรือ ค่าถ่วงน้ำหนัก

5.3 ใช้การสร้างตารางแจกแจงความถี่ เพื่อการกำหนดช่วงชั้นของแบบจำลองออกเป็น 3 ช่วงชั้น เพื่อการกำหนดช่วงชั้นของระดับพื้นที่ออกเป็น 3 ช่วงชั้น หรือ 3 ระดับ ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมมาก พื้นที่เหมาะสมปานกลาง พื้นที่ไม่เหมาะสม โดยการคำนวณหาค่าต่างๆ เพื่อจัดกลุ่มของค่าคะแนน

- หาค่าพิสัยของข้อมูล โดยที่ค่าพิสัย คือ ผลต่างระหว่างข้อมูลที่มีค่ามากที่สุด กับข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุด ดังนี้

$$\text{พิสัย} = \text{ค่าสูงสุด} - \text{ค่าต่ำสุด}$$

ถ้ามีข้อมูล N ค่า คือ  $X_1, X_2, X_3, \dots X_n$

และให้  $X_{\max} = \text{ค่าสูงสุดของข้อมูล} = (X_1, X_2, X_3, \dots X_n)$

$X_{\min} = \text{ค่าต่ำสุดของข้อมูล} = (X_1, X_2, X_3, \dots X_n)$

$$\text{พิสัย} = R = X_{\max} - X_{\min}$$

- หาค่าความกว้างของชั้น ( Class Interval : I ) ถ้าค่า I เป็นเลขไม่ลงตัวจะปัดขึ้นเป็นจำนวนเต็ม โดยใช้สูตร

$$I = \text{พิสัย} / \text{จำนวนชั้น หรือ}$$

$$\text{ค่ากลาง} = (\text{ขอบเขตจำกัดบน} + \text{ขอบเขตจำกัดล่าง}) / 2 = (\text{ขีดจำกัดบน} + \text{ขีดจำกัดล่าง}) / 2$$

- หาขีดจำกัดชั้น ( Class Limit ) โดยจะกำหนดให้ขีดล่างของชั้นแรก ( ชั้นที่มีค่าต่ำสุด) ครอบคลุมข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด และให้ขีดจำกัดบนของชั้นสุดท้าย (ชั้นที่มีค่าสูงสุด) ครอบคลุมข้อมูลที่มีค่าสูงสุด โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ขีดจำกัดล่างของชั้นแรก} = \text{ค่าต่ำสุด} - (I \times \text{จำนวนชั้น} - R) / 2$$

- หาขอบเขตจำกัดชั้น ( Class Boundary ) การหาขอบเขตชั้นนั้นจะกำหนดให้ขอบเขตชั้นมีจำนวนหลักหลังจุดทศนิยมมากกว่าค่าของข้อมูลจริงอยู่ 1 หลักเสมอ ในทางปฏิบัติเราสามารถหาค่าขอบเขตของชั้นได้ ดังนี้

$$\text{ขอบเขตจำกัดชั้น} = (\text{ขีดจำกัดบนของชั้น} + \text{ขีดจำกัดล่างของชั้นถัดไป}) / 2$$

- ทำการนับจำนวนค่าของข้อมูล (ความถี่) ในแต่ละชั้น หลังจากสร้างขอบเขตจำกัดชั้นแล้ว จึงตรวจสอบว่าข้อมูลค่าใดอยู่ในชั้นใดบ้าง แล้วนับจำนวนข้อมูลในแต่ละชั้น เรียกว่า ความถี่ของชั้น ( อลงกรณ์ โพธิ์กราน. 2547 : 49 อ้างจาก กัลยา วานิชย์บัญชา. 2544 : 34-35 )

## บทที่ 4

### การวิเคราะห์ข้อมูลและผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยวิธีการซ้อนทับข้อมูล และการวิเคราะห์ทางรีโมทเซนซิง ด้วยการปรับแก้ภาพ การผสมสีภาพ การหลอมภาพ และการจำแนกประเภทข้อมูล

#### 1. การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อน ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อน ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ปัจจัยทางธรณีวิทยา 3 ปัจจัย ได้แก่ ระดับน้ำบาดาล ลักษณะชนิดหิน รอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก ผลการศึกษาได้ผลดังนี้

##### 1.1 ระดับน้ำบาดาล การจัดชั้นลำดับความเหมาะสมของค่าระดับน้ำบาดาล

ในการพิจารณาถึงการจัดลำดับความสำคัญจะใช้เกณฑ์จากหน่วยงานต่างๆ ที่เชื่อถือได้ มีดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงลำดับชั้นความเหมาะสมของระดับน้ำบาดาล

| ระดับน้ำบาดาล (เมตร) | ค่าความเหมาะสม |
|----------------------|----------------|
| 0-10                 | มาก            |
| 11-20                | ปานกลาง        |
| 21-30                | น้อย           |

ที่มา : อติชาติ สุรินทร์คำ และ อำนวยชัย เทียนประเสริฐ. (2526)

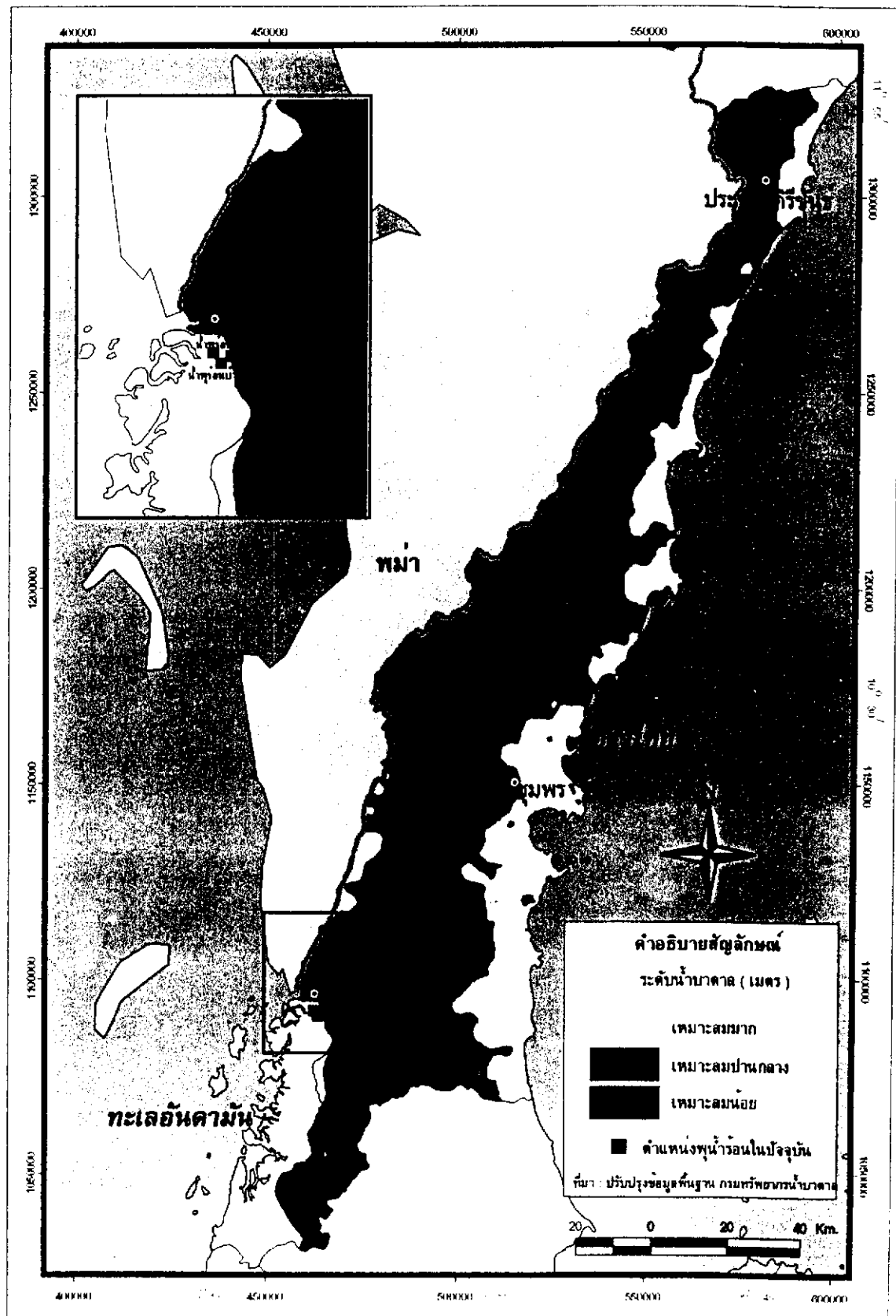
จากตารางดังกล่าวข้างต้น สามารถจำแนกลำดับชั้นความเหมาะสมของระดับน้ำบาดาล ได้ดังนี้

1. ระดับน้ำบาดาล 0 – 10 เมตร = เหมาะสมมาก ค่าคะแนน = 3
2. ระดับน้ำบาดาล 11 – 20 เมตร = เหมาะสมปานกลาง ค่าคะแนน = 2
3. ระดับน้ำบาดาล 21 – 30 เมตร = เหมาะสมน้อย ค่าคะแนน = 1

ผลการจัดลำดับชั้นตามความเหมาะสมของระดับน้ำบาดาล พบว่า พื้นที่ที่มีค่าระดับน้ำบาดาลเหมาะสมมาก มีพื้นที่ 29.69 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 26 พบในพื้นที่บริเวณด้านตะวันออกของ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ต่อเนื่องถึง จ.ชุมพร และบริเวณด้านตะวันตกของ จ.ระนอง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง มีพื้นที่ 9.25 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 9 และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย มีพื้นที่ 72.08 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 65 จะพบต่อเนื่องจากพื้นที่ระดับ 0 – 10 เมตร ดังแสดงในตาราง 2 และภาพประกอบ 7

ตาราง 2 แสดงพื้นที่และร้อยละของระดับน้ำบาดาล

| ลำดับชั้นความเหมาะสม | พื้นที่ (ตร.กม.) | ค่าร้อยละ |
|----------------------|------------------|-----------|
| มาก                  | 29.69            | 26        |
| ปานกลาง              | 9.25             | 9         |
| น้อย                 | 72.8             | 65        |
| รวม                  | 111.74           | 100       |



ภาพประกอบ 7 แผนที่แสดงระดับน้ำบาดาลที่เหมาะสมในการพบพุน้ำร้อน

### 1.2 ธรณีวิทยานิดหิน การจัดชั้นลำดับความเหมาะสมของธรณีวิทยานิดหิน

ในการพิจารณาถึงการจัดลำดับความสำคัญจะใช้เกณฑ์จากหน่วยงานต่างๆ ที่เชื่อถือได้ มีดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 แสดงลำดับชั้นความเหมาะสมธรณีวิทยานิดหิน

| ธรณีวิทยานิดหิน  | ค่าความเหมาะสม |
|------------------|----------------|
| หินอัคนี         | มาก            |
| หินชั้นและหินแปร | น้อย           |

ที่มา : โครงการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ. ( 2529 :17-23 )

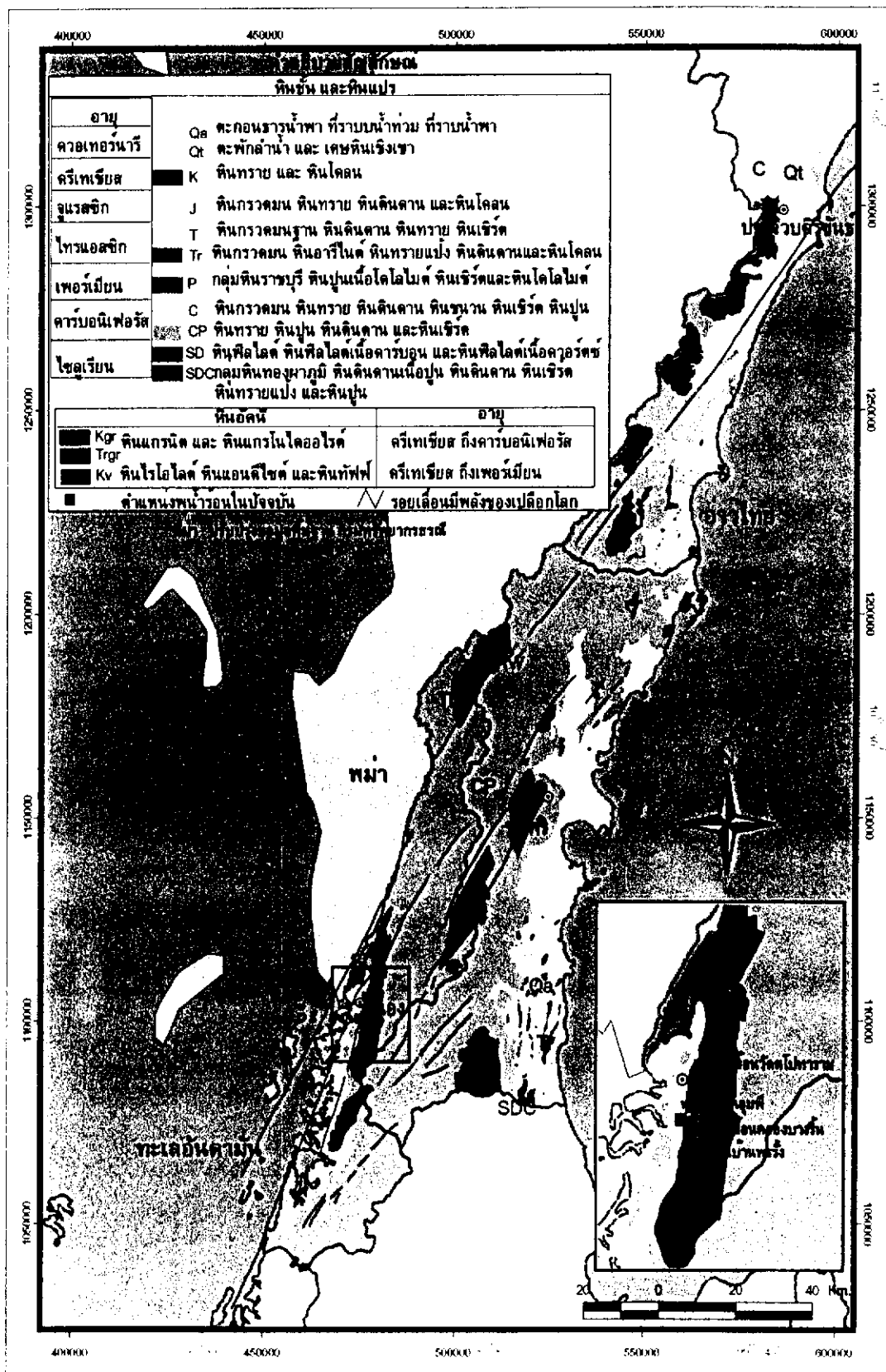
จากตารางดังกล่าวข้างต้น สามารถจำแนกลำดับชั้นความเหมาะสมของธรณีวิทยานิดหิน ได้ดังนี้

1. ธรณีวิทยานิดหินอัคนี = เหมาะสมมาก ค่าคะแนน = 3
2. ธรณีวิทยานิดหินชั้น และหินแปร = เหมาะสมปานกลาง ค่าคะแนน = 1

ผลการจัดลำดับชั้นตามความเหมาะสมของธรณีวิทยานิดหิน พบว่า พื้นที่ธรณีวิทยานิดหินที่มีความเหมาะสมมาก มีพื้นที่ 11.91 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 10 พบบริเวณด้านตะวันตกของ จ.ประจวบคีรีขันธ์ บริเวณ อ.เมือง ต่อเนื่องถึง อ.ทับสะแก อ.บางสะพาน อ.บางสะพานน้อย จ.ประจวบคีรีขันธ์ และบริเวณ อ.ท่าแซะ อ.พะโต๊ะ และ อ.ละแม จ.ชุมพร และบริเวณ อ.กระบี่ อ.ละอุ่น อ.เมืองระนอง และ อ.กะเปอร์ จ.ระนอง พื้นที่ธรณีวิทยานิดหินที่มีความเหมาะสมน้อย มีพื้นที่ 107.49 ร้อยละ 90 พบเป็นบริเวณกว้างครอบคลุมพื้นที่ ตั้งแต่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ และพื้นที่เกือบทั้งหมดของ จ.ชุมพร และ จ.ระนอง ดังแสดงในตาราง 4 และภาพประกอบ 8

ตาราง 4 แสดงพื้นที่และร้อยละธรณีวิทยานิดหิน

| ลำดับชั้นความเหมาะสม | พื้นที่ (ตร.กม.) | ค่าร้อยละ |
|----------------------|------------------|-----------|
| มาก                  | 11.91            | 10        |
| น้อย                 | 107.47           | 90        |
| รวม                  | 119.38           | 100       |



ภาพประกอบ 8 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงชนิดหินและตำแหน่งพุน้ำร้อนในปัจจุบัน

### 1.3 รอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก การจัดชั้นลำดับความเหมาะสมของรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก

ในการพิจารณาถึงการจัดลำดับความสำคัญจะใช้เกณฑ์จากหน่วยงานต่างๆ ที่เชื่อถือได้ มีดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 แสดงลำดับชั้นความเหมาะสมรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก

| รอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก | ค่าความเหมาะสม |
|-----------------------------|----------------|
| แนวตั้ง $\leq 2$ กิโลเมตร   | มาก            |
| แนวตั้ง $> 2$ กิโลเมตร      | น้อย           |

ที่มา : สุวิทย์ โคสุวรรณ และ สมชาย นาคะผดุงรัตน์. ( 2534 : 26 )

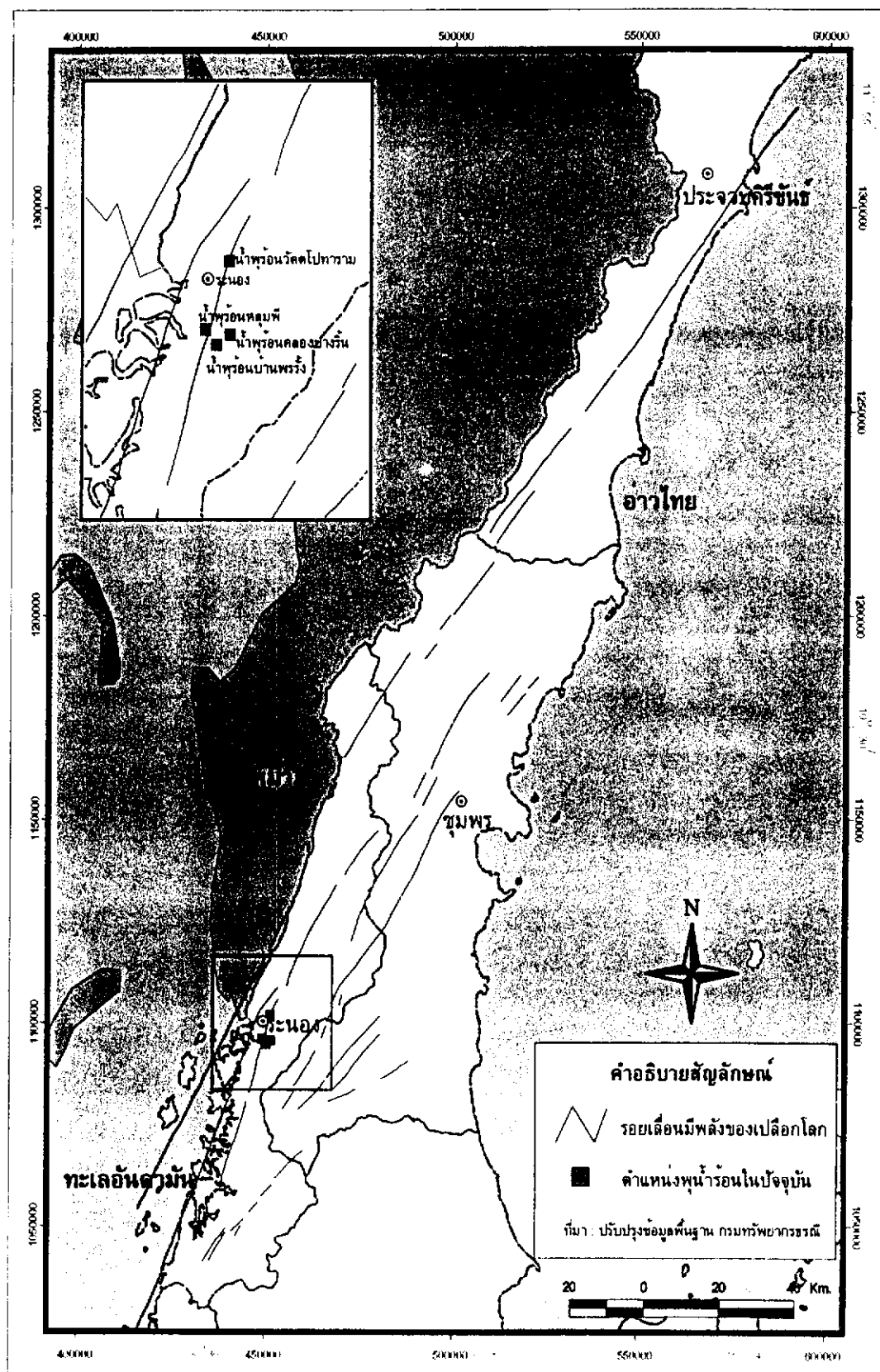
จากตารางดังกล่าวข้างต้น สามารถจำแนกลำดับชั้นความเหมาะสมของรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก ได้ดังนี้

1. รอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก = เหมาะสมมาก ค่าคะแนน = 3
2. รอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก = เหมาะสมน้อย ค่าคะแนน = 1

ผลการจัดลำดับชั้นตามความเหมาะสมของรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลกพบว่า พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก มีพื้นที่ 34.44 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 27 พบเป็นแนวยาวตั้งแต่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ต่อเนื่องถึง จ.ชุมพร และ จ.ระนอง และทอดยาวลงสู่ทะเลอันดามัน พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย มีพื้นที่ 92.38 ร้อยละ 73 พบเป็นบริเวณกว้างครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ และพื้นที่เกือบทั้งหมดของ จ.ชุมพร และ จ.ระนอง ดังแสดงในตาราง 6 และภาพประกอบ 9

ตาราง 6 แสดงพื้นที่และร้อยละรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก

| ลำดับชั้นความเหมาะสม | พื้นที่ (ตร.กม.) | ค่าร้อยละ |
|----------------------|------------------|-----------|
| มาก                  | 34.44            | 27        |
| น้อย                 | 92.38            | 73        |
| รวม                  | 126.82           | 100       |



ภาพประกอบ 9 แผนที่ธรณีวิทยารอยเลื่อนมีพลังของโลกและตำแหน่งพุน้ำร้อนในปัจจุบัน

## 2. ผลจากการวิเคราะห์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อหาโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน

ผลจากการวิเคราะห์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อหาโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน พบว่า ระดับน้ำที่เหมาะสมในการพบพุน้ำร้อน ผลการจัดลำดับชั้นตามความเหมาะสมของระดับน้ำบาดาล พบว่า พื้นที่ที่มีค่าระดับน้ำบาดาลเหมาะสมมาก มีพื้นที่ 29.69 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 26 พบในพื้นที่บริเวณด้านตะวันออกของ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ต่อเนื่องถึง จ.ชุมพร และบริเวณด้านตะวันตกของ จ.ระนอง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง มีพื้นที่ 9.25 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 9 และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย มีพื้นที่ 72.08 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 65 จะพบต่อเนื่องจากพื้นที่ระดับ 0 – 10 เมตร

ผลการจัดลำดับชั้นตามความเหมาะสมธรณีวิทยานิดิน พบว่า พื้นที่ธรณีวิทยานิดินที่มีความเหมาะสมมาก มีพื้นที่ 11.91 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 10 พบบริเวณด้านตะวันตกของ จ.ประจวบคีรีขันธ์ บริเวณอ.เมือง ต่อเนื่องถึง อ.ทับสะแก อ.บางสะพาน อ.บางสะพานน้อย และบริเวณ อ.ท่าแซะ อ.พะโต๊ะ และ อ.ละแม จ.ชุมพร และบริเวณ อ.กระบี่ อ.ละอุ่น อ.เมืองระนอง และ อ.กะเปอร์ จ.ระนอง พื้นที่ธรณีวิทยานิดินที่มีความเหมาะสมน้อย มีพื้นที่ 107.49 ร้อยละ 90 พบเป็นบริเวณกว้างครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ และพื้นที่เกือบทั้งหมดของ จ.ชุมพร และ จ.ระนอง

ผลการจัดลำดับชั้นตามความเหมาะสมของรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลกพบว่า พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก มีพื้นที่ 34.44 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 27 พบเป็นแนวยาวตั้งแต่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ต่อเนื่องถึง จ.ชุมพร และ จ.ระนอง และทอดยาวลงสู่ทะเลอันดามัน พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย มีพื้นที่ 92.38 ร้อยละ 73 พบเป็นบริเวณกว้างครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ และพื้นที่เกือบทั้งหมดของ จ.ชุมพร และ จ.ระนอง

จากการซ้อนทับข้อมูลทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ระดับน้ำบาดาล ลักษณะชนิดหิน และรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก พบว่า

พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนที่เหมาะสมที่สุด มีพื้นที่ 3.33 ตารางกิโลเมตร พบครอบคลุมพื้นที่บริเวณด้านตะวันตกของ อ.บางสะพาน อ.บางสะพานน้อย จ.ประจวบคีรีขันธ์ อ.ท่าแซะ อ.พะโต๊ะ จ.ชุมพร และ อ.กระบี่ อ.ละอุ่น อ.เมืองระนอง อ.กะเปอร์ จ.ระนอง

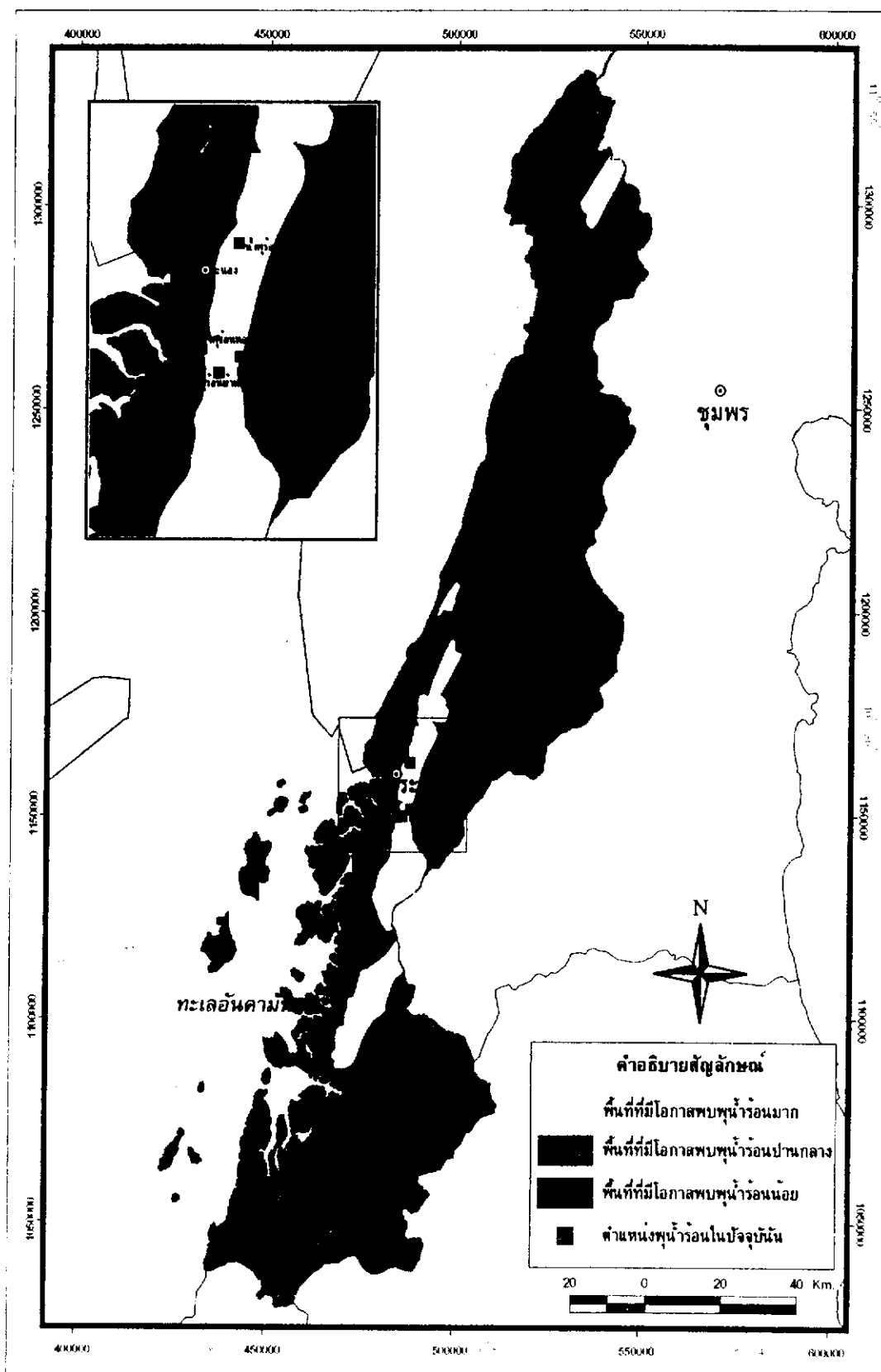
พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนที่เหมาะสมปานกลาง มีพื้นที่ 33.13 ตารางกิโลเมตร พบครอบคลุมพื้นที่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ ตามแนวการวางตัวของรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลกที่พาดผ่าน ตั้งแต่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ต่อเนื่องถึง จ.ชุมพร และ จ.ระนอง

พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนที่เหมาะสมน้อย มีพื้นที่ 76.71 ตารางกิโลเมตร พบครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง

ตาราง 7 แสดงพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการหาโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน

| ลำดับชั้นความเหมาะสม | พื้นที่ (ตร.กม.) | ค่าร้อยละ  |
|----------------------|------------------|------------|
| มาก                  | 3.33             | 2.95       |
| ปานกลาง              | 33.13            | 29.27      |
| น้อย                 | 76.17            | 67.68      |
| <b>รวม</b>           | <b>113.17</b>    | <b>100</b> |

จากปัจจัยทั้ง 3 มีความสัมพันธ์เกือหนุนกัน กล่าวคือ ชั้นน้ำที่พบในพื้นที่เป็นชั้นน้ำในหินแข็ง ซึ่งความสามารถในการเก็บน้ำของชั้นน้ำหินแข็ง ขึ้นอยู่กับแนวรอยแตก รอยแยกของหิน หรือ ช่องว่างระหว่างเม็ดหิน ซึ่งแนวรอยแตก รอยแยกในพื้นที่ศึกษาเป็นแนวยาวต่อเนื่องกัน ส่งผลให้มีปริมาณน้ำในการกักเก็บเพิ่มขึ้น ประกอบกับลักษณะการเกิด และการแผ่กระจายของหินอัคนี ในพื้นที่ศึกษาอยู่ในลักษณะเป็นหินอัคนีมวลไพศาลที่ก่อตัวเป็นเทือกเขาในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากกระบวนการแปรเปลี่ยนของเปลือกโลก ทำให้เกิดรอยเลื่อน รอยแยกเป็นช่องทางให้น้ำร้อนจากใต้ดินไหลขึ้นสู่พื้นดิน ซึ่งพื้นที่ที่มีโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน พบได้ตามแนวรอยเลื่อน ในแนว ความสัมพันธ์กับหินแกรนิต พบว่า หินแกรนิตเป็นหินที่ให้ความร้อนได้ดี เมื่อน้ำบนผิวโลกซึมลงใต้ดิน ไปพบแหล่งเก็บกักความร้อน ทำให้น้ำเย็นเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำร้อน และแทรกผ่านหินต่างๆ ตามรอยเลื่อน รอยแตก ขึ้นสู่ผิวดิน ก่อเกิดเป็นพุน้ำร้อนขึ้น



ภาพประกอบ 10 แผนที่พื้นที่ที่เหมาะสมในการพบพุน้ำร้อน และตำแหน่งพุน้ำร้อนในปัจจุบัน

### 3. การวิเคราะห์ด้วยรีโมทเซนซิง เพื่อหาโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน บริเวณแนวรอยเลื่อนระนอง

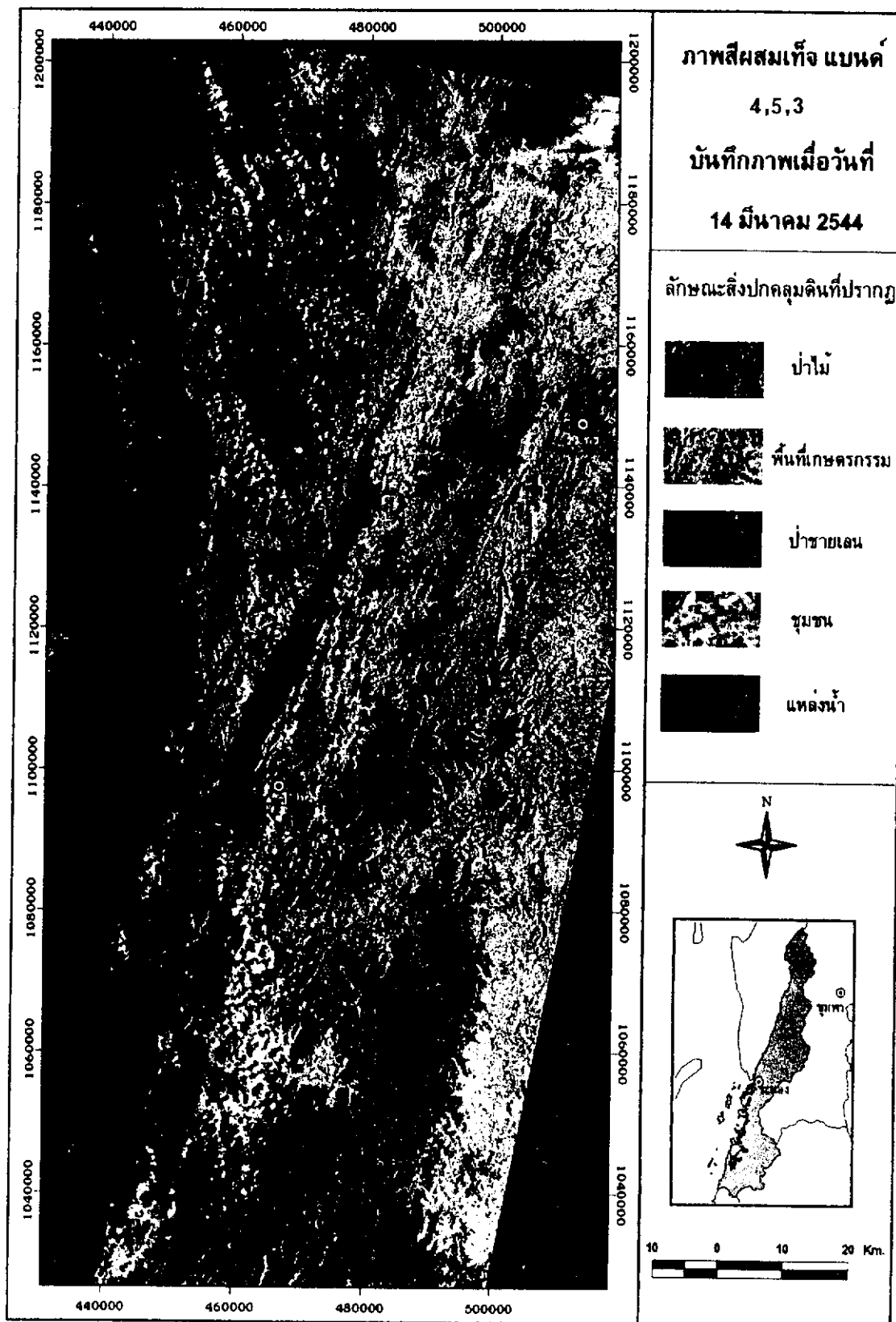
การวิเคราะห์ทางรีโมทเซนซิง ประกอบด้วยวิธีการปรับเน้นภาพ ( Image Enhancement) การผสมสีภาพ ( Colour Composition ) การหลอมภาพ ( Data Fusion ) และการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล ( Supervised Classification ) และการจำแนกแบบไม่กำกับดูแล ( Unsupervised Classification ) ผลการวิเคราะห์ที่ได้ผล ดังนี้

#### 3.1 การปรับเน้นภาพ ( Image Enhancement )

การปรับเน้นภาพเพื่อแสดงความชัดเจนของภาพมากขึ้น ซึ่งการปรับเน้นภาพนี้ส่งผลให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของค่าสีเทาไปจากเดิม

มัวร์ และ กัวล์ ได้ทำการเน้นภาพแหล่งทับถมของทองในตะวันออกเฉียงใต้ของสเปน พบว่า จากการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT TM และทำการเน้นภาพ โดยการเลือกภาพจากช่วงคลื่นที่แสดงชนิดของลานตะพัก ในพื้นที่ ซิมิ – แอร์ริด ใช้ในการจำแนกชนิดหิน และแร่ ซึ่งจากการเน้นภาพหนึ่งแบนด์จากภาพ LANDSAT TM การผสมสีภาพ การแสดงความแตกต่างของแบนด์ การหาองค์ประกอบหลัก ซึ่งจากวิธีการดังกล่าวสามารถแสดงแร่ดินเหนียวลักษณะยิปซัม และแผนที่หินได้ ( Moore and Guo.1990 : 49 )

ผลที่ได้จากการปรับเน้นภาพ พบว่า ภาพที่ได้ทำการปรับเน้นภาพมีความคมชัดมากกว่าภาพที่ไม่ได้ทำการปรับเน้นภาพ โดยสามารถลากแนวเส้นโครงสร้างธรณีวิทยา เช่น แนวรอยเลื่อนได้ รวมทั้งสามารถระบุขอบเขตข้อมูลหลักๆ ไม่ว่าจะเป็นแหล่งชุมชน ป่าไม้ แหล่งน้ำ ได้ แต่ถึงแม้ว่าการปรับเน้นภาพจะเป็นการยืดข้อมูลในช่วงความเข้มแคบๆ ให้กระจายความเข้มกว้างขึ้น ส่งผลให้ภาพมีความชัดเจนมากขึ้น แต่ก็ไม่สามารถที่จะกระจายช่วงความเข้มแคบๆ ของแหล่งพุน้ำร้อนในปัจจุบันของ จ.ระนอง ออกมาได้ ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 11 ภาพดาวเทียม LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup> ผ่านการปรับเน้นภาพ

### 3.2 การผสมสี ( Colour Composition )

การผสมสีภาพในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการผสมสีภาพดาวเทียมในหลายช่วงคลื่น โดยช่วงคลื่นที่เลือกมาทำการผสมสีครั้งนี้ ทุกช่วงคลื่นมีลักษณะเด่นเป็นตัวแทนค่าการสะท้อนของวัตถุที่ปกคลุมพื้นผิวโลก ที่พบในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดการผสมสีช่วงคลื่นต่างๆ ดังนี้

ตาราง 8 รายละเอียดการผสมสีภาพในช่วงคลื่นต่างๆ และผลที่ได้จากการผสมสีภาพ

| ช่วงคลื่น<br>แดง เขียว น้ำเงิน | ผลที่ได้จากการผสมสี                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 , 5 , 3                      | บริเวณที่มีพืชพรรณหนาแน่น ปรากฏเป็นสีแดงส้ม<br>พื้นที่ป่าชายเลน ปรากฏเป็น สีแดงม่วง<br>แหล่งชุมชน ปรากฏเป็นสีฟ้า ถึงฟ้าเขียว<br>แหล่งน้ำ ปรากฏเป็น สีน้ำเงินเข้ม สีดำ สีม่วงน้ำเงิน                                         |
| 4 , 7 , 1                      | สีขาว เป็นบริเวณที่มีแหล่งชุมชนหนาแน่น<br>พืชพรรณ ปรากฏเป็นสีเขียว<br>พื้นที่ป่าชายเลน ปรากฏเป็น สีเขียวอมชมพู<br>แหล่งน้ำ ปรากฏเป็น สีชมพู ในบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำตื้น<br>และ เป็นสีม่วงน้ำเงิน ในบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำลึก |

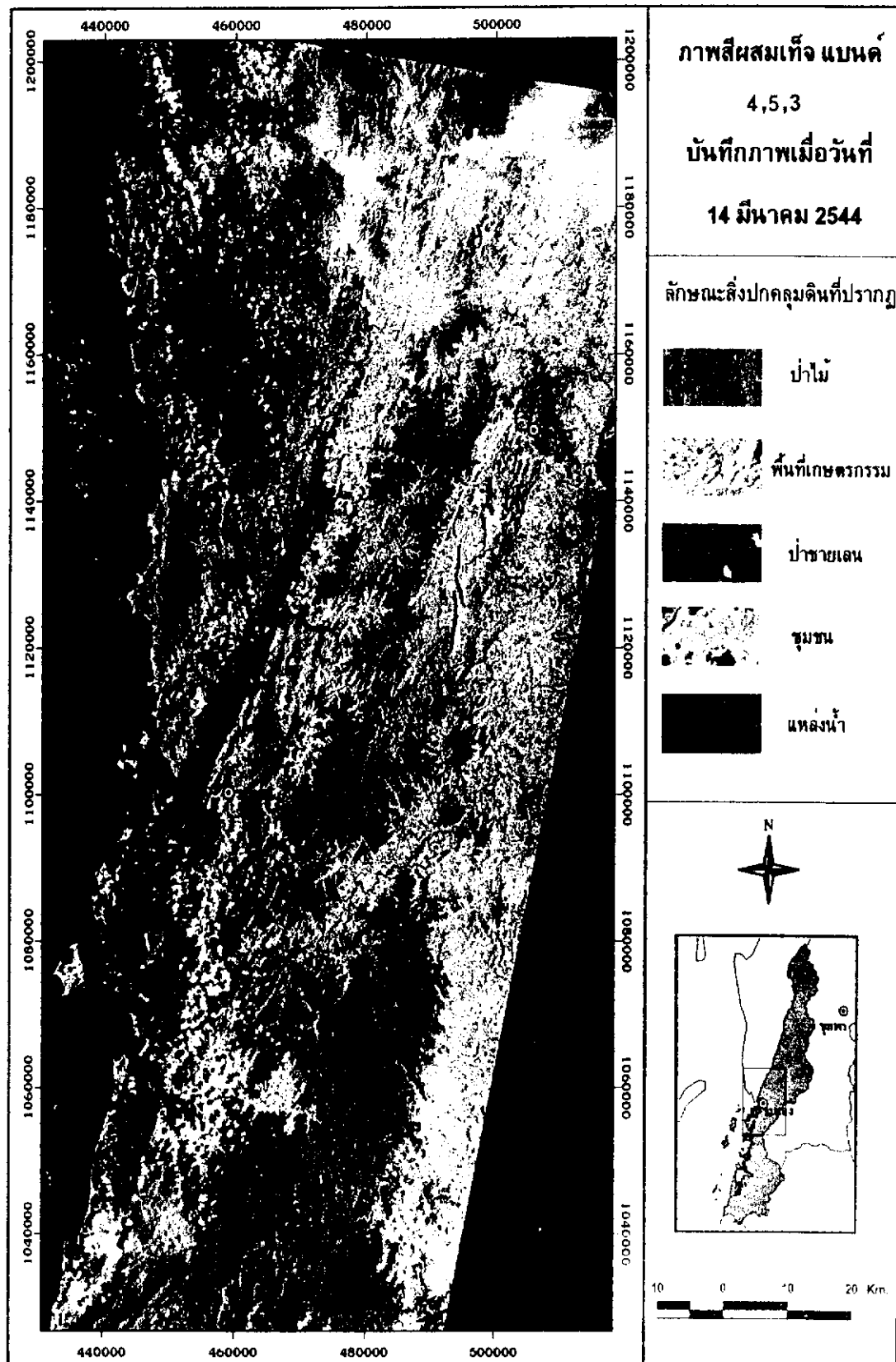
จากการวิเคราะห์การผสมสีภาพดาวเทียมในรูปสีผสม แดง เขียว น้ำเงิน โดยใช้ช่วงคลื่นต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นช่วงคลื่น 4 5 3 และช่วงคลื่น 4 7 1 ทุกช่วงคลื่น ให้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

การผสมสีช่วงคลื่น 4 5 3 การผสมสีในช่วงคลื่นดังกล่าว มีประโยชน์ทางด้านใช้ในการศึกษาด้านธรณีวิทยา เนื่องจาก การผสมสีในช่วงคลื่นนี้ ให้ความคมชัดของโครงสร้างแนวเส้นธรณีวิทยาที่โดดเด่น สามารถลากโครงสร้างแนวเส้นธรณีวิทยาได้อย่างถูกต้อง และสามารถระบุทิศทางในการวางตัวของโครงสร้างแนวเส้นนั้นๆ ได้ ดังภาพประกอบ 13

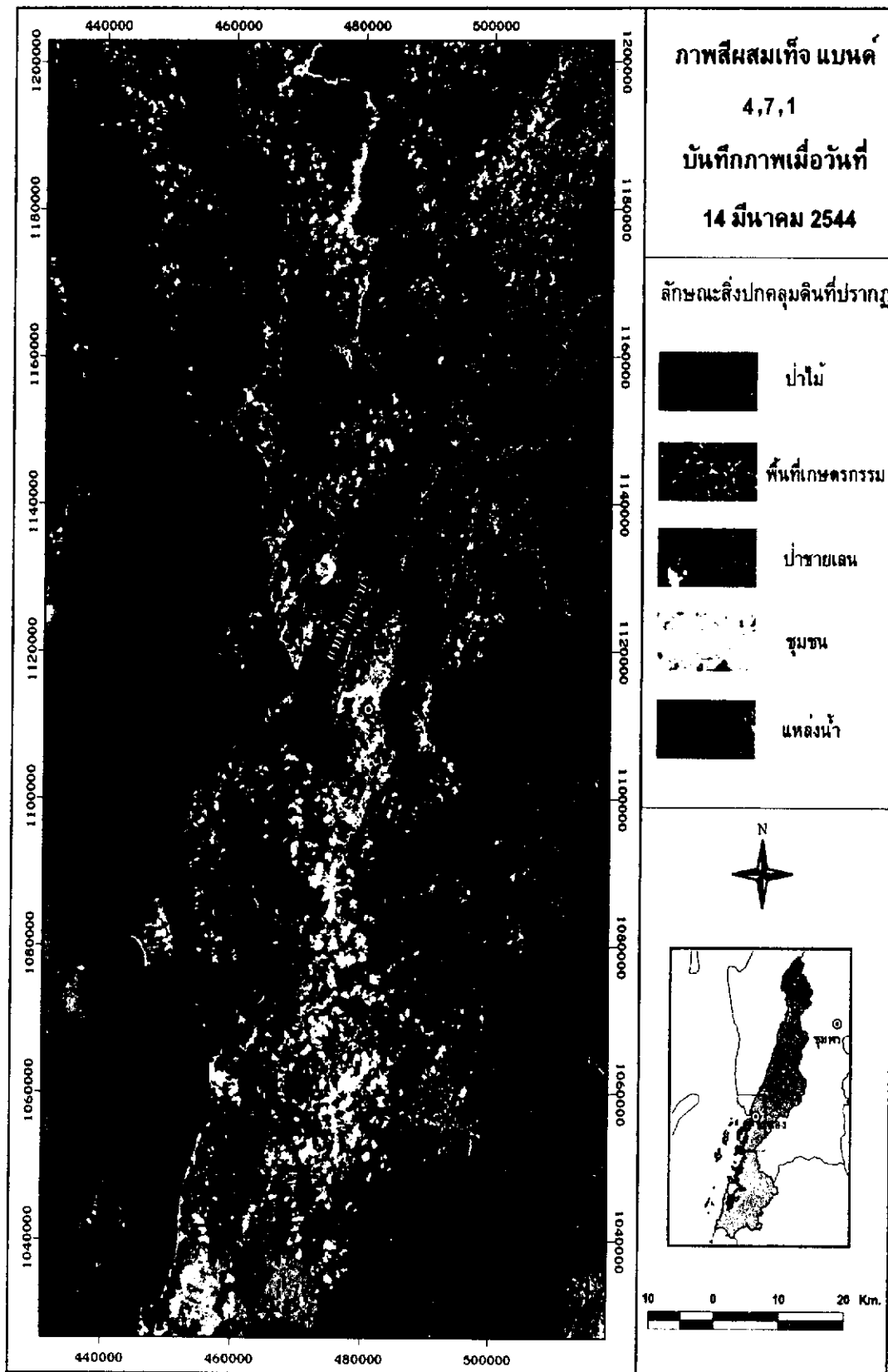
จากห้วงอวกาศสู่อินเทอร์เน็ตไทย ได้ทำการแปลภาพดาวเทียม LANDSAT 7 ระบบ ETM<sup>+</sup> (แบนด์ 4 5 3 แดง เขียว น้ำเงิน) วันที่ 10 กุมภาพันธ์ และ 7 มีนาคม 2546 บริเวณหินแกรนิตดอยขุนตาล จ.ลำปาง - จ.ลำพูน พบว่า ทิวเขาที่เป็นหินแกรนิต และหินแปรเห็นเป็นสีอ่อนในภาพดาวเทียม ทั้งยังสามารถแสดงแนวเส้นตรง และแนวแยกของหินหลายแนวในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ ( จากห้วงอวกาศสู่อินเทอร์เน็ตไทย. 2546 : 188 )

จากการผสมสีภาพ 4 5 3 มีประโยชน์ต่อการศึกษาเรื่องราวของแผ่นดินไหว โดยเฉพาะรอยเลื่อนมีพลัง ซึ่งรอยเลื่อนดังกล่าวมักปรากฏให้เห็นเป็นแนวเส้นยาวที่อาจต่อเนื่องกันหรือไม่ก็ได้ หากเป็นรอยเลื่อนใหม่ๆ มักปรากฏให้เห็นเป็นแนวเส้นที่คมชัด เมื่อเทียบกับรอยเลื่อนเก่าๆ ที่เป็นแนวรางๆ ไม่ชัดเจน ภาพจากดาวเทียมยังสามารถแสดงให้เห็นลักษณะเฉพาะทางภูมิประเทศที่สัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนมีพลังได้อย่างชัดเจน เช่น หน้าตัดสามเหลี่ยม ทางน้ำเปียงแนวผารอยเลื่อน หล่มยุบ แนวราบกั๊กกร่อน และสันขวางกัน เป็นต้น ( จากห้วงอวกาศสู่พื้นแผ่นดินไทย. 2546 : 198 )

การผสมสีช่วงคลื่น 4 7 1 การผสมสีในช่วงคลื่นดังกล่าว มีประโยชน์ทางด้านการศึกษาความแตกต่างของพื้นที่แหล่งน้ำ ซึ่งผลการผสมสีของช่วงคลื่นดังกล่าว สามารถจำแนกบริเวณพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำตื้น และบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำลึก ได้อย่างชัดเจน เนื่องจากความแตกต่างของการดูดกลืนพลังงานของแต่ละบริเวณแตกต่างกัน ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 12 ภาพดาวเทียม LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup> ภาพสีผสมเท็จ 4 5 3



ภาพประกอบ 13 ภาพดาวเทียม LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup> ภาพสีผสมเท็จ 4 7 1

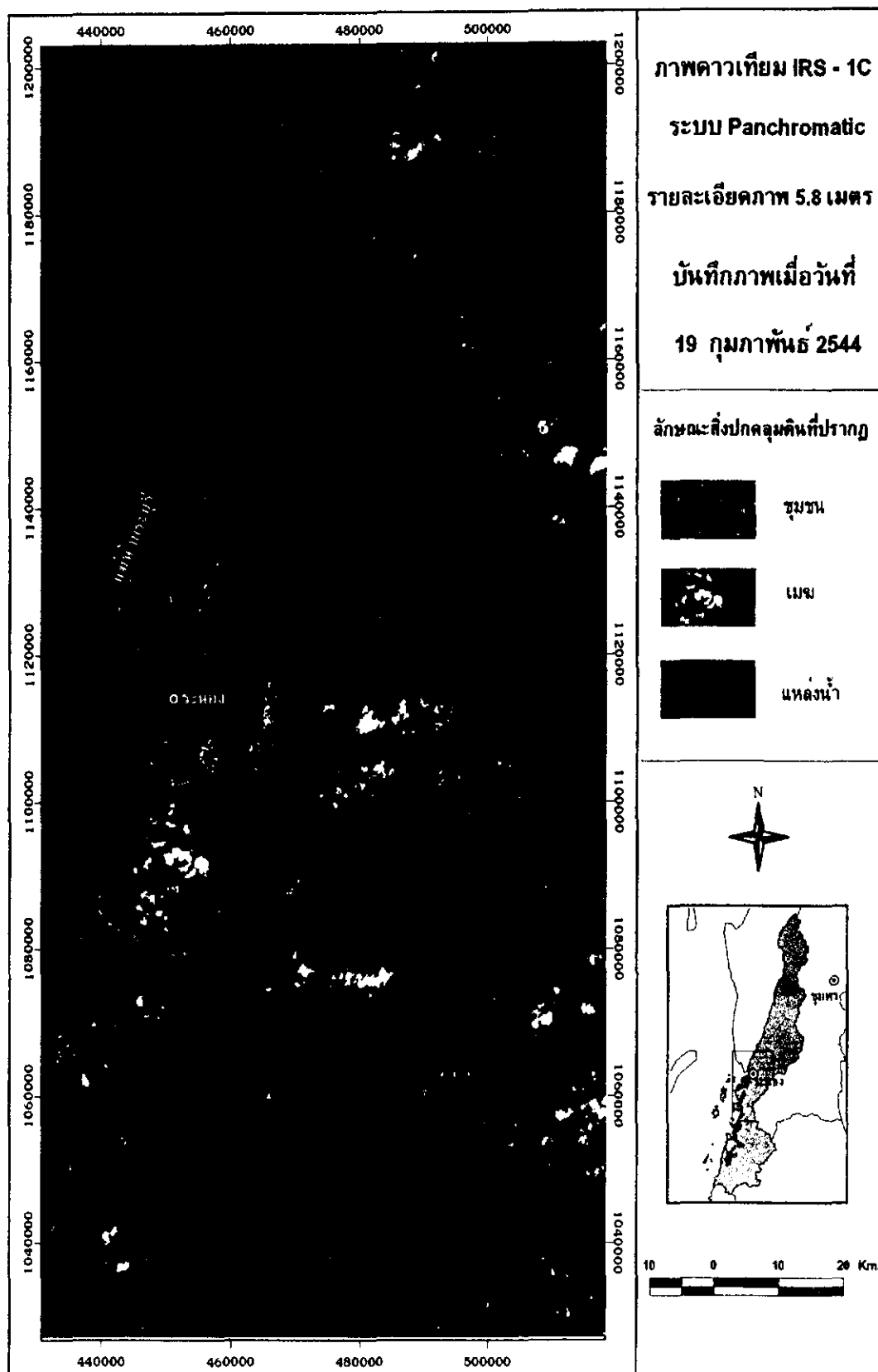
ผลของการผสมสีภาพหลายช่วงคลื่นดังกล่าวข้างต้น พบว่า การผสมสีภาพแต่ละช่วงคลื่นประโยชน์ในการศึกษาด้านต่างๆ กันออกไป ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ โดยผสมสีภาพด้วยคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละช่วงคลื่น โดยในการศึกษาหาแหล่งพุน้ำร้อนในครั้งนี้ ได้ใช้ช่วงคลื่น 4 7 1 ซึ่งมีความสามารถแสดงความแตกต่างของแหล่งน้ำได้ดี ซึ่งสามารถแยกรายละเอียดของแหล่งน้ำตื้นและน้ำลึกได้ แต่ช่วงคลื่นดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านขนาดของจุดภาพ ที่มีขนาดจุดภาพใหญ่เกินไป ไม่สามารถให้ค่าการดูดกลืนพลังงานที่โดดเด่นของพุน้ำร้อนได้

### 3.3 การหลอมภาพดาวเทียม ( Data Fusion )

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการหลอมรวมภาพ ดาวเทียม IRS-1C ระบบ Panchromatic ความละเอียดจุดภาพ 5 เมตร ดังภาพประกอบ 15 กับภาพดาวเทียม LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup> ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร และทำการผสมสีภาพหลายช่วงคลื่น แดง เขียว น้ำเงิน ในช่วงคลื่น 4 7 1 ซึ่งเป็นคุณสมบัติของดาวเทียม LANDSAT 7 ดังภาพประกอบ 16

Data Fusion การหลอมภาพเป็นเครื่องมือในการรวมข้อมูลจากหลายๆ แหล่งซึ่งเป็นเทคนิคกระบวนการที่ก้าวหน้า ผลที่ได้จากการหลอมภาพ มีคุณภาพดี หรือไม่ดี ขึ้นอยู่กับการแปล และการนำไปประยุกต์ใช้

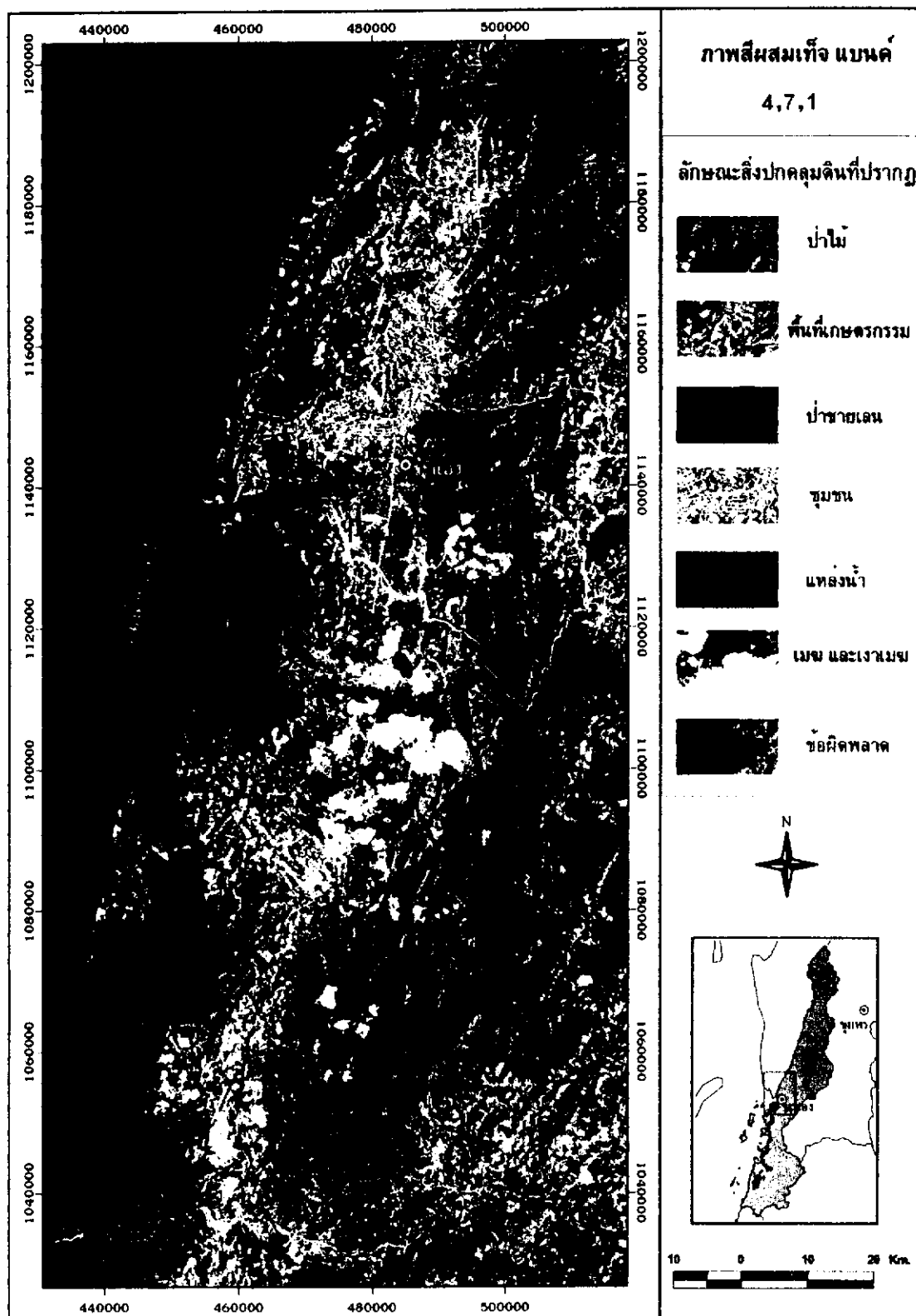
รัศมี สุวรรณวีระกำจร (2540) ได้ทำการศึกษาพื้นที่น้ำท่วมบริเวณ จ.สุราษฎร์ธานี และพื้นที่ใกล้เคียงในช่วงเดือนสิงหาคม 2540 โดยเทคนิคการทำ Data fusion ด้วยระบบวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม PCI EASI/PACE ระหว่างข้อมูลที่ได้รับการบันทึกภาพก่อนการเกิดน้ำท่วม และขณะเกิดน้ำท่วม ซึ่งผลที่ได้จากการทำ Data fusion ระหว่างข้อมูล 2 ช่วงเวลา ทำการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมด้วยวิธี Unsupervised classification พบว่า มีพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาประมาณ 290 ตารางกิโลเมตร



ภาพประกอบ 14 ภาพดาวเทียม IRS - 1C ระบบ Panchromatic

จากการหลอมภาพดาวเทียม IRS -1C ระบบ Panchromatic กับภาพดาวเทียม LANDSAT 7 ระบบ ETM<sup>+</sup> ที่ทำการผสมสีภาพในช่วงคลื่น 4 7 1 พบว่า ภาพที่ได้มีความชัดเจนของข้อมูลที่มีการสะท้อนแสงที่โดดเด่นอย่างชัดเจน ดังเช่น บริเวณที่ปรากฏสีเขียวอ่อน เป็นการสะท้อนแสงของแหล่งชุมชนหนาแน่น และสามารถระบุขอบเขตของถนน แหล่งน้ำต่างๆ ได้อย่างชัดเจน บริเวณที่ปรากฏเป็นสีแดง เกิดจากการสะท้อนแสงของพืชพรรณธรรมชาติ ซึ่งจากภาพที่ปรากฏจะพบความแตกต่างของพืชพรรณธรรมชาติอย่างชัดเจน โดยบริเวณที่เป็นพื้นที่ป่าชายเลนจะพบเป็นแนวยาวใกล้แม่น้ำ ลักษณะพื้นผิวราบเรียบ ส่วนบริเวณที่เป็นป่าบก หรือพื้นที่เกษตรกรรม จะมีลักษณะไม่สม่ำเสมอของพื้นที่ ความแตกต่างดังกล่าว ปรากฏชัดเจน บริเวณที่เป็นแหล่งน้ำจะปรากฏเป็นสีดำ ซึ่งจากการหลอมภาพนี้ไม่สามารถจำแนกความแตกต่างของการดูดกลืนพลังงานที่ต่างกันของแหล่งน้ำได้ ส่งผลให้บริเวณที่เป็นแหล่งน้ำปรากฏเป็นสีดำ ไม่ว่าจะเป็นแหล่งน้ำคั้น หรือน้ำลึก บริเวณที่เป็นเงาเมฆ และก้อนเมฆที่ปรากฏในภาพจะเป็นสีขาว และสีดำบริเวณตอนล่างของภาพ และบริเวณที่ปรากฏเป็นสีม่วงที่พบในบริเวณใกล้แม่น้ำ เกิดจากเทคนิคการปรับแก้ภาพและสร้างระบบพิกัดอ้างอิงก่อนการทำการหลอมภาพ

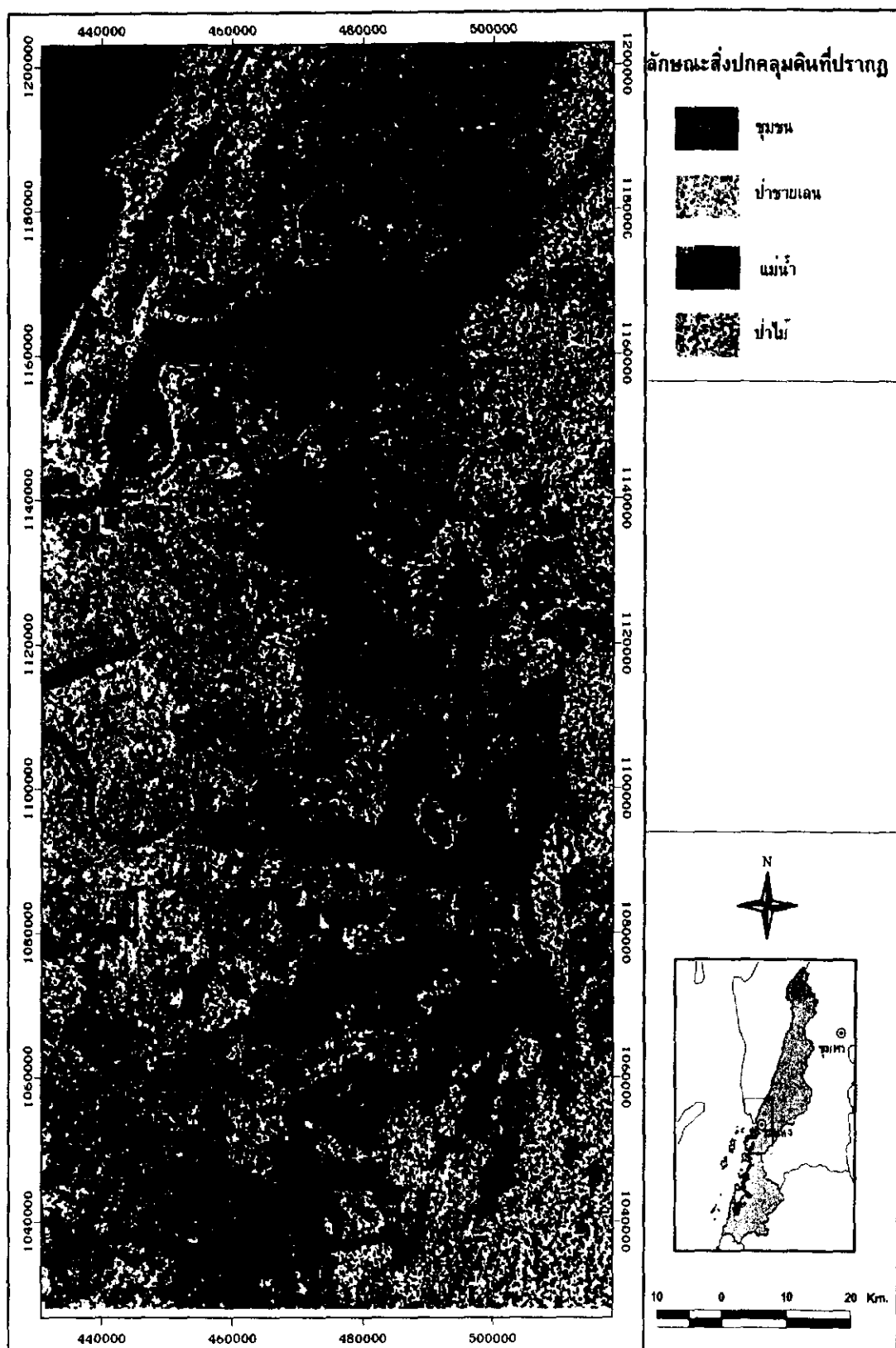
จากการวิเคราะห์การหลอมรวมภาพดาวเทียม พบว่า การหลอมภาพดาวเทียมให้ ความชัดเจนของข้อมูลที่เป็นข้อมูลหลักๆ เช่น ชุมชน ถนน หรือแม้แต่ สนามกีฬา ก็สามารถระบุขอบเขตของแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้เด่นชัด แต่การหลอมรวมภาพดาวเทียม IRS-1C กับภาพดาวเทียม LANDSAT 7 ไม่สามารถเห็นการดูดกลืนพลังงานที่โดดเด่นของแหล่งพุ่น้ำร้อนได้ เนื่องจาก แหล่งพุ่น้ำร้อนใน จ.ระนอง มีลักษณะกระจายขอบเขตโดยรวมมีขนาดไม่ใหญ่จึง ทำให้ไม่สามารถระบุขอบเขตของแหล่งพุ่น้ำร้อนออกมาได้



ภาพประกอบ 15 ภาพดาวเทียมที่ผ่านการถอดรหัสสีเทียม (False Color Composite) ของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 3 ETM<sup>+</sup>

### 3.4 การจำแนกประเภทแบบไม่กำกับดูแล ( Unsupervised Classification )

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล โดยในการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแลนี้ เป็นวิธีการที่ไม่ต้องทำการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง โดยที่คอมพิวเตอร์จะทำการแยกประเภทข้อมูลต่างๆ



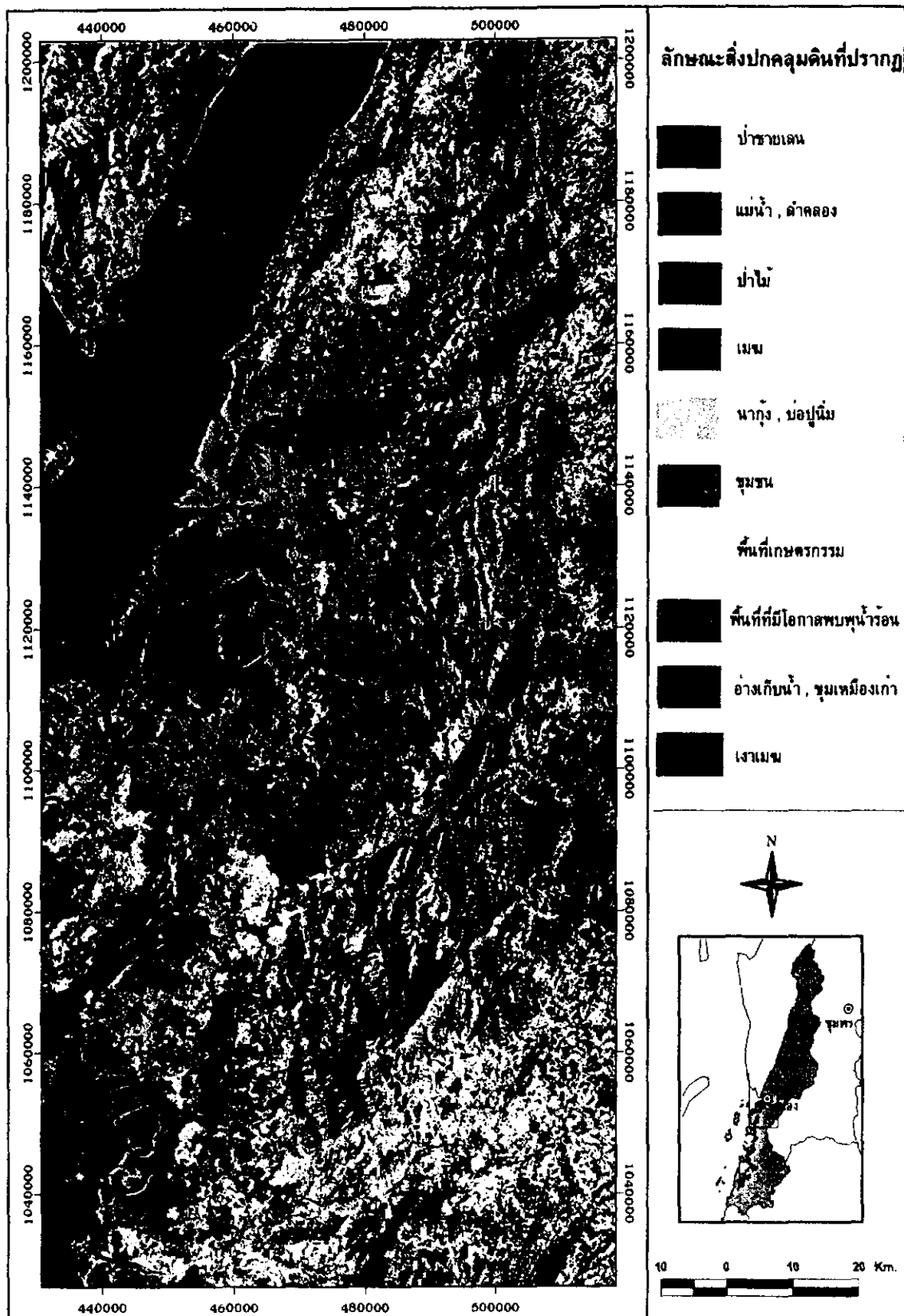
ภาพประกอบ 16 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล ( Unsupervised Classification )

ผลจากการจำแนกประเภทแบบไม่กำกับดูแล พบว่า การจำแนกประเภทแบบไม่กำกับดูแล สามารถให้ความแตกต่างทางด้านเนื้อหาของพื้นที่ศึกษาได้ แต่ความแตกต่างในด้านอื่นๆ ไม่สามารถจำแนกประเภทข้อมูลได้ เนื่องจากวิธีการจำแนกที่หยาบเกินไป ไม่สามารถนำมาใช้ในการประมวลผลทางด้านการจำแนกประเภทข้อมูลได้ โดยรายละเอียดที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลนั้น ได้จากการอ้างอิงของแผนที่ภูมิประเทศ เนื่องจากการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีไม่กำกับดูแลนั้น จะทำการจำแนกโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในการจำแนกเท่านั้น

### 3.5 จำแนกประเภทแบบกำกับดูแล ( Supervised Classification )

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล โดยในการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแลนี้ ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องทำการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง และให้คอมพิวเตอร์จำแนกประเภทข้อมูล ด้วยทฤษฎี Maximum Likelihood ซึ่งการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยทฤษฎี Maximum Likelihood เป็นการจำแนกประเภทข้อมูล โดยพิจารณาจากค่ากลาง และค่าความแปรปรวน ของข้อมูลแต่ละประเภท โดยจะคำนวณจากค่าความน่าจะเป็นสูงสุด ของแต่ละจุดภาพ และทำการจำแนกประเภทข้อมูล

การจำแนกด้วยทฤษฎี Maximum Likelihood จะต้องทำการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง ก่อนการจำแนก ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างทั้งหมด 10 ประเภท ประกอบด้วย แม่น้ำ – คลอง ป่าไม้ ป่าชายเลน พื้นที่เกษตรกรรม อ่างเก็บน้ำ – ขุมเหมืองเก่า นาทุ่ง – บ่อปูนี้ม แหล่งชุมชน เมฆ เงาเมฆ และแหล่งพุน้ำร้อน



ภาพประกอบ 17 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล ( Supervised Classification )

ผลการจำแนก พบว่าการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล สามารถจำแนกพื้นที่ที่มีโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อนได้โดยพื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนปรากฏเป็นกลุ่มสีแดง ซึ่งการกำหนดพื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนในครั้งนี้นั้นได้อ้างอิงแหล่งพุน้ำร้อนที่พบในปัจจุบันของ จ.ระนองเป็นพื้นที่ตัวอย่าง ซึ่งสามารถจำแนกพื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนได้ในระดับกว้างๆ แต่ไม่สามารถระบุแน่ชัด ได้ว่าจะพบพุน้ำร้อนในบริเวณพื้นที่ใดๆ

#### 4. ผลจากการวิเคราะห์ทางรีโมทเซนซิง เพื่อหาโอกาสพบแหล่งพุน้ำร้อน

พบว่า การวิเคราะห์ทางรีโมทเซนซิง ไม่ว่าจะเป็นการปรับเน้นภาพ ซึ่งสามารถระบุโครงสร้างแนวเส้นทางธรณีวิทยาได้อย่างเด่นชัด ซึ่งพบว่า แนวเส้นโครงสร้างทางธรณีวิทยาประกอบด้วยโครงสร้างแนวเส้นหลักที่วางตัวในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ และจะพบแนวเส้นโครงสร้างย่อยๆ อีกเป็นจำนวนมาก การผสมสีภาพ พบว่าการผสมสีภาพตามคุณสมบัติของช่วงคลื่นต่างๆ ซึ่งได้ใช้ช่วงคลื่น 4 7 1 (แดง เขียว น้ำเงิน) พบว่า ช่วงคลื่นดังกล่าวสามารถแสดงความแตกต่างของพื้นที่แหล่งน้ำที่เป็นแหล่งน้ำคั่น และแหล่งน้ำลึกได้ แต่ไม่สามารถแสดงความแตกต่างของการดูดกลืนพลังงานของพุน้ำร้อนได้ เทคนิคการหลอมภาพดาวเทียมโดยใช้ดาวเทียม IRS-1C และดาวเทียม LANDSAT 7 พบว่า การหลอมภาพดาวเทียมสามารถให้ความชัดเจนของข้อมูลหลักๆ เช่น แหล่งชุมชน แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม ได้ดี ซึ่งสามารถระบุขอบเขตของพื้นที่นั้นได้อย่างชัดเจน แต่ไม่สามารถให้ความเด่นชัดของพุน้ำร้อนได้ เนื่องจากแหล่งพุน้ำร้อนมีลักษณะกระจายขอบเขตโดยรวมมีขนาดไม่ใหญ่ ส่งผลให้ค่าการสะท้อนแสงของพุน้ำร้อนไม่สามารถเห็นได้ เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลทั้งแบบกำกับดูแล ด้วยทฤษฎี Maximum Likelihood สามารถจำแนกพื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนได้ เป็นบริเวณกว้างๆ แต่ไม่สามารถระบุแน่ชัดไปได้ว่าจะพบในบริเวณใดของพื้นที่นั้นๆ และการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล ไม่สามารถจำแนกพุน้ำร้อนออกมาได้

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะประเภทของรอยเลื่อนบริเวณ แนวรอยเลื่อนระนอง ของประเทศไทย
2. เพื่อให้ทราบลักษณะชนิดหินที่ก่อให้เกิดพุน้ำร้อน
3. เพื่อศึกษาหาโอกาสพบน้ำร้อน บริเวณแหล่งอื่นๆ
4. เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และรีโมทเซนซิง ในการหาโอกาสพบน้ำร้อน บริเวณแนวรอยเลื่อนระนอง

#### สมมุติฐานในการวิจัย

1. บริเวณที่พบน้ำร้อนน่าจะสัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนของเปลือกโลก
2. บริเวณที่เป็นหินแกรนิต น่าจะพบน้ำร้อนได้มากกว่าหินชนิดอื่นๆ
3. บริเวณที่พบน้ำร้อน น่าจะสัมพันธ์กับระดับน้ำบาดาลระดับตื้น

#### วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จากหน่วยราชการต่างๆ ภาพถ่ายเทียม ข้อมูลภาคสนาม
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ เครื่องมือหาพิกัดจากดาวเทียม กล้องถ่ายรูป ArcView 3.3 Envi 3.6
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ได้จากการรวบรวมฐานข้อมูลจากหน่วยงานราชการ การสร้างฐานข้อมูลใหม่ จากข้อมูลของหน่วยงานราชการ
4. การวิเคราะห์ข้อมูล ปัจจัยค่าระดับน้ำบาดาล ได้จากการหาค่าระดับน้ำปกติ และค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง ปัจจัยลักษณะชนิดหิน และปัจจัยรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก ได้จากการรวบรวมฐานข้อมูลจากหน่วยงานราชการ และทำการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เมื่อได้ค่าทั้ง 3 ปัจจัยแล้ว ทำการซ้อนทับข้อมูล ก็จะได้พื้นที่ที่มีโอกาสพบน้ำร้อน
5. การวิเคราะห์รีโมทเซนซิง ด้วยการปรับเน้นคุณภาพข้อมูล การผสมสีภาพ การหลอมภาพ การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล และ แบบกำกับดูแล

## สรุปผลการวิจัย

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาโอกาสพบพุน้ำร้อนได้ โดยใช้ ArcView 3.3 Extension Spatial Analysis เป็นซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ มาใช้ในการวิเคราะห์หาโอกาสพบพุน้ำร้อน

ผลการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อหาโอกาสพบพุน้ำร้อน บริเวณแนวรอยเลื่อนระนอง โดยใช้ปัจจัยทางธรณีวิทยา 3 ปัจจัย ได้แก่ ค่าระดับน้ำบาดาล ลักษณะชนิดหิน รอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก ผลการศึกษาสรุป ได้ดังนี้

พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนที่เหมาะสมที่สุด มีพื้นที่ 3.33 ตารางกิโลเมตร พบครอบคลุมพื้นที่บริเวณด้านตะวันตกของ อ.บางสะพาน อ.บางสะพานน้อย จ.ประจวบคีรีขันธ์ อ.ท่าแซะ อ.พะโต๊ะ จ.ชุมพร และ อ.กระบี่ อ.ละอุ่น อ.เมืองระนอง อ.กะเปอร์ จ.ระนอง

พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนที่เหมาะสมปานกลาง มีพื้นที่ 33.13 ตารางกิโลเมตร พบครอบคลุมพื้นที่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ ตามแนวการวางตัวของรอยเลื่อนมีพลังของเปลือกโลก ที่พาดผ่าน ตั้งแต่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ต่อเนื่องถึง จ.ชุมพร และ จ.ระนอง

พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนที่เหมาะสมน้อย มีพื้นที่ 76.71 ตารางกิโลเมตร พบครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง

เมื่อได้แผนที่พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนแล้ว ผู้ศึกษาได้ทำการออกภาคสนาม เพื่อไปตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ ซึ่งผลจากการออกภาคสนาม ในบริเวณพื้นที่ที่พบพุน้ำร้อนในปัจจุบันของ จ.ระนอง ซึ่งประกอบด้วย

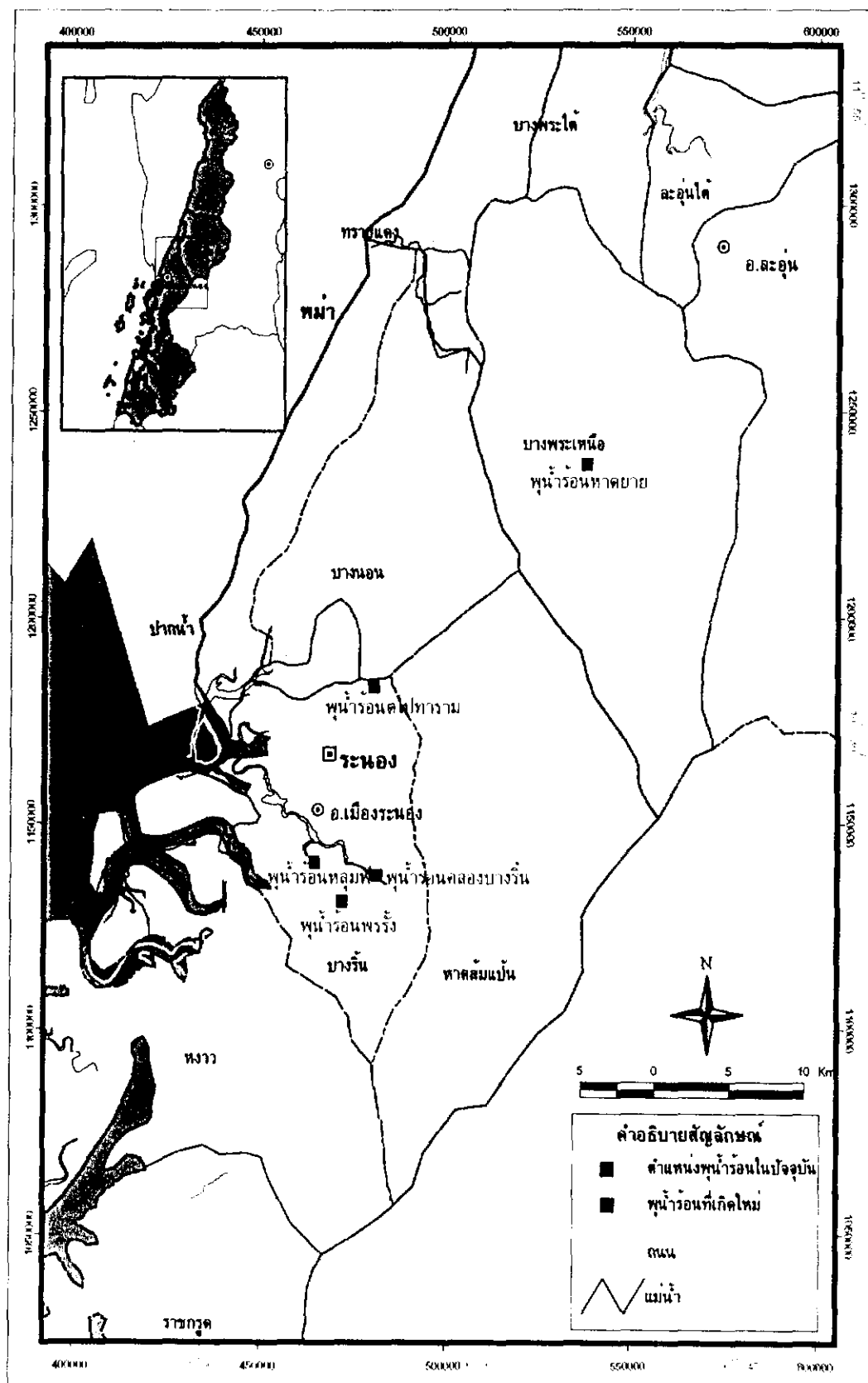
- พุน้ำร้อนนโปหาราม ตั้งอยู่ที่ ตำบลบางริน อ.เมืองระนอง จ.ระนอง พุน้ำร้อนนโปหาราม มีจำนวน 3 บ่อ ในบริเวณเดียวกัน ได้แก่ บ่อพ่อ บ่อแม่ และบ่อลูก พุน้ำร้อนนโปหารามจัดเป็นพุน้ำร้อนที่มีชื่อเสียงของ จ.ระนอง อุณหภูมิของพุน้ำร้อนนโปหาราม ทั้ง 3 บ่อ ประมาณ 65 องศาเซลเซียส และบริเวณดังกล่าวมีน้ำไหลตลอดปี ลักษณะสีของน้ำใส สามารถมองเห็นกันบ่อได้ชัดเจน

- พุน้ำร้อนทุ่งยอ (พรวัง) ตั้งอยู่ที่ ตำบลบางริน อ.เมืองระนอง จ.ระนอง พุน้ำร้อนทุ่งยอ นี้ยังไม่มีผู้มาท่องเที่ยวมากนัก เนื่องจาก ที่ตั้งของพุน้ำร้อนไม่สะดวกต่อการเดินทาง พุน้ำร้อนทุ่งยอ มีจำนวน 3 บ่อ โดยมีบ่อเล็ก 2 บ่อ เป็นบ่อคู่ และมีบ่อใหญ่ที่แยกออกไปต่างหากอีก 1 บ่อ อุณหภูมิของพุน้ำร้อนทุ่งยอ ประมาณ 60 องศาเซลเซียส สีของน้ำใส

- พุน้ำร้อนหลุมพี ตั้งอยู่ที่ ตำบลบางริน อ.เมืองระนอง จ.ระนอง พุน้ำร้อนหลุมพี เป็นพุน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ ประมาณ 39 องศาเซลเซียส แต่เนื่องจาก ก่อนหน้าที่จะทำการเข้าไปสำรวจฝนได้ตกลงมา ส่งผลให้ความร้อนของพุน้ำร้อนหลุมพี มีอุณหภูมิไม่สูงมากนัก ซึ่งพุน้ำร้อนหลุมพีนี้พบเพียงบ่อเดียว สีของน้ำขุ่น

- พุน้ำร้อนบางริน ตั้งอยู่ที่ ตำบลบางริน อ.เมืองระนอง จ.ระนอง พุน้ำร้อนบางริน เป็นพุน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ ใกล้เคียงกับพุน้ำร้อนหลุมพี

เมื่อทำการสำรวจ พุน้ำร้อนที่พบ ในปัจจุบัน ที่มีชื่อของ จ.ระนอง ครบทุกจุดแล้ว ผู้ศึกษาได้ทราบ จากคำบอกเล่าของชาวบ้านว่า พบพุน้ำร้อนแหล่งใหม่ ที่ อ.ละอุ่น ซึ่งเมื่อเข้าไปสำรวจก็ได้พบกับพุน้ำร้อนหาดยาย ซึ่งตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 2 ตำบลบางพระเหนือ อ.ละอุ่น จ.ระนอง ซึ่งพุน้ำร้อนหาดยาย มีจำนวนทั้งสิ้น 4 บ่อ วางตัวค่อนข้างเป็นแนวเส้นตรง ในทิศประมาณ ตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งปรากฏเป็นแนวเดียวกันกับรอยเลื่อนระนอง ซึ่งพุน้ำร้อนหาดยายนี้ พบในพื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนที่เหมาะสมปานกลาง ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ปรากฏว่าไม่ครอบคลุมพื้นที่พุน้ำร้อนหาดยาย เนื่องจากข้อมูลทางด้านธรณีวิทยา ที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ ได้ใช้ข้อมูลธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 ซึ่งในแผนที่ธรณีวิทยา ในมาตราส่วนดังกล่าว บริเวณพื้นที่พุน้ำร้อนหาดยาย เป็นหินชั้นและหินแปร ทำให้พุน้ำร้อนหาดยาย ปรากฏในแผนที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนที่เหมาะสมปานกลาง แต่จากการสำรวจพบว่า พุน้ำร้อนหาดยายนี้ มีน้ำไหลซึมออกมาจากหินแกรนิต ซึ่งเป็นแนวสัมผัสกับหินชั้น และหินแปร เมื่อศึกษาในพื้นที่แล้ว ปรากฏว่า พื้นที่โดยรอบนั้นเป็นหินแกรนิต ซึ่งประเมินได้ว่า หินชั้นและหินแปร ในพื้นที่อ.ละอุ้นั้น ถูกรองรับด้วยหินแกรนิต ซึ่งเป็นหินฐานที่ให้ความร้อนแก่พุน้ำร้อนหาดยาย



ภาพประกอบ 18 แผนที่พุน้ำร้อนที่พบในปัจจุบัน และพุน้ำร้อนแหล่งใหม่



ภาพประกอบ 19 พุน้ำร้อนบ้านหาดยาย ตั้งอยู่ที่หมู่ที่ 2 ตำบลบางพระเหนือ อ.ละอุ่น จ.ระนอง

ผลการวิเคราะห์ทางรีโมทเซนซิง ไม่ว่าจะเป็นการปรับเน้นภาพ ซึ่งสามารถระบุโครงสร้างแนวเส้นทางธรณีวิทยาได้อย่างเด่นชัด การผสมสีภาพ พบว่า การผสมสีภาพตามคุณสมบัติของช่วงคลื่นต่างๆ ซึ่งได้ใช้ช่วงคลื่น 4 7 1 (แดง เขียว น้ำเงิน) พบว่า ช่วงคลื่นดังกล่าวสามารถแสดงความแตกต่างของพื้นที่แหล่งน้ำที่เป็นแหล่งน้ำตื้นและแหล่งน้ำลึกได้ แต่ไม่สามารถแสดงความแตกต่างของการดูดกลืนพลังงานของพืชน้ำร้อนได้ การหลอมภาพดาวเทียมโดยใช้ดาวเทียม IRS-1C และดาวเทียม LANDSAT 7 พบว่า การหลอมภาพดาวเทียมสามารถให้ความชัดเจนของข้อมูลหลักๆ ชุมชน แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งสามารถระบุขอบเขตของพื้นที่เหล่านั้นได้อย่างชัดเจน แต่ไม่สามารถให้ความเด่นชัดของพืชน้ำร้อนได้ การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับด้วยคุณลักษณะ Maximum Likelihood สามารถจำแนกพื้นที่ที่มีโอกาสพบพืชน้ำร้อนได้ เป็นบริเวณกว้างๆ แต่ไม่สามารถระบุแน่ชัดไปได้ว่าพบในบริเวณใดของพื้นที่นั้นๆ และการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับด้วยคุณลักษณะ ไม่สามารถจำแนกพืชน้ำร้อนออกมาได้

## อภิปรายผล

1. บริเวณที่พบพืชน้ำร้อนน่าจะสัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนของเปลือกโลก ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในบทที่ 4 ปรากฏว่า ความสัมพันธ์ระหว่างพืชน้ำร้อนกับรอยเลื่อนมีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับ สมมุติฐานข้อ 1 เนื่องจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกน่าจะเป็นตัวการที่ทำให้มีความร้อนแผ่เข้าไปในหินสองข้างรอบๆ รอยเลื่อน รอยแตก ดังนั้นแล้ว รอยเลื่อน รอยแตก เป็นเสมือนเส้นทางนำอุณหภูมิสูงจากสายแร่ชั้น Hydrothermal นำน้ำร้อนจากใต้ผิวโลกไหลขึ้นมาสู่ผิวโลก ซึ่งพืชน้ำร้อนส่วนใหญ่ พบในบริเวณพื้นที่ของแนวรอยเลื่อนมีพลัง หรือตามแนวขอบสัมผัสระหว่างหินแกรนิตกับหินตะกอน ซึ่งรอยเลื่อนที่พบในพื้นที่ศึกษาเป็นรอยเลื่อนขนาดใหญ่ วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ และปรากฏรอยเลื่อนย่อยๆ วางตัวในแนวเดียวกันกับรอยเลื่อนหลัก ซึ่งพบกระจายอยู่ทั่วไปทั้งพื้นที่ศึกษา สอดคล้องกับ อาทิตย์ เชื้อวิโรจน์ และคณะ พบว่า ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สำคัญในบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนป่าแป๋ ซึ่งเป็นช่องทางให้น้ำร้อนจากใต้โลกไหลขึ้นมาสู่ผิวดิน ได้แก่ รอยเลื่อน และรอยแตก ตามลำน้ำแม่สะ ซึ่งวางตัวในแนวเกือบตะวันออกตะวันตก WNW – ESE โดยมีการเรียงตัวของบ่อน้ำพุร้อนต่างๆ ในแนวเกือบตะวันออก – ตะวันตก และยังมีรอยเลื่อน รอยแตกย่อยๆ ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ NE – SW และแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ NW – SE เป็นช่องทางในการลำเลียงน้ำร้อนขึ้นสู่ผิวดิน

2. บริเวณที่เป็นหินแกรนิตน่าจะพบพืชน้ำร้อนได้มากกว่าหินชนิดอื่นๆ พบว่า ความร้อนใต้ผิวโลกได้มาจาก มวลหินหนืด ที่แทรกซอนเข้ามาในระบบรอยแตกร้าวของหินเปลือกโลกด้านบน และอยู่ในรูปของหินอัคนีชนิดต่างๆ เช่น ปูนหินแกรนิต กะเปาะหินแอนดิไซต์ มวลหินไรโอไลต์ พงันหินเพ็กมาไทต์ สายแร่ควอร์ตซ์ สายแร่เฟลด์สปาร์ หรือหินอัคนี เช่น หินแกรนิต ซึ่งอาจดันตัว

ขึ้นมาอยู่ใต้โลกในระดับตื้น รวมถึงแหล่งความร้อนที่ได้จากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีใน หินแกรนิต ความร้อนจากการเคลื่อนตัวของแผ่นดิน หรือแรงเฉือนในบริเวณรอยเลื่อนมีพลัง ซึ่ง ความร้อนดังกล่าวจะถ่ายเทสู่หินใกล้เคียง สอดคล้องกับ อำนาจชัย เทียนประเสริฐ ว่า น้ำพุร้อนใน บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย มีกำเนิดสัมพันธ์กับหินอัคนีชนิดที่เย็นตัวภายใต้ผิวโลก ซึ่งหินที่ สัมพันธ์กับแหล่งน้ำพุร้อน และเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานความร้อนใต้พิภพ ได้แก่หินแกรนิตที่มีอายุ แตกต่างกันตั้งแต่ยุคคาร์บอนิเฟอรัส ถึงเทอเซียรี และ อาทิตย์ เชื้อวโรจน์ และคณะ พบว่า หินที่ เป็นแหล่งกักเก็บน้ำร้อนควรเป็นหินแกรนิต ยุคคาร์บอนิเฟอรัส และยุคไทรแอสซิก ซึ่งหินแกรนิต เป็นแหล่งกักเก็บความร้อนได้ดี ถ้าหินมีรอยแตกมาก สำหรับหินแกรนิตยุคไทรแอสซิก สามารถกัก เก็บความร้อนได้ เนื่องจากมีรอยแตก และรอยเลื่อนในชั้นหิน สอดคล้องกับสมมุติฐานข้อ 2 ที่ว่า หินแกรนิตน่าจะพบพุน้ำร้อนได้มากกว่าหินชนิดอื่น ซึ่งสามารถพบพุน้ำร้อนตามหินชนิดอื่นได้ ซึ่ง เกิดจากหินชนิดอื่นปิดทับอยู่บนหินแกรนิต น้ำร้อนจากรอยเลื่อน รอยแตก ในหินแกรนิตที่อยู่ระดับ ลึกไหลขึ้นมาสะสมในหินชั้น หรือหินตะกอน เนื่องจากหินชั้นหรือหินตะกอน เป็นหินซึ่งมีความพรุน สูง ส่งผลให้น้ำเย็นบนผิวโลกไหลไปผสมกับน้ำร้อน ส่งผลให้น้ำมีอุณหภูมิลดลง และปรากฏเป็นพุน้ำ ร้อน ที่มีขนาดความร้อนระดับต่างๆ ไม่เท่ากัน ตามแนวรอยเลื่อน รอยแตก นั้น

3. บริเวณที่พบพุน้ำร้อนน่าจะสัมพันธ์กับระดับน้ำบาดาล พบว่า ปริมาณน้ำบาดาล มี ปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะ และคุณสมบัติการกักเก็บน้ำของหินในแต่ละชนิดที่อยู่ใต้ดิน โดยความลึกของระดับน้ำบาดาล มีส่วนสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ สอดคล้องกับ อำนาจชัย เทียนประเสริฐ และคณะ พบว่า การเจาะสำรวจและทำการวัดอุณหภูมิทุกระยะ 10-30 เมตร เพื่อ ทำการศึกษาการแผ่กระจายความร้อนรอบๆ แหล่งพุน้ำร้อน พบว่า ที่ระดับความลึก 10 เมตร จะพบ การแผ่กระจายความร้อนเป็นบริเวณรอบๆ แหล่งพุน้ำร้อน ที่ระดับความลึก 20 เมตร การแผ่ กระจายความร้อนจะอยู่ในแนวเหนือ - ใต้ และที่ระดับความลึก 30 เมตร การแผ่กระจายความร้อน จะพบในแนวตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงเหนือ ชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา พบว่า ชั้นน้ำบาดาลวางตัวอยู่ในชั้นหินแข็ง โดยตลอด ซึ่งชั้นหินแข็งนี้มี ศักยภาพในการให้น้ำต่ำ น้ำที่ได้จากชั้นหินแข็ง ได้จากรอยแตก รอยแยก ระหว่างชั้นหิน ซึ่งน้ำที่ได้ จากชั้นหิน มากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของแนวรอยแตก หากแนวรอยแตกมีความ ต่อเนื่องกัน ประสิทธิภาพในการให้น้ำของชั้นหินแข็ง ก็สามารถให้น้ำได้มากกว่า แนวรอยแตกที่ไม่ ต่อเนื่องกัน ในพื้นที่ศึกษา พบว่า แนวรอยเลื่อนที่พบเป็นแนวยาวต่อเนื่องกัน ซึ่งเป็นแนวยาวจาก ทะเลอันดามัน พาดผ่าน จ.ระนองและเข้าสู่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานข้อ 3 ที่ว่า พุน้ำร้อนน่าจะสัมพันธ์กับระดับน้ำบาดาล ซึ่งพบว่า พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อน สามารถพบได้ทั้ง 3 ระดับความลึก แต่พื้นที่ที่มีโอกาสพบพุน้ำร้อนได้มาก พบที่ระดับความลึก 1 - 10 เมตร มีพื้นที่ 29.69 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 26 พบในพื้นที่บริเวณด้านตะวันออกของ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ต่อเนื่องถึง จ.ชุมพร และบริเวณด้านตะวันตกของ จ.ระนอง

4. การวิเคราะห์ทางรีโมทเซนซิง ด้วยวิธีการปรับเน้นคุณภาพข้อมูล การผสมสีภาพหลายช่วงคลื่น การหลอมภาพ และการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล และการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล ซึ่งการวิเคราะห์ทางรีโมทเซนซิง ให้ผลการศึกษา ดังนี้

การปรับเน้นคุณภาพข้อมูล พบว่า การปรับเน้นคุณภาพข้อมูลด้วยวิธี Linear Enhancement ให้ผลการปรับเน้นคุณภาพข้อมูลได้ชัดเจน โดยสามารถเน้นขอบเขตข้อมูลหลักๆ เช่น ทางน้ำ ถนน ได้แต่ไม่สามารถเน้นขอบเขตข้อมูลของพุ่มน้ำร้อนในปัจจุบันที่พบแล้วได้ การผสมสีภาพหลายช่วงคลื่น พบว่าช่วงคลื่น 4 (แดง) 5 (เขียว) 3 (น้ำเงิน) สามารถใช้ในการจำแนกโครงสร้างธรณีวิทยาได้ดี และการผสมสีภาพหลายช่วงคลื่น ในช่วงคลื่น 4 (แดง) 7 (เขียว) 1 (น้ำเงิน) ตามคุณสมบัติของแต่ละช่วงคลื่น พบว่า สามารถจำแนกความแตกต่างของแหล่งน้ำที่สีการดูดกลืนต่างกันได้ดีแต่ไม่สามารถแสดงความแตกต่างของแหล่งพุ่มน้ำร้อนได้ การหลอมรวมภาพดาวเทียม IRS-1C กับภาพดาวเทียม LANDSAT 7 พบว่า สามารถระบุขอบเขตของพื้นที่ได้ชัดเจน เช่น แหล่งชุมชน แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม แต่ไม่สามารถระบุขอบเขตของพุ่มน้ำร้อนได้ การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล ไม่สามารถจำแนกประเภทข้อมูลได้ และการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล ด้วยทฤษฎี Maximum Likelihood สามารถจำแนกพื้นที่ที่มีโอกาสพบพุ่มน้ำร้อนได้ เป็นบริเวณกว้างๆ แต่ไม่สามารถระบุแน่ชัดไปได้ว่าพบในบริเวณใดของพื้นที่นั้นๆ เนื่องจาก การกระจายขอบเขตโดยรวมของแหล่งพุ่มน้ำร้อนมีขนาดไม่ใหญ่ และขอบเขตของพุ่มน้ำร้อนมีขนาดเล็กกว่าจุดภาพดาวเทียมที่ใช้ในการวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ทางรีโมทเซนซิง ทุกวิธีปรากฏว่าแหล่งพุ่มน้ำร้อน จะปรากฏในบริเวณแหล่งชุมชน ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ชุมชนจะเข้าไปใช้ประโยชน์จากพุ่มน้ำร้อน ไม่ว่าจะเป็น การท่องเที่ยว การนำพุ่มน้ำร้อนไปใช้ในการบำบัดรักษาโรค เป็นต้น

### ข้อเสนอแนะ

1. การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการศึกษา วิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสพบแหล่งพุ่มน้ำร้อน ควรใช้ภาพดาวเทียมที่มีรายละเอียดสูง
2. การใช้ภาพถ่ายดาวเทียม อาจใช้ภาพเรดาร์ ในพื้นที่ที่มีปัญหาเมฆปกคลุมมาก และเป็นระยะเวลานาน เช่นเดียวกับพื้นที่ศึกษา
3. ถ้าต้องการวิเคราะห์ในพื้นที่ขนาดเล็ก สมควรใช้ข้อมูลที่มีมาตราส่วนที่ละเอียดมากกว่านี้

บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรธรณี. (2542). *ธรณีวิทยาประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- กวี วรกวิน. (2546). *แอตลาสประเทศไทยกายภาพรายจังหวัด*. กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- การบริหารและจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลในการพัฒนาประเทศ. (2542). กรุงเทพฯ : กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี.
- ปัญญา จารุศิริ; และคนอื่นๆ. (2540). *การศึกษาสาเหตุของแผ่นดินไหวในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างธรณีวิทยาของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยอาศัยภาพจากดาวเทียมแลนด์แซท ทีเอ็ม-5*. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- พงศ์พจน์ เจียมตน. (2542). *ธรณีวิทยาจังหวัดระนอง*. ภูเก็ต : สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 2 กรมทรัพยากรธรณี.
- พงษ์อินทร์ รักอริยะธรรม. (2539). *การประยุกต์ใช้ข้อมูลด้านแผนที่รีโมทเซนซิง และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์*. คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ อังกฤษ – ไทย. ฉบับราชบัณฑิตยสถาน เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ราชบัณฑิตยสถาน 2523.
- มงคล อุดชาชน. (2545). *ศึกษาธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของส่วนตะวันออกเฉียงใต้ของรอยเลื่อนแพร่ บริเวณแอ่งแพร่ ภาคเหนือของประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- มนตรี ศิลปาไลต์; และคนอื่นๆ. (2518). *ธรณีวิทยาระวาง จ.ประจวบคีรีขันธ์*. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี.
- มานพ รักษาสกุลวงศ์; และ ศิริพร สูงปานเขา. (2545). *พลังงานความร้อนใต้พิภพ. ข่าวสารการธรณี. (47,2) : 41-49.*
- วิศรยา ยาสุมุท. (2542 กรกฎาคม – ธันวาคม). *การใช้ประโยชน์ข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อการสำรวจพืชเสพติดติดตามแนวชายแดนภาคเหนือ. จุลสารดาวเทียม (66)*
- วิลาสลักษณ์ รอดโถม. (2546). *การใช้เทคนิคการจำแนกระดับละเอียดกว่าจุดภาพ กับภาพเทียมแลนด์แซท 7 เพื่อตรวจหาพื้นที่ปลูกฝิ่นขนาดเล็ก*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ศรีวุฒิ เจนศิริพิกุล และคณะ. (2545 กันยายน – ธันวาคม). *การใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลเพื่อสำรวจและจำแนกปะการังน้ำตื้น เกาะกระดาด จังหวัดตราด. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกล และสารสนเทศภูมิศาสตร์. 3 : 3.*

- ศิริพร ตรีธาร. (2547). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาพื้นที่เหมาะสม ในการ คัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น : กรณีศึกษา อ.ปากช่อง ถึง อ.วังน้ำเขียว จ. นครราชสีมา. ปรินุณยานิพนธ์ วท.ม. (ภูมิศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- ศุทธิณี ดนตรี. (2544). คำบรรยายรีโมทเซนซิง. คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2534). จากห้วงอวกาศสู่พื้นแผ่นดินไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และการพลังงาน.
- (2536). การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2546). จากห้วงอวกาศสู่พื้นแผ่นดิน ไทย. กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์; และ ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. (2544). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาพดาวเทียม สำรวจทรัพยากรธรรมชาติ. กรุงเทพฯ : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิ สารสนเทศ.
- สุวิทย์ ไคสุวรรณ; และ สมชาย นาคะผดุงรัตน์. (2534). ธรณีวิทยาระวางจังหวัดระนอง (4728 IV) ระวางอำเภอกะเปอร์ (4728 III) และระวางกิ่งอำเภอพะโต๊ะ (4728 I) มาตรฐาน 1:50,000. กรุงเทพฯ : กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- สุวิทย์ ไคสุวรรณ; และ อภิชาติ ลำจวน. (2541). ธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของรอยเลื่อนแม่จัน บริเวณอำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย. กรุงเทพฯ : กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากร ธรณี.
- แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์. (2534). ธรณีวิทยาแปรสัณฐานของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กอง ธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- อดิชาติ สุรินทร์คำ; และ อำนวยชัย เทียนประเสริฐ. (2526). รายงานการสำรวจก๊าซเรดอน และคาร์บอนไดออกไซด์ แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ บ้านโป่งข้อม อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่. กรุงเทพฯ : ฝ่ายธรณีฟิสิกส์ กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- (2526). รายงานการสำรวจก๊าซเรดอน และคาร์บอนไดออกไซด์ แหล่งพลังงานความ ร้อนใต้พิภพ บ้านโป่งกุ่ม อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ และบ้านสบโป่ง อ.เวียงป่าเป้า จ. เชียงราย. กรุงเทพฯ : ฝ่ายธรณีฟิสิกส์ กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- อาทิตย์ เชื้อวิโรจน์; และคนอื่นๆ. (2527). แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ บ้านแจ้ซ้อน กิ่ง อ. เมืองปาน จ.ลำปาง. กรุงเทพฯ : กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.

อลงกรณ์ โพธิ์กราน. (2547). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่  
ที่มีศักยภาพต่อการเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชัง : กรณีศึกษาทะเลสาบสงขลา  
ตอนล่าง จ.สงขลา. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (ภูมิศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

อักษรานุกรมภูมิศาสตร์ไทย เล่ม 1. (2545). ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. พิมพ์ครั้งที่ 4.  
กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน .

อำนาจชัย เทียนประเสริฐ. (2524). ผลงานความร้อนใต้พิภพ. กรุงเทพฯ : กองเศรษฐกิจ  
ธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.

อำไพ ทองภิญโญ. (2539). ธรณีวิทยาทั่วไปจังหวัดชุมพร. ภูเก็ต : ฝ่ายพัฒนาเหมืองแร่ กรม  
ทรัพยากรธรณี.

Calvin, M.R.; et al. (n.d). *Thermal infrared remote sensing for geothermal sit  
characterization*. Reno : Nevada University.

Gupta, Ravi P. (2002,November). *Remote Sensing Geology*. Germany.

Moore, John McMahon.; & Geo, Liu Jian. (1990, August). *Image enhancement of  
epithermal gold deposit alteration zones in southeast Spain*. England.

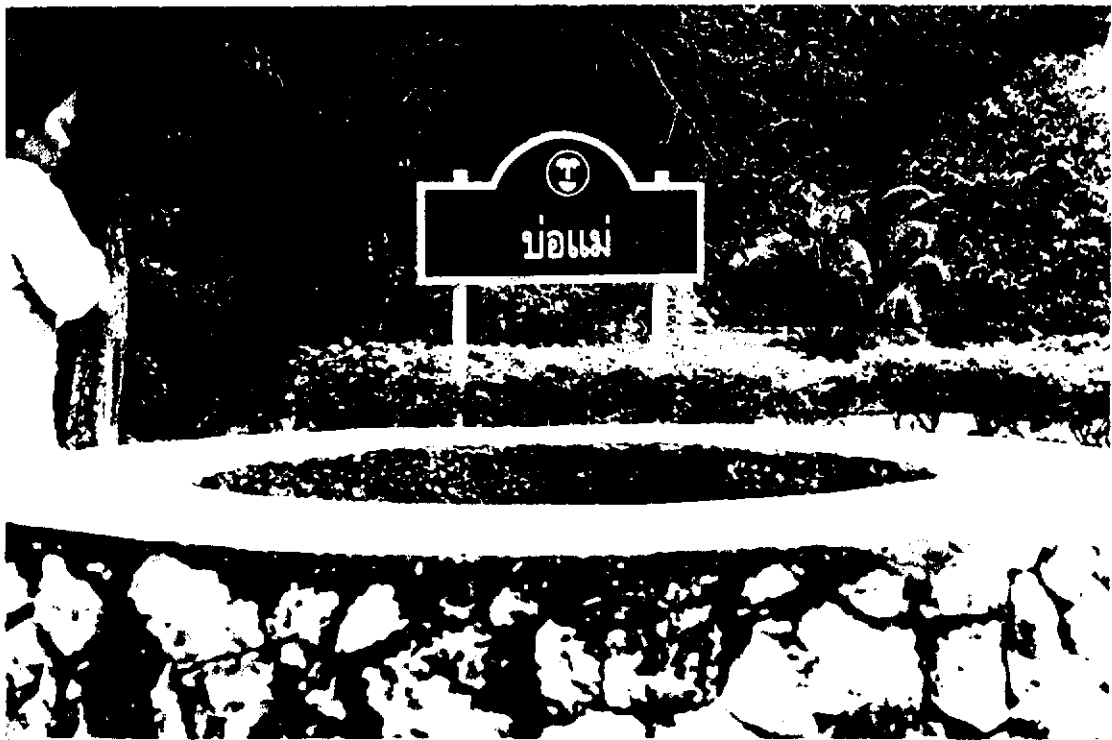
/ Stan Aronoff. (1993). *Geographic information system : A Management Perspective*.  
Canada.

Udomratn, C.S.; et al. (1985). *Application of landsat image to geothermal resources of  
Amphoe Pai area*. Bangkok : Department of mineral resources.

Wu, Chi – nan.; & Chen, Ta – Ko. (n.d). *Airborne Thermal IR Remote Sensing of  
Lushan Geothermal Field*. Taiwan.

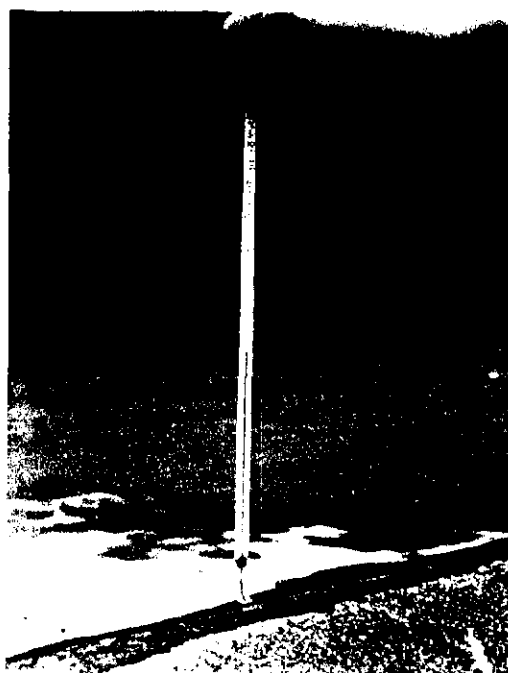
ภาคผนวก ก  
ภาพพุดน้ำร้อนในปัจจุบันของ จ.ระนอง

ภาพประกอบ 20 บริเวณพุน้ำร้อนดงโปธาราม ตั้งอยู่ที่ ตำบลบางริน อำเภอมือง จังหวัดระนอง



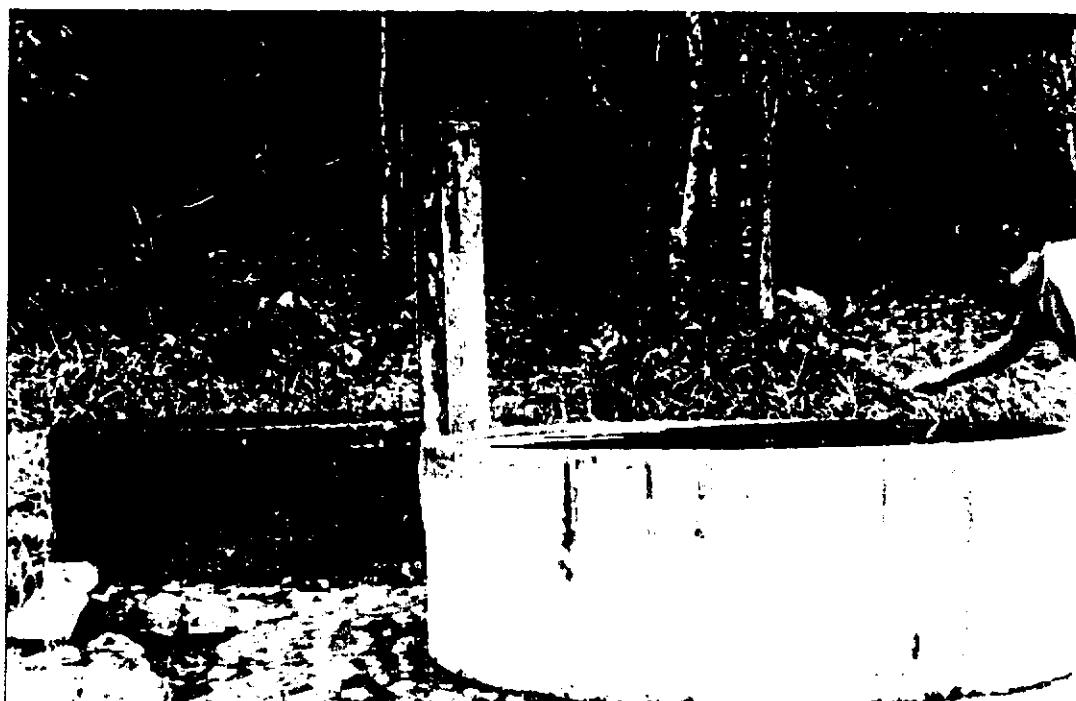
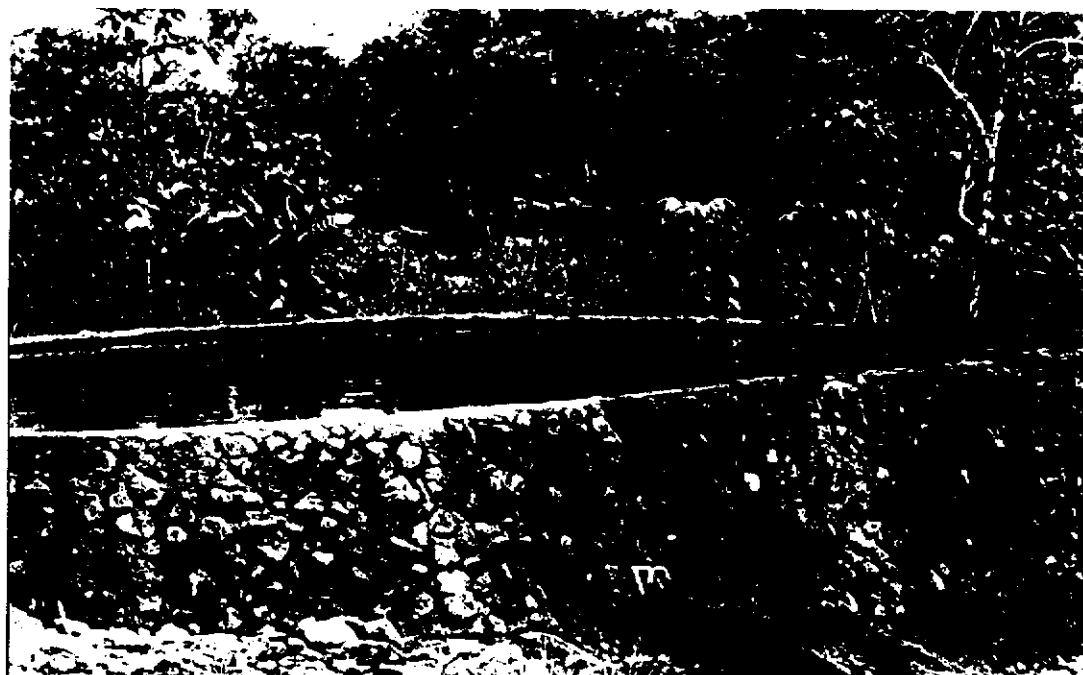
อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส

ภาพประกอบ 21 บริเวณพุน้ำร้อนหลุมพี ตั้งอยู่ที่ ตำบลบางรื่น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง



อุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส

ภาพประกอบ 22 บริเวณพุน้ำร้อนพรั้ง ตั้งอยู่ที่ ตำบลบางริน อำเภอมือง จังหวัดระนอง



อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส

**ภาคผนวก ข**  
**ตารางแสดงตำแหน่งบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา**

ตารางแสดงตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

| หมายเลขบ่อ | จังหวัด         | อำเภอ        | ตำบล      | หมู่บ้าน    | ระดับน้ำ |
|------------|-----------------|--------------|-----------|-------------|----------|
| C0342      | ประจวบคีรีขันธ์ | เมืองประจวบ  | ห้วยทราย  | สถานีอนามัย | 74       |
| C0344      | ประจวบคีรีขันธ์ | เมืองประจวบ  | ห้วยทราย  | โรงเรียน    | 15       |
| C0345      | ประจวบคีรีขันธ์ | เมืองประจวบ  | อ่าวน้อย  | โรงเรียน    | 45       |
| C0346      | ประจวบคีรีขันธ์ | เมืองประจวบ  | อ่าวน้อย  | โรงเรียน    | 68       |
| C0347      | ประจวบคีรีขันธ์ | เมืองประจวบ  | บ่อนอก    | โรงเรียน    | 52       |
| C0351      | ประจวบคีรีขันธ์ | เมืองประจวบ  | อ่าวน้อย  | บ้านหลัง    | 22       |
| C0384      | ประจวบคีรีขันธ์ | บางสะพาน     | ธงชัย     | บ้านตะ      | 18       |
| C0385      | ประจวบคีรีขันธ์ | บางสะพาน     | กำเนิด    | โรงเรียน    | 18       |
| C0387      | ประจวบคีรีขันธ์ | ทับสะแก      | เขาล้าน   | โรงเรียน    | 12       |
| C0389      | ประจวบคีรีขันธ์ | ทับสะแก      | เขาล้าน   | วัดห้วยเจ   | 15       |
| C0390      | ประจวบคีรีขันธ์ | ทับสะแก      | นาหูกวาง  | โรงเรียน    | 9        |
| C0403      | ประจวบคีรีขันธ์ | กุยบุรี      | กุยบุรี   | โรงเรียน    | 8        |
| C0405      | ประจวบคีรีขันธ์ | เมืองประจวบ  | อ่าวน้อย  | บ้านหนอง    | 5        |
| C0433      | ประจวบคีรีขันธ์ | เมืองประจวบ  | ห้วยทราย  | โรงเรียน    | 57       |
| C0434      | ประจวบคีรีขันธ์ | เมืองประจวบ  | คลองวาฬ   | บ้านสวน     | 17       |
| C0473      | ประจวบคีรีขันธ์ | เมืองประจวบ  | คลองวาฬ   | โรงเรียน    | 69       |
| C0481      | ประจวบคีรีขันธ์ | บางสะพานน้อย | บางสะพาน  | โรงเรียน    | 9        |
| C0482      | ประจวบคีรีขันธ์ | บางสะพาน     | พงศ์ประศา | โรงเรียน    | 3        |
| C0484      | ประจวบคีรีขันธ์ | บางสะพาน     | ธงชัย     | โรงเรียน    | 19       |
| C0519      | ประจวบคีรีขันธ์ | บางสะพาน     | พงศ์ประศา | โรงเรียน    | 1        |
| C0554      | ประจวบคีรีขันธ์ | ทับสะแก      | แสงอรุณ   | วัดไร่ไ     | 52       |
| C0557      | ประจวบคีรีขันธ์ | บางสะพานน้อย | ช้างแรก   | บ้านหิน     | 23       |
| C0559      | ประจวบคีรีขันธ์ | ทับสะแก      | อ่างทอง   | วัดหนองหอ   | 57       |
| C0560      | ประจวบคีรีขันธ์ | ทับสะแก      | แสงอรุณ   | โรงเรียน    | 55       |
| C0561      | ประจวบคีรีขันธ์ | ทับสะแก      | ห้วยยาง   | โรงเรียน    | 37       |
| C0563      | ประจวบคีรีขันธ์ | เมืองประจวบ  | อ่าวน้อย  | โรงเรียน    | 55       |

ตารางแสดงตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดชุมพร

| หมายเลขบ่อ | จังหวัด | อำเภอ      | ตำบล         | หมู่บ้าน           | ระดับน้ำ |
|------------|---------|------------|--------------|--------------------|----------|
| MA0055     | ชุมพร   | เมืองชุมพร | ท่ายาง       | วัดบางหลง          | 1        |
| MA0056     | ชุมพร   | เมืองชุมพร | ท่ายาง       | บ้านท่ายาง         | 2        |
| MA0057     | ชุมพร   | เมืองชุมพร | ท่ายาง       | บ้านท่ายาง         | 2        |
| MA0059     | ชุมพร   | เมืองชุมพร | บางหมาก      | บ้านดอนไทร         | 5        |
| MA0061     | ชุมพร   | ปะทิว      | ทะเลทรัพย์   | โรงเรียน           | 29       |
| MA0062     | ชุมพร   | ปะทิว      | ชุมโค        | วัดถ้ำเขา          | 4        |
| MA0063     | ชุมพร   | ปะทิว      | ชุมโค        | บ้านคลอง           | 3        |
| MA0064     | ชุมพร   | เมืองชุมพร | นาชะอัง      | โรงเรียน           | 3        |
| MA0065     | ชุมพร   | เมืองชุมพร | นาชะอัง      | โรงเรียน           | 6        |
| MA0066     | ชุมพร   | เมืองชุมพร | นาชะอัง      | โรงเรียน           | 2        |
| MA0067     | ชุมพร   | ปะทิว      | ทะเลทรัพย์   | สถานีอนามัย        | 15       |
| MA0092     | ชุมพร   | ท่าแซะ     | นากระตาม     | บ้านนาทา           | 4        |
| MA0093     | ชุมพร   | ท่าแซะ     | ทรัพย์อนันต์ | โรงเรียน           | 9        |
| MA0094     | ชุมพร   | ท่าแซะ     | ท่าแซะ       | โรงเรียน           | 1        |
| MA0096     | ชุมพร   | ท่าแซะ     | ท่าแซะ       | โรงเรียน           | 8        |
| MA0097     | ชุมพร   | ท่าแซะ     | ท่าแซะ       | สวนเฉลิมพระเกียรติ | 20       |
| MA0098     | ชุมพร   | ท่าแซะ     | รับร่อ       | วัดลุ่ม            | 6        |
| MA0099     | ชุมพร   | ท่าแซะ     | ท่าข้าม      | โรงเรียน           | 4        |
| MA0100     | ชุมพร   | ท่าแซะ     | ท่าแซะ       | โรงเรียน           | 5        |
| MA0103     | ชุมพร   | ท่าแซะ     | หงษ์เจริญ    | โรงเรียน           | 11       |
| MA0104     | ชุมพร   | ปะทิว      | บางสน        | โรงเรียน           | 3        |
| MA0105     | ชุมพร   | ปะทิว      | สะพลี        | โรงเรียน           | 8        |
| MA0106     | ชุมพร   | เมืองชุมพร | วิสัยเหนือ   | สถานีอนามัย        | 1        |
| MA0107     | ชุมพร   | เมืองชุมพร | วิสัยเหนือ   | โรงเรียน           | 0        |
| MA0109     | ชุมพร   | เมืองชุมพร | ถ้ำสิงห์     | โรงเรียน           | 7        |

ตารางแสดงตำแหน่งป้อนน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดระนอง

| หมายเลขป่อ | จังหวัด | อำเภอ      | ตำบล        | หมู่บ้าน                         | ระดับน้ำ |
|------------|---------|------------|-------------|----------------------------------|----------|
| DMRRN02001 | ระนอง   | กระบุรี    | น้ำจืดน้อย  | บ้านน้ำแดงนอก                    | 3        |
| DMRRN02003 | ระนอง   | กระบุรี    | จ.ป.ร.      | ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านท่ามะพร้าว | 4        |
| DMRRN03101 | ระนอง   | กะเปอร์    | บางหิน      | บ้านวังกุ่ม                      | 8        |
| DMRRN03103 | ระนอง   | กะเปอร์    | กะเปอร์     | บ้านบางปรุเหนือ                  | 2        |
| DMRRN03108 | ระนอง   | กะเปอร์    | กะเปอร์     | บ้านด่าน                         | 10       |
| DMRRN03110 | ระนอง   | กะเปอร์    | กะเปอร์     | บ้านขมิ                          | 4        |
| DMRRN03111 | ระนอง   | กะเปอร์    | กะเปอร์     | โรงเรียนกะเปอร์วิทยา             | 4        |
| DMRRN03112 | ระนอง   | กะเปอร์    | กะเปอร์     | โรงเรียนชนม์พัฒนา                | 4        |
| DMRRN05111 | ระนอง   | ละอุ่น     | ละอุ่นใต้   | สถานีอนามัยบ้านละอุ่นใต้         | 5        |
| DMRRN05115 | ระนอง   | ละอุ่น     | บางพระใต้   | บ้านกลาง                         | 1        |
| DMRRN05116 | ระนอง   | ละอุ่น     | บางพระเหนือ | บ้านบางใหญ่                      | 6        |
| MA0172     | ระนอง   | กระบุรี    | ปากจั่น     | บ้านหาดตุ่น                      | 5        |
| MA0174     | ระนอง   | เมืองระนอง | บางวัน      | สวท.บ้านพรัง                     | 2        |
| MA0175     | ระนอง   | เมืองระนอง | บางวัน      | สนามกีฬา จ.ระนอง                 | 2        |
| MA0176     | ระนอง   | เมืองระนอง | เขานิเวศน์  | สำนักงานทรัพยากรจังหวัดระนอง     | 3        |
| MA0201     | ระนอง   | เมืองระนอง | ราชกรูด     | โรงเรียนบ้านนกงาง                | 7        |
| MA0202     | ระนอง   | เมืองระนอง | ราชกรูด     | สถานีอนามัยบ้านราชกรูด           | 4        |
| MA0203     | ระนอง   | เมืองระนอง | ทรายแดง     | โรงเรียนบ้านหินลาด               | 7        |
| MA0205     | ระนอง   | กระบุรี    | น้ำจืด      | โรงเรียนกระบุรีวิทยา             | 2        |
| MA0206     | ระนอง   | กระบุรี    | ปากจั่น     | โรงเรียนวัดสุวรรณ                | 3        |
| MA0304     | ระนอง   | กะเปอร์    | กะเปอร์     | วัดธรรมวุฒิชาราม                 | 1        |
| MA0305     | ระนอง   | กะเปอร์    | กะเปอร์     | โรงเรียนบ้านห้วยเสียด            | 5        |

**ภาคผนวก ค**  
**ตารางแสดงคุณลักษณะของดาวเทียม**

### ตารางแสดงคุณลักษณะดาวเทียม LANDSAT

| คุณลักษณะดาวเทียม                | LANDSAT 1 2 3         |     | LANDSAT 4 5           |     | LANDSAT 7             |                        |
|----------------------------------|-----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|------------------------|
| ความสูงของการโคจร                | 920.0                 |     | 705.3                 |     | 705.3                 |                        |
| ลักษณะการโคจร                    | สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ |     | สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ |     | สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ |                        |
| เวลาในการโคจรรอบโลก 1 รอบ        | 101.35                |     | 98.9                  |     | 98.9                  |                        |
| บันทึกข้อมูลซ้ำที่เดิม           | ทุก ๆ 18 วัน          |     | ทุก ๆ 16 วัน          |     | ทุก ๆ 16 วัน          |                        |
| อุปกรณ์รับรู้                    | MSS                   | RBV | MSS                   | TM  | ETM <sup>+</sup>      | ETM <sup>+</sup> / PAN |
| ความละเอียดภาพ (เมตร)            | 80                    | 40  | 80                    | 30  | 30                    | 15                     |
| ความกว้างของแนวกว้างบันทึก (กม.) | 185                   | 185 | 185                   | 185 | 185                   | 185                    |

| แบนด์ | ความยาวคลื่น ไมโครเมตร             | ศักยภาพการใช้ประโยชน์                                                                                                                                                                  |
|-------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 0.45 - 0.52 (น้ำเงิน)              | ใช้ตรวจสอบลักษณะน้ำตามชายฝั่ง<br>แสดงความแตกต่าง หรือใช้แยกประเภทต้นไม้ชนิดผลัดใบออกจากกัน<br>แสดงความแตกต่าง หรือแยกดินออกจากพืชพรรณต่างๆ ที่มี<br>ความไวต่อการมี หรือไม่มีคลอโรฟิลล์ |
| 2     | 0.52 - 0.60 (เขียว)                | แสดงการสะท้อนพลังงานสีเขียวจากพืชพรรณที่เจริญเติบโต                                                                                                                                    |
| 3     | 0.63 - 0.69 (แดง)                  | แสดงความแตกต่างของการดูดกลืนคลอโรฟิลล์ในพืชพรรณ<br>ชนิดต่างกัน                                                                                                                         |
| 4     | 0.76 - 0.90 (อินฟราเรดใกล้)        | ใช้ตรวจวัดปริมาณมวลชีวะ แสดงความแตกต่างของน้ำและส่วนที่<br>ไม่ใช่น้ำ                                                                                                                   |
| 5     | 1.55 - 1.75 (อินฟราเรดโคไลน์สั้น)  | ใช้ตรวจความชื้นในพืช แสดงความแตกต่างของหิมะกับเมฆ                                                                                                                                      |
| 6     | 10.4 - 12.5<br>(อินฟราเรดความร้อน) | ใช้ตรวจการเหี่ยวเฉา อันเนื่องมาจากความร้อนในพืช                                                                                                                                        |
|       |                                    | แสดงความแตกต่างของความร้อนบริเวณที่ศึกษา                                                                                                                                               |
|       |                                    | แสดงความแตกต่างของความชื้นของดิน                                                                                                                                                       |
| 7     | 2.08 - 2.35 (อินฟราเรดสะท้อน)      | ใช้ตรวจความร้อนในน้ำ ใช้แยกประเภทแร่ธาตุและหินชนิดต่างๆ                                                                                                                                |
| PAN   | 0.52 - 0.90                        | ใช้ประโยชน์ในด้านผังเมือง คล้ายกับรูปถ่ายทางอากาศ                                                                                                                                      |

ที่มา: สำนักงานเทคโนโลยีและภูมิสารสนเทศ. (2546). จากห้วงอวกาศสู่พื้นแผ่นดินไทย.

ตารางแสดงคุณลักษณะดาวเทียม IRS – 1C และ IRS – 1D

| คุณลักษณะดาวเทียม          | IRS 1C                |          |       | IRS 1D                |          |       |
|----------------------------|-----------------------|----------|-------|-----------------------|----------|-------|
| ความสูงของการโคจร (กม.)    | 798                   |          |       | 780                   |          |       |
| ลักษณะการโคจร              | สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ |          |       | สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ |          |       |
| เวลาในการโคจรรอบโลก 1 รอบ  | 101.35 นาที           |          |       | 98.9 นาที             |          |       |
| อุปกรณ์รับรู้              | PAN                   | LISS III | WIFS  | PAN                   | LISS III | WIFS  |
| ความละเอียดภาพ (เมตร)      | 5.8                   | 23.5     | 188   | 5.8                   | 23.5     | 188   |
| ความกว้างของแนวกว้าง (กม.) | 70                    | 140      | 800   | 70                    | 140      | 800   |
| บันทึกข้อมูลซ้ำที่เดิม     | 5 วัน                 | 24 วัน   | 3 วัน | 3 วัน                 | 25 วัน   | 3 วัน |

ที่มา: Gupta. (2002). LISS-I and LISS – II Sensor : Remote Sensing Geology.  
p. 106 – 108.

ประวัติย่อผู้วิจัย

### ประวัติย่อผู้วิจัย

|                     |                                                                                         |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ ชื่อสกุล       | นางสาว ศศิธร อินทร์ศรีทอง                                                               |
| วันเดือนปีเกิด      | 27 กรกฎาคม 2522                                                                         |
| สถานที่เกิด         | จังหวัด สงขลา                                                                           |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | 23/152 หมู่บ้านเสริมมิตร ซอย 18 ถนนสุขาภิบาล 1<br>คลองกุ่ม บึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10240       |
| ประวัติการศึกษา     |                                                                                         |
| พ.ศ. 2541           | ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบางกะปิ กรุงเทพมหานคร                                     |
| พ.ศ. 2544           | วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ – สิ่งแวดล้อม)<br>สถาบันราชภัฏจันทรเกษม กรุงเทพมหานคร     |
| พ.ศ. 2548           | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ภูมิศาสตร์)<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร |