



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาเสันฐานอ้างอิงสำหรับประเทศไทยตามกลไก Reducing
Emission from Deforestation and Forest Degradation in Developing
Countries (REDD)

โดย

ดร. ลดาวัลย์ พวงจิตร และคณะ

ตุลาคม 2553

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาพื้นฐานอ้างอิงสำหรับประเทศไทยตามกลไก Reducing
Emission from Deforestation and Forest Degradation in Developing
Countries (REDD)

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. ดร. อดิศักดิ์ พวงจิตร | คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2. ดร. เชวติ ศิลปทอง | สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ |
| 3. นายกัมปนาท ดีอุดมจันทร์ | สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ |
| 4. นายอมรชัย ประกอบยา | สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ |
| 5. นายยุทธภูมิ โพธิ์ราชา | สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ |
| 6. นายกฤษกร อุยนิรันดร์กุล | สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ |

ชุดโครงการการพัฒนาความรู้และยุทธศาสตร์ความตกลงพหุภาคี
ด้านสิ่งแวดล้อมและยุทธศาสตร์ลดโลกร้อน

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

REDD หรือ Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation หมายถึงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่า ซึ่งได้ถูกนำเสนอเข้ามาสู่เวทีการประชุมสมัชชารัฐภาคีอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (COP) โดยประเทศออสเตรเลียและประเทศปาปัวนิวกินี เป็นครั้งแรกในการประชุม COP 11 ที่เมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดา เมื่อปี พ.ศ. 2548 และได้มีการเจรจามาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน REDD เป็นการใช้นโยบายที่ประเทศที่พัฒนาแล้วจะจ่ายเงินเพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจให้กับประเทศกำลังพัฒนาที่สามารถจัดทำแนวทางในการลดการทำลายป่าและการทำให้ป่าเสื่อมโทรม ซึ่งต่อมาได้มีการขยายกิจกรรมโดยรวมถึงการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน รวมทั้งการเพิ่มพูนคาร์บอนสต็อกในพื้นที่ป่า และเรียกรวมว่า REDD-Plus หรือ REDD+ ซึ่งเป็นมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกที่กำลังได้รับการส่งเสริมจากนานาประเทศเพื่อต่อสู้กับภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในการดำเนินการตามกลไก REDD นั้น จำเป็นต้องมีการตรวจสอบถึงปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นผลมาจากการลดการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าของประเทศสมาชิก ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีข้อมูลที่เป็นฐานในการเปรียบเทียบ เส้นฐานอ้างอิง (reference baseline) หรือระดับการปล่อยอ้างอิง (reference emission level) จึงเป็นค่าที่ใช้บอกถึงการดำเนินการภายใต้สภาพการณ์ตามปกติ (business as usual) เมื่อไม่มีมาตรการเสริมใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดเส้นฐานอ้างอิงเพื่อดำเนินการภายใต้ REDD เป็นประเด็นสำคัญประเด็นหนึ่งที่ยังมีการเจรจา และยังไม่สามารถตกลงกันได้ เนื่องจากเส้นฐานอ้างอิงนี้จะเกี่ยวข้องกับการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะลดได้ภายใต้กลไก REDD จึงอาจก่อให้เกิดการได้เปรียบหรือเสียเปรียบระหว่างประเทศ การกำหนดเส้นฐานอ้างอิงที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ไม่มีประเทศใดสนใจเข้าร่วมโครงการ หรืออาจทำให้การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เป็นจริง ทั้งนี้ได้มีการเสนอแนวคิดในการพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงในหลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้ข้อมูลอัตราการทำลายป่าในอดีต การใช้ค่าเฉลี่ยรวมของโลก และการคาดการณ์อัตราการทำลายป่าในอนาคต เป็นต้น

ประเทศไทยได้แสดงท่าทีสนับสนุนการดำเนินการตามกลไก REDD เนื่องจากเป็นกลไกที่มีเป้าหมายในการอนุรักษ์ป่า ตามนโยบายการป่าไม้แห่งชาติ รวมทั้งได้แสดงท่าทีสนับสนุนการกำหนดเส้นฐานอ้างอิงจากข้อมูลอัตราการทำลายป่าในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งเป็นท่าทีที่แสดงร่วมกับประเทศในกลุ่ม Rain Forest อย่างไรก็ตาม การกำหนดท่าทีดังกล่าวยังไม่มีความชัดเจนทางวิชาการสนับสนุนว่าเป็นแนวทางที่จะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับประเทศไทย จึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงวิชาการสนับสนุนในการเจรจา แม้ว่าในการเจรจาอาจจะไม่ได้รูปแบบที่ประเทศไทยได้ประโยชน์มากที่สุด แต่ก็จะมีข้อมูลเชิงวิชาการสนับสนุนในการยอมรับรูปแบบที่ประเทศไทยจะไม่เสียผลประโยชน์ในเวทีการเจรจา

การศึกษาวิจัยการพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงสำหรับประเทศไทยตามกลไก REDD จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย สำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเจรจาเรื่อง REDD และเพื่อพัฒนาเทคนิควิธีการในการติดตามการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกลและการสำรวจภาคสนาม โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ การพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงในระดับประเทศ และการพัฒนาด้านเทคนิควิธีการในระดับพื้นที่

การพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงระดับประเทศ

ดำเนินการโดยทำการทบทวนเอกสาร และรวบรวมรูปแบบของเส้นฐานอ้างอิงจากแนวคิดที่มีผู้เสนอในการประชุมสัมมนา เอกสาร และวารสาร ทำการรวบรวมข้อมูลของประเทศไทยที่จำเป็นต่อการพัฒนาเส้นฐานอ้างอิง แล้วทำการวิเคราะห์เพื่อหาเส้นฐานอ้างอิงที่เหมาะสมจากข้อมูลของประเทศไทย

จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงสำหรับกลไก REDD นั้น นักวิชาการส่วนใหญ่เสนอแนะว่าควรใช้วิธีการที่เรียบง่ายที่สุดเพื่อให้สามารถติดตามและตรวจสอบได้ เนื่องจากประเทศกำลังพัฒนาส่วนมากขาดข้อมูลพื้นฐาน หากการกำหนดเส้นฐานอ้างอิงอยู่ในรูปแบบที่ต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานจำนวนมาก อาจไม่สามารถดำเนินการได้ ซึ่งประเทศไทยก็อยู่ในสถานการณ์ดังกล่าวเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ในการประชุม COP 15 ที่เมืองโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก ได้มีการตกลงเบื้องต้นให้การกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิง (REL) ใช้ข้อมูลในอดีต โดยนักวิชาการส่วนใหญ่เสนอแนะว่าช่วงเวลาที่จะนำมากำหนดให้เป็นเส้นฐานอ้างอิง หรือช่วงเวลาอ้างอิงนั้น ควรเป็นช่วงเวลาอย่างน้อย 5 ปี แต่ไม่ควรเกิน 10 ปี ดังนั้นการศึกษานี้จึงเน้นการใช้ข้อมูลในอดีตในการพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงสำหรับประเทศไทย

การกำหนดเส้นฐานอ้างอิงเป็นการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยในช่วงเวลาอ้างอิง ซึ่งการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ และข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนในป่า สำหรับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้นั้น จากข้อมูลสถิติป่าไม้ของกรมป่าไม้ซึ่งได้มีการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ครั้งแรกด้วยภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1 : 50,000 พบว่ามีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 53.33 ของพื้นที่ประเทศ ต่อมา ในปี พ.ศ. 2516 ได้มีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม มาตราส่วน 1 : 250,000 ในการสำรวจป่าไม้ และได้ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน โดยมีพื้นที่ป่าไม้ เท่ากับร้อยละ 43.21 ในปี พ.ศ. 2516 และเหลือเพียงร้อยละ 25.14 ในปีพ.ศ. 2542 ต่อมาในปี พ.ศ. 2543 กรมป่าไม้ได้ปรับเปลี่ยนมาใช้แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมมาตราส่วน 1 : 50,000 พบว่าพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 33.15 แต่พื้นที่ป่าไม้ยังคงลดลงอย่างต่อเนื่องหลังจากนั้น จนเหลือพื้นที่ป่าไม้เพียงร้อยละ 30.92 ในปี พ.ศ. 2549 สำหรับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2543 เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงมาตราส่วนของภาพถ่ายดาวเทียมให้มีความละเอียดมากขึ้น ไม่ได้เกิดจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ สำหรับอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย มีอัตราสูงที่สุดในช่วงปี พ.ศ. 2521 เท่ากับร้อยละ 2.26 ต่อปี และต่ำที่สุดในปี พ.ศ. 2532 เท่ากับร้อยละ 0.08 ต่อปี ค่าเฉลี่ยของอัตราการลดลงของพื้นที่ป่า

ไม่ตลอดระยะเวลา 45 ปี ที่มีการรายงานพื้นที่ป่าไม้มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.68 ต่อปี จะเห็นได้ว่าอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้มีความผันแปรในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งมีผลต่อการกำหนดเส้นฐานอ้างอิง สำหรับการกำหนดเส้นฐานอ้างอิงในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้ค่าเฉลี่ยของอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในช่วงเวลาอ้างอิง โดยการกำหนดช่วงเวลาอ้างอิงเป็น 5 ปี และ 10 ปี ตามลำดับ ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยคิดเป็นร้อยละต่อปีในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้ช่วงละ 5 ปี และ 10 ปี ได้ผลเปรียบเทียบกับข้อมูลของ FAO ดังนี้

	อัตราการลดลงของพื้นที่ป่า (%/ปี) ในปี พ.ศ.				
	2533-2538	2538-2543	2543-2548	2533-2543	2538-2548
ข้อมูลสถิติกรมป่าไม้ (2550)	0.33	0.12	0.36	0.23	0.24
ข้อมูล FAO (2007)	-	-	0.40	0.70	-

สำหรับการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ นั้น IPCC ได้กำหนดให้ใช้ค่ามวลชีวภาพของต้นไม้ในพื้นที่คูณด้วยค่าคงที่ของคาร์บอนในมวลชีวภาพ ซึ่งข้อมูลมวลชีวภาพของป่าไม้ในประเทศไทยนั้น นักวิชาการป่าไม้ได้ทำการศึกษาและสร้างสมการในการประเมินผลผลิตผลมวลชีวภาพของป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทยไว้บ้างแล้วทั้งมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและใต้ดิน โดยมีมวลชีวภาพรวมเฉลี่ยของป่าทุกชนิดเท่ากับ 30.56 ตันต่อไร่ เมื่อรวมกับมวลชีวภาพของเศษซากพืชทำให้มวลชีวภาพรวมเฉลี่ยของป่าทุกชนิดเท่ากับ 31.39 ตันต่อไร่ คิดเป็นปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 15.35 ตันต่อไร่ สำหรับปริมาณคาร์บอนในดินของป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทยนั้น ก็ได้มีข้อมูลการศึกษาโดยส่วนมากเป็นการศึกษาการสะสมคาร์บอนในดินถึงที่ระดับความลึก 1 เมตร แต่ไม่มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดินจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ จึงยังไม่มี การนำมาคิดในการประเมินปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในการศึกษาครั้งนี้

เมื่อประเมินปริมาณการปล่อยคาร์บอนเนื่องจากการทำลายป่าไม้ของประเทศไทย พบว่า การใช้อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในช่วงปี พ.ศ. 2543-2548 (ค.ศ. 2000-2005) และการใช้ข้อมูลมวลชีวภาพโดยมีการจำแนกตามชนิดของป่า จะทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด เท่ากับ 85.35 ล้านตันต่อปี หากใช้ข้อมูลมวลชีวภาพเฉลี่ยของป่าทุกชนิดโดยไม่จำแนกชนิดป่า จะทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 64.98 ล้านตันต่อปี การกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิงที่สูง จะทำให้ประเทศไทยได้รับประโยชน์จากกลไก REDD มากขึ้น

จากการคาดการณ์อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ตามปัจจัยที่พบว่ามีความสัมพันธ์กับการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ อันได้แก่ จำนวนประชากร และการเติบโตทางเศรษฐกิจ (GDP) สามารถประเมินได้ว่าอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในอีก 10 ปี ข้างหน้าจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.22 ต่อปี หรือคิดเป็น พื้นที่ประมาณ 7 แสนไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 41.20 ล้านตันต่อปี คิดเป็นปริมาณ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงจากเส้นฐานอ้างอิงที่ประเมินเท่ากับ 25.29 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ หากกำหนดให้มูลค่าคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 10 เหรียญสหรัฐอเมริกา หรือ 300 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ประเทศไทยจะได้รับประโยชน์คิดเป็นเงิน 252 ล้านเหรียญสหรัฐอเมริกา หรือ 7.58 พันล้านบาท ในขณะที่การใช้ระดับการปล่อยอ้างอิงโดยใช้ค่าเฉลี่ยการลดลงของพื้นที่ป่าระหว่างปี พ.ศ. 2538-2543 (ค.ศ. 1995-2000) นั้น ประเทศไทยจะไม่ได้ประโยชน์จาก REDD เนื่องจากการคาดการณ์อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าที่จะเกิดขึ้นในอีก 10 ปีข้างหน้ามีค่าสูงกว่าระดับการปล่อยอ้างอิงดังรายละเอียดในตาราง

ช่วงเวลาอ้างอิง	พื้นที่ป่าที่ลดได้ (ไร่/ปี)	เครดิตที่ได้ (ตัน CO ₂ /ปี)	คิดเป็นเงิน (ล้านUS\$)	คิดเป็นเงิน (ล้านบาท)
พ.ศ. 2533-2538	356,541.85	20,080,436.85	200.80	6,024.13
พ.ศ. 2538-2543	-320,696.89	-18,061,648.70	-	-
พ.ศ. 2543-2548	448,975.64	25,286,308.19	252.86	7,585.89
พ.ศ. 2533-2543	32,609.69	1,806,164.87	18.06	541.85
พ.ศ. 2538-2548	64,139.38	3,612,329.74	36.12	1,083.70

การพัฒนาเทคนิควิธีการในระดับโครงการ

สำหรับเทคนิควิธีการในการวัดและติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่า นั้น ได้มีข้อตกลงในเบื้องต้นโดยนักวิชาการทั่วโลกให้ใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกล ควบคู่กับการสำรวจภาคสนาม ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้คัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อทดสอบเทคนิควิธีการที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย โดยคัดเลือกพื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ซึ่งครอบคลุมท้องที่อำเภอแม่แจ่ม และอำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอแม่สะเรียง และอำเภอแม่ออน จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีพื้นที่รวมประมาณ 1.2 ล้านไร่ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 400 – 2,500 เมตร เนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้มีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย และมีการเปลี่ยนแปลงที่ดินที่ชัดเจน

ทำการติดตามการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ 20 ปี ย้อนหลังนับจากปี พ.ศ. 2532 โดยให้มีช่วงห่างกันช่วงละ 5 ปี คือ ปี พ.ศ. 2532, 2537, 2542, 2547 และ 2552 โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM ทำการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละช่วงเวลา ด้วยวิธีการ Change Detection และทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วย Time Series Analysis ตามวิธีการของ Markov Chain Model

วางแผนสำรวจภาคสนาม ขนาด 90 x 90 เมตร จำนวน 10 แปลง กระจายไปตามชนิดป่า และความหนาแน่นของการปกคลุมเรือนยอด ในแต่ละแปลงแบ่งออกเป็นแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร เก็บข้อมูล

ขนาดความสูงและความโตของต้นไม้ทุกต้นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 4.5 เซนติเมตร ถ่ายรูปการปกคลุมเรือนยอด และเก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการวิเคราะห์คาร์บอน จำนวนหามวลชีวภาพของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างด้วยสมการ allometry ที่ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้แล้ว แล้วประเมินหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากดาวเทียมและข้อมูลจากภาคสนาม เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณคาร์บอนทั่วทั้งพื้นที่

จากการจำแนกการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างซึ่งเป็นที่พื้นที่ศึกษา สามารถจำแนกการใช้ที่ดินออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ (แยกย่อยได้เป็น ป่าดิบเขา ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง สวนป่าสัก และสวนป่าสน) พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ทุ่งหญ้า และพื้นที่แหล่งน้ำ โดยมีสัดส่วนของพื้นที่ป่าไม้มากที่สุดเท่ากับร้อยละ 89.99 ในปี พ.ศ. 2532 และลดลงเหลือร้อยละ 80.39 ในปี พ.ศ. 2552 โดยมีสัดส่วนของพื้นที่ป่าไม้ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 76.4

อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้ช่วงละ 5 ปี และ 10 ปี พบว่ามีอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้สูงที่สุดระหว่างปี พ.ศ. 2532-2537 เท่ากับร้อยละ 0.92 ต่อปี และต่ำที่สุดระหว่างปี พ.ศ. 2542-2547 เท่ากับร้อยละ 0.08 ต่อปี โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ระหว่างปี พ.ศ. 2532-2552 เท่ากับร้อยละ 0.48 ต่อปี ดังแสดงในตาราง

อัตราการลดลง ของพื้นที่ป่าไม้	ปี พ.ศ.					
	2532-2537	2537-2542	2542-2547	2547-2552	2532-2537	2537-2542
ไร่/ปี	11,079.47	4,242.10	937.71	6,938.04	2,899.29	2,585.74
ร้อยละ/ปี	0.92	0.35	0.08	0.57	0.63	0.21

เมื่อวิเคราะห์แนวโน้มการลดลงของพื้นที่ป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างในอนาคตด้วยการใช้แบบจำลอง Markov Chain โดยใช้ข้อมูลในอดีตเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ พบว่าอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าในอีก 10 ปี ข้างหน้า (พ.ศ. 2552-2562) เท่ากับร้อยละ 0.84 ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าระดับประเทศในระหว่างปี พ.ศ. 2543-2548 (ร้อยละ 0.36) แสดงว่าพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างจะไม่มีส่วนช่วยในการสร้างคาร์บอนเครดิตจากกลไก REDD หากไม่มีมาตรการอื่นๆ เข้าเสริม

สำหรับการวิเคราะห์หาดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณจากข้อมูลดาวเทียม เพื่อหาความสัมพันธ์กับดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณจากข้อมูลภาคสนาม พบว่า ดัชนีความหนาแน่นเรือนยอด (Forest Canopy Density) ที่คำนวณจากโปรแกรม FCD Mapper ซึ่งจัดทำโดย Japan Overseas Forestry Consultants Association (JOFCA) ให้ค่าความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในภาคสนามมากที่สุด โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.719 และ 0.897 ตามลำดับ และสามารถประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างได้เท่ากับ 23.49 และ 11.04 ล้านตัน หรือเท่ากับ 24.45 และ 11.51 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างมีค่าต่ำกว่า

ค่าเฉลี่ยของประเทศ แสดงว่าพื้นที่ป่าไม้บริเวณนี้อยู่ในสภาพเสื่อมโทรม และยังมีศักยภาพที่จะฟื้นฟูให้มีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้นได้

ประเด็นที่ควรได้รับการพิจารณาในการดำเนินการเกี่ยวกับ REDD สำหรับประเทศไทยคือ นิยามป่าไม้ เนื่องจากนิยามป่าไม้ที่กรมป่าไม้ใช้ในการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมในอดีตที่ผ่านมา และนิยามป่าไม้ที่ประเทศไทยส่งให้ UNFCCC นั้นไม่สอดคล้องกัน ดังนี้

1. กรมป่าไม้ได้กำหนดให้พื้นที่ที่จำแนกว่าเป็นป่าไม้เมื่อมีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่า 31.25 ไร่ ในขณะที่นิยามป่าไม้ตาม UNFCCC ของประเทศไทยกำหนดให้ป่าไม้มีขนาดพื้นที่ 1 ไร่ ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมที่จะสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ได้คือ ภาพต้องมีขนาดอย่างน้อย 3 x 3 จตุภาค หรือมีขนาด 90 x 90 เมตร หรือควรมีขนาดอย่างน้อย 5 ไร่ (0.81 เฮกเตอร์) จึงจะมองเห็นได้ด้วยภาพถ่ายดาวเทียมขนาดความละเอียดปกติ การกำหนดขนาดพื้นที่ 1 ไร่ ตามนิยามป่าไม้ของประเทศไทยจะไม่สามารถตรวจสอบจากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT

2. กรมป่าไม้กำหนดให้ป่าไม้มีการปกคลุมของเรือนยอดมากกว่าร้อยละ 10 ในขณะที่นิยามป่าไม้ของประเทศไทยตาม UNFCCC กำหนดให้ป่าไม้มีการปกคลุมของเรือนยอดไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ป่าเต็งรังธรรมชาติในหลายๆ แปลงย่อย มีการปกคลุมเรือนยอดน้อยกว่าร้อยละ 30 ซึ่งการกำหนดการปกคลุมเรือนยอดที่ร้อยละ 30 อาจทำให้พื้นที่ป่าอนุรักษ์บางพื้นที่ไม่ถูกนับว่าเป็นพื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าเต็งรัง

รหัสโครงการ RDG5230016

ชื่อโครงการ การพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงสำหรับประเทศไทยตามกลไก Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries (REDD)

ชื่อนักวิจัย ลดาวัลย์ พวงจิตร¹, เชาวลิต ศิลปทอง², กัมปนาท ดีอุดมจันทร์², อมรชัย ประกอบยา², ยุทธภูมิ โพธิราช² และ กฤษกร อัยนรินทร์กุล²

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ²สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ

e-mail address fforlwp@ku.ac.th

ระยะเวลาโครงการ มิถุนายน 2552 – ตุลาคม 2553

การศึกษาการพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงสำหรับประเทศไทยตามกลไก REDD มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเจรจาเรื่อง REDD และเพื่อพัฒนาเทคนิควิธีการในการติดตามตรวจสอบ การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงในระดับประเทศ และการพัฒนาด้านเทคนิควิธีการในระดับพื้นที่

การศึกษาการพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงในระดับประเทศ เป็นการใช้อ้างอิงในอดีต โดยข้อมูลทุติยภูมิที่สำคัญคือ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในอดีต และข้อมูลปริมาณคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ ผลการวิเคราะห์พบว่า การใช้ช่วงเวลาอ้างอิงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2548 เพื่อกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิง จะเป็นช่วงเวลาที่ทำให้ประเทศไทยได้รับประโยชน์จากกลไก REDD มากที่สุด คือ มีการลดลงของพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 0.36 ต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 85.35 ล้านตัน หากประเทศไทยสามารถลดอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ลงเหลือร้อยละ 0.22 ต่อปี ตามการคาดการณ์จากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการเติบโตทางเศรษฐกิจ ประเทศไทยจะได้รับประโยชน์จากการดำเนินการตามกลไก REDD คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 25 ล้านตันต่อปี

การศึกษาด้านเทคนิควิธีการในระดับพื้นที่ ดำเนินการด้วยการใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลควบคู่กับการสำรวจภาคสนาม โดยดำเนินการบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง จากการใช้ข้อมูลจากดาวเทียมย้อนหลัง 20 ปี โดยมีช่วงห่างช่วงละ 5 ปี คือ พ.ศ. 2552, 2547, 2542, 2537 และ 2532 ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (change detection) ในแต่ละช่วงเวลา คาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต และประเมินการกักเก็บคาร์บอนด้วยดัชนีที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม ผลการศึกษาพบว่า บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างมีการเปลี่ยนจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมโดยมีอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าเฉลี่ยร้อยละ 0.48 ต่อปี และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.84 ต่อปีในอนาคต (พ.ศ. 2552-2562) ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ ทำให้พื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่ที่จะไม่ก่อประโยชน์ในแง่ของการดำเนินกลไก REDD ในสถานการณ์ปัจจุบัน

สำหรับค่าดัชนีข้อมูลจากดาวเทียมที่สามารถใช้ประเมินปริมาณคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้คือ ค่าความหนาแน่นการปกคลุมเรือนยอด (FCD) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.897 ปริมาณคาร์บอนที่ประเมินได้ทั้งจากภาคสนามและจากข้อมูลดาวเทียมแสดงให้เห็นว่าป่าไม้ในบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างไม่สมบูรณ์เท่ากับพื้นที่ป่าอื่นๆ เนื่องจากมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนค่อนข้างต่ำ

คำหลัก : เส้นฐานอ้างอิง REDD ประเทศไทย

Project Code RDG5230016

Project Title Development of Reference Baseline for Thailand under REDD Mechanism

Investigators Ladawan Puangchit¹, Chaowalit Silapathong², Kampanat Deedomchan², Amornchai Prakobya², Yoothapoom Potiracha² and Kridsakorn Auynirundronkool²

¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, ²Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)

E-mail Address fforlwp@ku.ac.th

Project Duration June 2009 – October 2010

The development of a reference baseline under the REDD mechanism was carried out to investigate the best alternatives for a baseline suited to Thailand's circumstances. Monitoring techniques were developed. The results can be used as guidelines in REDD negotiations. The study was divided into 2 sections.

The first section involved the development of a national REDD baseline or reference emission level (REL). The historical data were used for the baseline development. The secondary data used for the analysis included forest area change and information on the carbon stock in forests. All information was obtained from statistics and research articles. The analysis showed that the development of a reference emission level using the reference period 2000-2005 was the most beneficial for Thailand under the REDD mechanism. The deforestation rate in this reference period was 0.36% per year which accounted for the emission of 85.35 million tonnes of CO₂. If the deforestation rate in Thailand can be reduced to 0.22% per year (as was predicted from population and economic growth estimates), there would be a national benefit from REDD implementation equivalent to 25 million tonnes of CO₂ annually.

The second part of the study dealt with the development of a technique for monitoring carbon changes in forest areas under the REDD mechanism. The study was carried out in the lower Mae Chaem sub-watershed using remote sensing techniques and ground survey. Land use and land cover of the study area were classified using satellite imagery data backward in the years 2009, 2004, 1999, 1994 and 1989. Land use changes were identified every five years, using a change detection method. Future prediction of land use changes were analyzed by a Markov chain model and estimations of the carbon stock in the study area were carried out using satellite information. The results showed that changes of land use in the lower Mae Chaem sub-watershed were mainly due to changes from forest area into agricultural land. The average decreasing rate of forest area was 0.48% per year and was predicted to increase to 0.84% per year (2009-2019), which was higher than the national average rate of 0.36% per year. Therefore, the lower Mae Chaem sub-watershed area may not provide any benefit based on REDD if it is implemented in Thailand.

The index based on satellite imagery which provided the best estimation of forest carbon stock was forest canopy density (FCD), with a coefficient of determination of 0.897. The estimations of carbon stock from both ground survey and satellite imagery showed that carbon stock of forest in the lower Mae Chaem sub-watershed were rather low which indicated that the forest was degraded.

Keywords : Reference Baseline, REL, REDD, Thailand

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัย ภายใต้ชุดโครงการ การพัฒนาความรู้และยุทธศาสตร์ความตกลงพหุภาคีด้านสิ่งแวดล้อมและยุทธศาสตร์ลดโลกร้อน

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยการสนับสนุนด้านข้อมูล และข้อเสนอแนะจากหน่วยงานและบุคลากรที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบคุณ ผอ. สุปราณี จงดีไพศาล ผู้อำนวยการฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ และคุณบัณฑิต เศรษฐศิริโรตม์ ผู้ประสานงานชุดโครงการฯ ที่ให้การสนับสนุนและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งการจัดเวทีสาธารณะที่เผยแพร่ความรู้และรับฟังความคิดเห็นจากสาธารณะ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงงานวิจัย ขอขอบคุณ ดร. โกวิท ฉายสุริยศรี และ ดร. สุธิตรา จางตระกูล ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้ข้อเสนอแนะ และเป็นกำลังใจในการดำเนินการวิจัย คุณประเสริฐ เนตรประจิตร องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และคุณศิริ อัคระอัคร กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ที่สนับสนุนข้อมูล คุณวสันต์ จันทร์แดง คุณละอองดาว เถาว์พิมาย และคุณวรารักษ์ อุ้นบ้าน ผู้ช่วยนักวิจัยที่ช่วยสืบค้นและคิดคำนวณข้อมูล

ขอขอบคุณบุคลากรจากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรมป่าไม้ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ RECOFTC และคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เสียสละเวลาในการร่วมประชุมระดมความคิด และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์กับผู้วิจัย

คณะผู้วิจัย

ตุลาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	(1)
บทคัดย่อ	(7)
ABSTRACT	(8)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(15)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
รูปแบบของเส้นฐานอ้างอิง	3
ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในป่าชนิดต่างๆ ของประเทศไทย	5
วิธีการติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ด้วยการสำรวจจากระยะไกล	10
การใช้ระบบสำรวจโลกเพื่อติดตามสถานการณ์คาร์บอนภาคป่าไม้	14
วิธีการศึกษา	17
การพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงระดับประเทศ	17
การพัฒนาด้านเทคนิควิธีการในระดับโครงการ	17
การจัดประชุมรับฟังความคิดเห็นและจัดทำรายงาน	24
ผลการศึกษา	25
การพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงระดับประเทศ	25
การพัฒนาด้านเทคนิควิธีการในระดับโครงการ	39
สรุปผลการศึกษา	85
การพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงระดับประเทศ	85
การพัฒนาด้านเทคนิควิธีการในระดับโครงการ	86
เอกสารอ้างอิง	88
ภาคผนวก	91

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของมวลชีวภาพของป่าในประเทศไทย	6
2	การกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าประเภทต่างๆ ในประเทศไทย	9
3	ระบบภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงแสงสำหรับการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่า	12
4	วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมรายละเอียดปานกลาง เพื่อการจำแนกและติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้	15
5	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2504-2549	26
6	แสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยในช่วงเวลา 5 ปี และ 10 ปีระหว่างปี พ.ศ. 2533-2548	27
7	ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินของป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทย เปรียบเทียบกับค่ากลาง (default) ที่กำหนดโดย IPCC (2006)	28
8	มวลชีวภาพของเศษซากพืชสดในรูปของเชื้อเพลิง (fuel load) ของป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทย	29
9	ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทย เปรียบเทียบกับค่ากลาง (default) ที่กำหนดโดย IPCC (2006)	31
10	มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนรวมของป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทย	32
11	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีวิเคราะห์ตามอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในช่วงเวลา 5 ปี และ 10 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2533-2548	34
12	เปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนเครดิตที่ประเทศไทยจะได้รับจากกลไก REDD ภายใต้ช่วงเวลาอ้างอิงต่างๆ	38
13	รายละเอียดข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM ที่ใช้ในการศึกษาการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	39
14	แสดงขนาดพื้นที่ของประเภทการใช้ที่ดินที่ได้จากการแปลตีความข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5- TM ของข้อมูลเมื่อปี พ.ศ. 2532, 2537, 2542, 2547 และ 2552 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	40
15	การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2532 - 2552 โดยแบ่งออกเป็นช่วงระยะห่างช่วงละ 5 ปี	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
16 แสดงพื้นที่ (ไร่) และอัตรา (%) ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2532 – 2552 วิเคราะห์โดยใช้ช่วงระยะห่าง 5 ปี	49
17 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2532 – 2537 ผลจากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม 2 ช่วงเวลา	53
18 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2537 – 2542 ผลจากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม 2 ช่วงเวลา	55
19 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2547 ผลจากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม 2 ช่วงเวลา	55
20 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2547 – 2552 ผลจากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม 2 ช่วงเวลา	59
21 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2532 - 2552 โดยแบ่งออกเป็นช่วงระยะห่างช่วงละ 10 ปี	60
22 แสดงพื้นที่ (ไร่) และอัตรา (%) ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2532 – 2552 วิเคราะห์โดยใช้ช่วงระยะห่าง 10 ปี	61
23 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2532 – 2542 ผลจากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม 2 ช่วงเวลา	63
24 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2552 ผลจากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม 2 ช่วงเวลา	65
25 ข้อมูลพื้นที่ตามประเภทการใช้ที่ดินที่จำแนกบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ที่ได้จากการวิเคราะห์ตามแบบจำลอง Markov Cellular Automata	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง Markov Chain กับข้อมูลที่ได้จากการจำแนกพื้นที่ด้วยข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5-TM บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	72
27	อัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง Markov Chain บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	73
28	ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของเรือนยอด ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพรวม และคาร์บอนในดิน ของแปลงตัวอย่าง บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	76
29	การประเมินปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของป่าไม้ในบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างในปี พ.ศ. 2552	77
30	เปรียบเทียบมวลชีวภาพที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม และการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม ในแปลงสำรวจ 10 แปลง บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	81
31	ผลการวิเคราะห์มวลชีวภาพและปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ซึ่งคำนวณด้วยข้อมูลจากดาวเทียม	82
32	การประเมินปริมาณการปล่อยคาร์บอนเนื่องจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	84
ตารางผนวกที่		
1	ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2542	93
2	ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2542 (ตร.กม.)	94
3	ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547	95
4	ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547 (ตร.กม.)	96
5	ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552	97
6	ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 (ตร.กม.)	98
7	ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557	99
8	ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 (ตร.กม.)	100
9	ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2562	101
10	ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2562 (ตร.กม.)	102
11	ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2567	103

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
12	ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2567 (ตร.กม.)	104
13	ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ	105
14	กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์	107

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง แบบ systematic sampling (ซ้าย) และแบบ stratified sampling (ขวา)	13
2	แสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ครอบคลุมพื้นที่จังหวัด เชียงใหม่และจังหวัดแม่ฮ่องสอน	18
3	การวางแผนตัวอย่างขนาด 90 x 90 เมตร เพื่อวัดขนาดของต้นไม้ และ ตำแหน่งการวางกล้องเพื่อบันทึกภาพเรือนยอดในแต่ละแปลงย่อย ขนาด 10 x 10 เมตร เพื่อคำนวณค่าการปกคลุมเรือนยอด และดัชนีพื้นที่ใบของต้นไม้ใน แปลง	21
4	ปริมาณการปล่อยคาร์บอนสะสมจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย เมื่อวิเคราะห์จากข้อมูลมวลชีวภาพที่แตกต่างกัน	33
5	สมการการถดถอยเชิงเส้นระหว่างพื้นที่ป่าไม้ จำนวนประชากร ผลิตภัณฑ์มวล รวมภายในประเทศ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคการเกษตร และผลิตภัณฑ์มวลรวม ภาคป่าไม้	36
6	การประเมินการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ถึงปี พ.ศ. 2563 จากปัจจัยที่มี ความสัมพันธ์กับการทำลายป่า	36
7	แสดงความแตกต่างระหว่างระดับการปล่อยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยอัตราการลดลง ของพื้นที่ป่าระหว่างปี พ.ศ. 2543-2548 และระดับการปล่อยจากการคาดการณ์ การลดลงของพื้นที่ป่าในอนาคตของประเทศไทย หรือเครดิตที่ประเทศไทยจะ ได้รับจาก REDD	38
8	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2532 บริเวณพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตอนล่าง	41
9	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2537 บริเวณพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตอนล่าง	42
10	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2542 บริเวณพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตอนล่าง	43
11	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547 บริเวณพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตอนล่าง	44
12	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 บริเวณพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตอนล่าง	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
13 แสดงการรวมกลุ่มประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเพื่อ ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	46
14 แผนภูมิแสดงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน 4 ประเภท ในปี พ.ศ. 2532, 2537, 2542, 2547 และ 2552	47
15 แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 - 2552 ช่วงระยะห่าง 5 ปี บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	50
16 แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2532 และ พ.ศ. 2537 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	52
17 แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2537 และ พ.ศ. 2542 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	54
18 แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2547 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	56
19 แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2552 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	59
20 แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 - 2552 ช่วงระยะห่าง 10 ปี บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	62
21 แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2532 และ พ.ศ. 2542 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	64
22 แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2552 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	67
23 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินใน การศึกษาครั้งนี้	67
24 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2542 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata	69
25 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata	69
26 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata	70
28	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2562 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata	71
29	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2567 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata	71
30	ความสัมพันธ์ระหว่างการปกคลุมเรือนยอดกับดัชนีพื้นที่ใบ การปกคลุมเรือนยอดกับมวลชีวภาพรวม ดัชนีพื้นที่ใบกับมวลชีวภาพรวม และมวลชีวภาพรวมกับคาร์บอนในดิน ที่วิเคราะห์จากแปลงสำรวจภาคสนาม บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	77
31	แผนที่เปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดไม้ คำนวณด้วยโปรแกรม FCD Mapper	78
32	ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพรวมของป่าไม้ (ต้น/ไร่) ในแปลงสำรวจภาคสนาม กับช่วงชั้นการปกคลุมของเรือนยอด (FCD Class) ที่คำนวณจากข้อมูลดาวเทียม	79
33	ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนในดิน (ต้น/ไร่) และการกักเก็บคาร์บอนรวมในแปลงสำรวจภาคสนาม กับช่วงชั้นการปกคลุมของเรือนยอด (FCD Class) ที่คำนวณจากข้อมูลดาวเทียม	80
34	แผนที่มวลชีวภาพ ที่คำนวณจากข้อมูลจากดาวเทียม ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	83
35	แผนที่ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่คำนวณจากข้อมูลจากดาวเทียม ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง	83
ภาพผนวกที่		
1	การเตรียมอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม	108
2	ภาพวางแผนแปลงตัวอย่าง ขนาดแปลงตัวอย่าง 90 x 90 เมตร	108
3	ภาพเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 15 และ 30 เซนติเมตร	108
4	ภาพการวัดเส้นรอบวงของต้นไม้ และการเก็บข้อมูลภาพถ่ายเรือนยอดไม้ด้วยกล้องดิจิตอล และเลนส์ตาปลา	109

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
5 แปลงตัวอย่างที่ 1 ป่าเต็งรัง ค่าพิกัดมุมแปลงที่ความสูงของพื้นที่โดยประมาณ 450 เมตรจากระดับน้ำทะเล	109
6 แปลงตัวอย่างที่ 2 ป่าเต็งรัง ค่าพิกัดมุมแปลงที่ความสูงของพื้นที่โดยประมาณ 670 เมตรจากระดับน้ำทะเล	109
7 แปลงตัวอย่างที่ 3 ป่าสนผสมก่อ ค่าพิกัดมุมแปลงที่ความสูงของพื้นที่โดยประมาณ 1,260 เมตรจากระดับน้ำทะเล	110
8 แปลงตัวอย่างที่ 4 ป่าเต็งรังผสมสน ค่าพิกัดมุมแปลงที่ความสูงของพื้นที่โดยประมาณ 820 เมตรจากระดับน้ำทะเล	110
9 ภาพถ่ายเรือนยอดของแปลงตัวอย่างที่ 10 ป่าเบญจพรรณ	110
10 การจัดประชุมเพื่อนำเสนอผลการวิจัยและรับฟังความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้สนใจทั่วไป เมื่อวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ณ ห้องประชุม FORTROP คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	111

การพัฒนาพื้นฐานอ้างอิงสำหรับประเทศไทยตามกลไก Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries (REDD)

คำนำ

REDD หรือ Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation หมายถึงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่า ซึ่งได้ถูกนำเสนอเข้ามาสู่เวทีการประชุมสมัชชาวิญญูชาติอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (COP) โดยประเทศออสเตรเลียและประเทศปาปัวนิวกินี เป็นครั้งแรกในการประชุม COP 11 ที่เมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดา เมื่อปี พ.ศ. 2548 และได้มีการเจรจามาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน REDD เป็นการใช้นโยบายที่ประเทศที่พัฒนาแล้วจะจ่ายเงินให้กับประเทศกำลังพัฒนาที่สามารถจัดทำแนวทางในการลดการทำลายป่าและการทำให้ป่าเสื่อมโทรม ซึ่งต่อมาได้มีการขยายกิจกรรมโดยรวมถึงการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน รวมทั้งการเพิ่มพูนคาร์บอนสต็อกในพื้นที่ป่า และเรียกรวมว่า REDD-Plus หรือ REDD+ ซึ่งเป็นมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกที่กำลังได้รับการส่งเสริมจากนานาประเทศเพื่อต่อสู้กับภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในการดำเนินการตามกลไก REDD นั้น จำเป็นต้องมีการตรวจสอบถึงปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นผลมาจากการลดการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าของประเทศสมาชิก ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีข้อมูลที่เป็นฐานในการเปรียบเทียบ ฐานอ้างอิง (reference baseline) หรือระดับการปล่อยอ้างอิง (reference emission level) จึงเป็นค่าที่ใช้บอกถึงการดำเนินการภายใต้สภาพการณ์ตามปกติ (business as usual) เมื่อไม่มีมาตรการเสริมใดๆ การกำหนดฐานอ้างอิงเพื่อดำเนินการภายใต้ REDD เป็นประเด็นสำคัญประเด็นหนึ่งที่ยังมีการเจรจา และยังไม่สามารถตกลงกันได้ เนื่องจากฐานอ้างอิงนี้จะเกี่ยวข้องกับการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะลดได้ภายใต้กลไก REDD จึงอาจก่อให้เกิดการโต้แย้งหรือเสียเปรียบระหว่างประเทศ การกำหนดฐานอ้างอิงที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ไม่มีประเทศใดสนใจเข้าร่วมโครงการ หรืออาจทำให้การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เป็นจริง ทั้งนี้ได้มีการเสนอแนวคิดในการพัฒนาฐานอ้างอิงในหลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้ข้อมูลอัตราการทำลายป่าในอดีต การใช้ค่าเฉลี่ยรวมของโลก และการคาดการณ์อัตราการทำลายป่าในอนาคต เป็นต้น

ประเทศไทยได้แสดงท่าทีสนับสนุนการดำเนินการตามกลไก REDD เนื่องจากเป็นกลไกที่มีเป้าหมายในการดูแลรักษาป่า ตามนโยบายการป่าไม้แห่งชาติ รวมทั้งได้แสดงท่าทีสนับสนุนการกำหนดฐานอ้างอิงจากข้อมูลอัตราการทำลายป่าในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งเป็นท่าทีที่แสดงร่วมกับประเทศในกลุ่ม Rain Forest (UNFCCC, 2008) อย่างไรก็ตาม การกำหนดท่าทีดังกล่าวยังไม่มีความชัดเจนทางวิชาการสนับสนุนว่าเป็นแนวทางที่จะก่อประโยชน์สูงสุดให้กับประเทศไทย จึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิง

วิชาการสนับสนุนในการเจรจา แม้ว่าในการเจรจาอาจจะไม่ได้รูปแบบที่ประเทศไทยได้ประโยชน์มากที่สุด แต่ก็จะมีข้อมูลเชิงวิชาการสนับสนุนในการยอมรับรูปแบบที่ประเทศไทยจะไม่เสียผลประโยชน์ในเวทีการเจรจา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงตามกลไก REDD ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเจรจาเรื่อง REDD เพื่อให้ประเทศไทยได้รับประโยชน์มากที่สุด
2. เพื่อพัฒนาแนวทางในการประเมินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าในระดับโครงการ

การตรวจเอกสาร

1. รูปแบบของเส้นฐานอ้างอิง

เส้นฐานอ้างอิงหมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลาที่กำหนดก่อนที่จะเริ่มมีการดำเนินการกลไก REDD เพื่อใช้เป็นฐานในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ เส้นฐานอ้างอิงมีชื่อเรียกต่างๆ กัน เช่น baseline, reference baseline, reference level และ reference emission level เป็นต้น ซึ่งต่อมา ได้มีข้อเสนอให้พิจารณาใช้คำที่เหมาะสมเพียงคำเดียว เพื่อไม่ให้เกิดความสับสน และได้ตกลงให้ใช้คำว่า reference emission level หรือระดับการปล่อยอ้างอิง สำหรับกลไก REDD และคำว่า reference level สำหรับกลไก REDD+ ส่วนคำว่า baseline นั้น ให้ใช้กับกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM)

จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงสำหรับกลไก REDD นั้น นักวิชาการส่วนใหญ่เสนอแนะว่าควรใช้วิธีการที่เรียบง่ายที่สุดเพื่อให้สามารถติดตามและตรวจสอบได้ เนื่องจากประเทศกำลังพัฒนาส่วนมากขาดข้อมูลพื้นฐาน หากการกำหนดเส้นฐานอ้างอิงอยู่ในรูปแบบที่ต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานจำนวนมาก อาจไม่สามารถดำเนินการได้ ซึ่งประเทศไทยก็อยู่ในสถานภาพดังกล่าวเช่นกัน สำหรับรูปแบบการกำหนดเส้นฐานอ้างอิงที่ไม่ซับซ้อนมากนัก มีทั้งหมด 7 รูปแบบ ได้แก่

1) **Simple Historical Approach** เป็นวิธีการที่เสนอโดยประเทศบราซิลในปี พ.ศ. 2549 เป็นการกำหนดเส้นฐานอ้างอิงโดยใช้อัตราการทำลายป่าในอดีต โดยกำหนดจากค่าเฉลี่ยของอัตราการทำลายป่าย้อนหลัง 10 ปี วิธีการนี้จัดว่าเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุด

2) **Compensated Reduction Approach** เป็นวิธีการที่นำเสนอในการประชุม COP 11 โดยประเทศคอซอวอและปาปัวนิวกินีในนามของกลุ่มประเทศป่าฝน (Coalition for Rainforest Nations, 2005) แต่ได้มีการตั้งชื่อว่า Compensated Reduction ในปี พ.ศ. 2550 เป็นการกำหนดเส้นฐานอ้างอิงที่สัมพันธ์กับอัตราการทำลายป่าในอดีต โดยการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนตามวิธีการของ IPCC ตามช่วงเวลาที่เปลี่ยนไปซึ่งไม่ควรน้อยกว่า 5 ปี เส้นฐานอ้างอิงนี้ควรมีการปรับค่าลงเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง สำหรับประเทศที่มีอัตราการทำลายป่าในอดีตเฉลี่ยน้อยกว่า 0.1% ต่อปี ให้ใช้ค่าเฉลี่ยในอดีต 10 ปี บวกอีก 10 % เป็นเส้นฐานอ้างอิง

3) **Joint Research Center (JRC) Approach** เป็นวิธีการที่พัฒนาโดย Mollicone *et al.* (2007) โดยจำแนกการกำหนดเส้นฐานอ้างอิงออกเป็น 2 กรณีคือ หากอัตราการทำลายป่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของค่าเฉลี่ยของโลก การกำหนดเส้นฐานอ้างอิงจะใช้อัตราการทำลายป่าในอดีตไม่น้อยกว่า 5 ปี หากอัตราการทำลายป่าน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของค่าเฉลี่ยของโลก เส้นฐานอ้างอิงจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าเฉลี่ยของโลก ในแง่ความเสื่อมโทรมของป่า JRC ได้แบ่งป่าออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ป่าปฐมภูมิ (intact forest) หมายถึงป่าที่

ไม่เคยถูกรบกวนโดยมนุษย์ ป่าเสื่อมโทรม (non-intact forest) หมายถึงป่าที่ถูกรบกวนโดยมนุษย์จนทำให้สภาพเสื่อมโทรมลง และป่าถูกทำลาย (non-forest) หมายถึงพื้นที่ที่ไม่มีสภาพความเป็นป่าเหลืออยู่ สำหรับอัตราการทำลายป่าเฉลี่ยของโลกระหว่างปี พ.ศ. 2533-2543 ตามรายงานของ FAO (2007) มีค่าเท่ากับ 0.58

4) **Terrestrial Carbon Group Approach** เป็นวิธีการที่นำเสนอโดย Terrestrial Carbon Group ในปี พ.ศ. 2551 (Terrestrial Carbon Group, 2008) โดยให้ความสำคัญต่อปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากป่าไม้ในอิติต (Eh) โดยจะแบ่งป่าไม้ออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือกลุ่มที่ป้องกันไว้เพื่อการอนุรักษ์ ไม่มีความเสี่ยงต่อการถูกทำลายป่า เรียกว่า “protected terrestrial carbon” (1-y) พื้นที่ส่วนที่เหลือคือพื้นที่ที่สามารถสร้างคาร์บอนเครดิตได้ เรียกว่า “tradable terrestrial carbon”(y) ปริมาณคาร์บอนที่ซื้อขายได้รายปีกำหนดไว้ที่ 1/50 (C_{trade}) ของปริมาณคาร์บอนที่ซื้อขายได้ทั้งหมด (C_{total}) หรือเท่ากับอัตราการปล่อย 2% ต่อปี สำหรับจำนวนปีที่กำหนดให้ปริมาณคาร์บอนสามารถซื้อขายได้ (T) อาจปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์ของแต่ละประเทศ และเพื่อให้เกิดความถาวร เมื่อมีการขายคาร์บอนเครดิตไปแล้ว ที่ดินนั้นๆ จะต้องเปลี่ยนจากประเภทที่ซื้อขายเครดิตได้ เป็นประเภทการอนุรักษ์

5) **Corridor Approach** เป็นวิธีการที่มีการเสนอต่อ SBSTA ในปี พ.ศ. 2549 โดยเป็นการเสนอร่วมกันระหว่าง Joanneum Research, Union of Concerned Scientists, Woods Hole Research Center และ The Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazonia (Griscom, 2009) เป็นการกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิง โดยให้ความสำคัญต่อความผันแปรระหว่างปี จึงมีการกำหนดเป็นช่วงสูงสุดและต่ำสุดจากข้อมูลระดับการปล่อยในอิติต ในกรณีที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าค่าต่ำสุดของระดับการปล่อยอ้างอิง จะถือว่าได้เครดิต ในกรณีที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าระดับสูงสุดของการปล่อยอ้างอิง ส่วนที่เกินมานั้นจะถูกบันทึกเป็นหนี้เพื่อหักลบกับค่าที่เกิดขึ้นในปีต่อไป และในกรณีที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ปริมาณคาร์บอนจะถูกเก็บสะสมไว้ แต่ไม่สามารถซื้อขายได้จนกว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะมีค่าต่ำกว่าค่าต่ำสุดของระดับอ้างอิง

6) **Combined Incentives** เป็นวิธีการที่นำเสนอโดย Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (Strassburg *et al.*, 2008) เป็นการกำหนดเส้นฐานอ้างอิงจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอิติตโดยมีการคำนวณเพื่อปรับค่ากับเส้นฐานอ้างอิงของโลก แล้วคำนวณหาค่าเครดิตรายปีจากสูตรต่อไปนี้

$$C_a = ((E_n * \alpha) + (E_g * (1 - \alpha))) - E_a$$

เมื่อ C_a = เครดิตรายปีที่ได้

E_n = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ

E_g = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก

E_a = การปล่อยรายปีที่แท้จริง

Alpha = ค่าคงที่ ซึ่งค่าดังกล่าวอาจมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป แต่ในเบื้องต้นผู้เสนอได้แนะนำให้ใช้ค่าคงที่เท่ากับ 0.9 หมายความว่า การปลดปล่อยรายประเทศคิดเป็น 90% ของเครดิต ในขณะที่ค่าของโลกเท่ากับ 10%

หากค่า C_a ที่คำนวณได้มีค่าติดลบ แสดงว่าไม่ได้เครดิต

7) **The Stock-Flow Approach** เป็นวิธีการที่นำเสนอโดย The Woods Hole Research Center (WHRC) และ The Amazon Institute for Environmental Research (IPAM) และได้นำเสนอต่อ UNFCCC เมื่อเดือนกันยายน พ.ศ. 2551 (Griscom, 2009) คล้ายคลึงกับแบบ Combined Incentives แต่มีการกำหนดให้ค่า alpha เท่ากับ 0.5 โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$C_a = (E_n - E_a) * 0.5 + (E_g * 0.5)$$

อย่างไรก็ตาม ในการประชุม COP 15 ที่เมืองโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก ได้มีการตกลงให้การกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิง (REL) ใช้รูปแบบของข้อมูลในอดีต แต่ยังไม่มีการกำหนดช่วงระยะเวลาอ้างอิงที่ชัดเจน

2. ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในป่าชนิดต่างๆ ของประเทศไทย

ป่าไม้มีบทบาทสำคัญในการเป็นแหล่งกักเก็บและสะสมคาร์บอนในรูปของมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าธรรมชาติมีความผันแปรขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดป่า ชนิดพรรณไม้ที่เป็นองค์ประกอบของป่า ความหนาแน่นของป่า สภาพภูมิประเทศ และปัจจัยสิ่งแวดล้อม จากรายงานของ IPCC (2006) พบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าดิบชื้นในภาคพื้นทวีปของภูมิภาคเอเชียมีความผันแปรระหว่าง 280-520 ตันต่อเฮกเตอร์ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 350 ตันต่อเฮกเตอร์) ในขณะที่ป่าผลัดใบมีความผันแปรระหว่าง 100-160 ตันต่อเฮกเตอร์ ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับในภูมิภาคอเมริกาเหนือและใต้ จากการรวบรวมข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าธรรมชาติในประเทศไทย ได้แก่ ป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา และป่าสนเขา ในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย พบว่า มีความผันแปรมากขึ้นอยู่กับมวลชีวภาพของป่าเป็นสำคัญ โดยป่าธรรมชาติที่มีความสมบูรณ์ มีความหนาแน่นของไม้ขนาดใหญ่จำนวนมาก ทำให้มีมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพสูง ป่าทุติยภูมิหรือป่าที่ถูกทำลายและกำลังฟื้นคืนสภาพป่านั้นมีมวลชีวภาพที่ต่ำกว่าป่าธรรมชาติที่ไม่ถูกรบกวนมาก (ตารางที่ 1) การประเมินปริมาณคาร์บอนที่สะสมในป่าจำเป็นต้องจำแนกตามชนิดของป่าและสถานภาพของป่า เพื่อให้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

ตารางที่ 1. มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของมวลชีวภาพของป่าในประเทศไทย

หน่วย: ตันต่อเฮกแตร์

ประเภทป่า	มวลชีวภาพ		การกักเก็บคาร์บอน		ที่มา
	เหนือดิน	ใต้ดิน ¹	เหนือดิน	ใต้ดิน ¹	
ป่าดิบชื้น					
อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จ. เพชรบุรี	336.1	124.4	168.0	62.2	นวลปราง (2547)
ป่าทองผาภูมิ (ต้นไม้ยักษ์) จ. กาญจนบุรี	275.5	68.9	137.7	34.4	จิรนนท์ และนันทนา (2547)
ป่าทองผาภูมิ (บ้านพัสดุดกลาง) จ. กาญจนบุรี	141.6	35.4	70.8	17.7	จิรนนท์ และนันทนา (2547)
ป่าดิบแล้ง					
สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จ. นครราชสีมา	326.8	153.6	156.9	73.7	สาพิศ และคณะ (2549)
ป่าทองผาภูมิ จ. กาญจนบุรี	140.6	33.7	70.3	16.9	จิรนนท์และนันทนา (2547)
อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จ. เพชรบุรี	207.7	49.8	103.9	24.9	นวลปราง (2547)
อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จ. เพชรบุรี	70.8	17.0	35.4	8.5	สนธยา (2547)
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยทับทัน-ห้วยสำราญ จ. สุรินทร์	267.5	64.2	128.6	30.9	อภินันท์ (2545)
อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จ. เลย	373.84	89.7	179.7	43.1	วิษณุ (2544)
ป่าดิบเขา					
อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จ. เพชรบุรี (ป่าปฐมภูมิ)	284.6	153.6	142.3	76.8	สนธยา (2547)
อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จ. เพชรบุรี (ป่าทุติยภูมิ)	217.0	153.6	158.5	76.8	สนธยา (2547)
อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จ. เลย	195.7	47.0	92.0	22.1	วิษณุ (2544)
ป่าสนเขา					
โครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ จ. เชียงใหม่					สุนันทา (2531) ²
- ป่าสนสองใบที่มีการป้องกันไฟ	56.9	13.7	26.7	6.4	
- ป่าสนสองใบที่ไม่มีการป้องกันไฟ	165.9	39.8	78.0	18.7	
- ป่าสนสามใบ	141.0	33.8	66.3	15.9	
- ป่าสนสองใบและสนสามใบ	94.8	22.8	44.6	10.7	

ตารางที่ 1. (ต่อ)

หน่วย: ต้นต่อเฮกแตร์

ประเภทป่า	มวลชีวภาพ		การกักเก็บคาร์บอน		ที่มา
	เหนือดิน	ใต้ดิน ¹	เหนือดิน	ใต้ดิน ¹	
ป่าสนเขา อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จ. เชียงใหม่	97.8	23.5	46.0	11.0	อนงค์ทิพย์ (2531) ²
ป่าสนเขา อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จ. เลย	19.7	4.7	9.2	2.2	วิษณุ (2544) ²
ป่าเบญจพรรณ					
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง	143.2	40.1	71.6	20.0	Petsri <i>et al.</i> (2007)
อ. ลานสัก จ. อุทัยธานี					
อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จ. เพชรบุรี (ป่าปฐมภูมิ)	500.5	140.1	250.2	70.1	สนธยา (2547)
อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จ. เพชรบุรี (ป่าทุติยภูมิ)	158.7	44.4	79.3	22.2	สนธยา (2547)
อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จ. เพชรบุรี	68.5	19.2	34.3	9.6	นวลปราง (2547)
ป่าทองผาภูมิ (โป่งพุ่ม) จ. กาญจนบุรี	96.3	24.1	48.1	12.0	จิรนนท์และนันทนา (2547)
ลุ่มน้ำแม่กลอง จ. กาญจนบุรี	181.8	85.4	88.7	41.7	สาพิศ และคณะ (2549)
ศูนย์การพัฒนากุพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ. สกลนคร	140.7-197.8	38.0-53.4	69.0-96.9	19.3-27.1	กิตติพงษ์ (2542) ²
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยทับทัน-ห้วยสำราญ จ. สุรินทร์	187.2	52.4	91.7	25.7	อภินันท์ (2545) ²
อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จ. เชียงใหม่	188.0	52.6	92.1	25.8	อนงค์ทิพย์ (2531) ²
อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จ. เลย	174.3	48.8	85.4	23.9	วิษณุ (2544) ²
ป่าเต็งรัง					
อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จ. เพชรบุรี	58.6	16.4	29.3	8.2	นวลปราง (2547)
ศูนย์การพัฒนากุพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ. สกลนคร	84.0-123.4	23.5-34.6	42.5-62.4	11.9-17.5	กิตติพงษ์ (2542) ²
อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จ. เชียงใหม่	91.7	25.7	46.4	13.0	อนงค์ทิพย์ (2531) ²

ตารางที่ 1. (ต่อ)

หน่วย: ตันต่อเฮกแตร์

ประเภทป่า	มวลชีวภาพ		การกักเก็บคาร์บอน		ที่มา
	เหนือดิน	ใต้ดิน ¹	เหนือดิน	ใต้ดิน ¹	
อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จ. เลย (ป่าเต็งรัง)	70.7	19.8	35.7	10.0	วิชญ์ (2544) ²
โครงการพัฒนาตามพระราชดำริ ป่า หนองเต็ง-จักราช จ. นครราชสีมา	52.4	14.7	26.5	7.4	จรัส (2540) ²
ป่าชายเลนจังหวัดระนอง					สาพิศ (2550)
ป่าปฐุมภูมิ (สมบูรณ์มาก)	234.7	110.3	112.6	52.9	
ป่าเต็งรัง (สมบูรณ์ปานกลาง)	163.6	76.9	78.5	36.9	
ป่าเต็งรัง (สมบูรณ์น้อย)	36.0	16.9	17.3	8.1	
ป่าชายเลนจังหวัดชุมพร					สาพิศ (2550)
ป่าปฐุมภูมิ (สมบูรณ์มาก)	112.6	52.9	52.6	24.7	
ป่าเต็งรัง (สมบูรณ์ปานกลาง)	78.5	36.9	36.7	17.2	
ป่าเต็งรัง (สมบูรณ์น้อย)	17.3	8.1	8.1	3.8	

หมายเหตุ ¹ มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพใต้ดินคำนวณจากอัตราส่วนมวลชีวภาพใต้ดินต่อเหนือดิน เท่ากับ 0.24 ของ IPCC (2006)

² การกักเก็บคาร์บอนคำนวณจาก default value ของปริมาณคาร์บอนของพรรณไม้ในเขตร้อน เท่ากับ 0.47 ของ IPCC (2006)

นอกจากการกักเก็บคาร์บอนในส่วนของมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินแล้ว คาร์บอนส่วนหนึ่งยังถูกเก็บสะสมไว้ในดิน คาร์บอนที่สะสมในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรีย์คาร์บอน เช่น สารประกอบฮิวมัส ซึ่งเป็นคาร์บอนที่เสถียรมากกว่าคาร์บอนที่อยู่ในมวลชีวภาพของป่าไม้ จากการศึกษาของ พงนิย และทวีศักดิ์ (2541) พบว่า ที่ระดับความลึก 0 - 100 เซนติเมตร ดินในประเทศไทยมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมทั้งหมดประมาณ $6,211,706 \times 10^6$ กิโลกรัม หรือ 6,211.7 ล้านล้านตัน และอินทรีย์คาร์บอนรวมทั้งหมดประมาณ $184,049 \times 10^6$ กิโลกรัม หรือ 184 ล้านล้านตัน

การสะสมคาร์บอนในดินมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะการใช้ที่ดิน สภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพของดินนั้นๆ เป็นต้น นอกจากนี้การสะสมคาร์บอนในดินยังมีความผันแปรไปตามความลึกของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลโดยตรงต่อการสะสมคาร์บอนในดิน โดยทั่วไปป่าไม้มีลักษณะดินลึกและมีองค์ประกอบของอนุภาคดินเหนียวซึ่งเป็นอนุภาคดินขนาดเล็กจำนวนมากทำให้มีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนได้ปริมาณมากตลอดจนการทับถมของเศษซากพืชเป็นจำนวนมากบนพื้นป่าทำให้ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น

ด้วยเช่นกัน การกักเก็บคาร์บอนในดินจึงมีความผันแปรไปตามชนิดป่า ลักษณะของพื้นที่ ชนิด และโครงสร้างของดิน การศึกษาปริมาณคาร์บอนในดินป่าไม้ที่มีการดำเนินการในประเทศไทยดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. การกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าประเภทต่างๆ ในประเทศไทย

หน่วย: ตันต่อเฮกแตร์

ชนิดป่า	ความลึก (เมตร)	การกักเก็บคาร์บอนในดิน (ตัน/เฮกแตร์)	ที่มา
ป่าดิบชื้น	0-1.0	331	Tangtham and Tantasirin (1997)
ป่าเบญจพรรณ	0-1.0	178	
ป่าเต็งรัง	0-1.0	51	
ป่าสน	0-1.0	169	
ป่าชายเลน	0-1.0	176	
ป่าดิบเขา จ. เชียงใหม่	0-1.0	237	สิริรัตน์ และศิริภา (2544)
ป่าเบญจพรรณ จ. กาญจนบุรี	0-1.0	149	
ป่าดิบแล้ง จ. เชียงใหม่	0-1.0	145	
ป่าสนเขา จ. เชียงใหม่	0-1.0	132	
ป่าเบญจพรรณ จ. กาญจนบุรี	0-1.0	195	สิริรัตน์และคณะ (2549)
ป่าดิบแล้ง จ. นครราชสีมา	0-1.0	242	
ป่าเต็งรัง จ. ขอนแก่น	0-0.6	226	วสันต์ และคณะ (2553)
ป่าดิบแล้ง จ. นครราชสีมา	0-0.5	118	อำนาจ และณัฐพล (2548)
ป่าชายเลน จ. ระนอง			สาพิศ (2550)
ปฐุมภูมิ (สมบูรณ์มาก)	0-0.5	68	
ทุติยภูมิ (สมบูรณ์ปานกลาง)	0-0.5	69	
ทุติยภูมิ (สมบูรณ์น้อย)	0-0.5	68	
ป่าชายเลน จ. ชุมพร			
ปฐุมภูมิ (สมบูรณ์มาก)	0-0.5	78	
ทุติยภูมิ (สมบูรณ์ปานกลาง)	0-0.5	77	
ทุติยภูมิ (สมบูรณ์น้อย)	0-0.5	90	

3. วิธีการติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ด้วยการสำรวจจากระยะไกล

GOFC-GOLD (2009) ได้จัดทำคู่มือ (Source Book) การใช้เทคนิคการสำรวจจากระยะไกล (remote sensing) เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้สำหรับกลไกของ REDD โดยมีสาระสำคัญเกี่ยวกับการประเมินการเพิ่มขึ้น การลดลง และการเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่า และการจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อนำไปใช้ในการประเมินระดับประเทศสำหรับป่าเขตร้อน ซึ่งในประเด็นของ REDD นั้น มีความต้องการที่จะติดตามการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ ในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อบอกถึงว่า ณ ตำแหน่งใดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง โดยใช้กรอบการใช้ที่ดิน ตาม IPCC-AFOLU Sector (Agriculture, Land Use and Forestry) ซึ่งประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงใน 3 ลักษณะ คือ

ลักษณะแรก การลดลงของพื้นที่ป่า (forest land) ไปเป็นพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่า (non-forest) ได้แก่ พื้นที่เกษตร (crop land) พุ่มหญ้า (grass land) ชุมชน (settlement) พื้นที่ชุ่มน้ำ (wetlands) และอื่นๆ (other land) เรียกว่า deforestation

ลักษณะที่สอง การลดลงของปริมาณคาร์บอน ในพื้นที่ป่าที่ยังคงสภาพเป็นพื้นที่ป่า เรียกว่า การเสื่อมโทรมของป่า (forest degradation) และรวมถึงการเพิ่มของปริมาณคาร์บอน (forest enhancement) ด้วย

ลักษณะที่สาม การเปลี่ยนจากพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่า เป็นพื้นที่ป่า เรียกว่า forestation (afforestation/reforestation)

ทั้งนี้ในทางเทคนิคนั้น นับจากทศวรรษที่ 1990 เป็นต้นมา การใช้ภาพถ่ายจากการสำรวจระยะไกลเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่า สามารถดำเนินการได้อย่างน่าเชื่อถือ รวมถึงการประเมิน ปริมาณคาร์บอนก็สามารถทำได้จากข้อมูลที่หลากหลาย อย่างไรก็ตาม ความเป็นไปได้และความถูกต้องก็ขึ้นอยู่กับสภาพของแต่ละประเทศ ในประเด็นของข้อมูลที่มี วิธีการที่ใช้ และทรัพยากรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย ซึ่งในการติดตามการลดลง (loss) หรือเพิ่มขึ้น (gain) ของพื้นที่ป่าไม้นั้น จำเป็นที่จะต้องมีการตั้งต้น หรือที่เรียกว่า benchmark forest area map เพื่อใช้เป็นฐานอ้างอิง เพื่อทราบการเปลี่ยนแปลงในแบบพื้นที่ต่อพื้นที่ หรือในประเด็นของภาพถ่าย ก็คือ จุดภาพ (pixel) ต่อจุดภาพนั่นเอง

สำหรับวิธีการติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ด้วยการสำรวจจากระยะไกลนั้น ในคู่มือของ GOFC-GOLD (2009) ได้แนะนำรายละเอียดต่างๆ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1) การติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ทั้งในประเด็นการเปลี่ยนแปลงจากป่าไม้ไปเป็นพื้นที่อื่น หรือ จากพื้นที่อื่นเป็นป่าไม้ โดยในระดับประเทศอย่างน้อยควรใช้ชุดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีรายละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ช่วงปี พ.ศ. 2533 (ค.ศ. 1990), พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) และ พ.ศ. 2548 (ค.ศ. 2005) ซึ่งปัจจุบัน NASA ให้บริการข้อมูล LANDSAT ซึ่งมีรายละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ของปี ค.ศ. 1990, 2000 และ 2005 โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย ซึ่งการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง

ในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 2000 ถึง 2005 น่าจะเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีข้อมูลอื่นๆ สนับสนุนมาก ทั้งนี้ ข้อกำหนดขั้นต่ำในการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียม เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลง มีดังนี้

- ความถูกต้องทางตำแหน่งต้องดีกว่า 1 จุดภาพ
- ความละเอียดของแผนที่ (Minimum Mapping Unit: MMU) ระหว่าง 1 – 6 เฮกเตอร์
- ต้องมีความสม่ำเสมอของวิธีการประเมิน

2) การติดตามการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ป่าไม้ นั้น เป็นการติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าไม้ ทั้งในแง่ของความเสื่อมโทรม และความเพิ่มพูน (degradation / enhancement) ในพื้นที่ที่ยังคงเป็นพื้นที่ป่าไม้ ในแง่ของการใช้ที่ดิน ทั้งนี้ ในประเด็นความเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่าไม้ เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การทำไม้ ไฟป่า โรค แมลง และภัยธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งการใช้วิธีการสำรวจจากระยะไกลในกรณีเหล่านี้ มีข้อจำกัดหรือความยากง่าย แตกต่างกันไป ทั้งนี้ ได้มีความพยายามในการใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพป่า โดยพบว่า ในส่วนของความเสื่อมโทรมที่เกิดจากการทำไม้ นั้น การใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมรายละเอียดสูงจะทำได้ง่ายกว่า ในขณะที่ความเสื่อมโทรมจากไฟป่าสามารถทำได้ดี จากภาพถ่ายจากดาวเทียมรายละเอียดปานกลางถึงรายละเอียดสูง อย่างไรก็ตาม ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้มีข้อจำกัด เช่น ประการแรก มีความจำเป็นต้องใช้ความถี่ของข้อมูลสูง อย่างน้อยต้องเป็นข้อมูลรายปี เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นไปอย่างรวดเร็ว ประการต่อมา ปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ทำให้ไม่สามารถแยกแยะระหว่างพื้นที่ที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ กับพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของสังคมพืช ประการต่อมา เป็นข้อจำกัดเรื่องภาพที่ปลอดภัย เนื่องจากข้อมูลที่ใช้เป็นระบบเชิงแสง และประการสุดท้าย การดำเนินการวิเคราะห์ แปลข้อมูลต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ และเครื่องมือที่ทันสมัยมาก เป็นต้น

เนื่องจากข้อจำกัดในการใช้เทคนิคการสำรวจจากระยะไกล เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าไม้ GOFC-GOLD (2009) จึงได้เสนอวิธีการใหม่ เพื่อใช้ในการติดตามความเสื่อมโทรมพื้นที่ป่า (degradation) ให้เป็นไปตามกรอบของ UNFCCC โดยใช้คำจำกัดความสภาพป่าสมบูรณ์ (intact forests) เป็นข้อกำหนด แล้วแยกแยะระหว่าง intact forests และ non-intact forests ด้วยการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นเครื่องมือ เพื่อทำแผนที่ โดยมีข้อกำหนดสำหรับ intact forests 6 ประการ ดังต่อไปนี้

- ตั้งอยู่ในพื้นที่ป่าตามคำจำกัดความของ UNFCCC โดยมีระยะห่างอยู่ในขอบเขตป่า ไม่น้อยกว่า 1 กิโลเมตร
- มีขนาดพื้นที่ 1,000 เฮกเตอร์ขึ้นไป และมีความกว้างพื้นที่ไม่น้อยกว่า 1 กิโลเมตร
- ประกอบไปด้วยระบบนิเวศทางธรรมชาติ
- ไม่ถูกแบ่งส่วนด้วยสาธารณูปโภค เช่น ถนน แนวสายไฟฟ้า และอื่นๆ
- ไม่มีการบุกรุก หรือมีร่องรอยการถูกบุกรุกจากกิจกรรมของมนุษย์

O ไม่มีพื้นที่ที่ถูกเผา หรือกลุ่มไม้ขนาดเล็ก

3.1 การเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากระยะไกล

ในการใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ นั้น จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลด้วยข้อมูลภาคพื้นดิน หรือข้อมูลภาพถ่ายที่มีรายละเอียดสูงมาก ทั้งนี้ ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงแสงที่จะนำมาใช้งานได้นั้นมีความหลากหลาย ทั้งในแง่รายละเอียดของข้อมูล และราคาข้อมูล ดังตัวอย่างในตารางที่ 3 ซึ่งภาพถ่ายจากดาวเทียม THEOS ของประเทศไทยนั้น จัดอยู่ในกลุ่มรายละเอียดปานกลาง สำหรับภาพสี (รายละเอียด 15 เมตร) และรายละเอียดสูง สำหรับภาพขาว-ดำ (รายละเอียด 2 เมตร)

ตารางที่ 3. ระบบภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงแสงสำหรับการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่า

Sensor & resolution	Examples of current sensors	Minimum mapping unit (change)	Cost	Utility for monitoring
Coarse (250-1000 m)	SPOT-VGT (1998-) Terra-MODIS (2000-) Envisat-MERIS (2004-)	~ 100 ha ~10-20 ha	Low or free	Consistent pan-topical annual monitoring to identify large clearings and locate “hotspots” for further analysis with mid resolution
Medium (10-60 m)	LANDSAT TM or ETM+, Terra-ASTER IRS AWiFs or LISS III CBERS HRCCD DMC	0.5 – 5 ha	LANDSAT & CBERS are free from 2009; <\$0.001/km ² for historical data \$0.02/km ² to \$0.5/km ² for recent data	Primary tool to map deforestation and estimate area change
Fine (<5 m)	IKONOS QuickBird Aerial photos	< 0.1 ha	High to very high \$2 – 30/km ²	Validation of results from coarser resolution analysis, and training of algorithms

ที่มา: GOFC-GOLD (2009)

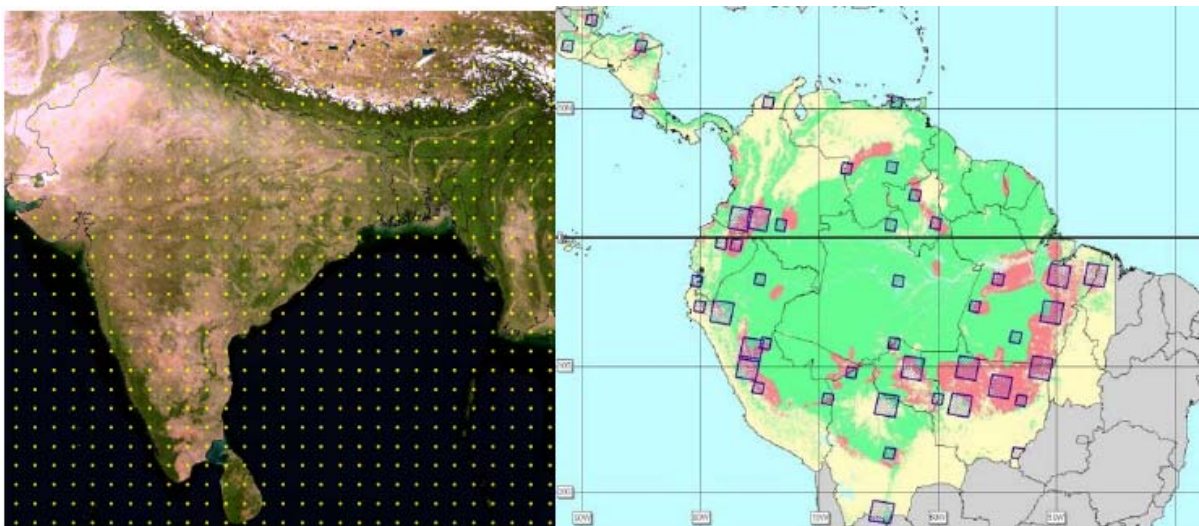
สำหรับภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีรายละเอียดต่ำ (coarse resolution) ซึ่งมีขนาดจุดภาพ 250 – 1,000 เมตรนั้น ข้อดีคือมีความถี่ในการได้มาของข้อมูลสูง และครอบคลุมพื้นที่กว้าง แต่ไม่สามารถนำมาใช้ในการประมาณการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าได้โดยตรง แต่จะเป็นข้อมูลสำหรับการกำหนดบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเพื่อนำไปสู่การใช้ข้อมูลที่มีรายละเอียดดีกว่ามาทำการวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาใช้งานร่วมกันกับข้อมูลรายละเอียดปานกลาง จึงเหมาะสำหรับเป็นเครื่องมือในการกำหนดพื้นที่เป้าหมาย หรือ hotspots

ในส่วนของการถ่ายภาพจากดาวเทียมรายละเอียดปานกลาง (medium resolution) ซึ่งมีขนาดจุดภาพ 10-60 เมตร ถือเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการประเมินและจัดทำแผนที่พื้นที่ป่าที่ถูกบุกรุก รวมถึงการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ โดยนอกเหนือจากข้อมูลจากดาวเทียมในระบบเชิงแสงแล้ว ยังมีข้อมูลในระบบอื่นๆ เช่น เรดาร์ (ERS1/2 SAR, JERS-1, ENVISAT-ASAR, ALOS PALSAR) และระบบไลดาร์ ที่สามารถนำมาใช้งานได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลจากเรดาร์ซึ่งสามารถใช้ทดแทนในพื้นที่ที่มีเมฆปกคลุมเป็นประจำได้ แต่อย่างไรก็ตาม ทั้งเรดาร์และไลดาร์ยังป็นการใช้งานในระบบโครงการศึกษาเท่านั้น ยังไม่มีการนำมาใช้ในทางปฏิบัติในขณะนี้

ในขณะที่ข้อมูลจากดาวเทียมรายละเอียดสูง (fine resolution) ซึ่งมีขนาดจุดภาพดีกว่า 5 เมตร ส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลจากดาวเทียมเชิงพาณิชย์ หรือจากการถ่ายภาพทางอากาศ ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อนำมาใช้สำรวจเป็นบริเวณกว้าง อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเหล่านี้จะถูกใช้เป็นข้อมูลในการทดสอบวิธีการ และตรวจสอบความถูกต้องสำหรับข้อมูลรายละเอียดปานกลางและรายละเอียดต่ำ

3.2 การกำหนดพื้นที่ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่า

ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้นั้น หากเป็นไปได้ ควรศึกษาครอบคลุมทุกพื้นที่ทั้งประเทศ (wall-to-wall) อย่างไรก็ตาม หากมีข้อจำกัด ก็สามารถเลือกวิธีการสำรวจสุ่มพื้นที่ตัวอย่างแทน โดยมีวิธีที่ควรเลือกใช้ คือ แบบเป็นระบบ (systematic sampling) ซึ่งเป็นการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างเป็นช่วงระยะห่างเท่ากัน เช่น ทุกๆ 10 กิโลเมตร หรือแบบสุ่มตามกลุ่ม (stratified sampling) โดยการเลือกสุ่มจากกลุ่มเป้าหมาย เช่น บริเวณที่มีการบุกรุก เป็นต้น ดังตัวอย่างในภาพที่ 1



ภาพที่ 1. แสดงการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง แบบ systematic sampling (ซ้าย) และแบบ stratified sampling (ขวา)
ที่มา: GOFC-GOLD (2009)

3.3 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

โดยทั่วไปแล้ววิธีการแปลภาพด้วยสายตา (visual interpretation) เป็นวิธีที่ง่ายและใช้ได้ดีสำหรับการติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ แต่จะใช้เวลามาก และความถูกต้องขึ้นกับความชำนาญของผู้แปล ซึ่งสามารถใช้วิธีการผสมผสานระหว่างการแปลด้วยคอมพิวเตอร์ (automated method) กับการแปลด้วยสายตา อย่างไรก็ตาม หากสามารถทำได้การแปลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งหมดจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ และมีความละเอียดมากกว่า แต่ก็มีข้อจำกัดคือยังจำเป็นต้องมีการตรวจสอบผลด้วยสายตาด้วย ดังนั้นการแปลแบบผสมผสานจะเป็นวิธีที่เหมาะสมในทางปฏิบัติมากกว่า ตารางที่ 4 เปรียบเทียบวิธีการแปลข้อมูลเพื่อการจำแนกและติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่า

สำหรับการหาพื้นที่ป่าที่เพิ่มขึ้นนั้น ยังใช้วิธีการเดียวกับการหาพื้นที่ป่าที่ถูกทำลาย แต่เนื่องจากการเพิ่มของพื้นที่ป่า เป็นกระบวนการที่ต้องใช้เวลา จึงจำเป็นต้องเลือกใช้ข้อมูลที่มีระยะเวลาห่างกันมากพอในการติดตามการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้

4. การใช้ระบบสำรวจโลกเพื่อติดตามสถานการณ์คาร์บอนภาคป่าไม้ (Forest Carbon Tracking)

นอกเหนือจากแนวทางของ GOFC-GOLD ในการใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าแล้ว ปัจจุบันได้มีโครงการการใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในภาคป่าไม้ ได้แก่โครงการ Forest Carbon Tracking (FCT) ซึ่งเป็นกิจกรรมภายใต้กลุ่มสำรวจโลก (Group on Earth Observations: GEO) เริ่มโครงการในปี พ.ศ. 2551 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการสนับสนุนเชิงปฏิบัติแก่ประเทศที่ต้องการสร้างระบบติดตามและรายงานสถานการณ์ป่าไม้และคาร์บอนของชาติ โดย FCT จะสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูลจากดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศและข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องควบคู่ไปกับการจัดทำระบบวิเคราะห์และคาดการณ์ รวมถึงการกำหนดกรอบปฏิบัติและมาตรฐานเทคนิค สำหรับระบบเครือข่ายของระบบติดตามสถานการณ์คาร์บอนภาคป่าไม้ระดับชาติทั่วโลก โดยดำเนินการตามแนวทางของ UNFCCC เพื่อที่ว่าประเทศที่เข้าร่วมจะสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ภายใต้ข้อตกลงได้ ทั้งนี้ FCT ได้ กำหนดเป้าหมายที่สำคัญดังต่อไปนี้

- การเข้าถึงข้อมูลจากดาวเทียมความละเอียดปานกลาง (mid-resolution) ได้อย่างสะดวก
- มีข้อมูลประกอบที่เพียงพอต่อการตรวจวัดการปลดปล่อยคาร์บอน
- มีวิธีที่เหมาะสมในการประเมินและคาดการณ์ปริมาณคาร์บอนในอนาคตทั้งในระดับประเทศและระดับท้องถิ่น
- มีโครงสร้างพื้นฐานด้านข้อมูลเชิงพื้นที่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และระบบบริการข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต เพื่อการจัดทำรายงานตามกรอบการตรวจสอบและรายงานของ UNFCCC

ตารางที่ 4. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมรายละเอียดปานกลาง เพื่อการจำแนกและติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้

Method for delineation	Method for class labeling	Practical minimum mapping unit	Principles for use	Advantages/ limitations
Dot interpretation (dots sample)	Visual interpretation	< 0.1 ha	- multiple date preferable to single date interpretation - on screen preferable to printouts - interpretation	- closest to classical forestry inventories - very accurate although interpreter dependent - no map of changes
Visual delineation (full image)	Visual interpretation	5 – 10 ha	- multiple date analysis preferable - on screen digitizing preferable to delineation on printouts	- easy to implement - time consuming - interpreter dependent
Pixel based classification	Supervised labeling (with training and correction phases)	< 1 ha	- selection of common spectral training set from multiple dates / images preferable - filtering needed to avoid noise	- difficult to implement - training phase needed
	Unsupervised clustering + visual labeling	< 1 ha	- interdependent (multiple date) labeling preferable - filtering needed to avoid noise	- difficult to implement - noisy effect without filtering
Object based segmentation	Supervised labeling (with training and correction phases)	1 – 5 ha	- multiple date segmentation preferable - selection of common spectral training set from multiple dates / images preferable	- more reproducible than visual delineation - training phase needed
	Unsupervised clustering + visual labeling	1 – 5 ha	- multiple date segmentation preferable - interdependent (multiple date) labeling of single date images preferable	- more reproducible than visual delineation

ที่มา : GOF-C-GOLD (2009)

นอกจากนี้ FTC ยังได้กำหนดกิจกรรมเพื่อปูทางในการจัดทำระบบการติดตามตรวจสอบ (MRV) ของประเทศต่างๆ ในลักษณะเครือข่ายทั่วโลกที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1) ดำเนินการให้ได้มาซึ่งคำยืนยันในการสนับสนุนข้อมูลจากดาวเทียมอย่างต่อเนื่องจากประเทศสมาชิก CEOS (Committee on Earth Observation Satellite) รวมถึงเครื่องมือ และการฝึกอบรมเพื่อการติดตามสถานการณ์คาร์บอนภาคป่าไม้ให้ครอบคลุมทั่วถึงทุกพื้นที่

2) ให้การแนะนำวิธีการในการประมวลผลข้อมูล เครื่องมือ และมาตรฐานเพื่อการจัดทำข้อมูลสถานการณ์ป่าไม้ที่ถูกต้อง เช่น การติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในช่วงเวลาต่างๆ และการเสื่อมสภาพของป่าไม้

3) พัฒนาเอกสารคำแนะนำในการเก็บข้อมูลภาคพื้นดินเพื่อการเชื่อมโยงข้อมูลสำรวจเงนัป่าไม้ ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล และแบบจำลองคาร์บอน เข้าด้วยกัน

4) ประเมินและกำหนดวิธีการเทียบค่าและการประเมินความถูกต้องสำหรับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้และการประมาณปริมาณคาร์บอนที่ได้จากการสำรวจระยะไกล

5) สร้างเครือข่ายประเทศสมาชิกของโครงการจากสามภาคหลักของป่าเขตร้อน ได้แก่ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แอฟริกา และอเมริกาใต้

6) สร้างการรับรู้ถึงความก้าวหน้าและการแสดงผล ต่อ UNFCCC และงานระดับนานาชาติที่สำคัญ เพื่อให้เกิดความชัดเจนในระดับนโยบาย และเห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยี

7) สร้างเครือข่ายระบบประมวลผล เพื่อให้มั่นใจได้ว่ามาตรฐานที่สร้างขึ้นถูกนำไปใช้ และแต่ละประเทศได้รับการสนับสนุนการประมวลผลข้อมูลหลัก

8) กำหนดหน่วยงานสากลที่เหมาะสมเพื่อการรับผิดชอบเชิงปฏิบัติของ FCT เมื่อโครงการได้รับผลสำเร็จทั้งในด้านของการดำเนินงาน การสาธิต และการยอมรับในระดับนโยบาย

ในปัจจุบัน (ถึงปี พ.ศ. 2553) มีประเทศที่เข้าร่วมในฐานะประเทศสมาชิก 6 ประเทศ ได้แก่ ออสเตรเลีย บราซิล คาเมรูน กิอานา อินโดนีเซีย และแทนซาเนีย และคาดว่าจะมีประเทศที่เสนอตัวเข้าร่วมเพิ่มขึ้นนับจากปี พ.ศ. 2553 เป็นต้นไป โดยมีประเทศที่กำลังเสนอตัวเพิ่มอีก 3 ประเทศ ได้แก่ โคลัมเบีย คองโก และเปรู ทั้งนี้ประเทศที่เสนอตัวเข้าร่วม จะต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขหลักโดยสังเขป ดังนี้คือ

- 1) เป็นประเทศในเขตร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศที่กำลังพัฒนา
- 2) มีที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมสอดคล้องกับการกระจายตัวของพื้นที่สาธิต
- 3) มีพื้นที่ป่าต่อเนื่องเป็นผืนใหญ่ และ
- 4) มีความก้าวหน้าในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ UN-REDD และ World Bank FCPF

วิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นการศึกษาการพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงในระดับประเทศ และตอนที่ 2 เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาเทคนิควิธีการในการตรวจวัดปริมาณคาร์บอนในพื้นที่ป่าโดยดำเนินการในระดับพื้นที่ ซึ่งมีรายละเอียดในการศึกษาดังนี้

1. การพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงระดับประเทศ

1.1 ทำการทบทวนเอกสาร และรวบรวมรูปแบบของเส้นฐานอ้างอิงจากแนวคิดที่มีผู้เสนอในการประชุมสัมมนา เอกสาร และวารสาร ทั้งในระดับประเทศและต่างประเทศ

1.2 รวบรวมข้อมูลที่เป็นใช้ในการพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงตามรูปแบบที่ได้จากการทบทวนเอกสารในข้อที่ 1.1 ด้วยวิธีการสำรวจจากเอกสาร รายงานสถิติ และการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้อง

1.3 ทำการวิเคราะห์หาเส้นฐานอ้างอิงจากข้อมูลของประเทศไทย และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของเส้นฐานอ้างอิงรูปแบบต่างๆ

2. การพัฒนาด้านเทคนิควิธีการในระดับโครงการ

การพัฒนาเทคนิควิธีการเพื่อประเมินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าในระดับประเทศนั้นดำเนินการได้ยาก เนื่องจากยังไม่มีเทคนิควิธีการที่ชัดเจน ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ดำเนินการศึกษาในพื้นที่ขนาดเล็ก เพื่อพัฒนาเทคนิควิธีการในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในพื้นที่ป่า โดยการใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกล ควบคู่กับการสำรวจภาคสนาม โดยมีวิธีการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ซึ่งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ $18^{\circ} 37' 45''$ ถึง $18^{\circ} 4' 45''$ เหนือ ลองจิจูดที่ $94^{\circ} 4' 0''$ ถึง $98^{\circ} 38' 45''$ ตะวันออก ครอบคลุมท้องที่อำเภอแม่แจ่ม และอำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอแม่สะเรียง และอำเภอแม่ออน จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีพื้นที่รวมประมาณ 1,932.5 ตารางกิโลเมตร หรือ 1.2 ล้านไร่ ลักษณะทั่วไปของพื้นที่จะเป็นภูเขาสลับซับซ้อน และมีที่ราบเล็กน้อยประกอบด้วยป่าหลายประเภท และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย บริเวณรอบอำเภอแม่แจ่มมีความสูงของพื้นที่ตั้งแต่ 400 – 2,500 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ดังแสดงในภาพที่ 2 การเลือกพื้นที่ศึกษาในบริเวณนี้ เนื่องจากมีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างต่อเนื่อง และมีอัตราการทำลายป่าค่อนข้างสูง รวมทั้งมีข้อมูลพื้นฐานมากพอสมควร

2.2.2 จำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ประกอบด้วย พื้นที่ป่า พื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำ และอื่นๆ โดยมีระยะห่างกันช่วงละ 5 ปี ด้วยการใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1) นำเข้าข้อมูล (import) จากดาวเทียม LANDSAT 5-TM ด้วยโปรแกรมประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลภาพ (ERDAS Imagine)

2) ปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลเชิงเรขาคณิต (geometric correction) ของข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM ที่บันทึกเมื่อปี พ.ศ. 2552 ด้วยวิธี Map to Image โดยใช้ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุดที่ L7018 เป็นข้อมูลอ้างอิง

3) นำข้อมูลจากดาวเทียมที่ได้ปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลเชิงเรขาคณิต ในข้อ 2) เป็นข้อมูลอ้างอิงในการปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลเชิงเรขาคณิต ด้วยวิธี Image to Image ให้กับข้อมูลภาพที่บันทึกในปี พ.ศ. 2547 พ.ศ. 2542 พ.ศ. 2537 และ พ.ศ. 2532 ตามลำดับ

4) นำข้อมูลจากดาวเทียมที่ได้ปรับแก้ความถูกต้องข้อมูลเชิงเรขาคณิตแล้ว (พ.ศ. 2552) มาจัดทำเป็นแผนที่ภาพถ่ายจากดาวเทียมในมาตราส่วน 1:50,000 เพื่อนำมาใช้ในการแปลตีความด้วยสายตา (Visual Interpretation) ด้วยการใช้แผ่นอะซิเรตใส วางทับบนแผนที่ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM และใช้ปากกาสีดำลากขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ดังต่อไปนี้ ป่าดิบเขา ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ สวนป่าสัก สวนป่าสน ห้วยหญ้า พื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย ไร่เลื่อนลอย และแหล่งน้ำ

5) นำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ให้อยู่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ด้วยวิธี Vectorization ด้วยการนำแผ่นอะซิเรตที่ได้แปลตีความด้วยสายตาของข้อมูลจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2552 ในข้อ 4) มาทำการสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์ (scanner) และนำข้อมูลที่ได้นำไปใช้ในการนำเข้าข้อมูลด้วยวิธีการดังกล่าว

6) นำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพ ปี พ.ศ. 2532 ด้วยการนำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ปี พ.ศ. 2552 ที่อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ นำมาซ้อนทับกับข้อมูลจากดาวเทียมที่บันทึกภาพในปี พ.ศ. 2532 และทำการแปลตีความด้วยสายตา ด้วยวิธี Digitize on Screen

7) สำหรับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ปี พ.ศ. 2547, 2542 และ 2537 ทำการนำเข้าด้วยวิธี Digitize on Screen โดยใช้วิธีการเดียวกับ ข้อ 6)

8) ตรวจสอบความถูกต้องและปรับแก้ข้อมูลของผลการแปลข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ด้วยการออกสำรวจภาคสนาม

9) นำผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ปี พ.ศ.2552, 2547, 2542, 2537 และ 2532 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง (Change Detection Analysis) ด้วยวิธีการซ้อนทับข้อมูล (overlay) รวมถึงการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ในอนาคตด้วย Markov Chain Model เพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต คือในปี พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2567

2.3 การสำรวจภาคสนาม

การวางแผนตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลในภาคสนามบริเวณพื้นที่ศึกษา ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

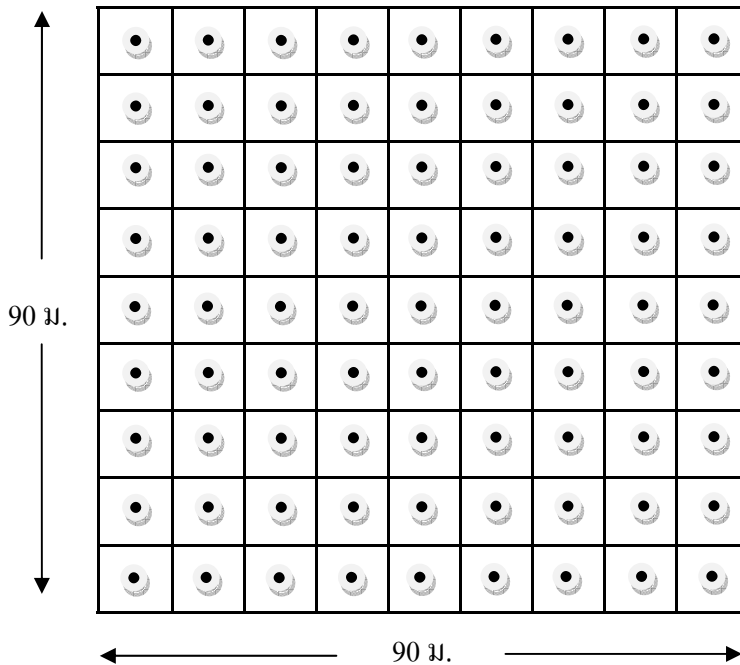
2.3.1 การเก็บข้อมูล ดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 1) วางแผนตัวอย่างจำนวน 10 แปลงตัวอย่าง โดยให้ครอบคลุมป่าทุกชนิดที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษา โดยมีขนาดแปลงตัวอย่างละ 90 x 90 เมตร ในแต่ละแปลงตัวอย่างทำการแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร ได้ทั้งสิ้น 81 แปลงตัวอย่าง (ภาพที่ 3)
- 2) ในแต่ละแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร ทำการวัดขนาดของต้นไม้ทุกต้นในแปลงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (DBH) เกิน 4.5 เซนติเมตร โดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก และความสูงของต้นไม้
- 3) ที่ตำแหน่งจุดกึ่งกลางของแต่ละแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร ทำการถ่ายภาพเรือนยอดด้วยกล้องดิจิทัลที่ติดเลนส์ตาปลา (fisheye lens)
- 4) ที่จุดกึ่งกลางแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับ คือที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ทั้งแบบที่มีการรบกวนดิน และแบบไม่รบกวนดิน

2.3.2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาคสนาม ดังต่อไปนี้

- 1) ข้อมูลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงของต้นไม้ นำไปคำนวณหามวลชีวภาพในแต่ละแปลงตัวอย่างด้วยสมการอะโลเมตรีของ Ogawa *et al.* (1965) และ Tsutsumi *et al.* (1983) แล้วจึงคำนวณหาปริมาณคาร์บอนสะสมในป่าโดยใช้ค่าสัดส่วนปริมาณคาร์บอนของ IPCC (2006) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.47
- 2) นำภาพถ่ายเรือนยอดไม้ซึ่งถ่ายด้วยกล้องดิจิทัลและเลนส์ตาปลา คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอด (ground cover fraction) และค่าดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index) ด้วยโปรแกรม Hemiview

3) นำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในดิน และความหนาแน่นของดิน ในห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์



- บริเวณจุดกึ่งกลางแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร เพื่อใช้เป็นจุดตั้งกล้องถ่ายภาพเรือนยอดไม้

ภาพที่ 3. การวางแปลงตัวอย่างขนาด 90 x 90 เมตร เพื่อวัดขนาดของต้นไม้ และตำแหน่งการวางกล้องเพื่อบันทึกภาพเรือนยอดในแต่ละแปลงย่อย ขนาด 10 x 10 เมตร เพื่อกำหนดค่าการปกคลุมเรือนยอด และดัชนีพื้นที่ใบของต้นไม้ในแปลง

2.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาคสนามและข้อมูลจากดาวเทียม

2.4.1 กำหนดหาช่วงชั้นความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้และเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้จากข้อมูลดาวเทียม ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) นำข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM บันทึกเมื่อวันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2552 (เนื่องจากข้อมูลจากดาวเทียมที่บันทึกในวันดังกล่าว เป็นข้อมูลที่ใกล้เคียงกับวันที่ออกเก็บข้อมูลภาคสนาม และข้อมูลในบริเวณพื้นที่ป่าที่ปรากฏบนข้อมูลภาพยังไม่ได้มีการผลัดใบของต้นไม้) มาใช้ในการคำนวณหาช่วงชั้นการปกคลุมเรือนยอดและเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของเรือนยอด ด้วยโปรแกรม FCD Mapper ซึ่งจัดทำโดย Japan Overseas Forestry Consultants Association (JOFCA) ภายใต้ The International Tropical Timber

Organization (ITTO) โปรแกรมดังกล่าวเป็นการคำนวณแบบกึ่งผู้เชี่ยวชาญ (semi expert) ซึ่งประกอบด้วย ค่าดัชนีหลักอยู่ 4 สมการ (อนุสรณ์, 2545; Rikimaru and Miyatake, 1997; Hadi, 2004; Baynes, 2007) ดังนี้

ก) คำนวณค่าดัชนีความเป็นพืชพรรณ (Advanced Vegetation Index; AVI) ค่าดัชนีดังกล่าวจะตอบสนองต่อปริมาณของพืชพรรณที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งคำนวณด้วยการนำข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM ที่บันทึกในช่วงคลื่นแสงสีแดง และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ มาคำนวณหาค่าดัชนีความเป็นพืชพรรณ ดังสมการต่อไปนี้

$$AVI = \sqrt[3]{(B_4 + 1) \times (256 - B_3) \times (B_4 - B_3)} \quad (1)$$

AVI = 0 หาก $B_4 < B_3$ หลังจากการ normalization

เมื่อ B_3 = ข้อมูลจากดาวเทียมบันทึกในช่วงคลื่นแสงสีแดง
 B_4 = ข้อมูลจากดาวเทียมบันทึกในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

ข) คำนวณค่าดัชนีความเป็นดิน (Bare Soil Index; BI) ด้วยการนำข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM ที่บันทึกในช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงิน แสงสีเขียว แสงสีแดง อินฟราเรด และอินฟราเรดกลาง คำนวณโดยใช้สมการต่อไปนี้

$$BI = \frac{(B_5 + B_3) - (B_4 - B_1)}{(B_5 + B_3) + (B_4 + B_1)} \quad (2)$$

เมื่อ B_1 = ข้อมูลจากดาวเทียมบันทึกในช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงิน
 B_3 = ข้อมูลจากดาวเทียมบันทึกในช่วงคลื่นแสงสีแดง
 B_4 = ข้อมูลจากดาวเทียมบันทึกในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้
 B_5 = ข้อมูลจากดาวเทียมบันทึกในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น

ค) คำนวณค่าดัชนีความเป็นเงาของต้นไม้ (Shadow index; SI) ซึ่งค่าดัชนีนี้จะแปรผันตามเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของเรือนยอดไม้ โดยบริเวณที่มีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของเรือนยอดไม้สูง ค่าดัชนีความเป็นเงาไม้ก็จะสูงตามไปด้วย ค่าดัชนีความเป็นเงาไม้จะคำนวณด้วยการนำข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM ที่บันทึกในช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงิน แสงสีเขียว แสงสีแดง อินฟราเรด และอินฟราเรดกลาง คำนวณโดยใช้สมการต่อไปนี้

$$SI = \sqrt[3]{(256 - B_1)(256 - B_2)(256 - B_3)} \quad (3)$$

เมื่อ B_1 = ข้อมูลจากดาวเทียมบันทึกในช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงิน
 B_2 = ข้อมูลจากดาวเทียมบันทึกในช่วงคลื่นแสงสีเขียว
 B_3 = ข้อมูลจากดาวเทียมบันทึกในช่วงคลื่นแสงสีแดง

ง) คำนวณค่าดัชนีความร้อน (Thermal Index; T) ด้วยการนำข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM ที่บันทึกในช่วงคลื่นความร้อน หาค่าอุณหภูมิพื้นผิว (surface temperature) ด้วยการใช้สมการต่อไปนี้

$$T = \frac{K_2}{\left(\ln\left(\frac{K_1}{L+1}\right)\right)} \quad (4)$$

โดยที่
$$L = \frac{L_{\text{MIN}} + ((L_{\text{MAX}} - L_{\text{MIN}}) \times Q)}{255} \quad (5)$$

- เมื่อ
- T = อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวในหน่วยเคลวิน (Kelvin)
 - Q = ค่าการสะท้อนแสงข้อมูลภาพ (0 ถึง 255)
 - K_1 = ค่าคงที่เท่ากับ 666.09 watts / (meter squared x ster x μm)
 - K_2 = ค่าคงที่เท่ากับ 1,282.71 Kelvin
 - L_{MIN} = ค่าคงที่เท่ากับ 0.1238 watts / (meter squared x ster x μm)
 - L_{MAX} = ค่าคงที่เท่ากับ 1.500 watts / (meter squared x ster x μm)

จ) คำนวณค่าความหนาแน่นของพืชพรรณ (Vegetation Density; VD) โดยการนำค่าที่คำนวณจากค่าดัชนีความเป็นพืชพรรณและค่าดัชนีความเป็นดิน มาวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis; PCA) จากนั้นกำหนดค่าช่วงความหนาแน่นของพืชพรรณให้มีค่า 0 ถึง 100 เปอร์เซนต์โดยกำหนดให้ค่ามากที่สุดมีความหนาแน่นของพืชพรรณเท่ากับ 0 เปอร์เซนต์ และกำหนดให้ค่าน้อยที่สุดมีความหนาแน่นของพืชพรรณเท่ากับ 100 เปอร์เซนต์ (เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่าง AVI กับ BI จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี PCA มีสมการความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้าม)

ฉ) คำนวณค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาของต้นไม้ (Scaled Shadow Index; SSI) เป็นค่าที่พัฒนาจากค่า AVI กับค่า SI โดยที่หากค่า SSI มีค่าเท่ากับ 0 % จะมีความสอดคล้องกับป่าที่มีค่าความเป็นเงาต่ำ และหากค่า SSI มีค่าเท่ากับ 100 % จะมีความสอดคล้องกับป่าที่มีค่าความเป็นเงาสูงตามไปด้วย

ช) คำนวณค่าความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ (Forest Canopy Density; FCD) ด้วยการนำข้อมูลค่าความหนาแน่นของพืชพรรณ VD และข้อมูลค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาของต้นไม้ SSI มาคำนวณค่าความหนาแน่นเรือนยอดต้นไม้ด้วยสมการต่อไปนี้

$$FCD = \sqrt{VD + SSI + 1} - 1 \quad (6)$$

2.4.2 วิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ ที่ได้จากข้อมูลภาคสนาม อันได้แก่ เปอร์เซนต์การปกคลุมเรือนยอด ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพของต้นไม้ ปริมาณคาร์บอนในต้นไม้ และ

ปริมาณคาร์บอนในดิน กับช่วงชั้นความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ (FCD Class) ที่คำนวณจากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5-TM ด้วยโปรแกรม FCD Mapper

2.4.3 วิเคราะห์หามวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั่วทั้งพื้นที่ด้วยการใช้สมการความสัมพันธ์ที่ได้

2.4.4 จัดทำแผนที่มวลชีวภาพและแผนที่คาร์บอนของพื้นที่ศึกษา

3. การจัดประชุมรับฟังความคิดเห็นและจัดทำรายงาน

จัดประชุมรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรมป่าไม้ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย อาจารย์ ภาคเอกชน และผู้สนใจ เพื่อนำเสนอผลที่ได้จากการศึกษา และรับฟังความคิดเห็น

จัดทำรายงานโดยนำข้อเสนอแนะจากการประชุมรับฟังความคิดเห็น และข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงรายงาน

ผลการศึกษา

1. การพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงระดับประเทศ

จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงสำหรับกลไก REDD นั้น นักวิชาการส่วนใหญ่เสนอแนะว่าควรใช้วิธีการที่เรียบง่ายที่สุดเพื่อให้การติดตามและตรวจสอบสามารถทำได้ง่าย เนื่องจากประเทศกำลังพัฒนามักขาดข้อมูลพื้นฐาน หากกำหนดเส้นฐานอ้างอิงในรูปแบบที่ต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานจำนวนมาก อาจไม่สามารถดำเนินการได้ นอกจากนั้น SBSTA ยังได้ให้นิยามของคำว่า ระดับการปล่อยอ้างอิง (reference emission level, REL) หมายถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ภายในช่วงเวลาอ้างอิง (reference period) โดยให้ใช้สำหรับกลไก REDD แทนคำว่า เส้นฐานอ้างอิง (reference baseline) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้คำว่าระดับการปล่อยอ้างอิงแทนคำว่า เส้นฐานอ้างอิง เพื่อให้สอดคล้องกับการเจรจาและเป็นปัจจุบัน นอกจากนั้น ในการประชุม COP 15 ที่เมือง โคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก ยังได้มีการตกลงให้การกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิงเป็นการใช้ข้อมูลในอดีต ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ใช้วิธีการกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิงโดยการใช้ข้อมูลในอดีตแต่เพียงอย่างเดียว และใช้ช่วงระยะเวลาอ้างอิงอย่างน้อย 5 ปี และไม่เกิน 10 ปี ตามข้อเสนอแนะของนักวิชาการ โดยมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิงที่สำคัญ 2 ประเด็น ได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการสะสมคาร์บอนในพื้นที่ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 พื้นที่ป่าไม้และการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย

ประเทศไทยมีการสำรวจพื้นที่ป่าไม้เป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2504 จากการแปลภาพถ่ายทางอากาศ VAP 61 มาตราส่วน 1 : 50,000 พบว่ามีพื้นที่ป่าทั่วประเทศ 273,629 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 53.33 ของพื้นที่ประเทศ หลังจากนั้น พื้นที่ป่าไม้ก็ลดลงเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีรายงานล่าสุดในปี พ.ศ. 2549 พื้นที่ป่าไม้ลดลงเหลือ 158,653 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 30.92 ของพื้นที่ประเทศ (ตารางที่ 5)

กรมป่าไม้ ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ของประเทศไทยได้พยายามพัฒนาเทคนิควิธีการในการสำรวจพื้นที่ป่าไม้เพื่อให้มีความถูกต้องมากขึ้น นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 ได้มีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-1 ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NASA) มาตราส่วน 1 : 250,000 มาใช้ในการแปลตีความหมายพื้นที่ป่าไม้ประกอบการตรวจสอบภาคสนาม และได้มีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการสำรวจพื้นที่ป่าไม้เรื่อยมาจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-2, Landsat-3, Landsat-4 และ Landsat-5 ตามลำดับ ต่อมาในปี พ.ศ. 2543 ได้มีการปรับปรุงโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 (TM) มาตราส่วน 1 : 50,000 มาใช้ในการแปลตีความหมายประกอบการตรวจสอบภาคสนาม จากการใช้ภาพถ่ายที่มีมาตราส่วนที่ต่างกัน มีผลให้พื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2543 เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ได้สะท้อนสภาพความ

ตารางที่ 5. การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2504-2549

ปี พ.ศ.	พื้นที่ป่าไม้		พื้นที่ป่าไม้ที่ลดลง		พื้นที่ป่าไม้ที่ ปรับแก้ (ไร่)
	(ไร่)	(%)	(ไร่/ปี)	(%/ปี)	
2504	171,018,125.00	53.33			171,018,125.00
2516	138,566,875.00	43.21	2,704,270.83	0.84	164,639,531.95
2519	124,010,625.00	38.67	4,852,083.33	1.51	150,083,281.95
2521	109,515,000.00	34.15	7,247,812.50	2.26	135,587,656.95
2525	97,875,000.00	30.52	2,910,000.00	0.91	123,947,656.95
2528	94,291,250.00	29.40	1,194,583.33	0.37	120,363,906.95
2531	89,876,875.00	28.03	1,471,458.33	0.46	115,949,531.95
2532	89,635,625.00	27.95	241,250.00	0.08	115,708,281.95
2534	85,436,250.00	26.64	2,099,670.50	0.65	111,508,940.95
2536	83,471,250.00	26.03	992,830.50	0.31	109,523,279.95
2538	82,178,125.00	25.62	636,231.00	0.20	108,250,817.95
2541	81,076,250.00	25.28	367,244.33	0.11	107,149,084.95
2543	106,319,239.47	33.15	-9,926.37	-3.94	106,319,188.00
2547	104,744,360.00	32.66	393,714.25	0.12	104,744,331.00
2548	100,625,812.50	31.38	4,118,519.00	1.28	100,625,812.00
2549	99,157,868.75	30.92	1,467,944.00	0.46	99,157,868.00

ที่มา : กรมป่าไม้ (2550)

เป็นจริง เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้ยังคงลดลงอย่างต่อเนื่องหลังจากนั้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ จำเป็นต้องใช้สถิติของพื้นที่ป่าไม้ในอดีต ในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้ทำการปรับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ก่อนปี พ.ศ. 2543 โดยการกำหนดให้อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าในแต่ละช่วงเวลาคงที่ ทำให้ได้พื้นที่ป่าไม้ที่ปรับแก้ใหม่ดังแสดงในตารางที่ 5 สำหรับการแปลตีความหมายพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยนั้น กรมป่าไม้ได้ให้ความหมายในการแปลตีความว่า พื้นที่ป่าไม้ หมายถึง พื้นที่ป่าชนิดต่างๆ ได้แก่ ป่าดงดิบ ป่าสน ป่าชายเลน ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าเต็งรังแคะแกร็น ป่าพรุ ป่าชายเลน และป่าชายหาด เป็นต้น ไม่ว่าจะอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ป่าโครงการ และพื้นที่ที่ใหญ่กว่า 5 เฮกเตอร์ (31.25 ไร่) โดยมีเรือนยอดต้นไม้สูงอย่างน้อย 5 เมตร ปกคลุมมากกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ (กรมป่าไม้, 2550) ดังนั้น ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ จึงมีความแตกต่างจากนิยามของป่าไม้ที่ประเทศไทยให้ไว้

กับ UNFCCC คือ พื้นที่ป่าไม้หมายถึง พื้นที่ที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไร่ มีเรือนยอดของต้นไม้สูงกว่า 3 เมตร และมีการปกคลุมของเรือนยอดมากกว่าร้อยละ 30 ของพื้นที่

จากการวิเคราะห์อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยในอดีต พบว่า อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้มีความผันแปรแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ทั้งนี้อาจมีปัจจัยมาจากหลากหลายสาเหตุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานการณ์การเมืองและนโยบายของรัฐบาล เช่น การส่งเสริมการปลูกยางพารา หรือการให้สิทธิที่ทำกินกับราษฎร เป็นต้น โดยอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้สูงที่สุดในช่วงปี พ.ศ. 2521 เท่ากับร้อยละ 2.26 ต่อปี คิดเป็นพื้นที่ 7,247,812 ไร่ต่อปี และต่ำที่สุดในปี พ.ศ. 2532 เท่ากับร้อยละ 0.08 ต่อปี คิดเป็นพื้นที่ 241,250 ไร่ต่อปี ค่าเฉลี่ยของอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ตลอดระยะเวลา 45 ปี ที่มีการรายงานพื้นที่ป่าไม้เท่ากับร้อยละ 0.68 ต่อปี หรือคิดเป็นพื้นที่ 2,192,686 ไร่ต่อปี

จากการคำนวณอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้ช่วงละ 5 ปี และ 10 ปี ตามที่ได้มีผู้เสนอไว้ในการกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิง คือ ช่วงปี พ.ศ. 2533-2538 (ค.ศ. 1990-1995) พ.ศ. 2538-2543 (ค.ศ. 1995-2000) พ.ศ. 2543-2548 (ค.ศ. 2000-2005) พ.ศ. 2533-2543 (ค.ศ. 1990-2000) และปี พ.ศ. 2538-2548 (ค.ศ. 1995-2005) ได้ข้อมูลอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ดังแสดงในตารางที่ 6 โดยอัตราการลดลงของป่าสูงที่สุดระหว่างปี พ.ศ. 2543-2548 เท่ากับ ร้อยละ 0.36 และมีอัตราการลดลงของป่าไม้ต่ำที่สุดระหว่างปี พ.ศ. 2538-2543 เท่ากับร้อยละ 0.12

ตารางที่ 6. แสดงอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย (ร้อยละต่อปี) ในช่วงระยะเวลา 5 ปี และ 10 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2533-2548

ที่มา	ปี พ.ศ.				
	2533-2538	2538-2543	2543-2548	2533-2543	2538-2548
ข้อมูลสถิติป่าไม้ (2550)	0.33	0.12	0.36	0.23	0.24
ข้อมูล FAO (2007)	-	-	0.40	0.70	-

1.2 การกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย

ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้นั้น IPCC (2006) ได้เสนอแนะให้ใช้ค่ามวลชีวภาพของต้นไม้ในพื้นที่คูณด้วยค่าคงที่ของคาร์บอนในมวลชีวภาพ ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.47 สำหรับต้นไม้ และ 0.37 สำหรับเศษซากพืช แล้วคำนวณเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ด้วยการคูณด้วยค่าคงที่ เท่ากับ 44/12 ดังนั้น ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่จึงจำเป็นต้องทราบปริมาณมวล

ชีวภาพในพื้นที่ โดย IPCC (2006) ได้กำหนดให้แหล่งสะสมคาร์บอนในป่าไม้ประกอบด้วย มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน ไม้ตาย ซากพืช และคาร์บอนในดิน

กรมป่าไม้ได้มีการจำแนกป่าไม้ในการแปลภาพถ่ายดาวเทียมออกเป็น 6 ประเภทหลัก ได้แก่ ป่าดงดิบ ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าชายหาด ป่าสน และป่าอื่นๆ ซึ่งในป่าแต่ละประเภทนั้น ได้มีผู้ทำการศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพและสร้างสมการในการประเมินผลผลิตมวลชีวภาพไว้บ้างแล้ว ทั้งในสภาพป่าธรรมชาติและสวนป่า อย่างไรก็ตาม ปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินมีความผันแปรแตกต่างกันมากขึ้นอยู่กับชนิดป่า ชนิดพรรณไม้ที่เป็นองค์ประกอบของป่า ความหนาแน่นของต้นไม้ สภาพภูมิประเทศ ปัจจัยสิ่งแวดล้อม และการรบกวนของมนุษย์ โดยมีรายละเอียดปริมาณมวลชีวภาพในป่าชนิดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยโดยจำแนกตามชนิดป่า ได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7. ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินของป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทย เปรียบเทียบกับค่ากลาง (default) ที่กำหนดโดย IPCC (2006)

หน่วย: ตัน/ไร่

ชนิดป่าในประเทศไทย	มวลชีวภาพในประเทศไทย			ชนิดป่าตาม IPCC	มวลชีวภาพตาม IPCC		
	เหนือดิน	ใต้ดิน	รวม		เหนือดิน	ใต้ดิน	รวม
ป่าดงดิบ	38.12 ± 14.49	13.99 ± 8.17	52.11 ± 20.96	Rain forest	44.80	16.58	57.38
ป่าผสมผลัดใบ	29.88 ± 18.76	8.84 ± 5.56	38.73 ± 24.10	Moist deciduous forest	28.80	6.91	35.71
ป่าเต็งรัง	12.07 ± 3.49	3.38 ± 0.98	15.45 ± 4.46	Dry forest	20.80	5.82	26.62
ป่าชายหาด	18.69 ± 12.63	8.78 ± 5.94	27.47 ± 19.75	-	-	-	-
ป่าสน	15.36 ± 8.55	3.69 ± 2.05	19.05 ± 10.60	Mountain forest	21.60	5.83	25.43
ค่าเฉลี่ย	22.82 ± 10.87	7.74 ± 4.38	30.56 ± 15.01		29.00	8.79	37.79

ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือดินที่รวบรวมได้จากการศึกษาในประเทศไทย มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพที่เสนอโดย IPCC เนื่องจากค่าเฉลี่ยของ IPCC เป็นการรวบรวมจากประเทศต่างๆ ภายในภูมิภาค และการจำแนกระบบนิเวศของป่าอาจแตกต่างจากประเทศไทย ตัวอย่างเช่น ป่าเต็งรังในประเทศไทย อาจมีระบบนิเวศที่แตกต่างกับ dry forest ในการจำแนกของ IPCC ประเภทของป่าที่มีปริมาณมวลชีวภาพสูงที่สุด ได้แก่ ป่าดงดิบ มีปริมาณมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 52.11 ตันต่อไร่ และป่าเต็งรังมีปริมาณมวลชีวภาพต่ำที่สุดเท่ากับ 15.45 ตันต่อไร่ โดยมวลชีวภาพเหนือดินมีค่าสูงกว่ามวลชีวภาพใต้ดินประมาณ 2-4 เท่า อย่างไรก็ตาม ปริมาณมวลชีวภาพมีความผันแปรสูงมากแม้จะเป็นป่าชนิดเดียวกัน ดังนั้น การประเมินปริมาณมวลชีวภาพตามชนิดของป่าเพียงอย่างเดียวยังอาจมีความคลาดเคลื่อนสูง จำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบภาคสนามด้วย

สำหรับมวลชีวภาพในส่วนของไม้ตายนั้น ไม่ปรากฏว่ามีการศึกษาหรือรายงานในประเทศไทย ส่วนมวลชีวภาพของเศษซากพืชนั้น ส่วนวิชาการด้านไฟป่า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเชื้อเพลิงในป่าชนิดต่างๆ อันได้แก่ ใบไม้ กิ่งไม้ หญ้า และไม้พื้นล่าง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลมวลชีวภาพในส่วน of เศษซากพืชได้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 8 สำหรับมวลชีวภาพของเศษซากพืชนั้น IPCC (2006) ให้ค่ากลางในรูปของมวลชีวภาพของเชื้อเพลิงของชนิดป่าที่ใกล้เคียงกับประเทศไทยมากที่สุดคือป่าสะวันนาเขตร้อนมีค่าเท่ากับ 0.96 ตันต่อไร่

ตารางที่ 8. มวลชีวภาพของเศษซากพืชวัดในรูปของเชื้อเพลิง (fuel load) ของป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทย

ชนิดป่า	มวลชีวภาพเหนือของเศษซากพืช (ตัน/ไร่)			
	2549	2550	2551	ค่าเฉลี่ย
ป่าดิบชื้น ¹	0.638	0.927	0.944	0.836 ± 0.172
ป่าดิบเขา ¹		1.044	1.210	1.127 ± 0.117
ป่าผสมผลัดใบ ¹	0.422	0.439	0.661	0.507 ± 0.133
ป่าเต็งรัง ¹	0.637	0.653	0.617	0.636 ± 0.018
ป่าสน ²	-	-	-	0.779
ค่าเฉลี่ย	0.619 ± 0.147	0.768 ± 0.236	0.842 ± 0.241	0.777 ± 0.234

¹ ข้อมูลจากส่วนวิชาการด้านไฟป่า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

² คณินิจ (2539)

นอกจากการกักเก็บคาร์บอนในส่วนของพืชและเศษซากพืชแล้ว ในระบบนิเวศป่าไม้ยังมีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ในดินด้วย คาร์บอนที่สะสมอยู่ในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรีย์คาร์บอน เช่น สารประกอบฮิวมัส ซึ่งเป็นคาร์บอนที่เสถียรมากกว่าคาร์บอนที่อยู่ในมวลชีวภาพของพืช ปริมาณคาร์บอนในดินมีความผันแปรไปตามระดับความลึกของดิน ซึ่ง IPCC (2006) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าคาร์บอนในดินจะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดที่ระดับ 0-30 เซนติเมตร คาร์บอนที่อยู่ในดินที่ระดับลึกกว่า 30 เซนติเมตร จะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย ดังนั้น ในการคิดบัญชีการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดินจึงแนะนำให้คิดที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดินขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะการใช้ที่ดิน สภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพของดินนั้นๆ เป็นต้น

สำหรับพื้นที่ป่าไม้นั้น ปริมาณคาร์บอนมีความผันแปรแตกต่างกันไปตามชนิดป่า ลักษณะของพื้นที่ และสภาพภูมิอากาศ IPCC (2006) รายงานว่าปริมาณคาร์บอนในดินป่าไม้ถึงระดับความลึก 1 เมตร มีความผันแปรตั้งแต่ 3.2 ถึง มากกว่า 48 ตันคาร์บอนต่อไร่ การศึกษาปริมาณคาร์บอนในดินของประเทศไทยนั้น มีการศึกษาค่อนข้างน้อย ดังรายละเอียดที่รวบรวมในตารางที่ 2 ซึ่งเมื่อนำค่าที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยโดยจำแนกตามชนิดป่า ได้รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 9 ข้อมูลที่ศึกษาในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาปริมาณคาร์บอนถึงระดับความลึกที่ 100 เซนติเมตร โดยป่าดงดิบจะมีปริมาณคาร์บอนในดินสูงที่สุดเท่ากับ 38.30 ตันต่อไร่ และป่าเต็งรังมีปริมาณคาร์บอนในดินต่ำที่สุด เท่ากับ 8.16 ตันต่อไร่ สำหรับค่ากลางที่เสนอแนะโดย IPCC จะเป็นการสะสมคาร์บอนถึงระดับความลึกที่ 30 เซนติเมตรเท่านั้น และมีค่าความผันแปรขึ้นอยู่กับลักษณะของดินด้วย ดังนั้น ในการเลือกใช้ค่าใดจะต้องทราบข้อมูลพื้นฐานของดินในพื้นที่ด้วย ส่วนข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในดินอันเกิดเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่อื่นๆ นั้น ยังไม่มีข้อมูลรายงานในประเทศไทย

จากข้อมูลปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ทั้งส่วนที่อยู่เหนือดินและใต้ดิน (ตารางที่ 7) ปริมาณมวลชีวภาพในเศษซากพืช (ตารางที่ 8) และปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในดิน (ตารางที่ 9) ของป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทย สามารถคำนวณเป็นปริมาณคาร์บอนตามวิธีการของ IPCC (2006) ได้ผลแสดงการกักเก็บคาร์บอนของป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทยดังตารางที่ 10

ตารางที่ 9. ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทย เปรียบเทียบกับค่ากลาง (default) ที่กำหนดโดย IPCC (2006)

ข้อมูลของประเทศไทย		ข้อมูลตาม IPCC	
ชนิดป่า	คาร์บอนในดิน (ตัน/ไร่) ที่ระดับความลึก 0-1 เมตร	ชนิดป่า	คาร์บอนในดิน (ตัน/ไร่) ที่ระดับความลึก 0-0.3 เมตร
ป่าดงดิบ	38.20 ± 12.15	Tropical moist	6.24-10.40
ป่าผสมผลัดใบ	27.84 ± 3.72	Tropical dry	4.96-6.08
ป่าเต็งรัง	8.16		
ป่าชายหาด	28.16	Tropical wet	7.04-10.56
ป่าสน	24.08 ± 4.19	Tropical montane	5.44-14.08*
เฉลี่ย	25.29 ± 10.91		5.92-10.28

*เป็นตัวเลขที่ประเมินจากป่าเขตนาว

1.3 การประเมินการปล่อยคาร์บอนเนื่องจากการทำลายป่าในประเทศไทย

จากข้อมูลการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในตารางที่ 5 และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนต่อหน่วยพื้นที่ในตารางที่ 10 ทำให้สามารถประเมินปริมาณการปล่อยคาร์บอนเนื่องจากการทำลายป่า โดยการนำพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงคูณด้วยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนต่อหน่วยพื้นที่ โดยมีสมมติฐานว่าปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้และเศษซากพืชจะถูกปล่อยออกมาทั้งหมดเมื่อป่าไม้ถูกทำลาย โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 15.35 ตันคาร์บอนต่อไร่ ส่วนปริมาณคาร์บอนในดินจะไม่นำมาคิดประเมินการปล่อยคาร์บอนในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากคาร์บอนที่อยู่ในดินไม่ได้ถูกปล่อยออกมาทั้งหมด แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และประเทศไทยยังขาดข้อมูลสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากดินอันเนื่องจากการทำลายป่า

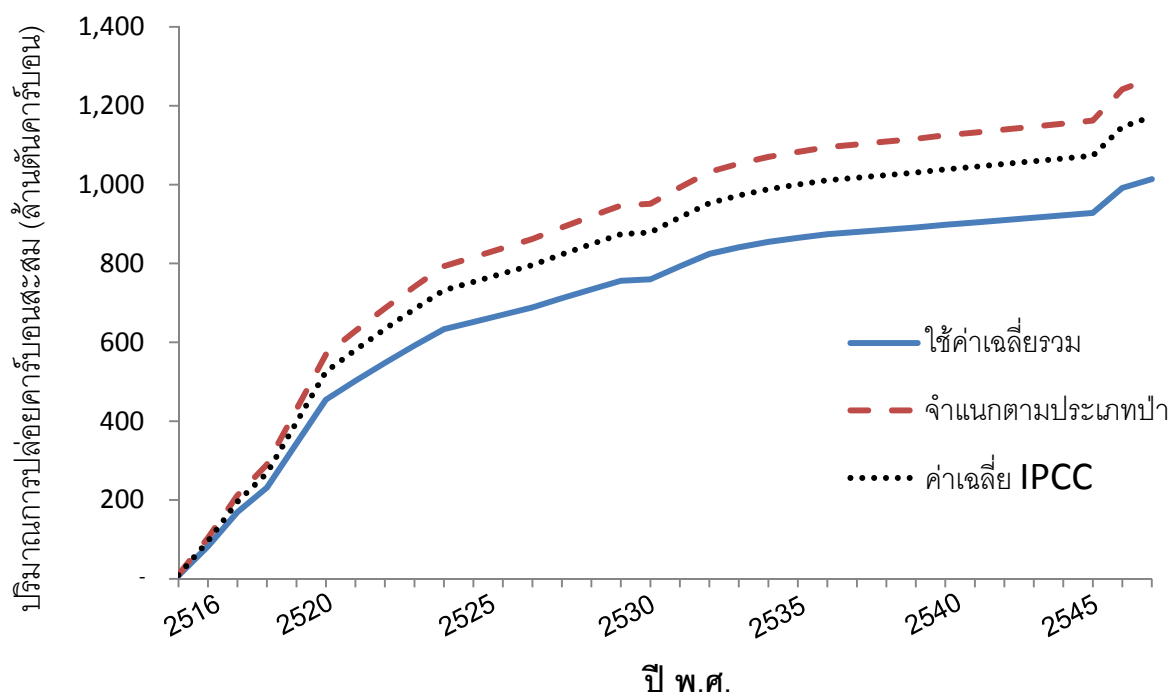
ตารางที่ 10. มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนรวมของป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทย

ชนิดป่า	มวลชีวภาพ (ตัน/ไร่)			คาร์บอน (ตัน/ไร่)			คาร์บอนรวมใน พืชพรรณ (ตัน/ไร่)	คาร์บอนในดิน (ตัน/ไร่)	คาร์บอนรวม ทั้งหมด (ตัน/ไร่)
	ส่วนเหนือดิน	ส่วนใต้ดิน	เศษซากพืช	ส่วนเหนือดิน	ส่วนใต้ดิน	เศษซากพืช			
ป่าดงดิบ	38.12	13.99	1.40	19.67	6.92	0.37	26.96	38.20	65.16
ป่าผสมผลัดใบ	29.88	8.84	0.51	14.79	4.39	0.19	19.37	27.84	47.21
ป่าเต็งรัง	12.07	3.38	0.64	6.09	1.71	0.24	8.04	8.16	16.20
ป่าชายหาด	18.69	8.78	-	8.79	4.13	-	12.92	28.16	41.08
ป่าสน	15.36	3.69	0.78	7.22	1.73	0.29	9.24	24.08	33.32
ค่าเฉลี่ย	22.82	7.74	0.83	11.31	3.77	0.27	15.35	25.29 ¹	40.64
ค่าเฉลี่ย IPCC	29.00	8.79	0.96	13.63	4.13	0.34	18.10	8.10 ²	26.20

หมายเหตุ ¹ ปริมาณคาร์บอนถึงระดับความลึก 1 เมตร

² ปริมาณคาร์บอนถึงระดับความลึก 30 เซนติเมตร

ภาพที่ 4 แสดงปริมาณการปล่อยคาร์บอนสะสมอันเนื่องมาจากการทำลายป่า เมื่อประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 53.33 ในปี พ.ศ. 2504 เหลือเพียงร้อยละ 30.92 ในปี พ.ศ. 2549 โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงความแตกต่างเมื่อมีการใช้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่แตกต่างกัน คือ การใช้ค่ากลางของ IPCC การใช้ค่าเฉลี่ยรวมของประเทศโดยไม่มีการจำแนกชนิดป่า และการใช้ค่าเฉลี่ยโดยจำแนกตามชนิดของป่า ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อมีการจำแนกปริมาณการกักเก็บคาร์บอนตามชนิดป่า จะทำให้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนเนื่องจากการทำลายป่าสูงที่สุด เนื่องจากการจำแนกชนิดป่า ทำให้การประเมินคาร์บอนมีความละเอียดมากขึ้น ในขณะที่การใช้ค่าเฉลี่ยรวมของประเทศจะทำให้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนน้อยที่สุด



ภาพที่ 4. ปริมาณการปล่อยคาร์บอนสะสมจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยเมื่อวิเคราะห์จากข้อมูลมวลชีวภาพที่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์พบว่า ประเทศไทยสูญเสียคาร์บอนทั้งหมดเนื่องจากการทำลายป่าในช่วงระยะเวลา 45 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504-2549 เท่ากับ 1,172, 1,013 และ 1,270 ล้านตันคาร์บอน หรือคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4,297, 3,714 และ 4,656 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อประเมินด้วยค่ากลางของ IPCC ค่าเฉลี่ยของประเทศ และการจำแนกตามชนิดป่า ตามลำดับ เมื่อนำอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าในช่วงระยะเวลา 5 ปี และ 10 ปี ในตารางที่ 6 มาวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีในแต่ละกรณีเพื่อใช้ในการกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิงได้ผลดังแสดงในตารางที่ 11 จะเห็น

ได้ว่า การใช้ข้อมูลมวลชีวภาพโดยมีการจำแนกตามชนิดของป่าจะทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด และการใช้อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในช่วงปี พ.ศ. 2543-2548 ซึ่งมีอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าเท่ากับร้อยละ 0.36 จะทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด เท่ากับ 85.35 ล้านตันต่อปี ในขณะที่การใช้ข้อมูลมวลชีวภาพเฉลี่ยโดยไม่มีการจำแนกชนิดป่า และใช้อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าในช่วงปี พ.ศ. 2538-2543 ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.12 จะทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำที่สุด เท่ากับ 21.66 ล้านตันต่อปี การกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิงที่มีค่าสูง จะก่อให้เกิดประโยชน์กับประเทศที่เข้าร่วมกลไก REDD

ตารางที่ 11. ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีวิเคราะห์ตามอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในช่วงเวลา 5 ปี และ 10 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2533-2548

อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในแต่ละช่วงเวลา (%/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ล้านตัน/ปี)		
	ข้อมูล IPCC	ใช้ค่าเฉลี่ยของประเทศ	จำแนกตามชนิดป่า
พ.ศ. 2533-2538 (0.33 %)	68.92	59.56	78.24
พ.ศ. 2538-2543 (0.12 %)	25.06	21.66	28.45
พ.ศ. 2543-2548 (0.36 %)	75.19	64.98	85.35
พ.ศ. 2533-2543 (0.23 %)	48.04	41.51	54.53
พ.ศ. 2538-2548 (0.24 %)	50.12	43.32	56.90

1.4 การคาดการณ์การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย

เนื่องจากกลไก REDD เกี่ยวข้องกับการลดลงของอัตราการทำลายป่าภายหลังจากที่มีการดำเนินการเกี่ยวกับ REDD ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการคาดการณ์การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (multiple regression) ด้วยการรวบรวมปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำลายป่า จากรายงานของ Geist and Lambin (2001) ซึ่งได้รวบรวมสาเหตุที่ก่อให้เกิดการทำลายป่าในเขตร้อนนั้น เขาได้สรุปว่าสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดการทำลายป่าเนื่องมาจากความต้องการปัจจัยพื้นฐาน 3 ประการได้แก่ ความต้องการพื้นที่เกษตรกรรม ความต้องการใช้ไม้ และความต้องการด้านสาธารณสุขโลก โดยมีปัจจัยขับเคลื่อนที่ก่อให้เกิดความต้องการพื้นฐานเหล่านี้เพิ่มมากขึ้นได้แก่ การเพิ่มขึ้นของประชากร การเติบโตทางเศรษฐกิจ นโยบายของรัฐบาล ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี ตลอดจนวัฒนธรรมและสังคม สำหรับประเทศไทย ก็ได้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำลายป่าในหลายการศึกษา เช่น Panayotou and Sangsuwan (1989) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำลายป่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่า การเพิ่มขึ้นของประชากร ราคาไม้ ผลผลิตถั่วลิสงมวลรวม

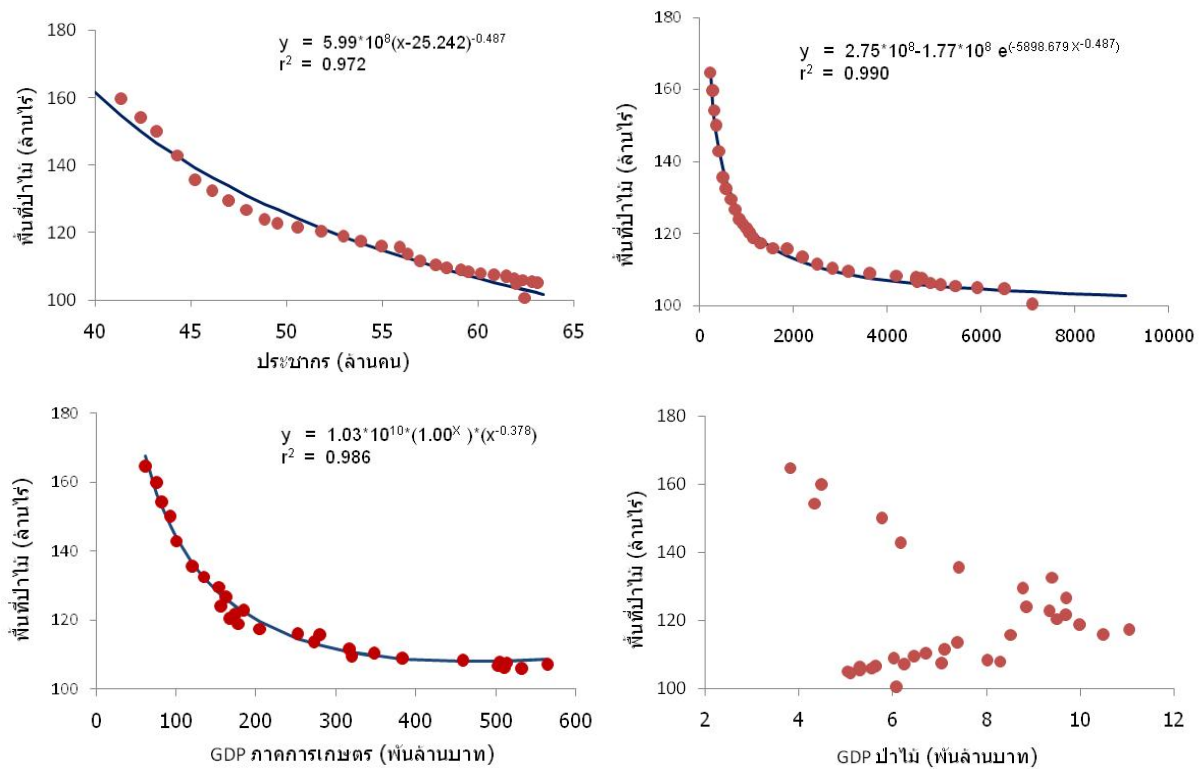
ภายในประเทศ (GDP) ในระดับจังหวัด ความหนาแน่นของถนน และผลผลิตข้าว ล้วนเป็นปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำลายป่าไม้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tongpan *et al.* (1990) ซึ่งศึกษาในระดับจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสรุปว่า GDP ต่อประชากร การเพิ่มขึ้นของประชากร และราคามันสำปะหลัง มีผลต่อการทำลายป่าไม้

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ป่าไม้และปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น พบว่า จำนวนประชากร ค่า GDP รวม และค่า GDP ภาคการเกษตร มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพื้นที่ป่าไม้ (ภาพที่ 5) ในขณะที่ GDP ภาคป่าไม้ ไม่มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ป่าไม้ หลังจากนั้น จึงได้นำปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด คือ จำนวนประชากร ค่า GDP ภาคการเกษตร และ ค่า GDP รวม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 90.4 % และสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

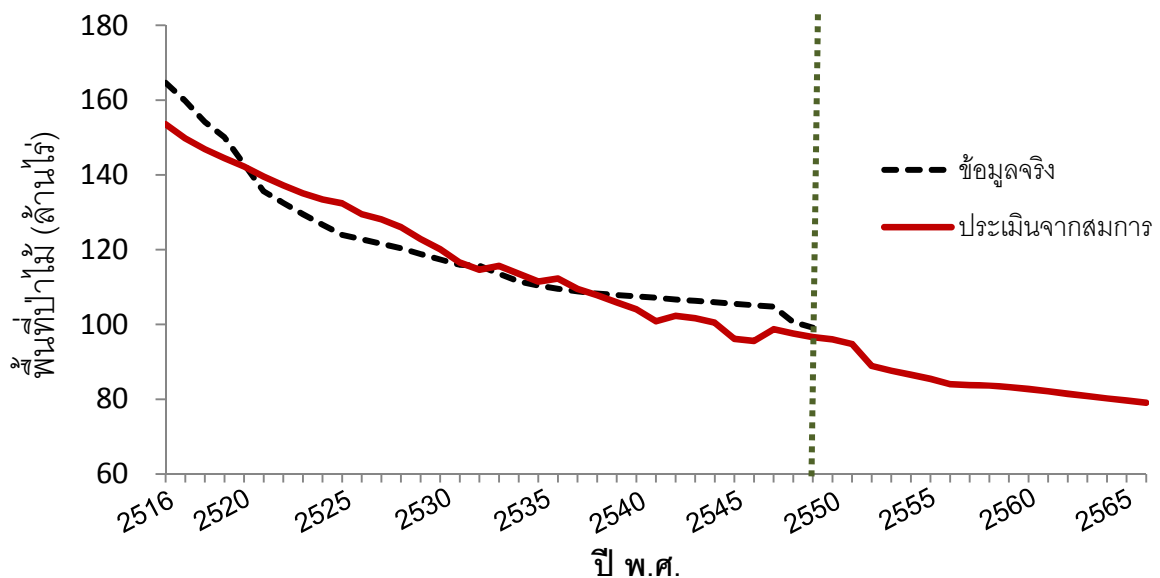
$$\text{Forest} = 262.71 - 2.746\text{E-}06 \text{ Pop} + 25.94 \log \text{gdpTotal} - 28.85 \log \text{gdpAgri}$$

เมื่อ Forest = พื้นที่ป่าไม้ (ไร่)
 Pop = ประชากร (คน)
 gdpTotal = ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (บาท)
 gdpAgri = ผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคการเกษตร (บาท)

จากสมการถดถอยเชิงพหุคูณระหว่างพื้นที่ป่าไม้ กับจำนวนประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคการเกษตร และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ เมื่อนำมาใช้ประเมินพื้นที่ป่าไม้ในอนาคตข้างหน้าอีก 10 ปี ได้พื้นที่ป่าไม้ดังแสดงในภาพที่ 6 พบว่า เมื่อใช้จำนวนประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ และผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคการเกษตรของปี พ.ศ. 2563 ที่ได้จากการคาดการณ์ มาประเมินเป็นพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2563 แล้ว ประเทศไทยจะมีพื้นที่ป่าไม้เหลือเพียง 25.21 % โดยมีอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้เฉลี่ยร้อยละ 0.22 ต่อปี ซึ่งอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในอนาคตมีค่าต่ำกว่าอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าในอดีต ซึ่งคำนวณในแต่ละช่วงเวลา ยกเว้นในช่วงปี พ.ศ. 2538-2543 ซึ่งมีอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าเพียงร้อยละ 0.12



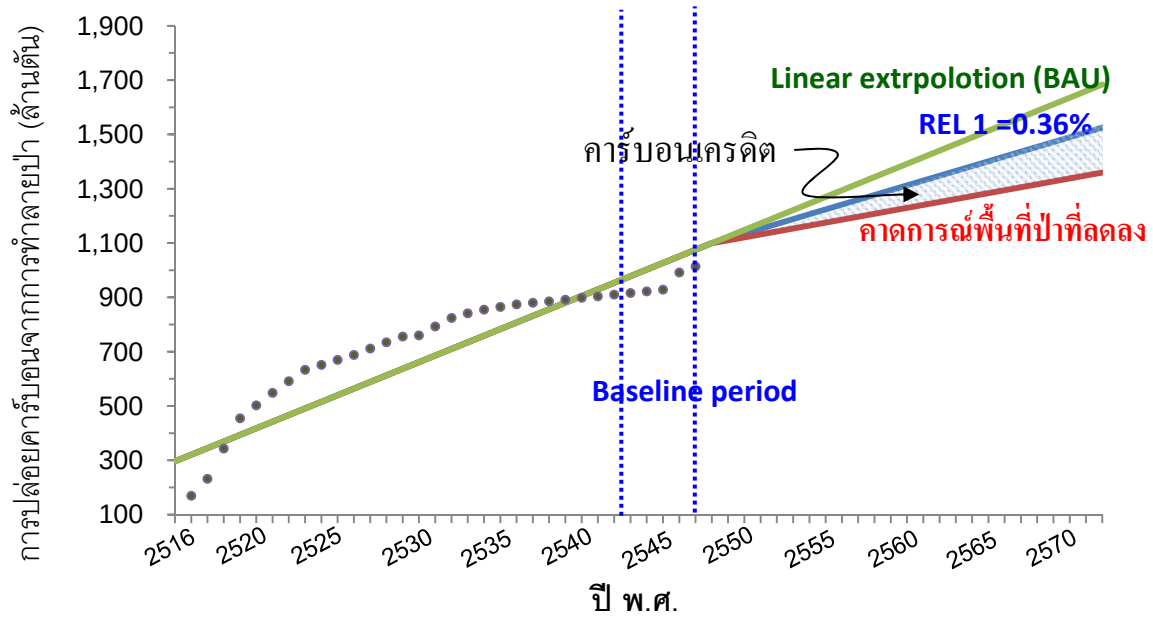
ภาพที่ 5. สมการการถดถอยเชิงเส้นระหว่างพื้นที่ป่าไม้ จำนวนประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคการเกษตร และผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคป่าไม้



ภาพที่ 6. การประเมินการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ถึงปี พ.ศ. 2563 จากปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการทำลายป่า

1.5 ระดับการปล่อยอ้างอิงที่เหมาะสม

จากข้อมูลปริมาณการปล่อยคาร์บอนสะสมในอดีตตั้งแต่มีการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ในภาพที่ 4 หากลากเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยคาร์บอนสะสมและเวลา จะได้เส้นความสัมพันธ์ที่เรียกว่าเป็นการดำเนินงานตามปกติ (business as usual, BAU) ดังแสดงในภาพที่ 7 โดยมีระดับการปล่อยอ้างอิง (REL) ในช่วงเวลาต่างๆ ตามที่กำหนดในตารางที่ 11 หากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในอนาคตเป็นไปตามที่คาดการณ์ดังแสดงในภาพที่ 6 ความแตกต่างที่เกิดขึ้นคือคาร์บอนเครดิตที่ประเทศไทยจะได้รับ ตัวอย่างเช่น หากประเทศไทยกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิงในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2548 หมายความว่าประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยของการลดลงของพื้นที่ป่าปีละ 1.15 ล้านไร่ หรือมีระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 64.98 ล้านตัน และในอนาคตหากประเทศไทยสามารถลดอัตราการทำลายป่าเหลือเพียงปีละร้อยละ 0.22 ตามที่คาดการณ์ แสดงว่าการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยจะลดลงเหลือเพียงปีละ 0.71 ล้านไร่ หรือมีระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 39.74 ล้านตัน แสดงว่าประเทศไทยสามารถรักษาพื้นที่ป่าไว้ได้ 0.44 ล้านไร่ต่อปีจากการลดลงตามปกติ หรือคิดเป็นระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 25.29 ล้านตัน ทั้งนี้เมื่อประเมินโดยใช้ค่าเฉลี่ยของประเทศเป็นสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ ซึ่งคิดเป็นคาร์บอนเครดิตเมื่อมีการกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิงต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 12 จะเห็นได้ว่า การกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิงโดยใช้ค่าเฉลี่ยการลดลงของพื้นที่ป่าระหว่างปี พ.ศ. 2543-2548 (ค.ศ. 2000-2005) จะทำให้ประเทศไทยได้รับประโยชน์มากที่สุด คิดเป็นปริมาณคาร์บอนเครดิต 25.29 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี หากกำหนดให้ราคาคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 10 เหรียญสหรัฐหรืออเมริกาต่อตัน หรือประมาณ 300 บาทต่อตัน จะคิดเป็นเงินทั้งสิ้น 7,585 ล้านบาท ซึ่งจากรายงานของ Stern Review on the Economics of Climate Change ได้ประเมินว่าต้นทุนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้ลงครึ่งหนึ่งภายในปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) มีมูลค่าอยู่ระหว่าง 17 พันล้าน ถึง 33 พันล้านเหรียญสหรัฐหรืออเมริกาต่อปี (Stern, 2007) ในขณะที่การใช้ระดับการปล่อยอ้างอิงโดยใช้ค่าเฉลี่ยการลดลงของพื้นที่ป่าระหว่างปี พ.ศ. 2538-2543 (ค.ศ. 1995-2000) นั้น ประเทศไทยจะไม่ได้ประโยชน์จาก REDD เนื่องจากคาดการณ์อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าที่จะเกิดขึ้นในอีก 10 ปีข้างหน้ามีค่าสูงกว่าระดับการปล่อยอ้างอิง ซึ่งหากต้องการทำให้ได้รับคาร์บอนเครดิตในสถานการณ์ดังกล่าว รัฐบาลจะต้องใช้ความพยายามสูงมากในการป้องกันการทำลายป่า



ภาพที่ 7. แสดงความแตกต่างระหว่างระดับการปล่อยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าระหว่างปี พ.ศ. 2543-2548 และระดับการปล่อยจากการคาดการณ์การลดลงของพื้นที่ป่าในอนาคตของประเทศไทย หรือเครดิตที่ประเทศไทยจะได้รับจาก REDD

ตารางที่ 12. เปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนเครดิตที่ประเทศไทยจะได้รับจากกลไก REDD ภายในช่วงเวลาอ้างอิงต่างๆ

ช่วงเวลาอ้างอิง	พื้นที่ป่าที่ลดได้ (ไร่/ปี)	เครดิตที่ได้ (ตัน CO ₂ /ปี)	คิดเป็นเงิน (ล้านUS\$)	คิดเป็นเงิน (ล้านบาท)
พ.ศ. 2533-2538	356,541.85	20,080,436.85	200.80	6,024.13
พ.ศ. 2538-2543	-320,696.89	-18,061,648.70	-	-
พ.ศ. 2543-2548	448,975.64	25,286,308.19	252.86	7,585.89
พ.ศ. 2533-2543	32,609.69	1,806,164.87	18.06	541.85
พ.ศ. 2538-2548	64,139.38	3,612,329.74	36.12	1,083.70

2. การพัฒนาด้านเทคนิควิธีการในระดับโครงการ

2.1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Land Use/Land Cover) ของพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 13 แสดงรายละเอียดดัชนีภาพของข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM Path 131 Row 47 มาตราส่วน 1:50,000 ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาคือ กลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ซึ่งอยู่ในท้องที่อำเภอแม่แจ่ม อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอแม่สะเรียง อำเภอแม่ออน จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งใช้ในการศึกษาจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในการศึกษาค้างนี้

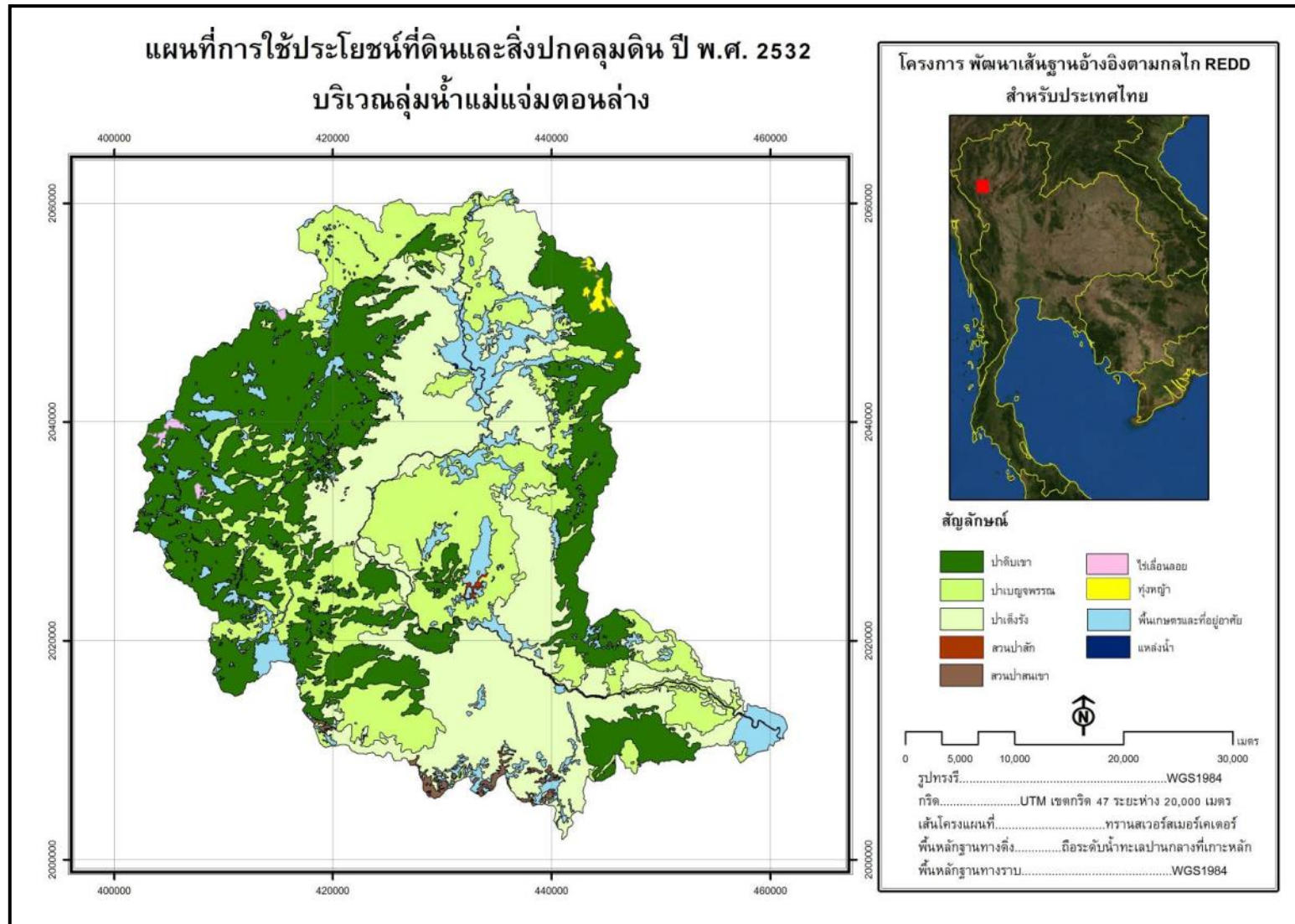
ตารางที่ 13 รายละเอียดข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM ที่ใช้ในการศึกษาการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณกลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

ลำดับที่	วันที่บันทึกข้อมูลภาพ (Acquisition Date)	ดัชนีภาพที่ (Path/Row)
1	3 ธันวาคม พ.ศ. 2552	131/47
2	26 มิถุนายน พ.ศ. 2552	131/47
3	1 มกราคม พ.ศ. 2547	131/47
4	6 มกราคม พ.ศ. 2542	131/47
5	8 มกราคม พ.ศ. 2537	131/47
6	10 มกราคม พ.ศ. 2532	131/47

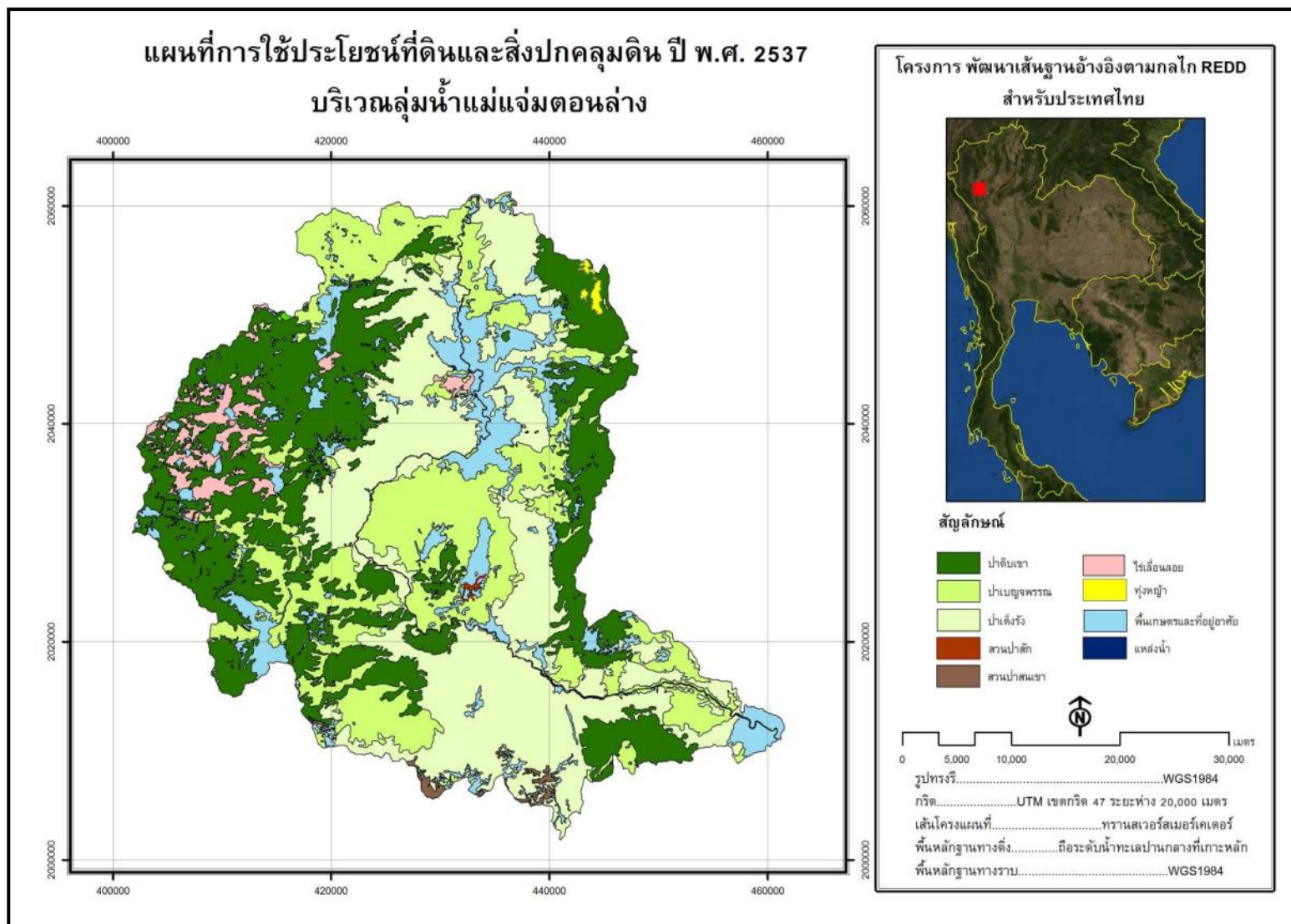
ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา ตั้งแต่ พ.ศ. 2532-2552 สามารถจำแนกได้เป็น 9 ประเภท ได้แก่ ป่าดิบเขา ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ทุ่งหญ้า สวนป่าสัก สวนป่าสนเขา พื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย ไร่เลื่อนลอย และแหล่งน้ำ ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 14 ภาพที่ 8, 9, 10, 11 และ 12 โดยครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 1,207,812.60 ไร่ หรือ 1,932.50 ตารางกิโลเมตร สิ่งปกคลุมดินที่มีสัดส่วนมากที่สุดคือป่าดิบเขา รองลงมาคือ ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ ตามลำดับ ในขณะที่สวนป่าสัก เป็นสิ่งปกคลุมดินที่มีสัดส่วนน้อยที่สุด และไร่เลื่อนลอยเป็นรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด

ตารางที่ 14. แสดงขนาดพื้นที่ของประเภทการใช้ที่ดินที่ได้จากการแปลตีความข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 - TM ของข้อมูลเมื่อปี พ.ศ. 2532, 2537, 2542, 2547 และ 2552 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

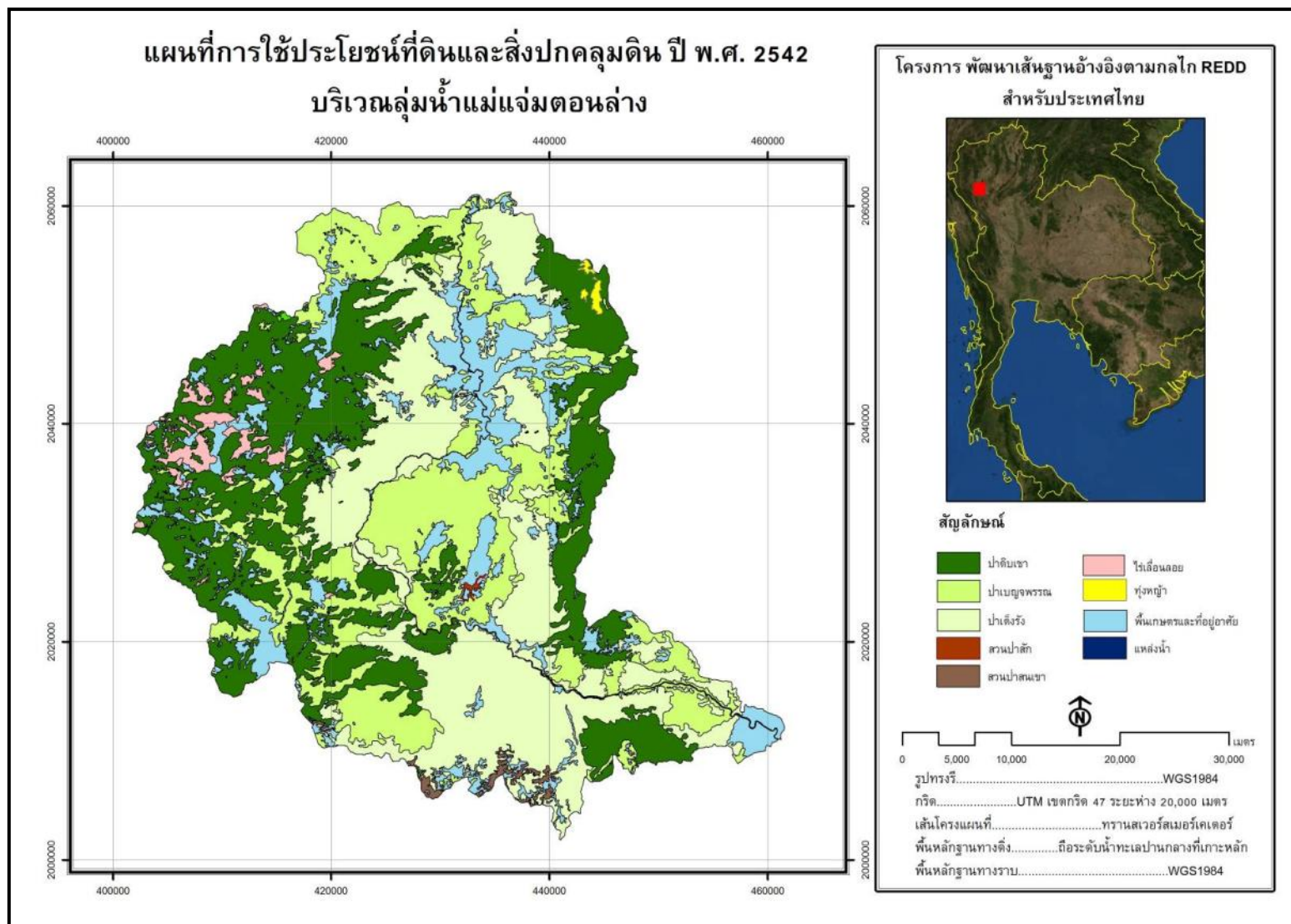
ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่									
	ปี 2532		ปี 2537		ปี 2542		ปี 2547		ปี 2552	
	ตร.กม.	ไร่	ตร.กม.	ไร่	ตร.กม.	ไร่	ตร.กม.	ไร่	ตร.กม.	ไร่
ป่าดิบเขา	651.47	407,165.87	603.49	377,183.22	591.49	369,678.41	590.34	368,964.32	576.11	360,426.45
ป่าเบญจพรรณ	486.31	303,944.90	459.42	287,139.10	456.23	285,144.30	451.32	282,077.96	429.07	268,170.29
ป่าเต็งรัง	589.71	368,569.41	577.72	361,075.69	556.04	347,525.45	554.57	346,607.00	535.69	334,805.05
สวนป่าสัก	1.22	763.58	1.33	831.16	1.33	831.21	1.35	841.53	1.35	841.28
สวนป่าสนเขา	10.30	6,438.59	8.41	5,255.85	11.35	7,095.17	11.35	7,095.17	10.64	6,652.73
ไร่เลื่อนลอย	3.67	2,295.93	52.96	33,101.86	36.92	23,078.08	39.44	24,650.36	9.81	6,130.67
พื้นที่เกษตรกรรมและที่ อยู่อาศัย	179.10	111,938.38	219.75	137,343.46	269.68	168,548.19	274.66	171,664.86	359.73	224,828.56
ทุ่งหญ้า	4.88	3,051.54	3.51	2,194.61	3.51	2,194.61	3.51	2,194.61	3.51	2,194.61
แหล่งน้ำ	5.83	3,644.41	5.90	3,688.09	5.95	3,716.37	5.95	3,716.36	6.02	3,762.96
รวม	1,932.50	1,207,812.60	1,932.50	1,207,813.04	1,932.50	1,207,811.80	1,932.50	1,207,812.17	1,932.50	1,207,812.59



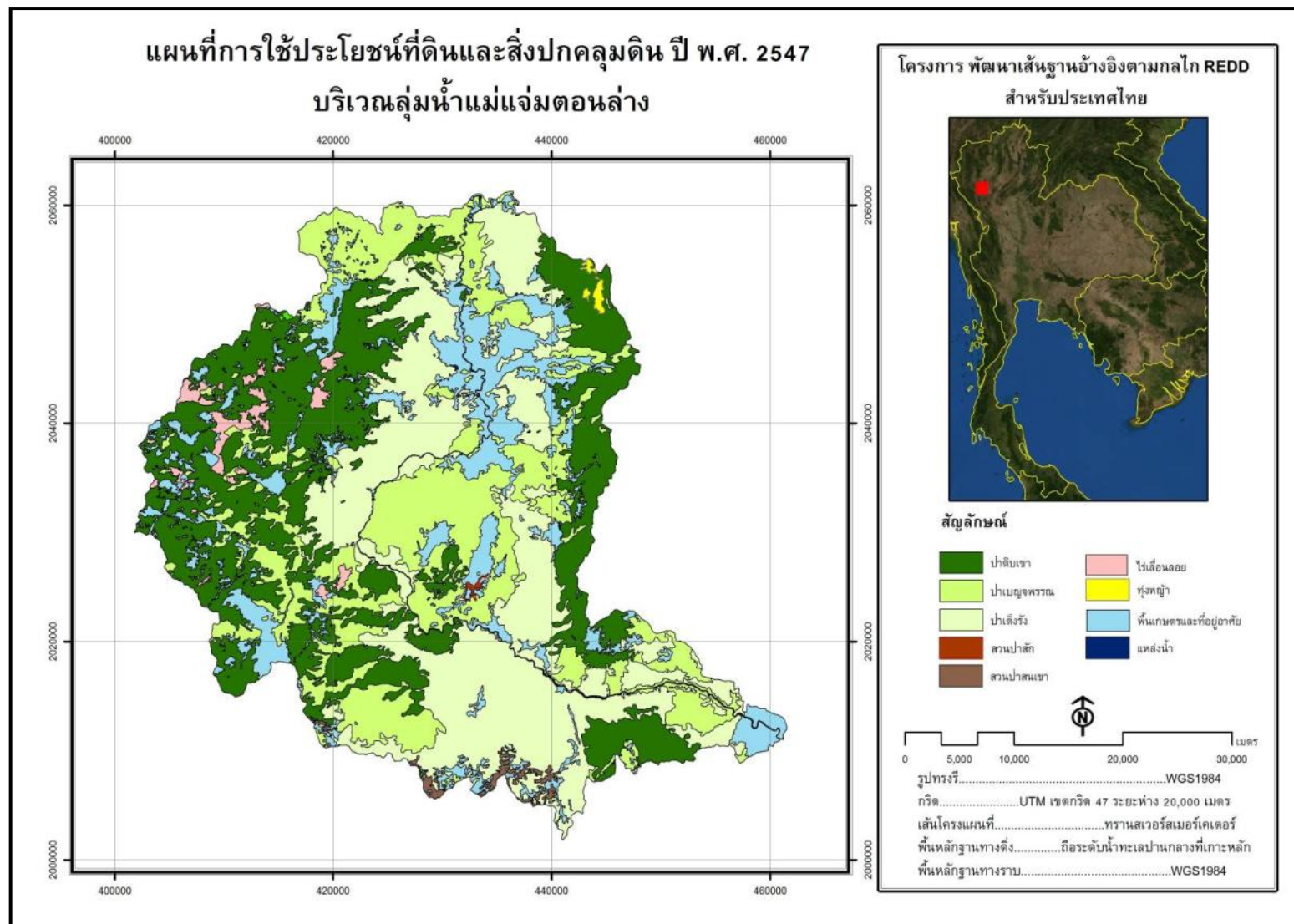
ภาพที่ 8. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2532 บริเวณพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง



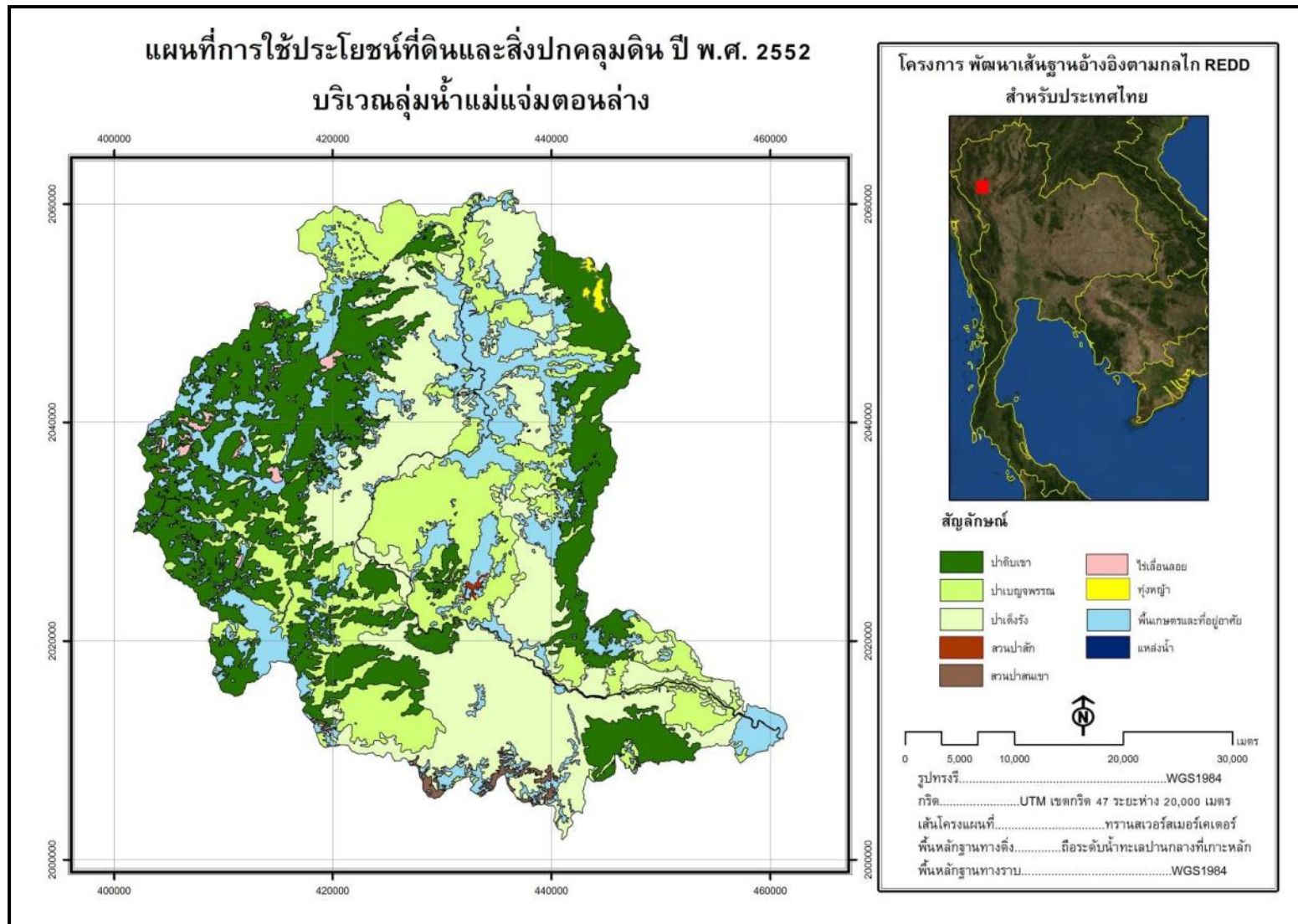
ภาพที่ 9. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2537 บริเวณพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง



ภาพที่ 10. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2542 บริเวณพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง



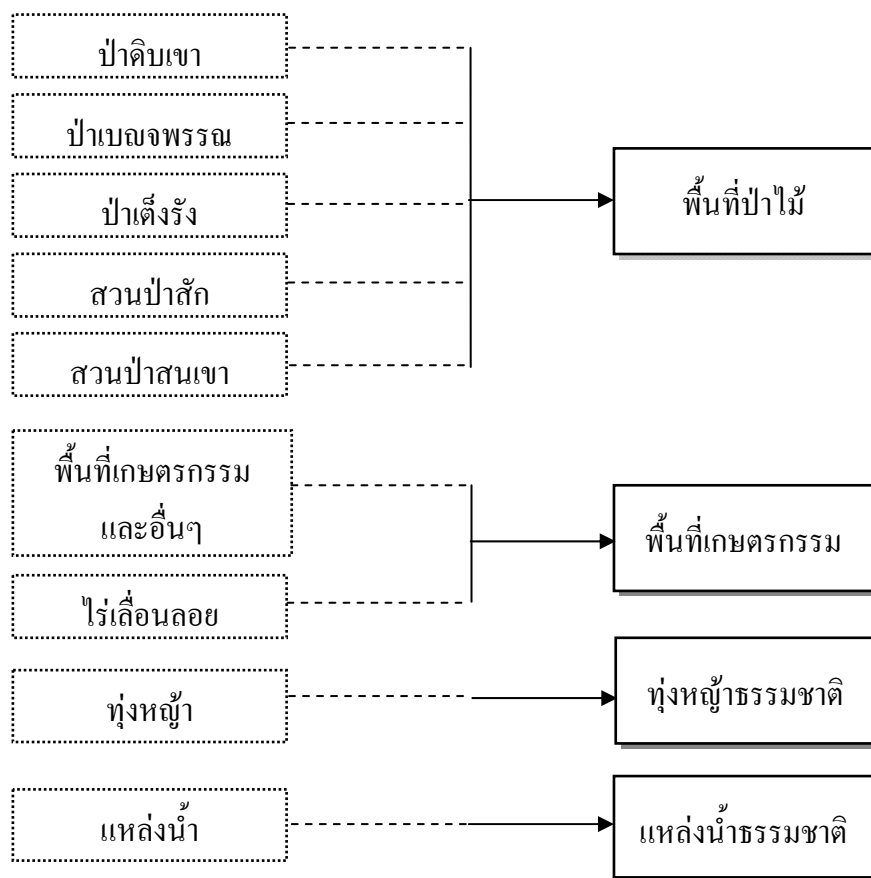
ภาพที่ 11. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547 บริเวณพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง



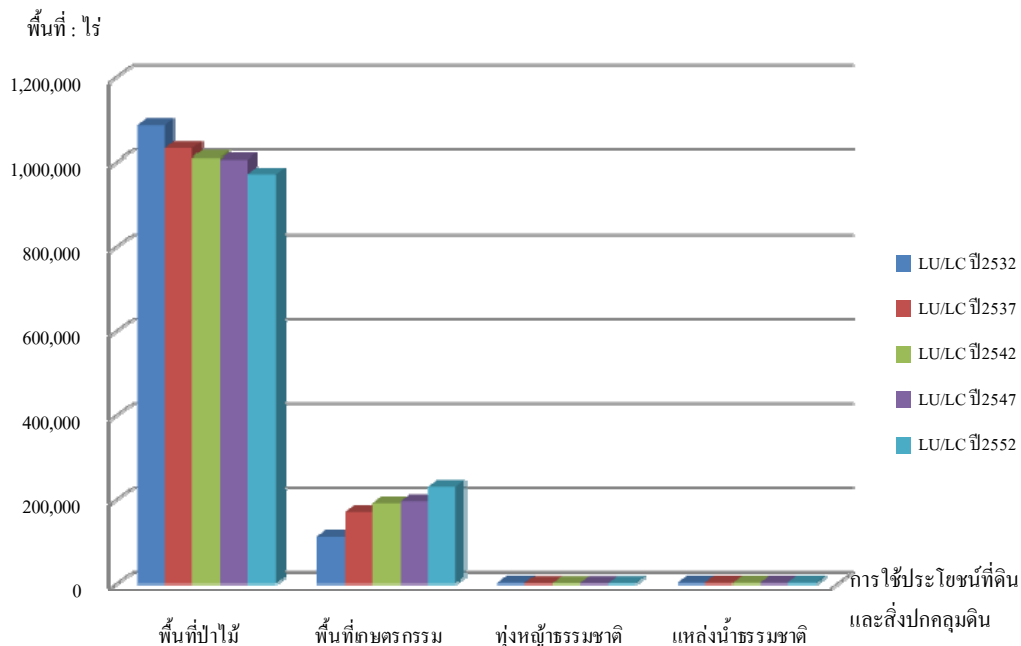
ภาพที่ 12. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 บริเวณพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

2.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Change Detection Analysis)

ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 – 2552 ได้ทำการรวมประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่จำแนกในหัวข้อ 2.1 ให้เหลือ 4 ประเภทหลัก เพื่อให้สอดคล้องกับการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ของ IPCC และสะดวกในการวิเคราะห์ผล ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรมและอื่นๆ ท่งหญ้าธรรมชาติ และแหล่งน้ำธรรมชาติ ดังแสดงในภาพที่ 13 และได้ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทั้ง 4 ประเภทในบริเวณพื้นที่ศึกษา ตั้งแต่ พ.ศ. 2532-2552 ดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 13. แสดงการรวมกลุ่มประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง



ภาพที่ 14. แผนภูมิแสดงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน 4 ประเภท ในปี พ.ศ. 2532, 2537, 2542, 2547 และ 2552

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2532 – 2552 โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง (Change Detection) ผลจากการวิเคราะห์แปลตีความด้วยภาพถ่ายข้อมูลจากดาวเทียม จากการแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ระดับ คือ การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลา ช่วงเวลาละ 5 ปี คือระหว่างปี พ.ศ. 2532-2537, พ.ศ. 2537-2542, พ.ศ. 2542-2547 และ พ.ศ. 2547-2552 และการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงเวลาละ 10 ปี คือระหว่างปี พ.ศ. 2532-2542 และ พ.ศ. 2542-2552 ได้ผลการวิเคราะห์จำแนกได้ดังนี้

2.2.1 การติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงเวลาละ 5 ปี

การติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ในช่วงปี พ.ศ. 2532-2552 โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลา ช่วงเวลาละ 5 ปี คือระหว่างปี พ.ศ. 2532-2537, พ.ศ. 2537-2542, พ.ศ. 2542-2547 และ พ.ศ. 2547-2552 ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 15 ตารางที่ 16 และภาพที่ 15 โดยมีรายละเอียดในภาพรวมดังนี้

พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ป่าไม้ที่ยังคงสภาพเดิมอยู่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง มีพื้นที่ 923,346.88 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 76.45 ของพื้นที่ศึกษา และพื้นที่ป่าไม้ที่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่รวม 163,563.28 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 13.54 โดยมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดมีพื้นที่ 163,457.81 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 13.53 และแหล่งน้ำธรรมชาติ 105.47 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.009 ตามลำดับ

ตารางที่ 15. การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม
ตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2532 - 2552 โดยแบ่งออกเป็นช่วงระยะห่างช่วงละ 5 ปี

ลำดับที่	รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.					พื้นที่		
	2532	2537	2542	2547	2552	ตร.กม.	ไร่	ร้อยละ
1	F	F	F	F	F	1,477.36	923,346.88	76.448
2	F	F	F	F	A	67.07	41,916.02	3.470
3	F	F	F	F	W	0.07	44.14	0.004
4	F	F	F	A	F	5.08	3,174.22	0.263
5	F	F	F	A	A	9.11	5,692.97	0.471
6	F	F	A	F	F	3.64	2,274.61	0.188
7	F	F	A	F	A	2.20	1,373.44	0.114
8	F	F	A	A	F	14.54	9,087.89	0.752
9	F	F	A	A	A	32.36	20,224.22	1.674
10	F	F	W	W	A	0.01	7.42	0.001
11	F	F	W	W	W	0.04	23.44	0.002
12	F	A	F	F	F	13.58	8,488.28	0.703
13	F	A	F	F	A	5.60	3,502.34	0.290
14	F	A	F	A	F	1.32	827.73	0.069
15	F	A	F	A	A	2.95	1,841.02	0.152
16	F	A	A	F	F	2.06	1,285.55	0.106
17	F	A	A	F	A	3.24	2,026.95	0.168
18	F	A	A	A	F	7.26	4,537.50	0.376
19	F	A	A	A	A	91.50	57,188.28	4.735
20	F	A	A	A	W	0.02	9.38	0.001
21	F	W	W	W	F	0.02	10.16	0.001
22	F	W	W	W	W	0.04	27.73	0.002
23	A	F	F	F	F	19.26	12,038.28	0.997
24	A	F	F	F	A	7.09	4,431.64	0.367
25	A	F	F	A	F	0.36	226.17	0.019
26	A	F	F	A	A	0.87	544.14	0.045
27	A	F	A	F	F	0.16	102.73	0.009
28	A	F	A	F	A	0.57	353.13	0.029
29	A	F	A	A	F	0.41	255.86	0.021
30	A	F	A	A	A	8.80	5,500.00	0.455
31	A	A	F	F	F	2.69	1,680.08	0.139
32	A	A	F	F	A	1.80	1,127.73	0.093

ตารางที่ 15. (ต่อ)

ลำดับที่	รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.					พื้นที่		
	2532	2537	2542	2547	2552	ตร.กม.	ไร่	ร้อยละ
33	A	A	F	A	F	0.65	407.81	0.034
34	A	A	F	A	A	0.27	170.31	0.014
35	A	A	A	F	F	0.62	390.23	0.032
36	A	A	A	F	A	0.60	374.22	0.031
37	A	A	A	A	F	3.12	1,947.66	0.161
38	A	A	A	A	A	135.34	84,588.67	7.004
39	A	A	A	A	W	0.05	33.20	0.003
40	A	W	W	W	A	0.03	19.92	0.002
41	G	F	F	F	F	1.37	855.86	0.071
42	G	G	G	G	G	3.51	2,195.31	0.182
43	W	A	A	A	A	0.02	13.28	0.001
44	W	W	W	W	A	0.01	7.03	0.001
45	W	W	W	W	W	5.81	3,630.86	0.301
รวม						1,932.49	1,207,804.30	100.000

หมายเหตุ : F = พื้นที่ป่าไม้ A = พื้นที่เกษตรกรรมและอื่นๆ G = หุ่นยนต์ธรรมชาติ W = แหล่งน้ำธรรมชาติ

ตารางที่ 16. แสดงพื้นที่ (ไร่) และอัตรา (%) ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 – 2552 วิเคราะห์โดยใช้ช่วงระยะห่าง 5 ปี

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน		การเปลี่ยนแปลงพื้นที่			
		2532-2537	2537-2542	2542-2547	2547-2552
พื้นที่ป่าไม้	(ไร่)	-55,397.33	-21,210.48	-4,688.56	-34,690.18
	(ร้อยละ)	-4.59	-1.75	-0.39	-2.87
พื้นที่เกษตรกรรม	(ไร่)	56,211.01	21,180.95	4,688.95	34,644.01
	(ร้อยละ)	4.65	1.74	0.39	2.87
หุบเขาธรรมชาติ	(ไร่)	-856.93	0.00	0.00	0.00
	(ร้อยละ)	-0.07	0.00	0.00	0.00
แหล่งน้ำธรรมชาติ	(ไร่)	43.68	28.28	0.01	46.60
	(ร้อยละ)	0.004	0.002	0.000	0.004

หมายเหตุ: เครื่องหมาย – แสดงว่าพื้นที่ลดลง

พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เกษตรกรรมที่ยังคงดำเนินการอยู่ มีพื้นที่ 84,588.67 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7.00 ของพื้นที่ศึกษา และพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่รวม 29,603.13 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.45 โดยมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด มีพื้นที่ 29,550 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.45 และแหล่งน้ำธรรมชาติ 53.13 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.004 ตามลำดับ

ทุ่งหญ้าธรรมชาติ ทุ่งหญ้าธรรมชาติที่ยังคงสภาพเดิมอยู่ มีพื้นที่ 2,195.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.182 ของพื้นที่ศึกษา และมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่ 855.86 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.071

แหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งน้ำธรรมชาติที่ยังคงสภาพเดิมอยู่ มีพื้นที่ 3,630.86 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.30 ของพื้นที่ศึกษา และมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและอื่นๆ มีพื้นที่ 20.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.002

การเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2532-2537

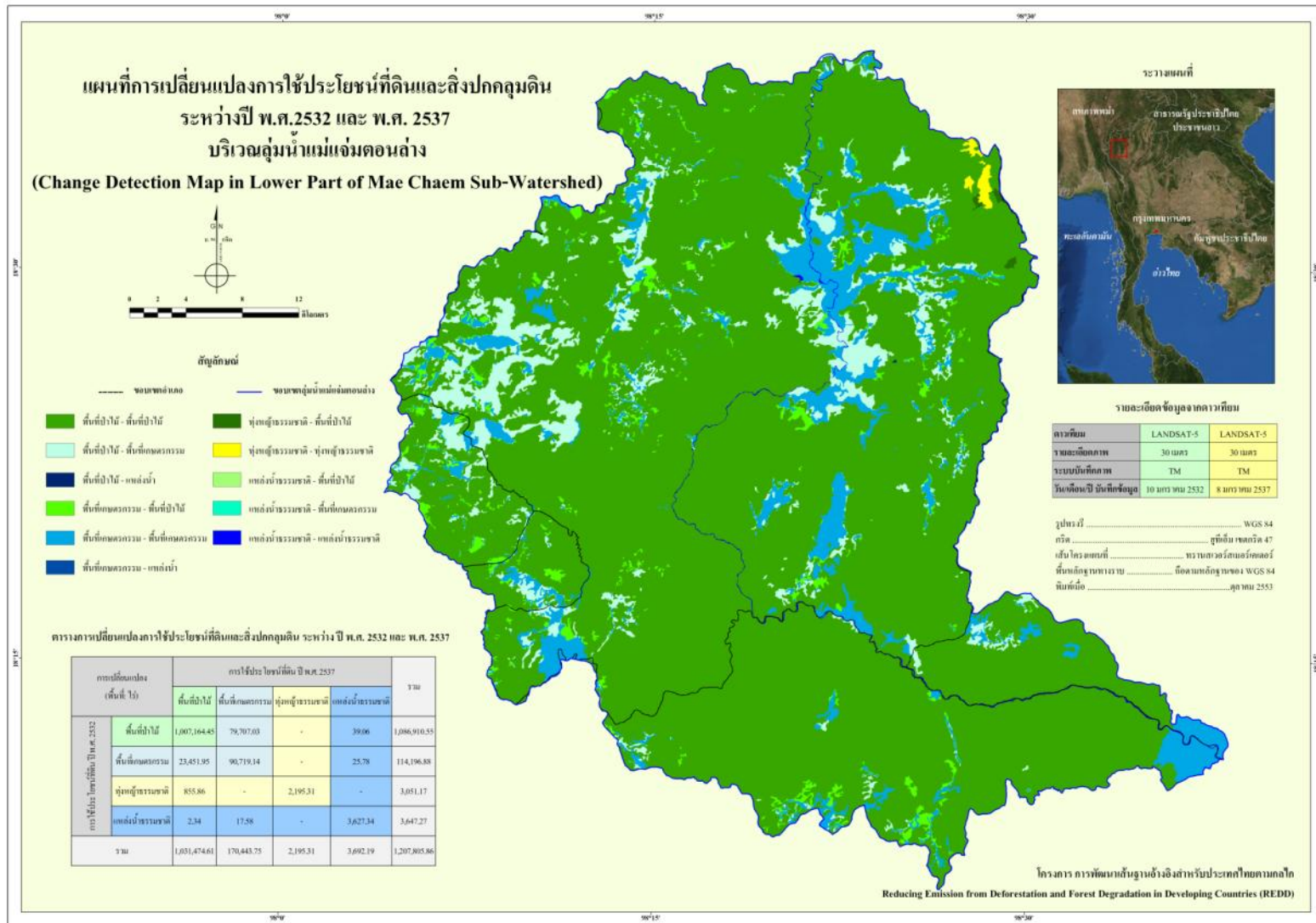
การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2532 และ พ.ศ. 2537 สามารถสรุปได้ดัง ภาพที่ 16 และตารางที่ 17 โดยมีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ป่าไม้ มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และแหล่งน้ำธรรมชาติ คิดเป็นพื้นที่ 79,707.03 และ 39.06 ไร่ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม้ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 1,007,164.45 ไร่

พื้นที่เกษตรกรรม มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ และแหล่งน้ำธรรมชาติ คิดเป็นพื้นที่ 23,451.95 และ 25.78 ไร่ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 90,719.14 ไร่

ทุ่งหญ้าธรรมชาติ มีการเปลี่ยนแปลงจากทุ่งหญ้าธรรมชาติไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 855.86 ไร่ และทุ่งหญ้าธรรมชาติที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 2,195.31 ไร่

แหล่งน้ำธรรมชาติ มีการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งน้ำธรรมชาติไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 17.58 และ 2.34 ไร่ ตามลำดับ ส่วนแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 3,627.34 ไร่



ภาพที่ 16. แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2532 และ พ.ศ. 2537 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

ตารางที่ 17. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2532 – 2537 ผลจากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม 2 ช่วงเวลา

		การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2537				รวม
		พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	แหล่งน้ำธรรมชาติ	
การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2532	พื้นที่ป่าไม้	1,007,164.45	79,707.03	-	39.06	1,086,910.55
	พื้นที่เกษตรกรรม	23,451.95	90,719.14	-	25.78	114,196.88
	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	855.86	-	2,195.31	-	3,051.17
	แหล่งน้ำธรรมชาติ	2.34	17.58	-	3,627.34	3,647.27
รวม		1,031,474.61	170,443.75	2,195.31	3,692.19	1,207,805.86

การเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2537-2542

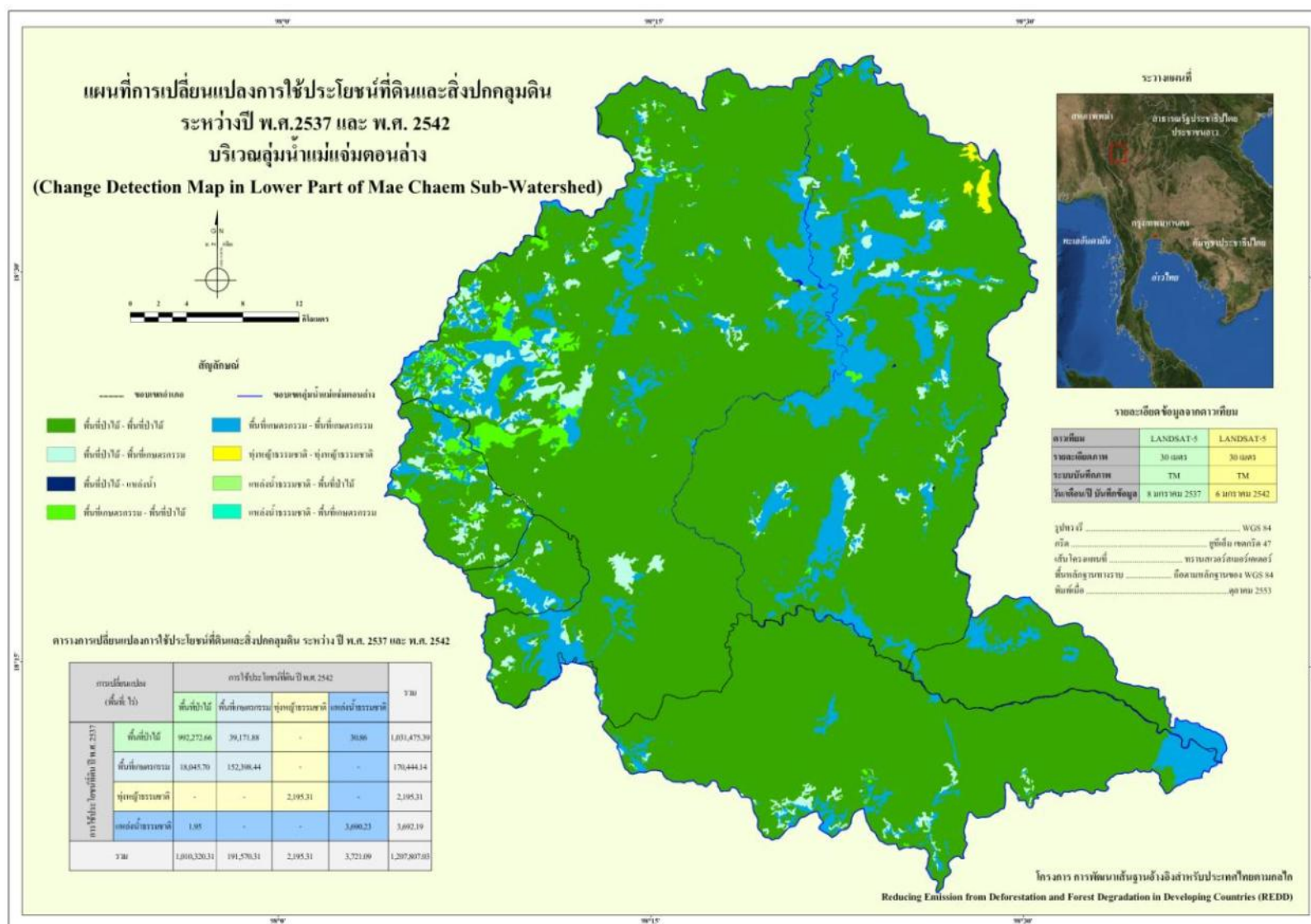
การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2537 และ พ.ศ. 2542 สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 17 และตารางที่ 18 โดยมีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ป่าไม้ มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และแหล่งน้ำธรรมชาติ คิดเป็นพื้นที่ 39,171.88 และ 30.86 ไร่ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม้ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 992,272.66 ไร่

พื้นที่เกษตรกรรม มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 18,045.70 ไร่ และพื้นที่เกษตรกรรมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 152,398.44 ไร่

ทุ่งหญ้าธรรมชาติ มีพื้นที่ 2,195.31 ไร่ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากทุ่งหญ้าธรรมชาติไปเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น

แหล่งน้ำธรรมชาติ มีการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งน้ำธรรมชาติไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 1.95 ไร่ และแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 3,690.23 ไร่



ภาพที่ 17. แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2537 และ พ.ศ. 2542 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

ตารางที่ 18. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2537 – 2542 ผลจากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม 2 ช่วงเวลา

		การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2542				รวม
		พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	แหล่งน้ำธรรมชาติ	
การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2537	พื้นที่ป่าไม้	992,272.66	39,171.88	-	30.86	1,031,475.39
	พื้นที่เกษตรกรรม	18,045.70	152,398.44	-	-	170,444.14
	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	-	-	2,195.31	-	2,195.31
	แหล่งน้ำธรรมชาติ	1.95	-	-	3,690.23	3,692.19
รวม		1,010,320.31	191,570.31	2,195.31	3,721.09	1,207,807.03

การเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2542-2547

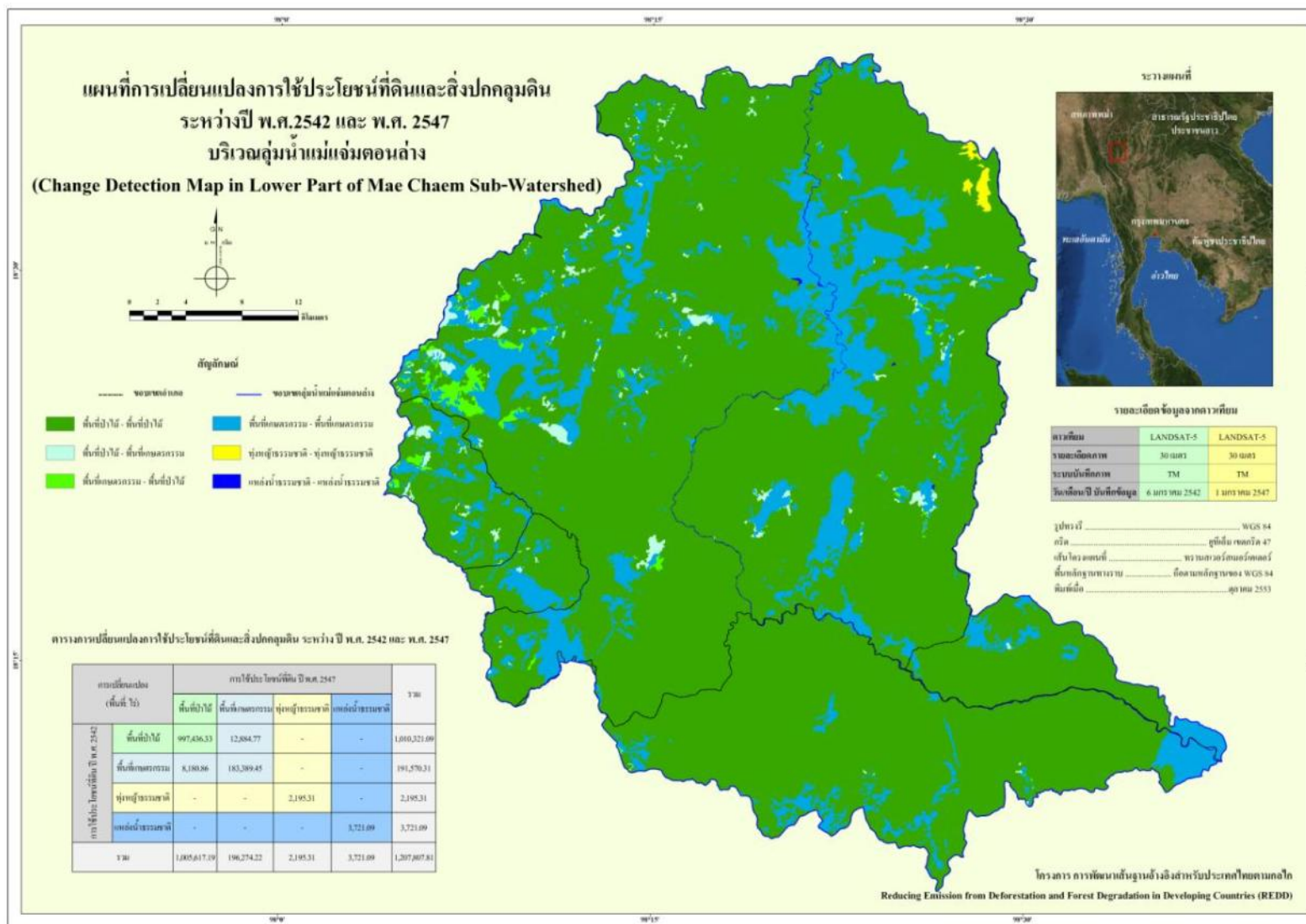
การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2547 สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 18 และตารางที่ 19 โดยมีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ป่าไม้ มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม คิดเป็นพื้นที่ 12,884.77 ไร่ และพื้นที่ป่าไม้ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 997,436.33 ไร่

พื้นที่เกษตรกรรม มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 8,180.86 และพื้นที่เกษตรกรรมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 183,389.45 ไร่

ทุ่งหญ้าธรรมชาติ มีพื้นที่ 2,195.31 ไร่ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากทุ่งหญ้าธรรมชาติไปเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น

แหล่งน้ำธรรมชาติ มีพื้นที่ 3,721.09 ไร่ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งน้ำธรรมชาติไปเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น



ภาพที่ 18. แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2547 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

ตารางที่ 19. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2547 ผลจากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม 2 ช่วงเวลา

		การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2547				รวม
		พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	แหล่งน้ำธรรมชาติ	
การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2542	พื้นที่ป่าไม้	997,436.33	12,884.77	-	-	1,010,321.09
	พื้นที่เกษตรกรรม	8,180.86	183,389.45	-	-	191,570.31
	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	-	-	2,195.31	-	2,195.31
	แหล่งน้ำธรรมชาติ	-	-	-	3,721.09	3,721.09
รวม		1,005,617.19	196,274.22	2,195.31	3,721.09	1,207,807.81

การเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2547-2552

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2552 สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 19 และตารางที่ 20 โดยมีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ป่าไม้ มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และแหล่งน้ำธรรมชาติ คิดเป็นพื้นที่ 55,105.47 และ 48.05 ไร่ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม้ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 950,462.50 ไร่

พื้นที่เกษตรกรรม มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ และแหล่งน้ำธรรมชาติ คิดเป็นพื้นที่ 20,465.23 และ 46.48 ไร่ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 175,762.50 ไร่

ทุ่งหญ้าธรรมชาติ มีพื้นที่ 2,195.31 ไร่ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากทุ่งหญ้าธรรมชาติไปเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น

แหล่งน้ำธรรมชาติ มีการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งน้ำธรรมชาติไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 35.55 และ 11.33 ไร่ ตามลำดับ ส่วนแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 3,674.22 ไร่

ตารางที่ 20. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2547 – 2552 ผลจากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม 2 ช่วงเวลา

		การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552				รวม
		พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	แหล่งน้ำธรรมชาติ	
การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2547	พื้นที่ป่าไม้	950,462.50	55,105.47	-	48.05	1,005,616.02
	พื้นที่เกษตรกรรม	20,465.23	175,762.50	-	46.48	196,274.22
	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	-	-	2,195.31	-	2,195.31
	แหล่งน้ำธรรมชาติ	11.33	35.55	-	3,674.22	3,721.09
รวม		970,939.06	230,903.52	2,195.31	3,768.75	1,207,806.64

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงเวลาละ 10 ปี

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ในช่วงปี พ.ศ. 2532-2552 โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงเวลาละ 10 ปี คือระหว่างปี พ.ศ. 2532-2542 และ พ.ศ. 2542-2552 ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 21 ตารางที่ 22 และ ภาพที่ 20 โดยมีรายละเอียดในภาพรวมดังนี้

พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ป่าไม้ที่ยังคงสภาพเดิมอยู่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 935,837.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 77.48 ของพื้นที่ศึกษา และพื้นที่ป่าไม้ที่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่รวม 151,074.61 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.51 โดยมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดมีพื้นที่ 150,959.77 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.50 และแหล่งน้ำธรรมชาติ 114.84 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลง พบว่าในช่วงระยะเวลา 10 ปีแรก พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ลดลงอย่างมากโดยในปี พ.ศ. 2542 พื้นที่ป่าลดลง 76,591.02 ไร่ คิดเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงร้อยละ 0.70 ต่อปี ในช่วง 10 ปีหลัง อัตราการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าลดลงคือ ปี พ.ศ. 2552 พื้นที่ป่าลดลง 39,380.86 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.39 ต่อปี

พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เกษตรกรรมที่ยังคงดำเนินการอยู่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 90,814.84 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7.52 ของพื้นที่ศึกษา และพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่รวม 23,375.78 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.94 โดยมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด มีพื้นที่ 23,322.66 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.93 และแหล่งน้ำธรรมชาติ 53.13 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.004 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลง พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีอัตราการเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ ในช่วงระยะ 10 ปีแรก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 - พ.ศ. 2542 พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นอย่างมากมายมีพื้นที่ 77,373.43 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.78 ต่อปี และในช่วง 10 ปีหลัง พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น 39,333.21 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.05 ต่อปี

ทุ่งหญ้าธรรมชาติ ทุ่งหญ้าธรรมชาติที่ยังคงสภาพเดิมอยู่ มีพื้นที่ 2,195.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.18 ของพื้นที่ศึกษา และมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่ 855.86 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.07 เมื่อพิจารณาอัตราการลดลงพบว่าทุ่งหญ้าธรรมชาติมีอัตราการลดลงเฉพาะในช่วงระยะ 10 ปีแรก คิดเป็นร้อยละ 2.81 หลังจากนั้นจนถึงปัจจุบันไม่ปรากฏว่ามีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ทุ่งหญ้าธรรมชาติเกิดขึ้น

แหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งน้ำธรรมชาติที่ยังคงสภาพเดิมอยู่ มีพื้นที่ 3,630.86 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.30 ของพื้นที่ศึกษา และมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและอื่นๆ มีพื้นที่ 20.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.002 เมื่อพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลง พบว่า แหล่งน้ำธรรมชาติ มีอัตราการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยในช่วงระยะ 10 ปีแรก (พ.ศ. 2542) พื้นที่เพิ่มขึ้น 73.82 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.20 ต่อปี และในช่วงระยะ 10 ปีหลัง (พ.ศ. 2552) มีพื้นที่ เพิ่มขึ้น 47.66 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.13 ต่อปี

ตารางที่ 21. การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2532 - 2552 โดยแบ่งออกเป็นช่วงระยะห่างช่วงละ 10 ปี

ลำดับที่	รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.			พื้นที่		
	2532	2542	2552	ตร.กม.	ไร่	ร้อยละ
1	F	F	F	1,497.34	935,837.50	77.482
2	F	F	A	84.72	52,952.73	4.384
3	F	F	W	0.07	44.14	0.004
4	F	A	F	27.50	17,185.55	1.423
5	F	A	A	129.30	80,812.89	6.691
6	F	A	W	0.02	9.38	0.001
7	F	W	F	0.02	10.16	0.001
8	F	W	A	0.01	8.59	0.001
9	F	W	W	0.08	51.17	0.004
10	A	F	F	22.96	14,352.34	1.188
11	A	F	A	10.04	6,273.83	0.519
12	A	A	F	4.31	2,696.48	0.223
13	A	A	A	145.30	90,814.84	7.519
14	A	A	W	0.05	33.20	0.003
15	A	W	A	0.03	19.92	0.002
16	G	F	F	1.37	855.86	0.071

ตารางที่ 21. (ต่อ)

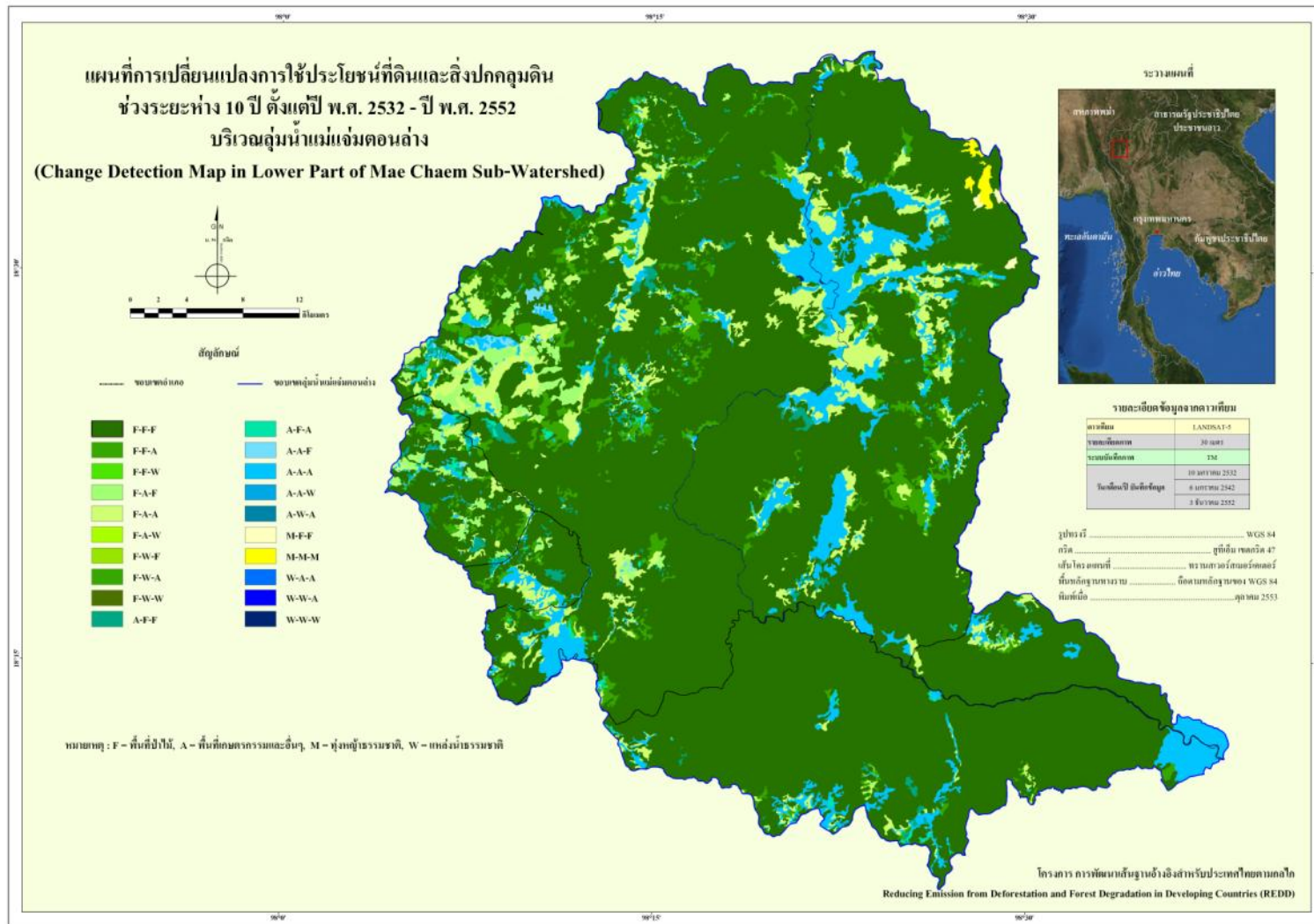
ลำดับที่	รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.			พื้นที่		
	2532	2542	2552	ตร.กม.	ไร่	ร้อยละ
17	G	G	G	3.51	2,195.31	0.182
18	W	A	A	0.02	13.28	0.001
19	W	W	A	0.01	7.03	0.001
20	W	W	W	5.81	3,630.86	0.301
รวม				1,932.49	1,207,805.08	100

หมายเหตุ : F = พื้นที่ป่าไม้ A = พื้นที่เกษตรกรรมและอื่นๆ G = ห้วยน้ำธรรมชาติ W = แหล่งน้ำธรรมชาติ

ตารางที่ 22. แสดงพื้นที่ (ไร่) และอัตรา (%) ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2532 – 2552 วิเคราะห์โดยใช้ช่วงระยะห่าง 10 ปี

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน		การเปลี่ยนแปลงพื้นที่	
		2532 - 2542	2542 - 2552
พื้นที่ป่าไม้	(ไร่)	-76,590.24	-39,381.25
	(ร้อยละ)	-6.34	-3.26
พื้นที่เกษตรกรรม	(ไร่)	77,373.43	39,333.21
	(ร้อยละ)	6.41	3.26
ห้วยน้ำธรรมชาติ	(ไร่)	-855.86	0.00
	(ร้อยละ)	-0.07	0.00
แหล่งน้ำธรรมชาติ	(ไร่)	73.82	47.66
	(ร้อยละ)	0.006	0.004

หมายเหตุ : เครื่องหมาย – แสดงว่าพื้นที่ลดลง



ภาพที่ 20. แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 - 2552 ช่วงระยะห่าง 10 ปี บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

การเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2532-2542

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2532 และ พ.ศ. 2542 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 23 และภาพที่ 21 โดยมีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ป่าไม้ มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และแหล่งน้ำธรรมชาติ คิดเป็นพื้นที่ 98,007.81 และ 69.92 ไร่ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม้ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 988,833.20 ไร่

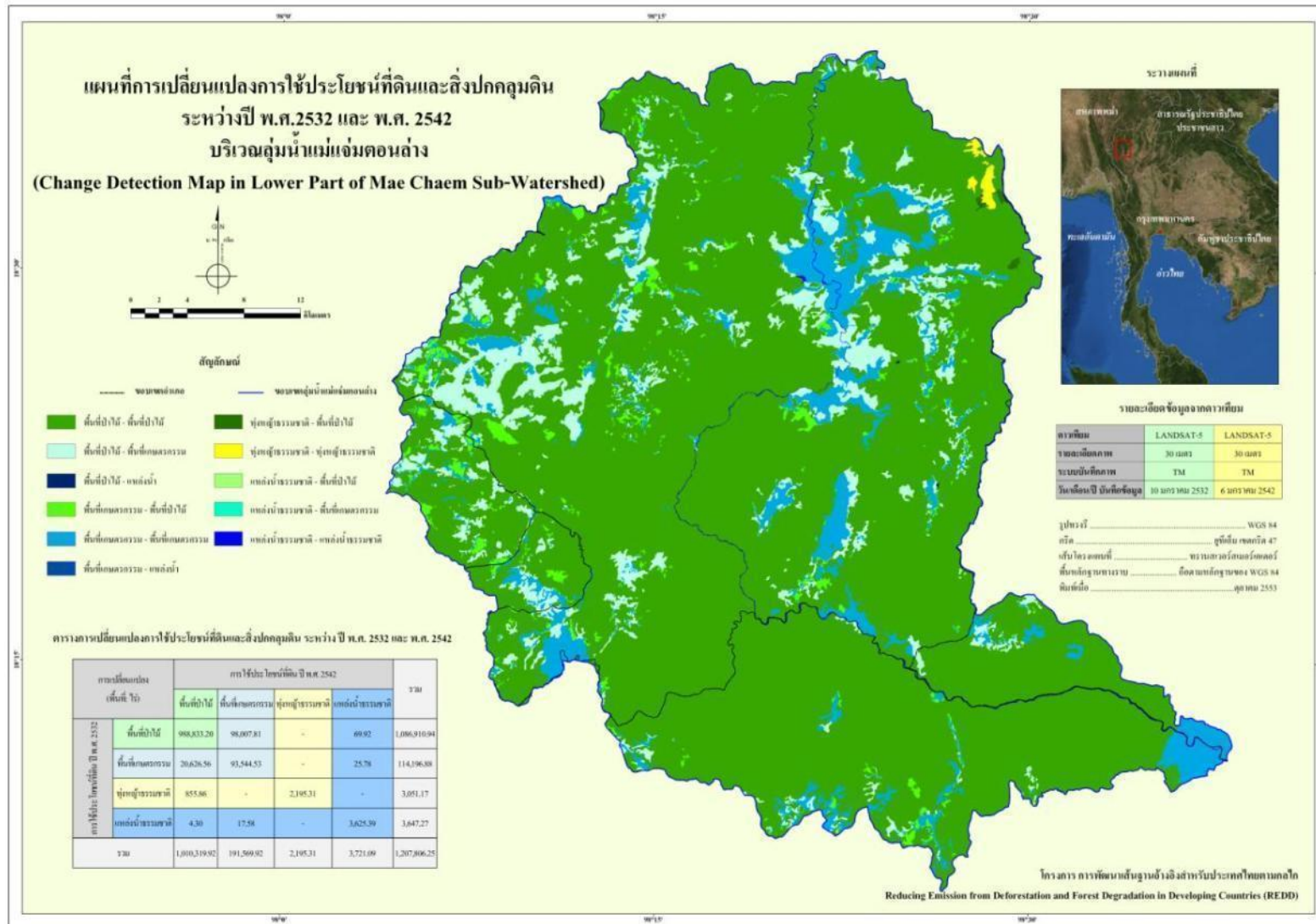
พื้นที่เกษตรกรรม มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ และแหล่งน้ำธรรมชาติ คิดเป็นพื้นที่ 20,626.56 และ 25.78 ไร่ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 93,544.53 ไร่

ทุ่งหญ้าธรรมชาติ มีการเปลี่ยนแปลงจากทุ่งหญ้าธรรมชาติไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่ 855.86 ไร่ และทุ่งหญ้าธรรมชาติที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 2,195.31 ไร่

แหล่งน้ำธรรมชาติ มีการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งน้ำธรรมชาติไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 17.58 และ 4.30 ไร่ ตามลำดับ ส่วนแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 3,625.39 ไร่

ตารางที่ 23. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2532 – 2542 ผลจากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม 2 ช่วงเวลา

		การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2542				รวม
		พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	แหล่งน้ำธรรมชาติ	
การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2532	พื้นที่ป่าไม้	988,833.20	98,007.81	-	69.92	1,086,910.94
	พื้นที่เกษตรกรรม	20,626.56	93,544.53	-	25.78	114,196.88
	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	855.86	-	2,195.31	-	3,051.17
	แหล่งน้ำธรรมชาติ	4.30	17.58	-	3,625.39	3,647.27
รวม		1,010,319.92	191,569.92	2,195.31	3,721.09	1,207,806.25



ภาพที่ 21. แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2532 และ พ.ศ. 2542 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

การเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2542-2552

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2552 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 24 และ ภาพที่ 22 โดยมีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ป่าไม้ มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และแหล่งน้ำธรรมชาติ คิดเป็นพื้นที่ 59,226.56 และ 48.05 ไร่ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม้ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 951,045.31 ไร่

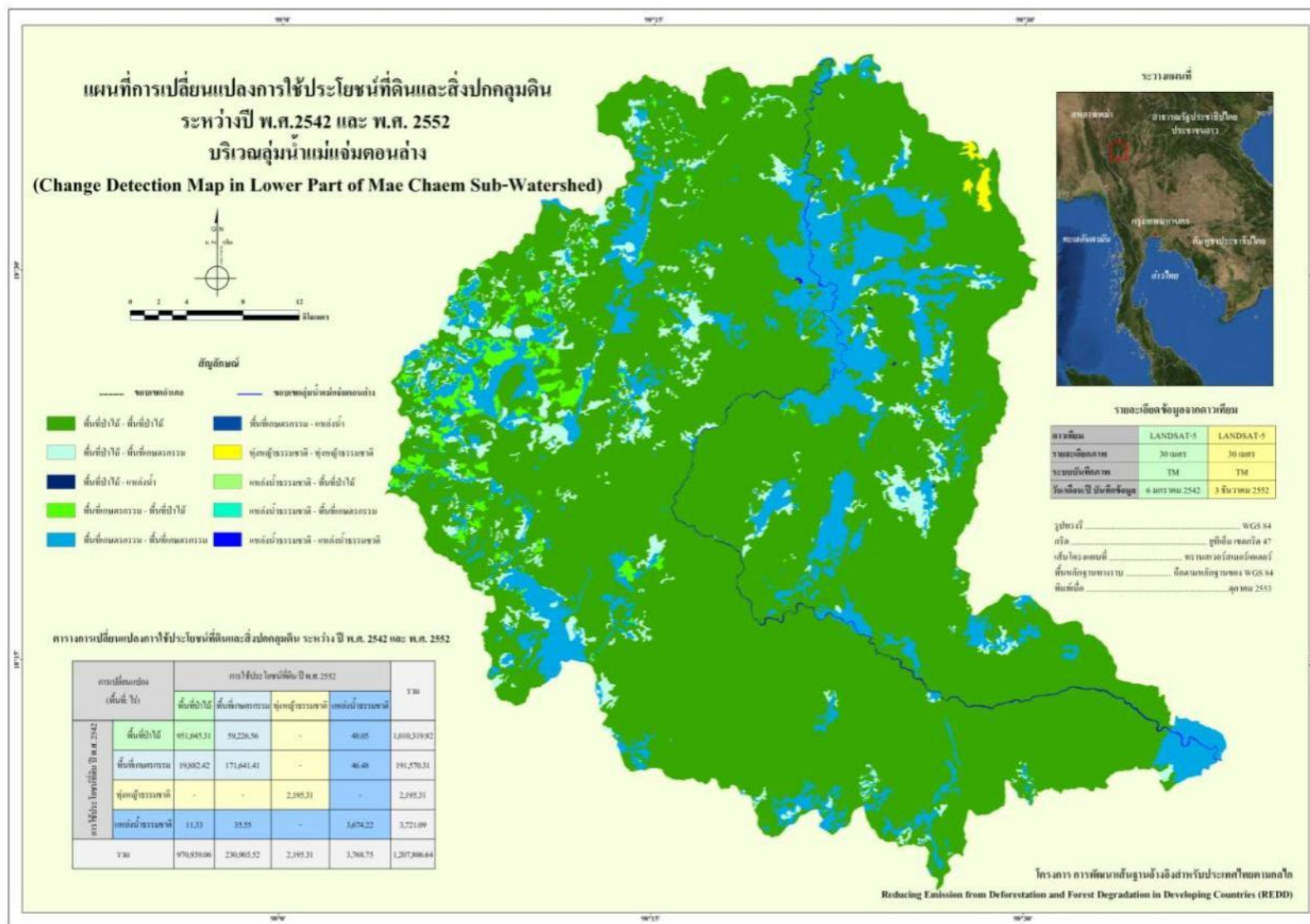
พื้นที่เกษตรกรรม มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ และแหล่งน้ำธรรมชาติ คิดเป็นพื้นที่ 19,882.42 และ 46.48 ไร่ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 171,641.41 ไร่

ทุ่งหญ้าธรรมชาติ มีพื้นที่ 2,195.31 ไร่ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากทุ่งหญ้าธรรมชาติไปเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น

แหล่งน้ำธรรมชาติ มีการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งน้ำธรรมชาติไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 35.55 และ 11.33 ไร่ ตามลำดับ ส่วนแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีพื้นที่ 3,674.22 ไร่

ตารางที่ 24. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2552 ผลจากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม 2 ช่วงเวลา

		การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552				รวม
		พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	แหล่งน้ำธรรมชาติ	
การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2542	พื้นที่ป่าไม้	951,045.31	59,226.56	-	48.05	1,010,319.92
	พื้นที่เกษตรกรรม	19,882.42	171,641.41	-	46.48	191,570.31
	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	-	-	2,195.31	-	2,195.31
	แหล่งน้ำธรรมชาติ	11.33	35.55	-	3,674.22	3,721.09
รวม		970,939.06	230,903.52	2,195.31	3,768.75	1,207,806.64



ภาพที่ 22. แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2552 บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

2.3 การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา ด้วยแบบจำลอง Markov Chain

การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีการ Markov Chain Analysis เพื่อคาดการณ์แนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอีก 10 ปีข้างหน้า โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของ 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงที่ 1 ปี พ.ศ. 2532 และ 2537 ช่วงที่ 2 ปี พ.ศ. 2537 และ 2542 ช่วงที่ 3 พ.ศ. 2542 และ 2547 และช่วงสุดท้าย ปี พ.ศ. 2547 และ 2552 เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ ได้ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ คือ ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลง และค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง (ตารางผนวกที่ 1 - 12) แล้วจึงนำสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงมาสร้างแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (CA Markov) ได้ผลลัพธ์เป็นแบบจำลองสำหรับคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งในอดีต ปัจจุบันและในอนาคตคือ ในปี พ.ศ. 2542, 2547, 2552, 2557, 2562 และ 2567 โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังแสดงในภาพที่ 23 ผลการวิเคราะห์ได้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 25 และภาพที่ 24-29

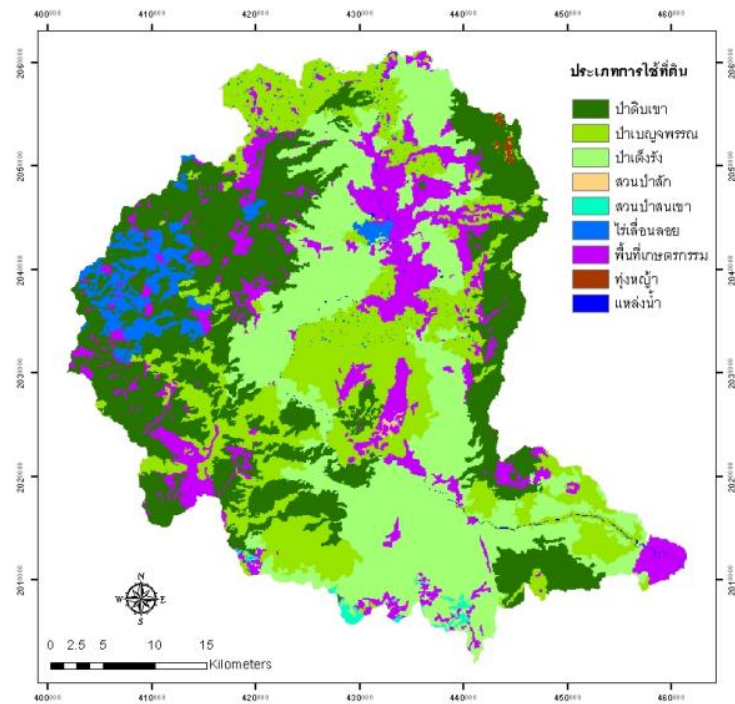


ภาพที่ 23. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในการศึกษารุ่นนี้

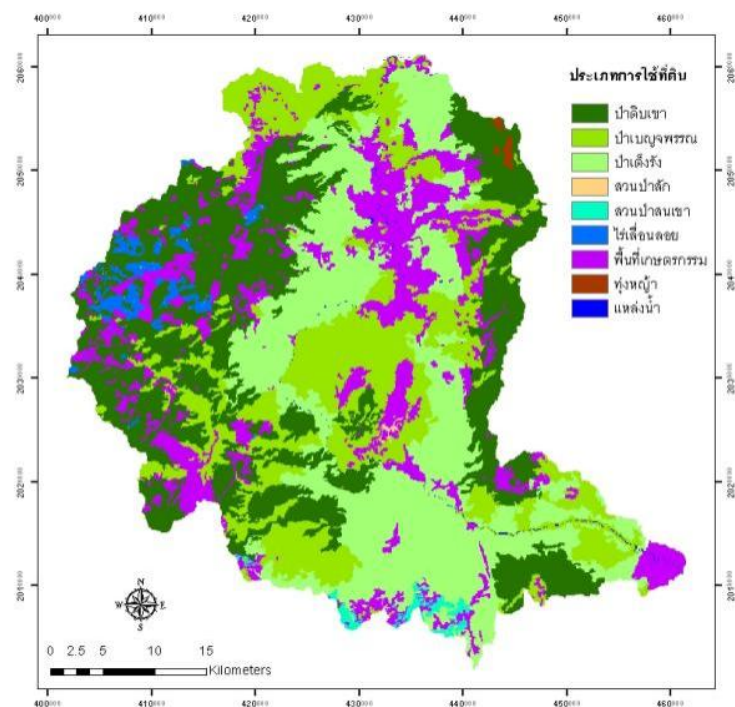
เมื่อนำผลที่คำนวณได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการจำแนกที่ดินใน ปี พ.ศ. 2542, 2547 และ 2552 โดยทำการจัดกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินใหม่ให้เหลือเพียง 4 กลุ่ม เช่นเดียวกับการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 26 พบว่า พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการจำแนกด้วยข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 TM และที่ได้จากการประเมินจากแบบจำลองมีความแตกต่างกันตั้งแต่ ร้อยละ 1.27 (ในพื้นที่ป่าไม้ปี พ.ศ. 2542) ถึงร้อยละ 42.00 (ในพื้นที่แหล่งน้ำ ปี พ.ศ. 2552) โดยรูปแบบของประเภทที่ดินที่เป็นป่าไม้จะให้ค่าความแตกต่างน้อยที่สุด ในขณะที่พื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำจะมีค่าความแตกต่างมากที่สุด แสดงว่าการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ด้วยแบบจำลอง Markov Chain สำหรับพื้นที่ป่าไม้จะมีความถูกต้องมากที่สุด ในขณะที่พื้นที่แหล่งน้ำจะมีความถูกต้องน้อยที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย Paired-Sample T Test พบว่า การจำแนกพื้นที่ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 TM และการคาดการณ์จากแบบจำลอง Markov Chain มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($df=11, p>0.05$) ซึ่งสามารถสรุปข้อมูลในแต่ละปีได้ดังนี้

ตารางที่ 25. ข้อมูลพื้นที่ตามประเภทการใช้ที่ดินที่จำแนกบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ที่ได้จากการวิเคราะห์ตามแบบจำลอง Markov Cellular Automata

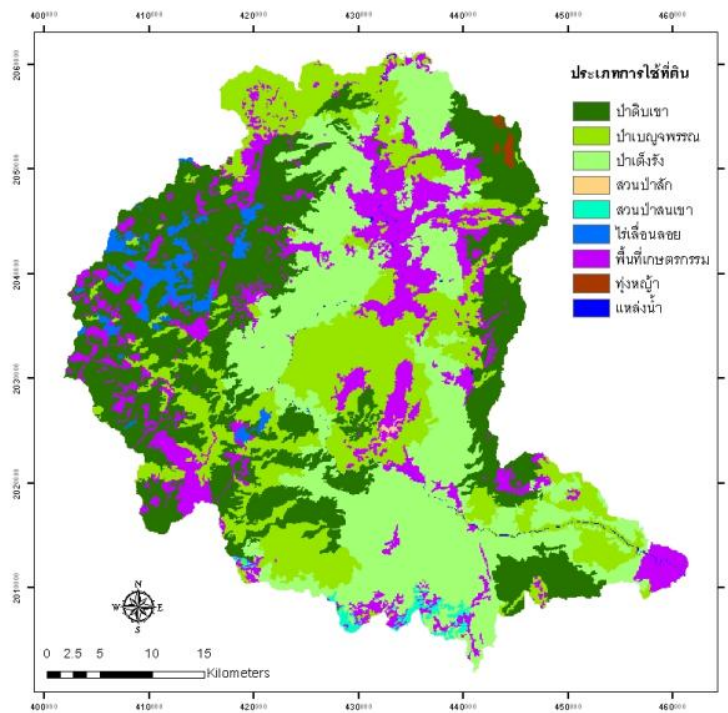
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่											
	พ.ศ. 2542		พ.ศ. 2547		พ.ศ. 2552		พ.ศ. 2557		พ.ศ. 2562		ปี 2567	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ป่าดิบเขา	362,533.59	29.92	359,624.61	29.68	364,965.63	30.14	344,890.23	28.47	334,782.81	27.65	326,581.25	26.96
ป่าเบญจพรรณ	278,208.20	22.96	277,983.20	22.94	280,377.73	23.15	254,934.77	21.05	241,808.98	19.97	228,162.50	18.84
ป่าเต็งรัง	350,789.45	28.95	336,604.30	27.78	343,294.53	28.35	321,509.77	26.54	311,133.98	25.70	299,140.23	24.70
สวนป่าสัก	967.58	0.08	860.55	0.07	877.73	0.07	869.53	0.07	869.53	0.07	871.09	0.07
สวนป่าสนเขา	4,938.67	0.41	9,484.38	0.78	7,651.17	0.63	6,720.31	0.55	6,345.70	0.52	5,947.66	0.49
ไร่เลื่อนลอย	45,543.75	3.76	20,173.44	1.66	26,473.83	2.19	4,780.08	0.39	4,799.22	0.40	5,038.28	0.42
พื้นที่เกษตรกรรม และที่อยู่อาศัย	164,820.31	13.60	202,362.89	16.70	182,764.45	15.09	272,980.86	22.53	306,121.48	25.29	340,543.75	28.12
ทุ่งหญ้า	1,678.91	0.14	2,337.50	0.19	2,337.50	0.19	2,337.50	0.19	2,337.50	0.19	2,337.50	0.19
แหล่งน้ำ	2,203.13	0.18	2,206.25	0.18	2,182.42	0.18	2,350.39	0.19	2,444.14	0.20	2,569.53	0.21
รวม	1,211,650.78	100.00	1,211,650.78	100.00	1,211,650.78	100.00	1,211,650.78	100.00	1,211,650.78	100.00	1,211,650.78	100.00



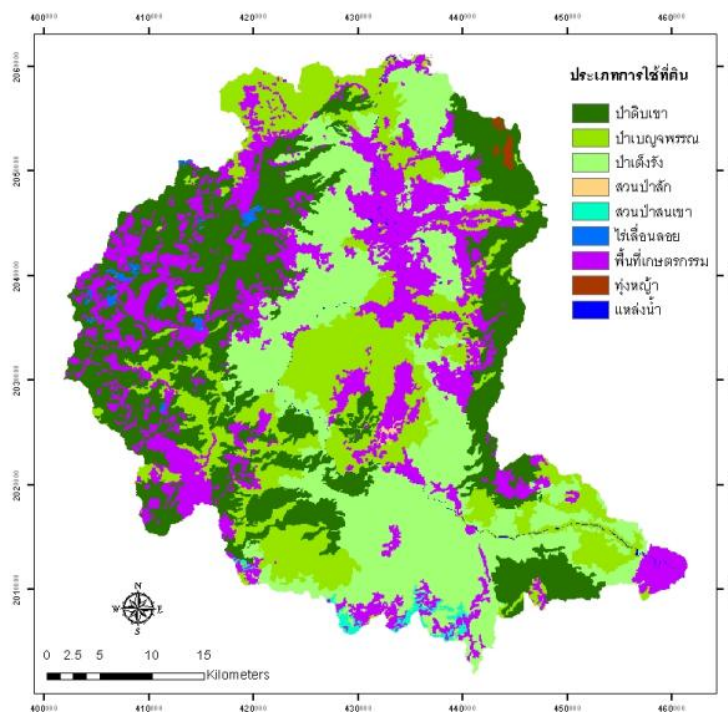
ภาพที่ 24. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2542 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata



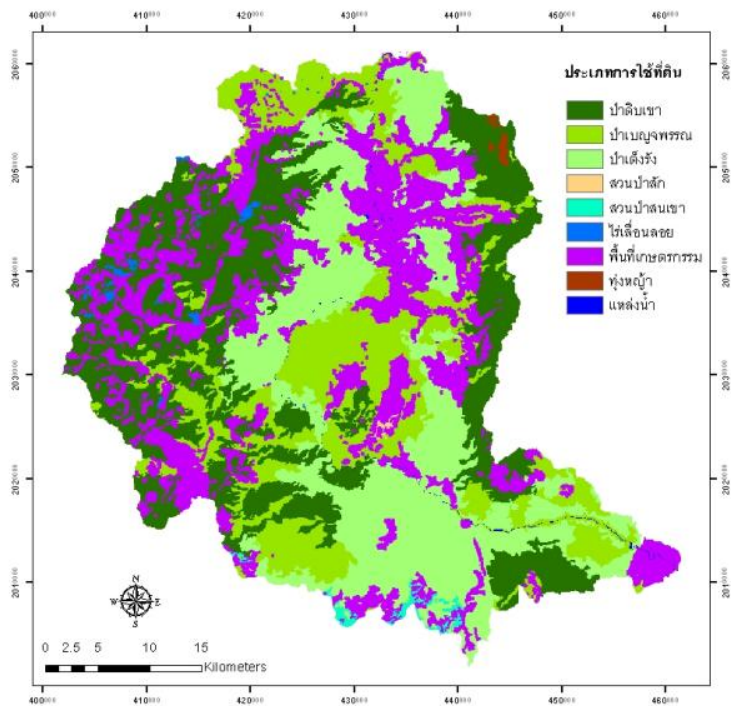
ภาพที่ 25. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata



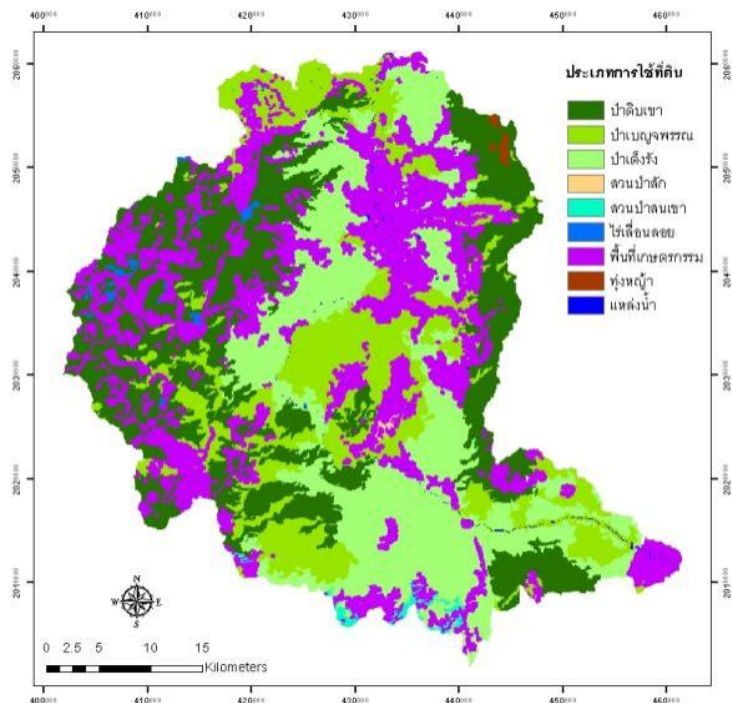
ภาพที่ 26. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata



ภาพที่ 27. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata



ภาพที่ 28. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2562 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata



ภาพที่ 29. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2567 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata

ตารางที่ 26. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง Markov Chain กับข้อมูลที่ได้จากการจำแนกพื้นที่ด้วยข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5-TM บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ข้อมูลพื้นที่ (ไร่)			ความแตกต่าง (%)
	จากการจำแนก	จากแบบจำลอง	ความแตกต่าง	
พ.ศ. 2542				
ป่าไม้	1,010,274.54	997,437.49	+12,837.05	1.27
พื้นที่เกษตรกรรม	191,626.27	210,364.06	-18,737.79	9.78
ทุ่งหญ้า	2,194.61	1,678.91	+515.70	23.50
แหล่งน้ำ	3,716.37	2,203.13	+1,513.24	40.72
พ.ศ. 2547				
ป่าไม้	1,011,765.31	984,557.04	+27,208.27	2.69
พื้นที่เกษตรกรรม	190,135.84	222,536.33	-32,400.49	17.04
ทุ่งหญ้า	2,194.61	2,337.50	-142.89	6.51
แหล่งน้ำ	3,716.36	2,206.25	+1,510.11	40.63
พ.ศ. 2552				
ป่าไม้	970,895.80	997,166.79	-26,270.99	2.71
พื้นที่เกษตรกรรม	230,959.23	209,238.28	+21,720.95	9.40
ทุ่งหญ้า	2,194.61	2,337.50	-142.89	6.51
แหล่งน้ำ	3,762.96	2,182.42	+1,580.54	42.00

● ในปี พ.ศ. 2542 พื้นที่แหล่งน้ำมีความแตกต่างกันมากที่สุดเท่ากับ 1,513.24 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40.72 รองลงมาคือ พื้นที่ทุ่งหญ้าต่างกัน 515.70 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 23.50 พื้นที่เกษตรกรรมต่างกัน 18,737.79 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.78 และพื้นที่ป่าไม้มีความแตกต่างกันน้อยที่สุดเท่ากับ 12,837.05 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.27 (ตารางที่ 26)

● ในปี พ.ศ. 2547 พื้นที่แหล่งน้ำมีความแตกต่างกันมากที่สุดเท่ากับ 1,510.11 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40.63 รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรมมีความแตกต่างกัน 32,400.49 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 17.04 พื้นที่ทุ่งหญ้าต่างกัน 142.89 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.51 และพื้นที่ป่าไม้มีความแตกต่างกันน้อยที่สุดเท่ากับ 27,208.27 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.69 (ตารางที่ 26)

● ในปี พ.ศ. 2552 พื้นที่แหล่งน้ำมีความแตกต่างกันมากที่สุดเท่ากับ 1,580.54 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 42.00 รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรมมีความแตกต่างกัน 21,720.95 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.40 พื้นที่ทุ่งหญ้าต่างกัน 142.89 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.51 และพื้นที่ป่าไม้มีความแตกต่างกันน้อยที่สุดเท่ากับ 26,270.99 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 2.71 (ตารางที่ 26)

เมื่อทำการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละช่วงเวลาในอนาคตคือระหว่างปี พ.ศ. 2552-2557, 2557-2562 และ 2562-2567 ดังแสดงในตารางที่ 27 พบว่า พื้นที่ป่าไม้มีอัตราการลดลงอย่างต่อเนื่องโดยมีอัตราการลดลงมากที่สุดระหว่างปี พ.ศ. 2552-2557 เท่ากับ ร้อยละ 1.13 ต่อปี ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกับการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ ในขณะที่พื้นที่ทุ่งหญ้าธรรมชาติและแหล่งน้ำมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ ที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยการใช้แบบจำลอง Markov Chain ในอีก 10 ข้างหน้า (พ.ศ. 2552-2562) มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.84 ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ระดับประเทศในระหว่างปี พ.ศ. 2543-2548 ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.36 (ตารางที่ 6) และสูงกว่าค่าเฉลี่ยอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าระดับประเทศที่ได้จากการคาดการณ์ในอนาคตอีก 10 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2553-2563) ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.22 แสดงว่าพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างจะไม่มีส่วนช่วยในการสร้างคาร์บอนเครดิตจากกลไก REDD หากไม่มีมาตรการอื่นๆ เข้าเสริม

ตารางที่ 27. อัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง Markov Chain บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	อัตราการเปลี่ยนแปลง (% ต่อปี)			
	พ.ศ. 2552-2557	พ.ศ. 2557-2562	พ.ศ. 2562-2567	พ.ศ. 2552-2567
ป่าไม้	-1.133	-0.552	-0.572	-0.842
พื้นที่เกษตรกรรม	1.130	0.551	0.570	0.840
ทุ่งหญ้า	0.000	0.000	0.000	0.000
แหล่งน้ำ	0.003	0.002	0.002	0.002

2.4 การปกคลุมของเรือนยอด มวลชีวภาพ และปริมาณคาร์บอนจากการสำรวจภาคสนาม

จากการเก็บข้อมูลในการสำรวจภาคสนามจากแปลงตัวอย่างที่วางกระจายทั้งสิ้น 10 แปลงตัวอย่างประกอบด้วย ป่าดิบเขา ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 28 นั้น พบว่าแปลงตัวอย่างมีการกระจายอยู่ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 320 ถึง 1,260 เมตร โดยป่าเบญจพรรณจะกระจายอยู่ในระดับต่ำ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 350 เมตร ป่าเต็งรังจะมีการกระจายค่อนข้างกว้าง จากที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลต่ำ ถึงที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลเกิน 1,000 เมตร ส่วนป่าดิบเขาจะกระจายอยู่ในที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลเกิน 1,000 เมตร

สำหรับการปกคลุมของเรือนยอดที่วิเคราะห์โดยใช้ภาพถ่ายเรือนยอดจากกล้องดิจิทัลพร้อมเลนส์ตาปลา โดยใช้โปรแกรม HemiView พบว่า แปลงที่ทำการสำรวจมีค่าเฉลี่ยของการปกคลุมเรือนยอด

เฉลี่ยร้อยละ 38.4 โดยมีการปกคลุมเรือนยอดต่ำที่สุดในป่าเต็งรังเท่ากับ ร้อยละ 16 และสูงที่สุดในป่าเต็งรังผสมก่อก และป่าดิบเขาผสมสน เท่ากับร้อยละ 52 (ตารางที่ 28) จะเห็นว่าค่าต่ำสุดของการปกคลุมเรือนยอดของป่าเต็งรังธรรมชาติมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 30 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดของป่าไม้ตามนิยามที่ประเทศไทยให้ไว้กับ UNFCCC ซึ่งตามความหมายดังกล่าว พื้นที่ที่มีการปกคลุมเรือนยอดต่ำกว่าร้อยละ 30 ไม่จัดว่าเป็นป่า ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีการสำรวจย่อยหลายแปลงที่มีการปกคลุมเรือนยอดต่ำกว่าร้อยละ 30 สำหรับค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใบทั้งหมดต่อพื้นที่ดินที่เรือนยอดปกคลุม และเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการปกคลุมของเรือนยอด แต่ค่าดัชนีพื้นที่ใบจะแสดงให้เห็นถึงผลของเรือนยอด ค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ประเมินในแปลงสำรวจครั้งนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.99 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพื้นที่ใบที่มีผู้รายงานในป่าอื่นๆ เช่น Ogawa *et al.* (1965) รายงานว่าค่าดัชนีพื้นที่ใบของป่าเต็งรังเท่ากับ 1.8 ในขณะที่ป่าดงดิบมีค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 10.8 ลดาวัลย์ (2544) รายงานค่าดัชนีพื้นที่ใบของป่าเบญจพรรณบริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรีมีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคมเท่ากับ 4.15 และต่ำสุดในเดือนมีนาคม เท่ากับ 2.52 ในขณะที่ค่าดัชนีพื้นที่ใบของสวนป่าสักมีค่าเท่ากับ 2.64 ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการศึกษานี้มาก

ทำการประเมินมวลชีวภาพจากข้อมูลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก และความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่าง จากสมการอะโลเมตรี ดังนี้

ป่าดิบเขา (Tsutsumi *et al.*, 1983)

$$Ws = 0.0509 (D^2H)^{0.919}$$

$$Wb = 0.00893 (D^2H)^{0.977}$$

$$Wl = 0.0140 (D^2H)^{0.669}$$

$$Wr = 0.0313 (D^2H)^{0.805}$$

ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง (Ogawa *et al.*, 1965)

$$Ws = 0.0396 (D^2H)^{0.9326}$$

$$Wb = 0.003487 (D^2H)^{0.977}$$

$$Wl = 22.5/Ws + 0.025$$

$$Wr = 0.0264 (D^2H)^{0.775}$$

เมื่อ Ws , Wb , Wl และ Wr คือ มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก ตามลำดับ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก หน่วยเป็นเซนติเมตร และ H คือความสูงทั้งหมดของต้นไม้หน่วยเป็นเมตร

เมื่อประเมินมวลชีวภาพของต้นไม้ได้แล้ว จึงทำการประเมินปริมาณคาร์บอนของต้นไม้โดยการคูณด้วยสัดส่วนของคาร์บอนเท่ากับ 0.47 (IPCC, 2006) จากการวิเคราะห์ พบว่า ป่าดิบเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรังในบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างมีผลผลิตมวลชีวภาพรวม (มวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดิน) เฉลี่ยเท่ากับ 27.97, 15.54 และ 10.32 ตัน/ไร่ ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากการศึกษาที่รวบรวมได้ในพื้นที่อื่นๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 52.11, 38.73 และ 15.45 ตัน/ไร่ สำหรับป่าดงดิบ ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ตามลำดับ (ตารางที่ 28) คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่เก็บสะสมอยู่ในมวลชีวภาพในพื้นที่โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.97, 7.77 และ 5.16 ตัน/ไร่ สำหรับป่าดงดิบ ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ตามลำดับ จากค่าเฉลี่ยผลผลิตมวลชีวภาพ

แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าไม้ในบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างไม่ได้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์เต็มที่ หรืออยู่ในสภาพเสื่อมโทรม จึงยังมีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพให้สูงขึ้นได้

สำหรับปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในดินนั้น จากการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์และประเมินหาปริมาณคาร์บอนพบว่า ดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรมีปริมาณคาร์บอนสะสมสูงกว่าดินที่ระดับ 15-30 เซนติเมตร ยกเว้นในป่าเบญจพรรณที่ปริมาณคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรสูงกว่าที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าในป่าเบญจพรรณ ดินที่ระดับความลึกต่างกันมีปริมาณการสะสมคาร์บอนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($df=1,8$, $p>0.05$) ส่วนป่าดิบเขา และป่าเต็งรังนั้น ดินที่ระดับความลึกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ป่าดิบเขา $df=1,8$, $p<0.05$ ป่าเต็งรัง $df=1,44$, $p<0.01$) ป่าเบญจพรรณมีปริมาณคาร์บอนรวมในดินมากที่สุด เท่ากับ 24.02 ตัน/ไร่ ส่วนป่าดิบเขามีปริมาณคาร์บอนรวมในดิน เท่ากับ 15.88 ตัน/ไร่ ในขณะที่ป่าเต็งรังมีปริมาณคาร์บอนในดินต่ำที่สุด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.93 – 10.75 ตัน/ไร่ หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.18 ตัน/ไร่ (ตารางที่ 28)

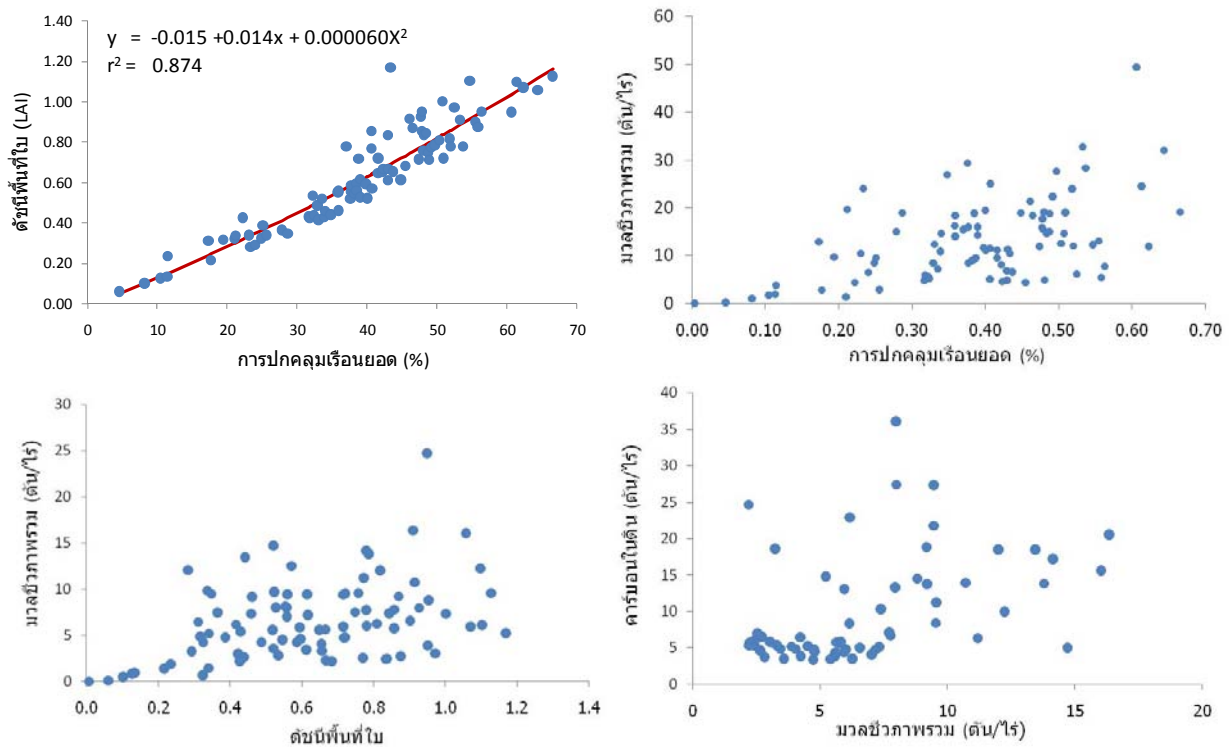
จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการปกคลุมเรือนยอด ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และคาร์บอนในดิน พบว่า การปกคลุมเรือนยอดและดัชนีพื้นที่ใบเรือนยอดมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.874 ในขณะที่การปกคลุมเรือนยอดและมวลชีวภาพก็มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเพียง 0.292 สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพ หรือ มวลชีวภาพกับปริมาณคาร์บอนในดินนั้น ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติ (ภาพที่ 30)

จากค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนที่วิเคราะห์ได้จากแปลงตัวอย่างภาคสนามสามารถประเมินหาปริมาณมวลชีวภาพรวมและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของพื้นที่ป่าบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างดังแสดงในตารางที่ 29 แต่เนื่องจากการวางแผนสำรวจภาคสนามในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้วางแผนสำรวจในพื้นที่ที่เป็นสวนป่าสัก และสวนป่าสน ในที่นี้จึงใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยผลผลิตของสวนป่าสนสองใบและสนสามใบที่โครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ซึ่งศึกษาโดย สุนันทา (2531) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 22.75 ตัน/ไร่ ส่วนสวนป่าสักนั้นใช้ค่าเฉลี่ยการเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมและการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าสักในพื้นที่ที่เหมาะสม ตามรายงานที่ศึกษาโดยคณะวนศาสตร์ (2552) เท่ากับ 1.23 และ 0.59 ตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ และจากรายงานขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ สวนป่าสักในพื้นที่สวนป่าแม่แจ่มซึ่งอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่ศึกษา มีอายุอยู่ระหว่าง 18-35 ปี หรือมีค่าเฉลี่ยประมาณ 27 ปี คิดเป็นค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพของสวนป่าสักเท่ากับ 33.21 ตัน/ไร่ เมื่อทำการประเมินป่าทุกประเภทพบว่า พื้นที่ป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างมีมวลชีวภาพรวมทั้งหมดเท่ากับ 17.87 ล้านตัน และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 8.93 ล้านตัน

ตารางที่ 28. ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของเรือนยอด ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพรวม และคาร์บอนในดิน ของแปลงตัวอย่าง บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

แปลง ที่	ชนิดป่า	ความสูง พื้นที่ (เมตร)	การปกคลุมของ เรือนยอด (%)	ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)	มวลชีวภาพ รวม (ตัน/ไร่)	คาร์บอนต้นไม้ รวม (ตัน/ไร่)	คาร์บอนในดิน (ตัน/ไร่)		
							0- 15 ซม.	15-30 ซม.	รวม
1	ป่าเต็งรัง	450	44.17 ± 7.28	0.75 ± 0.14	5.49 ± 1.24	2.74 ± 0.62	2.76 ± 0.55	2.75 ± 0.58	5.51 ± 1.10
2	ป่าเต็งรัง	670	48.11 ± 6.47	0.82 ± 0.12	11.56 ± 2.00	5.78 ± 1.00	2.35 ± 0.44	2.23 ± 0.41	4.58 ± 0.81
3	ป่าดิบเขาผสมสน	1,260	52.63 ± 6.29	0.89 ± 0.09	27.94 ± 9.72	13.97 ± 4.86	8.52 ± 1.77	7.36 ± 0.86	15.88 ± 2.39
4	ป่าเต็งรังผสมสน	820	36.94 ± 6.34	0.56 ± 0.11	7.93 ± 1.40	3.96 ± 0.70	2.82 ± 0.65	2.11 ± 0.28	4.93 ± 0.78
5	ป่าเต็งรัง (มีหินโผล่)	420	16.11 ± 11.38	0.22 ± 0.15	2.65 ± 1.98	1.33 ± 0.99	na	na	na
6	ป่าเต็งรัง (ใกล้แปลง เกษตร)	980	30.73 ± 14.41	0.44 ± 0.22	13.02 ± 8.40	6.51 ± 4.20	na	na	na
7	ป่าเต็งรังผสมสน	880	40.67 ± 5.14	0.62 ± 0.13	15.63 ± 6.30	7.81 ± 3.15	2.71 ± 0.68	2.44 ± 0.59	5.15 ± 1.09
8	ป่าเต็งรังผสมก่อ	1,060	52.13 ± 9.73	0.99 ± 0.16	15.94 ± 4.39	7.97 ± 2.20	5.91 ± 1.90	4.84 ± 0.88	10.75 ± 2.60
9	ป่าเบญจพรรณ	320	33.34 ± 7.27	0.45 ± 0.10	15.36 ± 6.86	7.68 ± 3.43	11.90 ± 2.64	12.12 ± 3.11	24.02 ± 5.73
10	ป่าเบญจพรรณ	350	31.70 ± 10.55	0.47 ± 0.14	15.72 ± 4.75	7.86 ± 2.38	na	na	na
เฉลี่ย		721 ± 329	38.65 ± 11.31	0.62 ± 0.24	13.12 ± 7.02	6.51 ± 3.51	5.28 ± 3.70	4.84 ± 3.74	10.95 ± 7.77

หมายเหตุ : na ไม่ได้ทำการวิเคราะห์คาร์บอนในดิน



ภาพที่ 30. ความสัมพันธ์ระหว่างการปกคลุมเรือนยอดกับดัชนีพื้นที่ใบ การปกคลุมเรือนยอดกับมวลชีวภาพรวม ดัชนีพื้นที่ใบกับมวลชีวภาพรวม และมวลชีวภาพรวมกับคาร์บอนในดิน ที่วิเคราะห์จากแปลงสำรวจภาคสนาม บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

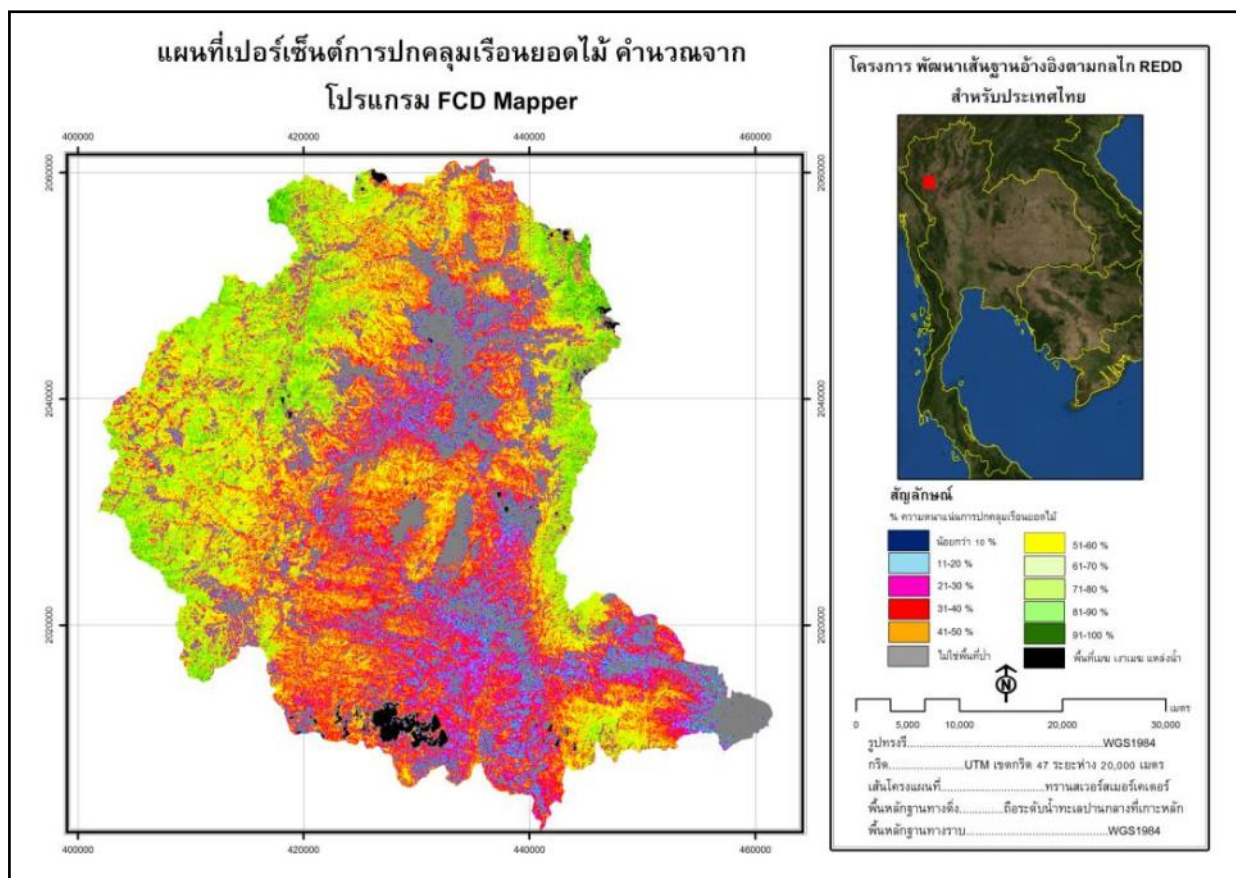
ตารางที่ 29. การประเมินปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของป่าไม้ในบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างในปี พ.ศ. 2552

ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่ในปี พ.ศ. 2552 (ไร่)	มวลชีวภาพ (ตัน/ไร่)	คาร์บอน (ตัน/ไร่)	มวลชีวภาพทั้งพื้นที่ (ตัน)	การกักเก็บคาร์บอนทั้งพื้นที่ (ตัน)
ป่าดิบเขา	360,426.45	27.94	13.97	10,070,315.01	5,035,157.51
ป่าเบญจพรรณ	268,170.29	15.54	7.77	4,167,366.31	2,083,683.15
ป่าเต็งรัง	334,805.05	10.32	5.16	3,454,231.53	1,726,637.47
สวนป่าสัก	841.28	33.21	15.93	27,938.91	13,401.59
สวนป่าสนเขา	6,652.73	22.75	10.69	151,349.61	71,117.68
รวม	970,895.80			17,871,201.37	8,929,997.41
เฉลี่ย		21.95	10.70		

2.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากดาวเทียมและข้อมูลภาคสนามในการประเมินการกักเก็บคาร์บอน

จากการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีที่คำนวณได้จากข้อมูลจากดาวเทียม อันได้แก่ NDVI, SR, CCF และ GreenNDVI พบว่า ค่าดัชนีเหล่านี้ไม่สามารถนำมาประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ได้ เนื่องจากไม่พบความสัมพันธ์ใดกับดัชนีที่วัดได้จากภาคสนาม แต่พบว่าการใช้ค่าเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของเรือนยอดที่คำนวณจากโปรแกรม FCD Mapper มีแนวโน้มที่จะให้ความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด

จากการนำข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM บันทึกเมื่อวันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2552 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ ด้วยโปรแกรม FCD Mapper ได้ผลการคำนวณเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งสามารถจำแนกช่วงชั้นเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดไม้ได้ทั้งหมด 10 ช่วงชั้น คือ น้อยกว่า 10 %, 10-20%, 20-30%, 30-40%, 40-50%, 50-60 %, 60-70 %, 70-80 %, 80-90 % และ 90-100 % ดังแสดงในภาพที่ 31



ภาพที่ 31. แผนที่เปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดไม้ คำนวณด้วยโปรแกรม FCD Mapper

เมื่อนำค่าช่วงชั้นการปกคลุมเรือนยอดไม้ (FCD Class) ที่คำนวณโดยโปรแกรม FCD Mapper ตามฟังก์ชันของแปลงสำรวจภาคสนาม เพื่อหาความสัมพันธ์กับข้อมูลภาคสนาม พบว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพรวมของป่ากับช่วงชั้นการปกคลุมเรือนยอดไม้ที่คำนวณด้วยโปรแกรม FCD Mapper มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.719 และมีรูปแบบสมการเป็นสมการยกกำลัง ดังแสดงในภาพที่ 32 จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงว่าค่าช่วงชั้นการปกคลุมเรือนยอด (FCD Class) เป็นดัชนีจากข้อมูลดาวเทียมที่ดีที่สามารถนำมาใช้ประเมินมวลชีวภาพรวมของป่า ($r^2 = 0.719$) และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ ($r^2 = 0.897$) ในบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างซึ่งประกอบด้วยป่าดิบเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรังได้ โดยมีสมการที่ใช้ในการประเมิน ดังนี้

สมการประเมินมวลชีวภาพ

$$Y = 2,409.927 X^{1.450} \quad r^2 = 0.719$$

เมื่อ Y = มวลชีวภาพรวมของป่า (ตัน/ไร่)

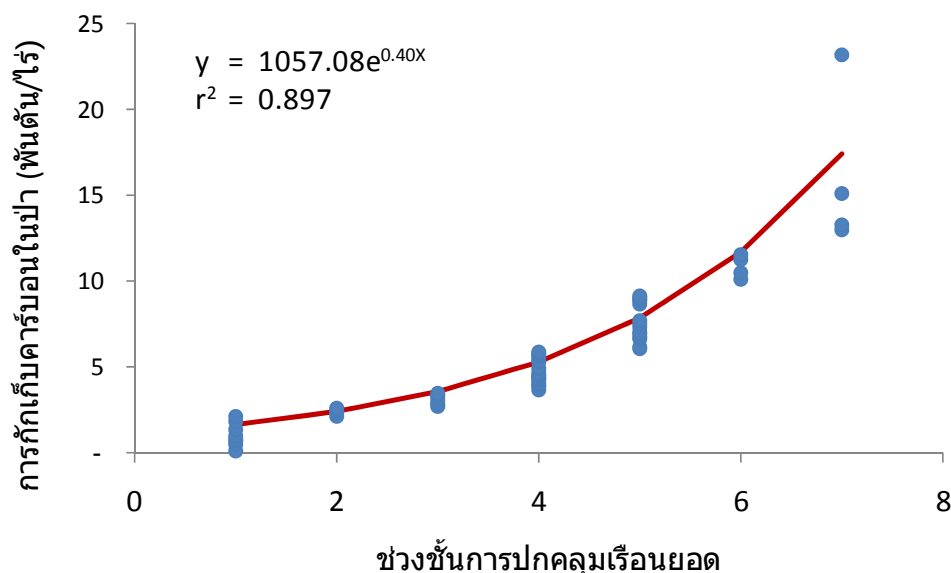
X = ช่วงชั้นการปกคลุมของเรือนยอด (FCD Class)

สมการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของป่า

$$Y = 1,057.080 e^{0.401X} \quad r^2 = 0.897$$

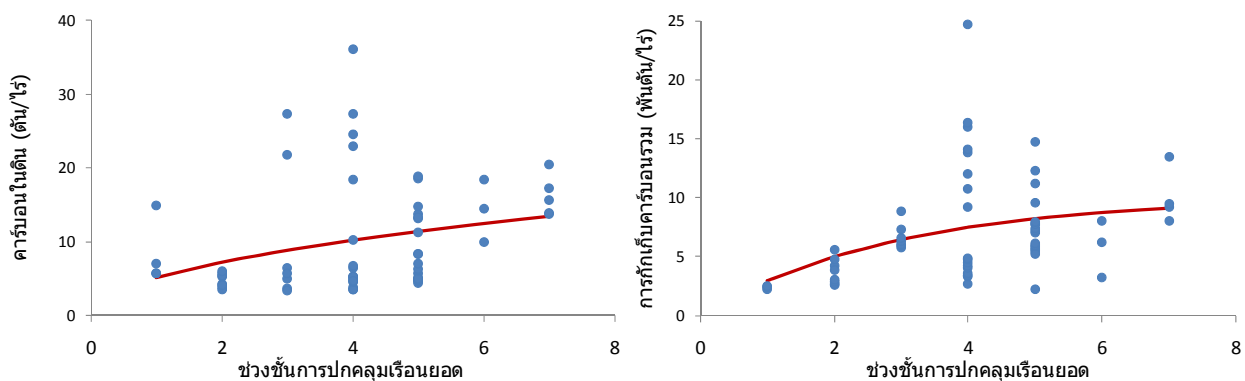
เมื่อ Y = การกักเก็บคาร์บอนของป่า (ตัน/ไร่)

X = ช่วงชั้นการปกคลุมของเรือนยอด (FCD Class)



ภาพที่ 32. ความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ในแปลงสำรวจภาคสนาม กับช่วงชั้นการปกคลุมของเรือนยอด (FCD Class) ที่คำนวณจากข้อมูลดาวเทียม

เมื่อนำปริมาณคาร์บอนในดินรวมกับคาร์บอนของต้นไม้ มีผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r^2) มีค่าลดลง โดยมีค่าเพียง 0.215 เนื่องจากค่าช่วงชั้นการปกคลุมเรือนยอดไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์บอนในดิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.296 (ภาพที่ 33) ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดินเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เวลายาวนาน และยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องนอกเหนือจากโครงสร้างของพืชพรรณ ทำให้การใช้ค่าช่วงชั้นการปกคลุมเรือนยอดไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์บอนในดิน การประเมินปริมาณคาร์บอนในดินที่เหมาะสมอาจต้องใช้เทคนิคอื่นเข้ามาเสริม ตารางที่ 30 เปรียบเทียบปริมาณมวลชีวภาพที่วิเคราะห์ได้ในแปลงตัวอย่างทั้ง 10 แปลง จากการสำรวจภาคสนามและการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลดาวเทียม โดยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลดาวเทียมมีค่าต่ำกว่าการสำรวจภาคสนามเล็กน้อย แต่เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย Paired-Sample T Test พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($df = 9, p > 0.05$)



ภาพที่ 33. ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนในดิน (ตัน/ไร่) และการกักเก็บคาร์บอนรวมในแปลงสำรวจภาคสนาม กับช่วงชั้นการปกคลุมของเรือนยอด (FCD Class) ที่คำนวณจากข้อมูลดาวเทียม

2.6 การประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างช่วงชั้นการปกคลุมเรือนยอดกับมวลชีวภาพรวม และการกักเก็บคาร์บอนในป่าไม้ สามารถนำมาคำนวณเพื่อหามวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างได้ดังแสดงในตารางที่ 31 ภาพที่ 34 และภาพที่ 35 ผลการศึกษาพบว่าในพื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ซึ่งจำแนกเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดของผืนป่าด้วยข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5-TM เป็นพื้นที่ป่ารวมทั้งหมด 959,029 ไร่ และพื้นที่ไม่ใช่ป่า (บริเวณแหล่งน้ำ และพื้นที่เกษตรกรรม) คิดเป็นพื้นที่รวม 248,783 ไร่ เมื่อประเมินจากช่วงชั้นการปกคลุมเรือนยอด พบว่า บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างมีปริมาณมวลชีวภาพรวมทั้งสิ้น 23.49 ล้านตัน คิดเป็นปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 24.49 ตัน/ไร่ หรือ 153.07 ตัน/เฮกตาร์ ซึ่งคิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในป่าบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

ตอนล่างเท่ากับ 11.04 ล้านตัน คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 11.51 ตัน/ไร่ หรือ 71.95 ตัน/เฮกเตอร์ ซึ่งยังคงมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเฉลี่ยของประเทศที่มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยของป่าชนิดต่างๆ ทั่วประเทศเท่ากับ 30.56 ตัน/ไร่ หรือ 191.00 ตัน/เฮกเตอร์ (ตารางที่ 10) และปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย 15.09 ตัน/ไร่ หรือ 94.31 ตัน/เฮกเตอร์ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 30. เปรียบเทียบมวลชีวภาพที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม และการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม ในแปลงสำรวจ 10 แปลง บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

แปลงที่	ชนิดป่า	มวลชีวภาพ (ตัน/ไร่)		
		จากการสำรวจภาคสนาม	จากข้อมูลดาวเทียม	ความแตกต่าง
1	ป่าเต็งรัง	5.49	7.55	-2.07
2	ป่าเต็งรัง	11.56	13.78	-2.22
3	ป่าดิบเขาผสมสน	27.94	23.07	4.88
4	ป่าเต็งรังผสมสน	7.85	14.01	-6.16
5	ป่าเต็งรัง (มีหินโผล่)	2.65	5.06	-2.40
6	ป่าเต็งรัง (ใกล้แปลงเกษตร)	13.02	12.46	0.57
7	ป่าเต็งรังผสมสน	15.63	10.70	4.93
8	ป่าเต็งรังผสมก่อ	15.94	16.74	-0.80
9	ป่าเบญจพรรณ	15.36	12.91	2.45
10	ป่าเบญจพรรณ	15.71	14.44	1.27
เฉลี่ย		13.12	13.07	0.045

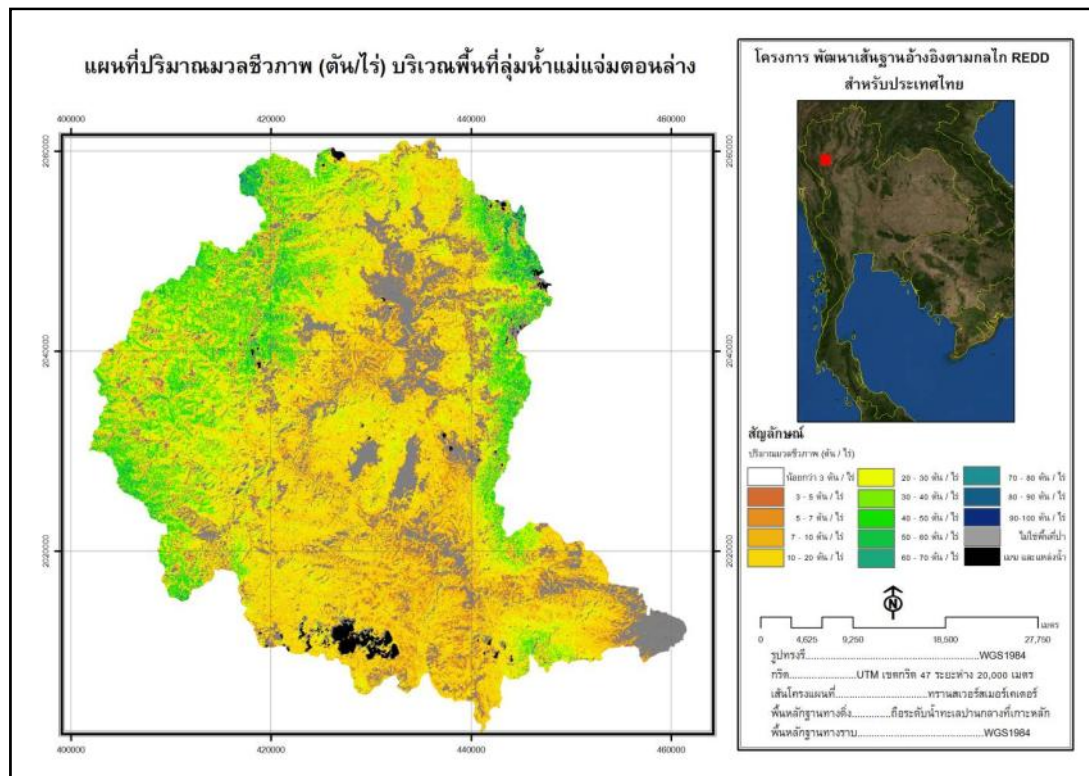
เมื่อเปรียบเทียบกับค่าประเมินมวลชีวภาพบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างทั้งหมด ที่ได้จากการใช้ข้อมูลจากแปลงตัวอย่างภาคสนาม (ตารางที่ 29) และข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม (ตารางที่ 31) พบว่า มวลชีวภาพที่ได้จากการประเมินโดยใช้ข้อมูลภาคสนามมีค่าต่ำกว่าค่าที่ประเมินได้จากข้อมูลดาวเทียมค่อนข้างมาก การที่ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ประเมินจากแปลงสำรวจภาคสนามมีค่าค่อนข้างต่ำในการศึกษาครั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการวางแผนแปลงตัวอย่างไปอยู่ในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในป่าเต็งรัง จึงทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนต่ำ ซึ่งในสภาพพื้นที่จริงนั้น ป่าเต็งรังที่มีสภาพไม่สมบูรณ์มีน้อย และส่วนใหญ่ยังมีสภาพความสมบูรณ์มากกว่าในแปลงตัวอย่าง ซึ่งในการดำเนินการตามกลไก REDD เพื่อติดตามตรวจสอบ ควรต้องวางแผนสำรวจภาคสนามมากกว่านี้ และควรมีการกระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่ เพื่อให้มีความถูกต้องมากขึ้น

ตารางที่ 31. ผลการวิเคราะห์มวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ซึ่งคำนวณด้วยข้อมูลจากดาวเทียม

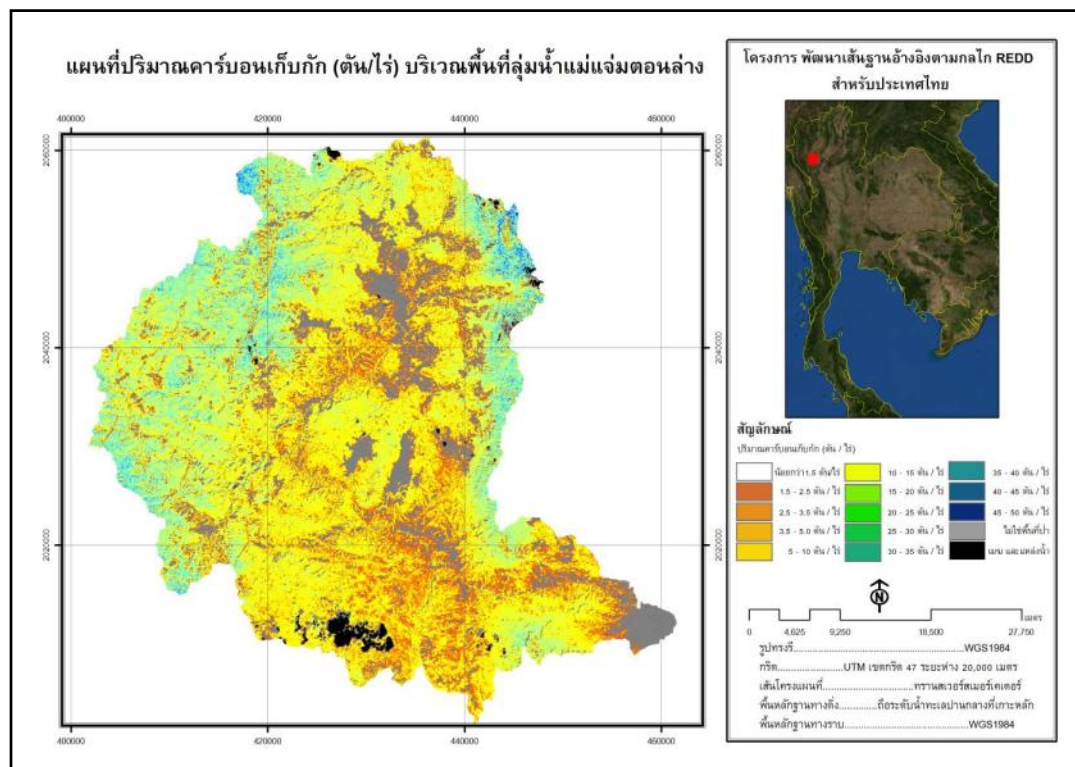
ช่วงชั้นการปกคลุมเรือนยอด	เปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอด	พื้นที่ (ไร่)	มวลชีวภาพทั้งพื้นที่ (ตัน)	ปริมาณคาร์บอนทั้งพื้นที่ (ตัน)
1	0-10	85,346	298,169.99	140,139.90
2	10-20	9,618	48,712.87	22,895.05
3	20-30	167,461	1,229,562.82	577,894.53
4	30-40	202,207	2,152,342.43	1,011,600.94
5	40-50	38,404	592,611.10	278,527.22
6	50-60	96,973	2,169,313.36	1,019,577.28
7	60-70	159,380	5,168,724.93	2,429,300.72
8	70-80	112,668	5,296,979.87	2,489,580.54
9	80-90	67,233	4,582,351.15	2,153,705.04
10	90-100	19,739	1,950,334.76	916,657.34
	เมฆ	11,881	-	-
	พื้นที่เกษตรกรรมและอื่นๆ	236,902	-	-
	รวม	1,207,812	23,489,103.29	11,039,878.54

2.7 การประเมินการปล่อยคาร์บอนจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

จากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้และข้อมูลปริมาณการกักเก็บคาร์บอนต่อพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง สามารถประเมินการปล่อยคาร์บอนเนื่องจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างได้ดังแสดงในตารางที่ 32 ซึ่งจะเห็นได้ว่า หากใช้ระดับการปล่อยอ้างอิงในระดับประเทศ คือ อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าที่ 0.36 % ต่อปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 เป็นต้นไปจนถึงปี พ.ศ. 2567 พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างจะไม่ได้รับประโยชน์จากกลไก REDD แต่อาจได้ประโยชน์จาก REDD+ หากสามารถดำเนินการเพิ่มพูนปริมาณคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ได้ เนื่องจากปริมาณคาร์บอนในปัจจุบันยังอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ



ภาพที่ 34. แผนที่มวลชีวภาพ ที่คำนวณจากข้อมูลจากดาวเทียม ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง



ภาพที่ 35. แผนที่ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่คำนวณจากข้อมูลจากดาวเทียม ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

ตารางที่ 32. การประเมินปริมาณการปล่อยคาร์บอนเนื่องจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

ปี พ.ศ.	พื้นที่ป่าที่ลดลงต่อปี		ปริมาณการปล่อยคาร์บอน	
	ไร่	ร้อยละ	ตัน C/ปี	ตัน CO ₂ /ปี
2532-2537	11,087.03	0.915	127,611.74	467,909.71
2537-2542	4,231.02	0.349	48,698.99	178,562.98
2542-2547	940.62	0.078	10,826.58	39,697.47
2547-2552	6,935.63	0.572	79,829.06	292,706.54
2552-2557	13,728.00	1.133	158,009.32	579,367.50
2557-2562	6,688.31	0.552	76,982.47	282,269.07
2562-2567	6,930.64	0.572	79,771.69	292,496.21

สรุปผลการศึกษา

1. การพัฒนาฐานอ้างอิงระดับประเทศ

1.1 ฐานอ้างอิง หรือระดับการปล่อยอ้างอิง (Reference Emission Level) หมายถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ภายในช่วงเวลาอ้างอิง (reference period) ซึ่งกำหนดได้ด้วยการใช้ข้อมูลในอดีต

1.2 ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ในอดีตแสดงว่า พื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยลดลงจากร้อยละ 53.33 ในปี พ.ศ. 2504 เหลือ ร้อยละ 30.92 ในปี พ.ศ. 2549 โดยการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยเป็นการสำรวจโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ยกเว้นในปี พ.ศ. 2504 เป็นการสำรวจโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศ

1.3 ประเทศไทยมีอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 0.68 ต่อปี โดยมีอัตราการลดลงต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 0.08 ต่อปี ในปี พ.ศ. 2531-32 และมีอัตราการทำลายป่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 2.26 ต่อปี ในปี พ.ศ. 2519-2521

1.4 อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในช่วงเวลาอ้างอิง 5 ช่วงเวลา คือ พ.ศ. 2533-2538, พ.ศ. 2538-2543, พ.ศ. 2543-2548, พ.ศ. 2533-2543 และ พ.ศ. 2538-2548 เท่ากับร้อยละ 0.33, 0.12, 0.36, 0.23 และ 0.24 ต่อปี ตามลำดับ โดยช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการกำหนดเป็นช่วงเวลาอ้างอิง (reference period) สำหรับกลไก REDD ของประเทศไทย คือ ช่วงปี พ.ศ. 2543-2548 ซึ่งมีอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าเท่ากับร้อยละ 0.36 ต่อปี

1.5 การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้โดยจำแนกตามชนิดป่าในช่วงเวลาอ้างอิง จะได้ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเท่ากับ 85.35 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ซึ่งจะเป็ระดับการปล่อยอ้างอิงที่เป็นประโยชน์ต่อประเทศไทยมากที่สุด เนื่องจากการกำหนดระดับการปล่อยอ้างอิงที่มีค่าสูง จะก่อให้เกิดประโยชน์กับประเทศที่เข้าร่วมกลไก REDD

1.6 การคาดการณ์การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในอีก 10 ปีข้างหน้า (ถึงปี พ.ศ. 2563) โดยใช้ค่าตัวแปรการเพิ่มขึ้นของประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ และผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคการเกษตร ประเทศไทยจะมีอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 0.22 ต่อปี หรือเท่ากับ 0.71 ล้านไร่ แสดงว่าประเทศไทยสามารถรักษาพื้นที่ป่าไว้ได้ 0.44 ล้านไร่ต่อปีจากช่วงเวลาอ้างอิง คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 25 ล้านตันต่อปี ซึ่งเป็นเกร็ดที่ประเทศไทยมีโอกาสจะได้ในกรณีที่มีการดำเนินตามกลไก REDD

2. การพัฒนาด้านเทคนิควิธีการในระดับโครงการ

2.1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 1,207,812.60 ไร่ สามารถจำแนกออกได้เป็น 4 กลุ่ม 9 ประเภท ได้แก่ กลุ่มป่าไม้ (จำแนกเป็น ป่าดิบเขา ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง สวนป่าสัก และสวนป่าสน) กลุ่มเกษตรกรรม (จำแนกเป็น ไร่เลื่อนลอย และพื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย) กลุ่มทุ่งหญ้าธรรมชาติ และกลุ่มแหล่งน้ำ

2.2 การติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2532-2552) พื้นที่ป่าไม้บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราการลดลงเฉลี่ยร้อยละ 0.48 ต่อปี ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มสูงขึ้น ในอัตราเดียวกัน ส่วนพื้นที่ทุ่งหญ้าธรรมชาติและแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยมีพื้นที่ป่าไม้ที่ยังคงสภาพเป็นพื้นที่ป่าไม้ตลอดระยะเวลา 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 76.45 การใช้เทคนิค Change Detection ทำให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจากรูปแบบหนึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่งได้

2.3 การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างสามารถดำเนินการได้ด้วยการใช้ Markov Chain Model โดยค่าที่ประเมินได้จากแบบจำลองและค่าที่จำแนกได้จริงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ผลการวิเคราะห์แนวโน้มพบว่าแนวโน้มการลดลงของพื้นที่ป่าไม้บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ในช่วง 10 ปี ข้างหน้า (พ.ศ. 2552-2562) มีอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 0.84 ต่อปี ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ (ร้อยละ 0.36 ต่อปี) แสดงว่าบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างจะไม่มีส่วนสร้างประโยชน์ในแง่ของการดำเนินกลไก REDD สำหรับประเทศไทย

2.4 การประเมินปริมาณคาร์บอนในพื้นที่ป่าจากข้อมูลดาวเทียม พบว่า ค่าความหนาแน่นการปกคลุมเรือนยอดไม้ (FCD) สามารถใช้ประเมินมวลชีวภาพและคาร์บอนของพืชพรรณได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.719 และ 0.897 ตามลำดับ และค่าที่ได้จากการประเมินด้วยข้อมูลจากดาวเทียม และค่าที่ประเมินได้จากภาคสนามไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การใช้ค่า FCD จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้ในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ภายใต้กลไก REDD ได้ แต่ไม่สามารถประเมินคาร์บอนในดินได้

2.5 จากการประเมินด้วยข้อมูลจากดาวเทียม ป่าไม้ในบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างมีการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 11.04 ล้านตัน คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 11.51 ตัน/ไร่ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำสำหรับป่าธรรมชาติที่สมบูรณ์ แสดงว่าป่าไม้ในบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างเป็นป่าที่ถูกรบกวนจากมนุษย์ และยังมีศักยภาพที่จะเพิ่มพูนคาร์บอนสต็อก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งกรมป่าไม้ ได้ให้คำนิยามของพื้นที่ป่า หมายถึง พื้นที่ป่าชนิดต่างๆ ได้แก่ ป่าดงดิบ ป่าสน ป่าชายเลน ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าเต็งรังแคระแกร็น ป่าพรุ ป่าชายเลน และป่าชายหาด เป็นต้น ไม่ว่าจะอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ป่าโครงการ และพื้นที่ที่ใหญ่กว่า 31.25 ไร่ โดยมีเรือนยอดต้นไม้สูงอย่างน้อย 5 เมตร ปกคลุมมากกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ ซึ่งคำนิยามดังกล่าวแตกต่างจากนิยามของป่าไม้ที่ประเทศไทยให้ไว้กับ UNFCCC ในการดำเนินการตามกลไก CDM คือ พื้นที่ที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไร่ มีเรือนยอดของต้นไม้สูงกว่า 3 เมตร และมีการปกคลุมของเรือนยอดมากกว่าร้อยละ 30 ของพื้นที่ หากการดำเนินการตามกลไก REDD กำหนดให้ใช้นิยามป่าตามที่กำหนดไว้สำหรับกลไก CDM ตัวเลขพื้นที่ป่าไม้จะแตกต่างจากที่รายงานในการศึกษาครั้งนี้
2. จากการดำเนินการในภาคสนามด้วยการใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ซึ่งเป็นระบบภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงแสงที่มีความละเอียดปานกลาง สามารถหาได้ง่าย เหมาะแก่การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ และเป็นข้อมูลที่ยอมรับให้ใช้นั้น การตรวจสอบจุดภาพที่มองเห็นได้ควรมีขนาดอย่างน้อย 3 x 3 จุดภาพ หรือมีขนาด 90 x 90 เมตร หรือควรมีขนาดพื้นที่อย่างน้อย 5 ไร่ (0.81 เฮกเตอร์) จึงจะมองเห็นได้จากข้อมูลดาวเทียมขนาดความละเอียดปกติ การกำหนดขนาดพื้นที่ 1 ไร่ ตามนิยามป่าไม้ของประเทศไทยจะไม่สามารถตรวจสอบจากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT
3. จากการวางแผนสำรวจภาคสนาม พบว่า พื้นที่ป่าเต็งรังธรรมชาติหลายแปลงย่อย มีการปกคลุมของเรือนยอดต่ำกว่าร้อยละ 30 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดของการปกคลุมเรือนยอดตามนิยามป่าไม้ของประเทศไทย ดังนั้น หากประเทศไทยกำหนดการปกคลุมของเรือนยอดที่ร้อยละ 30 อาจทำให้พื้นที่ป่าอนุรักษ์บางพื้นที่ที่ไม่อุดมสมบูรณ์ ไม่ถูกจัดว่าเป็นป่าไม้
4. ควรดำเนินการศึกษาในพื้นที่ป่าไม้ในภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศไทย หากได้ข้อมูลสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ อาจจะต้องพิจารณาปรับปรุงนิยามป่าไม้ของประเทศไทยให้เหมาะสมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมป่าไม้. 2550. สถิติการป่าไม้ของประเทศไทย 2550. สำนักงานเลขานุการกรม กรมป่าไม้.
- กิตติพงษ์ พงษ์บุญ. 2542. บทบาทการทดแทนตามธรรมชาติต่อการสูญเสียดินและน้ำที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนา
ภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
- คณะวนศาสตร์. 2552. โครงการศึกษาลักษณะพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจก และขนาดพื้นที่
ที่เหมาะสมสำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้. เสนอต่อ องค์การบริหารจัดการก๊าซ
เรือนกระจก (องค์การมหาชน). คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณินิจ สุทธิชาติ. 2539. ผลกระทบของไฟป่าต่อดินและพืช ณ อุทยานแห่งชาติภูกระดึง. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จรัส ช่วชนะ. 2540. ลักษณะโครงสร้างของป่าเต็งรังหุบผายุภูมิ บริเวณโครงการพัฒนาตามพระราชดำริป่า
หนองเต็ง-จักราช จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิรนนท์ ชีระกุลพิศุทธิ์ และ นันทนา คชเสนี. 2547. ศักยภาพการสะสมธาตุคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือ
พื้นดินของระบบนิเวศป่าทองผาภูมิ. เอกสารประกอบการประชุม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
ทางด้านป่าไม้ “ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” ณ โรงแรมมารวย การ์เด็น กรุงเทพฯ
ระหว่างวันที่ 16-17 สิงหาคม 2547. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- นวลปราง นวลอุไร. 2547. การเปรียบเทียบค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณคาร์บอนสะสมที่
เหนือพื้นดินของระบบนิเวศป่า จากการสำรวจด้านป่าไม้และการรับรู้จากระยะไกล บริเวณอุทยาน
แห่งชาติแก่งกระจาน ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พจนีย์ มอญเจริญ และ ทวีศักดิ์ เวียรศิลป์. 2541. คาร์บอนในดินของประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน.
- ลดาวลย์ พวงจิตร. 2544. คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณชีวมวลของ
พรรณไม้ในเขตร้อนภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอสํานักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- วสันต์ จันทร์แดง, ลดาวลย์ พวงจิตร และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2553. การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและ
สวนป่ายูคาลิปตัส บริเวณสวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น, หน้า 183-197. ใน เอกสารการประชุม
วิชาการระดับชาติ เรื่อง ประเทศไทยกับภูมิอากาศโลก ครั้งที่ 1. องค์การบริหารจัดการก๊าซ
เรือนกระจก (องค์การมหาชน) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- วิษณุ ดำรงสังข์ศิริ. 2544. การประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกลเพื่อประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ และมวล
ชีวภาพของป่าที่อยู่เหนือพื้นดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- สนธยา จำปานิล. 2547. การเปรียบเทียบผลผลิตและการย่อยสลายของเศษซากพืช เพื่อประเมินการสะสมคาร์บอนในระบบนิเวศป่าในเขตอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สาพิศ ดิลกสัมพันธ. 2550. การกักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลน. ใน รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการประเมินมูลค่าและการพึ่งพิงทรัพยากรป่าชายเลน. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- _____, ชิตี วิสารตัน, สำเริง ปานอุทัย, ภาณุมาศ ลาดปลาตะ, สิริรัตน์ จันทน์มเหสถียร และศุภรัตน์ สำราญ. 2549. วัฏจักรคาร์บอนในป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง, น. 257-275. ใน รวมผลงานวิจัย “การศึกษาวัฏจักรคาร์บอนในป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง”. สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- สิริรัตน์ จันทน์มเหสถียร และศิริภา โพธิ์พินิจ. 2544. การประเมินการสะสมคาร์บอนในดินในระบบนิเวศป่าไม้ของประเทศไทย. ใน การประชุมทางวิชาการประจำปี 2544 วิกฤตสิ่งแวดล้อม. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.
- _____, _____ และ วิลาวัณย์ วิเชียรนพรัตน์. 2549. ปริมาณคาร์บอนในดินของป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง, น. 321-343. ใน รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ “ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต” ณ โรงแรมมารวยการ์เด็น กรุงเทพฯ ระหว่างวันที่ 4-5 สิงหาคม 2548. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- สุนันทา ขจรศรีชล. 2531. ลักษณะทางนิเวศวิทยาบางประการของป่าสนธรรมชาติ บริเวณโครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนงค์ทิพย์ พงษ์สุวิเศษศักดิ์. 2531. การสำรวจการใช้ที่ดินและผลผลิตป่าไม้เพื่อการวางแผนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนุสรณ์ รังสิพานิช. 2545. การประมาณค่าความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม บริเวณป่าสาธิตงาว อำเภองาว จังหวัดลำปาง สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
- อภิรักษ์ จันธิราช. 2545. การประยุกต์ใช้ข้อมูลสำรวจระยะไกลในการจำแนกพื้นที่ป่าไม้และการประมาณมวลชีวภาพป่าไม้ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยทับทัน-ห้วยสำราญ จังหวัดสุรินทร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อำนาจ ชิดไรสง และ ณัฐพล ลิไชยกุล. 2548. การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนในดินป่าดิบแล้ง ดินป่าปลูก และดินทำการเกษตร, น. 95-105. ใน รายงานการประชุม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

- Baynes, J. 2007. Using FCD Mapper Software and Landsat images to assess forest canopy density in landscape in Australia and the Philippines. *Annals of Tropical Research* 29 (1): 9-20 (2007)
- Coalition for Rainforest Nations. 2005. Reducing emissions from deforestation in developing countries: Approaches to stimulate action. Submission of Views to UNFCCC COP 11 by Bolivia, Central African Republic, Costa Rica, Democratic Republic of Congo, Dominican Republic, Fiji, Ghana, Guatemala, Honduras, Kenya, Madagascar, Nicaragua, Panama, Papua New Guinea, Samoa, Solomon Islands, and Vanuatu.
- FAO. 2007. Global Forest Resource Assessment 2005: Progress towards Sustainable Forest Management. Forestry Paper 147. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- GOFC-GOLD. 2009. A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests and forestation. Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics. Available at: <http://www.gofc-gold.uni-jena.de/redd/>.
- Griscom, B. 2009. Implications of REDD baseline methods for different country circumstances during an initial performance period. The Nature Conservancy.
- Hadi, F., K. Wikantika and I. Sumarto. 2004. Implementation of forest canopy density model to monitor forest fragmentation in Mt. Simpang and Mt. Tilu Nature Reserve, West Java, Indonesia. Available on http://www.fig.net/pub/jakarta/papers/ts_21/ts_21_4_hadi_etal.pdf.
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. International Panel on Climate Change. IGES, Japan.
- Mollicone, D., F. Achard, S. Federici, H. Eva, G. Grassi, A. Belward, F. Raes, G. Seufert, H. Stibig, G. Matteucci and E.D. Schulze. 2007. An incentive mechanism for reducing emissions from conversion of intact and non-intact forests. *Climate Change* 83: 477-493.
- Ogawa, H., K. Yoda and T. Kira, K. Ogino, T. Shidei, D. Ratanavongse and C. Apasutya. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation of Thailand. I. Structure and floristic composition. *Nature and Life in SE Asia* 4: 13-48.
- Panayotou, T. and S. Sungsuwan. 1989. An econometric study of the causes of tropical deforestation: The case of northeastern Thailand. Development Discussion Paper No. 284. Harvard Institute of International Development.
- Petsri, S., N. Pumijumnong, C. Wachrinrat and S. Thoranisorn. 2007. Aboveground carbon content in mixed deciduous forest and teak plantations. *Environment and Natural Resources Journal* 5: 1-10.

- Rikimaru, A. and S. Miyatake. 1997. Development of forest canopy density mapping and monitoring model using indices of vegetation, bare soil and shadow. Available source <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1997/ts5/index.shtml>
- Stern, N. 2007. The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge University Press, London.
- Strassburg, B., R.K. Turner, B. Fisher, R. Schaeffer and A. Lovett. 2008. An empirically-derived mechanism of combined incentives to reduce emissions from deforestation. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment Working Paper ECM 08-01.
- Tangtham, N. and C. Tantasirin. 1997. An assessment of policies to reduce carbon emissions in the Thai forestry sector with emphasis on forest protection and reforestation for conservation, pp. 100-121. *In*: C. Khemnark, B. Thaiutsa, L. Puangchit and S. Thammincha (eds.), Tropical Forestry in the 21st Century Volume 2: Global Changes in the Tropical Contexts. Proceedings of FORTROP'96 International Conference, 25-28 November 1996, Bangkok.
- Terrestrial Carbon Group. 2008. How to include terrestrial carbon in developing nations in the overall climate change solution. Available source: www.terrestrialcarbon.org.
- Thongpan, S., T. Panayotou, S. Jetavanich, K. Faichampa and C. Mehl. 1990. Deforestation and poverty: Can commercial and social forestry break the vicious circle? Research Report No. 2. The 1990 TDRI Year-End Conference, December 8-9, 1990. Ambassador City Jomtien, Chonburi.
- Strassburg, B., R.K. Turner, B. Fisher, R. Schaeffer and A. Lovett. 2008. An empirically-derived mechanism of combined incentives to reduce emissions from deforestation. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment Working Paper ECM 08-01.
- UNFCCC. 2008. Views on outstanding methodological issues related to policy approaches and positive incentives to reduce emissions from deforestation and forest degradation in developing countries. FCCC/SBSTA/2008/Mis.4/Add.1.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1. ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2542

Given: Probability of changing to:

		โอกาสการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2542								
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2542	ป่าดิบเขา (Cl.1)	0.8853	0.0111	0.0058	-	-	0.043	0.0548	-	-
	ป่าสนเขา (Cl.2)	0.0138	0.8978	0.0026	-	-	0.0193	0.0665	-	-
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.3)	0.0034	0.0021	0.9537	-	0.0007	0.0016	0.0384	-	0.0002
	ป่าเต็งรัง (Cl.4)	-	0.0326	-	0.9415	-	-	0.0259	-	-
	สวนป่าสัก (Cl.5)	0.009	0.0491	0.1916	-	0.6742	-	0.0761	-	-
	สวนป่าสนเขา (Cl.6)	0.337	-	-	-	-	0.3945	0.2685	-	-
	ไร่เลื่อนลอย (Cl.7)	0.1008	0.0571	0.0511	0.0012	0.006	0.0709	0.7127	-	0.0001
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cl.8)	0.1585	0.1232	-	-	-	-	-	0.7184	-
	ทุ่งหญ้า (Cl.9)	-	0.0022	0.0013	-	-	-	0.0133	-	0.9832

ตารางผนวกที่ 2. ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2542 (ตร.กม.)

Cell in: Expected to transition to :

		สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2542								
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2542	ป่าดิบเขา (Cl.1)	0.8853	0.0111	0.0058	-	-	0.043	0.0548	-	-
	ป่าสนเขา (Cl.2)	0.0138	0.8978	0.0026	-	-	0.0193	0.0665	-	-
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.3)	0.0034	0.0021	0.9537	-	0.0007	0.0016	0.0384	-	0.0002
	ป่าเต็งรัง (Cl.4)	-	0.0326	-	0.9415	-	-	0.0259	-	-
	สวนป่าสัก (Cl.5)	0.009	0.0491	0.1916	-	0.6742	-	0.0761	-	-
	สวนป่าสนเขา (Cl.6)	0.337	-	-	-	-	0.3945	0.2685	-	-
	ไร่เลื่อนลอย (Cl.7)	0.1008	0.0571	0.0511	0.0012	0.006	0.0709	0.7127	-	0.0001
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cl.8)	0.1585	0.1232	-	-	-	-	-	0.7184	-
	แหล่งน้ำ (Cl.9)	-	0.008	0.004	-	-	-	0.046	-	3.399

ตารางผนวกที่ 3. ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547

Given: Probability of changing to:

		โอกาสการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2547								
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547	ป่าดิบเขา (Cl.1)	0.9416	0.0038	0	0	0	0.0141	0.0403	0	0.0001
	ป่าสนเขา (Cl.2)	0.0012	0.9532	0.0009	0	0	0.0083	0.0363	0	0
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.3)	0.0004	0.0013	0.9701	0	0.0061	0	0.0221	0	0
	ป่าเต็งรัง (Cl.4)	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	สวนป่าสัก (Cl.5)	0	0	0.012	0	0.9223	0	0.0657	0	0
	สวนป่าสนเขา (Cl.6)	0.2519	0.0685	0	0	0	0.4485	0.2311	0	0
	ไร่เลื่อนลอย (Cl.7)	0.0417	0.01	0.0014	0	0.0019	0.0103	0.9347	0	0
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cl.8)	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	แหล่งน้ำ (Cl.9)	0	0.0005	0.009	0	0	0	0	0	0.9904

ตารางผนวกที่ 4. ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547 (ตร.กม.)

Cell in: Expected to transition to :

		สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2547								
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2547	ป่าดิบเขา (Cl.1)	553.188	2.244	-	-	-	8.302	23.704	-	0.059
	ป่าสนเขา (Cl.2)	0.533	435.044	0.430	-	0.021	3.810	16.553	-	0.010
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.3)	0.232	0.724	535.916	-	3.348	-	12.198	-	-
	ป่าเต็งรัง (Cl.4)	-	-	-	1.377	-	-	-	-	-
	สวนป่าสัก (Cl.5)	-	-	0.147	-	11.290	-	0.804	-	-
	สวนป่าสนเขา (Cl.6)	9.719	2.644	0.001	-	-	17.302	8.914	-	-
	ไร่เลื่อนลอย (Cl.7)	11.669	2.808	0.395	-	0.521	2.873	261.528	-	-
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cl.8)	-	-	-	-	-	-	-	3.740	-
	แหล่งน้ำ (Cl.9)	-	0.002	0.032	-	-	-	-	-	3.461

ตารางผนวกที่ 5. ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552

Given: Probability of changing to:

		โอกาสการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2552								
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552	ป่าดิบเขา (Cl.1)	0.9774	0.001	0	0	0	0.0048	0.0168	0	0
	ป่าสนเขา (Cl.2)	0.0001	0.9816	0.0033	0	0	0.0025	0.0125	0	0
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.3)	0.0011	0.0005	0.9937	0	0	0	0.0046	0	0
	ป่าเต็งรัง (Cl.4)	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	สวนป่าสัก (Cl.5)	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	สวนป่าสนเขา (Cl.6)	0.1978	0.0456	0	0	0	0.5701	0.1864	0	0
	ไร่เลื่อนลอย (Cl.7)	0.0103	0.0033	0.001	0	0	0.0529	0.9324	0	0
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cl.8)	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	แหล่งน้ำ (Cl.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	1

ตารางผนวกที่ 6. ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 (ตร.กม.)

Cell in: Expected to transition to :

		สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2552								
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552	ป่าดิบเขา (Cl.1)	572.174	0.605	-	-	-	2.811	9.807	-	-
	ป่าสนเขา (Cl.2)	0.040	443.248	1.506	-	-	1.134	5.644	-	-
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.3)	0.608	0.296	547.320	-	-	0.028	2.515	-	-
	ป่าเต็งรัง (Cl.4)	-	-	-	1.390	-	-	-	-	-
	สวนป่าสัก (Cl.5)	-	-	-	-	12.242	-	-	-	-
	สวนป่าสนเขา (Cl.6)	8.071	1.861	-	-	-	23.256	7.603	-	-
	ไร่เลื่อนลอย (Cl.7)	2.951	0.945	0.288	0.013	-	15.136	266.823	-	-
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cl.8)	-	-	-	-	-	-	-	3.740	-
	แหล่งน้ำ (Cl.9)	-	-	-	-	-	-	-	-	3.495

ตารางผนวกที่ 7. ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557

Given: Probability of changing to:

		โอกาสการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2557								
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557	ป่าดิบเขา (Cl.1)	0.9241	0.0011	0.0019	-	-	0.0038	0.0692	-	-
	ป่าสนเขา (Cl.2)	0.0027	0.9336	0.0008	-	-	0.0028	0.0601	-	-
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.3)	-	-	0.9612	-	0.0003	-	0.0382	-	0.0002
	ป่าเต็งรัง (Cl.4)	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	สวนป่าสัก (Cl.5)	-	-	0.0449	-	0.9124	-	0.0427	-	-
	สวนป่าสนเขา (Cl.6)	0.2919	0.0884	-	-	-	0.1192	0.5005	-	-
	ไร่เลื่อนลอย (Cl.7)	0.0538	0.0119	0.0023	-	0.0004	0.0081	0.9233	-	0.0003
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cl.8)	-	-	-	-	-	-	-	1	-
	แหล่งน้ำ (Cl.9)	-	-	0.0048	-	-	-	0.0125	-	0.9827

ตารางผนวกที่ 8. ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557 (ตร.กม.)

Cell in: Expected to transition to :

		สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2557								
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2557	ป่าดิบเขา (Cl.1)	526.233	0.602	1.103	-	-	2.153	39.389	-	-
	ป่าสนเขา (Cl.2)	1.169	400.733	0.345	-	0.005	1.186	25.784	-	0.003
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.3)	0.018	0.011	511.505	-	0.167	-	20.344	-	0.085
	ป่าเต็งรัง (Cl.4)	-	-	-	1.391	-	-	-	-	-
	สวนป่าสัก (Cl.5)	-	-	0.514	-	10.447	-	0.489	-	-
	สวนป่าสนเขา (Cl.6)	3.109	0.941	-	-	-	1.270	5.331	-	-
	ไร่เลื่อนลอย (Cl.7)	20.097	4.433	0.848	0.002	0.136	3.042	345.179	-	0.121
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cl.8)	-	-	-	-	-	-	-	3.740	-
	แหล่งน้ำ (Cl.9)	-	-	0.018	-	-	-	0.045	-	3.556

ตารางผนวกที่ 9. ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2562

Given: Probability of changing to:

		โอกาสการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2562								
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2562	ป่าดิบเขา (Cl.1)	0.8587	0.0031	0.0038	-	-	0.0045	0.1298	-	-
	ป่าสนเขา (Cl.2)	0.0091	0.8726	0.0017	-	-	0.0034	0.1132	-	-
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.3)	0.0021	0.0005	0.9241	-	0.0006	0.0003	0.0721	-	0.0003
	ป่าเต็งรัง (Cl.4)	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	สวนป่าสัก (Cl.5)	0.0023	0.0005	0.0843	-	0.8325	0.0003	0.0801	-	-
	สวนป่าสนเขา (Cl.6)	0.3317	0.0993	0.0018	-	0.0002	0.0196	0.5473	-	0.0002
	ไร่เลื่อนลอย (Cl.7)	0.1017	0.0228	0.0044	-	0.0007	0.0087	0.8611	-	0.0006
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cl.8)	-	-	-	-	-	-	-	1	-
	แหล่งน้ำ (Cl.9)	0.0007	0.0001	0.0094	-	-	0.0001	0.024	-	0.9656

ตารางผนวกที่ 10. ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2562 (ตร.กม.)

Cell in: Expected to transition to :

		สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2562								
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2562	ป่าดิบเขา (Cl.1)	489.018	1.776	2.168	-	0.015	2.568	73.921	-	0.013
	ป่าสนเขา (Cl.2)	3.903	374.544	0.715	-	0.018	1.463	48.567	-	0.014
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.3)	1.128	0.262	491.733	-	0.319	0.166	38.350	-	0.172
	ป่าเต็งรัง (Cl.4)	-	-	-	1.391	-	-	-	-	-
	สวนป่าสัก (Cl.5)	0.026	0.006	0.965	-	9.532	0.004	0.917	-	-
	สวนป่าสนเขา (Cl.6)	3.533	1.058	0.019	-	0.002	0.209	5.829	-	0.002
	ไร่เลื่อนลอย (Cl.7)	38.026	8.521	1.648	0.003	0.251	3.259	321.919	-	0.231
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cl.8)	-	-	-	-	-	-	-	3.740	-
	แหล่งน้ำ (Cl.9)	0.003	0.001	0.034	-	-	0.001	0.087	-	3.494

ตารางผนวกที่ 11. ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2567

Given: Probability of changing to:

		โอกาสการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2567								
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2567	ป่าดิบเขา (Cl.1)	0.7908	0.0063	0.006	-	0.0001	0.0049	0.1919	-	0.0001
	ป่าสนเขา (Cl.2)	0.0196	0.8054	0.0028	-	0.0001	0.0038	0.1682	-	0.0001
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.3)	0.0067	0.0015	0.8815	-	0.0009	0.0007	0.1081	-	0.0005
	ป่าเต็งรัง (Cl.4)	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	สวนป่าสัก (Cl.5)	0.0074	0.0017	0.1252	-	0.7455	0.0008	0.1195	-	0.0001
	สวนป่าสนเขา (Cl.6)	0.3436	0.1015	0.0041	-	0.0004	0.0072	0.5428	-	0.0004
	ไร่เลื่อนลอย (Cl.7)	0.1509	0.0342	0.0068	-	0.0010	0.0084	0.7977	-	0.0009
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cl.8)	-	-	-	-	-	-	-	1	-
	แหล่งน้ำ (Cl.9)	0.0022	0.0005	0.0146	-	-	0.0002	0.0369	-	0.9456

ตารางผนวกที่ 12. ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2567 (ตร.กม.)

Cell in: Expected to transition to :

		สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2567								
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2567	ป่าดิบเขา (Cl.1)	450.326	3.573	3.403	0.001	0.046	2.796	109.292	-	0.042
	ป่าสนเขา (Cl.2)	8.405	345.694	1.186	0.001	0.043	1.648	72.211	-	0.036
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.3)	3.588	0.821	469.061	-	0.487	0.371	57.524	-	0.278
	ป่าเต็งรัง (Cl.4)	-	-	-	1.391	-	-	-	-	-
	สวนป่าสัก (Cl.5)	0.084	0.019	1.434	-	8.536	0.009	1.368	-	0.001
	สวนป่าสนเขา (Cl.6)	3.659	1.081	0.043	-	0.004	0.077	5.783	-	0.004
	ไร่เลื่อนลอย (Cl.7)	56.401	12.794	2.556	0.005	0.366	3.154	298.231	-	0.351
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cl.8)	-	-	-	-	-	-	-	3.740	-
	แหล่งน้ำ (Cl.9)	0.008	0.002	0.053	-	-	0.001	0.133	-	3.421

ตารางผนวกที่ 13. ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการมา	ผลที่ได้รับ
1. เพื่อพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงตามกลไก REDD ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย	1) ทบทวนเอกสารเกี่ยวกับรูปแบบของเส้นฐานอ้างอิงจากแนวคิดที่มีผู้เสนอในการประชุม สัมมนา เอกสาร และวารสาร	ทบทวนเอกสารและติดตามการประชุมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ REDD	ได้รูปแบบการสร้างเส้นฐานอ้างอิงตามมาตรฐานสากล
	2) รวบรวมข้อมูลทุกมิติที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนาเส้นฐานอ้างอิงของประเทศไทย จากเอกสารงานวิจัย และรายงานต่างๆ	รวบรวมข้อมูลทุกมิติที่เกี่ยวข้องกับการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของป่าชนิดต่างๆ การเพิ่มขึ้นของประชากร การเติบโตทางเศรษฐกิจ ฯลฯ	ได้ข้อมูลที่ใช้เป็นต่อนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างเส้นฐานอ้างอิงสำหรับ REDD
	3) วิเคราะห์หาเส้นฐานอ้างอิงและช่วงเวลาอ้างอิง ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย	นำข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์และคาดการณ์แนวโน้มในอนาคตด้วยการวิเคราะห์การถดถอย	ได้เส้นฐานอ้างอิงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย
2. เพื่อพัฒนาเทคนิควิธีการในการติดตามการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าในระดับโครงการ	1) กำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตอนล่าง ครอบคลุมพื้นที่รวม 1,932.5 ตารางกิโลเมตร และจัดหาแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมย้อนหลัง 20 ปี	กำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตอนล่าง ครอบคลุมพื้นที่รวม 1,932.5 ตารางกิโลเมตร และจัดหาแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม ในปี พ.ศ. 2552, 2547, 2542, 2537 และ 2532	ได้พื้นที่ศึกษาและแผนที่ที่ใช้ศึกษา
	2) จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา จากแผนที่	จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา จากแผนที่	ได้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน 5 ช่วงเวลา ย้อนหลัง 20 ปี

ตารางผนวกที่ 13. (ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการมา	ผลที่ได้รับ
	3) -	ติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยเทคนิค Change Detection และพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคตด้วย Markov Chain Model	ได้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน 5 ช่วงเวลา ย้อนหลัง 20 ปี
	4) วางแปลงสำรวจภาคสนามให้ครอบคลุมป่าชนิดต่างๆ ตามแผนที่ที่จำแนก จำนวน 6 แปลง ขนาด 90 x 90 เมตร และแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร	วางแปลงสำรวจภาคสนามให้ครอบคลุมป่าชนิดต่างๆ ตามแผนที่ที่จำแนก จำนวน 10 แปลง ขนาด 90 x 90 เมตร และแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร	ได้แปลงตัวอย่างสำหรับเก็บข้อมูลพื้นฐานในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในภาคสนาม
	5) วัดขนาดความโต และความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่าง การปกคลุมเรือนยอด และปริมาณคาร์บอนในดิน	วัดขนาดความโต และความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่าง การปกคลุมเรือนยอด และปริมาณคาร์บอนในดิน	ได้ข้อมูลสำหรับการประเมินปริมาณคาร์บอนในพืชพรรณและในดิน และการปกคลุมเรือนยอดของพื้นที่ป่า
	6) คำนวณหาปริมาณคาร์บอนสะสมในป่า ทั้งในพืชพรรณและในดิน	คำนวณหาปริมาณคาร์บอนสะสมในป่า ทั้งในพืชพรรณ และในดิน	ได้ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในพืชพรรณและในดินของพื้นที่ศึกษา
	7) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาคสนามและข้อมูลดาวเทียม	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาคสนามและข้อมูลดาวเทียม	ได้ดัชนีที่ให้ความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างการใช้ข้อมูลดาวเทียมและข้อมูลภาคสนาม
	7) ประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้	ประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ เปรียบเทียบกับระดับประเทศ	ได้ข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ศึกษา เปรียบเทียบข้อมูลจากภาคสนามและข้อมูลจากดาวเทียม และเปรียบเทียบกับเส้นอ้างอิงระดับประเทศ

ตารางผนวกที่ 14. กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

ลำดับ	รายการ	กิจกรรม	สถานที่ / เวลา
1	เตรียมความพร้อมสู่การเจรจา Climate Change ณ กรุงโคเปนเฮเกน จัดโดยมูลนิธิประสิทธิภาพพลังงาน (ประเทศไทย) โดย ศูนย์อนุรักษ์ทรัพยากรพลังงานแห่งประเทศไทย ร่วมกับ สำนักความร่วมมือด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ	นำเสนอเรื่อง “การลดก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่า และความเสื่อมโทรมของป่าในประเทศกำลังพัฒนา (REDD)”	ณ ห้องโพลิน โรงแรม Amari Atriam วันที่ 25 สิงหาคม 2552
2	การสัมมนาเรื่อง “โครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคป่าไม้ : ประโยชน์สู่สังคมไทย” จัดโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (มหาชน)	นำเสนอเรื่อง “REDD และ REDD+ : ลดการทำลายป่าและเพิ่มโอกาสในตลาดคาร์บอน”	โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น วันที่ 27 พฤศจิกายน 2552
3	Global Warming Forum # 6 : “Road to Copenhagen จัดโดย MEAs Watch สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ร่วมกับ คณะกรรมการการต่างประเทศ วุฒิสภา	นำเสนอเรื่อง “การลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้ในประเทศกำลังพัฒนา (REDD Plus)”	ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ วันที่ 27 พฤศจิกายน 2552
4	ARBCP REDD+ Technical Training Workshop for Forest Carbon and GIS Specialists สนับสนุนโดย USAID	เข้าร่วมฝึกอบรม	อาคารอมรภูมิรัตน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 6-7 พฤษภาคม 2553
5	เวทีประเมินสถานการณ์และพัฒนายุทธศาสตร์ร่วมเกี่ยวกับเรดด์ของชนเผ่าพื้นเมืองในไทย	นำเสนอเรื่อง “การติดตามการเจรจาเรื่องเรดด์ในเวทีการเจรจาเรื่องโลกร้อนและนัยสำคัญต่อประเทศไทย”	โรงแรมคุ้มภูคำ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ วันที่ 28-29 กันยายน 2553
6	Global Warming Forum ปีที่ 2 ครั้งที่ 3 “แกะรอย REDD : ความเสี่ยงโลกร้อนต่อภาคป่าไม้”	นำเสนอเรื่อง “REDD: พิกัดเส้นฐานอ้างอิงที่เหมาะสมและความพร้อมของประเทศไทยต่อกลไก REDD”	โรงแรมเชียงใหม่ฮิลล์ จ. เชียงใหม่ วันที่ 1 ตุลาคม 2553
7	Decoding REDD Workshop Series Workshop 5: Forest Certification and REDD+	ร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ และจัดทำข้อคิดเห็นเชิงวิชาการ	Sandakan, Sabah, Malaysia วันที่ 21- 23 เมษายน 2553
8	Strengthening National REDD+ Readiness through Regional Collaboration	นำเสนอเรื่อง “Status of REL and MRV Development in Thailand”	Sofitel Plaza Hotel, Hanoi วันที่ 6-7 พฤษภาคม 2553



ภาพผนวกที่ 1. การเตรียมอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม



ภาพผนวกที่ 2. ภาพวางแผนแปลงตัวอย่าง ขนาดแปลงตัวอย่าง 90 x 90 เมตร



ภาพผนวกที่ 3. ภาพเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 15 และ 30 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 4. ภาพการวัดเส้นรอบวงของต้นไม้ และการเก็บข้อมูลภาพถ่ายเรือนยอดไม้ด้วยกล้องดิจิทัล และเลนส์ตาปลา



ภาพผนวกที่ 5. แปลงตัวอย่างที่ 1 ป่าเต็งรัง ค่าพิกัดมุมแปลงที่ความสูงของพื้นที่โดยประมาณ 450 เมตรจากระดับน้ำทะเล



ภาพผนวกที่ 6. แปลงตัวอย่างที่ 2 ป่าเต็งรัง ค่าพิกัดมุมแปลงที่ความสูงของพื้นที่โดยประมาณ 670 เมตรจากระดับน้ำทะเล



ภาพผนวกที่ 7 แปลงตัวอย่างที่ 3 ป่าสนผสมก่อ ค่าพิกัดมุมแปลงที่ความสูงของพื้นที่โดยประมาณ 1,260 เมตรจากระดับน้ำทะเล



ภาพผนวกที่ 8 แปลงตัวอย่างที่ 4 ป่าเต็งรังผสมสน ค่าพิกัดมุมแปลงที่ความสูงของพื้นที่โดยประมาณ 820 เมตรจากระดับน้ำทะเล



ภาพผนวกที่ 9. ภาพถ่ายเรือนยอดของแปลงตัวอย่างที่ 10 ป่าเบญจพรรณ



ภาพผนวกที่ 10. การจัดประชุมเพื่อนำเสนอผลการวิจัยและรับฟังความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจทั่วไป เมื่อวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ณ ห้องประชุม FORTROP คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์