

# การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปิงตอนบน

## An Application of Geoinformatics for Land Use Change Investigation in the Upper Ping River Basin

วิษุวัตก์ แท้สมบัติ<sup>1\*</sup> และ นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์<sup>2</sup>  
Wisuwat Taesombat<sup>1\*</sup> and Nuchanart Sriwongsitanon<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Land use change is one of the main factors affecting the hydrological characteristics of the river basin, especially on flood magnitude and flood frequency that highly affect human disasters. The Upper Ping river basin, which located in Northern Thailand, was mainly covered by natural forests and was gradually changed into more agricultural areas by population growth, was chosen for the investigation on land use changes on the temporal scale during the last two decades by applying the techniques of Geoinformatics (RS, GIS, and GPS). Nine satellite imageries of LANDSAT-5TM in the dry season (January or February) of 1988, 1993, 1994, 1995, 1996, 2000, 2001, 2002, and 2005 were provided by the Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA) and were used to identify land use changes during the mentioned periods. A supervised classification technique and the ground truth investigations were used to distinguish four types of land uses comprising the forest area, agricultural area, urban area, and the water body. The results have shown that the forest areas tend to reduce at the rate per year of around 0.61% (155 sq.km per year) of the overall areas while the agricultural and urban areas were on an opposite trend at the rates per year of around 0.53% and 0.20% (134 and 50 sq.km per year), respectively. Even though the forest area had been reducing, the land use of the basin in 2005 was still dominated by the forest area of around 76.78% (19,477 sq.km) compared to the agriculture and urban areas of 18.27% and 4.68% (4,634 and 1,188 sq.km), respectively.

**Key words:** Geoinformatics, LANDSAT-5TM, land use changes, Upper Ping River Basin

### บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อคุณลักษณะเฉพาะด้านอุทกวิทยาของลุ่มน้ำโดยเฉพาะปัญหาด้านอุทกภัยทั้งขนาดและความถี่ในการเกิดซึ่งมีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ในการศึกษาครั้งนี้ได้คัดเลือกลุ่มน้ำปิงตอนบนซึ่งตั้งอยู่ในภาคเหนือของประเทศไทยที่ปกคลุมไปด้วยป่าไม้เป็นส่วนใหญ่ซึ่งในปัจจุบันมีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่อง อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมและการเพิ่มขึ้นของประชากร โดยทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในรอบ 20 ปีที่ผ่านมาด้วยการ

<sup>1\*</sup> ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

Irrigation Engineering Department, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Water Resources Engineering Department, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

\*Corresponding author: Tel. 0-8638-33289, Fax.0-3435-1404, E-mail address: fengwwt@ku.ac.th

ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ หรือ Geoinformatics (RS, GIS, and GPS) โดยได้ทำการรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5TM จำนวน 9 ภาพในช่วงปี ค.ศ. 1988 1993 1994 1995 1996 2000 2001 2002 และ 2005 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) โดยข้อมูลภาพถ่ายดังกล่าวจะถูกวิเคราะห์ด้วยวิธี Supervised Classification ร่วมกับการสำรวจภาคสนาม (Ground Truth) เพื่อจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละปีออกมาเป็น 4 ประเภท คือ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนเมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ ผลที่ได้พบว่า พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำปิงตอนบนมีการแกว่งตัว (fluctuate) ในแนวโน้มลดลง โดยมีอัตราการลดลงโดยเฉลี่ย 0.61 เปอร์เซ็นต์ต่อปี (155 ตารางกิโลเมตรต่อปี) ในทางกลับกันก็มีอัตราเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนเมืองในอัตราเฉลี่ย 0.53 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ต่อปี (134 และ 50 ตารางกิโลเมตรต่อปี) ตามลำดับ โดยในปี พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นปีล่าสุดที่มีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำปิงตอนบนยังคงเหลืออยู่คิดเป็น 76.78 เปอร์เซ็นต์ (19,477 ตารางกิโลเมตร) และมีพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนเมืองอยู่ที่ 18.27 และ 4.68 เปอร์เซ็นต์ (4,634 และ 1,188 ตารางกิโลเมตร) ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5TM การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ลุ่มน้ำปิงตอนบน

### คำนำ

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินนับว่าเป็นสิ่งสำคัญในการที่จะนำไปสู่การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน โดยการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงนั้นโดยทั่วไปจะใช้การเปรียบเทียบระหว่างภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณเดียวกันแต่ต่างเวลากัน หรือบางครั้งก็ใช้แผนที่เก่ากับแผนที่ที่มีการปรับปรุงใหม่ (update) สำหรับแนวคิดในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบ่งออกเป็น 2 แนวคิดดังนี้ (Japan Association of Remote Sensing, 2006)

- 1) การเปรียบเทียบระหว่างแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จัดทำขึ้นโดยอิสระต่อกัน
- 2) การเน้นให้เห็นการเปลี่ยนแปลงโดยการนำภาพถ่ายสองภาพมาซ้อนทับกันแล้วใช้การผสมสีที่แตกต่างกัน เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นไปได้นี้ 2 ลักษณะดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (seasonal change) คือ การเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเกษตรกรรม หรือการผลัดใบของป่าไม้ ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

2) การเปลี่ยนแปลงรายปี (annual change) คือ การที่สิ่งปกคลุมดิน (land cover) หรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) มีการเปลี่ยนแปลงไปจริงๆ จากเดิม ตัวอย่างเช่น การลดลงของป่าไม้ หรือการขยายของเมือง เป็นต้น

โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงรายปีจะผสมผสานกันในภาพถ่ายเดียวกัน อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงรายปีที่เกิดขึ้นจริงเท่านั้นที่ควรจะถูกรวบรวม ดังนั้นภาพถ่ายดาวเทียมที่จะเลือกใช้ควรจะต้องอยู่ในช่วงฤดูกาลเดียวกันเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ดังแสดงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลใน (Figure 1)

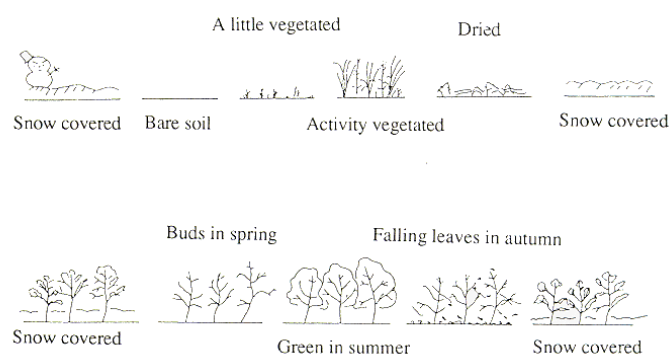


Figure 1 Seasonal change of grassland (upper) and deciduous forest (lower)

(Japan Association of Remote Sensing, 2006)

ซึ่งพบว่ามีความซับซ้อนมากในแต่ละช่วงเวลา โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาว

ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นข้อมูลที่ทำให้รายละเอียดเกี่ยวกับสภาพการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรดิน ทรัพยากรป่าไม้ และทรัพยากรน้ำ การขยายตัวของชุมชน การพัฒนาด้านสาธารณูปโภค แสดงถึงการเคลื่อนไหว (dynamic) ของเศรษฐกิจ สังคมตลอดจนการขาดดุลของธรรมชาติในลักษณะของมลภาวะ (pollution) ของทรัพยากรดินและน้ำได้เป็นอย่างดี ข้อมูลต่างๆ เหล่านี้จำเป็นต้องมีการตีความโดยผู้ที่มีความรู้ที่มีประสบการณ์ในการแปล จึงจะสามารถเปลี่ยนข้อมูลจากภาพมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative) และข้อมูลในเชิงคุณภาพ (qualitative) ได้ และในการนำเอาศาสตร์ทางด้าน remote sensing มาใช้ในการวางแผนการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย นั้น มีวัตถุประสงค์ดังนี้ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2005)

- 1) เพื่อสำรวจปริมาณ คุณภาพของทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในปัจจุบัน
- 2) เพื่อศึกษาวิเคราะห์ประเมินความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดการพัฒนาและใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติที่มีในปัจจุบัน
- 3) เพื่อวางแผนแก้ไขและพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติที่เหมาะสมสามารถใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจและสังคม กำหนดเป็นแนวทางในการพัฒนาและควบคุมการใช้งานทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ ของประเทศ

ดาวเทียมสำรวจโลกที่สำคัญและได้รวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ ดาวเทียม LANDSAT-5 TM ซึ่งแต่เดิมเป็นโครงการขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NASA) ต่อมาได้มีการโอนกิจการดาวเทียม LANDSAT ให้ EOSAT ซึ่งเป็นบริษัทเอกชนเพื่อดำเนินการในเชิงพาณิชย์

ระบบการเก็บข้อมูลของดาวเทียม LANDSAT-5TM มี 7 ช่วงคลื่น โดยช่วงคลื่นที่ 1 หรือแบนด์ 1 ใช้ในการทำแผนที่บริเวณชายฝั่ง ความแตกต่างระหว่างดินกับพืชพรรณ แบนด์ 2 ใช้ประเมินความแข็งแรงของพืช แบนด์ 3 ใช้แยกชนิดของพืชพรรณ แบนด์ 4 ใช้กำหนดปริมาณของมวลชีวภาพ

(biomass) และจำแนกแหล่งน้ำ แบนด์ 5 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นของดิน ความแตกต่าง ระหว่างเมฆกับหิมะ แบนด์ 6 ใช้หาแหล่งความร้อน (มีรายละเอียดภาพ 120 x 120 เมตร) และแบนด์ 7 ใช้จำแนกชนิดของหินและการทำแผนที่แสดงบริเวณ hydrothermal รายละเอียดของข้อมูล 30 x 30 เมตร

จากการตรวจเอกสาร พบว่าการศึกษาเรื่องผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ต่อด้านอุทกวิทยาน้ำผิวดิน ได้มีงานวิจัยในระดับชาติและนานาชาติที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

อนุชิต (2001) ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำแม่แจ่ม ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบน ในช่วงระหว่างปี ค.ศ.1988-1997 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่า จำนวน 22 รูปแบบ โดยมีจำนวน 14 รูปแบบที่ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าลดลง 4 รูปแบบที่ทำให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น และ 4 รูปแบบที่เหลือไม่ส่งผลที่ชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า โดยได้เสนอแนะให้มีการศึกษาต่อเนื่องไปสู่การสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในเรื่องของปริมาณน้ำท่า ในลักษณะข้อมูล 4 มิติ ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลทางด้านตำแหน่งใน 3 ทิศทาง ประกอบกับระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงได้ สำหรับใช้ในการวางแผนการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำ ที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาได้อย่างเหมาะสม

Dale (1997) ทำการศึกษาในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก เนื่องจากปรากฏการณ์โลกร้อน (global warming) เป็นผลมาจากปรากฏการณ์เรือนกระจก (green house effect) กับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน กล่าวถึง ความสัมพันธ์กันของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกันและส่งผลต่อระบบนิเวศวิทยาโดยรวมของโลก รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในอนาคต

ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการตรวจสอบการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics) ซึ่งประกอบด้วย เทคโนโลยี 3S คือ 1) การสำรวจระยะไกล (Remote sensing) 2) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) และ 3) ระบบการระบุตำแหน่งบนโลก

(Global Positioning System, GPS) ในการดำเนินงานจึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5TM ที่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจำนวนทั้งสิ้น 9 ภาพจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) โดยจะนำมาวิเคราะห์เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละปีด้วยเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) ร่วมกับการสำรวจพื้นที่จริงภาคสนาม (Ground truth) และใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละปี

### อุปกรณ์และวิธีการ

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประกอบด้วขั้นตอนดังนี้

#### 1. การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งข้อมูลที่มีสำคัญที่สุดที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปี คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งพิจารณาเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5TM ประเภท Digital File โดยเลือกช่วงเดือนที่มีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของเมฆน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ หรือแทบไม่มีเมฆเลย เพื่อความถูกต้องในการวิเคราะห์และการแปลผล โดยคณะวิจัยได้พิจารณาจากสถิติข้อมูลอุตุนิยมวิทยา คือ การปกคลุมของเมฆที่ตรวจวัดได้ในรอบ 30 ปี ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1971-2000 จำนวน 2 สถานี คือ สถานีจังหวัดเชียงใหม่ และสถานีจังหวัดลำพูนพบว่า ช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ มีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของเมฆน้อยที่สุดในรอบปี

ดังนั้น คณะวิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ในช่วงเดือนดังกล่าว โดยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) จำนวน 3 ภาพ ประกอบด้วย 1) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเมื่อวันที่ 25 ก.พ. 1988 ซึ่งเป็นปีแรกที่เริ่มมีภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5TM ในเขตประเทศไทย 2) ข้อมูลภาพถ่ายเมื่อวันที่ 9 ก.พ. 1994 และ 3) ข้อมูลภาพถ่ายเมื่อวันที่ 7 ก.พ. 2005 โดยเป็นข้อมูลที

ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูด  $17^{\circ} 0' 0''$  ถึง  $19^{\circ} 51' 0''$  เหนือ และระหว่างเส้นลองจิจูด  $98^{\circ} 0' 0''$  ถึง  $99^{\circ} 27' 0''$  ตะวันออก โดยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจะมีขนาดพื้นที่กว้าง 153.0 กิโลเมตร และสูง 316.9 กิโลเมตร

นอกจากนี้ยังได้รวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมจากงานวิจัยอื่นๆ ในภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) จำนวน 6 ภาพ ประกอบด้วย 1) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเมื่อวันที่ 22 ก.พ. 1993 2) ข้อมูลภาพถ่ายเมื่อวันที่ 11 ม.ค. 1995 3) ข้อมูลภาพถ่ายเมื่อวันที่ 30 ม.ค. 1996 4) ข้อมูลภาพถ่ายเมื่อวันที่ 25 ม.ค. 2000 5) ข้อมูลภาพถ่ายเมื่อวันที่ 27 ม.ค. 2001 และ 6) ข้อมูลภาพถ่ายเมื่อวันที่ 23 ก.พ. 2002

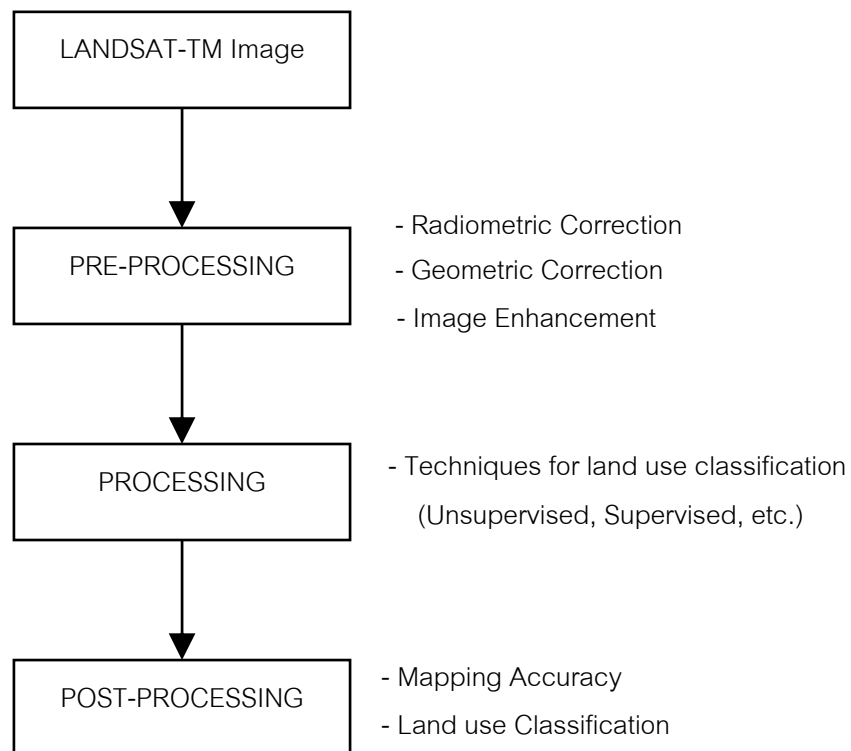
โดยสรุปคณะวิจัยได้รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์เพื่อที่จะนำมาใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปิงตอนบน จำนวนทั้งสิ้น 9 ภาพ โดยมีช่วงข้อมูลครอบคลุมปี ค.ศ. คือ 1988 1993 1994 1995 1996 2000 2001 2002 และ 2005 ดังแสดงสรุปข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5TM ที่รวบรวมได้ใน (Table 1)

#### 2. การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกล

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกลหรือข้อมูลจากดาวเทียมมีวิธีการวิเคราะห์อยู่ 2 วิธี คือ การวิเคราะห์ด้วยสายตา (visual analysis) ที่ให้ผลข้อมูลออกมาในเชิงคุณภาพไม่สามารถวัดออกมาเป็นค่าตัวเลขได้แน่นอน และอีกวิธีหนึ่งคือการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ (digital analysis) ที่ให้ผลข้อมูลในเชิงปริมาณที่สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นค่าตัวเลขได้ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในแบบที่สอง คือ การวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ (digital analysis) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้ (แสดงในขั้นตอนเป็นแผนภาพใน Figure 2)

**Table 1** Details of LANDSAT-5TM images acquired in this study

| Year | Collecting date | Band          |
|------|-----------------|---------------|
| 1988 | Feb, 23         | 1,2,3,4,5,6,7 |
| 1993 | Feb, 22         | 3,4,5         |
| 1994 | Feb, 9          | 1,2,3,4,5,6,7 |
| 1995 | Jan, 11         | 3,4,5         |
| 1996 | Jan, 30         | 3,4,5         |
| 2000 | Jan, 25         | 3,4,5         |
| 2001 | Jan, 27         | 3,4,5         |
| 2002 | Feb, 23         | 3,4,5         |
| 2005 | Feb, 7          | 1,2,3,4,5,6,7 |



**Figure 2** The processes of the digital analysis of LANDSAT-TM by computer program  
(Chalayonavin, 1998)

ขั้นตอนการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกลประกอบด้วย

1) การปรับแต่งข้อมูลให้สมบูรณ์ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล (pre-processing)

การปรับแต่งข้อมูลให้สมบูรณ์ก่อนการวิเคราะห์นั้นสามารถทำการปรับแต่งได้ในหลายลักษณะดังต่อไปนี้

(1) Radiometric correction คือ การปรับแก้ระดับสีเทา ซึ่งอาจผิดพลาดได้จากความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ ทางความเข้มของแสง ในเครื่องกวาดรับข้อมูลหรือจากมุมแสงอาทิตย์ หรือจากการแตกกระจายของการแผ่ทางสนามแม่เหล็กผ่านชั้นบรรยากาศ

(2) Geometric correction เป็นขั้นตอนการแก้ไขความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตของข้อมูลดาวเทียมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องตรงกับข้อเท็จจริงบนพื้นผิวโลก ในการดำเนินการแก้ไขความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตโดยทั่วไป สิ่งที่ใช้ในมาตรฐานการอ้างอิงซึ่งเป็นที่ยอมรับ คือ แผนที่ยูทีเอ็ม (universal transverse mercator: UTM) มาตราส่วน 1:50,000 ที่เป็นการทำ projection ระบายสามมิติลงบนระนาบสองมิติที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุดทุก ๆ หกองศาเมอริเดียน

(3) Image enhancement เป็นขบวนการปรับปรุง หรือเน้นคุณภาพข้อมูลให้เด่นชัดขึ้นเพื่อสะดวกและเพิ่มความถูกต้อง

2) การจำแนกประเภทข้อมูล (Processing)

การจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์มี 3 ขบวนการดังนี้คือ supervised classification, unsupervised classification และทฤษฎีการจำแนกข้อมูล (classification algorithm)

(1) Supervised classification หมายถึง การจำแนกประเภทข้อมูล โดยที่ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณค่าสถิติ ได้แก่ mean, standard deviation และ covariance matrix เป็นต้น โดยค่าสถิติดังกล่าวจะเป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด และในพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างจะต้องมีประเภทข้อมูลอย่างเดียวกันเท่านั้น (homogeneous) ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จาก histograms ในพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างนั้นๆ เพื่อใช้ในการ

จำแนกประเภทข้อมูลต่อไป ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

- การสำรวจข้อมูลภาคพื้นดิน (pre-surveying) ในขั้นตอนนี้จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการใช้ประโยชน์ข้อมูลดาวเทียม เนื่องจากสภาพสิ่งปกคลุมบนพื้นผิวโลกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและวัตถุบนพื้นโลกบางอย่างมีค่าการสะท้อนช่วงคลื่นเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์นั้น การสำรวจข้อมูลภาคพื้นดินมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้วิเคราะห์ทราบถึงพื้นที่ที่ศึกษาจริงเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลดาวเทียม แล้วนำข้อมูลที่ได้รับจากข้อมูลภาคพื้นดินไปปรับเทียบกับผลของข้อมูลจากคอมพิวเตอร์

- การกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง (training area) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิเคราะห์ต้องกำหนดบริเวณพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ โดยพิจารณาจากค่าระดับสีเทา หรือค่าสะท้อนช่วงคลื่นของข้อมูลประเภทข้อมูลเดียวกันควรมีความเป็นเอกพันธ์ (homogeneous) ทั้งนี้ควรพิจารณาข้อมูลจากการสำรวจภาคพื้นดินประกอบด้วย

- คำนวณค่าสถิติ (statistic calculation) เป็นการนำเอาค่าระดับสีเทา (intensity value) ของทุกจุดภาพ จากทุกช่วงคลื่นที่กำหนดภายใต้พื้นที่ของข้อมูลตัวอย่างแต่ละประเภทมาคำนวณค่าสถิติต่าง ๆ คือ mean, variance, covariance ของแต่ละประเภทข้อมูลและค่าความสัมพันธ์ระหว่างประเภทข้อมูล

- การจำแนกประเภทข้อมูล (classification) โดยการนำเอาค่าสถิติที่คำนวณได้มาเป็นดัชนีในการพิจารณาจำแนกประเภทข้อมูลทุกจุดภาพในพื้นที่ที่ศึกษา สำหรับจุดภาพใดที่ไม่อยู่ในช่วงค่าสถิติของประเภทข้อมูลใดๆ จะถูกจัดอยู่ในข้อมูล unclassified

(2) Unsupervised classification หมายถึง การจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภทข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์แต่จะกำหนดให้มีความหลากหลายของประเภทข้อมูล (heterogeneous) ภายในพื้นที่ศึกษา (study area) จากนั้นก็คำนวณค่าสถิติ ของแต่ละประเภทข้อมูลที่หลากหลายเพื่อใช้ในการจำแนกข้อมูล

(3) ทฤษฎีการจำแนกข้อมูล (classification algorithm) หมายถึง การใช้ทฤษฎีที่ใช้กันทั่วไปในการ

จำแนกและวิเคราะห์ประเภทข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ มีดังต่อไปนี้

- Parallelepiped classification เป็นทฤษฎีการจำแนกประเภทข้อมูลที่ใช้วิธีการกำหนดช่วง variance ของแต่ละประเภท ข้อมูลจากค่าการสะท้อนช่วงคลื่นต่ำสุดและสูงสุดของจุดภาพได้พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างแต่ละแบนด์ วิธีการนี้เรียกว่า nonparametric จะมีปัญหาในกรณีจุดภาพที่อยู่ระหว่างข้อมูล 2 ประเภทที่มีค่า variance เหลื่อมกัน (overlap) ซึ่งอาจทำให้การจำแนกข้อมูลผิดประเภท เพราะว่าค่า variance ของประเภทข้อมูลต่างๆ มีโอกาสเหลื่อมกันได้มาก วิธีการที่จะลดปัญหานี้คือ ใช้วิธี parametric เพื่อปรับขนาด variance ให้มีขนาดเล็กลง อย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีข้อดีคือ ใช้เวลาคอมพิวเตอร์ในการจำแนกประเภทข้อมูลน้อย

- Maximum likelihood classification เป็นทฤษฎีการจำแนกประเภทข้อมูลที่นิยมใช้มากที่สุด โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น (probability) ของ Bayes ข้อมูลที่ทำการจำแนกจะต้องตัดสินใจให้ได้ว่าอยู่ในประเภทข้อมูลใด ทั้งนี้โดยพิจารณาค่า mean vector และ covariance matrix ของข้อมูลแต่ละประเภท โดยตั้งสมมุติฐานว่าแต่ละประเภทข้อมูลมีการกระจายแบบ normal distribution แล้วคำนวณค่า probability ของแต่ละจุดภาพว่าจะถูกจำแนกอยู่ในประเภทข้อมูลใด โดยมี equiprobability contours เป็นรูป ellipsoid ทฤษฎีนี้ใช้เวลาคอมพิวเตอร์มากกว่าทฤษฎีอื่นๆ เนื่องจากมีความซับซ้อนในการคำนวณมากกว่า แต่ในขณะเดียวกันทฤษฎี maximum likelihood จะให้ผลการจำแนกประเภทข้อมูลที่มีความถูกต้องสูงกว่าทฤษฎีอื่นๆ

3) การตกแต่งข้อมูลหลังการจำแนกประเภทข้อมูล (post processing)

การตกแต่งผลหลังจากการวิเคราะห์มีความจำเป็น เนื่องจากความไม่ต่อเนื่องของจุดภาพตัวอย่าง เช่น เส้นถนน หรือขอบของอาณาบริเวณพื้นที่เพาะปลูก หรือการปรับจุดภาพข้างเคียงที่อยู่ภายใต้สภาวะเดียวกันให้เป็นประเภทเดียวกัน เช่น ในขอบเขตของผลการจำแนก แสดงว่าเป็นป่าไม้สัก แต่ยังคงมีจุดภาพสองสามจุดถูกจำแนกเป็นป่าไม้เต็งรัง ดังนั้นจุดภาพนั้นควรเป็นป่าไม้สักมากกว่า เป็นต้น เทคนิคที่ใช้บางครั้งเรียกว่า smoothing

ขั้นสุดท้ายของกระบวนการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ คือ การเอาผลลัพธ์ออกมาในรูปของแผนที่ตามมาตราส่วนที่ต้องการ ส่วนประกอบที่ได้มาอาจอยู่ในรูปของตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ หรือพื้นที่ของแต่ละประเภทของทรัพยากร หรือการใช้ที่ดินที่ได้จากการจำแนกประเภท

คณะผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไข (condition) และกระบวนการ (algorithm) ที่เลือกใช้ในการวิเคราะห์ ดังนี้

- วิธีการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เลือกใช้แบบ Supervised classification
- เลือกใช้ภาพสีผสมเท็จ โดยกำหนดแบนด์ของภาพถ่ายดาวเทียม ได้แก่ สีแดง คือ แบนด์ที่ 4 สีเขียว คือ แบนด์ที่ 5 และสีน้ำเงิน คือ แบนด์ที่ 3
- กระบวนการ (algorithm) ที่เลือกใช้ คือ parallelepiped with maximum likelihood as tie breaker ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะช่วยให้ผลการวิเคราะห์เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ดีที่สุด และสะดวกในการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ มากกว่ากระบวนการ Maximum likelihood classification เพียงอย่างเดียว

### 3. การสำรวจภาคสนามเพื่อกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง (training area)

วิธีการ Supervised classification จะต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง (training area) ของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อบริหารค่าสถิติ ซึ่งจะเป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ทั้งหมด ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงต้องทำการสำรวจข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินภาคพื้นดิน เพื่อให้ตรวจสอบสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ที่ศึกษาจริงเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม แล้วนำข้อมูลที่ได้รับจากข้อมูลภาคพื้นดินไปกำหนดเป็นพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง (training area) ต่อไป

คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจภาคสนามในช่วงระหว่างวันที่ 28 มี.ค. ถึง 10 เม.ย. 2007 ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน โดยได้คัดเลือกตำแหน่งหรือจุดที่จะทำการสำรวจข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจำนวนทั้งสิ้น 63 แห่ง ซึ่งกระจายอยู่ใน 13 กลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำปิงตอนบน ดังแสดงแผนที่ตำแหน่งของจุดที่ออกสนามใน Figure 3





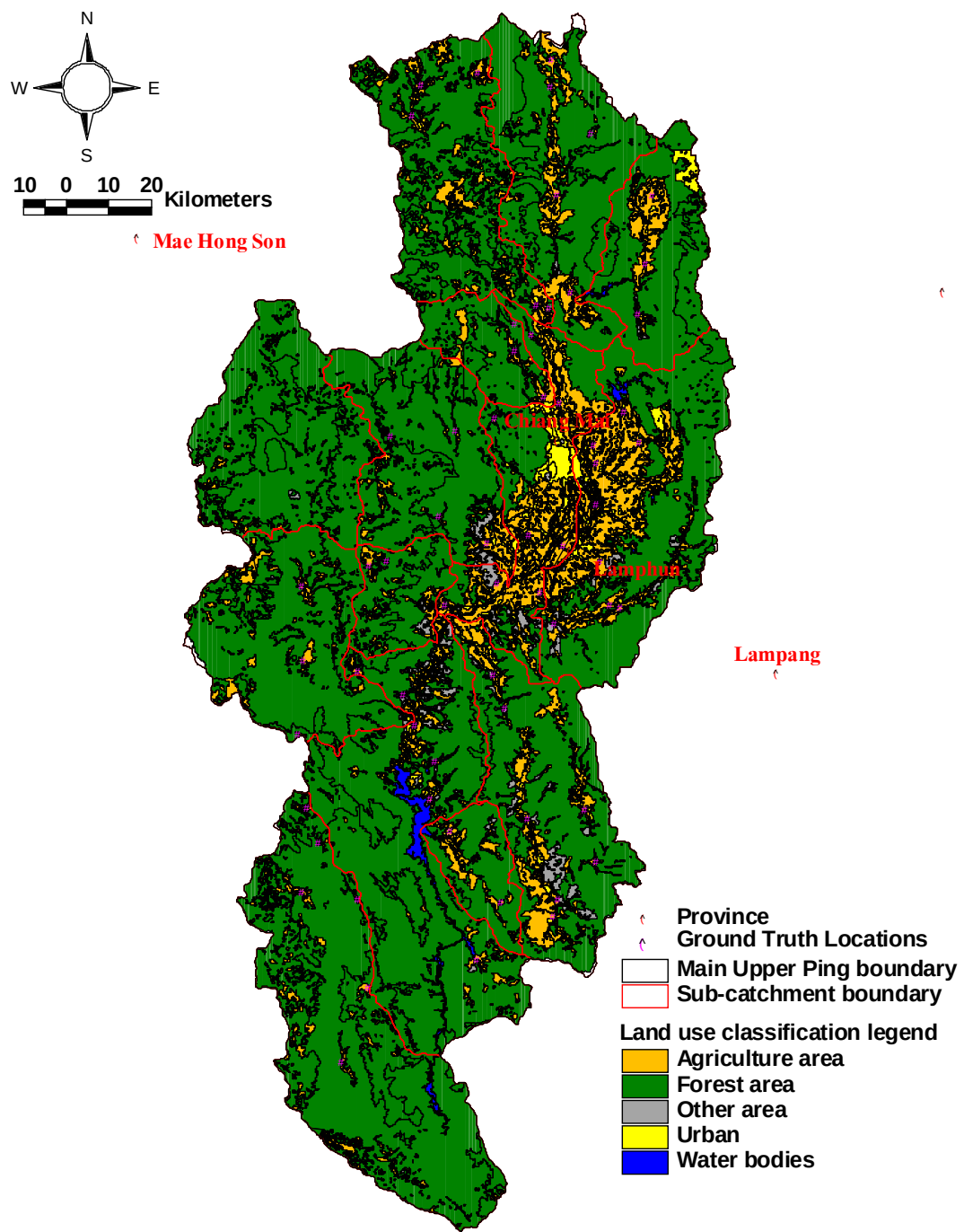


Figure 3 Map of the locations of ground truth

ผลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามเพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มน้ำปิงตอนบนนั้น สามารถกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างได้จำนวน 23 ประเภท โดยนำไปวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดให้แต่ละพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างมีขนาดไม่น้อยกว่า 100 จุดภาพ (pixel) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละปีที่มีข้อมูล

ในการกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างจำนวน 23 แห่งนั้น เพื่อต้องการให้ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย

คอมพิวเตอร์ครอบคลุมการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างละเอียด อันจะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องมากขึ้น หลังจากนั้นจะทำการลดจำนวนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินลงเพื่อให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งานมากขึ้น จะลดลงเหลือ 5 รูปแบบเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อไป ดังแสดงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 5 รูปแบบ ดังนี้ โดยลักษณะของการลดรูปแบบของการใช้ประโยชน์ที่ดินแสดงใน Table 2

**Table 2** Details of Land use class and training area

| Training Area            |               | Land use class           |
|--------------------------|---------------|--------------------------|
| 1. Deciduous forest      |               | 1. Forest Area           |
| 2. Evergreen forest      |               |                          |
| 3. Forest plantation     |               |                          |
| 4. Highland agriculture  |               | 2. Disturbed Forest Area |
| 5. Disturbed forest      |               |                          |
| 6. Highland paddy fields |               |                          |
| 7. Paddy fields          | 8. Longan     | 3. Agriculture Area      |
| 8. Maize                 | 10. Vegetable |                          |
| 11. Soybean              | 12. Tobacco   |                          |
| 13. Potato               | 14. Pasture   |                          |
| 15. Garlic               | 16. Shallot   |                          |
| 17. Lychee               |               |                          |
| 18. Crushing plant       | 19. Urban     | 4. Urban Area            |
| 20. Golf club            | 21. Road      |                          |
| 22. Reservoir            |               | 5. Water body            |
| 23. River                |               |                          |
| 24. Radiometric error*   |               | 6. Other Area            |

Remark: \* is null class from 23 training areas

- 1) ป่าไม้ ประกอบด้วย ป่าดิบเขา ป่าเบญจพรรณ และสวนป่า
- 2) ป่าไม้เสื่อมสภาพ ประกอบด้วย ไร่เลื่อนลอย และไร่ร้าง
- 3) พื้นที่เกษตรกรรม ประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ ไม้ผล พืชสวน และไร่นาเหวนเวียน ที่ทิ้งร้างว่างเปล่าทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
- 4) พื้นที่เมืองและที่อยู่อาศัย ประกอบด้วย บ้านเรือนที่พักอาศัย ตึกอาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรม และถนนหนทาง
- 5) พื้นที่แหล่งน้ำ ประกอบด้วย แหล่งน้ำตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น

### ผลการศึกษา

ผลการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละปีที่มีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM แสดงใน Table 3 และเป็นกราฟแท่งของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละปีใน Figure 4 และแสดงเป็นแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละปีใน Figure 5

จากผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินแสดงใน Table 3 และ Figure 4 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำปิงตอนบนมีการลดลงทุกปี โดยเปลี่ยนไปเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบอื่นตามลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ การเกษตรกรรม และการขยายตัวของชุมชนเมือง ซึ่งมีอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในภาพรวมทั้งลุ่มน้ำเท่ากับ 0.61 เปอร์เซ็นต์ต่อปี (155 ตารางกิโลเมตรต่อปี) ในทางกลับกันมีอัตราการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ชุมชนเมืองอยู่ที่ 0.53 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ต่อปี (134 และ 50 ตารางกิโลเมตรต่อปี) ตามลำดับ โดยในปี ค.ศ. 2005 ซึ่งเป็นปีล่าสุดที่มีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำปิง

ตอนบนยังคงเหลืออยู่คิดเป็น 76.78 เปอร์เซ็นต์ (19,477 ตารางกิโลเมตร) และมีพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนเมืองอยู่ที่ 18.27 และ 4.68 เปอร์เซ็นต์ (4,634 และ 1,188 ตารางกิโลเมตร) ตามลำดับ

โดยข้อจำกัดในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบคือ ปี ค.ศ. 1994 ซึ่งพบข้อจำกัดในการจำแนกสีผสมเทีจะระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับพื้นที่เกษตรกรรม บางประเภทมีโทนหรือเฉดของสีค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก ยกตัวอย่างเช่น ป่าดิบเขา กับ พืชไร่ ซึ่งมีโทนสีแดงส้ม จะแตกต่างกันตรงที่ป่าดิบเขาจะอยู่ในบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1,500 เมตรขึ้นไป ส่วนพืชไร่จะอยู่ในบริเวณพื้นที่ราบลุ่ม จึงทำให้มีป่าไม้ค่อนข้างน้อย แต่มีพื้นที่เกษตรกรรมค่อนข้างสูง

สำหรับพื้นที่แหล่งน้ำ (water bodies area) ส่วนใหญ่จะมีค่าเพิ่มขึ้นไม่มาก ยกเว้นปีถัดจากปี ค.ศ. 1994 เป็นต้นมา จะมีค่าเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากเป็นปีที่เริ่มก่อสร้างเขื่อนแม่กวงและเริ่มต้นเก็บกักน้ำ ซึ่งมีความจุที่ระดับเก็บกักของอ่างเก็บน้ำประมาณ 263 ล้านลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ยังพบว่า ในปี ค.ศ. 2001 มีพื้นที่แหล่งน้ำมากกว่าปี ค.ศ. 2005 เนื่องจากมีปริมาณน้ำที่เก็บกักเหนือเขื่อนภูมิพลมีมากกว่าปีอื่นๆ จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่มากกว่าปีอื่นๆ ตามไปด้วย

สำหรับการจำแนกพื้นที่ชุมชนเมือง จะพบปัญหาค่อนข้างมากในการจำแนกเนื่องจากมีความคล้ายคลึงกันของสีผสมเทีจะระหว่างพื้นที่ชุมชนเมืองกับพื้นที่เกษตรกรรมที่มีลักษณะการเพาะปลูกภายใต้โรงเรือน ได้แก่ การปลูกผักหรือดอกไม้ของเมืองหนาวในเขตพื้นที่ภูเขาสูง ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับลักษณะของหลังคาบ้านเรือน ซึ่งพบว่ามีหลายแห่งในลุ่มน้ำปิงตอนบน เช่น ที่อำเภอแม่แจ่ม และอำเภอแมริม เป็นต้น

Table 3 Land use classification results

| Land use class      | Percentage of each land use class |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                     | 1988                              | 1993   | 1994   | 1995   | 1996   | 2000   | 2001   | 2002   | 2005   |
| 1. Forest           | 88.37                             | 85.28  | 81.94  | 81.68  | 81.30  | 86.45  | 77.06  | 74.70  | 75.48  |
| 2. Disturbed forest | 1.43                              | 3.85   | 4.91   | 7.54   | 6.57   | 2.50   | 7.65   | 9.94   | 1.30   |
| 3. Agriculture      | 8.77                              | 9.84   | 11.34  | 8.33   | 9.40   | 8.51   | 12.79  | 11.37  | 18.27  |
| 4. Urban            | 1.11                              | 1.02   | 1.67   | 1.90   | 1.85   | 2.08   | 1.85   | 2.97   | 4.68   |
| 5. Water bodies     | 0.28                              | 0.00   | 0.05   | 0.51   | 0.65   | 0.42   | 0.65   | 0.60   | 0.28   |
| 6. Other            | 0.05                              | 0.00   | 0.09   | 0.05   | 0.23   | 0.05   | 0.00   | 0.42   | 0.00   |
| Total               | 100.00                            | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

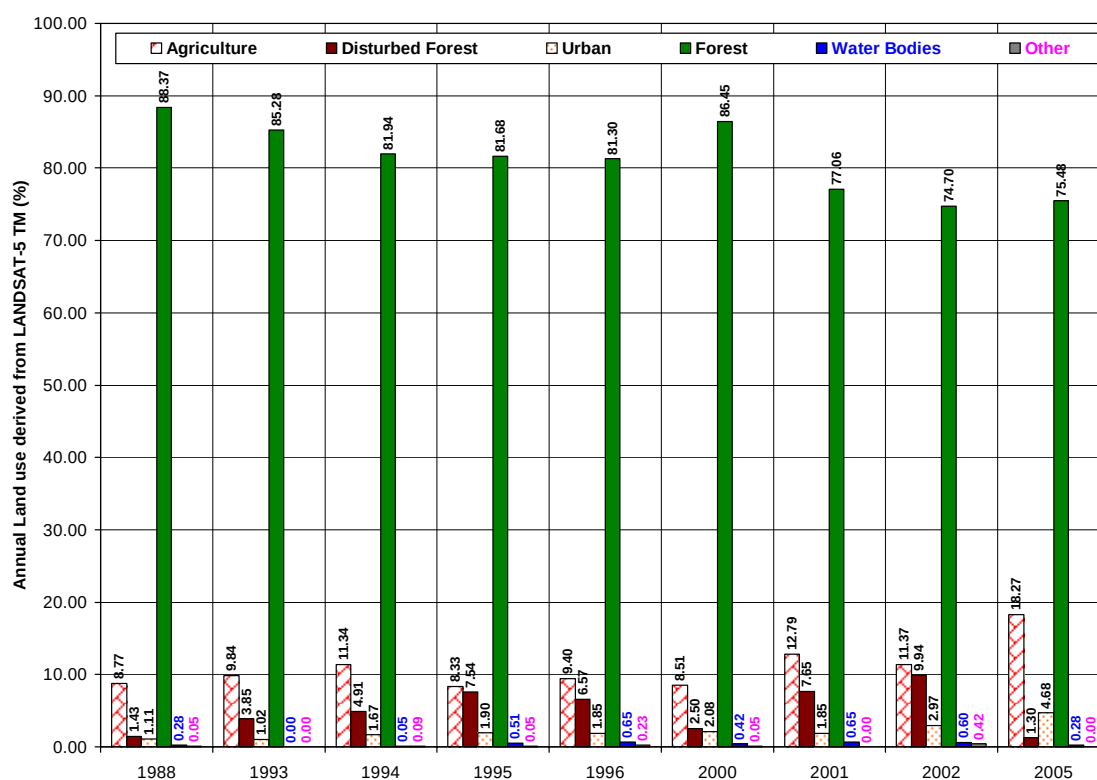


Figure 4 Histogram of annual land use derived from LANDSAT-5TM

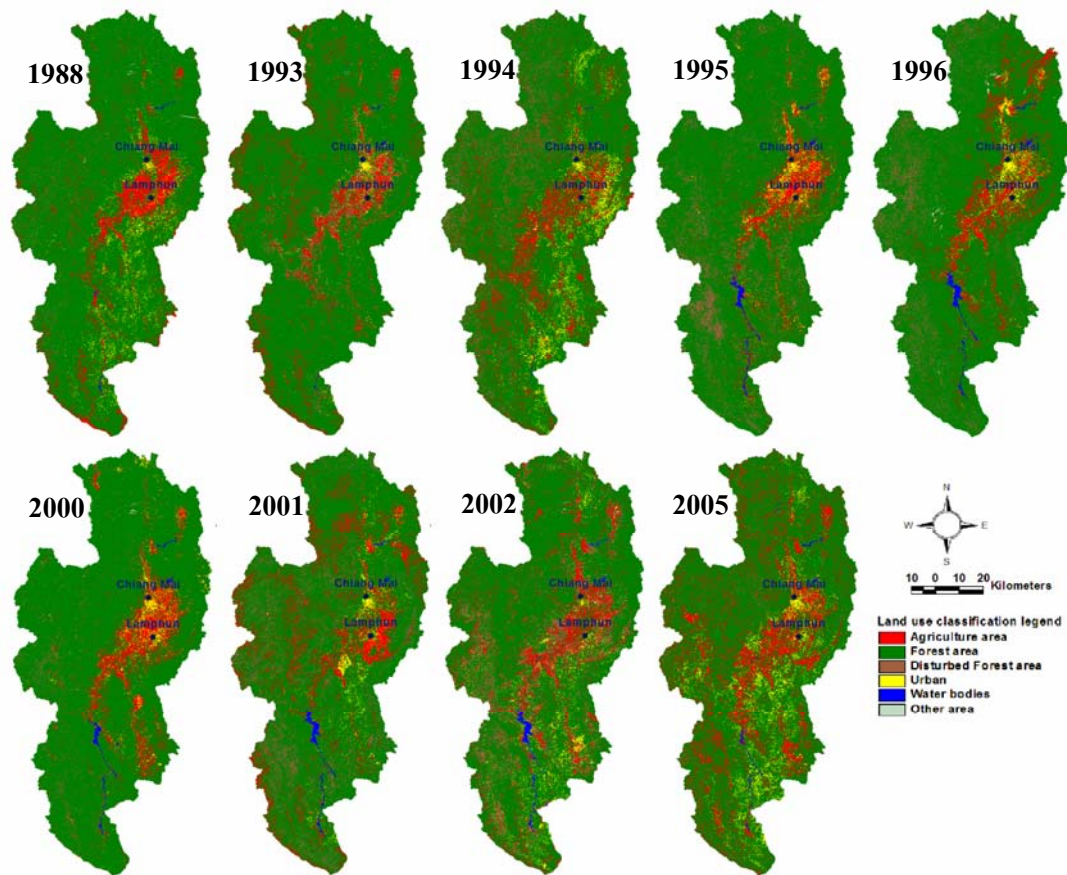


Figure 5 Annual land use derived from LANDSAT-5TM

### สรุปผลและเสนอแนะ

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics) ได้ถูกนำมาใช้ในการติดตามและตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5TM ซึ่งถ่ายได้ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์และครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำปิงตอนบน จำนวน 9 ปี คือ ปี ค.ศ. 1988 1993 1994 1995 1996 2000 2001 2002 และ 2005 จะถูกวิเคราะห์ด้วยวิธี Supervised Classification ร่วมกับการสำรวจภาคสนาม (Ground Truth) เพื่อจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละปี และถูกนำมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละปีด้วยระบบสารสนเทศภูมิเทศ (Geographic Information System) ผลที่ได้พบว่า พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำปิงตอนบนมีการแกว่งตัว (fluctuate) ในแนวโน้มลดลง โดยมีอัตราการลดลงโดยเฉลี่ย 0.61 เปอร์เซ็นต์ต่อปี (155 ตารางกิโลเมตรต่อปี) ในทางกลับกันก็มีอัตราเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนเมืองในอัตราเฉลี่ย 0.53 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ต่อปี (134 และ 50 ตารางกิโลเมตรต่อปี) ตามลำดับ

แนวทางในการศึกษาครั้งนี้ ยังสามารถศึกษาในเชิงลึกของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับคุณลักษณะเฉพาะของการเกิดอุทกภัยในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบนที่มีสถานีวัดน้ำท่าตั้งอยู่ต่อไปได้ โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกวิทยาซึ่งค่าตัวแปร (Parameter) ของแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์แนวทางเลือก (Scenario) ในการศึกษาการบริหารจัดการอุทกภัยที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

Chalayonnavin, V. 1998. Application of Remote Sensing and GIS for planning and management of Huai Nongkop-Huai Nongbon watershed basin Changwat Kanchanaburi. Ph.D. Dissertation, Department of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. 204 p.

- Dale, V.H. 1997. The Relationship between Land-use Change and Climate Change. *Ecol. App.* 7(3): 753–769.
- Japan Association of Remote Sensing. 2006. Remote Sensing Tutorials. Available source <http://www.profc.udec.cl/~gabriel/tutorial/es/rsnote/contents.htm>, February 22, 2006.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2005. การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล (remote sensing). เว็บไซต์ [http://www.deqp.go.th/Remote\\_Sensing/html/use.html](http://www.deqp.go.th/Remote_Sensing/html/use.html) เมื่อวันที่ 20 กันยายน 2548.
- สถาบันวิจัยและพัฒนา ม.เกษตรศาสตร์. 2008. โครงการหน่วยวิจัยการจัดการด้านน้ำท่วมและคุณภาพน้ำอย่างยั่งยืนของประเทศไทย (Thailand Sustainable Flood and Water Quality Management Research Unit Project). รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 4 ฉบับ 6 เดือนหลังของการวิจัยปีที่ 3. 541 น.
- อนุชิต รัตนสุวรรณ. 2001. การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกลในการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าบริเวณลุ่มแม่น้ำแฉ่ม จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

Received 10 September 2008

Accepted 28 December 2008