



การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาวที่มีการทำเหมืองแร่สังกะสี อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล

Land Use Changes in Mae Tao Watershed Having Zinc Mining, Mae Sod District, Tak Province Using Applied Remote Sensing Technology

ศุภกานต์ ชิตะจีระ^{1*} สุนทร คำยอง² อัมรินทร์ บุญตัน³ พันธุ์พล หัตถโกศล³ และ อริศรา เจริญปัญญาเนตร⁴

¹ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50220

²ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50220

³ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50220

⁴ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50220

Suppagarn Thiteja^{1*} Soontorn Khamyong² Amarin Boontun³ Panlop Huttagosol³ and Arisara Charoenpanyanet⁴

¹Department of Plant and Soil science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang District, Chiang Mai, 50200 Thailand

²Department of Highland Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang District, Chiang Mai, 50200 Thailand

³Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Muang District, Chiang Mai, 50200 Thailand

⁴Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University, Muang District, Chiang Mai, 50200 Thailand

*Corresponding Author, E-mail: suppagarn.t@cmu.ac.th

Received: 7 July 2019 | Revised: 4 October 2019 | Accepted: 26 December 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาวตอนบนฝั่งขวา อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งมีแหล่งแร่สังกะสีที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ ในพื้นที่ส่วนใหญ่เคยปกคลุมด้วยป่าธรรมชาติและมีการเกษตรเพื่อยังชีพบางส่วน ต่อมา มีการทำสัมปทานเหมืองแร่สังกะสี (ช่วงปี พ.ศ. 2517-2559) และการแผ้วถางป่าเพื่อยึดครองพื้นที่สำหรับการเพาะปลูกพืชเกษตร จึงทำให้สัดส่วนของรูปแบบการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำเปลี่ยนแปลงไป การเกษตรในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ไม้ผล พืชผัก ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น การศึกษาแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ตามระยะเวลาของการทำเหมืองแร่ คือ (1) ก่อนการทำเหมืองแร่ (ระยะที่ 1) (2) ระหว่างการทำเหมืองแร่วางก่อนปลูกป่าฟื้นฟู (ระยะที่ 2) (3) ระหว่างการทำเหมืองแร่วางหลังปลูกป่าฟื้นฟู (ระยะที่ 3) และ (4) ภายหลังการปิดเหมือง (ระยะที่ 4) โดยได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกลร่วมกับการสำรวจภาคสนามในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำส่วนล่าง (MT-2) มีสัดส่วนร้อยละของพื้นที่ป่าธรรมชาติใน 4 ระยะ เท่ากับ 73.3 63.6 41.4 และ 35.9 ตามลำดับ พื้นที่เกษตรกรรม เท่ากับ 25.7 29.8 15.9 และ 17.2 พื้นที่เหมืองแร่ เท่ากับ 1.0 6.6 14.3 และ 1.3 และพื้นที่ป่าปลูก เท่ากับ 0 0 18.3 และ 45.6 การเกษตรเปลี่ยนจากแบบยังชีพเป็นการค้า พื้นที่ป่าธรรมชาติลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่วนใหญ่เกิดการบุกรุกแผ้วถางป่าเพื่อการเพาะปลูก มีการปลูกป่าฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ ปลูกทดแทนในพื้นที่ใกล้เคียงและพื้นที่ยึดคืนจากชาวบ้าน จึงทำให้พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น แม้ว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติลดลง แต่การปลูกป่าทำให้สัดส่วนของพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 73.3 (ระยะที่ 1) เป็น 81.5 (ระยะที่ 4) ชุมชนมีจิตสำนึกการอนุรักษ์ป่าไม้โดยการสร้างป่าชุมชน 9

แห่ง การฟื้นฟูลุ่มน้ำแม่ตาวมีความสำคัญต่อการพัฒนาอำเภอแม่สอดให้เป็นพื้นที่เศรษฐกิจใหม่ที่เชื่อมต่อการค้ากับประเทศพม่าเพื่อเป็นแหล่งน้ำให้ชุมชนและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ซึ่งควรจะดำเนินการจัดการลุ่มน้ำแบบบูรณาการตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9

ABSTRACT

This research aims to study land use changes in the right upper Mae Tao watershed situated in Mae Sod district, Tak province, where the largest zinc ore deposit of the country was found. Most watershed area in the past covered by forests, and some subsistence agriculture. Zinc mine was taken during 1974 and 2016, and subsequent forest clearing for agriculture resulted in changing proportion of different land use. The present agriculture is mainly economic crops such as fruit trees, vegetables, maize, sugarcane, cassava, etc. The study was divided into 4 periods according to mining: (1) pre-mining (period 1), (2) during mining as before forest plantation (period 2) (3) during mining as after forest plantation (period 3), and (4) post-mining (period 4). The methods included field survey and remote sensing technology for classifying types of land use. The results showed that percentage proportions of natural forest to the lower watershed (MT-2) in the four periods were 73.3, 63.6, 41.4 and 35.9, respectively. Other land use had different values: agricultural land = 25.7, 29.8, 15.9 and 17.2; mine land = 1.0, 6.6, 14.3 and 1.3; and plantation forest = 0, 0, 18.3 and 45.6. Agriculture was changed from for subsistence to commercial purpose. Natural forest was decreased progressively caused by mainly forest clearing for cultivation. Forest plantation in mine land, adjacent degraded forest land and bare forest land taken from the farmers increased the forest area proportion in the watershed, from 73.3% (period 1) to 81.5% (period 4). Local communities conserved the forest by establishing nine community forests. The restoration of Mae Tao watershed is important for developing Mae Sod district as the economic area for trade with Myanmar as the water source for communities and ecotourism, and should be followed the royal initiatives concerning integrated management of King Rama 9.

คำสำคัญ: การใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ป่าไม้ ลุ่มน้ำแม่ตาว เหมืองแร่สังกะสี การสำรวจจากระยะไกล

Keywords: Land use, Forest area , Mae Tao watershed, Zinc mine, Remote Sensing

บทนำ

ลุ่มน้ำแม่ตาวตั้งอยู่ในท้องที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก แบ่งออกเป็น 3 ส่วน (รูปที่ 1) คือ พื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่าง ตอนบนฝั่งขวาและตอนบนฝั่งซ้าย ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงและพบที่ราบบ้างตามสองฝั่งลำห้วย ลักษณะธรณีวิทยาของพื้นที่ประกอบด้วย 2 หน่วยหิน คือ (1) หน่วยหินตะกอนยุคเพอร์เมียน ซึ่งเป็นหินปูนเนื้อสमानแน่นปนโดโลไมต์ หินปูนสีเทา หินดินดาน และหินทราย และ (2) หน่วยหินยุคไทรแอสสิกที่เป็นหินปูนสีเทาถึงเทาดำ หินปูนสีเทาอ่อน หินดินดาน หินทราย และหินกรวดมนเนื้อหินปูน ซึ่งหน่วยหินแบบนี้สองนี้พบแหล่งแร่สังกะสีที่ใหญ่ที่สุดในประเทศ ประกอบด้วย แหล่งแร่สังกะสีตอยผาแต๊ะ ตอยหัวโล้น ตอยหัวโล้นตะวันออก ตอยผาแดงและแหล่งแร่พระเจดีย์

(สำนักทรัพยากรแร่, 2547) ป่าไม้ที่ปกคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าเบญจพรรณ โดยพบป่าเต็งรังบริเวณสันเขาและยอดเขาที่มีความสูงตั้งแต่ 650 เมตร จากระดับทะเลปานกลางขึ้นไป (บริษัทผาแดงอินดัสทรีฯ, 2556)

พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาวตอนบนฝั่งขวามีชุมชนตั้งถิ่นฐานแต่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมของชาวบ้านที่อาศัยในชุมชนบริเวณใกล้เคียง ได้แก่ หมู่บ้านพะเต๊ะ หมู่บ้านถ้ำเสือและหมู่บ้านหนองน้ำเขียว ซึ่งเป็นชุมชนชาติพันธุ์กะเหรี่ยง มีประชากรรวมกันประมาณ 1,500 คน ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ในปี พ.ศ. 2516 ยังไม่มีการทำเหมืองแร่ พื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่เป็นการเกษตรเพื่อเลี้ยงชีพ (subsistence agriculture) แบบไร่หมุนเวียน โดยการปลูกข้าวไร่ตามบริเวณเนินเขาและมีการทำนา

ข่าวบริเวณที่ราบลุ่มสองฝั่งลำห้วย ต่อมาการทำเหมืองแร่ในช่วงปี พ.ศ. 2517-2559 ซึ่งมีการแผ้วถางป่าในพื้นที่สัมปทานแร่ก่อนการขุดแร่ขึ้นมา ปัจจุบันการเกษตรส่วนใหญ่เป็นการปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง มะละกอ เป็นต้น พื้นที่เพาะปลูกบางส่วนนั้นกรมป่าไม้ได้จัดสรรให้เป็นสิทธิทำกิน (ส.ท.ก.) แต่พบว่ามีการลักลอบแผ้วถางป่าและบุกรุกยึดครองพื้นที่ป่าไม้เพื่อการเพาะปลูกมากขึ้น

เหมืองแร่สังกะสีในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาวามีกิจกรรมการทำเหมืองแร่ 2 บริเวณ คือ แหล่งแร่สังกะสีตอยผาเต๊ะ (ช่วงปี พ.ศ. 2528-2556) โดยบริษัทตากไมนิ่ง จำกัด ซึ่งเป็นการทำเหมืองแบบบ่อโม่ จึงทำให้มีการเปิดพื้นที่โล่งไม่มาก ส่วนบริเวณแหล่งแร่สังกะสีตอยผาแดงและแหล่งพระเจดีย์มีการทำเหมืองแบบเหมืองเปิด (Open-pit mining) ซึ่งมีการแผ้วถางป่าและเปิดหน้าดินออกจำนวนมาก แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ พ.ศ. 2512-2518 มีการทำเหมืองโดยบริษัทไทยซิงค์ และ พ.ศ. 2519-2526 เป็นช่วงที่ไม่มีมีการเปิดหน้าเหมืองและพื้นที่ถูกทิ้งร้าง ต่อมา พ.ศ. 2527-2560 ได้มีการทำเหมืองแร่โดยบริษัทผาแดงอินดัสทรี จำกัด (ศุภกานต์, 2558) ในระหว่างการทำเหมืองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 นั้นได้เริ่มมีการปลูกป่าทดแทนและฟื้นฟูพื้นที่จากการทำเหมืองแร่จนถึงปัจจุบันในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมบริเวณใกล้เคียงและพื้นที่ที่ผ่านกิจกรรมเหมืองแร่ ได้มีการตรวจพบสารแคดเมียมปนเปื้อนในดิน ช่วงปี พ.ศ. 2541-2546 โดย สำนักวิชาการฯ (2556) ซึ่งได้สรุปสาเหตุของการปนเปื้อนแคดเมียมไว้ 3 ประการ คือ (1) เกิดจากกระบวนการฟุ้งของหินและแร่ตามธรรมชาติในพื้นที่ซึ่งเป็นแหล่งศักยภาพแร่ (2) เหมืองแร่อาจจะปล่อยน้ำทิ้งและตะกอนที่มีการปนเปื้อนสูงเกินค่ามาตรฐานและเกิดการชะล้างพัดพาตะกอนจากการเปิดพื้นที่ และ (3) การแผ้วถางป่าและเปิดพื้นที่การเกษตรก่อให้เกิดการชะล้างพัดพาตะกอนดินและยาปราบศัตรูพืช นอกจากนี้ วิวัฒน์ (2547) อธิบายว่าสาเหตุหลักนั้นเกิดจากตะกอนแขวนลอยที่พัดพาผ่านพื้นที่มีศักยภาพแร่สังกะสีทั้งบริเวณเหมืองแร่และพื้นที่ป่าธรรมชาติ โดยที่พื้นที่เหมืองแร่เป็นบริเวณที่มีแนวโน้มทำให้เกิดการปนเปื้อนในน้ำลำห้วย

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาว

ตอนบนฝั่งขวา ในระยะต่างๆ ของการทำเหมืองแร่สังกะสี เพื่อพิจารณาความเกี่ยวพันกับการทำสัมปทานเหมืองแร่ในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกลการร่วมกับการสำรวจในภาคสนาม

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ขอบเขตการศึกษา

พื้นที่ศึกษาคือ ลุ่มน้ำแม่ตาวตอนบนฝั่งขวา (รูปที่ 1) แบ่งเป็น 4 ช่วงเวลา คือ ระยะที่ 1 ก่อนการทำเหมืองโดยบริษัทผาแดงอินดัสทรี จำกัด (พ.ศ. 2516-2526) ระยะที่ 2 ช่วงดำเนินการทำเหมืองแร่ (ก่อนการปลูกป่าฟื้นฟู พ.ศ. 2527-2541) ระยะที่ 3 ระหว่างการทำเหมืองแร่ (ช่วงหลังการปลูกป่าฟื้นฟู พ.ศ. 2542-2559) และ ระยะที่ 4 ช่วงเวลาภายหลังการทำเหมืองแร่ (พ.ศ. 2560-2561)

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 สำหรับการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินในปัจจุบัน (พ.ศ. 2561) และตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลในภาคสนาม ส่วนการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินใน พ.ศ. 2556 ใช้ข้อมูล Landsat-7 สำหรับ พ.ศ. 2551 2546 และ 2541 ใช้ข้อมูล Landsat-5 ใน พ.ศ. 2521 ใช้ข้อมูล Landsat-2 และ พ.ศ. 2516 ใช้ข้อมูล Landsat-1

2. ขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูล

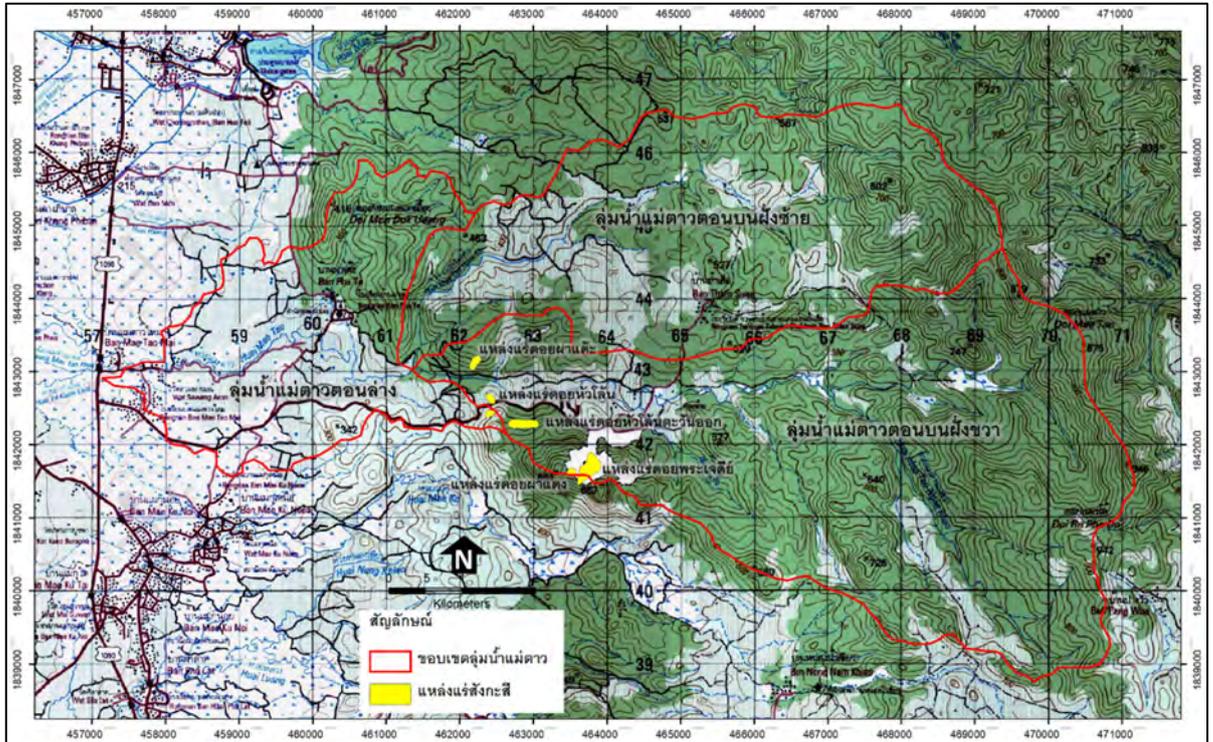
2.1 ปรับแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยใช้จุดควบคุมภาคพื้นดินที่มีลักษณะเด่นเทียบกับแผนที่ภูมิประเทศ

2.2 วิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ตามสมการของ Krigler et al. (1969) ดังนี้ $NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$ โดยที่ NIR คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดระยะใกล้ และ RED คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง

2.3 จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเบื้องต้นโดยใช้เกณฑ์ของ USGS (1998) อ้างอิงใน Sivasena and Janga (2013) คือ บริเวณที่มีต้นไม้ปกคลุมหนาแน่น, ปานกลาง, น้อย และไม่มี มีค่า NDVI เท่ากับ 0.500 0.140 0.090 และ 0.025 ตามลำดับ

2.4 สสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบพื้นที่ และนำข้อมูลตัวอย่างจากภาคสนามมาทำการจำแนกประเภทข้อมูลแบบควมคุม

2.5 ปรับแก้ข้อมูลจากการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุให้สัมพันธ์กับข้อมูลภาคสนามและหตุยภูมิอื่นๆ เช่น ภาพถ่ายทางอากาศ เอกสารรายงาน แผนที่ เป็นต้น



รูปที่ 1 แผนที่ภูมิประเทศแสดงพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ดาวและแหล่งแร่สังกะสี

ผลการวิจัย

ลุ่มน้ำแม่ดาวตอนบนฝั่งขวา (MT) แบ่งย่อยออกเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ต้นน้ำลงมาถึงพื้นที่เหมืองแร่ (MT-1) และส่วนล่างของพื้นที่เหมืองแร่ลงมา (MT-2) ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นสามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภท (รูปที่ 2 และ รูปที่ 3) โดยค่า NDVI พื้นที่เกษตรกรรมบริเวณที่อยู่ระหว่างการเตรียมดิน มีค่าคาบเกี่ยวกับพื้นที่เหมืองแร่ ส่วนบริเวณที่มีพืชพรรณจะมีค่าคาบเกี่ยวกับบริเวณป่าปลูกที่มีอายุไม่มาก ส่วนป่าปลูกที่มีอายุมากจะมีค่าใกล้เคียงหรือบางบริเวณมีค่าเท่ากับป่าไม้ธรรมชาติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

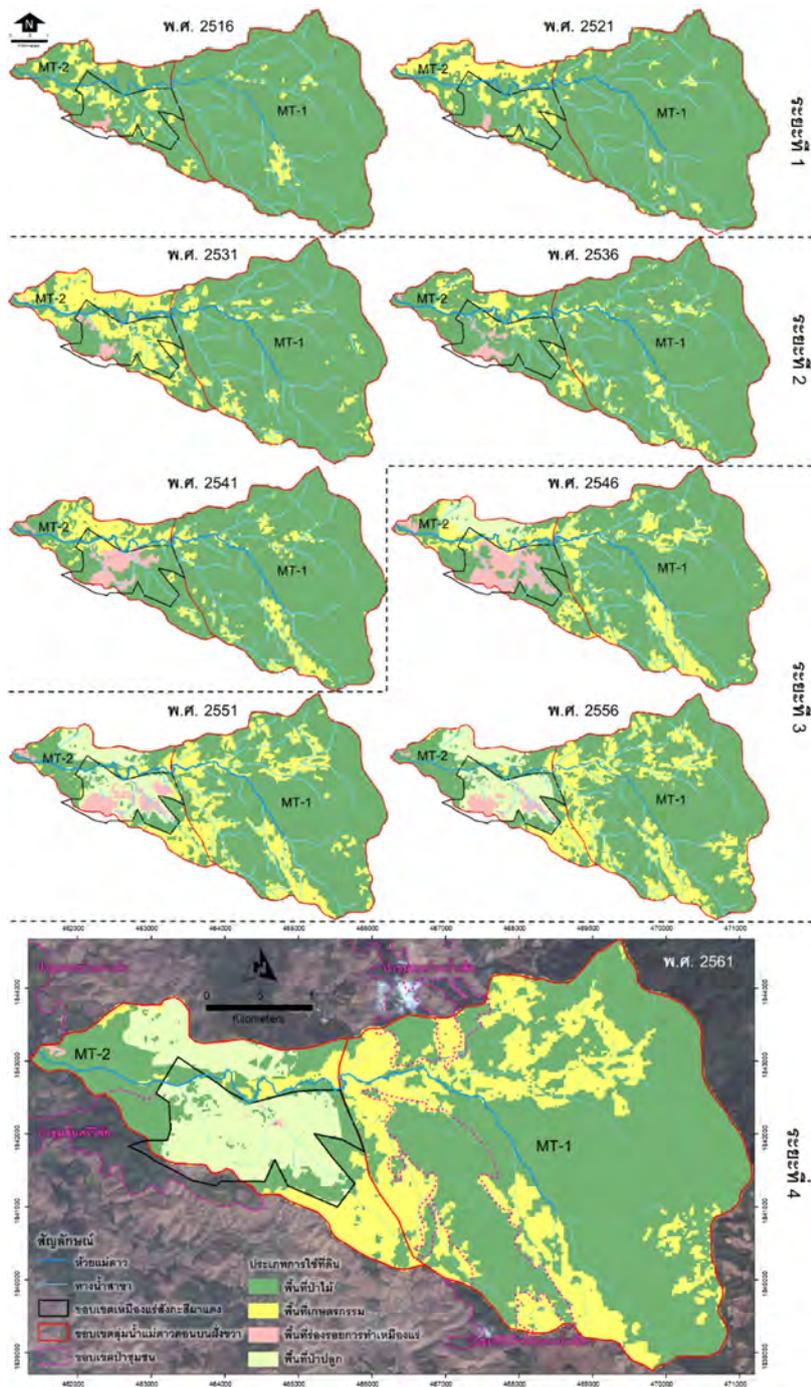
1. **พื้นที่เหมืองแร่** (ค่า NDVI: -0.10-0.15) พบในพื้นที่ MT-2 ตั้งแต่ ระยะที่ 1 ถึง 4 (ตารางที่ 1 และ 2) มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่งจากการเปิดหน้าดินเพื่อการขุดแร่ กองเก็บแร่และบ่อกักเก็บหางแร่ โดยที่ ระยะที่ 1 เป็นการทำให้เหมืองแร่โดยบริษัทไทย ซิงค์ในบริเวณแหล่งแร่ดอยพระเจดีย์ ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 4.4 และ 11.0 เฮกตาร์ ใน พ.ศ. 2516 และ 2521 ตามลำดับ ต่อมา

เป็นการทำให้เหมืองแร่โดยบริษัทผาแดงอินดัสทรี จำกัด ในบริเวณแหล่งแร่ดอยพระเจดีย์และแหล่งแร่ดอยผาแดง (ระยะที่ 2, 3 และ 4) ขณะเดียวกันก็มีการทำให้เหมืองแร่ของบริษัทตากไมนิ่ง จำกัด ในบริเวณแหล่งแร่ดอยผาเต๊ะ (ระยะที่ 2 และ 3) พื้นที่ดำเนินการเหมืองแร่ใน ระยะที่ 2 (พ.ศ. 2531, 2536 และ 2541) มีประมาณ 21.8 36.4 และ 96.5 เฮกตาร์ ตามลำดับ ระยะที่ 3 (พ.ศ. 2546, 2551 และ 2556) มีพื้นที่ 160.3 98.0 และ 77.7 เฮกตาร์ ตามลำดับ และ ระยะที่ 4 มีพื้นที่ 10.4 เฮกตาร์

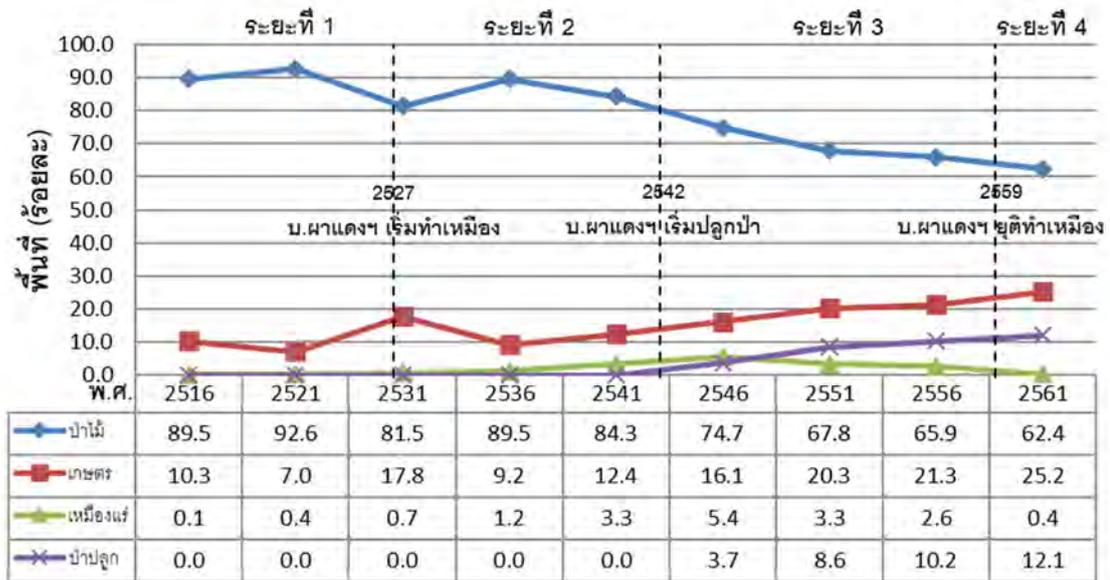
2. **พื้นที่เกษตรกรรม** (ค่า NDVI: -0.10-0.25) เป็นพื้นที่ดินโล่งจากเตรียมดินเพื่อปลูกพืช ซึ่งเป็นพื้นที่โล่งภายหลังการเก็บเกี่ยวในพื้นที่สวนผัก ผลไม้ ไร่ข้าวโพด ไร่อ้อย ข้าวไร่และนาข้าว เป็นต้น ระยะที่ 1 (พ.ศ. 2516) พื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่เป็นการปลูกอัญญาพืชเพื่อยังชีพ เช่น ข้าวไร่ ข้าวนาดำ เป็นต้น ประมาณ 56.8 และ 247.2 เฮกตาร์ ในพื้นที่ MT-1 และ MT-2 ตามลำดับ ต่อมา พ.ศ. 2521 เริ่มมีการปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ไร่ข้าวโพด ในพื้นที่ MT-2 มีพื้นที่ 154.0 เฮกตาร์ ส่วนพื้นที่ MT-1 ยังคงเป็น

การเกษตรแบบยังชีพ มีพื้นที่ 52.2 เฮกแตร์ (ตารางที่ 1 และ 2) ระยะที่ 2 ส่วนใหญ่เป็นการปลูกพืชเศรษฐกิจ ซึ่งมีพื้นที่ขยายออกจากสองฝั่งของลำห้วยและบริเวณใกล้แหล่งแร่ ใน พ.ศ. 2531, 2536 และ 2541 บริเวณ MT-1 มีพื้นที่เกษตรกรรม 142.2 144.5 และ 179.2 เฮกแตร์ ตามลำดับ ส่วนบริเวณ MT-2 มีพื้นที่ 376.9 616.7 และ 497.2 เฮกแตร์ ตามลำดับ ระยะที่ 3 พื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียงกับพื้นที่เหมืองแร่เริ่มลดลง แต่เพิ่มขึ้นในบริเวณสองฝั่งลำห้วยและขยายเข้าไปในพื้นที่ป่าต้นน้ำมากขึ้น ซึ่งส่วน

ใหญ่เป็นการปลูกพืชเศรษฐกิจ ใน พ.ศ. 2546 2551 และ 2556 บริเวณ MT-1 มีพื้นที่ 325.8 477.7 และ 520.9 เฮกแตร์ ตามลำดับ ส่วนบริเวณ MT-2 มีพื้นที่ 147.8 120.3 และ 105.5 เฮกแตร์ ตามลำดับ ระยะที่ 4 นั้นพื้นที่ส่วนใหญ่ปลูกพืชเศรษฐกิจที่มีความหลากหลายชนิดมากขึ้น เช่น พืชผัก ไม้ผลต่างๆ สวนยางพารา อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งมีพื้นที่ในบริเวณ MT-1 และ MT-2 ประมาณ 607.0 และ 134.7 เฮกแตร์ตามลำดับ



รูปที่ 2 แผนที่แสดงการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ดาวตอนบนฝั่งขวา ปี พ.ศ. 2516 -2561



รูปที่ 3 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ดาวตอนบนฝั่งขวา ระยะที่ 1,2,3 และ 4

ตารางที่ 1 การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ดาวตอนบนฝั่งขวาใน พื้นที่ MT-1

ระยะที่	ปี พ.ศ.	พื้นที่ป่าไม้			พื้นที่เกษตร		
		(ha)	(%)	เฉลี่ย (%)	(ha)	(%)	เฉลี่ย (%)
1	2516	2107.5	97.4	97.5	56.8	2.6	2.5
	2521	2112.1	97.6		52.2	2.4	
2	2531	2022.0	93.4	92.8	142.2	6.6	7.2
	2536	2019.8	93.3		144.5	6.7	
	2541	1985.1	91.7		179.2	8.3	
3	2546	1838.5	84.9	79.6	325.8	15.1	20.4
	2551	1686.6	77.9		477.7	22.1	
	2556	1643.4	75.9		520.9	24.1	
4	2561	1557.3	72.0	72.0	607.0	28.0	28.0

ตารางที่ 2 การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ดาวตอนบนฝั่งขวาใน พื้นที่ MT-2

ระยะที่	ปี พ.ศ.	พื้นที่ป่าไม้			พื้นที่เกษตร			พื้นที่เหมืองแร่			พื้นที่ป่าปลูก		
		(ha)	(%)	เฉลี่ย (%)	(ha)	(%)	เฉลี่ย (%)	(ha)	(%)	เฉลี่ย (%)	(ha)	(%)	เฉลี่ย (%)
1	2516	529.3	67.8	73.3	247.2	31.7	25.7	4.4	0.6	1.0	0.0	0.0	0.0
	2521	615.8	78.9		154.0	19.7		11.0	1.4		0.0	0.0	
2	2531	376.9	48.3	63.6	382.2	48.9	29.8	21.8	2.8	6.6	0.0	0.0	0.0
	2536	616.7	79.0		127.7	16.4		36.4	4.7		0.0	0.0	
	2541	497.2	63.7		187.2	24.0		96.5	12.4		0.0	0.0	
3	2546	362.9	46.5	41.4	147.8	18.9	15.9	160.3	20.5	14.3	109.9	14.1	28.3
	2551	310.0	39.7		120.3	15.4		98.0	12.6		252.4	32.3	
	2556	296.9	38.0		105.5	13.5		77.7	9.9		300.7	38.5	
4	2561	280.1	35.9	35.9	134.7	17.2	17.2	10.4	1.3	1.3	355.7	45.6	45.6

3. พื้นที่ป่าไม้ (ค่า NDVI: 0.20-0.40) ป่าไม้ส่วนใหญ่เป็นป่าเบญจพรรณ โดยพบป่าเบญจพรรณบริเวณใกล้สองฝั่งของลำห้วย ส่วนป่าเต็งรังนั้นพบตามสันเขาและยอดเขาที่มีระดับความสูงตั้งแต่ 650 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ขึ้นไป พื้นที่ป่าไม้ใน ระยะที่ 1 (พ.ศ. 2516 และ 2521) บริเวณ MT-1 มีประมาณ 2,107 และ 2,112 เฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนบริเวณ MT-2 มีพื้นที่ 529.3 และ 615.8 เฮกตาร์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และ 2) ระยะที่ 2 (พ.ศ. 2531, 2536 และ 2541) บริเวณ MT-1 มีพื้นที่ 2,022 2,019 และ 1,985 เฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนบริเวณ MT-2 มีพื้นที่ 376.9 616.7 และ 497.2 เฮกตาร์ ตามลำดับ ระยะที่ 3 (พ.ศ. 2546, 2551 และ 2556) บริเวณ MT-1 มีพื้นที่ 1,838 1,686 และ 1,643 เฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนบริเวณ MT-2 มีพื้นที่ 362.9 310.0 และ 296.9 เฮกตาร์ ตามลำดับ ระยะที่ 4 มีพื้นที่ป่าไม้ในบริเวณ MT-1 และ MT-2 เท่ากับ 1,557.3 และ 280.1 เฮกตาร์ ตามลำดับ

4. พื้นที่ป่าปลูก (ค่า NDVI: 0.15-0.30) การปลูกป่าเริ่มขึ้นใน ระยะที่ 3 ซึ่งเป็นการปลูกป่าเพื่อทดแทนพื้นที่การทำเหมืองแร่ของบริษัทผาแดงอินดัสทรีฯ ในบริเวณพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมด้านตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่โครงการ ในปี พ.ศ. 2542 และ 2543 ชนิดพันธุ์ไม้ที่ปลูก ได้แก่ สัก ประดู่ แดง กระถินเทพา ชี้เหล็กบ้าน แคบ้าน จามจรี ตะแบก ตีนเป็ด ถ่อน นนทรี สะเดา และเสี้ยวดอกขาว ต่อมาได้ปลูกป่าฟื้นฟูในพื้นที่เหมืองแร่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 จนถึงปัจจุบัน โดยใช้พันธุ์ไม้ท้องถิ่นร่วมกับพันธุ์ไม้ชนิดอื่นๆ เช่น ชงโค มะขามป้อม มะกอกเกลื้อน ถ่อน แคนา มะกอก ชี้เหล็ก แควหางค่าง ซ้อ สัก แควหางค่าง ซ้อ เสี้ยวดอกขาว ยูคาลิปตัส ไม้แดง จัน ตะขบป่า มะยมป่า เพกา ยอบ้าน สักทอง หว่า จามจรี มะขาม กล้วยป่า ทรงบาดาล เป็นต้น พื้นที่ปลูกป่าทั้งหมดอยู่ในบริเวณ MT-2 โดยมีพื้นที่ปลูกใน ระยะที่ 3 (พ.ศ. 2546 2551 และ 2556) จำนวน 109.9 252.4 และ 300.7 เฮกตาร์ ตามลำดับ และ ระยะที่ 4 มีพื้นที่ 355.7 เฮกตาร์

พื้นที่ลุ่มน้ำ MT-2 นั้น ในระยะที่ 3 มีพื้นที่ป่าธรรมชาติ ร้อยละ 41.40 และป่าปลูก 28.30 รวมเป็นพื้นที่ป่าไม้ เท่ากับ 69.70 ของพื้นที่ทั้งหมด ในระยะที่ 4 มีพื้นที่ป่าธรรมชาติ 35.90 และป่าปลูก 45.60 รวมเป็นพื้นที่ป่าไม้ 81.50 (ที่เหลือเป็นพื้นที่เกษตรกรรม 17.2 และพื้นที่เหมืองแร่ 1.3) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปลูกป่าได้ทำให้สัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น

วิจารณ์ผลการวิจัย

การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกลเป็นการประมวลผลในทางสถิติเพื่อแยกข้อมูลจุดภาพทั้งหมดที่ประกอบเป็นพื้นที่ศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย โดยใช้ลักษณะทางสถิติเป็นตัวกำหนดความแตกต่างระหว่างกลุ่มจุดภาพ โดยจุดภาพที่ถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันจะมีลักษณะทางสถิติเฉพาะกลุ่มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ละกลุ่มจุดภาพที่จำแนกได้นั้นแสดงถึงสิ่งปกคลุมพื้นดินประเภทใดประเภทหนึ่งแตกต่างกันไป (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศฯ, 2552) การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมหรือแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ต้องอ้างอิงพื้นที่ตัวอย่าง โดยจำนวนจุดภาพในพื้นที่ตัวอย่างควรจะเพียงพอสำหรับการสร้างสถิติที่น่าเชื่อถือในการจำแนกประเภทข้อมูล (สมพร, 2552) อย่างไรก็ตามทั้งการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินไม่สามารถแยกจากกันได้อย่างเด็ดขาดโดยที่ป่าไม้จัดเป็นการใช้ที่ดินประเภทหนึ่ง (สรศักดิ์, 2550) ข้อมูลและเทคนิคการวิเคราะห์ของการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินมีประสิทธิภาพดีขึ้น (Rogan and Chen, 2004) รูปแบบของการจดจำสถิติในการจำแนกประเภทพื้นที่แบบ Object base มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับข้อมูลที่ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร (Samaniago and Karsten, 2009) ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการจำแนกลักษณะสิ่งปกคลุมดินเป็นการพัฒนาระบบการจำแนกประเภทข้อมูล โดยการประยุกต์ใช้การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแลร่วมกับความรู้เกี่ยวกับลักษณะของคลื่นแสง ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ และแบบจำลองเชิงพื้นที่ เช่น NDVI เพื่อการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการจำแนกข้อมูลมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความถูกต้องจากการจำแนกให้สูงมากขึ้น (สยาม, 2545) Li et al., (2007) ได้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-TM ติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่ปลูกยางพาราและได้ตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกซึ่งมีค่ามากกว่า 90% มนัญญาและคณะ (2554) ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการวิเคราะห์และจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลจากดาวเทียม THEOS, ALOS และ LANDSAT-5 TM พบว่า ข้อมูลจากดาวเทียม ALOS ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุดและรองลงมา

เป็นข้อมูลจากดาวเทียม THEOS และ LANDSAT-5 TM ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามลำดับของความละเอียดของภาพ คือ 10 เมตร 15 เมตร และ 30 เมตร ตามลำดับ ภูษ และคณะ (2557) วิเคราะห์และแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต พบว่า สามารถจำแนกพืชพรรณป่าชายเลนได้ดี แต่ความถูกต้องมีเพียงร้อยละ 34 เนื่องจากปัจจัยขนาดของใบพืชและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีรายละเอียดเชิงคลื่นและเชิงพื้นที่ไม่เพียงพอ Sivasena and Janga (2013) ใช้ NDVI เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยแบ่งได้ 6 ประเภท คือ แหล่งน้ำ ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ดินโล่ง ชุมชนและพื้นที่รกร้าง Sonter et al., (2014) ศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ พบว่า กระบวนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ทำเหมืองแตกต่างจากที่พบในที่อื่นๆ คือ ร่องรอยของการทำเหมืองจะขยายตัวอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาหนึ่งและจะเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่าปลูกหลังจากการทำเหมืองสิ้นสุดลง การใช้ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) เป็นเกณฑ์ในการจำแนกการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ดาวตอนบนฝั่งขวาครั้งนี้มีการใช้ข้อมูลการสำรวจภาคสนามและข้อมูลหัตถ์ภูมิที่เกี่ยวข้องช่วยในการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบกึ่งอัตโนมัติ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีกิจกรรมเฉพาะ เช่น การการเปิดหน้าดินเพื่อทำเหมืองจะมีค่า NDVI ใกล้เคียงกับพื้นที่ดินโล่งจากการทำเกษตร พื้นที่ปลูกป่าในระยะเริ่มต้นจะมีค่า NDVI ใกล้เคียงกับพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าปลูกที่มีสภาพต้นไม้เจริญเติบโตเต็มที่แล้วก็มีค่า NDVI ใกล้เคียงกับป่าไม้ เป็นต้น

ผลจากการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ดาวตอนบนฝั่งขวา โดยใช้ค่า NDVI ไม่สามารถแยกส่วนที่เป็นพื้นที่ดินโล่งจากการทำเกษตรกรรมกับการเหมืองแร่ออกจากกันได้ และพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไปกับบริเวณป่าปลูกที่มีอายุไม่มากก็มีค่า NDVI ใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับป่าปลูกที่มีอายุมากอาจมีค่า NDVI เท่ากับป่าไม้ธรรมชาติ ดังนั้นการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่ที่มีความซับซ้อนเช่นนี้ควรมีการสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบพื้นที่ และนำข้อมูลตัวอย่างจากภาคสนามมาทำการจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม รวมถึงต้องทำการปรับแก้ให้สัมพันธ์กับข้อมูลหัตถ์ภูมิอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

รูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ดาวตอนบนฝั่งขวามีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างชัดเจน คือ ในช่วง พ.ศ. 2516-2531 มีการเพาะปลูกพืช

เกษตรในบริเวณที่เป็นแหล่งศักยภาพแร่สังกะสีและบริเวณใกล้เคียงจำนวนมาก ระยะต่อมาหลังจากมีโครงการเหมืองแร่สังกะสีในพื้นที่ดังกล่าวพบว่ามีการทำเกษตรลดลง แต่ในช่วง พ.ศ. 2536-2561 พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นอย่างมากบริเวณพื้นที่สองฝั่งของลำน้ำสาขาของห้วยแม่ดาว ส่วนพื้นที่ป่าปลูกนั้นบริษัทผาแดงอินดัสทรี จำกัด ได้เริ่มทำการปลูกป่าทดแทนและฟื้นฟูในพื้นที่นอกพื้นที่โครงการเหมืองแร่สังกะสี ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2542 และมีการปลูกป่าเพื่อฟื้นฟูในพื้นที่กิจกรรมเหมืองแร่อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งมีการยุติการทำเหมืองแร่ในปี พ.ศ. 2559 ซึ่งการปลูกป่าในพื้นที่เหมืองแร่ก็ยังคงมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง

ในช่วงที่มีการทำเหมืองแร่นั้นชาวบ้านในชุมชนบริเวณใกล้เคียงมีความวิตกกังวลถึงผลกระทบของโครงการต่อวิถีชีวิตของคนในชุมชน โดยเฉพาะปัญหาแคตเหมียมในตะกอนตามลำห้วยแม่ดาว ขณะเดียวกันก็มีปัญหาการขึ้นไปบุกกรุกแผ้วถางป่าเพื่อการใช้เพื่อใช้พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ของคนในชุมชนด้านล่างมากขึ้น ส่งผลทำให้ชุมชนในพื้นที่ต้นน้ำมีความห่วงหาพันป่าไม้บริเวณใกล้ชุมชน และได้มีการกำหนดพื้นที่ป่าชุมชนร่วมกับเจ้าหน้าที่ป่าไม้ ในช่วงปี พ.ศ. 2544-2554 จำนวน 9 แห่ง รวมพื้นที่มากกว่าสี่พันไร่ โดยป่าชุมชนตำบลแม่ดาวมีพื้นที่ใหญ่สุดประมาณสองพันไร่ และป่าชุมชนศรีวิชัยเคยได้รับรางวัลป่าชุมชนดีเด่น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประชาชนในพื้นที่มีศักยภาพในการช่วยกันดูแลพื้นที่ป่าไม้ได้เป็นอย่างดีและแสดงให้เห็นถึงบทบาทของเจ้าหน้าที่ป่าไม้ในการส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าและร่วมมือกับชุมชน อย่างไรก็ตามยังมีพื้นที่ป่าที่ถูกบุกกรุกเพื่อทำเกษตรในพื้นที่ต้นน้ำอีกจำนวนมาก ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากอำเภอแม่สอดถูกประกาศให้เป็นพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษ จึงทำให้พื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่เดิมซึ่งเป็นที่ราบลุ่มมีราคาสูงขึ้น เกษตรกรบางส่วนขายที่ดินแล้วหาพื้นที่ใหม่เพื่อทำการเกษตรทดแทนพื้นที่เดิมโดยการบุกกรุกพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งจากการสำรวจภาคสนาม พบว่า ปัจจุบันกรมป่าไม้ได้เข้ายึดคืนพื้นที่ป่าต้นน้ำและทำการปลูกป่าฟื้นฟูในพื้นที่ต้นน้ำได้แล้วบางส่วน

สรุปผลการวิจัย

พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ดาวตอนบนฝั่งขวานั้นก่อนที่จะมีการทำสัมปทานเหมืองแร่สังกะสีมีการใช้ที่ดิน 2 ประเภท คือ ป่าธรรมชาติและการเกษตรแบบยังชีพ รูปแบบการใช้ที่ดินในระยะการทำเหมืองแร่และภายหลังการปิดเหมืองได้เพิ่มขึ้นอีก

2 ประเภท คือ ที่ดินเหมืองแร่และพื้นที่ป่าปลูก โดยมีสัดส่วนพื้นที่การใช้ที่ดิน 4 ประเภท เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา 4 ระยะ คือ ก่อนการทำเหมืองแร่ (ระยะที่ 1) ระหว่างการทำเหมืองแร่ (ระยะที่ 3 และ 4) และภายหลังการทำเหมืองแร่ (ระยะที่ 4) โดยพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนล่าง (MT-2) มีสัดส่วนร้อยละของพื้นที่ป่าธรรมชาติใน 4 ระยะ เท่ากับ 73.3 63.6 41.4 และ 35.9 ตามลำดับ พื้นที่เกษตรกรรม เท่ากับ 25.7 29.8 15.9 และ 17.2 พื้นที่เหมืองแร่ เท่ากับ 1.0 6.6 14.3 และ 1.3 และพื้นที่ป่าปลูก เท่ากับ 0 0 18.3 และ 45.6 การเกษตรเปลี่ยนจากแบบยังชีพเป็นการค้า พื้นที่ป่าธรรมชาติลดลงอย่างต่อเนื่องซึ่งส่วนใหญ่เกิดการบุกรุกแผ้วถางป่าเพื่อการเพาะปลูก มีการปลูกป่าฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ ปลูกทดแทนในพื้นที่ใกล้เคียงและพื้นที่ยึดคืนจากชาวบ้าน จึงทำให้พื้นที่ป่าไม่เพิ่มขึ้น แม้ว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติลดลง แต่การปลูกป่าทำให้สัดส่วนของพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 73.3 (ระยะที่ 1) เป็น 81.5 (ระยะที่ 4)

การทำเหมืองแร่สังกะสีแบบเหมืองเปิดจะทำให้พื้นที่ป่าไม้จำนวนหนึ่งลดลงจากการแผ้วถางป่า เปิดหน้าดินและขุดแร่ขึ้นมา แต่การปลูกป่าฟื้นฟูในพื้นที่เหมืองแร่และปลูกป่าชดเชยในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมในพื้นที่บริเวณใกล้เคียงทำให้พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำเพิ่มขึ้นและเหลือพื้นที่เหมืองแร่เฉพาะบริเวณบ่อเหมืองขณะที่พื้นที่ป่าธรรมชาติมีแนวโน้มลดลงจากการบุกรุกแผ้วถางป่าเพื่อการเพาะปลูกพืชเกษตรเพื่อการค้า ชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำจึงเริ่มมีความห่วงหาพันป่าไม้และมีการอนุรักษ์ป่าในรูปแบบป่าชุมชน โดยความร่วมมือกับหน่วยงานของรัฐ อย่างไรก็ตามในการจัดการลุ่มน้ำแม่ตาวควรจะดำเนินการแบบบูรณาการตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 คือจะต้องมีความร่วมมือกันหลายฝ่าย ทั้งหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง หน่วยงานเอกชนที่เข้าทำประโยชน์ในพื้นที่และชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำ ทั้งพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำและปลายน้ำ ในการสร้างมาตรการอนุรักษ์ ปกป้องและฟื้นฟูป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนให้กลับคืนสู่สภาพป่าต้นน้ำที่อุดมสมบูรณ์และยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ณัฐ สุขอึ้ง อนุกุล บูรณประทีปรัตน์ และ วิชญา กันบัว. (2557). การสำรวจพรรณไม้ในป่าชายเลนและการประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลจากดาวเทียมเพื่อการสร้างแผนที่ป่าชายเลนบริเวณ

ปากแม่น้ำเวฬุ อำเภอลำลูก จังหวัดจันทบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 19(1): 24-36.

บริษัทผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน). (2556). รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ โครงการเหมืองแร่สังกะสี คำขอประทานบัตรที่ 8/2553 ร่วมแผนผังโครงการทำเหมืองเดียวกันกับประทานบัตรที่ 30769/15525 และประทานบัตรที่ 30779/15797 ของบริษัทผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน). บริษัท เอส.พี.เอส.คอนซัลติ้ง เซอร์วิส จำกัด. กรุงเทพฯ.

มนัญญา คงคา แก้ว นวลฉวี สุพรรณ กาจจนสุธรรม และ นฤมล อินทรวิเชียร. (2554). การเปรียบเทียบการวิเคราะห์และการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลจากดาวเทียม THEOS, ALOS และ LANDSAT-5 TM: กรณีศึกษาอำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย 12(3): 1-10.

วิวัฒน์ โตริฎกุล. (2547). รายงานคุณภาพสิ่งแวดล้อมของเหมืองแร่สังกะสีบริเวณหมู่เหมืองคอยผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก พ.ศ. 2546-2547. สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3. เชียงใหม่.

สมพร สง่างศ์. (2552). การสำรวจจากระยะไกลในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินและการประยุกต์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 280 หน้า.

สยาม ลววิโรจน์วงศ์. (2545). ระบุผู้เชี่ยวชาญเพื่อการจำแนกลักษณะสิ่งปกคลุมดิน บริเวณลุ่มน้ำบางปะกง. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

สรศักดิ์ กลิ่นดาว. (2550). การสำรวจจากระยะไกล: การประมวลผลภาพถ่ายเชิงเลขเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรินติ้ง เฮาส์. 293 หน้า.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). (2552). ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์. ISBN 978-611-12-0008-9. กรุงเทพฯ: บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน). 331 หน้า.

สำนักทรัพยากรแร่. (2547). แผนที่และข้อมูลแหล่งแร่ของไทย ชุดแร่โลหะของประเทศไทย ฉบับที่ 5. กรมทรัพยากรธรณี. กรุงเทพฯ.

ศุกกานต์ ธิเตจ๊ะ. (2558). ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำห้วยแม่ตาวจากการใช้ที่ดินและการทำเหมืองแร่สังกะสีของบริษัทผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 132 หน้า.

Kriegler, F. J., Malila, W. A., Nalepka, R. F. and Richardson, W. (1969). Preprocessing Transformations and their effects on multispectral recognition. In: Proceeding of the 6th International Symposium on Remote Sensing of the Environment. University of Michigan, USA. pp 97-131.

- Li, H., Aide, T. M., Ma, Y., Wenjun, L. and Cao, M. (2007). Demand for rubber is causing the loss of high diversity rain forest in SW China. [Online]. Available: Biodiversity and Conservation, 16: 1731-1745.
- Rogan, J. and Chen, D. (2004). Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. Progress in Planning 61: 301-325.
- Samaniego, L. and Karsten, S. (2009). Supervised Classification of Agricultural Land Cover Using a Modified k-NN Technique (MNN) and Landsat Remote Sensing Imagery. Remote Sensing 1: 875-895.
- Sivasena, R. A. and Janga, R. M. (2013). NDVI Based Assessment of Land Use Land Cover Dynamics in A Rainfed Watershed Using Remote Sensing and GIS. International Journal of Scientific and Engineering Research 4(12): 87-93.
- Sonter, L. J., Moran, C. J., Barrett, D. J. and Soares-Filho, B. S. (2014). Processes of land use change in mining regions. Journal of Cleaner Production 84: 494-501.
- USGS. (1998). A Land use and land cover classification system for use with Remote Sensing Data., USGS professional paper 124, Washington D.C.: U.S.Gov. Printing Office.

