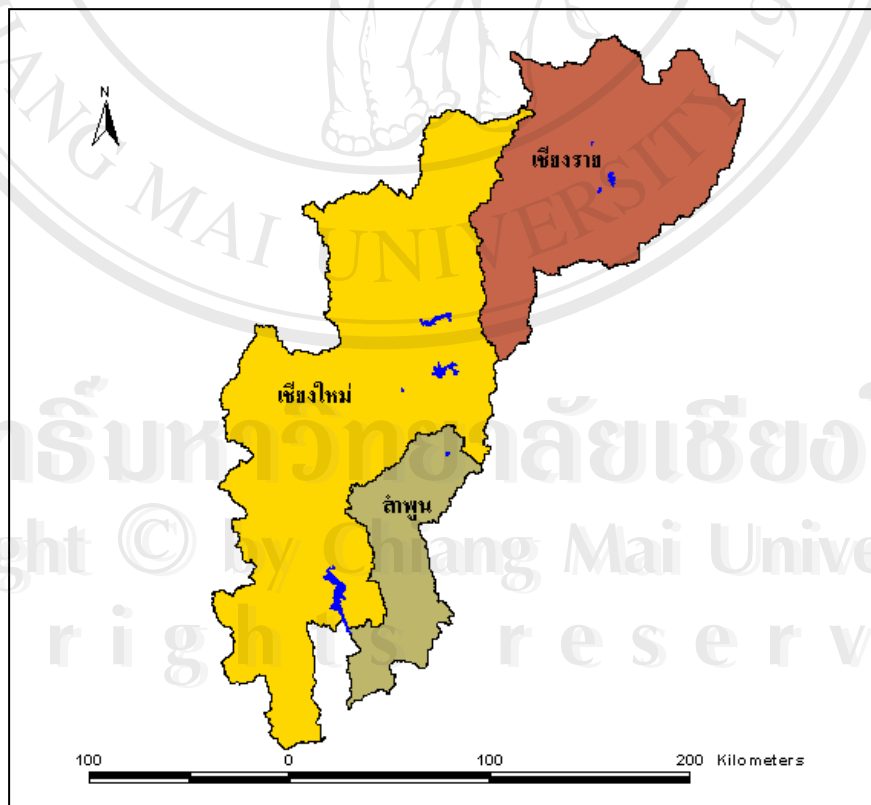


บทที่ 3

วิธีการศึกษา

3.1 พื้นที่ศึกษา

การกำหนดพื้นที่ศึกษาสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ตัวแปรด้านขนาดของอ่างเก็บน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดินเหนืออ่างเก็บน้ำเป็นตัวกำหนดพื้นที่ โดยเลือกอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดพื้นที่มากกว่า 200 ไร่ขึ้นไป เพื่อให้สามารถวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมได้ และการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำแตกต่างกัน ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตร และพื้นที่ชุมชน จำนวน 8 แห่ง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำภายในเขตพื้นที่ 3 จังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ จ.เชียงใหม่ จ.เชียงราย และ จ.ลำพูน (รูปที่ 3.1) และกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำที่รวบรวมน้ำเข้าอ่างเก็บน้ำที่เลือกโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) โดยมีรายละเอียดของแหล่งน้ำดังนี้



รูปที่ 3.1 พื้นที่ศึกษา จ.เชียงใหม่ จ.เชียงราย และ จ.ลำพูน

3.1.1 เขื่อนแม่กวงอุดมธารา ตั้งอยู่ที่ตำบลหลวงเหนือ อำเภอคอยสะแก จังหวัดเชียงใหม่ มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 350 เมตร สร้างขึ้นเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2519 โดยพระราชดำริของ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว สร้างแล้วเสร็จและเปิดดำเนินการอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2540 เป็นเขื่อนกักเก็บน้ำขนาดใหญ่มีพื้นที่รับน้ำ 569 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ผิวน้ำ 11.8 ตารางกิโลเมตร ความลึกระหว่าง 40 - 45 เมตร และปริมาณของน้ำ 263 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยประกอบด้วยตัวเขื่อนขนาดใหญ่ 1 แห่ง และเขื่อนดินปิดช่องเขาขาดอีก 2 แห่ง คือ เขื่อนฝั่งซ้าย และเขื่อนฝั่งขวา รับน้ำมาจากทางน้ำเข้า 2 แห่ง คือ บริเวณห้วยแม่กวงรับน้ำจากน้ำแม่กวง และห้วยแม่ลายรับน้ำจากลำน้ำแม่ลาย ตำบลหนองแห้ว อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณเขื่อนนี้มี คลองส่งน้ำหรือทางน้ำออกสายใหญ่ 2 สายพร้อมอาคารประกอบ คือ คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย ส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกบริเวณอำเภอคอยสะแก จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอบ้านธิ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน จำนวน 88,690 ไร่ ส่วนคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา ส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกบริเวณ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 11,560 ไร่ นอกจากนี้ยังส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทานเดิม คือ คลองส่งน้ำกลางซึ่งมีอยู่จำนวน 74,750 ไร่ (ยูดี และคณะ, 2540; ชีรศักดิ์, 2541; จีรพร, 2545) รวมพื้นที่โครงการฯ ทั้งสิ้น 175,000 ไร่ ซึ่งโครงการฯ ต้องรับผิดชอบการจัดสรรน้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อการเพาะปลูกแยกเป็นออก 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงฤดูฝน (การเพาะปลูกข้าวนปี) ต้องจัดสรรน้ำ ให้กับพื้นที่การปลูกข้าวจำนวนทั้งสิ้นประมาณ 126,823 ไร่ การส่งน้ำแบบตลอดเวลาโดยเริ่มส่งน้ำ ตั้งแต่กลางเดือนมิถุนายน และสิ้นสุดการส่งน้ำกลางเดือนพฤศจิกายนของทุกปี ส่วนช่วงฤดูแล้ง (การเพาะปลูกพืชฤดูแล้ง) ต้องจัดสรรน้ำให้กับพื้นที่การปลูกพืชฤดูแล้ง (พืชผักสวนครัว พืชไร่ และสวนผลไม้) จำนวนทั้งสิ้นประมาณ 87,500 ไร่ การส่งน้ำแบบหมุนเวียน โดยเริ่มส่งน้ำตั้งแต่ ปลายเดือนธันวาคม และสิ้นสุดในเดือนเมษายนของทุกปี

นอกจากนี้ยังใช้น้ำเพื่อการประปา การอุปโภคบริโภค และการอุตสาหกรรม เพื่อการผลิต น้ำประปาในเขตสุขาภิบาล อำเภอคอยสะแก เพื่อการผลิตน้ำประปาในเขตอำเภอเมือง จังหวัด เชียงใหม่ และเพื่อการนิคมอุตสาหกรรมในเขตจังหวัดลำพูน (กรมชลประทาน, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือบริเวณเขื่อนแม่กวง จากแผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2543 (ชาญชัย และคณะ, 2548) รวมกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินกลุ่มย่อยทั้งหมดเป็นกลุ่มหลัก มีพื้นที่เกษตร 2,916 ไร่ พื้นที่ป่าไม้ 547 ไร่ และพื้นที่เมือง 743 ไร่

3.1.2 เขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชล สร้างปิดกั้นลำน้ำแม่จัด ที่บ้านแม่วะ ตำบลช่อแล จังหวัด เชียงใหม่ เริ่มก่อสร้างปี พ.ศ. 2528 สามารถอำนวยประโยชน์เพื่อการชลประทาน คือ ส่งน้ำให้แก่ พื้นที่เพาะปลูกในที่ราบเชิงเขาทั้งสองฝั่งของลำน้ำแม่จัด อยู่ในท้องที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

และเป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่แน่นอนให้แก่พื้นที่ชลประทาน โครงการแม่แฝก พื้นที่โครงการชลประทานแม่ปิงเก่า และพื้นที่ชลประทานของฝ่ายราษฎรในลำน้ำแม่ปิง เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล เป็นเขื่อนดิน มีความสูง 59 เมตร และสันเขื่อนมีความกว้าง 9 เมตร ยาว 1,950 เมตร สามารถกักเก็บน้ำที่ระดับเก็บกัก 265 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่ผิวน้ำที่ระดับน้ำเก็บกัก 16 ตารางกิโลเมตร (กรมชลประทาน, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

ในฤดูฝนจะทำนาปี 90% ของพื้นที่ทั้งหมดและที่เหลืออีก 10% นั้นเป็นพืชสวน เช่น ลำไย ลิ้นจี่ มะม่วง เป็นต้น ผลผลิตข้าวนาปีเฉลี่ย 72 ถัง/ไร่ สำหรับพืชสวนนั้นผลผลิตจะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละปี ส่วนฤดูแล้งจะปลูกข้าวนาปรัง และพืชไร่ประมาณ 60% ของพื้นที่ปลูกข้าวนาปี พืชไร่ที่ปลูกนั้นส่วนใหญ่ ได้แก่ ถั่วเหลือง มันฝรั่ง ยาสูบ และพืชอื่น ๆ ผลผลิตเฉลี่ยข้าวนาปรัง 68 ถัง/ไร่ ถั่วเหลือง 27 กก./ไร่ มันฝรั่ง 2,714 กก./ไร่ และยาสูบ 2,505 กก./ไร่ (กรมชลประทาน, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือบริเวณเขื่อนแม่งัด จากการรวบรวมกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินกลุ่มย่อยทั้งหมดเป็นกลุ่มหลักของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2543 (ชาญชัย และคณะ, 2548) มีพื้นที่เกษตร 7,655 ไร่ พื้นที่ป่าไม้ 729 ไร่ พื้นที่อื่น ๆ 24 ไร่ และพื้นที่เมือง 866 ไร่

3.1.3 อ่างเก็บน้ำแม่ตึบ ตั้งอยู่ในเขตบ้านฝ่งหมื่น หมู่ 10 ตำบลมะเขือแจ้ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน อ่างเก็บน้ำแม่ตึบสร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาความเดือดร้อนขาดแคลนน้ำทำการเพาะปลูกให้แก่เกษตรกรในเขตตำบลมะเขือแจ้และใกล้เคียง มีความจุ 9.6 ล้านลูกบาศก์เมตร เนื้อที่ชลประทาน 4,250 ไร่ (ณัฐพงษ์ และณัฐวุฒิ, 2541)

พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือบริเวณอ่างเก็บน้ำแม่ตึบ จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2548 โดยชาญชัย และคณะ (2548) จากการรวบรวมกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินกลุ่มย่อยเป็นกลุ่มหลัก มีพื้นที่เกษตร 243 ไร่ และพื้นที่ป่าไม้ 91 ไร่

3.1.4 อ่างเก็บน้ำห้วยตึงเต่า ตั้งอยู่ในเขตตำบลดอนแก้ว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ สูงจากระดับน้ำทะเล 340 เมตร มีความจุ 1.4 ล้านลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่รับน้ำเชื่อมต่อกับลำน้ำแม่เย็น ลำน้ำเหมืองและบางส่วนของดอยสุเทพ-ปุย เป็นอ่างเก็บน้ำในโครงการพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว สร้างเมื่อปี พ.ศ. 2523 เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำที่ใช้ในโครงการเกษตรกรรมทหารของทหารบกจังหวัดเชียงใหม่และหมู่บ้านตัวอย่างห้วยตึงเต่า ในปัจจุบันนอกจากใช้น้ำในอ่างเก็บน้ำเพื่อการเกษตรแล้ว ยังใช้เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจของ

นักท่องเที่ยวและประชาชนในจังหวัดเชียงใหม่ มีการสร้างแพตกปลา แพจำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม (นพรัตน์, 2543; เกียรติศักดิ์, 2544)

พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือบริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยดึ่งเต่า จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2543 โดยชาญชัย และคณะ (2548) จากการบูรรวมกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินกลุ่มย่อยทั้งหมดเป็นกลุ่มหลัก มีพื้นที่ป่าไม้ 137 ไร่ พื้นที่อื่น ๆ 12 ไร่ และพื้นที่เมือง 23 ไร่

3.1.5 ทะเลสาบคอยเต่า ตั้งอยู่ในเขตอำเภอคอยเต่า จังหวัดเชียงใหม่ เป็นแหล่งน้ำที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย มีพื้นที่ประมาณ 36,000 ไร่ เป็นแหล่งรับน้ำจากแม่น้ำปิง แม่น้ำแจ่ม และแม่น้ำลี้ น้ำในทะเลสาบนี้ได้ใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น ใช้ในการชลประทานในพื้นที่เกษตรกรรมหลายหมื่นไร่ ใช้ในการอุปโภคบริโภคของประชากรในอำเภอคอยเต่า ใช้เป็นแหล่งน้ำนิ่งเพื่อการประมง ซึ่งให้ผลผลิตมากกว่า 200,000 กิโลกรัมต่อปี เป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงยิ่งของจังหวัดเชียงใหม่ โดยเฉพาะการทำแพกัตกปลาและแพที่พักอาศัยในทะเลสาบ ซึ่งกำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง นอกจากนั้นยังเป็นเส้นทางคมนาคมจากอำเภอคอยเต่าจังหวัดเชียงใหม่ถึงอำเภอสามเงาจังหวัดตาก (อินทรี, 2546)

พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือบริเวณทะเลสาบคอยเต่า จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2543 (ชาญชัย และคณะ, 2548) โดยการบูรรวมกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินกลุ่มย่อยเป็นกลุ่มหลัก มีพื้นที่เกษตร 198,532 ไร่ พื้นที่ป่าไม้ 8,292 ไร่ พื้นที่อื่น ๆ 1,937 ไร่ และพื้นที่เมือง 18,000 ไร่

3.1.6 อ่างเก็บน้ำหนองบัว ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2543 โดยชาญชัย และคณะ (2548) จากการบูรรวมกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินกลุ่มย่อยภายในขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือบริเวณอ่างเก็บน้ำหนองบัวเป็นกลุ่มหลัก มีพื้นที่เกษตร 365 ไร่ พื้นที่ป่าไม้ 46 ไร่ และพื้นที่เมือง 11 ไร่

3.1.7 ฝ่ายหนองหลวง เป็นแหล่งน้ำภายในซึ่งจัดอยู่ในอนุกรมของแหล่งน้ำประเภทที่มีการไหลเวียนแบบไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในจังหวัดเชียงราย ด้วยลักษณะยาวรีโดยมีส่วนที่กว้างที่สุดประมาณ 4 กิโลเมตร และส่วนที่ยาวที่สุดประมาณ 7 กิโลเมตร ประกอบด้วยความลึกน้อยที่สุดในฤดูแล้งและมากที่สุดในช่วงน้ำหลากอยู่ระหว่าง 2 เมตร และ 6 เมตร ตามลำดับ ทำให้หนองหลวงมีพื้นที่ผิวน้ำโดยเฉลี่ยประมาณ 9,196 ตารางกิโลเมตร และสามารถกักเก็บน้ำได้ประมาณ 19 ล้านลูกบาศก์เมตร (มนัส, 2531)

แหล่งต้นน้ำที่สำคัญของหนองหลวง คือ เทือกเขาและเนินเขาที่วางตัวอยู่โดยรอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทือกเขาตอยปุยในเขตอำเภอเมืองเชียงราย และอำเภอกันตัง ลำห้วยสายสำคัญที่เป็นทางไหลของน้ำจากแหล่งต้นน้ำสู่หนองหลวง คือ ห้วยสัก ห้วยพญาแก้ว และห้วยร่องเปือ ธรรมชาติที่หนองหลวงมีน้ำมากเกิน ไปปริมาณน้ำส่วนที่เกินจะไหลผ่านฝายน้ำล้นลงสู่แม่น้ำสกกินแล้วไหลลงสู่แม่น้ำแม่ลาว แม่น้ำกอก และแม่น้ำโขง รวมความยาว 64 กิโลเมตร (มนัส, 2531)

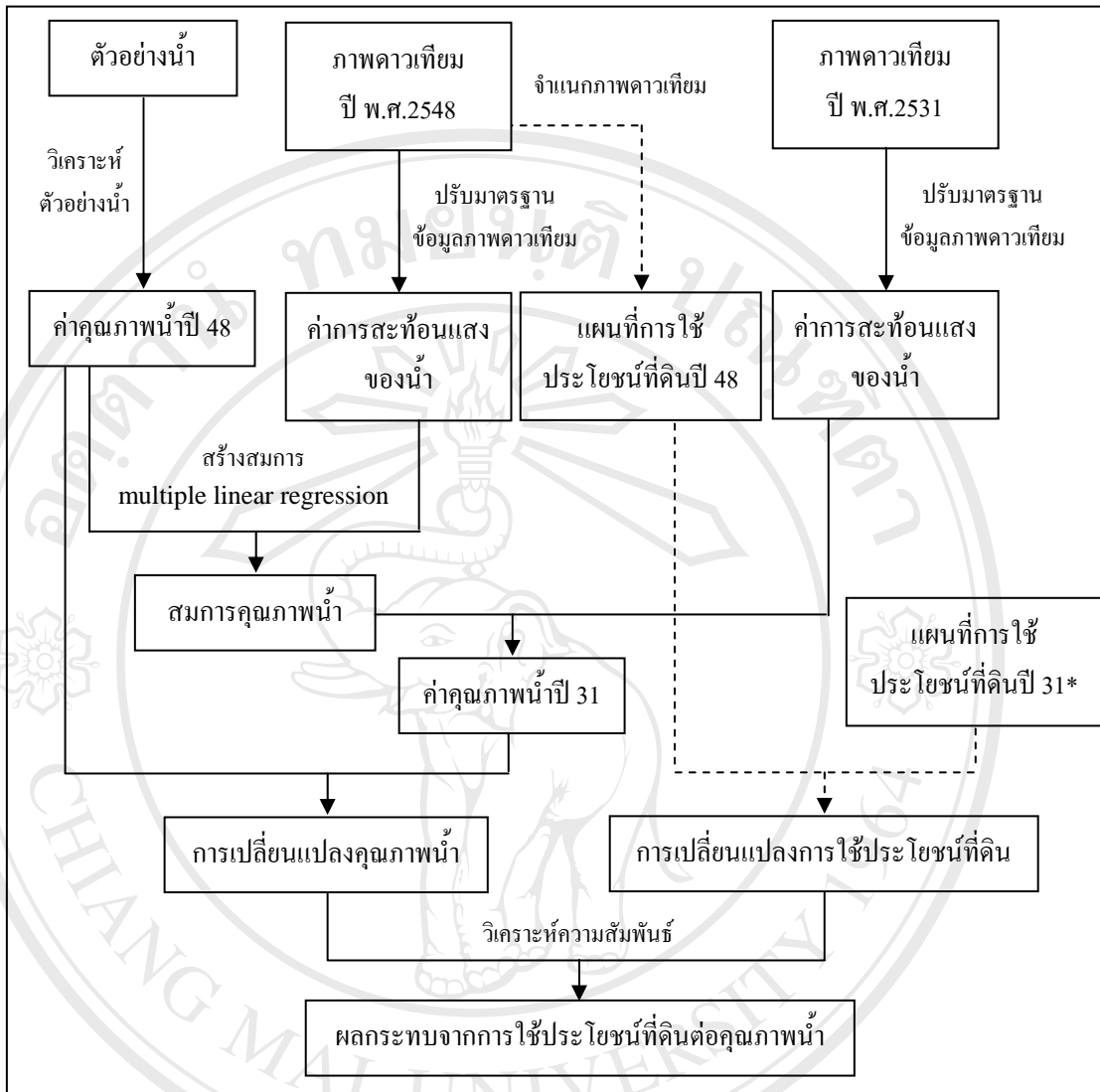
หนองหลวงมีที่ตั้งห่างจากตัวจังหวัดเชียงรายไปทางตะวันออกเป็นระยะทางประมาณ 17 กิโลเมตร อยู่ในเขตพื้นที่ของ 2 อำเภอ คือ อำเภอเมืองเชียงราย และอำเภอเวียงชัย ใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรและการประมง โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชาชนในตำบลเวียงชัยยังได้ใช้น้ำจากหนองหลวงเพื่อการทำนาปรังด้วย (มนัส, 2531)

พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือบริเวณฝายหนองหลวง จากการรวบรวมกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินกลุ่มย่อยทั้งหมด เป็นกลุ่มหลักของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2543 (ชาญชัย และคณะ, 2548) มีพื้นที่เกษตร 1,337 ไร่ พื้นที่ป่าไม้ 1,276 ไร่ พื้นที่อื่น ๆ 130 ไร่ และพื้นที่เมือง 338 ไร่

3.1.8 อ่างเก็บน้ำห้วยสัก ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือบริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยสัก จากการรวบรวมกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินกลุ่มย่อยทั้งหมดเป็นกลุ่มหลัก ของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2543 (ชาญชัย และคณะ, 2548) มีพื้นที่เกษตร 729 ไร่ และพื้นที่ป่าไม้ 182 ไร่

3.2 ขั้นตอนการศึกษา

การประเมินคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำบางพื้นที่ในภาคเหนือของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก (รูปที่ 3.2) โดยขั้นตอนแรกทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากพื้นที่ศึกษา และนำตัวอย่างน้ำที่ได้มาวิเคราะห์ตัวแปรคุณภาพน้ำในห้องทดลอง จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม ขั้นตอนที่ 3 สร้างสมการถดถอยเส้นตรงเชิงซ้อน ระหว่างตัวแปรคุณภาพน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องทดลองกับตัวแปรคุณภาพน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม แล้วนำสมการที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ. 2531 และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2531 - 2548



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนหลักของการศึกษา

* ชาลูนชัย และคณะ (2548)

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ในการศึกษานี้ประกอบด้วยอุณหภูมิและอากาศ (°C) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำ (pH) ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความขุ่นของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการสลายสารอินทรีย์ (BOD) และปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์ (COD) โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 8 แหล่งน้ำได้แก่

แหล่งน้ำที่ 1 อ่างเก็บน้ำหนองบัว ในเขต ต.บ้านคู อ.เมือง จ.เชียงราย

แหล่งน้ำที่ 2 ฝ่ายหนองหลวง ในเขต ต.เวียงชัย อ.เวียงชัย จ.เชียงราย

แหล่งน้ำที่ 3 อ่างเก็บน้ำห้วยสัก ในเขต ต.ห้วยสัก อ.เมือง อ.เชียงราย

แหล่งน้ำที่ 4 เขื่อนแม้งัด ในเขต ต.แม่ปิ้ง อ.พร้าว จ.เชียงใหม่

แหล่งน้ำที่ 5 เขื่อนแม่กวง ในเขต ต.ลวงเหนือ อ.คอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่

แหล่งน้ำที่ 6 อ่างเก็บน้ำห้วยตึงเต่า ในเขต ต.ดอนแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่

แหล่งน้ำที่ 7 อ่างเก็บน้ำแม่ตึบ ในเขต ต.มะเจือแจ้ อ.เมือง จ.ลำพูน

แหล่งน้ำที่ 8 ทะเลสาบคอยเต่า ในเขต ต.ท่าเคอ อ.คอยเต่า จ.เชียงใหม่

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำแห่งละ 4 – 10 จุด ตามขนาดของอ่างเก็บน้ำ และการเก็บตัวอย่างน้ำระหว่างจุดในอ่างเก็บน้ำเดียวกันจะใช้เวลาเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งไม่เกิน 30 – 60 นาที นอกจากนี้ต้องเก็บตัวอย่างน้ำในพื้นที่แหล่งน้ำให้ตรงกันกับช่วงที่ดาวเทียมเคลื่อนที่ผ่าน (Brivio *et al.*, 2001; Wang *et al.*, 2004) โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำจากความลึก 1 เมตร (ฝ่ายวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ, 2541) ที่ระยะห่างจากเรือ 1 เมตร เพื่อใช้วิเคราะห์ในห้องทดลอง ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะนำไปหาความสัมพันธ์กับการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม

ขณะที่ทำการเก็บข้อมูล จะทำการบันทึกตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของวัตถุพร้อมกันไปด้วย เพื่อหาความสัมพันธ์กับตำแหน่งของวัตถุดังกล่าวในภาพข้อมูล (สมพร, 2543) ระบุตำแหน่งที่ตั้งบนพื้นดินของเรือเก็บตัวอย่าง โดยใช้ระบบดาวเทียมกำหนดพิกัดบนพื้นโลก (Global Position System, GPS) ที่สามารถพกพาได้ (Wang *et al.*, 2004)

3.3.1 อุปกรณ์และวิธีการ

1. ขวดเก็บตัวอย่างน้ำจุดละ 3 ขวด ได้แก่ ขวด BOD ขวด COD และขวด DO โดยติดฉลากบอกตำแหน่งจุดที่เก็บ และก่อนเก็บตัวอย่างต้องใช้ตัวอย่างน้ำที่จะเก็บแล้ว (rinse) ขวดเก็บตัวอย่างก่อน 2 - 3 ครั้ง (ฝ่ายวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ, 2541)
2. ถังน้ำแข็ง กระติกน้ำ ถุงพลาสติก และยางรัด สำหรับรัดปากขวดไม่ให้น้ำหกออกมา เนื่องจากตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณ BOD และ DO ต้องเก็บตัวอย่างเต็มขวดและปิดฝาให้สนิท เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้อากาศที่เหลือนอยู่บนผิวน้ำละลายเข้าไปในตัวอย่าง เป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับตัวอย่างน้ำ และจะทำให้ผลการวิเคราะห์

คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ และแช่เย็นเก็บรักษาตัวอย่างน้ำไว้ก่อนการวิเคราะห์ เพื่อลดการทำงานของพวกจุลินทรีย์ และลดอัตราเร็วของการเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี (ฝ่ายวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ, 2541)

3. Suction เก็บตัวอย่างน้ำ สายยาง แบตเตอรี่ขนาด 9 โวลท์ และไม้ยาว 1 เมตร สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำที่ระยะห่างจากเรือออกไปประมาณ 1 เมตร และที่ระดับความลึก 1 เมตร
4. เครื่องวัด DO สำหรับวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำขณะนั้น
5. ระบบดาวเทียมกำหนดพิกัดบนพื้นโลก (Global Position System, GPS) สำหรับใช้ระบุตำแหน่งที่ตั้งบนพื้นดินของเรือเก็บตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง GPS ที่สามารถพกพาได้ (Wang *et al.*, 2004)
6. เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำและอากาศ
7. สมุดบันทึก เพื่อบันทึกชื่อของแหล่งน้ำ สถานที่เก็บ วันที่ เวลา อุณหภูมิน้ำและอากาศ ระดับน้ำ สภาพภูมิอากาศ คุณลักษณะของน้ำที่วัดในสนาม ชื่อผู้เก็บตัวอย่างน้ำ และลักษณะทั่วไปของแหล่งน้ำที่มองเห็นและอาจมีผลเกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำ (สมใจ, 2532)

3.3.2 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

- วัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของน้ำโดยใช้ pH meter
- วัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ โดยใช้ Conductivity meter
- วัดค่าความขุ่นของน้ำ โดยใช้ Turbidity meter
- วัดค่า DO ของน้ำโดยใช้ DO meter
- วัดค่า BOD ของน้ำ โดยวิธีการวัดบีโอดีมี 2 วิธี คือ วิธีตรงสำหรับน้ำธรรมชาติต่าง ๆ และวิธีเจือจางสำหรับน้ำเสียต่าง ๆ และน้ำที่มีบีโอดีสูงกว่า 5 มก./ล. ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมักมีบีโอดีไม่ถึง 7 มก./ล. การวัดบีโอดีมักวัดได้โดยตรง (ไม่ต้องเจือจาง) วิธีวัดบีโอดีแบบตรงกระทำได้โดยนำน้ำตัวอย่างปริมาณ 1 ลิตร จากที่แช่เย็นไว้ในถังน้ำแข็งมาตั้งทิ้งไว้ เพื่อปรับอุณหภูมิของน้ำตัวอย่างให้มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง เติมอากาศด้วยการเป่าลม (ผ่านหัวลูกฟูกชนิดที่ใช้ในตู้ปลาสวยงาม) ด้วยเครื่องเป่าอากาศขนาดเล็ก จนกระทั่งน้ำตัวอย่างอิ่มตัวด้วยก๊าซออกซิเจนประมาณ 3 ชั่วโมง จากนั้นค่อย ๆ เทน้ำตัวอย่างลงในขวดบีโอดีจนเต็ม โดยระวังอย่าให้มีฟองอากาศ และเทตัวอย่างน้ำที่เหลือลงในบีกเกอร์แล้วทำการหาปริมาณก๊าซออกซิเจน

ที่ละลายน้ำในบีกเกอร์ทันที (DO_0) ส่วนขวดบีโอดีนั้น ปิดจุกแล้วปิดด้วยกระดาษอะลูมิเนียมอีกทีหนึ่งเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำระเหย นำไปอบที่ $20 \pm 1^\circ C$ เป็นเวลา 5 วัน แล้วหาปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายน้ำในวันที่ 5 (DO_5) เนื่องจากปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในขวดบีโอดี เกิดจากการเจริญเติบโตของแบคทีเรียซึ่งมีการกินอาหารซึ่งเป็นสารอินทรีย์ในน้ำเสีย การกินอาหารเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน ทำให้มีการใช้หรือบริโภคก๊าซออกซิเจนในขวดบีโอดี การย่อยสลายสารอินทรีย์จนหมดมิได้เกิดขึ้นทันที โดยทั่วไปพบว่าใช้เวลาไม่น้อยกว่า 20 วัน นั่นคือในแต่ละวันแบคทีเรียสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ไปบางส่วน ซึ่งอาจวัดได้เป็นปริมาณความเข้มข้นของซีโอดีและดีไอที่ลดลงในแต่ละวัน ในทางปฏิบัติบีโอดีมาตรฐานเป็นค่าที่วัดได้จากการบ่มที่อุณหภูมิ $20^\circ C$ เป็นเวลา 5 วันพอดี บางครั้งจึงเรียกว่า BOD_5 หรือ $BOD_5(20^\circ C)$ (วิไลลักษณ์, 2533; มั่นสิน และ มั่นรักษ์, 2545) ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าบีโอดีของน้ำตัวอย่างดังสมการที่ 3.1

$$BOD \text{ (mg/l)} = (DO_0) - (DO_5) \dots\dots\dots 3.1$$

- วัดค่า COD ตามวิธีการของวิไลลักษณ์ (2533) โดยขั้นตอนแรกคือนำตัวอย่าง 20.00 มิลลิลิตร ด้วยปิเปต ใส่ลงในขวดรีฟลักซ์ (เป็นขวดรีฟลักซ์กันแบน คอขวดเป็น ground-glass 24/40) แล้วเติมปรอทซัลเฟต ($HgSO_4$) ลงไป 0.4 กรัม และใส่ลูกแก้วลงไปพอประมาณ จากนั้นค่อย ๆ เติมสารละลายกรดซัลฟูริก (เติมเงินซัลเฟต) ลงไป 5 มิลลิลิตร อย่างช้า ๆ พร้อมกับเขย่าขวดเพื่อละลายปรอทซัลเฟต ทำให้เย็นแล้วเติมสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต (0.025 นอร์มัล) ลงไป 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน จากนั้นต่อขวดรีฟลักซ์เข้ากับคอนเดนเซอร์ (เป็นคอนเดนเซอร์ 24/40 ground-glass joint) แล้วเปิดน้ำหล่อเย็นเข้าคอนเดนเซอร์ ค่อย ๆ เติมสารละลายกรดซัลฟูริกลงไปอีก 25 มิลลิลิตร ทางปลายเปิดด้านบนของคอนเดนเซอร์ พร้อมทั้งเขย่าขวดเพื่อผสมให้เข้ากัน แล้วเปิดเตา (เตาไฟฟ้า หรือเตาแก๊ส) ทำการรีฟลักซ์ 2 ชั่วโมง ปลดยthingไว้ให้เย็น แล้วล้างเอาสารที่ติดอยู่ข้าง ๆ คอนเดนเซอร์ลงไป ในขวดรีฟลักซ์ โดยใช้ น้ำกลั่นเทลงทางปลายเปิดด้านบนของคอนเดนเซอร์ แล้วทำให้มีปริมาตรทั้งหมดเป็น 140 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเฟอร์รัสซัลเฟต (0.01 นอร์มัล) โดยใช้สารละลายเฟอร์โรอินเป็นอินดิเคเตอร์ และต้องทำการหาค่า blank โดยการใช้น้ำ

กลั่นแทนน้ำตัวอย่าง แล้วดำเนินวิธีการเดียวกันกับน้ำตัวอย่างซึ่งสามารถคำนวณหาค่าซีโอดีของน้ำตัวอย่างดังสมการที่ 3.2

$$\text{COD (mg/l)} = [(B - A) \times N \times 8 \times 1000] / C \dots\dots\dots 3.2$$

เมื่อ A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเพอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตน้ำตัวอย่าง, มิลลิลิตร

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเพอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตน้ำกลั่น, มิลลิลิตร

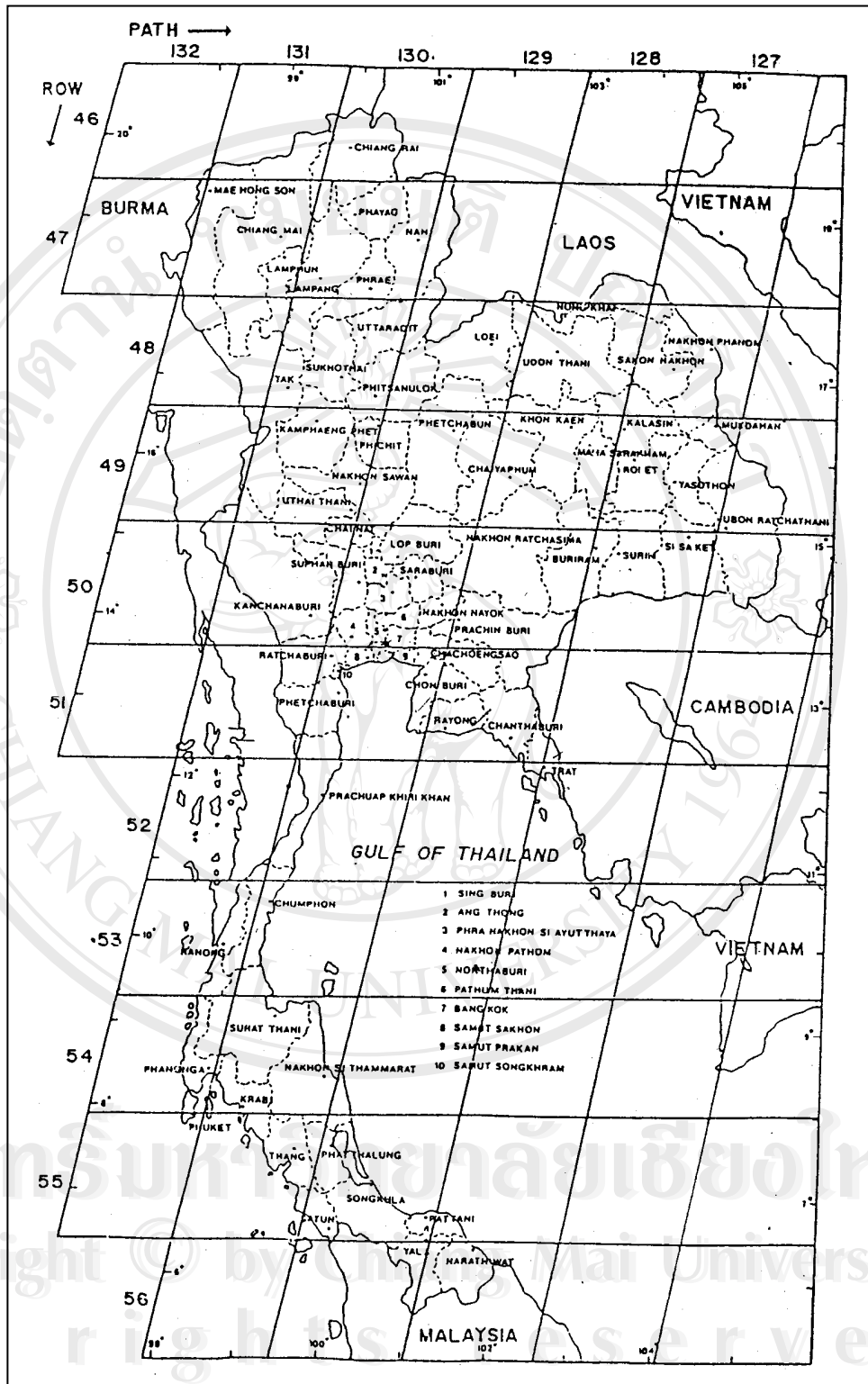
N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมเพอร์รัสซัลเฟต, นอร์มัล

C = ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง, มิลลิลิตร

3.4 การวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม

ข้อมูลระยะไกลที่เป็นแผ่นภาพหรือแผ่นฟิล์ม มีความสะดวกและใช้อุปกรณ์ตลอดจนพื้นที่ความรู้ที่ค่อนข้างง่ายกว่าข้อมูลระยะไกลในรูปแบบเชิงตัวเลข แต่มีข้อเสียเปรียบตรงที่เป็นข้อมูลลักษณะตายตัว ไม่สามารถปรับเปลี่ยนคุณภาพและลักษณะเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลได้ ในขณะที่ข้อมูลเชิงตัวเลขมีความคล่องตัวในการปรับปรุงคุณภาพข้อมูล มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และจำแนกรายละเอียดข้อมูล สามารถจัดเก็บ เรียกค้น และวิเคราะห์เพิ่มเติมได้เท่าที่ต้องการ ตลอดจนสามารถปรับเปลี่ยนเทคนิคในการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ในลักษณะต่าง ๆ ได้ ข้อมูลระยะไกลที่เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข ได้มาจากการเก็บบันทึกข้อมูลพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุต่าง ๆ ด้วยระบบบันทึกข้อมูล (sensor) และถูกแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าและเปลี่ยนเป็นค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Number, DN) ในที่สุด (ถาวร, 2540ก)

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่ศึกษา 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน โดยมีภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TM ทั้งหมดจำนวน 4 scene ซึ่งแต่ละ scene มีขนาดพื้นที่ 185 x 185 ตารางกิโลเมตร คือ Path/Row 130/46 บันทึกในวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2548 และ 131/46 – 131/48 บันทึกในวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2548 โดย Path/Row 130/46 ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงราย และ Path/Row 131/46 – 131/48 ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา จ.เชียงใหม่ และ จ.ลำพูน (รูปที่ 3.3) ซึ่งภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 4 scene ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)



รูปที่ 3.3 ดัชนีภาพจากดาวเทียม Landsat บริเวณประเทศไทย (กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, 2533)

3.4.1 การนำเข้าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ข้อมูลต้นฉบับ (raw data) ของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TM (Thematic Mapper) เป็นข้อมูลเชิงตัวเลขจัดเก็บในรูปแบบ GeoTiff ระบบ BSQ (Band Sequential) ในแผ่น CD ทำการนำเข้า (import) ข้อมูลภาพด้วยโปรแกรม ER Mapper version 6.2 รวม 7 ช่วงคลื่น (band) ของภาพถ่ายดาวเทียม 1 scene โดยนำเข้าเป็นรูปแบบ .ers (ER Mapper raster dataset) บันทึกข้อมูลแบบ 8 bit-integer การนำเข้าข้อมูลภาพได้ทำการกำหนดข้อมูลพื้นฐาน (datum) ให้เป็น Indian 75 ระบบพิกัด (coordinate system) ของภาพ คือ NUTM (North / Universal Transverse Mercator) กริดโซน (grid zone) เท่ากับ 47 (สิทธีเดช, 2543; ชาญชัย และคณะ, 2545; วรวิรุภรณ์, 2547) กำหนดความละเอียดของจุดภาพ (cell size) เท่ากับ 25 x 25 เมตร

3.4.2 การปรับแก้ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง

การปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลภาพ เป็นการปรับแก้ความผิดพลาดของข้อมูลภาพ โดยการยึดโยงภาพให้เป็นไปตามตำแหน่งที่ถูกต้องบนพื้นที่จริง โดยกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point, GCPs) (ERDAS, 1999; สิทธิเดช, 2543) ให้กระจายทั่วทั้งพื้นที่ข้อมูลภาพอย่างน้อยจำนวน 50 – 60 จุด โดย GCPs ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้ควบคุมความถูกต้องของข้อมูลในเชิงพื้นที่ ซึ่งอ้างอิงค่าพิกัดตำแหน่งจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TM ที่ได้รับการตรวจสอบและปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งแล้ว (ถาวร, 2540; วรวิรุภรณ์, 2547) แบบ Image-to-image registration ซึ่งเป็นการแก้ไขทางเรขาคณิต โดยการเปรียบเทียบภาพข้อมูลตั้งแต่สองภาพขึ้นไปที่มีความแตกต่างกันในเรื่องของช่วงคลื่น เวลาที่บันทึกภาพ โดยใช้ภาพหนึ่งเป็นภาพอ้างอิง (Reference image) ส่วนภาพอื่น ๆ ก็จะถูกนำมาเปรียบเทียบและปรับให้เข้ากับภาพที่ใช้อ้างอิง (สมพร, 2543)

ค่าความคลาดเคลื่อนที่ถูกปรับคำนวณได้จาก Least mean square regression ของชุด GCPs ที่ได้กำหนดไว้ทั้งหมด ผลการคำนวณจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่นำมาประกอบการคำนวณหาค่า RMSE (Root Mean Square Errors) ของชุด GCPs 2 ชุด ระหว่าง GCPs ของภาพจากดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ กับ GCPs ของชุดที่ใช้อ้างอิง (referencing) ซึ่งค่า RMSE จะเป็นค่าระบุเกณฑ์การยอมรับได้ของความถูกต้องเชิงตำแหน่งในการปรับแก้แต่ละภาพ โดยปกติค่า RMSE จะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าขนาดรายละเอียด (Resolution) ของข้อมูลภาพที่กำลังทำการปรับแก้อยู่นั้น (ถาวร, 2540; สิทธิเดช, 2543; วรวิรุภรณ์, 2547)

หลังจากที่มีการแก้ไขความบิดเบี้ยวของภาพเสร็จแล้ว ขนาดและตำแหน่งของจุดภาพเดิมก็ จะมีการเปลี่ยนแปลงไปบ้าง เพราะจุดภาพในภาพผลลัพธ์จะถูกจัดเรียงตัวใหม่ แก้ไขโดยวิธีการจัด ข้อมูลใหม่ หรือ Resampling โดยวิธีการประสานเชิงลูกบาศก์ (Cubic convolution หรือ Bi-cubic resampling) เป็นวิธีการกำหนดจุดภาพในภาพใหม่โดยใช้ค่าเฉลี่ยของระยะทางระหว่าง จุดภาพข้อมูลนำเข้าที่อยู่โดยรอบตั้งแต่ 16 จุดขึ้นไป ทำให้ภาพมีความคมชัดและมีความต่อเนื่อง เพื่อที่จะสร้างภาพใหม่โดยการจัดจุดภาพในภาพทั้งหมดให้อยู่ในรูปกริดสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อให้ สอดคล้องกับตำแหน่งที่เปลี่ยนไป (สมพร, 2543)

3.4.3 การปรับมาตรฐานภาพถ่ายดาวเทียม

พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มาจากแสงอาทิตย์ ก่อนตกกระทบกับวัตถุต่าง ๆ บนพื้นโลก และถูกเก็บบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องส่งสัญญาณ (sensor) ของดาวเทียมนั้น ได้ผ่านชั้นบรรยากาศมา ก่อนซึ่งเป็นตัวกลางที่ก่อให้เกิดผลกระทบ หรือการเปลี่ยนแปลงของคลื่นแสงได้ เช่น การหักเห เปลี่ยนทิศทาง ความเข้ม ความยาว และความถี่ของคลื่น ทั้งนี้เพราะบรรยากาศของโลกประกอบไปด้วย ฝุ่นละออง ไอน้ำ และก๊าซต่าง ๆ จำนวนมาก (ถาวร, 2540ก) ดังนั้นจึงต้องทำการปรับแก้ ภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการแปลภาพ

ปรับมาตรฐาน (calibrate) และปรับแก้สัญญาณรบกวนทางบรรยากาศ (atmospheric correction) ของภาพถ่ายดาวเทียมก่อนแปลภาพ โดยการปรับมาตรฐานระดับสัญญาณเชิงตัวเลข (digital signal levels, DSLs) ตามวิธีการของ Chander and Markham (2003) โดยสมการที่ 3.3 เป็นการเปลี่ยนค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (DN) กลับไปให้อยู่ในหน่วยค่าความสว่าง (radiance)

$$L_{\lambda} = [((LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / (QCALMAX)) * QCAL] + LMIN_{\lambda} \dots\dots\dots 3.3$$

เมื่อ L_{λ} = ความสว่างของแถบความยาวคลื่น (Spectral Radiance) ที่ช่องเครื่อง ส่งสัญญาณ (sensor aperture) ในหน่วย $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$
 $LMIN_{\lambda}$ = spectral radiance ต่ำสุด ในหน่วย $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$ (ตารางที่ 3.1)
 $LMAX_{\lambda}$ = spectral radiance สูงสุด ในหน่วย $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$ (ตารางที่ 3.1)
 $QCAL$ = ปรับมาตรฐานค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (DN) ใน pixel
 $QCALMIN$ = ค่าต่ำสุดจากการปรับมาตรฐานค่าข้อมูลเชิงตัวเลขใน pixel = 0
 $QCALMAX$ = ค่าสูงสุดจากการปรับมาตรฐานค่าข้อมูลเชิงตัวเลขใน pixel = 255

จากนั้นแปลงค่าความสว่างจากสมการที่ 3.3 ให้อยู่ในรูปค่าการสะท้อนแสง (reflectance) ดังสมการที่ 3.4

$$\rho_p = \pi L_\lambda d^2 / ESUN_\lambda \cos\theta_s \dots\dots\dots 3.4$$

- เมื่อ ρ_p = ค่าการสะท้อนแสงของโลก
 π = 3.141593
 L_λ = ความสว่างของแถบความยาวคลื่นที่ช่องเครื่องส่งสัญญาณ
 ในหน่วย $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$
 d = ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ในหน่วย A.U. (ตารางที่ 3.2)
 θ_s = มุมที่ดวงอาทิตย์ตรงศีรษะ (solar zenith angle) ในหน่วยองศา
 $ESUN_\lambda$ = ค่าเฉลี่ยรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (exo-atmospheric) ในหน่วย
 $(Wm^{-2}\mu m^{-1})$ (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.1 L-5 TM Postcalibration Dynamic Ranges for U.S. Processed NLAPS Data

Spectral Radiances, LMIN $_\lambda$ and LMAX $_\lambda$ in W/(m ² .sr.μm)								
Processing	From March 1, 1984				After May 5, 2003			
Date	To May4, 2003							
Band	LMIN $_\lambda$	LMAX $_\lambda$	G _{rescale}	B _{rescale}	LMIN $_\lambda$	LMAX $_\lambda$	G _{rescale}	B _{rescale}
1	-1.52	152.10	0.602431	-1.52	-1.52	193.0	0.762824	-1.52
2	-2.84	296.81	1.175100	-2.84	-2.84	365.0	1.442510	-2.84
3	-1.17	204.30	0.805765	-1.17	-1.17	264.0	1.039880	-1.17
4	-1.51	206.20	0.814549	-1.51	-1.51	221.0	0.872588	-1.51
5	-0.37	27.19	0.108078	-0.37	-0.37	30.2	0.119882	-0.37
6	1.2378	15.303	0.055158	1.2378	1.2378	15.303	0.055158	1.2378
7	-0.15	14.38	0.056980	-0.15	-0.15	16.5	0.065294	-0.15

ที่มา: Chander and Markham, 2003

ตารางที่ 3.2 Earth-Sun Distance in Astronomical Units

DOY	Distance	DOY	Distance	DOY	Distance
1	0.9832	121	1.0076	242	1.0092
15	0.9836	135	1.0109	258	1.0057
32	0.9853	152	1.014	274	1.0011
46	0.9878	166	1.0158	288	0.9972
60	0.9909	182	1.0167	305	0.9925
74	0.9945	196	1.0165	319	0.9892
91	0.9993	213	1.0149	335	0.986
106	1.0033	227	1.0128	349	0.9843
DOY-Day of Year (Julian Day)				365	0.9833

ที่มา: Chander and Markham, 2003

ตารางที่ 3.3 TM Exoatmospheric Spectral Irradiances

Units: ESUN = W/(m ² .µm)		
Model:	Chance Spectrum CHKUR	
Band	Landsat 4	Landsat 5
1	1957	1957
2	1825	1826
3	1557	1554
4	1033	1036
5	214.9	215.0
7	80.72	80.67

ที่มา: Chander and Markham, 2003

3.4.4 การสร้างสมการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียม จะใช้เทคนิคทางสถิติกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างการประเมินค่าการสะท้อนแสงกับตัวแปรคุณภาพน้ำ โดยใช้สมการถดถอยเส้นตรงเชิงซ้อน (multiple linear regression) เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์สูง เพื่อสร้างแบบจำลองทางสถิติระหว่างตัวแปรที่ระบุคุณภาพน้ำ (Wang *et al.*, 2004) ได้แก่ ค่า BOD ค่า COD ค่า DO ค่าความขุ่น ค่าการนำไฟฟ้า และค่า pH กับค่าการสะท้อนแสงที่ปรับแก้สัญญาณรบกวนทางบรรยากาศแล้ว (atmospheric correction reflectance)

3.4.5 การแปลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2548

การแปลการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำพื้นที่ศึกษา จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2548 ในการศึกษาใช้วิธีการจำแนกแบบไม่ควบคุม (Unsupervised classification) ซึ่งเป็นการจำแนกรายละเอียดข้อมูลโดยใช้กลุ่มข้อมูลตัวอย่างที่ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม ใช้กรรมวิธีทางข้อมูลตัวเลข เพื่อหาจุดภาพ (pixels) ที่มีการจับกลุ่มกัน (Clustering) ของคุณลักษณะการสะท้อนของคลื่นแสงของวัตถุในลักษณะธรรมชาติ โดยอาศัยลักษณะเด่นของการสะท้อนคลื่นแสงเป็นตัวแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยค่าทางสถิติของข้อมูล (ถาวร, 2540ข) แล้วจึงนำกลุ่มข้อมูลดังกล่าวมาแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ โดยแต่ละประเภทมีลักษณะเชิงคลื่นที่เหมือนกัน (สมพร, 2543)

ทำการจำแนกแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) ด้วยโปรแกรม ER Mapper version 6.2 โดยกำหนดจำนวนครั้งในการทำซ้ำ (iteration) เท่ากับ 100 ครั้ง เปอร์เซ็นต์ความคงที่ของผลการจำแนก (percent unchanged) เท่ากับ 98% จำนวนกลุ่มข้อมูล (class) ที่กำหนดให้โปรแกรมจำแนก (number of class) เท่ากับ 200 ชั้น ข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของข้อมูลในแต่ละชั้นข้อมูลเท่ากับ 0.1 และความแตกต่างที่น้อยที่สุดของ

ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มข้อมูล (minimum distance to mean) เท่ากับ 0.3 (สิทธิเดช, 2543) สำหรับการจำแนกครั้งแรก จะแบ่งกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินตามค่าการสะท้อนแสงที่มีลักษณะเด่นออกมาเป็นกลุ่ม ๆ เช่น กลุ่มพื้นที่อยู่อาศัย เป็นต้น จากนั้นตัดค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากการจำแนกครั้งแรกออก แล้วนำส่วนที่เหลือที่ยังจำแนกไม่ได้นำมาจำแนกอีกครั้ง เพื่อให้ได้การจำแนกที่มีความละเอียดถูกต้องมากยิ่งขึ้น แต่กำหนดจำนวนชั้นการจำแนกเท่ากับ 150 ชั้น

ปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพโดยการสร้างภาพดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index Image) เพื่อเน้นคุณสมบัติของพืชพรรณสีเขียวที่มีระดับของ green biomass ที่แตกต่างกัน ให้มีความเด่นชัดขึ้นมากกว่าข้อมูลอื่น ๆ (ถาวร, 2540; ER Mapper, 1998) ร่วมกับการใช้วิธีการจำแนกแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการจำแนกกลุ่มพืชพรรณออกจากการใช้ประโยชน์ที่ดินกลุ่มอื่น

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียมครั้งนี้ เลือกใช้แบนด์ 4, 5 และ 7 ในการจำแนก เนื่องจากให้ค่าข้อมูลระหว่างแต่ละแบนด์แตกต่างกัน ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ 4, 5 และ 7 แบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) (รูปที่ 3.4) จะสามารถจำแนกกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินจากค่า Digital Number (DN) ของภาพถ่ายดาวเทียมในขั้นแรกได้ 5 กลุ่ม ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำ (W1) พื้นที่เกษตร (A1) พื้นที่เมือง (T1) พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ (EF1) และพื้นที่ป่าผลัดใบ (DF1)

ใช้เทคนิคการสร้างภาพดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index Image) เพื่อจำแนกค่าการสะท้อนแสงของพืชที่มีค่า green biomass ที่แตกต่างกันตามชนิดและอายุของพืช ซึ่งจะสามารถแบ่งค่าดัชนีพืชพรรณได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มที่มีค่าดัชนีพืชพรรณสูง และกลุ่มที่มีค่าดัชนีพืชพรรณต่ำ (รูปที่ 3.4) ซึ่งเมื่อแบ่งเป็น 2 กลุ่ม แล้วนำข้อมูลภาพแต่ละส่วนไปจำแนกชั้นข้อมูล (classify) ตามขบวนการจำแนกแบบไม่ควบคุม จะช่วยทำให้ได้ค่าข้อมูลการสะท้อนแสงของวัตถุบนผิวโลกที่ละเอียดขึ้น โดยพืชที่มีค่า green biomass สูง (NDVI สูง) ได้แก่ พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ (EF2) และพื้นที่เกษตร (A2) ซึ่งเป็นพื้นที่นาข้าวที่มีการปลูกพืชในฤดูแล้ง เช่น การปลูกถั่วเหลือง เป็นต้น จะเป็นกลุ่มที่ 1 ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีค่าดัชนีพืชพรรณต่ำ (NDVI ต่ำ) ได้แก่ กลุ่มพื้นที่เกษตร (A3) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีพืชขนาดเล็ก หรืออาจเป็นพืชที่เพิ่งเริ่มปลูกได้ไม่นาน กลุ่มพื้นที่เมือง (T2) พื้นที่แหล่งน้ำ (W2) และพื้นที่ป่าผลัดใบ (DF2)

นอกจากการใช้ 2 เทคนิคที่กล่าวข้างต้นแล้ว สามารถใช้สมการ Highlighting water (ER Mapper, 1998) ร่วมในการจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำได้ (รูปที่ 3.4) โดยใช้สมการ 3.5 ในการคำนวณ

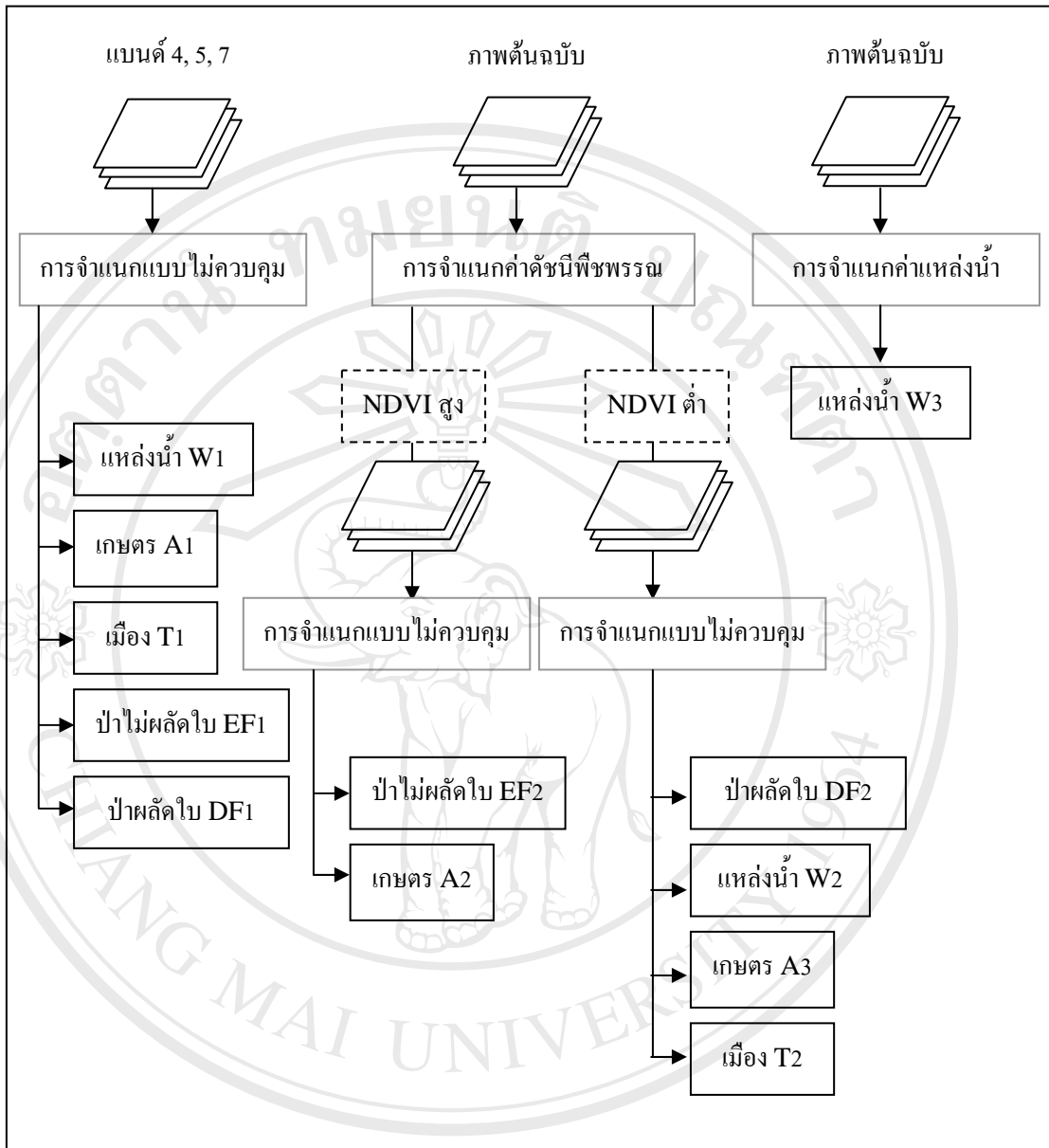
Highlighting water = (band 5 / band 2) < 1.0 3.5

จากสมการที่ 3.5 กำหนดให้ค่า band 5 / band 2 มีค่าน้อยกว่า 1 เป็นค่าการสะท้อนแสงแหล่งน้ำ เนื่องจากแหล่งน้ำโดยปกติมีค่าการสะท้อนแสงน้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ ผลลัพธ์ที่ได้จากสมการนี้จะได้พื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำทั้งหมด (W3) แต่อาจจะมีบางส่วนที่ติดค่า DN ของเงาเขาด้วย เนื่องจากค่าการสะท้อนแสงของเงาเขามีค่าใกล้เคียงกับค่าการสะท้อนแสงของแหล่งน้ำ ซึ่งสามารถจัดค่า DN ของเงาเขาออกได้ โดยการซ้อนทับพื้นที่แหล่งน้ำ (W3) กับพื้นที่แหล่งน้ำ (W1) ที่ได้จากการจำแนกแหล่งน้ำโดยวิธีการจำแนกชั้นข้อมูล (classify) แบบไม่ควบคุมของภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ 4, 5 และ 7 และพื้นที่แหล่งน้ำ (W2) จากการใช้เทคนิคการสร้างภาพดัชนีพืชพรรณ พื้นที่ที่ซ้อนทับตรงกันทั้ง 3 ชั้นข้อมูลจะจำแนกเป็นพื้นที่แหล่งน้ำ (รูปที่ 3.5) จากนั้นนำพื้นที่แหล่งน้ำที่ได้ไปซ้อนทับกับพื้นที่แหล่งน้ำ (W3) เพื่อตัดพื้นที่ที่เป็นเงาเขาออกมา และนำพื้นที่แหล่งน้ำไปซ้อนทับกับพื้นที่แหล่งน้ำที่เป็นผลลัพธ์จากการซ้อนทับกันระหว่างพื้นที่แหล่งน้ำ (W1) และพื้นที่แหล่งน้ำ (W2) เพื่อแยกพื้นที่เกษตรที่มีน้ำขัง ซึ่งก็คือพื้นที่นาปรังออกจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

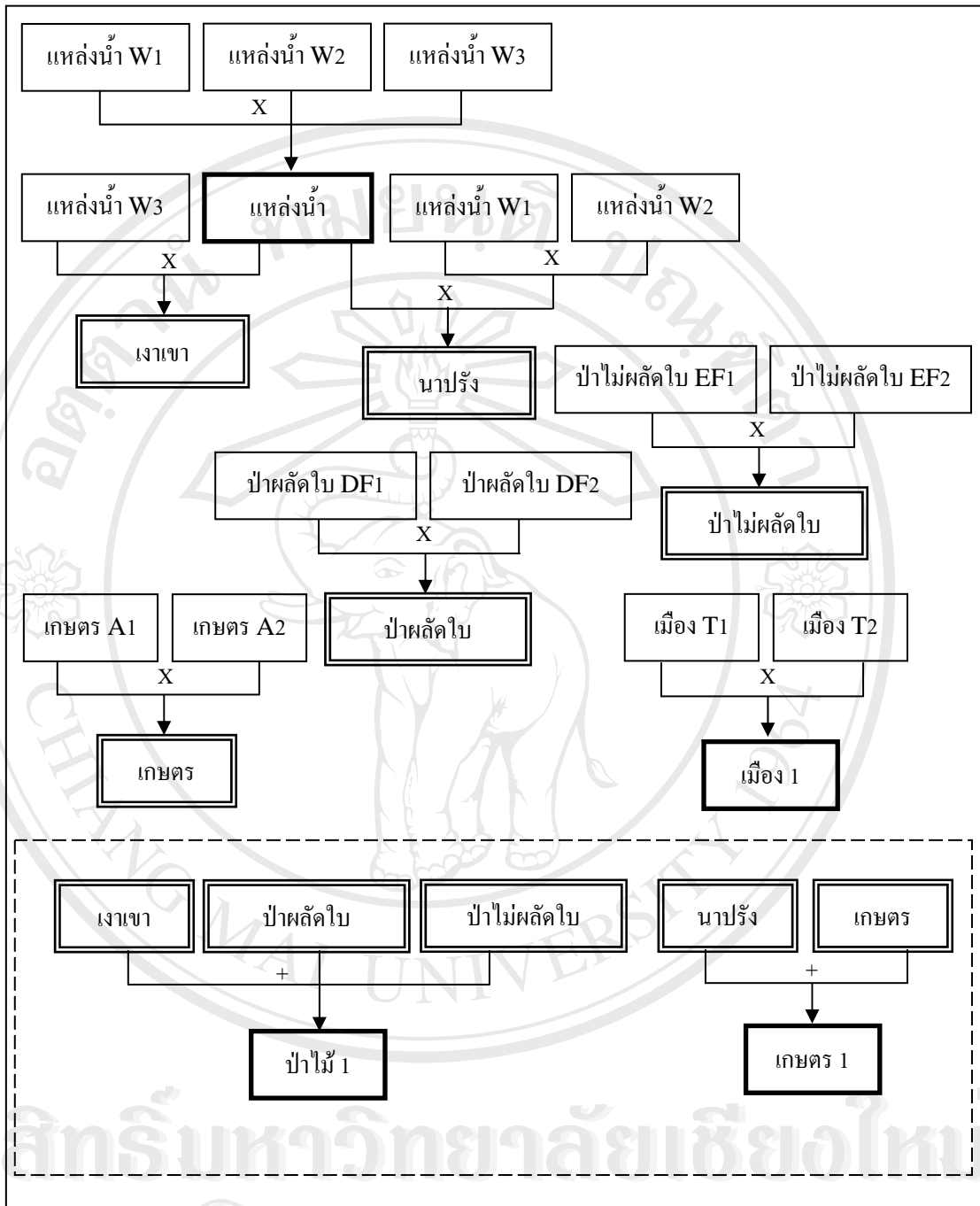
นำชั้นข้อมูลพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ (EF1) มาซ้อนทับกับพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ (EF2) พื้นที่ที่ตรงกันของ 2 ชั้นข้อมูลจะจำแนกเป็นพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่ป่าไม้ กลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินกลุ่มอื่น ได้แก่ พื้นที่ป่าผลัดใบ พื้นที่เกษตร และพื้นที่เมืองก็ใช้วิธีการเดียวกัน

รวมชั้นข้อมูลที่จำแนกแล้วที่เป็นกลุ่มย่อยให้เป็นกลุ่มใหญ่ ได้แก่ นำพื้นที่เงาเขาซ้อนทับกับพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบและป่าผลัดใบ เพื่อรวมเข้าด้วยกันเป็นพื้นที่ป่าไม้ (รูปที่ 3.5) ส่วนพื้นที่เกษตร1 เป็นผลลัพธ์ที่ได้มาจากการรวมกันของพื้นที่นาปรังกับพื้นที่เกษตรที่ได้จากการซ้อนทับข้อมูลการจำแนกที่ตรงกันระหว่างพื้นที่เกษตร (A1) และพื้นที่เกษตร (A2)

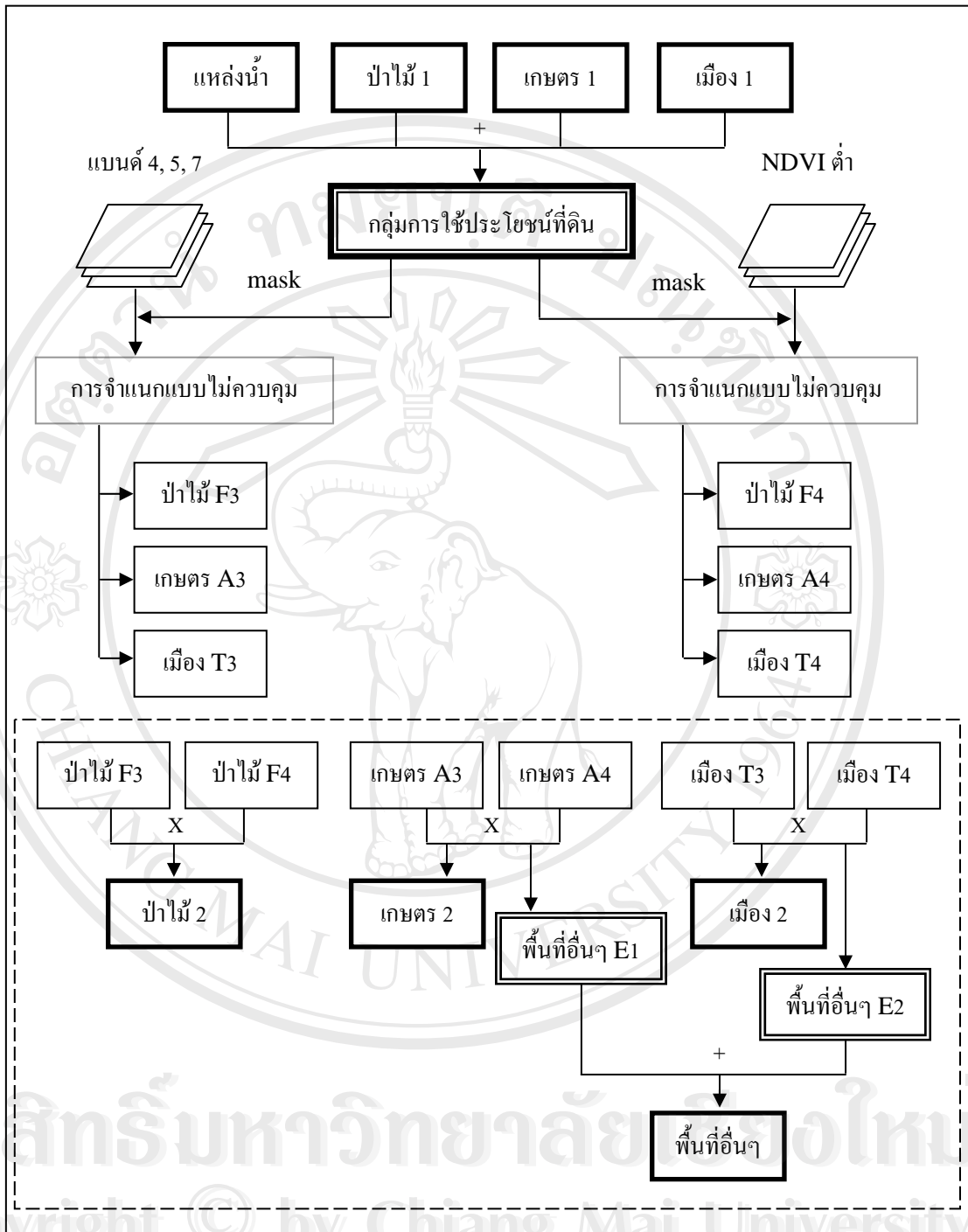
นำชั้นข้อมูลพื้นที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินเรียบร้อยแล้วทั้ง 4 กลุ่ม ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตร1 พื้นที่ป่าไม้1 และพื้นที่เมือง1 มารวมกันเป็นกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกแล้ว (รูปที่ 3.6) เพื่อนำไปตัด (mask) ออกจากข้อมูลดั้งเดิม (แบนด์ 4, 5 และ 7 กับ NDVI ต่ำ) เมื่อนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ยังไม่ได้จำแนกมา classify อีกครั้ง ด้วยข้อมูลที่น้อยลงกว่าเดิมจะช่วยให้การจำแนกพื้นที่ที่เหลืออยู่ซึ่งไม่สามารถจำแนกออกมาได้ในการ classify ครั้งแรกได้ละเอียดยิ่งขึ้นกว่าเดิม



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนและวิธีการจำแนกกลุ่มพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ขั้นตอนที่ 1)



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการจำแนกกลุ่มพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ขั้นตอนที่ 2)



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการจำแนกกลุ่มพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ขั้นตอนที่ 3)

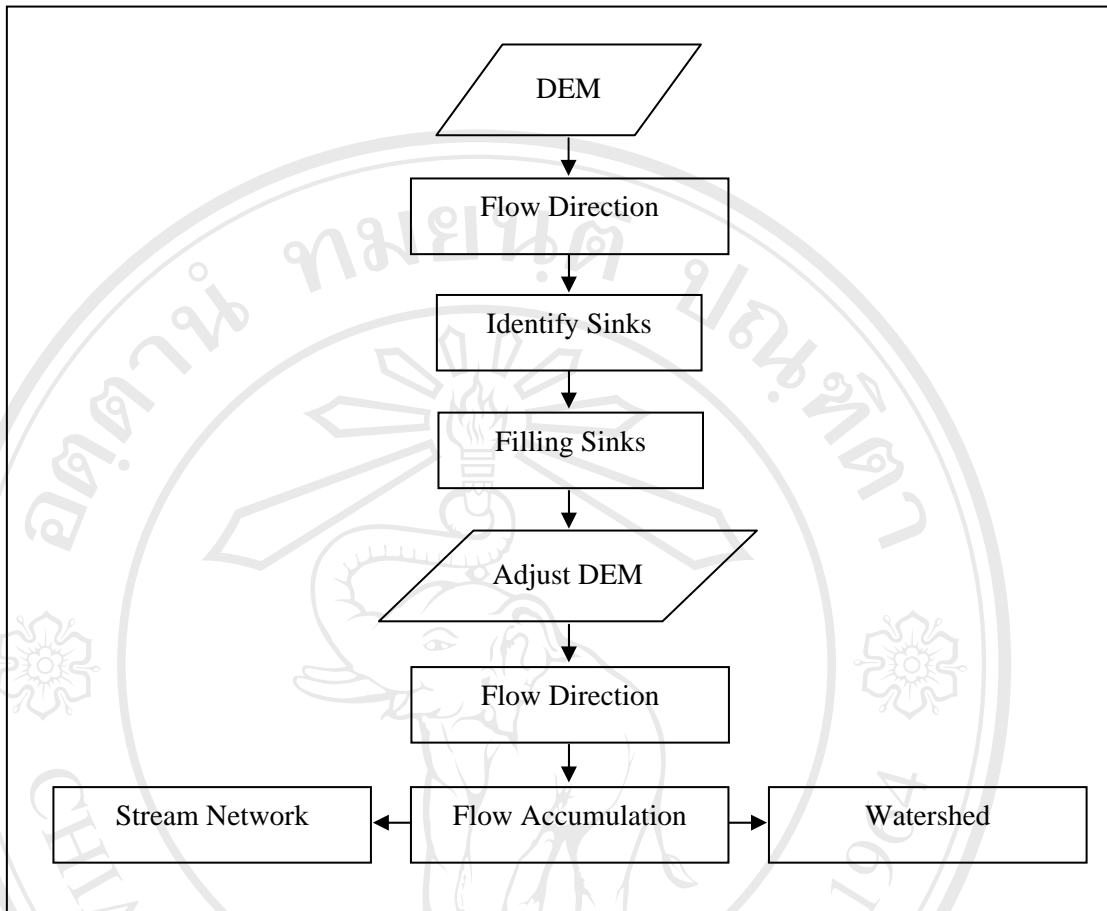
การจำแนกใช้วิธีการเดิมแต่ข้อมูลตั้งต้นใช้เพียง 2 ภาพ คือ จากแบนด์ 4, 5 และ 7 กับ NDVI ต่ำ ดังรูปที่ 3.6 หลังจากการจำแนกแบบไม่ควบคุมแล้วผลลัพธ์ที่ได้จากการ classify ภาพแบนด์ 4, 5 และ 7 ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ (A3) พื้นที่เกษตร (F3) และพื้นที่เมือง (T3) ส่วนผลลัพธ์ที่ได้จากการ classify ภาพ NDVI ต่ำก็ให้ชั้นข้อมูลกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเดียวกัน ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ (A4) พื้นที่เกษตร (F4) และพื้นที่เมือง (T4)

นำพื้นที่ป่าไม้ (A3) และพื้นที่ป่าไม้ (A4) มาซ้อนทับกันจะได้พื้นที่ป่าไม้² เมื่อนำไปรวมกับพื้นที่ป่าไม้¹ ที่จำแนกได้แล้วจากข้างต้น จะได้พื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด สำหรับพื้นที่เกษตร (A3) และพื้นที่เกษตร (A4) เมื่อนำมาซ้อนทับกัน ส่วนที่ตรงกันจะเป็นพื้นที่เกษตร² เมื่อรวมกับพื้นที่เกษตร¹ จะเป็นพื้นที่เกษตรทั้งหมด ส่วนพื้นที่ที่ไม่ตรงกันจะเป็นพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ (E1) ผลลัพธ์จากการซ้อนทับที่ตรงกันของพื้นที่เมือง (T3) และพื้นที่เมือง (T4) คือ พื้นที่เมือง² เพื่อนำไปรวมกับพื้นที่เมือง¹ เป็นพื้นที่เมืองทั้งหมด และพื้นที่ที่การซ้อนทับไม่ตรงกันจะจำแนกได้ว่าเป็นพื้นที่อื่น ๆ (E2) นำพื้นที่อื่น ๆ (E1) รวมกับพื้นที่อื่น ๆ (E2) เป็นพื้นที่อื่น ๆ ทั้งหมด ดังรูปที่

3.6

3.4.6 การสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

สร้างขอบเขตลุ่มน้ำสาขา (watershed) หรือกำหนดโครงข่ายลำน้ำ (stream network) เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำด้วยเครื่องมือ Hydrology Modeling ในโปรแกรม ArcGIS version 9.0 โดยใช้ DEM (รูปที่ 3.7) ที่ครอบคลุม 3 จังหวัด ที่มีพื้นที่ศึกษาเป็นข้อมูลตั้งต้น จากนั้นสร้างทิศทางการไหล (Flow Direction) จะได้ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่ทั้งหมด ในบางพื้นที่หากมีลักษณะพื้นที่เป็นหลุมจะทำให้การสร้างทิศทางการไหลของน้ำเบี่ยงเบนไป หรือผิดพลาดได้ เนื่องจากน้ำจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ซึ่งน้ำจะไหลจากพื้นที่รอบ ๆ ที่สูงกว่าลงไปหลุมนั้น น้ำจะไม่ไหลต่อไปในทิศทางที่ควรจะเป็น ดังนั้นจึงต้องหาพื้นที่ที่เกิดหลุม (Identify Sinks) เพื่อระบุตำแหน่งที่มีลักษณะเป็นหลุมในพื้นที่ ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุที่ข้อมูลผิดพลาดหรืออาจเกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ ควรกลบหลุม (Fill Sinks) เหล่านี้ก่อนเพื่อให้ทิศทางการไหลของน้ำต่อเนื่อง จากนั้นสร้างทิศทางการไหลของน้ำใหม่อีกครั้งโดยใช้ DEM ที่กลบหลุมเรียบร้อยแล้ว (Adjust DEM)



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนและวิธีการสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเหนืออ่างเก็บน้ำ

จากนั้นนำ output ที่ได้ไปสร้างการไหลสะสม (Flow Accumulation) เพื่อหาค่าการไหลสะสมในแต่ละจุดตลอดลำน้ำ เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปสร้างขอบเขตลุ่มน้ำ ซึ่งจุดที่ค่าการไหลสะสม (Flow Accumulation) สูงที่สุดจะเป็นจุดที่น้ำไหลออกจากลุ่มน้ำ ตลอดทั้งโครงข่ายลำน้ำที่น้ำไหลผ่านไปยังปากทางน้ำไหลออก (outlet) สามารถจินตนาการ (visualized) ได้คล้ายกับต้นไม้ โดยที่ฐานของต้นไม้เป็นปากทางน้ำไหลออก กิ่งก้านของต้นไม้เป็นลำน้ำ (stream channel) (ESRI, 2002) โดยกำหนดให้มีค่าการไหลสะสมต่ำที่สุดเท่ากับ 500 กริดเซลล์ เนื่องจากเมื่อนำโครงข่ายลำน้ำที่ได้จากการจำลองด้วยค่าดังกล่าวตรวจสอบกับเส้นทางน้ำในแผนที่ภูมิประเทศ พบว่ามีความสอดคล้องและเกือบครบถ้วนตามที่ปรากฏในข้อมูลอ้างอิง (ปิ่นเพชร, 2547)

3.4.7 การหาค่าดัชนีคุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2548

สร้างดัชนีคุณภาพน้ำจากตัวแปรคุณภาพน้ำที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่า BOD ค่า COD ค่า DO ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ เพื่อใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉพาะในการศึกษานี้ โดยกำหนดให้มีระดับค่าคุณภาพน้ำแย่งดีมีค่าตั้งแต่ 1 – 5 ตามช่วงค่าที่กำหนดในตารางที่ 3.4 ซึ่งแต่ละตัวแปรจะให้ระดับค่าที่แตกต่างกัน โดยค่า pH และค่า DO ของน้ำที่มีค่าอยู่ในช่วงที่เป็นกลางจะมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำน้อยที่สุด ในขณะที่ค่า pH และค่า DO ของน้ำที่สูงหรือต่ำมากเกินไปเป็นค่าที่แสดงว่าน้ำเกิดมลพิษอย่างรุนแรง ส่วนค่า BOD ค่า COD และค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS) ของน้ำที่มีค่าต่ำแสดงว่าน้ำมีคุณภาพดี ยิ่งมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากเท่าใดแสดงว่าน้ำมีคุณภาพแย่งเท่านั้น โดยค่าของแข็งแขวนลอยจะใช้แทนค่าความขุ่นของน้ำ ซึ่งความความขุ่น 1 หน่วย (NTU) มีค่าเท่ากับของแข็งแขวนลอยประมาณ 0.77 มก./ล (มันสิน และมันรัช, 2545) สำหรับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจากตารางที่ 3.4 กำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 100 - 500 โดยเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำจืดโดยทั่วไป

ตารางที่ 3.4 แนวทางการตีความหมายสำหรับตัวแปรต่าง ๆ ต่อผลกระทบในแหล่งน้ำ

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ				
	Excellent (clean) ไม่มี-น้อยมาก	Acceptable (Slightly Polluted) เล็กน้อย	Moderately Polluted พอสมควร	Very Polluted อย่างมาก	Heavily Polluted รุนแรง
pH	6.5-8.0	6.0-8.4	5.0-9.0	3.9-10.1	<3.9 หรือ >10.1
DO (mg/l)	6.0-8.5	5.7-9.5	3.8-11.4	1.5-15.2	<1.5 หรือ >15.2
BOD (mg/l)	1.5	1.6-3.0	3.1-6.0	6.1-12.0	12.0
COD (mg/l)	10	10-20	21.40	41.80	>80
SS (mg/l)	25	26-40	41-100	101-280	>280
Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	100-500 เหมาะสำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำจืดโดยทั่วไป				

ที่มา: คัดแปลงจากกษมา (2542) และมัลลิกา (2545)

โดย Excellent (clean) ไม่มี-น้อยมาก = 5
Acceptable (Slightly Polluted) เล็กน้อย = 4

Moderately Polluted พอสมควร	=	3
Very Polluted อย่างมาก	=	2
Heavily Polluted รุนแรง	=	1

3.4.8 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและคุณภาพน้ำระหว่างปี พ.ศ. 2531 - 2548

วิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำในพื้นที่ศึกษา และการใช้ประโยชน์ที่ดินเหนืออ่างเก็บน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียมเมื่อปี พ.ศ. 2531 เพื่อใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเหนืออ่างเก็บน้ำ โดยมีภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TM ทั้งหมดจำนวน 4 scene คือ Path/Row 130/46 บันทึกในวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2531 และ 131/46 – 131/48 บันทึกในวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2531 ซึ่งภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 4 scene ได้รับความอนุเคราะห์จากโครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งสนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

วิเคราะห์คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2531 โดยใช้สมการที่คำนวณได้จากสมการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพน้ำทั้ง 2 ปี คือ ปี พ.ศ. 2531 และปี พ.ศ. 2548 กับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน