



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

**ระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ
ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน:**

การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง)

โดย เมธี เอกะสิงห์ และคณะ

ตุลาคม 2548



สัญญาเลขที่ NIG450006

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1
ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง)

คณะผู้วิจัย

เมธี เอกะสิงห์	ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์
ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์	ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์
เฉลิมพล สำราญพงษ์	ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
ปิ่นเพชร สกุลส่องบุญศิริ	ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
ประภัสสร พันธุ์สมพงษ์	ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
ชาฤทธิ์ สุ่มเหม	ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
วัฒนา พัฒนถาวร	ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
ฉัตรนภา พรหมานนท์	ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เครือข่ายวิจัยและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ

ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน:

การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง)

เมธี เอกะสิงห์ ชาญชัย แสงชัยสวัสดิ์ เฉลิมพล สำราญพงษ์
ปิ่นเพชร สกุลส่องบุญศิริ ประภัสสร พันธสมพงษ์ ชาฤทธิ์ สุ่มเหม
วัฒนา พัฒนถาวร และ ฉัตรนภา พรหมานนท์

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านทรัพยากรทางเกษตรเป็นข้อมูลที่จำเป็นในโครงการบูรณาการและการวางแผนยุทธศาสตร์ระดับจังหวัดหรือกลุ่มจังหวัด ข้อมูลเหล่านี้ได้รับการพัฒนาจากหลายหน่วยงานหรือองค์กร แต่ยังขาดระบบบูรณาการข้อมูลที่อำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ ตั้งแต่ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลไปจนถึงการวิเคราะห์และแสดงผลร่วมกัน เพื่อให้ผู้ทำงานในโครงการบูรณาการตลอดจนผู้ตัดสินใจในระดับวางนโยบายใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านทรัพยากรดิน น้ำ สำหรับระบบการผลิตพืชหลัก ในพื้นที่ศึกษา 3 จังหวัดในภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และเชียงราย (2) สร้างระบบการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อประเมินศักยภาพทรัพยากรดินและประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรน้ำ เพื่อใช้ในการสร้างภาพสถานการณ์จำลอง (Scenarios) และวิเคราะห์ผลกระทบจากสถานการณ์เหล่านั้นในแง่ผลิตภาพและการใช้ทรัพยากรการเกษตร และ (3) พัฒนาระบบบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งสามารถนำเข้าประมวลผล วิเคราะห์และแสดงผลลัพธ์เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงปริมาณในรูปแบบต่างๆ เพื่อสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจในงานเชิงบูรณาการระดับจังหวัดหรือกลุ่มจังหวัด

การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นในโครงการนี้ ได้แก่ ฐานข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานดิน ระบบชลประทาน เครือข่ายลุ่มน้ำ สำหรับฐานข้อมูลระบบการผลิตพืชได้จากการบูรณาการระหว่างโครงการนี้และโครงการอื่นในเครือข่าย *ครส.ล้านนา* ได้แก่ โครงการ “การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน” โครงการ “ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน” และโครงการ “องค์ความรู้และยุทธศาสตร์ในระบบการผลิตไม้ผล” ในการจัดทำฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศได้ใช้หลักการของการสร้างผัง UML (Unified Modeling Language) เพื่อจัดทำโครงสร้าง (Schema) ของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบายเพื่อจัดเก็บและเรียกใช้งานในระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS)

ข้อมูลพื้นฐาน

ข้อมูลพื้นฐานเป็นฐานข้อมูลอ้างอิงพื้นฐานสำหรับชั้นข้อมูลต่างๆ ในระบบภูมิสารสนเทศ รวมทั้งใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่น ชั้นข้อมูลที่ตั้งอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ขอบเขตการปกครอง หมู่บ้าน ถนน วัด โรงเรียน และสถานที่สำคัญอื่น

ทรัพยากรดิน

ฐานข้อมูลดินได้จากการนำข้อมูลชุดดินของกรมพัฒนาที่ดินมาจัดทำโครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศใหม่ ประกอบด้วย (1) ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งจัดเก็บขอบเขตของบริเวณที่สำรวจพบกลุ่มชุดดินแต่ละประเภทและจุดเก็บตัวอย่างดินที่เป็นวัตถุที่อ้างอิงตำแหน่งได้ (2) ชุดข้อมูลดินใช้ในการจัดเก็บข้อมูลอธิบายของข้อมูลกลุ่มชุดดินและชุดดินตัวแทน (3) ตารางกำกับความถูกต้อง เพื่อช่วยตรวจสอบการนำเข้าข้อมูลดิน (4) ชุดความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดิน ที่จัดเก็บความสัมพันธ์ระหว่างตารางอธิบายข้อมูลดินและข้อมูลเชิงพื้นที่

ทรัพยากรน้ำ

สำหรับข้อมูลทรัพยากรน้ำประกอบด้วย (1) ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศด้านอุทกวิทยา ซึ่งจัดเก็บทางน้ำ โครงข่ายลำน้ำ และเครือข่ายลุ่มน้ำที่จัดทำเป็นลำดับชั้นและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำตามระบบ Pfafstetter เพื่อสะดวกในการเรียกใช้และวิเคราะห์เชิงพื้นที่ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่น และ (2) ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศระบบชลประทาน ซึ่งรวบรวมและจัดทำใหม่เพื่อให้ครอบคลุมระบบชลประทานที่จำแนกตามประเภทแหล่งน้ำและระบบชลประทานขนาดใหญ่ กลาง เล็ก ฝาย อ่างเก็บน้ำ สื่อน้ำด้วยไฟฟ้า และบ่อบาดาล

เครือข่ายลุ่มน้ำ พัฒนาขึ้นโดยออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลด้วย UML จากนั้นจึงสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ขอบเขตลุ่มน้ำและข้อมูลอุทกวิทยาแบบอัตโนมัติใน GIS จากแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation model, DEM) ร่วมกับชั้นข้อมูลเส้นทางน้ำและแหล่งน้ำอ้างอิงในมาตราส่วน 1:50,000 โดยอาศัยระบบ Pfafstetter ผลการจำลองขอบเขตลุ่มน้ำย่อยพบว่าสามารถทำให้เกิดลุ่มน้ำได้ 8 ลำดับชั้น โดยนับรวมลำดับชั้นลุ่มน้ำหลัก ลุ่มน้ำสาขา และลุ่มน้ำย่อยภายในลุ่มน้ำอีก 6 ระดับ หน่วยลุ่มน้ำที่เล็กที่สุดเริ่มต้นที่ค่าสะสมน้ำที่จุดรวมน้ำมากกว่า 500 กริตเซลล์ อย่างไรก็ตาม เพื่อความสะดวกในการเรียกใช้และการตั้งชื่อลุ่มน้ำให้สอดคล้องกับชื่อที่ปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศจึงได้จัดเก็บรวมทั้งหมด 4 ลำดับชั้น ลุ่มน้ำที่ได้จากการจำลองดังกล่าวสามารถอ้างอิงถึงกันได้จากการกำหนดรหัสด้วยหมายเลข 0 ถึง 9 เรียงต่อกันตามลำดับชั้น ผลดังกล่าวทำให้เกิดชื่อเฉพาะสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อย ซึ่งเป็นข้อเสนอสมาสำหรับการอธิบายบทบาทและตำแหน่งลุ่มน้ำในเชิงเปรียบเทียบ สำหรับระบบที่พัฒนาขึ้นใช้ขีดความสามารถในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และการวิเคราะห์ระบบเครือข่ายใน ArcGIS ทำให้สามารถผลิตซ้ำได้อย่างเป็นระบบ และสามารถจัดทำข้อมูลสมบัติของลุ่มน้ำย่อยได้จากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ร่วมกับชั้นข้อมูล DEM การใช้

ประโยชน์ที่ดิน หมู่บ้าน และระบบชลประทาน ซึ่งได้จัดเก็บเป็นข้อมูลอธิบายของชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำ ฐานภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการทรัพยากร ดังเช่นการระบุพื้นที่ถูกรบกวนบริเวณต้นน้ำหรือการระบุพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดความขัดแย้งด้านการใช้น้ำทางเกษตรในพื้นที่ปลายน้ำ

นอกจากฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำที่ผลิตได้แล้ว ผลจากการพัฒนาวิธีการสร้างและให้รหัสลุ่มน้ำตามระบบ Pfafstetter ยังทำให้สามารถผลิตโปรแกรมจัดลำดับชั้นและวิเคราะห์เครือข่ายลุ่มน้ำหรือโปรแกรม L-Wshed (Lanna Watershed) ในรูปแบบไฟล์ DLL (Dynamic Link Library) สำหรับใช้ใน ArcMap ที่ประกอบด้วย Spatial Analyst Extensions ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกและประหยัดเวลาเมื่อต้องทำการสร้างฐานข้อมูลลุ่มน้ำที่ครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัด และช่วยวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ขององค์ประกอบต่างๆ ของลุ่มน้ำ ทั้งนี้เพื่อการจำลองสถานการณ์ที่อาจเป็นประโยชน์ต่องานสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการลุ่มน้ำ

ระบบชลประทาน ประกอบด้วยข้อมูลโครงการชลประทานขนาดใหญ่และกลาง ข้อมูลตำแหน่งฝายและอ่างเก็บน้ำ นำเข้าจากแผนที่และรายงานของกรมชลประทาน ข้อมูลสถานีสูบน้ำด้วยพลังไฟฟ้าซึ่งนำเข้าจากแผนที่และรายงานของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และข้อมูลบ่อบาดาลที่ได้รับการอนุเคราะห์จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ข้อมูลเหล่านี้ได้ทำการนำเข้าตรวจสอบ และจัดทำเป็นฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ นอกจากนี้ได้ทำการเชื่อมโยงแหล่งน้ำชลประทานเข้ากับพื้นที่เพาะปลูกในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการใช้น้ำสำหรับการเพาะปลูกในแต่ละพื้นที่ ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการใช้น้ำชลประทานอันจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผน บริหาร และจัดการทรัพยากรน้ำในระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

การพัฒนาระบบการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่

งานวิจัยนี้ได้ผลิตโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ 5 โปรแกรมซึ่งมีขนาดและวัตถุประสงค์แตกต่างกันแต่มีลักษณะบางประการที่คล้ายคลึงกันคือ ทำงานโดยอาศัยการเขียนโปรแกรมที่เรียกใช้วัตถุ (ArcObject) ที่บรรจุอยู่ในระบบภูมิสารสนเทศ ArcMap ให้มีส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้และการแสดงผลเป็นภาษาไทย โปรแกรมดังกล่าวคือ

- โปรแกรมจัดลำดับชั้น ให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ และวิเคราะห์ลุ่มน้ำ (L-Wshed)
- โปรแกรมประเมินผลผลิตภาพการใช้น้ำชลประทานเชิงพื้นที่ (WaterPro)
- โปรแกรมประเมินคุณภาพที่ดินอย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติ (FuzzySuit)
- โปรแกรมประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน (EconSuit)
- ระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ (รสทก.)

โปรแกรม L-Wshed (Lanna Watershed) โปรแกรมนี้สามารถจำลองขอบเขตและจัดลำดับชั้นลุ่มน้ำแบบอัตโนมัติ พร้อมฟังก์ชันการให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ โปรแกรมนี้เป็นไฟล์ชนิด DLL (Dynamic Link Library) สำหรับใช้ในระบบภูมิสารสนเทศ ArcMap ที่มีโปรแกรมเสริม Spatial Analyst Extensions ผนวกไว้แล้ว L-Wshed จะช่วยอำนวยความสะดวกและประหยัดเวลาเมื่อต้องการสร้างฐานข้อมูลลุ่มน้ำที่ครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัด โปรแกรมนี้ยังมีเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏเป็นรูปร่าง (Features) ในลุ่มน้ำ เช่น ช่วยวิเคราะห์แหล่งกำเนิดตะกอนของอ่างเก็บน้ำเป้าหมาย วิเคราะห์หาลุ่มน้ำย่อยที่อาจเป็นแหล่งมลพิษที่รวบรวม ณ ตำแหน่งที่กำหนดในทางน้ำ หรือระบุลุ่มน้ำที่รวบรวมตะกอนหรือมลพิษจากจุดเฉพาะที่กำหนดบนพื้นที่ เป็นต้น

โปรแกรม WaterPro (Water Productivity) เป็นโปรแกรมที่ใช้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ระบบชลประทาน ภูมิอากาศ และระบบการปลูกพืช เพื่อคำนวณและสร้างแผนที่การใช้น้ำของระบบพืชของแต่ละหน่วยแผนที่ซึ่งได้มาจากการบูรณาการผลลัพธ์ของโครงการในกลุ่ม **ครส.ลำนนา** โปรแกรมสามารถนำผลการประเมินคุณภาพที่ดินของโปรแกรมที่จะกล่าวต่อไป มาคำนวณผลผลิตภาพของการใช้น้ำของพืชในเชิงพื้นที่ เพื่อระบุผลผลิตภาพการใช้น้ำของพืชในที่ดินในระดับโครงการชลประทาน โซนส่งน้ำ และคลองส่งน้ำ ขึ้นอยู่กับข้อมูลการวัดน้ำต้นทุนของแต่ละโครงการชลประทานมีการจัดเก็บไว้ นอกจากนี้ยังสร้างภาพเหตุการณ์จำลองในแง่ปริมาณการใช้น้ำและผลผลิตภาพในการใช้น้ำเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำต้นทุนและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้เห็นผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินได้เป็นอย่างดี

โปรแกรม FuzzySuit (Fuzzy Land Suitability) เป็นระบบประเมินคุณภาพที่ดินแบบค่าต่อเนื่องในด้านกายภาพ โดยยึดหลักการประเมินตามกรอบแนวทางของ FAO และได้มีการดัดแปลงให้สามารถคิดค่าดัชนีคุณภาพที่ดิน และคำนวณระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ศึกษา และแสดงผลในรูปแบบแผนที่

โปรแกรม EconSuit (Economic Land Suitability) ได้รับการพัฒนาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจโดยอาศัยข้อมูลจากการสำรวจทางเศรษฐกิจเพื่อประเมินผลตอบแทนจากการใช้ที่ดิน ทั้งระบบพืชเดี่ยวหรือเป็นระบบพืชที่มีการปลูกมากกว่าหนึ่งครั้งในรอบปี ทำให้สามารถแสดงผลตอบแทนการใช้ที่ดินอย่างเป็นระบบในรอบระยะเวลา 1 ปีที่ทำการเพาะปลูก นอกจากนี้ระบบนี้ยังสามารถสร้างภาพเหตุการณ์จำลองจากทางเลือกในการใช้ที่ดินตามเงื่อนไขต่าง ๆ ซึ่งผู้ใช้หรือผู้ตัดสินใจสามารถเปลี่ยนแปลงชนิดการใช้ที่ดินหรือระบบการใช้ที่ดินที่มีอยู่ในฐานข้อมูลตามนโยบายการใช้ที่ดินและทรัพยากรทางเกษตรที่แตกต่างกัน เพื่อสร้างเป็นแผนที่ผลลัพธ์ที่เกิดจากนโยบายดังกล่าว อันจะทำให้เห็นภาพอนาคตของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและผลกระทบต่อผลผลิตภาพของที่ดิน ทำให้สามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในการสนับสนุนการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ (รศทก.) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโครงการวิจัยนี้ เนื่องจากทำหน้าที่บูรณาการชั้นข้อมูลทั้งหมดในโครงการนี้ รวมทั้งข้อมูลและผลการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างโครงการในกลุ่มโครงการ **ครส. ล้านนา** ระบบ **รศทก.** ได้รับการออกแบบให้เป็นระบบ “เปิด” กล่าวคือมีความยืดหยุ่นในการจัดชั้นข้อมูลเป็นกลุ่มตามหัวข้อเรื่องและการนำเข้าชั้นข้อมูลที่มีความหลากหลาย ผู้ใช้สามารถนำเข้าแสดงผล และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภท จุด เส้น และพื้นที่ในระบบภูมิสารสนเทศ พร้อมทั้งแสดงสัญลักษณ์และคำอธิบายสัญลักษณ์ ดังนั้นจึงสามารถรองรับการแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ ในอนาคต โดยไม่จำเป็นต้องเสียเวลาออกแบบสัญลักษณ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ใหม่ ผู้ใช้สามารถกำหนดชื่อฟิลด์เป็นภาษาไทยได้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการสื่อสารกับผู้ใช้งานในการประชุมร่วมกัน ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการเชื่อมตารางเพิ่มเติมเข้ากับข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่ออธิบายรายละเอียดเพิ่มเติม สามารถกำหนดตารางและฟิลด์ในการเชื่อมต่อเข้าด้วยกันตามต้องการ

ระบบ **รศทก.** มีเครื่องมือเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ที่ไม่มีพื้นฐานการใช้งานระบบ GIS ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศด้านทรัพยากรเกษตรเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ โดยการบูรณาการข้อมูลผ่านระบบ **รศทก.** ระบบยังช่วยสืบค้นข้อมูลเชิงพื้นที่จากข้อมูลบรรยาย เพื่อให้การใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถสนับสนุนยุทธศาสตร์ทางการเกษตร การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและการบริการในระดับจังหวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในส่วนสืบค้นข้อมูลบรรยาย ผู้ใช้สามารถกำหนดชั้นข้อมูลที่จะสืบค้น รวมทั้งตารางบรรยายทั้งที่เป็นตารางเดี่ยวและตารางข้อมูลสัมพันธ์ที่ได้รับการออกแบบให้มีประสิทธิภาพในการนำเข้าและแก้ไขข้อมูลให้ทันสมัย **รศทก.** สามารถแสดงข้อมูลเป็นแผนภาพประเภทต่างๆ ทำให้แสดงผลและสื่อความหมายกับผู้ใช้ได้ทุกระดับตั้งแต่ระดับปฏิบัติการถึงผู้วางนโยบาย จึงช่วยให้ช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนการจัดการทรัพยากรทางเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้ใช้สามารถพิมพ์แผนที่ที่ยืดหยุ่นตามการออกแบบของตนเอง นอกจากนี้ **รศทก.** ยังสามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรมการวิเคราะห์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อโปรแกรมดังกล่าววิเคราะห์ผลเป็นแผนที่แล้ว ผู้ใช้สามารถนำผลการวิเคราะห์เข้ามาแสดงร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นใน **รศทก.** เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในงานเชิงบูรณาการต่อไป

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านทรัพยากรดิน น้ำ สำหรับระบบการผลิตพืชหลัก ในพื้นที่ศึกษา 3 จังหวัดในภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัด เชียงใหม่ ลำพูน และเชียงราย รวมทั้งสร้างระบบการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อประเมิน ศักยภาพทรัพยากรดินและประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรน้ำ และพัฒนาระบบบูรณาการข้อมูล เชิงพื้นที่ซึ่งสามารถนำเข้า ประมวลผล วิเคราะห์และแสดงผลลัพธ์ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิง ปริมาณในรูปแบบต่างๆ เพื่อสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจในงานเชิงบูรณาการระดับจังหวัด หรือกลุ่มจังหวัด

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นในโครงการนี้ ได้แก่ ฐานข้อมูลโครงสร้างพื้นฐาน ดิน ระบบชลประทาน เครือข่ายลุ่มน้ำ และฐานข้อมูลระบบการผลิตพืชซึ่งได้จากการบูรณาการ ผลลัพธ์ระหว่างโครงการนี้และโครงการอื่นในเครือข่าย *ครส.ลำนา* ในการจัดทำฐานข้อมูลภูมิ สารสนเทศได้ใช้หลักการของการสร้างผัง UML (Unified Modeling Language) เพื่อจัดทำ โครงสร้าง (Schema) ของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบายเพื่อจัดเก็บและเรียกใช้งานใน ระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS)

งานวิจัยนี้ได้ผลิตโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ 5 โปรแกรมซึ่งมีขนาดและ วัตถุประสงค์แตกต่างกันแต่มีลักษณะบางประการที่คล้ายคลึงกันคือ ทำงานโดยอาศัยการเขียน โปรแกรมที่เรียกใช้วัตถุ (ArcObject) ของระบบภูมิสารสนเทศ ArcMap ให้มีส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้ และการแสดงผลเป็นภาษาไทย โปรแกรมดังกล่าวคือ โปรแกรมจัดลำดับชั้น ให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ และวิเคราะห์ลุ่มน้ำ (L-Wshed) โปรแกรมประเมินผลผลิตภาพการใช้น้ำชลประทานเชิงพื้นที่ (WaterPro) โปรแกรมประเมินคุณภาพที่ดินอย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติ (FuzzySuit) โปรแกรม ประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน (EconSuit) และระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการ ทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ (รสทก.)

รสทก. เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโครงการวิจัยนี้ เนื่องจากทำหน้าที่บูรณาการชั้น ข้อมูลทั้งหมดในโครงการ รวมทั้งข้อมูลและผลการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างโครงการในกลุ่ม *ครส. ลำนา* ระบบ **รสทก.** ได้รับการออกแบบให้เป็นระบบ “เปิด” กล่าวคือ มีความยืดหยุ่นในการจัด ชั้นข้อมูลเป็นกลุ่มตามหัวข้อเรื่องและในการนำเข้าชั้นข้อมูลที่มีความหลากหลาย ผู้ใช้สามารถ นำเข้า แสดงผล และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภท จุด เส้น และพื้นที่ในระบบภูมิสารสนเทศ พร้อมทั้งแสดงสัญลักษณ์และคำอธิบายสัญลักษณ์ ดังนั้นจึงสามารถรองรับการแสดงผลข้อมูลเชิง พื้นที่อื่นๆ ในอนาคต โดยไม่จำเป็นต้องเสียเวลาออกแบบสัญลักษณ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ใหม่ ผู้ใช้ สามารถกำหนดชื่อฟิลด์เป็นภาษาไทยได้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการสื่อสารกับผู้ใช้งานในการ ประชุมร่วมกัน ผู้ใช้อาจเชื่อมตารางเพิ่มเติมเข้ากับข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่ออธิบายรายละเอียดเพิ่มเติม ได้ตามต้องการ

รสทก. มีเครื่องมือเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ที่ไม่มีพื้นฐานการใช้งานระบบ GIS ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศด้านทรัพยากรเกษตรเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ โดยการบูรณาการข้อมูลผ่านระบบ **รสทก.** ระบบยังช่วยสืบค้นข้อมูลเชิงพื้นที่จากข้อมูลอรรถาธิบาย เพื่อให้การใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถสนับสนุนยุทธศาสตร์ทางการเกษตร การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และการบริการในระดับจังหวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รสทก. สามารถแสดงข้อมูลเป็นแผนภาพประเภทต่างๆ ทำให้แสดงผลและสื่อความหมายกับผู้ใช้ได้ทุกระดับตั้งแต่ระดับปฏิบัติการถึงผู้วางนโยบาย ผู้ใช้สามารถพิมพ์แผนที่ที่ยืดหยุ่นตามการออกแบบของตนเอง นอกจากนี้ **รสทก.** ยังสามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรมการวิเคราะห์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อโปรแกรมดังกล่าววิเคราะห์ผลเป็นแผนที่แล้ว ผู้ใช้สามารถนำผลการวิเคราะห์เข้ามาแสดงร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นใน **รสทก.** เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในงานเชิงบูรณาการต่อไป

Abstract

This research project aims to develop geodatabases, analysis packages for land and water productivity, and user interfaces to integrate and display spatial information in different forms in order to support decision making on land and water resources and major production systems at the provincial level for Chiang Mai, Chiang Rai and Lamphun provinces.

The geodatabases that have been developed include infrastructures, soils, irrigation systems, watershed network, and major crop production systems resulting from integrated efforts among the several research projects under the decision supporting systems network for the upper northern Thailand (DSS-Lanna Network). The schema of geodatabases were properly designed using Unified Modeling Language (UML) and imported into a geographic information system (GIS).

Five computer programs were developed in this project with different objectives and functions. However, all of them are based on libraries of objects available in ArcMap to develop user interfaces in Thai to facilitate different analyses and visualization techniques. The developed packages are L-Wshed, a program for generating boundaries, hierarchy, and unique identity of the watersheds; WaterPro a program for assessing water productivity of irrigation systems; FuzzySuit, a program for physical land evaluation using fuzzy set approach; EconSuit, a program for economic suitability assessment of agricultural land; and DSSARMS, a Decision Support System for Agricultural Resource Management and Services program.

DSSARMS is designed to be a key component of the project. It serves as a platform for integrating spatial data generated from various projects in DSS-Lanna Network. The software is also designed to have flexibility for users to organize geodatabases in hierarchy and themes according to the purposes of their projects. The users may import different types of features and grids in DSSARMS, select map symbols and rename the fields in Thai to facilitate visualization and interpretation of the results in the meeting of interdisciplinary nature such as an integrated development project. The user may join a relate table to the map feature in order to further explain the features on the map.

DSSARMS also provides necessary tools for users who are not familiar with GIS therefore they can have benefits from using agricultural resources databases to support their decisions. The system also facilitate both attribute and spatial queries to ensure the effective uses of spatial information in strategic planning and management of agriculture and natural resource management at the provincial level.

The quantitative data may be displayed in graphical forms in DSSARMS to enhance visualization and interpretation in order to facilitate the communication among various groups of users ranging from practitioners to policy makers. The users may design their own map layout for printing. DSSARMS also provides a function that links with the analysis packages above. The results generated from those programs may be imported in DSSARMS to be displayed with other map layers which are already available in DSSARMS to support integrated development projects.

รายละเอียดผลการดำเนินงาน

สารบัญ

แนวคิดระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ

ภาคเหนือตอนบน: ระบบกลาง.....	1
คำนำ.....	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ “ระบบกลาง”	2
ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ.....	3
แนวคิดของ “ระบบกลาง”	5
♦ ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ.....	7
♦ การวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์จำลอง	7
♦ ระบบเรียกใช้และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่.....	8
สรุป.....	8
เอกสารอ้างอิง	9

การจัดทำฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานเพื่อสนับสนุนการจัดการทรัพยากร13

คำนำ.....	13
วิธีการศึกษา	14
♦ การออกแบบฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ.....	14
ผลการศึกษา.....	16
♦ ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน	16
♦ ฐานข้อมูลภูมิอากาศและเขตนิเวศเกษตรเชิงพื้นที่	24
♦ ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศการใช้ประโยชน์ที่ดิน	28
สรุป.....	35
เอกสารอ้างอิง	35

แบบจำลองฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศของดินเพื่อการจัดการทรัพยากร.....37

คำนำ.....	37
วิธีการศึกษา	38
♦ แหล่งข้อมูล	38
♦ การสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ	38
ผลการศึกษา.....	39

♦ ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ดิน (SoilFeature).....	40
♦ ชุดข้อมูลดิน (Soil Object).....	41
♦ ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดิน (SoilRelations)	43
♦ ชุดวัตถุกำกับค่าข้อมูลดิน (SoilDomains).....	43
♦ ชุดข้อมูลขอบเขตการปกครอง (AdministrativeArea).....	43
♦ ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศและการนำไปใช้ประโยชน์	45
สรุป	49
เอกสารอ้างอิง.....	49
ระบบประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินแบบค่าต่อเนื่อง.....	51
คำนำ	51
การประเมินคุณภาพที่ดินแบบฟัซซี่	51
♦ คำนวณจากฟังก์ชันและพารามิเตอร์การตอบสนองของฟัซซี่	52
♦ คำนวณค่าสมาชิกภาพจากแบบจำลองความคล้ายคลึง (Similarity model).....	52
องค์ประกอบของระบบ	55
ระบบเชื่อมโยงกับผู้ใช.....	56
ผลการประเมินคุณภาพที่ดินเชิงกายภาพ	64
สรุป	70
เอกสารอ้างอิง.....	70
ระบบประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน	73
คำนำ	73
วิธีการ.....	74
ผลการศึกษา	77
♦ โปรแกรม EconSuit.....	80
♦ ผลการประเมินคุณภาพที่ดินเชิงเศรษฐกิจ.....	87
♦ การจำลองสถานการณ์	89
♦ การแสดงแผนที่.....	92
สรุป	93
เอกสารอ้างอิง.....	93
การประเมินสภาพความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินเชิงพื้นที่.....	95
คำนำ	95
วิธีการศึกษา.....	96

♦ การเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่	96
♦ การประมาณค่าการสูญเสียดิน	97
ผลการศึกษา	98
♦ ผลการประมาณค่าการสูญเสียดิน	98
♦ ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน	103
สรุป	105
เอกสารอ้างอิง	106
การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ	109
คำนำ	109
การจำแนกลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter	110
วิธีการศึกษา	111
♦ การออกแบบและจัดทำโครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ	111
♦ การกำหนดขอบเขตและให้รหัสกับลุ่มน้ำ	112
♦ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อสร้างชุดข้อมูลสมบัติลุ่มน้ำย่อย	116
♦ การสร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำ	116
ผลการศึกษา	117
♦ โครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ	117
♦ ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ	120
♦ โปรแกรมจัดลำดับชั้นและวิเคราะห์เครือข่ายลุ่มน้ำ (L-Wshed)	124
สรุป	136
เอกสารอ้างอิง	137
ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศแหล่งน้ำชลประทานและพื้นที่รับน้ำในภาคเหนือตอนบน	141
คำนำ	141
การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล	143
♦ ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ระบบชลประทาน (Irrigation Systems)	144
♦ ชุดข้อมูลเครือข่ายการส่งน้ำ (Irrigation Network)	145
♦ ชุดข้อมูลความสัมพันธ์ (Irrigation Relationships)	145
♦ ชุดข้อมูลควบคุมความถูกต้องของข้อมูล (Irrigation Domains)	146
♦ ชุดข้อมูลเชิงวัตถุอื่นๆ (Other Objects)	147
การนำเข้าและปรับปรุงข้อมูล	148
♦ ข้อมูลที่ตั้งโครงการชลประทาน	149
♦ ข้อมูลคลองชลประทาน (Irrigation Canal)	154

♦ ข้อมูลโครงสร้างในคลองชลประทาน (IrrigationStructure).....	156
♦ ข้อมูลเครือข่ายการส่งน้ำ (IrrigationNetwork)	158
♦ ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน (IrrigatedArea).....	159
การเชื่อมโยงระหว่างแหล่งน้ำและพื้นที่เพาะปลูกพืช	161
♦ กรอบแนวคิดการสร้างเชื่อมโยง	163
สรุป	171
เอกสารอ้างอิง.....	172
ระบบประเมินผลผลิตภาพของน้ำชลประทานเชิงพื้นที่	175
บทนำ.....	175
หลักการและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	176
♦ การประเมินความต้องการน้ำ.....	176
♦ ผลกระทบของการขาดน้ำต่อผลผลิตพืช.....	177
♦ การประเมินผลผลิตภาพของน้ำ.....	178
♦ การใช้ระบบภูมิสารสนเทศในงานชลประทาน.....	178
วิธีการศึกษา.....	179
♦ การพัฒนาระบบประเมินผลผลิตภาพของน้ำชลประทานเชิงพื้นที่ (WaterPro)	179
♦ การสร้างหน่วยจำลองแผนที่.....	179
♦ การเปรียบเทียบผลผลิตภาพของน้ำของปี พ.ศ.2531 กับ 2543	180
♦ การสร้างสถานการณ์จำลอง.....	180
ผลการศึกษา	180
♦ การออกแบบระบบ	180
♦ ความสามารถของระบบ.....	181
♦ การออกแบบฐานข้อมูล.....	181
♦ การใช้งาน WaterPro.....	182
สรุป	199
เอกสารอ้างอิง.....	200
การพัฒนาระบบสนับสนุนการวางแผนการจัดการทรัพยากร	
เพื่อการเกษตรและบริการ (รศทก.)	203
คำนำ	203
แนวคิดในการพัฒนาระบบ รศทก.	204
♦ การทำงานบนระบบภูมิสารสนเทศ.....	204
♦ การจัดข้อมูลเป็นลำดับชั้น.....	207

♦ การออกแบบให้เป็นระบบเปิด	210
♦ การบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่	213
♦ การเปรียบเทียบข้อมูลอัตราขยายในรูปแผนภาพ	225
การพิมพ์แผนที่	229
สรุป	230
เอกสารอ้างอิง	231

สารบัญรูป

รูปที่ 1-1	พื้นที่ศึกษาครอบคลุม 3 จังหวัดในภาคเหนือตอนบน	5
รูปที่ 1-2	องค์ประกอบของระบบ ครร.ล้านนา	6
รูปที่ 2-1	กระบวนการสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geodatabase) ในการพัฒนาระบบ	15
รูปที่ 2-2	Package ต่างๆ ของข้อมูลพื้นฐาน	16
รูปที่ 2-3	BaseMaps Package	17
รูปที่ 2-4	LandMark Package	17
รูปที่ 2-5	HighLandCommunity Package	18
รูปที่ 2-6	Tables Package	19
รูปที่ 2-7	Relations Package	20
รูปที่ 2-8	Schema ของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน	21
รูปที่ 2-9	ชั้นข้อมูลแผนที่แบบจุดของตำแหน่งหมู่บ้านในฐานข้อมูลแผนที่พื้นฐาน	22
รูปที่ 2-10	ผลจากการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งหมู่บ้านและรายละเอียดของหมู่บ้าน	22
รูปที่ 2-11	ตัวอย่าง Metadata ของชั้นข้อมูลสถานที่สำคัญ โดยแสดงคำอธิบายทั่วไป (Description) คำอธิบายเชิงพื้นที่ (Spatial) และคำอธิบายตาราง (Attributes)	23
รูปที่ 2-12	องค์ประกอบหลักของระบบฐานข้อมูลภูมิอากาศในแบบจำลอง UML	24
รูปที่ 2-13	แบบจำลอง UML ฐานข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Multipoint)	25
รูปที่ 2-14	แบบจำลอง UML ฐานข้อมูลเชิงเส้น (Polyline)	25
รูปที่ 2-15	แบบจำลอง UML ฐานข้อมูลเชิงรูปเหลี่ยมปิด (Polygon)	26
รูปที่ 2-16	แบบจำลอง UML ฐานข้อมูลเชิงเวลา (TimeSeriesType)	26
รูปที่ 2-17	ระบบฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ (Geodatabase) แสดงตำแหน่งสถานีตรวจอากาศ	27
รูปที่ 2-18	ตารางอรรถาธิบายของเส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกันยายนในฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่	27
รูปที่ 2-19	คำอธิบายชั้นข้อมูลเขตนิเวศเกษตรของฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่	28
รูปที่ 2-20	โครงสร้างชุดข้อมูลในฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	29
รูปที่ 2-21	ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	30
รูปที่ 2-22	ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลการใช้ที่ดินด้านการเกษตร	30
รูปที่ 2-23	ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลการใช้ที่ดินประเภทเมืองและพื้นที่สาธารณะ	30
รูปที่ 2-24	ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลพื้นที่ป่าไม้	31

รูปที่ 2-25	ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลแหล่งน้ำ	31
รูปที่ 2-26	ผัง UML แสดงโครงสร้างชุดข้อมูลอรรถาธิบาย	31
รูปที่ 2-27	ผัง UML แสดงรายละเอียดชุดควบคุมความถูกต้องของข้อมูล	32
รูปที่ 2-28	ผัง UML แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	33
รูปที่ 2-29	โครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศการใช้ประโยชน์ที่ดิน	34
รูปที่ 2-30	ตัวอย่างการเรียกแสดงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเกษตร	34
รูปที่ 3-1	แนวคิดการสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดิน	39
รูปที่ 3-2	โครงสร้างหลักของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดิน	40
รูปที่ 3-3	ผัง UML แสดงชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดิน	40
รูปที่ 3-4	ผังแสดงชั้นกลุ่มของวัตถุที่ใช้แทนข้อมูลอธิบายกลุ่มชุดดินและสมบัติของชุดดินตัวแทน และตัวอย่างดินในภาคสนาม	41
รูปที่ 3-5	ระดับชั้นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบายในฐานข้อมูล ภูมิสารสนเทศดิน	44
รูปที่ 3-6	การควบคุมค่าข้อมูลสำหรับการนำเข้าและแก้ไขข้อมูลด้วยการสร้าง Domain	44
รูปที่ 3-7	โครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศกลุ่มชุดดินและข้อมูลในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน	45
รูปที่ 3-8	ผลจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบายเมื่อเรียกแสดง สมบัติของชุดดินที่ต้องการ	46
รูปที่ 3-9	ผลการเรียกแสดงภาพหน้าตัดดินและสภาพภูมิประเทศของชุดดินตัวแทน	46
รูปที่ 3-10	การเรียกแสดงสมบัติทางฟิสิกส์ของชั้นดินในลักษณะตารางและกราฟเชิงเส้น	47
รูปที่ 3-11	การเรียกใช้ข้อมูลดินผ่านระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตร และบริการ	48
รูปที่ 4-1	องค์ประกอบของระบบประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดิน	55
รูปที่ 4-2	ระบบประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดิน	57
รูปที่ 4-3	หน้าต่างเลือกชนิดพืชที่ต้องการประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพ	57
รูปที่ 4-4	หน้าต่างกำหนดคุณสมบัติพืชที่ต้องการสร้างใหม่	57
รูปที่ 4-5	กำหนดพื้นที่เป้าหมาย	58
รูปที่ 4-6	เลือกรายการชนิดพืชที่ต้องการประเมิน	59
รูปที่ 4-7	กำหนดปัจจัยวินิจฉัยสำหรับแต่ละพืช	60
รูปที่ 4-8	หน้าต่างแก้ไขช่วงค่าต่ำสุดและสูงสุดของความถี่ปัจจัยสำหรับพืช	60
รูปที่ 4-9	หน้าต่างสำหรับกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยวินิจฉัยก่อนการประเมินความเหมาะสม	61
รูปที่ 4-10	หน้าต่างแก้ไขค่าถ่วงน้ำหนักของคุณสมบัติที่ดิน	61
รูปที่ 4-11	การเลือกชนิดพืชที่ต้องการแสดงเป็นแผนที่ตามช่วงความเหมาะสมหรือตามช่วงค่าข้อมูล	62

รูปที่ 4-12 หน้าต่างสำหรับแบ่งช่วงระดับความเหมาะสมใหม่	62
รูปที่ 4-13 แผนที่แบบร่างแสดงความเหมาะสมเชิงกายภาพเป็น 4 ระดับความเหมาะสม	62
รูปที่ 4-14 แผนที่แบบร่างแสดงผลการประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพ 10 ช่วงชั้นค่าข้อมูล	63
รูปที่ 4-15 การกำหนดตำแหน่งฐานข้อมูล	63
รูปที่ 4-16 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับการปลูกข้าว	64
รูปที่ 4-17 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับการปลูกกระเทียม	65
รูปที่ 4-18 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูฝน	65
รูปที่ 4-19 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	66
ฤดูแล้งเขตชลประทาน	
รูปที่ 4-20 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกถั่วเหลืองฤดูฝน	66
รูปที่ 4-21 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกถั่วเหลืองฤดูแล้งเขตชลประทาน	67
รูปที่ 4-22 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกหอมหัวใหญ่	67
ฤดูแล้งเขตชลประทาน	
รูปที่ 4-23 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกมันฝรั่งฤดูแล้งเขตชลประทาน	68
รูปที่ 4-24 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกลำไย	68
รูปที่ 4-25 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกมะม่วง	69
รูปที่ 4-26 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกยางพารา	69
รูปที่ 5-1 หลักการประเมินคุณภาพที่ดินเชิงกายภาพ	75
รูปที่ 5-2 การคาดการณ์ผลผลิตและผลตอบแทนในแต่ละหน่วยแผนที่	75
รูปที่ 5-3 การคำนวณต้นทุนการผลิต	76
รูปที่ 5-4 การประเมินคุณภาพที่ดินเชิงเศรษฐกิจ	77
รูปที่ 5-5 ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพและผลผลิตประมาณการของข้าวนาปรัง	78
รูปที่ 5-6 ความเหมาะสมเชิงกายภาพและผลผลิตประมาณการของลำไยที่ระดับการจัดการระดับต่างๆ	79
รูปที่ 5-7 ระบบประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ	80
รูปที่ 5-8 การกำหนดชนิดพืชเพื่อการประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของลำไย	80
รูปที่ 5-9 เขตการสำรวจข้อมูลทางเศรษฐกิจของระบบการปลูกพืช	81
รูปที่ 5-10 หน้าต่างสำหรับปรับปรุงต้นทุนการผลิตและผลตอบแทน	81
รูปที่ 5-11 หน้าต่างปรับปรุงต้นทุนการผลิตด้านค่าใช้จ่ายลงทุน	82
รูปที่ 5-12 หน้าต่างปรับปรุงต้นทุนการผลิตด้านค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา	82
รูปที่ 5-13 หน้าต่างแสดงผลตอบแทนที่จะได้จากการกำหนดผลผลิตสูงสุดและราคาผลผลิต	83
รูปที่ 5-14 หน้าต่างกำหนดพื้นที่เป้าหมายและข้อมูลที่ต้องการปรับปรุงข้อมูลลงไป	83
รูปที่ 5-15 หน้าต่างประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ	84

รูปที่ 5-16	หน้ากำหนดค่าลงทุนเพื่อการปรับปรุงคุณภาพที่ดิน	85
รูปที่ 5-17	หน้าต่างสำหรับกำหนดช่วงชั้นความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ	85
รูปที่ 5-18	แผนที่ผลลัพธ์จากการแบ่งช่วงชั้นความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจแบบอัตโนมัติ และตามผู้กำหนด	86
รูปที่ 5-19	มูลค่าปัจจุบันของผลกำไรเฉลี่ยต่อปีในการผลิตลำไยเมื่อคำนวณโดยใช้อัตราส่วนลด ร้อยละ 2.0 และ 5.0 ต่อปี	87
รูปที่ 5-20	แผนที่แสดงผลตอบแทนสุทธิของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวนาปีที่ได้จากการคาดการณ์	88
รูปที่ 5-21	แผนที่การกระจายตัวของผลตอบแทนสุทธิของกระเทียมในเขตชลประทาน ที่ราคาผลผลิตต่างกัน	88
รูปที่ 5-22	การจำลองสถานการณ์เพิ่มพื้นที่ปลูกลำไย จำนวน 100,000 ไร่	89
รูปที่ 5-23	แผนที่แสดงผลการขยายพื้นที่ปลูกลำไยเพิ่มขึ้นอีกเป็นจำนวน 100,000 ไร่	90
รูปที่ 5-24	การจำลองสถานการณ์ลดพื้นที่ปลูกกระเทียม	91
รูปที่ 5-25	ผลการจำลองสถานการณ์การลดพื้นที่ปลูกกระเทียมตามเงื่อนไขของผู้ใช้	91
รูปที่ 5-26	หน้าต่างเมนูแสดงแผนที่ ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกแสดงแผนที่ความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ หรือสถานการณ์จำลองของพืชอื่นๆ ได้	92
รูปที่ 5-27	แผนที่ความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของลำไยจากการเรียกผ่านเมนูแสดงแผนที่	92
รูปที่ 6-1	แผนภาพแสดงขั้นตอนการประมาณค่าการสูญเสียดินเชิงพื้นที่โดย USLE	97
รูปที่ 6-2	ความรุนแรงของฝนในพื้นที่ศึกษา	98
รูปที่ 6-3	ค่าความง่ายของดินต่อการถูกชะล้างพังทลายในพื้นที่ศึกษา	99
รูปที่ 6-4	ผลของระยะทางลาดและความลาดชันต่อการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ศึกษา	99
รูปที่ 6-5	การคลุมดินของพืชพรรณและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ศึกษา	100
รูปที่ 6-6	แผนที่แสดงการสูญเสียดินในพื้นที่ศึกษา (ก) ไม่คำนึงตะกอนที่ไหลออกจากพื้นที่ และ (ข) คำนึงตะกอนที่ไหลออกจากพื้นที่	101
รูปที่ 6-7	ขอบเขตลุ่มน้ำสาขาในพื้นที่เป้าหมาย 3 จังหวัด	101
รูปที่ 6-8	ฐานข้อมูลการสูญเสียดินในพื้นที่ศึกษาเมื่อนำเข้าใช้งานใน รสทก.	103
รูปที่ 6-9	แผนที่การสูญเสียดิน พ.ศ. 2531 และ 2543 ที่ได้จากการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2531 และ 2543	104
รูปที่ 6-10	แผนที่แสดงนิเวศวิทยาของพื้นที่ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน	105
รูปที่ 7-1	โครงสร้างการจำแนกลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter (Verdin and Verdin, 1999)	111
รูปที่ 7-2	แผนภาพแสดงวิธีการและขั้นตอนการสร้างชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐาน	112
รูปที่ 7-3	แผนภาพขั้นตอนการสร้างขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำตามระบบ Pfafstetter	114
รูปที่ 7-4	การให้รหัสกำกับและจัดลำดับชั้นลุ่มน้ำตามระบบ Pfafstetter	115
รูปที่ 7-5	ผัง UML แสดงชั้นของวัตถุและความสัมพันธ์ในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ	118

รูปที่ 7-6	โครงสร้างของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ	119
รูปที่ 7-7	ตัวอย่างขอบเขตลุ่มน้ำลำดับชั้นต่างๆ ในระบบ Pfafstetter	120
รูปที่ 7-8	ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับชั้นของลุ่มน้ำผ่านโครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ	121
รูปที่ 7-9	ตัวอย่างข้อมูลสมบัติลุ่มน้ำย่อย	122
รูปที่ 7-10	การเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่เครือข่ายลุ่มน้ำ	123
รูปที่ 7-11	ผลการสืบค้นพื้นที่ถูกรบกวนบริเวณต้นน้ำที่มีความลาดชันมากกว่า 20% ในลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 5	123
รูปที่ 7-12	ชุดเครื่องมือกำหนดขอบเขตและจัดลำดับชั้นลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter และชุดเครื่องมือวิเคราะห์เครือข่ายลุ่มน้ำในโปรแกรม L-Wshed	124
รูปที่ 7-13	หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลัก	125
รูปที่ 7-14	การทำงานของ เครื่องมือค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลักแบบเจาะจง	126
รูปที่ 7-15	หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือแก้ไขโครงข่ายลำน้ำหลัก	126
รูปที่ 7-16	หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือกำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ	128
รูปที่ 7-17	หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือแก้ไขขอบเขตลุ่มน้ำ	129
รูปที่ 7-18	หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือรวมชั้นข้อมูล	129
รูปที่ 7-19	หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมืออ้างอิงชื่อทางน้ำ	130
รูปที่ 7-20	หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือตั้งชื่อลุ่มน้ำ	131
รูปที่ 7-21	ตัวอย่างผลลัพธ์จากการทำงานของ เครื่องมือตั้งชื่อลุ่มน้ำ	131
รูปที่ 7-22	หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือค้นหาลุ่มน้ำจากจุดรวมน้ำ	132
รูปที่ 7-23	กรอบโต้ตอบยืนยันตำแหน่งเป้าหมายในการสืบค้นของ เครื่องมือค้นหาลุ่มน้ำจากจุดรวมน้ำ ...	132
รูปที่ 7-24	ลุ่มน้ำผลลัพธ์จากการค้นหาด้วย เครื่องมือค้นหาลุ่มน้ำจากจุดรวมน้ำ	133
รูปที่ 7-25	หน้าต่างการทำงานและลุ่มน้ำผลลัพธ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดตะกอนของ เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดตะกอน-มลพิษ	133
รูปที่ 7-26	หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือค้นหาเส้นทางน้ำที่ได้รับผลกระทบ	134
รูปที่ 7-27	ผลการสืบค้นเส้นทางน้ำที่ได้รับผลกระทบจากการทำไร่หมุนเวียนผสมใน ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวย	134
รูปที่ 7-28	หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือค้นหาจุดขัดแย้งเรื่องน้ำโดยการค้นหา ฝ่ายต้นน้ำ-ฝ่ายปลายน้ำ	135
รูปที่ 7-29	ฝ่ายต้นน้ำผลลัพธ์ที่ส่งผลกระทบต่อ ฝ่ายนอน ซึ่งเป็นฝ่ายเป้าหมายในลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่ขาน	135
รูปที่ 7-30	ฝ่ายปลายน้ำผลลัพธ์ที่ส่งผลกระทบต่อ ฝ่ายนอน ซึ่งเป็นฝ่ายเป้าหมายในลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่ขาน ...	136
รูปที่ 8-1	โครงสร้างข้อมูลหลักในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศชลประทาน	143
รูปที่ 8-2	Class Diagram โครงสร้างชุดข้อมูลระบบชลประทาน	144
รูปที่ 8-3	Class Diagram ชุดข้อมูลเครือข่ายชลประทาน	145

รูปที่ 8-4	Class Diagram ชุดข้อมูลความสัมพันธ์	146
รูปที่ 8-5	Class Diagram ชุดข้อมูลควบคุมความถูกต้องของข้อมูล	146
รูปที่ 8-6	Class Diagram ชุดข้อมูลเชิงวัตถุอื่นๆ	147
รูปที่ 8-7	โครงสร้างของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศชลประทาน	147
รูปที่ 8-8	Metadata ของข้อมูลพื้นที่ชลประทานในส่วนคำอธิบายทั่วไป (Description)	149
รูปที่ 8-9	ที่ตั้งโครงการชลประทานในพื้นที่ศึกษา	150
รูปที่ 8-10	รายละเอียดของที่ตั้งโครงการชลประทานในพื้นที่ศึกษา	151
รูปที่ 8-11	ที่ตั้งโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า	152
รูปที่ 8-12	รายละเอียดของที่ตั้งโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า	152
รูปที่ 8-13	ที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล	153
รูปที่ 8-14	รายละเอียดของที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล	154
รูปที่ 8-15	คลองชลประทานและท่อส่งน้ำ	155
รูปที่ 8-16	รายละเอียดคลองชลประทานและท่อส่งน้ำ	155
รูปที่ 8-17	โครงสร้างในคลองชลประทาน	156
รูปที่ 8-18	รายละเอียดโครงสร้างในคลองชลประทาน	157
รูปที่ 8-19	รายละเอียดความสัมพันธ์ของอาคารกับคลองชลประทาน	157
รูปที่ 8-20	เครือข่ายการส่งน้ำของคลองซอย 23 โครงการฯ แม่แตง	158
รูปที่ 8-21	ตัวอย่างเส้นทางการส่งน้ำของโซนที่ 14	159
รูปที่ 8-22	พื้นที่ชลประทานในพื้นที่ศึกษา	160
รูปที่ 8-23	รายละเอียดพื้นที่ชลประทาน	160
รูปที่ 8-24	รายละเอียดความสัมพันธ์ของพื้นที่กับที่ตั้งโครงการ	161
รูปที่ 8-25	ที่ตั้งโครงการพัฒนาแหล่งน้ำและพื้นที่ชลประทาน	162
รูปที่ 8-26	กรอบแนวคิดการเชื่อมโยงแหล่งน้ำและพื้นที่ชลประทาน	163
รูปที่ 8-27	การซ้อนทับพื้นที่โครงการชลประทานกับพื้นที่เพาะปลูกพืช	164
รูปที่ 8-28	ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำและฝายขนาดเล็ก	165
รูปที่ 8-29	พื้นที่โครงการฝายขนาดเล็กบริเวณลุ่มน้ำแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่	167
	สร้างจากวิทยานิพนธ์ของเบญจภา (2546)	
รูปที่ 8-30	เปรียบเทียบขอบเขตพื้นที่โครงการที่ได้จากการวิเคราะห์กับพื้นที่โครงการจริง	168
รูปที่ 8-31	เปรียบเทียบขอบเขตพื้นที่โครงการที่ได้จากการวิเคราะห์กับพื้นที่โครงการจริง	168
	ของโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าบ้านหลวง ตำบลศรี อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ	
รูปที่ 8-32	พื้นที่ปลูกพืชฤดูแล้งและไม้ผลนอกเขตโครงการชลประทาน อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดลำพูน	169
รูปที่ 8-33	แผนภาพ UML เชื่อมโยงแหล่งน้ำและพื้นที่เพาะปลูก	169

รูปที่ 8-34	การจำแนกประเภทของแหล่งน้ำเพื่อเพาะปลูก	170
รูปที่ 8-35	ตารางความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับแหล่งน้ำเพื่อการชลประทาน	170
รูปที่ 9-1	องค์ประกอบของระบบประเมินผลผลิตภาพของน้ำชลประทานเชิงพื้นที่ (WaterPro)	181
รูปที่ 9-2	โครงสร้างความสัมพันธ์ในฐานข้อมูลผลผลิตภาพของน้ำ	182
รูปที่ 9-3	แถบเครื่องมือระบบประเมินผลผลิตภาพของน้ำชลประทานเชิงพื้นที่ (WaterPro)	182
รูปที่ 9-4	การเลือกพื้นที่ศึกษา โครงการชลประทานแม่แตง	183
รูปที่ 9-5	หน้าตาและการแสดงผลข้อมูลพื้นฐานของโครงการชลประทาน	184
รูปที่ 9-6	หน้าตาการแสดงผลและสืบค้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	185
รูปที่ 9-7	ผลการสืบค้นข้อมูลการใช้ที่ดินภายในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง	185
รูปที่ 9-8	สัมประสิทธิ์ความต้องการน้ำของถั่วเหลือง	186
รูปที่ 9-9	หน้าตาและการแสดงผลข้อมูลเขตภูมิอากาศภายในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง	187
รูปที่ 9-10	หน้าตาวิเคราะห์และแสดงผลความต้องการน้ำภายในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง	188
รูปที่ 9-11	แผนที่ความต้องการน้ำทั้งปีในแต่ละโซนส่งน้ำภายในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง	189
รูปที่ 9-12	หน้าตาประเมินและแสดงผลผลิตภาพของน้ำภายในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง	190
รูปที่ 9-13	ผลผลิตภาพของน้ำเชิงพื้นที่ในแต่ละหน่วยที่ดินภายในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง	190
รูปที่ 9-14	หน้าตาเปรียบเทียบความต้องการน้ำ ปี พ.ศ. 2531 กับ 2543	191
รูปที่ 9-15	การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2531 กับ 2543	192
รูปที่ 9-16	การเปรียบเทียบความต้องการน้ำปี พ.ศ. 2531 กับ 2543 ภายในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง	192
รูปที่ 9-17	หน้าตาเปรียบเทียบผลผลิตภาพของน้ำปี พ.ศ. 2531 กับ 2543	193
รูปที่ 9-18	การเปรียบเทียบผลผลิตภาพของน้ำปี พ.ศ. 2531 กับ 2543 ภายในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง	193
รูปที่ 9-19	หน้าตาเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบางส่วน	194
รูปที่ 9-20	หน้าตาสืบค้นข้อมูลตามเงื่อนไข	195
รูปที่ 9-21	หน้าตาเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทั้งหมด.....	196
รูปที่ 9-22	หน้าตาเปรียบเทียบความต้องการน้ำจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	196
รูปที่ 9-23	หน้าตาเปรียบเทียบผลผลิตภาพของน้ำจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	197
รูปที่ 9-24	แผนที่ความต้องการน้ำและผลผลิตภาพของน้ำหลังจากเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	197
รูปที่ 9-25	หน้าตาเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำต้นทุน ต้นทุน และราคาผลผลิต	198
รูปที่ 9-26	หน้าตาสรุปผลการจำลองสถานการณ์ที่ 1 โครงการฯ แม่แตง	199
รูปที่ 9-27	ผลผลิตภาพของน้ำในแต่ละโซนหลังเปลี่ยนกลยุทธ์ในการจัดสรรน้ำ	199
รูปที่ 10-1	ความเชื่อมโยงระหว่าง รสทก. และองค์ประกอบอื่นของโครงการ ครส.ลำน้ำนา	204
รูปที่ 10-2	หน้าตาแรกของระบบ รสทก. ก่อนเข้าสู่ส่วนทำงาน	206
รูปที่ 10-3	องค์ประกอบของหน้าตาเมนูหลัก	206

รูปที่ 10-4	หน้าต่างแจ้งรายละเอียดข้อมูล	207
รูปที่ 10-5	หน้าต่างโปรแกรมเสริม	207
รูปที่ 10-6	แสดงปุ่มสำหรับคลิกเพื่อเปิดหน้าต่างนำเข้าสู่ข้อมูล	208
รูปที่ 10-7	หน้าต่างแสดงขั้นตอนการสร้างลำดับชั้นของขอบเขตที่ใช้เป็นกรอบในการแสดงชั้นข้อมูล เป็นแผนที่ใน รสทก.	208
รูปที่ 10-8	หน้าต่างแสดงส่วนการเลือกพื้นที่เป้าหมายตามลำดับชั้นของขอบเขตการปกครอง ได้แก่ ตำบลช่วงเปา อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่	209
รูปที่ 10-9	หน้าต่างแสดงผลการเลือกพื้นที่สองอำเภอเป็นกรอบในการแสดงแผนที่ ได้แก่ อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน	209
รูปที่ 10-10	หน้าต่างจัดกลุ่มชั้นข้อมูลตามหัวเรื่อง	210
รูปที่ 10-11	หน้าต่างการนำเข้าสู่ชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศประเภทที่มีรูปร่างแนบชิด (Feature)	210
รูปที่ 10-12	หน้าต่างการเลือกสัญลักษณ์ของชั้นข้อมูล	211
รูปที่ 10-13	หน้าต่างการเปลี่ยนชื่อฟิลด์เป็นภาษาไทย	211
รูปที่ 10-14	หน้าต่างการนำเข้าสู่ตารางอรรถาธิบายเพิ่มเติม	212
รูปที่ 10-15	การเรียงลำดับชั้นข้อมูลใหม่ในหน้าต่างรายการชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่	212
รูปที่ 10-16	หน้าต่างการแสดงผลของ รสทก. พร้อมองค์ประกอบส่วนต่างๆ	213
รูปที่ 10-17	การใช้งานของหน้าต่างหลักในส่วนการแสดงผล	214
รูปที่ 10-18	เครื่องมือช่วยงานแสดงแผนที่	214
รูปที่ 10-19	ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้งานเครื่องมือบนหน้าต่างแสดงผล	215
รูปที่ 10-20	การกำหนดจุดเป้าหมายและผลการค้นหากลุ่มจุดดินที่อยู่ในรัศมี 1,000 เมตร	215
รูปที่ 10-21	เครื่องมือควบคุมความโปร่งใสและความสว่างของสี	216
รูปที่ 10-22	เครื่องมือกำหนดมาตราส่วนที่ต้องการแสดงและค่าพิกัดของจุดที่สนใจ	216
รูปที่ 10-23	การเรียกเมนูการค้นหาจากตารางอรรถาธิบาย	217
รูปที่ 10-24	หน้าต่างการค้นหาจากตารางอรรถาธิบาย	218
รูปที่ 10-25	พื้นที่ปลูกกล้วย (สีฟ้า) ในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ที่ได้จากการค้นหาในตารางอรรถาธิบาย	218
รูปที่ 10-26	ค่าสถิติพื้นฐานของพื้นที่ปลูกกล้วยในจังหวัดเชียงใหม่	219
รูปที่ 10-27	การเรียกดูสถิติข้อมูลทั่วไป 12 ประเภทของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงจำนวน 14 ศูนย์	219
รูปที่ 10-28	การสืบค้นข้อมูลชั้นดินที่มีความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่า 5.0 จากหน้าต่างสืบค้น ตารางสัมพันธ์ของข้อมูลอรรถาธิบาย	220
รูปที่ 10-29	ผลการสืบค้นข้อมูลชั้นดินที่มีความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่า 5.0	221
รูปที่ 10-30	ผลการสืบค้นข้อมูลชั้นดินที่มีปริมาณก้อนกรวดมาก	221
รูปที่ 10-31	การเลือกคุณสมบัติทางเคมีของชั้นดินบนและล่างดินชุดลำปาง (Lp) ทุกเขตข้อมูล	222

รูปที่ 10-32	การเลือกคุณสมบัติทางฟิสิกส์ทุกชั้นดินชุดลำปาง (Lp) เฉพาะบางเขตข้อมูล	223
รูปที่ 10-33	แสดงลักษณะหน้าตาต่างค้นหาข้อมูลเชิงพื้นที่	224
รูปที่ 10-34	ผลลัพธ์ของการค้นหาด้วยรูปแบบการค้นหา "สิ่งที่เลือกครอบคลุมเป้าหมายทั้งหมด (Contain)" ชั้นข้อมูลที่ใช้ค้นหามีขอบสีแดง ส่วนชั้นข้อมูลผลลัพธ์มีขอบสีม่วง	224
รูปที่ 10-35	การเปิดชั้นข้อมูลศูนย์พัฒนาโครงการหลวงและเมนูเพื่อเลือกการแสดงผลเป็นแผนภาพ	225
รูปที่ 10-36	การกำหนดข้อมูลนำเข้าและรายละเอียดของแผนภูมิที่จะแสดงผล	226
รูปที่ 10-37	แผนภูมิของข้อมูลรายได้เฉลี่ยของเกษตรกรในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงต่างๆ	226
รูปที่ 10-38	การเปรียบเทียบมูลค่าของไม้ผลประเภทต่างๆ ที่เกษตรกรผลิต	227
	ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงเป็นกราฟวงกลมแบบ 3 มิติ	
รูปที่ 10-39	การเปรียบเทียบมูลค่าของไม้ตัดดอกประเภทต่างๆ ที่เกษตรกรผลิต	228
	ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงเป็นกราฟวงกลมปกติ	
รูปที่ 10-40	การเปรียบเทียบมูลค่าของผักประเภทต่างๆ ที่เกษตรกรผลิต	228
	ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงเป็นแผนภูมิแบบแท่งสัดส่วน	
รูปที่ 10-41	องค์ประกอบของส่วนการออกแบบเพื่อพิมพ์แผนที่	229
รูปที่ 10-42	แผนที่ที่ผ่านการกำหนดรูปแบบเพื่อการพิมพ์แล้ว	230

สารบัญตาราง

ตารางที่ 6-1 ปริมาณการสูญเสียดินในพื้นที่และตะกอนบริเวณจุดรวมน้ำของแต่ละลุ่มน้ำสาขา	102
ตารางที่ 6-2 ปริมาณการสูญเสียดินตามนิเวศวิทยาของพื้นที่ในปี พ.ศ. 2531 และ 2543	105
ตารางที่ 7-1 รายละเอียดชั้นข้อมูลและฟิลด์สำหรับการกำหนดขอบเขตและให้รหัสกับลุ่มน้ำ	127
ตารางที่ 8-1 สรุปจำนวนและพื้นที่โครงการชลประทานในพื้นที่ศึกษา	151
ตารางที่ 8-2 สัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกพืชในโครงการชลประทานขนาดใหญ่	166

แนวคิดระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากร เพื่อการเกษตรและการบริการ ภาคเหนือตอนบน: ระบบกลาง

เมธี เอกะสิงห์¹

คำนำ

ลักษณะพิเศษของพื้นที่การเกษตรในภาคเหนือตอนบน คือ มีขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ในภูมิภาคต่าง ๆ ตั้งแต่ที่ราบระหว่างหุบเขา ที่ลาดลอนคลื่น และที่สูงชัน ดังนั้นระบบนิเวศเกษตรจึงมีความแตกต่างกัน ปริมาณและคุณภาพของทรัพยากรดินและน้ำที่ใช้ในการผลิตจึงมีความแตกต่างกัน เนื่องจากพื้นที่ที่สามารถใช้ในการเกษตรมีขนาดเล็กและอยู่บนดินและสภาพภูมิประเทศที่อาจมีผลต่อความยั่งยืนของระบบเกษตร ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการวางแผนการใช้และจัดสรรทรัพยากรเพื่อการเกษตรที่แม่นยำ โดยอาศัยองค์ความรู้และระบบข้อมูลที่ทันสมัย ซึ่งเอื้ออำนวยต่อการกระบวนการวางแผนการจัดการทรัพยากรและระบบการผลิตแบบมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนตัดสินใจในหลายระดับจากหน่วยงานและองค์กรพัฒนา ตลอดจนเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย

ในช่วงเวลาที่ผ่านมา หน่วยงานต่าง ๆ ในกระทรวงเกษตรและสหกรณ์รวมทั้งกระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดลอมได้มีความพยายามในการพัฒนาฐานข้อมูลทางด้านการเกษตรทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยจัดทำในรูปของฐานข้อมูลสัมพันธ์ เช่น ฐานข้อมูลพื้นฐานการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตร หรือจัดทำเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS) เช่น ฐานข้อมูลกลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน เป็นต้น ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ของฐานข้อมูลดังกล่าวมีหลายประการ กล่าวคือ

- ได้รับการพัฒนาจากหน่วยงานส่วนกลาง ส่วนใหญ่เป็นฝ่ายแผนงานของกรมหรือส่วนราชการระดับกรม ทำให้ผู้ใช้ระดับจังหวัดไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวก และทำให้การปรับแก้ข้อมูลให้ทันสมัยทำได้ไม่สะดวก
- ข้อมูลในระดับจังหวัดยังไม่อยู่ในลักษณะเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ จึงไม่เอื้ออำนวยต่อการวางแผนกลยุทธ์
- ข้อมูลเชิงพื้นที่ยังไม่ได้รับการวิเคราะห์ตามสถานการณ์ที่เป็นประเด็นปัญหาหรือศักยภาพของจังหวัด ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ในการสนับสนุนการวางแผนการเกษตรและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติในระดับตำบล อำเภอ จังหวัด หรือตามลุ่มน้ำได้

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- ยังไม่มีการพัฒนาระบบเรียกใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อสนับสนุนการวางแผนและการจัดการทางเกษตรที่ง่ายต่อผู้ใช้งานในระดับจังหวัด และไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลของหน่วยงานต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาท้องถิ่นอย่างเป็นองค์รวมได้

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ช่วยในการวางแผนการผลิตทางเกษตรและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ที่สนับสนุนการทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการผลิตและการจัดการทรัพยากรทางเกษตรในระดับจังหวัดลงมา ทั้งนี้เพื่อให้การวางแผนยุทธศาสตร์และแผนปฏิบัติการสอดคล้องกับปัญหาและศักยภาพ รวมทั้งสามารถระบุพื้นที่ในการปฏิบัติการได้แม่นยำขึ้น

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของ **“กลุ่มโครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการผลิตและการบริการในภาคเหนือตอนบน”** ต่อไปนี้จะเรียกว่า **“ครส. ล้านนา”** ซึ่งจะพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบการผลิตทางเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญของภาคเหนือตอนบน รวมทั้งระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ประกอบด้วยข้อมูลด้านการเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ พร้อมระบบเรียกใช้และแสดงผลเป็นภาษาไทย นอกจากนี้จะวิเคราะห์ผลกระทบของทางเลือกต่างๆ ที่อาจใช้ในการวางแผนจัดการทรัพยากรสำหรับภาพสถานการณ์จำลอง (Scenarios) ที่อาจเกิดขึ้นกับระบบการเกษตรที่สำคัญในภาคเหนือตอนบน

วัตถุประสงค์ของโครงการ “ระบบกลาง”

เนื่องจาก “ระบบกลาง” ทำหน้าที่เชื่อมโยงและบูรณาการข้อมูลหลากหลายรูปแบบจากโครงการต่างๆ ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังต่อไปนี้

- เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบที่เชื่อมโยงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ องค์ความรู้ด้านระบบการผลิต การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และผู้ใช้ข้อมูล
- เพื่อประเมินทางเลือกที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการผลิตพืชหลักในพื้นที่ศึกษา 3 จังหวัดในภาคเหนือตอนบน
- เพื่อประเมินผลผลิตภาพ (Water Productivity) ในการใช้น้ำชลประทานสำหรับการผลิตระบบพืชหลักในพื้นที่ศึกษา
- เพื่อนำวิธีการและผลของการประเมินไปใช้ในการวิเคราะห์เหตุการณ์จำลองในกระบวนการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตร (Decision Support System for Agricultural Resource Management, DSSARM)
- สร้างสถานการณ์จำลองและวิเคราะห์ผลกระทบจากสถานการณ์เหล่านั้นในแง่ผลผลิตภาพและการใช้ทรัพยากร
- พัฒนาโปรแกรมช่วยสนับสนุนการตัดสินใจให้สามารถใช้ขีดความสามารถของระบบ GIS ในการนำเข้าข้อมูล ประมวลผล และแสดงผลตามความต้องการของผู้ใช้

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System, DSS) เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่อำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สามารถใช้ข้อมูล องค์ความรู้ และวิธีการวิเคราะห์ต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของผู้ทำหน้าที่ตัดสินใจ ทำให้ย่นระยะเวลาและใช้บุคลากรน้อยลงในกระบวนการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจแก้ปัญหาหรือวางแผน (Jones et al., 1998) ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีข้อมูลข่าวสาร ตลอดจนแนวคิดเชิงระบบในทางเกษตรในช่วงเวลาที่ผ่านมาทำให้การพัฒนา DSS ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว โดยมีการประยุกต์ใช้ในทั้งระดับแปลง (Kropff et al., 1998) ในระดับฟาร์ม และภูมิภาค (Teng et al., 1998)

องค์ประกอบที่สำคัญของ DSS ได้แก่ ระบบจัดการข้อมูล ระบบการวิเคราะห์ประมวลผล ส่วนของการแสดงผลและโต้ตอบกับผู้ใช้ การออกแบบรายละเอียดแต่ละส่วนแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และกลุ่มผู้ใช้ที่เป็นเป้าหมาย ระบบการวิเคราะห์และประมวลผลของ DSS ดำเนินการโดยอาศัยแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์ (modeling and simulation) หรือระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert system) ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืชที่ได้รับการพัฒนาและทดสอบอย่างกว้างขวาง ได้แก่ Decision Support System for Agrotechnology Transfer, DSSAT (Tsuji et al., 1994; Jones et al., 1998)

การออกแบบและพัฒนาาระบบเรียกใช้งานในรูปแบบกราฟิก (Graphic User Interface, GUI) มีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากในการกำหนดประสิทธิภาพการใช้งานของ DSS ลักษณะที่ดีของ GUI คือต้องอนุญาตให้ผู้ใช้มีบทบาทในการควบคุมการทำงานได้พอสมควร ง่ายต่อการใช้ มีความคงเส้นคงวา (consistency) ในการใช้เมนู ปุ่มกด และส่วนที่โต้ตอบกับผู้ใช้ ตลอดจนมีคำอธิบายความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นแก่ผู้ใช้ (Acock, 1999) ตัวอย่างของระบบ GUI ที่ได้รับการพัฒนาเพื่อใช้งานร่วมกับโปรแกรม DSSAT ได้แก่ AEGIS/WIN (Engel et al., 1997) ระบบนี้เขียนขึ้นโดยใช้ภาษา Avenue ของโปรแกรม ArcView (ESRI, 1996) ในปัจจุบันระบบ DSS ที่ต้องการข้อมูลเชิงพื้นที่มักพัฒนา GUI โดยอาศัยสมรรถนะทางด้านกราฟิก การจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบ GIS ระบบสนับสนุนการตัดสินใจดังกล่าวได้รับการขนานนามว่า Spatial Decision Support System, SDSS (Densham, 1991; เมธี, 2543)

การประเมินคุณภาพที่ดิน (FAO, 1976) เป็นตัวอย่างหนึ่งของการวางแผนทางเกษตรที่ต้องอาศัย SDSS เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกต่อผู้ประเมินในการเลือกพื้นที่เป้าหมายประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land utilization type) คุณภาพของที่ดิน (Land quality) และวิธีการประเมินทางเลือกที่จะใช้การแสดงผลทางกราฟิกในรูปแบบแผนที่และตาราง ซึ่งจะช่วยให้ผู้ทำหน้าที่ตัดสินใจเห็นลำดับความสำคัญหรือความเหมาะสมของทางเลือกต่างๆ ทำให้สามารถตัดสินใจเลือกทางเลือกได้อย่างมั่นใจมากขึ้น

การพัฒนา SDSS สำหรับประเมินทางเลือกในการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรรุ่นแรกๆ (เมธี และคณะ, 2536) มีโปรแกรมเชื่อมโยงที่ทำงานในระบบปฏิบัติการ DOS และทำหน้าที่เชื่อมโยงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เข้ากับระบบวิเคราะห์ทางเลือกที่อาศัยฟังก์ชันพีซีซี (Burrough, 1989) การแสดงผลการวิเคราะห์ในระบบนี้ใช้ส่วนการแสดงผลของโปรแกรม IDRISI โดยระบบ SDSS นี้ได้เป็นต้นแบบในการพัฒนาโปรแกรม LandSuit ซึ่งเป็น SDSS ที่สามารถประเมินความเหมาะสมทั้งทางกายภาพและทางเศรษฐกิจ (เฉลิมพล และคณะ, 2545) โปรแกรม LandSuit เป็น SDSS ที่ทำงานภายใต้โปรแกรม ArcView GIS ส่วนของการประเมินทางเลือกใช้หลักการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางกายภาพโดยวิธีการของ FAO (1976) และการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเศรษฐกิจตามวิธีการของ Rossiter (1995) โดยที่ผู้ใช้สามารถป้อนราคาของปัจจัยการผลิตและผลผลิตรวมทั้งเป้าหมายที่แสดงเป็นผลตอบแทนสุทธิตามต้องการ โปรแกรมจะประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐกิจของที่ดินแต่ละหน่วย พร้อมทั้งแสดงผลเป็นแผนที่ทั้งทางหน้าจอและเครื่องพิมพ์ ดังนั้นผู้ตัดสินใจสามารถจำลองสถานการณ์ตามการเปลี่ยนแปลงของราคาปัจจัยการผลิตและผลผลิต ทำให้การตัดสินใจเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชสอดคล้องกับความเป็นจริงตามเป้าหมายในการผลิตของเกษตรกรที่ไม่เหมือนกันและตามพลวัตของระบบเศรษฐกิจ

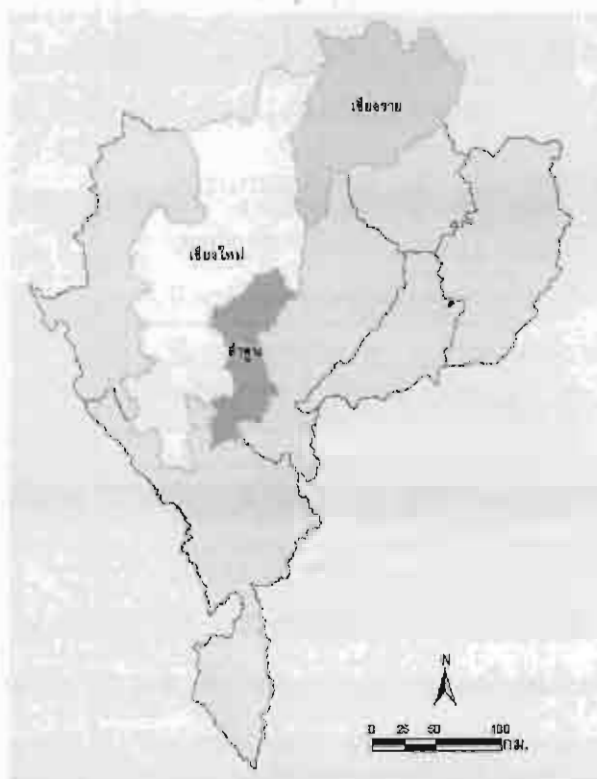
โปรแกรมโพสพ 1.0 (พนมศักดิ์ และคณะ, 2543) เป็น SDSS สำหรับสนับสนุนการตัดสินใจผลิตข้าว ทำงานบนโปรแกรม ArcView ซึ่งพัฒนาจากภาษา Avenue ที่มีชุดคำสั่งที่ประมวลผลและแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ในระบบ ArcView GIS โปรแกรมโพสพ 1.0 จะทำงานร่วมกับโปรแกรมเชื่อมโยงและแปลงข้อมูลโดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องใช้ GUI ของโปรแกรม DSSAT ดังนั้นการจำลองการผลิตข้าวจึงทำงานอยู่เบื้องหลัง ทำให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับระบบได้ง่ายและสะดวกขึ้นเมื่อผู้ใช้ต้องการจำลองสถานการณ์เพื่อประมาณการผลิตข้าวของพื้นที่ที่เลือก ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองนี้จะถูกส่งกลับไปยังโปรแกรม ArcView เพื่อให้ผู้ใช้เลือกแสดงผลในรูปแบบต่างๆ เช่น แผนที่ ตารางสรุป หรือแผนภูมิ ทั้งบนจอภาพและทางเครื่องพิมพ์ในรูปแบบที่ขนาดต่างๆ ซึ่งรายละเอียดของการพัฒนาและการใช้งานโปรแกรมโพสพ 1.0 ปรากฏในรายงานของพนมศักดิ์และคณะ (2543ก, 2543ข) โปรแกรมเชื่อมโยงเอราวัณ 1.0 (พนมศักดิ์ และคณะ, 2543ค) เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของ SDSS ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ร่วมกับแบบจำลองอ้อยในการประมาณการณ์ผลผลิตอ้อย

แนวคิดของ “ระบบกลาง”

กลุ่มโครงการ *ครส.ล้านนา* ประกอบด้วย 4 โครงการหลักได้แก่

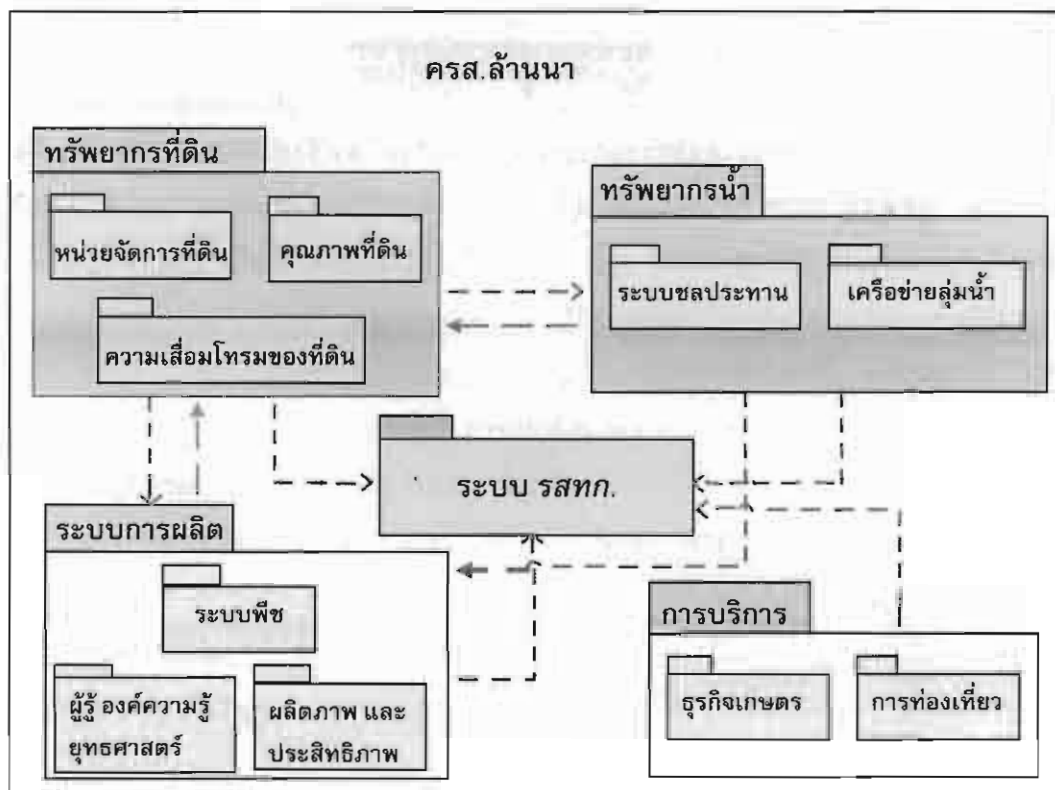
- การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง)
- การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
- ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน
- องค์ความรู้และยุทธศาสตร์ในระบบการผลิตไม้ผล

กลุ่มโครงการดังกล่าวครอบคลุมพื้นที่ศึกษา 3 จังหวัด คือ เชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน (รูปที่ 1-1) มีการดำเนินการในลักษณะเครือข่าย แต่ละโครงการมีหัวหน้าโครงการ และมีวัตถุประสงค์และผลสัมฤทธิ์ของตนเอง ความเชื่อมโยงระหว่างโครงการเกิดจากการนำผลลัพธ์ของโครงการหนึ่งส่งต่อเป็นข้อมูลนำเข้าอีกโครงการอื่นได้ ทำให้เพิ่มมูลค่าของข้อมูล โดยมีโครงการ การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง) ทำหน้าที่บูรณาการข้อมูลให้เป็นองค์ความรู้โดยรวมของพื้นที่เป้าหมายและพัฒนาระบบบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้ใช้ทั่วไปที่ไม่มีความเชี่ยวชาญด้านระบบภูมิสารสนเทศ เพื่อเรียกแสดงข้อมูลและค้นหาข้อมูลสำหรับโครงการบูรณาการระดับจังหวัดหรือลุ่มน้ำสาขาที่ต้องอาศัยข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจจากหลายแหล่งข้อมูล ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในแง่รูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบาย



รูปที่ 1-1 พื้นที่ศึกษาครอบคลุม 3 จังหวัดในภาคเหนือตอนบน

ทรัพยากรทางการเกษตรที่เป็นจุดเน้นของโครงการ *ครส.ลำนานา* ได้แก่ ทรัพยากรที่ดิน ทรัพยากรน้ำ และระบบการผลิต ดังนั้นองค์ประกอบของโครงการ *ครส.ลำนานา* จึงอาจจัดเป็นระบบการทำงานที่เชื่อมโยงกันได้ดังรูปที่ 1-2 โครงการการใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (*ระบบกลาง*) ต่อไปนี้เรียกว่า *โครงการระบบกลาง* เน้นศึกษาด้านทรัพยากรที่ดินและน้ำ ในขณะที่โครงการการจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นระบบพืช พร้อมทั้งประเมินศักยภาพการผลิตและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ชาญชัย และคณะ, 2548) สำหรับโครงการประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน (เบญจพรรณ และคณะ, 2548) ได้ทำการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐกิจสังคม เพื่อวิเคราะห์สถานภาพและประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรที่ดินและน้ำชลประทาน ส่วนองค์ความรู้ ผู้รู้ และยุทธศาสตร์ในการผลิตไม้ผลซึ่งเป็นระบบการผลิตที่สำคัญในพื้นที่ศึกษานั้น ได้จากผลงานของโครงการองค์ความรู้และยุทธศาสตร์ในระบบการผลิตไม้ผล (ธวัชชัย และคณะ, 2548)



รูปที่ 1-2 องค์ประกอบของระบบ *ครส.ลำนานา*

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่จะพัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้เป็นระบบ SDSS ที่มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ (1) ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบายลักษณะสำคัญของระบบการเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ (2) การวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์จำลอง และ (3) ระบบเรียกใช้และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ *รสทก.*

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบายได้จากการรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่เดิมจากหน่วยงานต่าง ๆ และจากการสร้างขึ้นใหม่โดยวิธีการต่าง ๆ ทั้งในภาคสนามและการวิเคราะห์เพิ่มเติมจากโครงการระบบกลางและโครงการอื่นในกลุ่ม *ครส.ลำนนา*

การเลือกโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ โครงสร้างของฐานข้อมูลที่ดีควรมีประสิทธิภาพทั้งในแง่การจัดเก็บข้อมูล และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล อำนวยความสะดวกในการแก้ไขข้อมูลให้เป็นปัจจุบันได้สะดวก และสามารถเรียกใช้ข้อมูลได้หลายรูปแบบตามความต้องการของผู้ใช้ที่มีความหลากหลายทั้งในแง่ระบบ GIS ที่ใช้งานอยู่หรือโปรแกรมประยุกต์ใช้งานที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่พัฒนาขึ้นในโครงการนี้ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงเลือกใช้โครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภท Geodatabase (Zeiler, 1999) ซึ่งจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่เป็น Object ทำให้มีประสิทธิภาพในการ นำเข้า แก้ไข เรียกใช้ ตรวจสอบความถูกต้อง (MacDonald, 2001) และนำไปใช้โดยโปรแกรมประยุกต์การใช้งาน ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในบทต่อไป

การวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์จำลอง

นอกจากโครงการระบบกลางจะทำหน้าที่ออกแบบ รวบรวม และสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่แล้ว ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลผลิตภาพของที่ดินและน้ำชลประทาน และจำลองสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางด้านกายภาพ การใช้ประโยชน์ที่ดิน เศรษฐกิจสังคม และนโยบายในระดับประเทศและสากล ดังนั้นเพื่อให้การประเมินดังกล่าวสามารถดำเนินการได้อย่างอัตโนมัติ รวดเร็ว และยืดหยุ่นตามสถานการณ์และข้อมูลที่มีอยู่ จึงได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อรองรับวัตถุประสงค์ข้างต้น 4 โปรแกรมคือ

1. **โปรแกรม FuzzySuit (Fuzzy Land Suitability)** เป็นโปรแกรมประเมินความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดินอย่างต่อเนื่องของทุกหน่วยแผนที่เพื่อจัดการที่ดิน (Land Management Unit, LMU) ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากโครงการการจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ชาญชัย และคณะ, 2548) การประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพสามารถทำได้ทั้งแบบเจาะจงพืชและแบบเชิงสัมพัทธ์โดยพิจารณาทุกพืชเปรียบเทียบกับกัน ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญก่อนการประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน
2. **โปรแกรม EconSuit (Economic Land Suitability)** เป็นโปรแกรมที่มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดินแบบอัตโนมัติโดยอาศัยผลลัพธ์จากโปรแกรม FuzzySuit และใช้ข้อมูลทางเศรษฐกิจของระบบการผลิตจากโครงการประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน (เบญจพรณ และคณะ, 2548) โปรแกรม EconSuit ยังมีส่วนที่ช่วยในการสร้างสถานการณ์จำลองตามการ

เปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม เทคโนโลยีการผลิต เป้าหมายในการผลิต การจัดสรรทรัพยากร หรือผลกระทบจากนโยบายการเปิดเสรีทางการค้าต่อระบบการผลิตพืช ผลจากการจำลองสถานการณ์สามารถแสดงให้เห็นถึงผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและผลผลิตภาพของที่ดินที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

3. **โปรแกรม L-Wshed (Lanna Watershed)** เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อจัดลำดับชั้นลุ่มน้ำ พร้อมทั้งให้รหัสลุ่มน้ำและตั้งชื่อลุ่มน้ำย่อยแบบอัตโนมัติตามระบบ Pfafstetter (Pfafstetter coding system) จากโครงข่ายลำน้ำในระบบภูมิสารสนเทศ
4. **โปรแกรม WaterPro (Water Productivity)** เป็นโปรแกรมที่ช่วยสนับสนุนการคำนวณความต้องการน้ำของระบบการปลูกพืชและผลผลิตภาพการใช้น้ำของพืชเชิงพื้นที่ โดยใช้ฐานข้อมูลระบบภูมิสารสนเทศและแสดงผลเป็นแผนที่

โปรแกรมทั้ง 4 โปรแกรมสามารถแยกกันทำงานได้โดยอิสระ แต่ผลลัพธ์ของแต่ละโปรแกรมสามารถนำเข้าในระบบ **รศทก**. เพื่อวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นเพื่อสนับสนุนโครงการบูรณาการระดับจังหวัดหรือกลุ่มจังหวัดได้ นอกจากนี้หากประสงค์ที่จะเรียกโปรแกรมเหล่านี้ใช้จากระบบ **รศทก**. สามารถทำได้ผ่านหน้าต่างการใช้งานของ **รศทก**. โดยบางโปรแกรมต้องการ Spatial Analyst ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยต่อเติม (Extension) ของระบบ ArcGIS สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมของส่วนต่างๆ ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะปรากฏในบทความต่อไปในรายงานฉบับนี้

ระบบเรียกใช้และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่

ระบบเรียกใช้และแสดงผลได้รับการพัฒนาบนระบบ ArcGIS เป็นภาษาไทยคือ **รศทก**. 1.0 เป็นระบบหลักในการบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อให้ผู้ใช้นำเข้า เรียกใช้ และแสดงผลข้อมูลตามวัตถุประสงค์เฉพาะของแต่ละการใช้งาน ระบบนี้พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา Microsoft Visual Basic เพื่อใช้งาน object ที่มีอยู่ในระบบ ArcGIS แล้วสร้างเป็นไฟล์ประเภท .EXE ที่ผู้ใช้สั่งให้ทำงานได้โดยไม่ต้องเปิดโปรแกรม ArcGIS เพื่อใช้งาน

อย่างไรก็ตาม ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านการบริการ (รูปที่ 1-2) ที่ประกอบด้วยธุรกิจเกษตรและการท่องเที่ยวไม่ได้ดำเนินการในกลุ่มโครงการ **ครส.ลำนา** แต่อาจใช้ประโยชน์จากการบูรณาการข้อมูลร่วมกับฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบ **รศทก**. ในอนาคต

สรุป

แนวคิดที่สำคัญของระบบกลาง คือ วางกรอบการทำงานและสร้างระบบที่สามารถบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอื่นที่เป็นผลลัพธ์ของกลุ่มโครงการในเครือข่ายให้สามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกัน เพื่อสร้างข้อมูลข่าวสารใหม่ในรูปของชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ องค์ความรู้ สถานการณ์จำลอง และภาพเหตุการณ์จำลองที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตอันเป็น

ผลจากการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม เทคโนโลยีการผลิต เป้าหมายในการผลิต การ จัดสรรทรัพยากร หรือผลกระทบจากนโยบายการเปิดเสรีทางการค้าต่อระบบการผลิตพืช การ ดำเนินการดังกล่าวสามารถทำได้โดยผ่านโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในโครงการนี้ซึ่งทำงานร่วมกับ ระบบภูมิสารสนเทศ ทำให้ผู้ตัดสินใจสามารถเห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทรัพยากรกับระบบ การผลิต และผลของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้อย่างชัดเจน ทำให้การตัดสินใจใน โครงการบูรณาการระดับจังหวัดหรือกลุ่มจังหวัดมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมพล สำราญพงษ์, เมธี เอกะสิงห์, และ เบญจพรรณ เอกะสิงห์. 2545. ระบบสนับสนุนการ ประเมินคุณภาพที่ดินเพื่อการเกษตร. ใน รายงานการสัมมนาวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 2 เรื่อง ระบบเกษตรเพื่อการจัดการทรัพยากรและพัฒนาชนบทเชิงบูรณาการ ระหว่างวันที่ 26-27 สิงหาคม 2545 ณ โรงแรมโฆษะ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. กรมวิชาการเกษตรและมหาวิทยาลัยขอนแก่น. น.220-238.
- ชาญชัย แสงโชติสวัสดิ์, เมธี เอกะสิงห์, วรวิรุภรณ์ วีระจิตต์, วัฒนา พัฒนถาวร และ สมจินต์ วานิชเสถียร. 2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผน จัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การจำแนก ระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อ เพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธวัชชัย รัตนเลิศ, พฤกษ์ ยิบมันตะศิริ, รุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์ และ จงรักษ์ มูลเพย. 2548. รายงาน วิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อ การเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: องค์ความรู้และยุทธศาสตร์ในระบบ การผลิตไม้ผล. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เบญจพรรณ เอกะสิงห์, กุศล ทองงาม, อัญญา พรหมบุรณย์, ศุภกิจ สิ้นไชยกุล และ นฤมล ทินราช. 2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการ ทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: ประสิทธิภาพการ ใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, อรรถชัย จินตะเวช และ เมธี เอกะสิงห์. 2543ก. โครงสร้างของระบบ สนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว: โพลส 1.0. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. ระบบ สนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบ

สนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น.213-237.

พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, อรรถชัย จินตะเวช และ เมธี เอกะสิงห์. 2543ข. การใช้โพลฟ 1.0 ในการสนับสนุนการวางแผนผลิตข้าวระดับจังหวัด. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น.239-258.

พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, อรรถชัย จินตะเวช และ เมธี เอกะสิงห์. 2543ค. โปรแกรมเชื่อมโยงเอราวิณ 1.0. Agricultural Systems Working Paper No.23. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธี เอกะสิงห์. 2543. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่: มิติใหม่ของการวิเคราะห์และวางแผนระบบเกษตร. บทความวิชาการสัมมนาวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติครั้งที่ 1 เรื่อง ระบบเกษตรเพื่อการจัดการทรัพยากรและพัฒนาองค์กรชุมชนอย่างยั่งยืน ระหว่างวันที่ 15-17 พฤศจิกายน 2543 ณ โรงแรมหลุยส์เทรเวล กรุงเทพฯ.

เมธี เอกะสิงห์, ศิริชัย ชูประภาวรรณ, ชาญชัย แสงไชยสวัสดิ์ และ ทวีศักดิ์ เวียรศิลป์. 2536. ระบบข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อการประเมินคุณภาพที่ดิน. รายงานวิชาการเกษตรฉบับที่ 23. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Acock, B., Y.A. Pachepsky, E.V. Mironenko, F.D. Whisler, and V.R. Reddy. 1999. GUICS: A generic user interface for on-farm crop simulations. *Agronomy Journal* 91: 657-665.

Burrough, P.A. 1989. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *Journal of Soil Science* 40(8): 477-492.

Densham, P.J. 1991. Spatial decision support systems. In D.J. Maguire et al. (eds.). *Geographic Information Systems: Principles and Application*. Volume 1. London: Longman. pp.403-412.

Engel, T., G. Hoogenboom, J.W. Jones, and P.W. Wilkens. 1997. AEGIS/WIN-A computer program for the application of crop simulation models across geographic areas. *Agronomy Journal* 89: 919-928.

- ESRI. 1996. ArcView, The Geographic Information System for Everyone. California: Environmental Systems Research Institute.
- FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. Soil Bulletin 32. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Jones, J.W., G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, L.A. Hunt, P.K. Thornton, P.W. Wikins, D.T. Imamura, W.T. Bowen, and U. Singh. 1998. Decision support system for agrotechnology transfer: DSSAT v3. *In* G.Y. Tsuiji et al. (eds.). Understanding Options for Agricultural Production. Kluwer Academic Publishers. pp.157-177.
- Kropff, M.J., P.S. Teng, P.K. Aggarwal, J. Bouman, J.W. Jones, and H.H. van Laar (eds.) 1998. Applications of Systems Approaches at the Field Level. Volume 2. Kluwer Academic Publishers.
- MacDonald, A. 2001. Building a Geodatabase. California: Environmental Systems Research Institute.
- Rosister, D.G. 1995 Economic Land Evaluation. Why and How. *Soil Use and Management* 11: 132-140.
- Teng, P.S., M.J. Kropff, H.F.M. Fen Berge, J.B. Dent, F.P. Lansigan, and H.H. van Laar (eds.). 1998. Applications of Systems Approaches at the Farm and Regional Levels. Volume 1. Kluwer Academic Publishers.
- Tsuji, G.Y., G. Vehara and S. Balas (eds.). 1994. DSSAT version 3. Volume 1,2,3. Hawaii: University of Hawaii.
- Zeiler, M. 1999. Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design. California: ESRI Press.

การจัดทำฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานเพื่อสนับสนุนการจัดการทรัพยากร

เมธี เอกะสิงห์¹ ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์¹ ปิ่นเพชร สกุลส่องบุญศิริ² วรวิรุณ ธีระจิตต์² และ ประภัสสร พันธสมพงษ์²

คำนำ

การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ โครงสร้างของฐานข้อมูลที่ดีควรมีประสิทธิภาพทั้งในแง่การจัดเก็บข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล อำนวยความสะดวกในการแก้ไขข้อมูลให้เป็นปัจจุบันได้สะดวก และสามารถเรียกใช้ข้อมูลได้หลายรูปแบบตามความต้องการของผู้ใช้ที่มีความหลากหลายทั้งในแง่ระบบภูมิสารสนเทศที่ใช้งานอยู่หรือโปรแกรมประยุกต์ใช้งานที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่พัฒนาขึ้นในโครงการนี้

ในอดีตข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทเวกเตอร์นิยมจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูล (Coverage) ดั้งชั้นข้อมูลที่ใช้ในระบบ ArcInfo ในโครงสร้างแบบนี้ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ถูกจัดเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลประเภท Binary indexed file เพื่อสะดวกในการแสดงผลและเข้าถึงข้อมูล ส่วนข้อมูลอรรถาธิบาย (Attribute data) ถูกจัดเก็บในตารางที่มีจำนวนแถวเท่ากับจำนวนของ Features ของข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลทั้งสองประเภทสามารถเชื่อมโยงกันได้โดยใช้ข้อมูลที่มีรหัสตรงกัน นอกจากนี้ความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างของข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทต่างๆ (Point, Line, Polygon) ได้รับการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ เพื่อสะดวกในการสืบค้นและวิเคราะห์ผล

ถึงแม้โครงสร้างข้อมูลแบบ Coverage จะมีประสิทธิภาพมากตามเทคโนโลยีฐานข้อมูลในขณะนั้น แต่โครงสร้างแบบนี้ยังมีข้อจำกัดที่สำคัญคือ Feature แต่ละประเภทมีคุณสมบัติโดยรวมที่เหมือนกันคือไม่สามารถจัดเก็บพฤติกรรมที่หลากหลายของ Feature ประเภทเดียวกันได้ ทำให้การจำลองระบบที่ซับซ้อนทำได้ไม่สมบูรณ์นัก อย่างไรก็ตาม โครงสร้างขึ้นกับข้อมูลแบบ Coverage ได้รับการนำไปใช้ในการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่หน่วยงานต่างๆอย่างแพร่หลาย รวมทั้งในฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว (เมธี และคณะ, 2543)

โครงสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่อีกประเภทหนึ่ง ได้แก่ ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศหรือ Geodatabase (Zeiler, 1999) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยใช้หลักการจำลองข้อมูลเชิงวัตถุ (Object-oriented data modeling) เพื่อประยุกต์ใช้สำหรับจัดเก็บและอธิบายคุณลักษณะของ Features ต่างๆ ให้

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สมจริงมากยิ่งขึ้น (MacDonald, 2001) ซึ่งเป็นโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้เป็นมาตรฐานในโครงการวิจัยนี้

งานวิจัยในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในแบบเชิงวัตถุของแผนที่พื้นฐานต่างๆ ได้แก่ ขอบเขตการปกครอง เส้นทางคมนาคม และสถานสำคัญต่างๆ เช่น หมู่บ้าน วัด โรงเรียน รวมทั้งข้อมูลอธิบายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพื่อประกอบเป็นฐานข้อมูลสำหรับอ้างอิงในระบบ **รศทก**. ต่อไป

วิธีการศึกษา

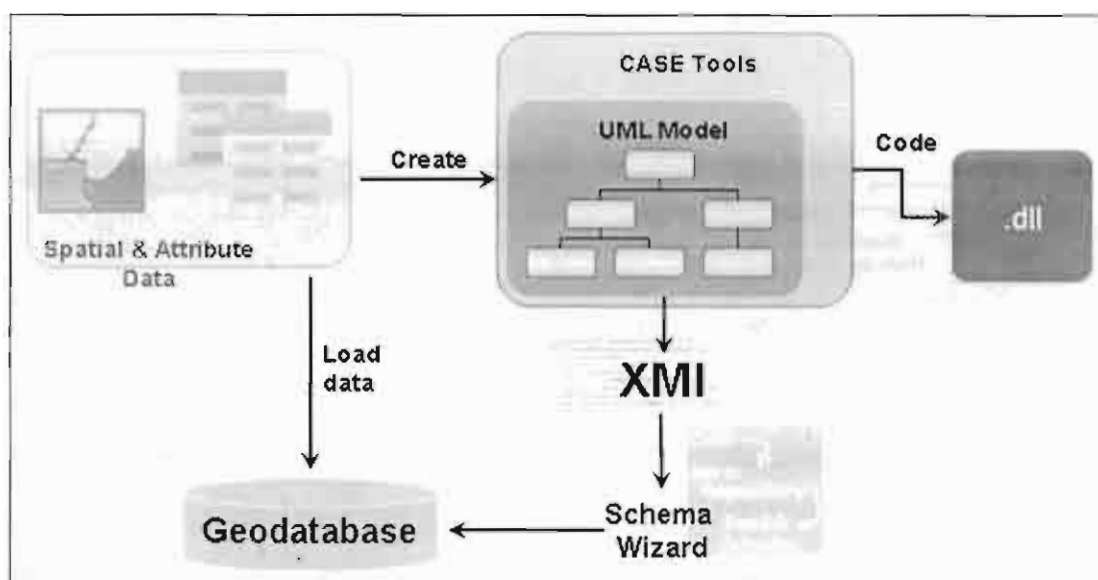
การออกแบบฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ฐานข้อมูลประเภท Geodatabase เป็นโครงสร้างข้อมูลที่ใช้เป็นมาตรฐานในระบบภูมิสารสนเทศ ArcGIS (ESRI, 1996) ตั้งแต่รุ่น 8.0 ขึ้นไป ข้อดีของการจัดเก็บข้อมูลในโครงสร้างประเภทนี้คือ

- ข้อมูลทั้งหมดในพื้นที่เป้าหมายสามารถจัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูลเดียวทำให้สะดวกต่อการจัดการ
- การนำเข้าข้อมูลและแก้ไขทำได้แม่นยำ ผิดพลาดน้อย รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- ผู้ใช้สามารถออกแบบและเรียกชื่อวัตถุ (Object) ให้เสมือนจริงได้ เช่น คลองชลประทาน โรงสีข้าว และนาข้าว แทนที่จะเรียกว่า Line, Point, และ Polygon ตามโครงสร้างแบบ Coverage
- ผู้ใช้หลายคนสามารถเข้าถึงและแก้ไขข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน
- จัดเก็บข้อมูลได้หลากหลายประเภทรวมทั้งข้อมูล 3 มิติ เส้นโค้ง และกราฟิกประเภทอื่น
- สร้างและแก้ไขข้อมูลประเภทเครือข่ายได้ดี เช่น เครือข่ายถนน ทางน้ำ คลองชลประทาน เป็นต้น
- สร้างและจัดเก็บความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบาย โดยใช้แบบจำลองความสัมพันธ์ (Relationship) ได้หลากหลาย ได้แก่ One-to-One (1-1), One-to-Many (1-M), Many-to-One (M-1), และ Many-to-Many (N-M)
- สนับสนุนการพัฒนาแบบจำลองข้อมูลตามมาตรฐานอุตสาหกรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

โปรแกรม ArcGIS มีองค์ประกอบของระบบที่ให้ผู้สร้าง Geodatabase จากการนำเข้าโดยตรงหรือแปลงจากชั้นข้อมูลประเภท Coverage หรือ Shapefile หรือ Raster ที่มีอยู่เดิม ข้อดี

ของ ArcGIS อีกประการหนึ่งคือสามารถใช้เครื่องมือช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์ (Computer-Aided Software Engineering, CASE tools) เพื่อจัดโครงสร้างข้อมูลใน Geodatabase และอำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรมประยุกต์ใช้ที่ต้องอาศัยข้อมูลเหล่านั้น ซอฟต์แวร์ที่ CASE tools ใช้ในโครงการวิจัยนี้ได้แก่ Microsoft Visio Professional 2002 ซึ่งมีส่วนของการสร้างแบบจำลองข้อมูลโดยอาศัย Unified Modeling Language, UML (Booch et. al, 1999) จากนั้นสามารถแปลงข้อมูลทั้งหมดให้ไฟล์ XMI (XML metadata interchange) ที่สามารถนำไปสร้างโครงของ Geodatabase และ source code ของโปรแกรมประยุกต์ใช้งานดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 กระบวนการสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geodatabase) ในการพัฒนาระบบ

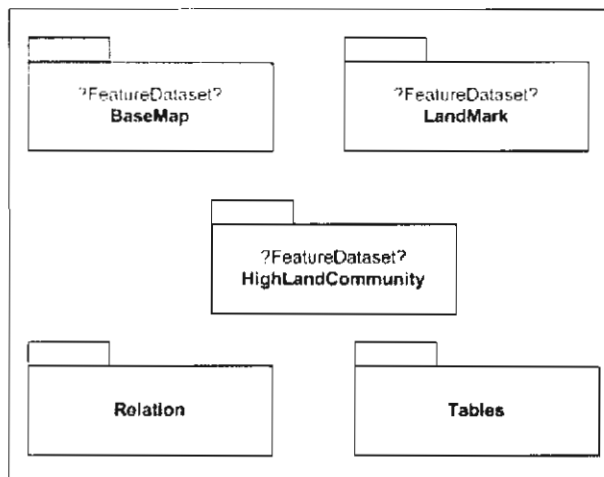
การออกแบบอาศัยแนวคิดและวิธีการของ Unified Modeling Language (UML) ซึ่งเป็นแบบมาตรฐานที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน การสร้างแบบในเบื้องต้นใช้ UML Model Diagram ในโปรแกรม Microsoft Visio Professional 2002 จาก UML model แปลงให้เป็นไฟล์ XMI เพื่อนำเข้าเป็น Geodatabase ใน ArcCatalog ด้วยเครื่องมือ Schema Wizard

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศที่จัดทำขึ้นมาจากแหล่งข้อมูลสองประเภท ประเภทแรกเป็นชั้นข้อมูลพื้นฐานที่นำเข้าจากข้อมูลทุติยภูมิที่อยู่ในรูปแบบที่ได้แก่ ขอบเขตการปกครอง ถนน และสถานที่สำคัญ เช่น หมู่บ้าน วัด โรงเรียน เป็นต้น ฐานข้อมูลประเภทที่สองสร้างขึ้นจากการสำรวจและวิเคราะห์ในกลุ่มโครงการ *ครส.ลำพูน* ได้แก่ ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศ และฐานข้อมูลเชิงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เน้นระบบการปลูกพืช

ผลการศึกษา

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน

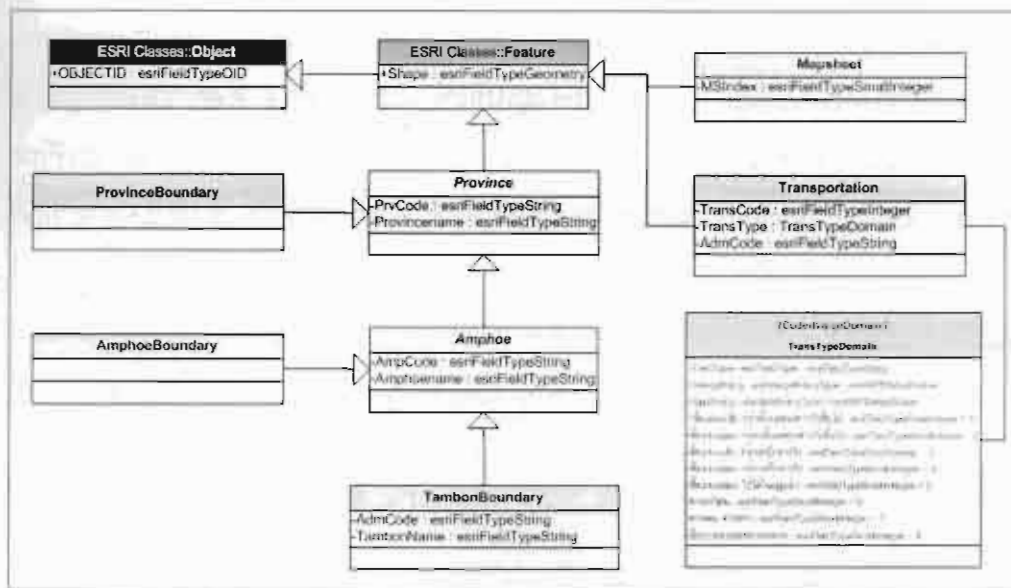
ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานจัดแบ่งออกเป็น 4 ชุดข้อมูล (Package) ได้แก่ (1) ชุดข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ (BaseMaps) (2) ชุดข้อมูลตำแหน่งสถานที่สำคัญต่างๆ (LandMark) (3) ชุดข้อมูลหมู่บ้านบนพื้นที่สูง (4) ชุดข้อมูลอธิบาย (Tables) และ (5) ชุดความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบาย (Relation) ดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 Package ต่างๆ ของข้อมูลพื้นฐาน

1. ชุดข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ (BaseMaps Package)

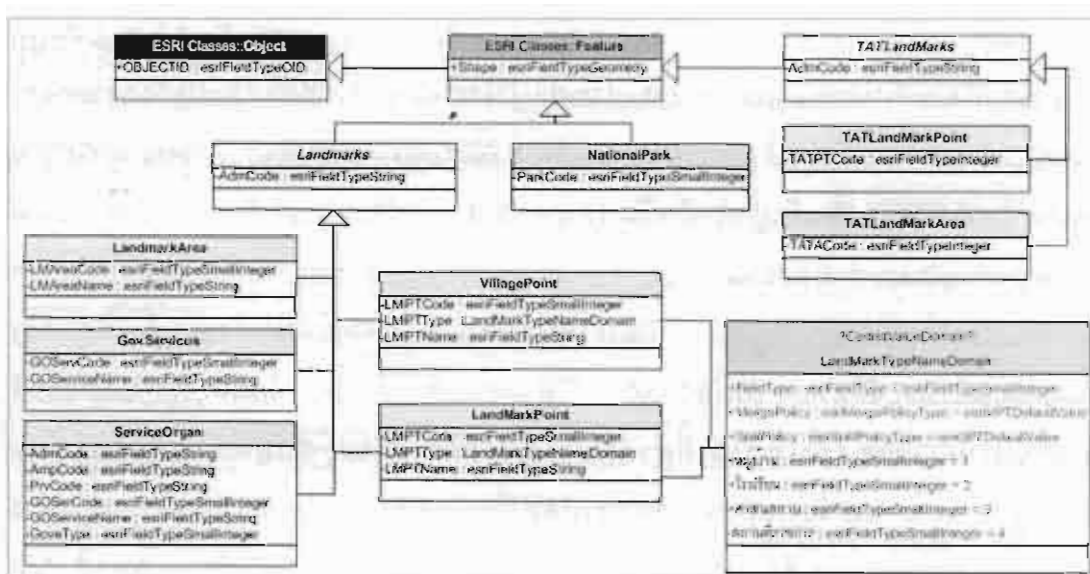
ชุดข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่แบบพื้นที่เหลี่ยมปิด (Polygon) ได้แก่ ขอบเขตจังหวัด (ProvinceBoundary) ขอบเขตอำเภอ (AmphoeBoundary) ขอบเขตตำบล (TambonBoundary) และระวางแผนที่ (MapSheet) ส่วนข้อมูลเชิงพื้นที่แบบ Line ได้แก่ ข้อมูลการคมนาคม (Transportation) ดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 BaseMaps Package

2. ชุดข้อมูลตำแหน่งสถานที่สำคัญต่างๆ (LandMark Package)

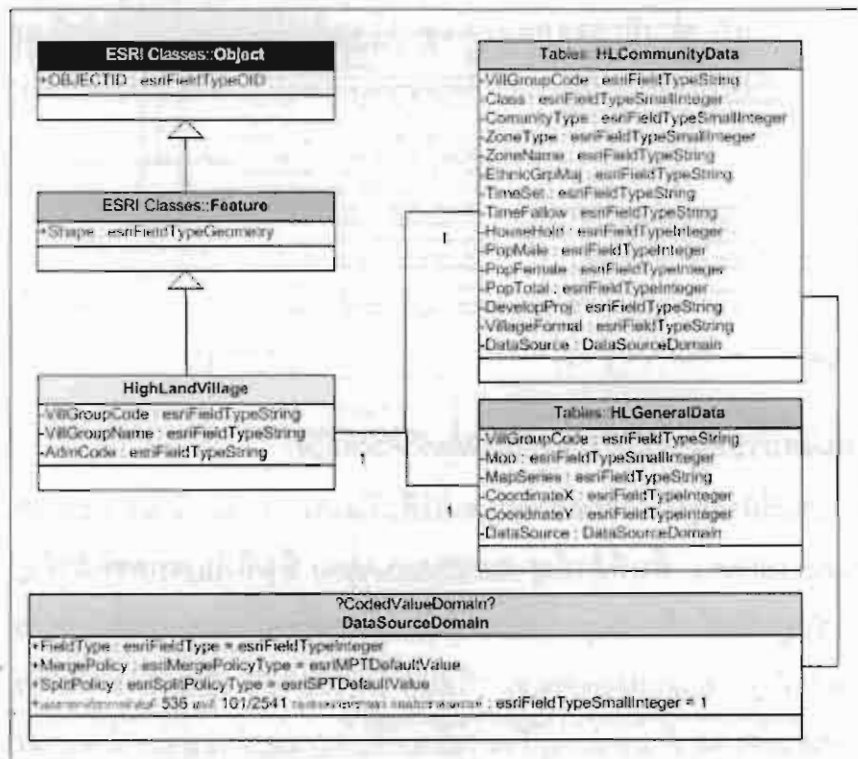
ชุดข้อมูลตำแหน่งสถานที่สำคัญประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่แบบ Polygon ได้แก่ ขอบเขตอุทยานแห่งชาติ (NationalPark) พื้นที่สำคัญ (LandMarkArea) พื้นที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ (TATLandMarkArea) และข้อมูลเชิงพื้นที่แบบจุด (Point) ได้แก่ ข้อมูลตำแหน่งสถานที่ราชการ (GovServices) ตำแหน่งจุดสำคัญ (LandMarkPoint) ได้แก่ วัด โรงเรียน เป็นต้น ตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยว (TATLandMarkPoint) ตำแหน่งหมู่บ้าน (VillagePoint) และตำแหน่งหน่วยงาน/องค์กร (ServiceOrgan) ได้แก่ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ สหกรณ์การเกษตร และองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) เป็นต้น ดังรูปที่ 2-4



รูปที่ 2-4 LandMark Package

3. ชุดข้อมูลหมู่บ้านบนพื้นที่สูง (HighLandCommunity Package)

ชุดข้อมูลหมู่บ้านบนพื้นที่สูงประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่แบบ Point คือตำแหน่งหมู่บ้าน ในเขตพื้นที่สูง ซึ่งเชื่อมโยงกับตารางข้อมูลหมู่บ้านทั่วไป (HLGeneralData) และข้อมูลทางด้าน สังคมของชุมชนบนพื้นที่สูง (HLCommunityData) ด้วยความสัมพันธ์แบบ 1-1 (รูปที่ 2-5)

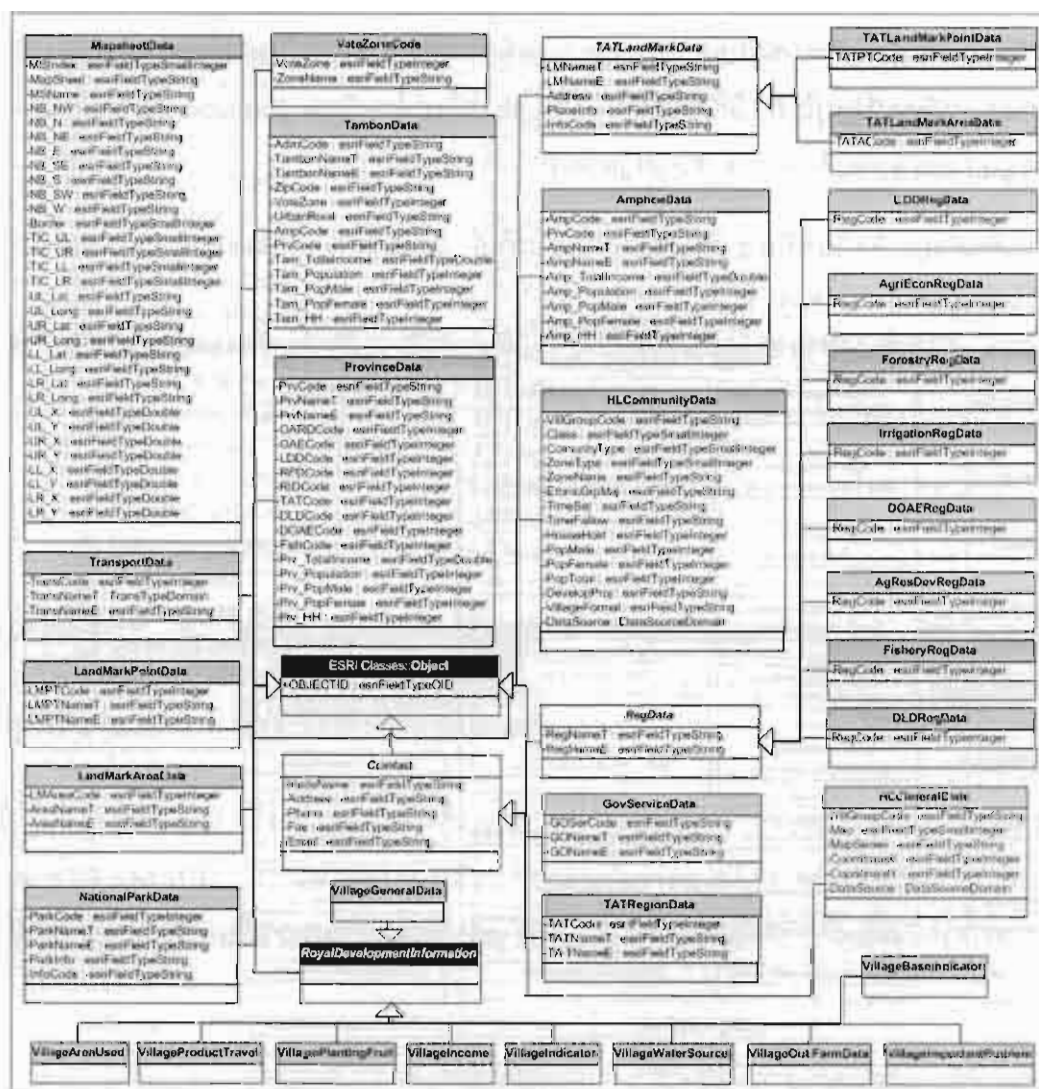


รูปที่ 2-5 HighLandCommunity Package

4. ชุดข้อมูลทรัพยากรวิทย (Tables Package)

สำหรับชุดข้อมูลทรัพยากรวิทยประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ข้อมูล สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต (AgResDevRegData) ข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เขต (AgriEconRegData) ข้อมูลสำนักงานปศุสัตว์เขต (DLDRagData) ข้อมูลสำนักงานส่งเสริมการ เกษตรเขต (DOAERagData) ข้อมูลสำนักงานประมงเขต (FisheryRegData) ข้อมูลสำนักงานป่าไม้ เขต (ForestryRegData) ข้อมูลสถานที่ราชการ (GovServiceData) ข้อมูลสำนักงานชลประทานเขต (IrrigationRegData) ข้อมูลสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต (LDDRagData) ข้อมูลพื้นที่สำคัญ (LandMarkAreaData) ข้อมูลสถานที่สำคัญ (LandMarkPointData) ข้อมูลอุทยานแห่งชาติ (NationalParkData) ข้อมูลพื้นที่ท่องเที่ยว (TATLandMarkAreaData) ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว (TATLandMarkPointData) ข้อมูลสำนักงานการท่องเที่ยวเขต (TATRegionData) ข้อมูลเส้นทางคมนาคม (TransportData) ข้อมูลรหัสพื้นที่เลือกตั้ง (VoteZoneCode) ข้อมูลของตำบล (TambonData) ข้อมูลอำเภอ (AmphoeData) ข้อมูลจังหวัด (ProvinceData) และข้อมูลระวางแผนที่

(MapsheetData) ส่วนข้อมูลรายละเอียดระดับหมู่บ้านซึ่งอ้างอิงจากข้อมูล กชช.2ค (กรมการ พัฒนาชุมชน, 2546ก) ได้แก่ ข้อมูลหมู่บ้านทั่วไป (VillageGeneralData) รายได้ของประชากรใน หมู่บ้าน (VillageIncome) ดัชนีชี้วัดหมู่บ้าน (VillageIndicator) การใช้ประโยชน์พื้นที่ในหมู่บ้าน (VillageAreaUsed) การประกอบอาชีพนอกภาคการเกษตร (VillageOutFarmData) รายละเอียด การปลูกไม้ผล (VillagePlantingFruit) รายละเอียดของผลิตภัณฑ์เด่นของหมู่บ้านและสถานที่ ท่องเที่ยวบริเวณหมู่บ้าน (VillageProductTravel) รายละเอียดแหล่งน้ำของหมู่บ้าน (VillageWater Source) และปัญหาที่สำคัญในหมู่บ้าน (VillageImportantProblem) และข้อมูลความจำเป็นพื้นฐาน หรือ จปฐ. ระดับหมู่บ้าน (กรมการพัฒนาชุมชน, 2546ข) ได้แก่ ดัชนีวัดความจำเป็นพื้นฐาน (VillageBaseIndicator) อีกทั้งยังได้เพิ่มเติมข้อมูลในส่วนของข้อมูลจำนวนประชากร รายได้รวม และจำนวนครัวเรือนในระดับตำบล อำเภอ จังหวัด จากข้อมูล จปฐ. ในตารางข้อมูลของตำบล (TambonData) ข้อมูลอำเภอ (AmphoeData) ข้อมูลจังหวัด (ProvinceData) ตามลำดับ (รูปที่ 2-6)



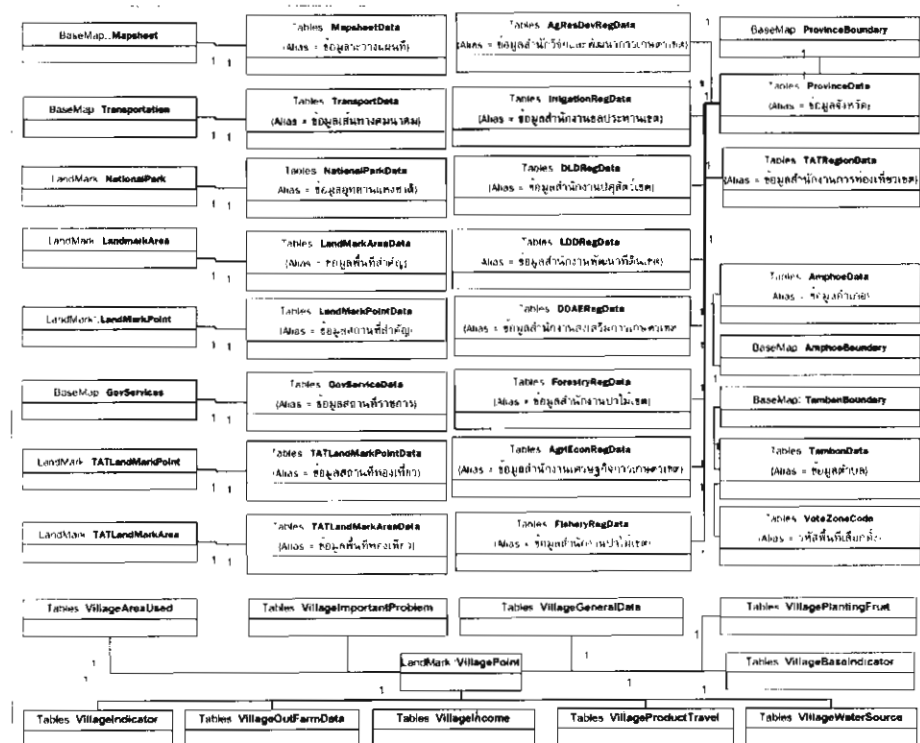
รูปที่ 2-6 Tables Package

5. ชุดความสัมพันธ์ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลบรรยาย (Relation Package)

ตามโครงสร้างในรูปที่ 2-7 ชั้นข้อมูลขอบเขตจังหวัด (ProvinceBoundary) มีความสัมพันธ์กับหลายตารางบรรยาย ทั้งนี้เนื่องจากการแบ่งส่วนพื้นที่รับผิดชอบของหน่วยงานต่างๆ ในภาครัฐไม่เหมือนกัน ซึ่งโดยส่วนมากเป็นไปในแบบ One-to-Many นั่นคือภายใต้เขตความรับผิดชอบหนึ่งจะครอบคลุมพื้นที่อย่างน้อยหนึ่งจังหวัด การใช้ตารางบรรยายเป็นตัวกำหนดว่าจังหวัดหนึ่งๆ อยู่ภายใต้เขตความรับผิดชอบของหน่วยงานต่างๆ จึงเป็นวิธีการที่สะดวกและมีประสิทธิภาพในการสืบค้นและร้องขอข้อมูล (query) ตามวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน

เส้นทางคมนาคม (Transportation) เป็นชั้นข้อมูลประเภท Line มีตารางบรรยายชื่อ TranType ไว้แสดงระดับชั้นและประเภทของเส้นทาง โดยกำหนดขอบเขตของข้อมูลไว้ที่ข้อมูลควบคุมความถูกต้องชื่อว่า TransportationDomain โดยจะยอมรับค่าข้อมูลในช่วง 1 ถึง 8 เท่านั้น ทำให้การปรับปรุงแก้ไขข้อมูลในภายหลังทำได้สะดวกและมีระบบควบคุมความถูกต้อง ซึ่งการตั้งกฎระเบียบเช่นนี้ไม่มีในระบบการพัฒนารฐานข้อมูลเชิงพื้นที่แบบเดิม เช่นเดียวกันกับชั้นข้อมูล LandMarkPoint ซึ่งอยู่ในประเภทข้อมูล Landmarks ที่มีการกำหนดชนิดข้อมูลไว้เพียง 4 ประเภทเท่านั้น ดังรายละเอียดที่ระบุไว้ที่ LandmarkTypeName ได้แก่ โรงเรียน (School) วัดและศาสนสถาน (Temple) และสถานที่ราชการ (GovBuilding)

ส่วนชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ ลักษณะความสัมพันธ์ (Cardinality) อาจเป็น 1-1, 1-M หรือ N-M กับตารางบรรยาย ดังรูปที่ 2-7



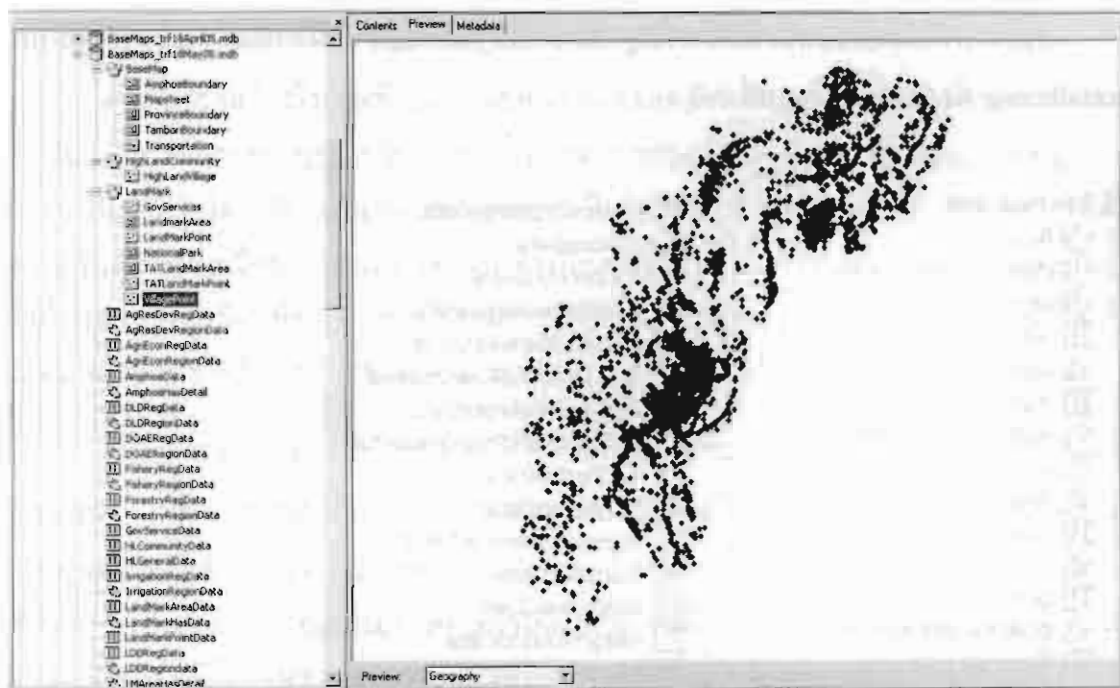
รูปที่ 2-7 Relations Package

หลังจากที่ได้ออกแบบโครงสร้างเป็น UML diagram แล้ว จึงทำการสร้างเป็นฐานข้อมูล Geodatabase ดัง Schema ในรูปที่ 2-8

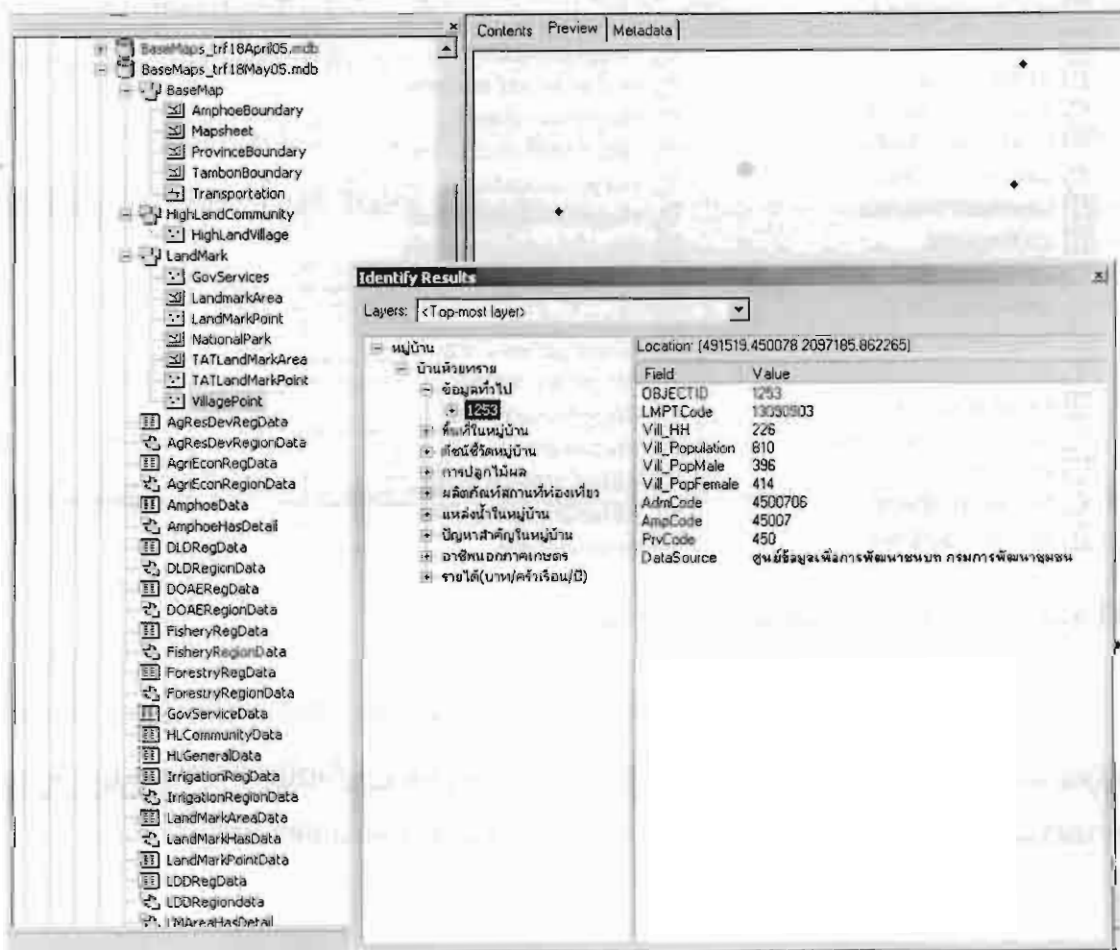


รูปที่ 2-8 Schema ของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน

รูปที่ 2-9 เป็นตัวอย่างชั้นข้อมูลตำแหน่งหมู่บ้าน (VillagePoint) เมื่อเรียกแสดงใน ArcGIS และรูปที่ 2-10 แสดงรายละเอียดข้อมูลหลังการสร้างความสัมพันธ์ตำแหน่งหมู่บ้านกับ ตารางอธิบายที่อ้างอิงจากข้อมูล กชช.2ค เมื่อเรียกแสดงรายละเอียดของหมู่บ้าน (identify)



รูปที่ 2-9 ชั้นข้อมูลแผนที่แบบจุดของตำแหน่งหมู่บ้านในฐานะข้อมูลแผนที่พื้นฐาน



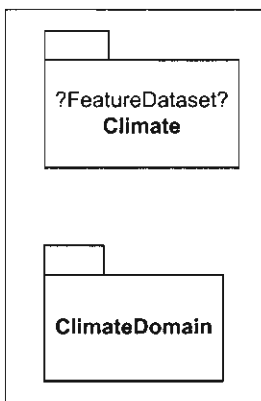
รูปที่ 2-10 ผลจากการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งหมู่บ้านและรายละเอียดของหมู่บ้าน

ตำแหน่งสถานที่สำคัญ	
Personal GeoDatabase Feature Class	
Spatial	Attributes
Keywords Theme: landmark, สถานที่สำคัญ Place: เชียงใหม่, เชียงราย, ลำพูน	
Description Abstract สถานที่สำคัญต่าง ๆ เช่น วัด โรงเรียน และสภา	Description Horizontal coordinate system Projected coordinate system: UTM, False Easting: 500000, False Northing: 0, Semi-major axis: 6378137, Units: Meter, Vertical datum: Indeterminate, Vertical unit: Meter Altitude System Definition Resolution: 0.000010 Encoding Method: Explicit elevation
Purpose จัดเก็บข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสถานที่สำคัญต่าง ๆ	Description Spatial Details for LandMarkPoint Type of object: Feature Class Number of records: 8007 Attributes Shape GDB_CID UNIDCode Alias: ชื่อสถานที่สำคัญ Data type: Integer Width: 4 Precision: 1 Length: 1
Status of the data อยู่ระหว่างการพัฒนา	Bounding coordinates Horizontal In decimal degrees West: 98.055173 East: 100.540323 North: 20.447332 South: 17.310616 In projected or local coordinate Left: 400495.999334 Right: 661500.000064 Top: 2260800.000231 Bottom: 1914400.000222
Time period for which the data is relevant	Vertical UNIDType Alias: ชื่อสถานที่สำคัญ Data type: SmallInteger Width: 2 Precision: 0 Scale: 0
Publication Information Who created the data: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผล Date and time: ยังไม่มีเผยแพร่ Publisher and place: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิต คณะเกษตรศาสตร์ มห	Spatial data description Vector data information ESRI description LandMarkPoint UNIDName Alias: ชื่อสถานที่ Data type: Integer Width: 4
Series name: แผนที่พื้นฐาน	

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบายที่ปรากฏในโครงสร้างที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ ไม่ได้มีข้อมูลครบถ้วนทั้งหมด เนื่องจากการวางโครงสร้างให้ครอบคลุมข้อมูลพื้นฐานทั่วไปให้มากที่สุด สำหรับข้อมูลที่มีเพิ่มเติมในอนาคต หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำเข้าเพิ่มเติมและแก้ไขฐานข้อมูลได้ในภายหลัง

ฐานข้อมูลภูมิอากาศและเขตนิเวศเกษตรเชิงพื้นที่

ฐานข้อมูลภูมิอากาศเป็นฐานข้อมูลหนึ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาระบบสนับสนุนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและการบริการ โดยเฉพาะการตัดสินใจการผลิตพืช การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพทำให้การเชื่อมโยงกับข้อมูลประเภทอื่นได้สะดวก และทำให้การจัดทำระบบสนับสนุนเพื่อการตัดสินใจมีมาตรฐานในระดับสากลมากขึ้น แบบจำลองฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ที่ได้รับการออกแบบเป็นผัง UML อันประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 packages ดังรูปที่ 2-12 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



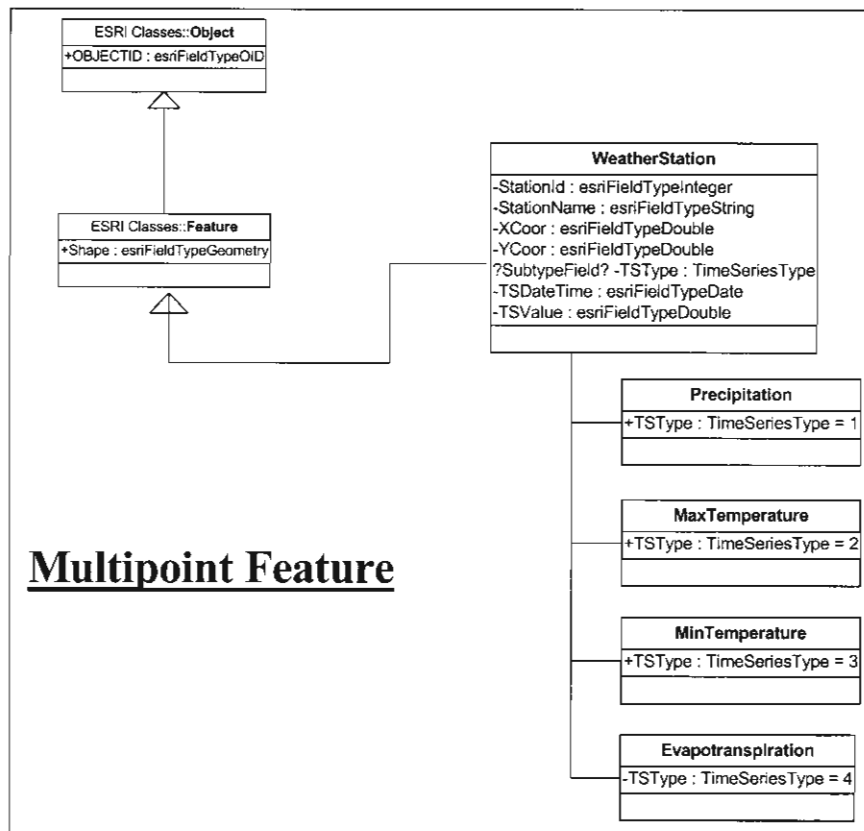
รูปที่ 2-12 องค์ประกอบหลักของระบบฐานข้อมูลภูมิอากาศในแบบจำลอง UML

1. ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Feature dataset)

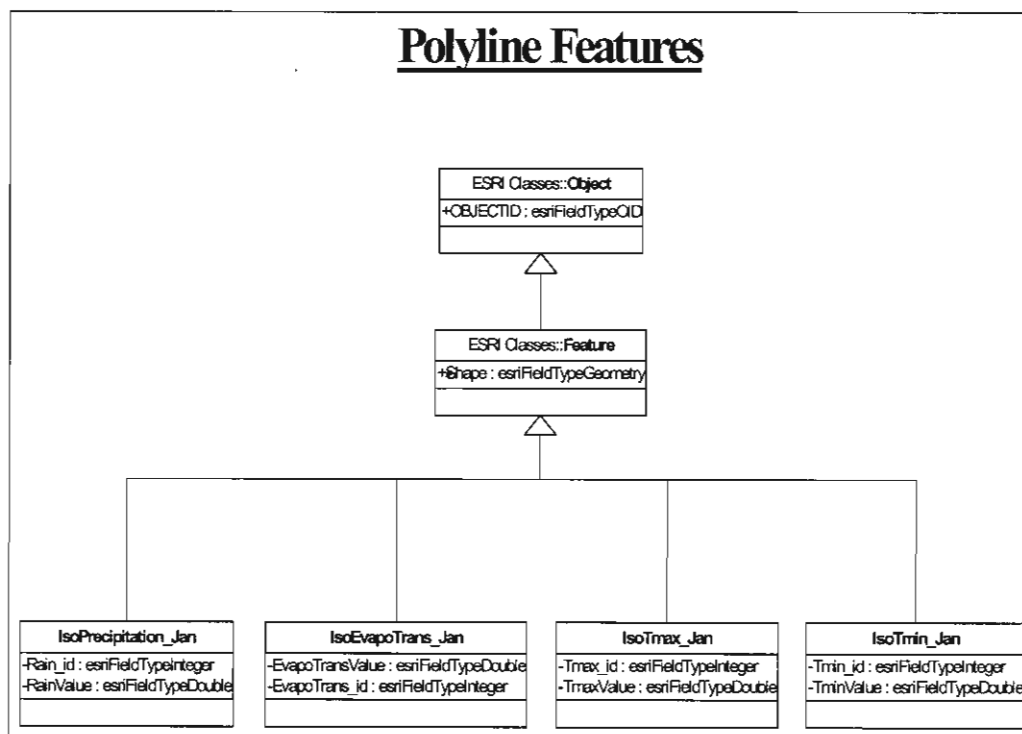
ประกอบด้วยฐานข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Multipoint) ได้แก่ ตำแหน่งสถานีตรวจวัดอากาศจำนวน 201 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน และตาก โดยแบบจำลอง UML (รูปที่ 2-13) ออกแบบให้แสดงข้อมูลภูมิอากาศ 4 ประเภท (Subtype) ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำ โดยแสดงข้อมูลในลักษณะเชิงเวลา

ฐานข้อมูลเชิงเส้น (Polyline) ประกอบด้วยข้อมูลน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และการคายระเหยน้ำเชิงเส้นเฉลี่ยรายเดือนซึ่งแสดงในแบบจำลอง UML (รูปที่ 2-14) ชั้นข้อมูลเชิงเส้นได้จากการประมาณจากตำแหน่งสถานีตรวจอากาศ

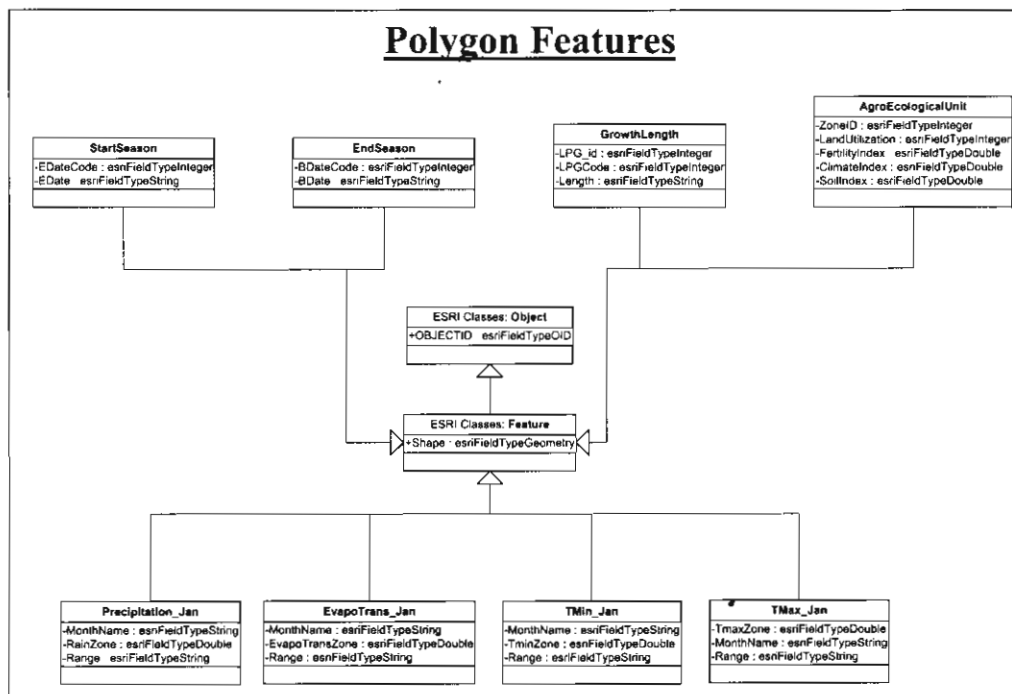
ฐานข้อมูลเชิงรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และการคายระเหยน้ำเชิงตำแหน่ง ที่ได้จากการกำหนดช่วงจากข้อมูลที่ประมาณจากตำแหน่งสถานีตรวจอากาศ และวันเริ่มต้น วันสิ้นสุด และช่วงฤดูปลูก และเขตนิเวศเกษตรเชิงรูปเหลี่ยมปิดที่ได้จากการประมาณค่าตามรายละเอียดในชาญชัยและคณะ (2548) โดยแสดงในแบบจำลอง UML (รูปที่ 2-15)



รูปที่ 2-13 แบบจำลอง UML ฐานข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Multipoint)



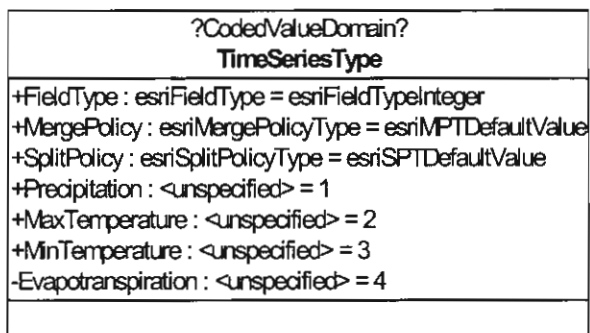
รูปที่ 2-14 แบบจำลอง UML ฐานข้อมูลเชิงเส้น (Polyline)



รูปที่ 2-15 แบบจำลอง UML ฐานข้อมูลเชิงรูปเหลี่ยมปิด (Polygon)

2. ข้อมูลภูมิอากาศเชิงเวลา

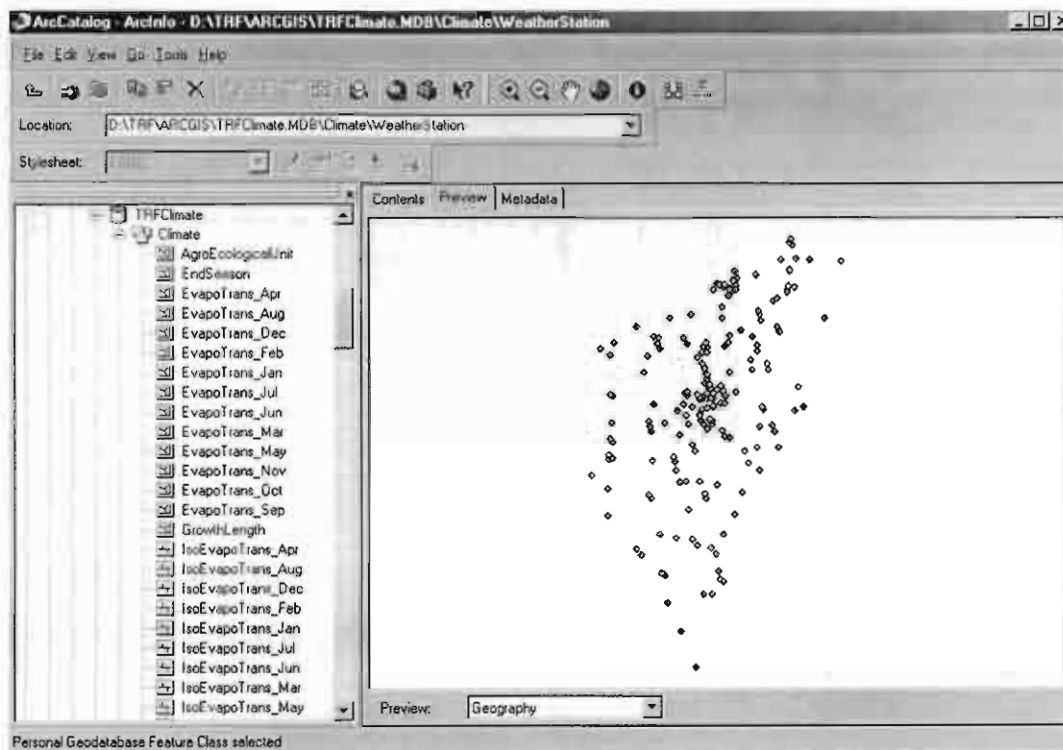
ข้อมูลภูมิอากาศเชิงเวลาเป็นส่วนใช้เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงตำแหน่ง (ตำแหน่งสถานีตรวจอากาศ) ที่กำหนดในส่วนของ Feature dataset ทั้งนี้เพื่อให้สามารถแสดงข้อมูลภูมิอากาศในตำแหน่งที่ต้องการในช่วงเวลาต่างกัน (รูปที่ 2-16)



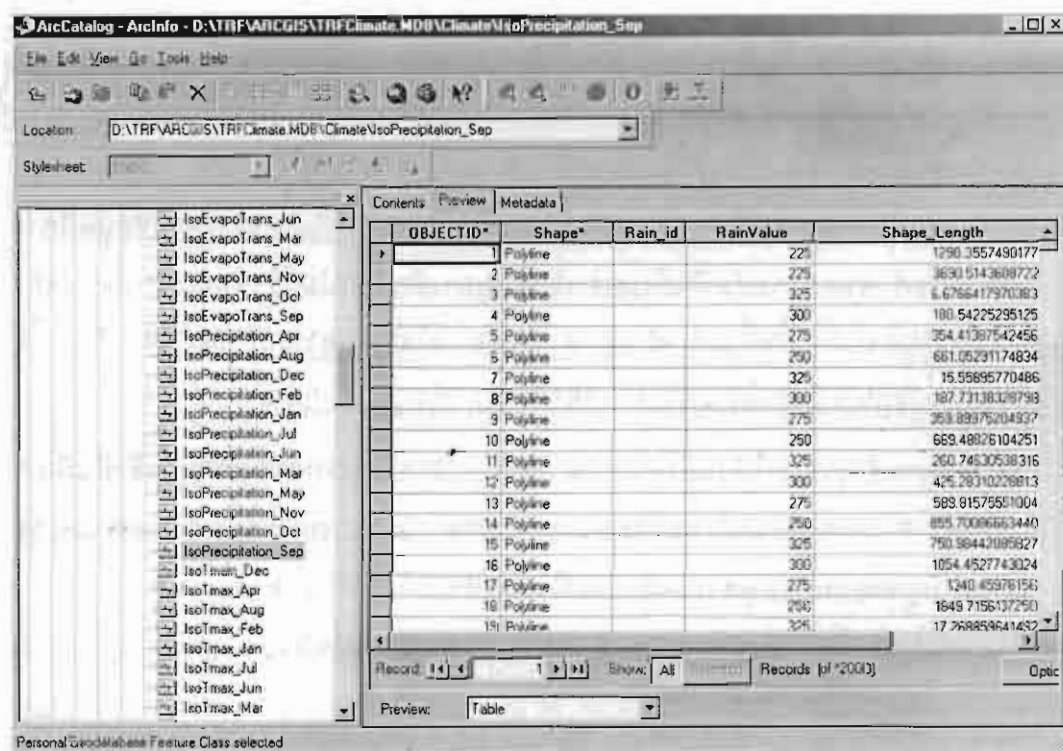
รูปที่ 2-16 แบบจำลอง UML ฐานข้อมูลเชิงเวลา (TimeSeriesType)

การสร้างรายการและการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ (Schema diagram)

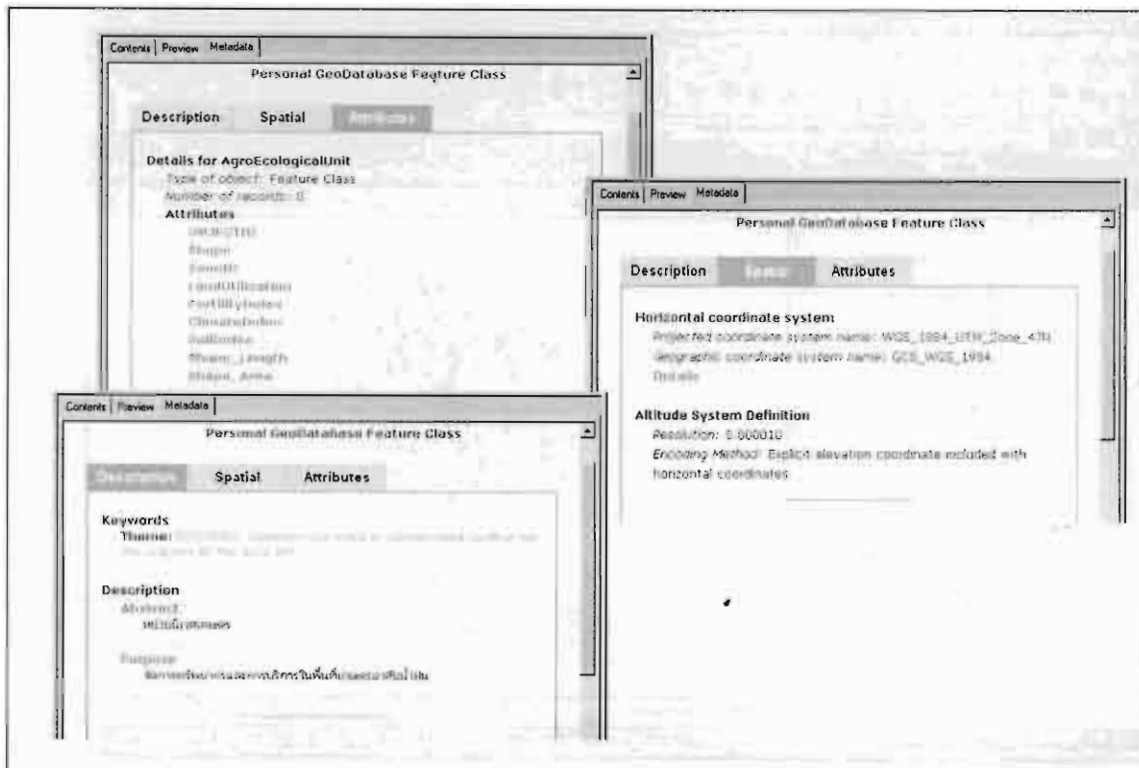
ผลจากการสร้างรายการและการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ ทำให้ได้แฟ้มระบบฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่เก็บอยู่ในรูปของโปรแกรม Microsoft Access โดยระบบนี้สามารถแสดงข้อมูลแต่ละประเภทได้ในรูปของแผนที่ (รูปที่ 2-17) และตาราง (รูปที่ 2-18) พร้อมทั้งคำอธิบายของข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงอรรถาธิบาย (Metadata) ดังรูปที่ 2-19



รูปที่ 2-17 ระบบฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ (Geodatabase) แสดงตำแหน่งสถานีตรวจอากาศ



รูปที่ 2-18 ตารางอธิบายของเส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกันยายนในฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่

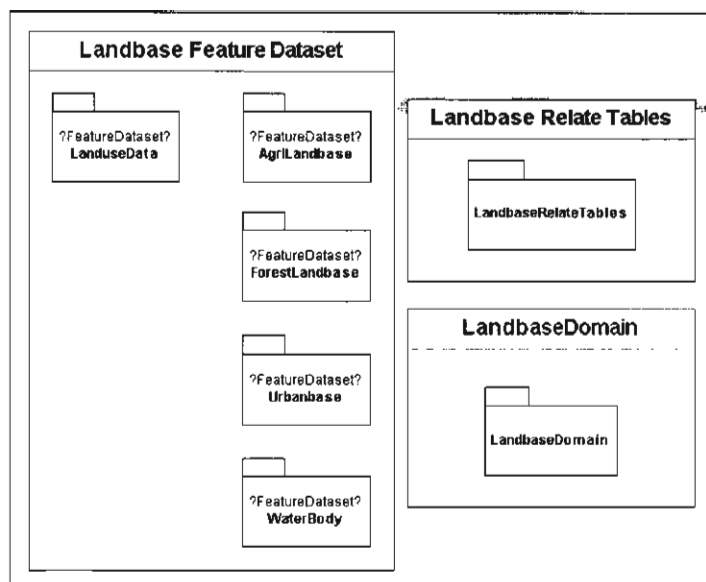


รูปที่ 2-19 คำอธิบายชั้นข้อมูลเซตนิเวศเกษตรของฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินได้จากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายเทียม (เมธี และคณะ, 2546) ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากโครงการการจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ชาญชัย และคณะ, 2548) โครงสร้างฐานข้อมูลมีการออกแบบให้สามารถกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูล เพื่อเชื่อมโยงกับข้อมูลด้านเศรษฐกิจสังคมของระบบการผลิตพืชในพื้นที่ระดับตำบล ซึ่งเป็นผลงานวิจัยในโครงการประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน (เบญจพรณ และคณะ, 2548)

โครงสร้างฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (รูปที่ 2-20) ประกอบด้วยชุดข้อมูลเชิงพื้นที่การใช้ที่ดิน (Landbase Feature Dataset) ชุดข้อมูลบรรทัดอธิบาย (Landbase Relate Tables) และชุดข้อมูลควบคุมความถูกต้องของข้อมูล (Landbase Domain)

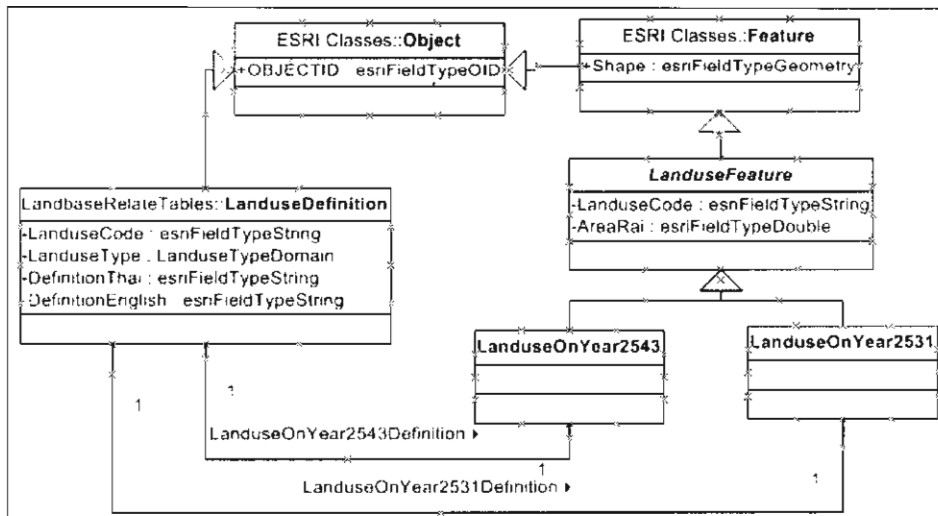


รูปที่ 2-20 โครงสร้างชุดข้อมูลในฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

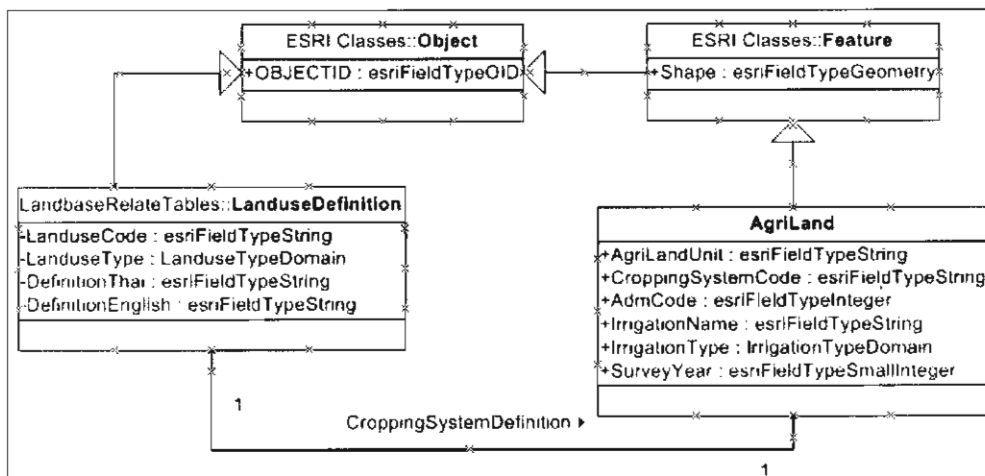
ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

โครงสร้างชุดข้อมูลเชิงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินได้รับการออกแบบเพื่อจัดเก็บข้อมูลประเภท Polygon โดยจัดแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ชุดข้อมูลหลัก (Feature dataset) รายละเอียดมีดังนี้

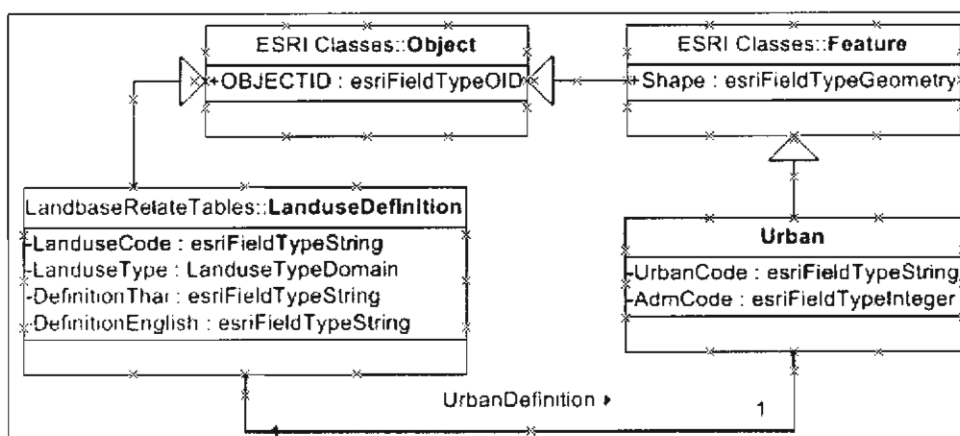
1. ชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (LanduseData) บรรจุโครงสร้างข้อมูลภาพรวมการใช้ประโยชน์ที่ดินตามช่วงเวลาที่ไม่ได้ซ้อนทับกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ใดๆ (รูปที่ 2-21)
2. ชุดข้อมูลการใช้ที่ดินด้านการเกษตร (AgriLandbase) บรรจุโครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเกษตรที่ซ้อนทับกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ขอบเขตตำบลและขอบเขตพื้นที่ชลประทาน (รูปที่ 2-22)
3. ชุดข้อมูลการใช้ที่ดินประเภทเมืองและพื้นที่สาธารณะ (Urbanbase) บรรจุโครงสร้างข้อมูลการใช้ที่ดินประเภทเมืองและพื้นที่สาธารณะที่ซ้อนทับกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ขอบเขตตำบล (รูปที่ 2-23)
4. ชุดข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ (ForestLandbase) เตรียมไว้บรรจุโครงสร้างข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ (Forest) และเขตป่าที่กำหนดโดยรัฐ (ForestZone) (รูปที่ 2-24)
5. ชุดข้อมูลแหล่งน้ำ (WaterBody) บรรจุโครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่แหล่งน้ำ (รูปที่ 2-25)



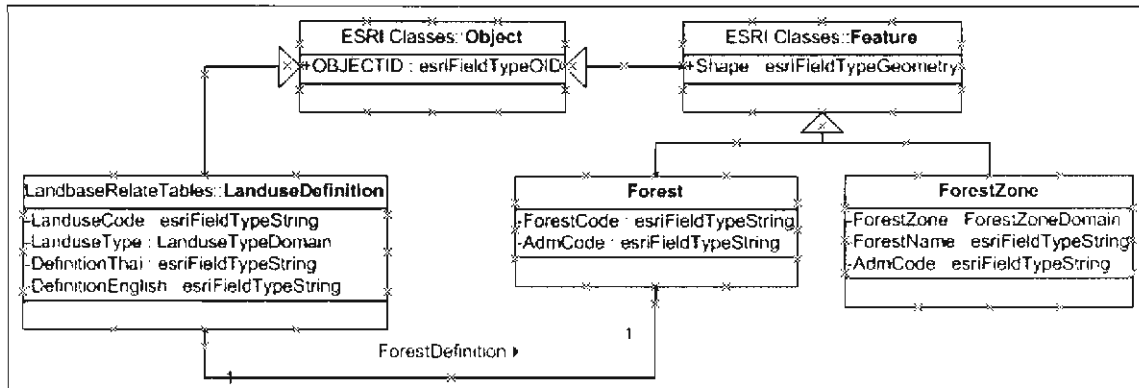
รูปที่ 2-21 ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน



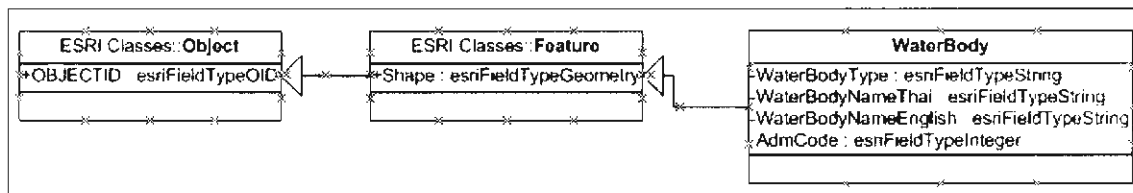
รูปที่ 2-22 ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลการใช้ที่ดินด้านการเกษตร



รูปที่ 2-23 ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลการใช้ที่ดินประเภทเมืองและพื้นที่สาธารณะ



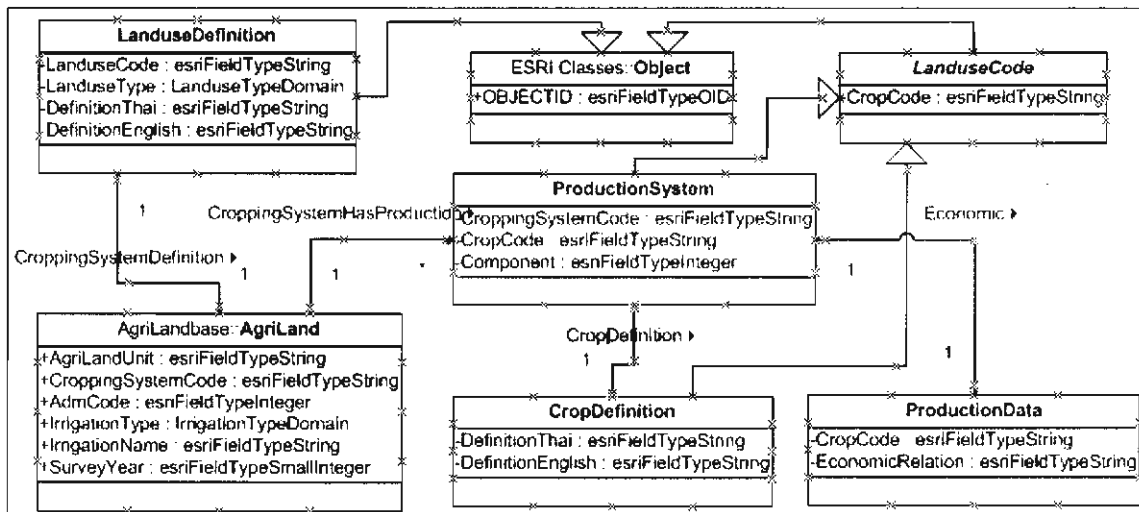
รูปที่ 2-24 ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลพื้นที่ป่าไม้



รูปที่ 2-25 ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลแหล่งน้ำ

ชุดข้อมูลอรรถาธิบาย

โครงสร้างของชุดข้อมูลอรรถาธิบาย (รูปที่ 2-26) ประกอบด้วยตารางคำอธิบายรหัสการใช้ประโยชน์ที่ดิน (LanduseDefinition) รายละเอียดของพืช (CropDefinition) ซึ่งบรรจุชื่อพืชภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และข้อมูลระบบการผลิตพืชในพื้นที่ระดับตำบล (ProductionSystem)



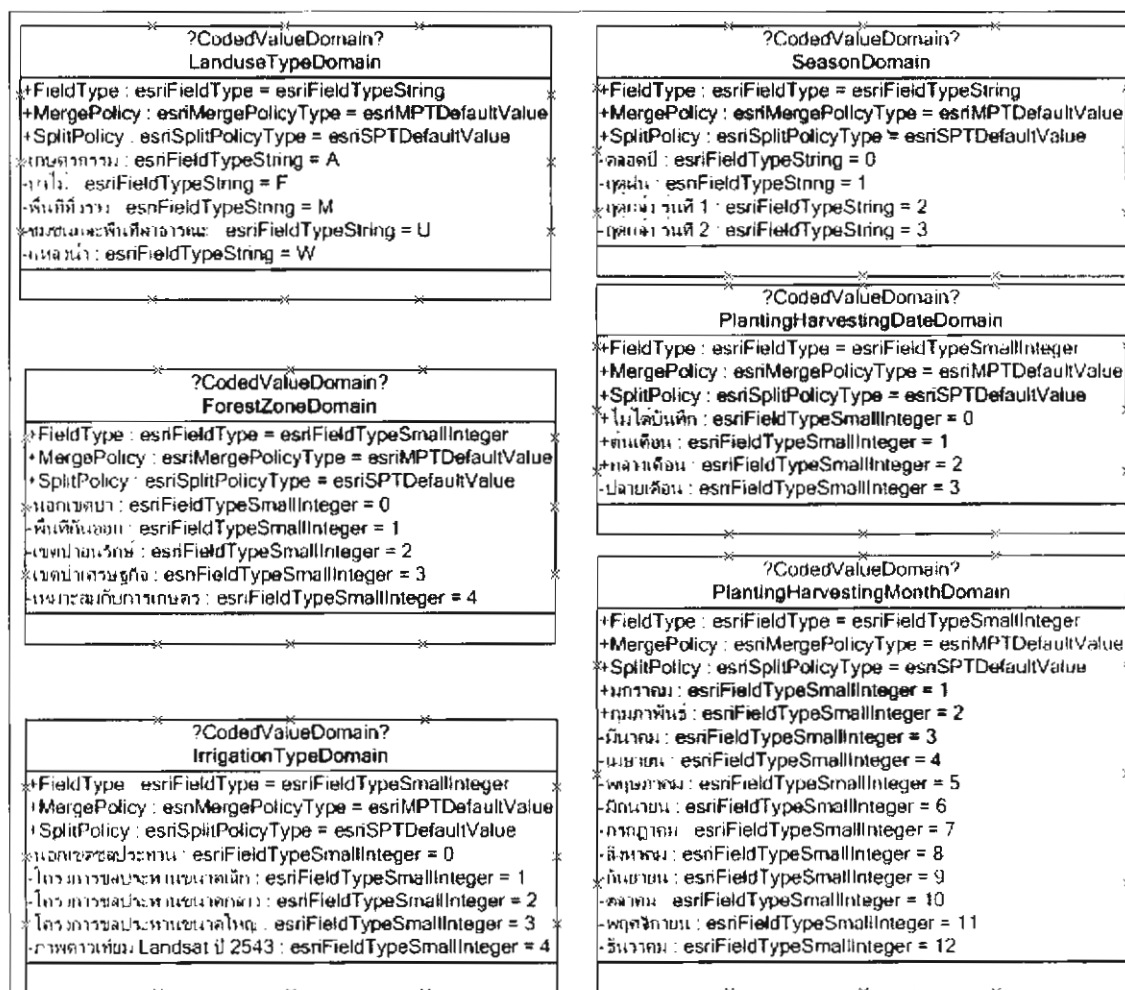
รูปที่ 2-26 ผัง UML แสดงโครงสร้างชุดข้อมูลอรรถาธิบาย

ชุดข้อมูลควบคุมความถูกต้องของข้อมูล

ภายในข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลบรรยายสามารถควบคุมความถูกต้องของข้อมูลได้ โดยการกำหนดช่วงค่าข้อมูล (domain) เฉพาะฟิลด์ ซึ่งเป็นการจำกัดว่าหากค่าข้อมูลที่นำเข้ามีความแตกต่างหรืออยู่นอกเหนือช่วงค่าที่กำหนดไว้ฐานข้อมูลจะปฏิเสธไม่รับการนำเข้าข้อมูลชุดข้อมูลควบคุมความถูกต้องที่กำหนดขึ้นประกอบด้วย

1. ชุดควบคุมช่วงวันปลูกและเก็บเกี่ยว (PlantingHarvestingDateDomain)
2. ชุดควบคุมเดือนปลูกและเก็บเกี่ยว (PlantingHarvestingMonthDomain)
3. ชุดควบคุมฤดูกาลปลูก (SeasonDomain)
4. ชุดควบคุมประเภทเขตพื้นที่ป่าไม้ (ForestZoneDomain)
5. ชุดควบคุมเขตชลประทาน (IrrigationZoneDomain)
6. ชุดควบคุมประเภทโครงการชลประทาน (IrrigationTypeDomain)

รายละเอียดของชุดควบคุมความถูกต้องของข้อมูลแสดงดังรูปที่ 2-27



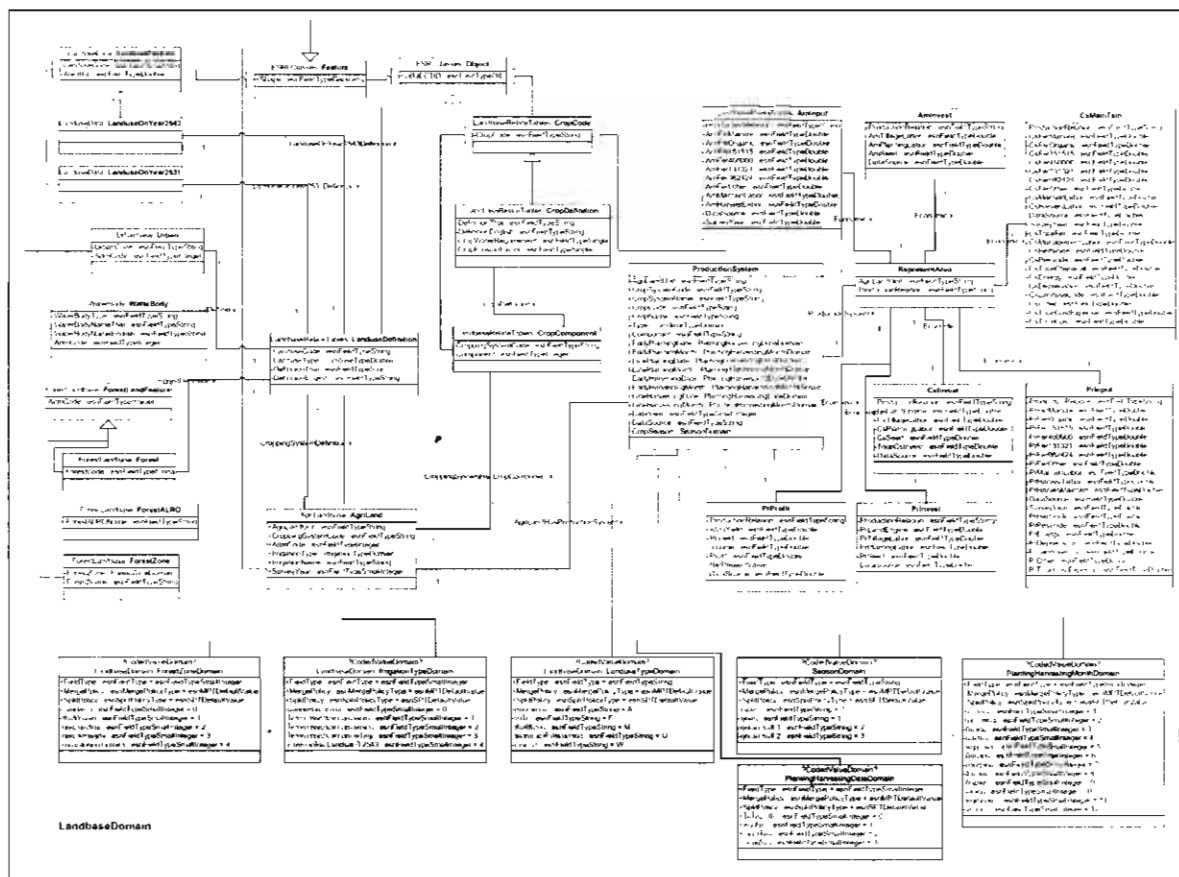
รูปที่ 2-27 ผัง UML แสดงรายละเอียดชุดควบคุมความถูกต้องของข้อมูล

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (relationship) จัดทำขึ้นเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลตามเรื่องราวที่กำหนด ลดความซ้ำซ้อนของการจัดเก็บ และสร้างความสอดคล้องเมื่อมีการแก้ไขข้อมูล ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในโครงสร้างฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินมีทั้งความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลเชิงพื้นที่กับชุดข้อมูลอรรถาธิบาย และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอรรถาธิบายกับข้อมูลอรรถาธิบาย (รูปที่ 2-28)

ความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลเชิงพื้นที่กับชุดข้อมูลอธิบาย ได้แก่ (1) ความสัมพันธ์ประเภท 1-1 ระหว่างชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ดังกล่าวข้างต้นยกเว้นชั้นข้อมูลเขตป่าที่กำหนดโดยรัฐและแหล่งน้ำกับตารางคำอธิบายรหัสการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ (2) ความสัมพันธ์ประเภท 1-M ระหว่างข้อมูลการใช้ที่ดินด้านการเกษตรกับพีชองค์ประกอบของระบบการผลิตพืช และข้อมูลการใช้ที่ดินด้านการเกษตรกับตารางข้อมูลระบบการผลิตพืชในพื้นที่ระดับตำบล

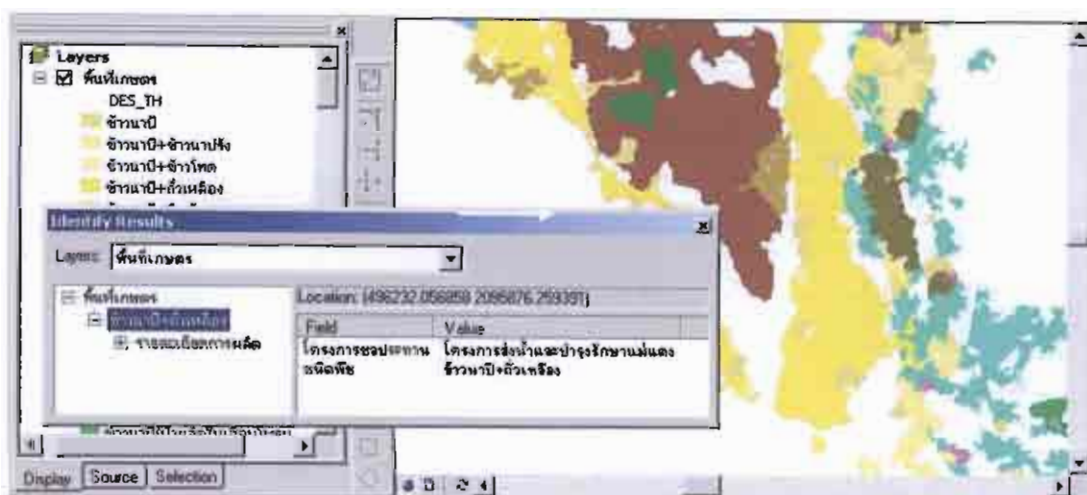
เมื่อออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินดั้งผ้ง UML ในรูปที่ 2-28 จากนั้นสร้างเป็น Geodatabase และนำเข้าข้อมูลตาม Schema (รูปที่ 2-29) ซึ่งสามารถเรียกใช้และแสดงผลในระบบ GIS ได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 2-30



รูปที่ 2-28 ผัง UML แสดงโครงสร้างฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน



รูปที่ 2-29 โครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศการใช้ประโยชน์ที่ดิน



รูปที่ 2-30 ตัวอย่างการเรียกแสดงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเกษตร

สรุป

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานจัดทำจากแหล่งข้อมูลสองประเภท โดยประเภทแรกเป็นชั้นข้อมูลที่น่าเข้าจากข้อมูลทุติยภูมิที่อยู่ในรูปแบบที่ได้แก่ ขอบเขตการปกครอง ถนน และสถานที่สำคัญ เช่น หมู่บ้าน วัด โรงเรียน เป็นต้น ส่วนฐานข้อมูลประเภทที่สองสร้างขึ้นจากการสำรวจและวิเคราะห์ในกลุ่มโครงการ *ครส.ล้านนา* ตัวอย่างของฐานข้อมูลดังกล่าว ได้แก่ ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศและฐานข้อมูลเชิงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เน้นระบบการปลูกพืช ฐานข้อมูลเหล่านี้ได้รับการออกแบบให้มีมาตรฐานเดียวกันโดยออกแบบด้วยผัง UML ก่อนแปลงเป็น Geodatabase เพื่อใช้งานในระบบภูมิสารสนเทศหรือนำเข้าในระบบ *รศทก*. ฐานข้อมูลที่เกิดขึ้นได้รับการนำไปใช้ในการสร้างชั้นข้อมูลใหม่และวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นในงานที่จะกล่าวในบทต่อไปของรายงานฉบับนี้และรายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการอื่นในกลุ่ม *ครส.ล้านนา*

เอกสารอ้างอิง

กรมการพัฒนาชุมชน. 2546ก. ข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน กชช.2ค ปี 2546, [CD-ROM].

คณะกรรมการอำนวยการงานพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน (พชช.) กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย.

กรมการพัฒนาชุมชน. 2546ข. ข้อมูลความจำเป็นพื้นฐาน จปฐ. ปี 2546, [CD-ROM].

คณะกรรมการอำนวยการงานพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน (พชช.) กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย.

ชาญชัย แสงโชติสวัสดิ์, เมธี เอกะสิงห์, วรวิรุจน์ วีระจิตต์, วัฒนา พัฒนถาวร และ สมจินต์ วานิชเสถียร. 2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เบญจพรรณ เอกะสิงห์, กุศล ทองงาม, ธันยา พรหมบุรณย์, ศุภกิจ สิ้นไชยกุล และ นฤมล ทินราช. 2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธี เอกะสิงห์, ชาญชัย แสงโชติสวัสดิ์ และ วรวิรุจน์ วีระจิตต์. 2546. การสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศระบบการปลูกพืชจากข้อมูลระยะไกลหลายช่วงเวลา. ใน การประชุมวิชาการแผนที่และภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2546: การสำรวจและการแผนที่กับการ

พัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน ระหว่างวันที่ 18 พฤศจิกายน 2546 - 20 ธันวาคม 2546.
กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. น.18-29.

เมธี เอกะสิงห์, ถาวร อ่อนประไพ, พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, จุไรพร แก้วทิพย์, สุรีย์พร สุดชาติ,
เฉลิมพล สำราญพงษ์, สิทธิเดช ณ เชียงใหม่ และ ทนงเกียรติ อุปันโน. 2543. ฐานข้อมูล
เชิงพื้นที่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 2
โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. เชียงใหม่:
ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Booch, G., R. Janes and J. Ivar. 1999. The Unified Modeling Language User Guide.
Addison-Wesley.

ESRI. 1996. ArcView, The Geographic Information System for Everyone. California:
Environmental Systems Research Institute.

MacDonald, A. 2001. Building a Geodatabase. California: Environmental Systems
Research Institute.

Zeiler, M. 1999. Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design. California:
ESRI Press.

แบบจำลองฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศของดินเพื่อการจัดการทรัพยากร

ประภัสสร พันธุ์สมพงษ์¹ และ เมธี เอกะสิงห์²

คำนำ

ข้อมูลดินเป็นชั้นข้อมูลที่มีการนำไปใช้วิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นอย่างกว้างขวาง เมื่อมีการจัดเก็บในระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information Systems, GIS) ซึ่งมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วทั้งในแง่โครงสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลบรรยาย ในปัจจุบันหลักการของโปรแกรมเชิงวัตถุเริ่มมีบทบาทมากขึ้นในการพัฒนาข้อมูลภูมิสารสนเทศ หรือ Geodatabase (Zieler, 1999) ทำให้สะดวกต่อการแก้ไข ปรับปรุง และเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลอื่น รวมทั้งสนับสนุนการแลกเปลี่ยนเผยแพร่ข้อมูลระหว่างผู้พัฒนาและผู้ใช้ข้อมูล การอธิบายความเชื่อมโยงดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นเมื่อจัดทำเป็นแบบจำลองข้อมูล (Data model) ดังเห็นได้จากการริเริ่มให้มีการพัฒนาแบบจำลองข้อมูลภูมิสารสนเทศด้านต่างๆ เช่น อุทกวิทยา (Maidment (ed.), 2002) และวิทยาศาสตร์ทางทะเล (Li, 2000) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การพัฒนาแบบจำลองข้อมูลดินเพื่อใช้ในการเกษตรและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติยังไม่ปรากฏชัดเจน โดยเฉพาะข้อมูลดินในประเทศไทยที่กรมพัฒนาที่ดินได้ทำการสำรวจ จำแนก วิเคราะห์ และใช้ประโยชน์ในการวางแผนการจัดการดินและน้ำมาเป็นระยะเวลายาวนาน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

กลุ่มชุดดิน (Soil Group) เป็นหน่วยแผนที่แสดงขอบเขตของประเภทดินที่มีผลผลิตภาพคล้ายคลึงกันสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทหนึ่งๆ ดังนั้นกลุ่มชุดดินหนึ่งๆ อาจประกอบด้วยชุดดินมากกว่าหนึ่งประเภท ถึงแม้ว่าข้อมูลเชิงพื้นที่ของกลุ่มชุดดินได้รับการปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องมากขึ้นและเป็นฐานข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลครอบคลุมทั่วประเทศ แต่มีข้อจำกัดที่ข้อมูลบรรยายสมบัติของดินยังต้องอาศัยสมบัติของชุดดินที่ได้รับเลือกให้เป็นตัวแทนของกลุ่มชุดดินหนึ่งๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาแบบจำลองฐานข้อมูลดินที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ของกลุ่มชุดดินเข้ากับข้อมูลบรรยายสมบัติของชุดดิน เพื่อทำให้การเรียกใช้และวิเคราะห์ข้อมูลดินจากฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในกรณีของการใช้ข้อมูลจากหน่วยแผนที่กลุ่มชุดดินสัมพันธ์ (Associated soil group) ที่หน่วยแผนที่หนึ่งๆ ประกอบด้วยกลุ่มชุดดินจำนวนมากกว่าหนึ่งประเภทและมีสัดส่วนแน่ชัด รวมทั้งในกรณีที่ต้องการประมาณค่าสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินที่ไม่มีการ

¹ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วัดค่ามาก่อน หรือการวัดค่าทำได้ลำบาก หรือใช้ระยะเวลานานและสิ้นเปลืองงบประมาณสูง โดยอาศัยฟังก์ชันแปลงค่าข้อมูลดิน (Pedotransfer Function, PTF) (McBratney et al., 2002)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองข้อมูลและฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ของกลุ่มชุดดินและข้อมูลชุดดินตัวแทน (Representative soil series) ที่กรมพัฒนาที่ดินได้ทำการปรับปรุงครั้งล่าสุด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการใช้ข้อมูลเหล่านี้ร่วมกับฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่นๆ เนื่องจากแบบจำลองข้อมูลแสดงรายละเอียดโครงสร้างที่เอื้ออำนวยต่อการทำความเข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ (Object) ต่างๆ ในแบบจำลอง ทำให้สามารถพัฒนาระบบเรียกใช้งานและระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้านการเกษตร การจัดการทรัพยากรสิ่งแวดล้อม และงานด้านการวางแผนอื่นๆ ที่ต้องการใช้ข้อมูลดินและการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุในการพัฒนาระบบดังกล่าว

วิธีการศึกษา

แหล่งข้อมูล

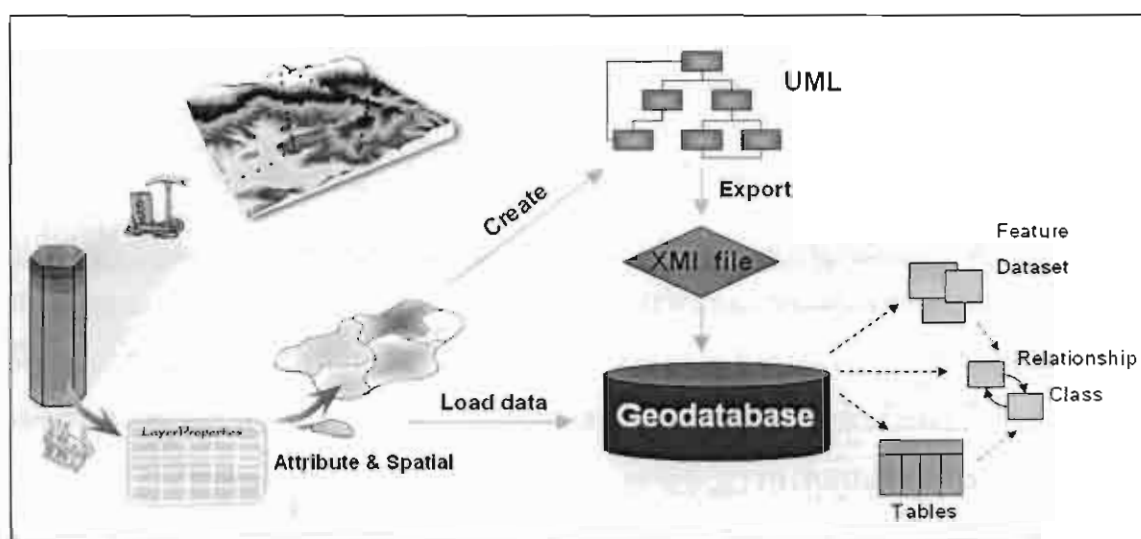
ข้อมูลกลุ่มชุดดินจากฐานข้อมูลในระบบ SoilView (พนมศักดิ์และเมธี, 2539) ข้อมูลชุดนี้ได้รับการจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลประเภท Coverage โดยนำเข้าจากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ข้อมูลอรรถาธิบายประกอบมีจำกัดเฉพาะชื่อกลุ่มชุดดินและระดับความเหมาะสมในการปลูกพืชชนิดต่างๆ อย่างไรก็ตาม กรมพัฒนาที่ดินได้ทำการปรับปรุงฐานข้อมูลอรรถาธิบายใหม่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) โดยใช้สมบัติต่างๆ ของชุดดินตัวแทนรวมทั้งสมบัติทางกายภาพและเคมีของแต่ละชั้นดิน เพื่อเป็นสมบัติของกลุ่มชุดดินแต่ละประเภท จึงนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองในการศึกษานี้

การสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ

เป้าหมายของการสร้างแบบจำลองข้อมูลดินคือการพัฒนาโครงสร้างของฐานข้อมูลดินเพื่อใช้ในการจัดเก็บ แลกเปลี่ยน และนำข้อมูลดินไปใช้ประโยชน์ร่วมกับข้อมูลอื่นในโครงการต่างๆ ที่ใช้ระบบภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์ วางแผน หรือช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจในการออกแบบโครงสร้างแบบจำลองดินได้ใช้มาตรฐาน Unified Modeling Language (UML) เพื่ออธิบายโครงสร้างและความสัมพันธ์ของข้อมูลประเภทต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับดิน ก่อนที่จะแปลงโครงสร้างดังกล่าวเป็นฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ

การออกแบบในขั้นตอนแรกอาศัยการทบทวนเอกสารและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้ใช้งานฐานข้อมูลดินในแวดวงการศึกษา วิจัย และพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติในประเทศไทย จากนั้นจึงจัดข้อมูลออกเป็นกลุ่มใหญ่ตามลักษณะ สมบัติ และการใช้ประโยชน์ของข้อมูลดิน ก่อนที่จะสร้างเป็นแผนภาพตามมาตรฐาน UML โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visio การจัดแผนภาพเพื่อใช้วัตถุแทนปรากฏการณ์และสมบัติของดิน

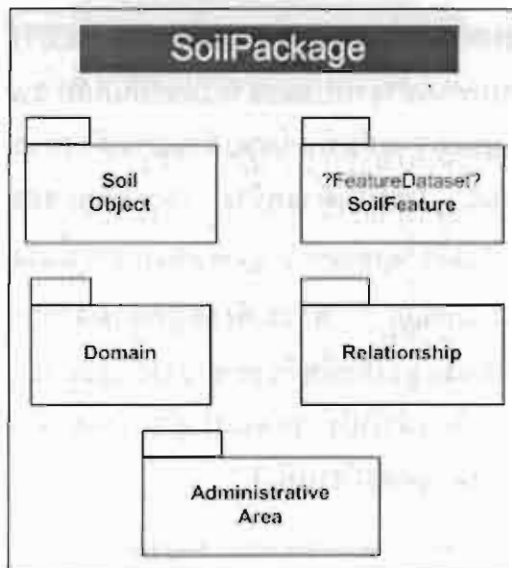
ดำเนินการตามแนวทางการสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศในระบบ ArcGIS (MacDonald, 2001) การสร้างแผนภาพดังกล่าวเป็นกระบวนการวิเคราะห์แบบทวนซ้ำจากบนลงล่างและย้อนกลับ จนได้วัตถุที่ใช้แทนข้อมูลดินพร้อมกับข้อมูลอธิบายและความสัมพันธ์ครบถ้วนตามต้องการ หลังจากตรวจสอบความถูกต้องแล้ว ทำการแปลงผัง UML ให้เป็นโครงสร้าง (Schema) ของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ ผ่าน CASE tools (Computer-Aided Software Engineering) จากนั้นจึงนำเข้าชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ของกลุ่มชุดดินที่มีอยู่แล้วในรูป Coverage พร้อมทั้งข้อมูลตามตารางอธิบาย ข้อมูลทั้งหมดพร้อมความสัมพันธ์ระหว่างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่และตารางข้อมูลต่างๆ ถูกจัดเก็บอย่างเป็นระเบียบในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ พร้อมนำไปใช้งานต่อไป สำหรับแนวคิดและขั้นตอนโดยสรุปของการสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดินแสดงดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 แนวคิดการสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดิน

ผลการศึกษา

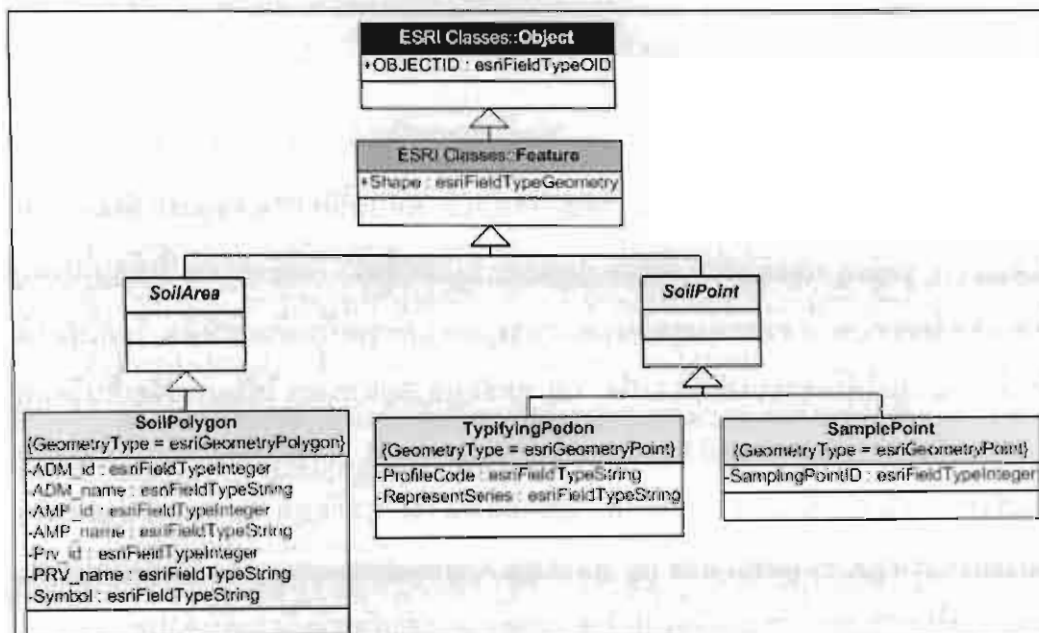
ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศกลุ่มชุดดินถูกจัดออกเป็น 5 กลุ่มหลัก (Packages) ดังแสดงในรูปที่ 3-2 ได้แก่ (1) ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ (Feature dataset) ที่เรียกชื่อว่า SoilFeature ซึ่งจัดเก็บวัตถุที่ใช้แทนขอบเขต (boundary) ของกลุ่มชุดดินแต่ละประเภท และจุดเก็บตัวอย่างดิน วัตถุเหล่านี้สามารถอ้างอิงตำแหน่งได้โดยระบบพิกัด UTM (2) ชุดข้อมูล SoilObject ใช้ในการจัดเก็บวัตถุที่เป็นข้อมูลอธิบาย (attributes) ของข้อมูลดิน (3) ชุดข้อมูล Relationship ที่จัดเก็บความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุที่เป็นตารางอธิบายข้อมูลดิน (4) ชุดข้อมูล Domains ช่วยกำกับความถูกต้องของการนำเข้าข้อมูลดิน และ (5) ชุดข้อมูล AdministrativeArea ซึ่งเป็นชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อใช้อ้างอิงในการเรียกใช้ข้อมูลดินเป็นลำดับชั้นตั้งแต่ระดับจังหวัดถึงระดับตำบล



รูปที่ 3-2 โครงสร้างหลักของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดิน

ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ดิน (SoilFeature)

ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ดินประกอบด้วย SoilArea ซึ่งเป็น Feature ประเภท Polygon ใช้จัดเก็บข้อมูลขอบเขตกลุ่มชุดดิน (SoilPolygon) ส่วน SoilPoint เป็น Feature ประเภท Point ที่ประกอบด้วย TypifyingPedon สำหรับจัดเก็บตำแหน่งของชุดดินตัวแทนของกลุ่มชุดดินหนึ่ง ๆ และมี SamplePoint ใช้จัดเก็บตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างดินที่ผู้ใช้งานต้องการบันทึกผลการวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ (รูปที่ 3-3)



รูปที่ 3-3 ผัง UML แสดงชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดิน

ชุดข้อมูลดิน (Soil Object)

ชุดข้อมูลดิน (Soil Object) ประกอบด้วยกลุ่มของวัตถุ 3 กลุ่มหลักคือ (1) กลุ่มที่ใช้แทนสมบัติของกลุ่มชุดดิน (SoilGroupProperties) (2) กลุ่มของวัตถุที่ใช้แทนสมบัติของชุดดินตัวแทน (PedonProperties) และ (3) กลุ่มวัตถุที่อธิบายสมบัติของตัวอย่างดิน (SamplePointProperties) รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 ผังแสดงชั้นกลุ่มของวัตถุที่ใช้แทนข้อมูลอธิบายกลุ่มชุดดินและสมบัติของชุดดินตัวแทน
และตัวอย่างดินในภาคสนาม

(1) *SoilGroupProperties* จัดเก็บข้อมูลอธิบายที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี และสมบัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มชุดดิน

- TerrainType: ประเภทของพื้นผิวโลกของหน่วยแผนที่

- SoilGroup: ชื่อและสัดส่วนของกลุ่มชุดดินแต่ละประเภทในหน่วยแผนที่ที่มีพื้นผิวเป็นดิน
- Modifier: ลักษณะเฉพาะย่อยลงไปของกลุ่มชุดดินในหน่วยแผนที่หนึ่ง ๆ
- SoilSeries: ชุดดินที่เป็นสมาชิกของกลุ่มชุดดินหนึ่ง ๆ และชื่อชุดดินตัวแทนของแต่ละกลุ่มชุดดิน
- MajorSoilProblems: ปัญหาหลักของกลุ่มชุดดิน
- MajorSoilProblemsDescription: คำอธิบายปัญหาหลักของแต่ละกลุ่มชุดดิน

(2) *PedonProperties* จัดเก็บข้อมูลอธิบายที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเชิงภูมิประเทศและสมบัติโดยทั่วไปของพีดอนชุดดินที่เป็นตัวแทน

- RepresentativePedon: ลักษณะทั่วไปทั้งโปรไฟล์ดินของชุดดินตัวแทน เช่น ชื่อชุดดินตัวแทน ความลึกทั้งหมด ความลาดชัน วัตถุต้นกำเนิด ชั้นการระบายน้ำ ภูมิอากาศ เป็นต้น
- PedonTaxonomy: ชื่อของดินตัวแทนเรียกตามระบบอนุกรมวิธานการจำแนกดิน ตั้งแต่อันดับดิน (Soil Order) ถึงชุดดิน (Soil Series)
- LayerDescription: ลักษณะทั่วไป เช่น ความลึก ชื่อเรียกและคำอธิบายดินภาคสนามของแต่ละชั้นดินตลอดโปรไฟล์ดิน
- PhysicalProperties: สมบัติทางฟิสิกส์ประเภทต่างๆ ของดิน
- ChemicalProperties: สมบัติทางเคมีประเภทต่างๆ ของดิน
- SoilLayerPhysicalProperties: สมบัติทางฟิสิกส์ของแต่ละชั้นดิน
- CompositeLayerPhysicalProperties: สมบัติทางฟิสิกส์ของชั้นดินรวมซึ่งแบ่งออกเป็นชั้นดินบนและชั้นดินล่าง
- SoilLayerChemicalProperties: สมบัติทางเคมีของแต่ละชั้นดิน
- CompositeLayerChemicalProperties: สมบัติทางเคมีของชั้นดินรวมซึ่งแบ่งออกเป็นชั้นดินบนและชั้นดินล่าง

(3) *SamplePointProperties* จัดเก็บข้อมูลอธิบายที่เกี่ยวข้องกับลักษณะและสมบัติของจุดเก็บตัวอย่างดิน

- SamplePhysicalProperties: สมบัติทางฟิสิกส์ดินบนและดินล่างของตัวอย่างดินที่ได้จากการจัดเก็บภาคสนามเพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะงาน
- SampleChemicalProperties: สมบัติทางเคมีของดินบนและดินล่างของตัวอย่างดินที่ได้จากการจัดเก็บภาคสนามเพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะงาน

ค่าสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของชั้นดินดังกล่าวอาจได้จากการนำเข้าผลการวิเคราะห์ดิน หรือได้จากการประมาณค่าโดยใช้ฟังก์ชัน PTF เพื่อแปลงค่าข้อมูลดินที่สะดวกและประหยัดในการ วัดค่า ให้เป็นค่าข้อมูลดินที่มีความต้องการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง แต่ใช้เวลาและสิ้นเปลือง ค่าใช้จ่ายมากในการเก็บตัวอย่างและวัดค่า ตัวอย่างเช่น ค่าความจุความชื้นสนาม (Field Capacity, FC) และค่าความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวรของพืช (Permanent Wilting Percentage, PWP) ซึ่งเป็นสมบัติ ทางฟิสิกส์ของดินที่นำไปคำนวณปริมาณความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เพื่อกำหนดการให้ น้ำชลประทาน วางแผนการเกษตรในเขตอาศัยน้ำฝน และพยากรณ์ผลผลิตพืช ข้อมูลนี้มักไม่มีการ วัดค่าในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินทั่วไป แต่สามารถประมาณได้จากค่าการกระจายของอนุภาคดิน ความหนาแน่นรวมของดิน และอินทรีย์วัตถุ โดยใช้สมการ PTF ที่ตีพิมพ์ในรายงานต่างๆ ตัวอย่าง ของ PTF ที่ใช้ประมาณค่า FC และ PWP ปรากฏในรายงานของ Batjes (1996)

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดิน (Soil Relations)

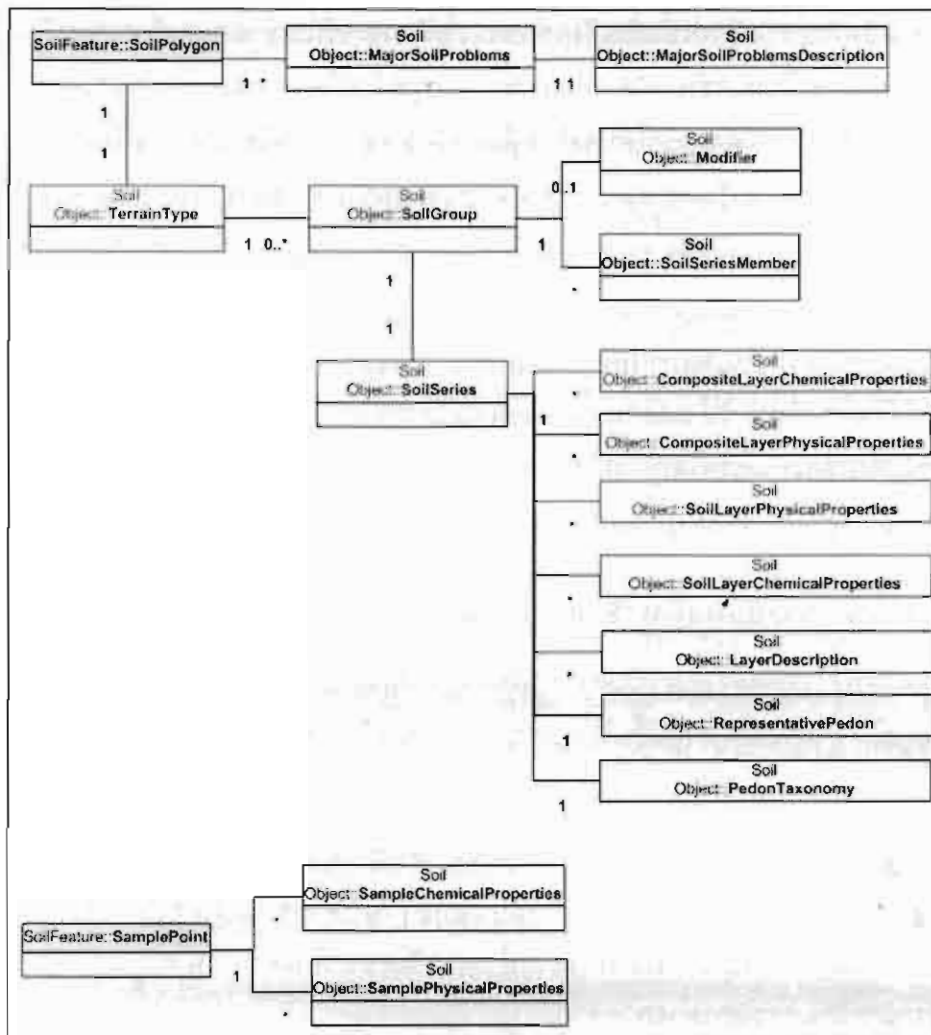
ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นของวัตถุ (Object Class) ที่เป็นข้อมูลอธิบายด้วยตัวเอง และชั้นวัตถุ SoilPolygon ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงเป็นผัง UML ดังรูปที่ 3-5 ลักษณะ ของความสัมพันธ์ (cardinality) อาจเป็น One-to-One (1-1), One-to-Many (1-M, 1-*) หรือ Many-to-Many (N-M, *-*) ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่เป็นตัวแทนของข้อมูลดิน ผังความสัมพันธ์อาจ แสดงชื่อและลักษณะของความสัมพันธ์ที่กำกับอยู่ด้านบนและด้านปลายของเส้นเชื่อมโยงวัตถุที่ สัมพันธ์กัน ในกรณีของข้อมูลดินที่ได้จากการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์เฉพาะงาน ความสัมพันธ์ ระหว่างวัตถุแต่ละประเภทได้แสดงแยกต่างหากจากข้อมูลกลุ่มชุดดิน

ชุดวัตถุกำกับค่าข้อมูลดิน (Soil Domains)

ชุดวัตถุกำกับค่าข้อมูลดินทำหน้าที่กำกับข้อมูลนำเข้าสำหรับเขตข้อมูล (field) ความต่าง ระดับบริเวณที่พบหน่วยดินตัวแทน ชั้นมาตรฐานความลาดชัน หินพื้นผิว หินผิว การระบายน้ำ การซาบซึมน้ำของผิวดิน การไหลบ่า ความถี่ของน้ำท่วมขัง ระยะเวลาที่มีน้ำท่วมขัง ชนิดของ ภูมิอากาศ ปริมาณก้อนกรวด ความลึกของชั้นดิน การซาบซึมน้ำ การกร่อนของดิน ความสามารถการหยั่งรากของพืชในดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และช่วงค่าปัจจัยความง่ายต่อ การพังทลายของดิน ชุดวัตถุนี้ทำให้การนำเข้า แก้ไขและตรวจสอบข้อมูลเป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็วและมีข้อผิดพลาดน้อยลง ดังตัวอย่างในรูปที่ 3-6

ชุดข้อมูลขอบเขตการปกครอง (Administrative Area)

เป็นชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ขอบเขตการปกครองจากการจัดทำฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นฐานเพื่อสนับสนุนการจัดการทรัพยากร (เมธี และคณะ, 2548) ซึ่งใช้สำหรับอ้างอิงการเรียกใช้ ข้อมูลดินตามขอบเขตการปกครองเป็นลำดับชั้น ตั้งแต่ระดับจังหวัดถึงระดับตำบล



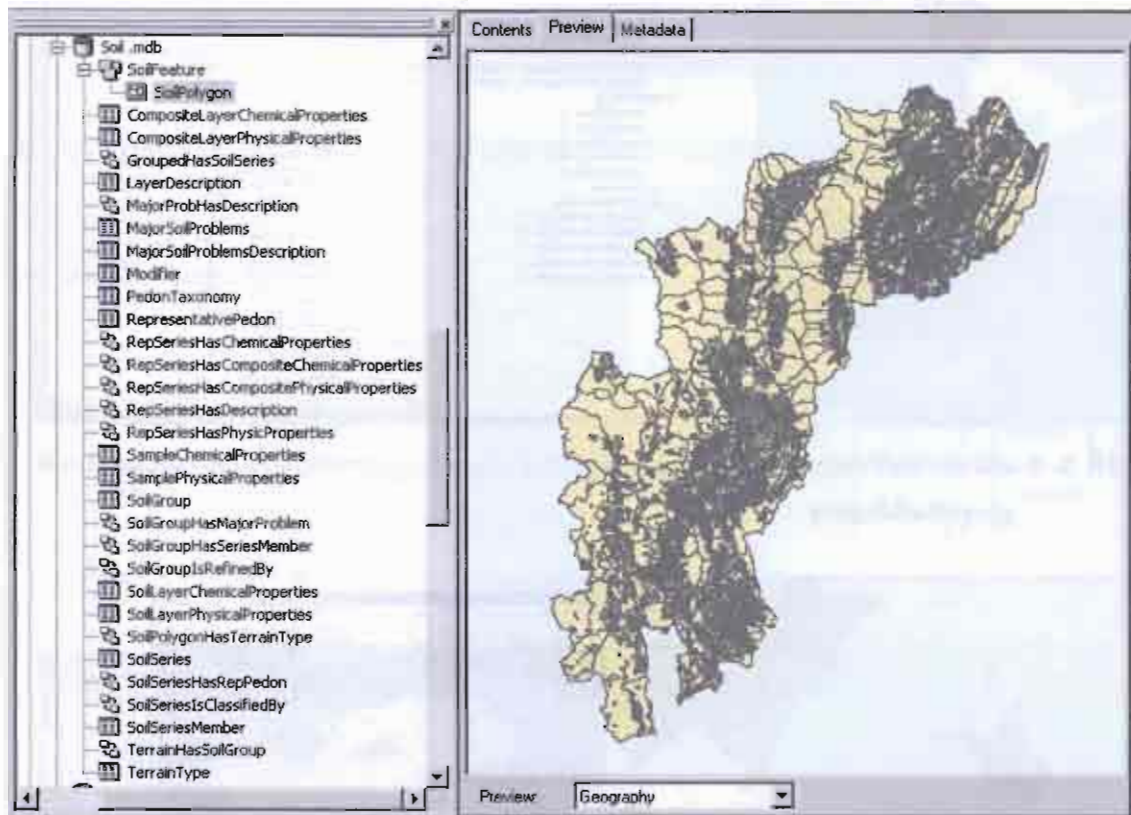
รูปที่ 3-5 ระดับชั้นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลบรรยายในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดิน

Attributes of RepresentativePedon				
OBJECTID*	Series*	SoilDepth	Slope	Physiography
1	Ch	115	5-12 %	erosion surface
2	Du	66	2-5 %	upper part of peneplain
3	Dp	115	50-75 %	dissected erosion surface and mou
4	Cr	120	2-5 %	upper part of peneplain
5	Bu	100	0-2 %	terrace or alluvium plain
6	Ca	200	0-2 %	na
7	Cr	120	0-2 %	semi-recent terrace
8	Hd	120	0-2 %	semi-recent terrace
9	Ho	36	20-35 %	denudation surface
10	Kbi	115	2-5 %	denudation surface
11	Kc	125	2-5 %	denudation surface
12	Kd	170	0-2 %	coastal swamp
13	Kl	200	0-2 %	low alluvium terrace
14	Ko	100	0-2 %	terrace or alluvium fan
15	Ks	130	0-2 %	na
16	Kyo	300	0-2 %	na
17	Bh	136	2-5 %	beach ridge
18	Bk	320	0-2 %	na
19	Bm	250	0-2 %	na
		<Null>	0-2 %	
			2-5 %	
			5-12 %	
			12-20 %	
			20-35 %	
			35-50 %	
			50-75 %	
			> 75 %	

รูปที่ 3-6 การควบคุมค่าข้อมูลสำหรับการนำเข้าและแก้ไขข้อมูลด้วยการสร้าง Domain

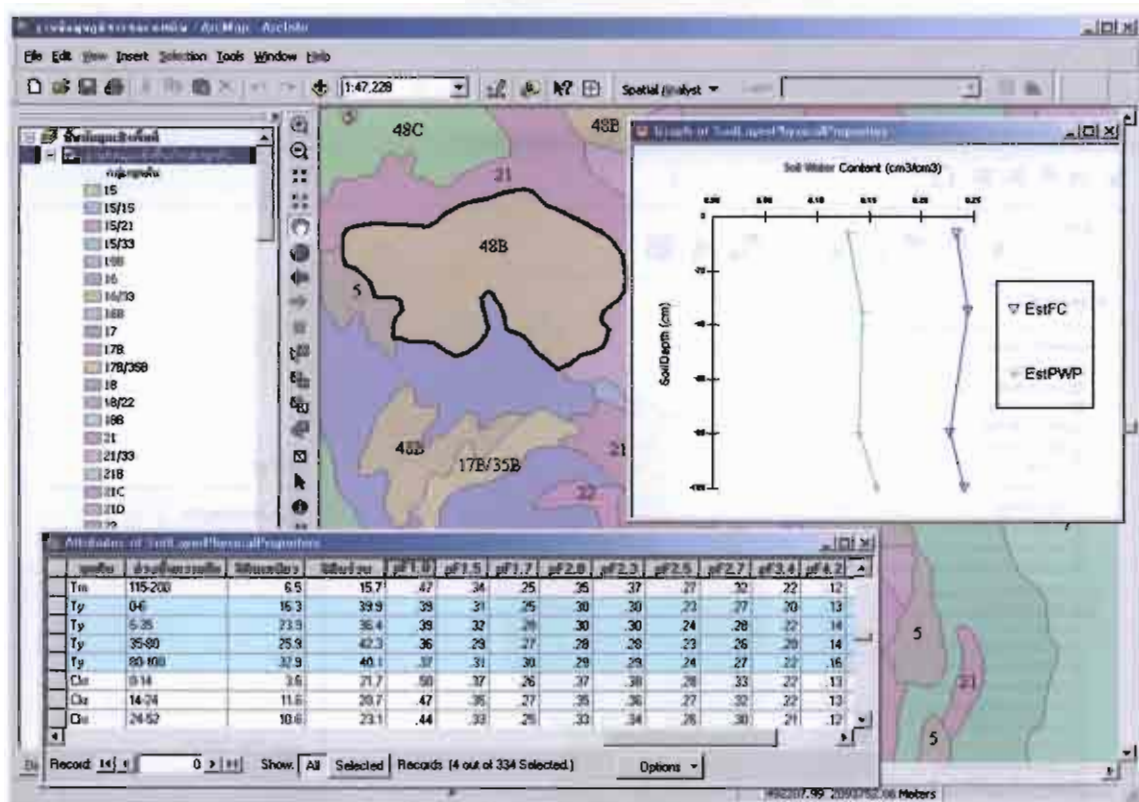
ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศและการนำไปใช้ประโยชน์

รูปที่ 3-7 แสดงฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศกลุ่มชุดดินที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองข้อมูลดิน ฐานข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้งานได้หลายรูปแบบ เช่น สืบค้นหาบริเวณที่พบกลุ่มชุดดินที่เจาะจง พร้อมทั้งแสดงสมบัติทั่วไปของกลุ่มชุดดินนั้น เรียกดูรายละเอียดอนุกรมวิธานของชุดดินตัวแทน หรืออาจเรียกแสดงสมบัติทางฟิสิกส์ของชั้นดินแต่ละชั้น (รูปที่ 3-8) และเรียกแสดงภาพหน้าตัดดินและสภาพภูมิประเทศของชุดดินตัวแทนนั้นๆ ด้วยฟังก์ชัน Hyperlink ใน ArcGIS (รูปที่ 3-9)



รูปที่ 3-7 โครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศกลุ่มชุดดินและข้อมูลในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน

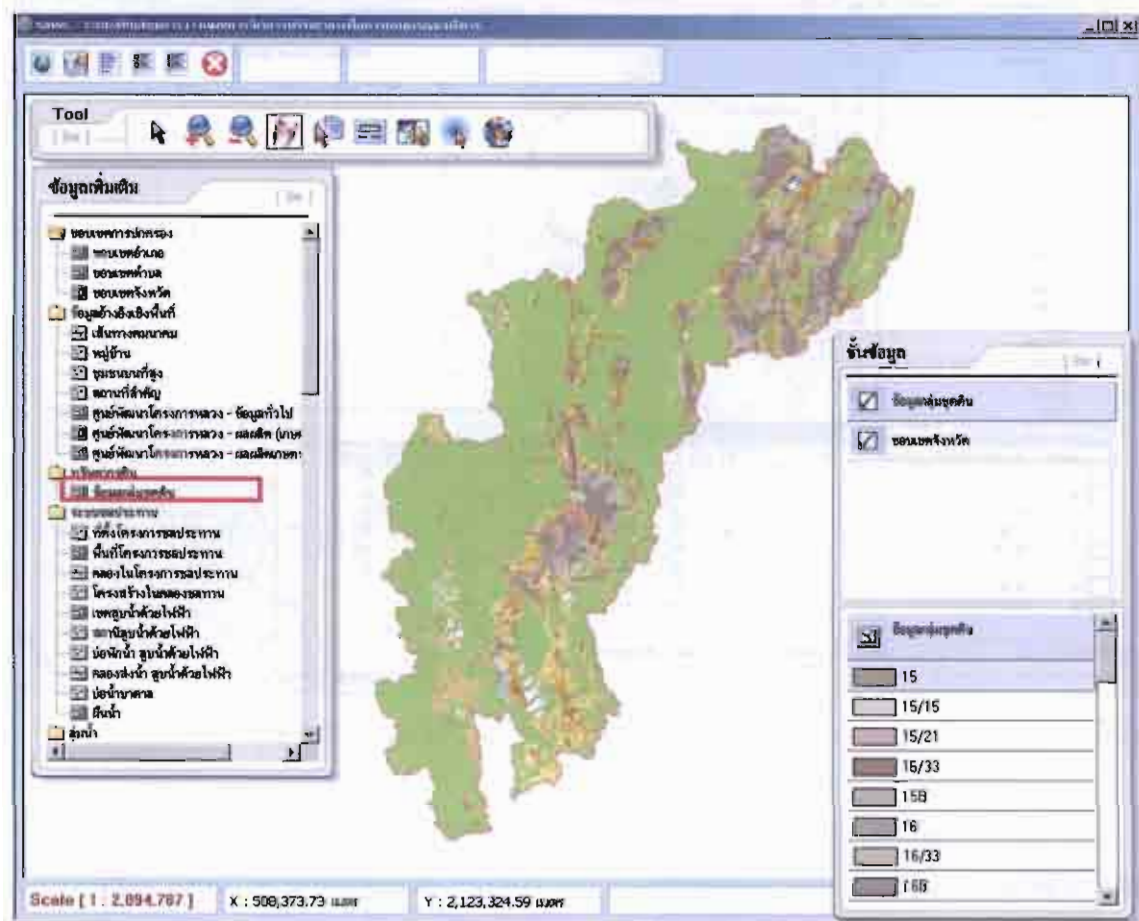
ตัวอย่างรูปที่ 3-10 เป็นการเรียกแสดงสมบัติทางฟิสิกส์ของกลุ่มชุดดินที่ 48 ซึ่งมีดินชุดท่ายาง (Ty) เป็นชุดดินตัวแทน เนื่องจากการวัดค่าความจุความชื้นในสนาม (FC) และจุดเหี่ยวถาวร (PWP) ในดินชุดนี้ หากไม่มีการวัดและจัดเก็บค่าทั้งสองในฐานะข้อมูล สามารถประมาณค่า FC และ PWP จากฟังก์ชันแปลงค่าข้อมูลดินตามรายงานของ Batjes (1996) โดยอาศัยข้อมูลร้อยละของปริมาณ Clay, Silt และ Organic Carbon ที่มีการวัดค่าและจัดเก็บในแต่ละชั้น ผลการคำนวณถูกเก็บไว้ในตารางสมบัติทางกายภาพของดินในชุดข้อมูล pF2.5 และ pF4.2 สำหรับค่า FC และ PWP ตามลำดับ หลังจากนั้นสามารถเรียกแสดงข้อมูลการกระจายตัวของค่า FC และ PWP ตามความลึกของดินเป็นกราฟเชิงเส้นโดยอาศัยฟังก์ชันที่มีอยู่ใน ArcGIS



รูปที่ 3-10 การเรียกแสดงสมบัติทางฟิสิกส์ของชั้นดินในลักษณะตารางและกราฟเชิงเส้น

การสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดินจากแบบจำลองข้อมูลโดยใช้ผัง UML ยังช่วยให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยงานหรือโครงการต่างๆ ที่ต้องพัฒนาหรือใช้ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศสะดวกขึ้น เนื่องจากสามารถทำความเข้าใจโครงสร้างข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุที่เป็นตัวแทนของข้อมูลดินโดยอาศัยผัง UML ทำให้การปรับเปลี่ยนโครงสร้างข้อมูลที่มีอยู่เดิมเข้าหากันทำได้ง่าย มีความถูกต้องสูงเนื่องจากมีวัตถุที่ทำหน้าที่กำกับค่าข้อมูลในแต่ละตารางอธิบายซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างข้อมูลภูมิสารสนเทศที่สร้างขึ้น

ในการพัฒนาระบบเรียกใช้งานเฉพาะทางที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น ระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนทรัพยากรเกษตร หรือ *รสทก.* (รูปที่ 3-11) ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในบทสุดท้ายของรายงานฉบับนี้ ผู้ใช้สามารถเลือกพื้นที่ตามขอบเขตการปกครองหรือลุ่มน้ำ เพื่อตรวจสอบทรัพยากรดินในบริเวณที่ต้องการ โครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบายย่อมมีความซับซ้อนมากขึ้นเนื่องจากระบบดังกล่าวต้องอาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทอื่นเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้าง การจำลองข้อมูลดินจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้นักพัฒนาระบบสามารถเชื่อมโยงส่วนต่างๆ เข้าหากันอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถขยายตัวได้อย่างต่อเนื่องตามความต้องการของผู้ใช้ ตัวอย่างของการนำฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดินที่สร้างขึ้นในการศึกษานี้ไปพัฒนาเป็นระบบประยุกต์ใช้งาน ได้แก่ การพัฒนาระบบประเมินคุณภาพที่ดินแบบค่าต่อเนื่อง (เฉลิมพลและเมธี, 2546) และการสร้างหน่วยแผนที่เพื่อประโยชน์ในการจัดการดิน (ชาญชัยและเมธี, 2546)



รูปที่ 3-11 การเรียกใช้ข้อมูลดินผ่านระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ

สรุป

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเป็นฐานข้อมูลที่ได้รับการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในงานด้านการเกษตร การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม วิศวกรรม และการวางแผนพัฒนาในระดับต่างๆ เนื่องจากข้อมูลดินมีหลายมิติและรายละเอียดในแต่ละมิติแตกต่างกัน ประกอบกับข้อมูลที่เป็นปัจจุบันยังไม่สมบูรณ์ครบถ้วน การออกแบบและสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศในประเทศไทยจึงต้องคำนึงถึงความสะดวกในการเพิ่มเติม แก้ไข และแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้พัฒนาและผู้ใช้ข้อมูล การสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศจากแบบจำลองข้อมูลเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว เนื่องจากฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศมีโครงสร้างชัดเจนสามารถนำวัตถุที่เป็นตัวแทนข้อมูลดินไปใช้ในการนำเข้า แก้ไข และแสดงข้อมูลตามความต้องการ รวมทั้งช่วยให้การพัฒนาระบบประยุกต์ใช้งานเฉพาะด้านเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถรองรับการขยายระบบเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจที่มีความซับซ้อนและต้องการข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ ในอนาคต ทั้งนี้เพื่อนำไปสู่กระบวนการจัดการทรัพยากรทางเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติที่ยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2546. คำบรรยายลักษณะดินตัวแทนของแต่ละกลุ่มชุดดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจ (กลุ่มชุดดินที่ 1 ถึง 58). สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. ผลสำเร็จงานวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2537-2541. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เฉลิมพล สำราญพงษ์ และ เมธี เอกะสิงห์. 2546. การประเมินคุณภาพที่ดินแบบค่าต่อเนื่องในระบบภูมิสารสนเทศ. ใน การประชุมวิชาการ “การแผนที่และภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2546: การสำรวจและการแผนที่กับการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน” ระหว่างวันที่ 18-20 พฤศจิกายน 2546. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. น.144-155.
- ชาญชัย แสงโชติสวัสดิ์ และ เมธี เอกะสิงห์. 2546. การพัฒนาหน่วยแผนที่การจัดการดินเพื่อการเกษตรในระบบภูมิสารสนเทศ. ใน การประชุมวิชาการ “การแผนที่และภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2546: การสำรวจและการแผนที่กับการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน” ระหว่างวันที่ 18-20 พฤศจิกายน 2546. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. น.72-85.

พนมศักดิ์ พรหมบุรุษย์ และ เมธี เอกะสิงห์. 2539. โครงสร้างระบบเรียกใช้ข้อมูลดินและความเหมาะสมของดิน. MCC Agricultural Technical Report No.40. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธี เอกะสิงห์, ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, ปิ่นเพชร สกุลส่องบุญศิริ, วรวิรุภรณ์ วีระจิตต์ และ ประภัสสร พันธุ์สมพงษ์. 2548. การจัดทำฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานเพื่อสนับสนุนการจัดการทรัพยากร. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น.13-36.

Batjes, N.H. 1996. Development of a world data set of soil water retention properties using pedotransfer rules. *Geoderma* 76:31-52.

Li, R. 2000. Data Models for Marine and Coastal Geographic Information Systems. In Wright, D. and D. Bartlett (eds.). Marine and Coastal Geographical Information Systems. London: Taylor & Francis, pp.25-37.

MacDonald, A. 2001. Building a Geodatabase. California: Environmental Systems Research Institute.

Maidment, D.R. (ed.). 2002. Arc Hydro: GIS for Water Resource. California: ESRI Press.

McBratney, A.L., B. Minasny, S.R. Cattle and R.W. Vervoort. 2002. From pedotransfer functions to soil inference systems. *Geoderma* 109: 41-73.

Zeiler, M. 1999. Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design. California: ESRI Press.

ระบบประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินแบบค่าต่อเนื่อง

เฉลิมพล สำนวนพงษ์¹ และ เมธี เอกะสิงห์²

คำนำ

การตัดสินใจใช้ประโยชน์ที่ดินจำเป็นต้องพิจารณาผลิตภาพของที่ดินและผลกระทบต่อความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม นอกจากนี้จำเป็นต้องอาศัยหลักการและวิธีการที่ดีในการประเมินความเหมาะสมของที่ดินเพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจเลือกใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินความเหมาะสมของที่ดินมีหลายวิธีการขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ ความต้องการทั้งปริมาณและคุณภาพของข้อมูล ตลอดจนระบบภูมิสารสนเทศที่ใช้กันอยู่ในองค์กร (Malczewski, 2004) การประเมินคุณภาพที่ดินแบบต่อเนื่อง (Fuzzy land evaluation) เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับการนำมาพัฒนาขึ้น เพื่อลดการสูญเสียข้อสนเทศที่มีประโยชน์ในกระบวนการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์โดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบภูมิสารสนเทศ การพัฒนาระบบประเมินคุณภาพที่ดินแบบต่อเนื่องมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมที่ทำงานร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS) ให้สามารถสนับสนุนการประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินโดยมีผลลัพธ์เป็นค่าต่อเนื่อง ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินได้มาจากฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นในโครงการ ครส. ภาคเหนือตอนบน หรือ ครส. ล้านนา ผลการประเมินที่เป็นค่าต่อเนื่องจะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดินซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการจัดการที่เหมาะสมของแต่ละหน่วยที่ดินซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการตัดสินใจใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ

การประเมินคุณภาพที่ดินแบบฟัซซี

วัตถุประสงค์ของการประเมินคุณภาพที่ดินโดยใช้หลักลอจิกฟัซซี (Fuzzy logic) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของการประเมินคุณภาพที่ดินแต่ละหน่วยแผนที่ดิน (Land Mapping Unit, LMU) เป็นค่าต่อเนื่อง และไม่ทำให้คุณภาพที่ดินไม่ถูกจำกัดโดยค่าสมบัติของที่ดิน (Land Characteristic, LC) ตัวใดตัวหนึ่ง ผลลัพธ์ของการประเมินโดยใช้ลอจิกฟัซซีจะได้เป็นค่าความเป็นสมาชิกภาพ (Fuzzy membership function, μ) ซึ่งอาจแปลงเป็นค่าดัชนีหรือระดับชั้นความเหมาะสมของที่ดินได้ในที่สุด โดยอาศัยการเปรียบเทียบคุณภาพของที่ดิน (Land Quality, LQ) กับความต้องการ (Land Use Requirement, LUR) ของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Utilization Type, LUT) แต่ละประเภท

¹ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การคำนวณค่า μ ของแต่ละ LQ ตลอดจนการรวมค่าสมาชิกภาพโดยรวมสามารถทำได้ 2 วิธีการหลักคือ (1) คำนวณจากฟังก์ชันและพารามิเตอร์การตอบสนองของพืช และ (2) คำนวณค่าสมาชิกภาพจากแบบจำลองความคล้ายคลึง (Similarity model)

คำนวณจากฟังก์ชันและพารามิเตอร์การตอบสนองของพืช

การประเมินโดยวิธีการนี้อาศัยหลักการที่ว่าพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อปัจจัยวินิจฉัยแต่ละปัจจัยที่แตกต่างกัน เช่น ปฏิกิริยาดิน (pH) เมื่อดินมีสภาพความเป็นกรดหรือด่างเล็กน้อยเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช ในขณะที่ความเป็นกรดหรือด่างสูงจะจำกัดการเจริญเติบโตของพืช การตอบสนองดังกล่าวมีลักษณะความสัมพันธ์เป็นรูปประฆังคว่ำแบบสมมาตร ในขณะที่ปัจจัยอื่น เช่น ระดับความลึกของดิน ซึ่งดินที่มีความลึกมากขึ้นย่อมส่งผลดีต่อการปลูกพืช เป็นต้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถสร้างเป็นฟังก์ชันการตอบสนองของพืชได้หลากหลาย ดังนั้น หากทราบฟังก์ชันการตอบสนองของพืชจากงานวิจัยหรือประสบการณ์จะสามารถคำนวณค่า μ ของแต่ละ LQ สำหรับแต่ละ LUT และ LMU ได้ (Baja et al., 2002; Burrough, 1989)

ค่าความเป็นสมาชิกภาพของแต่ละปัจจัยวินิจฉัยสามารถนำมารวมกันตามฟังก์ชัน Joint Membership Function (JMF) โดยใช้สมการที่ (4-1)

$$JMF(x) = \lambda_1 \mu(x)_1 + \lambda_2 \mu(x)_2 + \dots + \lambda_n \mu(x)_n \quad (4-1)$$

เมื่อ $JMF(x)$ = Joint Membership Function ของแต่ละปัจจัยวินิจฉัย

$\lambda_{1..n}$ = ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยวินิจฉัย

n = เลขแสดงจำนวนปัจจัยที่ใช้ในแต่ละการประเมิน

ทั้ง $JMF(x)$, $\lambda_{1..n}$ และ $\mu(x)_{1..n}$ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1.0 (Malczewski, 1999; Baja et al., 2002)

คำนวณค่าสมาชิกภาพจากแบบจำลองความคล้ายคลึง (Similarity model)

วิธีการนี้ได้รับการพัฒนาโดย Wang et al. (1990) ซึ่งได้สร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ฟัซซี (Fuzzy Rational Model) เพื่อใช้กับข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับประเมินความเหมาะสมของที่ดินโดยตั้งอยู่บนหลักการของแบบจำลองความสัมพันธ์ความคล้ายคลึง (Similarity Rational Model)

ในการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชที่เฉพาะเจาะจง ดัชนีของความเหมาะสมสามารถประเมินได้จากการเปรียบเทียบสมบัติของที่ดินของแต่ละหน่วยที่ดินกับความต้องการของพืช (LUR) แต่ละประเภท โดยคำนวณเป็นค่าเวกเตอร์ของระยะยูคลิเดียน (Euclidean distance) เพื่อใช้เป็นค่าวัดความคล้ายคลึงกันระหว่างคุณภาพที่ดินและความต้องการของพืชสำหรับแต่ละระดับชั้นความเหมาะสม

Wang et al. (1990) ได้จำแนกสมบัติของที่ดิน (x) จำนวน n ชนิด $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ออกเป็น m ระดับความเหมาะสม $\mu_i = (\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{in})$ สำหรับพืชที่เจาะจง และใช้ระยะทางยูคลิดี้นเพื่อประเมินความคล้ายคลึงกันระหว่างสมบัติที่ดินกับความต้องการของพืชในแต่ละระดับชั้นความเหมาะสม ถ้าค่าระยะทางยูคลิดี้นยิ่งน้อย สมบัติของที่ดินใน LMU จะคล้ายคลึงกับสมบัติที่ดินที่เป็นตัวแทนของระดับชั้นความเหมาะสมนั้นๆ ค่าระยะทางยูคลิดี้น (d_E) ระหว่างเวกเตอร์ ($\bar{x}$) และเวกเตอร์ของสมบัติที่ดินอันเป็นตัวแทนของแต่ละระดับชั้นความเหมาะสม (μ_c) คำนวณได้จากสมการที่ (4-2) และ (4-3)

$$d_E(\bar{x}, \mu_c) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j - \mu_{cj})^2} \quad (4-2)$$

$$= \sqrt{(x_j - \mu_{cj})^T (x_j - \mu_{cj})} \quad (4-3)$$

Ahamed et al. (2000) ได้ดัดแปลงสมการที่ (4-2) โดยการพิจารณาถ่วงน้ำหนัก (W_j) ให้กับสมบัติที่ดิน (J) ตามสมการที่ (4-4)

$$d_E(\bar{x}, \mu_c) = \sqrt{\left[\sum_{j=1}^n W_j^2 (x_j - \mu_{cj})^2 \right]} \quad (4-4)$$

จากนั้นจึงคำนวณค่าสมาชิกภาพพืช ($f_c(\bar{x})$) ของแต่ละระดับชั้นความเหมาะสมจากสมการที่ (4-5)

$$f_c(\bar{x}) = \frac{1}{d_E(\bar{x}, \bar{\mu}_c)} \quad (4-5)$$

เมื่อ $f_c(\bar{x})$ คือค่าสมาชิกภาพของหน่วยที่ดิน (x) ในชั้นความเหมาะสม (c) และ m เป็นจำนวนระดับชั้นความเหมาะสมที่ใช้ประเมินคุณภาพที่ดิน

ในวิธีหานี้แต่ละชนิดพืชที่ทำการประเมินจะมีการคำนวณค่าสมาชิกภาพจำนวน 4 ค่าตามชั้นความเหมาะสม 4 ช่วงชั้น ได้แก่ ชั้นที่มีความเหมาะสมมาก (S1) ชั้นที่มีความเหมาะสมปานกลาง (S2) ชั้นที่มีความเหมาะสมน้อย (S3) และ ไม่เหมาะสม (N) ชั้นที่มีค่าความเหมาะสมสูงสุดจะถูกนำมาใช้เป็นค่าดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดินหน่วยนั้นๆ เมื่อใช้สำหรับปลูกพืชที่เจาะจงในการประเมิน ซึ่งค่าดัชนีที่ได้จะสัมพันธ์กับระดับผลผลิตที่ได้ในแต่ละหน่วยที่ดินดังกล่าว

นอกจากจะประเมินแบบเจาะจงพืชแล้ว อาจใช้วิธีการนี้ในการประเมินคุณภาพที่ดินเชิงสัมพัทธ์ (Relative suitability) เพื่อต้องการผลลัพธ์ที่ระบุได้ว่าแต่ละ LMU เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทใดมากที่สุด โดยอาศัยหลักการคำนวณที่เสนอโดย Wang et al. (1990) ดังสมการที่ (4-6)

$$R_i \bar{x} = \frac{S(\bar{x}, i)}{\sum_{j=c} S(\bar{x}, j)} \quad (4-6)$$

เมื่อ $R_i(\bar{x})$ = ระดับความเหมาะสมเชิงสัมพัทธ์

$S(\bar{x}, i)$ = ระดับความเหมาะสมของแต่ละหน่วยที่ดินสำหรับการใช้ที่ดิน i

$S(\bar{x}, j)$ = ระดับความเหมาะสมของแต่ละหน่วยที่ดินทุกประเภทการใช้ที่ดิน

วิธีการฟังก์ชันและพารามิเตอร์การตอบสนองของพืชที่กล่าวมาข้างต้นมีข้อดีที่สามารถคำนวณดัชนีความเหมาะสมเป็นค่าต่อเนื่องหรือเป็นระดับชั้นความเหมาะสมได้ แต่ข้อจำกัดคือต้องทราบฟังก์ชันการตอบสนองของพืชที่มีต่อคุณภาพที่ดินแต่ละประเภท สำหรับวิธีการคำนวณค่าสมาชิกภาพจากแบบจำลองความคล้ายคลึงสามารถให้ผลการประเมินและจำแนกช่วงชั้นความเหมาะสมของที่ดินได้ทันทีที่มีการคำนวณเสร็จสิ้น แต่วิธีการดังกล่าวไม่สามารถบ่งบอกถึงลักษณะที่เป็นข้อจำกัดบางประการของแต่ละหน่วยแผนที่ได้ ดังนั้นทั้งสองวิธีการจึงมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน หากใช้ข้อดีของวิธีการคำนวณดัชนีจากฟังก์ชันและพารามิเตอร์การตอบสนองของพืชที่มีต่อปัจจัยวินิจฉัยแต่ละชนิด ซึ่งจะทำให้ทราบลักษณะที่เป็นข้อจำกัดบางประการของที่ดินแต่ละหน่วย โดยแบ่งช่วงค่าของความต้องการการใช้ที่ดินแต่ละประเภทตามลักษณะของแบบจำลองความคล้ายคลึง ก็จะสามารถสร้างดัชนีความเหมาะสมของที่ดินได้

สำหรับการประเมินคุณภาพที่ดินในประเทศไทยซึ่งดำเนินการโดยกรมพัฒนาที่ดิน โดยใช้วิธีการประเมินคุณภาพที่ดินตามกรอบของ FAO (1976) แสดงผลลัพธ์ของคุณภาพที่ดินแต่ละประเภทเป็นตัวเลขแล้วคำนวณค่าดัชนีความเหมาะสมรวมโดยวิธีการคูณ ซึ่งได้กำหนดช่วงค่าของระดับความเหมาะสมไว้ดังนี้คือ ช่วงค่า 0.8-1.0 จัดอยู่ในชั้นเหมาะสมมาก (S1) ช่วงค่า 0.4-0.8 อยู่ในชั้นเหมาะสมปานกลาง (S2) ช่วงค่า 0.2-0.4 อยู่ในชั้นเหมาะสมน้อย (S3) และช่วงค่า 0.0-0.2 อยู่ในชั้นไม่เหมาะสม (N) (บันทึกและคำรณ, 2542) วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดในความไม่ต่อเนื่องของระดับความเหมาะสมของที่ดิน โดยข้อมูลจะถูกจำกัดค่าคะแนนอยู่ที่ 1.0, 0.8, 0.5 และ 0.0 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การคำนวณของกรมพัฒนาที่ดินสามารถบ่งชี้ข้อจำกัดของหน่วยที่ดินได้ตามปัจจัยวินิจฉัยแต่ละประเภท

เพื่ออาศัยข้อมูลความต้องการด้านพืชที่เหมาะสมกับประเทศไทย และพัฒนาวิธีการคำนวณค่าระดับความเหมาะสมของกรมพัฒนาที่ดินให้มีความต่อเนื่องกัน ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการใช้ฟังก์ชัน S-membership ในการคำนวณค่าสมาชิกภาพจากสมบัติดิน (x) (Sicat et al., 2005) โดยหลักการของ Robinson (2003) ดังสมการที่ (4-7) และสมการที่ (4-8)

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0, & x \in [-\infty, \alpha] \\ 2[(x - \alpha)/(\gamma - \alpha)]^2, & x \in [\alpha, \beta] \\ 1 - 2[(x - \beta)/(\gamma - \alpha)]^2, & x \in [\beta, \gamma] \\ 1, & x \in [\gamma, +\infty] \end{cases} \quad (4-7)$$

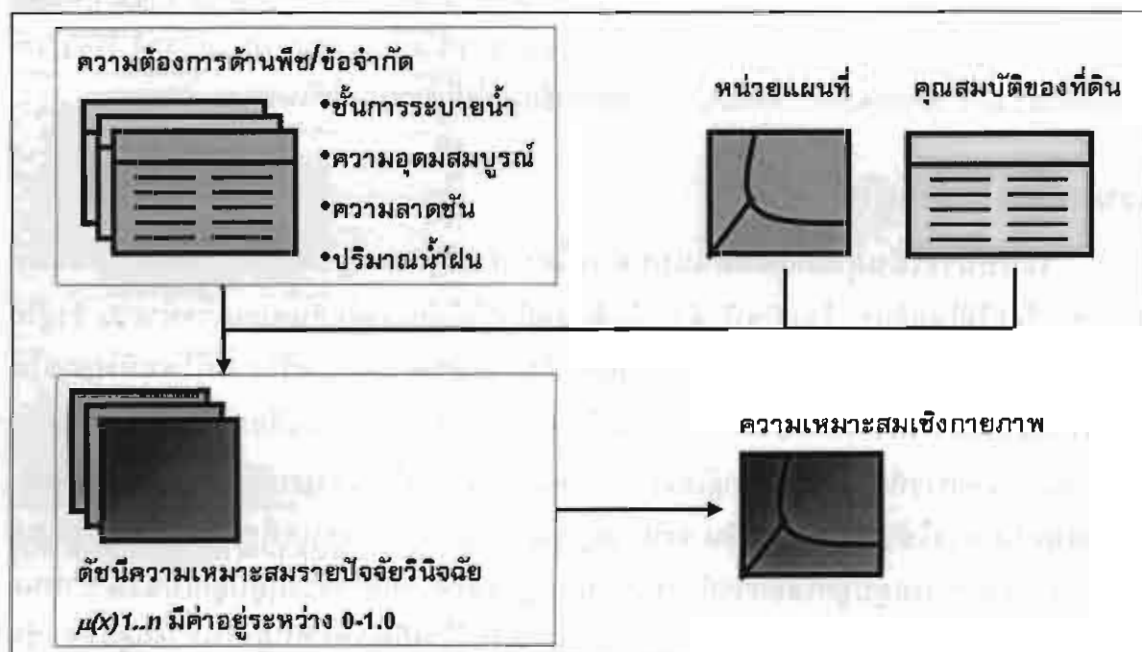
หรือ

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1, & x \in [-\infty, \alpha] \\ 1 - 2[(x - \alpha)/(\gamma - \alpha)]^2, & x \in [\alpha, \beta] \\ 2[(x - \beta)/(\gamma - \alpha)]^2, & x \in [\beta, \gamma] \\ 0, & x \in [\gamma, +\infty] \end{cases} \quad (4-8)$$

สมการที่ (4-7) เป็นการคำนวณค่าดัชนีความเหมาะสมของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของดินแบบยิ่งมามากยิ่งดี และสมการที่ (4-8) ใช้สำหรับคำนวณความเหมาะสมสำหรับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์แบบยิ่งน้อยยิ่งดี ผู้วิจัยจึงได้ปรับวิธีการคำนวณค่าดัชนีความเหมาะสมให้สอดคล้องกับองค์ความรู้ด้านความต้องการของพืชที่กรมพัฒนาที่ดินได้จัดช่วงชั้นคะแนนตามระดับความเหมาะสมไว้ ค่าความเป็นสมาชิกภาพของแต่ละปัจจัยวินิจฉัยสามารถนำมารวมกันตามสมการที่ (4-1) เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีความเหมาะสมโดยรวมของแต่ละหน่วยแผนที่ดิน

องค์ประกอบของระบบ

ระบบการประเมินคุณภาพที่ดินแบบต่อเนื่องมีส่วนประกอบหลักดังรูปที่ 4-1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4-1 องค์ประกอบของระบบประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดิน

ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ เป็นหน่วยแผนที่เพื่อการประเมิน (Land Mapping Unit, LMU) หน่วยแผนที่ที่ใช้ในการประเมินสร้างจากข้อมูลกลุ่มชุดดินที่ได้รับการจัดเก็บในรูปแบบ Geodatabase ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของชุดดินตัวแทน (ประภัสสรและเมธี, 2548) แต่ละหน่วยได้รับการกำหนดหมายเลขกำกับหน่วยแผนที่ที่เฉพาะเจาะจงเพื่อใช้ในการเชื่อมโยงกับข้อมูลภูมิอากาศ (เมธี และคณะ, 2548) ข้อมูลดังกล่าวได้นำมาใช้ในการประเมินคุณภาพที่ดินด้านระบอบอุณหภูมิตามปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูปลูก นอกจากนี้ข้อมูลยังได้รับการซ้อนทับกับข้อมูลขอบเขตชลประทาน (เมธีและวัฒนา, 2548) เพื่อจำแนกแหล่งน้ำต้นทุนสำหรับแต่ละหน่วยแผนที่

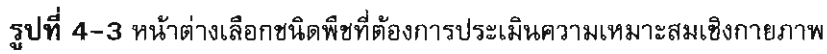
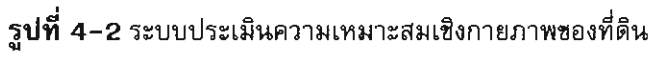
ฐานข้อมูลอธิบายหน่วยแผนที่ ประกอบด้วย 2 ฐานข้อมูลคือ สมบัติของชุดดินตัวแทนซึ่งจัดเก็บสมบัติของดินทั้งทางกายภาพและเคมีและสมบัติทางด้านภูมิอากาศจัดเก็บให้อยู่ในรูปตารางความสัมพันธ์ซึ่งเชื่อมโยงกับ LMU แต่ละหน่วย

ฐานข้อมูลความต้องการของการใช้ที่ดิน จัดเก็บพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณคุณภาพที่ดินซึ่งแต่ละชนิดการใช้ที่ดินมีความแตกต่างกัน โดยดัดแปลงจากคู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (บัณฑิตและคำรณ, 2542)

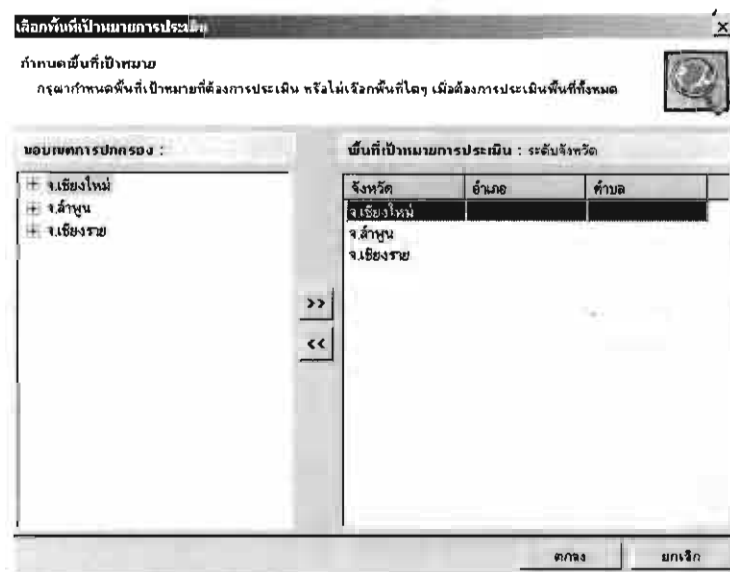
โปรแกรมวิเคราะห์และประมาณค่าความเหมาะสมเชิงกายภาพ เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา Microsoft Visual Basic (VB) เวอร์ชัน 6.0 ซึ่งสามารถทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows มีกรอบโต้ตอบกับผู้ใช้ในรูปแบบ GUI เป็นภาษาไทย โปรแกรมนี้ทำหน้าที่คำนวณดัชนีความเหมาะสมตามวิธีการที่ได้ยกตัวอย่างในข้างต้น ซึ่งสามารถแสดงผลการคำนวณเป็นแผนที่ในตัวโปรแกรม อย่างไรก็ตาม โปรแกรมไม่ได้จัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ ดังนั้นจึงไม่สามารถซ้อนทับกับชั้นข้อมูลอื่นได้ หากผู้ใช้ต้องการนำผลการประเมินไปแสดง วิเคราะห์ หรือสืบค้นร่วมกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น สามารถนำข้อมูลไปใช้งานต่อได้ในระบบ รสทก.

ระบบเชื่อมโยงกับผู้ใช้

ระบบประเมินคุณภาพที่ดินแบบต่อเนื่อง (FuzzySuit) (รูปที่ 4-2) เป็นโปรแกรมที่สามารถเรียกใช้โดยอิสระ โดยมีหน้าต่างเพื่อติดต่อกับผู้ใช้เป็นลำดับขั้นตอนการทำงาน ซึ่งผู้ใช้สามารถเริ่มต้นใช้งานได้ที่เมนู **คุณภาพที่ดินเชิงกายภาพ** เลือก **สร้าง-แก้ไขชนิดการใช้ประโยชน์ที่ดิน** กรอบโต้ตอบจะปรากฏขึ้นดังรูปที่ 4-3 ผู้ใช้สามารถเลือกชนิดพืชที่ต้องการประเมินจากรายการที่มีอยู่แล้ว หากผู้ใช้ต้องการเพิ่มรายการพืชใหม่สามารถสร้างได้โดยการคลิกปุ่ม **เพิ่มชนิดการใช้ประโยชน์ที่ดิน** จะปรากฏหน้าต่างสำหรับกำหนดพืชที่ต้องการสร้างใหม่ ผู้ใช้ต้องกำหนดช่วงฤดูปลูกโดยการกำหนดเดือนปลูกและความยาวช่วงฤดูปลูกเป็นวัน กำหนดระดับการจัดการ และแหล่งน้ำเพื่อการเพาะปลูก หากผู้ใช้เลือกพืชที่ปลูกในช่วงฤดูแล้ง เช่น กระเทียม หอมหัวใหญ่ และมันฝรั่ง เป็นต้น โปรแกรมจะกำหนดแหล่งน้ำเป็นระบบชลประทานโดยอัตโนมัติ (รูปที่ 4-4)



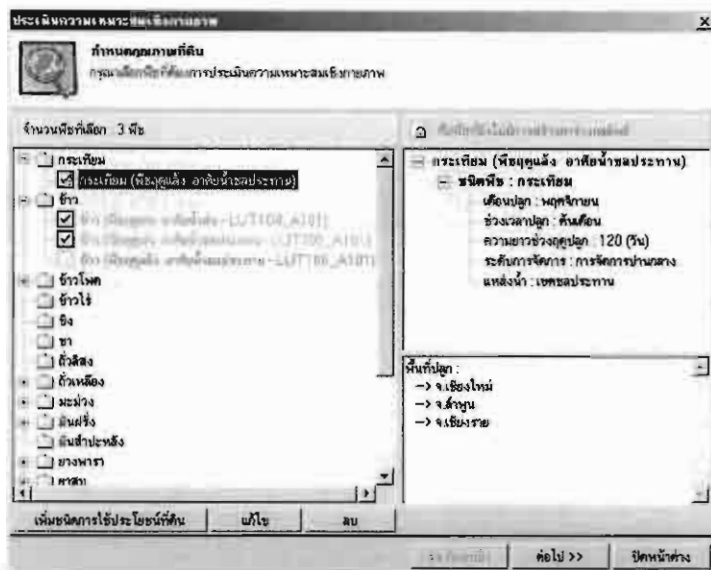
ในหน้าต่างการกำหนดสมบัติพืช ผู้ใช้สามารถกำหนดพื้นที่ศึกษาที่เฉพาะเจาะจงตามขอบเขตการปกครองได้โดยกดปุ่ม **กำหนดพื้นที่ประเมิน** หน้าต่างกำหนดพื้นที่เป้าหมายจะปรากฏขึ้น (รูปที่ 4-5) กรอบรายการแผนภูมิต้นไม้ด้านซ้ายมือจะแสดงขอบเขตการปกครองตั้งแต่ระดับจังหวัด อำเภอ และตำบล ตามลำดับ ผู้ใช้สามารถเลือกข้อมูลที่จะรายการ แล้วกดปุ่ม >> เพื่อส่งรายการที่เลือกไปยังกรอบรายการด้านขวามือ เมื่อผู้ใช้เลือกข้อมูลระดับใดระดับหนึ่งเป็นข้อมูลชุดแรก เช่น ข้อมูลระดับตำบล ผู้ใช้สามารถเลือกข้อมูลระดับตำบลได้ในชุดต่อไปโดยไม่สามารถเลือกข้อมูลระดับอำเภอหรือจังหวัดได้ หากผู้ใช้ต้องการลบข้อมูลใดๆ จากชุดข้อมูลที่ได้เลือกไว้แล้ว ให้เลือกรายการที่ต้องการลบรายการด้านขวามือ จากนั้นกดปุ่ม << หากผู้ใช้ไม่เลือกพื้นที่ใดๆ ระบบจะทำการประเมินคุณภาพที่ดินเชิงกายภาพทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา (เชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน)



รูปที่ 4-5 กำหนดพื้นที่เป้าหมาย

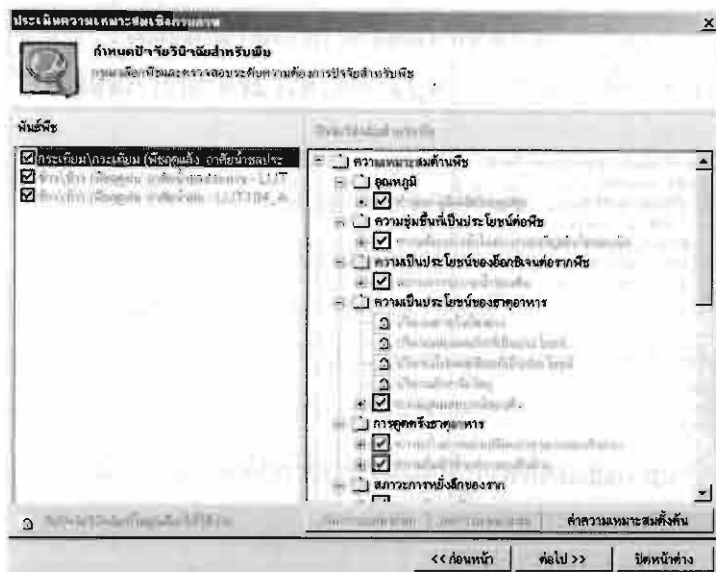
เมื่อเลือกพื้นที่ศึกษาและกำหนดสมบัติของพืชเรียบร้อยแล้ว หมายเลขกำกับชนิดพืชจะถูกสร้างขึ้นโดยอัตโนมัติ เมื่อหน้าต่างรายการชนิดพืชปรากฏขึ้น กรอบด้านซ้ายมือปรากฏรายการพืชที่สร้างขึ้นใหม่และรายการเดิมพร้อมหมายเลขกำกับที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบ สัญลักษณ์

๓ หน้าชนิดพืชหมายถึงพืชที่ยังไม่ได้ทำการประเมิน เมื่อผู้ใช้คลิกรายการชนิดพืชใดๆ ในกรอบดังกล่าว คำอธิบายสมบัติของชนิดพืชนั้นจะปรากฏในกรอบด้านขวามือ ผู้ใช้สามารถทำการแก้ไขหรือลบสมบัติของชนิดพืชได้จากปุ่ม **แก้ไข** และ **ลบ** ดังรูปที่ 4-6 และผู้ใช้สามารถเลือกพืชสำหรับประเมินได้ที่หลายพืชโดยเลือก check box หน้ารายการพืชนั้นๆ



รูปที่ 4-6 เลือกรายการชนิดพืชที่ต้องการประเมิน

เมื่อเลือกชนิดพืชที่ต้องการประเมินคุณภาพที่ดินแล้ว ให้ผู้ใช้คลิกปุ่ม **ต่อไป >>** หน้าต่างกำหนดปัจจัยวินิจฉัยสำหรับแต่ละพืชจะปรากฏขึ้นดังรูปที่ 4-7 กรอบด้านซ้ายมือแสดงรายการพืชที่ต้องการประเมิน แผนภูมิต้นไม้ในกรอบด้านขวามือจะแสดงรายการปัจจัยวินิจฉัยต่างๆ ตามประเภทคุณภาพที่ดินของพืชแต่ละชนิด ผู้ใช้สามารถคลิกเลือกรายการปัจจัยวินิจฉัยที่ต้องการหรือกดปุ่ม **ค่าความเหมาะสมตั้งต้น** เพื่อให้ระบบทำการกำหนดชนิดปัจจัยวินิจฉัยตามค่าตั้งต้นของระบบที่รวบรวมจากเอกสารทางวิชาการ (บัณฑิตและคำรณ, 2542; พันธุ์, 2547) ในแต่ละปัจจัยวินิจฉัยจะปรากฏช่วงชั้นความเหมาะสม ผู้ใช้สามารถเพิ่มความเหมาะสมได้ โดยการคลิกที่ปัจจัยวินิจฉัยนั้นๆ จากนั้นคลิกปุ่ม **เพิ่มความเหมาะสม** หากความเหมาะสมใดที่ผู้ใช้ไม่ต้องการสามารถลบได้โดยคลิกที่ระดับความเหมาะสมและคลิกที่ปุ่ม **ลบความเหมาะสม** และผู้ใช้ยังสามารถเปลี่ยนระดับความต้องการปัจจัยสำหรับพืชในแต่ละช่วงชั้นความเหมาะสมได้โดยการคลิกปุ่ม **แก้ไขความเหมาะสม** หรือ double click ที่ระดับความเหมาะสมที่ต้องการแก้ไขนั้นๆ ปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 4-8 เพื่อให้ผู้ใช้แก้ไขค่าต่ำสุดและสูงสุด คลิกปุ่ม **แก้ไข Rating** เพื่อบันทึกค่าที่แก้ไขใหม่ เมื่อกำหนดปัจจัยวินิจฉัยเพื่อทำการประเมินคุณภาพที่ดินเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้คลิกปุ่ม **ต่อไป >>**

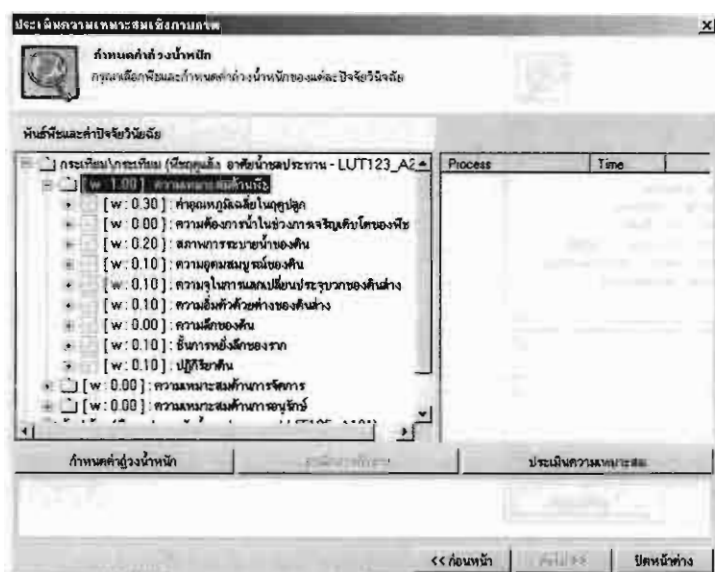


รูปที่ 4-7 กำหนดปัจจัยวินิจฉัยสำหรับแต่ละพืช

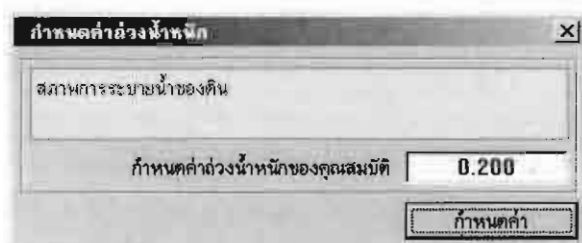


รูปที่ 4-8 หน้าต่างแก้ไขช่วงค่าต่ำสุดและสูงสุดของความต้อการปัจจัยสำหรับพืช

หน้าต่างต่อมาเป็นหน้าต่างสำหรับกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (รูปที่ 4-9) ระบบจะแสดงรายการปัจจัยวินิจฉัยที่ผู้ใช้เลือกพร้อมทั้งค่าถ่วงน้ำหนัก ผู้ใช้จะต้องกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักแสดงความสำคัญของแต่ละปัจจัยวินิจฉัย โปรแกรมจะแสดงค่าถ่วงน้ำหนักเป็นค่าตั้งต้น (Default) ผู้ใช้สามารถทำการแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม (รูปที่ 4-10) โดยกดปุ่ม กำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักสามารถทำได้เป็นลำดับขั้น โดยระดับที่ 1 เป็นการถ่วงน้ำหนักตามความต้องการของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ความเหมาะสมด้านพืช ความเหมาะสมด้านการจัดการ และความเหมาะสมด้านการอนุรักษ์ ระบบจะกำหนดค่าตั้งต้นไว้ที่ 0.6, 0.2 และ 0.2 ตามลำดับ ในระดับที่ 2 เป็นการถ่วงน้ำหนักในระดับสมบัติที่ดินในแต่ละกลุ่มความต้องการ ซึ่งผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักของสมบัติที่ดินของแต่ละระดับจะต้องได้เท่ากับ 1.0 หากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่ทำให้ผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักไม่เท่ากับ 1.0 ระบบจะไม่ทำการประเมินคุณภาพที่ดิน



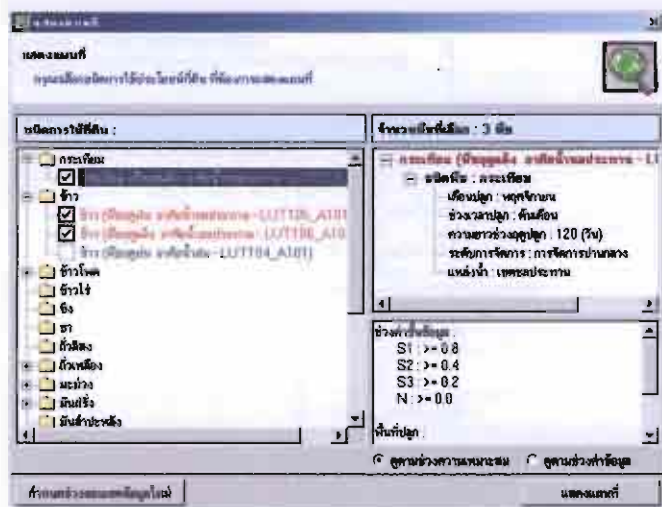
รูปที่ 4-9 หน้าต่างสำหรับกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยวิจัยก่อนการประเมินความเหมาะสม



รูปที่ 4-10 หน้าต่างแก้ไขค่าถ่วงน้ำหนักของคุณสมบัติที่ดิน

เมื่อผู้ใช้ทำการตรวจสอบข้อมูลแต่ละปัจจัยเรียบร้อยแล้ว ระบบจะทำการประเมินคุณภาพที่ดินหลังจากที่ผู้ใช้กดปุ่ม **ประเมินความเหมาะสม** โดยโปรแกรมจะเริ่มคำนวณข้อมูลตามลำดับคุณภาพที่ดินในแต่ละปัจจัยวิจัย คำนวณค่าดัชนีความเหมาะสมเชิงกายภาพ จัดชั้นความเหมาะสม จัดเก็บข้อมูลปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดในแต่ละหน่วยแผนที่ และบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล ซึ่งระยะเวลาในการประเมินขึ้นอยู่กับความเร็วของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล

ผลการประเมินสามารถนำมาแสดงผลเป็นแผนที่ได้ที่มีเมนู **แผนที่** เลือก **แสดงแผนที่** หน้าต่างรายการชนิดการใช้ที่ดิน (รูปที่ 4-11) ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกแสดงแผนที่ได้ทีละหลายพื้นที่ และสามารถเลือกแสดงแผนที่ได้ตามช่วงความเหมาะสม (เหมาะสมมาก ($S1 = 1.0-0.8$) ปานกลาง ($S2 = 0.8 - 0.4$) น้อย ($S3 = 0.4 - 0.2$) และไม่เหมาะสม ($N = 0.2 - 0$)) (บัณฑิตและคำรณ, 2542) หรือแสดงแผนที่ตามช่วงค่าข้อมูล ซึ่งเป็นค่าของดัชนีความเหมาะสม โดยถูกแบ่งออกเป็น 10 ช่วงชั้นข้อมูล ตั้งแต่ 0-1.0 สำหรับปุ่ม **กำหนดช่วงขอบเขตข้อมูลใหม่** ดังรูปที่ 4-11 ผู้ใช้สามารถกำหนดช่วงชั้นความเหมาะสมใหม่ได้ (รูปที่ 4-12) จากค่าความเหมาะสมตั้งต้นซึ่งโปรแกรมได้กำหนดไว้

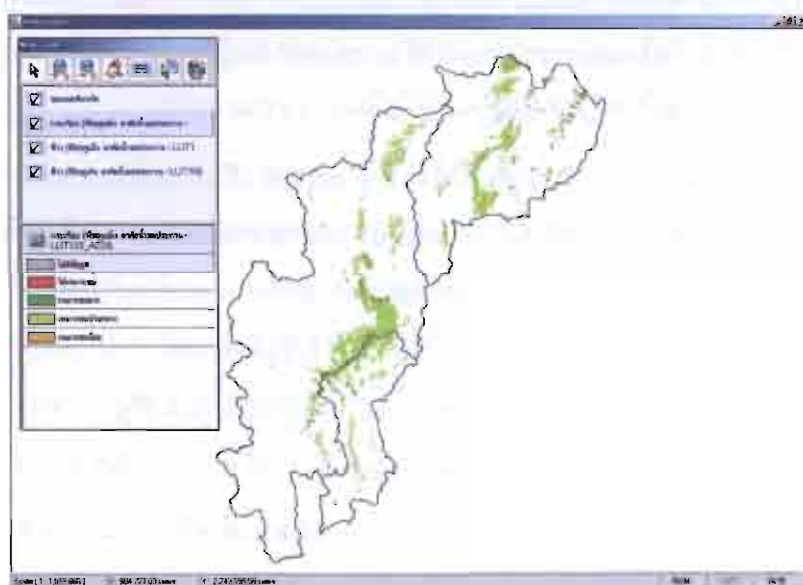


รูปที่ 4-11 การเลือกชนิดพืชที่ต้องการแสดงเป็นแผนที่ตามช่วงความเหมาะสมหรือตามช่วงค่าข้อมูล

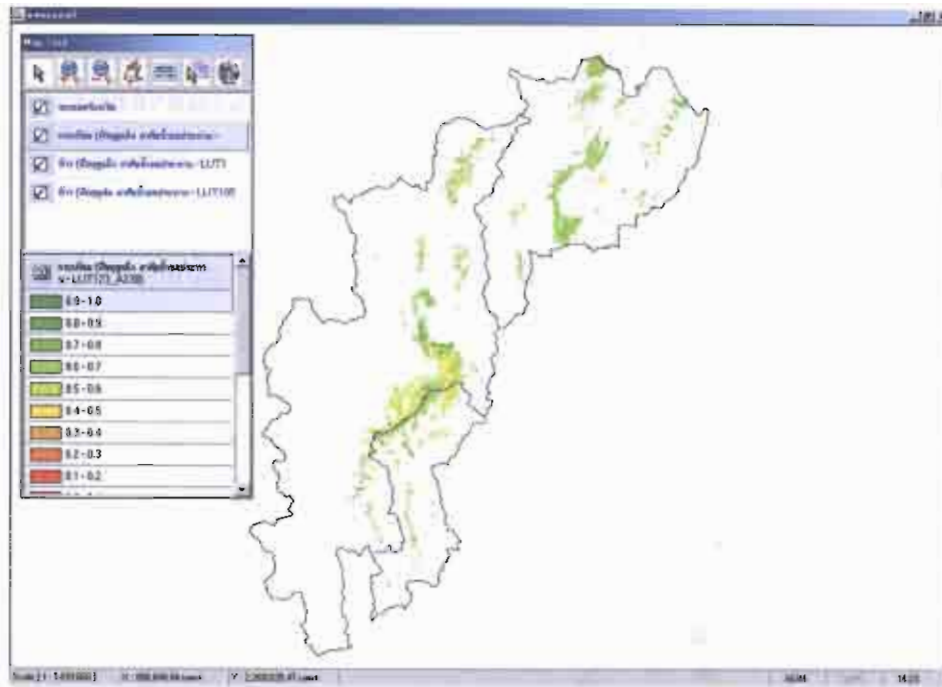


รูปที่ 4-12 หน้าต่างสำหรับแบ่งช่วงระดับความเหมาะสมใหม่

เมื่อเลือกพืชและชนิดแผนที่ที่แสดงเรียบร้อยแล้ว แผนที่ปรากฏขึ้นดังรูปที่ 4-13 สำหรับการแสดงแผนที่ตามช่วงความเหมาะสม และรูปที่ 4-14 สำหรับการแสดงแผนที่ตามช่วงค่าข้อมูล

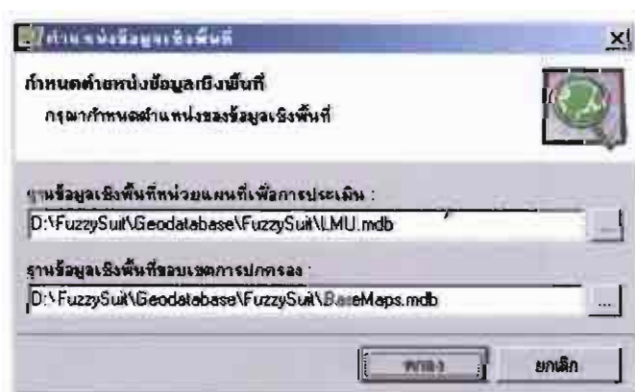


รูปที่ 4-13 แผนที่แบบร่างแสดงความเหมาะสมเชิงกายภาพเป็น 4 ระดับความเหมาะสม



รูปที่ 4-14 แผนที่แบบร่างแสดงผลการประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพ 10 ช่วงชั้นค่าข้อมูล

หากมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของฐานข้อมูลไว้ตำแหน่งอื่นนอกเหนือไปจากตำแหน่งที่ติดตั้งโปรแกรม ผู้ใช้ต้องทำการกำหนดตำแหน่งฐานข้อมูลไปยังตำแหน่งใหม่ โดยการเลือกเมนู **คุณภาพที่ดินกายภาพ** เลือก **กำหนดตำแหน่งข้อมูล** ปรากฏหน้าต่างสำหรับการกำหนดตำแหน่งของฐานข้อมูลหน่วยแผนที่เพื่อการประเมินและฐานข้อมูลขอบเขตการปกครอง ดังรูปที่ 4-15

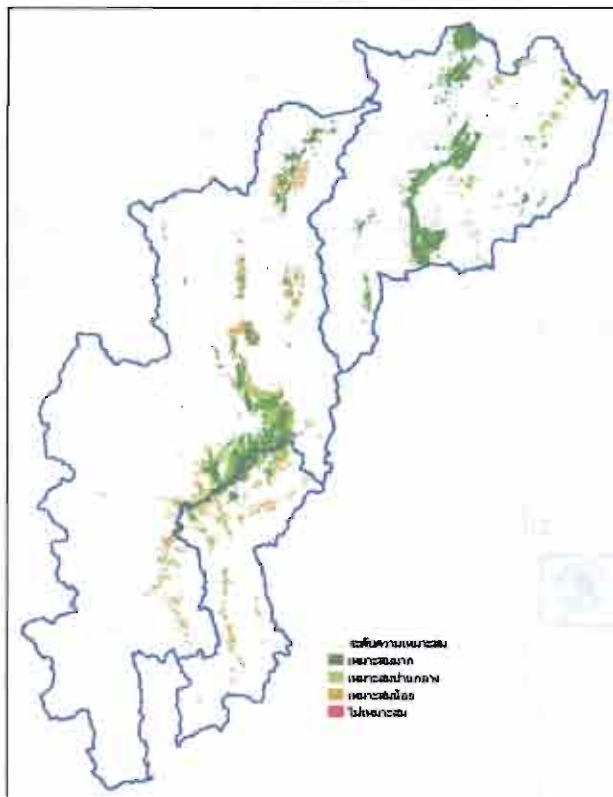


รูปที่ 4-15 การกำหนดตำแหน่งฐานข้อมูล

ผลการประเมินคุณภาพที่ดินเชิงกายภาพ

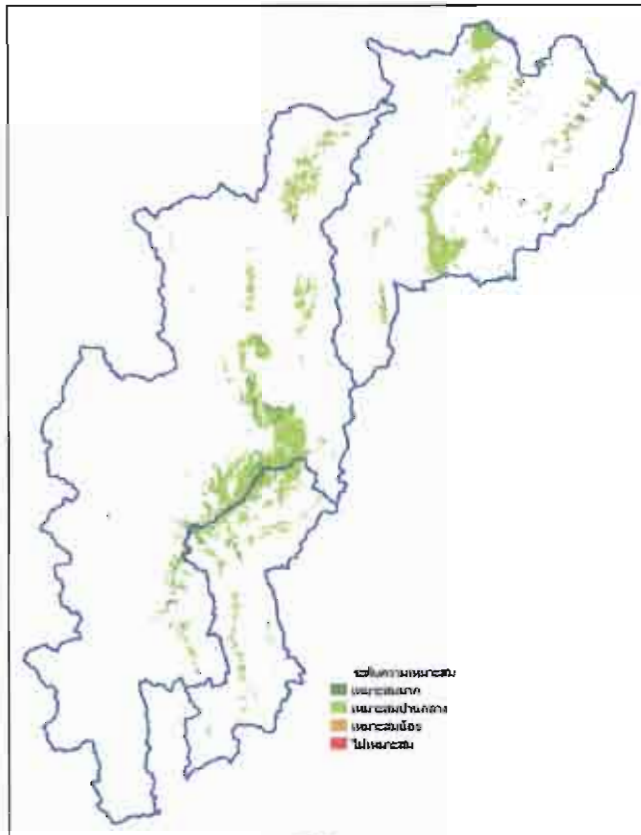
ระบบประเมินคุณภาพที่ดินที่พัฒนาในโครงการวิจัยนี้ มีการคำนวณค่าดัชนีความเหมาะสมที่เป็นค่าต่อเนื่อง ทำให้ลดข้อจำกัดความไม่ต่อเนื่องของข้อมูลในการประเมินคุณภาพที่ดินแบบเดิมได้

ผลการประเมินคุณภาพที่ดินแบบต่อเนื่องที่ได้รับการพัฒนาในโครงการนี้ สามารถให้ผลการประเมินคุณภาพที่ดินได้ดี โดยไม่สูญเสียข้อสนเทศที่มีความต่อเนื่องกันของดัชนีความเหมาะสม พร้อมกันนี้ยังสามารถแสดงข้อมูลในรูปแบบความเหมาะสม รูปที่ 4-16 เป็นการประเมินความเหมาะสมของการปลูกข้าวนาปี เริ่มปลูกต้นเดือนกรกฎาคม จะเห็นได้ว่าพื้นที่ที่มีความเหมาะสมส่วนใหญ่ตกอยู่ในเขตชลประทานที่มีการจัดการน้ำดี และยังมีความเหมาะสมในพื้นที่ราบของแต่ละจังหวัดลดหลั่นกันไปตามสภาพพื้นที่

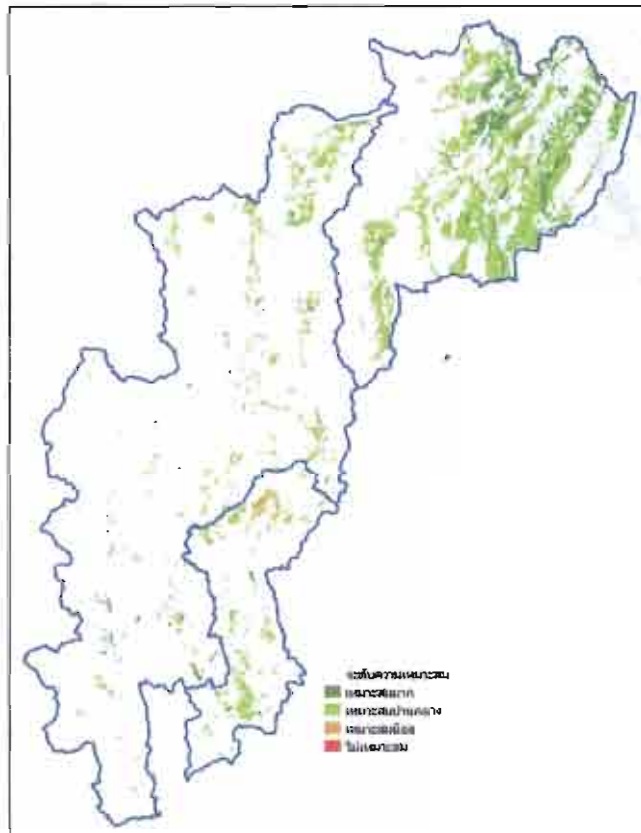


รูปที่ 4-16 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับการปลูกข้าว

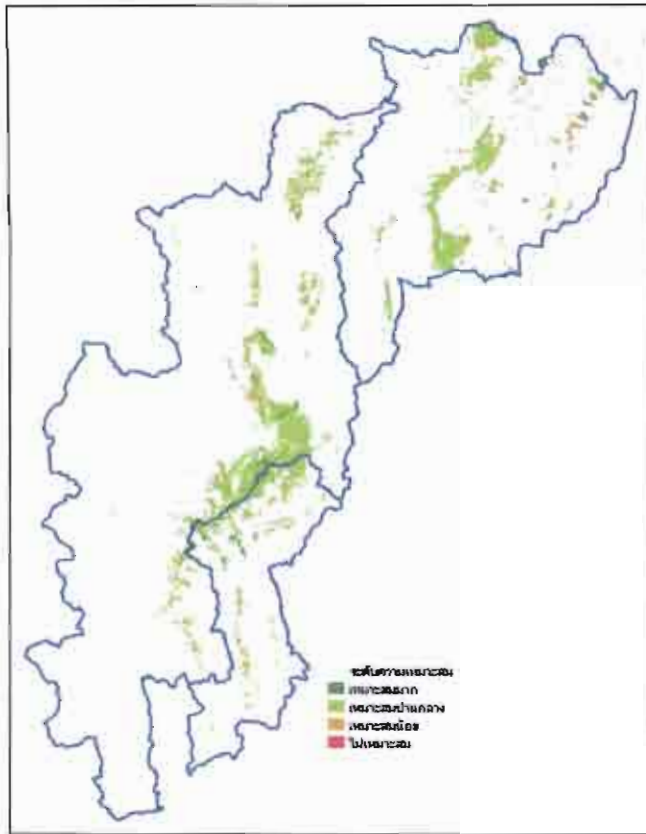
การกำหนดรายละเอียดการจัดการในการผลิตของชนิดการใช้ที่ดินแต่ละประเภท จะส่งผลต่อการประเมินคุณภาพที่ดิน รูปที่ 4-17 แสดงแผนที่ระดับความเหมาะสมของการปลูกกระเทียมในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวข้าว โดยเริ่มปลูกตั้งแต่ต้นเดือนพฤศจิกายน มีความยาวช่วงฤดูปลูก 120 วัน ระดับการจัดการปานกลาง ในเขตชลประทาน เป็นต้น นอกจากนี้ระบบยังได้ปรับปรุงการจัดระดับคุณภาพที่ดินแก่พืชเศรษฐกิจที่พบมากในพื้นที่ศึกษาดังตัวอย่างในรูปที่ 4-18 ถึงรูปที่ 4-26



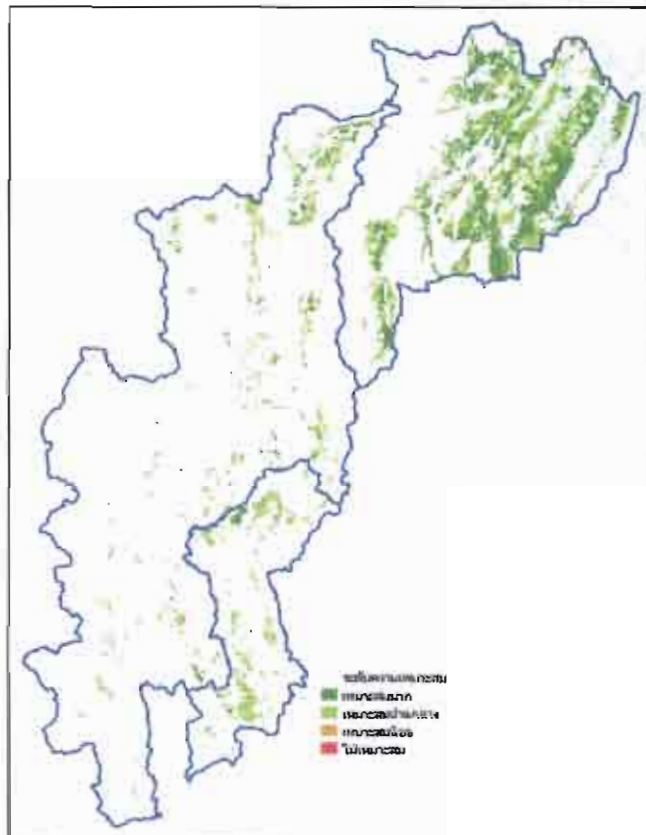
รูปที่ 4-17 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับการปลูกกระเทียม



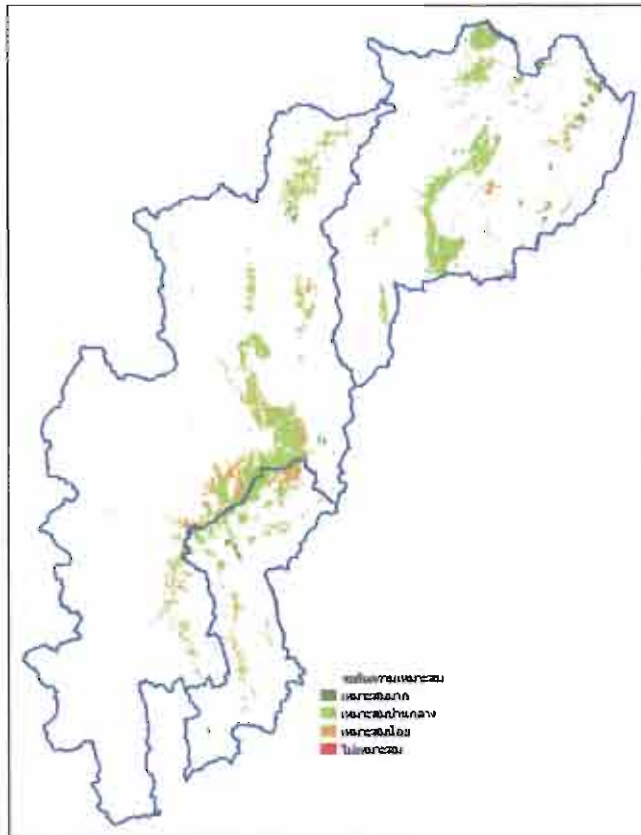
รูปที่ 4-18 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูฝน



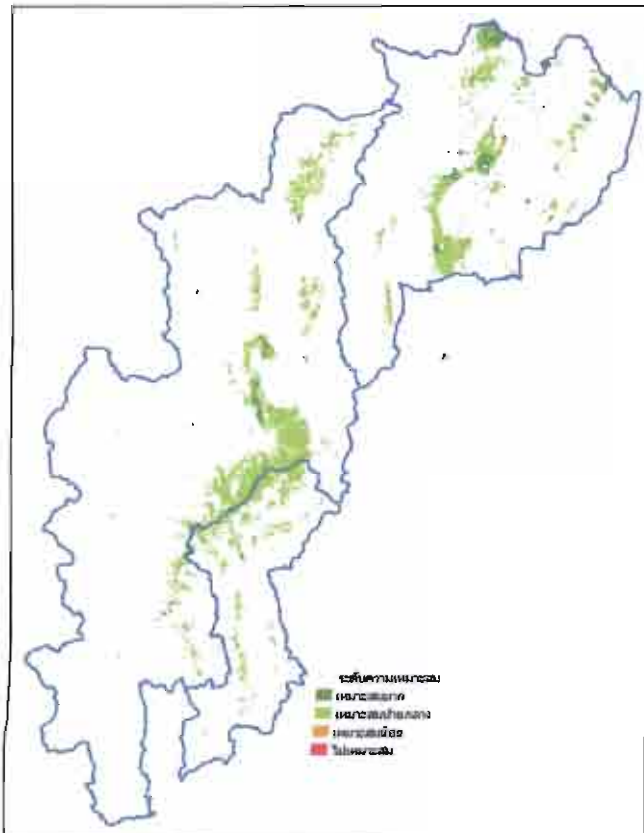
รูปที่ 4-19 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูแล้งเขตชลประทาน



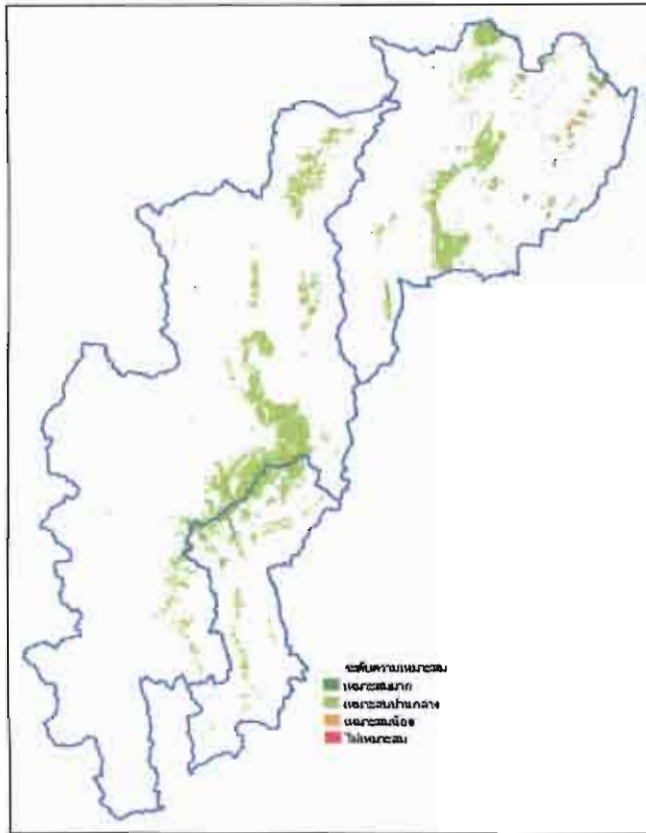
รูปที่ 4-20 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูฝน



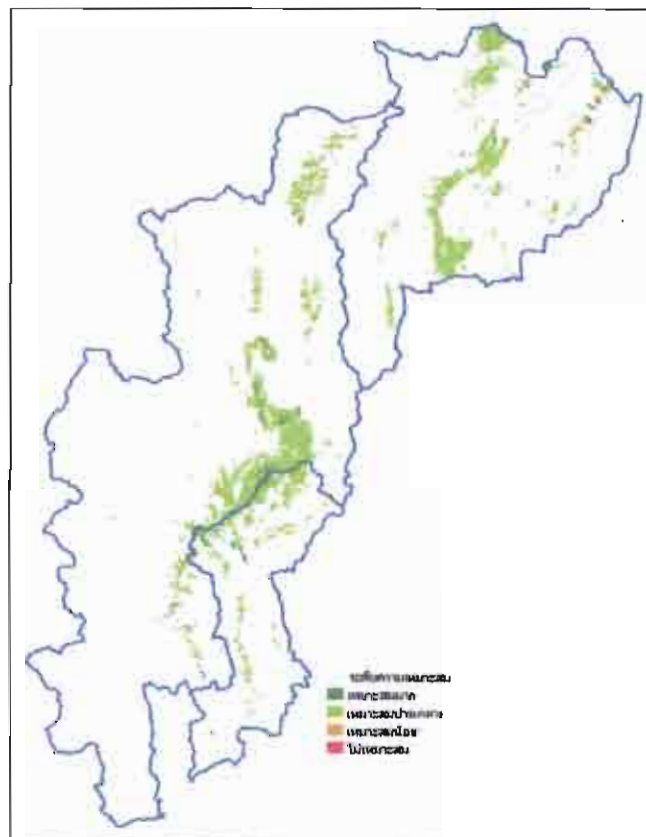
รูปที่ 4-21 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกกล้วยเหลืองฤดูแล้งเขตชลประทาน



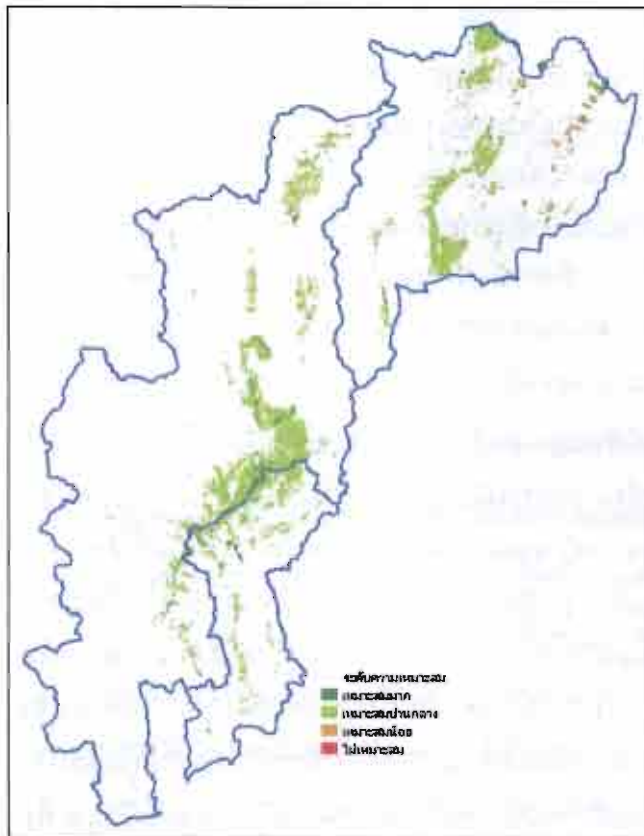
รูปที่ 4-22 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกหอมหัวใหญ่ฤดูแล้งเขตชลประทาน



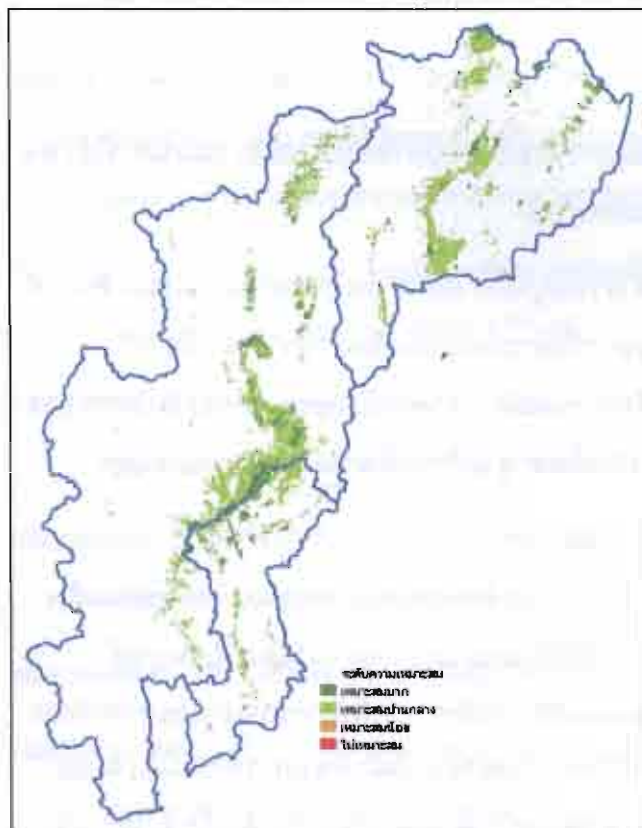
รูปที่ 4-23 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกมันฝรั่งฤดูแล้งเขตชลประทาน



รูปที่ 4-24 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกลำไย



รูปที่ 4-25 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกมะม่วง



รูปที่ 4-26 แผนที่ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกยางพารา

จากแผนที่ความเหมาะสมเชิงกายภาพในตัวอย่างข้างต้น จะพบว่าหลายพื้นที่ที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการผลิตพืชได้มากกว่าหนึ่งชนิด การพิจารณาตัดสินใจเลือกการใช้ประโยชน์ที่ดินชนิดใดจึงอาจตัดสินใจได้จากผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่า โดยอาศัยข้อมูลต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของแต่ละพืชได้จากผลการสำรวจและวิเคราะห์ผล โดยโครงการประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน (เบญจพรรณ และคณะ, 2548) ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทต่อไป

สรุป

การพัฒนาระบบประเมินคุณภาพที่ดินแบบค่าต่อเนื่องได้ประมวลองค์ความรู้ในการประเมินคุณภาพที่ดิน เพื่อเพิ่มความสามารถในการประเมินคุณภาพที่ดินทั้งในด้านกายภาพ โดยยึดหลักการประเมินตามกรอบแนวทางของ FAO องค์ความรู้ของกรมพัฒนาที่ดินที่ได้ทำการศึกษาการประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย และได้มีการดัดแปลงวิธีการคิดค่าดัชนีคุณภาพที่ดินเพื่อลดปัญหาการสูญเสียข้อสนเทศอันเกิดจากความไม่ต่อเนื่องของข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์จากการประเมินคุณภาพ ระบบการประเมินคุณภาพที่ดินเชิงกายภาพที่พัฒนาขึ้นจะทำงานร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศ ArcView 9 มีกรอบโต้ตอบกับผู้ใช้เป็นภาษาไทย การทำงานเป็นลำดับขั้นตอน และมีการเก็บรวบรวมองค์ความรู้ไว้ในฐานข้อมูลเพื่อเป็นค่าตั้งต้นสำหรับผู้ใช้ที่ยังไม่คุ้นเคย สามารถแสดงแผนที่แบบร่างได้ในระบบ และนำข้อมูลแผนที่ไปใช้ร่วมกับข้อมูลอื่นได้ในระบบ รสทก.

เอกสารอ้างอิง

บัณฑิต ดันศิริ และ คำรณ ไทรฟัก. 2542. คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดิน. กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เบญจพรรณ เอกะสิงห์, กุศล ทองงาม, อัญญา พรหมบุรณย์, ศุภกิจ สิ้นไชยกุล และ นฤมล ทินราช.

2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประภัสสร พันธสมพงษ์ และ เมธี เอกะสิงห์. 2548. แบบจำลองฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศของดินเพื่อการจัดการทรัพยากร. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น.37-50.

- พันธ์ ขำเกลี้ยง. 2547. คู่มือการจำแนกระดับความต้องการปัจจัยสำหรับพืชเศรษฐกิจรายพันธุ์. เอกสารวิชาการเลขที่ 07/01/47. ส่วนวางแผนการใช้ที่ดินที่ 1 สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เมธี เอกะสิงห์ และ วัฒนา พัฒนถาวร. 2548.ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศแหล่งน้ำชลประทานและพื้นที่รับน้ำในภาคเหนือตอนบน. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น.141-174.
- เมธี เอกะสิงห์, ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, ปิ่นเพชร สุกุลส่องบุญศิริ, วรวิรุภรณ์ วีระจิตต์ และ ประภัสสร พันธุ์สมพงษ์. 2548. การจัดทำฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานเพื่อสนับสนุนการจัดการทรัพยากร. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น.13-36.
- Ahamed, T.R.N., K. G. Rao, and J.S.R. Murthy. 2000. GIS-based fuzzy membership model for crop-land suitability analysis. *Agricultural Systems* 63: 75-95.
- Baja, S., D.M. Chapman, and D. Dragovich. 2002. A conceptual model for defining and assessing land management units using a fuzzy modeling approach in GIS environment. *Environmental Management* 29(5): 647-661.
- Burrough, P.A. 1989. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *Journal of Soil Science* 40(8): 477-492.
- FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. Soil Bulletin 32. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Malczewski, J. 2004. GIS-based land-use based suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning* 62: 3-65.
- Malczewski, J. 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Robinson, V.B. 2003. A perspective on the fundamentals of fuzzy sets and their in geographic information systems. *Transactions in GIS* 7: 3-30.

- Sicat, S.R., E.J.M. Carranza, and U.B. Nidumolu. 2005. Fuzzy modeling of farmer's knowledge for land suitability classification. *Agricultural Systems* 83: 49-75.
- Wang, F., G.B. Hall, and Subaryono. 1990. Fuzzy information and processing in conventional GIS software: database design and application. *International Journal Geographical Information System* 4: 261-283.

ระบบประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน

เฉลิมพล สำนัญพงษ์¹ เมธี เอกะสิงห์² และ เบญจพรรณ เอกะสิงห์³

คำนำ

การประเมินคุณภาพที่ดินเชิงกายภาพเป็นค่าต่อเนื่องในโครงการ "ระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง)" ได้พัฒนาวิธีการมาจากกรอบการประเมินคุณภาพที่ดินของ FAO (FAO, 1976) เพื่อลดการสูญเสียข้อสนเทศที่ได้จากการประเมินคุณภาพที่ดินในระบบภูมิสารสนเทศ ในกระบวนการดังกล่าวผู้ประเมินจะต้องระบุชนิดการใช้ที่ดิน (Land Utilization Type, LUT) ซึ่งเป็นทางเลือกในการใช้ที่ดินแต่ละชนิดอันประกอบด้วยระบบการปลูกพืช ช่วงเวลาปลูก วิธีการจัดการ และแหล่งน้ำ แล้วจึงทำการประเมินคุณภาพที่ดินโดยเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของที่ดิน เช่น สมบัติของดิน ภูมิอากาศ สภาพพื้นที่ และทรัพยากรน้ำของหน่วยแผนที่ กับความต้องการของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Requirement, LUR) แต่ละหน่วยแผนที่จะได้รับค่าคะแนนความเหมาะสมที่แตกต่างกันตามความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดิน ดังปรากฏในรายงานบทที่ผ่านมา

การประเมินความเหมาะสมของที่ดินเชิงกายภาพเพียงอย่างเดียว อาจไม่สามารถให้ข้อมูลเพียงพอสำหรับประกอบการตัดสินใจเลือกประเภทการใช้ที่ดิน เนื่องจากข้อจำกัดบางประการของที่ดินสามารถแก้ไขได้ถ้ามีการลงทุนปรับปรุงที่ดิน นอกจากนี้เป้าหมายในการผลิตต้นทุนการผลิตและราคาผลผลิตมีลักษณะเป็นพลวัต ซึ่งจะมีผลกระทบต่อผลตอบแทนจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและกระบวนการตัดสินใจวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการประเมินความเหมาะสมในเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน (Rossiter, 1995)

การประเมินคุณภาพที่ดินเชิงเศรษฐกิจเป็นการคาดการณ์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสุทธิในระบบการผลิตอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยทั่วไปเกษตรกรมีความต้องการที่จะได้รับผลตอบแทนสูงสุดจากการใช้ที่ดินแต่ละชนิดด้วยปัจจัยการผลิตที่ต่ำที่สุด (Dent and Young, 1981) อย่างไรก็ตามเป้าหมายในการใช้ประโยชน์ที่ดินของเกษตรกรยังมีความแตกต่างกัน เช่น ในระบบการผลิตเพื่อการยังชีพ เป้าหมายที่สำคัญของเกษตรกรคือความมั่นคงด้านอาหาร ในขณะที่ระบบการผลิตใน

¹ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

³ ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

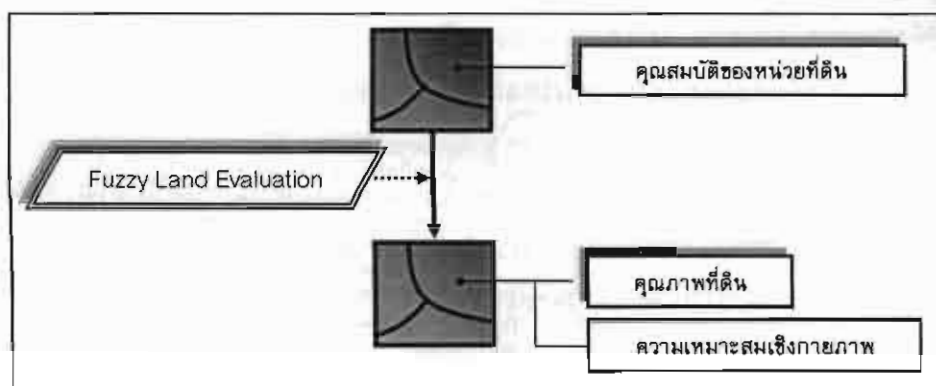
เชิงธุรกิจ เป้าหมายหลักได้แก่ผลกำไรสูงสุดจากการลงทุน การประเมินผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจ จึงเป็นวิธีการที่ช่วยในการเปรียบเทียบศักยภาพของที่ดินและการใช้ที่ดิน

ข้อจำกัดของที่ดินในแง่การผลิตพืชสามารถจัดหรือบรรเทาได้ด้วยการเพิ่มปัจจัยการผลิต บางประการ การปรับปรุงคุณภาพที่ดินสามารถแบ่งได้ 2 ระดับคือ การปรับปรุงมาก (Major land improvements) และการปรับปรุงน้อย (Minor land improvements) ตัวอย่างการปรับปรุงมาก ได้แก่ การแก้ไขปัญหการระบายน้ำท่วมขังหรือระบบการให้น้ำ เป็นต้น การปรับปรุงที่ดินระดับนี้ มีการลงทุนสูง แต่สามารถให้ประโยชน์ในระยะยาว สำหรับการปรับปรุงน้อย เช่น การไถปรับพื้นที่ การใช้ปุ๋ยและปุ๋ยในพื้นที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ เป็นการปรับปรุงที่ดินที่ต้องทำทุกปี ค่าปรับปรุงที่ดินเป็นต้นทุนผันแปรของระบบการผลิต ผลตอบแทนที่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตและราคาผลผลิต (Rossiter, 1995)

การประเมินดังกล่าวอาจทำได้แบบอัตโนมัติโดยดำเนินการต่อเนื่องจากการประเมินทางกายภาพด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เช่น ALES (Rossiter, 1990) หรือดำเนินการโดยวิธีการวิเคราะห์แบบหลายหลักเกณฑ์ (Tiwali et al., 1999) อย่างไรก็ตาม ระบบดังกล่าวยังขาดการพัฒนาระบบประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจที่ทำงานร่วมกับระบบ GIS รวมทั้งขาดส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้เป็นภาษาไทยในการนำเข้าสู่ข้อมูลต้นทุนการผลิต การปรับปรุงที่ดิน และราคาผลผลิตที่มีลักษณะเชิงพลวัต เพื่อวิเคราะห์และแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบที่ระดับความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน รายงานฉบับนี้จะแสดงรายละเอียดการพัฒนาระบบประเมินคุณภาพที่ดินเชิงเศรษฐกิจสำหรับใช้ประโยชน์เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อวางแผนการจัดการทรัพยากรเกษตร

วิธีการ

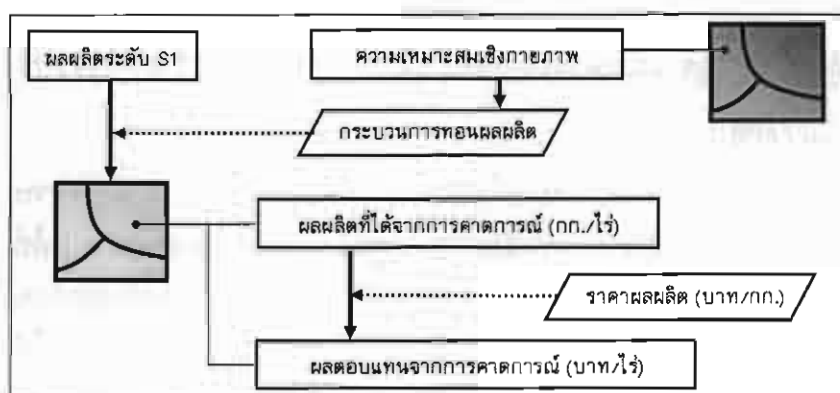
การประเมินคุณภาพที่ดินอาศัยสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน รวมทั้งสมบัติด้านภูมิประเทศและภูมิอากาศ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับความต้องการด้านการใช้ที่ดินของแต่ละชนิดการใช้ที่ดิน (รูปที่ 5-1) เนื่องจากสมบัติของหน่วยที่ดิน (Land Characteristic, LC) แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันจนไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกันได้ จึงจำเป็นต้องอาศัยการแปลงค่าสมบัติของที่ดินแต่ละชนิดเป็นค่าคุณภาพที่ดิน (Land Quality, LQ) เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณค่าความเหมาะสมสำหรับการใช้ที่ดินในแต่ละชนิด โดยมีหลักเกณฑ์และวิธีการตามรายงานในบทที่ผ่านมา (เฉลิมพลและเมธี, 2548)



รูปที่ 5-1 หลักการประเมินคุณภาพที่ดินเชิงกายภาพ

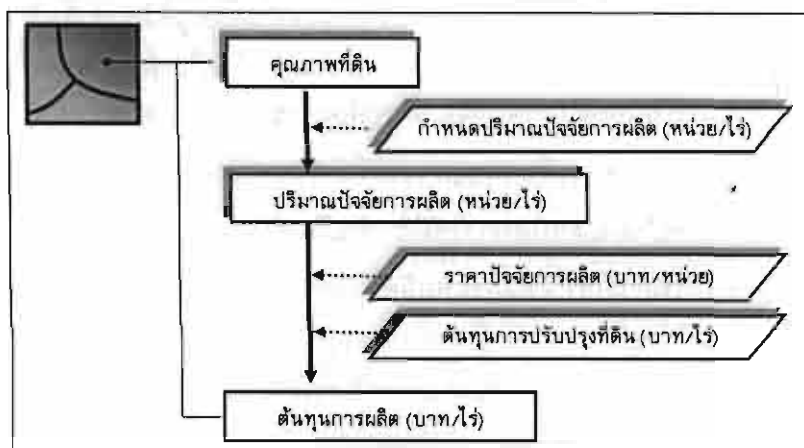
การพัฒนาวิธีการประเมินคุณภาพที่ดินเชิงเศรษฐกิจอาศัยหลักการของ Dent and Young (1981) และ Rossiter (1995) ซึ่งเปรียบเทียบทางเลือกของการใช้ที่ดินจากวิธีการวิเคราะห์ผลกำไรสุทธิ (Net Margin Analysis) การกำหนดชนิดการใช้ที่ดินจำเป็นต้องระบุระดับของการจัดการซึ่งสัมพันธ์กับต้นทุนที่จะต้องลงไปในการใช้ที่ดินและผลผลิตที่ได้จากการใช้ที่ดินตลอดทั้งปี โดยมีหน่วยการเปรียบเทียบเป็นบาทต่อไร่ต่อปี งานวิจัยนี้ได้ออกแบบฐานข้อมูลทางเศรษฐกิจที่ได้จากการสำรวจข้อมูลของโครงการ "ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน" (เบญจพรรณ และคณะ, 2548) ให้อยู่ในฐานข้อมูลที่สามารถเชื่อมโยงกับชนิดการใช้ที่ดิน ซึ่งประกอบด้วยผลผลิตเฉลี่ยในพื้นที่ปลูกหลัก ราคาผลผลิต ปริมาณและราคาของต้นทุนการผลิต จำนวนแรงงานและค่าจ้างแรงงาน ตลอดจนค่าลงทุนอื่นๆ เช่น ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร ค่าใช้/เช่าที่ดิน เป็นต้น

ที่ดินแต่ละหน่วยแผนที่ (Land Mapping Unit, LMU) มีระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพแตกต่างกัน ระดับความเหมาะสมดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการลดทอนผลผลิต (Rossiter, 1990) เพื่อสร้างเป็นแผนที่ผลผลิตตามการคาดการณ์ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัมผลผลิต/ไร่ เมื่อนำราคาผลผลิตมาคูณปริมาณผลผลิตที่คาดการณ์ไว้ จะทำให้แต่ละหน่วยมีข้อมูลผลตอบแทนที่ได้จากการคาดการณ์ (รูปที่ 5-2)



รูปที่ 5-2 การคาดการณ์ผลผลิตและผลตอบแทนในแต่ละหน่วยแผนที่

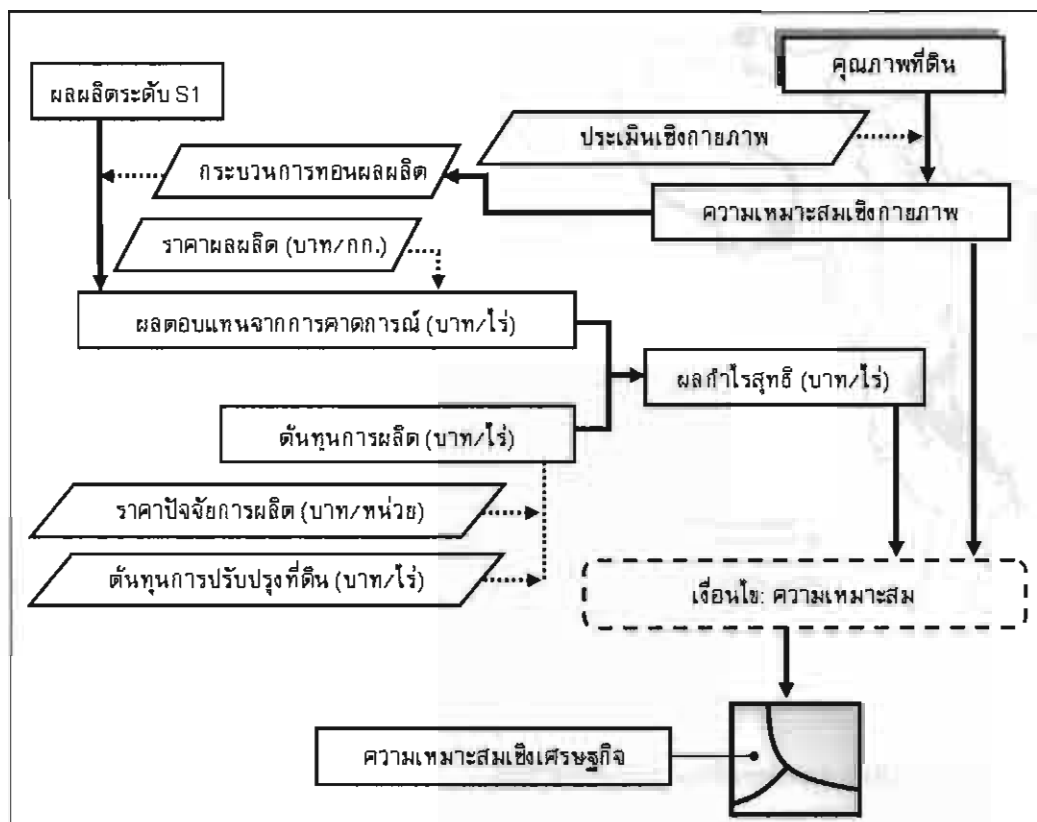
ชนิดการใช้ที่ดินและคุณภาพที่ดินที่แตกต่างกันจะเป็นตัวกำหนดปริมาณปัจจัยการผลิตแต่ละปัจจัยตามความต้องการของแต่ละ LUT หน่วยแผนที่ดินที่มีคุณภาพที่ดินต่ำย่อมต้องการปัจจัยการผลิตที่สูงขึ้น ทั้งในแง่ของการปรับปรุงเพื่อการเพิ่มผลผลิต การจัดการ และมาตรการอนุรักษ์ เพื่อให้หน่วยที่ดินมีผลิตภาพเพิ่มขึ้นโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ปัจจัยการผลิตที่เพิ่มขึ้นต้องการการลงทุนที่สูงขึ้น ต้นทุนการผลิตบางตัวได้รับการคำนวณค่าเพื่อคิดเป็นต้นทุนรายปี เช่น ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร เป็นต้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลต่อผลตอบแทนที่ได้จากการผลิตตามชนิดการใช้ที่ดินที่กำหนด (รูปที่ 5-3)



รูปที่ 5-3 การคำนวณต้นทุนการผลิต

การประเมินคุณภาพที่ดินเชิงเศรษฐกิจดำเนินการหลังจากการประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพ การคาดการณ์ผลตอบแทนที่ได้จากการผลิตและต้นทุนการผลิตของการใช้ที่ดินแต่ละชนิด ระบบสามารถประมาณผลกำไรสุทธิ (บาท/ไร่) ของแต่ละหน่วยแผนที่ดินภายใต้เงื่อนไขการประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ ส่วนการจัดระดับความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจนั้นขึ้นอยู่กับระดับความพึงพอใจที่เป็นเป้าประสงค์ของผู้ใช้ที่ดิน อย่างไรก็ตาม ขั้นที่ไม่เหมาะสมเชิงเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ (1) เป็นพื้นที่ที่ไม่มีความเหมาะสมเชิงกายภาพสำหรับชนิดการใช้ที่ดินนั้น หรือ (2) เป็นพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่คุ้มค่า ซึ่งวัดได้จากผลตอบแทนสุทธิ (Net return) หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) จากนั้นจึงทำการจัดชั้นความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจตามช่วงค่าของผลตอบแทนสุทธิที่ได้จากการใช้ที่ดินแต่ละหน่วยที่ดิน (รูปที่ 5-4)

จากแผนที่ความเหมาะสมเชิงกายภาพในตัวอย่างข้างต้น จะพบว่าหลายพื้นที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการผลิตพืชได้มากกว่าหนึ่งชนิด การพิจารณาตัดสินใจเลือกการใช้ประโยชน์ที่ดินชนิดใดจึงอาจตัดสินได้จากผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่า ข้อมูลผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของแต่ละพืชได้จากผลการสำรวจและวิเคราะห์ผลโดยโครงการประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน (เบญจพรณ และคณะ, 2548) และถูกนำมาใช้ในการคาดการณ์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่จะได้จากการใช้ที่ดินตามศักยภาพการผลิต

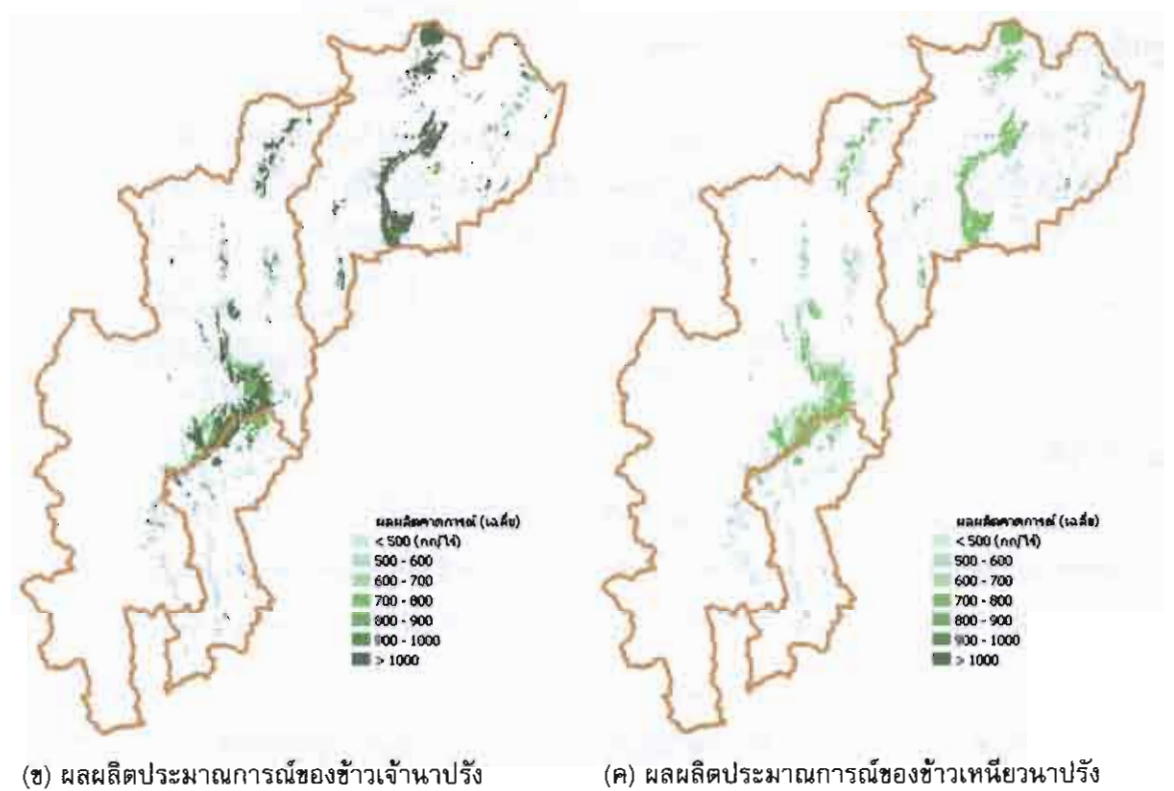
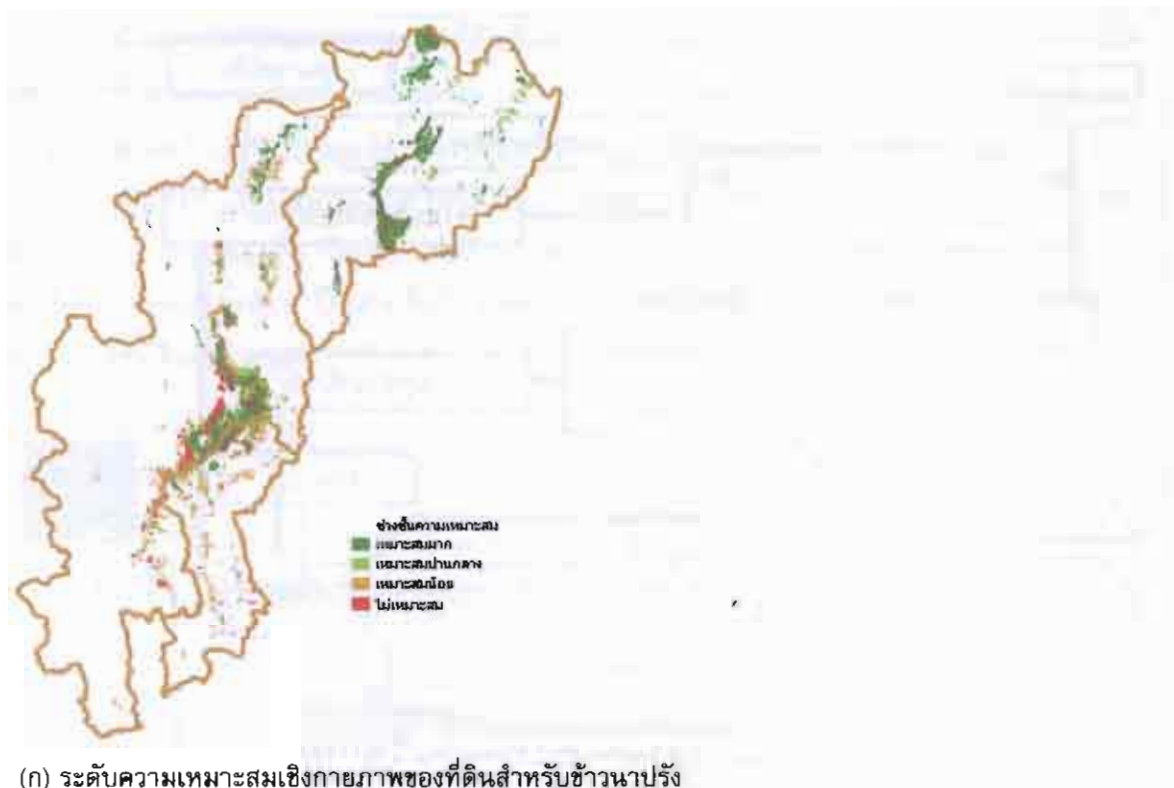


รูปที่ 5-4 การประเมินคุณภาพที่ดินเชิงเศรษฐกิจ

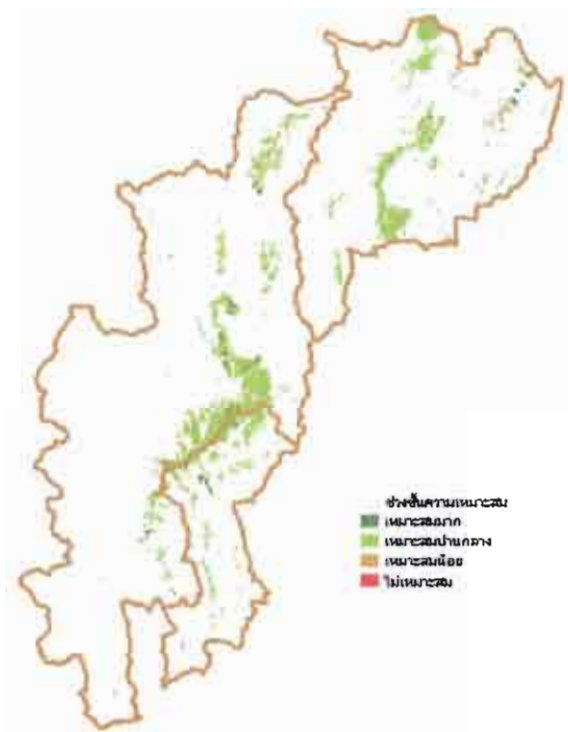
เพื่อความสะดวกในการประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจแบบอัตโนมัติ จึงได้พัฒนาระบบประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน (EconSuit) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้รับการออกแบบให้สามารถใช้ฟังก์ชันของระบบภูมิสารสนเทศ ArcGIS9.0 เพื่อทำการเลือกพื้นที่เป้าหมายนำเข้าและแก้ไขข้อมูลต้นทุนของปัจจัยการผลิต ราคาของปัจจัยการผลิตและผลผลิต ประเมินผลตอบแทนสุทธิของแต่ละหน่วยที่ดิน และแสดงผลการประเมินพร้อมทั้งข้อมูลอ้างอิงในรูปแบบที่

ผลการศึกษา

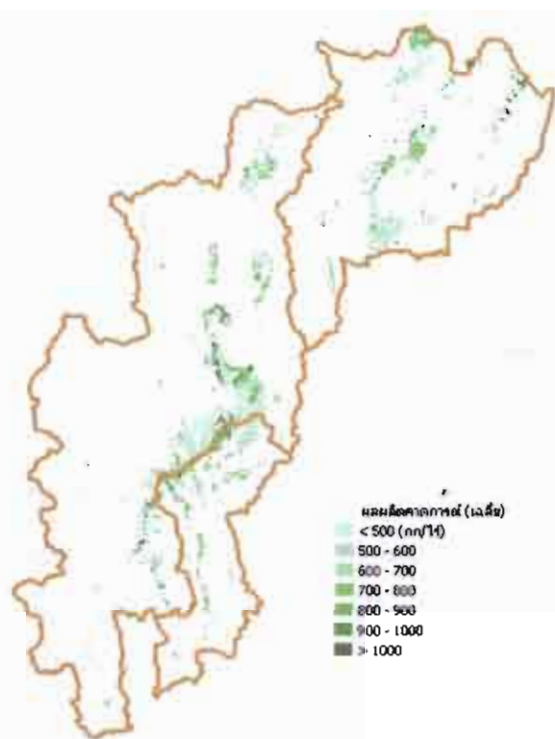
ในการประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ระบบต้องการการประมาณค่าผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับจากแผนที่ความเหมาะสมเชิงกายภาพ โดยอาศัยหลักการทอนผลผลิตที่เหมาะสม (S1 yield) ลงไปตามชั้นความเหมาะสม รูปที่ 5-5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างดัชนีความเหมาะสมทางกายภาพและผลผลิตที่ประมาณการว่าจะได้จากการปลูกข้าวเจ้าและข้าวเหนียวนาปรังในพื้นที่ศึกษา สำหรับรูปที่ 5-6 แสดงการเปรียบเทียบผลผลิตลำไยที่ได้จากการคาดการณ์จากความเหมาะสมเชิงกายภาพที่ระดับการจัดการต่างกัน



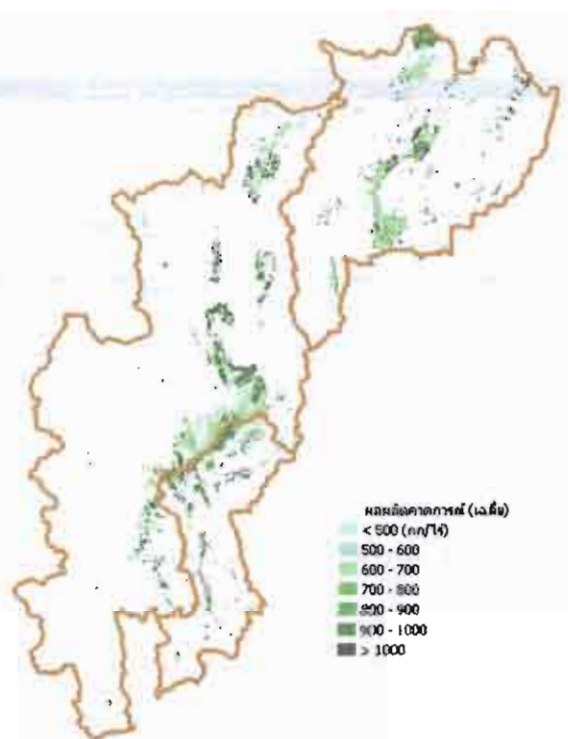
รูปที่ 5-5 ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพและผลผลิตประมาณการณของข้าวนาปรัง



(ก) ระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินสำหรับปลูกลำไย



(ข) ผลผลิตประมาณการณ์เมื่อจัดการระดับปานกลาง



(ค) ผลผลิตประมาณการณ์เมื่อจัดการระดับสูง

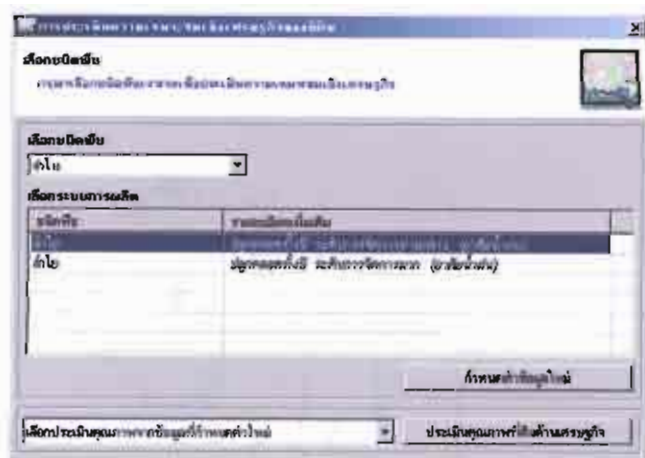
รูปที่ 5-6 ความเหมาะสมเชิงกายภาพและผลผลิตประมาณการณ์ของลำไยที่ระดับการจัดการระดับต่างๆ

โปรแกรม EconSuit

ระบบประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน (EconSuit) เป็นโปรแกรมที่สามารถเรียกใช้โดยอิสระ โดยมีหน้าต่างเพื่อติดต่อกับผู้ใช้เป็นภาษาไทย (รูปที่ 5-7) ผู้ใช้สามารถเริ่มต้นใช้งานได้จากเมนู การประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ เพื่อเลือก การประเมินความเหมาะสม ระบบจะแสดงหน้าต่างการประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจเพื่อให้ผู้ใช้กำหนดชนิดพืชที่ต้องการคาดการณ์ผลผลิต ตัวอย่างรูปที่ 5-8 เป็นการเลือก ลำไย ที่ระดับการจัดการปานกลาง



รูปที่ 5-7 ระบบประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ



รูปที่ 5-8 การกำหนดชนิดพืชเพื่อการประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของลำไย

เมื่อผู้ใช้กำหนดชนิดพืชและระบบการผลิตอย่างเฉพาะเจาะจงแล้ว ผู้ใช้สามารถตรวจสอบและปรับปรุงข้อมูลตั้งต้น (Default) ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม แล้วนำมาสร้างเป็นเขตการสำรวจทางเศรษฐกิจเขตต่างๆ โดยอาศัยตำแหน่งของจุดสำรวจด้วยวิธี Voronoi Polygons ภายในขอบเขตแต่ละเขตการสำรวจทางเศรษฐกิจ ข้อมูลที่ใช้คำนวณหาต้นทุนและผลตอบแทนจะมีค่าเดียวกัน แต่จะแตกต่างจากเขตอื่น จำนวนของเขตการสำรวจดังกล่าวจะมีมากหรือน้อยขึ้นกับจำนวนและตำแหน่งของจุดสำรวจ รูปที่ 5-9 แสดงตัวอย่างของขอบเขตที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการประมาณค่าผลผลิตของพืชแต่ละชนิด ในแต่ละขอบเขตจะมีข้อมูลอธิบายซึ่งประกอบด้วยปริมาณปัจจัยการผลิตชนิดต่างๆ เช่น ปริมาณวัสดุการเกษตร ได้แก่ ปุ๋ยชนิดและเกรดต่างๆ ปริมาณแรงงานในช่วงระยะเวลาการผลิต ตั้งแต่การเตรียมดิน การปลูก การดูแล และการเก็บเกี่ยว เป็นต้น นอกจากนี้ปัจจัยการผลิตแล้ว ภายในเขตยังจัดเก็บราคาของผลผลิตและปัจจัยการผลิตเพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณ



รูปที่ 5-9 เขตการสำรวจข้อมูลทางเศรษฐกิจของระบบการปลูกพืช

ผู้ใช้สามารถปรับปรุงข้อมูลทางเศรษฐกิจโดยเลือกตำบลที่ต้องการปรับปรุง แล้วคลิกปุ่ม กำหนดค่าข้อมูลใหม่ หน้าต่างเพื่อการปรับปรุงต้นทุนการผลิตและคำนวณผลตอบแทนจะถูกเปิดขึ้น (รูปที่ 5-10) ภายในหน้าต่างจะประกอบด้วยรหัสจุดสำรวจพืชนั้นและรายการตำบลที่เกี่ยวข้องที่อาจใช้จุดสำรวจนั้นเป็นตัวแทน อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้สามารถแก้ไขค่าใช้จ่ายและคำนวณผลตอบแทนได้โดยคลิกปุ่ม แก้ไขค่าลงทุน หน้าต่างแถบค่าใช้จ่ายลงทุน (รูปที่ 5-11) จะปรากฏขึ้น ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลทางเศรษฐกิจเกี่ยวกับการลงทุนในครั้งแรกเพียงครั้งเดียวตลอดระยะเวลาการปลูก ผู้ใช้สามารถกำหนดปริมาณและราคาต่อหน่วยของต้นทุนแต่ละชนิด ระบบจะทำการคำนวณค่าใช้จ่ายทันทีที่ผู้ใช้กดปุ่ม Enter บนแป้นพิมพ์ ผลรวมค่าใช้จ่ายในการลงทุนจะถูกบันทึกเข้าสู่ฐานข้อมูลต่อเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม ปรับปรุงข้อมูล

รหัสจุดสำรวจ	รวมค่าใช้จ่ายลงทุน (บาท/ไร่)	จำนวนพื้นที่ปลูก (ไร่/ไร่)
☐ ไร่ ๑ (500204)	4,585.05	32
☐ ไร่ ๒ (500205)	4,585.05	32
☐ ไร่ ๓ (500607)	1,335.00	110
☐ ไร่ ๔ (500608)	975.00	22
☐ ไร่ ๕ (500609)	1,155.00	8
☐ ไร่ ๖ (500703)	1,335.00	15
☐ ไร่ ๗ (501412)	960.60	105
☐ ไร่ ๘ (501115)	1,475.50	52

จำนวนพื้นที่ปลูกทั้งหมด: 35 ไร่

รวมค่าใช้จ่ายลงทุนทั้งหมด: 15,000.00 บาท

แสดงข้อมูล

รูปที่ 5-10 หน้าต่างสำหรับปรับปรุงต้นทุนการผลิตและผลตอบแทน

ค่าใช้จ่ายลงทุนของชุดสำรวจ 500266

	ราคา (บาท/หน่วย)	(บาท/ไร่)
1. เครื่องจักรปรับพื้นที่ (ไร่).....	1.00 x 2,523	= 2,523.00
2. เครื่องจักรปลูก (ไร่).....	1.00 x 0	= 0.00
2. แร่จางคนเคียวดิน (วันงาน).....	8 x 120	= 960.00
3. แร่จางคนปลูก (วันงาน).....	5 x 120	= 600.00
4. กิ่งพันธุ์/เมล็ดพันธุ์ (กิ่ง/กก. ต่อไร่).....	21 x 7	= 147.00
รวมค่าใช้จ่ายลงทุน (บาท/ไร่)		4,230.00

ค่าตั้งต้น ปรับปรุงข้อมูล

รูปที่ 5-11 หน้าต่างปรับปรุงต้นทุนการผลิตด้านค่าใช้จ่ายลงทุน

หากต้องการแก้ไขค่าใช้จ่ายในการลงทุนสำหรับการดูแลรักษา ให้คลิกปุ่ม แก้ไขค่าต้นทุนการดูแล รายการต้นทุนการดูแลประเภทต่าง ๆ ของพืชที่เลือกจะปรากฏขึ้น (รูปที่ 5-12) ต้นทุนการดูแลอาจมีหลายปีและผันแปรตามอายุของพืชถ้าเป็นไม้ยืนต้น เช่น ไม้ผล ตัวอย่างในรูปที่ 5-12 เป็นการเลือกปรับปรุงข้อมูลต้นทุนการดูแลของลำไย ซึ่งเป็นพืชที่มีอายุหลายปี ระบบจะแสดงอายุพืชในปีที่ 1 ถึงปีที่ 20 ผู้ใช้จะต้องระบุปีที่ต้องการปรับปรุงข้อมูลก่อน แต่หากผู้ใช้ทำการเลือกพืชที่เป็นพืชอายุสั้น เช่น พืชไร่ ระบบจะแสดงปีที่ 1 ปีเดียวเท่านั้น จากนั้นจึงทำการใส่ข้อมูลและบันทึกข้อมูลตามวิธีการปรับปรุงในแถบค่าใช้จ่ายลงทุน นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถกำหนดการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ในรูปร้อยละที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น ผู้ใช้กรอกราคาเชื้อเพลิงเป็น 120% เมื่อต้องการปรับปรุงราคาที่เพิ่มขึ้น 20% หรือผู้ใช้กรอกราคาปุ๋ยเป็น 70% เมื่อราคาปุ๋ยลดลง 30% จากค่าเริ่มต้น เป็นต้น

ต้นทุนการดูแลของชุดสำรวจ 500266

	ราคา (บาท/หน่วย)	(บาท/ไร่)
1. จานวนปุ๋ยคอก (กก.).....	302.63 x 0.80	= 242.10
2. จานวนปุ๋ยเคมี (กก.).....	0.00 x 0.80	= 0.00
3. จานวนปุ๋ยเคมี 15-15-15 (กก.).....	119.05 x 8.96	= 1,066.69
4. จานวนปุ๋ยเคมี 40-0-0 (กก.).....	0.00 x 7.90	= 0.00
5. จานวนปุ๋ยเคมี 16-20-0 (กก.).....	275.00 x 7.73	= 2,125.75
6. จานวนปุ๋ยเคมี 13-13-21 (กก.).....	50.00 x 9.19	= 459.50
7. จานวนปุ๋ยเคมี 8-24-24 (กก.).....	28.57 x 11.00	= 314.27
8. จานวนปุ๋ยเคมีอื่นๆ (กก.).....	91.71 x 8.89	= 820.64
9. แร่เคียว/ค่าเชื้อเพลิง (บาท/ไร่).....	1.00 x 914.00	= 914.00
10. แร่เคียว/ค่าเชื้อเพลิง (บาท/ไร่).....	1.00 x 186.25	= 186.25
11. แร่จางคนเคียว (วันงาน).....	21.85 x 120.00	= 2,622.00
12. แร่จางคนปลูก (วันงาน).....	23.08 x 120.00	= 2,769.60
13. เครื่องจักรเคียว (บาท/ไร่).....	1.00 x 0.00	= 0.00
14. ค่าเมล็ดพันธุ์/เมล็ด (บาท/ไร่).....	1.00 x 835.71	= 835.71
15. ค่าเมล็ดพันธุ์/เมล็ด (บาท/ไร่).....	1.00 x 2,383.19	= 2,383.19
16. ค่าใส่ปุ๋ย (บาท/ไร่).....	1.00 x 0.00	= 0.00
17. ค่าใส่ปุ๋ย (บาท).....	1.00 x 3,000.00	= 3,000.00
รวมค่าใช้จ่ายลงทุน (บาท/ไร่)		17,737.70

ค่าตั้งต้น ปรับปรุงข้อมูล

รูปที่ 5-12 หน้าต่างปรับปรุงต้นทุนการผลิตด้านค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา

โปรแกรมมีส่วนการ **แก้ไขราคาและผลผลิตสูงสุด** ผู้ใช้สามารถกำหนด ผลผลิตระดับสูงสุด (รูปที่ 5-13) ค่าดังกล่าวจะถูกนำไปลดทอนผลผลิตที่ระดับความเหมาะสมต่างๆ ตามดัชนีความเหมาะสมเชิงกายภาพที่ได้จากระบบประเมินคุณภาพที่ดินเชิงกายภาพ เมื่อผู้ใช้ใส่ราคาผลผลิตและอัตราดอกเบี้ยเพื่อคำนวณมูลค่าปัจจุบันของผลผลิต ระบบจะทำการคำนวณผลตอบแทน กำไรสุทธิ และมูลค่ากำไรปัจจุบันของแต่ละปีออกมา เพื่อนำไปคำนวณมูลค่ากำไรปัจจุบันเฉลี่ย

Maximum Yield (t/ha)	Price (Baht/t)	Net Present Value (Baht)
1.358	15.00	2,874.41

รูปที่ 5-13 หน้าต่างแสดงผลตอบแทนที่จะได้จากการกำหนดผลผลิตสูงสุดและราคาผลผลิต

ในแต่ละหน้าต่างของค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน จะมีปุ่ม **ค่าตั้งต้น** เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ในการเรียกค่าตั้งต้นจากการสำรวจในพื้นที่ตัวแทน หากผู้ใช้ต้องการใช้ข้อมูลที่ได้รับการแก้ไขจากวิธีการข้างต้นไปยังขอบเขตพื้นที่อื่น สามารถทำได้โดยการกดปุ่ม **คัดลอกข้อมูลจาก** (รูปที่ 5-10) หน้าต่างกำหนดพื้นที่เป้าหมายจะปรากฏขึ้น ตัวอย่างในรูปที่ 5-14 แสดงการปรับปรุงข้อมูลจากจุดสำรวจ 500206 ไปยังจุดตัวแทนอื่นๆ โดยสามารถเลือกคัดลอกเฉพาะค่าใช้จ่ายลงทุน ค่าใช้จ่ายดูแล หรือผลตอบแทนได้ เมื่อคลิกปุ่ม **เริ่มทำการคัดลอก** ระบบจะนำค่าข้อมูลที่ได้ปรับปรุงของจุดสำรวจ 500206 ไปแทนที่ข้อมูลของจุดสำรวจที่ได้เลือกไว้

Source Point	Target Points
500206	500204, 500206, 500603, 500606, 500608, 500703, 501412, 510116

รูปที่ 5-14 หน้าต่างกำหนดพื้นที่เป้าหมายและข้อมูลที่ต้องการปรับปรุงข้อมูลลงไป

หลังจากที่ผู้ใช้ทำการปรับปรุงค่าลงทุนและคำนวณผลตอบแทนเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้สามารถประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจได้ โดยเริ่มที่หน้าต่างกำหนดชนิดพืชตามรูปที่ 5-8 แล้วกดปุ่ม **ประเมินคุณภาพที่ดินด้านเศรษฐกิจ** หน้าต่างประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจจะปรากฏขึ้นดังตัวอย่างในรูปที่ 5-15 เนื่องจากระบบมีความเชื่อมโยงกับระบบประเมินคุณภาพที่ดินเชิงกายภาพ ดังนั้น ผู้ใช้จะต้องกำหนดตำแหน่งของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ (Geodatabase) ซึ่งจัดเก็บตารางความเหมาะสมเชิงกายภาพของพืชแต่ละชนิดที่ผู้ใช้สนใจ ระบบทำการแสดงรายการชนิดการใช้ที่ดินที่สอดคล้องกับชนิดพืชที่ผู้ใช้สนใจ ตัวอย่างในรูปที่ 5-15 แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้สนใจที่จะประเมินผลตอบแทนของลำไย โปรแกรมจะแสดงคำอธิบายคุณสมบัติของชนิดการใช้ที่ดินนั้นในแผนภูมิแบบแขนงด้านขวามือ จากนั้นผู้ใช้ต้องกำหนดชื่อตารางที่จะจัดเก็บข้อมูลผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเป็นชื่อภาษาอังกฤษหรือหมายเลข หากไม่กำหนด โปรแกรมจะทำการกำหนดอัตโนมัติ

รูปที่ 5-15 หน้าต่างประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ

ในกรณีที่พื้นที่ดินใดๆ มีข้อจำกัดบางประการซึ่งอาจแก้ไขได้ด้วยการลงทุนปรับปรุงที่ดิน ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าการปรับปรุงที่ดินแต่ละประเภทได้โดยการกดปุ่ม **การลงทุนเพื่อปรับปรุงคุณภาพที่ดิน** ระบบจะแสดงหน้าต่างการลงทุนเพื่อปรับปรุงคุณภาพที่ดิน (รูปที่ 5-16) ผู้ใช้สามารถเลือกชนิดคุณภาพที่ดินที่เป็นข้อจำกัด โปรแกรม EconSuit รุ่นนี้จะอนุญาตให้ผู้ใช้แก้ไขปรับปรุงคุณภาพที่ดินเฉพาะความเป็นประโยชน์ของน้ำในช่วงฤดูปลูกและความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (การระบายน้ำ) เท่านั้น ผู้ใช้สามารถเลือกกรอกค่าต้นทุนในการปรับปรุงที่ดินเพื่อให้ได้ผลผลิตระดับสูงสุดได้ 2 ระดับ กล่าวคือ จากระดับคุณภาพที่ดินเหมาะสมปานกลาง (S2) ไปเป็นเหมาะสมมาก (S1) และจากระดับเหมาะสมน้อย (S3) ไปเป็น S1 ในกรณีแรกจะมีต้นทุนในการปรับปรุงน้อยกว่าในกรณีหลัง

การลงเงินเพื่อปรับปรุงคุณภาพที่ดิน

กำหนดการลงเงินเพื่อปรับปรุงคุณภาพที่ดิน
กรุณาเลือกชนิดการปรับปรุง และกำหนดค่าลงเงิน

☒ ความเป็นประโยชน์ของน้ำในช่วงฤดูปลูก	บาท/ไร่
☐ ปรับค่าจาก S2 ไม่เป็น S1	0.00
☐ ปรับค่าจาก S3 ไม่เป็น S1	0.00
☒ ความเป็นประโยชน์ของอินทรีย์เจนนต่อรากพืช	บาท/ไร่
☐ ปรับค่าจาก S2 ไม่เป็น S1	0.00
☐ ปรับค่าจาก S3 ไม่เป็น S1	0.00

ตกลง

รูปที่ 5-16 หน้ากำหนดค่าลงเงินเพื่อการปรับปรุงคุณภาพที่ดิน

เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ครบถ้วนแล้ว สามารถกดปุ่มประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เพื่อเริ่มการประเมินผลตอบแทนตามผลผลิตคาดการณ์และต้นทุนการผลิตที่ผู้ใช้กำหนด ก่อนเสร็จสิ้นการประเมินผู้ใช้สามารถกำหนดช่วงชั้นความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจได้ดังรูปที่ 5-17 ผู้ใช้สามารถใช้ค่าที่ได้จากการแบ่งช่วงอัตโนมัติได้ (รูปที่ 5-17(ก) ซึ่งจะให้ผลลัพธ์จากการแบ่งช่วงชั้นอัตโนมัติดังรูปที่ 5-18(ก) หรือผู้ใช้อาจกำหนดช่วงชั้นความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของลำไยใหม่เอง (รูปที่ 5-17 (ข)) โดยกำหนดค่าช่วง S1(เหมาะสมมาก) >5,000 บาท S2 (เหมาะสมปานกลาง) อยู่ระหว่าง 2,000–5,000 บาท S3 (เหมาะสมน้อย) อยู่ในช่วง 500–2,000 บาท และ N (ไม่เหมาะสม) น้อยกว่า 500 บาทต่อไร่ แผนที่ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 5-18(ข)

กำหนดช่วงระดับความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ

แบ่งช่วงอัตโนมัติ	บาท
ช่วงข้อมูล S1	7349 <= 12008
ช่วงข้อมูล S2	3881 <= 7348
ช่วงข้อมูล S3	4 <= 3880
ช่วงข้อมูล N	<= 3

บันทึกการแบ่งชั้นข้อมูล

(ก) แบ่งช่วงชั้นอัตโนมัติ

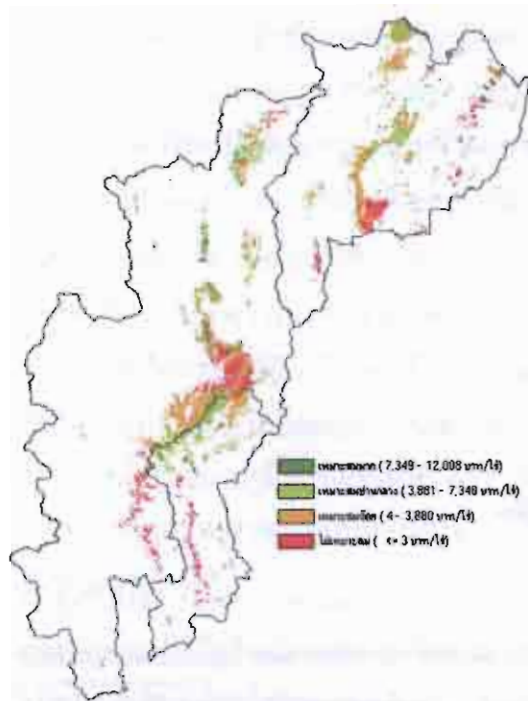
กำหนดช่วงระดับความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ

แบ่งช่วงอัตโนมัติ	บาท
ช่วงข้อมูล S1	5001 <= 12,008
ช่วงข้อมูล S2	2001 <= 5,000
ช่วงข้อมูล S3	501 <= 2,000
ช่วงข้อมูล N	<= 500

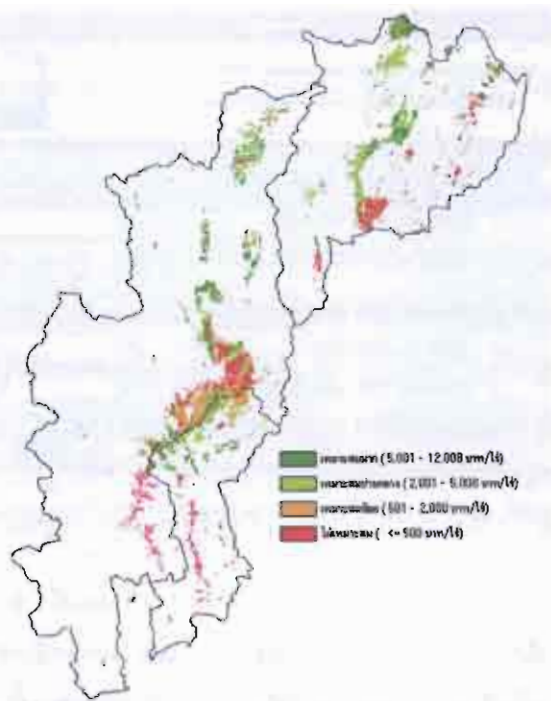
บันทึกการแบ่งชั้นข้อมูล

(ข) กำหนดช่วงชั้นใหม่

รูปที่ 5-17 หน้าต่างสำหรับกำหนดช่วงชั้นความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ



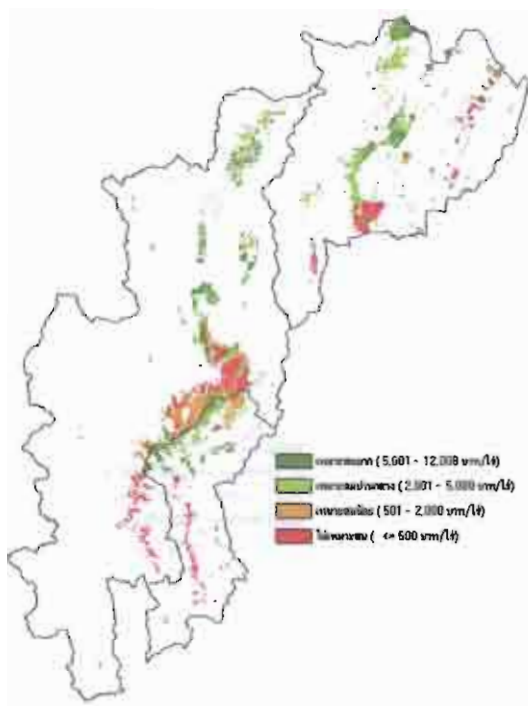
(ก) การแบ่งช่วงชั้นอัตราโนมิติ



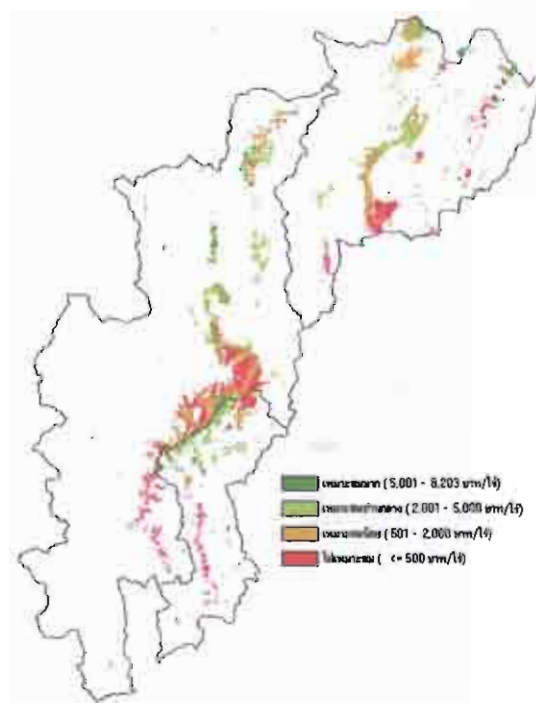
(ข) การกำหนดช่วงชั้นตามผู้กำหนด

รูปที่ 5-18 แผนที่ผลลัพธ์จากการแบ่งช่วงชั้นความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจแบบอัตราโนมิติและตามผู้กำหนด

ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกพืชที่มีอายุการผลิตหลายปี ผู้ใช้สามารถระบุอัตราส่วนลดต่อปี (Discount rate) เพื่อให้ระบบคำนวณมูลค่าปัจจุบันของผลกำไร (Net Present Value, NPV) ที่ผู้ใช้จะได้รับในแต่ละปี ซึ่งมูลค่าปัจจุบันดังกล่าวจะถูกจัดเก็บไว้ในตารางผลการคำนวณ สำหรับสร้างแผนที่มูลค่าปัจจุบันของผลกำไรเฉลี่ยต่อปีของการผลิตลำไยที่มีการจัดการระดับปานกลาง ดังตัวอย่างในรูปที่ 5-19(ก) ที่ใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 2.0 ต่อปีและที่อัตราส่วนลดร้อยละ 5.0 ต่อปี (รูปที่ 5-19(ข))



(ก) อัตราส่วนลดร้อยละ 2.0 ต่อปี

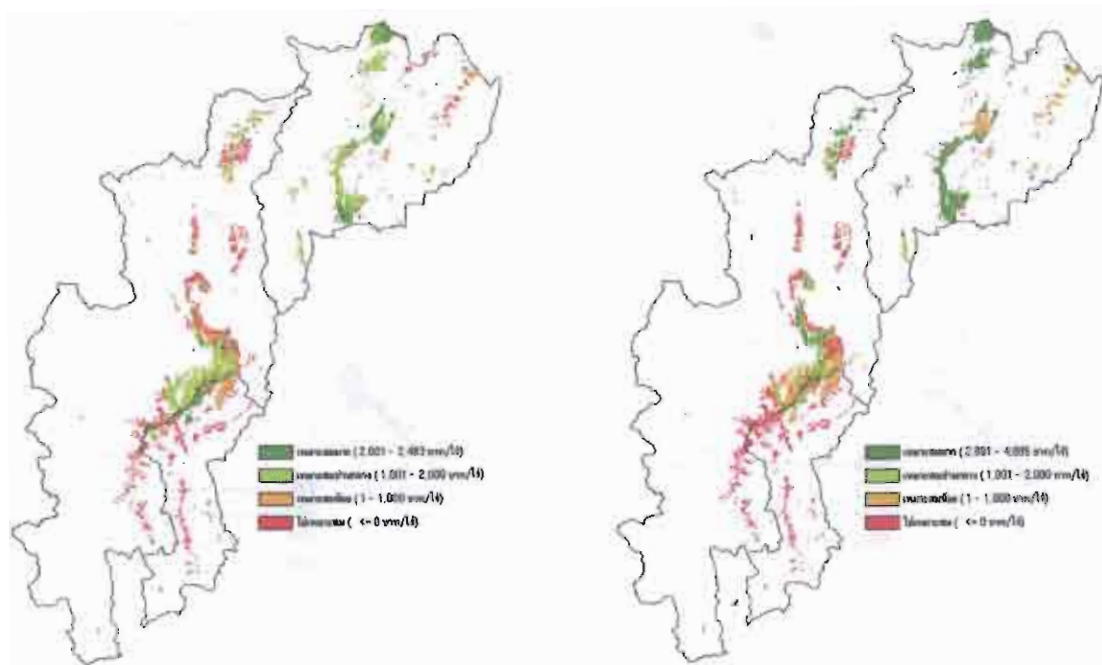


(ข) อัตราส่วนลดร้อยละ 5.0 ต่อปี

รูปที่ 5-19 มูลค่าปัจจุบันของผลกำไรเฉลี่ยต่อปีในการผลิตลำไยเมื่อคำนวณโดยใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 2.0 และ 5.0 ต่อปี

ผลการประเมินคุณภาพที่ดินเชิงเศรษฐกิจ

ระบบประเมินคุณภาพที่ดินเชิงเศรษฐกิจที่พัฒนาในโครงการวิจัยนี้ สามารถสร้างแผนที่คุณภาพที่ดินเชิงเศรษฐกิจออกมาในรูปของผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่คาดว่าเกษตรกรจะได้รับ โดยอาศัยดัชนีความเหมาะสมเชิงกายภาพของพืชเศรษฐกิจสำคัญหลายชนิด ในระบบประเมินคุณภาพที่ดินเชิงเศรษฐกิจนี้ยังสามารถจำแนกย่อยพืชเป็นรายพันธุ์ที่ทำการผลิตในพื้นที่ศึกษาดังตัวอย่างในรูปที่ 5-20 เป็นการประเมินผลกำไรสุทธิของชาวเจ้านาปีในเขตอาศัยน้ำฝนและมีการจัดการปานกลาง เปรียบเทียบกับชาวเหนียวนาปีในเขตอาศัยน้ำฝนและการจัดการปานกลาง การประเมินดังกล่าวอาศัยดัชนีความเหมาะสมเชิงกายภาพของข้าวในเขตอาศัยน้ำฝนที่ได้จากระบบประเมินคุณภาพที่ดินเชิงกายภาพ จะพบว่าผลตอบแทนของชาวเจ้านาปีเมื่อมีการจัดการระดับปานกลางจะได้ผลตอบแทนสุทธิสูงสุด 2,483 บาทต่อไร่ ที่ราคาผลผลิต 7.16 บาทต่อกิโลกรัม ผลกำไรสุทธิยังแปรผันไปตามผลผลิตประมาณการณ์และราคาผลผลิตในแต่ละท้องถิ่น ในขณะที่ผลตอบแทนสุทธิของชาวเหนียวนาปีที่มีค่าสูงสุด 4,805 บาทต่อไร่ ที่ราคาผลผลิตเท่ากับ 5.23 บาทต่อกิโลกรัม และผลตอบแทนสุทธิผันแปรเชิงพื้นที่ตามคุณภาพที่ดินและราคาผลผลิตดังแผนที่ผลตอบแทนสุทธิของพืชทั้งสองชนิดในรูปที่ 5-20

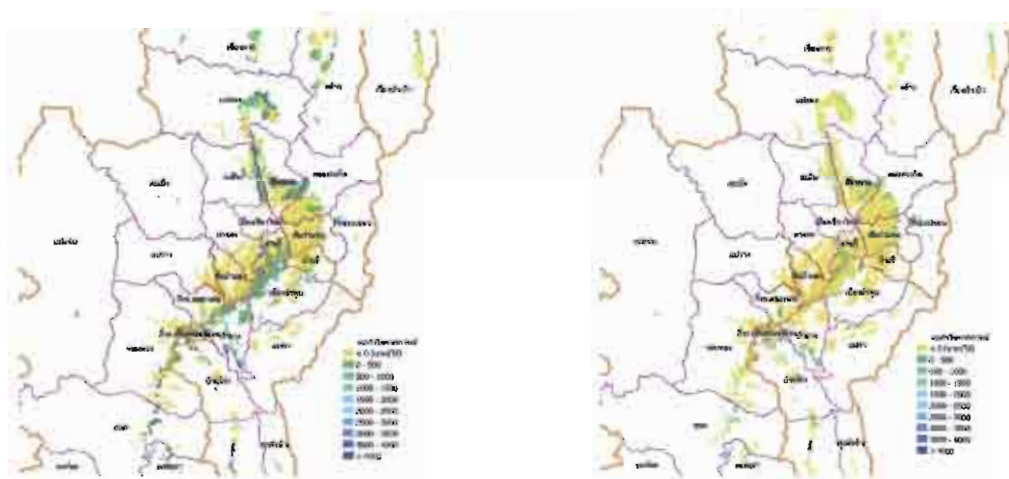


(ก) ข้าวเจ้าหน้าปี

(ข) ข้าวเหนียวหน้าปี

รูปที่ 5-20 แผนที่แสดงผลตอบแทนสุทธิของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวหน้าปีที่ได้จากการคาดการณ์

รูปที่ 5-21 เป็นการคาดการณ์ผลตอบแทนสุทธิที่เกษตรกรจะได้รับเมื่อทำการปลูกกระเทียมในฤดูแล้งโดยอาศัยน้ำชลประทาน เมื่อราคาผลผลิตแห้งของกระเทียมที่ 6.00 บาทต่อกิโลกรัม (รูปที่ 5-21(ก)) พบว่าพื้นที่ที่ให้ผลกำไรสุทธิสูงสุดเท่ากับ 4,695 บาท/ไร่ และพื้นที่ที่ขาดทุนมากที่สุดเท่ากับ -5,132 บาท/ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เกษตรกรไม่สามารถทำกำไรจากการปลูกกระเทียมได้เลย หากมีการเปลี่ยนแปลงราคาจำหน่ายของกระเทียมให้ต่ำลงเป็นกิโลกรัมละ 5 บาท (รูปที่ 5-21(ข)) เกษตรกรส่วนใหญ่จะขาดทุน และทำให้ผลกำไรจากการปลูกกระเทียมมีค่าสูงสุด 2,160 บาท/ไร่ และขาดทุนมากที่สุดถึง -6,557 บาท/ไร่



(ก) ราคาผลผลิตแห้ง 6.0 บาท/กก.

(ข) ราคาผลผลิตแห้ง 5.0 บาท/กก.

รูปที่ 5-21 แผนที่การกระจายตัวของผลตอบแทนสุทธิของกระเทียมในเขตชลประทานที่ราคาผลผลิตต่างกัน

การจำลองสถานการณ์

การเปลี่ยนแปลงการผลิตพืชเป็นสิ่งที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคตเนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น การเปลี่ยนแปลงนโยบายการผลิตของภาครัฐ ต้นทุนการผลิตและราคาผลผลิต นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความตัดสินใจของเกษตรกรอีกด้วย ดังนั้นจึงได้พัฒนาระบบจำลองสถานการณ์ที่แสดงผลลัพธ์ในเชิงพื้นที่จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและปัจจัยทางเศรษฐกิจของการผลิตพืช เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน สถานการณ์แรกเป็นการจำลองสถานการณ์ความต้องการการผลิตลำไยเพิ่มขึ้นจากพื้นที่ปัจจุบันอีก 100,000 ไร่ บนพื้นที่เกษตรที่มีศักยภาพในการผลิต โดยอาศัยผลการประเมินคุณภาพเชิงเศรษฐกิจของที่ดินเป็นพื้นฐานในการเลือกหน่วยแผนที่ โดยไม่คำนึงถึงว่าที่ดินเดิมใช้ในการปลูกพืชใด ระบบจะแสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้กำหนดค่าตั้งต้นต่างๆ เช่น ขนาดพื้นที่ต้องการขยาย ดังรูปที่ 5-22

สถานการณ์ขยายพื้นที่ปลูก

กำหนดนิยามเป้าหมายและพื้นที่

กำหนดเป้าหมายการผลิตพืชเป้าหมายจากผลการสอบแนวทางการเศรษฐกิจและกำหนดขนาดพื้นที่เป้าหมายที่ต้องการลดหรือขยาย

ลำไย - ปลูกทั้งปี (ราคาขาย 18 บาท)

ผลผลิตลำไยเฉลี่ย (บาท/ไร่) 3,293.98

พื้นที่ปัจจุบัน (ไร่) 736,945 พื้นที่คงเหลือ (ไร่) 1,767,415

ปริมาณที่ต้องการขยาย (ไร่) 100,000

ลำไย - ปลูกทั้งปี (ราคาขาย 18 บาท)

สถานการณ์ scenario00

ประเมินสถานการณ์

รูปที่ 5-22 การจำลองสถานการณ์เพิ่มพื้นที่ปลูกลำไย จำนวน 100,000 ไร่

ในการจำลองสถานการณ์เพิ่มพื้นที่ปลูกลำไยโดยใช้ที่ดินที่ใช้ในการเกษตร ระบบจะทำการสืบค้นพื้นที่ทั้งหมดที่ไม่ได้ทำการปลูกลำไยเพื่อขยายพื้นที่ปลูกให้ครบ 100,000 ไร่ โดยจะทำการค้นหาพื้นที่ที่มีศักยภาพในการให้ผลตอบแทนสูงสุดและเป็นหน่วยที่ดินที่มีพื้นที่ใหญ่ที่สุดก่อน แล้วจึงเลือกพื้นที่ที่ให้ผลตอบแทนน้อยลงและพื้นที่ที่มีขนาดเล็กลง จนครบพื้นที่ตามเป้าหมาย หากมีพื้นที่ไม่พอเพียงต่อการขยาย โปรแกรมจะหยุดการเลือกพื้นที่และถือเป็นสิ้นสุดการประเมินสถานการณ์ ตัวอย่างในรูปที่ 5-23 แสดงผลจากการจำลองการขยายพื้นที่ปลูกลำไย จากเดิมที่มีพื้นที่ปลูกในปี 2543 อีก 100,000 ไร่ ผลลัพธ์ที่ได้มีพื้นที่ปลูกลำไยเพิ่มขึ้นอีก 100,026 ไร่ ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้เล็กน้อย เนื่องจากระบบไม่สามารถแบ่งหน่วยที่ดินหน่วยสุดท้ายที่คัดเลือกได้ให้เท่ากับเป้าหมายที่ต้องการขยายพอดี



รูปที่ 5-23 แผนที่แสดงผลการขยายพื้นที่ปลูกสายยางเพิ่มขึ้นอีกเป็นจำนวน 100,000 ไร่

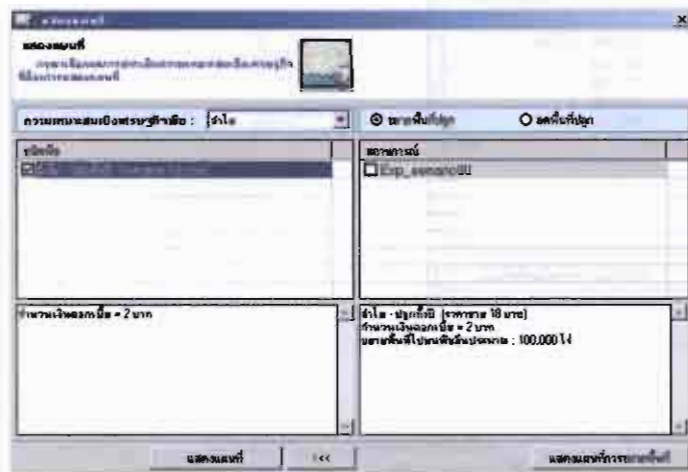
สถานการณ์อีกประการหนึ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้คือการลดพื้นที่การผลิต อันเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น ราคาผลผลิตตกต่ำ ต้นทุนสูง หรือนโยบายการจำกัดพื้นที่ปลูก ทำให้พืชบางชนิดไม่มีโอกาสแข่งขันกับพืชชนิดอื่น ระบบได้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงพืชดังกล่าวได้ รูปที่ 5-24 แสดงหน้าต่างการจำลองสถานการณ์ลดพื้นที่การปลูกกระเทียมในเขตชลประทานหลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปี ระบบสามารถค้นหาพื้นที่ปลูกกระเทียมทั้งหมดได้ 98,345 ไร่ สมมติว่าผลจากข้อตกลงทางการค้าแบบเสรีทำให้ราคากระเทียมลดลงเป็น 4 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งจะทำให้ผลกำไรคาดการณ์เฉลี่ยของกระเทียมเหลือ -3,291 บาทต่อไร่ ทำให้ต้องวางแผนลดพื้นที่ปลูกกระเทียมลงจำนวน 80,000 ไร่ ระบบจะช่วยในการเลือกพืชทดแทนที่ให้ผลตอบแทนสุทธิสูงกว่ากระเทียมจากรายการที่ปรากฏบนหน้าต่างด้านล่างของรูปที่ 5-24 เช่น ถั่วเหลือง (กำไรเฉลี่ย 144 บาท/ไร่ ที่ราคาผลผลิต 13 บาท/กก.) เป็นจำนวน 50,000 ไร่ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ฤดูแล้ง (กำไรเฉลี่ย 102 บาท/ไร่ ที่ราคาผลผลิต 3 บาท/กก.) อีก 30,000 ไร่ ผลการประเมินพบว่าระบบสามารถค้นหาพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับการปลูกถั่วเหลืองจำนวน 49,963 ไร่ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 29,669 ไร่ (รูปที่ 5-25) ผู้ใช้อาจจำลองสถานการณ์ใหม่โดยเปลี่ยนแปลงราคากระเทียมให้ต่ำลงและให้ราคาพืชชนิดอื่นสูงขึ้นตามสถานการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต จนกระทั่งได้พืชทางเลือกใหม่ที่ให้ผลตอบแทนในระดับที่เหมาะสมต่อไป

รูปที่ 5-24 การจำลองสถานการณ์ลดพื้นที่ปลูกกระเทียม

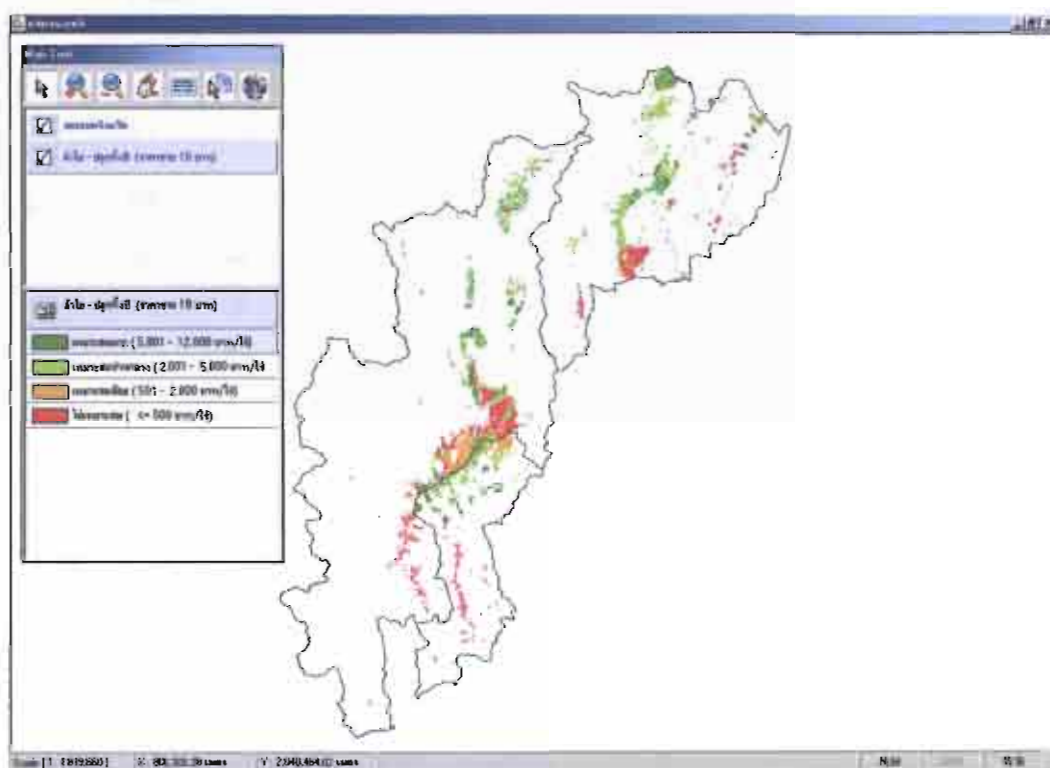
รูปที่ 5-25 ผลการจำลองสถานการณ์การลดพื้นที่ปลูกกระเทียมตามเงื่อนไขของผู้ใช้

การแสดงผลที่

เมื่อผู้ใช้ประเมินความเหมาะสมเรียบร้อยแล้ว สามารถเรียกดูผลการประเมินเป็นแผนที่ได้จากเมนู **แสดงผลแผนที่** ผู้ใช้สามารถเรียกดูเฉพาะพื้นที่ที่ประเมินแล้วโดยเลือกแสดงสถานการณ์จำลองที่ได้ประเมินไว้แล้วจากหน้าต่างแสดงผลแผนที่ (รูปที่ 5-26) ตัวอย่างผลลัพธ์จากการเลือกดูแผนที่ความเหมาะสมพืชเชิงเศรษฐกิจของลำไยแสดงดังรูปที่ 5-27 แผนที่ดังกล่าวสามารถนำเข้าไปแสดงผลร่วมกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นในระบบ *รศทก.* ที่จะกล่าวในรายละเอียดในบทหลัง



รูปที่ 5-26 หน้าต่างเมนูแสดงผลแผนที่ ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกแสดงผลแผนที่ความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจหรือสถานการณ์จำลองของพืชนั้นๆ ได้



รูปที่ 5-27 แผนที่ความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของลำไยจากการเรียกผ่านเมนูแสดงผลแผนที่

สรุป

ระบบประเมินคุณภาพเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน (EconSuit) เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อคาดการณ์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจอันเนื่องมาจากการใช้ที่ดินในรูปแบบต่างๆ ระบบนี้อาศัยผลลัพธ์จากระบบประเมินคุณภาพเชิงกายภาพของที่ดิน (FuzzySuit) ประกอบกับการใช้ฐานข้อมูลทางเศรษฐกิจที่มีการสำรวจจากโครงการประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน มาสร้างเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบภูมิสารสนเทศ ระบบดังกล่าวอาจนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจเพื่อผลิตพืชให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ ผู้ใช้ระบบสามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณปัจจัย ต้นทุนการผลิต และราคาผลผลิตตามพื้นที่ ก่อนที่จะคำนวณผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจและระดับความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของหน่วยแผนที่ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถแสดงเป็นแผนที่ สำหรับการคาดการณ์ผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจอาจทำได้ทั้งพืชล้มลุกและไม้ยืนต้น เช่น ไม้ผล ผู้ใช้ระบบสามารถประเมินสถานการณ์จำลอง เช่น การเพิ่มหรือลดพื้นที่ปลูกพืชโดยอาศัยผลการประเมินคุณภาพเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน อย่างไรก็ตามการจำลองสถานการณ์จะแม่นยำเพียงใดขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของข้อมูลความต้องการของพืชชนิดต่างๆ ในแง่ทรัพยากรที่ดินและข้อมูลต้นทุนของปัจจัยการผลิตของพืชเหล่านั้น

เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมพล สำราญพงษ์ และ เมธี เอกะสิงห์. 2548. ระบบประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพของที่ดินแบบค่าต่อเนื่อง. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น.51-72.
- เบญจพรรณ เอกะสิงห์, กุศล ทองงาม, ธัญญา พรหมบุรณย์, ศุภกิจ สิ้นไชยกุล และ นฤมล ทินราช. 2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Dent, D. and A. Young. 1981. Soil Survey and Land Evaluation. London: George Allen & Unwin.
- FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. Soil Bulletin 32. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Rossiter, D.G. 1995. Economic land evaluation: Why & How. *Soil Use and Management* 11: 132-134.

Rossiter, D.G. 1990. ALES: a framework for land evaluation using a microcomputer. *Soil Use and Management* 6: 7-20.

Tiwali, D.N., R. Loof, and G.N. Paudyal. 1999. Environmental-economic decision-making in lowland irrigated agriculture using multi-criteria analysis techniques. *Agricultural Systems* 60: 99-112.

การประเมินสภาพความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินเชิงพื้นที่

ชาญชัย แสงโชติสวัสดิ์¹ และ เมธี เอกะสิงห์¹

คำนำ

สภาพความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินในพื้นที่หนึ่งเป็นผลมาจากการจัดการที่ดิน (Land management) อย่างไม่เหมาะสมและขาดประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลถึงผลิตภาพทางการเกษตรของที่ดินและคุณภาพของสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการเพิ่มของมลภาวะและตะกอนตามแหล่งน้ำ การเสื่อมโทรมของที่ดินอาจพิจารณาในแง่การสูญเสียสภาพโครงสร้างดิน เนื้อดิน สภาพดินเปรี้ยว ดินเค็ม และการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่นั้นๆ ดังนั้นการประเมินสภาพความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินและการพัฒนาเป็นฐานข้อมูลสภาพความเสื่อมโทรมเชิงพื้นที่ จึงเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่นำมาพิจารณาในการพัฒนาระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการให้สมบูรณ์ขึ้น

การประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินสามารถดำเนินการได้หลายแนวทาง ขึ้นกับปริมาณและคุณภาพของข้อมูลที่มีอยู่ ตลอดจนความแม่นยำของผลการประเมิน Bissonais et al. (2001) ได้พัฒนาแบบจำลองตามกฎเกณฑ์ผู้เชี่ยวชาญ (Expert rules) เพื่อใช้ในการประมาณพื้นที่เสี่ยงต่อการพังทลายดิน โดยอาศัยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดิน และสภาพความลาดเทของพื้นที่ในการตัดสินใจ ซึ่งสามารถกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการพังทลายดินในประเทศฝรั่งเศส

นอกจากนั้นการประมาณการสูญเสียดินโดยสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation, USLE) ยังเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประเมินการสูญเสียดินระยะยาวที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย (Wischmeier and Smith, 1978) โดยได้พัฒนานำมาประยุกต์ใช้และปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และปริมาณข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัดได้เป็นอย่างดี (Sonneveld and Nearing, 2002; Tran et al., 2002) อย่างไรก็ตาม การศึกษาการประเมินสภาพความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินครั้งนี้ได้ใช้แนวทางการประเมินการสูญเสียดินโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากลเป็นหลัก

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยส่วนนี้เพื่อประเมินการเสื่อมโทรมของที่ดินโดยกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน และจัดเก็บความรุนแรงของการสูญเสียดินเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อช่วยจำแนกหน่วยการจัดการที่ดิน โดยเน้นการประมาณการสูญเสียดินอันเนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2543 และผลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2531-2543

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิธีการศึกษา

ได้นำสมการการสูญเสียดินสากล (Wischmeier and Smith, 1978) มาประยุกต์ใช้ในการประเมินสภาพความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินเชิงพื้นที่ ค่าการสูญเสียดินในพื้นที่ที่สามารถประมาณได้จากผลคูณของปัจจัยดังกล่าวโดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานดังสมการที่ (6-1)

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (6-1)$$

โดยที่ A = ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/เฮกตาร์/ปี)

R = ผลของความรุนแรงของฝน ประมาณจากสมการสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับผลของความรุนแรงของฝนที่พัฒนาขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

K = ความง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลาย กำหนดจากข้อมูลชุดดินประกอบกับการตรวจเอกสารการชะล้างพังทลายดินในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

LS = ผลของระยะทางลาดและความลาดชัน

C = ผลจากการคลุมดินของพืชพรรณ ได้จากกำหนดจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินตามเอกสารการชะล้างพังทลายดินในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

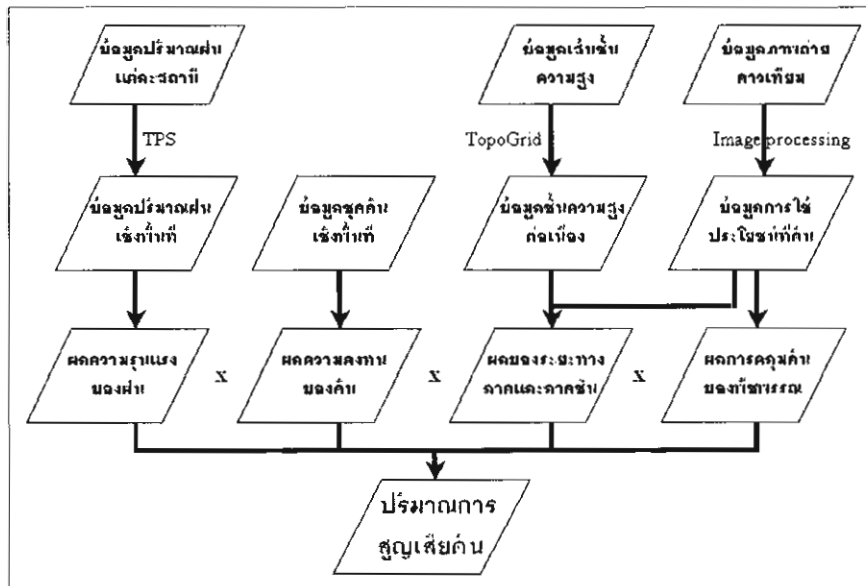
P = ผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ กำหนดค่าให้เท่ากับ 1.0 ตามสมมติฐานที่ว่ายังไม่มีระบบมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่

การเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่จำเป็นต่อการประมาณการสูญเสียดินโดยวิธี USLE ประกอบด้วยชั้นข้อมูลความรุนแรงของฝน ความคงทนของดิน ระยะทางลาดและความลาดชัน และการจัดการดินและพืช โดยมีขั้นตอนการเตรียมชั้นข้อมูลดังกล่าวเพื่อการประมาณการสูญเสียดินดังรูปที่ 6-1

ชั้นข้อมูลความรุนแรงของฝน

ชั้นข้อมูลความรุนแรงของฝนได้จากการสร้างชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีโดยการประมาณค่าน้ำฝนต่อเนื่องจากสถานีวัดน้ำฝนรายวันแบบ Thin Plate Spline (ชาญชัย และคณะ, 2545) มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS) ตามสมการสหสัมพันธ์ที่พัฒนาโดยกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)



รูปที่ 6-1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการประมาณค่าการสูญเสียดินเชิงพื้นที่โดย USLE

ชั้นข้อมูลความคงทนของดิน

ชั้นข้อมูลความคงทนของดินได้จากการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างชั้นข้อมูลชุดดิน (เมธี และคณะ, 2545) กับความคงทนของดินตามตารางที่แสดงค่า K ของชุดดินที่จำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

ชั้นข้อมูลระยะทางลาดและความลาดชัน

ได้จากการนำผลของการสร้างแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลขค่าความสูงต่อเนื่อง (DEM) จากข้อมูลเส้นชั้นความสูง (เมธี และคณะ, 2546) มาประมาณค่าด้วยโปรแกรม USLE2D ที่พัฒนาโดย Desmet and Govers (1996)

ชั้นข้อมูลการจัดการดินและพืช

ชั้นข้อมูลการจัดการดินและพืชได้จากการประเมินแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2544 เพื่อกำหนดค่าปัจจัยตามตารางค่า C และ P ที่ประเมินตามชนิดพืชและการใช้ประโยชน์ที่ดินในภูมิภาค (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

การประมาณค่าการสูญเสียดิน

การประมาณการสูญเสียดินเพื่อประเมินสภาพความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินในโครงการนี้กำหนดเป็น 2 วิธีการตามลักษณะผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสภาพความเสื่อมโทรมคือ

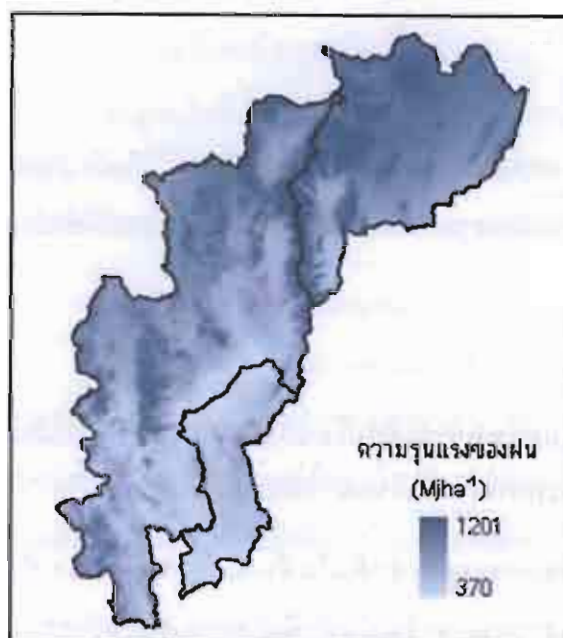
1. การประมาณค่าโดยเน้นผลกระทบของการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรโดยตรง ซึ่งสามารถประมาณได้จากการใช้ USLE ในระบบภูมิสารสนเทศ โดยไม่คำนึงถึงการเคลื่อนย้ายของตะกอนที่ออกจากพื้นที่ (รูปที่ 6-1)

2. การประมาณค่าโดยคำนึงถึงการเคลื่อนย้ายของตะกอนที่ออกจากพื้นที่ ลุ่มน้ำสาขาจึงเป็นพื้นที่เป้าหมายสำหรับการประมาณค่าโดยวิธีการนี้ แผนที่ลุ่มน้ำสาขาส่งจากแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลขค่าความสูงต่อเนื่อง (เมธี และคณะ, 2546) และครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด การประมาณค่าการสูญเสียดินดำเนินการโดยใช้โปรแกรมการประเมินการสูญเสียดินสุทธิ "WaTEM" (Water and Tillage Erosion Model) ที่พัฒนาโดย Oost et al. (2000) โดยนำปัจจัยการเรียงตัว (Landscape Structure) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินมาร่วมประเมิน นอกจากนั้นยังใช้การคำนวณการไหลของน้ำต่อเนื่องเพื่อกำหนดลักษณะการเคลื่อนย้ายของตะกอน (Sediment Transport Index) ในพื้นที่ การประมาณค่าโดยวิธีการนี้สามารถระบุตำแหน่งที่มีการพังทลายดิน (Erosion) และการทับถม (Deposition) ของตะกอน ตลอดจนสามารถประมาณตะกอนที่ออกสู่พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาได้โดยยังไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบของฝายและเขื่อนต่อการกักเก็บตะกอน

ผลการศึกษา

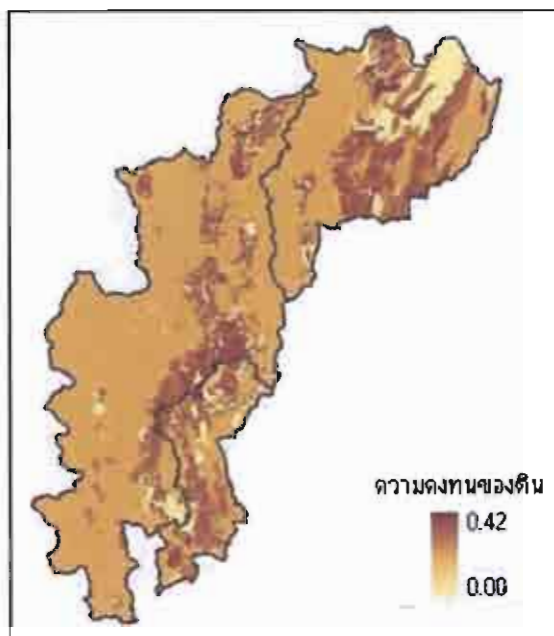
ผลการประมาณค่าการสูญเสียดิน

ผลจากการประมาณค่าการสูญเสียดินเชิงพื้นที่ทำให้สามารถสร้างแผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียดินเพื่อพัฒนาเป็นฐานข้อมูลสภาพความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรดินได้ โดยพบว่าในพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน มีค่าผลของความรุนแรงของผืน (Erosivity) อยู่ระหว่าง 370–1,201 เมกะจูน/เฮกตาร์ (รูปที่ 6-2) ซึ่งแนวโน้มของค่าความรุนแรงสูง ส่วนใหญ่พบในพื้นที่ของจังหวัดเชียงรายและลงมายังจังหวัดลำพูน โดยจะแปรปรวนตามปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของแต่ละพื้นที่



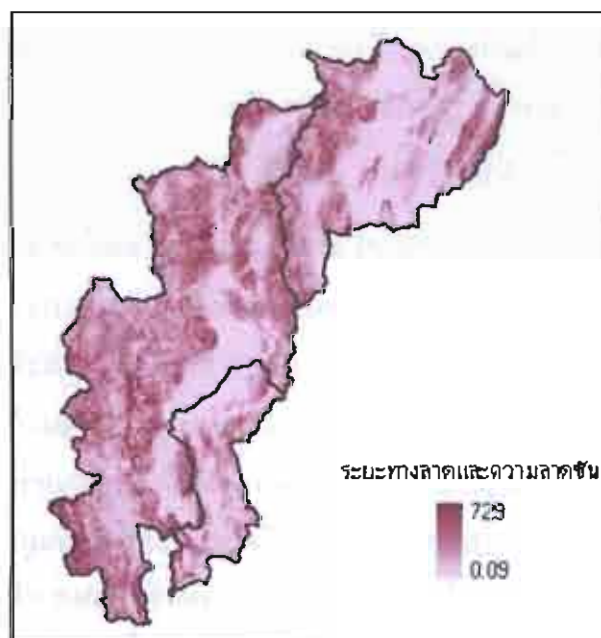
รูปที่ 6-2 ความรุนแรงของผืนในพื้นที่ศึกษา

การประมาณค่าความง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลาย (K) ของดินในพื้นที่ 3 จังหวัด พบว่ามีอยู่ระหว่าง 0.0–0.42 (รูปที่ 6-3) พื้นที่ที่มีค่า K สูง ดินมีโอกาสเสื่อมโทรมได้รุนแรงกว่าพื้นที่ที่มีค่า K ต่ำ



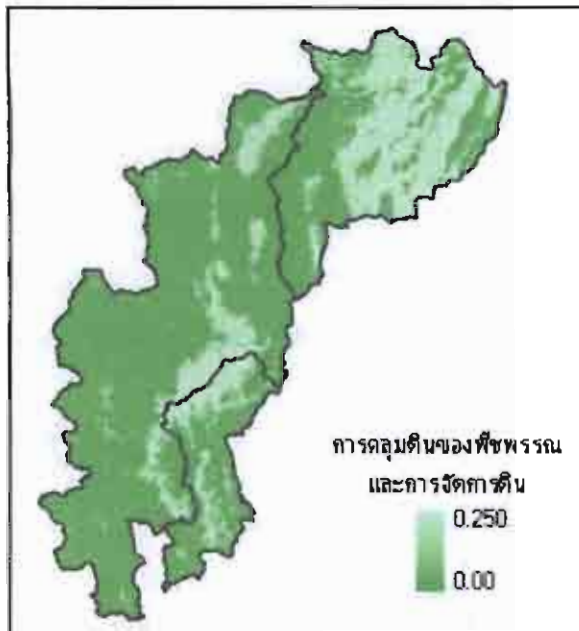
รูปที่ 6-3 ค่าความง่ายของดินต่อการถูกชะล้างพังทลายในพื้นที่ศึกษา

การประมาณค่าผลของระยะทางลาดและความลาดชันในพื้นที่ศึกษา พบว่าจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.09–729 (รูปที่ 6-4) โดยพบค่าระยะทางลาดและความลาดชันที่สูงบนพื้นที่ภูเขาที่มีความลาดชันสูงบริเวณรอบๆ ตัวจังหวัดทั้ง 3 จังหวัด ซึ่งพื้นที่เหล่านี้จะมีแนวโน้มที่ก่อให้เกิดสภาพความเสื่อมโทรมของพื้นที่ที่รุนแรงกว่าพื้นที่ราบ



รูปที่ 6-4 ผลของระยะทางลาดและความลาดชันต่อการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ศึกษา

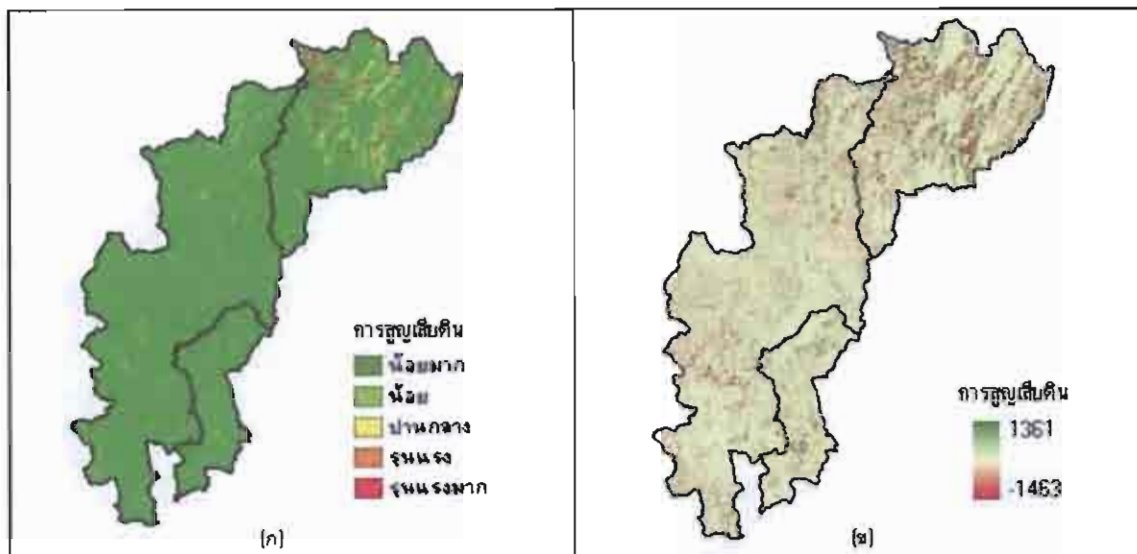
พบว่ากระจายของค่าผลการคลุมดินของพืชพรรณและมาตรการจัดการดินในพื้นที่ 3 จังหวัด อยู่ระหว่าง 0.0–0.250 (รูปที่ 6-5) โดยค่าที่สูงพบในพื้นที่ที่มีทำการเกษตร ซึ่งจะมีแนวโน้มต่อสภาพความเสื่อมโทรมของที่ดินที่รุนแรง



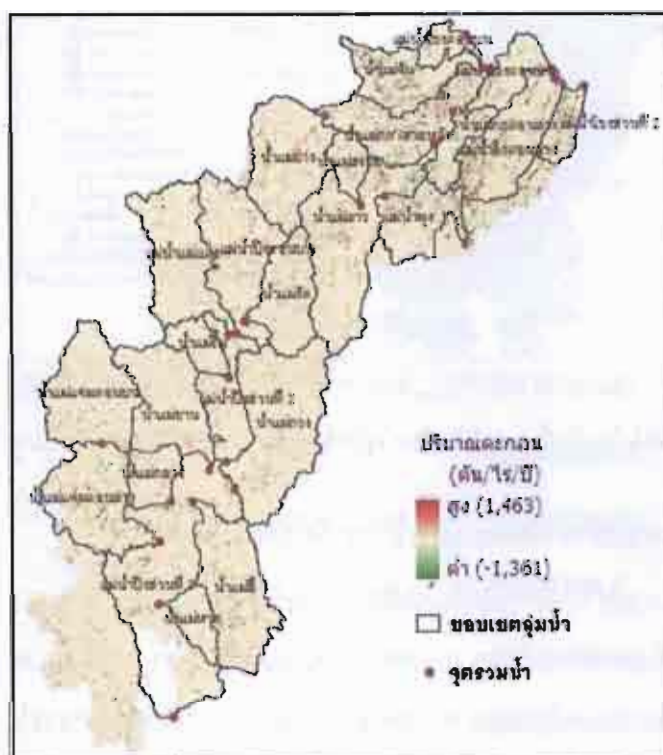
รูปที่ 6-5 การคลุมดินของพืชพรรณและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ศึกษา

จากการประมาณค่าการสูญเสียดินในพื้นที่ 3 จังหวัด พบว่าการสูญเสียดินจากการประมาณค่าทั้ง 2 วิธีคล้ายคลึงกัน (รูปที่ 6-6) การกระจายตัวของการสูญเสียดินชี้ให้เห็นว่าที่ดินในจังหวัดเชียงรายส่วนใหญ่มีศักยภาพที่จะเสื่อมโทรมรุนแรงกว่าจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน นอกจากนี้การประมาณค่าการสูญเสียดินโดยไม่คำนึงถึงการเคลื่อนย้ายของตะกอน แสดงให้เห็นว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0–374 ตัน/ไร่/ปี (รูปที่ 6-6(ก)) ในขณะที่ค่าที่ได้จากการประมาณการสูญเสียดินโดยคำนึงถึงการเคลื่อนย้ายของตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 0–1,463 ตัน/ไร่/ปี ส่วนปริมาณตะกอนที่ทับถมในพื้นที่ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0–1,361 ตัน/ไร่/ปี (รูปที่ 6-6(ข))

จากการประมาณค่าตะกอนที่ไหลออกจากพื้นที่โดยใช้ลุ่มน้ำสาขาจำนวน 23 ลุ่มน้ำสาขาในพื้นที่เป้าหมายเป็นขอบเขต (รูปที่ 6-7) พบว่าลุ่มน้ำแม่จันในจังหวัดเชียงรายมีปริมาณตะกอนไหลออกจากพื้นที่มากที่สุดถึง 116,511 ตัน/ปี หรือประมาณ 0.50 มม./ปี (ตารางที่ 6-1) ขณะที่ลุ่มน้ำแม่หาดในจังหวัดลำพูนมีค่าตะกอนที่ไหลออกจากพื้นที่น้อยที่สุด (ประมาณ 7,261 ตัน/ปี หรือ 0.05 มม./ปี) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปริมาณตะกอนที่ไหลออกจากพื้นที่ต่อปริมาณการสูญเสียดินในพื้นที่ พบว่าลุ่มน้ำแม่สรวยในจังหวัดเชียงรายมีเปอร์เซ็นต์การไหลออกของตะกอนสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 38.2 ของปริมาณการสูญเสียดินจากพื้นที่ ขณะที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างมีเปอร์เซ็นต์การไหลออกของตะกอนต่ำที่สุด คิดเป็นร้อยละ 3.2 ของการสูญเสียดินจากพื้นที่



รูปที่ 6-6 แผนที่แสดงการสูญเสียดินในพื้นที่ศึกษา (ก) ไม่คำนึงตะกอนที่ไหลออกจากพื้นที่ และ (ข) คำนึงตะกอนที่ไหลออกจากพื้นที่



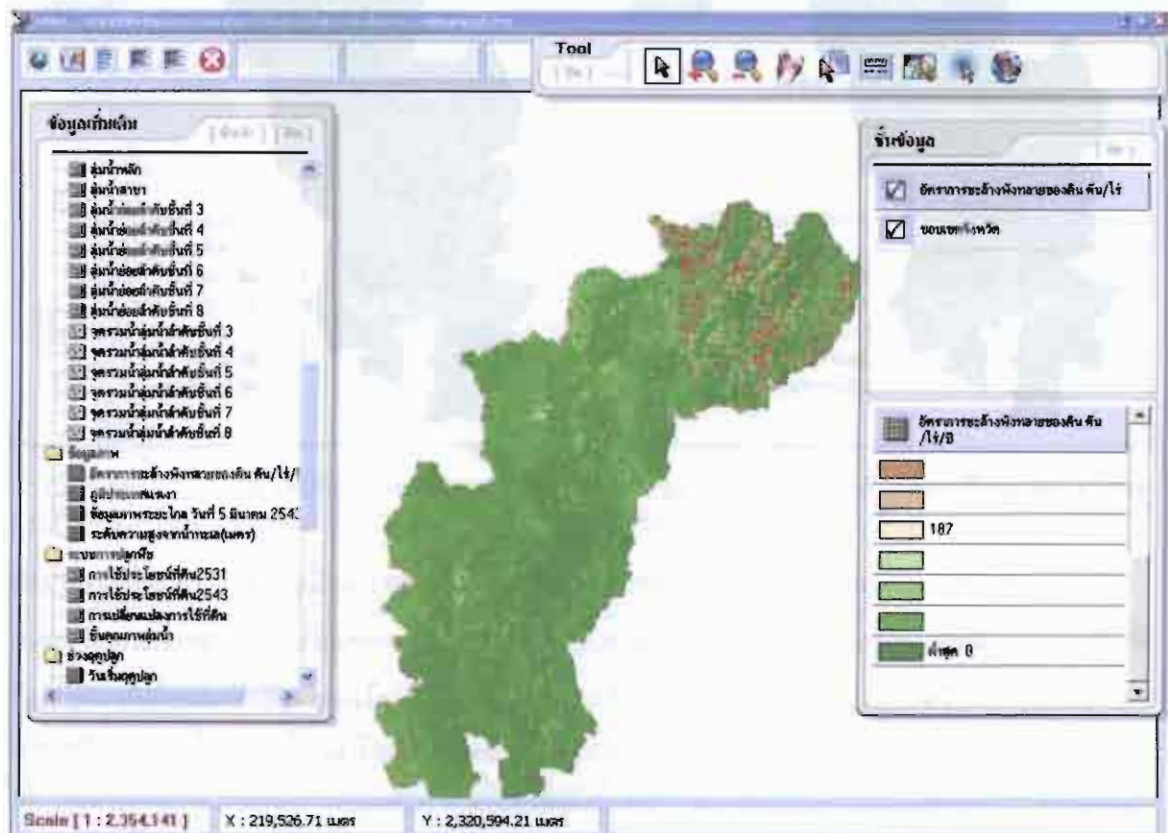
รูปที่ 6-7 ขอบเขตลุ่มน้ำสาขาในพื้นที่เป้าหมาย 3 จังหวัด

ตารางที่ 6-1 ปริมาณการสูญเสียดินในพื้นที่และตะกอนบริเวณจุดรวมน้ำของแต่ละลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำสาขา	สูญเสียดิน (ตัน/ปี)*	ตะกอน (ตัน/ปี)*	% การสูญเสีย
น้ำแม่จัน	602,685 (0.50)	116,511 (0.10)	16.2
น้ำแม่กก (สายหลัก)	539,589 (0.33)	60,232 (0.40)	10.0
แม่น้ำปิงตอนล่าง	444,362 (0.26)	81,291 (0.05)	15.5
น้ำแม่ลาว	335,381 (0.13)	27,639 (0.01)	7.6
น้ำแม่ฝาง	233,996 (0.12)	28,089 (0.01)	10.7
แม่น้ำโขงตอนบน	222,173 (0.21)	25,590 (0.02)	10.3
แม่น้ำปิงส่วนที่ 3	215,635 (0.06)	10,806 (0.00)	4.8
แม่น้ำพุง	210,132 (0.20)	16,057 (0.01)	7.1
แม่น้ำโขงส่วนที่ 2	209,677 (0.44)	53,719 (0.11)	20.4
แม่น้ำปิงตอนบน	201,894 (0.11)	20,816 (0.01)	9.3
น้ำแม่แจ่มตอนล่าง	188,828 (0.10)	6,6336 (0.00)	3.2
แม่น้ำแม่แตง	186,391 (0.10)	6,566 (0.00)	3.4
น้ำแม่กวง	173,824 (0.06)	14,126 (0.01)	7.5
น้ำแม่แจ่มตอนบน	169,183 (0.09)	12,455 (0.01)	6.9
น้ำแม่สี้	149,657 (0.07)	18,115 (0.01)	10.8
น้ำแม่ขาน	129,043 (0.07)	18,668 (0.01)	12.6
น้ำแม่กกตอนล่าง	123,595 (0.22)	27,113 (0.05)	18.0
น้ำแม่จัด	116,430 (0.09)	5,783 (0.00)	4.7
น้ำแม่สรวย	63,345 (0.14)	39,098 (0.09)	38.2
แม่น้ำปิงส่วนที่ 2	62,902 (0.06)	12,044 (0.01)	16.1
น้ำแม่กลาง	56,311 (0.09)	12,856 (0.02)	18.6
น้ำแม่ริม	33,204 (0.06)	4,459 (0.01)	11.8
น้ำแม่หาด	28,827 (0.05)	7,261 (0.01)	20.1

หมายเหตุ * ตัวเลขในวงเล็บมีหน่วยเป็น มม./ปี

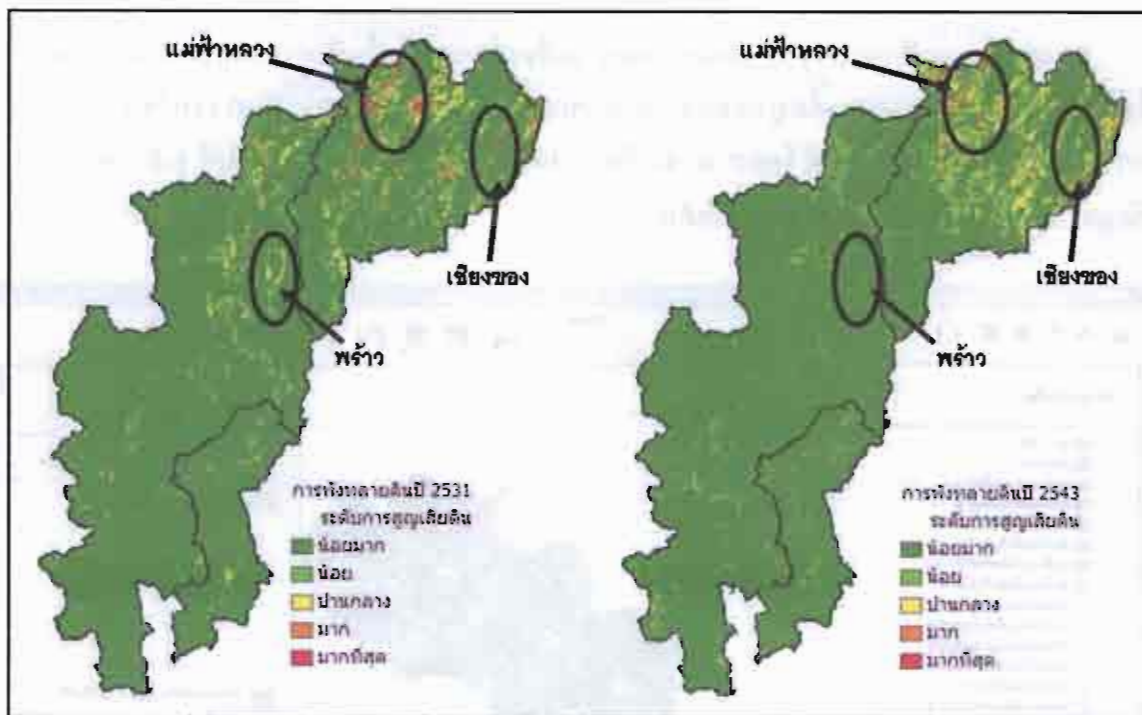
ผลจากการศึกษาการประเมินสภาพความเสื่อมโทรมของพื้นที่ สามารถนำข้อมูลที่พัฒนาได้ไปจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลของระบบสนับสนุนการวางแผนการจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการได้ โดยสามารถเรียกแสดงข้อมูลการสูญเสียดิน (รูปที่ 6-8) ตลอดจนข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพังทลายดิน



รูปที่ 6-8 ฐานข้อมูลการสูญเสียดินในพื้นที่ศึกษาเมื่อนำเข้าใช้งานใน รสทก.

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

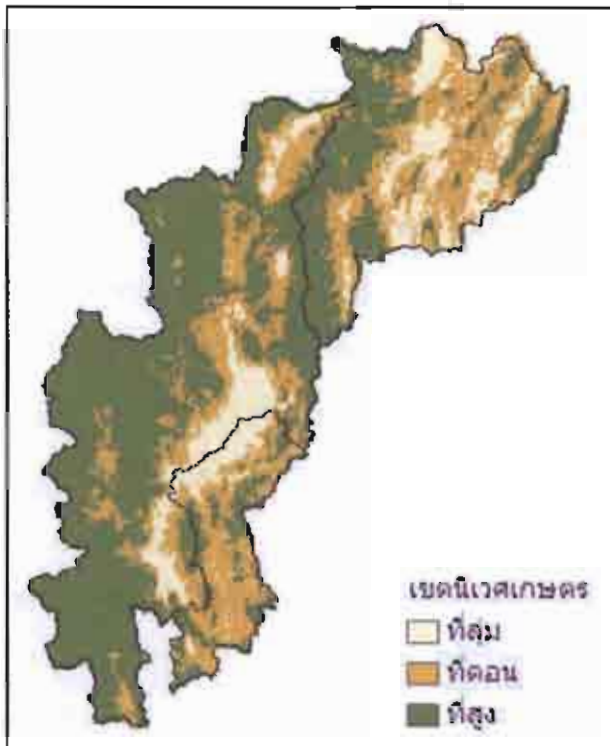
แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ในปี พ.ศ. 2531 (ชาญชัย และคณะ, 2546) ถูกนำมาแปลงเป็นชั้นข้อมูลการจัดการดินและพืช เพื่อใช้ประมาณค่าการสูญเสียดินโดยสมการ USLE โดยสร้างเป็นชั้นข้อมูลแผนที่การสูญเสียดินปี พ.ศ. 2531 ซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการสูญเสียดินระหว่างปีพ.ศ. 2531 และ 2543 ได้ดังรูปที่ 6-9



รูปที่ 6-9 แผนที่การสูญเสียดิน พ.ศ. 2531 และ 2543 ที่ได้จากการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2531 และ 2543

จากรูปที่ 6-9 พบว่าในจังหวัดเชียงรายโดยเฉพาะพื้นที่ส่วนหนึ่งของอำเภอแม่ฟ้าหลวงมีพื้นที่การสูญเสียดินเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง 2543 จากระดับมากที่สุดเป็นระดับปานกลาง เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวมีการใช้วิธีการจัดการพื้นที่ป่าไม้อย่างยั่งยืนโดยให้ชาวบ้านมีส่วนร่วมในการจัดการ ทำให้พื้นที่เกษตรบางส่วนถูกเปลี่ยนแปลงเป็นป่าไม้มากขึ้น ขณะเดียวกันในพื้นที่ส่วนหนึ่งของอำเภอเชียงของมีการนำไม้ผลโดยเฉพาะส้มโอมาปลูกแทนพื้นที่เกษตร ซึ่งช่วยลดระดับการสูญเสียดินได้จากระดับมากที่สุดเป็นระดับน้อย อย่างไรก็ตามบริเวณพื้นที่อำเภอเมืองที่เป็นที่ดอนอยู่ระหว่างอำเภอแม่ฟ้าหลวงและอำเภอเชียงของ พื้นที่ส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงการสูญเสียดินจากระดับน้อยมากเป็นระดับปานกลาง เนื่องจากมีการเปิดพื้นที่เพื่อปลูกพืชไร่โดยเฉพาะข้าวโพดมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการเสื่อมโทรมของที่ดิน ขณะที่จังหวัดเชียงใหม่โดยเฉพาะอำเภอพร้าว เกษตรกรมีการนำไม้ผล เช่น ลำไย มาปลูกในพื้นที่ซึ่งส่งผลให้ระดับการสูญเสียดินลดลงจากระดับปานกลางเป็นระดับน้อยถึงน้อยมาก

การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามเขตนิเวศวิทยาของพื้นที่ซึ่งประกอบด้วยที่ลุ่ม ที่ดอน และที่สูง ดังแสดงในรูปที่ 6-10 (ชาญชัย และคณะ, 2548) พบว่าค่าเฉลี่ยการสูญเสียดินบริเวณที่ลุ่มและที่ดอนของจังหวัดเชียงใหม่ในปี 2543 ลดลงจากปี 2531 ประมาณ 0.16 และ 0.55 ตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ ขณะที่บริเวณที่สูงค่าเฉลี่ยการสูญเสียดินในปี 2543 เพิ่มขึ้นจากปี 2531 ประมาณ 0.02 ตัน/ไร่/ปี (ตารางที่ 6-2) สำหรับจังหวัดเชียงรายและลำพูนพบว่าค่าเฉลี่ยการสูญเสียดินบริเวณที่ลุ่ม ที่ดอน และที่สูงในปี 2543 เพิ่มขึ้นจากปี 2531



รูปที่ 6-10 แผนที่แสดงนิเวศวิทยาของพื้นที่ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน

ตารางที่ 6-2 ปริมาณการสูญเสียดินตามนิเวศวิทยาของพื้นที่ในปี พ.ศ. 2531 และ 2543

จังหวัด	การสูญเสียดิน (ตันไร่/ปี)					
	ที่ลุ่ม		ที่ดอน		ที่สูง	
	พ.ศ.2531	พ.ศ.2543	พ.ศ.2531	พ.ศ.2543	พ.ศ.2531	พ.ศ.2543
เชียงใหม่	0.55	0.39	1.35	0.80	0.98	1.00
เชียงราย	0.83	1.15	3.36	3.69	2.27	2.63
ลำพูน	0.30	0.43	0.65	0.73	0.78	0.90

สรุป

การประมาณสภาพความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินเชิงพื้นที่ได้ใช้แนวทางการประมาณการสูญเสียดินจากสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) โดยพิจารณาถึงวิธีการประมาณที่สามารถกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่เกษตรโดยตรงและพื้นที่นอกการเกษตร ซึ่งผลจากการประมาณทำให้สามารถระบุถึงพื้นที่เสื่อมโทรมทางทรัพยากรที่ดินในระดับแปลงและระดับลุ่มน้ำสาขาได้ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจวางแผนการแก้ปัญหาที่ดินให้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้จากผลของการประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน ยังสามารถจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการประเมินหน่วยการจัดการที่ดินและอื่นๆ ภายในชุดโครงการนี้ได้ เช่น โครงการ "นิเวศเกษตร" เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. การชะล้างพังทลายดินในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, เมธี เอกะสิงห์, วรวิรุภรณ์ วีระจิตต์ และ สมจินต์ วานิชเสถียร. 2548. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 5 (1 มิถุนายน 2547 – 30 พฤศจิกายน 2547) โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนการจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, เมธี เอกะสิงห์, วรวิรุภรณ์ วีระจิตต์ และ สมจินต์ วานิชเสถียร. 2546. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 3 (1 มิถุนายน 2546 – 30 พฤศจิกายน 2546) โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนการจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, เมธี เอกะสิงห์, วรวิรุภรณ์ วีระจิตต์ และ สมจินต์ วานิชเสถียร. 2545. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 (1 มิถุนายน 2545 – 30 พฤศจิกายน 2545) โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนการจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธี เอกะสิงห์, พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, เฉลิมพล สำราญพงษ์ และ สุรีย์พร สุดชาติ. 2545. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 (1 มิถุนายน 2545 – 30 พฤศจิกายน 2545) โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนการจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธี เอกะสิงห์, ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, เฉลิมพล สำราญพงษ์, พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, ปิ่นเพชร สกุลส่องบุญศิริ, ประภัสสร พันธสมพงษ์, สิทธิธรรม อู่รอด และ สุรีย์พร สุดชาติ 2546. การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 2 (1 ธันวาคม 2545 – 31 พฤษภาคม 2545) โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนการจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1

ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง).

เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น.1-35.

Bissonnais, Y.L., C. Montier, M. Jamagne, J. Daroussin, and D. King. 2001. Mapping erosion risk for cultivated soil in France. *Catena* 56: 207–220.

Desmet, P.J.J. and G. Govers, 1996. A GIS-procedure for automatically calculating the USLE LS-factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation* 51(5): 427-433.

Oost, K.V., G. Govers, and P. Desmet. 2000. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape Ecology* 15(6): 577–589.

Sonneveld, B.G.J.S. and M.A. Nearing. 2002. A nonparametric/parametric analysis of the Universal Soil Loss Equation. *Catena* 57: 1–13.

Tran, L.T., M.A. Ridgley, L. Duckstein, and R. Sutherland. 2002. Application of fuzzy logic-based modeling to improve the performance of the Revised Universal Soil Loss Equation. *Catena* 57: 203–226.

Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning. USDA Agricultural Handbook No.537.

การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ

ปิ่นเพชร สกุลสองบุญศิริ¹ เมธี เอกะสิงห์² และ ชาฤทธิ สุ่มเหม¹

คำนำ

“หน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ” พัฒนาขึ้นจากฐานคิดการจัดการทรัพยากรแบบองค์รวม ซึ่งเป็นการกำหนดขอบเขตพื้นที่เพื่อสร้างภาพรวมของระบบที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางภูมิประเทศ ทรัพยากรกายภาพชีวภาพ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และกระบวนการเศรษฐกิจสังคมของพื้นที่ (Montgomery et al., 1995; Adinarayana et al., 1995; Bishr and Radwan, 1995; Steiner et al., 2000; Aspinall and Pearson, 2000) โดยที่ “หน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ” หน่วยหนึ่งอาจประกอบด้วยลุ่มน้ำสาขาได้ตั้งแต่ 1 ลุ่มน้ำขึ้นไป และภายใน 1 ลุ่มน้ำสาขาอาจประกอบด้วยหลายลุ่มน้ำย่อย เป็นลำดับชั้นลงไปเท่าที่ต้องการจำแนก ด้วยลักษณะดังกล่าวลุ่มน้ำจึงเป็นหน่วยพื้นที่พื้นฐานของการจัดการด้านการเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติที่ได้รับความนิยมใช้งาน (FAO, 1996; Adinarayana et al., 1999; Steiner et al., 2000; Khan et al., 2001; Randhir et al., 2001; กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) โดยสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนเพื่อนำไปสู่ปฏิบัติการที่รัดกุม ชัดเจน และมีมิติการใช้ข้อมูลอธิบายอย่างรอบด้านมากกว่าการกำหนดเขตพื้นที่ตามขอบเขตการปกครอง (Ziemer and Reid, 1997) ทั้งยังมีความยืดหยุ่นและสร้างความมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาการจัดการทรัพยากร

โดยทั่วไปการสร้างขอบเขตลุ่มน้ำทำได้อัตโนมัติในระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS) จากข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) และเพิ่มเติมความสอดคล้องต่อสภาพภูมิประเทศจริงของชั้นข้อมูลที่จำลองขึ้นได้ด้วยข้อมูลเส้นทางน้ำและแหล่งน้ำอ้างอิง แต่การกำหนดขอบเขตอัตโนมัติดังกล่าวเป็นเพียงการสร้างชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำที่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของระบบลุ่มน้ำอย่างเป็นลำดับชั้นที่ชัดเจน ทำให้การวางแผนและจัดการลุ่มน้ำอย่างเป็นระบบขาดความสมบูรณ์ นอกจากนั้นไม่สามารถสื่อถึงประชาชนในท้องถิ่นได้ดีนัก เนื่องจากการระบุชื่อลุ่มน้ำย่อยลงไปยังไม่สามารถดำเนินการแบบอัตโนมัติในระบบภูมิสารสนเทศได้สะดวก

¹ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

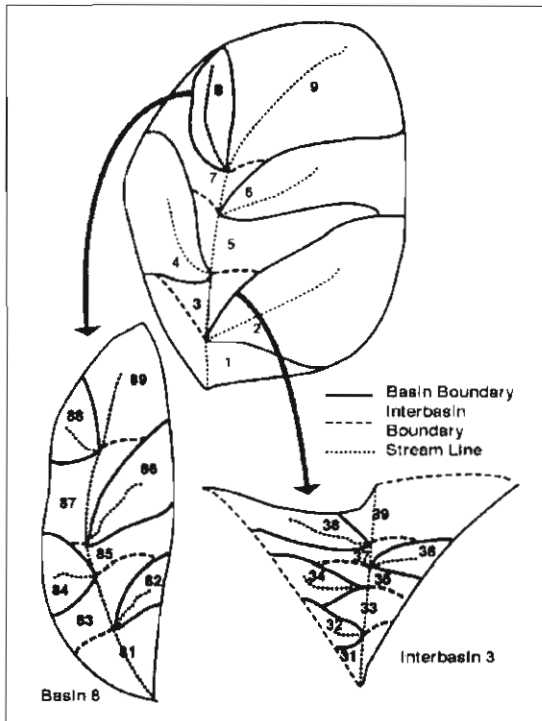
² ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การจัดกลุ่มน้ำเป็นลำดับชั้น (Hierarchy) และกำหนดรหัสกลุ่มน้ำที่สื่อความหมายถึงความสัมพันธ์ของการเป็นพื้นที่ต้นน้ำ/ปลายน้ำ (Upstream/Downstream) สามารถทำได้โดยอาศัยระบบ Pfafstetter (Verdin, 1997; Verdin and Verdin, 1999) ซึ่งเป็นการกำหนดขอบเขตและจำแนกกลุ่มน้ำบนฐานการอธิบายสภาพภูมิประเทศและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำเป้าหมายกับกลุ่มน้ำข้างเคียง (Watershed topology) ผ่านปรากฏการณ์ทางอุทกศาสตร์ โดยอาศัยขนาดและรูปร่าง (Shape) ของพื้นที่รับน้ำและสภาพอุทกวิทยาของระบบเส้นทางน้ำในพื้นที่เป็นเกณฑ์สำคัญในการจำแนกลักษณะจำเพาะของกลุ่มน้ำ รวมทั้งสร้างความเป็นลำดับชั้น และให้ชื่อเฉพาะของกลุ่มน้ำเป็นรหัสตัวเลขจำนวนหนึ่งที่เกิดจากการผสมกันของหมายเลข 0 ถึง 9 โดยจำนวนหลักขึ้นอยู่กับว่าใช้กำกับกลุ่มน้ำลำดับชั้นใด

เนื่องจากการกำหนดขอบเขต การจัดลำดับชั้น การกำหนดรหัสกลุ่มน้ำ และการให้ชื่อกลุ่มน้ำแบบอัตโนมัติและจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศในพื้นที่ขนาดใหญ่ครอบคลุมหลายจังหวัด เป็นงานที่ต้องอาศัยเวลาและทรัพยากรมหาศาลหากต้องดำเนินการทีละขั้นตอนในระบบภูมิสารสนเทศ ดังนั้นโครงการ *ครส.* ระบบกลางจึงได้พัฒนาวิธีการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่กลุ่มน้ำที่จำแนกตามระบบ Pfafstetter และพัฒนาโปรแกรมจำลองและวิเคราะห์เครือข่ายกลุ่มน้ำแบบอัตโนมัติ ที่ประกอบด้วยเครื่องมือหลัก 2 ชุด คือ (1) เครื่องมือสำหรับกำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับกลุ่มน้ำ พร้อมฟังก์ชันระบุชื่อเฉพาะกลุ่มน้ำ และ (2) เครื่องมือวิเคราะห์เครือข่ายกลุ่มน้ำ ได้แก่ ฟังก์ชันค้นหากลุ่มน้ำ ค้นหาแหล่งกำเนิดตะกอน-มลพิษ ค้นหาเส้นทางน้ำที่ได้รับผลกระทบจากการใช้ที่ดิน และค้นหาจุดขัดแย้งเรื่องน้ำ ในรูปแบบไฟล์ DLL (Dynamic Link Library) สำหรับใช้ใน ArcMap ที่ประกอบด้วย Spatial Analyst Extensions

การจำแนกกลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter

ระบบ Pfafstetter พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ.1989 โดย Otter Pfafstetter วิศวกรชาวบราซิลที่ทำงานในองค์กรรัฐบาล Department Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) ประเทศบราซิล ต่อมา Verdin (1997) และ Verdin and Verdin (1999) ได้ศึกษาและนำเสนอระบบ Pfafstetter เพื่อสนับสนุนงานการจัดการกลุ่มน้ำ ซึ่งการจำแนกกลุ่มน้ำในระบบ Pfafstetter ได้ใช้หมายเลข 0 ถึง 9 ในการอ้างอิงเพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำ โครงข่ายลำน้ำ และตำแหน่งของพื้นที่ต้นน้ำ/ปลายน้ำ โดยแต่ละหมายเลขมีลักษณะจำเพาะที่จัดแบ่งได้จากอุทกวิทยาของลำน้ำซึ่งแบ่งกลุ่มน้ำเป็น 3 ประเภท (รูปที่ 7-1) ได้แก่ (1) Pfafstetter basins เป็นขอบเขตกลุ่มน้ำที่อ้างอิงลำน้ำสาขาของสายน้ำหลัก (2) Pfafstetter inter-basins เป็นกลุ่มน้ำบนลำน้ำสายหลักซึ่งอยู่ระหว่าง Pfafstetter basins และ (3) Pfafstetter internal basins เป็นกลุ่มน้ำที่ไม่ได้รับน้ำและส่งน้ำให้กับพื้นที่อื่น



รูปที่ 7-1 โครงสร้างการจำแนกกลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter (Verdin and Verdin, 1999)

วิธีการศึกษา

การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การออกแบบและจัดทำโครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ (2) การกำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ (3) การวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อสร้างข้อมูลสมบัติลุ่มน้ำย่อย และ (4) การสร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำ ซึ่งกระบวนการและขั้นตอนการทำงานเหล่านี้ใช้ซอฟต์แวร์ ArcGIS รุ่น 9.0 (ESRI, 2004) Arc Hydro (Maidment (ed.), 2002) Microsoft Visio Professional รุ่น 2002 และโปรแกรมที่เขียนขึ้นจาก Microsoft Visual Basic เป็นเครื่องมือในการทำงาน

การออกแบบและจัดทำโครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ

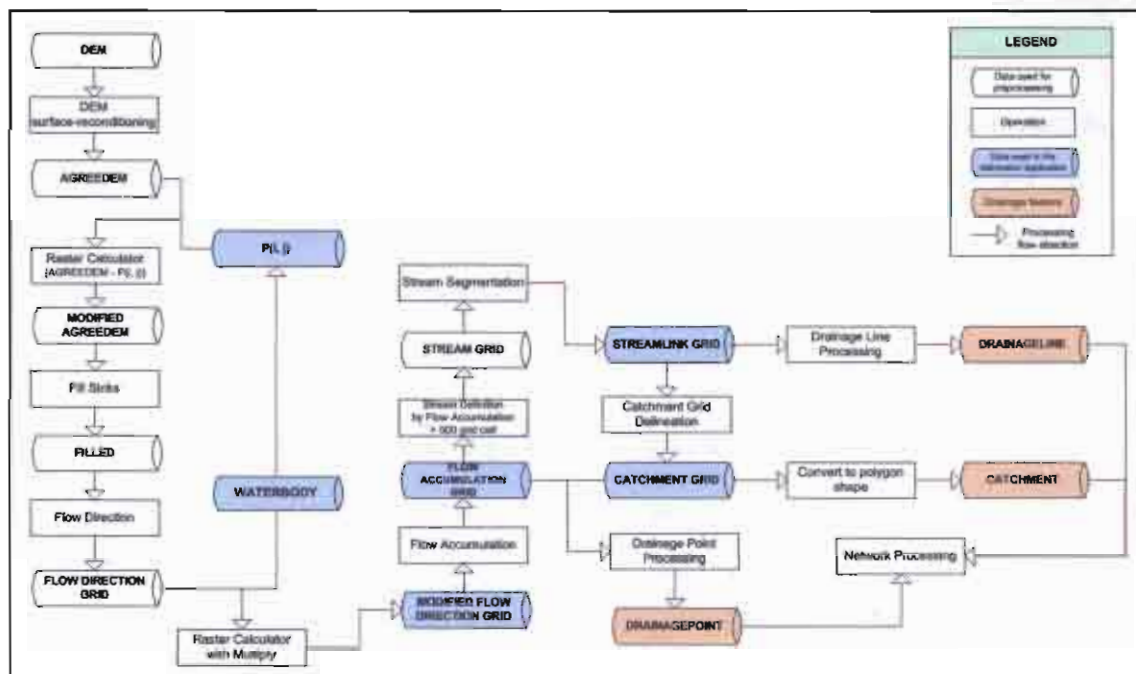
โครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำออกแบบด้วย UML (Unified Modeling Language) ที่ทำงานบนโปรแกรม Microsoft Visio โดยกำหนดการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ขอบเขตลุ่มน้ำและข้อมูลอุทกวิทยาออกเป็นลำดับชั้นต่างๆ พร้อมฟิลด์สำหรับระบุรหัสกำกับลุ่มน้ำตามเงื่อนไขของระบบ Pfafstetter และข้อมูลสมบัติลุ่มน้ำย่อย จากนั้นแปลงให้เป็นแฟ้มข้อมูลประเภท XMI (XML Metadata Interchange) แล้วสร้างเป็นโครงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่แบบ Personal Geodatabase ใน ArcGIS ด้วย CASE Tools ในส่วน *Schema Wizard Creation* ซึ่งโครงสร้างของ Geodatabase ที่ได้จะมีองค์ประกอบต่างๆ เช่นเดียวกับที่ได้ออกแบบและสร้างไว้ในผัง UML

การกำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ

การกำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำแบ่งการทำงานเป็น 2 ขั้นตอนหลักที่ประกอบด้วย (1) การจัดทำชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐาน และ (2) การสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำและจำแนกลุ่มน้ำเพื่อให้รหัสกำกับตามเงื่อนไขระบบ Pfafstetter

1. การจัดทำชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐาน

เนื่องจาก Pfafstetter เป็นระบบกำหนดขอบเขตและจำแนกลุ่มน้ำที่อธิบายสภาพภูมิประเทศและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่โดยอาศัยข้อมูลขนาดและรูปร่างของพื้นที่รับน้ำ สภาพอุทกวิทยาของลำน้ำ ระบบดังกล่าวต้องการข้อมูลรายละเอียดของโครงข่ายลำน้ำที่สอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริงและตำแหน่งจุดรวมน้ำที่เชื่อถือได้ว่าเป็นจุดต่ำสุดที่มีน้ำไหลมารวมกันมากกว่าจุดอื่นๆ ในบริเวณข้างเคียง จึงได้สร้างชุดข้อมูลเครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐานแบบอัตโนมัติโดยใช้ข้อมูล DEM ร่วมกับข้อมูลเส้นทางน้ำและแหล่งน้ำอ้างอิงขนาดมาตราส่วน 1:50,000 เพื่อให้ชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำที่ได้จากการจำลองมีความต่อเนื่องสอดคล้องกับภูมิประเทศและแสดงทิศทางการไหลของน้ำได้ชัดเจนมากขึ้น การจัดทำชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐานได้ใช้โปรแกรม Arc Hydro เป็นเครื่องมือ โดยมีกระบวนการและขั้นตอนการจำลองข้อมูลแสดงดังรูปที่ 7-2



รูปที่ 7-2 แผนภาพแสดงวิธีการและขั้นตอนการสร้างชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐาน

การจำลองขอบเขตลุ่มน้ำเริ่มต้นจากการผนวกชั้นข้อมูลเส้นทางน้ำอ้างอิงเข้าสู่ DEM ด้วยกระบวนการ Stream burning ซึ่งเป็นเทคนิคที่พัฒนาโดย Hellweger (1997) และระบุตำแหน่งแหล่งน้ำอ้างอิงโดยประยุกต์ใช้วิธีการที่เสนอโดย Turcotte et al. (2001) ซึ่งใช้หลักการปรับ

แบบจำลองข้อมูลความสูงของพื้นที่ (DEM) ด้วยระยะห่างจากตำแหน่งแหล่งน้ำดังแสดงในสมการที่ (7-1) โดย DEM ที่อยู่ใกล้ชิดกับแหล่งน้ำจะถูกปรับค่ามากกว่า DEM ที่อยู่ห่างออกไป

$$E'(i, j) = E(i, j) - P(i, j) \quad (7-1)$$

โดยที่ $E'(i, j)$ คือ ค่าความสูงของกริดที่ (i, j) ใน DEM ที่ปรับค่าความสูงแล้ว

$E(i, j)$ คือ ค่าความสูงของกริดที่ (i, j) ในชั้นข้อมูล DEM ก่อนปรับค่า

$P(i, j)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การรบกวนทิศทางการไหลของน้ำ (Perturbation coefficient) แสดงเป็นค่าระยะห่างระหว่างแต่ละเซลล์ของ DEM จากตำแหน่งแหล่งน้ำ ค่านี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อเซลล์อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำและค่อยๆ ลดลงจนมีค่าเป็น 0 เมื่อเซลล์มีระยะห่างจากแหล่งน้ำมากขึ้น ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (7-2)

$$P(i, j) = \frac{1}{2} \left(\frac{R_m}{R(i, j)} \right)^{1/\alpha} \quad (7-2)$$

โดยที่ R_m คือ อาณาเขตที่ไกลสุดที่ส่งผลต่อทิศทางการไหลของน้ำ (maximum radial influence) ซึ่งจะต้องมีค่ามากพอที่จะช่วยขจัดความคลาดเคลื่อน (discrepancies) ในการคำนวณทิศทางการไหลของน้ำ

$R(i, j)$ คือ ระยะทางคิดเป็นจำนวนเซลล์ระหว่างเซลล์ที่ (i, j) กับเซลล์ที่เป็นทางน้ำ DRLN (Digital River and Lake Network) ที่ใกล้สุด

α คือ ค่า flaring coefficient ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (7-3)

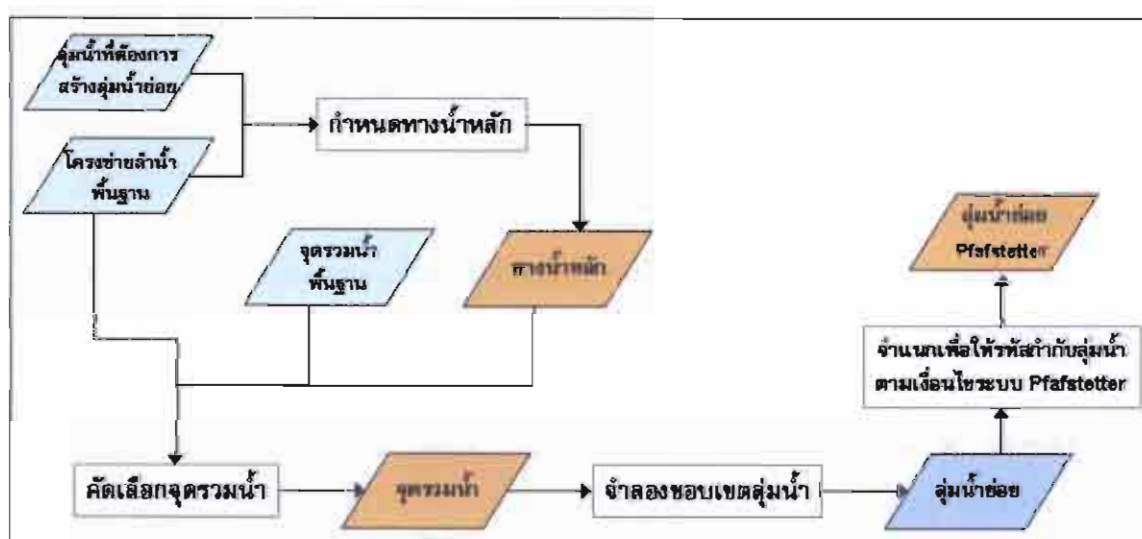
$$\alpha = \frac{\ln(R_m) - \ln(R_m - 1)}{\ln 3} \quad (7-3)$$

จากนั้นทำการสร้างชั้นข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำ (Flow direction) ชั้นข้อมูลสะสมน้ำ (Flow accumulation) และเส้นทางน้ำจากชั้นข้อมูลการรวมตัวของน้ำจากชั้นข้อมูล DEM ที่ปรับค่าแล้ว ในการสร้างชั้นข้อมูลกริดเส้นทางน้ำทำได้โดยระบุค่าจำนวนกริดที่มีน้ำไหลมารวมกันที่ 500 กริดเซลล์ พร้อมทั้งสร้างชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำซึ่งเป็นการกำหนดจุดเชื่อมต่อเส้นทางน้ำเพื่อสร้างขอบเขตลุ่มน้ำย่อย จากนั้นแปลงเป็นชั้นข้อมูลเวกเตอร์อันประกอบด้วยชั้นข้อมูลลุ่มน้ำย่อย โครงข่ายลำน้ำ และจุดรวมน้ำของลุ่มน้ำย่อย เพื่อใช้ในการสร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำด้วยเครื่องมือใน Arc Hydro ผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำคือจุดบรรจบของทางน้ำ (JunctionID) และ NextDownID ซึ่งเป็นหมายเลขกำกับตำแหน่งพื้นที่รับน้ำของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ข้อมูลดังกล่าวนี้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

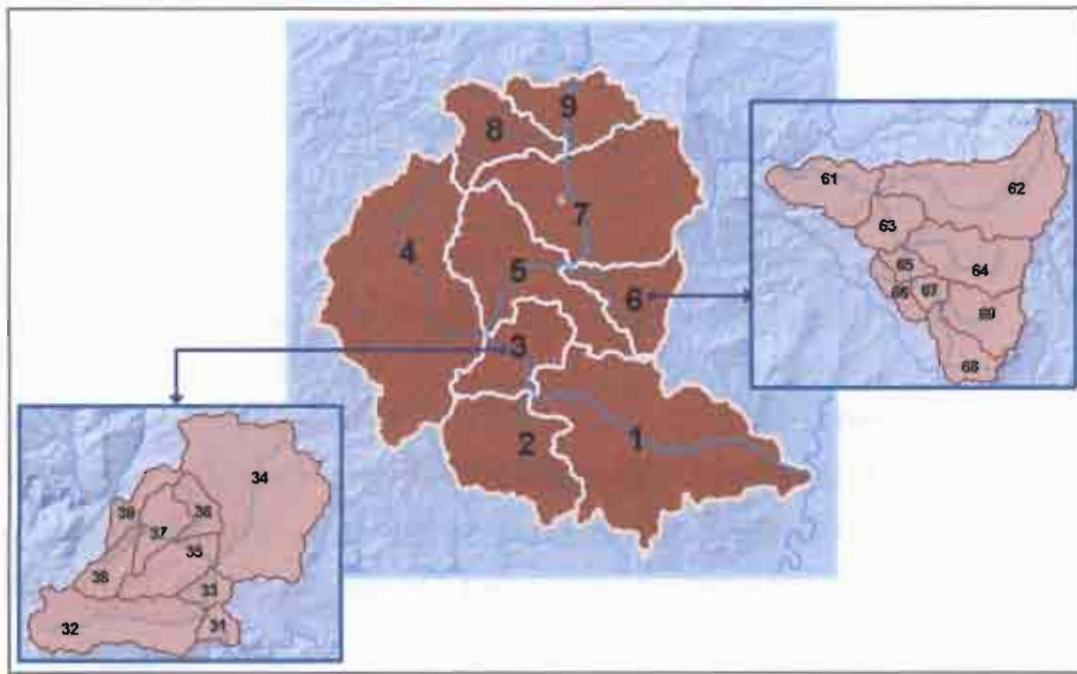
นอกจากข้อมูลที่ได้จากชุดเครือข่ายในข้างต้นแล้ว ค่าสะสมน้ำมีความจำเป็นสำหรับใช้ในการคัดเลือกจุดรวมน้ำเพื่อสร้างขอบเขตลุ่มน้ำและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ ข้อมูลค่าสะสมน้ำดังกล่าวได้จากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ระหว่างชั้นข้อมูลกริดค่าสะสมน้ำและชั้นข้อมูลจุดรวมน้ำ แล้วระบุเข้าสู่ชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ

2. การสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ

เนื่องจากการทำการคัดเลือกจุดรวมน้ำจากชุดเครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐานที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของระบบ Pfafstetter เพื่อใช้ในการสร้างขอบเขตลุ่มน้ำ ดังนั้นจึงเริ่มต้นขั้นตอนการทำงานด้วยการกำหนดโครงข่ายลำน้ำหลัก (Main drainage line) สำหรับใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการระบุโครงข่ายลำน้ำสาขา (Tributary) ทำการตรวจสอบว่ามีโครงข่ายลำน้ำสาขาใดที่ไหลบรรจบกับโครงข่ายลำน้ำหลักด้วยฟังก์ชัน Select by location "Intersect" แล้วเลือกเฉพาะจุดรวมน้ำของโครงข่ายลำน้ำสาขาที่ไหลบรรจบลงโครงข่ายลำน้ำหลักที่มีปริมาณน้ำมากเป็นอันดับที่ 1-4 ด้วยค่าสะสมน้ำ (Flow accumulation) ในส่วนของโครงข่ายลำน้ำหลักให้เลือกจุดรวมน้ำที่มีการสะสมน้ำสูงสุด จุดที่น้ำมาบรรจบกันบนโครงข่ายลำน้ำหลักจะได้รับน้ำจากจุดรวมน้ำตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไปจากเหตุผลดังกล่าวทำให้ได้จุดรวมน้ำอีก 4 จุดบนโครงข่ายลำน้ำหลัก นำจุดรวมน้ำที่ได้ไปใช้ในการกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำร่วมกับชั้นข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำที่ได้สร้างไว้ในขั้นตอนเตรียมชุดเครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐาน และจำแนกลุ่มน้ำเพื่อให้รหัสกำกับด้วยข้อมูลค่าสะสมน้ำและตำแหน่งพื้นที่รับน้ำ กระบวนการสร้างขอบเขตลุ่มน้ำโดยสรุปแสดงดังรูปที่ 7-3



รูปที่ 7-3 แผนภาพขั้นตอนการสร้างขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำตามระบบ Pfafstetter



รูปที่ 7-4 การให้รหัสกำกับและจัดลำดับชั้นลุ่มน้ำตามระบบ Pfafstetter

สำหรับการให้รหัสกำกับลุ่มน้ำพิจารณาจากค่าสะสมน้ำ ณ จุดรวมน้ำที่ตั้งอยู่บนโครงข่ายลำน้ำหลักและจุดรวมน้ำที่ตั้งอยู่บนโครงข่ายลำน้ำสาขา ซึ่งจุดรวมน้ำทั้งสองประเภทต้องมีจุดบรรจบหรือมีตำแหน่งพื้นที่รับน้ำร่วมกัน (NextDownID) ลุ่มน้ำบนโครงข่ายลำน้ำหลักที่มีค่าสะสมน้ำสูงสุดในกรอบพื้นที่หนึ่งๆ จะมีรหัสกำกับเป็นหมายเลข 1 (รูปที่ 7-4) ส่วนลุ่มน้ำที่มีค่าสะสมน้ำมากน้อยลดหลั่นกันลงมาจะมีรหัสกำกับเป็นหมายเลข 3, 5, 7 และ 9 ตามลำดับ การจำแนกเพื่อให้รหัสกำกับลุ่มน้ำสำหรับลำน้ำสาขาพิจารณาจาก NextDownID ของลำน้ำสาขา ถ้าลำน้ำสาขาใดมี NextDownID เดียวกับลำน้ำหลักจะให้รหัสกำกับโดยพิจารณาที่หมายเลขลำน้ำกล่าวคือ ลำน้ำสาขาหมายเลข 2 จะมี NextDownID เดียวกับลำน้ำหลักหมายเลข 3 ส่วนลำน้ำสาขาหมายเลข 4 มี NextDownID เดียวกับลำน้ำหลักหมายเลข 5 ลำน้ำสาขาหมายเลข 6 มี NextDownID เดียวกับลำน้ำหลักหมายเลข 7 และลำน้ำสาขาหมายเลข 8 มี NextDownID เดียวกับลำน้ำหลักหมายเลข 9 หลังจากนั้นถ้ายังมีลุ่มน้ำเหลืออยู่แต่ไม่มีรหัสกำกับ ให้ใช้รหัสกำกับเป็นหมายเลข 0

ทำการระบุชื่อเฉพาะภาษาไทยให้กับขอบเขตลุ่มน้ำที่จำลองได้เพื่อสื่อสารกับประชาชนในท้องถิ่นได้สะดวก โดยได้อาศัยชื่อเส้นทางน้ำอ้างอิงที่ปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ แต่เนื่องจากเส้นทางน้ำอ้างอิงอาจมีความยาวพาดผ่านมากกว่าหนึ่งลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นผลให้ชื่อของลุ่มน้ำที่ได้ไม่เป็นชื่อเฉพาะ ดังนั้นชื่อเฉพาะลุ่มน้ำจึงประกอบด้วยชื่อเส้นทางน้ำอ้างอิงที่ปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ และมีหมายเลขต่อท้ายในกรณีที่ทางน้ำอ้างอิงนั้นพาดผ่านมากกว่าหนึ่งลุ่มน้ำ เช่น น้ำแม่ขาน 1, น้ำแม่ขาน 2 ต่อไปจนกว่าจะหมดลุ่มน้ำที่เส้นทางน้ำแม่ขานพาดผ่าน เป็นต้น การระบุหมายเลขเพื่อสร้างชื่อเฉพาะให้กับลุ่มน้ำที่มีลักษณะดังกล่าว จะเริ่มต้นจากลุ่มน้ำลำดับขั้นต้นๆ ที่

ลุ่มน้ำรหัสกำกับหมายเลข 9 ซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำ และเมื่อพบว่าในลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ละเอียดถัดไป ยังคงถูกพาดผ่านด้วยทางน้ำอ้างอิงเดียวกัน ก็ให้หมายเลขต่อเนื่องจากหมายเลขสุดท้ายของลุ่มน้ำลำดับชั้นก่อนหน้า (ในการศึกษาครั้งนี้ได้เริ่มต้นที่ลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 3)

สำหรับลุ่มน้ำในลำดับชั้นที่ละเอียดลงไป ดำเนินการเช่นเดียวกับกระบวนการดังกล่าวในข้างต้น โดยอาศัยขอบเขตลุ่มน้ำที่กำหนดขึ้นจากลำดับชั้นสูงกว่าเป็นกรอบอ้างอิง และหากภายในลุ่มน้ำดังกล่าวยังคงมีลำน้ำสาขา ให้ทำการสร้างต่อไปในลำดับชั้นที่ต่ำลงมา จนกระทั่งปรากฏจุดรวมน้ำหรือเส้นทางน้ำเพียงหนึ่งเดียว หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าไม่มีลำน้ำสาขาอีกต่อไปแล้ว แบบปฏิบัติดังกล่าวนี้ทำให้ทราบได้ว่าขอบเขตลุ่มน้ำที่มีขนาดเล็กที่สุดภายในพื้นที่เป้าหมายเริ่มต้นจากค่าสะสมน้ำเท่าใด ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้เริ่มต้นที่ค่าสะสมน้ำ 500 กริตเซลล์ (0.45 ตร.กม.) ดังนั้นการให้รหัสลุ่มน้ำย่อยเป้าหมาย สามารถทำได้จากการนำหมายเลขกำกับลุ่มน้ำในแต่ละลำดับชั้นมาเรียงต่อกันโดยเริ่มจากรหัสของลำดับชั้นสูงสุด จนถึงหมายเลขตัวสุดท้ายซึ่งเป็นรหัสของลุ่มน้ำย่อยสุดที่เป็นเป้าหมาย

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อสร้างชุดข้อมูลสมบัติลุ่มน้ำย่อย

เมื่อสร้างขอบเขตลุ่มน้ำและข้อมูลอุทกวิทยาเสร็จแล้ว นำขอบเขตที่ได้ไปทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ร่วมกับชั้นข้อมูล DEM การใช้ประโยชน์ที่ดิน หมู่บ้าน ระบบชลประทาน และชั้นข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างข้อมูลสมบัติของลุ่มน้ำย่อย ได้แก่ ระดับความสูงจากน้ำทะเลปานกลาง ความลาดชันของพื้นที่ สัดส่วนการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร สัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในชลประทาน สัดส่วนพื้นที่ถูกรบกวน และความหนาแน่นของประชากรในลุ่มน้ำย่อย

การสร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำ

ชุดข้อมูลเครือข่าย (Network) เป็นข้อมูลที่จำลองความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุเชิงพื้นที่และทิศทางการเคลื่อนตัวของวัตถุ (Booth et al., 2002) โดยอาศัยโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุเชิงพื้นที่ในชุดข้อมูลเครือข่าย (Zeiler, 1999) อันประกอบด้วยชั้นของวัตถุ (Feature class) ที่เรียกว่า Edge network features และ Junction network features ซึ่งเป็นวัตถุเชิงพื้นที่ประเภทเส้น (Line) และจุด (Point) ตามลำดับ โดยที่ Edge network features เชื่อมต่อกันได้ด้วย Junction network features ชุดข้อมูลเครือข่ายลุ่มน้ำสร้างขึ้นจากการจำลองทิศทางการไหลของน้ำที่ไหลจากที่สูงลงที่ต่ำและบรรจบกันที่จุดหนึ่งๆ ด้วยชั้นข้อมูลประเภท Point และ Line ที่มีชื่อว่า HydroJunction และ HydroEdges ตามลำดับ และแบบจำลองความสัมพันธ์ (Relationship class) ระหว่าง HydroJunction กับขอบเขตลุ่มน้ำ ซึ่งชั้นข้อมูลก็นำมาใช้สร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำประกอบด้วยขอบเขตลุ่มน้ำ โครงข่ายลำน้ำ และจุดรวมน้ำ โดยใช้ชุดเครื่องมือ Hydro Network Generation ใน Arc Hydro และเชื่อมโยงข้อมูลฝ่ายและแหล่งน้ำอ้างอิงเข้าสู่เครือข่ายด้วยแบบจำลองความสัมพันธ์

ผลการศึกษา

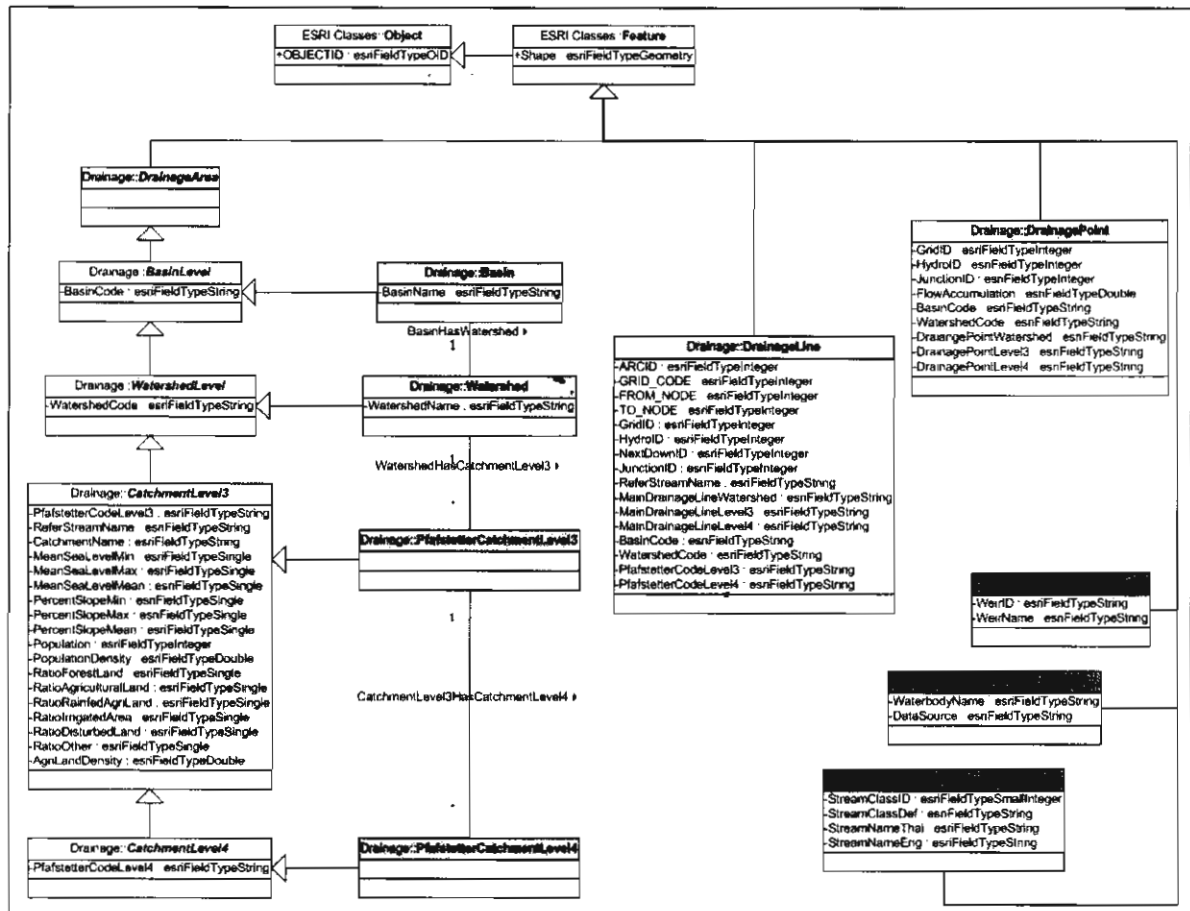
โครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ

เนื่องจากฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำที่จัดทำขึ้นในการศึกษาคั้งนี้ต้องการแสดงให้เห็นภาพความสัมพันธ์ของข้อมูลในระบบลุ่มน้ำและสื่อสารความเป็นลำดับชั้นของขอบเขตลุ่มน้ำให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงได้กำหนดโครงสร้างฐานข้อมูลดังผัง UML ในรูปที่ 7-5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ชุดข้อมูลอุทกวิทยาอ้างอิง (Hydrography) ได้แก่ แหล่งน้ำ (Waterbody) ทางน้ำอ้างอิง (Stream) และระบบชลประทานตำแหน่งฝาย (Weir) ซึ่งแต่ละชั้นข้อมูลดังกล่าวได้อ้างอิงจากแผนที่ภูมิประเทศขนาดมาตราส่วน 1:50,000 และข้อมูลจากกรมชลประทาน โดยทำการจัดเก็บด้วย Feature class ประเภท Polygon, Line และ Point ตามลำดับ

ชุดข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำและอุทกวิทยาจำลอง (Drainage) จัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการจำลองด้วย DEM ประกอบด้วยขอบเขตลุ่มน้ำ 4 ลำดับชั้น ได้แก่ ลุ่มน้ำหลัก (Basin) ลุ่มน้ำสาขา (Watershed) และลุ่มน้ำย่อย 2 ลำดับชั้นตามระบบ Pfafstetter (PfafstetterCatchmentLevel) ซึ่งจัดเก็บด้วย Feature class ประเภท Polygon และสื่อสารความเป็นลำดับชั้นของขอบเขตลุ่มน้ำด้วยแบบจำลองความสัมพันธ์ One to Many (1-*) นั่นคือภายใต้ลุ่มน้ำหลักจะประกอบด้วยหลายลุ่มน้ำสาขา แต่ละลุ่มน้ำสาขาจะประกอบขึ้นจากหลายลุ่มน้ำย่อย ซึ่งแต่ละลุ่มน้ำย่อยก็จะมีหลายลุ่มน้ำย่อยที่ละเอียดลงไป และภายใต้ขอบเขตลุ่มน้ำย่อยจะจัดเก็บข้อมูลสมบัติที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยตารางข้อมูลอรรถาธิบาย ในส่วนข้อมูลอุทกวิทยา ได้แก่ โครงข่ายลำน้ำ (DrainageLine) จัดเก็บด้วย Feature class ประเภท Line พร้อมระบุโครงข่ายลำน้ำหลักของแต่ละลุ่มน้ำ ส่วนจุดรวมน้ำของลุ่มน้ำ (DrainagePoint) จัดเก็บด้วย Feature class ประเภท Point โดยแสดงความสัมพันธ์กับข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำแบบ One to One (1-1) ด้วยรหัสกำกับลุ่มน้ำที่ระบุไว้ในชั้นข้อมูลจุดรวมน้ำ

สำหรับชุดเครือข่ายได้สร้างขึ้นหลังจากนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าสู่ฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นจึงไม่ได้ปรากฏอยู่ในผัง UML



รูปที่ 7-5 ผัง UML แสดงชั้นของวัตถุและความสัมพันธ์ในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ

ทำการสร้างโครงของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่แบบ Personal Geodatabase จากโครงสร้างและความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลในผัง UML (รูปที่ 7-5) โดยแปลงเป็นแฟ้มข้อมูลประเภท XMI เพื่อนำเข้าด้วย CASE Tools ในส่วน *Schema Wizard Creation* โครงสร้าง Geodatabase ที่ได้จะมี schema ที่ประกอบด้วยชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ (รูปที่ 7-6) ได้แก่

- (1) ชั้นข้อมูลลุ่มน้ำหลัก (Basin) จัดเก็บขอบเขตลุ่มน้ำที่ได้จากการรวบรวมขอบเขตลุ่มน้ำสาขาโดยอ้างอิงตามฐานข้อมูลลุ่มน้ำในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542)
- (2) ชั้นข้อมูลลุ่มน้ำสาขา (Watershed) จัดเก็บขอบเขตลุ่มน้ำที่สร้างโดยการกำหนดจุดรวมน้ำอ้างอิงตามฐานข้อมูลลุ่มน้ำในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542)
- (3) ชั้นข้อมูลลุ่มน้ำย่อย (PfafstetterCatchmentLevel) จัดเก็บขอบเขตพื้นที่รับน้ำเป็นลำดับชั้นตามหลักการกำหนดและจำแนกด้วยระบบ Pfafstetter โดยเริ่มต้นจากลุ่มน้ำย่อยซึ่งเป็นลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 3 ที่นับต่อจากลุ่มน้ำหลัก (ลำดับชั้นที่ 1) และลุ่มน้ำสาขา (ลำดับชั้นที่ 2) จนถึงลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 4 โดยในชั้นข้อมูลลุ่มน้ำย่อยได้จัดเก็บข้อมูลอธิบายที่เป็นข้อมูลสมบัติต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูล DEM การใช้ประโยชน์ที่ดิน และชั้นข้อมูลระบบ

ชลประทาน ได้แก่ ระดับความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำ (MeanSeaLevelMin, MeanSeaLevelMax, MeanSeaLevelMean) เปอร์เซ็นต์ความลาดชันของพื้นที่ (PercentSlopeMin, PercentSlopeMax, PercentSlopeMean) ความหนาแน่นของประชากร (PopulationDensity) สัดส่วนพื้นที่เกษตร (RatioAgriculturalLand) สัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกใช้น้ำชลประทาน (RatioIrrigatedArea) และ สัดส่วนพื้นที่ถูกรบกวน (RatioDisturbedLand)

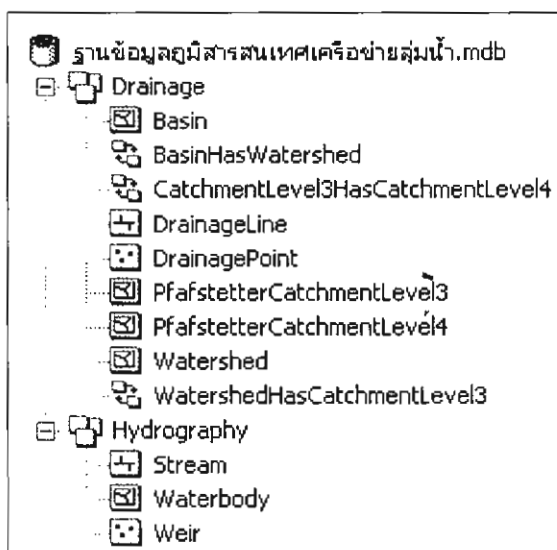
(4) ชั้นข้อมูลจุดรวมน้ำของกลุ่มน้ำ (DrainagePoint)

(5) ชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ (DrainageLine) จัดเก็บเส้นทางน้ำในระบบลุ่มน้ำซึ่งจำลองได้จากชั้นข้อมูล DEM

(6) ชั้นข้อมูลแหล่งน้ำ (Waterbody) จัดเก็บตำแหน่งและขอบเขตของแหล่งน้ำตามธรรมชาติและแหล่งน้ำที่ถูกสร้างขึ้นโดยอ้างอิงตามแผนที่ภูมิประเทศและชั้นข้อมูลที่ได้จากการจำแนกด้วยเทคนิคระยะไกล (Remote sensing) โดยชั้นข้อมูลดังกล่าวนี้ได้ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในกระบวนการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำ

(7) ชั้นข้อมูลเส้นทางน้ำอ้างอิง (Stream) จัดเก็บเส้นทางน้ำอ้างอิงที่ปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ

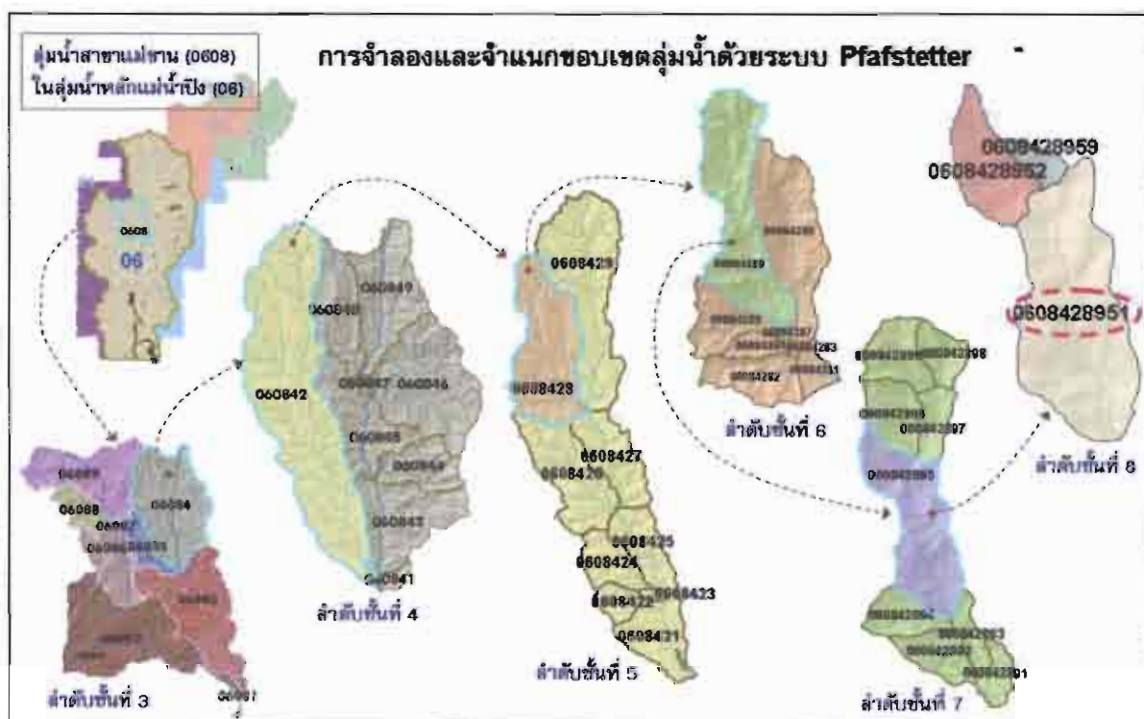
(8) ชั้นข้อมูลฝาย (Weir) จัดเก็บตำแหน่งฝาย (เมธีและวัฒนา, 2548) สำหรับใช้ในการสร้างโครงข่ายลุ่มน้ำ



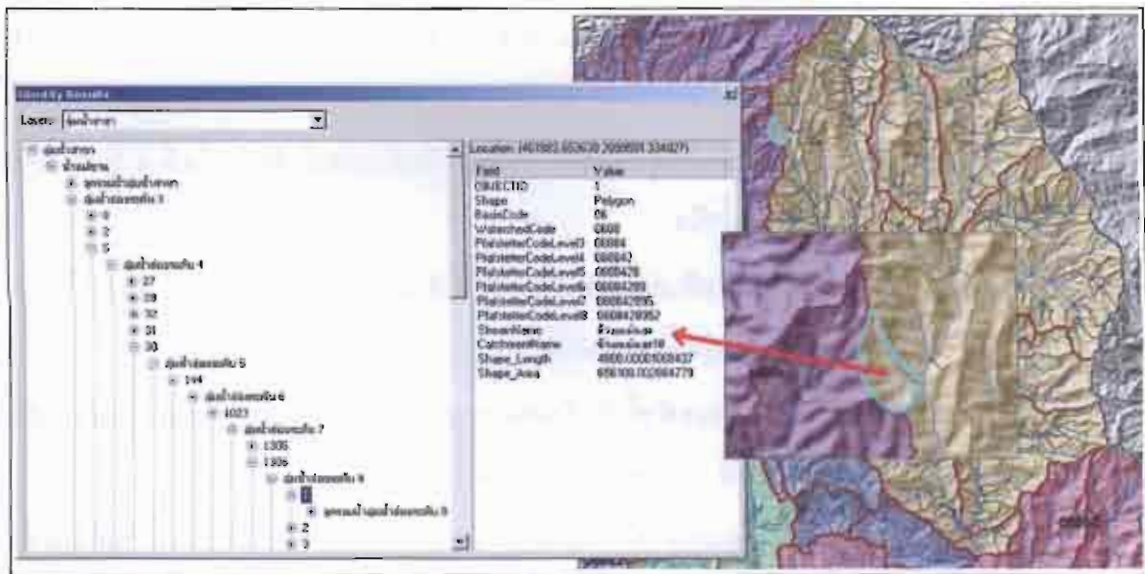
รูปที่ 7-6 โครงสร้างของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศโครงข่ายลุ่มน้ำ

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ

การจำลองและจำแนกลุ่มน้ำและข้อมูลอุทกวิทยาด้วยระบบ Pfafstetter จากชั้นข้อมูล DEM ได้จัดทำขึ้นเป็น 4 ลำดับชั้นตามโครงสร้างข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้ ประกอบด้วยลุ่มน้ำหลัก (Basin) ลุ่มน้ำสาขา (Watershed) และลุ่มน้ำย่อย 2 ลำดับชั้น (ลำดับชั้นที่ 3 ถึงลำดับชั้นที่ 4) โดยลำดับชั้นลุ่มน้ำหลัก (Basin) และลุ่มน้ำสาขา (Watershed) ได้อ้างอิงด้วยรหัสกำกับที่ปรากฏในโครงสร้างข้อมูลวางแผนการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2542) อย่างไรก็ตามหากประสงค์จะจำแนกลำดับชั้นมากขึ้นอาจทำได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 7-7 ซึ่งแสดงการจำแนกลุ่มน้ำย่อยภายในลุ่มน้ำสาขาแม่ชานออกเป็น 8 ลำดับชั้นโดยใช้ระบบ Pfafstetter โดยให้รหัสกำกับกับลุ่มน้ำสาขาแม่ชานเป็น "0608" ซึ่งลำดับชั้นที่ 1 ได้แก่ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง ลำดับชั้นที่ 2 คือลุ่มน้ำสาขาแม่ชาน และลุ่มน้ำย่อยลำดับชั้นที่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 อยู่ภายในลุ่มน้ำแม่ชาน ความสัมพันธ์ของลุ่มน้ำลำดับชั้นต่างๆ ในระบบ Pfafstetter สามารถเห็นได้ชัดจากโครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศที่ได้จัดทำผ่านการออกแบบด้วย UML (รูปที่ 7-8)



รูปที่ 7-7 ตัวอย่างขอบเขตลุ่มน้ำลำดับชั้นต่างๆ ในระบบ Pfafstetter



รูปที่ 7-8 ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับชั้นของกลุ่มน้ำผ่านโครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ

รหัสกำกับกลุ่มน้ำที่ได้จากการจำแนกตามระบบ Pfafstetter นอกจากจะแสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในการเป็นพื้นที่ให้น้ำ-รับน้ำด้วยหมายเลข 0 ถึง 9 ยังสามารถใช้เป็นรหัสอ้างอิงกลุ่มน้ำย่อย โดยการเรียงตัวเลขกำกับกลุ่มน้ำในแต่ละลำดับชั้นต่อกัน เช่น กลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง (กลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 1) ใช้รหัส 06 กลุ่มน้ำสาขาแม่ชาน (กลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 2 ของกลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง) ใช้รหัส 0608 กลุ่มน้ำย่อยสะเมิง (กลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 3 ของกลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง) ใช้รหัส 06084 กลุ่มน้ำย่อยแม่สาป (กลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 4 ของกลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง) ซึ่งครอบคลุมลำน้ำแม่สาปที่ไหลบรรจบกับน้ำแม่สะเมิง ใช้รหัส 060842 เป็นต้น ระบบการอ้างอิงดังกล่าวทำให้เกิดชื่อเฉพาะ (unique identification) ของกลุ่มน้ำย่อย อันเป็นข้อสังเกตสำหรับอธิบายบทบาทและตำแหน่งของกลุ่มน้ำในเชิงเปรียบเทียบ กลุ่มน้ำที่ได้จากการจำแนกโดยระบบอื่นจะไม่ปรากฏรายละเอียดดังกล่าวนี้

ตัวอย่างในรูปที่ 7-7 แสดงกลุ่มน้ำย่อยลำดับชั้นที่ 8 ในกลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง กลุ่มน้ำนี้มีรหัสกำกับว่า 0608428951 ตัวเลขนี้เกิดจากการจำแนกและตั้งชื่อแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้อธิบายลำดับชั้นและตำแหน่งเชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำได้อย่างเป็นระบบโดยเริ่มต้นจากหมายเลขตัวสุดท้าย ดังนี้

หมายเลขตัวที่ 10 (หมายเลขตัวสุดท้าย) เป็นรหัสกำกับกลุ่มน้ำหมายเลข 1 ซึ่งเป็นกลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 8 ภายในกลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 7 ของกลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง

หมายเลขตัวที่ 9 เป็นรหัสกำกับกลุ่มน้ำหมายเลข 5 ซึ่งเป็นกลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 7 ภายในกลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 6 ของกลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง

หมายเลขตัวที่ 8 เป็นรหัสกำกับกลุ่มน้ำหมายเลข 9 ซึ่งเป็นกลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 6 ภายในกลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 5 ของกลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง

หมายเลขตัวที่ 7 เป็นรหัสกำกับลุ่มน้ำหมายเลข 8 ซึ่งเป็นลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 5 ภายในลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 4 ของลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง

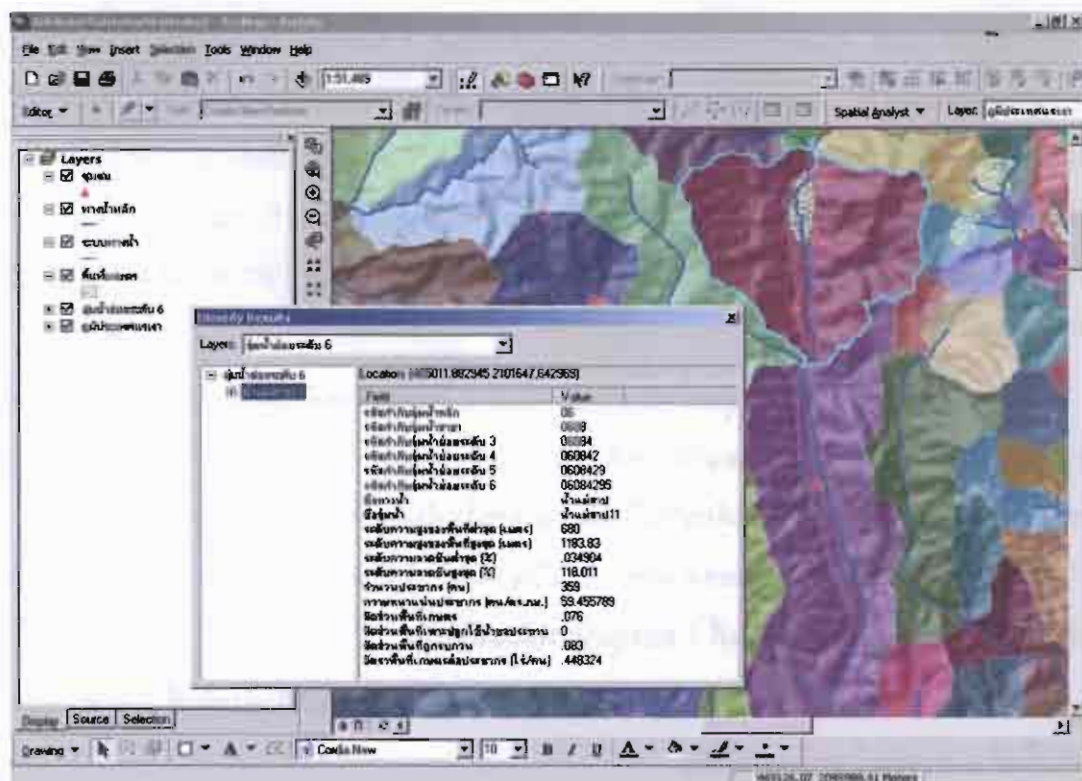
หมายเลขตัวที่ 6 เป็นรหัสกำกับลุ่มน้ำหมายเลข 2 ซึ่งเป็นลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 4 ภายในลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 3 ของลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง

หมายเลขตัวที่ 5 เป็นรหัสกำกับลุ่มน้ำหมายเลข 4 ซึ่งเป็นลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 3 ภายในลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 2 (ลุ่มน้ำแม่ขาน) ของลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง

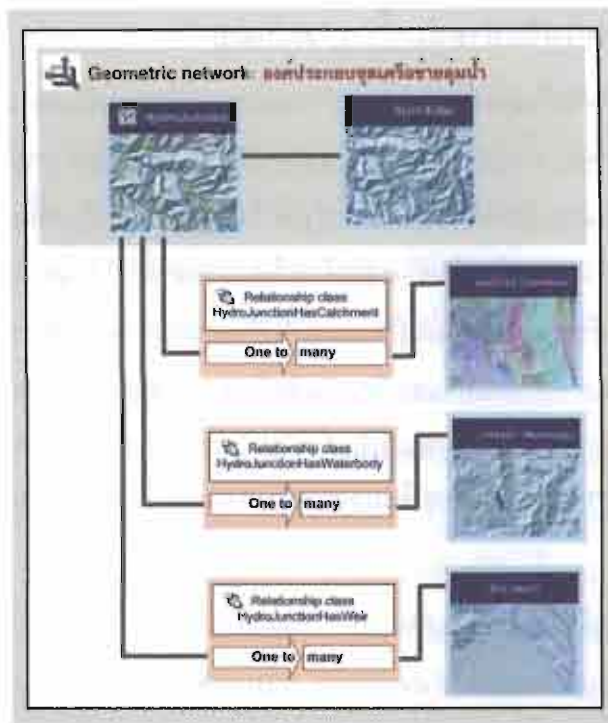
หมายเลขตัวที่ 4 และหมายเลขตัวที่ 3 เป็นหมายเลข 08 เป็นรหัสกำกับลุ่มน้ำแม่ขานซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาและลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 2 ของลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง

หมายเลขตัวที่ 2 และหมายเลขตัวที่ 1 เป็นหมายเลข 06 เป็นรหัสกำกับลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิงซึ่งเป็นลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 1

ชุดข้อมูลสมบัติลุ่มน้ำย่อยที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่ได้รับการจัดเก็บในตารางอธิบายของข้อมูลเชิงพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำ ซึ่งสามารถเรียกแสดงเป็นแผนที่ได้ (รูปที่ 7-9) องค์ประกอบของชุดเครือข่ายลุ่มน้ำที่สร้างขึ้นจากข้อมูลเชิงพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำในระบบ Pfafstetter และการเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่เครือข่ายสรุปไว้ในรูปที่ 7-10

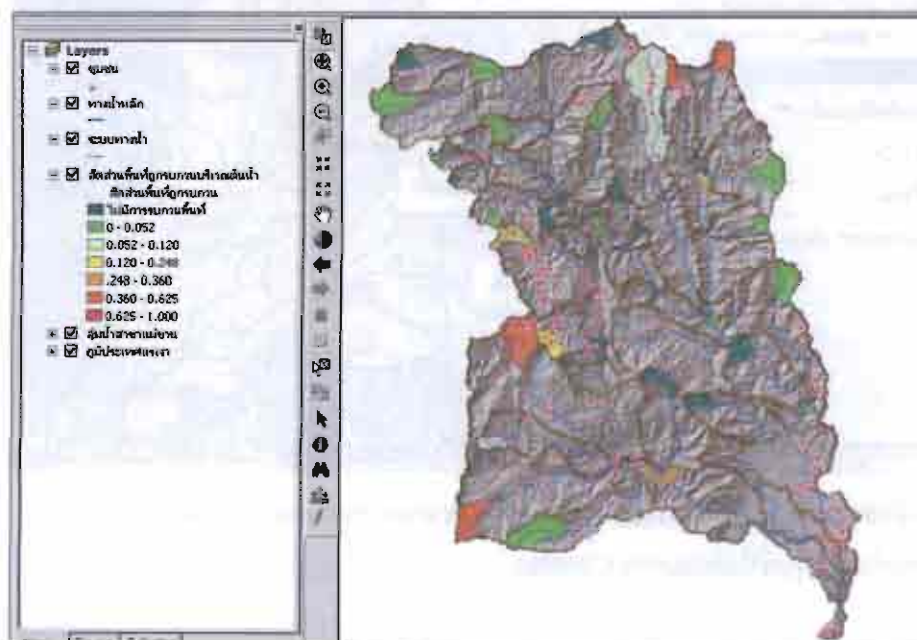


รูปที่ 7-9 ตัวอย่างข้อมูลสมบัติลุ่มน้ำย่อย



รูปที่ 7-10 การเชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่เครือข่ายลุ่มน้ำ

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำที่ได้พัฒนาขึ้น สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการทรัพยากร เช่น การระบุสัดส่วนพื้นที่ถูกรบกวนบริเวณต้นน้ำที่มีความลาดชันมากกว่า 20% เนื่องจากได้ให้รหัสกำกับกับลุ่มน้ำโดยระบบ Pfafstetter ดังนั้นจึงสามารถสืบค้นเชิงพื้นที่ตามเงื่อนไขข้างต้น โดยเลือกบริเวณต้นน้ำที่มีรหัสกำกับหมายเลข 9 พร้อมทั้งแสดงช่วงค่าสัดส่วนพื้นที่ถูกรบกวนบริเวณต้นน้ำของลุ่มน้ำลำดับที่ต้องการได้ (รูปที่ 7-11)



รูปที่ 7-11 ผลการสืบค้นพื้นที่ถูกรบกวนบริเวณต้นน้ำที่มีความลาดชันมากกว่า 20% ในลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 5

โปรแกรมจัดลำดับชั้นและวิเคราะห์เครือข่ายลุ่มน้ำ (L-Wshed)

เนื่องจากการกำหนดขอบเขตและจัดลำดับชั้นลุ่มน้ำตามระบบ Pfafstetter มีหลายขั้นตอน และต้องอาศัยเครื่องมือใน ArcGIS หลายฟังก์ชัน หากดำเนินการวิเคราะห์ที่ละขั้นตอนเอง อาจเกิดความยุ่งยากและข้อผิดพลาด อีกทั้งใช้เวลานานเมื่อทำการจำแนกลุ่มน้ำในระดับที่ละเอียดขึ้น ดังนั้นจึงได้พัฒนาโปรแกรมจัดลำดับชั้นและวิเคราะห์เครือข่ายลุ่มน้ำหรือ L-Wshed (Lanna Watershed) สำหรับกำหนดขอบเขตและจัดลำดับชั้นลุ่มน้ำแบบอัตโนมัติที่ใช้ขีดความสามารถของ ArcGIS เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานแบบต่อเนื่องและป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น พร้อมทั้งได้พัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ที่ช่วยวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ขององค์ประกอบต่างๆ ของลุ่มน้ำ ทั้งนี้เพื่อการจำลองสถานการณ์ที่อาจเป็นประโยชน์ต่องานสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการลุ่มน้ำ

โปรแกรม L-Wshed ได้รับการจัดทำเป็นไฟล์ประเภท DLL (Dynamic Link Library) สำหรับใช้งานในโปรแกรม ArcMap ที่มี Spatial Analyst Extensions รวมอยู่ด้วย ลักษณะของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นแสดงดังรูปที่ 7-12 ซึ่งประกอบด้วย (1) ชุดเครื่องมือ (Tool) เพื่อกำหนดขอบเขตและจัดลำดับชั้นลุ่มน้ำ จำนวน 7 ชุดตามลำดับขั้นตอนการทำงาน และ (2) ชุดเครื่องมือวิเคราะห์เครือข่ายลุ่มน้ำ จำนวน 4 ชุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



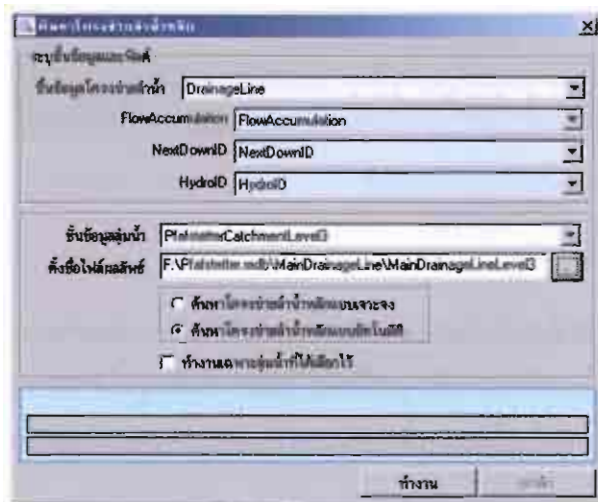
รูปที่ 7-12 ชุดเครื่องมือกำหนดขอบเขตและจัดลำดับชั้นลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter และชุดเครื่องมือวิเคราะห์เครือข่ายลุ่มน้ำในโปรแกรม L-Wshed

ชุดเครื่องมือกำหนดขอบเขตและจัดลำดับชั้นลุ่มน้ำ

โปรแกรมการจำลองเชิงพื้นที่เพื่อกำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำตามระบบ Pfafstetter ประกอบด้วยชุดเครื่องมือ 7 ชุดที่ช่วยการทำงานต่างกันคือ (1) ค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลัก (2) แกะไขโครงข่ายลำน้ำหลัก (3) กำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ (4) แกะไขขอบเขตลุ่มน้ำ (5) อ้างอิงชื่อทางน้ำ (6) ตั้งชื่อลุ่มน้ำ และ (7) รวมชั้นข้อมูล โดยแต่ละชุดเครื่องมือมีหลักและรายละเอียดในการทำงานดังต่อไปนี้

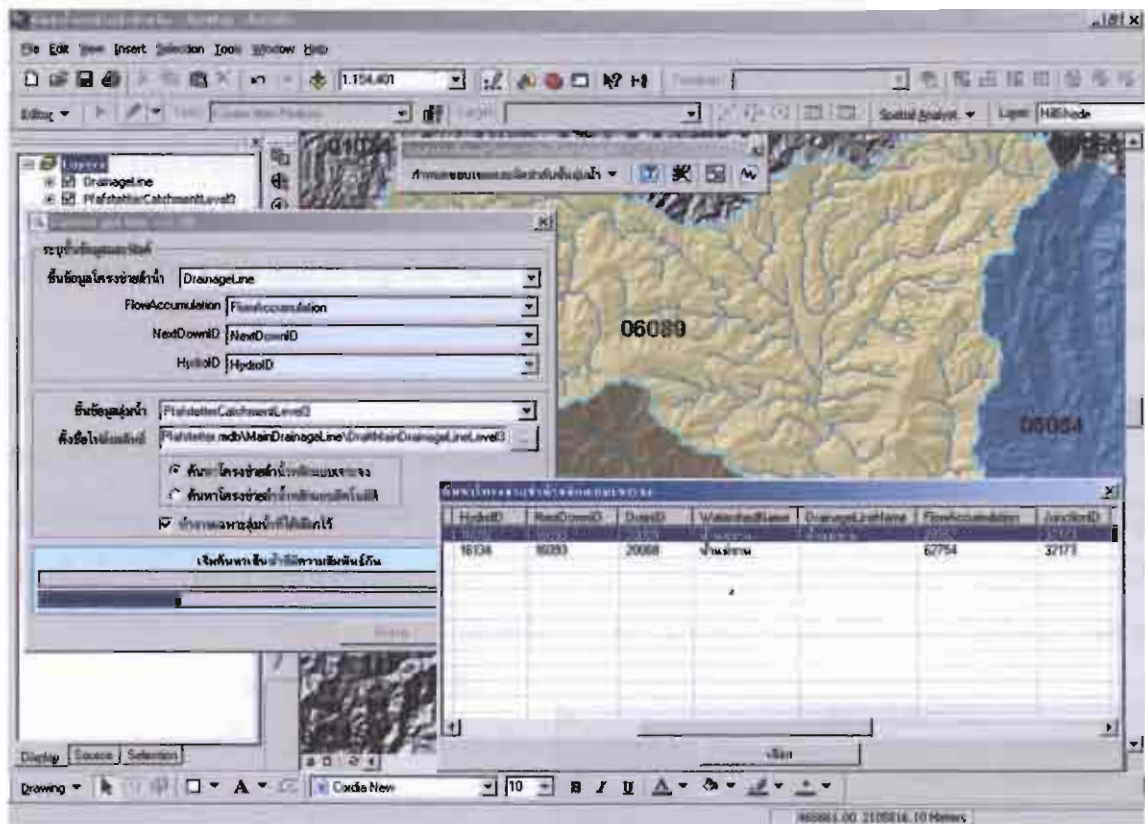
1. ค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลัก

เมื่อคลิก ค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลัก ระบบจะแสดงหน้าต่างการทำงานดังรูปที่ 7-13 โดยผู้ใช้นำเข้าข้อมูลตั้งต้น ได้แก่ (1) ชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ ที่ประกอบด้วยฟิลด์ข้อมูลค่าสะสมน้ำ (FlowAccumulation) ตำแหน่งพื้นที่รับน้ำ (NextDownID) และ HydroID และ (2) ชั้นข้อมูลลุ่มน้ำ สำหรับเป็นกรอบพื้นที่การค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลัก



รูปที่ 7-13 หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลัก

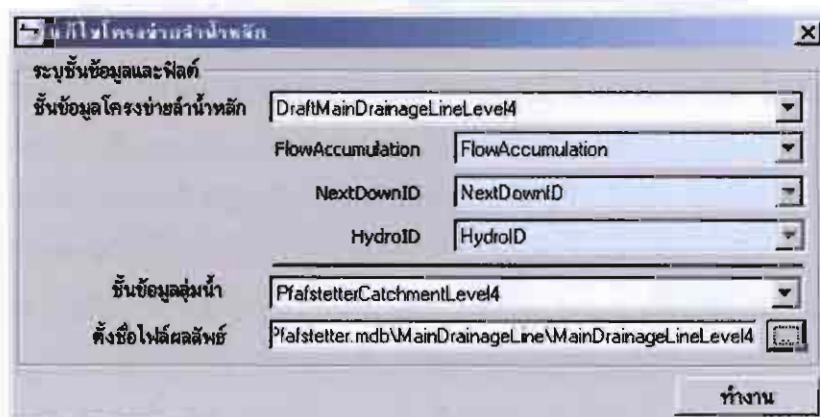
การค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลักสามารถทำได้ 2 วิธีคือ ค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลักแบบเจาะจง และ ค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลักแบบอัตโนมัติ ซึ่งการค้นหาแบบเจาะจงเป็นการเปิดโอกาสให้กับผู้ใช้งานสามารถกำหนดโครงข่ายลำน้ำหลักในพื้นที่ด้วยข้อมูลบริบทอ้างอิง เช่น ชื่อเส้นทางน้ำที่อ้างอิงตามแผนที่ภูมิประเทศ โดยเมื่อพบว่า NextDownID ของโครงข่ายลำน้ำเป้าหมายมีมากกว่าหนึ่ง โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างการค้นหาแบบเจาะจงขึ้นมาให้ผู้ระบุโครงข่ายลำน้ำที่ต้องการ รูปที่ 7-14 เป็นตัวอย่างค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลักแบบเจาะจงในพื้นที่ลุ่มน้ำ 06089 โดยมีข้อมูลชื่อทางน้ำอ้างอิง (DrainageLineName) ช่วยในการตัดสินใจกำหนดโครงข่ายลำน้ำหลัก ส่วนวิธีการค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลักแบบอัตโนมัติจะดำเนินการตามเงื่อนไขของค่าสะสมน้ำ โดยเริ่มต้นจากค่ามากที่สุด และเมื่อพบว่า NextDownID ซ้ำมากกว่าหนึ่ง โปรแกรมก็จะเลือกโครงข่ายลำน้ำที่มีค่าสะสมน้ำสูงสุด จากนั้นก็จะทำงานไปจนหมด NextDownID ที่ปรากฏในพื้นที่



รูปที่ 7-14 การทำงานของ เครื่องมือค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลักแบบเจาะจง

2. แก้ไขโครงข่ายลำน้ำหลัก

เครื่องมือแก้ไขโครงข่ายลำน้ำหลัก มีไว้เพื่อปรับโครงข่ายลำน้ำหลักให้สอดคล้องกันทุกลำดับชั้น ซึ่งมีหน้าตาการทำงานดังรูปที่ 7-15 โดยต้องการข้อมูลตั้งต้น ได้แก่ ชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำหลักที่ได้จากฟังก์ชันค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลักในขั้นตอนข้างต้นและชั้นข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำลำดับชั้นเดียวกัน



รูปที่ 7-15 หน้าตาการทำงานของ เครื่องมือแก้ไขโครงข่ายลำน้ำหลัก

3. กำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ

เครื่องมือกำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำตามระบบ Pfafstetter ต้องการชั้นข้อมูลตั้งต้นดังรายละเอียดในตารางที่ 7-1 โดยมีหน้าตาการทำงานดังรูปที่ 7-16

ตารางที่ 7-1 รายละเอียดชั้นข้อมูลและฟิลด์สำหรับการกำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ

ชั้นข้อมูล	รายละเอียดชั้นข้อมูลและฟิลด์ข้อมูล
จุดรวมน้ำ (Drainage Point)	ชั้นข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนจัดทำชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐาน ประกอบด้วยฟิลด์ข้อมูลสำหรับทำงานดังต่อไปนี้ ฟิลด์บรรจุข้อมูล: จุดบรรจบน้ำ (JunctionID), GridID, ค่าสะสมน้ำ (FlowAccumulation), ตำแหน่งพื้นที่รับน้ำ (NextDownID) ฟิลด์รับข้อมูลจากการจำลอง: ประเภทโครงข่ายลำน้ำ (DrainageLineType) ซึ่งโปรแกรมจะกำหนดให้ค่า 1 เป็นโครงข่ายลำน้ำหลัก (Main) และ 2 เป็นโครงข่ายลำน้ำสาขา (Tributary) รหัสกำกับลุ่มน้ำ (PfafstetterCode) เป็นฟิลด์สำหรับรับค่ารหัสกำกับลุ่มน้ำที่จำแนกได้ในแต่ละลำดับชั้น (Hierarchy)
โครงข่ายลำน้ำ (Drainage Line)	ชั้นข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนจัดทำชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วยฟิลด์ข้อมูลสำหรับทำงานดังต่อไปนี้ ฟิลด์บรรจุข้อมูล: จุดบรรจบน้ำ (JunctionID), GridID, ค่าสะสมน้ำ (FlowAccumulation) ฟิลด์รับข้อมูลจากการจำลอง: ประเภทโครงข่ายลำน้ำ (DrainageLineType) ซึ่งโปรแกรมจะกำหนดให้ค่า 1 เป็นโครงข่ายลำน้ำหลัก (Main) และ 2 เป็นโครงข่ายลำน้ำสาขา (Tributary)
โครงข่ายลำน้ำหลัก (Main Drainage Line)	ชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำหลักได้จากฟังก์ชันการค้นหาโครงข่ายลำน้ำหลักที่แก้ไขเรียบร้อยแล้ว
ทิศทางการไหลของน้ำ (Flow direction)	ชั้นข้อมูลสกริตแสดงทิศทางการไหลของน้ำซึ่งสร้างจากชั้นข้อมูล DEM ในขั้นตอนจัดทำชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐาน
ขอบเขตลุ่มน้ำสำหรับทำงาน	ชั้นข้อมูลลุ่มน้ำที่ต้องการสร้างลุ่มน้ำย่อย โดยผู้ใช้จะต้องระบุฟิลด์สำหรับใช้ตั้งชื่อไฟล์ผลลัพธ์ หากต้องการให้ง่ายต่อการจัดการข้อมูล ควรเลือกใช้ฟิลด์ที่บรรจุข้อมูล PfafstetterCode ของลำดับชั้นที่ต้องการสร้างลุ่มน้ำย่อยภายใน

กำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ

ระบุชั้นข้อมูลและฟิลด์

ชั้นข้อมูลจุดรวมน้ำ: DrainagePoint

ชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ: DrainageLine

ชั้นข้อมูลจุดรวมน้ำ		ชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ	
JunctionID	JunctionID	JunctionID	JunctionID
GridID	GridID	GridID	GridID
FlowAccumulation	FlowAccumulation	FlowAccumulation	FlowAccumulation
DrainageLineType	DrainageLineType	DrainageLineType	DrainageLineType
PfafstetterCode	PfafstetterCodeLevel4		
NextDownID	NextDownID		

ชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำหลัก: MainDrainageLineLevel3

ชั้นข้อมูล Flow direction: Fdr

ขอบเขตลุ่มน้ำสำหรับทำงาน: PfafstetterCatchmentLevel3

☐ ทำงานเฉพาะลุ่มน้ำที่เลือกไว้

ระบุฟิลด์สำหรับตั้งชื่อไฟล์ผลลัพธ์: PfafstetterCodeLevel3

กำหนดพื้นที่ทำงาน

ชื่อ Geodatabase: F:\Pfafstetter.mdb\CatchmentLevel4\

ชื่อ Folder สำหรับเก็บกริดผลลัพธ์: F:\DataPrepareNow\TempGrid

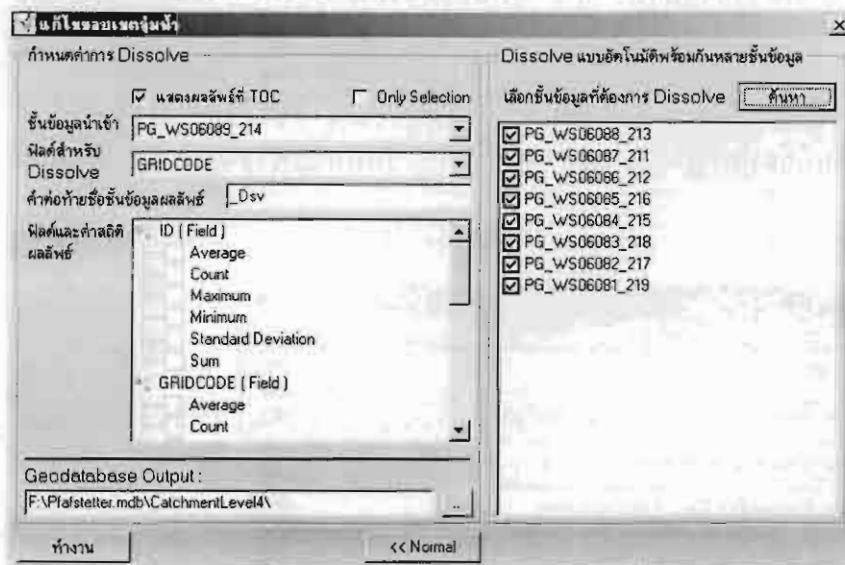
ทำงาน ยกเลิก

รูปที่ 7-16 หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือกำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ

ขั้นตอนการทำงานของ เครื่องมือกำหนดขอบเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำ เริ่มต้นจากการคัดเลือกจุดรวมน้ำที่สอดคล้องกับเงื่อนไขระบบ Pfafstetter พร้อมกับจำแนกและระบุรหัสกำกับลุ่มน้ำเข้าสู่จุดรวมน้ำที่คัดเลือกไว้ จากนั้นจึงทำการกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำโดยมีข้อมูลตั้งต้นคือจุดรวมน้ำที่คัดเลือกไว้และชั้นข้อมูลกริดทิศทางไหลของน้ำ (Flow direction) ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทเวกเตอร์ขอบเขตลุ่มน้ำและจุดรวมน้ำ จากนั้นทำการยุบรวม (Dissolve) ขอบเขตลุ่มน้ำให้มีรหัสไม่ซ้ำกันด้วยเครื่องมือแก้ไขขอบเขตลุ่มน้ำ และใช้วิธีการ Spatial Join ระหว่างชั้นข้อมูลจุดรวมน้ำกับขอบเขตลุ่มน้ำที่ผ่านการแก้ไขแล้ว เพื่อระบุข้อมูลรหัสลุ่มน้ำจากจุดรวมน้ำเข้าสู่ชั้นข้อมูลลุ่มน้ำ

4. แก้ไขขอบเขตลุ่มน้ำ

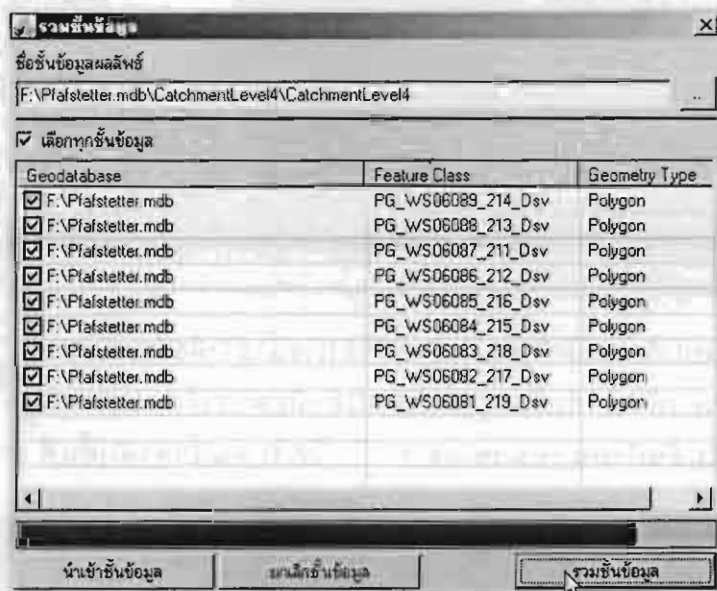
เครื่องมือแก้ไขขอบเขตลุ่มน้ำ ใช้สำหรับยุบรวมขอบเขตบางลุ่มน้ำที่อยู่ติดกัน ทำให้เกิดลุ่มน้ำที่เป็นเอกลักษณ์ (unique) โดยใช้ฟิลด์ GridCode เป็นฟิลด์สำหรับ Dissolve ซึ่งสามารถ Dissolve พร้อมกันได้หลายชั้นข้อมูลในกรณีที่มีโครงสร้างข้อมูลเหมือนกัน (รูปที่ 7-17)



รูปที่ 7-17 หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือแก้ไขขอบเขตลุ่มน้ำ

5. รวมชั้นข้อมูล

ในกรณีที่ต้องรวมหลายชั้นข้อมูลเข้าเป็นหนึ่งชั้นข้อมูลสามารถจัดการได้ด้วย เครื่องมือรวมชั้นข้อมูล โดยมีหน้าต่างการทำงานดังรูปที่ 7-18



รูปที่ 7-18 หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือรวมชั้นข้อมูล

6. อ้างอิงชื่อทางน้ำ

เมื่อได้ขอบเขตลุ่มน้ำตามเงื่อนไขระบบ Pfafstetter และปรับข้อมูลจนมีความถูกต้องตามโครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ (Topology) เรียบร้อยแล้ว ทำการอ้างอิงชื่อทางน้ำ อ้างอิงที่พาดผ่านลุ่มน้ำด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ โดย เครื่องมืออ้างอิงชื่อทางน้ำ จะเปรียบเทียบตำแหน่งระหว่างโครงข่ายลำน้ำ ณ ตำแหน่งจุดรวมน้ำกับเส้นทางน้ำอ้างอิง แล้วประมวลสรุปชื่อตามความยาวของทางน้ำอ้างอิงที่ปรากฏในระยะกันชน (Buffer distance) ของโครงข่ายลำน้ำ ผู้ใช้สามารถกำหนดระยะกันชนได้ตามต้องการ ชื่อของทางน้ำอ้างอิงที่มีความยาวมากที่สุดจะถูกจัดเก็บในฟิลด์ข้อมูลที่ใช้สร้างไว้ (รูปที่ 7-19) ข้อมูลชื่อทางน้ำดังกล่าวนี้จะถูกนำไปใช้ในการตั้งชื่อลุ่มน้ำ

อ้างอิงชื่อทางน้ำ

ระดับข้อมูลทางน้ำอ้างอิง: Stream

ชื่อทางน้ำอ้างอิง: StreamNameThai

ระดับข้อมูลลุ่มน้ำ: PfafstetterCatchmentLevel3

กำหนดชื่อลงใน: StreamName

PfafstetterCode: PfafstetterCodeLevel3

จุดรวมน้ำ: DrainagePoint

PfafstetterCode: PfafstetterCodeLevel3

GridID: GridID

ระดับข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ: DrainageLine

GridID: GridID

ระยะกันชน: 200 เมตร

Geodatabase สำหรับพักข้อมูล: F:\DataTemp.mdb\TempForAssign\

☐ ทำงานเฉพาะลุ่มน้ำที่ได้เลือกไว้

ทำงาน ยกเลิก

รูปที่ 7-19 หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมืออ้างอิงชื่อทางน้ำ

7. ตั้งชื่อลุ่มน้ำ

เครื่องมือตั้งชื่อเฉพาะลุ่มน้ำแบบอัตโนมัติทำงานโดยสรุปชื่อทางน้ำอ้างอิงที่พาดผ่านลุ่มน้ำทุกลำดับชั้น แล้วกำหนดหมายเลขต่อท้ายให้กับชื่อทางน้ำที่สรุปได้ เมื่อพบว่าชื่อทางน้ำหนึ่งๆ พาดผ่านมากกว่าหนึ่งลุ่มน้ำ โดยเริ่มต้นกำหนดหมายเลข 1 ให้กับลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 3 (PfafstetterCatchmentLevel3) เนื่องจากลุ่มน้ำลำดับชั้นที่ 1 (แม่น้ำปิง) และลำดับชั้นที่ 2 (น้ำแม่ขาน) มีรหัสกำกับอย่างเป็นทางการแล้ว จากนั้นจึงกำหนดหมายเลขต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะหมดลุ่มน้ำที่เส้นทางน้ำอ้างอิงดังกล่าวพาดผ่าน หน้าต่างการทำงานและผลลัพธ์ของฟังก์ชันตั้งชื่อลุ่มน้ำแสดงดังรูปที่ 7-20 และ 7-21 ตามลำดับ

ดึงข้อมูลน้ำ

ชั้นข้อมูลลุ่มน้ำที่มีชื่อทางน้ำอ้างอิงมากที่สุด: F:\Pfafstetter.mdb\Catchment\PfafstetterCatchmentLevel5

ระบุฟิลด์ชื่อทางน้ำอ้างอิง: StreamName

จำนวนข้อมูล: 128 ค่า

☒ ยกเลิกการเลือกทั้งหมด

☒ น้ำฝนจาก
☒ น้ำฝน
☒ น้ำฝน
☒ น้ำฝนบนผิว
☒ น้ำฝนผิว
☒ น้ำฝนผิว
☒ น้ำฝนผิว

ระบุชั้นข้อมูลตามลำดับชั้นของลุ่มน้ำและเลือกฟิลด์ข้อมูล

Feature Class Name	ชื่อทางน้ำอ้างอิง	PfafstetterCode ลำดับชั้นที่ทำงาน	PfafstetterCode ลำดับชั้นก่อนหน้า
- F:\Pfafstetter.mdb\Catchment\Pfafstetter	StreamName	PfafstetterCodeLevel3	WatershedCode
- F:\Pfafstetter.mdb\Catchment\Pfafstetter	StreamName	PfafstetterCodeLevel4	PfafstetterCodeLevel3
- F:\Pfafstetter.mdb\Catchment\Pfafstetter	StreamName	PfafstetterCodeLevel5	PfafstetterCodeLevel4
+			

กำหนดฟิลด์สำหรับชื่อลุ่มน้ำ: CatchmentName ขนาด: 80 จำนวนหลักทศนิยม: 0

ปุ่ม: ยกเลิก

รูปที่ 7-20 หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือดึงข้อมูลน้ำ

Attributes of PfafstetterCatchmentLevel5

รหัสกับลุ่มน้ำย่อยลำดับชั้นที่ 5	ทางน้ำอ้างอิง	ชื่อลุ่มน้ำ
0608248	ห้วยขุนมิวย	ห้วยขุนมิวย1
0608249	ห้วยแม่ปวยหลวง	ห้วยแม่ปวยหลวง1
0608251	น้ำแม่วาง	น้ำแม่วาง14
0608252	ห้วยโป่ง	ห้วยโป่ง5
0608259	น้ำแม่วาง	น้ำแม่วาง13
0608261	น้ำแม่เคียน	น้ำแม่เคียน5
0608262	ห้วยแม่ภูต	ห้วยแม่ภูต1
0608263	น้ำแม่เคียน	น้ำแม่เคียน4
0608264	ห้วยโป่งเคียน	ห้วยโป่งเคียน1
0608265	น้ำแม่เคียน	น้ำแม่เคียน3
0608266	ห้วยโป่งสนธิ	ห้วยโป่งสนธิ1
0608267	น้ำแม่เคียน	น้ำแม่เคียน2
0608268	ห้วยเคียน	ห้วยเคียน1
0608269	ห้วยแม่เคียน	ห้วยแม่เคียน1
0608271	น้ำแม่วาง	น้ำแม่วาง12

Record: 48 Show: All Selected Records (0 out of 467 Selected) Options

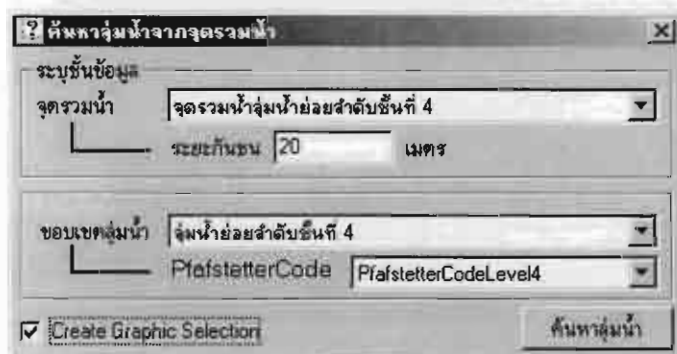
รูปที่ 7-21 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการทำงานของ เครื่องมือดึงข้อมูลน้ำ

ชุดเครื่องมือวิเคราะห์เครือข่ายลุ่มน้ำ

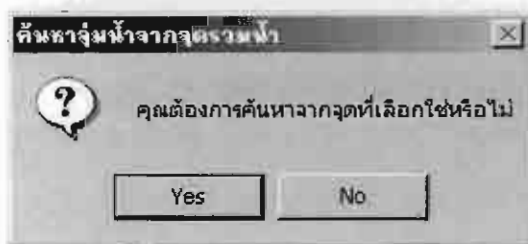
สำหรับชุดเครื่องมือวิเคราะห์เครือข่ายลุ่มน้ำแบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย ค้นหาลุ่มน้ำจากจุดรวมน้ำ ค้นหาแหล่งกำเนิดตะกอน-มลพิษ ค้นหาเส้นทางน้ำที่ได้รับผลกระทบ และค้นหาจุดขัดแย้งเรื่องน้ำ ซึ่งชุดเครื่องมือเหล่านี้เปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถคลิกที่หน้าจอเพื่อระบุตำแหน่งของพื้นที่เป้าหมายของการสืบค้น โดยมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

ค้นหาลุ่มน้ำจากจุดรวมน้ำ

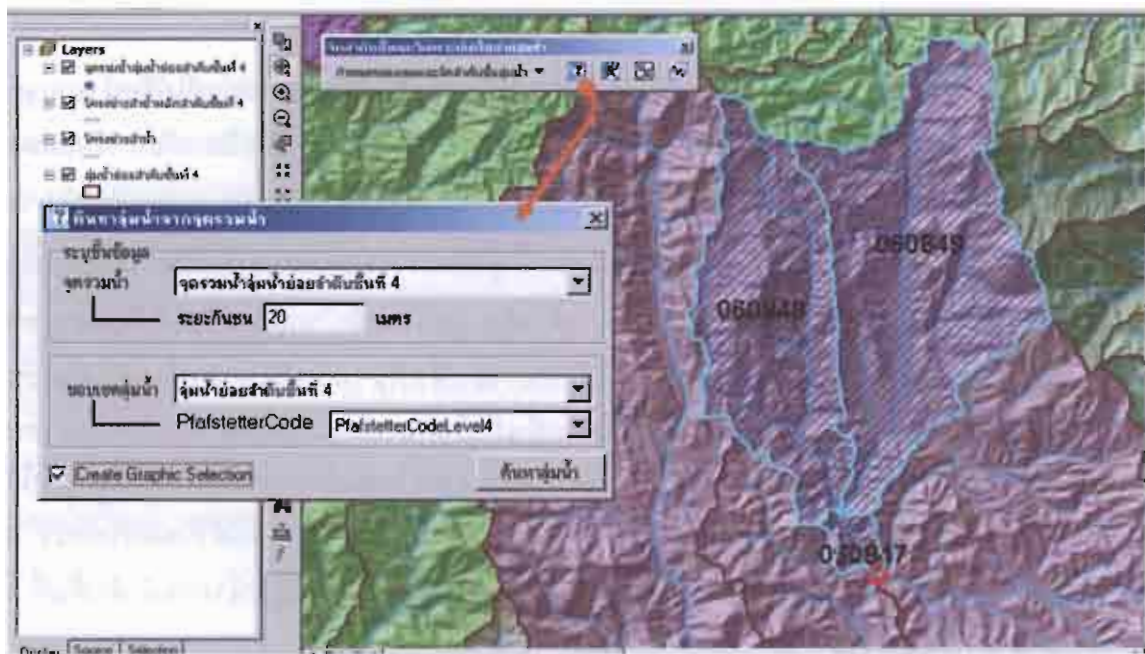
เครื่องมือค้นหาลุ่มน้ำจากจุดรวมน้ำ ทำงานโดยอาศัยรหัสกำกับลุ่มน้ำที่ได้จากการจำแนกลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter และการสืบค้นเชิงตำแหน่ง (Select by location) โดยมีหน้าต่างการทำงานดังรูปที่ 7-22 และเมื่อคลิกจุดรวมน้ำเป้าหมายที่หน้าจอ (จุดสีแดงในรูปที่ 7-24) โปรแกรมจะให้ผู้ใช้นิยามตำแหน่งจุดรวมน้ำเป้าหมายโดยแสดงกรอบโต้ตอบดังรูปที่ 7-23 หากผู้ใช้คลิก Yes โปรแกรมจะทำการสืบค้นลุ่มน้ำที่เป็นพื้นที่ส่งน้ำให้กับจุดรวมน้ำดังกล่าว แต่หากผู้ใช้คลิก No โปรแกรมจะแสดงหน้าจอในรูปที่ 7-22 ขึ้นมาอีกครั้งเพื่อให้ผู้ใช้ได้ระบุชั้นข้อมูลและตำแหน่งจุดรวมน้ำเป้าหมายใหม่ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นขอบเขตลุ่มน้ำที่จะรวบรวมน้ำผ่านจุดรวมน้ำเป้าหมาย (รูปที่ 7-24)



รูปที่ 7-22 หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือค้นหาลุ่มน้ำจากจุดรวมน้ำ



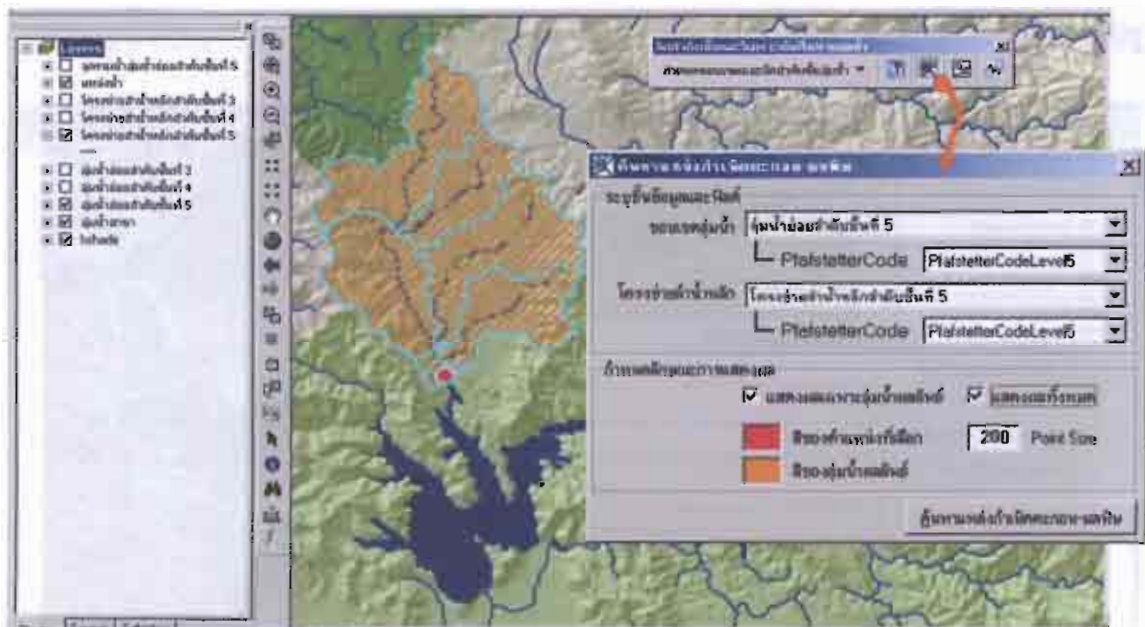
รูปที่ 7-23 กรอบโต้ตอบยืนยันตำแหน่งเป้าหมายในการสืบค้นของ เครื่องมือค้นหาลุ่มน้ำจากจุดรวมน้ำ



รูปที่ 7-24 กลุ่มน้ำผลลัพธ์จากการค้นหาด้วย เครื่องมือค้นหาหลุ่มน้ำจากจุดรวมน้ำ

ค้นหาแหล่งกำเนิดตะกอน-มลพิษ

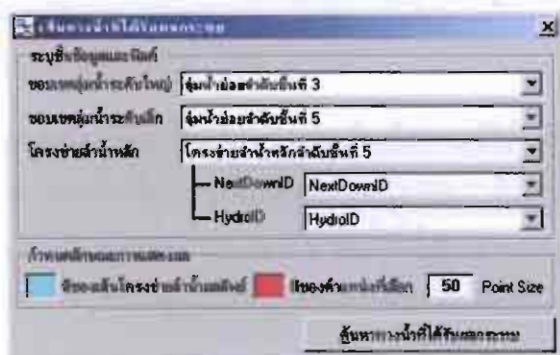
เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดตะกอน-มลพิษ ใช้ในการสืบค้นหลุ่มน้ำที่เป็นพื้นที่ต้นน้ำของเส้นทางน้ำเป้าหมาย โดยมีหน้าต่างการทำงานดังรูปที่ 7-25 เมื่อผู้ใช้คลิกเส้นทางน้ำเป้าหมายและยืนยันตำแหน่งเส้นทางน้ำเป้าหมาย โปรแกรมจะเลือกหลุ่มน้ำที่มีรหัสกำกับเดียวกันกับเส้นทางน้ำดังกล่าวและหลุ่มน้ำที่มีรหัสกำกับที่สูงกว่า ตัวอย่างหลุ่มน้ำผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 7-25



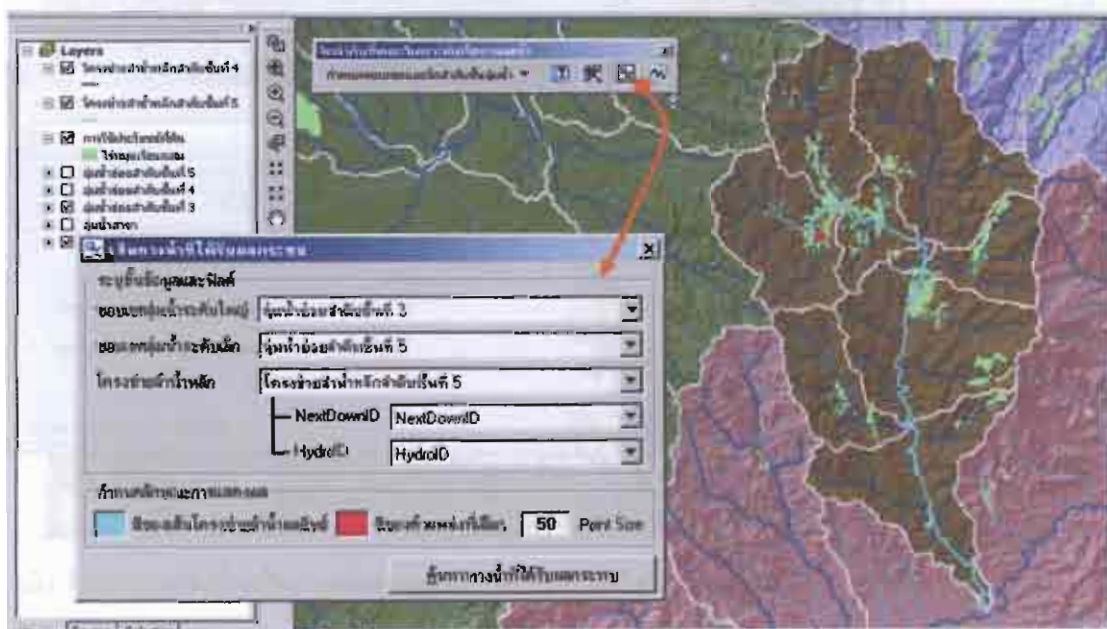
รูปที่ 7-25 หน้าต่างการทำงานและหลุ่มน้ำผลลัพธ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดตะกอนของ เครื่องมือค้นหาแหล่งกำเนิดตะกอน-มลพิษ

เส้นทางน้ำที่ได้รับผลกระทบ

เครื่องมือค้นหาเส้นทางน้ำที่ได้รับผลกระทบ ใช้ในการสืบค้นเส้นทางน้ำที่ได้รับน้ำจากจุดสนใจที่ผู้ใช้กำหนดเองบนหน้าจอภาพ โดยอาศัยข้อมูล NextDownID ซึ่งเป็นรหัสกำกับแสดงความเป็นปลายน้ำในชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำหลัก โดยที่อ้างอิงจาก HydrolID ตามหน้าต่างการทำงานในรูปที่ 7-26 เมื่อต้องการใช้งานโปรแกรมนี้ ผู้ใช้ต้องระบุชั้นข้อมูลที่ใช้ในการสืบค้นซึ่งประกอบด้วยชั้นข้อมูลของกลุ่มน้ำ 2 ลำดับชั้น กล่าวคือ กลุ่มน้ำระดับใหญ่สำหรับใช้เป็นขอบเขตกว้างสุดในการสืบค้น และกลุ่มน้ำระดับเล็กที่ใช้เป็นกรอบพื้นที่สำหรับค้นหาลำน้ำหลักที่ได้รับผลกระทบจากจุดที่ผู้ใช้เลือก จากนั้นเมื่อผู้ใช้คลิกพื้นที่เป้าหมายและยืนยันตำแหน่งตามกรอบโต้ตอบ โปรแกรมจะทำการสืบค้นเส้นทางน้ำที่ได้รับผลกระทบ โดยแสดงผลลัพธ์ตามสีที่ได้ระบุไว้ในหน้าต่างการทำงาน ตัวอย่างในรูปที่ 7-27 แสดงผลการสืบค้นเส้นทางน้ำที่ได้รับผลกระทบจากการใช้ที่ดินเพื่อทำไร่มุขเวียนผสมในบริเวณลุ่มน้ำแม่สรวน้อยซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยลำดับชั้นที่ 3 ของลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรว



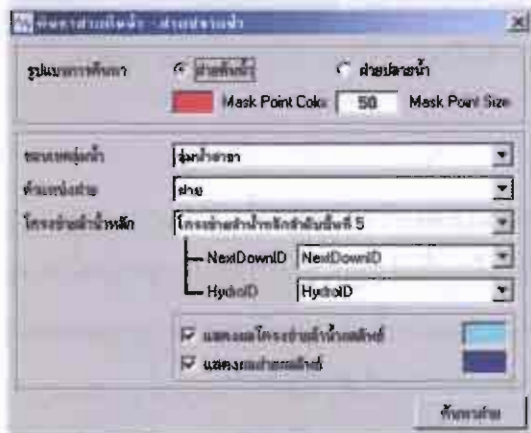
รูปที่ 7-26 หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือค้นหาเส้นทางน้ำที่ได้รับผลกระทบ



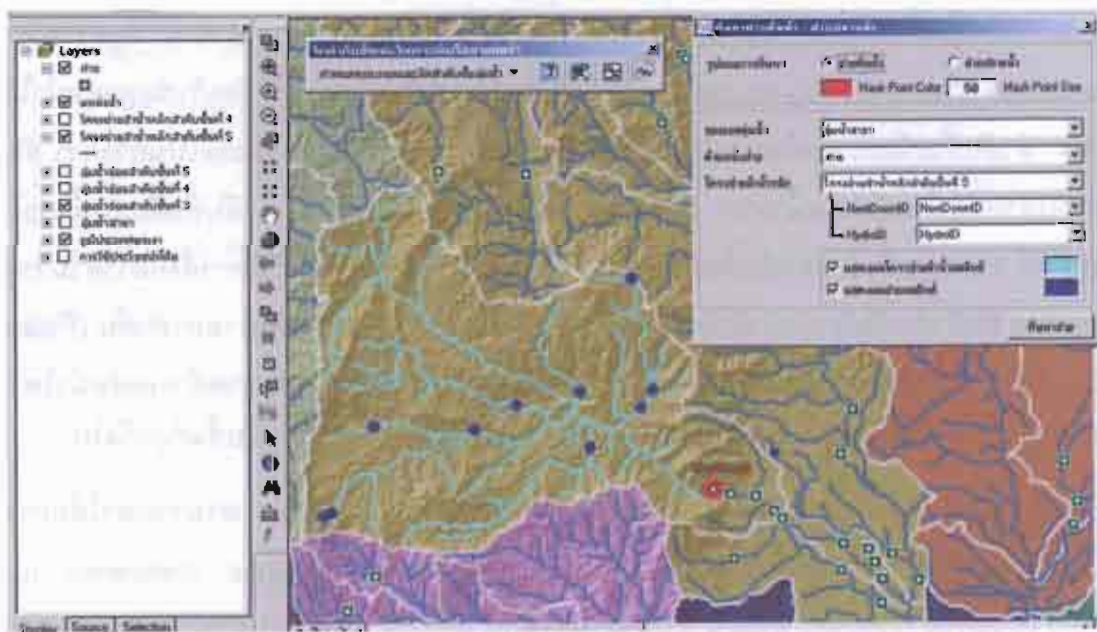
รูปที่ 7-27 ผลการสืบค้นเส้นทางน้ำที่ได้รับผลกระทบจากการทำไร่มุขเวียนผสมในลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรว

ค้นหาจุดขัดแย้งเรื่องน้ำ

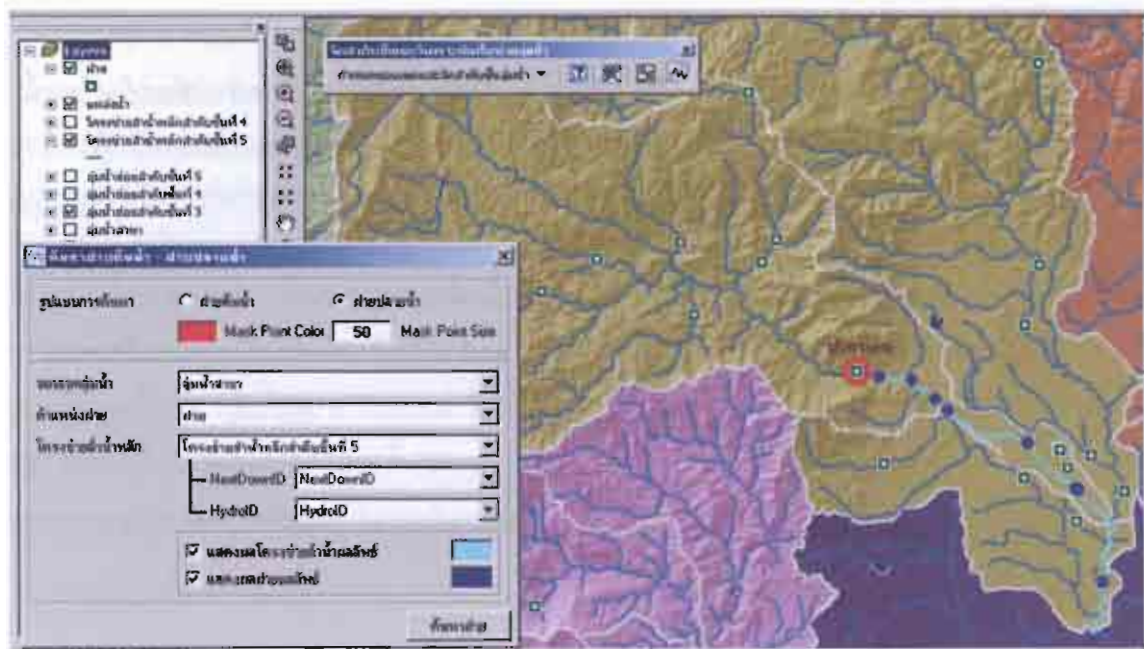
เครื่องมือค้นหาจุดขัดแย้งเรื่องน้ำ ใช้สำหรับค้นหาจุดที่อาจเกิดความขัดแย้งเรื่องน้ำชลประทานในระบบเหมืองฝาย โปรแกรมจะทำการสืบค้นฝายต้นน้ำที่อยู่บนเครือข่ายลำน้ำที่อาจส่งผลกระทบต่อฝายเป้าหมายหรือค้นหาฝายปลายน้ำที่อาจได้รับผลกระทบจากการใช้น้ำของฝายเป้าหมายต้นน้ำที่ระบุโดยผู้ใช้ การทำงานของโปรแกรมนี้อาศัยชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำและการสืบค้นเชิงตำแหน่ง โดยมีหน้าต่างการทำงานของเครื่องมือค้นหาฝายต้นน้ำ-ฝายปลายน้ำดังรูปที่ 7-28 ชั้นข้อมูลที่ต้องการประกอบด้วยชั้นข้อมูลลุ่มน้ำสำหรับกำหนดขอบเขตการสืบค้นฝายผลลัพธ์ ชั้นข้อมูลฝาย และชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำที่มีตำแหน่งฝายบนลำน้ำ และข้อมูลที่ระบุ downstream ของโครงข่ายลำน้ำ (NextDownID และ HydrolD) ตัวอย่างการใช้เครื่องมือค้นหาจุดขัดแย้งเรื่องน้ำแสดงดังรูปที่ 7-29 และรูปที่ 7-30 ซึ่งเป็นการค้นหาฝายผลลัพธ์ที่ส่ง/รับผลกระทบต่อฝายเป้าหมายในกลุ่มน้ำสาขาแม่ชาน



รูปที่ 7-28 หน้าต่างการทำงานของ เครื่องมือค้นหาจุดขัดแย้งเรื่องน้ำโดยการค้นหาฝายต้นน้ำ-ฝายปลายน้ำ



รูปที่ 7-29 ฝายต้นน้ำผลลัพธ์ที่ส่งผลกระทบต่อ ฝายนอน ซึ่งเป็นฝายเป้าหมายในกลุ่มน้ำสาขาแม่ชาน



รูปที่ 7-30 ฝายปลายน้ำผลลัพธ์ที่ส่งผลกระทบต่อ ฝายนอน ซึ่งเป็นฝายเป้าหมายในลุ่มน้ำสาขาแม่ชาน

สรุป

โครงการวิจัยนี้ได้พัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ ผ่านกระบวนการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลด้วย UML จากนั้นจึงสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำและข้อมูลอุทกวิทยาแบบอัตโนมัติใน GIS จากข้อมูล DEM ร่วมกับชั้นข้อมูลเส้นทางน้ำและแหล่งน้ำอ้างอิงในมาตราส่วน 1:50,000 โดยมีการจัดลำดับชั้นและการให้รหัสกำกับลุ่มน้ำตามระบบ Pfafstetter ผลการกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำและจัดลำดับชั้นลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่าสามารถจัดลุ่มน้ำได้ 8 ลำดับชั้น โดยลำดับชั้นใหญ่สุดคือลุ่มน้ำหลัก รองลงมาเป็นลุ่มน้ำสาขา และลุ่มน้ำย่อยภายในลุ่มน้ำสาขาอีก 6 ลำดับชั้น หน่วยลุ่มน้ำที่เล็กที่สุดมีค่าการสะสมน้ำที่จุดรวมน้ำมากกว่า 500 กริตเซลล์ (0.45 ตร.กม.) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ได้จัดเก็บข้อมูลลุ่มน้ำไว้เพียง 4 ลำดับชั้นเพื่อสะดวกในการใช้งานและอ้างอิงชื่อกับทางน้ำที่มีการตั้งชื่อเป็นทางการ อันประกอบด้วยลุ่มน้ำหลัก ลุ่มน้ำสาขา และลุ่มน้ำย่อยภายในลุ่มน้ำอีก 2 ลำดับชั้นคือลุ่มน้ำย่อยลำดับชั้นที่ 3 และลุ่มน้ำย่อยลำดับชั้นที่ 4 ลุ่มน้ำที่ได้จากการจัดลำดับด้วยวิธีการดังกล่าวสามารถอ้างอิงด้วยรหัสกำกับที่ได้จากการกำหนดด้วยหมายเลข 0 ถึง 9 เรียงต่อกันตามลำดับชั้น เป็นผลให้เกิดรหัสเฉพาะของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ซึ่งเป็นข้อสนเทศที่อาจใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงลุ่มน้ำใดๆ ได้ นอกจากนี้รหัสกำกับลุ่มน้ำยังบ่งบอกถึงตำแหน่งภายในลุ่มน้ำที่อยู่ในลำดับชั้นที่สูงถัดไป

การกำหนดขอบเขตและจัดลำดับชั้นลุ่มน้ำตามระบบ Pfafstetter สามารถทำได้ง่าย อัตโนมัติด้วยโปรแกรมจัดลำดับชั้นและวิเคราะห์เครือข่ายลุ่มน้ำหรือ Lanna Watershed (L-Wshed) โปรแกรม L-Wshed ที่พัฒนาขึ้นทำงานร่วมกับ ArcGIS ที่ประกอบด้วย Spatial Analyst

Extensions โดยโปรแกรมดังกล่าวอยู่ในรูปแบบไฟล์ DLL (Dynamic Link Library) ซึ่งมีชุดเครื่องมือกำหนดขอบเขตและจัดลำดับชั้นพร้อมฟังก์ชันระบุชื่อเฉพาะของกลุ่มน้ำและชุดเครื่องมือวิเคราะห์เครือข่ายกลุ่มน้ำ ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกและประหยัดเวลาเมื่อต้องการสร้างฐานข้อมูลกลุ่มน้ำที่ครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัด ผลิตซ้ำได้อย่างเป็นระบบ และสามารถจัดทำข้อมูลสมบัติของกลุ่มน้ำย่อยได้จากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ร่วมกับชั้นข้อมูล DEM การใช้ประโยชน์ที่ดิน หมู่บ้าน และระบบชลประทาน โดยได้จัดเก็บเป็นข้อมูลอรรถาธิบายของชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่กลุ่มน้ำ สำหรับชุดข้อมูลต่างๆ ที่สร้างขึ้นได้รับการจัดเก็บในฐานข้อมูลประเภท Geodatabase โดยฐานภูมิสารสนเทศเครือข่ายกลุ่มน้ำดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการทรัพยากร เช่น การระบุพื้นที่ถูกรบกวนบริเวณต้นน้ำหรือการระบุพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดความขัดแย้งด้านการใช้น้ำทางเกษตรในพื้นที่ปลายน้ำ เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดการกลุ่มน้ำต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. แผนการใช้ที่ดินกลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขงตอนบน น้ำแม่จัน และแม่น้ำโขงส่วนที่ 2. กรุงเทพฯ: กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2542. โครงสร้างข้อมูลวางแผนการใช้ที่ดินระดับกลุ่มน้ำสาขา. เอกสารวิชาการ 02/05/42. กรุงเทพฯ: กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เมธี เอกะสิงห์ และวัฒนา พัฒนถาวร. 2548. ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศแหล่งน้ำชลประทานและพื้นที่รับน้ำในภาคเหนือตอนบน. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น.141-174.
- Adinarayana, J., K.G. Rao, N.R. Krishna, P.Venkatachalam, and J.K. Suri. 1999. A rule-base soil erosion model for a hilly catchment. *Catena* 37: 309-318.
- Adminarayana, J., N.R. Krishna, and K.G. Rao. 1995. An integrated approach for prioritisation of watersheds. *Journal of Environmental Management* 44: 375-384.
- Aspinall, R. and D. Pearson. 2000. Integrated geographical assessment of environmental condition in water catchments: Linking landscape ecology, environmental modeling and GIS. *Journal of Environmental Management* 59: 299-319.

- Bishr, Y.A. and M.M. Radwan. 1995. Preliminary design of decision support system for watershed management. *ITC Journal* 1: 23-28.
- Booth, B., S. Crosier, J. Clark, and A. MacDonald. 2002. Building a Geodatabase. California: Environmental Systems Research Institute.
- ESRI. 2004. ArcGIS. California: Environmental Systems Research Institute.
- FAO. 1996. Computer-assisted Watershed Planning and Management: Technologies for national planning. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hellweger, F.L. 1997. AGREE-DEM surface reconditioning system [Online]. Available: <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/gishydro/ferdi/research/agree/agree.html>. [February 20, 2003].
- Khan, M.A., V.P. Gupta, and P.C. Moharana. 2001. Watershed prioritization using remote sensing and geographical information system: a case study from Guhiya, India. *Journal of Arid Environments* 49: 465-475.
- Maidment, D.R. (ed.). 2002. Arc Hydro: GIS for Water Resources. California: ESRI Press.
- Montgomery, D.R., G.E. Grant, and K. Sullivan. 1995. Watershed analysis as a framework for implementing ecosystem management. *Water Resources Bulletin* 31(3): 369-386.
- Randhir, T.O., R. O'Connor, P.R. Penner, and D.W. Goodwin. 2001. A watershed-based land prioritization model for water supply protection. *Forest Ecology and Management* 143: 47-56.
- Steiner, F., J. Blair, L. McSherry, S. Guhathakurta, J. Marruffo, and M. Holm. 2000. A watershed at a watershed: the potential for environmentally sensitive area protection in the upper San Pedro Drainage Basin (Mexico and USA). *Landscape and Urban Planning* 49:129-148.
- Turcotte, R., J.-P. Fortin, A.N. Rousseau, S. Massicotte, and J.-P. Villeneuve. 2001. Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network. *Journal of Hydrology* 240: 225-242.

- Verdin, K.L. 1997. A system for topologically coding global drainage basins and stream networks [Online]. Available: <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro/P311.asp>. [May 27, 2004].
- Verdin, K.L. and J.P. Verdin. 1999. A topological system for delineation and codification of the Earth's river basins. *Journal of Hydrology* 218: 1-12.
- Zeiler, M. 1999. Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design. California: ESRI Press.
- Ziemer, R.R. and L.M. Reid. 1997. What have we learned, and what is new in watershed science? [Online]. Available: <http://www.fs.fed.us/psw/rsi/projects/water/Ziemer97b.pdf>. [November 24, 2003].

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศแหล่งน้ำชลประทานและพื้นที่รับน้ำในภาคเหนือตอนบน

เมธี เอกะสิงห์¹ และ วัฒนา พัฒนถาวร²

คำนำ

การจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพต้องการระบบข้อมูลเชิงพื้นที่ระบบชลประทานพร้อมการเชื่อมโยงเครือข่ายการส่งน้ำสู่แปลงเพาะปลูกพืชของเกษตรกรที่สามารถตอบสนองความต้องการการเรียกใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำมาใช้สำหรับการสนับสนุนการวิเคราะห์ ตัดสินใจ และวางแผนการจัดสรรน้ำได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน ข้อมูลเหล่านี้ยังไม่ได้ได้รับการรวบรวมและพัฒนาระบบการจัดเก็บให้ในรูปแบบที่สะดวกต่อการนำมาใช้งาน เช่น ข้อมูลพื้นที่รับน้ำ ข้อมูลคลองส่งน้ำจัดเก็บในรูปแบบที่กระต่าย ส่วนอาคารในคลองส่งน้ำและรายละเอียดประกอบอื่นๆ ได้จัดเก็บในรูปแบบของบัญชีรายชื่อหรือตารางของสำนักงานชลประทาน นอกจากนี้ยังมีโครงการชลประทานขนาดเล็กที่ก่อสร้างในอดีตอยู่เป็นจำนวนมากที่ไม่ได้มีการจัดเก็บในรูปแบบที่แสดงที่ตั้งของโครงการที่ชัดเจน อีกทั้งยังไม่สามารถระบุขอบเขตการส่งน้ำชลประทานของโครงการเหล่านี้ได้ เนื่องจากอยู่ในรูปของรายงาน รวมทั้งความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลค่อนข้างน้อยเนื่องจากวิธีการจดบันทึกข้อมูลและวัสดุที่ใช้ในการจัดเก็บที่เป็นกระดาษ และยังไม่ได้รับการปรับแก้พิพัตเชิงตำแหน่งให้ถูกต้องตามหลักมาตรฐานสากล ทำให้การนำข้อมูลต่างๆ เหล่านี้มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอื่นๆ เช่น ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลลุ่มน้ำ ข้อมูลภูมิอากาศ และข้อมูลดิน ในรูปแบบเชิงพื้นที่เป็นไปด้วยความยากลำบาก นอกจากนี้ในการประเมินประสิทธิภาพและผลผลิตของน้ำในเชิงเศรษฐศาสตร์ของแต่ละโครงการชลประทาน ยังต้องการข้อมูลที่สามารถระบุถึงที่มาของแหล่งน้ำในแต่ละพื้นที่เพาะปลูก เนื่องจากการใช้น้ำจากแหล่งน้ำแต่ละประเภทมีต้นทุนต่อหน่วยของน้ำที่ใช้สำหรับการผลิตแตกต่างกัน

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีด้านระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information Systems, GIS) ซึ่งประกอบด้วยฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ (Geodatabase) ซึ่งมีการจัดเก็บข้อมูลเชิงวัตถุ (Zeiler, 1999) จากผัง UML (Unified Modeling Language) โดยมีโครงสร้างตามลักษณะชนิดของข้อมูลเชิงลำดับชั้น (Hierarchical data structure) เพื่อสืบทอดคุณสมบัติและวิธีการจากชั้นที่อยู่สูงกว่า (Parent classes) รวมทั้งการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างชั้นข้อมูล (Relationship classes) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เพื่อการเกษตรอย่างหลากหลายมากขึ้น โดยเฉพาะการวางแผนและบริหารจัดการน้ำ (Papajorgji and Shatar, 2004) วิธีการดังกล่าวทำให้การนำเข้าและปรับปรุงข้อมูล การสืบค้นข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลการส่งน้ำชลประทานรวมกับการเพาะปลูกพืช การพัฒนาแบบจำลองและการเชื่อมโยงกับแบบจำลองอื่น ตลอดจนการสรุปผลในรูปของตารางและแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปของแผนที่ ทำได้โดยง่าย สะดวกและรวดเร็วขึ้น (Tsihrintzis et al., 1996; Ines et al., 2002; Todorovic and Steduto, 2003; Boken et al., 2004)

ข้อมูลระบบชลประทานในรูปแบบต่างๆ ส่วนใหญ่ได้รับความอนุเคราะห์จากกรมชลประทาน โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว (เมธี และคณะ, 2543) และแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร โดยสามารถนำเข้าข้อมูลแผนที่ให้อยู่ในรูปของข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยกระบวนการทางระบบภูมิสารสนเทศ เช่น การดิจิไทซ์ (Digitize) หรือการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ใหม่ (Generate) ให้อยู่ในรูปข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งโครงการ ตามระบบ Projection Indian 1975 ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ UTM zone 47 พร้อมทั้งข้อมูลรายละเอียดของโครงการและในรูปแบบของตารางความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งจะนำเสนอในลำดับถัดไป อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่มีความสำคัญและยังไม่สมบูรณ์ คือ ขอบเขตที่ชัดเจนของพื้นที่รับน้ำชลประทานของโครงการอ่างเก็บน้ำและฝายขนาดเล็ก ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ความเชื่อมโยงที่มาของแหล่งน้ำชลประทานกับพื้นที่เพาะปลูกพืชฤดูแล้ง สำหรับประเมินผลผลิตภาพการใช้น้ำชลประทานได้

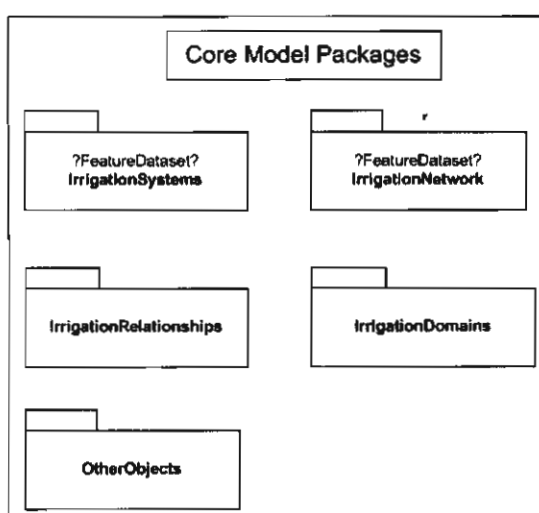
ปัญหาการเชื่อมโยงระหว่างแหล่งน้ำต้นทุนกับพื้นที่รับน้ำชลประทานมีพบในหลายประเทศ วิธีการแก้ไขส่วนใหญ่ต้องใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อสร้างและจัดเก็บความสัมพันธ์ดังกล่าว เพื่อให้ทราบว่าน้ำต้นทุนถูกส่งไปที่แปลงของเกษตรกรใดบ้างหรือแปลงเพาะปลูกแต่ละผืนได้รับน้ำต้นทุนจากแหล่งใด รวมทั้งสัดส่วนการได้รับน้ำจากแหล่งน้ำประเภทต่างๆ หากพื้นที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำมากกว่าหนึ่งแหล่ง เช่น จากโครงการเหมืองฝายของชุมชนในฤดูฝนและจากบ่อน้ำตื้นของตนเองในฤดูแล้ง เป็นต้น ในรายงานของ Contor (2003) ได้อธิบายการจัดทำฐานข้อมูลพร้อมทั้งความสัมพันธ์ดังกล่าวในระบบภูมิสารสนเทศ โดยนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่จากแผนที่ขอบเขตโครงการชลประทานและแหล่งน้ำประเภทอื่นที่มีอยู่แล้ว แต่ในกรณีของพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยปัจจุบัน ข้อมูลที่ได้มีการจัดทำไว้แล้วเพียงรายงานพิกัดตำแหน่งและรายงานขนาดพื้นที่ชลประทานของแต่ละโครงการที่ได้จากการประเมินเบื้องต้นเท่านั้น

ในการศึกษานี้จึงมุ่งที่จะพัฒนาฐานข้อมูลระบบชลประทาน (Irrigation systems) และเครือข่ายของระบบส่งน้ำ (Irrigation networks) พร้อมทั้งการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงวัตถุในรูปของระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลายชั้นข้อมูลซึ่งมีรูปร่างต่างกัน รวมทั้งเชื่อมโยงกับตารางและข้อมูลบรรยายให้เกิดเป็นกลุ่มข้อมูลที่ให้รายละเอียดของข้อมูลที่เป็นไปตามธรรมชาติ (Perencsik et al., 2004) ฐานข้อมูลที่ทำขึ้นมีการจัดโครงสร้างอย่างเป็นลำดับชั้นและมีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ซึ่งจะทำให้การแก้ไขปรับปรุง และสืบค้น ทำได้โดยสะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถ

นำไปใช้ร่วมกับฐานข้อมูลอื่นๆ สำหรับสนับสนุนงานด้านการวางแผนส่งน้ำและบำรุงรักษาติดตามผล ตลอดจนทำให้การแสดงชั้นข้อมูลระบบชลประทานในระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ (รศทก.) มีความสะดวกและรวดเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังใช้เป็นข้อมูลสำหรับการสร้างหน่วยแผนที่ดินเพื่อการประเมินคุณภาพที่ดินและน้ำได้เป็นอย่างดี การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อเชื่อมโยงแหล่งน้ำกับพื้นที่รับน้ำชลประทานแต่ละประเภท ยังจำเป็นสำหรับการสร้างข้อมูลในการประเมินผลผลิตภาพและประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานอีกด้วย

การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล

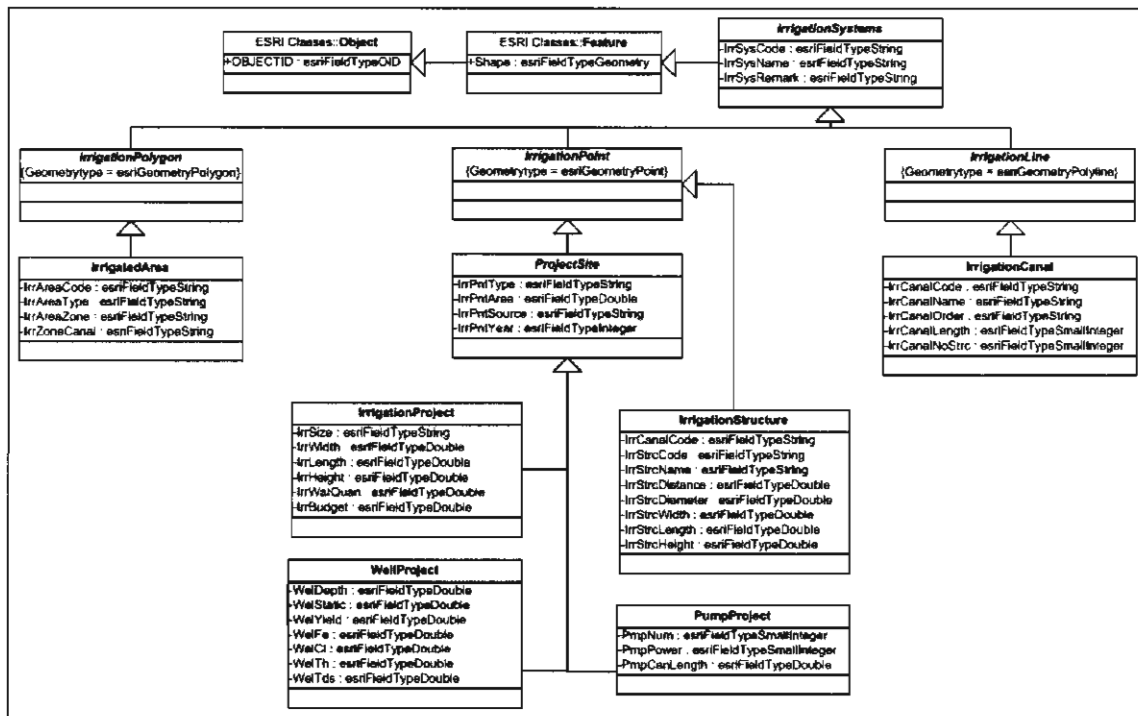
การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศชลประทานเริ่มจากการออกแบบโครงสร้างข้อมูลทั้งหมด ในรูปแบบของผัง UML (Booch et al., 2001) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visio 2002 ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับแบบจำลองเชิงวัตถุที่ได้ออกแบบไว้ในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศของโปรแกรม ArcGIS (ESRI, 2002) โดยโครงสร้างข้อมูลได้แบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลย่อย (Sub-packages) หลายส่วน (รูปที่ 8-1) ได้แก่ ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ (Feature dataset) 2 ชุด คือ ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ระบบชลประทาน (IrrigationSystems) และชุดข้อมูลเครือข่ายการส่งน้ำ (IrrigationNetwork) นอกจากนี้ยังมีส่วนที่ใช้สำหรับควบคุมความถูกต้องของข้อมูล (IrrigationDomain) และส่วนที่เก็บข้อมูลการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และตารางข้อมูลอธิบายต่างๆ (IrrigationRelationships) สำหรับส่วนสุดท้ายเป็นส่วนที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลประเภทอื่นๆ (OtherObjects) เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุนที่ส่งในแต่ละสัปดาห์ สำหรับแสดงผลในรูปแบบของกราฟอนุกรมเวลา (Time series) และข้อมูลประเภทตาราง (Non-spatial tables) สำหรับการเชื่อมโยงเพิ่มเติม โดยในแต่ละชุดข้อมูลย่อยได้ออกแบบให้เก็บข้อมูลชนิดต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 8-1 โครงสร้างข้อมูลหลักในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศชลประทาน

ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ระบบชลประทาน (IrrigationSystems)

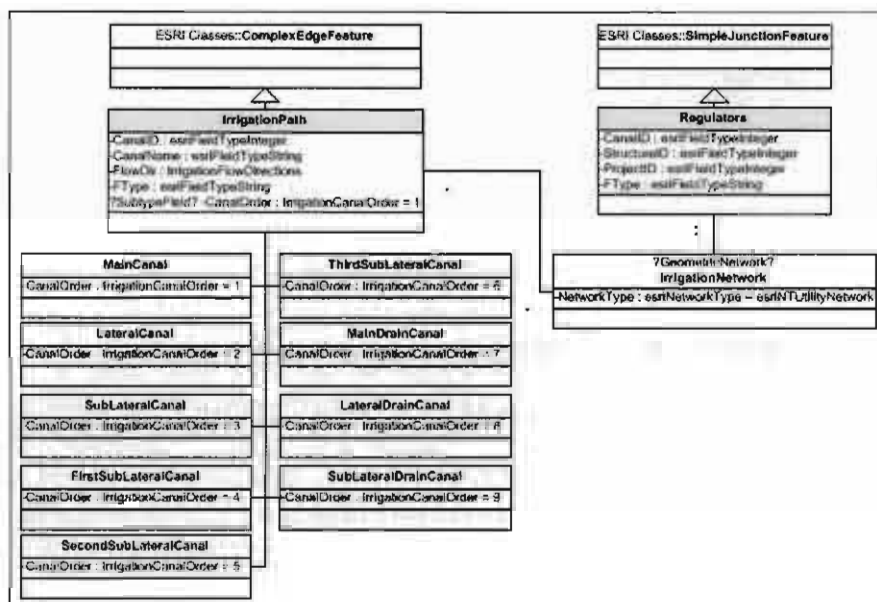
ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ระบบชลประทาน ประกอบด้วย (1) ข้อมูลแบบพื้นที่หรือรูปเหลี่ยมปิด (Polygons) ซึ่งบรรจุข้อมูลพื้นที่ชลประทาน (IrrigatedArea) ที่ได้รับน้ำจากโครงการชลประทาน โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า และการสูบน้ำในรูปแบบอื่นๆ ทั้งแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดิน โดยเกษตรกรเป็นผู้ดำเนินการ กล่าวคือเป็นพื้นที่ที่พบว่ามีการปลูกพืชในฤดูแล้งหรือพืชครั้งที่ 2 ซึ่งได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ในหลายช่วงเวลาของปี พ.ศ.2543 (ชาญชัย และคณะ, 2548) (2) ข้อมูลเชิงพื้นที่แบบเส้น (Lines) เก็บข้อมูลคลองส่งน้ำและท่อส่งน้ำ (IrrigationCanal) ของโครงการชลประทานและโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า (3) ข้อมูลเชิงพื้นที่แบบตำแหน่งหรือจุด (Points) ประกอบด้วยที่ตั้งโครงการชลประทาน ได้แก่ ที่ตั้งของเขื่อน อ่างเก็บน้ำ และฝาย (IrrigationProject) โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า (PumpProject) และบ่อน้ำบาดาล (WellProject) รวมทั้งอาคารในคลองชลประทาน (IrrigationStructure) ของโครงการชลประทานขนาดใหญ่และขนาดกลางบางโครงการ อาทิเช่น ประตูระบายน้ำ อาคารบังคับน้ำ ท่อส่งน้ำเข้านา รวมถึงบ่อบักน้ำของโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า ดังรายละเอียดในรูปที่ 8-2



รูปที่ 8-2 Class Diagram โครงสร้างชุดข้อมูลระบบชลประทาน

ชุดข้อมูลเครือข่ายการส่งน้ำ (IrrigationNetwork)

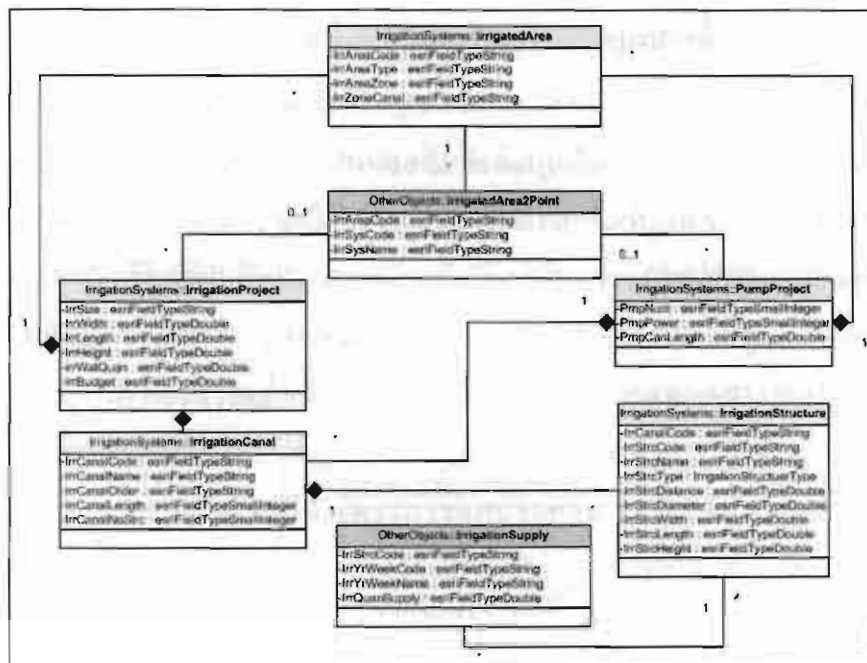
ชุดข้อมูลเครือข่ายการส่งน้ำ ประกอบด้วย (1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เส้นทางการส่งน้ำ (IrrigationPath) ซึ่งได้มาจากการสร้าง Route บนข้อมูลเชิงพื้นที่คลองส่งน้ำ (IrrigationCanal) และ (2) ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ประตูระบายน้ำและท่อส่งน้ำเข้านา (Regulators) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลเชิงพื้นที่อาคารในคลองชลประทาน (IrrigationStructure) รวมทั้งกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเส้นทางการส่งน้ำกับประตูระบายน้ำ (IrrigationNetwork) ในรูปแบบของ Geometric network ที่สร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงเส้น (Edges) กับจุดเชื่อมต่อ (Junctions) ดังแสดงในรูปที่ 8-3



รูปที่ 8-3 Class Diagram ชุดข้อมูลเครือข่ายชลประทาน

ชุดข้อมูลความสัมพันธ์ (IrrigationRelationships)

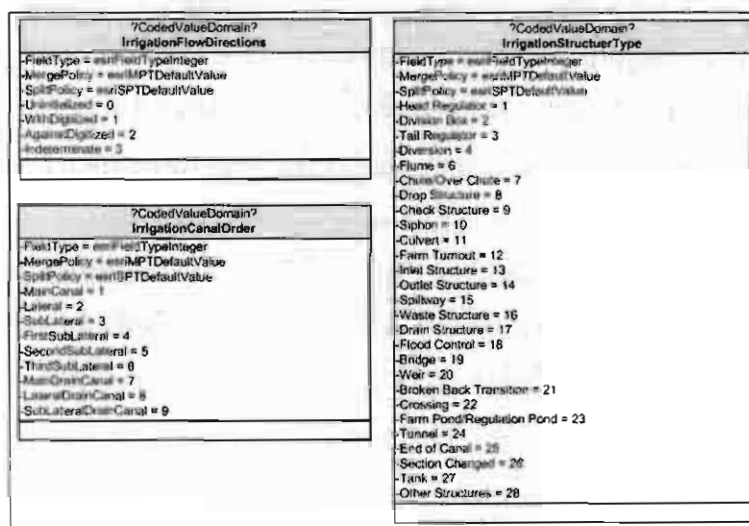
ชุดข้อมูลความสัมพันธ์เป็นชุดข้อมูลย่อยที่ออกแบบและกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่ หรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่กับตารางอธิบาย หรือความสัมพันธ์ระหว่างตารางอธิบายด้วยกันเอง ตัวอย่างเช่น ในข้อมูลเชิงพื้นที่คลองส่งน้ำ 1 คลองจะประกอบด้วยอาคารในคลองส่งน้ำหลาย ๆ อาคารและมีความสัมพันธ์แบบ Composition กล่าวคือในคลองส่งน้ำจะประกอบไปด้วยอาคารชลประทานต่าง ๆ เพื่อควบคุมการส่งน้ำ ซึ่งหากเส้นคลองถูกถมหรือทำลาย ข้อมูลอาคารในคลองจะต้องถูกลบไปจนไม่อาจทำงานได้อีกต่อไป การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่ตั้งโครงการกับพื้นที่รับน้ำชลประทาน เป็นรูปแบบความสัมพันธ์แบบ Many to Many กล่าวคือโครงการหนึ่งสามารถส่งน้ำได้ในหลายพื้นที่ และบางพื้นที่อาจรับได้จากหลายแหล่ง ทำให้ต้องสร้างตาราง IrrigatedArea2Point ซึ่งเป็นตารางชั่วคราว ที่จะใช้สำหรับเชื่อมความสัมพันธ์แบบ Association ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งสอง ผ่านฟิลด์ที่เป็นกุญแจหลักชื่อ IrrSysCode เพื่อให้ทราบว่าพื้นที่ดังกล่าวรับน้ำจากโครงการใด (รูปที่ 8-4)



รูปที่ 8-4 Class Diagram ชุดข้อมูลความล้มพันธ์

ชุดข้อมูลควบคุมความถูกต้องของข้อมูล (IrrigationDomains)

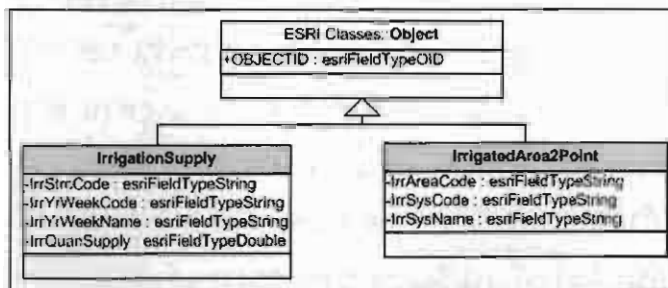
ชุดข้อมูลควบคุมความถูกต้องของข้อมูลได้ออกแบบไว้เพื่อป้องกันความผิดพลาดเนื่องจากการนำเข้าข้อมูลในเบื้องต้น นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดเนื้อที่จัดเก็บข้อมูลและทำให้การนำเข้าข้อมูลทำได้ง่ายขึ้น โดยการกำหนดช่วงหรือรหัสของข้อมูลที่เป็นไปได้กำกับไว้แทนที่จะใส่ข้อความยาวๆ ประกอบด้วย (1) ข้อมูลควบคุมรูปแบบการกำหนดทิศทางการไหลของเส้นทางการส่งน้ำ (IrrigationFlowDirections) (2) ข้อมูลควบคุมประเภทของโครงสร้างอาคารชลประทาน (IrrigationStructureType) และ (3) ข้อมูลควบคุมระดับของคลองส่งน้ำ (IrrigationCanalOrder) ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 8-5



รูปที่ 8-5 Class Diagram ชุดข้อมูลควบคุมความถูกต้องของข้อมูล

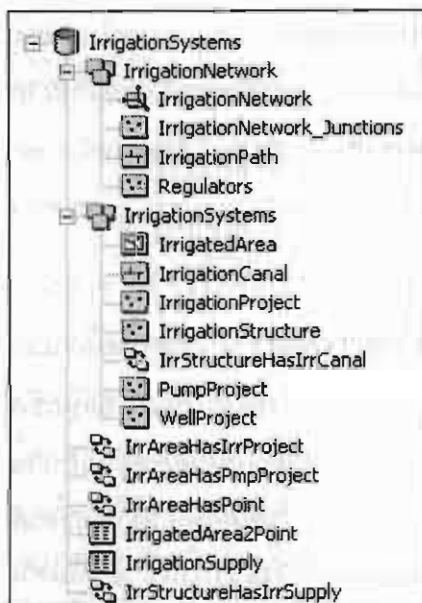
ชุดข้อมูลเชิงวัตถุอื่น ๆ (OtherObjects)

ข้อมูลเชิงวัตถุอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศชลประทาน ประกอบด้วยข้อมูลตาราง 2 ตารางคือ ตารางปริมาณน้ำต้นทุนรายสัปดาห์ (IrrigationSupply) ที่ใช้เชื่อมโยงกับโครงสร้างในคลองชลประทาน (IrrigationStructure) และตารางชั่วคราวสำหรับเชื่อมข้อมูลพื้นที่ชลประทานกับตำแหน่งที่ตั้งของโครงการชลประทาน (IrrigationArea2Point) ดังแสดงในรูปที่ 8-6



รูปที่ 8-6 Class Diagram ชุดข้อมูลเชิงวัตถุอื่น ๆ

โครงสร้างของข้อมูลที่ออกแบบในผัง UML ที่ได้ทำเสร็จแล้วจะนำไปใช้สร้างโครงของฐานข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศ (Geodatabase schema) ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้ ArcCatalog ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยในระบบ ArcGIS 9 ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 8-7 พร้อมทั้งจะนำเข้าข้อมูลในลำดับถัดไป



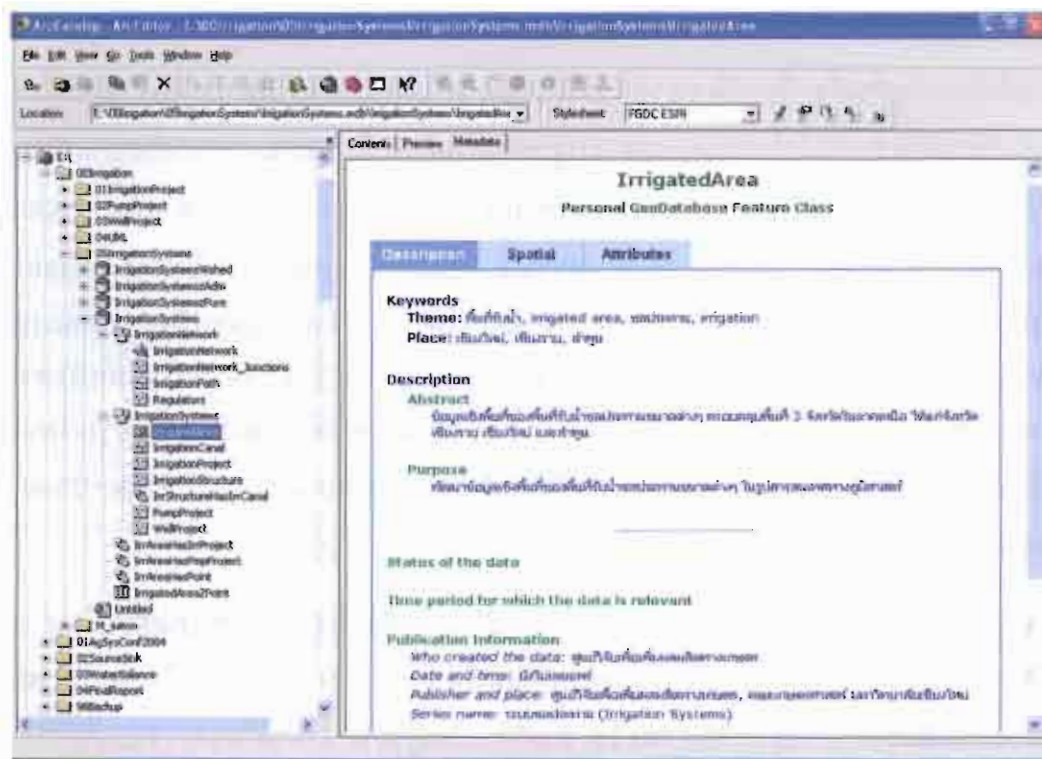
รูปที่ 8-7 โครงสร้างของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศชลประทาน

การนำเข้าและปรับปรุงข้อมูล

การนำเข้าข้อมูลเข้าจัดเก็บในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แนวทาง คือ ในกรณีที่ข้อมูลภูมิสารสนเทศอยู่ในรูปข้อมูลเชิงดิจิทัล สามารถนำเข้าโดยใช้เครื่องมือของ ArcCatalog ได้โดยตรง ตัวอย่างเช่น ข้อมูลของโครงการชลประทานในจังหวัดเชียงใหม่ที่ได้จากผลลัพธ์ของโครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว (เมธี และคณะ, 2543) แล้วทำการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยจากข้อมูลที่ได้รับจากสำนักชลประทานที่ 1 กรมชลประทาน ส่วนในกรณีที่ข้อมูลอยู่ในรูปของแผนที่กระดาษหรือรายงานที่ได้รับจากโครงการชลประทานเชียงราย จะต้องนำเข้าโดยการพิมพ์ การดิจิทัล (Digitize) ข้อมูลจากแผนที่ต้นฉบับมาตราส่วน 1:50,000 หรือการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ใหม่ (Generate) จากข้อมูลพิกัดของโครงการชลประทาน ส่วนตำแหน่งของอาคารชลประทานสร้างโดยวิธีอัตโนมัติจากข้อมูลระยะห่างของแต่ละอาคารจากจุดเริ่มต้นของแต่ละคลองส่งน้ำ โดยใช้ชุดคำสั่ง Dynamic segmentation ในส่วนการวิเคราะห์เครือข่าย (Network analysis) ของโปรแกรม ArcInfo (เมธีและสุริย์พร, 2541) แล้วทำการปรับระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ของข้อมูลทั้งหมดให้สอดคล้องกับชั้นข้อมูลอ้างอิงอื่นๆ โดยใช้การ snap เข้าหาชั้นข้อมูลอ้างอิง เช่น ที่ตั้งโครงการฝายและอ่างเก็บน้ำต้องอยู่บนเส้นทางน้ำ และโครงสร้างอาคารในคลองชลประทานต้องอยู่บนคลองส่งน้ำ เป็นต้น เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องเชิงตำแหน่ง

การสร้างเครือข่ายการส่งน้ำชลประทาน (IrrigationNetwork) เป็นการสร้างความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในรูปแบบของ Geometric network ที่สร้างความสัมพันธ์ระหว่างจุดเชื่อมต่อ (Junctions) และข้อมูลเชิงเส้น (Edges) โดยประตุน้ำปากคลอง ท่อส่งน้ำเข้านา และประตุน้ำน้ำปลายคลอง เปรียบเสมือนจุดเชื่อมต่อที่ใช้ควบคุมทิศทางการไหลและปริมาณน้ำต้นทุนในแต่ละคลอง ชั้นข้อมูลอาคารในคลอง (Regulators) และเส้นทางน้ำ (IrrigationPath) สร้างจากข้อมูลโครงสร้างในคลองชลประทาน (IrrigationStructure) และคลองชลประทาน (IrrigationCanal) แล้วนำมากำหนดทิศทางการส่งน้ำและความสัมพันธ์ในเชิงระบบเครือข่าย (Logical network) ระหว่างสองชั้นข้อมูล โดยใช้ ArcCatalog และ Arc Hydro (Maidment (ed.), 2002)

ข้อมูลภูมิสารสนเทศหนึ่งๆ นอกจากประกอบไปด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) และข้อมูลอรรถาธิบาย (Attribute data) ที่ใช้แสดงรายละเอียดของแต่ละหน่วยแผนที่แล้ว ข้อมูลอีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญกับผู้ใช้ฐานข้อมูลอย่างมากคือ Metadata เนื่องจากเป็นข้อมูลที่อธิบายรายละเอียดต่างๆ ของแต่ละชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศ ได้แก่ ชื่อชั้นข้อมูล พื้นที่ศึกษา วัตถุประสงค์ระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ ผู้จัดทำ ที่มาของข้อมูล และรูปแบบของตารางอรรถาธิบาย เป็นต้น ทำให้ผู้ใช้ทราบข้อจำกัดรวมทั้งเงื่อนไขต่างๆ ของข้อมูลก่อนที่จะนำข้อมูลไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ต่อไป ตามมาตรฐานของ FGDC (Federal Geographic Data Committee) ตัวอย่างในรูปที่ 8-8 แสดง Metadata ของข้อมูลพื้นที่ชลประทาน (IrrigatedArea)



รูปที่ 8-8 Metadata ของข้อมูลพื้นที่ชลประทานในส่วนคำอธิบายทั่วไป (Description)

ข้อมูลที่ตั้งโครงการชลประทาน

ข้อมูลที่ตั้งโครงการชลประทาน (ProjectSite) เป็นชั้นข้อมูลประเภทจุด (IrrigationPoint) ประกอบด้วยชั้นข้อมูลโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร 3 ชั้นข้อมูลหลัก ได้แก่ ที่ตั้งโครงการชลประทาน (IrrigationProject) ที่ตั้งโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า (PumpProject) และที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล (WellProject)

ที่ตั้งโครงการชลประทาน (IrrigationProject)

ชั้นข้อมูลที่ตั้งโครงการชลประทานเป็นโครงการพัฒนาแหล่งน้ำจำพวกเขื่อน อ่างเก็บน้ำ และฝาย ที่ดำเนินการโดยกรมชลประทาน (รูปที่ 8-9 และ 8-10) มีการแบ่งประเภทของโครงการออกเป็นโครงการขนาดใหญ่ กลาง และเล็กตามปริมาณน้ำที่กักเก็บและขนาดของพื้นที่ชลประทาน (ตารางที่ 8-1) โครงการชลประทานขนาดใหญ่และขนาดกลางที่สำคัญ ที่ดำเนินการโดยกรมชลประทาน (โครงการชลประทานหลวง) ได้แก่ โครงการฯ แม่แตง โครงการฯ แม่แฝก-แม่จืด โครงการฯ แม่กว้ง โครงการฯ แม่ลาว โครงการฯ แม่สาย และโครงการฝายชลชั้นถ้ำฝาง ครอบคลุมพื้นที่กว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ชลประทาน แต่ละแห่งจะมีสำนักงานโครงการฯ ของตนเอง สำหรับบริหารและวางแผนการจัดสรรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด

โครงการชลประทานราษฎร์ (ระบบเหมืองฝาย) เป็นภูมิปัญญาของเกษตรกรในภาคเหนือ ในการบริหารจัดการน้ำโดยชุมชนเป็นผู้ดำเนินการเองมีประวัติศาสตร์ความเป็นมากว่า 700 ปี

Attributes of โครงการชลประทาน									
ชื่อโครงการชลประทาน	ที่มาของข้อมูล	ประเภท	พื้นที่ชลประทาน (ไร่)	ขนาดของฝาย	ความกว้าง	ความยาว	ความสูง	ปริมาณน้ำ	
โครงการพัฒนาการเกษตรตามลำน้ำ	สำนักชลประทานที่ 2	ฝาย	61700	2522	ขนาดกลาง	-9	-9	-9	-9
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามะม่วง	สำนักชลประทานที่ 1	เขื่อน	175000	2534	ขนาดใหญ่	-9	610	73	263
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามะม่วง	สำนักชลประทานที่ 1	เขื่อน	30000	2528	ขนาดใหญ่	9	1950	59	265
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามะม่วง	สำนักชลประทานที่ 1	ฝาย	148000	2516	ขนาดใหญ่	-9	80	2.1	-9
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามะม่วง	สำนักชลประทานที่ 1	ฝาย	70000	2479	ขนาดใหญ่	-9	89.3	3.1	-9
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามะม่วง	สำนักชลประทานที่ 2	ฝาย	148383	2506	ขนาดใหญ่	-9	-9	-9	-9
ฝายกั้นน้ำ	สำนักชลประทานที่ 2	ฝาย	1500	2542	ขนาดเล็ก	-9	-9	-9	-9
ฝายกั้นน้ำ	สำนักชลประทานที่ 1	ฝาย	2500	2528	ขนาดเล็ก	-9	50	1.5	-9
ฝายกั้นน้ำ	สำนักชลประทานที่ 1	ฝาย	300	2526	ขนาดเล็ก	-9	-9	-9	-9
ฝายกั้นน้ำ	ฝายพิหารฉาโครงการ	ฝาย	3000	2536	ขนาดเล็ก	-9	180	2.8	-9
ฝายกั้นน้ำ	สำนักชลประทานที่ 1	ฝาย	4000	2522	ขนาดเล็ก	-9	-9	-9	-9
ฝายกั้นน้ำ	สำนักชลประทานที่ 1	ฝาย	6180	2529	ขนาดเล็ก	-9	65	2.1	-9
ฝายกั้นน้ำ	ฝายพิหารฉาโครงการ	ฝาย	1200	2536	ขนาดเล็ก	-9	-9	-9	-9
ฝายกั้นน้ำ (ขนาดเล็ก)	โครงการกั้นน้ำ	ฝาย	570	2543	ขนาดเล็ก	-9	-9	-9	-9
ฝายกั้นน้ำ	เบญจก (2546)	ฝาย	6746	-9	ขนาดเล็ก	-9	-9	-9	-9
ฝายกั้นน้ำ	สำนักชลประทานที่ 1	ฝาย	1500	2526	ขนาดเล็ก	-9	-9	-9	-9
ฝายกั้นน้ำ	โครงการกั้นน้ำ	ฝาย	1000	2541	ขนาดเล็ก	-9	-9	-9	-9

รูปที่ 8-10 รายละเอียดของที่ตั้งโครงการชลประทานในพื้นที่ศึกษา

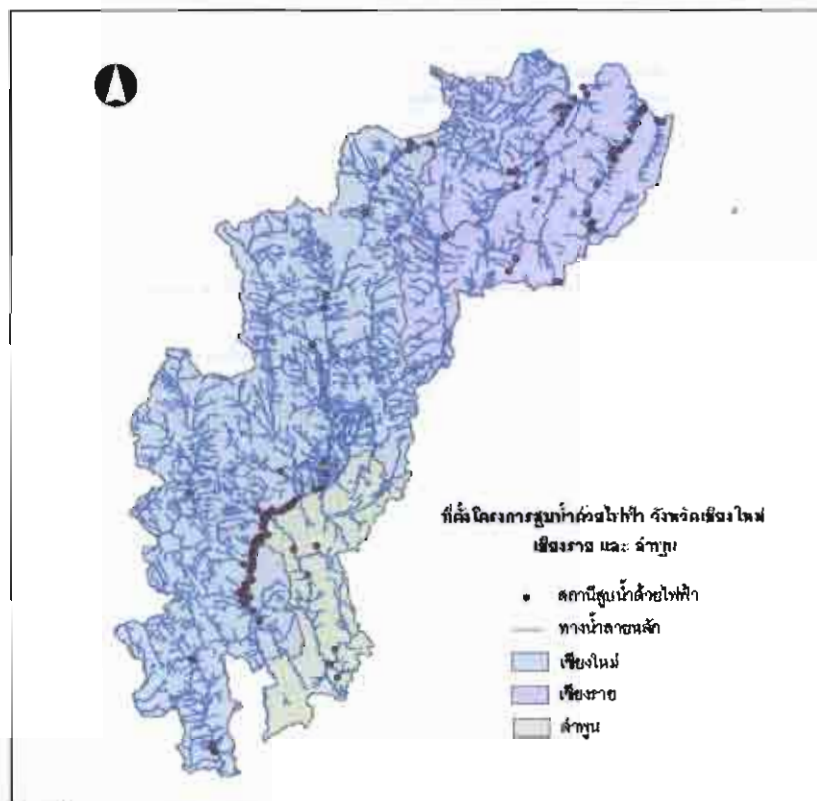
ตารางที่ 8-1 สรุปจำนวนและพื้นที่โครงการชลประทานในพื้นที่ศึกษา

จังหวัด	ขนาดใหญ่		ขนาดกลาง		ขนาดเล็ก	
	จำนวน (โครงการ)	พื้นที่ (ไร่)	จำนวน (โครงการ)	พื้นที่ (ไร่)	จำนวน (โครงการ)	พื้นที่ (ไร่)
เชียงใหม่	3	449,238	15	97,946	428	455,206
เชียงราย	1	184,000	8	285,100	153	328,360
ลำพูน	0	0	9	107,500	127	146,463
รวม	4	633,238	32	490,546	708	930,029

ที่ตั้งโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า (PumpProject)

โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าเป็นโครงการพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่นอกเขตชลประทานหรือประสบปัญหาขาดแคลนน้ำเพื่อการเพาะปลูกพืชในฤดูแล้ง โดยพิจารณาจากความเหมาะสมและความเดือดร้อนเร่งด่วนเป็นสำคัญ ในอดีตดำเนินการโดยศูนย์บริการโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (สำนักงานพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ภูมิภาคที่ 3, 2545) หลังจากมีการปรับปรุงระบบกระทรวงทบวง กรม ตามภารกิจและหน้าที่ ไดโอนย้ายมาสังกัดกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ลักษณะโครงการส่วนใหญ่จะดำเนินการจัดตั้งสถานีสูบน้ำ ทำการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีน้ำบริบูรณ์ตลอดปี ด้วยอัตราประมาณ 0.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ผ่านท่อรับน้ำแรงดันไปยังบ่อพักน้ำที่อยู่ในพื้นที่สูง และจ่ายน้ำโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงไปตามคลองส่งน้ำตาดคอนกรีต โดยคลองส่งน้ำสายหลักมีความยาวประมาณ 3 กิโลเมตร คลองซอยยาวประมาณ 6 กิโลเมตร สามารถช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกได้ประมาณ 500-5,000 ไร่ (สุวรรณ, 2545; สุรศักดิ์, 2545) อย่างไรก็ตาม หลังจากก่อสร้างเสร็จแล้วก็โอนงานให้แก่องค์กรบริหารส่วนตำบลในการกำกับดูแลต่อไป

ปัจจุบันโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษามีทั้งสิ้น 115 โครงการ (รูปที่ 8-11 และ 8-12) โดยจังหวัดเชียงใหม่มีจำนวน 61 โครงการ ส่วนใหญ่สูบน้ำจากแม่น้ำปิง โดยเฉพาะบริเวณเขตอำเภอจอมทอง ฮอด และดอยเต่า มีการจัดตั้งโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรที่ปลูกลำไยและข้าวนาปรังอยู่เป็นจำนวนมาก จังหวัดลำพูนและเชียงรายมีโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 16 และ 38 โครงการ ตามลำดับ โดยในพื้นที่ศึกษาพบว่าพื้นที่รับน้ำจากโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้ารวมทั้งสิ้นประมาณ 168,000 ไร่



รูปที่ 8-11 ที่ตั้งโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า

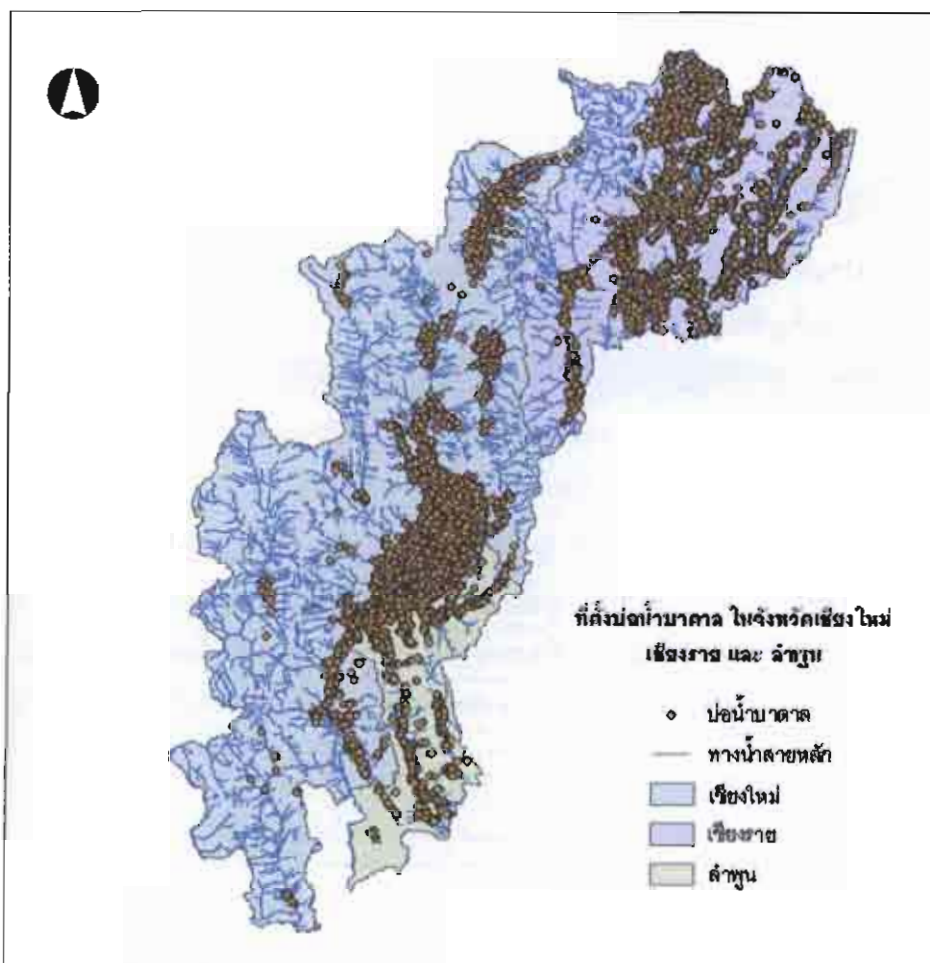
Station	ชื่อโครงการ	พื้นที่รับน้ำ (ไร่)	ความสูง (ม.)	จำนวนโครงการ	พื้นที่รับน้ำ (ไร่)	พื้นที่รับน้ำ (ไร่)
Point P001	สถานีสูบน้ำบ้านสวนดอก	1400 ไร่	2533	1	110	2944
Point P002	สถานีสูบน้ำบ้านแซว	2700 ไร่	2534	1	110	5020
Point P003	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	2730 ไร่	2526	1	110	8200
Point P004	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1300 ไร่	2542	1	55	1250
Point P005	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1400 ไร่	2535	1	5	2180
Point P006	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2541	1	180	2225
Point P007	สถานีสูบน้ำบ้านสวน 2	1000 ไร่	2540	1	110	1975
Point P008	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2531	1	110	8040
Point P009	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2542	1	75	1950
Point P010	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2530	1	55	6029
Point P011	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2535	1	110	2488
Point P012	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1200 ไร่	2539	1	250	1249
Point P013	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2526	2	110	1150
Point P014	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2530	1	75	7260
Point P015	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2538	1	160	3200
Point P016	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2534	1	550	1150
Point P017	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2538	1	110	3170
Point P018	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2537	1	130	2425
Point P019	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2537	1	75	1750
Point P020	สถานีสูบน้ำบ้านสวน	1000 ไร่	2530	1	110	7700

รูปที่ 8-12 รายละเอียดของที่ตั้งโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า

ที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล (WellProject)

น้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำอีกแหล่งหนึ่งที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ในบริเวณที่ไม่มีแหล่งน้ำผิวดิน บ่อน้ำบาดาลที่เจาะแต่ละแห่งมีคุณสมบัติของน้ำแตกต่างกัน ทั้งแร่ธาตุ ความกระด้างของน้ำ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ทำให้การนำน้ำบาดาลมาใช้ประโยชน์ต้องคำนึงถึงคุณภาพของน้ำบาดาลเป็นสำคัญ ข้อมูลตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลพร้อมทั้งผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำและศักยภาพของบ่อน้ำได้มีการรวบรวมไว้โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในรูปแบบของข้อมูลภูมิสารสนเทศรายจังหวัด มาตรฐาน 1: 100,000 (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2544)

ผลการนำข้อมูลเข้าเป็นชั้นข้อมูลหนึ่งในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศชลประทาน พบว่ามีบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาที่ดำเนินการโดยหน่วยงานของรัฐและมีการจดทะเบียนไว้ทั้งสิ้นกว่า 10,000 บ่อ เพื่อการใช้ประโยชน์ทั้งด้านการอุปโภคบริโภค (ประปา) อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม อย่างไรก็ตามยังคงมีบ่อน้ำบาดาลในระดับต้น (บ่อดอก) มีระดับความลึกน้อยกว่า 50 เมตรที่เกษตรกรดำเนินการขุดเองเพื่อเป็นแหล่งน้ำสำหรับไม้ผล ไม้ยืนต้น ลำไยและมะม่วง และการเพาะปลูกพืชฤดูแล้ง ได้มีการรวบรวมในลักษณะบัญชีรายชื่อ แต่ยังไม่สามารถระบุตำแหน่งของบ่อดอกที่ชัดเจนเชิงพื้นที่ได้ (รูปที่ 8-13 และรูปที่ 8-14)



รูปที่ 8-13 ที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล

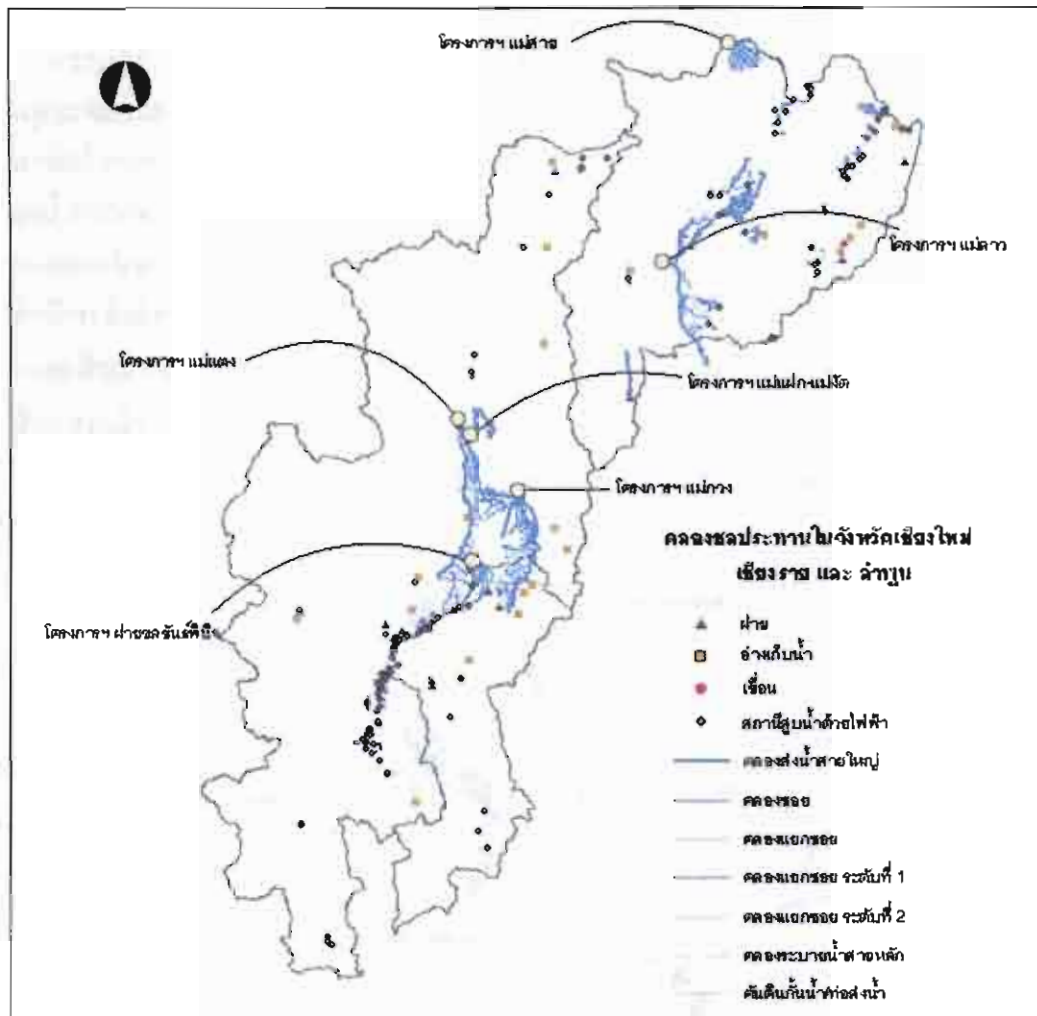
รหัสโครงการชลประทาน	ชื่อโครงการชลประทาน	ความลึกคลอง	ระดับน้ำปกติ	ปริมาณน้ำที่ไหล	ปริมาณน้ำเก็บ	ปริมาณน้ำส่ง	ความกระด้าง	ปริมาณสารพิษตก
G0866	บ้านหัวน้ำขาว	39	7.5	2.27	2.1	13	221	258
G0903	บ้านวัง	51	3.6	45.45	6.1	6	40	0
G0546	บ้านนางพริ้ว	33	3.21	29.23	4.1	7	60	129
G1122	บ้านหนองไธ	18	1.5	1.14	1.6	6	62	0
Q0049	สถานีวิทยุ กรม ทบ. (สถานีสมพันธ์)	90	5.21	5.23	.02	5	50	136
D00014	สำนักสงฆ์เทพสันติการาม(บ.ผิลกา)	36	18.6	1.14	.26	2	34	59
G0899	บ้านสันทราย	21	.9	4.55	4.8	6	54	0
G0972	บ้านม่วงฟ้า	24	.9	4.55	14	45	278	446
G1034	บ้านเพอป่าสง	33	1.8	3.41	.38	6	70	102
G1117	บ้านพระธาตุ	21	3	3.41	24	8	107	0
W0774	บ้านหนองปลา	54	.9	1.14	4.2	5	56	88
G0540	บ้านหนองบัว	0	0	0	.86	5	28	0
G0932	สถานีอนามัยบ้านสันทราย	39	.9	2.27	1.5	5	88	0
G1018	สถานีอนามัย อ. ไชยปราการ	36	2.21	7.2	.2	0	138	0
G0816	วัดสมณาวาส(บ.จิมไค)	33	6.39	6.55	1.4	3	88	0
G0856	โรงเรียนบ้านสันทราย	66	1.58	7.2	.18	12	247	440
G0919	บ้านป่าตาว	48	8.48	6.55	1.6	36	264	504
G0939	บ้านนาแก้ว	57	7.26	6.55	7.8	6	141	0
G1135	วัดดอยแก้ว(บ.ดอยแก้ว)	28.5	6.9	5.54	1	2	110	190
พช06653	บ้านต้นไค	24	8	5	0	0	0	0

รูปที่ 8-14 รายละเอียดของที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล

ข้อมูลคลองชลประทาน (IrrigationCanal)

ตามที่ได้ออกแบบโครงสร้างข้อมูลในรูปแผนภาพ UML (รูปที่ 8-2) ข้อมูลในรูปแบบเส้นทั้งหมด (IrrigationLine) ได้รวบรวมไว้ในชั้นข้อมูลคลองชลประทาน (IrrigationCanal) ทำให้ชั้นข้อมูลนี้จะเก็บข้อมูลคลองส่งน้ำของโครงการชลประทาน รวมทั้งคลองและท่อส่งน้ำของโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า เนื่องจากมีลักษณะโครงสร้างของข้อมูลคล้ายกันและทำให้เกิดความสะดวกในการจัดเก็บและสืบค้นข้อมูล (รูปที่ 8-15 และรูปที่ 8-16)

แผนที่คลองชลประทานที่ได้รับอนุเคราะห์ ส่วนใหญ่เป็นของโครงการขนาดใหญ่และขนาดกลางที่สร้างบนแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร และมีรายละเอียดชื่อคลองส่งน้ำกำกับอยู่ หลังจากนำเข้าข้อมูลและปรับให้สอดคล้องกับชั้นข้อมูลทางน้ำอ้างอิงแล้ว จะสร้างรหัสคลองส่งน้ำแต่ละคลองที่บอกถึงประเภทของคลองชลประทาน ชื่อคลองส่งน้ำและทิศทางการแยกจากคลองสายหลัก เช่น MT-14L-1R คือ 300742 หมายถึงคลองแยกย่อยระดับที่ 1 มีรหัสคลอง 0074 และแยกออกจากขวาจากคลองหลัก เพื่อใช้สำหรับเชื่อมโยงกับชั้นข้อมูลโครงสร้างในคลองชลประทานและชั้นข้อมูลอื่นต่อไป นอกจากนี้ยังได้เพิ่มรายละเอียดในส่วนของประเทศหรือระดับของคลองชลประทานเพื่อสะดวกในการแสดงผล ชั้นข้อมูลชลประทานนี้จะป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้สำหรับการสร้างเครือข่ายส่งน้ำชลประทาน ซึ่งจะได้กล่าวในลำดับถัดไป



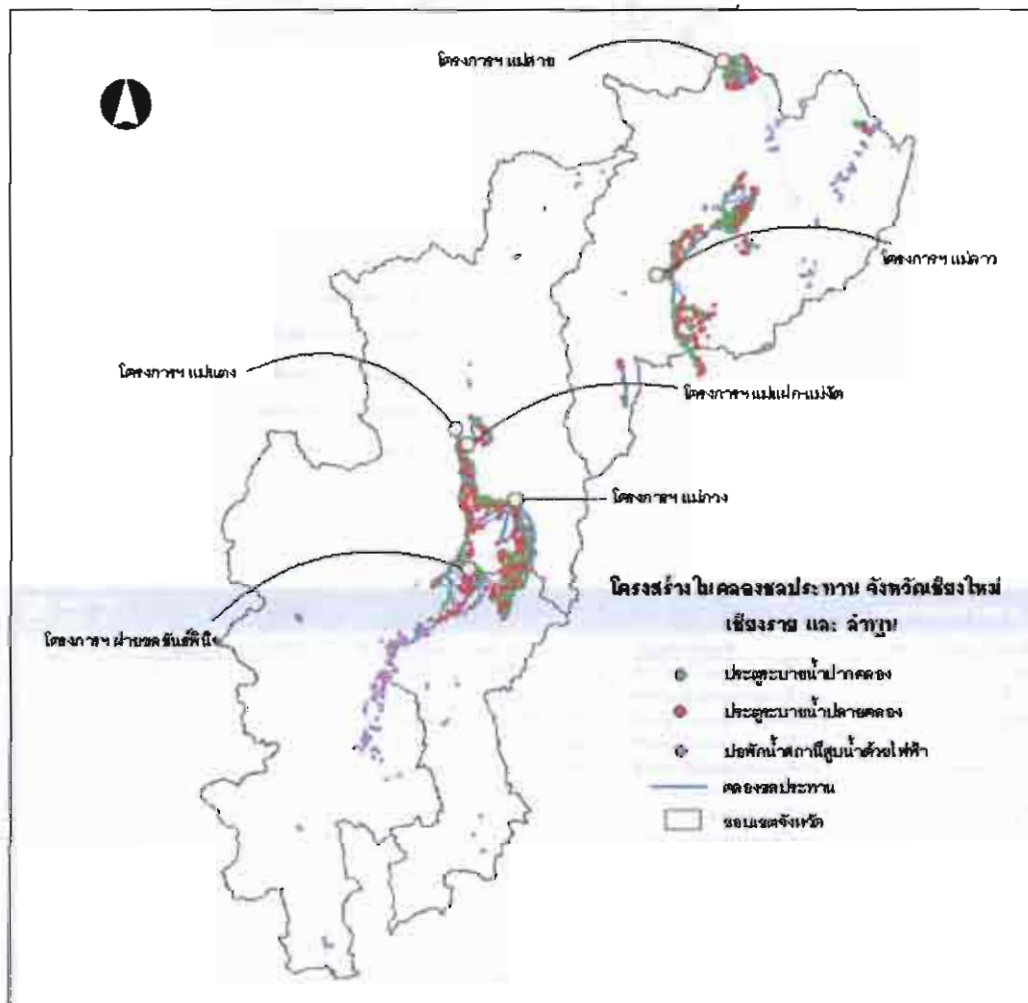
รูปที่ 8-15 คลองชลประทานและท่อส่งน้ำ

Attributes of หนองชลประทาน							
ชื่อโครงการชลประทาน	ปีงบประมาณ	รหัสโครงการ	ชื่อโครงการชลประทาน	ประเภท	ความยาวคลอง	จำนวน	จำนวน
สถานีสูบน้ำบ้านห้วย	แผนปีโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 1:50,000	907660	ท่อส่งน้ำ	9	-9	-9	-9
สถานีสูบน้ำบ้านห้วย	แผนปีโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 1:50,000	107680	คลองส่งน้ำ	1	-9	-9	-9
สถานีสูบน้ำบ้านห้วย	แผนปีโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 1:50,000	107690	คลองส่งน้ำ	1	-9	-9	-9
สถานีสูบน้ำบ้านห้วย	แผนปีโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 1:50,000	107710	คลองส่งน้ำ	1	-9	-9	-9
สถานีสูบน้ำบ้านห้วย	แผนปีโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 1:50,000	107720	คลองส่งน้ำ	1	-9	-9	-9
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่กวด	แผนปีโครงการฯ แม่กวด 1:50,000	101080	RMC	1	-9	-9	-9
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่กวด	แผนปีโครงการฯ แม่กวด 1:50,000	101230	LMC	1	-9	-9	-9
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่กวด	แผนปีโครงการฯ แม่กวด 1:50,000	101950	MFT	1	-9	-9	-9
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่กวด	แผนปีโครงการฯ แม่กวด 1:50,000	102150	KMT	1	-9	-9	-9
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่กวด	แผนปีโครงการฯ แม่กวด 1:50,000	102190	MW	1	-9	-9	-9
สายชลประทานฝาย (ฝายแม่ปิงเก่า)	แผนปีโครงการชลประทานลำห้วย (แม่ปิงเก่า)	102200	LP	1	-9	-9	-9
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่กวด	แผนปีโครงการฯ แม่กวด-แม่กวด 1:50,000	200032	2R-LMG	2	-9	-9	28
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่กวด	แผนปีโครงการฯ แม่กวด-แม่กวด 1:50,000	200082	1R-RMG	2	-9	-9	7
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่กวด	แผนปีโครงการฯ แม่กวด-แม่กวด 1:50,000	200091	2L-RMG	2	-9	-9	9
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่กวด	แผนปีโครงการฯ แม่กวด 1:50,000	200132	1R-MFT	2	-9	-9	-9

รูปที่ 8-16 รายละเอียดคลองชลประทานและท่อส่งน้ำ

ข้อมูลโครงสร้างในคลองชลประทาน (Irrigation Structure)

อาคารในคลองชลประทานเป็นส่วนที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในทุกโครงการชลประทาน ต้องได้รับการวางแผนและออกแบบเป็นอย่างดี สำหรับใช้ในการบังคับทิศทางการไหลและควบคุมปริมาณของน้ำในคลองชลประทาน โดยเฉพาะในฤดูแล้ง จากที่ส่งจากหัวงานของโครงการ ไปตามคลองส่งน้ำสายใหญ่ คลองซอย คลองแยกซอย จนกระทั่งถึงแปลงเพาะปลูกพืชของเกษตรกร โดยจะมีการสร้างอาคารชลประทานต่างๆ เช่น ประตูระบายตลิ่งน้ำกลางคลอง ประตูระบายปากคลองซอย ท่อส่งน้ำเข้านา ท่อเชื่อม และท่อลอด เป็นต้น ซึ่งทางสำนักงานโครงการฯ จะมีเจ้าหน้าที่ (โซนแมน) คอยควบคุมการส่งน้ำในแต่ละโซนส่งน้ำ นอกจากนี้บ่อบักน้ำที่เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างในคลองของโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า ได้รวบรวมอยู่ในชั้นข้อมูลนี้ด้วย เนื่องจากมีวัตถุประสงค์การใช้งานและโครงสร้างข้อมูลเหมือนกัน (รูปที่ 8-17 และ 8-18)

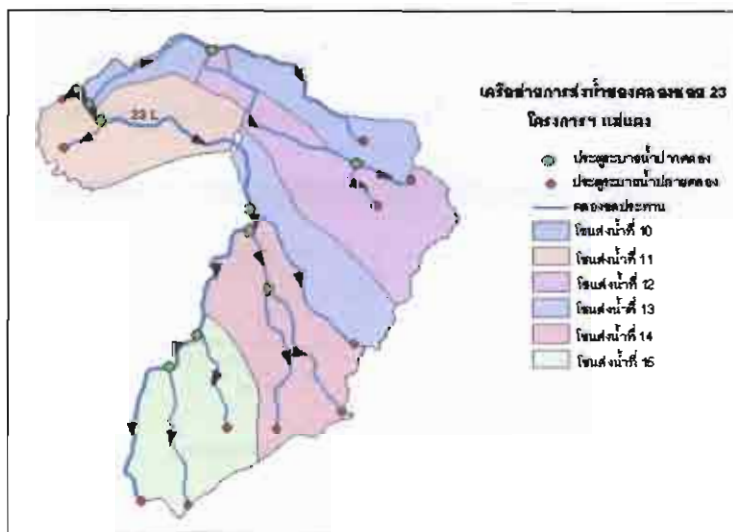


รูปที่ 8-17 โครงสร้างในคลองชลประทาน

ข้อมูลเครือข่ายการส่งน้ำ (IrrigationNetwork)

ข้อมูลเครือข่ายการส่งน้ำ (รูปที่ 8-3) ได้แยกออกเป็นชุดข้อมูลเฉพาะจากชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ระบบชลประทาน (IrrigationSystems) เนื่องจากมีโครงสร้างการจัดเก็บและการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีวัตถุประสงค์แตกต่างกัน การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างอาคารในคลองชลประทานและคลองส่งน้ำไม่ใช่เพียงการเชื่อมโยงตาราง (Relationship) ของทั้งสองชั้นข้อมูลผ่านกุญแจหลัก (Primary key) เท่านั้น แต่จะต้องสร้างความเกี่ยวข้องกัน (Connectivity) ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหมดเป็นเครือข่ายเชิงพื้นที่ (Geometric network) ซึ่งมีองค์ประกอบพื้นฐานคือข้อมูลเชิงเส้น (Edge) และจุดเชื่อมต่อ (Junction) รวมทั้งสถานะของข้อมูล (Validation rule) ด้วย

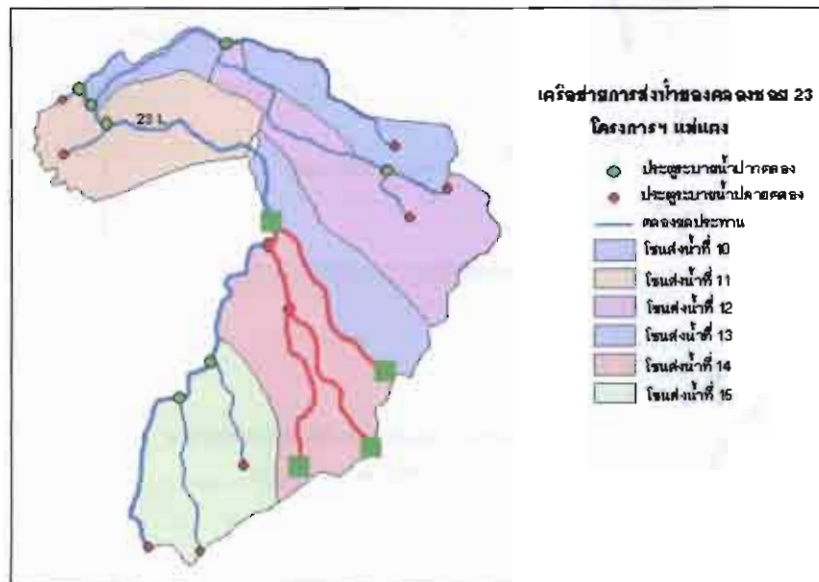
ข้อมูลเชิงพื้นที่ในชุดข้อมูลเครือข่ายการส่งน้ำประกอบด้วยข้อมูลเส้นทางการส่งน้ำ (IrrigationPath) และจุดควบคุมการส่งน้ำ (Regulator) ซึ่งเปรียบเสมือนเส้นทางและจุดเชื่อมต่อของเครือข่าย การกำหนดทิศทางการไหลของน้ำ (Flow direction) จากหัวงานชลประทานจนถึงปลายคลองส่งน้ำ ทำได้โดยการกำหนดจุดควบคุมการส่งน้ำว่าเป็นจุดเริ่มต้น (Source) หรือจุดปลาย (Sink) ของเส้นทางการส่งน้ำ (รูปที่ 8-20) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดเงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่างๆ ได้อีกด้วย เช่น กรณีที่มีการซ่อมแซมประตูระบายน้ำปากคลองทำให้ต้องปิดประตูระบายน้ำชั่วคราวก็สามารถกำหนดให้มีคุณสมบัติคล้ายกับสิ่งกีดขวาง (Barrier) ได้ โดยการกำหนดคุณสมบัติไม่ให้สามารถทำงานได้ (Disable)



รูปที่ 8-20 เครือข่ายการส่งน้ำของคลองซอย 23 โครงการฯ แม่แตง

เครือข่ายเชิงตรรก (Logical network) ถูกสร้างขึ้นพร้อมกับการสร้างเครือข่ายเชิงพื้นที่สำหรับจัดเก็บข้อมูลความเกี่ยวข้องกัน (Connectivity rule) ของข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปของตารางความสัมพันธ์ระหว่างจุดเชื่อมต่อกับรอยต่อ (Connectivity table) ว่าจุดเชื่อมต่อควบคุมการไหลของน้ำเส้นใดบ้าง

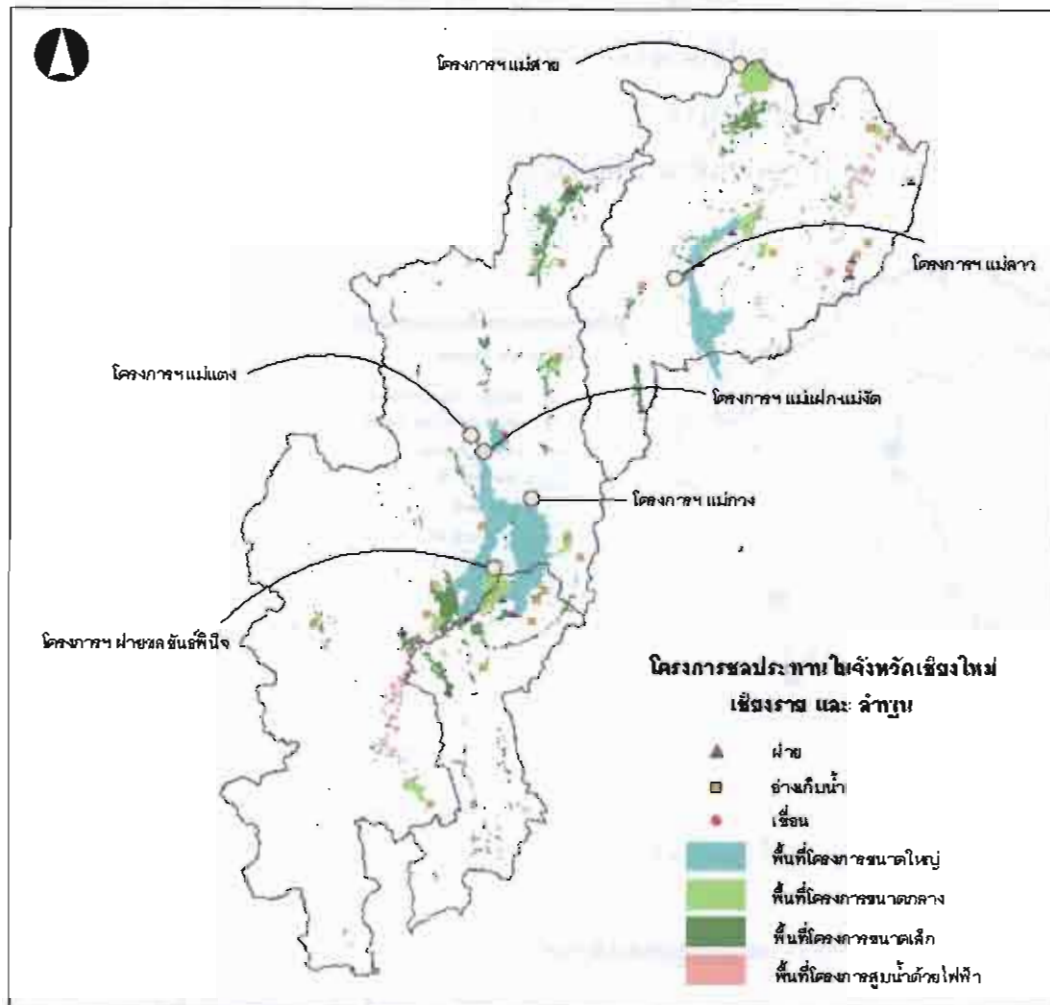
ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเครือข่ายการส่งน้ำชลประทาน (รูปที่ 8-21) เป็นการค้นหาเส้นทางการส่งน้ำ (Find path) โดยใช้เครื่องมือ Utility Network Analysis ใน ArcMap ของคลองซอยย่อย 3L-23L ที่ส่งน้ำให้โซนส่งน้ำที่ 14 ในโครงการชลประทานแม่แตง โดยน้ำที่ส่งตามเส้นทางการส่งน้ำสีแดง จะมีท่อส่งน้ำเข้านาเพื่อส่งน้ำให้กับพื้นที่การเกษตรต่อไป



รูปที่ 8-21 ตัวอย่างเส้นทางการส่งน้ำของโซนที่ 14

ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน (Irrigated Area)

ในบริบทของระบบเกษตรชลประทาน ข้อมูลที่มีความต้องการและนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์มากที่สุดคือข้อมูลเชิงพื้นที่ชลประทาน เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการทำการเกษตรกรรมแบบเข้มข้น (Intensive agricultural systems) เป็นพื้นที่เป้าหมายของทั้งนักวิจัยและนักส่งเสริมการเกษตรในการพัฒนาพื้นที่ดังกล่าวให้สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุด ข้อมูลเชิงพื้นที่ชลประทานประกอบด้วยพื้นที่ชลประทานขนาดใหญ่และขนาดกลาง รวมทั้งโครงการขนาดเล็กบางโครงการ (รูปที่ 8-22 และรูปที่ 8-23) นอกจากนี้ยังได้รวมข้อมูลพื้นที่โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า และพื้นที่ที่มีการปลูกพืชครั้งที่สองในปีพ.ศ.2543 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่โครงการชลประทานราษฎรไว้ในข้อมูลชั้นนี้ด้วย



รูปที่ 8-22 พื้นที่ชลประทานในพื้นที่ศึกษา

Attributes of พื้นที่โครงการชลประทานทั้งหมด

รหัสโครงการ	ชื่อโครงการชลประทาน	ที่มาของข้อมูล	รหัสพื้นที่	ประเภทระบบชลประทาน
L533	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่แฝก	สำนักชลประทานที่ 1	100001	โครงการชลประทานขนาดใหญ่
L527	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่จืด	สำนักชลประทานที่ 1	100002	โครงการชลประทานขนาดใหญ่
L527	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่จืด	สำนักชลประทานที่ 1	100003	โครงการชลประทานขนาดใหญ่
L527	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่จืด	สำนักชลประทานที่ 1	100004	โครงการชลประทานขนาดใหญ่
L527	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่จืด	สำนักชลประทานที่ 1	100005	โครงการชลประทานขนาดใหญ่
L528	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่แตง	สำนักชลประทานที่ 1	100006	โครงการชลประทานขนาดใหญ่
L528	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่แตง	สำนักชลประทานที่ 1	100007	โครงการชลประทานขนาดใหญ่
P065	บ้านน้ำจืด	ศูนย์บริการโครงการชลประทานด้วยไฟฟ้า	100008	โครงการชลประทานด้วยไฟฟ้า
P104	บ้านแปง 5	ศูนย์บริการโครงการชลประทานด้วยไฟฟ้า	100009	โครงการชลประทานด้วยไฟฟ้า
P045	บ้านป่าแก	ศูนย์บริการโครงการชลประทานด้วยไฟฟ้า	100010	โครงการชลประทานด้วยไฟฟ้า
P060	บ้านน้ำจืด ต. บ้านหลวง	ศูนย์บริการโครงการชลประทานด้วยไฟฟ้า	100011	โครงการชลประทานด้วยไฟฟ้า

Record: 16 Selected Records (1 out of 1573 Selected.)

รูปที่ 8-23 รายละเอียดพื้นที่ชลประทาน

เนื่องจากพบว่ามีบางโครงการที่มีพื้นที่โครงการซ้อนทับกัน เช่น โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า กับโครงการชลประทาน หรือโครงการชลประทานขนาดเล็กกับขนาดใหญ่ เนื่องจากบางครั้งพื้นที่ที่อยู่ทางด้านท้ายของโครงการได้รับน้ำไม่เพียงพอ หากในบางปีมีปริมาณน้ำต้นทุนน้อย จึงได้มีการพัฒนาแหล่งน้ำเพิ่มเติมขึ้น ในการออกแบบการเชื่อมโยงข้อมูลพื้นที่ชลประทานกับที่ตั้งโครงการชลประทาน (รูปที่ 8-4) จึงต้องสร้างตารางชั่วคราว (IrrigatedArea2Point) สำหรับเชื่อมความสัมพันธ์แบบ Many to Many ระหว่างชั้นข้อมูลทั้งสอง กล่าวคือในพื้นที่หนึ่งสามารถได้รับน้ำจากแหล่งน้ำหลายแหล่ง ตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลในรูปที่ 8-24 แสดงรายละเอียดของพื้นที่หนึ่งที่ได้รับน้ำจากโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าบ้านท่าขุนคง อำเภอหางดง ที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยส่งน้ำในพื้นที่บางส่วนของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่แตง

Field	Value
OBJECTID	333
InSysCode	1578
InSysName	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่แตง
InSysRemark	สถานีสูบน้ำ
InPrjType	ชลประทาน
InPrjArea	148000
InPrjSource	ลำน้ำแม่แตง
InPrjYear	2516
InSize	ขนาดใหญ่
InWidth	-9
InLength	80
InHeight	2.5
InWdQuint	-9
InBudget	200.0538

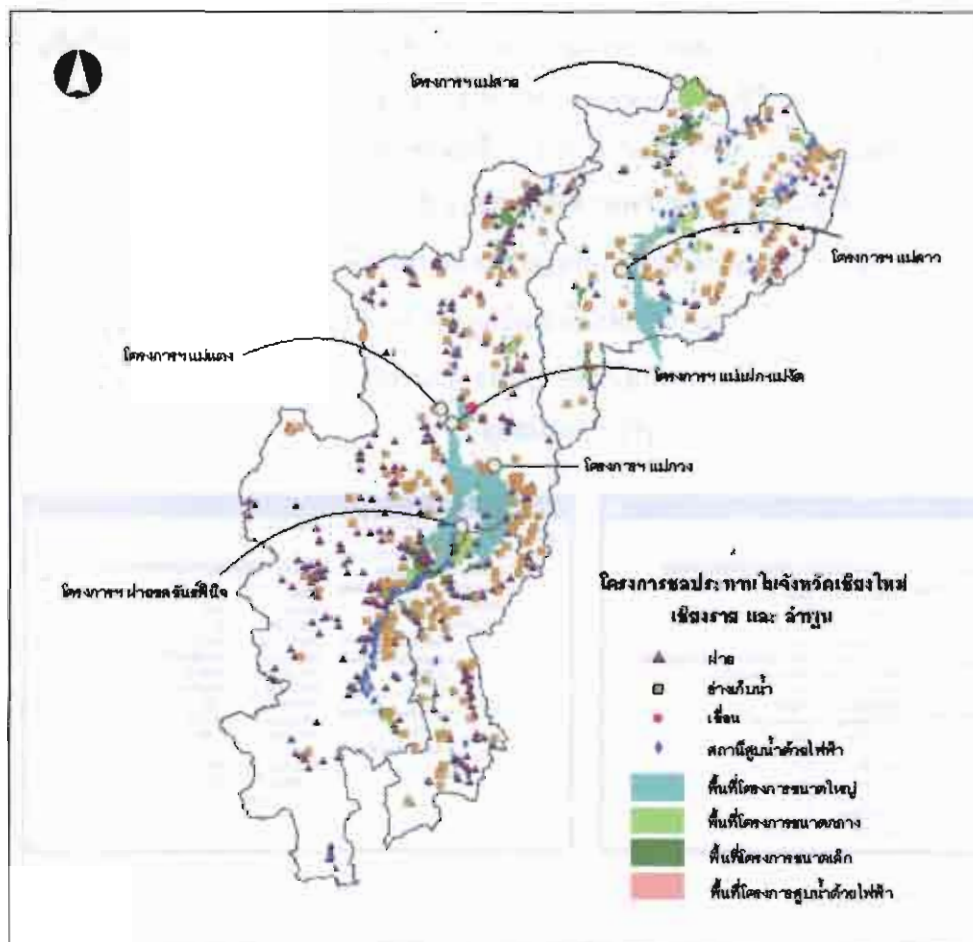
(ก) รายละเอียดโครงการฯ แม่แตง

(ข) รายละเอียดสถานีสูบน้ำบ้านท่าขุนคง

รูปที่ 8-24 รายละเอียดความสัมพันธ์ของพื้นที่กับที่ตั้งโครงการ

การเชื่อมโยงระหว่างแหล่งน้ำและพื้นที่เพาะปลูกพืช

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศชลประทาน (รูปที่ 8-25) ที่ได้จัดทำขึ้นแม้จะมีคุณค่าในตัวเอง แต่ในการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงพื้นที่เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่สมบูรณ์และสามารถนำไปใช้งานได้จริง ไม่อาจหลีกเลี่ยงการนำฐานข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ร่วมกับฐานข้อมูลอื่นได้ ในหัวข้อนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้งานฐานข้อมูลชลประทานร่วมกับฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) และลุ่มน้ำ เพื่อแสดงให้เห็นภาพของการใช้ประโยชน์ทรัพยากรน้ำจากแหล่งน้ำเพื่อการเพาะปลูกได้ชัดเจนขึ้น โดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งน้ำกับพื้นที่เพาะปลูกในระบบภูมิสารสนเทศ จะทำให้ทราบว่าพื้นที่ดังกล่าวได้รับน้ำจากแหล่งน้ำประเภทใดบ้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ผลผลิตภาพและประสิทธิภาพการใช้น้ำในพื้นที่เกษตรชลประทานต่อไป



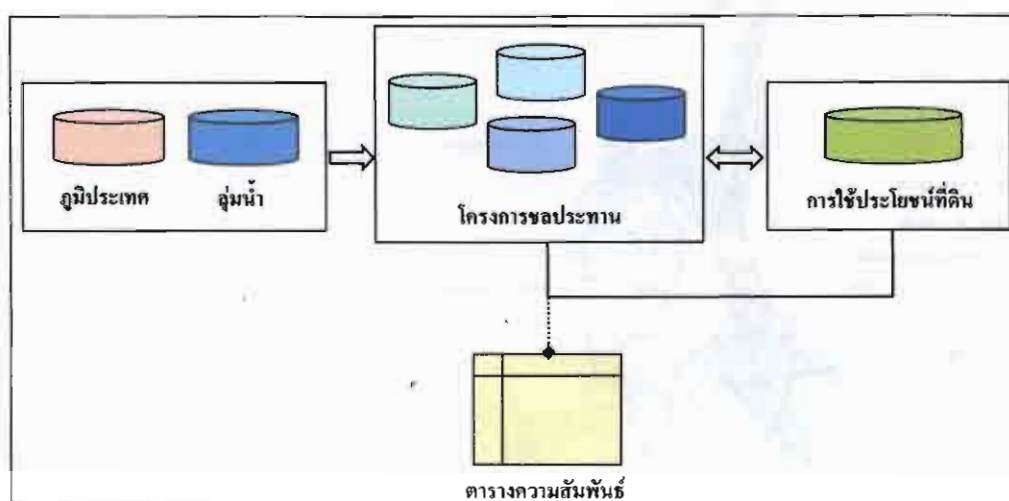
รูปที่ 8-25 ที่ตั้งโครงการพัฒนาแหล่งน้ำและพื้นที่ชลประทาน

ข้อมูลพื้นที่ปลูกพืชในเขตชลประทานเป็นข้อมูลที่สำคัญงานโครงการชลประทานขนาดใหญ่ได้จัดทำเป็นรายงานไว้เป็นอย่างดี เนื่องจากต้องใช้สำหรับการประเมินความต้องการน้ำเพื่อการวางแผนการส่งน้ำในแต่ละฤดูการเพาะปลูก มีเจ้าหน้าที่ควบคุมการส่งน้ำ (โซนแมน) คอยจัดสรรน้ำและสำรวจพื้นที่เพาะปลูกอยู่ตลอดเวลา แต่การสำรวจเป็นการประเมินในภาคสนามแล้วรายงานตามแบบฟอร์มที่กำหนด ยังมิได้มีการจัดทำเป็นข้อมูลในรูปแบบเชิงพื้นที่ ทำให้ไม่สามารถแสดงให้เห็นภาพที่ชัดเจน โดยเฉพาะการประชุมร่วมกับเกษตรกรในการวางแผนการใช้น้ำในฤดูแล้ง นอกจากนี้ในโครงการขนาดเล็กโดยเฉพาะโครงการชลประทานราษฎร์ ข้อมูลพื้นที่รับน้ำในเชิงพื้นที่เป็นจำนวนมากยังขาดความสมบูรณ์ อันเป็นผลทำให้การแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำทำได้ไม่เต็มความสามารถ การจัดการและแก้ปัญหาดังกล่าวผู้บริหารต้องการทราบถึงภาพรวมและความเชื่อมโยงของการใช้น้ำทั้งหมดเพื่อสามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของผลประโยชน์ร่วมกัน แต่การเข้าไปสำรวจข้อมูลภาคสนามในด้านการใช้น้ำของพื้นที่ปลูกพืชแต่ละแห่ง เป็นสิ่งที่ทำได้ยากลำบากในทางปฏิบัติ รวมทั้งสิ้นเปลืองงบประมาณและเวลาเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อระบุความเชื่อมโยงระหว่างแหล่งน้ำกับพื้นที่การเกษตร

กรอบแนวคิดการสร้างเชื่อมโยง

เนื่องจากข้อมูลพื้นที่ชลประทานและที่ตั้งโครงการชลประทานได้ทำการจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศชลประทานแล้ว แต่ข้อมูลนี้ยังไม่สามารถเชื่อมโยงกับที่ตั้งโครงการชลประทานได้ทั้งหมด เพราะโครงการชลประทานขนาดเล็กหลายแห่งยังไม่มีขอบเขตโครงการอย่างเป็นทางการ แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ชาญชัย และคณะ, 2548) ทำให้สามารถระบุพื้นที่หลายแห่งที่สามารถปลูกพืชครั้งที่สอง (พืชฤดูแล้ง) ได้ พื้นที่ดังกล่าวจะต้องได้รับน้ำจากแหล่งน้ำอื่นเพิ่มเติม เช่น จากการสูบน้ำหรือจากโครงการชลประทานราษฎร

ดังนั้นกรอบแนวคิดการเชื่อมโยง (รูปที่ 8-26) จะเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลขอบเขตโครงการชลประทานจากฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศชลประทาน สำหรับในส่วนโครงการที่ยังไม่มีขอบเขตของโครงการ ได้พัฒนาชุดคำสั่งสำหรับการสร้างขอบเขตโครงการเชิงพื้นที่ร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ได้แก่ ข้อมูลการใช้ที่ดิน ภูมิประเทศ และลุ่มน้ำ จากนั้นทำออกแบบฐานข้อมูลความสัมพันธ์และเชื่อมโยงฐานข้อมูลแหล่งน้ำกับพื้นที่เพาะปลูก โดยการซ้อนทับพื้นที่โครงการต่างๆ กับพื้นที่เพาะปลูกพืช เพื่อให้ทราบว่าพื้นที่ดังกล่าวตกอยู่ในพื้นที่ของโครงการใดบ้าง พื้นที่ที่อยู่นอกเหนือขอบเขตโครงการข้างต้นได้ตั้งสมมติฐานว่าได้รับน้ำจากการสูบน้ำต่างๆ ทั้งจากบ่อน้ำบาดาล บ่อน้ำตื้น และทางน้ำธรรมชาติ ผลลัพธ์ที่ได้จะนำมาสรุปตามประเภทของแหล่งน้ำในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกต่อไป



รูปที่ 8-26 กรอบแนวคิดการเชื่อมโยงแหล่งน้ำและพื้นที่ชลประทาน

การรวบรวมข้อมูล

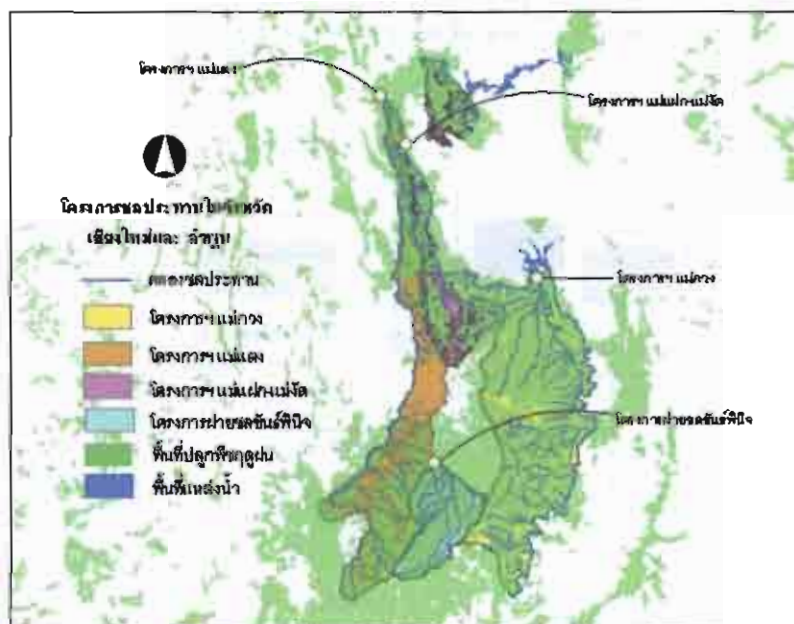
การจัดทำระบบภูมิสารสนเทศที่แสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวต้องการข้อมูลเชิงพื้นที่ของแหล่งน้ำชลประทานประเภทต่างๆ ดังรายละเอียดข้างต้น (รูปที่ 8-25) นอกจากนี้ใช้ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืช ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากโครงการการจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ชาญชัย และคณะ, 2548) ได้แก่ ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืช โดยเฉพาะพื้นที่ปลูก

ข้าว ข้าว+พืชครั้งที่ 2 และไม้ผล (ลำไย ส้ม มะม่วง และลิ้นจี่) ข้อมูลภูมิประเทศเชิงพื้นที่และข้อมูลเครือข่ายลุ่มน้ำย่อยที่ได้จากการสร้างขอบเขตและเชื่อมโยงเครือข่ายลุ่มน้ำและโครงข่ายลำน้ำ (ปิ่นเพชร และคณะ, 2548)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างแหล่งน้ำต้นทุนและพื้นที่เพาะปลูกพืชดำเนินการโดยยึดพื้นที่ปลูกพืชเป็นหลัก แล้ววิเคราะห์หาพื้นที่ดังกล่าวได้รับน้ำมาจากแหล่งน้ำใด การจัดลำดับการวิเคราะห์ตามประเภทของแหล่งน้ำเริ่มจากพื้นที่ในเขตโครงการชลประทาน พื้นที่รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำและฝาย โครงการสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้า และสูบน้ำจากแหล่งน้ำอื่นตามลำดับ เนื่องจากแหล่งน้ำแต่ละแห่งมีรูปแบบการส่งน้ำและข้อจำกัดของข้อมูลแตกต่างกัน

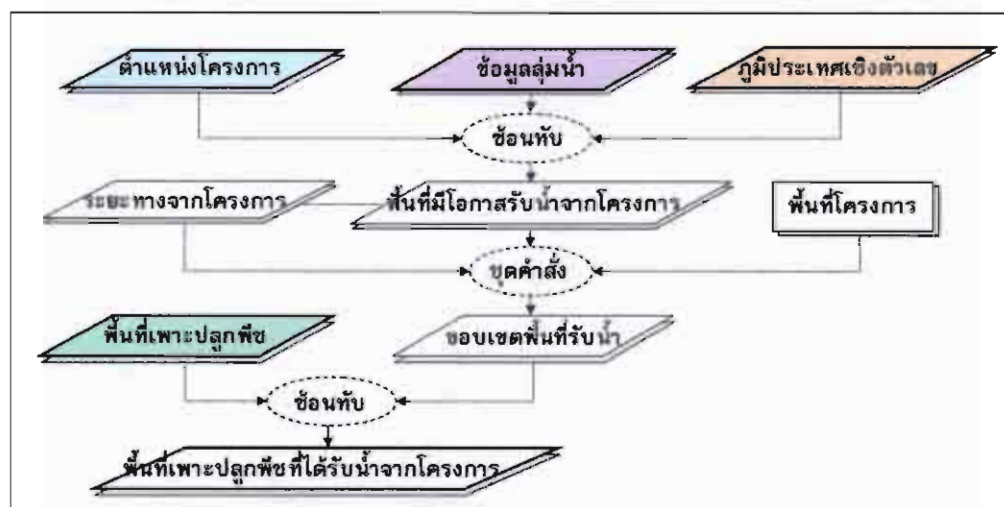
โครงการชลประทานขนาดใหญ่และขนาดกลางมีขอบเขตพื้นที่โครงการชัดเจน ทำให้สามารถวิเคราะห์พื้นที่เพาะปลูกในเขตชลประทานได้โดยตรง โดยการซ้อนทับกับพื้นที่เพาะปลูก (รูปที่ 8-27) นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบสัดส่วนของพื้นที่เพาะปลูกพืชต่อพื้นที่โครงการของแต่ละโครงการได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 8-27 การซ้อนทับพื้นที่โครงการชลประทานกับพื้นที่เพาะปลูกพืช

ในกรณีโครงการอ่างเก็บน้ำและฝายขนาดเล็ก หากมีรายงานศึกษาวิจัยจะสามารถซ้อนทับกับพื้นที่เพาะปลูกได้โดยตรง แต่ส่วนใหญ่จะมีเพียงตำแหน่งของโครงการและรายงานพื้นที่โครงการเท่านั้น ในการศึกษานี้ได้พัฒนาวิธีการสร้างขอบเขตพื้นที่โครงการโดยอาศัยข้อมูลและวิธีการในระบบภูมิสารสนเทศ ข้อมูลหลักที่นำมาช่วยในการพิจารณาพื้นที่รับน้ำ ได้แก่ ข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข ขอบเขตลุ่มน้ำย่อย และโครงข่ายลำน้ำ

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาคัดสรรหลักการส่งน้ำตามแรงโน้มถ่วงโลก จากที่ตั้งโครงการไปตามระดับของเส้นชั้นความสูง (คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, 2546) ได้ดำเนินการแบบกึ่งอัตโนมัติ (รูปที่ 8-28) โดยสร้างขอบเขตจากแนวคลองส่งน้ำซึ่งอยู่ระดับเดียวกันกับฝ่ายไปยังพื้นที่ต่ำกว่าจนกระทั่งได้พื้นที่โครงการตามที่รายงานระบุ การเตรียมข้อมูลจะทำการซ้อนทับข้อมูลลุ่มน้ำที่โครงการชลประทานตั้งอยู่กับข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลขเฉพาะพื้นที่ที่มีระดับความสูงต่ำกว่าตำแหน่งที่เริ่มต้นส่งน้ำ จะได้พื้นที่ที่มีโอกาสรับน้ำจากโครงการ การวิเคราะห์ขอบเขตพื้นที่รับน้ำดำเนินการโดยใช้ชุดคำสั่งใน ArcInfo เพื่อเลือกพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งปากคลองส่งน้ำสายใหญ่แล้วขยายขอบเขตพื้นที่รับน้ำออกไปจนกระทั่งได้พื้นที่โครงการตามที่รายงาน จากนั้นแปลงขอบเขตที่ได้จากข้อมูลในรูปแบบกริด (Grids) ให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลแบบเวกเตอร์ สำหรับใช้ในการวิเคราะห์แบบซ้อนทับกับข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชต่อไป



รูปที่ 8-28 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำและฝ่ายขนาดเล็ก

การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการสร้างขอบเขตพื้นที่รับน้ำของโครงการอ่างเก็บน้ำและฝ่ายขนาดเล็ก ดำเนินการโดยการเปรียบเทียบความสอดคล้องกันระหว่างพื้นที่รับน้ำที่วิเคราะห์ได้กับข้อมูลพื้นที่โครงการจากรายงาน (สำนักพัฒนาแหล่งน้ำ 1, 2545; บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด และบริษัท ชิกม่าไฮโดรคอนซัลแตนท์ จำกัด, 2546) โครงการที่ใช้เป็นตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบมีจำนวน 20 โครงการ โดยแบ่งเป็นโครงการฝ่ายขนาดเล็ก 15 โครงการ และโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก 5 โครงการ

ในกรณีของโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าที่มีเพียงตำแหน่งของคลองและท่อส่งน้ำ ได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้หลักการคล้ายกับการวิเคราะห์ขอบเขตโครงการของฝ่ายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก แต่เปลี่ยนจากการหาพื้นที่ที่อยู่ต่ำกว่าที่ตั้งของโครงการ เป็นการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อหาบริเวณที่อยู่ต่ำกว่าคลองส่งน้ำ โดยใช้คำสั่ง VIEWSHED ใน ArcGIS และกำหนดให้เห็นพื้นที่จากตำแหน่งของคลองส่งน้ำ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นพื้นที่ที่มีโอกาสรับน้ำจากโครงการ ส่วนขอบเขตพื้นที่รับน้ำจริงได้

จากการวิเคราะห์ร่วมกับระยะทางจากคลองชลประทาน โดยเลือกพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับคลองส่งน้ำ ก่อนจนกระทั่งได้พื้นที่ครบตามพื้นที่เป้าหมาย ผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อหาพื้นที่ปลูกพืชที่รับน้ำจากโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าต่อไป การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการดำเนินการเช่นเดียวกับโครงการชลประทานขนาดเล็ก โดยเลือกทดสอบจำนวน 20 โครงการ

พื้นที่ปลูกพืชฤดูแล้งรวมทั้งพื้นที่ปลูกไม้ผล (ลำไย ส้ม มะม่วง ลิ้นจี่) โดยเฉพาะสวนไม้ผล ขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่ปลูกเพื่อการค้าส่วนใหญ่จะมีการจัดสร้างระบบน้ำของตนเอง (ธวัชชัย และคณะ, 2547) และอยู่นอกพื้นที่รับน้ำจากการวิเคราะห์ข้างต้น ได้จัดอยู่ในกลุ่มที่ได้รับน้ำชลประทานจากการสูบน้ำ ซึ่งหมายความว่ารวมถึงการสูบน้ำจากบ่อบาดาล บ่อน้ำตื้น บ่อน้ำในไร่นา และแม่น้ำลำธาร ทั้งนี้เนื่องจากมีข้อจำกัดในการรวบรวมข้อมูลดังกล่าว

ผลการวิเคราะห์

พื้นที่ของโครงการชลประทานขนาดใหญ่ในพื้นที่ศึกษารวมทั้งสิ้นประมาณ 633,238 ไร่ พบว่าในฤดูฝนปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2543 ทำการเพาะปลูกพืชประมาณ 486,610 ไร่ คิดเป็น 77 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่โครงการ (ตารางที่ 8-2) ในฤดูแล้ง สามารถส่งน้ำเพื่อเพาะปลูกพืชครั้งที่สอง และไม้ผลได้ประมาณ 186,681 ไร่ คิดเป็น 29 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่โครงการ

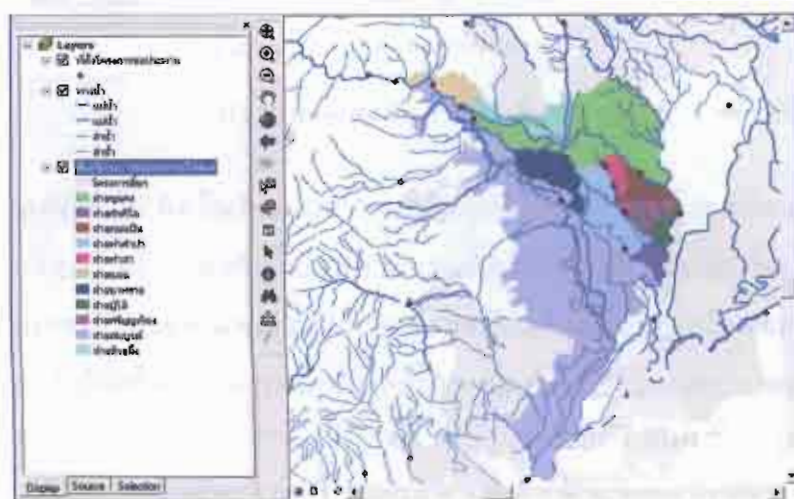
ตารางที่ 8-2 สัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกพืชในโครงการชลประทานขนาดใหญ่

ชื่อโครงการ	พื้นที่โครงการ (ไร่)	พื้นที่เพาะปลูกพืช ปีพ.ศ. 2543 (ไร่)		สัดส่วน (ร้อยละ)	
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ทอง	175,000	144,572	39,290	0.83	0.22
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ลาว	184,000	155,598	17,783	0.85	0.10
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่แตง	174,238	103,773	70,208	0.60	0.40
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่แฝก-แม่จิด	100,000	78,185	66,481	0.78	0.66
รวมทั้งสิ้น	633,238	486,610	186,681	0.77	0.29

อย่างไรก็ตาม สัดส่วนของพื้นที่ปลูกพืชฤดูแล้งและชนิดของพืชที่ปลูกมีความแตกต่างกันในแต่ละโครงการ เช่น โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่แตง มีการจัดสรรน้ำชลประทานส่วนใหญ่ให้แก่ข้าวนาปรัง ถั่วเหลือง และหอมหัวใหญ่ รวมทั้งส่งน้ำให้การประปาเชียงใหม่เพื่อผลิตน้ำประปา ส่วนพื้นที่ตอนบนของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ทอง ใช้ประโยชน์ในการปลูกมะม่วง พืชฤดูแล้งที่ปลูก ได้แก่ ยาสูบและข้าวนาปรัง เนื่องจากศักยภาพในการส่งน้ำของแต่ละโครงการและความต้องการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ทำให้ผลผลิตภาพของที่ดินและประสิทธิภาพของการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน

โครงการขนาดกลางที่มีขอบเขตโครงการชัดเจน จำนวน 26 โครงการ มีพื้นที่รวมประมาณ 459,400 ไร่ ทำการเพาะปลูกพืชในฤดูฝนร้อยละ 85 และในฤดูแล้งร้อยละ 35 พืชที่เกษตรกรเพาะปลูกส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าวนาปรัง และถั่วเหลือง นอกจากนี้พบว่าเกษตรกรที่ปลูกลำไยในโครงการฝ่ายชลประทานห้วยผิง มีการสูบน้ำได้ดินเพิ่มเติมจากน้ำที่ได้รับจากโครงการ

โครงการชลประทานราษฎรที่เคยมีผู้ศึกษาไว้แล้ว สามารถนำขอบเขตโครงการมาวิเคราะห์ร่วมกับพื้นที่เพาะปลูกพืชได้โดยตรง ตัวอย่างรูปที่ 8-29 แสดงพื้นที่โครงการของฝ่ายในลุ่มน้ำแม่วาง



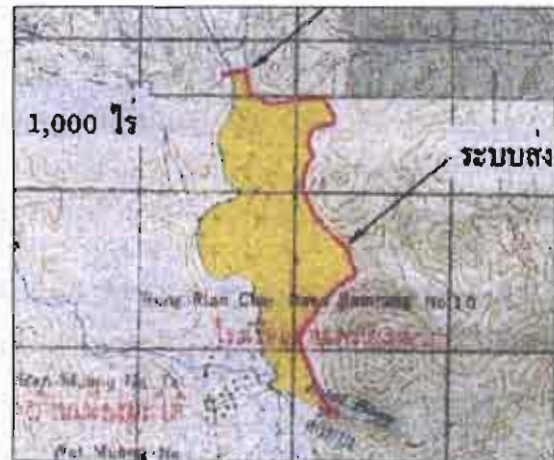
รูปที่ 8-29 พื้นที่โครงการฝ่ายขนาดเล็กบริเวณลุ่มน้ำแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ สร้างจากวิทยานิพนธ์ของเบญจภา (2546)

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการหาพื้นที่รับน้ำจากฝายและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจากพื้นที่ทดสอบจำนวน 20 โครงการ พบว่าพื้นที่โครงการที่วิเคราะห์มีความสอดคล้องในเชิงพื้นที่กับขอบเขตโครงการจริงประมาณร้อยละ 80 รูปที่ 8-30 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบพื้นที่รับน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ (พื้นที่สีเขียว) กับขอบเขตโครงการจากรายงาน (เส้นสีม่วง) ของโครงการฝ่ายขุนปิง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากสาเหตุหลัก 2 ประการคือ ความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลแนวคลองชลประทาน ซึ่งช่วยในการวิเคราะห์รูปแบบการส่งน้ำและรัศมีการส่งน้ำหรืออาจเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของการประมาณพื้นที่รับน้ำชลประทานจากแผนที่ภูมิประเทศดังปรากฏในรายงาน (รูปที่ 8-30(ข))

ความคลาดเคลื่อนอีกส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการวิเคราะห์ เนื่องจากได้กำหนดพื้นที่ที่มีโอกาสรับน้ำชลประทานเป็นพื้นที่ที่อยู่ต่ำกว่าจุดเริ่มต้นส่งน้ำ ทำให้มีพื้นที่ที่วิเคราะห์บางส่วนอยู่นอกแผนที่โครงการจริง (Commission error) หรือบางครั้งพื้นที่โครงการจริงอาจไม่ถูกคัดเลือก (Omission error) รวมทั้งความคลาดเคลื่อนบางส่วนที่เกิดจากแปลงข้อมูลทีวีเคราะห์ในรูปแบบกริดเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผลแบบลายเส้น



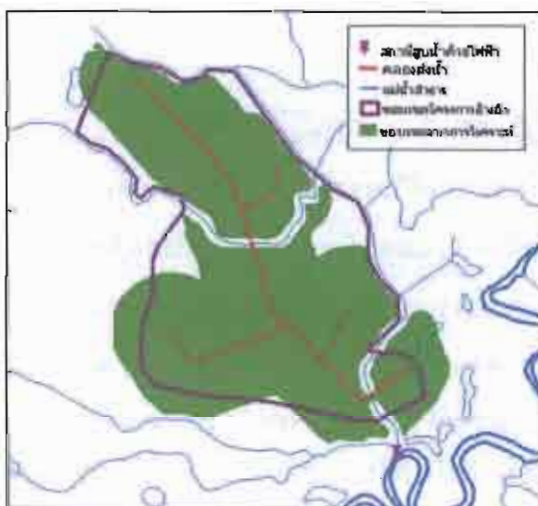
(ก) ขอบเขตพื้นที่จากการวิเคราะห์



(ข) ขอบเขตพื้นที่โครงการฝ่ายขุนปิง

รูปที่ 8-30 เปรียบเทียบขอบเขตพื้นที่โครงการที่ได้จากการวิเคราะห์กับพื้นที่โครงการจริง

พื้นที่การเกษตรในฤดูฝนปีพ.ศ. 2543 ที่ได้รับน้ำจากโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้ามีประมาณ 144,000 ไร่ ส่วนในฤดูแล้งมีพื้นที่ประมาณ 52,000 ไร่ เพื่อจ่ายน้ำให้กับพื้นที่ปลูกกล้วยเป็นหลัก มีการบริหารจัดการโดยองค์กรส่วนท้องถิ่น ซึ่งจะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าในอัตราหน่วยละ 60 สตางค์ ผลการตรวจสอบความถูกต้องพบว่าขอบเขตพื้นที่รับน้ำจากโครงการมีความสอดคล้องกันโดยเฉลี่ยร้อยละ 72 ของพื้นที่โครงการทั้งหมด ตัวอย่างในรูปที่ 8-31 เป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าบ้านหลวง ตำบลศรี อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ



(ก) ขอบเขตพื้นที่จากการวิเคราะห์

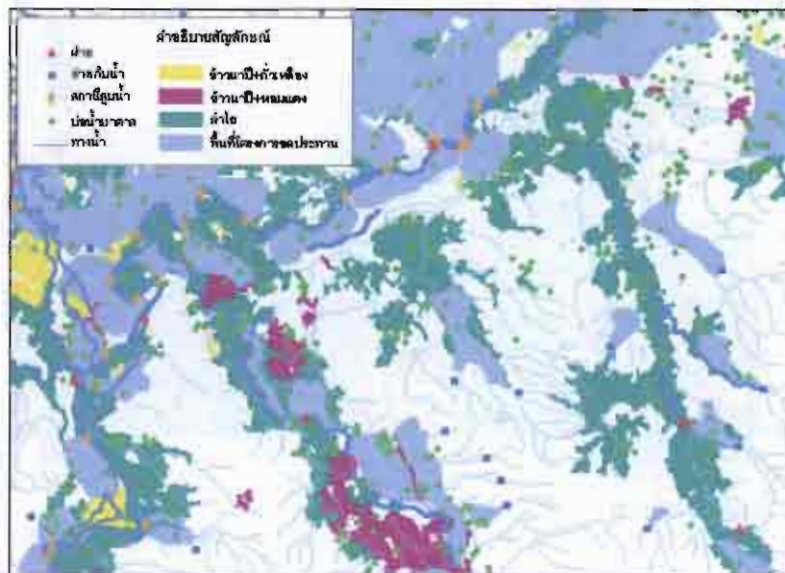


(ข) ขอบเขตพื้นที่โครงการสูบน้ำ

รูปที่ 8-31 เปรียบเทียบขอบเขตพื้นที่โครงการที่ได้จากการวิเคราะห์กับพื้นที่โครงการจริง

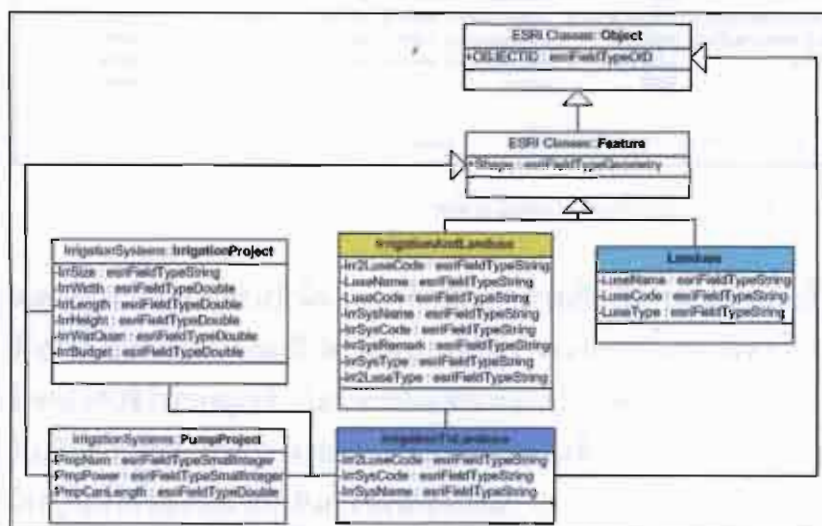
ของโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าบ้านหลวง ตำบลศรี อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ

พื้นที่ชลประทานที่อยู่นอกเหนือการวิเคราะห์ข้างต้น (รูปที่ 8-32) ได้แก่ พื้นที่ปลูกพืชฤดูแล้งและพื้นที่ปลูกไม้ผล (ชาญชัย และคณะ, 2548) โดยในพื้นที่ไม้ผลที่ใช้น้ำชลประทานได้จากการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลบ่อน้ำบาดาลและสวนไม้ผลตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจภาคสนามของ ธวัชชัยและคณะ (2547) ซึ่งหากพื้นที่ดังกล่าวอยู่นอกพื้นที่ของโครงการขนาดใหญ่ กลาง เล็ก และโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าที่วิเคราะห์ในข้างต้น จะจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ได้รับน้ำจากการสูบน้ำจากแหล่งน้ำอื่น



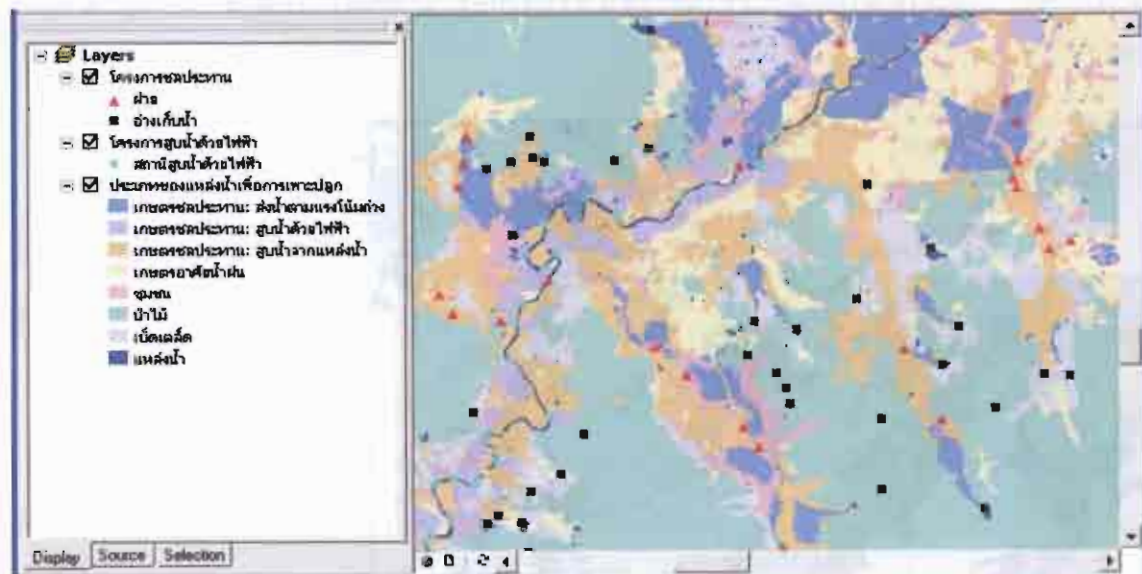
รูปที่ 8-32 พื้นที่ปลูกพืชฤดูแล้งและไม้ผลนอกเขตโครงการชลประทาน อำเภอบ้านไย่ง จังหวัดลำพูน

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรที่นำมาวิเคราะห์โดยการซ้อนทับกับขอบเขตโครงการชลประทาน สามารถออกแบบความสัมพันธ์ระหว่างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งสองได้ดังรูปที่ 8-33 เพื่อระบุประเภทของแหล่งน้ำที่ใช้สำหรับการเพาะปลูกในแต่ละพื้นที่



รูปที่ 8-33 แผนภาพ UML เชื่อมโยงแหล่งน้ำและพื้นที่เพาะปลูก

รูปที่ 8-34 และรูปที่ 8-35 แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์การเชื่อมโยงข้อมูล แบ่งตามประเภทของแหล่งน้ำ 2 ประเภทตามต้นทุนการใช้น้ำคือการส่งน้ำตามแรงโน้มถ่วงและการสูบน้ำ โดยที่การสูบน้ำได้แยกออกเป็นกรสูบน้ำด้วยไฟฟ้าในพื้นที่โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าและการสูบน้ำจากแหล่งน้ำทั้งผิวดินและใต้ดินที่เกษตรกรสูบน้ำใช้เอง



รูปที่ 8-34 การจำแนกประเภทของแหล่งน้ำเพื่อเพาะปลูก

OBJECT	Shape	รหัสการใช้น้ำ	การใช้น้ำ	รหัสการใช้น้ำ	รูปแบบการใช้น้ำ	ชื่อโครงการชลประทาน	รหัสโครงการ
25093 Polygon	L25093	ลำน้ำ	A413	เกษตรชลประทาน: สูบน้ำด้วยไฟฟ้า	สถานีสูบน้ำบ้านหัวมอ	P038	
25094 Polygon	L25094	ลำน้ำ	A101	เกษตรชลประทาน: สูบน้ำด้วยไฟฟ้า	สถานีสูบน้ำบ้านหัวมอ	P031	
25095 Polygon	L25095	ลำน้ำ	F201	ลำน้ำ	สถานีสูบน้ำบ้านหัวมอ	P031	
25096 Polygon	L25096	ลำน้ำ	M2	เขื่อนเขื่อน	สถานีสูบน้ำบ้านหัวมอ	P031	
25097 Polygon	L25097	ลำน้ำ	F201	ลำน้ำ	สถานีสูบน้ำบ้านหัวมอ	P031	
25098 Polygon	L25098	ลำน้ำ	A401-F200	เกษตรชลประทาน: สูบน้ำตามแรงโน้มถ่วง	ลำน้ำลำน้ำ	M094	
25099 Polygon	L25099	ลำน้ำ	U1	ชลประทาน	ลำน้ำลำน้ำ	M094	
25100 Polygon	L25100	ลำน้ำ	A406/A402/A413	เกษตรชลประทาน: สูบน้ำตามแรงโน้มถ่วง	ลำน้ำลำน้ำ	M094	
25101 Polygon	L25101	ลำน้ำ	A101+A237/A238	เกษตรชลประทาน: สูบน้ำตามแรงโน้มถ่วง	ลำน้ำลำน้ำ	M094	
25102 Polygon	L25102	ลำน้ำ	U201	ชลประทาน	ลำน้ำลำน้ำ	M094	
25103 Polygon	L25103	ลำน้ำ	A101	เกษตรชลประทาน: สูบน้ำตามแรงโน้มถ่วง	ลำน้ำลำน้ำ	M094	
25104 Polygon	L25104	ลำน้ำ	A101+A237/A238	เกษตรชลประทาน: สูบน้ำตามแรงโน้มถ่วง	ลำน้ำลำน้ำ	M094	
25105 Polygon	L25105	ลำน้ำ	A401-F200	เกษตรชลประทาน: สูบน้ำตามแรงโน้มถ่วง	ลำน้ำลำน้ำ	M094	
25106 Polygon	L25106	ลำน้ำ	A406/A402/A413	เกษตรชลประทาน: สูบน้ำตามแรงโน้มถ่วง	ลำน้ำลำน้ำ	M094	
25107 Polygon	L25107	ลำน้ำ	W101	แหล่งน้ำ	ลำน้ำลำน้ำ	M094	

รูปที่ 8-35 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับแหล่งน้ำเพื่อการชลประทาน

การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างพื้นที่เพาะปลูกพืชกับแหล่งน้ำในระบบภูมิสารสนเทศ ทำให้เห็นภาพของการใช้ประโยชน์จากน้ำชลประทานแต่ละแหล่งได้เป็นอย่างดี การวิเคราะห์สามารถทำได้สะดวกโดยอาศัยการซ้อนทับพื้นที่โครงการชลประทานกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินหากโครงการพัฒนาแหล่งน้ำแต่ละแหล่งมีพื้นที่รับน้ำที่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเชิงพื้นที่รับน้ำของโครงการขนาดเล็กเท่าที่ปรากฏในรายงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะโครงการที่ก่อสร้างเสร็จแล้วมาเป็นเวลานาน การกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำของแต่ละ

โครงการโดยใช้แผนที่แบบที่เคยปฏิบัติจะใช้เวลานาน บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างพื้นที่เพาะปลูกในระบบภูมิสารสนเทศโดยอาศัยแบบจำลองข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข โครงข่ายลำน้ำ ขอบเขตลุ่มน้ำ และพื้นที่รับน้ำตามรายงานของโครงการชลประทาน ผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่าพื้นที่เพาะปลูกพืชในพื้นที่ที่ศึกษารับน้ำมาจากแหล่งน้ำประเภทใด ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่มีความจำเป็นต่อการวิเคราะห์ผลผลิตภาพของการใช้น้ำเพื่อการเกษตรของแต่ละพื้นที่ในเชิงเศรษฐศาสตร์ อันจะนำไปสู่การสร้างระบบสนับสนุนการวางแผนและตัดสินใจในการบริหารและจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

สรุป

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศระบบชลประทานในรายงานนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความพยายามในการออกแบบและรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับระบบชลประทานในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน ได้แก่ โครงการชลประทานหลวงและราษฎร์ โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า และบ่อน้ำบาดาล ทั้งในรูปของแผนที่และรายงานให้เป็นข้อมูลเชิงวัตถุ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันระหว่างชั้นข้อมูล และมีส่วนควบคุมความถูกต้องของการนำเข้าข้อมูลอธิบาย ทั้งนี้เพื่อรวบรวมข้อมูลแหล่งน้ำชลประทานที่ได้รับการจัดเก็บในหลายองค์การให้อยู่ในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเดียวกันในรูปแบบข้อมูลเชิงวัตถุ รวมถึงการสร้างความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในรูปของเครือข่ายส่งน้ำชลประทาน เพื่อใช้ในระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ (รสทก.) รวมถึงการวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นตามเงื่อนไขต่างๆ ต่อไป

นอกจากนี้การประเมินผลผลิตภาพและประสิทธิภาพในการใช้น้ำชลประทานในระดับโครงการ ยังต้องการข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและขอบเขตพื้นที่รับน้ำชลประทานของแต่ละประเภทแหล่งน้ำ เนื่องจากต้นทุนการส่งน้ำของโครงการแต่ละประเภทไม่เท่ากัน ถึงแม้ว่าข้อมูลขอบเขตพื้นที่รับน้ำของโครงการแต่ละประเภทไม่สมบูรณ์พอที่จะใช้วิธีนำเข้าจากแผนที่ได้ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในระบบภูมิสารสนเทศโดยอาศัยตำแหน่งของโครงการชลประทาน แนวคลองส่งน้ำร่วมกับระดับความสูงของพื้นที่ เครือข่ายลุ่มน้ำ และพื้นที่เพาะปลูกพืช สามารถช่วยให้ในการจัดทำขอบเขตพื้นที่รับน้ำชลประทานแบบกึ่งอัตโนมัติได้เป็นอย่างดี มีความถูกต้องประมาณร้อยละ 80 ข้อมูลความเชื่อมโยงระหว่างแหล่งน้ำและพื้นที่รับน้ำชลประทานที่ได้ นอกจากจะนำไปใช้ประโยชน์ในการประเมินผลผลิตภาพและประสิทธิภาพของโครงการชลประทานขนาดต่างๆ แล้ว ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นเพื่อสนับสนุนการวางแผนการจัดการทรัพยากรเพื่อการพัฒนาทางการเกษตรในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2544. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แผนที่น้ำบาดาลรายจังหวัด มาตราส่วน 1:100,000. [CD-ROM]. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน. 2546. การวางแผนและออกแบบระบบส่งน้ำชลประทาน. นครปฐม: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชาญชัย แสงโชติสวัสดิ์, เมธี เอกะสิงห์, วรวิรุภรณ์ วีระจิตต์, วัฒนา พัฒนถาวร และ สมจินต์ วานิชเสถียร. 2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธวัชชัย รัตนชเลศ, พฤกษ์ ยิบมันตะศิริ, รุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์ และ จงรักษ์ มูลเพย. 2548. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: องค์ความรู้และยุทธศาสตร์ในระบบการผลิตไม้ผล. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด และ บริษัท ชิกม่า ไฮโดร คอนซัลแตนท์ จำกัด. 2546. โครงการจัดทำแผนรวม การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง: รายงานฉบับสุดท้าย. เสนอต่อกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- เบญจภา ชูติมา. 2546. การจัดการทรัพยากรน้ำในระดับลุ่มน้ำและการกระจายประโยชน์ทางเศรษฐกิจของเกษตรกรลุ่มน้ำแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท (เศรษฐศาสตร์เกษตร), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปิ่นเพชร สกลส่องบุญศิริ, เมธี เอกะสิงห์ และ ชาฤทธิ์ สุ่มเหม. 2548. การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ. ใน เมธี และคณะ. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น.109-139.
- พรพิไล เลิศวิชา และ อรุณรัตน์ วิเชียรเขียว. 2546. โครงการวิจัยพลวัตเศรษฐกิจชุมชน 3 ลุ่มน้ำในประเทศไทย พ.ศ. 2543-2545: ชุมชนหมู่บ้านลุ่มน้ำชาน. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

- เมธี เอกะสิงห์ และ สุรีย์พร สุดชาติ. 2541. การพัฒนาระบบข้อมูลเชิงพื้นที่โครงการชลประทานในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 2 งวดที่สอง (1 ตุลาคม 2540 – 31 มีนาคม 2541) โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น.1-37.
- เมธี เอกะสิงห์, ถาวร อ่อนประไพ, พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, จุไรพร แก้วทิพย์, สุรีย์พร สุดชาติ, เฉลิมพล สำราญพงษ์, สิทธิเดช ณ เชียงใหม่ และ ทนงเกียรติ อุปันโน. 2543. ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 2 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วันเพ็ญ สุรฤกษ์. 2528. พัฒนาการทางประวัติความเป็นมาและการจัดการเกี่ยวกับระบบการชลประทานในภาคเหนือของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยสังคม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2548. ฐานข้อมูลแหล่งน้ำ [Online]. Available: <http://www.sri.cmu.ac.th/databaselink.php>. [27 มิถุนายน 2548].
- สาโรจน์ แวมณี. 2541. กระบวนการปรับตัวขององค์กรชลประทานราษฎร์ต่อการเปลี่ยนแปลงการเกษตร: กรณีศึกษาเหมืองฝายใหม่ อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท (วิชาการพัฒนาสังคม), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สำนักงานพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ภูมิภาคที่ 3. 2545. รายละเอียดโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าในความรับผิดชอบของศูนย์บริการโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าจังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- สำนักพัฒนาแหล่งน้ำ 1. 2545. รายงานเสร็จงาน ประจำปีงบประมาณ 2542-2544. เชียงใหม่: สำนักชลประทานที่ 1 กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุรศักดิ์ วงศ์ชัย. 2545. ศึกษาการก่อสร้างโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า. โครงการศึกษาพิเศษโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมก่อสร้าง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเชียงใหม่.
- สุวรรณ หาญวิริยะพันธุ์. 2545. การวิจัยและพัฒนาระบบเกษตรกรรมเขตชลประทานภาคเหนือตอนบน. เชียงใหม่: สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- Boken, V.K., G. Hoogenboom, J.E. Hook, D.L. Thomas, L.C. Guerra, and K.A. Harrison. 2004. Agricultural water use estimation using geospatial modeling and geographic information system. *Agricultural Water Management* 67: 185-199.
- Booch G., J. Rumbaugh, and I. Jacobson. 2001. The Unified Modeling Language User Guide. 8th. Boston: Addison-Wesley.
- Contor, B.A. 2003. Determining Source of Irrigation Water for Recharge Calculation. Idaho: Idaho Research Institute, University of Idaho.
- ESRI. 2002. ArcGIS Desktop. California: Environmental Systems Research Institute.
- Ines, A.V.M, A.D. Gupta, and R. Loof. 2002. Application of GIS and crop growth models in estimating water productivity. *Agricultural Water Management* 54: 205-225.
- Maidment, D. (ed.). 2002. Arc Hydro: GIS for Water Resources. California: ESRI Press.
- Papajorgji, P. and T. Shatar. 2004. Using the Unified Modeling Language to develop soil water balance and irrigation-scheduling models. *Environmental Modeling & Software* 19: 451-459.
- Perencsik, A., S. Woo, B. Booth, S. Crosier, J. Clark, and A. MacDonald. 2004. Building a Geodatabase. California: Environmental Systems Research Institute.
- Todorovic, M. and P. Steduto. 2003. A GIS for irrigation management. *Physics and Chemistry of the Earth* 28: 163-174.
- Tsihrintzis, V.A., R. Hamid and H.R. Fuentes. 1996. Use of Geographic Information Systems (GIS) in water resources: A review. *Water Resources Management* 10: 251-277.
- Zeiler, M. 1999. Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design. California: ESRI Press.

ระบบประเมินผลผลิตภาพของน้ำชลประทานเชิงพื้นที่

วัฒนา พัฒนถาวร¹ และ เมธี เอกะสิงห์²

บทนำ

เป้าหมายหลักของการก่อสร้างระบบชลประทานเพื่อการเกษตร คือ การยกระดับรายได้ของเกษตรกร โดยลดข้อจำกัดด้านการขาดแคลนน้ำสำหรับการเพาะปลูก ทำให้ภารกิจหลักของเจ้าหน้าที่ประจำโครงการชลประทานขนาดใหญ่และขนาดกลาง คือ การจัดสรรน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกในปริมาณและช่วงเวลาที่สุดอดคล้องกับความต้องการของเกษตรกรอย่างทั่วถึง นอกเหนือจากการทำนุบำรุงรักษาระบบโครงสร้างและอาคารต่างๆ ให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ งานด้านการวางแผนการจัดสรรน้ำมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ ทั้งปริมาณน้ำต้นทุน การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร สภาพภูมิอากาศและคุณสมบัติของดิน และมีการคำนวณที่ค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตาม รูปแบบและวิธีการดำเนินงานของแต่ละโครงการมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ทำให้มีการเริ่มนำระบบสารสนเทศมาใช้สำหรับจัดเก็บ วิเคราะห์ วางแผน ติดตามและประเมินผล อย่างหลากหลายและเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน (ภารดา, 2542; Mateos et al., 2002; อังกูร, 2546)

แม้ว่างานวิจัยส่วนใหญ่ได้มุ่งเน้นการวางแผนการจัดสรรน้ำเป็นหลัก โดยอาศัยเทคนิควิธีการต่างๆ ได้แก่ แบบจำลองความต้องการน้ำของพืช (Smith, 1992) แบบจำลองเชิงเส้นตรง (นันดา, 2535; Donkwa, 1997) แบบจำลองพันธุกรรม (Kuo et al., 2000; Bhaktikul, 2001) แบบจำลองโดยเกณฑ์แบบฟัชซี (ภาณุวัฒน์และเอกสิทธิ์, 2546) หรือเครื่องมืออื่นๆ มาใช้สำหรับวางแผนการจัดสรรน้ำอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ยังขาดการเชื่อมโยงข้อมูลชลประทานกับข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นในระบบภูมิสารสนเทศ ให้สามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้การประเมินผลการดำเนินงานจัดสรรน้ำยังมีน้อย ไม่สมบูรณ์ และขาดการพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบที่สะดวกต่อการปฏิบัติงาน

ดังนั้น งานวิจัยในส่วนนี้จึงมุ่งที่จะพัฒนาระบบสำหรับประเมินผลด้านประสิทธิภาพการดำเนินงานของโครงการชลประทานที่ผ่านมา ในรูปของผลผลิตภาพของการใช้น้ำ (Molden, 1997) จากการเปรียบเทียบทั้งในระดับโครงการและโซนส่งน้ำของโครงการชลประทานขนาดใหญ่และขนาดกลางบางโครงการ ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และเชียงราย เพื่อชี้ให้เห็นถึงสถานการณ์ของการจัดสรรน้ำที่สะท้อนจากมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตร อันจะเป็นแนวทางในการปรับปรุงการวางแผนการจัดสรรน้ำ โดยเฉพาะในฤดูแล้ง ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป ทั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในปีพ.ศ.2543 และปีพ.ศ.2531 รวมทั้งได้พัฒนาระบบจำลองสถานการณ์

¹ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สำหรับการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ต้นทุนการผลิต ราคาสินค้า และปริมาณน้ำต้นทุนต่อความต้องการและผลิตภาพของการใช้น้ำ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับประกอบการตัดสินใจและวางแผนเตรียมการรับมือกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

หลักการและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมินความต้องการน้ำ

การดำเนินงานจัดสรรน้ำของโครงการชลประทานแต่ละแห่ง จำเป็นต้องทราบถึงช่วงเวลาปริมาณในการส่งน้ำ และพื้นที่รับน้ำ ซึ่งโดยปกติฝ่ายจัดสรรน้ำจะทำการประเมินจากความต้องการใช้น้ำภายในโครงการก่อน โดยเฉพาะการประเมินความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรจากการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ส่งน้ำชลประทานและข้อมูลการส่งน้ำในปีที่ผ่านมา อย่างไรก็ตาม โครงการชลประทานขนาดใหญ่ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ โครงการฯ แม่แตง และแม่กวัง จะต้องคำนึงถึงความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคด้วย เนื่องจากจะต้องส่งน้ำให้กับสำนักงานประปาเชียงใหม่เพื่อผลิตน้ำประปาให้แก่ชุมชนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่และพื้นที่ข้างเคียง

พื้นที่ภายในโครงการชลประทานมีความหลากหลายของชนิดพืชที่เกษตรกรเพาะปลูก ทำให้พื้นที่แต่ละแห่งมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน การคำนวณความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิดดำเนินงานโดยสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทาน กรมชลประทาน ซึ่งมีงานวิจัยด้านการใช้น้ำของพืชในภาคสนาม เพื่อหาปริมาณการใช้น้ำของพืชบนพื้นฐานของค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (Reference evapotranspiration, ET_0) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient, K_c) โดยค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงเป็นค่าในเชิงอุดมคติของปริมาณการใช้น้ำของหญ้าที่ปลูกในสภาพที่มีน้ำและธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ รวมถึงปราศจากโรคและแมลงรบกวน ขึ้นปกคลุมดินเต็มพื้นที่ ได้รับการดูแลโดยตัดให้สั้น ถือเป็นศักยภาพการใช้น้ำสูงสุดของหญ้า ซึ่งผลการวิจัยพบว่าค่าดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศบริเวณแปลงทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในปัจจุบันสมการที่เป็นถือเป็นมาตรฐานสำหรับการคำนวณความต้องการน้ำของพืชอ้างอิงคือสมการ FAO Penman-Monteith ที่เสนอโดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Allen et al., 1998) ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกพื้นที่

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเป็นค่าที่เกิดจากการเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิดกับพืชอ้างอิงในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ เช่น ในแต่ละสัปดาห์ หรือในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืช (Allen et al., 1998; สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, 2548) ค่าดังกล่าวนี้เป็นค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลในแปลงทดลอง ดังนั้นปริมาณความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด ($Crop\ evapotranspiration, ET_c$) จะหาได้จากผลคูณของค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิงกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดดังสมการที่ (9-1)

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (9-1)$$

เมื่อ ET_C คือ ปริมาณความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด (มม.), ET_0 คือ ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (มม.) และ K_C คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

วิธีการประเมินความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในรายงานวิจัยส่วนใหญ่ใช้การประเมินจากผลคูณของปริมาณความต้องการน้ำของประชากรของแต่ละคนในหนึ่งวันกับจำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษา ซึ่งในการศึกษาได้แบ่งความต้องการน้ำดังกล่าวออกเป็น 2 ประเภท คือ ความต้องการน้ำในเขตเมืองและในชนบท พบว่าประชากรในเขตเมืองมีอัตราการใช้น้ำโดยเฉลี่ย 300 ลิตร/คน/วัน (สุภลักษณ์ และคณะ, 2546) ส่วนประชากรในเขตชนบทนั้นกรมอนามัยกำหนดให้มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 50 ลิตร/คน/วัน (สุธีราพร และคณะ, 2545)

อย่างไรก็ตาม ความต้องการน้ำของพืชที่คำนวณได้เป็นปริมาณการใช้น้ำของต้นพืช แต่ปริมาณน้ำชลประทานที่ส่งจากปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ จะต้องพิจารณาร่วมกับประสิทธิภาพชลประทาน ซึ่งโดยปกติระหว่างเส้นทางการส่งน้ำจะเกิดการสูญเสียปริมาณน้ำบางส่วน อันเนื่องมาจากการระเหยและการรั่วซึมของคลองโดยเฉพาะคลองส่งน้ำที่เป็นคลองดิน รวมถึงความแตกต่างกันของรูปแบบการให้น้ำแก่พืชของเกษตรกร ประกอบกับในช่วงฤดูฝน หากพืชได้รับน้ำฝนเพียงพอแล้วหรือดินยังมีสภาพเปียกชื้นอยู่ เกษตรกรไม่มีความจำเป็นต้องใช้น้ำชลประทาน ปริมาณน้ำที่ต้องส่งจากหัวงานสามารถหาได้จากสมการที่ (9-2) (Tingsanchali and Suiadee, 2002)

$$IWR = \frac{ET_C - R_{Eff}}{I_{Eff}} \quad (9-2)$$

เมื่อ IWR คือ ความต้องการน้ำชลประทาน (ลบ.ม.), ET_C คือ ปริมาณความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด (มม.), R_{Eff} คือ ปริมาณน้ำฝนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (มม.) และ I_{Eff} คือ ค่าประสิทธิภาพชลประทาน

ผลกระทบของการขาดน้ำต่อผลผลิตพืช

น้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่จำเป็นต่อการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืช หากพืชขาดน้ำย่อมส่งผลต่อกระบวนการต่างๆ โดยเฉพาะกระบวนการสร้างผลผลิต ในรายงานของ Doorenbos and Kassam (1979) ได้เสนอความสัมพันธ์ระหว่างการใช้้ำของพืชกับผลผลิตในรูปของสมการเส้นตรง (สมการที่ (9-3))

$$1 - \frac{Y_a}{Y_m} = K_y \left[1 - \frac{ET_{C\ adj}}{ET_C} \right] \quad (9-3)$$

เมื่อ Y_a คือ ผลผลิตที่ได้รับจริง (กก.), Y_m คือ ผลผลิตสูงสุดตามศักยภาพของพืช (กก.), K_y คือ สัมประสิทธิ์การตอบสนองของผลผลิตพืช, $ET_{C\ adj}$ คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มม.) และ ET_C คือ ความต้องการน้ำของพืช (มม.)

การประเมินผลผลิตภาพของน้ำ

ผลผลิตภาพของน้ำ (Water productivity) เป็นดัชนีตัวหนึ่งที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบชลประทาน (Ahmad et al., 2004) สถาบันจัดการน้ำนานาชาติ (International Water Management Institute, IWMI) ได้เสนอแนวคิดด้านการประเมินประสิทธิภาพของการใช้น้ำในรูปผลผลิตภาพของน้ำ ซึ่งคำนวณได้จากสัดส่วนของมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรต่อปริมาณน้ำที่ใช้ ดังสมการที่ (9-4) ตัวชี้วัดดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึงคุณค่าของการใช้น้ำเพื่อการผลิตทางการเกษตรในภาวะที่ปัญหาการขาดแคลนน้ำทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในพื้นที่ที่มีผลผลิตภาพของน้ำต่ำ นอกจากนี้ยังได้เสนอแนวคิดเรื่องของการจัดทำบัญชีน้ำ (Water accounting) ในรูปของแผนภูมิแสดงที่ให้เห็นผังการไหลของน้ำตั้งแต่เข้ามาในระบบ ไปยังแหล่งต่างๆ จนกระทั่งออกจากระบบ โดยเน้นถึงประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำของแต่ละกิจกรรม การกักเก็บน้ำไว้ในระบบสำหรับอนาคต ตลอดจนการสูญเสียน้ำไปด้วยสาเหตุต่างๆ (Molden, 1997; Droogers and Kite, 2001)

$$\text{Water productivity} = \frac{\text{Productivity}}{\text{Net Inflow}} \quad (9-4)$$

เมื่อ *Water productivity* คือ ผลผลิตภาพของน้ำ (บาท/ลบ.ม.) *Productivity* คือ ผลผลิตทางการเกษตร (บาท) และ *Net inflow* คือ ปริมาณน้ำที่วัดจากปากคลองส่งน้ำ (ลบ.ม.)

การใช้ระบบภูมิสารสนเทศในงานชลประทาน

ระบบเกษตรกรรมในพื้นที่โครงการชลประทานมีความหลากหลายทั้งชนิดของพืชที่ปลูก สภาพพื้นที่และภูมิอากาศ รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงภายในระบบเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา จึงต้องการระบบภูมิสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการพัฒนาวิธีการจัดการที่เหมาะสม (Todorovic and Steduto, 2003) งานวิจัยของ Boken (2004) ได้แสดงให้เห็นถึงการใช้เทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ร่วมกับการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อหาความต้องการน้ำในแต่ละโซนการใช้น้ำ นอกจากนี้ Li et al. (2003) ได้ร่วมกันพัฒนาเครื่องมือสำหรับคำนวณศักยภาพการคายระเหยของน้ำเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการต่างๆ ที่สามารถทำงานร่วมกับโปรแกรม ArcGIS โดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศและแผนที่การใช้ที่ดิน ผลลัพธ์ที่ได้ถูกนำมาแสดงในรูปแบบกริด ในขณะที่งานวิจัยของ Rowshon et al. (2003) และ Fortes et al. (2005) ได้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมในระบบภูมิสารสนเทศเพื่อบริหารจัดการตารางส่งน้ำชลประทานในแต่ละพื้นที่ ณ ช่วงเวลาต่างๆ โดยคำนวณความต้องการน้ำชลประทานจากสมการสมดุลของน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูก แล้วแสดงผลความต้องการน้ำในรูปแบบเชิงพื้นที่

วิธีการศึกษา

การพัฒนาระบบประเมินผลผลิตภาพของน้ำชลประทานเชิงพื้นที่ (WaterPro)

ระบบประเมินผลผลิตภาพของน้ำเชิงพื้นที่ในเขตชลประทานได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา Visual Basic เวอร์ชัน 6 ในรูปของไฟล์ Dynamic link library (.dll) เพื่อเป็นโปรแกรมเสริมสำหรับทำงานร่วมกับโปรแกรม ArcView เวอร์ชัน 9 (ESRI, 2004) ซึ่งได้รับการออกแบบในรูปของโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object oriented design) ที่เรียกว่า ArcObjects (Chang, 2004) โดยแถบเครื่องมือ (Toolbar) ที่พัฒนาขึ้นมีเมนูและหน้าต่างโต้ตอบกับผู้ใช้เป็นภาษาไทย เพื่อเชื่อมโยงฐานข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศกับส่วนประมวลผลต่างๆ ภายในพื้นที่ศึกษา ซึ่งประกอบด้วยโครงการชลประทานขนาดใหญ่และขนาดกลางจำนวน 5 แห่ง ได้แก่ โครงการฯ แม่แตง แม่กว้ง แม่แฝก-แม่จัด แม่ลาว และฝ่ายชลชั้นธิพนิจ

การคำนวณความต้องการน้ำของโครงการชลประทานใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2543 และข้อมูลภูมิอากาศรายสัปดาห์ สำหรับปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่อ้างอิงจากข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุนจากปากคลองส่งน้ำ ผลลัพธ์จากการคำนวณจะถูกจัดเก็บและแสดงผลการกระจายตัวของความต้องการน้ำเชิงพื้นที่พร้อมทั้งสรุปข้อมูลในรูปของตารางตามประเภทต่างๆ เช่น ตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือตามโซนส่งน้ำ เป็นต้น ในส่วนของการประเมินผลผลิตภาพน้ำได้เชื่อมโยงพื้นที่เพาะปลูกกับข้อมูลผลผลิตพืชที่ได้จากการประเมินคุณภาพที่ดินเชิงเศรษฐกิจตามศักยภาพของพื้นที่ในเขตชลประทานโดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องน้ำ (เฉลิมพล และคณะ, 2548) ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกบันทึกสำหรับใช้แสดงผลเชิงพื้นที่ รวมทั้งการสรุปข้อมูล ผลลัพธ์ดังกล่าวนอกจากจะใช้เปรียบเทียบผลผลิตภาพของน้ำภายในพื้นที่โครงการฯ แล้ว ยังสามารถใช้สำหรับเปรียบเทียบระหว่างโครงการฯ เพื่อชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้น้ำชลประทาน พร้อมทั้งประเมินโอกาสและแนวทางในการปรับปรุงผลผลิตภาพของการใช้น้ำของโครงการชลประทานให้สูงขึ้นต่อไปในอนาคต

การสร้างหน่วยจำลองแผนที่

ระบบฯ ได้ออกแบบให้ทำงานบนพื้นฐานของข้อมูลเชิงพื้นที่รูปแบบเวกเตอร์ (Vector data format) โดยอาศัยหน่วยแผนที่ของที่ดิน (Land Mapping Units, LMU) เป็นตัวแทนของแต่ละหน่วยการผลิตพืชในพื้นที่ศึกษา แต่ละ LMU มีองค์ประกอบของข้อมูลด้านชลประทาน การใช้ที่ดิน กลุ่มชุดดิน และเขตภูมิอากาศ ที่สร้างจากการนำชั้นข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์โดยการซ้อนทับ แล้วจัดพื้นที่ที่มีขนาดเล็กลง ซึ่งหน่วยแผนที่ดินที่ได้นี้จะป็นหน่วยแผนที่ดินเดียวกันกับที่ใช้ในระบบประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกันได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากระบบฯ ได้ออกแบบให้สามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในอดีตได้ จึงต้องทำการซ้อนทับกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปีพ.ศ.2531 อีกชั้นหนึ่ง ซึ่งชั้นข้อมูลหน่วยแผนที่ดินที่ได้สร้างขึ้นนี้ จะเป็นชั้นข้อมูลหลักของฐานข้อมูลการ

ประเมินผลผลิตภาพน้ำชลประทาน สำหรับเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับตารางอื่นๆ ที่จัดเก็บรายละเอียดข้อมูลแต่ละประเภท รวมทั้งผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินต่อไป

การเปรียบเทียบผลผลิตภาพของน้ำของปี พ.ศ. 2531 กับ 2543

การวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบผลผลิตภาพของการใช้น้ำในแต่ละโครงการฯ ในอดีต (ปี พ.ศ. 2531) กับข้อมูลในปีพ.ศ. 2543 จะทำให้ทราบว่าระบบการเพาะปลูกพืชและปริมาณน้ำต้นทุน โดยเฉพาะผลผลิตภาพของน้ำในช่วงสิบปีที่ผ่านมา มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่อย่างไร เพื่อค้นหาพื้นที่ที่มีการใช้น้ำเพิ่มขึ้นหรือพื้นที่ที่กำลังมีปัญหาเรื่องการใช้น้ำ อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการจัดสรรน้ำ สำหรับหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขต่อไป นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ยังแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความต้องการใช้น้ำในอนาคต

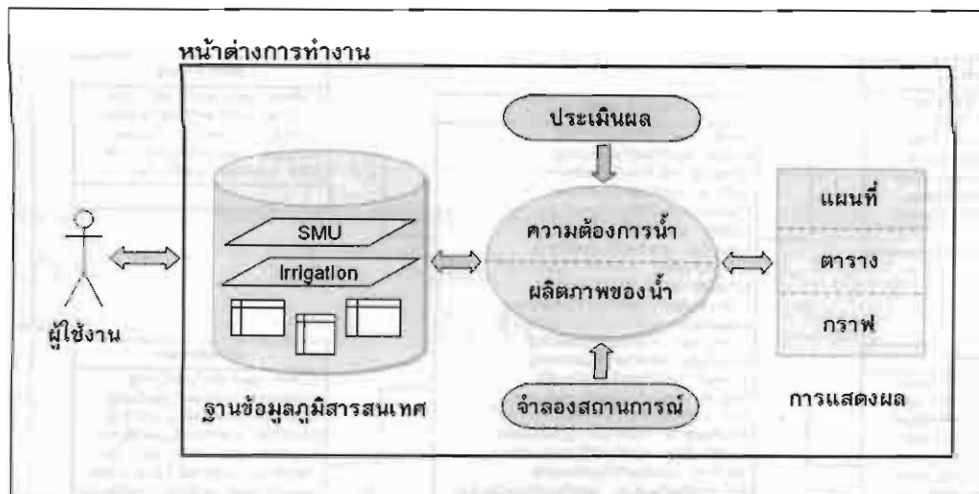
การสร้างสถานการณ์จำลอง

เนื่องจากปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรล้วนมีอิทธิพลต่อการผลิตพืชของเกษตรกร ไม่ว่าจะเป็นนโยบายของรัฐบาล การส่งเสริมจากภาครัฐและเอกชน การเปลี่ยนแปลงของราคาปัจจัยการผลิตและราคาผลผลิต รวมถึงการบริหารจัดการปริมาณน้ำต้นทุนที่เจ้าหน้าที่จัดสรรน้ำต้องวางแผนและติดตามอยู่ตลอดเวลา ส่วนของการจำลองสถานการณ์ในระบบประเมินผลผลิตภาพของน้ำจึงได้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อผลผลิตภาพของการใช้น้ำ อันได้แก่ ระบบการผลิตพืชในพื้นที่โครงการ ปริมาณน้ำต้นทุนที่คาดว่าจะได้รับ กลยุทธ์การจัดสรรน้ำในแต่ละโซนส่งน้ำ ต้นทุนการผลิตและราคาผลผลิตที่เปลี่ยนแปลงในรูปของร้อยละ เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2543 โดยปริมาณน้ำที่เปลี่ยนแปลงจะส่งผลต่อผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเปลี่ยนปัจจัยต่างๆ จะทำให้ผู้ใช้สามารถทดสอบ เปรียบเทียบ และประเมินผลจากสถานการณ์สมมติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อช่วยให้มีการบริหารจัดการน้ำได้อย่างเหมาะสม

ผลการศึกษา

การออกแบบระบบ

องค์ประกอบของระบบ WaterPro มี 3 ส่วนหลัก (รูปที่ 9-1) คือ (1) ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประเมินผลผลิตภาพของน้ำ รวมทั้งชั้นข้อมูลอ้างอิงและตารางเชื่อมโยงต่างๆ (2) ส่วนการวิเคราะห์และประเมินผลความต้องการและผลผลิตภาพของน้ำ รวมทั้งการจำลองสถานการณ์ และ (3) ส่วนของการแสดงผลข้อมูลที่ได้จากการประเมินในรูปแบบกราฟ แผนที่ และตารางสรุป



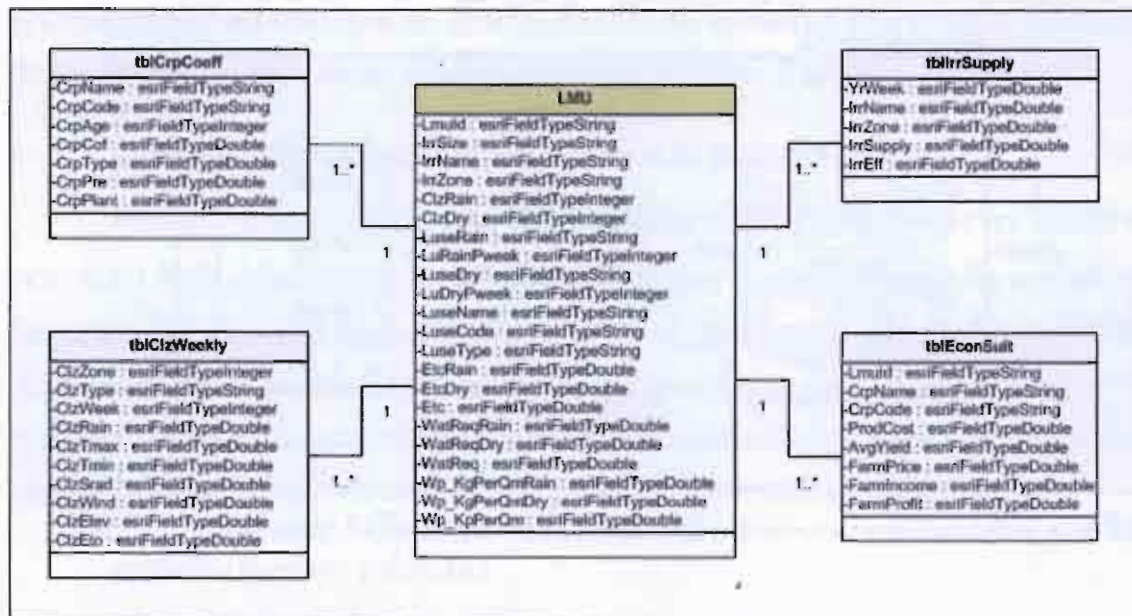
รูปที่ 9-1 องค์ประกอบของระบบประเมินผลผลิตภาพของน้ำชลประทานเชิงพื้นที่ (WaterPro)

ความสามารถของระบบ

ระบบฯ ได้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถเลือกพื้นที่ศึกษาทั้งในระดับโครงการชลประทานและระดับโซนส่งน้ำ โดยสามารถแสดงข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ของโครงการชลประทาน การใช้ประโยชน์ที่ดินและเขตภูมิอากาศ วิเคราะห์และประเมินผลความต้องการน้ำและผลผลิตของน้ำในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างปีพ.ศ. 2531 กับ 2543 ในส่วนการจำลองสถานการณ์ได้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินหรือปริมาณน้ำต้นทุน รวมทั้งต้นทุนการผลิตและราคาผลผลิตที่มีผลต่อความต้องการน้ำและผลผลิตของน้ำในอนาคต

การออกแบบฐานข้อมูล

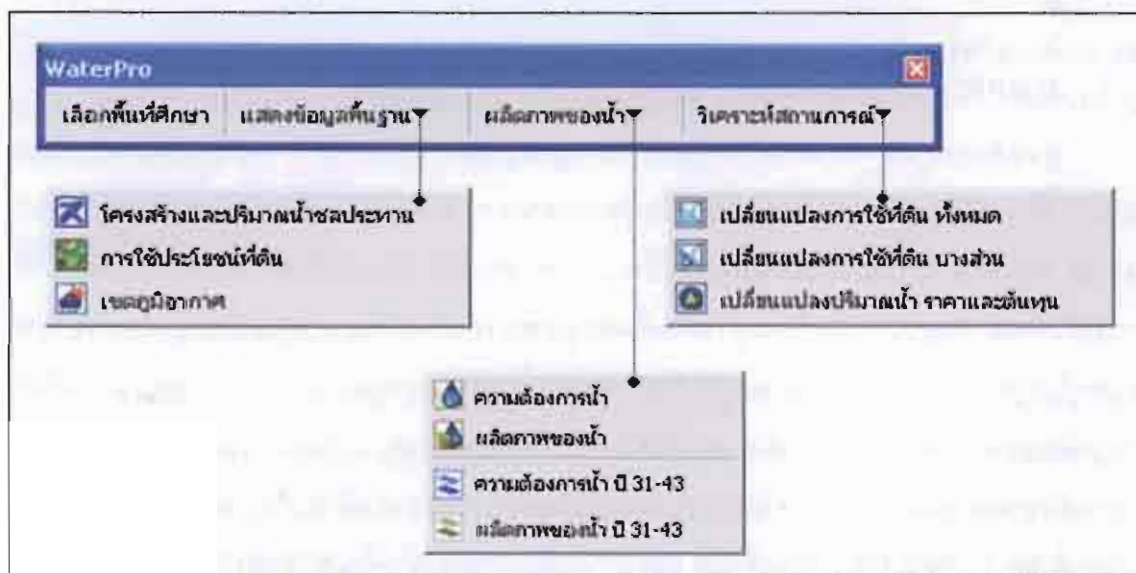
ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศใน WaterPro อยู่ในรูปของ Personal Geodatabase โดยออกแบบโครงสร้างและความสัมพันธ์ของข้อมูลดังแผนภาพ Unified Modeling Language (UML) ในรูปที่ 9-2 ซึ่งสามารถแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลตาราง ความสัมพันธ์ ข้อมูลเชิงพื้นที่พื้นฐานคือชั้นข้อมูลหน่วยแผนที่ดิน (LMU) ซึ่งอยู่ในรูปของรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) มีเขตข้อมูลหลักสำหรับเชื่อมโยงหน่วยแผนที่กับตารางข้อมูลอื่นๆ ได้แก่ ตารางสัมพันธ์การใช้พื้นที่ของพืช (tblCrpCoeff) เก็บข้อมูลค่าความต้องการน้ำในแต่ละสัปดาห์ ตารางข้อมูลเขตภูมิอากาศรายสัปดาห์ (tblCizWeekly) ประกอบด้วยปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ค่าสุริยะรังสี ความเร็วลม และการคายระเหยน้ำอ้างอิง ตารางการส่งน้ำต้นทุนรายสัปดาห์ (tblIrrSupply) ที่วัดจากปากคลองส่งน้ำสายใหญ่และคลองซอย และตารางการประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจ (tblEconSuit) ของแต่ละพืช ซึ่งได้จากระบบประเมินความเหมาะสมที่ดินเชิงเศรษฐกิจของแต่ละพืช จัดเก็บข้อมูลต้นทุนการผลิต ผลผลิตเฉลี่ย ราคาผลผลิต รายได้สุทธิ และผลตอบแทนสุทธิ ดังแสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ในรูปที่ 9-2



รูปที่ 9-2 โครงสร้างความสัมพันธ์ในฐานข้อมูลผลิตภาพของน้ำ

การใช้งาน WaterPro

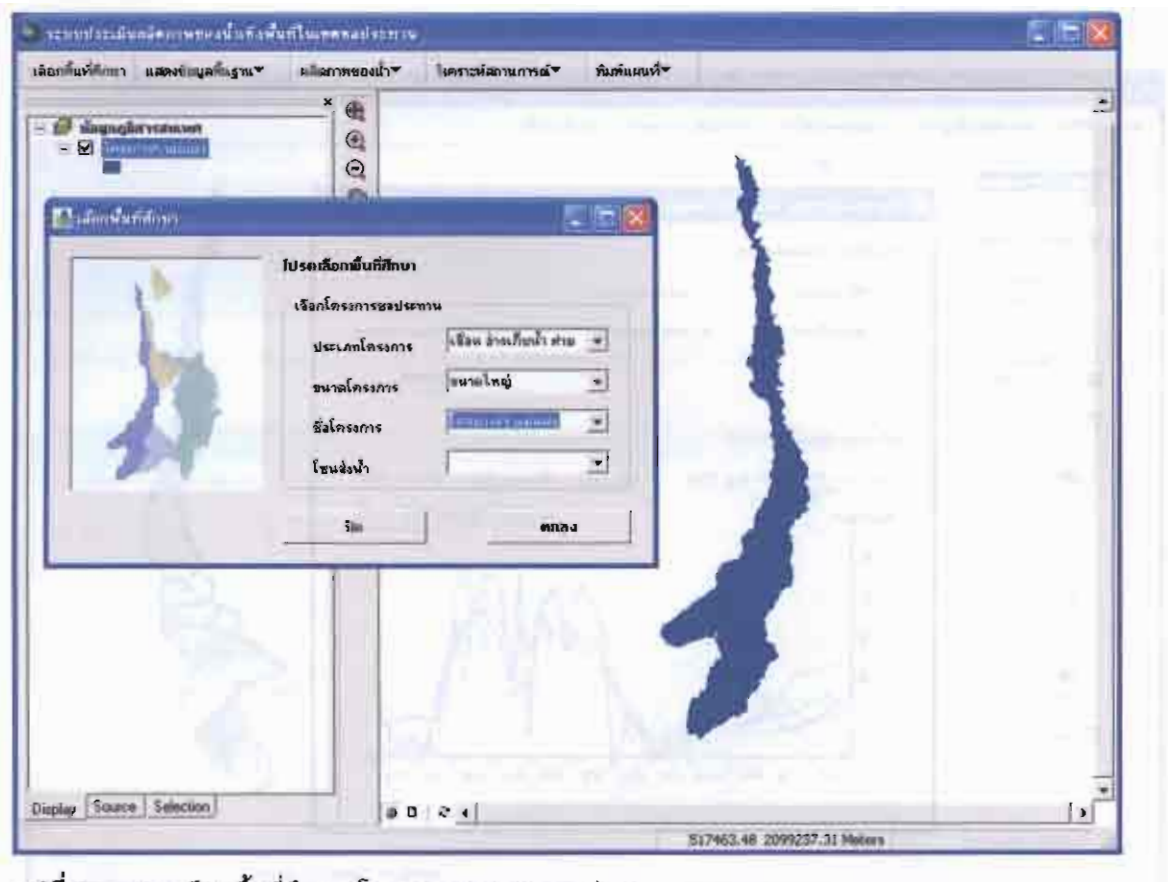
ผู้ใช้สามารถเรียกใช้งานระบบ WaterPro ผ่านแถบเครื่องมือ (WaterPro toolbar) ประกอบด้วย 4 เมนู คือ เมนูเลือกพื้นที่ศึกษา แสดงข้อมูลพื้นฐาน ผลิตภาพของน้ำ และวิเคราะห์สถานการณ์ ตามโครงสร้างของระบบเมนูหลักและเมนูย่อยในรูปที่ 9-3



รูปที่ 9-3 แถบเครื่องมือระบบประเมินผลิตภาพของน้ำชลประทานเชิงพื้นที่ (WaterPro)

การเลือกพื้นที่ศึกษา

ผู้ใช้สามารถเลือกพื้นที่โครงการชลประทาน ผ่านเมนู “เลือกพื้นที่ศึกษา” จาก 5 โครงการ คือ โครงการฯ แม่แตง แม่แฝก-แม่จัด แม่กว้ง แม่ลาว และฝายชลชั้นธิ์พินิจ ตามขนาดของโครงการ ทั้งในระดับโครงการและโซนส่งน้ำ เมื่อผู้ใช้ “ตกลง” เลือกพื้นที่โครงการ ที่ต้องการแล้ว ระบบจะทำการสืบค้นชั้นข้อมูลที่เลือก แล้วแสดงผลในรูปของชั้นข้อมูลหน่วยแผนที่ดิน ดังตัวอย่างในรูปที่ 9-4 ซึ่งแสดงผลการเลือกพื้นที่โครงการชลประทานแม่แตง



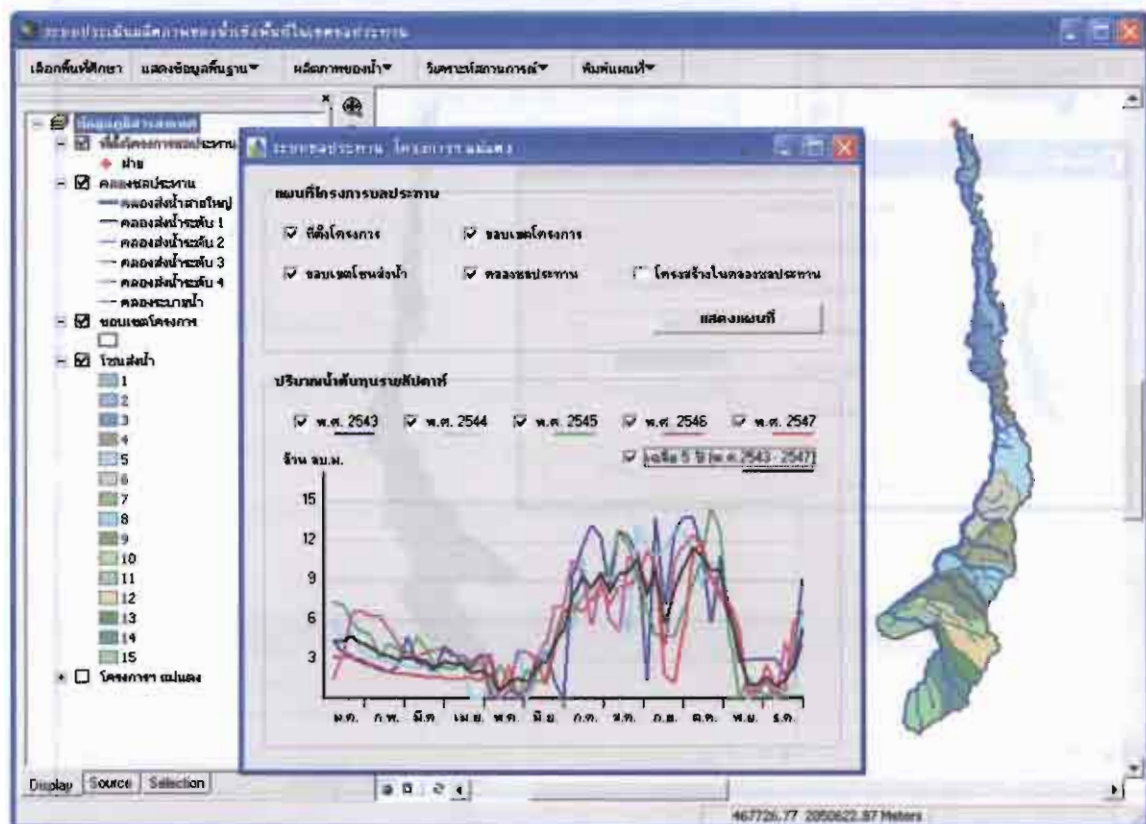
รูปที่ 9-4 การเลือกพื้นที่ศึกษา โครงการชลประทานแม่แตง

ข้อมูลพื้นฐานของโครงการ

เมนูหลัก “แสดงข้อมูลพื้นฐาน” ใช้สำหรับสืบค้นและแสดงรายละเอียดทั่วไปของโครงการฯ ประกอบด้วย 3 เมนูย่อย ได้แก่ เมนูย่อย “โครงสร้างและปริมาณน้ำชลประทาน” เมนูย่อย “การใช้ประโยชน์ที่ดิน” และเมนูย่อย “เขตภูมิอากาศ” (รูปที่ 9-3)

เมื่อผู้ใช้เลือกเมนูย่อย  “โครงสร้างและปริมาณน้ำชลประทาน” ระบบจะแสดงหน้าต่างสำหรับแสดงข้อมูลด้านการชลประทาน (รูปที่ 9-5) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่และกราฟปริมาณน้ำต้นทุน โดยข้อมูลเชิงพื้นที่แบ่งออกเป็น 5 ชั้นข้อมูล คือ ข้อมูลที่ตั้งโครงการ ขอบเขตโครงการ ขอบเขตโซนส่งน้ำ คลองชลประทาน และอาคาร

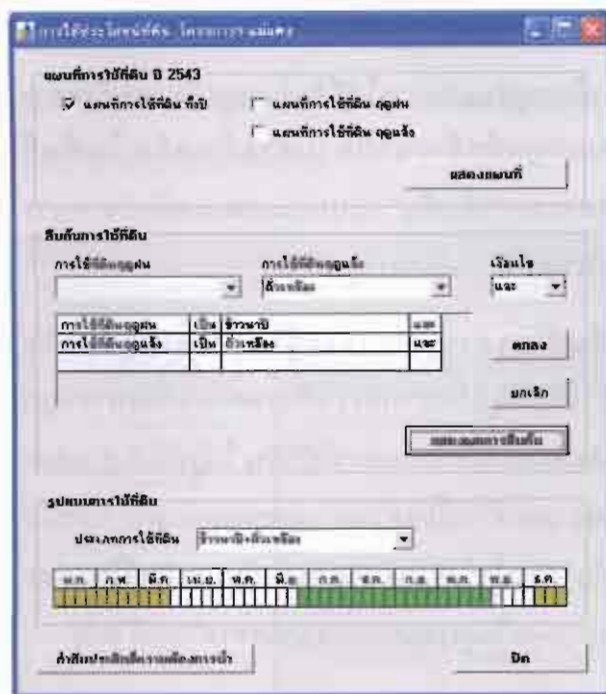
ชลประทาน เพื่อแสดงให้เห็นถึงภาพรวมของการก่อสร้างระบบส่งน้ำภายในพื้นที่โครงการฯ ใน ส่วนของปริมาณน้ำต้นทุน จะแสดงปริมาณน้ำชลประทานรายสัปดาห์ที่ส่งจากหัวงานในช่วง 5 ปี ย้อนหลัง (พ.ศ. 2543-2547) พร้อมทั้งค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาดังกล่าว ในรูปของกราฟเชิงเส้น จากรูปแสดงให้เห็นถึงการจัดสรรน้ำในโครงการฯ แม่แตง ที่มีการแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงการ เพาะปลูกในฤดูฝน (มิถุนายน-พฤศจิกายน) และการส่งน้ำสำหรับการเพาะปลูกในฤดูแล้ง (ธันวาคม-เมษายน) ส่วนในช่วงเดือนพฤษภาคม โครงการฯ ยังคงมีการส่งน้ำแต่ไม่มากนัก สำหรับใช้ในการผลิตน้ำประปา



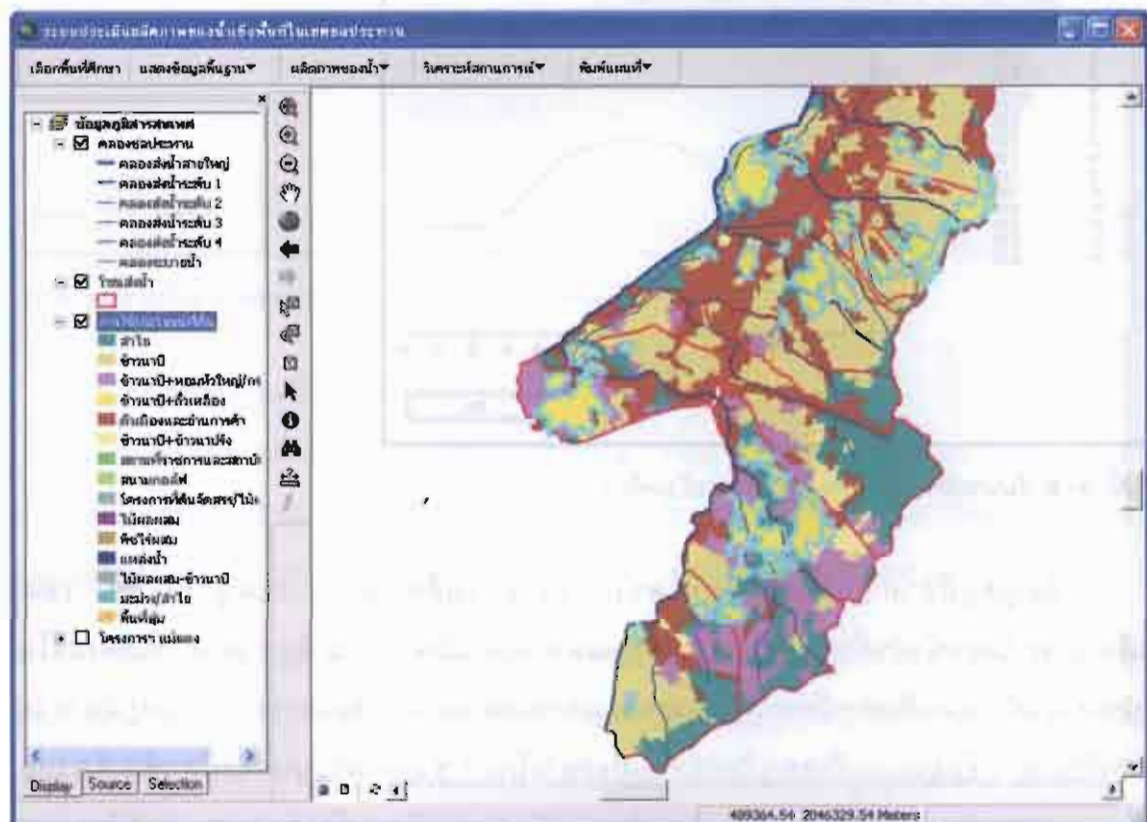
รูปที่ 9-5 หน้าต่างและการแสดงผลข้อมูลพื้นฐานของโครงการชลประทาน

หน้าต่างของเมนูย่อย  "การใช้ประโยชน์ที่ดิน" แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ "กรอบแผนที่ การใช้ที่ดิน ปี 2543" "กรอบสืบค้นการใช้ที่ดิน" และ "กรอบรูปแบบการใช้ที่ดิน" (รูปที่ 9-6)

ภายในกรอบ "แผนที่การใช้ที่ดิน ปี 2543" ผู้ใช้สามารถเลือกแสดงแผนที่ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามช่วงการเพาะปลูก คือ แผนที่การใช้ที่ดินทั้งปี แผนที่การใช้ที่ดินฤดูฝน และแผนที่ การใช้ที่ดินฤดูแล้ง ตัวอย่างการเลือกแสดงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งปีของโครงการฯ แม่แตง แสดงดังรูปที่ 9-7



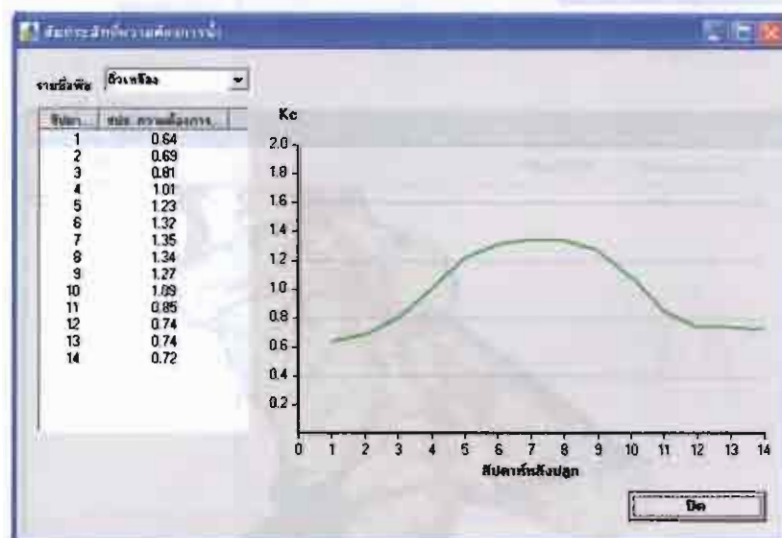
รูปที่ 9-6 หน้าต่างการแสดงผลและสืบค้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน



รูปที่ 9-7 ผลการสืบค้นข้อมูลการใช้ที่ดินภายในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง

กรอบ "สืบค้นการใช้ที่ดิน" ใช้สำหรับค้นหาพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่สนใจตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้งานกำหนด โดยแบ่งเป็นการสืบค้นการใช้ที่ดินในฤดูฝนและการใช้ที่ดินในฤดูแล้ง โดยตัวอย่างในรูปที่ 9-6 แสดงวิธีการค้นหาพื้นที่ของระบบปลูกพืชข้าวนาปีตามด้วยถั่วเหลืองในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง หลังจากที่ใช้เลือกปุ่ม "แสดงผลการสืบค้น" ระบบจะแสดงผลพื้นที่จากการค้นหาตามเงื่อนไขโดยสร้างเส้นกรอบสีฟ้ารอบบริเวณพื้นที่ที่ค้นพบ (รูปที่ 9-7)

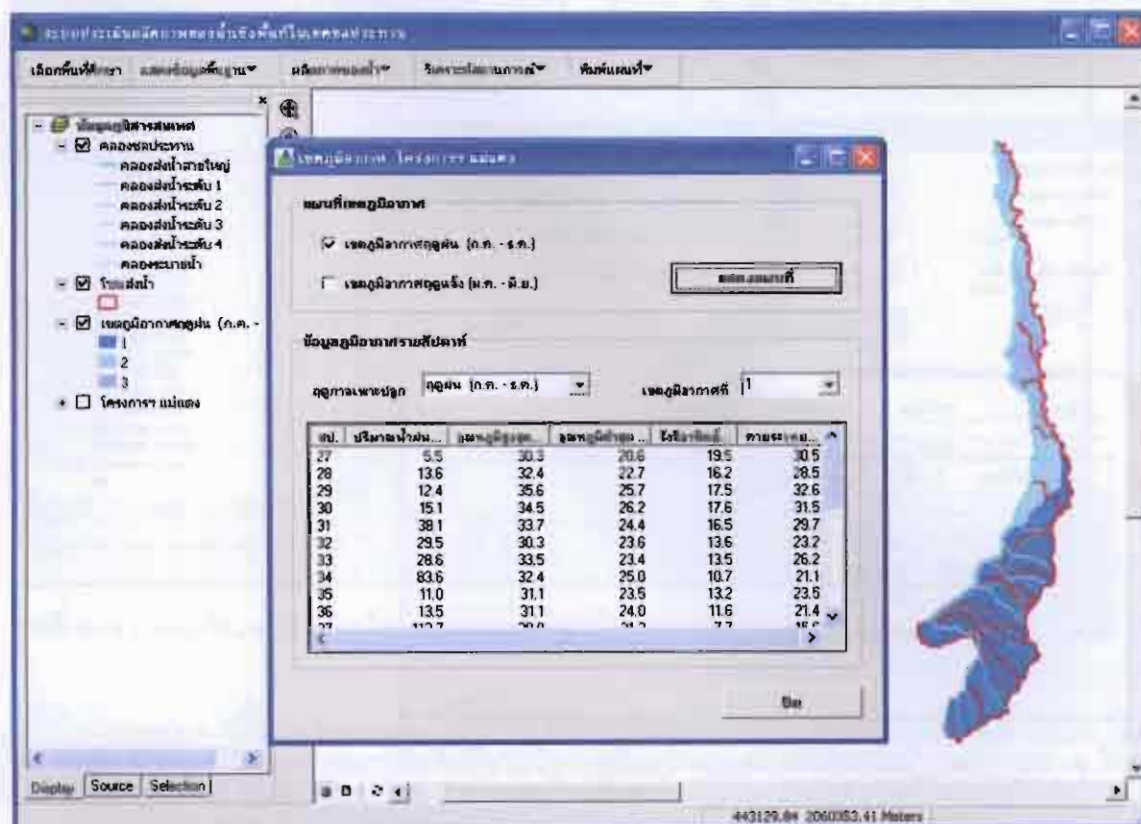
รายละเอียดเกี่ยวกับการใช้ที่ดินในพื้นที่โครงการฯ แสดงอยู่ในรูปของปฏิทินการเพาะปลูกพืช ภายในกรอบ "รูปแบบการใช้ที่ดิน" เพื่อให้ผู้ใช้ทราบถึงวันที่เกษตรกรเริ่มเพาะปลูกระยะเวลาในการเพาะปลูก และวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตของแต่ละระบบการใช้ที่ดิน ในรูปที่ 9-6 แสดงปฏิทินการเพาะปลูกของระบบข้าวนาปี+ถั่วเหลือง นอกจากนี้ในส่วนล่างสุดของหน้าต่าง "การใช้ประโยชน์ที่ดิน" จะมีปุ่ม "ค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการน้ำ" สำหรับแสดงค่าสัมประสิทธิ์ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืชที่ได้จากตาราง $tblCrpCoeff$ ในรูปของตารางและกราฟ (รูปที่ 9-8)



รูปที่ 9-8 สัมประสิทธิ์ความต้องการน้ำของถั่วเหลือง

ข้อมูลภูมิอากาศภายในพื้นที่โครงการสามารถสืบค้นได้จากเมนูย่อย "เขตภูมิอากาศ" โดยหน้าต่างในรูปที่ 9-9 แบ่งการแสดงผลออกเป็น 2 ส่วน คือ กรอบการแสดงผลในรูปของแผนที่ ("แผนที่เขตภูมิอากาศ") และกรอบการแสดงผลในรูปของตาราง ("ข้อมูลภูมิอากาศรายสัปดาห์") ข้อมูลแผนที่เขตภูมิอากาศแบ่งออกเป็น 2 ช่วงตามระบบการปลูกพืช คือ เขตภูมิอากาศของช่วงฤดูฝน (ก.ค.-ธ.ค.) และช่วงฤดูแล้ง (ม.ค.-มิ.ย.) ตัวอย่างแสดงเขตภูมิอากาศของโครงการฯ แม่แตง ในฤดูฝน แบ่งออกเป็น 3 เขตภูมิอากาศ ส่วนรายละเอียดของข้อมูลภูมิอากาศรายสัปดาห์ในแต่ละโซน สามารถสืบค้นได้จากกรอบ "ข้อมูลภูมิอากาศรายสัปดาห์" ที่อยู่ทางด้านล่าง ประกอบด้วยปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด (องศา

เซลเซียส) ค่ารังสีอาทิตย์ (เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน) และการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตร) ตามช่วงฤดูกาลเพาะปลูกและเขตภูมิอากาศ ซึ่งได้จัดเก็บไว้ในตารางข้อมูลเขตภูมิอากาศ (tblCltzWeekly)



รูปที่ 9-9 หน้าต่างและการแสดงผลข้อมูลเขตภูมิอากาศภายในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง

การประเมินผลผลิตภาพของน้ำ

ภายใต้เมนู "ผลผลิตภาพของน้ำ" แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ การประเมินในปี พ.ศ. 2543 และการเปรียบเทียบผลการประเมินระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับ 2543 โดยในแต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็น 2 เมนูย่อยคือ การวิเคราะห์ "ความต้องการน้ำ" และการประเมิน "ผลผลิตภาพของน้ำ" (รูปที่ 9-3)

เมื่อผู้ใช้เลือกเมนูย่อย  "ความต้องการน้ำ" ระบบจะแสดงหน้าต่างสำหรับวิเคราะห์ และแสดงผลความต้องการน้ำในปี พ.ศ. 2543 ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ กรอบการ "คำนวณความต้องการน้ำ" กรอบ "สรุปผลความต้องการน้ำ" และกรอบแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ "แผนที่ความต้องการน้ำ ปี 2543" (รูปที่ 9-10)

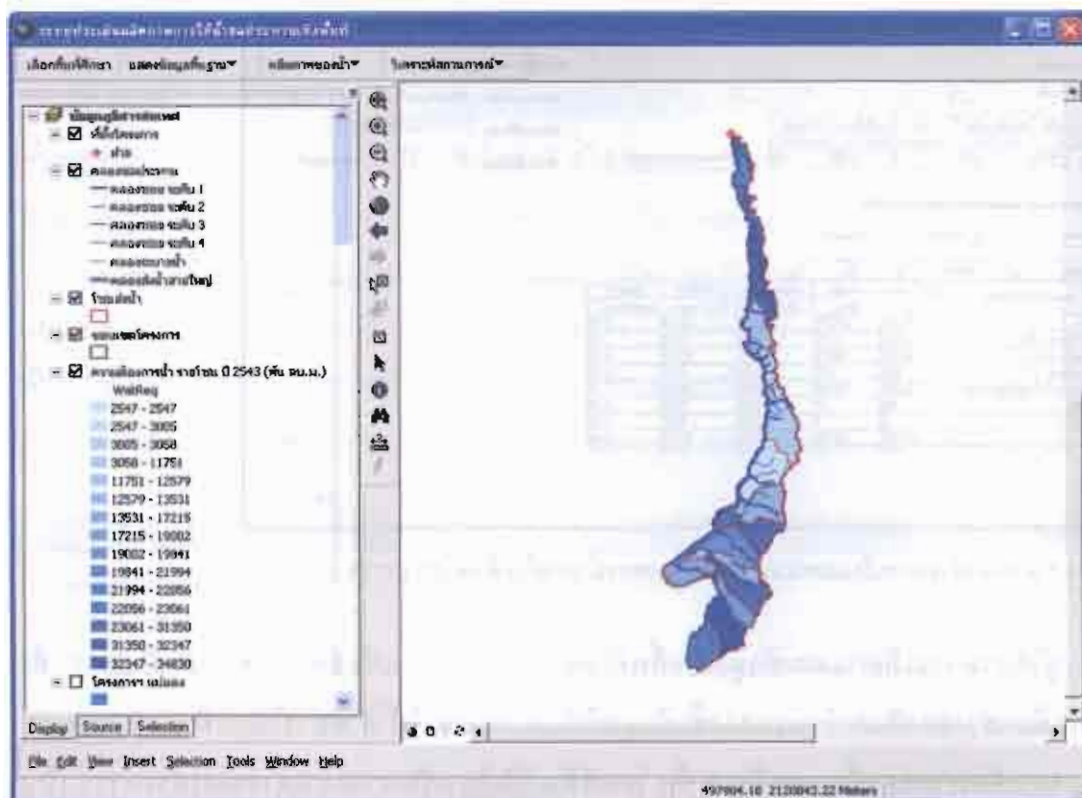
วิเคราะห์ความต้องการน้ำ โครงการฯ แม่เปียง		แผนความต้องการน้ำ D 2543	
ประสิทธิภาพของประปา	= 0.50	ระดับการลดลง	ท่วมน้ำใช้ที่ดิน
น้ำเค็มปนเปื้อน : ชีว	= 200 มม.	รูปแบบการลดลง	NoRainBreaks
พืชไร่	= 70 มม.		
น้ำอุปโภคบริโภค :		จำนวนชั้นข้อมูล	3
เมือง	= 400 ลิตร/คน/วัน		
ชนบท	= 50 ลิตร/คน/วัน		
คำนวณ		แสดงแผนที่	

สรุปความต้องการน้ำ ตามตารางเปรียบเทียบที่ดิน ปี 0

โครงการ	การใช้ที่ดิน	กลุ่มการใช้ที่ดิน	โซนลุ่มน้ำ
ข้อมูล	ข้อมูลจริง	ตั้งใจ	
ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำ (มม.) (ล้าน ลบ.ม.)	
ข้าวนาปี	37,250	644 38.39	
ข้าวนาปี+ข้าวนาปี	2,865	1,855 7.91	
ข้าวนาปี+สวนผลไม้	36,568	1,365 78.06	
ข้าวนาปี+พืชไร่	345	1,410 0.78	
ข้าวนาปี+พืชมังสวิรัติ/เกษตรผสม	13,896	1,663 37.02	
สวนผลไม้และสวนปาล์ม	78,893	23 2.79	
พืชไร่นานา	101	351 0.06	
พื้นที่อื่น	687	0 0.00	

กรอบ “สรุปความต้องการน้ำ” ใช้ในการสรุปความต้องการน้ำตามรูปแบบต่างๆ ได้แก่ สรุปความต้องการน้ำตาม “โครงการ” ในกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบระหว่างโครงการฯ หรืออาจสรุปตามรูปแบบ “การใช้ที่ดิน” ถ้าผู้ใช้เลือกสรุปตาม “กลุ่มการใช้ที่ดิน” จะแบ่งการใช้ที่ดินเป็น 2 ประเภท คือ การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร และพื้นที่อยู่อาศัย (ชุมชน) ในส่วนสุดท้ายจะเป็นการสรุปความต้องการน้ำตาม “โซนส่งน้ำ” โดยในแต่ละประเภทได้แบ่งการสรุปตามช่วงเวลา คือ ช่วง “ฤดูฝน” “ฤดูแล้ง” และตลอด “ทั้งปี” ตัวอย่างในรูปที่ 9-10 แสดงการสรุปความต้องการใช้น้ำทั้งปีตามโซนส่งน้ำของโครงการฯ แม่แตง

188 ระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: ระบบกลาง



รูปที่ 9-11 แผนที่ความต้องการน้ำทั้งปีในแต่ละโซนส่งน้ำภายในพื้นที่โครงการ แม่แตง

เมนูย่อย  “**ผลิตภาพของน้ำ**” ใช้สำหรับประเมินผลิตภาพของน้ำในปี พ.ศ. 2543 โดยหน้าต่างในรูปที่ 9-12 ประกอบด้วย 3 ส่วน คล้ายกับหน้าต่างวิเคราะห์ความต้องการน้ำ กล่าวคือประกอบด้วยกรอบรายละเอียดของ “ข้อมูลการผลิตพืช” กรอบ “สรุปผลิตภาพของน้ำ” และกรอบ “แผนที่ผลิตภาพของน้ำ ปี 2543”

ในกรอบ “ข้อมูลการผลิตพืช” ระบบจะสรุปข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ อันได้แก่ ต้นทุนการผลิต ผลผลิตเฉลี่ย ราคาผลผลิต รายได้รวม และกำไรสุทธิของพืชแต่ละชนิด โดยเฉลี่ยภายในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากระบบประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน ส่วนปุ่ม “คำนวณผลิตภาพน้ำ” ใช้สำหรับประเมินผลิตภาพน้ำของปี พ.ศ. 2543 เพื่อทำการปรับปรุงข้อมูลใหม่ในกรณีที่ผู้ใช้มีการเปลี่ยนแปลงการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการน้ำ

กรอบ “สรุปผลิตภาพของน้ำ” ใช้สำหรับสรุปผลิตภาพของน้ำตามประเภทของ “โครงการ” “การใช้ที่ดิน” หรือ “โซนส่งน้ำ” ตัวอย่างในรูปที่ 9-12 แสดงการสรุปข้อมูลผลิตภาพของน้ำทั้งปีตามรูปแบบการใช้ที่ดิน พบว่าโครงการ แม่แตงมีผลิตภาพของน้ำประมาณ 0.82 บาท/ลบ.ม. โดยพื้นที่พืชผักและปลูกไม้ผลมีผลิตภาพการใช้น้ำสูงกว่าระบบการปลูกพืชชนิดอื่น เนื่องจากใช้น้ำไม่มากนักแต่ให้ผลตอบแทนที่ค่อนข้างสูง รองลงมา ได้แก่ ระบบข้าว+หอมหัวใหญ่/กระเทียม แต่เกษตรกรมีความเสี่ยงด้านราคาและมีการลงทุนสูง และระบบข้าวนาปี+ข้าวนาปรังที่มีการใช้น้ำต่อไร่ค่อนข้างมาก

หน้าต่างการเปรียบเทียบความต้องการน้ำ อยู่ภายใต้เมนูย่อย **“ความต้องการน้ำ ปี 31-43”** (รูปที่ 9-14) โดยที่กรอบ “สรุป” มีทางเลือกให้ผู้ใช้เปรียบเทียบความต้องการน้ำในแต่ละช่วงฤดูการผลิต หรือตามการใช้ที่ดินทั้งปี รูปที่ 9-15 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างปีพ.ศ. 2531 กับ พ.ศ. 2543 แสดงให้เห็นถึงการลดลงของเนื้อที่เพาะปลูกในระบบข้าว+ถั่วเหลืองทางตอนล่างของโครงการฯ โดยบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นระบบข้าว+หอมหัวใหญ่/กระเทียมและลำไย นอกจากนี้แสดงให้เห็นถึงการขยายตัวของชุมชนที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ทำให้ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกลดลง รูปที่ 9-16 แสดงความต้องการน้ำระหว่างสองปีดังกล่าว ผู้ใช้สามารถเรียกแสดงได้จากปุ่ม “แสดงแผนที่” ภายในกรอบ “แผนที่ความต้องการน้ำ ปี 2531”

เปรียบเทียบความต้องการน้ำ ปี 2531 กับ 2543 โครงการฯ แสงแดดร่ม

แผนที่ความต้องการน้ำ ปี 2531

รูปแบบการแสดงผล: NaturalBreaks

จำนวนชั้นข้อมูล: 3

แสดงแผนที่

สรุป

โครงการ	การใช้ที่ดิน	โซนส่งน้ำ
สรุปความต้องการน้ำ ตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน ถึงปี		
ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ทั้งปี

การใช้ประโยชน์ที่ดิน		พื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำ (มม.)			ความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		
ปี 2531	ปี 2543		ปี 2531	ปี 2543	เปลี่ยนแปลง	ปี 2531	ปี 2543	เปลี่ยนแปลง
ข้าวนาปี+ถั่วเหลือง	ข้าวนาปี	25,041	1,499	647	-852	60.05	25.93	-34.12
ข้าวนาปี+ถั่วเหลือง	ข้าวนาปี+ข้าวนาปรัง	2,172	1,489	1,866	377	5.17	6.48	1.31
ข้าวนาปี+ถั่วเหลือง	ข้าวนาปี+ถั่วเหลือง	28,805	1,385	1,385	0	63.81	63.81	0.00
ข้าวนาปี+ถั่วเหลือง	ข้าวนาปี+พืชผัก	150	1,354	1,439	85	0.33	0.35	0.02
ข้าวนาปี+ถั่วเหลือง	ข้าวนาปี+หอมหัวใหญ่/กระเทียม	11,951	1,511	1,669	158	28.90	31.91	3.01
ข้าวนาปี+ถั่วเหลือง	สวนเมืองและย่านการค้า	22,432	1,487	2	-1,485	53.37	0.06	-53.31
ข้าวนาปี+ถั่วเหลือง	มะม่วง/ลำไย	4	1,313	958	-355	0.01	0.01	0.00
ข้าวนาปี+ถั่วเหลือง	ลำไย	14,524	1,448	2,233	785	33.66	51.89	18.23

วิเคราะห์ความต้องการน้ำ ปี 2531

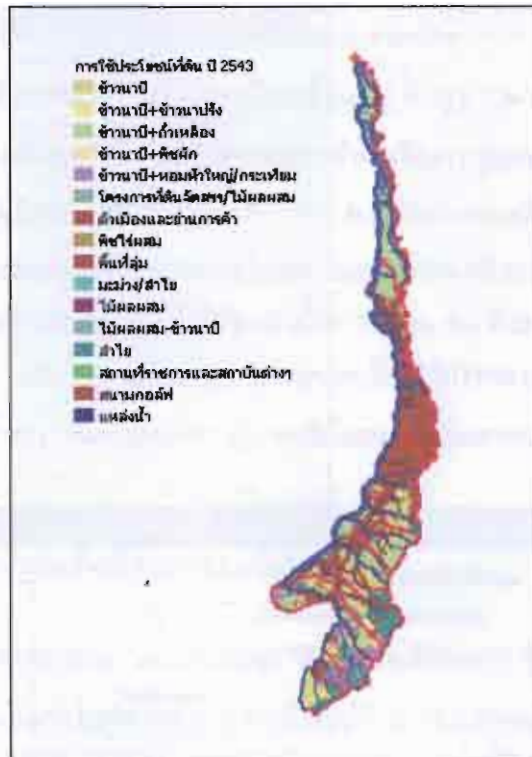
ปิด

รูปที่ 9-14 หน้าต่างเปรียบเทียบความต้องการน้ำ ปี พ.ศ. 2531 กับ 2543

ผู้ใช้สามารถประเมินผลผลิตภาพของน้ำที่เปลี่ยนไปในแต่ละหน่วยแผนที่ของที่ดินจากเมนูย่อย **“ผลผลิตภาพของน้ำ ปี 31-43”** อันเนื่องมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการจัดสรรน้ำต้นทุน ดังนั้นจึงสามารถค้นหาพื้นที่ที่มีศักยภาพการใช้น้ำที่ลดลง เพื่อระบุบริเวณที่สมควรได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำให้สูงขึ้นต่อไป ทั้งในระดับโครงการและระดับโซนส่งน้ำ หน้าต่างในรูปที่ 9-17 แสดงการเปรียบเทียบผลผลิตภาพของน้ำในตามการใช้ที่ดิน ทั้งในเรื่องด้านผลตอบแทนสุทธิ ปริมาณการใช้น้ำ และผลผลิตต่อหน่วยการใช้น้ำ โดยอ้างอิงราคาและต้นทุนการผลิตในปีพ.ศ. 2543 พบว่าโครงการฯ ได้ลดปริมาณการส่งน้ำลง ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการน้ำในพื้นที่ ประกอบกับมีผลตอบแทนเพิ่มขึ้นจากการปลูกไม้ผล ทำให้ผลผลิตภาพของน้ำในภาพรวมของโครงการเพิ่มขึ้นประมาณ 0.30 บาท/ลบ.ม. ดังรูปที่ 9-18

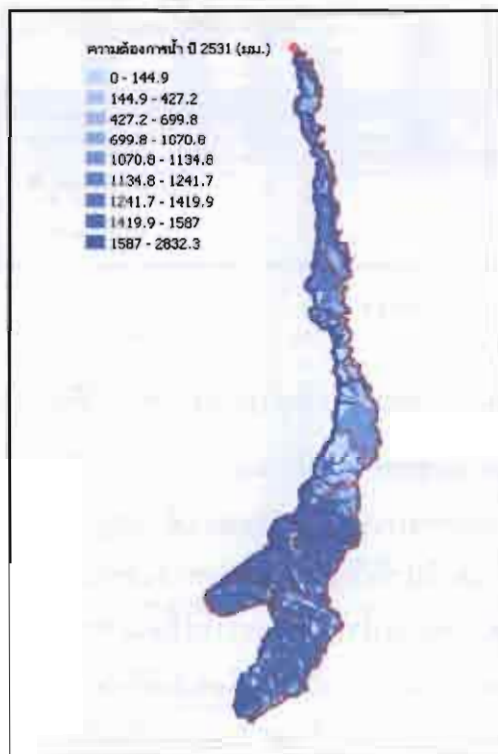


(ก) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2531

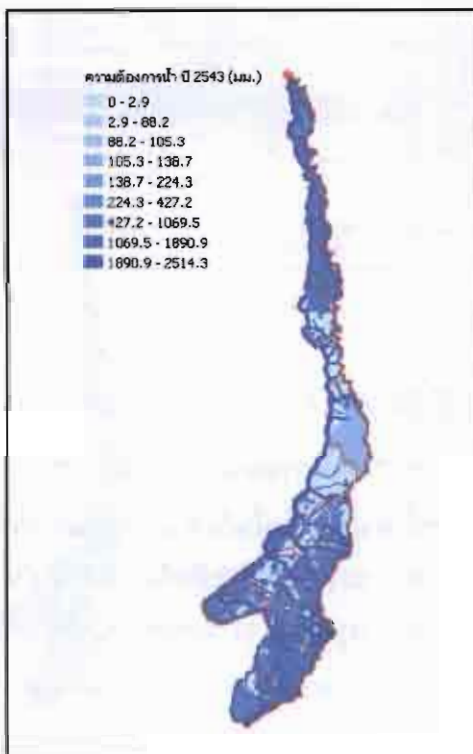


(ข) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2543

รูปที่ 9-15 การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2531 กับ 2543

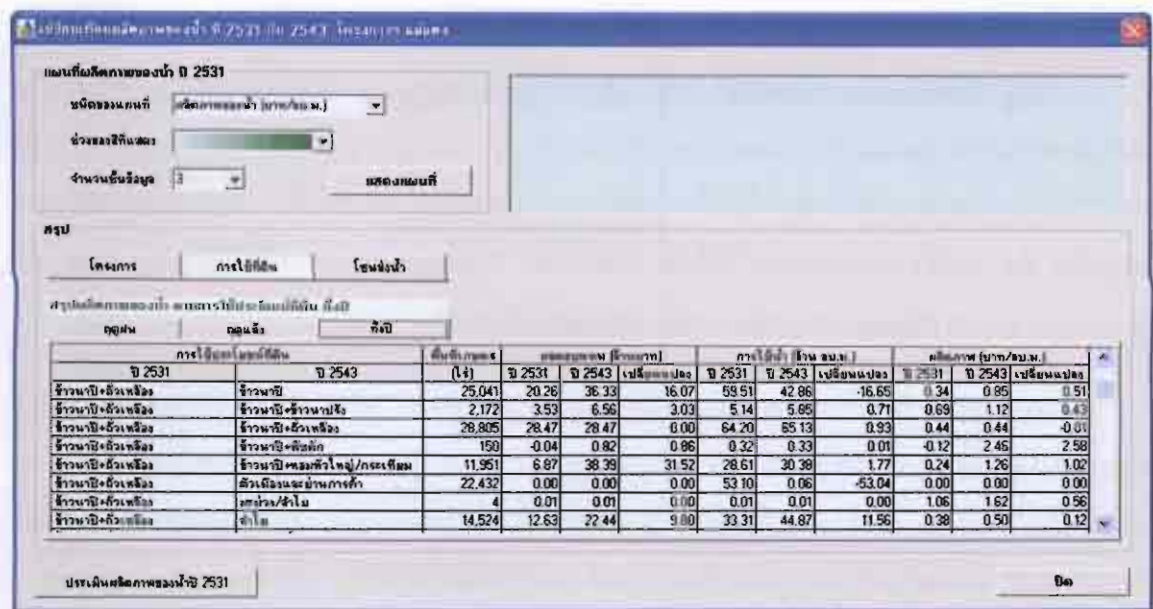


(ก) แผนที่ความต้องการน้ำ ปี 2531

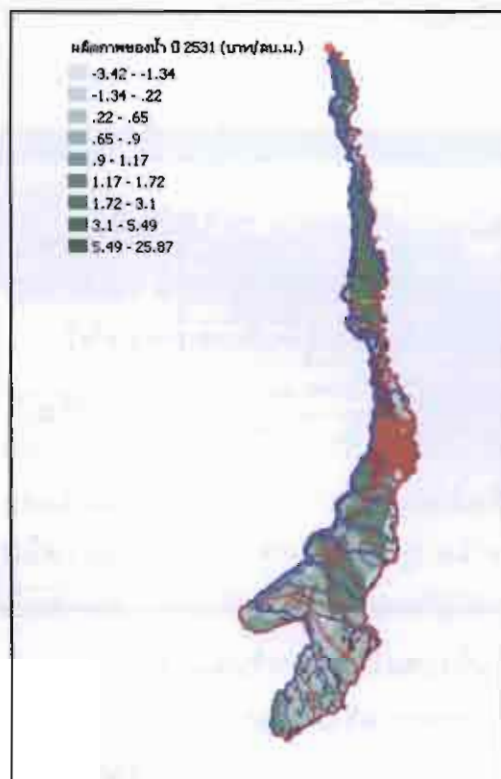


(ข) แผนที่ความต้องการน้ำ ปี 2543

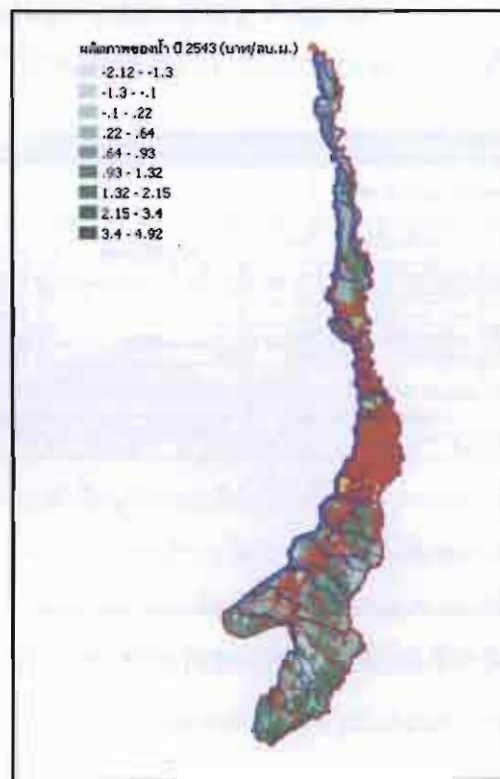
รูปที่ 9-16 การเปรียบเทียบความต้องการน้ำปี พ.ศ. 2531 กับ 2543 ภายในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง



รูปที่ 9-17 หน้าต่างเปรียบเทียบผลผลิตภาพของน้ำปี พ.ศ. 2531 กับ 2543



(ก) แผนที่ผลผลิตภาพของน้ำ ปี 2531



(ข) แผนที่ผลผลิตภาพของน้ำ ปี 2543

รูปที่ 9-18 การเปรียบเทียบผลผลิตภาพของน้ำปี พ.ศ. 2531 กับ 2543 ภายในพื้นที่โครงการฯ แม่แตง

การวิเคราะห์สถานการณ์

เมนู "วิเคราะห์สถานการณ์" ใช้สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบจากเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตหรือประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ ต่อผลผลิตของน้ำ เพื่อเป็นแนวทางในการหามาตรการสำหรับบริหารจัดการน้ำอย่างเหมาะสมต่อไป เมนูนี้ประกอบด้วย 3 เมนูย่อย คือ "เปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน บางส่วน" "เปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ทั้งหมด" ทั้งโครงการฯ และ "เปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ ราคาและต้นทุน"

ในเมนูย่อย  "เปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน บางส่วน" (รูปที่ 9-19) ได้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถกำหนดพื้นที่เฉพาะที่ต้องการจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ จากเครื่องมือ  Select Feature เพื่อเลือกหน่วยแผนที่ดิน หรือเลือกปุ่ม "สืบค้นข้อมูลตามเงื่อนไข" ดังรูปที่ 9-20 แสดงตัวอย่างการเลือกพื้นที่ปลูกข้าวนาปี+หอมหัวใหญ่/กระเทียม ที่มีผลผลิตของน้ำต่ำกว่า 0.85 บาท/ลบ.ม. ผลการเลือกจะแสดงในหน้าต่างเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบางส่วน โดยเขตข้อมูลแรก (#) แสดงรหัสของหน่วยแผนที่ดินที่ถูกเลือก ผู้ใช้สามารถกำหนดประเภทการใช้ที่ดินใหม่ได้ ตัวอย่างรูปที่ 9-19 แสดงการเปลี่ยนพื้นที่บางส่วนของระบบข้าวนาปี+หอมหัวใหญ่/กระเทียม เป็นระบบข้าวนาปี+ถั่วเหลือง และลำไย

เปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน บางส่วน โครงการฯ แม่แตง

สืบค้นข้อมูลตามเงื่อนไข

#	การใช้ประโยชน์ที่ดิน (เดิม)	การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ใหม่)			
		การใช้ที่ดินคลุม	วันที่เริ่มปลูก	การใช้ที่ดินคลุม	วันที่เริ่มปลูก
4681	ข้าวนาปี+หอมหัวใหญ่/กระเทียม	ข้าวนาปี	15 มิถุนายน	ถั่วเหลือง	15 ธันวาคม
4682	ข้าวนาปี+หอมหัวใหญ่/กระเทียม	ข้าวนาปี	15 มิถุนายน	ถั่วเหลือง	15 ธันวาคม
4807	ข้าวนาปี+หอมหัวใหญ่/กระเทียม	ข้าวนาปี	15 มิถุนายน	ถั่วเหลือง	15 ธันวาคม
4808	ข้าวนาปี+หอมหัวใหญ่/กระเทียม	ลำไย	15 มิถุนายน	ลำไย	
4809	ข้าวนาปี+หอมหัวใหญ่/กระเทียม	ลำไย	15 มิถุนายน	ลำไย	

ปรับปรุง ยกเลิก

#	การใช้ประโยชน์ที่ดิน (เดิม)	การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ใหม่)			
		การใช้ที่ดินคลุม	วันที่เริ่มปลูก	การใช้ที่ดินคลุม	วันที่เริ่มปลูก

เพิ่มข้อมูล

รูปที่ 9-19 หน้าต่างเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบางส่วน

สวิตช์การใช้ที่ดินตามเงื่อนไข

ชื่อแปลง:
 ผลิต (กก./ไร่) = .81
 ผลิต (กก.) > .83
 ผลิตต่อพื้นที่ (บาท/ไร่) >= .84
 ผลิตต่อพื้นที่ (บาท) < .85
 ผลิตภาพของน้ำ (บาท/ลบ.ม.) <= .86

เพิ่มข้อมูล

เงื่อนไขการสับคัน

ชื่อแปลง	ค่าร้อยละ	เงื่อนไข
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	= 0.81	จำนวนปี+หอมหัวใหญ่/กระเทียม และ
ผลิตภาพของน้ำ (บาท/ลบ.ม.)	< 0.85	และ

ยกเลิก สับคันข้อมูล

รูปที่ 9-20 หน้าต่างสับคันข้อมูลตามเงื่อนไข

ผลการจำลองพบว่าพื้นที่ที่เปลี่ยนจากข้าวนาปี+หอมหัวใหญ่/กระเทียม เป็นข้าวนาปี+ถั่วเหลือง มีความต้องการน้ำลดลง 0.08 ล้าน ลบ.ม. และมีผลผลิตของน้ำลดลงเล็กน้อยประมาณ 0.01 บาท/ลบ.ม. ส่วนพื้นที่ที่เปลี่ยนไปเป็นลำไยต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้น ประมาณ 0.21 ล้าน ลบ.ม. แต่มีผลผลิตการใช้น้ำสูงขึ้น 0.61 บาท/ลบ.ม. ทำให้ในภาพรวมของโครงการ พบว่ามีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น 0.12 ล้าน ลบ.ม. แต่ผลผลิตของน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

เมื่อผู้ใช้เลือกเมนูย่อย  "เปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ทั้งหมด" ระบบจะแสดงหน้าต่าง (รูปที่ 9-21) สำหรับจำลองการเปลี่ยนระบบการเพาะปลูกพืชเดิมในปี พ.ศ. 2543 เป็นระบบการปลูกพืชใหม่จากรายชื่อพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพร้อมทั้งกำหนดวันเพาะปลูก เพื่อจำลองการใช้น้ำของพืช การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินนี้จะเป็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเดิมทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา เพื่อประเมินศักยภาพการใช้น้ำของพื้นที่โดยสังเขป ตัวอย่างในรูปที่ 9-21 แสดงการประเมินผลผลิตการใช้น้ำโดยการลดพื้นที่ปลูกหอมหัวใหญ่/กระเทียมในพื้นที่โครงการฯ แม้แต่ที่มีความเสี่ยงด้านราคาค่อนข้างสูง แล้วหันไปเพิ่มพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง สำหรับตอบสนองความต้องการใช้ภายในประเทศ หลังจากที่ใช้ข้อมูล "วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง" ระบบฯ จะปรับปรุงข้อมูลและแสดงแผนที่การใช้ที่ดินของชั้นข้อมูลหน่วยแผนที่ดินใหม่ (LMU) พร้อมทั้งวิเคราะห์ความต้องการและประเมินผลผลิตของน้ำใหม่ จากนั้นจะแสดงหน้าต่างสรุปและแสดงผลการวิเคราะห์ต่อไป

เปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ทั้งหมด โครงการร.แม่แฝด

โปรดเลือกประเภทการใช้ที่ดิน ที่ต้องการเปลี่ยนแปลง

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (เดิม)	การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ใหม่)			
	การใช้ที่ดินฤดูฝน	วันที่เริ่มปลูก	การใช้ที่ดินฤดูแล้ง	วันที่เริ่มปลูก
ข้าวนาปี+หอมหัวใหญ่/กระเทียม	ข้าวนาปี	15 มิถุนายน	ถั่วเหลือง	15 ธันวาคม

ยกเลิกการเปลี่ยนแปลง วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง

รูปที่ 9-21 หน้าต่างเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์พบว่าหากเปลี่ยนพื้นที่ปลูกหอมหัวใหญ่/กระเทียมเป็นถั่วเหลือง จะทำให้การใช้น้ำลดลง 3.97 ล้าน ลบ.ม. และผลิตภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้น 1.57 บาท/ลบ.ม. ที่ราคากระเทียมเท่ากับ 4.0 บาท/กก. ราคาหอมหัวใหญ่เท่ากับ 3.0 บาท/กก. และราคาของถั่วเหลืองเท่ากับ 15 บาท/กก.

เปรียบเทียบความต้องการน้ำ โครงการร.แม่แฝด

รูปแบบการแสดงผล: จำนวนชั้นข้อมูล: แสดงแผนที่

สรุป

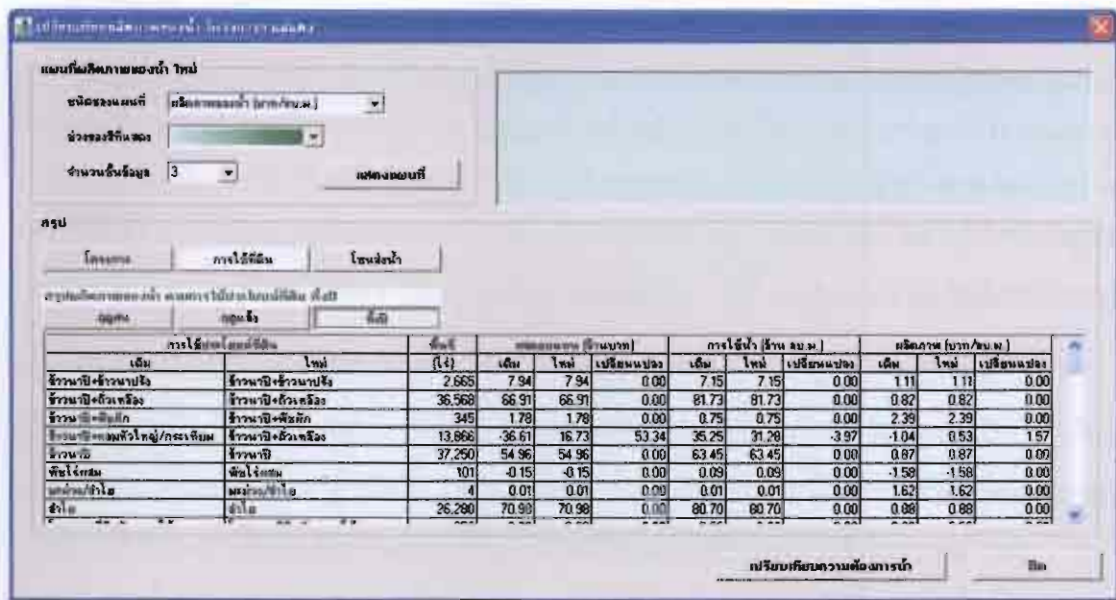
โครงการ การใช้ที่ดิน โชนสงน้ำ

สรุปความต้องการน้ำ ตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2561

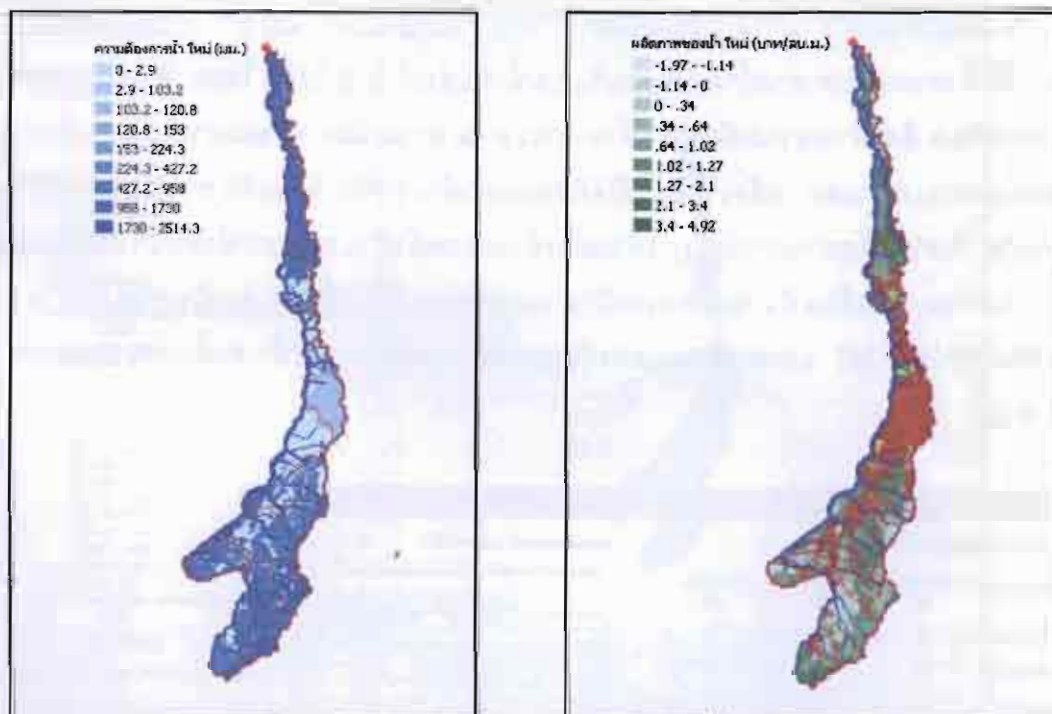
การใช้ประโยชน์ที่ดิน		พื้นที่ (ไร่)	ความต้องการน้ำ (ลบ.ม.)			ความต้องการน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)		
เดิม	ใหม่		เดิม	ใหม่	เปลี่ยนแปลง	เดิม	ใหม่	เปลี่ยนแปลง
ข้าวนาปี+ข้าวนาปี	ข้าวนาปี+ข้าวนาปี	2,665	1,855	1,855	0	7.91	7.91	0.00
ข้าวนาปี+ถั่วเหลือง	ข้าวนาปี+ถั่วเหลือง	36,568	1,365	1,365	0	79.85	79.85	0.00
ข้าวนาปี+พืชผัก	ข้าวนาปี+พืชผัก	345	1,410	1,410	0	0.78	0.78	0.00
ข้าวนาปี+หอมหัวใหญ่/กระเทียม	ข้าวนาปี+ถั่วเหลือง	13,866	1,669	1,410	-259	37.02	31.28	-5.74
ข้าวนาปี	ข้าวนาปี	37,250	644	644	0	38.39	38.39	0.00
สวนเมืองและย่านการค้า	สวนเมืองและย่านการค้า	76,899	23	23	0	2.79	2.79	0.00
พืชไร่ผสม	พืชไร่ผสม	101	351	351	0	0.06	0.06	0.00
พื้นที่ว่าง	พื้นที่ว่าง	687	0	0	0	0.00	0.00	0.00

เปรียบเทียบผลผลิตของน้ำ ปิด

รูปที่ 9-22 หน้าต่างเปรียบเทียบความต้องการน้ำจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน



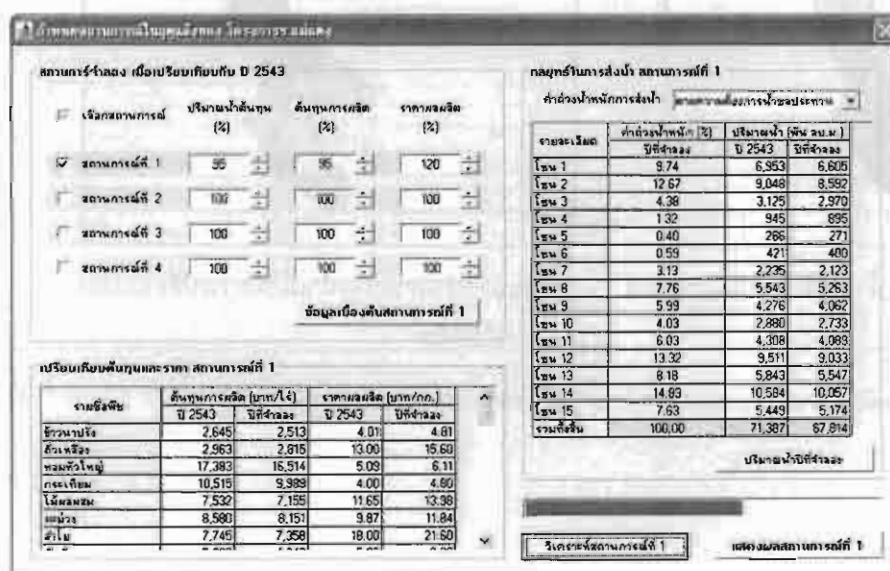
รูปที่ 9-23 หน้าต่างเปรียบเทียบผลผลิตภาพของน้ำจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน



รูปที่ 9-24 แผนที่ความต้องการน้ำและผลผลิตภาพของน้ำหลังจากเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ปริมาณน้ำต้นทุนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการบริหารจัดการน้ำ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาและมีความแปรปรวนสูง ซึ่งหากปีใดมีปริมาณน้ำต้นทุนมาก การจัดสรรน้ำทำได้โดยง่าย แต่หากปีใดมีน้ำน้อยไม่เพียงพอกับการเพาะปลูกพืช โดยเฉพาะในฤดูแล้งซึ่งมักขาดแคลนน้ำอยู่เสมอ ทำให้เกษตรกรต้องร่วมมือกันใช้น้ำอย่างประหยัด ตัวแปรด้านเศรษฐศาสตร์ที่นำมาใช้ร่วมวิเคราะห์สถานการณ์ ได้แก่ ราคาผลผลิตและต้นทุนการผลิต โดยสามารถประเมินได้จากเมนูย่อย  "เปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ ราคาและต้นทุน"

หน้าต่างวิเคราะห์สถานการณ์ในฤดูแล้งแสดงดังรูปที่ 9-25 มีกรอบ "สถานการณ์จำลองเมื่อเทียบกับปี 2543" เป็นกรอบหลักในการกำหนดสถานการณ์ ซึ่งได้ออกแบบให้สามารถจัดเก็บสถานการณ์ที่เคยวิเคราะห์ไว้แล้วจำนวน 4 สถานการณ์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำผลของแต่ละสถานการณ์มาวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบกันได้ โดยระบบฯ กำหนดให้ผู้ใช้เปลี่ยนแปลงเพิ่มหรือลดปริมาณของปัจจัยต่างๆ ในรูปของร้อยละ เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2543 ตัวอย่างในรูปที่ 9-25 แสดงการวิเคราะห์ในกรณีที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำโดยพยายามลดปริมาณการส่งน้ำและต้นทุนการผลิต ประกอบกับเกษตรกรสามารถขายผลผลิตในราคาที่สูงขึ้น โดยรูปแบบการจัดสรรปริมาณน้ำต้นทุน สามารถกำหนดได้จากกรอบ "กลยุทธ์ในการส่งน้ำ" ทางด้านซ้ายของหน้าต่าง เพื่อกำหนดจากค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณน้ำที่แต่ละโซนจะได้รับ โดยอาศัยการประเมินจาก 3 ทางเลือก คือ ตามความต้องการน้ำชลประทาน ตามผลผลิตภาพของการใช้น้ำ หรือผู้ใช้กำหนดตามความเหมาะสม หลังจากที่ใช้ได้กำหนดค่าต่างๆ เรียบร้อยแล้ว การวิเคราะห์ทำได้โดยเลือกปุ่ม "วิเคราะห์สถานการณ์" ทางด้านล่างซ้ายของหน้าต่าง หลังจากทีระบบฯ ได้ประเมินสถานการณ์จำลองเสร็จแล้ว จะแสดงหน้าต่างสรุปผลการเปลี่ยนแปลงในรูปของตารางเปรียบเทียบ (รูปที่ 9-26) และสามารถแสดงข้อมูลผลผลิตภาพของการใช้น้ำเชิงพื้นที่ของแต่ละโซนดังรูปที่ 9-27



เลือกสถานการณ์	ปริมาณน้ำต้นทุน (%)	ต้นทุนการผลิต (%)	ราคาผลผลิต (%)
สถานการณ์ที่ 1	95	95	120
สถานการณ์ที่ 2	100	100	100
สถานการณ์ที่ 3	100	100	100
สถานการณ์ที่ 4	100	100	100

รายจ่าย	ต้นทุนการผลิต (บาท/ไร่)	ราคาผลผลิต (บาท/กก.)
ข้าวนาปรัง	2,645	2,513
ข้าวนาปรัง	2,963	2,815
พืชมูลค่าสูง	17,383	15,514
การชลประทาน	10,515	9,989
ค่าชลประทาน	7,532	7,155
ค่าปุ๋ย	8,580	8,151
ค่ายา	7,745	7,358

รายจ่ายเริ่มต้น	ค่าถ่วงน้ำหนัก (%)	ปริมาณน้ำ (พัน ลบ.ม.)
โซน 1	9.74	6,953
โซน 2	12.67	9,048
โซน 3	4.38	3,125
โซน 4	1.32	945
โซน 5	0.40	266
โซน 6	0.59	421
โซน 7	3.13	2,235
โซน 8	7.76	5,543
โซน 9	5.99	4,276
โซน 10	4.03	2,880
โซน 11	6.03	4,308
โซน 12	13.32	9,511
โซน 13	8.18	5,843
โซน 14	14.83	10,584
โซน 15	7.63	5,449
รวมทั้งสิ้น	100.00	71,387

รูปที่ 9-25 หน้าต่างเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำต้นทุน ต้นทุน และราคาผลผลิต

แบบฟอร์มคำนวณปริมาณน้ำใช้ตามเกณฑ์สภาพของน้ำ ระดับบน

แบบฟอร์มคำนวณปริมาณน้ำใช้ตามเกณฑ์สภาพของน้ำ ระดับบน

☐ ปริมาณน้ำใช้ทุก ปี 2543 ☐ ปริมาณน้ำใช้ทุก สถานการณ์ที่ 1
☐ สภาพภาพของน้ำ ปี 2543 ☒ สภาพภาพของน้ำ สถานการณ์ที่ 1

แสดงแบบที่

สรุปผลการคำนวณสถานการณ์

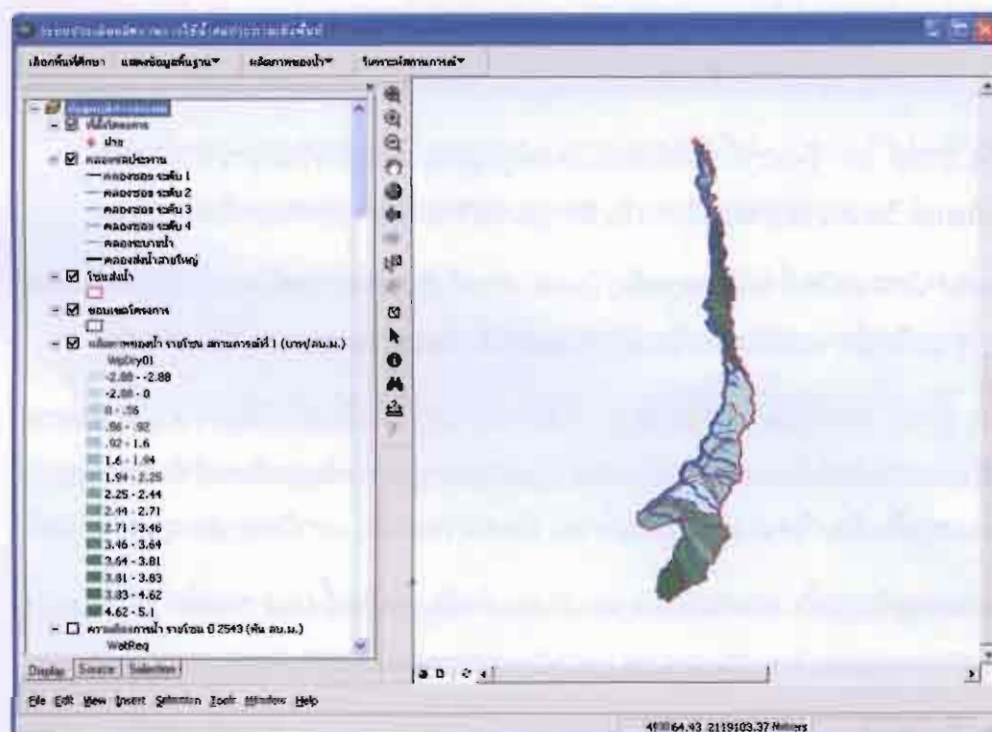
แสดงปริมาณน้ำใช้ตามเกณฑ์สภาพของน้ำ

โซนน้ำ	พื้นที่ (ไร่)	ปริมาณน้ำใช้ทุก (พัน ลบ.ม.)			สภาพของน้ำ (พัน ลบ.ม.)			สภาพภาพของน้ำ (พัน ลบ.ม.)			
		ปี 2543	ปี 2543	ปี 2543	ปี 2543	ปี 2543	ปี 2543	ปี 2543	ปี 2543		
โซนที่ 1	3,051	6,305	3,74	5,605	-348	7,517	12,842	5,325	1,08	1,94	0,86
โซนที่ 2	13,806	9,348	12,67	9,592	-456	26,306	39,673	13,367	2,91	4,62	1,71
โซนที่ 3	5,299	3,129	4,58	2,270	-155	6,523	11,306	4,783	2,03	3,81	1,72
โซนที่ 4	862	54	1,22	895	-50	2,264	3,428	1,164	2,40	3,83	1,43
โซนที่ 5	245	26	0,40	171	5	0	0	0	0,00	0,00	0,00
โซนที่ 6	333	421	0,93	471	-21	-182	-225	407	-0,43	0,55	0,93
โซนที่ 7	2,111	2,235	3,13	2,123	-112	764	1,967	1,193	0,34	0,52	0,58
โซนที่ 8	7,031	5,543	7,78	5,763	-280	3,638	8,404	4,766	0,67	1,07	0,33
โซนที่ 9	4,307	4,274	9,95	4,062	-214	-13,352	-11,659	1,653	-3,12	2,88	0,24
โซนที่ 10	2,395	2,395	4,03	2,733	-147	2,619	7,480	4,781	0,91	2,71	1,80
โซนที่ 11	5,367	4,300	6,03	4,069	-219	948	9,195	8,247	0,22	2,25	2,03
โซนที่ 12	6,354	9,511	13,32	9,033	-478	15,991	31,716	15,225	1,69	3,46	1,78
โซนที่ 13	6,601	5,843	8,18	5,547	-295	2,729	13,516	10,789	0,47	2,44	1,97
โซนที่ 14	11,393	10,584	14,83	10,057	-527	12,745	36,336	23,891	1,20	3,64	2,44
โซนที่ 15	5,077	5,449	7,63	5,174	-275	14,972	26,403	11,431	2,75	5,10	2,35
รวมทั้งหมด	87,304	71,307	100	67,814	-3,573	83,543	190,708	111,551	117	2,81	1,64

การคำนวณสถานการณ์

Done

รูปที่ 9-26 หน้าต่างสรุปผลการจำลองสถานการณ์ที่ 1 โครงการฯ แม่แตง



รูปที่ 9-27 ผลผลิตภาพของน้ำในแต่ละโซน หลังเปลี่ยนกลยุทธ์ในการจัดสรรน้ำ

สรุป

การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรภายในพื้นที่โครงการชลประทานมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ทุกฤดูกาลเพาะปลูก ซึ่งจะส่งผลต่อความต้องการน้ำและผลผลิตโดยรวมของโครงการชลประทาน จึงจำเป็นต้องมีระบบและฐานข้อมูลอันทันสมัย ที่สามารถตอบสนองความต้องการต่างๆ และมีเครื่องมือสำหรับช่วยติดตามการใช้ทรัพยากรน้ำและบริหารจัดการปัญหาดังกล่าวได้

อย่างเป็นรูปธรรม ระบบ WaterPro ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประเมินผลผลิตภาพของการใช้น้ำเชิงพื้นที่ สำหรับโครงการชลประทานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน โดยอาศัยข้อมูลการใช้ที่ดิน ปริมาณน้ำต้นทุน และการประเมินคุณภาพที่ดินที่ได้จากระบบประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน นอกจากนี้ผู้ใช้ระบบสามารถวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนพืชหรือระบบพืชเหมือนนโยบายหรือแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินเปลี่ยนไป ทำให้ผู้ใช้ทราบถึงปริมาณความต้องการน้ำและผลผลิตภาพของน้ำที่อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ทำให้เกิดความพร้อมในการวางแผนจัดสรรน้ำและเตรียมการรับมือกับสถานการณ์ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต รวมทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและที่ดินในโครงการชลประทานให้สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมพล ลำราญพงษ์, เมธี เอกะสิงห์ และ เบญจพรรณ เอกะสิงห์. 2548. ระบบประเมินความเหมาะสมเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น. 73-94.
- นันทา ตริยากิจ. 2535. การจัดสรรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดของโครงการชลประทานแม่จัด. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ภาณุวัฒน์ ปิ่นทอง และเอกสิทธิ์ โสสิตสกุลชัย. 2546. แบบจำลองโดยเกณฑ์แบบฟัซซีสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำ: กรณีศึกษาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์. *วิศวกรรมสาร มก.* 51:17-31.
- ภารดา มีอำพล. 2542. การพัฒนา WASAM 3.0 และการประยุกต์ใช้ในการจัดสรรน้ำและติดตามประเมินผลการส่งน้ำโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่ามะกา. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน. 2548. ค่าสัมประสิทธิ์ (Kc) ของพืช 30 ชนิด [Online]. Available: <http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/Kc/Kc.pdf>. (25 มกราคม 2548).
- สุธีราพร นิมิตรไพบูลย์, ไตรรงค์ ปิมปา และ รุ่งนภา เยี่ยมสาคร. 2545. อัตราการใช้น้ำและพฤติกรรมการใช้น้ำของประชาชนจากระบบประปาหมู่บ้านของกรมอนามัย. กองประปาชนบท กรมอนามัย.
- สุภลักษณ์ จันทรสมบัติ, จรัญธร บุญญานุภาพ และ ชฎา ณรงค์ฤทธิ์. 2546. การพยากรณ์ความต้องการน้ำประปาในพื้นที่เทศบาลนครพิษณุโลก โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. ใน รายงานการประชุมวิชาการ การแผนที่และภูมิสาร

สหประชาชาติ ประจำปี 2546: การสำรวจและการแผนที่กับการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน, วันที่ 18-20 พฤศจิกายน 2546 ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). น.1-22 (GIS&MAP).

อังกูร ว่องตระกูล. 2546. การกำหนดพื้นที่เป้าหมายการส่งน้ำและวางแผนการปลูกพืชในฤดูแล้งให้เกิดประโยชน์สูงสุดของโครงการชลประทานแม่กวงอุดมธารา. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Ahmad, M.D., I. Masih, and H. Turral. 2004. Diagnostic analysis of spatial and temporal variations in crop water productivity: A field scale analysis of the rice-wheat cropping system of Punjab, Pakistan. *Journal of Applied Irrigation Science* 39: 43-63.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation Drainage Paper No.56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Bhaktikul, K. 2001. The development of a genetic algorithm for real time water allocation and water scheduling in complex irrigation systems. Thesis Ph.D. School of Civil and Environmental Engineering, University of Edinburgh.

Boken, V.K. G. Hoogenboom, J.E. Hook, D.L. Thomas, L.C. Guerra, and K.A. Harrison. 2004. Agricultural water use estimation using geospatial modeling and a geographic information system. *Agricultural Water Management* 67: 185-199.

Chang, K.T. 2004. Programming ArcObject with VBA: A Task-Oriented Approach. Florida: CRC Press.

Donkwa, M. 1997. Optimum irrigation water allocation in Huai Toey irrigation project, changwat Khon Kean. Ph.D. Thesis, (Agricultural Economics). Kasetsart University.

Doorenbos, J. and A.H. Kassam. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation Drainage Paper No.33. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Droogers, P. and Kite. 2001. Estimate productivity of water at different spatial scales using simulation modeling. Research Report 53. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

- ESRI. 2004. ArcGIS Desktop. [Computer Software]. California: Environmental Systems Research Institute.
- Fortes, P.S., A.E. Platonov, and L.S. Pereira. 2005. GISAREG-A GIS based irrigation scheduling simulation model to support improved water use. *Agricultural Water Management* 77: 159-179.
- Kuo, S.F., G.P. Merkley, and C.W. Liu. 2000. Decision support for irrigation project planning using a genetic algorithm. *Agricultural Water Management* 45: 243-266.
- Li, S., D. Tarboton, and M. McKee. 2003. Development of an ArcMap toolbar for regional evapotranspiration modeling. *23rd ESRI International User Conference*, July 7-11, 2003, San Diego, California.
- Mateos, L., I. Lopez-Cortijo, and J.A. Sagardoy. 2002. SIMIS: the FAO decision support system for irrigation scheme management. *Agricultural Water Management* 56: 193-206.
- Molden, D. 1997. Accounting for water use and productivity. SWIM Paper 1. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Rowshon, M.K., C.Y. Kwok, and T.S. Lee. 2003. GIS-based scheduling and monitoring of irrigation delivery for rice irrigation system: Part I Scheduling. *Agricultural Water Management* 62: 105-116.
- Smith, M. 1992. CROPWAT-a computer program for irrigation planning and management. FAO Irrigation and Drainage Paper 46. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Tingsanchali, T. and W. Suiadee. 2002. Water operation model for Nam Oon irrigation project. *Proceedings 8th National Conference on Civil Engineering Institute of Thailand*. 23-25 October, 2002. Vol. 2, pp. WRE 13-18.
- Todorovic, M. and P. Steduto. 2003. A GIS for irrigation management. *Physics and Chemistry of the Earth* 28: 163-174.

การพัฒนาระบบสนับสนุนการวางแผนการจัดการทรัพยากร เพื่อการเกษตรและบริการ (รศทก.)

เมธี เอกะสิงห์¹ ชาฤทธิ สุ่มเหม² และ เฉลิมพล สำราญพงษ์²

คำนำ

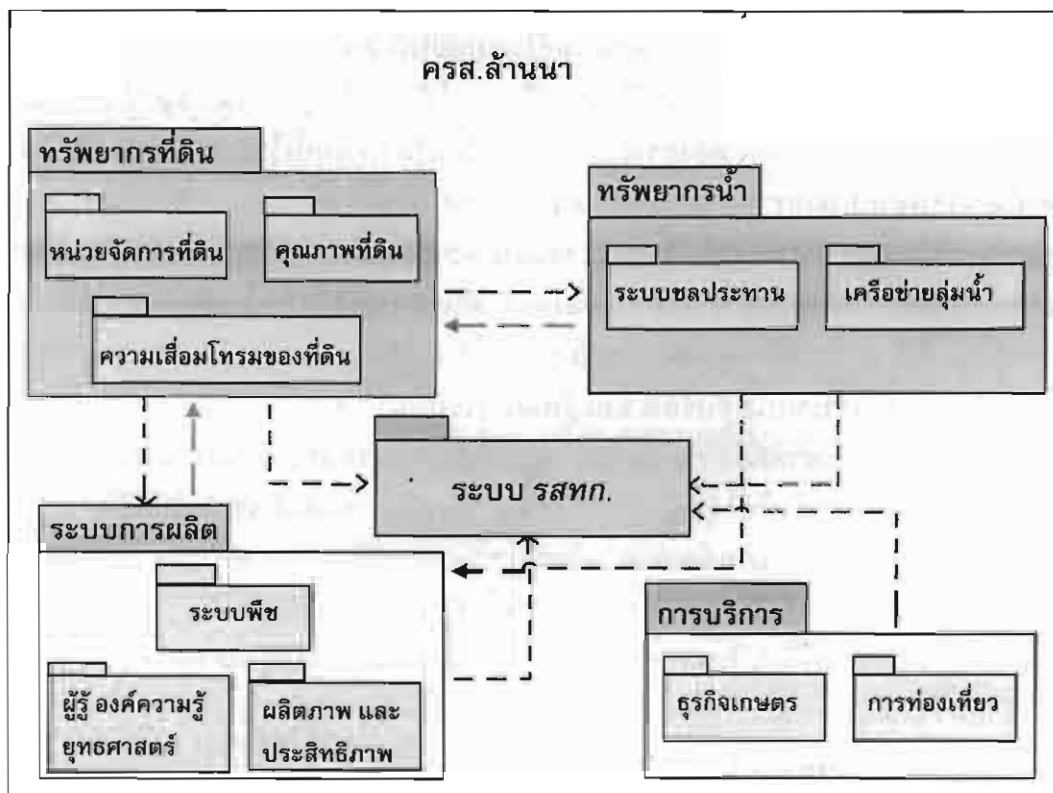
ระบบเรียกใช้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เพราะเป็นส่วนเชื่อมโยงระหว่างผู้กับข้อมูลเชิงพื้นที่และผลลัพธ์จากการวิเคราะห์สถานการณ์ แท้ที่จริงแล้วระบบภูมิสารสนเทศที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายต่างมีส่วนการนำเข้าข้อมูล การแสดงผล การสืบค้น การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ และการพิมพ์ผลลัพธ์ในรูปแบบที่ ตาราง หรือข้อความครบถ้วน อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดที่สำคัญของระบบดังกล่าวคือเมนูโต้ตอบกับผู้ใช้เป็นภาษาอังกฤษ มีองค์ประกอบของการใช้งานซับซ้อน ต้องการเวลาในการเรียนรู้มาก อีกทั้งในการเลือกพื้นที่ และชั้นข้อมูลที่พัฒนาขึ้นจากหน่วยงานต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ร่วมกันในงานบูรณาการทำได้ไม่สะดวก ทำให้เป็นอุปสรรคในการระดมความคิด การวางแผน ตลอดจนการใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ในการกระบวนการตัดสินใจ การพัฒนาระบบเรียกใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่อาจเป็นไปได้ในลักษณะเจาะจงตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ ข้อดีของการพัฒนาในลักษณะนี้คือผู้ใช้ไม่ต้องใช้เวลาเรียนรู้มากนัก เนื่องจากองค์ประกอบของระบบไม่ซับซ้อน และผู้พัฒนาระบบมักจัดทำเมนูการเรียกใช้จำนวนจำกัดเฉพาะเท่าที่ผู้ใช้เป้าหมายต้องการ ข้อจำกัดของการพัฒนาระบบเรียกใช้ที่เฉพาะเจาะจงเกินไปคือไม่สามารถตอบสนองกับกลุ่มผู้ใช้ที่กว้างขวางขึ้นและความต้องการของงานที่ต้องการบูรณาการข้อมูลหลากหลายประเภทดังเช่นการจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบเรียกใช้ที่สามารถทำงานร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศ โดยมีวัตถุประสงค์ให้เป็นระบบที่เปิดกว้างที่สามารถนำเข้าข้อมูลได้หลายรูปแบบ มีหน้าต่างอำนวยความสะดวกในการใช้เป็นภาษาไทย มีเครื่องมือการใช้งาน แสดงข้อมูลที่จัดเก็บไว้ สืบค้นข้อมูลอธิบายและข้อมูลเชิงพื้นที่ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ตลอดจนการแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบที่และตาราง พร้อมทั้งพิมพ์แผนที่ได้ตามต้องการ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการบูรณาการข้อมูลทรัพยากรเพื่อการผลิตทางการเกษตรและการบริการในระดับจังหวัด กลุ่มจังหวัด หรืองานจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ลุ่มน้ำสาขาและลุ่มน้ำย่อยระดับต่างๆ เป็นกรอบในการบูรณาการ ซึ่ง รศทก. เป็นระบบพัฒนาขึ้นเพื่อสนองความต้องการดังกล่าว

¹ ภาควิชาภูมิศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

แนวคิดในการพัฒนาระบบ รสทก.

แนวคิดที่สำคัญของการพัฒนาระบบ รสทก. คือการสร้างระบบที่สามารถบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอื่นที่เป็นผลลัพธ์ของกลุ่มโครงการในเครือข่าย ให้สามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกัน (รูปที่ 10-1) เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทรัพยากรกับระบบการผลิตในรูปของชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลอรรถาธิบาย และภาพเหตุการณ์จำลองที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต อันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม เทคโนโลยีการผลิต เป้าหมายในการผลิต การจัดสรรทรัพยากร หรือผลกระทบจากนโยบาย ทำให้การตัดสินใจในโครงการบูรณาการระดับจังหวัดหรือกลุ่มจังหวัดมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถสนองความต้องการของโครงการหรืองานอื่นที่ต้องการใช้งาน รสทก. เพื่อการแสดงผลและสืบค้นข้อมูลเชิงพื้นที่อันเป็นผลจากการวิเคราะห์หรือจำลองสถานการณ์ในโครงการเหล่านั้น



รูปที่ 10-1 ความเชื่อมโยงระหว่าง รสทก. และองค์ประกอบอื่นของโครงการ ครส.ลำนานา

การออกแบบ รสทก. จึงต้องคำนึงถึงความต้องการดังกล่าว ดังนั้นจึงมีกรอบแนวคิดหลัก คือ (1) ใช้ขีดความสามารถของระบบภูมิสารสนเทศ (2) จัดข้อมูลเป็นลำดับชั้น (3) เป็นระบบเปิด และ (4) ความสามารถในการบูรณาการชั้นข้อมูลทรัพยากร

การทำงานบนระบบภูมิสารสนเทศ

การเชื่อมโยงองค์ประกอบส่วนต่างๆ ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจเข้าด้วยกันเพื่อให้ผู้ใช้มีความสะดวกในการใช้งานเป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาระบบ รสทก. ความต้องการพื้นฐาน

ของระบบดังกล่าวคือ ระบบเรียกใช้ต้องทำงานร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS) ระบบที่ดีควรสามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับผู้ใช้หลายประเภท ดังนั้นจึงควรออกแบบให้มีโครงสร้างที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาระบบให้มีความซับซ้อนแตกต่างกันได้ ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ เช่น นักวางแผนจัดการทรัพยากรอาจต้องการเลือกแสดงข้อมูล โดยมีขอบเขตเป็นลุ่มน้ำระดับต่างๆ ในขณะที่ผู้วางแผนและนโยบายระดับจังหวัดต้องการข้อมูลที่แสดงภาพรวมของทรัพยากรและระบบการผลิตและบริการทางเกษตรโดยอาศัยขอบเขตการปกครองระดับต่างๆเป็นหลัก ระบบ *รศทก.* เชื่อมโยงส่วนต่างๆ ของโครงการ *ครส.ลำนนา* ให้สามารถบูรณาการกับโครงการอื่นที่นำข้อมูลเชิงพื้นที่ไปใช้ในการวิเคราะห์และแสดงผล ดังนั้นการพัฒนาระบบ *รศทก.* จึงต้องดำเนินการในระบบภูมิสารสนเทศ โดยมีส่วนเชื่อมโยงกับผู้ใช้เป็นภาษาไทยเพื่ออำนวยความสะดวกต่อการใช้งาน

การตัดสินใจเลือกระบบ GIS ที่จะใช้ในการพัฒนาระบบ *รศทก.* จะส่งผลกระทบต่อทั้งการพัฒนาและการใช้งานระบบ ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละระบบมีความต้องการใช้ทรัพยากร ชีตความสามารถในการใช้งาน และความยากง่ายในการใช้งานแตกต่างกัน ระบบ GIS ที่อาจใช้พัฒนาระบบ *รศทก.* ได้แก่

- (1) ArcView 3.2 และภาษา Avenue ระบบนี้ได้รับความนิยมในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีชุดคำสั่งพร้อมใช้งานด้านการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบายมากพอที่จะพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ ข้อจำกัดของโปรแกรมนี้นี้คือผู้ใช้จะต้องจัดหาโปรแกรม ArcView ประกอบการทำงานของระบบเรียกใช้และแสดงผล นอกจากนี้ผู้ผลิตโปรแกรม ArcView ได้ประกาศแล้วว่า จะไม่มีการพัฒนาโปรแกรมนี้ต่อไปในอนาคต
- (2) MapObjects และ Microsoft Visual Basic (VB) การพัฒนาระบบ *รศทก.* อาจทำได้โดยการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา VB เพื่อเรียกใช้ object ของข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบายตามที่ผู้ใช้ต้องการ ข้อดีของการพัฒนาในรูปแบบนี้คือผู้พัฒนาระบบสามารถคอมไพล์โปรแกรมการใช้งานโดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องจัดหาซอฟต์แวร์ GIS เพิ่มเติม อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการพัฒนาในแนวทางนี้คือชุดคำสั่งพร้อมใช้งานในโปรแกรม MapObjects มีจำนวนจำกัด ไม่สามารถครอบคลุมการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อประยุกต์ใช้งานในหลายลักษณะได้
- (3) ArcGIS และ Microsoft Visual Basic ทางเลือกนี้คล้ายคลึงกับทางเลือกที่ 2 แต่ ArcGIS มี object พร้อมใช้งานอยู่มากมายพอที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ใช้งานดังเช่นระบบ *รศทก.* ได้ ข้อดีอีกประการหนึ่งคือเมื่อพัฒนาระบบใช้งานโดยใช้โปรแกรมเหล่านี้แล้ว หากประสงค์จะดัดแปลงระบบเพื่อใช้งานในลักษณะอื่น เช่น จัดทำเป็น WebGIS เพื่อให้ผู้ใช้ไม่ต้องจัดหาซอฟต์แวร์ GIS เพิ่มเติมอาจทำได้สะดวกกว่าการพัฒนาตามแนวทางแรกและแนวทางที่สอง

หลังจากพิจารณาข้อดีข้อเสียตลอดจนความสามารถในการปรับเปลี่ยนให้เหมาะกับผู้ใช้ที่มีความต้องการที่แตกต่างกัน จึงเลือกใช้ object ที่มีอยู่ในโปรแกรม ArcGIS ในการพัฒนาระบบ รสทก. เพื่อให้มีองค์ประกอบในการจัดการ วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยมีชุดคำสั่งที่เขียนด้วยโปรแกรม VB ในการเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้และฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ รวมทั้งส่วนการวิเคราะห์ต่างๆ ในแต่ละระบบย่อยของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ในขณะที่ผู้ใช้ทั่วไปไม่จำเป็นต้องมีความรู้และความชำนาญในการใช้งาน ArcGIS ส่วนผู้ใช้ที่มีระบบภูมิสารสนเทศ ArcGIS อยู่แล้ว สามารถติดตั้งระบบ รสทก. เพื่อใช้งานได้ตามรายละเอียดในคู่มือการใช้งานระบบ รสทก. (ชาฤทธิและเมธี, 2548)

รูปที่ 10-2 เป็นหน้าต่างแรกเมื่อผู้ใช้เรียกใช้งาน รสทก. และเมื่อเข้าสู่โปรแกรมจะมีหน้าต่างแสดงเมนูหลักให้เลือก ได้แก่ (1) เข้าสู่โปรแกรม (2) นำเข้าข้อมูล (3) เข้าสู่ ArcMap (4) กำหนด Alias Field เพื่อตั้งชื่อฟิลด์ในตารางข้อมูลให้เป็นภาษาไทย (5) ออกจากโปรแกรม และ (6) กำหนดค่าโปรแกรม เพื่อเปลี่ยนรูปลักษณะของรูปหน้าต่างตอนบนเมนูหลัก (รูปที่ 10-3) และคำอธิบายรายละเอียดบางประการของ รสทก. (รูปที่ 10-4) ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการให้รูปลักษณะของหน้าต่าง รสทก. ให้สอดคล้องกับการใช้งานเฉพาะโครงการ นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถเชื่อมโยงการใช้งานเข้าสู่โปรแกรมอื่นได้ โดยเพิ่มเติมลงในหน้าต่างโปรแกรมเสริม (รูปที่ 10-5) ดังรายละเอียดในคู่มือการใช้งาน รสทก. (ชาฤทธิและเมธี, 2548)



รูปที่ 10-2 หน้าต่างแรกของระบบ รสทก. ก่อนเข้าสู่ส่วนทำงาน



รูปที่ 10-3 องค์ประกอบของหน้าต่างเมนูหลัก



รูปที่ 10-4 หน้าต่างแจ้งรายละเอียดข้อมูล



รูปที่ 10-5 หน้าต่างโปรแกรมเสริม

การจัดข้อมูลเป็นลำดับชั้น

ระบบเกษตรและทรัพยากรมืองค์ประกอบที่ซับซ้อน การเรียกใช้และการสืบค้นข้อมูลจะง่ายต่อการใช้และความเข้าใจโดยการจัดลำดับชั้นของระบบตาม *ขอบเขตการปกครองและขอบเขตลุ่มน้ำ* การจัดลำดับชั้นแบบแรกเหมาะกับงานบูรณาการระดับกลุ่มจังหวัด จังหวัด อำเภอ และตำบล ส่วนการจัดลำดับชั้นแบบที่สองเหมาะกับงานบูรณาการที่อาศัยทรัพยากรเป็นฐาน เช่น การจัดการลุ่มน้ำในเชิงบูรณาการที่เป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์การจัดการทรัพยากรธรรมชาติของประเทศ

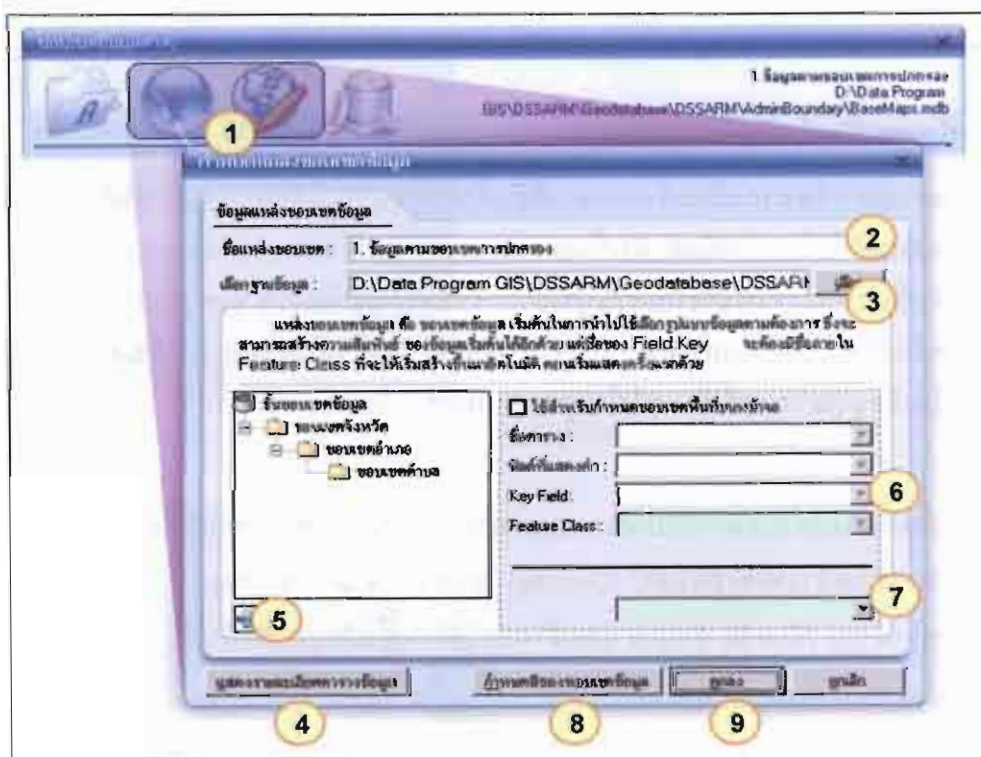
การเลือกพื้นที่ตามขอบเขตการปกครองและลุ่มน้ำจะสามารถทำได้ต่อเมื่อมีการเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยการวิเคราะห์เชิงซ้อนทับ (Overlay) แบบระบุตัวตนได้ (Identity) ระหว่างชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครอง (จังหวัด อำเภอ และตำบล) เข้ากับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ทุกชั้นข้อมูลที่เป็นประเภท Feature แบบ Polygon และจะนำเข้ามาใช้งานใน *รสถก.* ผลลัพธ์จะได้หน่วยแผนที่ย่อยที่สามารถระบุได้ว่าอยู่ในขอบเขตการปกครองใดในลำดับชั้นต่างๆ ตั้งแต่จังหวัด อำเภอ และตำบล ทั้งนี้ได้ใช้รหัสมาตรฐานของกรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย (กรมการพัฒนาชุมชน, 2546) เพื่อกำกับหน่วยพื้นที่ที่เป็นขอบเขต จังหวัด อำเภอ และตำบล สำหรับการแสดงผล

ตามลำดับชั้นลุ่มน้ำได้ใช้ขอบเขตลุ่มน้ำจากการกำหนดเขตและให้รหัสกำกับลุ่มน้ำในลำดับชั้นต่าง ๆ จากงานวิจัยการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ (ปิ่นเพชร และคณะ, 2548)

การกำหนดลำดับชั้นของขอบเขตที่ใช้เป็นกรอบในการแสดงชั้นข้อมูลในรูปของแผนที่ดำเนินการโดยเลือกเมนูนำเข้าข้อมูล (รูปที่ 10-6) จากนั้นจึงดำเนินการตามขั้นตอนสรุปในรูปที่ 10-7 และรายละเอียดในคู่มือการใช้งาน รสทก.



รูปที่ 10-6 แสดงปุ่มสำหรับคลิกเพื่อเปิดหน้าต่างนำเข้าข้อมูล

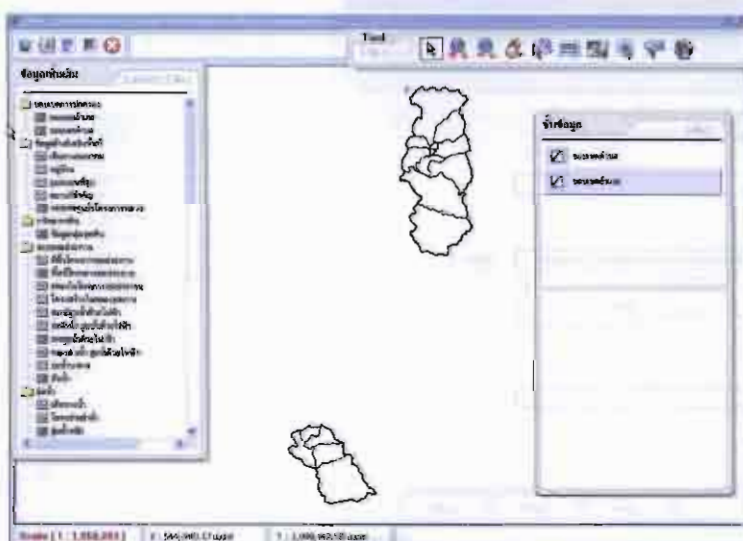


รูปที่ 10-7 หน้าต่างแสดงขั้นตอนการสร้างลำดับชั้นของขอบเขตที่ใช้เป็นกรอบในการแสดงชั้นข้อมูลเป็นแผนที่ใน รสทก.

เมื่อสร้างขอบเขตดังกล่าวแล้วผู้ใช้สามารถเลือกพื้นที่ในลำดับชั้นใดเพื่อแสดงข้อมูลได้ เช่น หากสร้างขอบเขตอ้างอิงตามขอบเขตการปกครองเป็นจังหวัด อำเภอ และตำบล ผู้ใช้สามารถเรียกแสดงข้อมูลได้ภายในระดับจังหวัด หรืออำเภอ หรือตำบล ตัวอย่างในรูปที่ 10-8 เป็นการแสดงหน้าต่าง รสทก. ในส่วนที่ให้ผู้ใช้เลือกพื้นที่เป้าหมายถึงระดับตำบล ในกรณีนี้ผู้ใช้เลือกตำบลช่วงเปา อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ผู้ใช้อาจเลือกพื้นที่เป้าหมายที่อยู่ต่างจังหวัดกันได้ เช่น เลือกพื้นที่ในอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเปรียบเทียบกับอำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน เป็นต้น หลังจากเลือกพื้นที่เป้าหมายแล้ว รสทก. จะแสดงขอบเขตพื้นที่เป้าหมายที่เลือกบนส่วนการแสดงผล หลังจากนั้นผู้ใช้สามารถเลือกชั้นข้อมูลเพื่อนำไปแสดงภายในขอบเขตพื้นที่เป้าหมายดังกล่าว ดังเช่นการเลือกแสดงขอบเขตตำบลในพื้นที่เป้าหมายในรูปที่ 10-9



รูปที่ 10-8 หน้าต่างแสดงส่วนการเลือกพื้นที่เป้าหมายตามลำดับชั้นของขอบเขตการปกครอง ได้แก่ ตำบลช่วงเปา อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

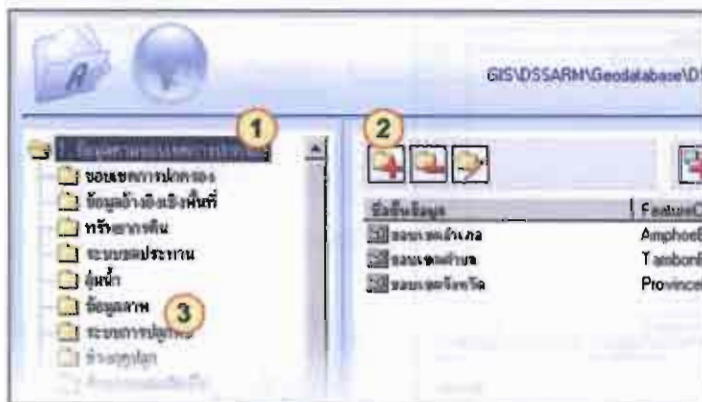


รูปที่ 10-9 หน้าต่างแสดงผลการเลือกพื้นที่สองอำเภอเป็นกรอบในการแสดงแผนที่ ได้แก่ อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน

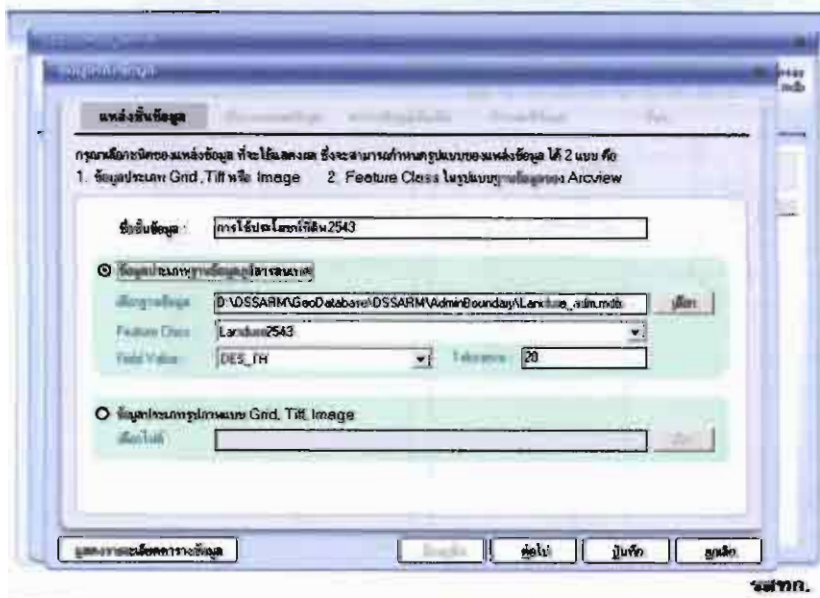
การออกแบบให้เป็นระบบเปิด

เนื่องจากข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความหลากหลายทั้งในด้านรูปแบบโครงสร้างชั้นข้อมูล การตั้งชื่อฐานข้อมูล ชื่อตาราง ชื่อฟิลด์ และการให้ประเภทและสีของสัญลักษณ์บนแผนที่ ดังนั้นระบบ รสทก. ได้รับการออกแบบให้เป็นระบบเปิด กล่าวคือมีความยืดหยุ่นในการจัดชั้นข้อมูลเป็นกลุ่มตามหัวข้อเรื่อง และในการนำเข้าชั้นข้อมูลที่มีความหลากหลายดังกล่าว

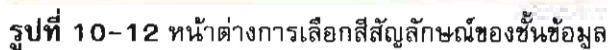
วัตถุประสงค์ของการสร้างกลุ่มข้อมูลตามหัวข้อเรื่อง เพื่อต้องการแยกกลุ่มข้อมูลที่จะนำมาแสดงผลในระบบ รสทก. ออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้ง่ายต่อการเรียกใช้ข้อมูล ตัวอย่างในรูปที่ 10-10 แสดงให้เห็นถึงการแบ่งกลุ่มข้อมูลย่อยออกเป็นหลายกลุ่มตามประเภทข้อมูลอ้างอิงและข้อมูลทรัพยากรทางเกษตร จากนั้นจึงนำเข้าชั้นข้อมูลที่ต้องการในแต่ละหัวข้อโดยอาศัยหน้าต่างนำเข้าชั้นข้อมูล (รูปที่ 10-11) แล้วจึงเลือกสัญลักษณ์ของข้อมูลประเภท Feature (รูปที่ 10-12) รายละเอียดเพิ่มเติมการนำเข้าข้อมูลได้จากคู่มือการใช้งาน รสทก.



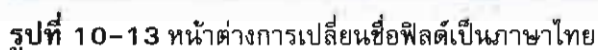
รูปที่ 10-10 หน้าต่างจัดกลุ่มชั้นข้อมูลตามหัวข้อเรื่อง

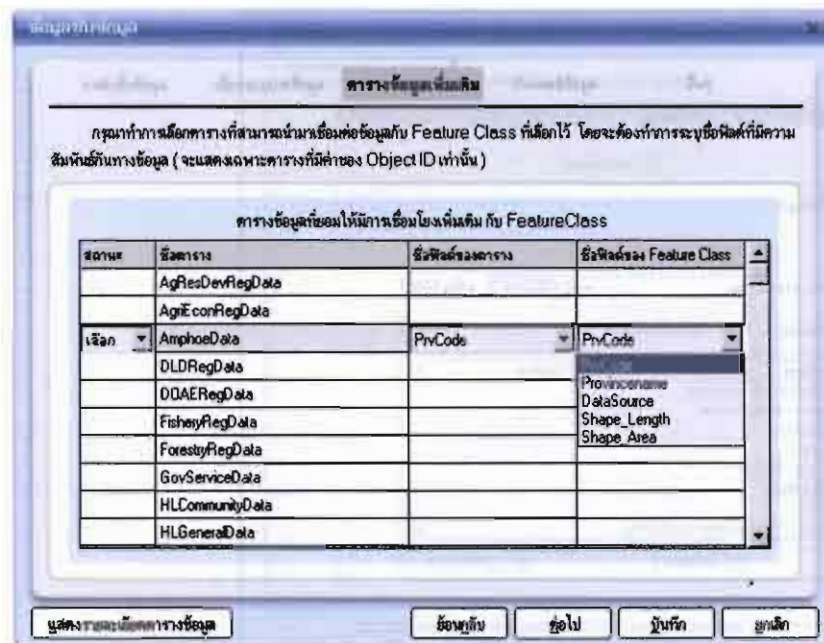


รูปที่ 10-11 หน้าต่างการนำเข้าชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศประเภทที่มีรูปร่างแนชต์ (Feature)



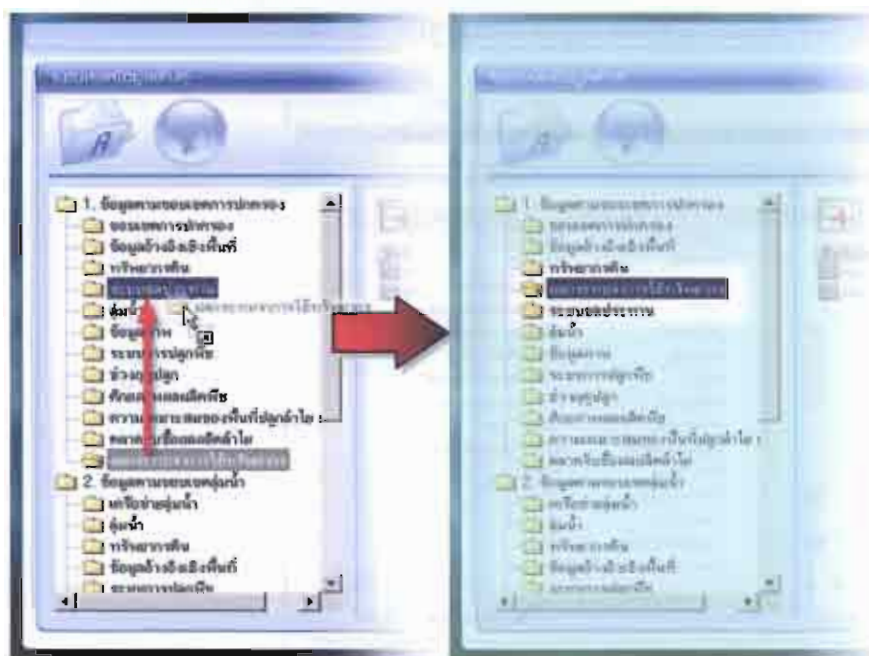
นอกจากจะกำหนดชั้นข้อมูลที่จะนำเข้าได้เองแล้ว ผู้ใช้สามารถกำหนดชื่อฟิลด์เป็นภาษาไทยได้ (รูปที่ 10-13) ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการสื่อสารกับผู้ใช้งานในการประชุมร่วมกัน สำหรับกรณีที่ผู้ใช้ต้องการเชื่อมตารางเพิ่มเติมเข้ากับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถทำได้โดยเลือกเมนู “ตารางข้อมูลเพิ่มเติม” (รูปที่ 10-14) ตารางข้อมูลเพิ่มเติมคือตารางอธิบายที่ไม่มีข้อมูลที่มีรูปทรงเรขาคณิตอยู่ภายใน แต่สามารถนำเอาข้อมูลมาเชื่อมต่อเข้ากับ Feature class ได้ เพื่ออธิบายรายละเอียดเพิ่มเติม ผู้ใช้จะสามารถเลือกกำหนดได้ว่าตารางใดบ้างสามารถเชื่อมต่อเข้ากับ Feature class และใช้ฟิลด์ใดในการเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน (รูปที่ 10-14)





รูปที่ 10-14 หน้าต่างการนำเข้าตารางอธิบายเพิ่มเติม

ความยืดหยุ่นอีกประการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้คือการจัดเรียงลำดับชั้นข้อมูลใหม่หลังจากที่นำเข้าชั้นข้อมูลแล้ว ในบางครั้งการนำเข้าชั้นข้อมูลอาจจะดำเนินการแบบไม่มีการจัดลำดับก่อนหลังตามกลุ่มข้อมูลที่สัมพันธ์กัน ซึ่งอาจจะเกิดปัญหาทำให้ลำดับเนื้อหาที่ไม่ต่อเนื่องกันหรือเรื่องราวไม่สัมพันธ์กัน ดังนั้นโปรแกรมจึงเพิ่มส่วนของการจัดเรียงลำดับของข้อมูลหรือชั้นข้อมูลภายในกลุ่ม วิธีการจัดเรียงชั้นข้อมูลทำได้ง่ายโดยใช้เมาส์ลาก (Drag) กลุ่มข้อมูลหรือชั้นข้อมูลไปวางในลำดับที่ต้องการ ดังตัวอย่างรูปที่ 10-15



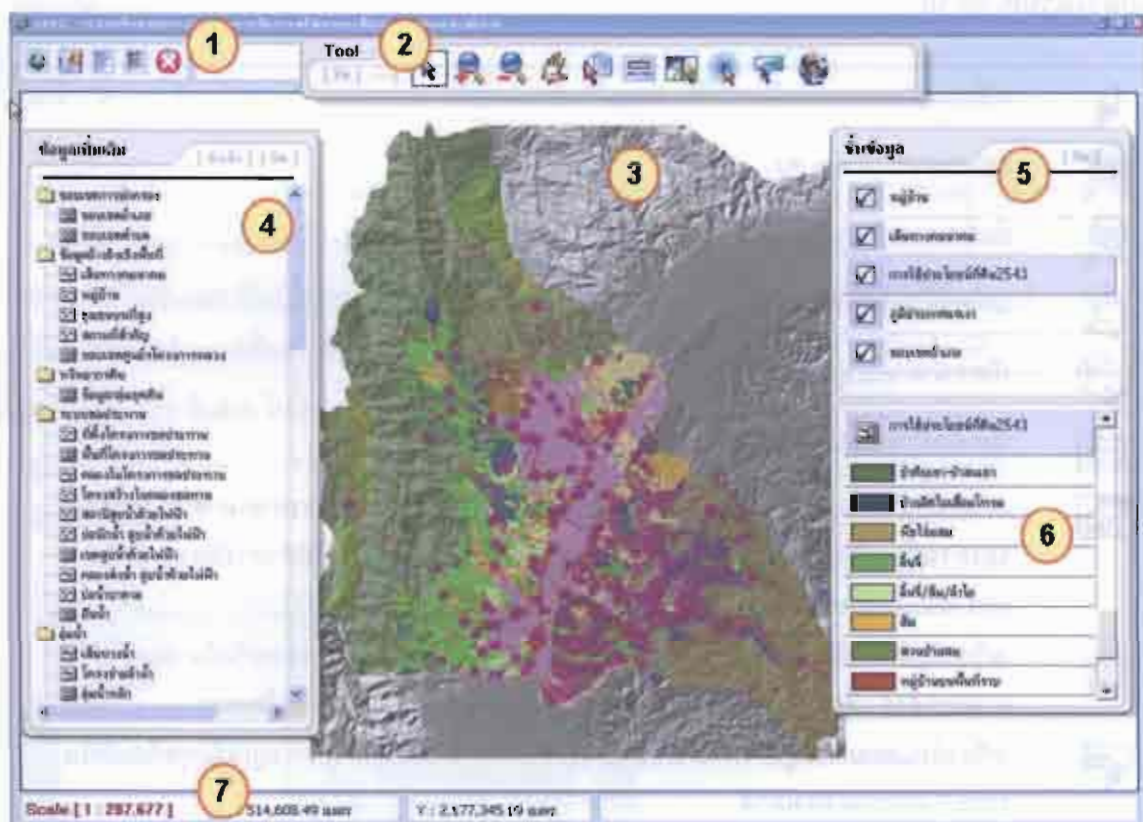
รูปที่ 10-15 การเรียงลำดับชั้นข้อมูลใหม่ในหน้าต่างรายการชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่

การบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่

ระบบ รสทก. ได้รับการออกแบบให้นำชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่จัดเก็บในรูปแบบ Geodatabase เข้ามาใช้ในการระบบพร้อมกันได้หลายชั้นข้อมูล โดยมีองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยในงานบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่คือ (1) ส่วนการแสดงผล (2) ส่วนการสืบค้นจากตารางอธิบายและตารางสัมพันธ์ (3) ส่วนการสืบค้นจากข้อมูลเชิงพื้นที่

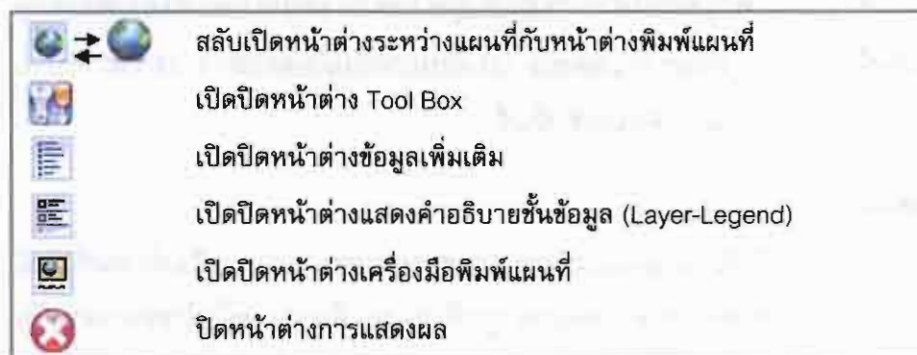
ส่วนการแสดงผล

ส่วนการแสดงผลคือส่วนที่ใช้แสดงผลแผนที่และส่วนของการออกแบบการพิมพ์แผนที่ ซึ่งมีองค์ประกอบ 7 ส่วนเพื่อช่วยในการจัดการและแสดงผล (รูปที่ 10-16) คือ (1) หน้าต่างหลักสำหรับเปิด-ปิดหน้าต่างเครื่องมืออื่น (2) ส่วนเครื่องมือช่วยการแสดงผล (3) ส่วนพื้นที่แสดงผลแผนที่ (4) ส่วนแสดงกลุ่มข้อมูลและชั้นข้อมูลเพิ่มเติมพร้อมใช้งาน (5) ส่วนแสดงรายการชั้นข้อมูลที่ได้นำเข้าใช้งาน (6) ส่วนการแสดงคำอธิบายสัญลักษณ์แผนที่ และ (7) ส่วนกำหนดมาตราส่วนของแผนที่ และแสดงค่าพิกัด x และ y ในระบบ UTM ณ ตำแหน่งที่ปลายลูกศรของเมาส์อยู่บนแผนที่



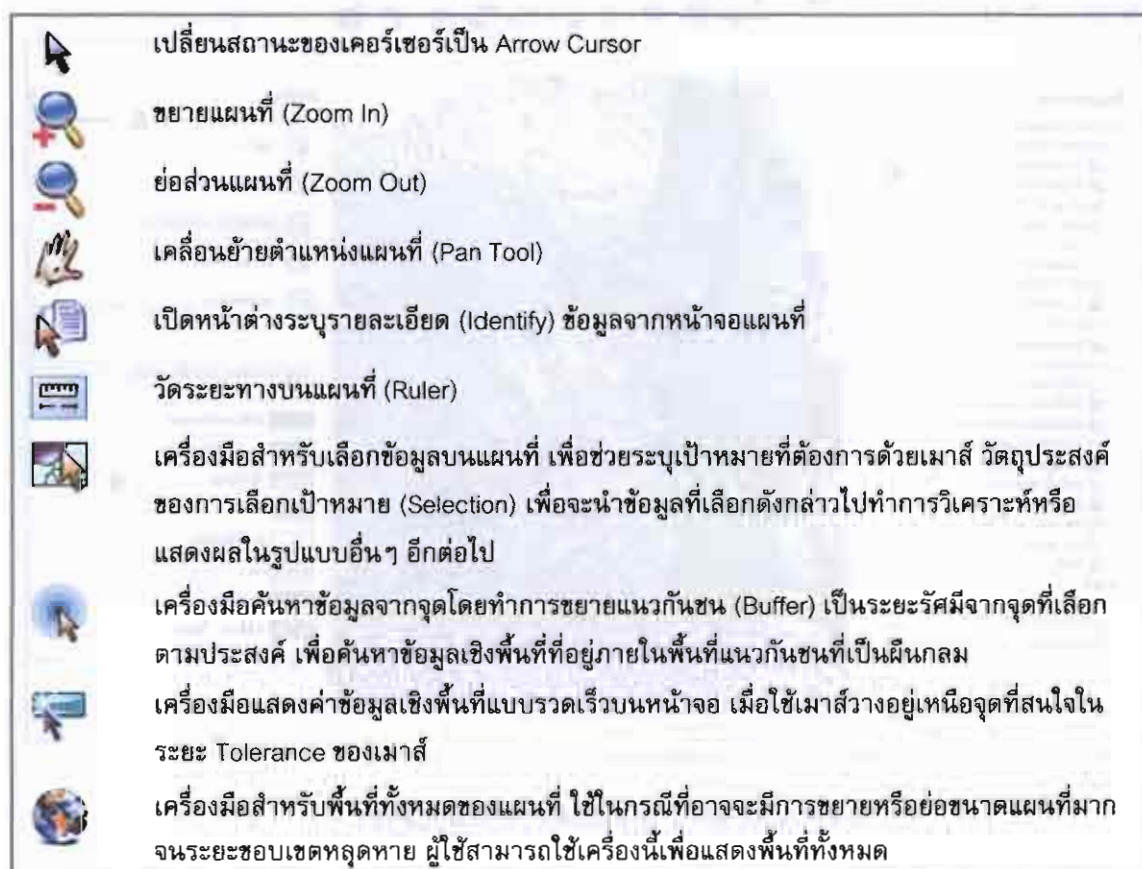
รูปที่ 10-16 หน้าต่างการแสดงผลของ รสทก. พร้อมองค์ประกอบส่วนต่างๆ

หน้าต่างส่วนการแสดงผลจะเปิดเมื่อผู้ใช้กดปุ่มตกลงเลือกพื้นที่เป้าหมายแล้ว หน้าต่างส่วนที่ (1) มีไว้เปิดปิดเครื่องมือและหน้าต่างในส่วนอื่นดังอธิบายการทำงานโดยย่อในรูปที่ 10-17

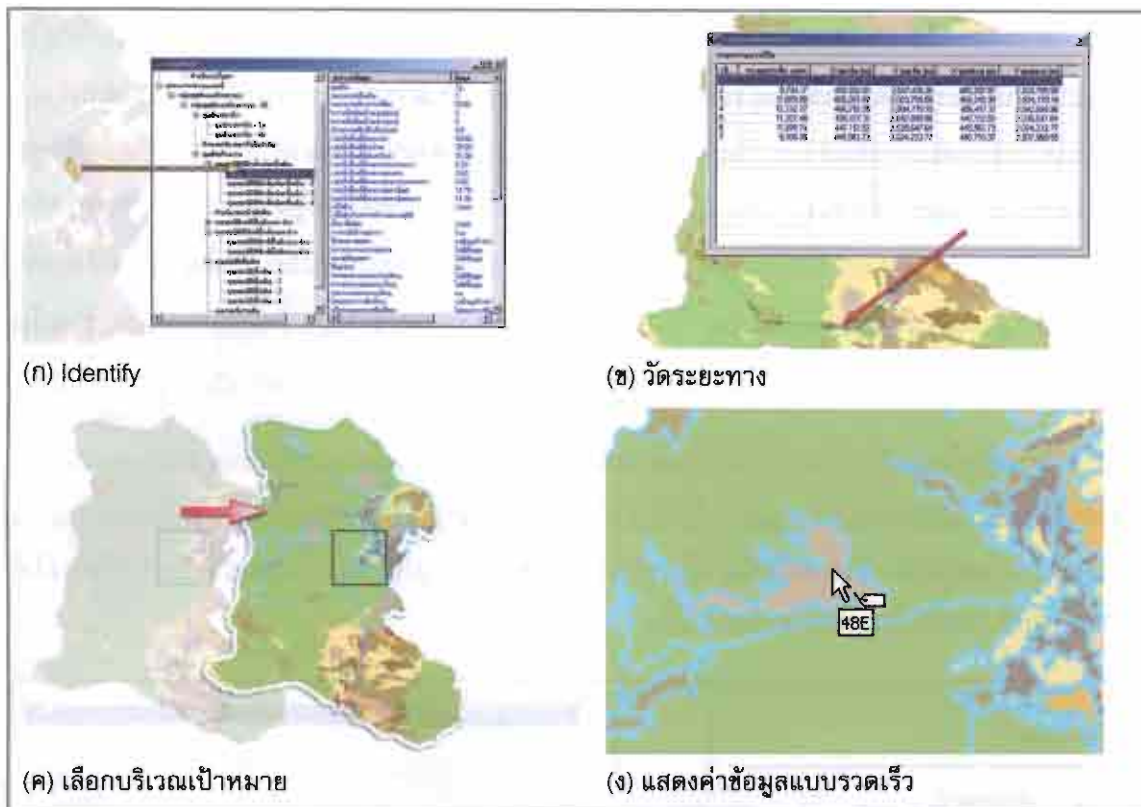


รูปที่ 10-17 การใช้งานของหน้าต่างหลักในส่วนการแสดงผล

หน้าต่างหลักสามารถเปิดปิดหน้าต่างส่วนที่ (2) ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือช่วยงานแสดงผลในรูปแบบต่างๆ ดังรูปที่ 10-18 สำหรับตัวอย่างผลลัพธ์ของการใช้เครื่องมือบางประเภทแสดงในรูปที่ 10-19



รูปที่ 10-18 เครื่องมือช่วยงานแสดงแผนที่



รูปที่ 10-19 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้งานเครื่องมือบนหน้าต่างแสดงผล

ผู้ใช้สามารถสร้างแนวกันชนจากเครื่องมือในรูปที่ 10-18 เมื่อกำหนดจุดโดยการคลิกเมาส์ที่หน้าจอภาพแล้ว โปรแกรมจะเปิดหน้าต่างสร้างแนวกันชน โดยให้ผู้ใช้กำหนดความกว้างของแนวกันชนและชั้นข้อมูลที่ต้องการค้นหาว่าวัตถุใดอยู่ภายในแนวกันชนที่ได้ระบุแล้ว จากนั้นโปรแกรมจะทำการค้นหาและวาดขอบเขตของวัตถุที่พบตามเงื่อนไขดังกล่าว รูปที่ 10-20 แสดงจุดเริ่มต้น (จุดสีแดง) ในการสร้างแนวกันชนรัศมีกว้าง 1,000 เมตร แล้วทำการค้นหากลุ่มชุดดินที่อยู่ภายในขอบเขตนี้อย่างสมบูรณ์ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงเป็นแผนที่ขอบเขตของกลุ่มชุดดินดังกล่าว (เส้นขอบสีฟ้า)



รูปที่ 10-20 การกำหนดจุดเป้าหมายและผลการค้นหากลุ่มชุดดินที่อยู่ในรัศมี 1,000 เมตร

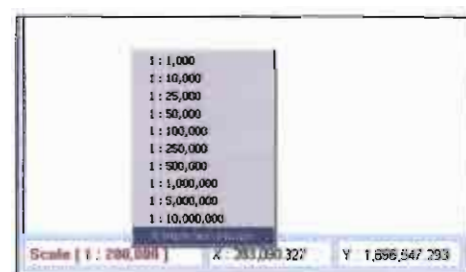
จากรูปที่ 10-16 ส่วนการแสดงผล (ส่วนที่ (3)) เป็นส่วนที่ใช้แสดงชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ผู้ใช้เลือกจากรายการชั้นข้อมูลที่มีอยู่ในส่วนที่ (4) รสทก. สามารถแสดงชั้นข้อมูลประเภทต่างๆ ร่วมกันได้โดยอาศัยการจัดลำดับชั้นข้อมูลที่น่าจะแสดงผลโดยการใช้เมาส์เลื่อนแถบชื่อชั้นข้อมูลขึ้นลงในหน้าต่างแสดงชั้นข้อมูล (ส่วนที่ (5)) และอาศัยหลักที่ว่าให้ชั้นข้อมูลประเภทราสเตอร์หรือชั้นข้อมูลประเภท Feature ที่เป็น Polygon อยู่ชั้นล่าง เนื่องจากข้อมูลประเภทนี้มีการให้สีที่บ่งทำให้บดบังข้อมูลที่เป็น Point และ Line ในกรณีที่ต้องแสดงข้อมูลราสเตอร์ และ Polygon ร่วมกัน ให้ใช้เครื่องมือควบคุมความโปร่งใสและความสว่างของสีในหน้าต่างส่วนที่ (5) ช่วย (รูปที่ 10-21)

ตัวอย่างในรูปที่ 10-16 เป็นการแสดงชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบนภูมิประเทศแรงเงา โดยอาศัยเครื่องมือกำหนดความโปร่งใสของภาพช่วยให้สามารถเห็นการใช้ประโยชน์ที่ดินบนภูมิประเทศโดยไม่มีการบดบังกัน เมื่อนำเอาชั้นข้อมูลหมู่บ้านและถนนวางซ้อนทับ จะให้ข้อสนเทศบริเวณพื้นที่เป้าหมายเพิ่มเติมขึ้น



รูปที่ 10-21 เครื่องมือควบคุมความโปร่งใสและความสว่างของสี

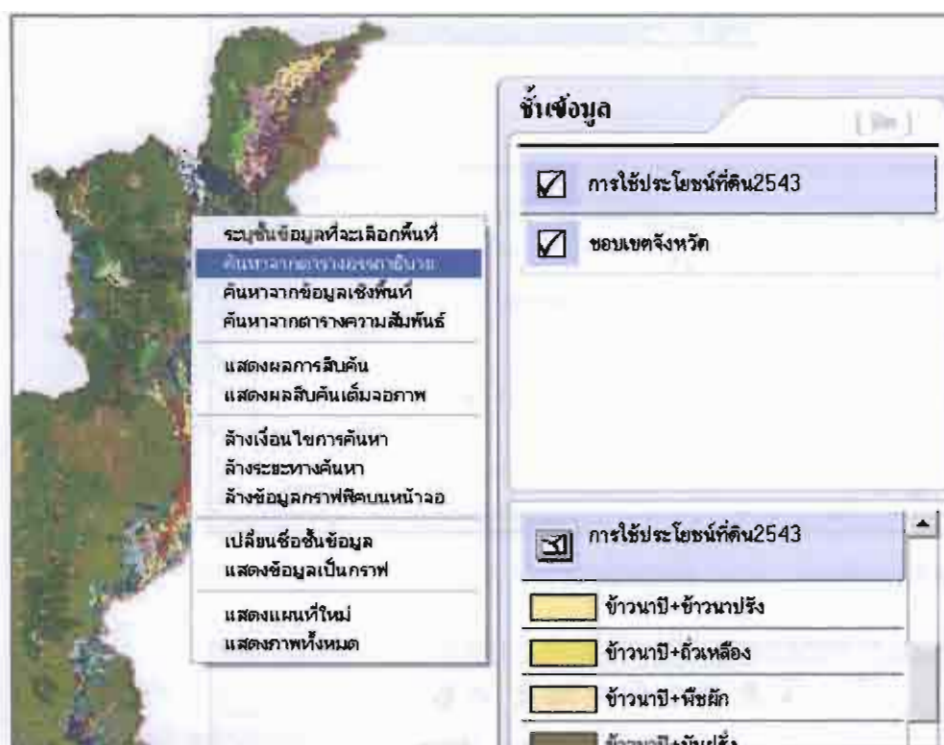
หน้าต่างการแสดงผลส่วนที่ (6) เป็นการอธิบายสัญลักษณ์ของสิ่งที่ปรากฏในชั้นข้อมูลแต่ละชั้น ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกแสดงสัญลักษณ์ที่ละชั้นข้อมูลหรือหลายชั้นข้อมูลรวมกันได้ นอกจากนี้ยังมีหน้าต่างที่เป็นเครื่องมือที่ให้ผู้เลือกใช้เลือกแสดงแผนที่ตามมาตราส่วนที่ต้องการ (รูปที่ 10-22) หน้าต่างนี้จะปรากฏทางด้านล่างของจอภาพดังปรากฏในส่วนที่ (7) ของรูปที่ 10-16



รูปที่ 10-22 เครื่องมือกำหนดมาตราส่วนที่ต้องการแสดงและค่าพิกัดของจุดที่สนใจ

การสืบค้นตารางอรรถาธิบาย

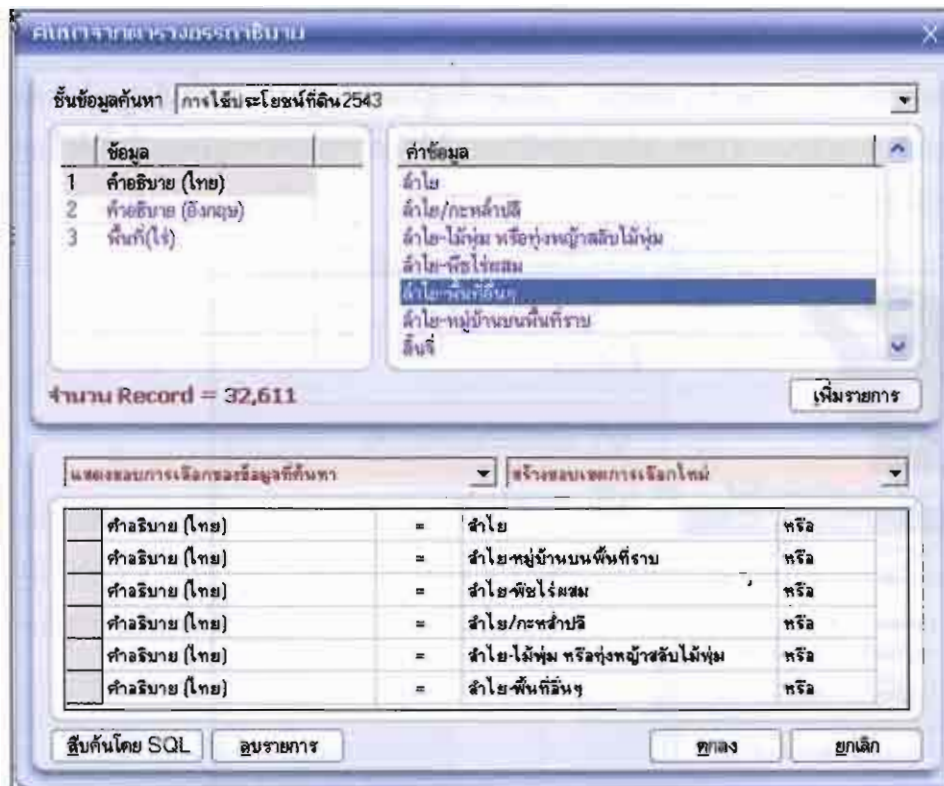
การค้นหาจากตารางอรรถาธิบายเป็นการค้นหาข้อมูลแบบเจาะจงจากชั้นข้อมูลที่กำลังแสดงผลบนหน้าจอภาพในระบบ รสทก. เมื่อผู้ใช้คลิกเมาส์ด้านขวาจะปรากฏเมนูเพื่อให้เลือกชนิดการค้นหา (รูปที่ 10-23)



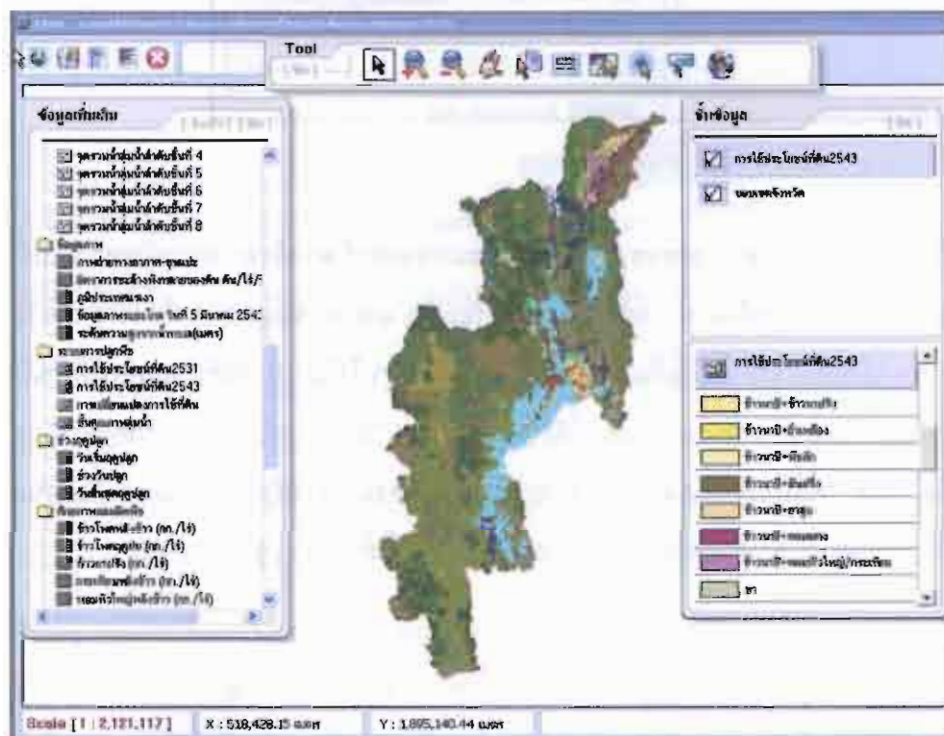
รูปที่ 10-23 การเรียกเมนูการค้นหาจากตารางอรรถาธิบาย

เมื่อผู้ใช้เลือก **ค้นหาจากตารางอรรถาธิบาย** โปรแกรมจะเปิดหน้าต่างการค้นหา (รูปที่ 10-24) ที่ผู้ใช้จะต้องระบุชั้นข้อมูลที่ต้องการค้นหา ฟิลด์ที่จะค้น และค่าข้อมูลตามเงื่อนไขเฉพาะ เช่น =, <, > หรือ <> เป็นต้น ในกรณีนี้ชั้นข้อมูลที่ต้องการค้นหา ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2543 และต้องการค้นหาฟิลด์ **คำอธิบาย (ไทย)** ที่มีค่าข้อมูลเป็น "ลำไย" หรือ "ลำไยผสมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น" โปรแกรมจะดำเนินการค้นหาพร้อมทั้งแสดงผลการค้นหาเป็นแผนที่โดยจะวาดกรอบสีฟ้าบนพื้นที่ปลูกลำไยในจังหวัดเชียงใหม่ตามเงื่อนไขที่ใช้ค้นหา (รูปที่ 10-25)

ผู้ใช้อาจเรียกดูข้อมูลสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) โดยการเลือกแถบ **ดูสถิติข้อมูล** จากหน้าต่างแสดงผลการสืบค้นในรูปที่ 10-26 โปรแกรมจะเปิดหน้าต่างใหม่เพื่อให้ผู้ใช้ระบุข้อมูลที่ต้องการดูสถิติค่าจำนวน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าที่ผู้ใช้กำหนดว่าจะไม่นำมาคิดสถิติ เช่น ระหว่าง 0-1.0 ไร่ เป็นต้น



รูปที่ 10-24 หน้าต่างการค้นหาจากตารางอัตราภาษี



รูปที่ 10-25 พื้นที่ปลูกลำไย (สีฟ้า) ในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ที่ได้จากการค้นหาในตารางอัตราภาษี

รูปที่ 10-26 ค่าสถิติพื้นฐานของพื้นที่ปลูกกล้วยในจังหวัดเชียงใหม่

ผู้ใช้อาจเรียกแสดงสถิติของข้อมูลก็ประเภทก็ได้โดยการระบุจำนวนแถวของข้อมูลและเขตข้อมูลที่ต้องการแสดงสถิติดังกล่าวข้างต้น ตัวอย่างในรูปที่ 10-27 เป็นการเรียกดูสถิติข้อมูลทั่วไป 12 ประเภทของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 14 ศูนย์ ได้แก่ พื้นที่ทั้งหมด พื้นที่เกษตร จำนวนหมู่บ้าน จำนวนครัวเรือน จำนวนประชากร อัตราการเกิด อัตราการตาย รายได้ประเภทต่างๆ เป็นต้น ชี้ความสามารถของ รสทก. จึงเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนยุทธศาสตร์ในระดับจังหวัดหรือลุ่มน้ำที่มีการจัดเก็บข้อมูลอธิบายหน่วยการปกครองหรือลุ่มน้ำในระดับต่างๆ

จังหวัด (อำเภอ)	ตำบล	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
เชียงใหม่ (1)	เชียงใหม่	58	5,375.8	103,300.0	48,227.2	47,847.8	47,847.8	647,331.3	
เชียงใหม่ (2)	เชียงใหม่	10	477.0	23,543.0	9,056.0	9,160.3	9,160.3	30,000.0	
เชียงใหม่ (3)	เชียงใหม่	19	3.0	20.0	5.2	8.2	8.2	50.0	
เชียงใหม่ (4)	เชียงใหม่	11	92.9	1,494.0	424.5	451.5	451.5	6,890.0	
เชียงใหม่ (5)	เชียงใหม่	16	254.0	7,881.0	3,216.2	2,380.8	2,380.8	45,027.0	
เชียงใหม่ (6)	เชียงใหม่	10	1.0	10.0	4.0	3.0	3.0	91.0	
เชียงใหม่ (7)	เชียงใหม่	2	1.0	1.0	0.2	2.0	2.0	26.0	
เชียงใหม่ (8)	เชียงใหม่	14	17,383.0	38,977.0	30,944.6	5,025.3	431,798.4		
เชียงใหม่ (9)	เชียงใหม่	15	100.0	17,403.0	9,574.0	4,004.5	131,648.1		
เชียงใหม่ (10)	เชียงใหม่	10	3,141.7	25,300.0	14,477.1	6,540.3	207,679.3		
เชียงใหม่ (11)	เชียงใหม่	14	5,375.8	103,300.0	48,227.2	47,847.8	47,847.8	647,331.3	

รูปที่ 10-27 การเรียกดูสถิติข้อมูลทั่วไป 12 ประเภทของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงจำนวน 14 ศูนย์

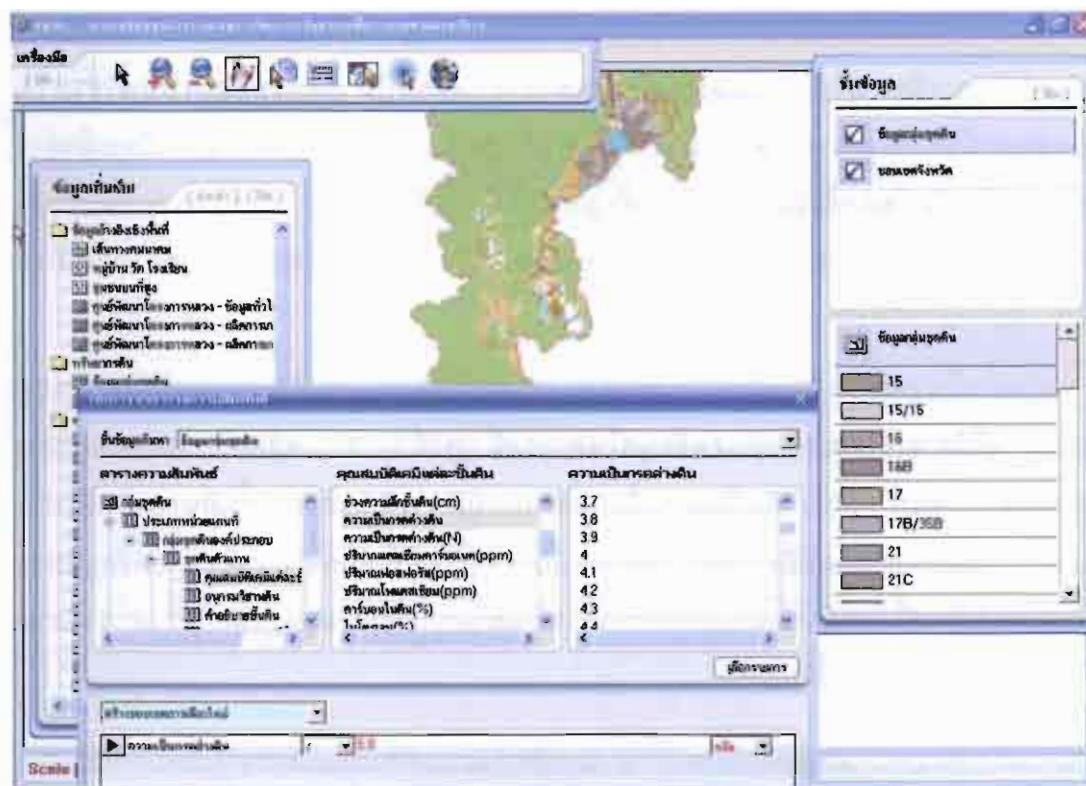
การสืบค้นจากตารางความสัมพันธ์

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศที่พัฒนาในโครงการ **ครส.ล้านนา** (ระบบกลาง) ได้รับการออกแบบให้เป็นตารางสัมพันธ์ (Relation tables) เพื่อความสะดวกและมีประสิทธิภาพในการแก้ไขเพิ่มเติมข้อมูลในอนาคต ดังนั้นในการสืบค้นและแสดงผลข้อมูลประเภทนี้ใน **รศทก.** จึงต้องมีการออกแบบต่างจากการสืบค้นจากตารางอธิบายที่มีความสัมพันธ์กับฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One relationship) ตัวอย่างของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศประเภท One-to-Many ได้แก่ ฐานข้อมูลดินที่สร้างขึ้นจากสมบัติของชุดดินจัดตั้ง (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2542ก, 2542ข, 2542ค, 2542ง)

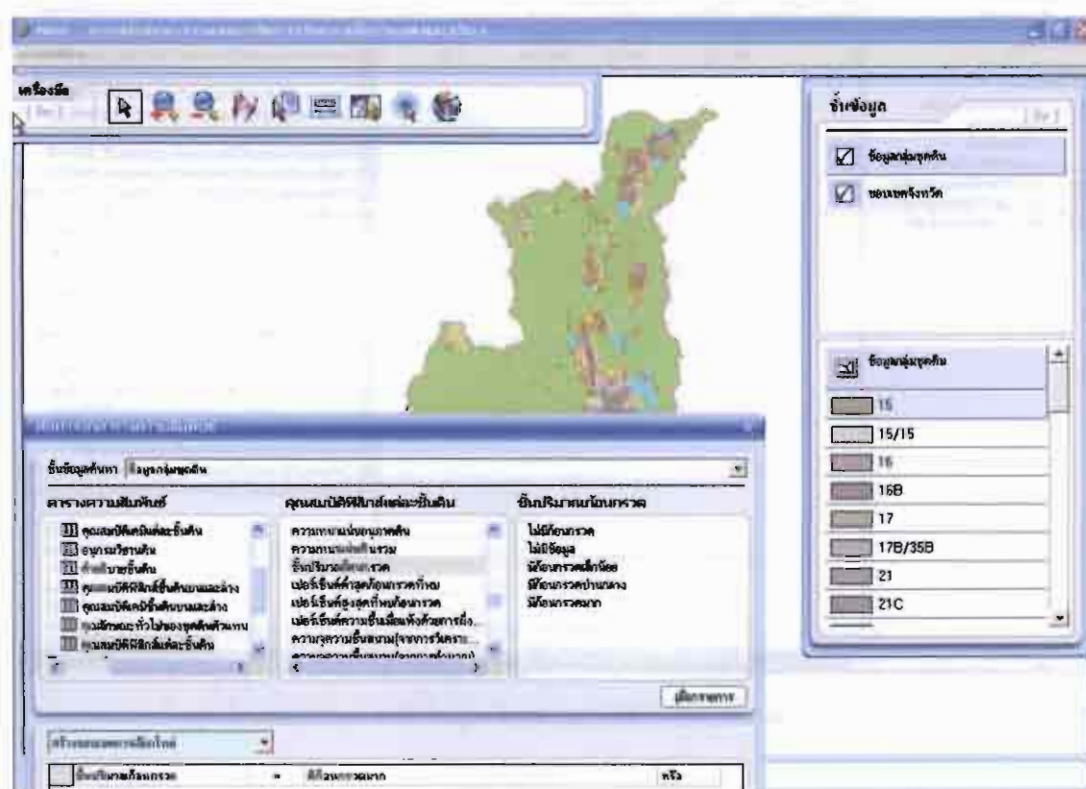
ในการค้นหาข้อมูลจากตารางความสัมพันธ์ ผู้ใช้ต้องเลือกชั้นข้อมูลที่ต้องการ เช่น กลุ่มชุดดิน เพื่อแสดงบนหน้าจอภาพแล้วจึงคลิกเมาส์ทางด้านขวาเพื่อเรียกหน้าต่างที่มีเมนู **สืบค้นจากตารางความสัมพันธ์** (รูปที่ 10-28) เมื่อเลือกเมนูดังกล่าวแล้ว โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างการสืบค้นโดยด้านซ้ายจะแสดงตารางข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นลำดับขั้น ตัวอย่างในรูปที่ 10-28 เป็นการค้นหาสมบัติทางเคมีของดินเป็นกรดจัด กล่าวคือมี pH น้อยกว่า 5.0 ผู้ใช้สามารถเลือกตารางสัมพันธ์ **สมบัติทางเคมีของแต่ละชั้นดิน** และเลือก **ความเป็นกรดเป็นด่างดิน** และเลือกค่าดังกล่าวที่ < 5.0 ในตาราง (รูปที่ 10-28) ผลการสืบค้นจะแสดงเป็นแผนที่พร้อมแสดงหน่วยแผนที่ดินที่ตรงตามเงื่อนไขเป็นกรอบสีฟ้า (รูปที่ 10-29) ส่วนดินที่มีก่อนกรวดมากในจังหวัดเชียงใหม่แสดงในรูปที่ 10-30



รูปที่ 10-28 การสืบค้นข้อมูลชั้นดินที่มีความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่า 5.0 จากหน้าต่างสืบค้นตารางสัมพันธ์ของข้อมูลอธิบาย



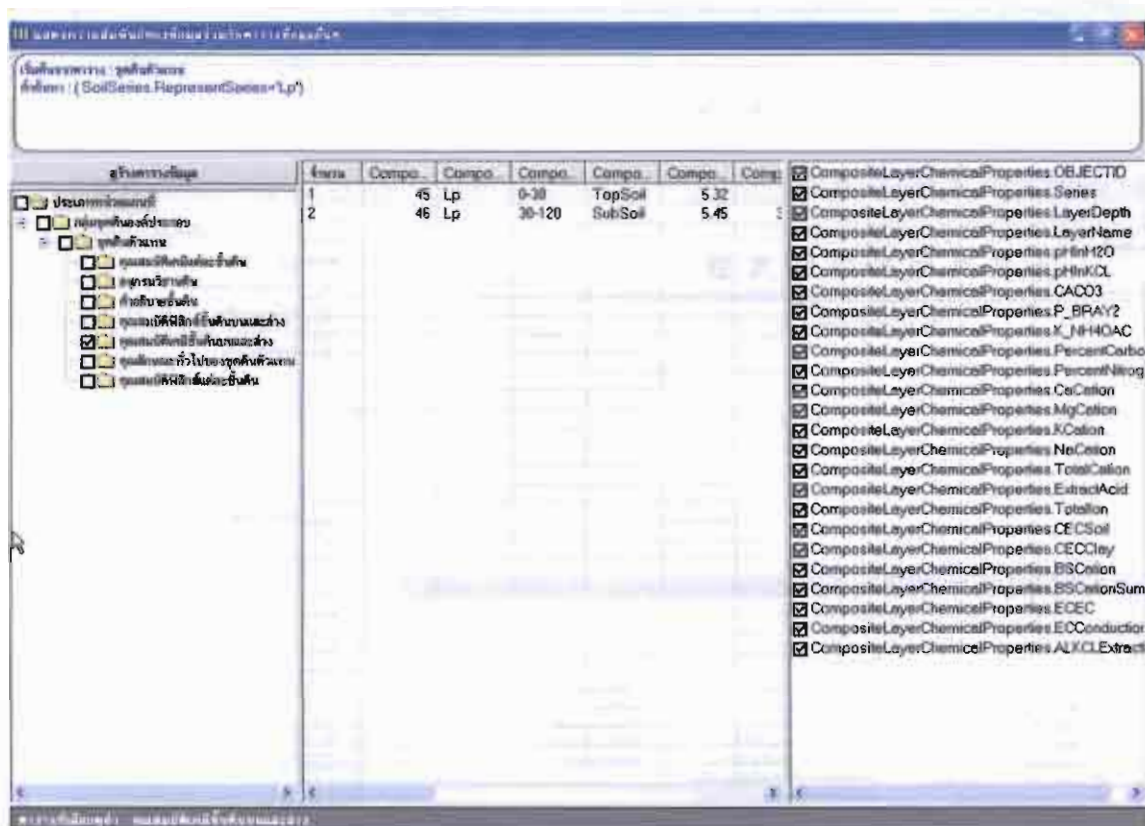
รูปที่ 10-29 ผลการสืบค้นข้อมูลชั้นดินที่มีความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่า 5.0



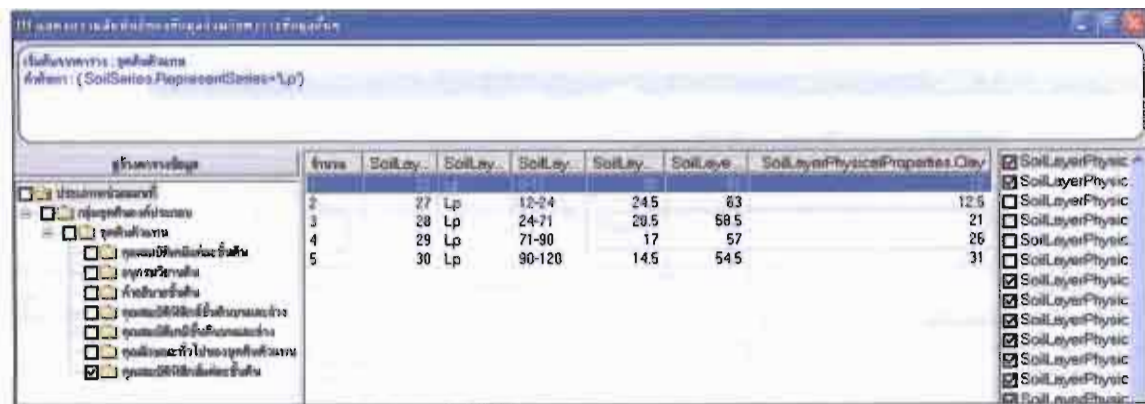
รูปที่ 10-30 ผลการสืบค้นข้อมูลชั้นดินที่มีปริมาณก่อนกรดมาก

นอกจากแสดงผลเป็นแผนที่แล้ว ผลการสืบค้นจากตารางความสัมพันธ์อาจแสดงได้เป็น ตารางสรุปรายละเอียด ผู้ใช้อาจแสดงข้อมูลเป็นตาราง โดยกดปุ่ม **แสดงข้อมูลเป็นตาราง** ใน ด้านล่างของหน้าต่างค้นหาจากตารางความสัมพันธ์ (รูปที่ 10-28) โปรแกรมจะเปิดหน้าต่าง **แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับตารางข้อมูลต่าง ๆ** (รูปที่ 10-31) ผู้ใช้อาจเลือกตารางที่ต้องการแสดงข้อมูลจากรายการตารางที่จัดเรียงเป็นลำดับชั้นตามการออกแบบความสัมพันธ์ ระหว่างตารางในฐานข้อมูล

ตัวอย่างในรูปที่ 10-31 เป็นการเลือกดูตารางสมบัติเคมีของชั้นดินบนและล่างของดินชุด ลำปาง (Lp) ผู้ใช้อาจเลือกแสดงทุกเขตข้อมูลในตารางนี้ (รูปที่ 10-31) หรือเลือกเฉพาะบางเขต ข้อมูลที่ต้องการ (รูปที่ 10-32) ซึ่งเป็นการเลือกแสดงสมบัติทางฟิสิกส์แต่ละชั้นดินของดินลำปาง (Lp) แต่เลือกแสดงเฉพาะสมบัติทางฟิสิกส์ของดินนี้บางประเภทที่เลือกจากรายการเขตข้อมูลทาง ขวามือของหน้าต่างนี้ โปรแกรมจะแสดงผลการสืบค้นตามรายการข้อมูล que เลือกเป็นตารางตาม เงื่อนไขที่กำหนด (รูปที่ 10-32)



รูปที่ 10-31 การเลือกดูสมบัติทางเคมีของชั้นดินบนและล่างดินชุดลำปาง (Lp) ทุกเขตข้อมูล



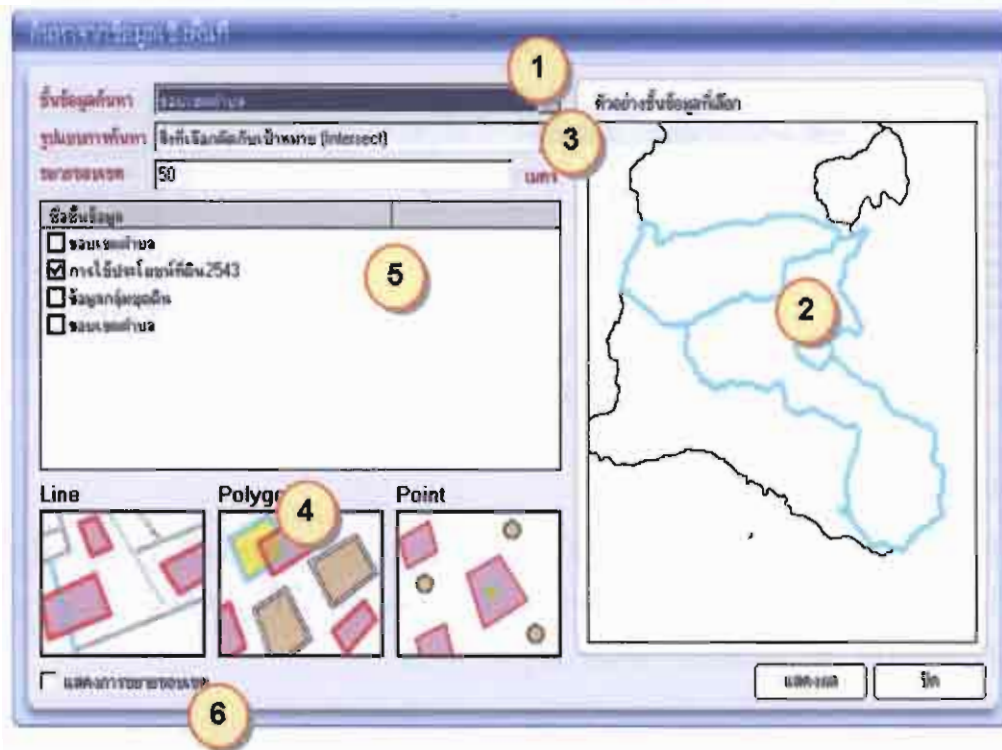
รูปที่ 10-32 การเลือกคุณสมบัติทางฟิสิกส์ทุกชั้นดินชุดลำปาง (Lp) เฉพาะบางเขตข้อมูล

การสืบค้นจากข้อมูลเชิงพื้นที่

การสืบค้นอีกประเภทหนึ่งใน *รสถก.* ได้แก่การค้นหาจากข้อมูลเชิงพื้นที่ การค้นหาในลักษณะนี้จะไม่ใช่ค่าข้อมูลอธิบายเช่นที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่จะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยกันเอง โดยมีขั้นตอนการค้นหาดังรูปที่ 10-33

การค้นหาเริ่มจากการเลือกชั้นข้อมูลบนหน้าต่างส่วนที่ (1) โดยเลือกวัตถุเชิงพื้นที่ ได้แก่ จุด เส้น หรือรูปหลายเหลี่ยมในชั้นข้อมูลนั้น เพื่อใช้ค้นหาข้อมูลเชิงพื้นที่ในชั้นข้อมูลอื่น เมื่อเลือกวัตถุเชิงพื้นที่แล้วจะปรากฏขอบเขตของสิ่งที่เลือกเป็นแผนที่บนหน้าต่างส่วนที่ (2) ผู้ใช้สามารถระบุรูปแบบของการค้นหาและระยะทางที่ต้องการขยายขอบเขตของการค้นหาออกไป รูปแบบของการค้นหามีด้วยกันทั้งหมด 8 ประเภทคือ

- สิ่ง que เลือกตัดกับเป้าหมาย (Intersect)
- กรอบสี่เหลี่ยมลากตัดผ่าน (Envelope intersects)
- สิ่ง que เลือกซ้อนทับเป้าหมาย (Overlap)
- สิ่ง que เลือกพาดผ่านเป้าหมาย (Crosses)
- สิ่ง que เลือกอยู่ภายในเป้าหมาย (Within)
- สิ่ง que เลือกครอบคลุมเป้าหมายทั้งหมด (Contain)
- สิ่ง que เลือกอยู่ใกล้กับเป้าหมาย (Near)
- สิ่ง que เลือกมีจุดศูนย์กลางภายใน (Have their center in)



รูปที่ 10-33 แสดงลักษณะหน้าต่างค้นหาข้อมูลเชิงพื้นที่

หน้าต่างส่วนที่ (4) ในรูปที่ 10-33 เป็นกราฟิกที่แสดงให้เห็นว่ามีชั้นข้อมูลประเภทใดบ้างที่สามารถทำงานตามรูปแบบที่เลือกได้ ผู้ใช้จะต้องเลือกชั้นข้อมูลเป้าหมายที่ต้องการทำการค้นหาด้วยรูปแบบของการค้นหาที่ระบุไว้แล้ว ผลจากการค้นหาจะได้ผลลัพธ์เป็นแผนที่ตามตัวอย่างรูปที่ 10-34(ก) หากผู้ใช้กำหนดระยะค้นหาและเลือก “แสดงการขยายขอบเขต” จะได้ผลลัพธ์เป็นแผนที่ดังรูปที่ 10-34(ข)



(ก) การค้นหาโดยไม่มีการขยายขอบเขต

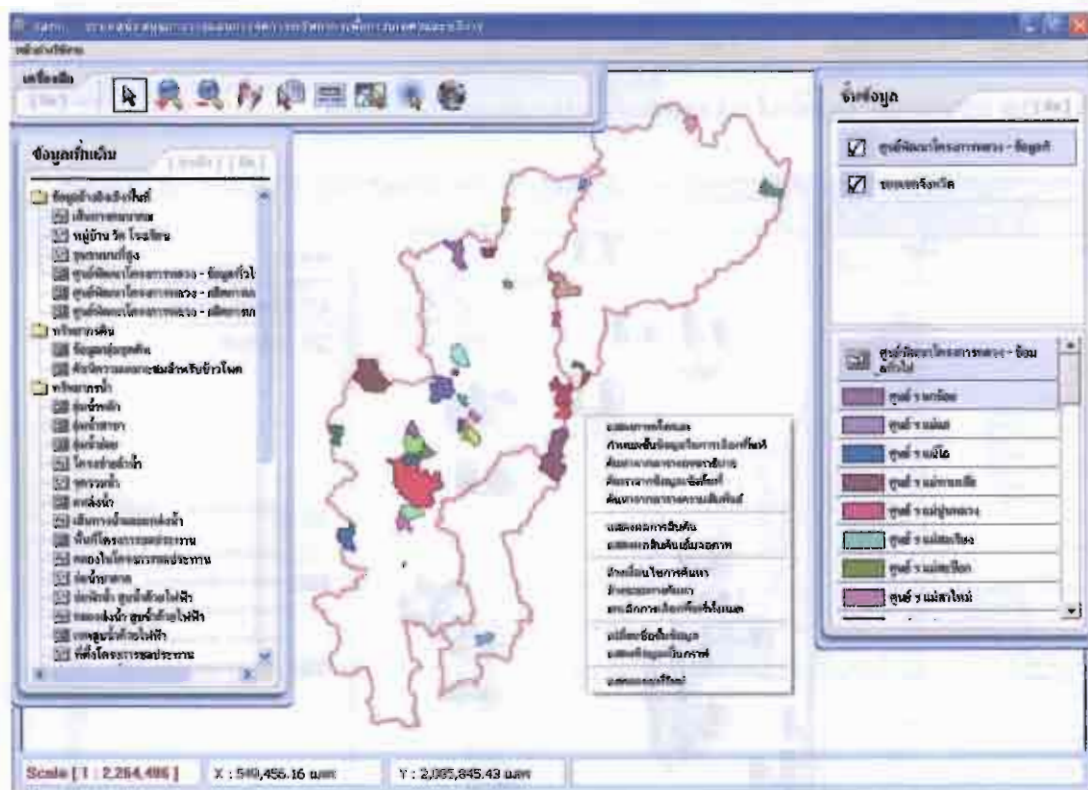
(ข) การค้นหาโดยขยายขอบเขต

รูปที่ 10-34 ผลลัพธ์ของการค้นหาด้วยรูปแบบการค้นหา “สิ่งที่เลือกครอบคลุมเป้าหมายทั้งหมด (Contain)”
ชั้นข้อมูลที่ใช้ค้นหา มีขอบสีแดง ส่วนชั้นข้อมูลผลลัพธ์มีขอบสีม่วง

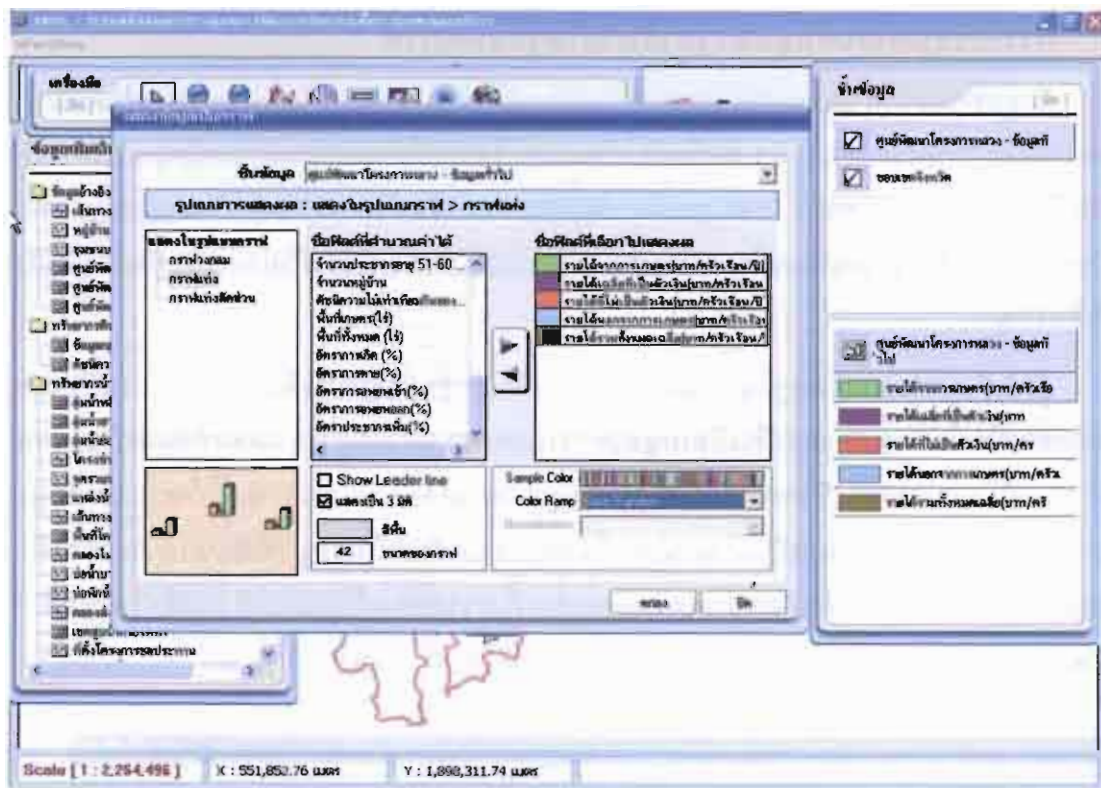
การเปรียบเทียบข้อมูลอธิบายในรูปแผนภาพ

ข้อมูลอธิบายบางประเภทสามารถแสดงผลร่วมกับแผนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าด้วยกราฟประเภทต่างๆ ดังนั้นจึงได้พัฒนา *รสทก.* ให้สามารถแสดงข้อมูลเป็นกราฟวงกลม (Pie chart) กราฟแท่ง (Bar graph) และกราฟแท่งสัดส่วน (Stacked bar graph) เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่จัดเก็บในกรอบชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่เดียวกัน

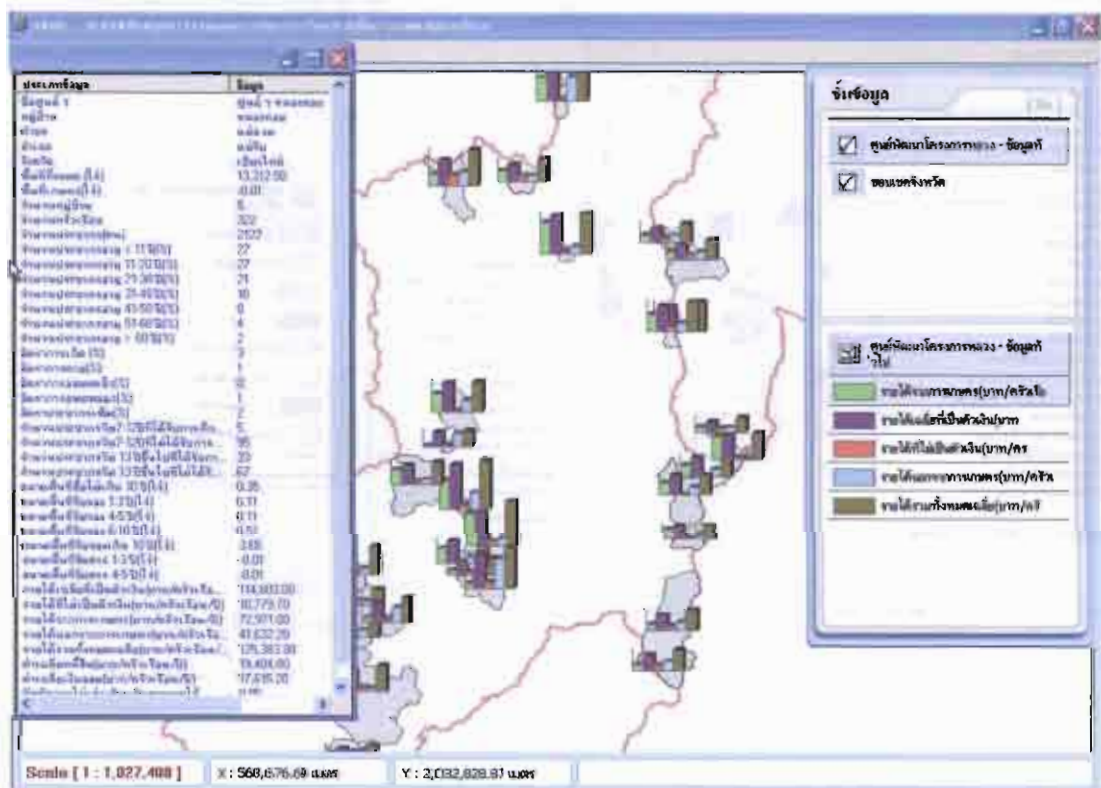
ผู้ใช้เข้าสู่การแสดงผลรูปแบบแผนภาพโดยนำเข้าชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ต้องการแสดงผล แล้วคลิกขวาที่หน้าต่างแสดงผลเพื่อเปิดเมนูช่วยการแสดงผล แล้วจึงเลือก **แสดงข้อมูลเป็นกราฟ** (รูปที่ 10-35) โปรแกรมจะเปิดหน้าต่างให้เลือกข้อมูลที่จะแสดงเป็นแผนภาพ ผู้ใช้จะนำเข้าสู่ข้อมูลจากการเลือกรายการชื่อย่อฟิลด์เป็นจำนวนเท่าที่ต้องการ แต่ต้องเป็นข้อมูลที่มีหน่วยเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบกันได้ จากนั้นจึงเลือกประเภทของแผนภูมิ การแสดงเป็นแผนภูมิ 3 มิติหรือ 2 มิติ สีพื้น สีของแผนภูมิ และสัดส่วนของแผนภูมิแต่ละประเภท (รูปที่ 10-36)



รูปที่ 10-35 การเปิดชั้นข้อมูลศูนย์พัฒนาโครงการหลวงและเมนูเพื่อเลือกการแสดงผลเป็นแผนภาพ



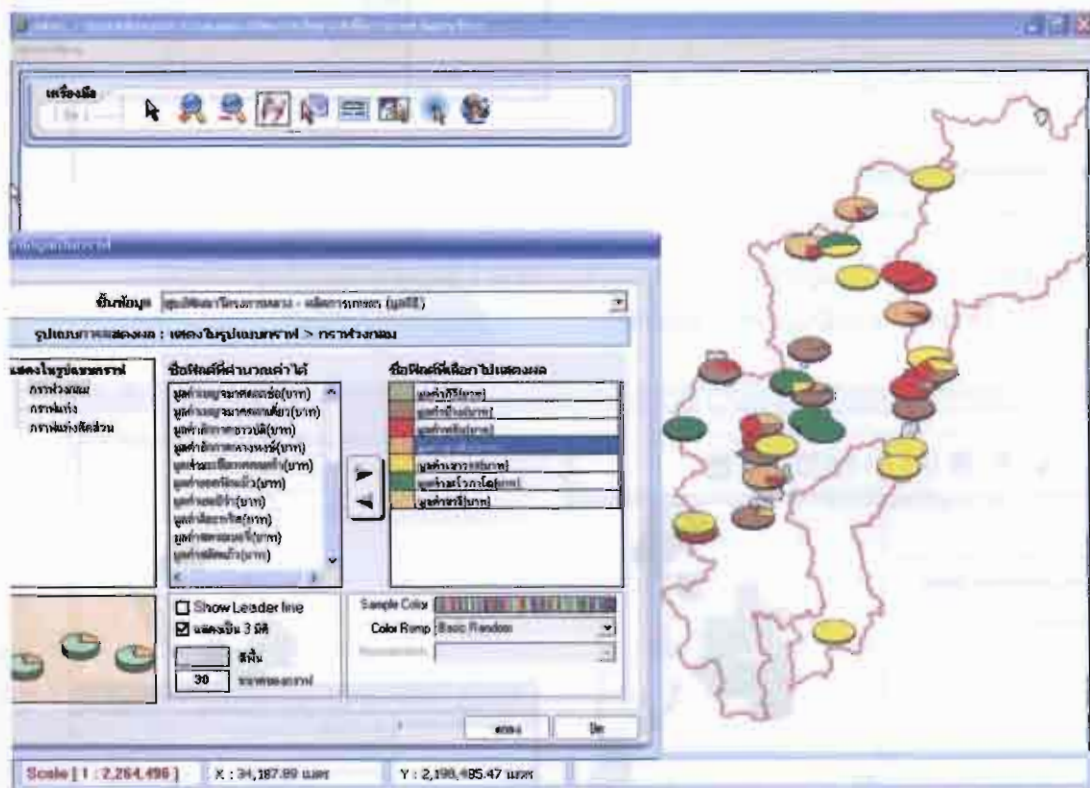
รูปที่ 10-36 การกำหนดข้อมูลนำเข้าและรายละเอียดของแผนภูมิที่จะแสดงผล



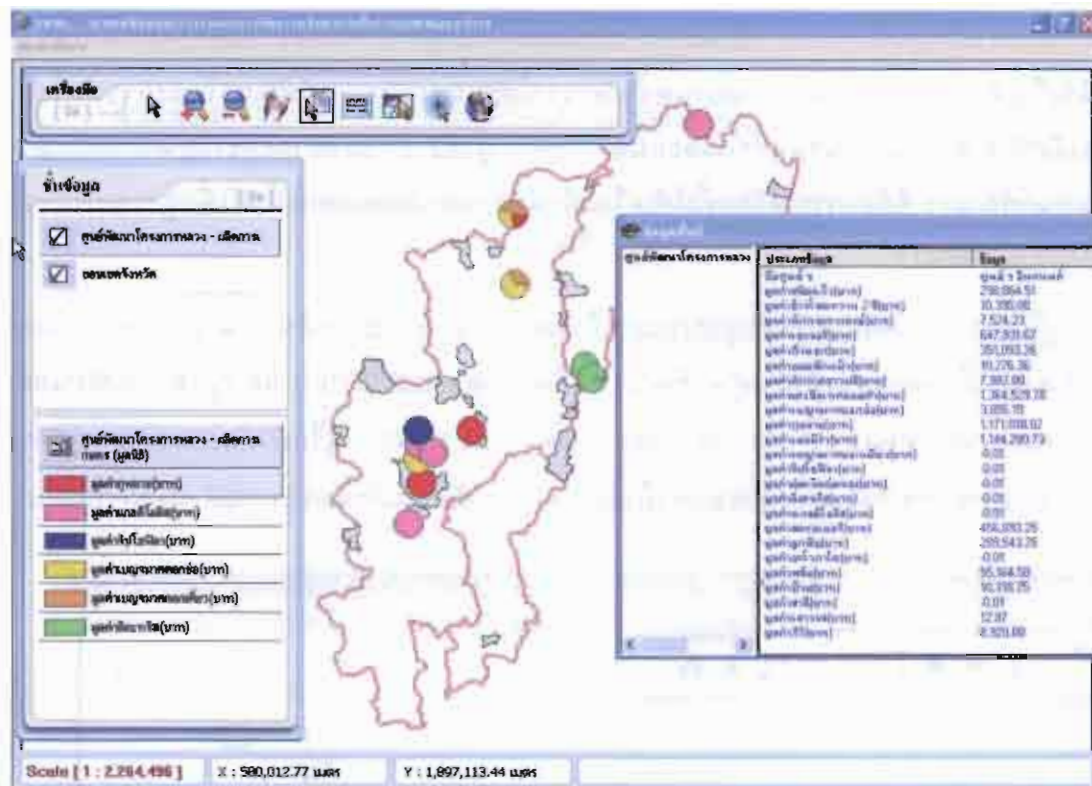
รูปที่ 10-37 แผนภูมิของข้อมูลรายได้เฉลี่ยของเกษตรกรในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงต่างๆ

ตัวอย่างในรูปที่ 10-37 เป็นผลการเรียกแสดงข้อมูลเฉลี่ยของรายได้จากภาคเกษตร รายได้ที่เป็นตัวเงิน รายได้นอกภาคเกษตร และรายได้รวมของทุกศูนย์พัฒนาโครงการหลวงที่สำรวจเมื่อปี พ.ศ.2543 (นรินทร์ชัยและกมล, 2543) ผู้ใช้สามารถขยายและเลื่อนแผนที่ไปยังบริเวณศูนย์พัฒนาฯ ที่ต้องการ พร้อมทั้งใช้เครื่องมือค้นรายละเอียดเฉพาะพื้นที่เพื่อดูรายละเอียดอื่นๆ ของศูนย์พัฒนาฯ

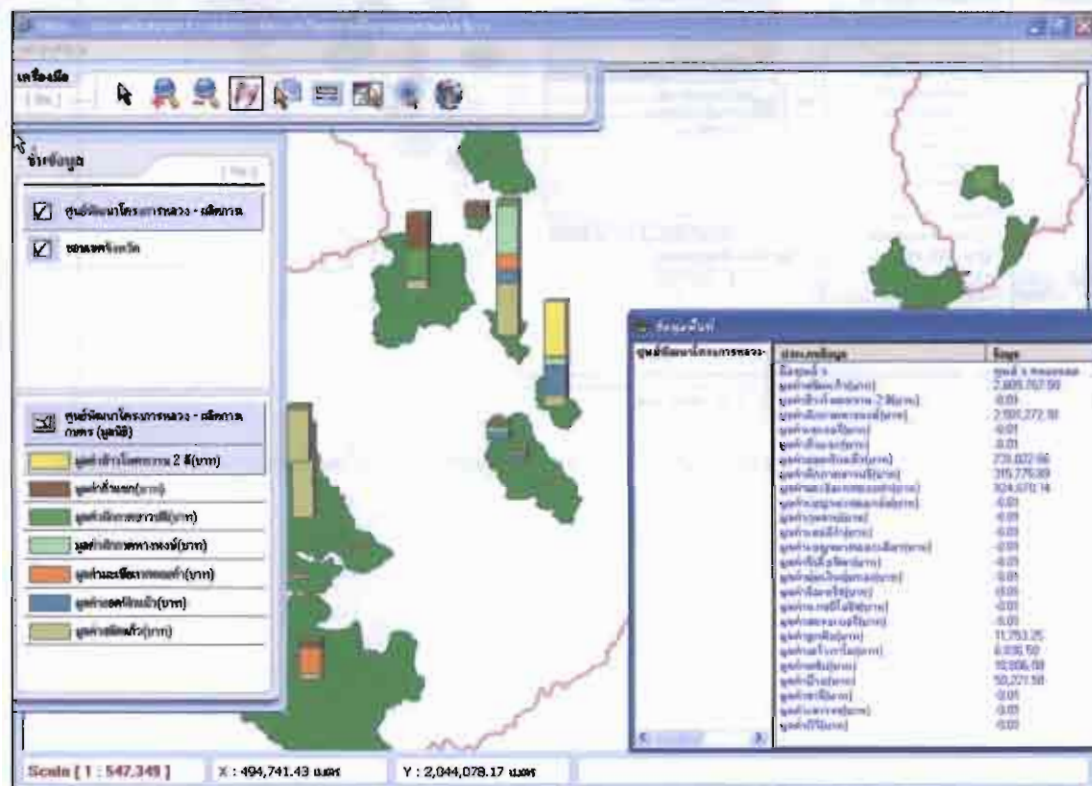
ผู้ใช้สามารถเลือกแสดงข้อมูลประเภทอื่นและแผนภูมิประเภทอื่น เช่น มูลค่าของไม้ผล ประเภทต่างๆ ที่เกษตรกรผลิตในศูนย์พัฒนาฯ เป็นกราฟวงกลมแบบ 3 มิติ (รูปที่ 10-38) และมูลค่าไม้ดอกประเภทต่างๆ เป็นกราฟวงกลม 2 มิติ (รูปที่ 10-39) หรือถ้าต้องการแสดงมูลค่าเปรียบเทียบของผักที่ผลิตในศูนย์พัฒนาฯ เป็นแผนภูมิแท่งสัดส่วนดังตัวอย่างรูปที่ 10-40 เป็นต้น



รูปที่ 10-38 การเปรียบเทียบมูลค่าของไม้ผลประเภทต่างๆ ที่เกษตรกรผลิตในศูนย์พัฒนาโครงการหลวง เป็นกราฟวงกลมแบบ 3 มิติ



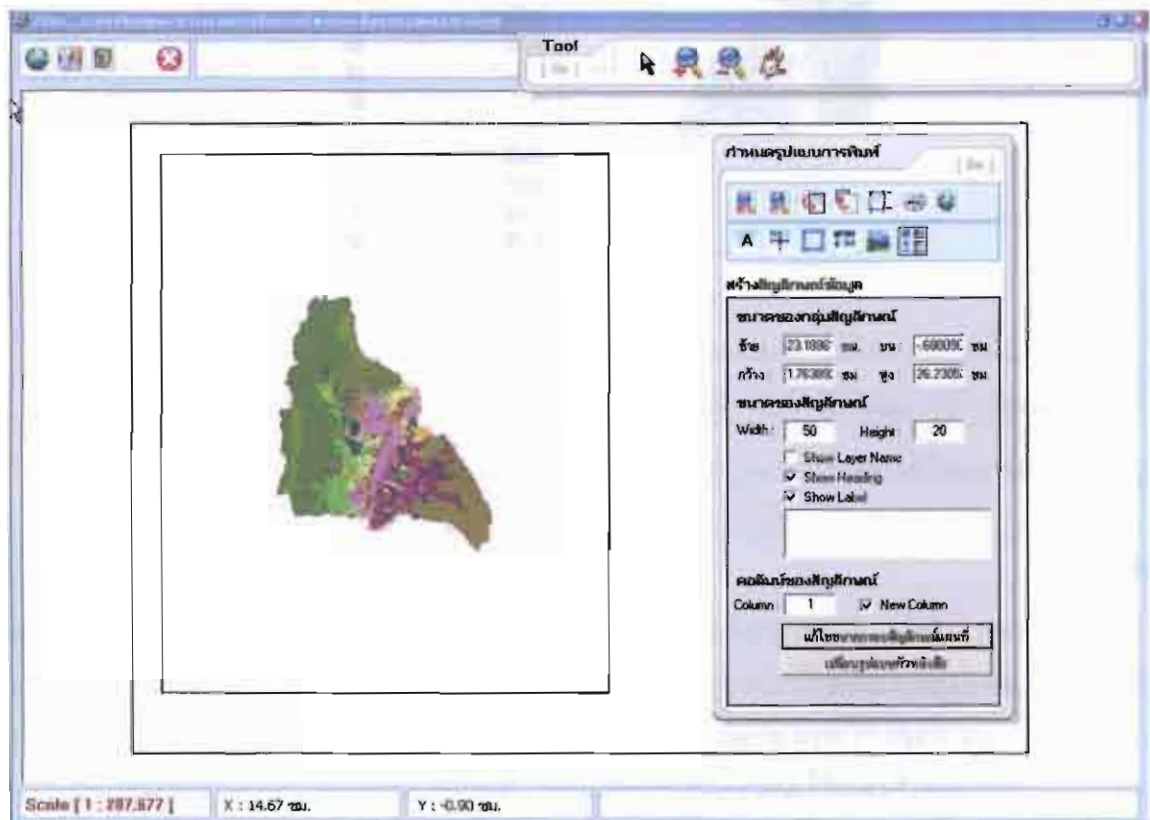
รูปที่ 10-39 การเปรียบเทียบมูลค่าของไม้ตัดดอกประเภทต่างๆ ที่เกษตรกรผลิตในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงเป็นกราฟวงกลมปกติ



รูปที่ 10-40 การเปรียบเทียบมูลค่าของผักประเภทต่างๆ ที่เกษตรกรผลิตในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงเป็นแผนภูมิแบบแท่งสัดส่วน

การพิมพ์แผนที่

ในกรณีที่ต้องการพิมพ์แผนที่เพื่อใช้งาน หลังจากผู้ใช้เลือกพื้นที่ได้ในขอบเขตที่ต้องการ และมีการนำเอาชั้นข้อมูลต่างๆ มาแสดงร่วมกันเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้สามารถออกแบบรูปแบบการพิมพ์แผนที่โดยทำการคลิกที่ปุ่ม  เพื่อแสดงรูปแบบที่และรายละเอียดอื่นๆ เช่น แถบมาตราส่วน สัญลักษณ์แสดงทิศ หรือรายละเอียดคำอธิบายสัญลักษณ์ เป็นต้น ซึ่ง รสทก. มีเครื่องมือช่วยการออกแบบรูปแบบการพิมพ์แผนที่ซึ่งมีองค์ประกอบหลักดังรูปที่ 10-41

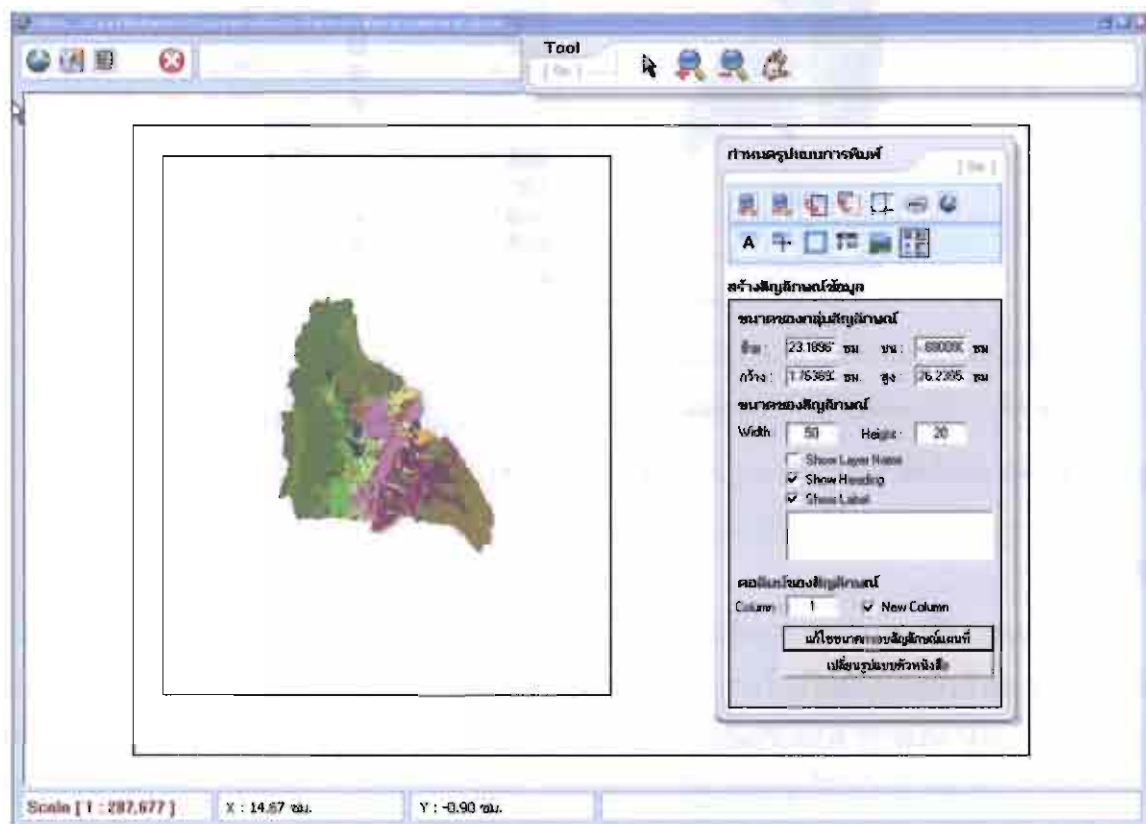


รูปที่ 10-41 องค์ประกอบของส่วนการออกแบบเพื่อพิมพ์แผนที่

เมื่อผู้ใช้กำหนดรูปแบบต่างๆ ดังรายละเอียดในคู่มือการใช้ รสทก. (ชาฤทธิและเมธิ, 2548) จนเป็นที่พอใจแล้ว ผู้ใช้สามารถสั่งพิมพ์แผนที่ได้ในขนาดที่ต้องการ รูปที่ 10-42 เป็นตัวอย่างของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ผ่านการกำหนดรูปแบบของหัวเรื่อง สัญลักษณ์ของทิศ แถบแสดงมาตราส่วน และคำอธิบายสัญลักษณ์ของสีที่ใช้ในแผนที่

การพิมพ์แผนที่

ในกรณีที่ต้องการพิมพ์แผนที่เพื่อใช้งาน หลังจากผู้ใช้เลือกพื้นที่ได้ในขอบเขตที่ต้องการ และมีการนำเอาชั้นข้อมูลต่างๆ มาแสดงร่วมกันเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้สามารถออกแบบรูปแบบการพิมพ์แผนที่โดยการทำการคลิกที่ปุ่ม  เพื่อแสดงรูปแบบที่และรายละเอียดอื่นๆ เช่น แถบมาตราส่วน สัญลักษณ์แสดงทิศ หรือรายละเอียดคำอธิบายสัญลักษณ์ เป็นต้น ซึ่ง รสทก. มีเครื่องมือช่วยการออกแบบรูปแบบการพิมพ์แผนที่ซึ่งมีองค์ประกอบหลักดังรูปที่ 10-41



รูปที่ 10-41 องค์ประกอบของส่วนการออกแบบเพื่อพิมพ์แผนที่

เมื่อผู้ใช้กำหนดรูปแบบต่างๆ ดังรายละเอียดในคู่มือการใช้ รสทก. (ชาฤทธิและเมธี, 2548) จนเป็นที่พอใจแล้ว ผู้ใช้สามารถสั่งพิมพ์แผนที่ได้ในขนาดที่ต้องการ รูปที่ 10-42 เป็นตัวอย่างของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ผ่านการกำหนดรูปแบบของหัวเรื่อง สัญลักษณ์ของทิศ แถบแสดงมาตราส่วน และคำอธิบายสัญลักษณ์ของสีที่ใช้ในแผนที่

ประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้ใช้สามารถพิมพ์แผนที่ที่ยืดหยุ่นตามการออกแบบของตนเอง นอกจากนี้ **รศทก.** ยังสามารถแสดงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์จากโปรแกรมวิเคราะห์ข้างบน รวมทั้งผลการสร้างภาพจำลองเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ทรัพยากรเพื่อการเกษตรและผลกระทบต่อสภาพการใช้ทรัพยากรในพื้นที่เป้าหมายได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กรมการพัฒนาชุมชน. 2546. ข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน กชช.2ค ปี 2546, [CD-ROM].
คณะกรรมการอำนวยการงานพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน (พชช.) กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย.
- กองสำรวจและจำแนกดิน. 2542ก. ชุดดินจัดตั้งในภาคเหนือและที่สูงตอนกลางของประเทศไทย จำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน 1998. เอกสารวิชาการฉบับที่ 444. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองสำรวจและจำแนกดิน. 2542ข. ชุดดินจัดตั้งในภาคกลางของประเทศไทย จำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน 1998. เอกสารวิชาการฉบับที่ 445. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองสำรวจและจำแนกดิน. 2542ค. ชุดดินจัดตั้งในภาคใต้และพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย จำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน 1998. เอกสารวิชาการฉบับที่ 448. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองสำรวจและจำแนกดิน. 2542ง. ชุดดินจัดตั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จำแนกใหม่ตามอนุกรมวิธานดิน 1998. เอกสารวิชาการฉบับที่ 449. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ชาฤทธิ์ สุ่มเหม และ เมธี เอกะสิงห์. 2548. คู่มือการใช้งาน **รศทก.** เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นรินทร์ชัย พัฒนพงศา และ กมล งามสมสุข. 2543. รายงานฉบับสมบูรณ์: สภาวะเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปี พ.ศ. 2543. กองพัฒนาเกษตรกรที่สูงสำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ปิ่นเพชร สุกุลส่องบุญศิริ, เมธี เอกะสิงห์ และ ชาฤทธิ์ สุ่มเหม. 2548. การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น.109-139.