



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 สกลส่องบุญศิริ	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 ฝ่าย อ่างเก็บน้ำ สิบน้ำด้วยไฟฟ้า 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 น้ำเข้าจากแผนที่และรายงานของกรมชลประทาน ข้อมูลสถานีสูบน้ำด้วยพลังไฟฟ้าซึ่งนำเข้ามาจากแผนที่และรายงานของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน 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.ล้านนา** 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 (IrrigationSystems)	144
♦ ชุดข้อมูลเครือข่ายการส่งน้ำ (IrrigationNetwork)	145
♦ ชุดข้อมูลความสัมพันธ์ (IrrigationRelationships)	145
♦ ชุดข้อมูลควบคุมความถูกต้องของข้อมูล (IrrigationDomains)	146
♦ ชุดข้อมูลเชิงวัตถุอื่นๆ (OtherObjects)	147
การนำเข้าและปรับปรุงข้อมูล	148
♦ ข้อมูลที่ตั้งโครงการชลประทาน	149
♦ ข้อมูลคลองชลประทาน (IrrigationCanal)	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
♦ การเปรียบเทียบข้อมูลอรรถาธิบายในรูปแบบภาพ	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 ครร.ลำานนา	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	หน้าต่างการนำเข้าชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศประเภทที่มีรูปร่างแนบชิด (Feature)	210
รูปที่ 10-12	หน้าต่างการเลือกสัญลักษณ์ของชั้นข้อมูล	211
รูปที่ 10-13	หน้าต่างการเปลี่ยนชื่อฟิลด์เป็นภาษาไทย	211
รูปที่ 10-14	หน้าต่างการนำเข้าตารางอรรถาธิบายเพิ่มเติม	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

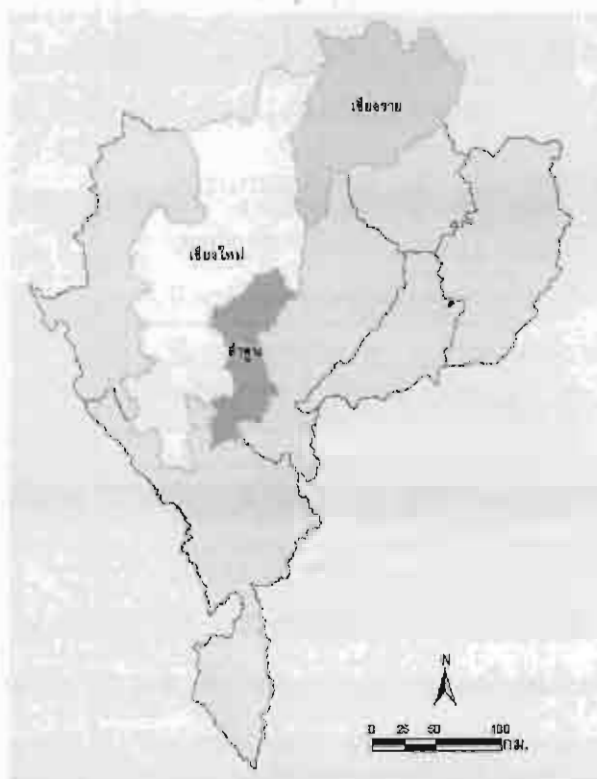
โปรแกรมโพสพ 1.0 (พนมศักดิ์ และคณะ, 2543) เป็น SDSS สำหรับสนับสนุนการตัดสินใจผลิตข้าว ทำงานบนโปรแกรม ArcView ซึ่งพัฒนาจากภาษา Avenue ที่มีชุดคำสั่งที่ประมวลผลและแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ในระบบ ArcView GIS โปรแกรมโพสพ 1.0 จะทำงานร่วมกับโปรแกรมเชื่อมโยงและแปลงข้อมูลโดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องใช้ GUI ของโปรแกรม 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

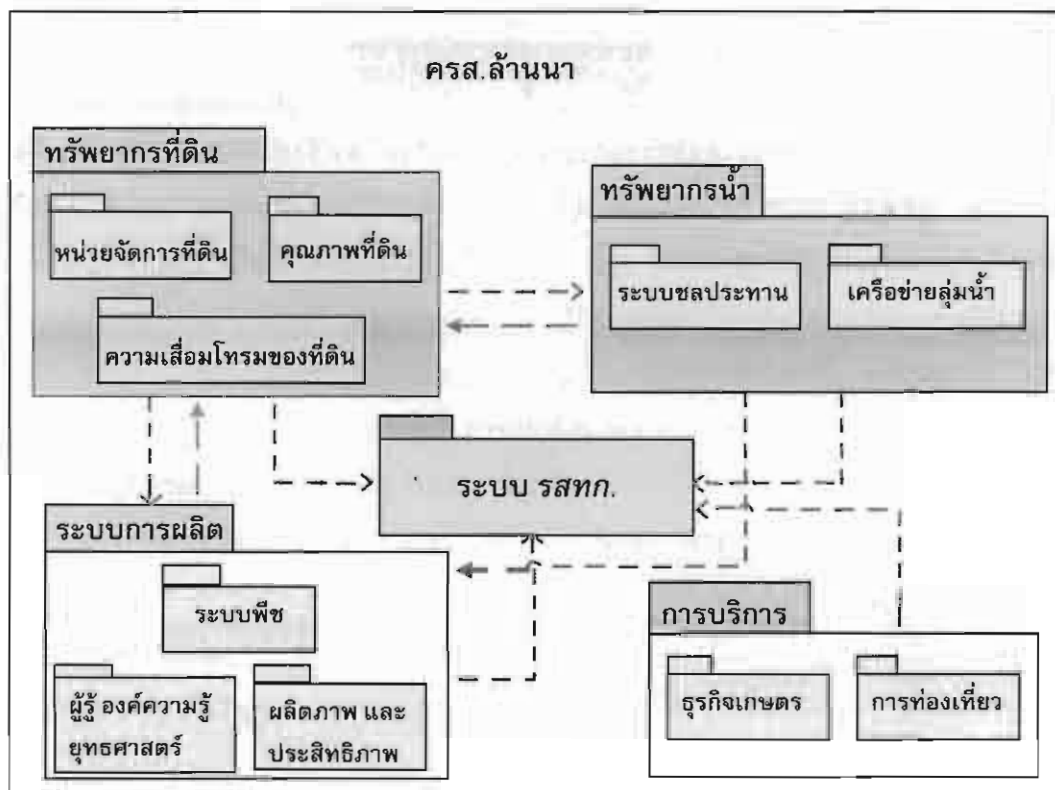
- การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (ระบบกลาง)
- การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
- ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน
- องค์ความรู้และยุทธศาสตร์ในระบบการผลิตไม้ผล

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

ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลบรรยายได้จากการรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่เดิมจากหน่วยงานต่าง 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 รัตน์เลิศ, 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 พรหมบุรมย์, ศุภกิจ สิ้นไชยกุล และ นฤมล ทินราช. 2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการ ทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: ประสิทธิภาพการ ใช้ทรัพยากรดินและน้ำชลประทาน. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์, 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 วรวิรุจน์ วีระจิตต์¹ และ ประภัสสร พันธสมพงษ์¹

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

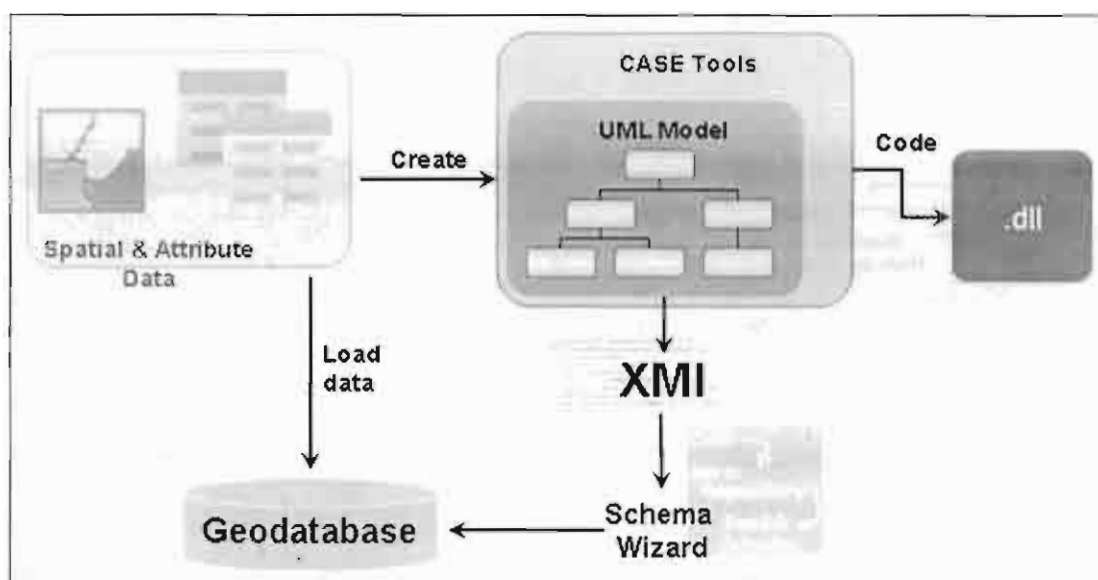
การออกแบบฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ

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

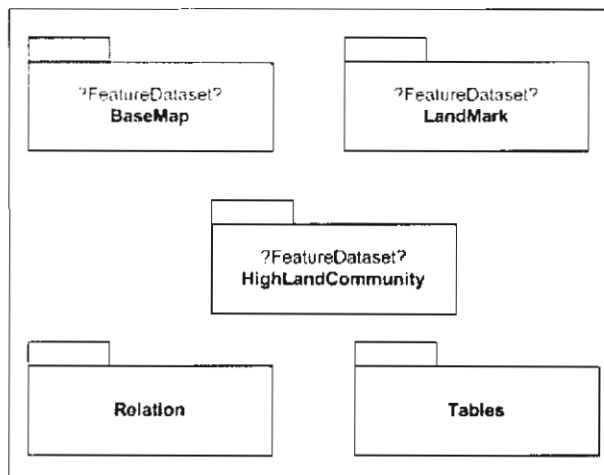
การออกแบบอาศัยแนวคิดและวิธีการของ Unified Modeling Language (UML) ซึ่งเป็นแบบมาตรฐานที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน การสร้างแบบในเบื้องต้นใช้ UML Model Diagram ในโปรแกรม Microsoft Visio Professional 2002 จาก UML model แปลงให้เป็นไฟล์ XMI เพื่อนำเข้าเป็น Geodatabase ใน ArcCatalog ด้วยเครื่องมือ Schema Wizard

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

ผลการศึกษา

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน

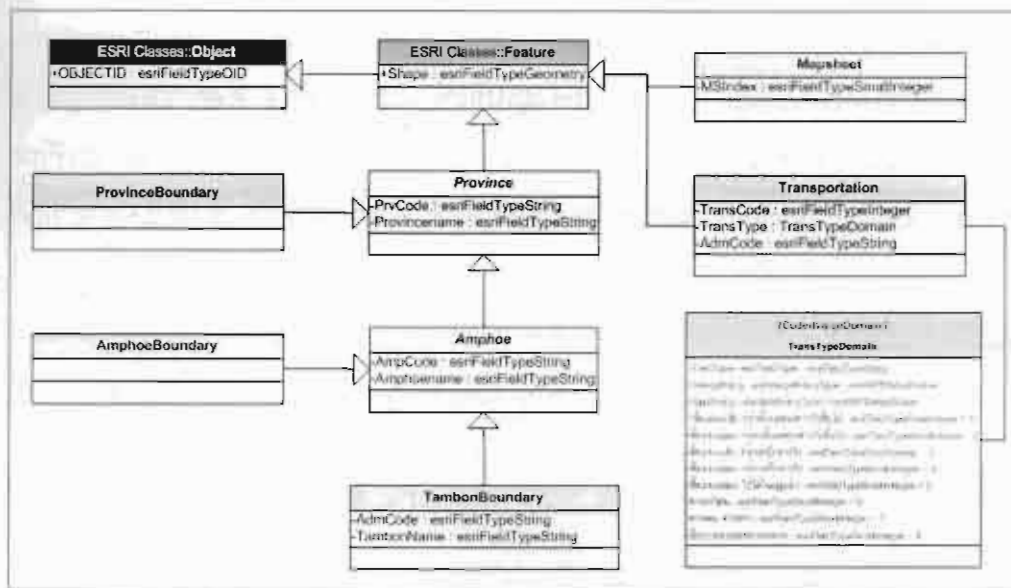
ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานจัดแบ่งออกเป็น 4 ชุดข้อมูล (Package) ได้แก่ (1) ชุดข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ (BaseMaps) (2) ชุดข้อมูลตำแหน่งสถานที่สำคัญต่างๆ (LandMark) (3) ชุดข้อมูลหมู่บ้านบนพื้นที่สูง (4) ชุดข้อมูลอธิบาย (Tables) และ (5) ชุดความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบาย (Relation)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



รูปที่ 2-2 Package ต่างๆ ของข้อมูลพื้นฐาน

1. ชุดข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ (BaseMaps Package)

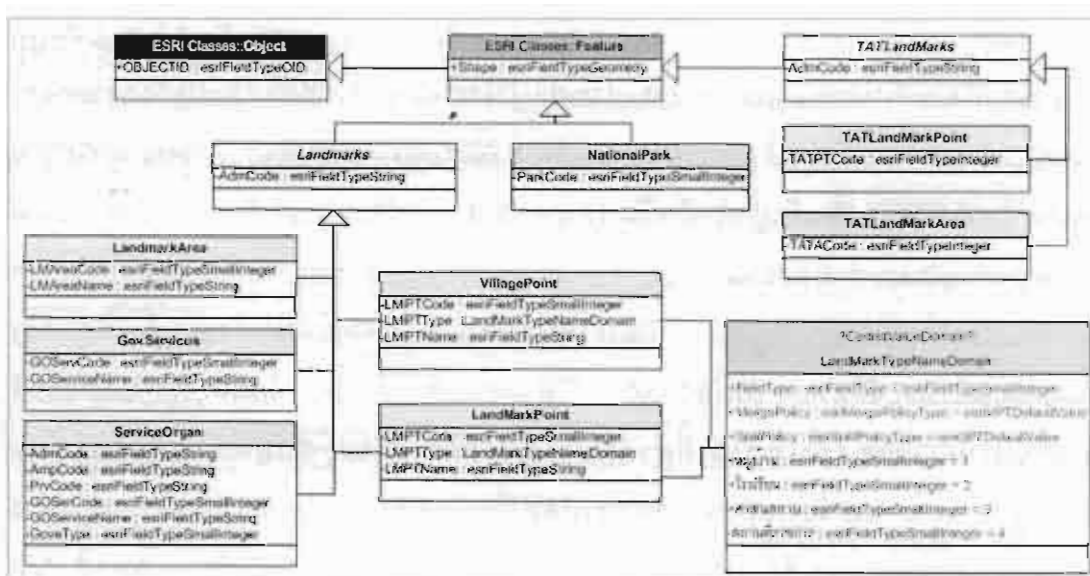
ชุดข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่แบบพื้นที่เหลี่ยมปิด (Polygon) ได้แก่ ขอบเขตจังหวัด (ProvinceBoundary) ขอบเขตอำเภอ (AmphoeBoundary) ขอบเขตตำบล (TambonBoundary) และระวางแผนที่ (MapSheet) ส่วนข้อมูลเชิงพื้นที่แบบ Line ได้แก่ ข้อมูลการคมนาคม (Transportation) ดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 BaseMaps Package

2. ชุดข้อมูลตำแหน่งสถานที่สำคัญต่างๆ (LandMark Package)

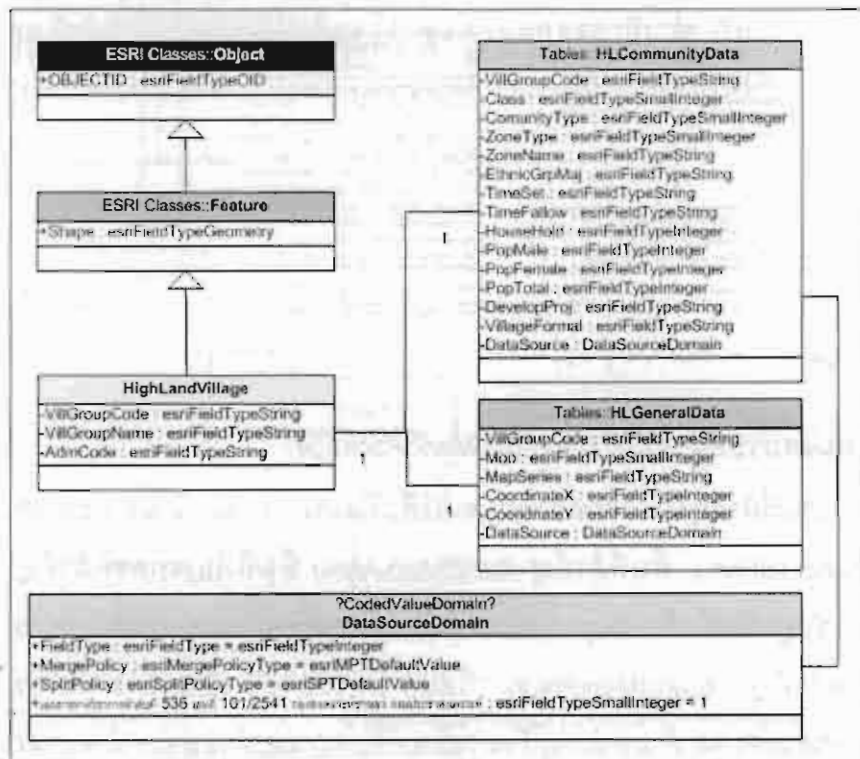
ชุดข้อมูลตำแหน่งสถานที่สำคัญประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่แบบ Polygon ได้แก่ ขอบเขตอุทยานแห่งชาติ (NationalPark) พื้นที่สำคัญ (LandMarkArea) พื้นที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ (TATLandMarkArea) และข้อมูลเชิงพื้นที่แบบจุด (Point) ได้แก่ ข้อมูลตำแหน่งสถานที่ราชการ (GovServices) ตำแหน่งจุดสำคัญ (LandMarkPoint) ได้แก่ 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)

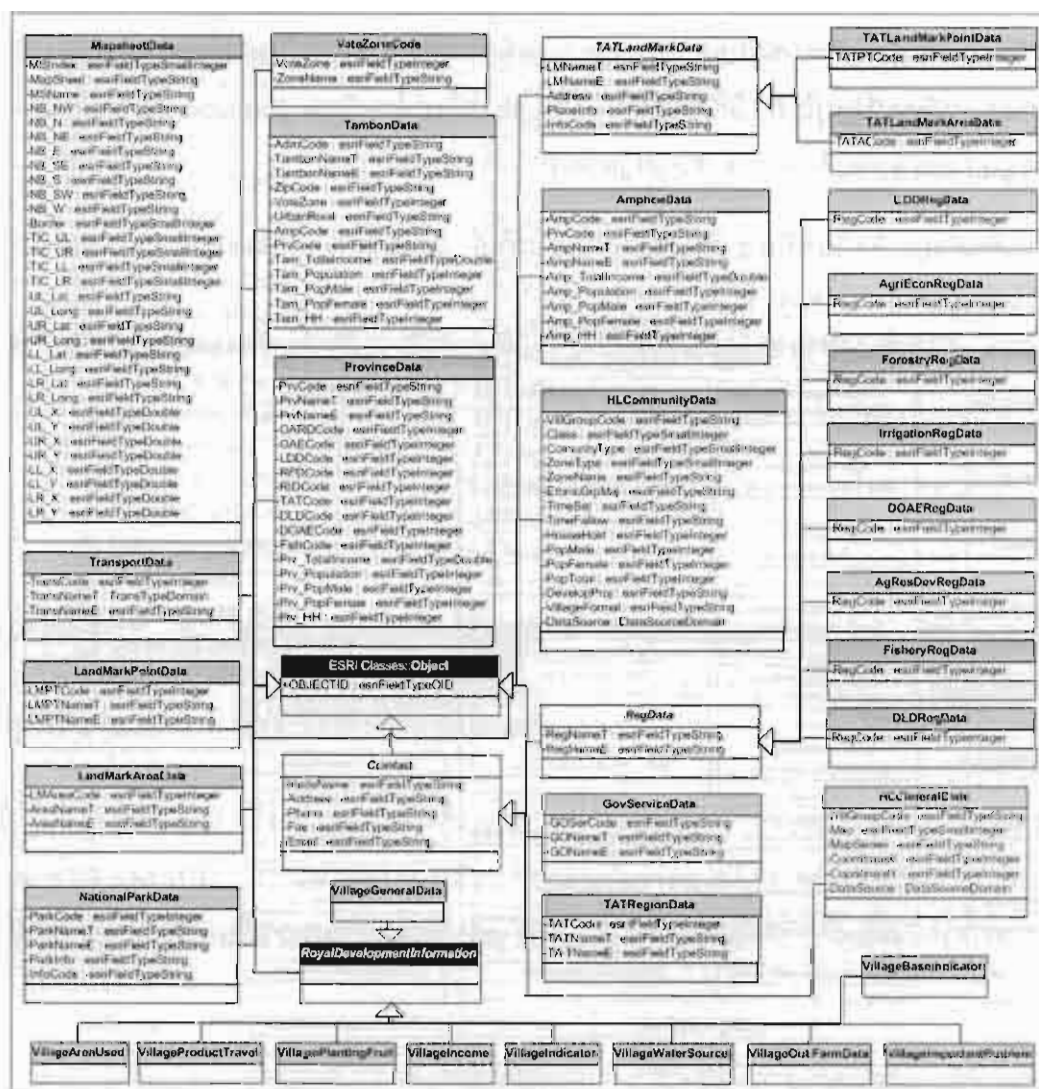


รูปที่ 2-5 HighLandCommunity Package

4. ชุดข้อมูลทรัพยากร (Tables Package)

สำหรับชุดข้อมูลทรัพยากรประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ข้อมูล สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต (AgResDevRegData) ข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เขต (AgriEconRegData) ข้อมูลสำนักงานปศุสัตว์เขต (DLDRagData) ข้อมูลสำนักงานส่งเสริมการ เกษตรเขต (DOAERagData) ข้อมูลสำนักงานประมงเขต (FisheryRegData) ข้อมูลสำนักงานป่าไม้ เขต (ForestryRegData) ข้อมูลสถานีราชการ (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)



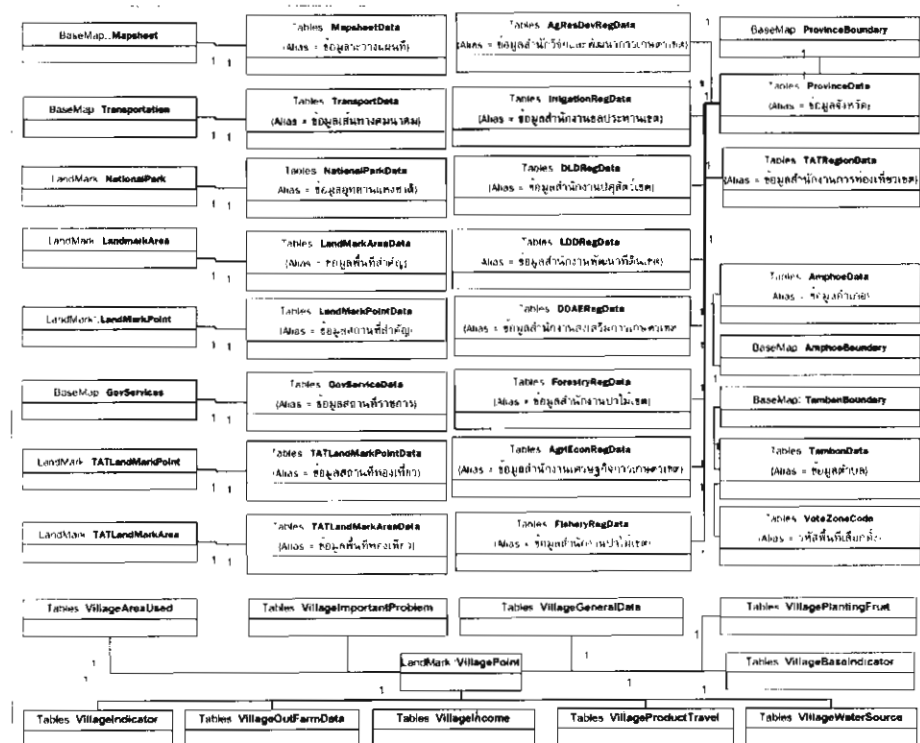
รูปที่ 2-6 Tables Package

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



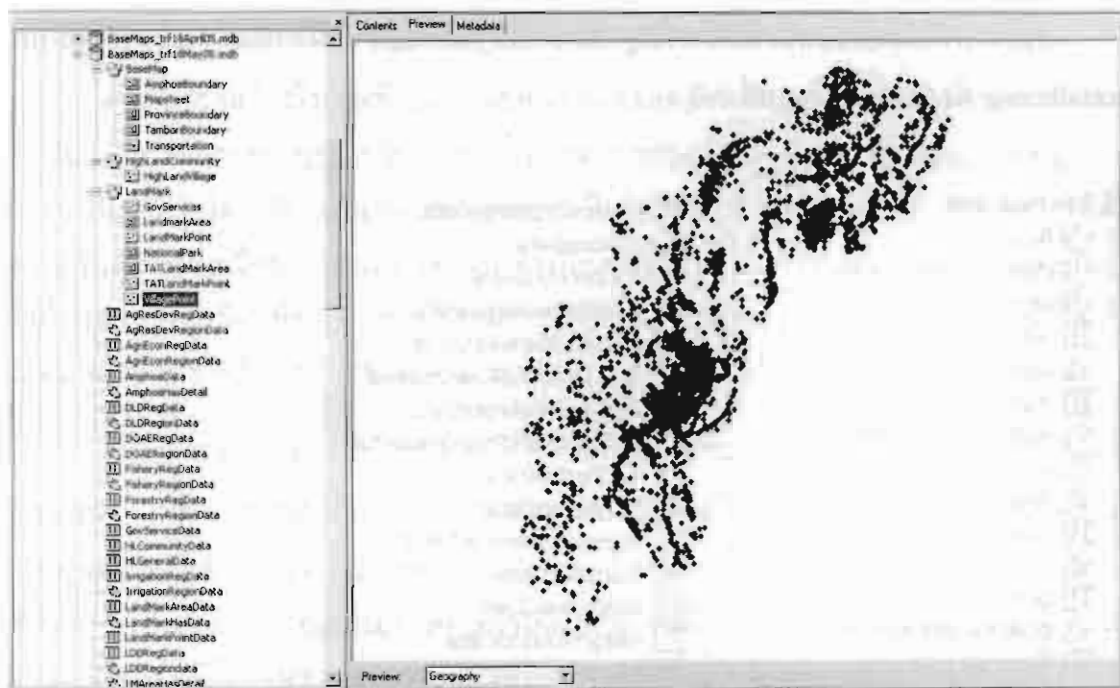
รูปที่ 2-7 Relations Package

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

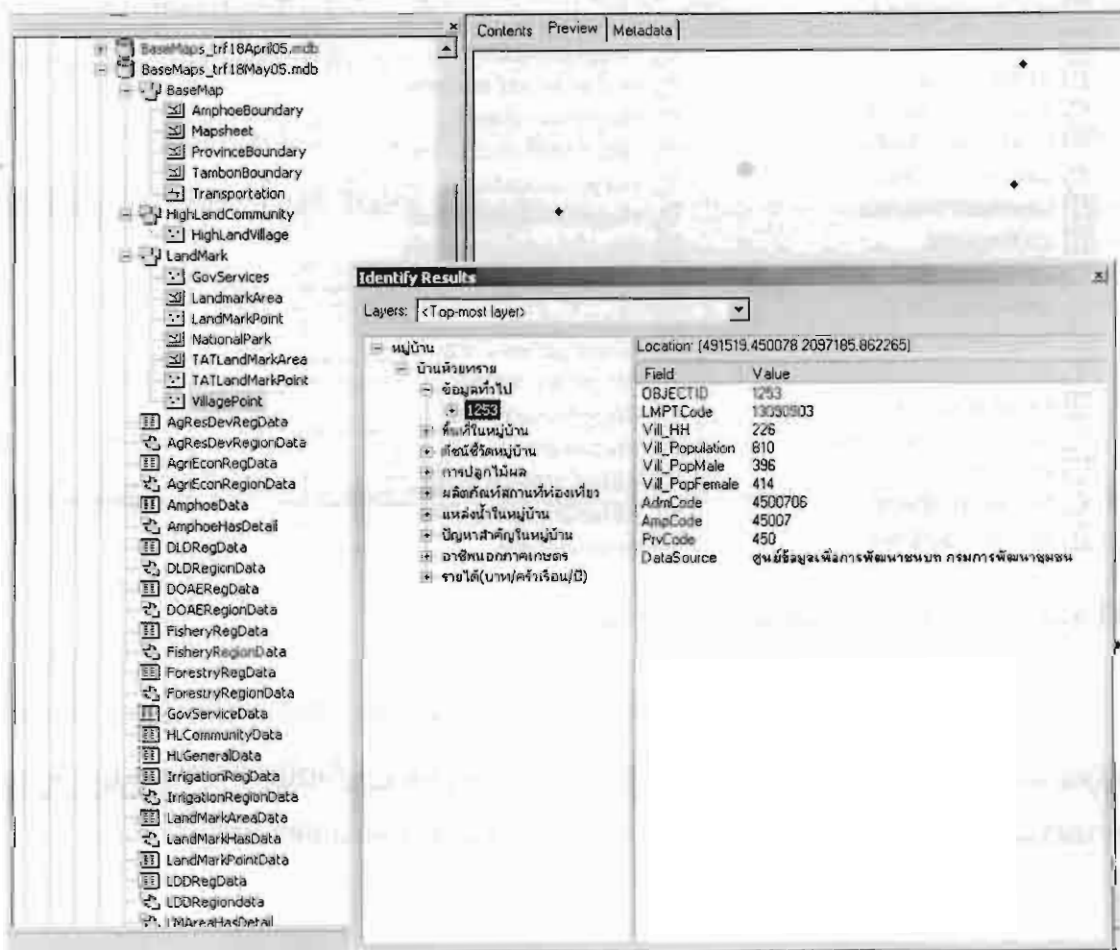


รูปที่ 2-8 Schema ของฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน

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



รูปที่ 2-9 ชั้นข้อมูลแผนที่แบบจุดของตำแหน่งหมู่บ้านในฐานะข้อมูลแผนที่พื้นฐาน



รูปที่ 2-10 ผลจากการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งหมู่บ้านและรายละเอียดของหมู่บ้าน

สำหรับรายละเอียดของชั้นข้อมูลต่าง ๆ แสดงในรูปแบบของ Metadata (ข้อมูลที่ใช้อธิบายชุดข้อมูล) โดยยึดเอารูปแบบมาตรฐาน FGDC (<http://www.esri.com/metadata/esriprof80.html>, 2002) ดังรูปที่ 2-11

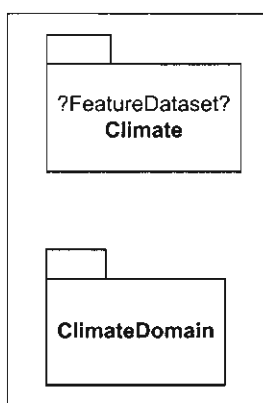
ตำแหน่งสถานที่สำคัญ		
Personal GeoDatabase Feature Class		
Spatial	Attributes	
Keywords Theme: landmark, สถานที่สำคัญ Place: เชียงใหม่, เชียงราย, ลำพูน Description Abstract สถานที่สำคัญต่าง ๆ เช่น วัด โรงเรียน และสภา Purpose จัดเก็บข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสถานที่สำคัญต่าง ๆ Status of the data อยู่ระหว่างการพัฒนา Time period for which the data is relevant Publication Information <i>Who created the data:</i> ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผล <i>Date and time:</i> ยังไม่เผยแพร่ <i>Publisher and place:</i> ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผล คณะเกษตรศาสตร์ มห. <i>Series name:</i> แผนที่พื้นฐาน	Description Horizontal coordinate system Projected coordinate system: UTM, Zone 48N, UTM, UTM In the past, this coordinate system name was UTMZone48N Units: meters Altitude System Definition Resolution: 0.000010 Encoding Method: Explicit elevation Bounding coordinates Horizontal In decimal degrees West: -98.055173 East: 100.548323 North: 20.447332 South: 17.310616 In projected or local coordinates Left: -402499.999334 Right: 661500.000666 Top: 2260800.000231 Bottom: 1914400.000222 Spatial data description Vector data information ESRI description LandMarkPoint	Attributes Description Spatial Details for LandMarkPoint Type of object: Feature Class Number of records: 8007 Attributes Shape OBJECTID UTMZone48N Altitude Data type: Integer Width: 4 Precision: 1 Scale: 0 UTMType Alias: ชื่อสถานที่สำคัญ Data type: SmallInteger Width: 2 Precision: 0 Scale: 0 UTMName Alias: ชื่อสถานที่ Data type: Integer Width: 155

รูปที่ 2-11 ตัวอย่าง Metadata ของชั้นข้อมูลสถานที่สำคัญ โดยแสดงคำอธิบายทั่วไป (Description) คำอธิบายเชิงพื้นที่ (Spatial) และคำอธิบายตาราง (Attributes)

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลบรรยายที่ปรากฏในโครงสร้างที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ ไม่ได้มีข้อมูลครบถ้วนทั้งหมด เนื่องจากการวางโครงสร้างให้ครอบคลุมข้อมูลพื้นฐานทั่วไปให้มากที่สุด สำหรับข้อมูลที่มีเพิ่มเติมในอนาคต หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำเข้าไปเพิ่มเติมและแก้ไขฐานข้อมูลได้ในภายหลัง

ฐานข้อมูลภูมิอากาศและเขตนิเวศเกษตรเชิงพื้นที่

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



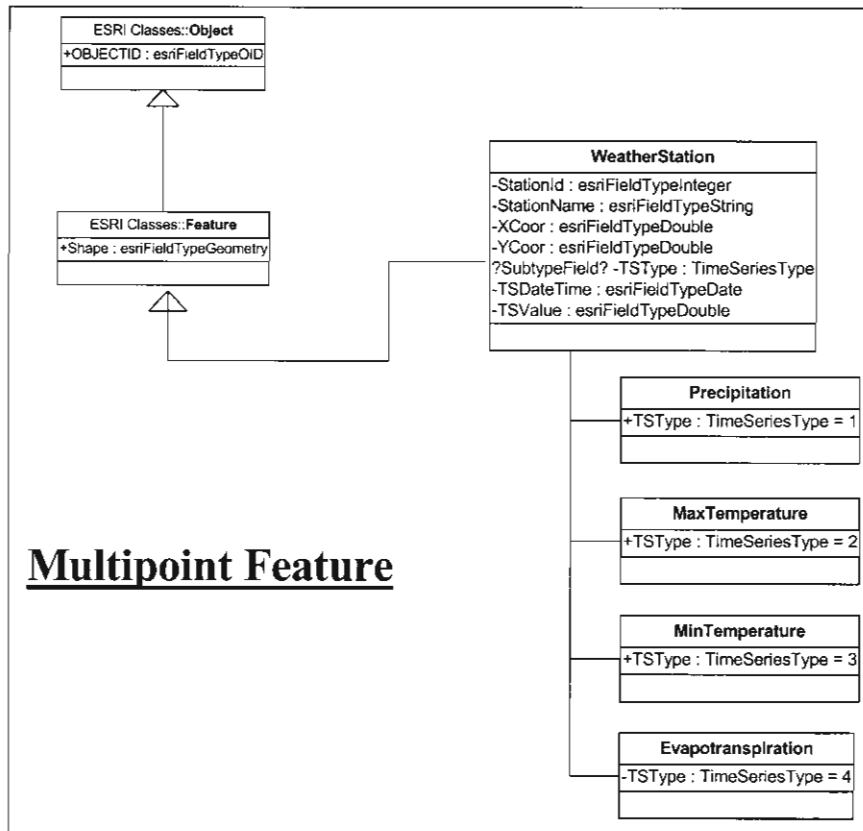
รูปที่ 2-12 องค์ประกอบหลักของระบบฐานข้อมูลภูมิอากาศในแบบจำลอง UML

1. ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Feature dataset)

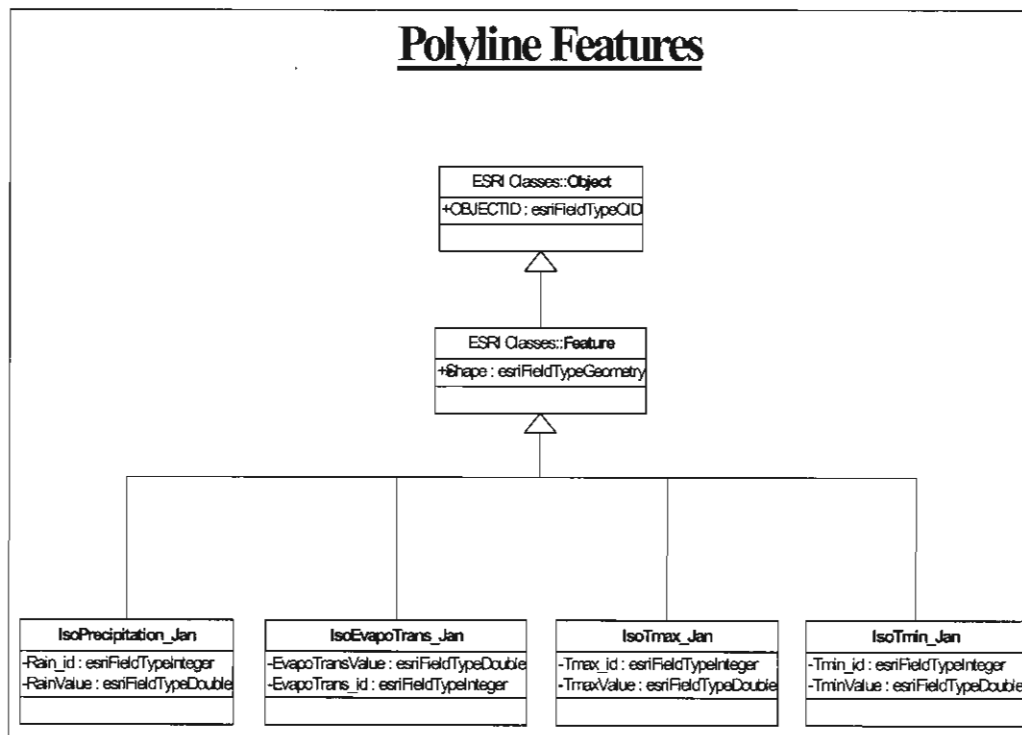
ประกอบด้วยฐานข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Multipoint) ได้แก่ ตำแหน่งสถานีตรวจวัดอากาศจำนวน 201 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน และตาก โดยแบบจำลอง UML (รูปที่ 2-13) ออกแบบให้แสดงข้อมูลภูมิอากาศ 4 ประเภท (Subtype) ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำ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

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

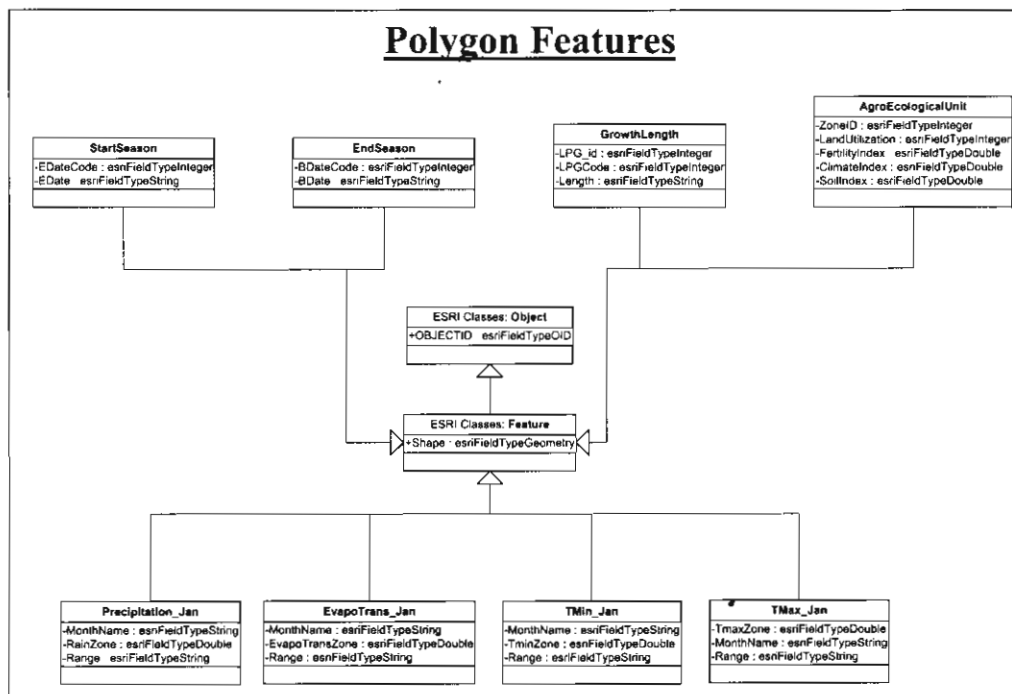
ฐานข้อมูลเชิงรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และการคายระเหยน้ำเชิงตำแหน่ง ที่ได้จากการกำหนดช่วงจากข้อมูลที่ประมาณจากตำแหน่งสถานีตรวจอากาศ และวันเริ่มต้น วันสิ้นสุด และช่วงฤดูปลูก และเขตนิเวศเกษตรเชิงรูปเหลี่ยมปิดที่ได้จากการประมาณค่าตามรายละเอียดในชาญชัยและคณะ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



รูปที่ 2-13 แบบจำลอง UML ฐานข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Multipoint)



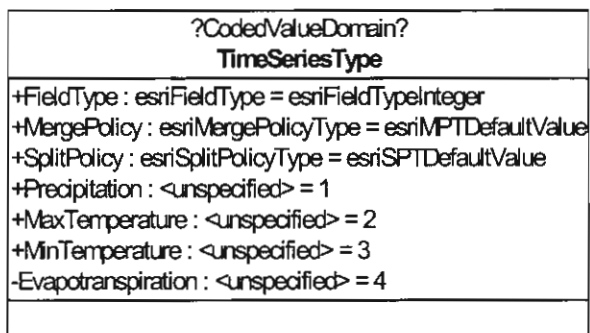
รูปที่ 2-14 แบบจำลอง UML ฐานข้อมูลเชิงเส้น (Polyline)



รูปที่ 2-15 แบบจำลอง UML ฐานข้อมูลเชิงรูปเหลี่ยมปิด (Polygon)

2. ข้อมูลภูมิอากาศเชิงเวลา

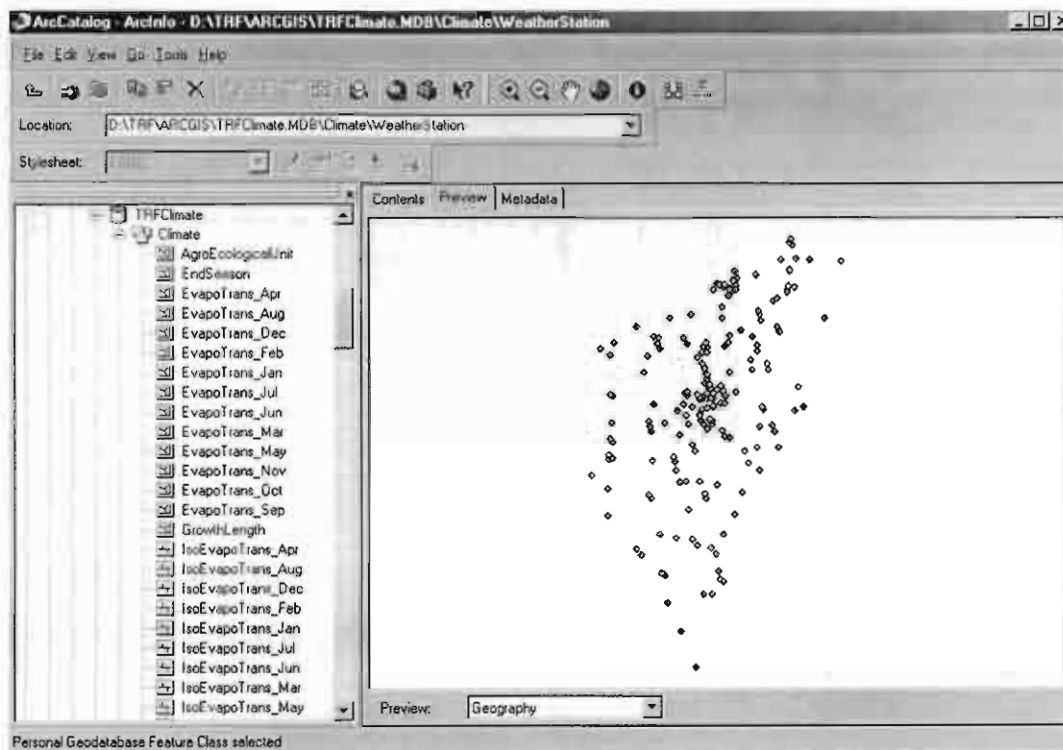
ข้อมูลภูมิอากาศเชิงเวลาเป็นส่วนใช้เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงตำแหน่ง (ตำแหน่งสถานีตรวจอากาศ) ที่กำหนดในส่วนของ Feature dataset ทั้งนี้เพื่อให้สามารถแสดงข้อมูลภูมิอากาศในตำแหน่งที่ต้องการในช่วงเวลาต่างกัน (รูปที่ 2-16)



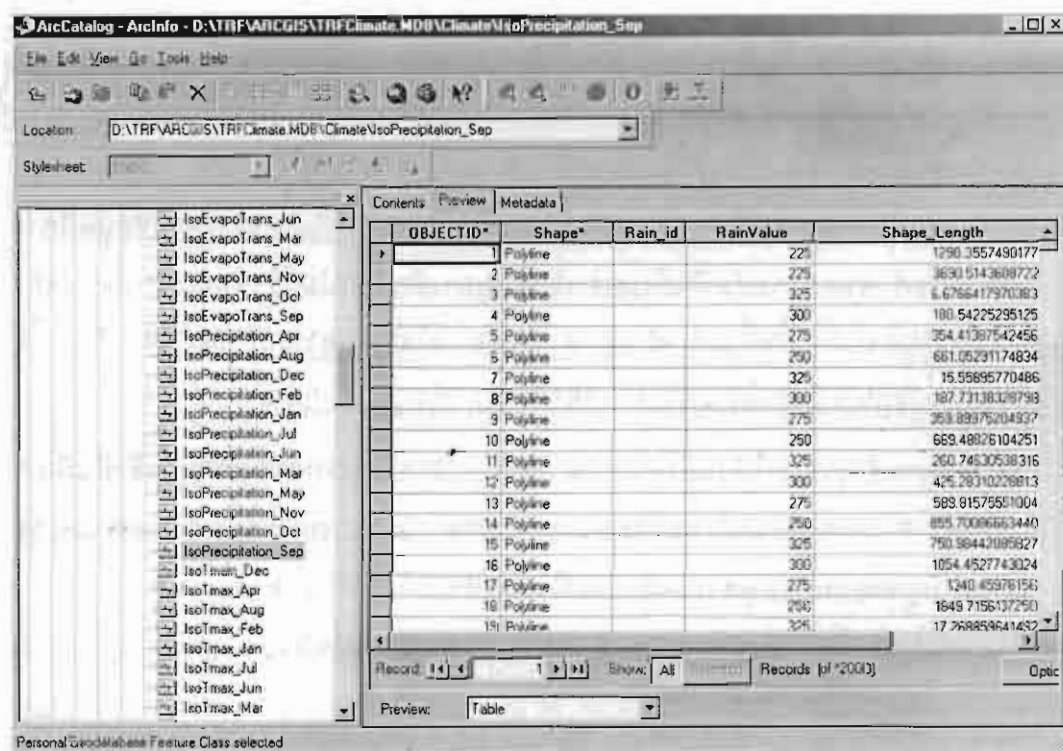
รูปที่ 2-16 แบบจำลอง UML ฐานข้อมูลเชิงเวลา (TimeSeriesType)

การสร้างรายการและการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ (Schema diagram)

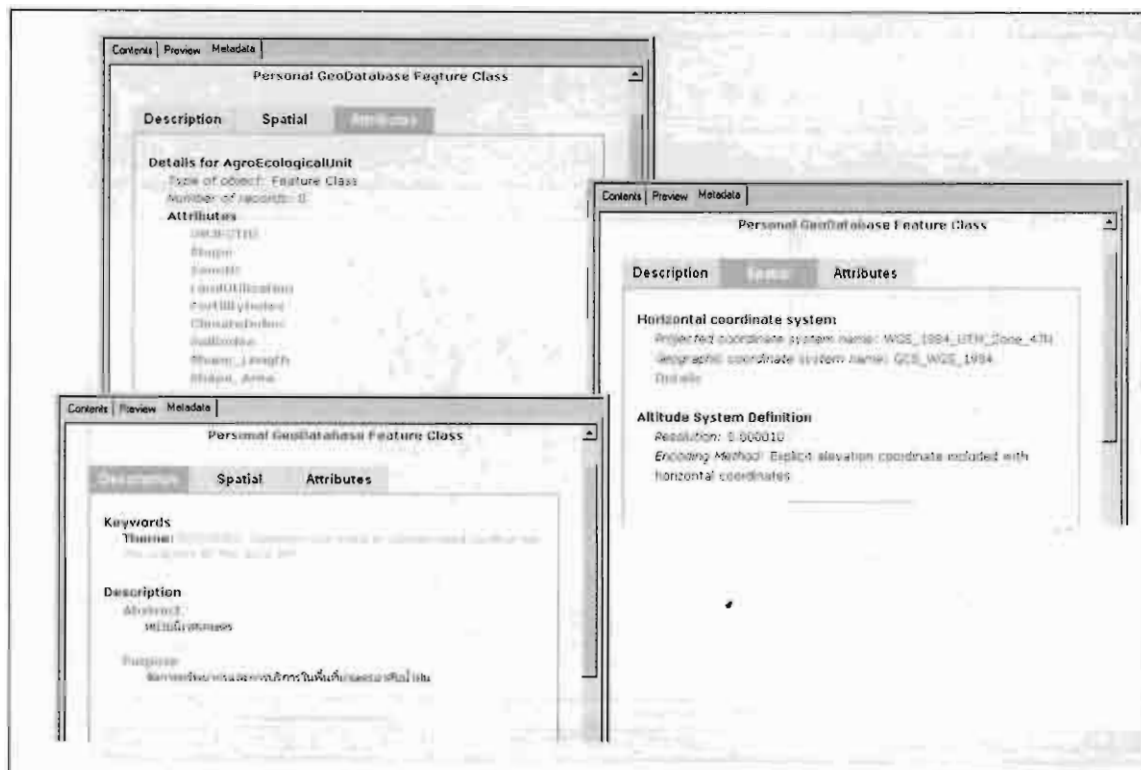
ผลจากการสร้างรายการและการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ ทำให้ได้แฟ้มระบบฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่เก็บอยู่ในรูปของโปรแกรม Microsoft Access โดยระบบนี้สามารถแสดงข้อมูลแต่ละประเภทได้ในรูปของแผนที่ (รูปที่ 2-17) และตาราง (รูปที่ 2-18) พร้อมทั้งคำอธิบายของข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงอรรถาธิบาย (Metadata) ดังรูปที่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



รูปที่ 2-17 ระบบฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ (Geodatabase) แสดงตำแหน่งสถานีตรวจอากาศ



รูปที่ 2-18 ตารางอธิบายของเส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกันยายนในฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่

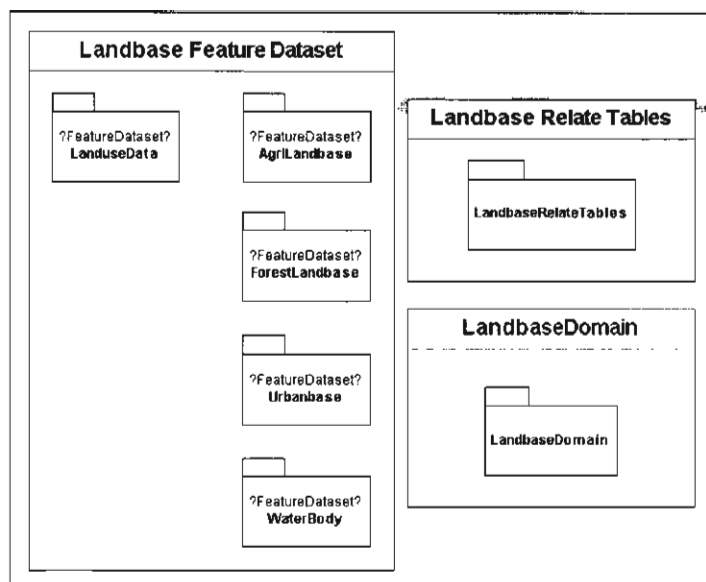


รูปที่ 2-19 คำอธิบายชั้นข้อมูลเซตนิเวศเกษตรของฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศการใช้ประโยชน์ที่ดิน

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

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

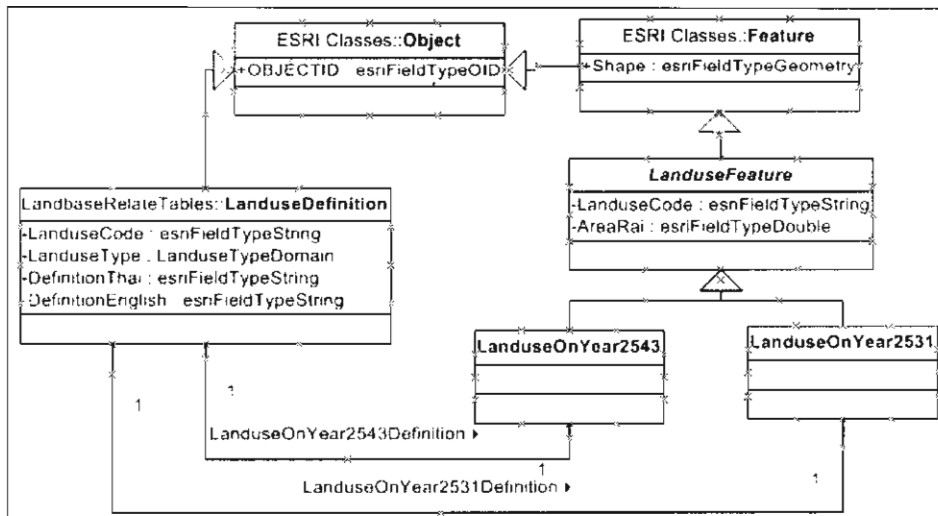


รูปที่ 2-20 โครงสร้างชุดข้อมูลในฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

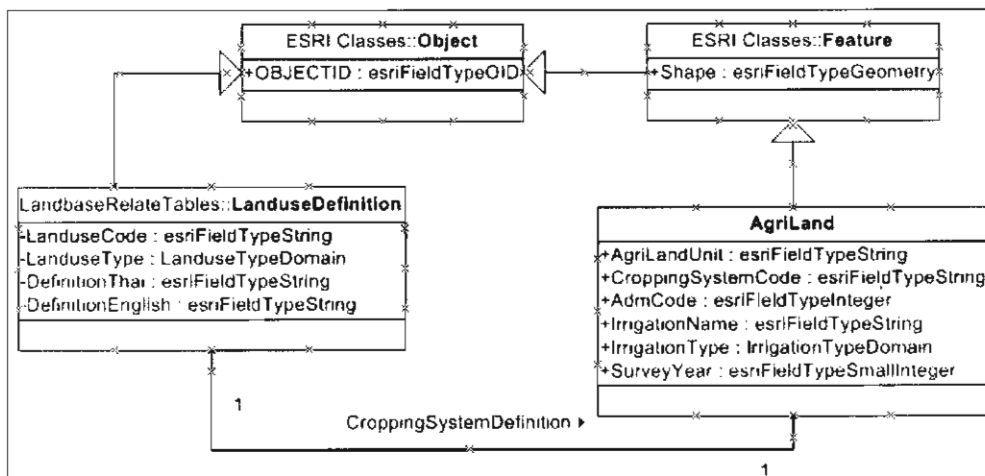
ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

โครงสร้างชุดข้อมูลเชิงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินได้รับการออกแบบเพื่อจัดเก็บข้อมูลประเภท Polygon โดยจัดแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ชุดข้อมูลหลัก (Feature dataset) รายละเอียดมีดังนี้

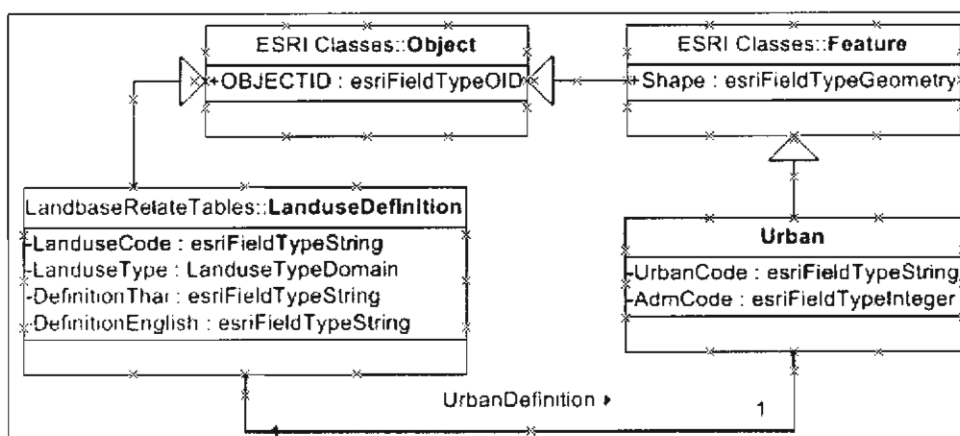
1. ชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (LanduseData) บรรจุโครงสร้างข้อมูลภาพรวมการใช้ประโยชน์ที่ดินตามช่วงเวลาที่ไม่ได้ซ้อนทับกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ใดๆ (รูปที่ 2-21)
2. ชุดข้อมูลการใช้ที่ดินด้านการเกษตร (AgriLandbase) บรรจุโครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเกษตรที่ซ้อนทับกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ขอบเขตตำบลและขอบเขตพื้นที่ชลประทาน (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)



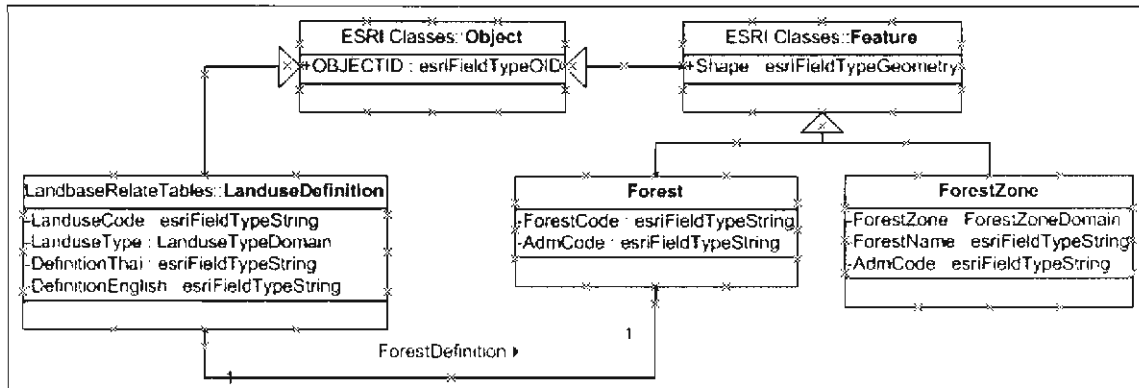
รูปที่ 2-21 ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน



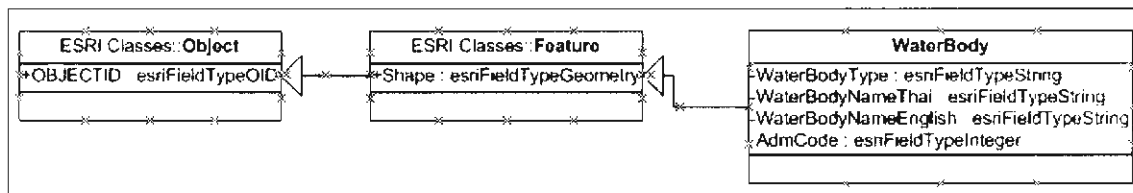
รูปที่ 2-22 ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลการใช้ที่ดินด้านการเกษตร



รูปที่ 2-23 ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลการใช้ที่ดินประเภทเมืองและพื้นที่สาธารณะ



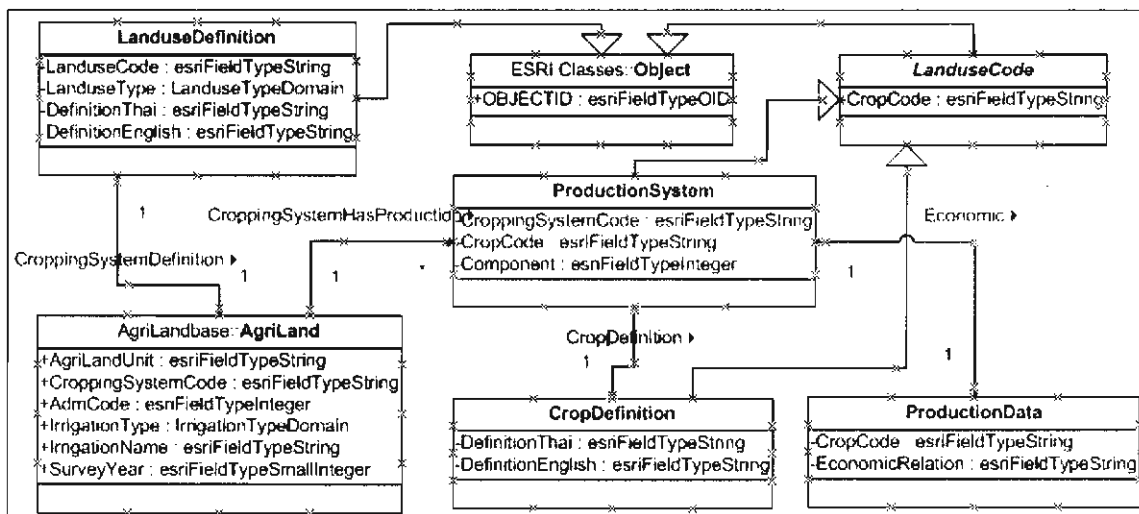
รูปที่ 2-24 ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลพื้นที่ป่าไม้



รูปที่ 2-25 ผัง UML แสดงโครงสร้างข้อมูลแหล่งน้ำ

ชุดข้อมูลอรรถาธิบาย

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



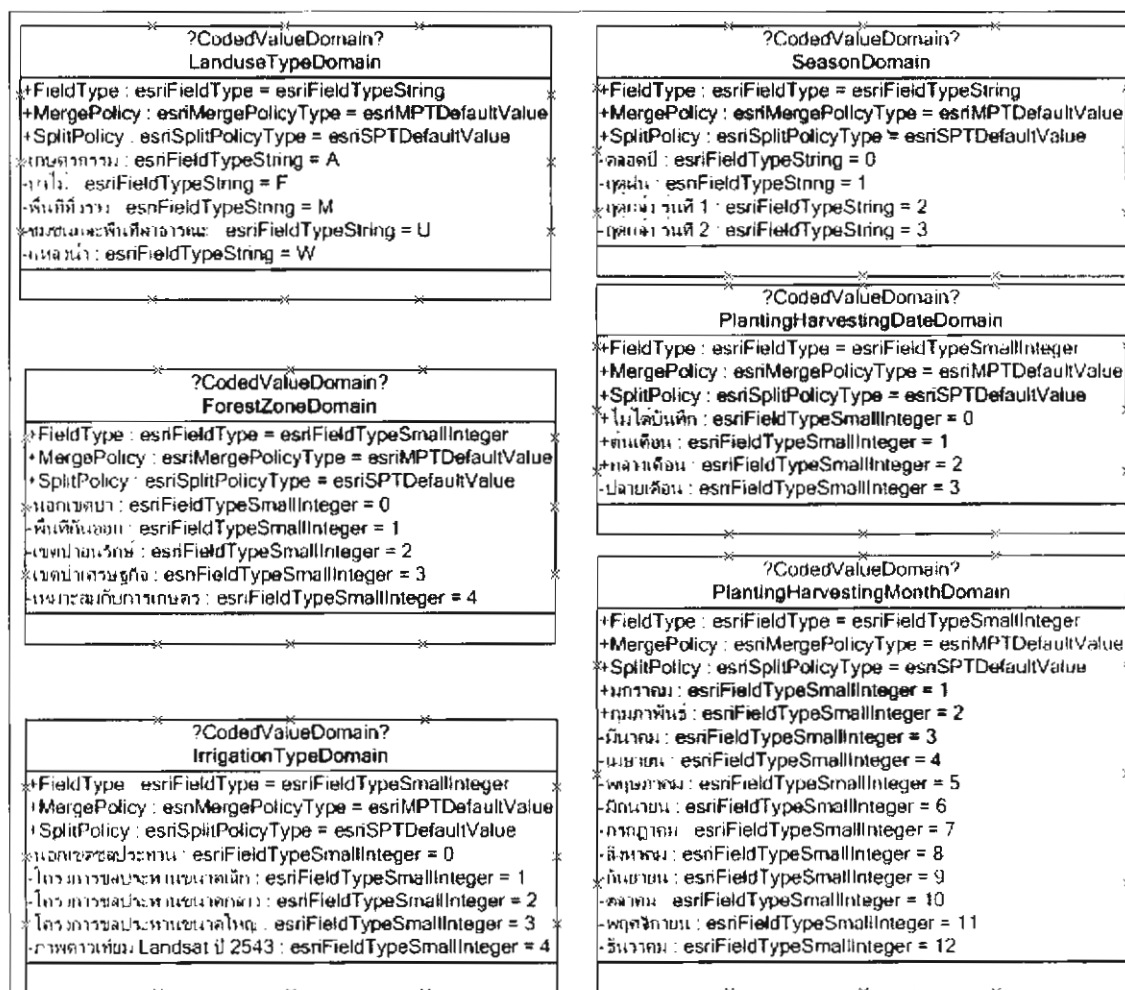
รูปที่ 2-26 ผัง UML แสดงโครงสร้างชุดข้อมูลอรรถาธิบาย

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



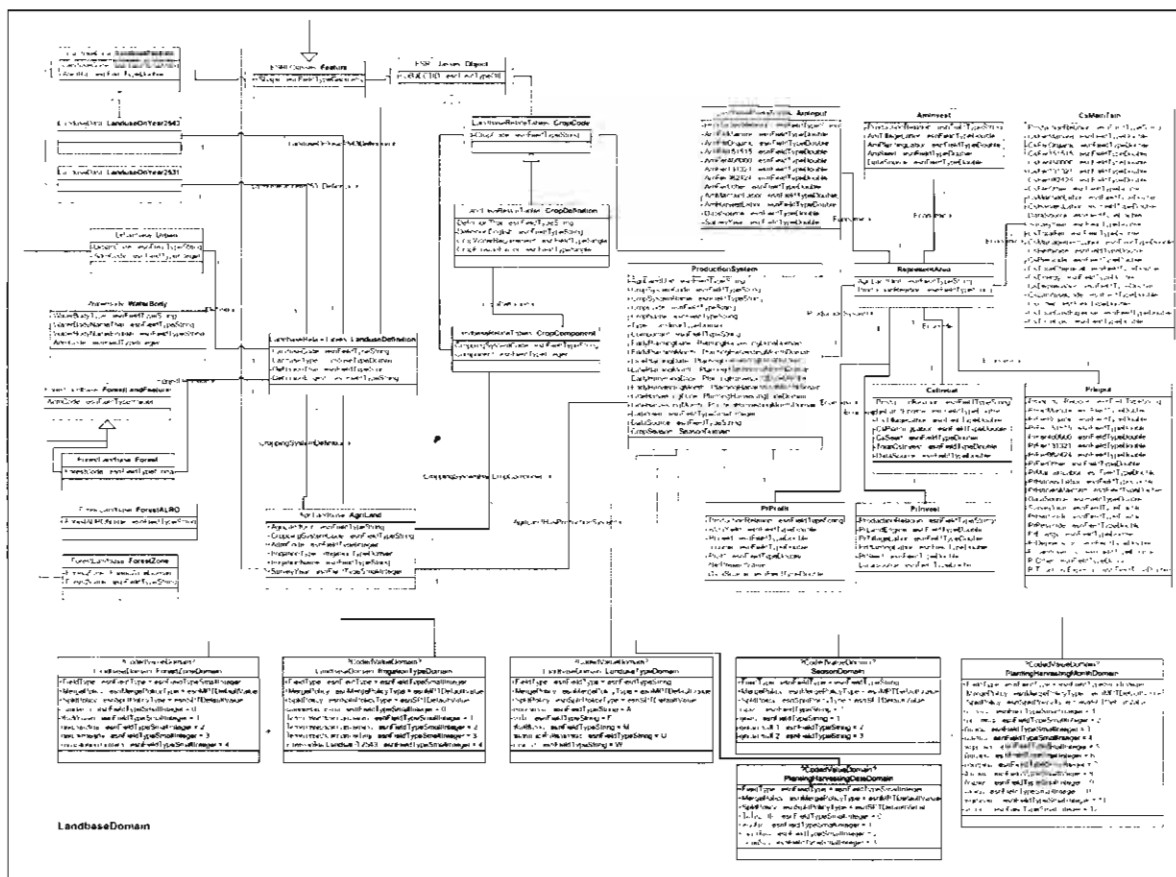
รูปที่ 2-27 ผัง UML แสดงรายละเอียดชุดควบคุมความถูกต้องของข้อมูล

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

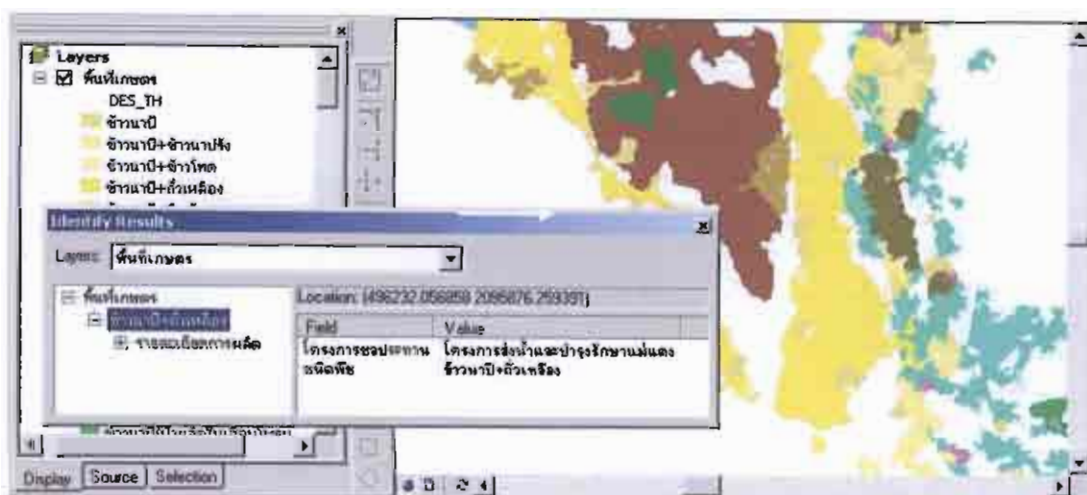
เมื่อออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินผัง UML ในรูปที่ 2-28 จากนั้นสร้างเป็น Geodatabase และนำเข้าข้อมูลตาม Schema (รูปที่ 2-29) ซึ่งสามารถเรียกใช้และแสดงผลในระบบ GIS ได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 2-30



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 ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาแบบจำลองฐานข้อมูลดินที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ของกลุ่มชุดดินเข้ากับข้อมูลอธิบายสมบัติของชุดดิน 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

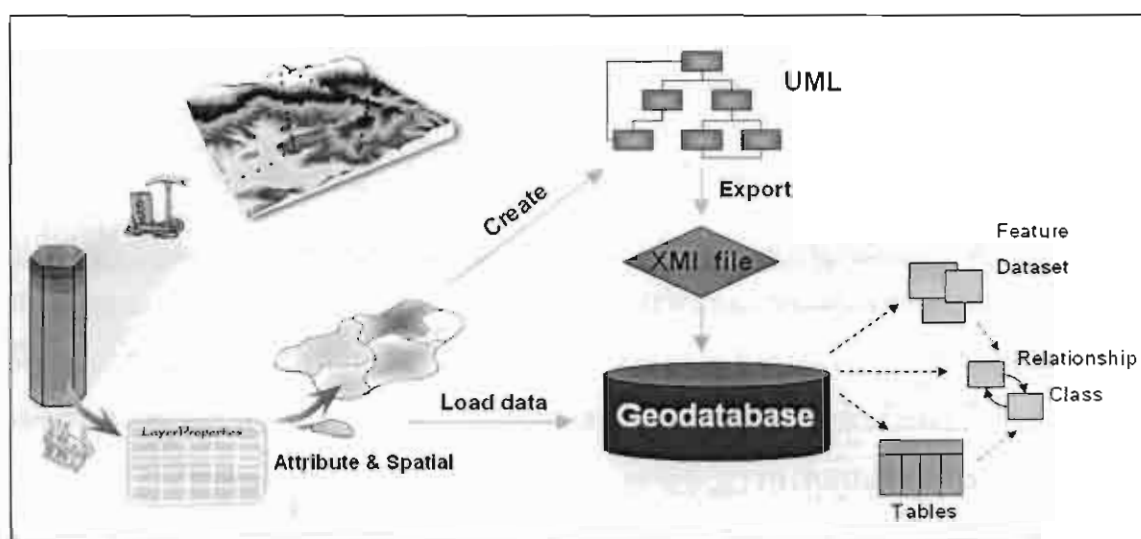
ข้อมูลกลุ่มชุดดินจากฐานข้อมูลในระบบ SoilView (พนมศักดิ์และเมธี, 2539) ข้อมูลชุดนี้ได้รับการจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลประเภท Coverage โดยนำเข้าจากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ข้อมูลอรรถาธิบายประกอบมีจำกัดเฉพาะชื่อกลุ่มชุดดินและระดับความเหมาะสมในการปลูกพืชชนิดต่างๆ อย่างไรก็ตาม กรมพัฒนาที่ดินได้ทำการปรับปรุงฐานข้อมูลอรรถาธิบายใหม่ (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

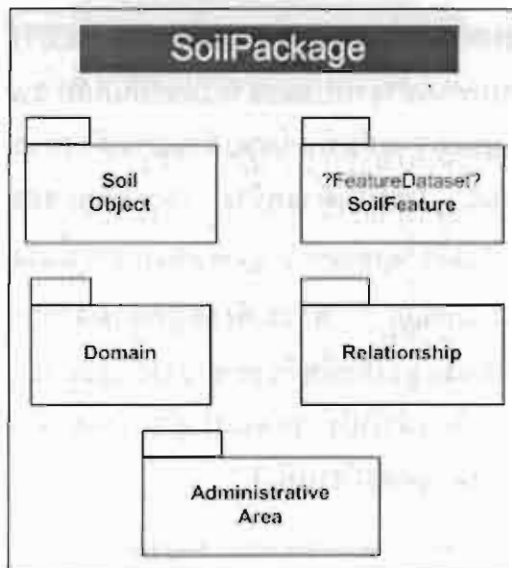
ดำเนินการตามแนวทางการสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศในระบบ ArcGIS (MacDonald, 2001) การสร้างแผนภาพดังกล่าวเป็นกระบวนการวิเคราะห์แบบทวนซ้ำจากบนลงล่างและย้อนกลับ จนได้วัตถุที่ใช้แทนข้อมูลดินพร้อมกับข้อมูลอธิบายและความสัมพันธ์ครบถ้วนตามต้องการ หลังจากตรวจสอบความถูกต้องแล้ว ทำการแปลงผัง UML ให้เป็นโครงสร้าง (Schema)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



รูปที่ 3-1 แนวคิดการสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดิน

ผลการศึกษา

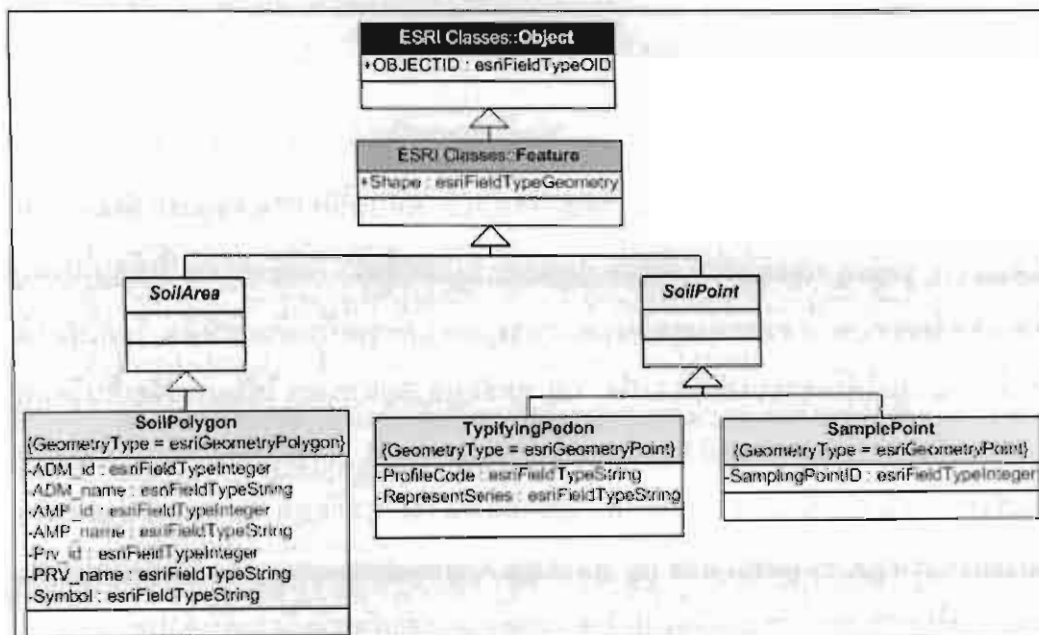
ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศกลุ่มชุดดินถูกจัดออกเป็น 5 กลุ่มหลัก (Packages) ดังแสดงในรูปที่ 3-2 ได้แก่ (1) ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ (Feature dataset) ที่เรียกชื่อว่า SoilFeature ซึ่งจัดเก็บวัตถุที่ใช้แทนขอบเขต (boundary) ของกลุ่มชุดดินแต่ละประเภท และจุดเก็บตัวอย่างดิน วัตถุเหล่านี้สามารถอ้างอิงตำแหน่งได้โดยระบบพิกัด 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 สำหรับจัดเก็บตำแหน่งของชุดดินตัวแทนของกลุ่มชุดดินหนึ่งๆ 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 แสดงชั้นกลุ่มของวัตถุที่ใช้แทนข้อมูลอธิบายกลุ่มชุดดินและสมบัติของชุดดินตัวแทน และตัวอย่างดินในภาคสนาม

(1) *SoilGroupProperties* จัดเก็บข้อมูลบรรยายที่เกี่ยวกับสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี 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
- CompositeLayerPhysicalProperties: 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)

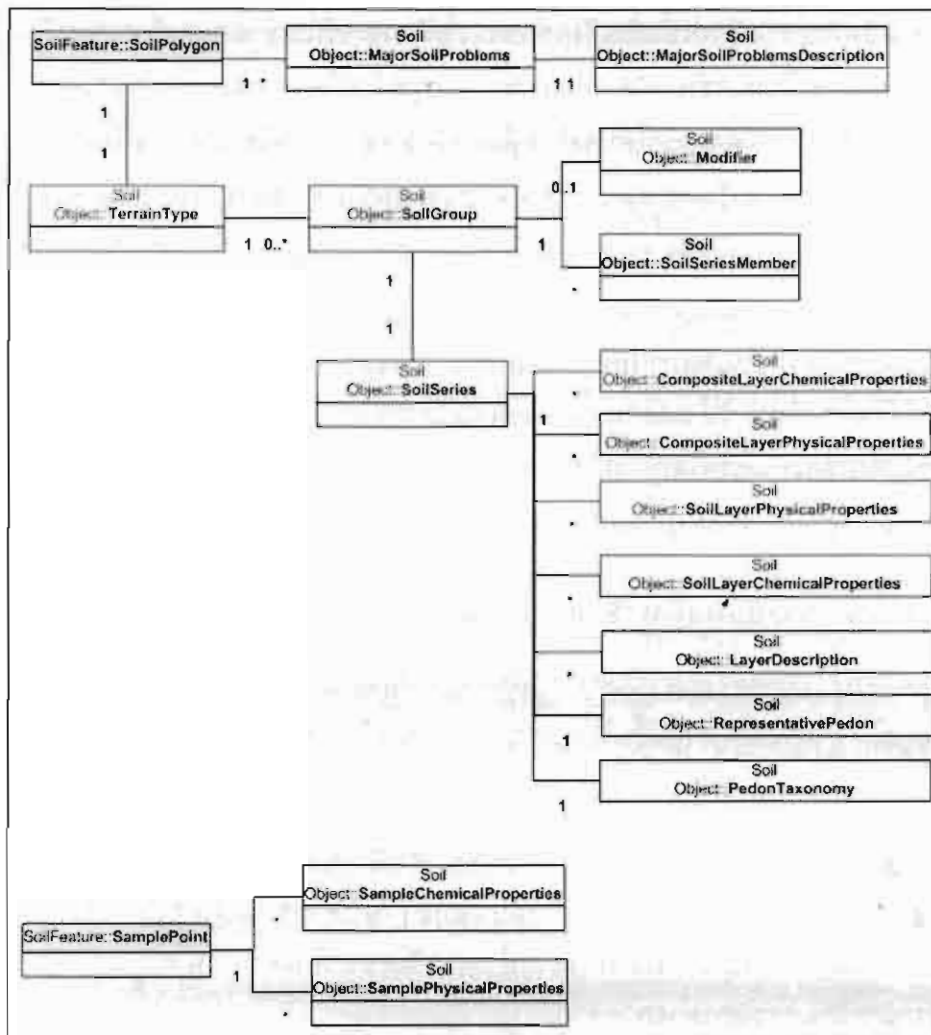
ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นของวัตถุ (Object Class) ที่เป็นข้อมูลอธิบายด้วยตัวเอง และชั้นวัตถุ SoilPolygon ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงเป็นผัง UML ดังรูปที่ 3-5 ลักษณะ ของความสัมพันธ์ (cardinality) อาจเป็น One-to-One (1-1), One-to-Many (1-M, 1-*) หรือ Many-to-Many (N-M, *-*) ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่เป็นตัวแทนของข้อมูลดิน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

ชุดวัตถุกำกับค่าข้อมูลดิน (Soil Domains)

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

ชุดข้อมูลขอบเขตการปกครอง (Administrative Area)

เป็นชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ขอบเขตการปกครองจากการจัดทำฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ พื้นฐานเพื่อสนับสนุนการจัดการทรัพยากร (เมธี และคณะ, 2548) ซึ่งใช้สำหรับอ้างอิงการเรียกใช้ ข้อมูลดินตามขอบเขตการปกครองเป็นลำดับชั้น ตั้งแต่ระดับจังหวัดถึงระดับตำบล



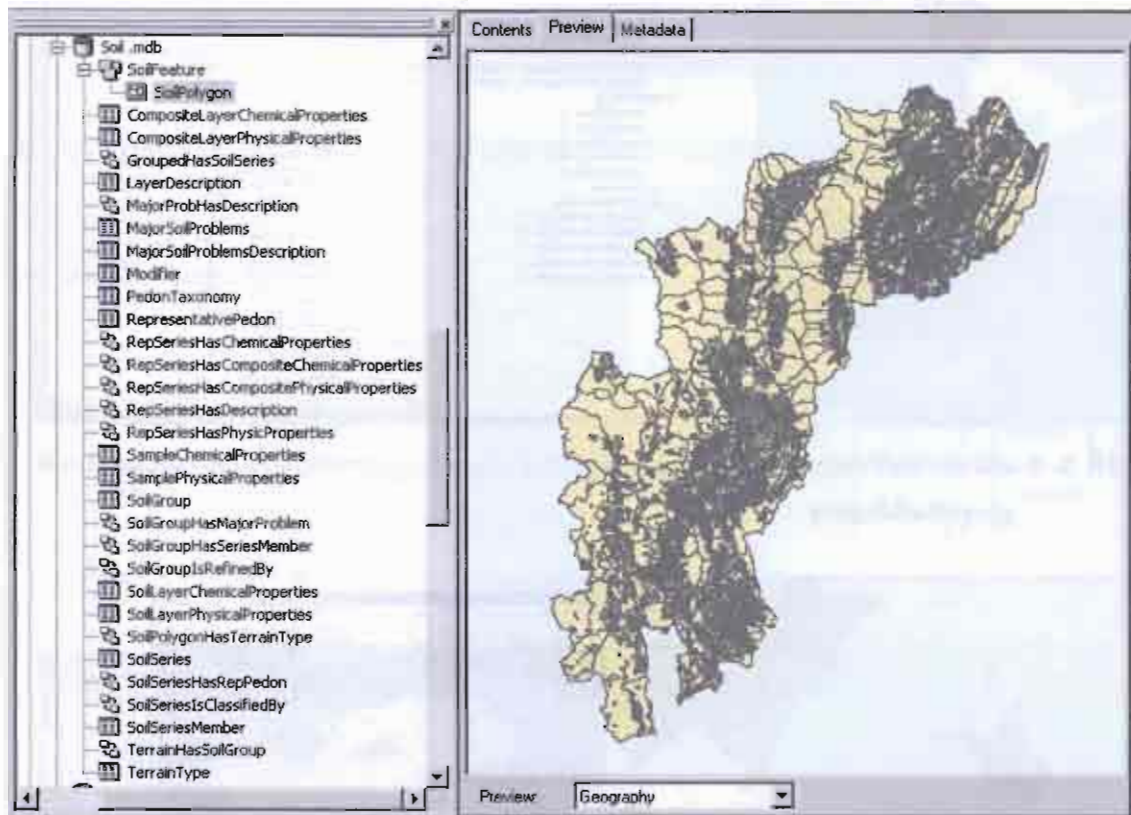
รูปที่ 3-5 ระดับชั้นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลบรรยายในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดิน

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 %	

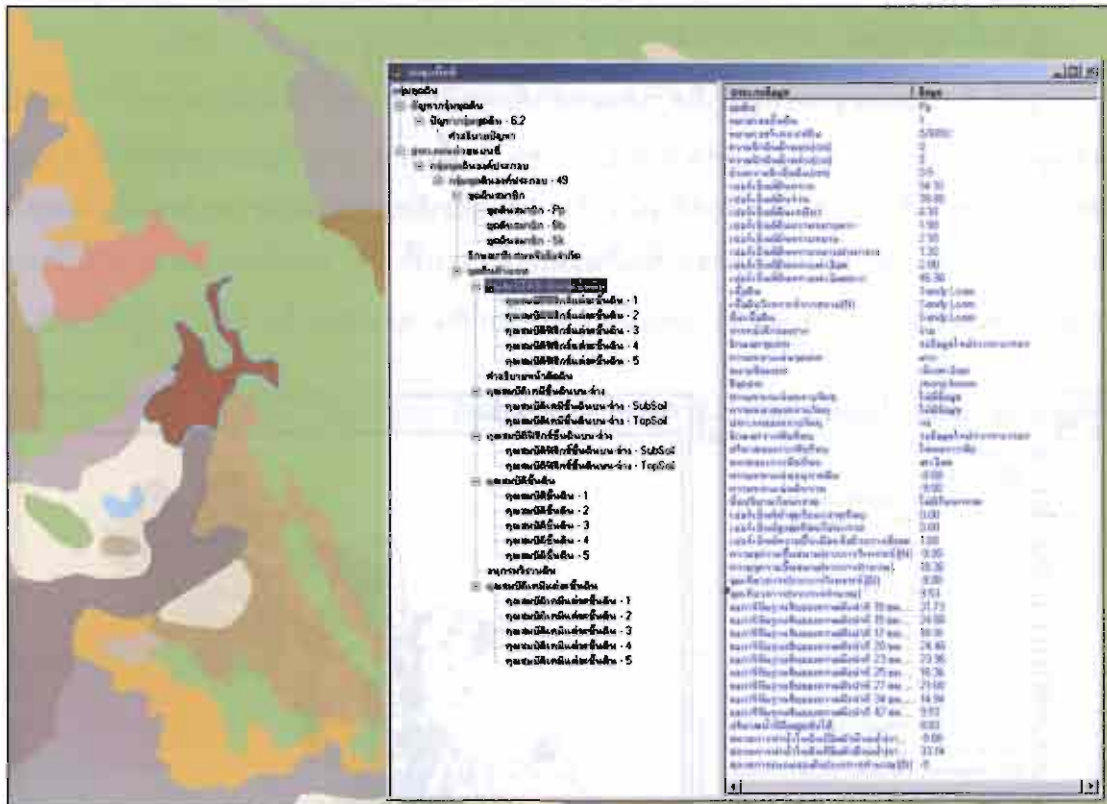
รูปที่ 3-6 การควบคุมค่าข้อมูลสำหรับการนำเข้าและแก้ไขข้อมูลด้วยการสร้าง Domain

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศและการนำไปใช้ประโยชน์

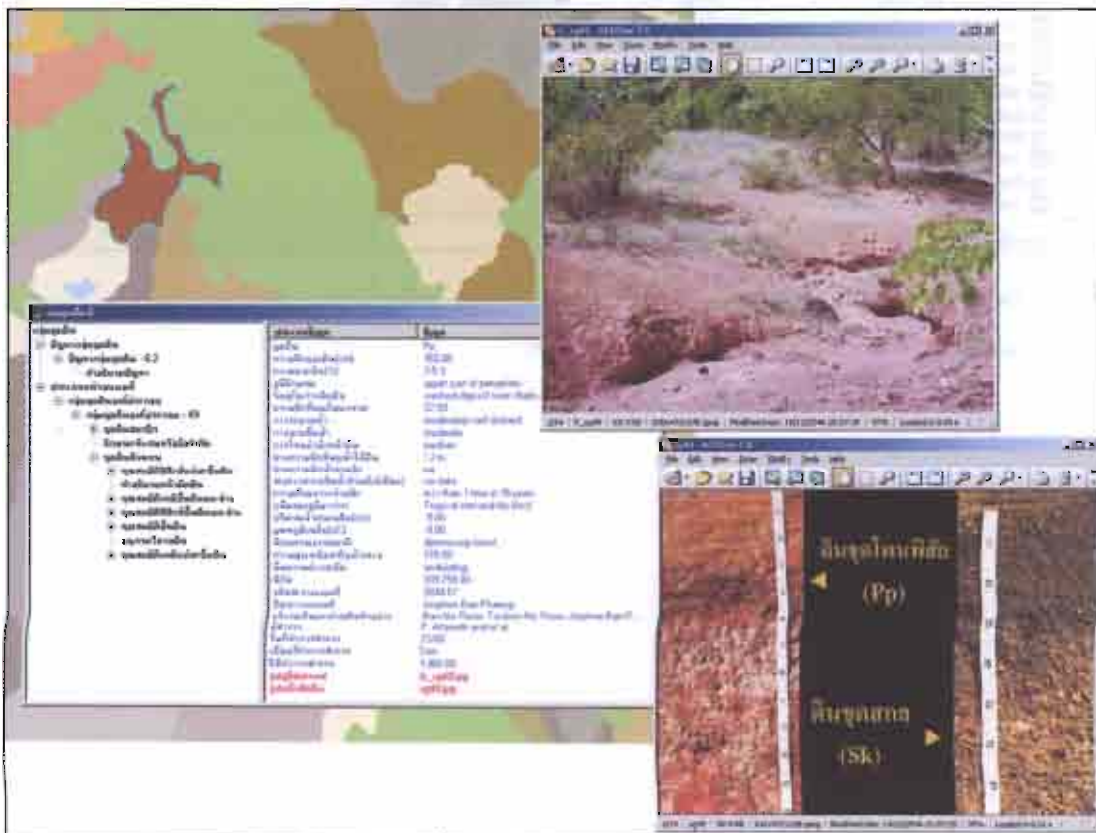
รูปที่ 3-7 แสดงฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศกลุ่มชุดดินที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองข้อมูลดิน ฐานข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้งานได้หลายรูปแบบ เช่น สืบค้นหาบริเวณที่พบกลุ่มชุดดินที่เจาะจง พร้อมทั้งแสดงสมบัติทั่วไปของกลุ่มชุดดินนั้น เรียกดูรายละเอียดอนุกรมวิธานของชุดดินตัวแทน หรืออาจเรียกแสดงสมบัติทางฟิสิกส์ของชั้นดินแต่ละชั้น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



รูปที่ 3-7 โครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศกลุ่มชุดดินและข้อมูลในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน

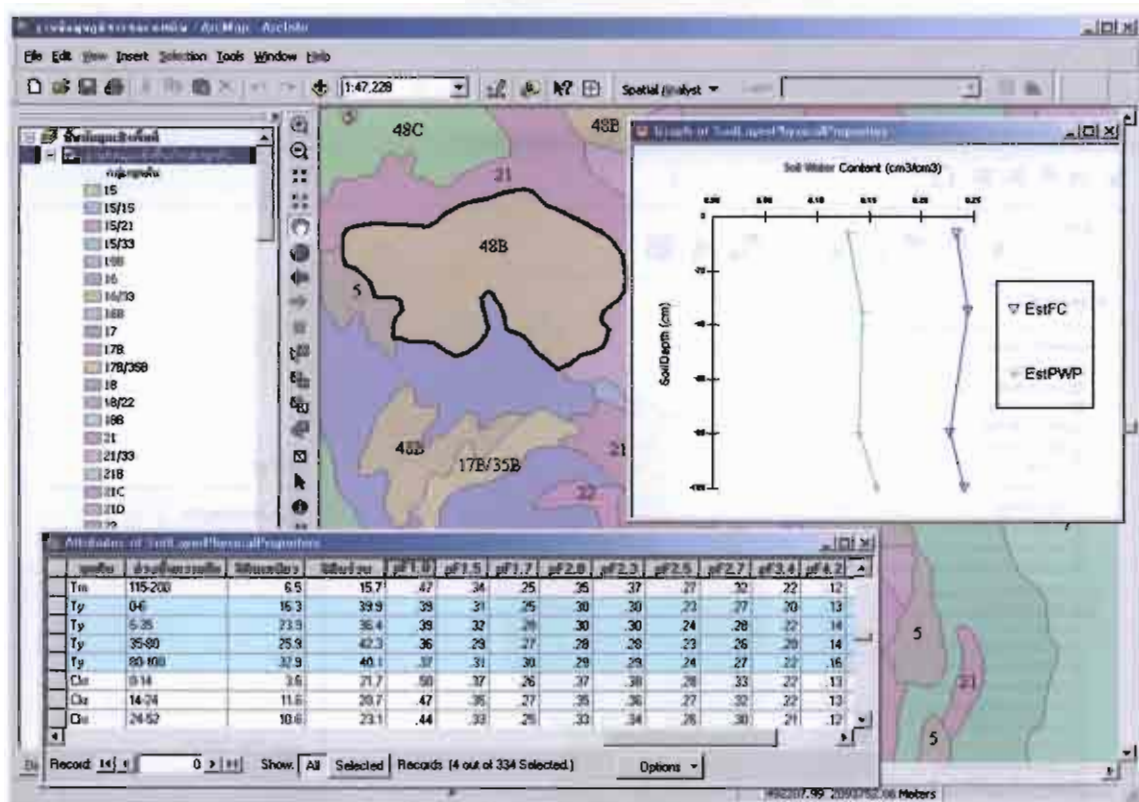


รูปที่ 3-8 ผลจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบายเมื่อเรียกแสดงสมบัติของชุดดินที่ต้องการ



รูปที่ 3-9 ผลการเรียกแสดงภาพหน้าตัดดินและสภาพภูมิประเทศของชุดดินตัวแทน

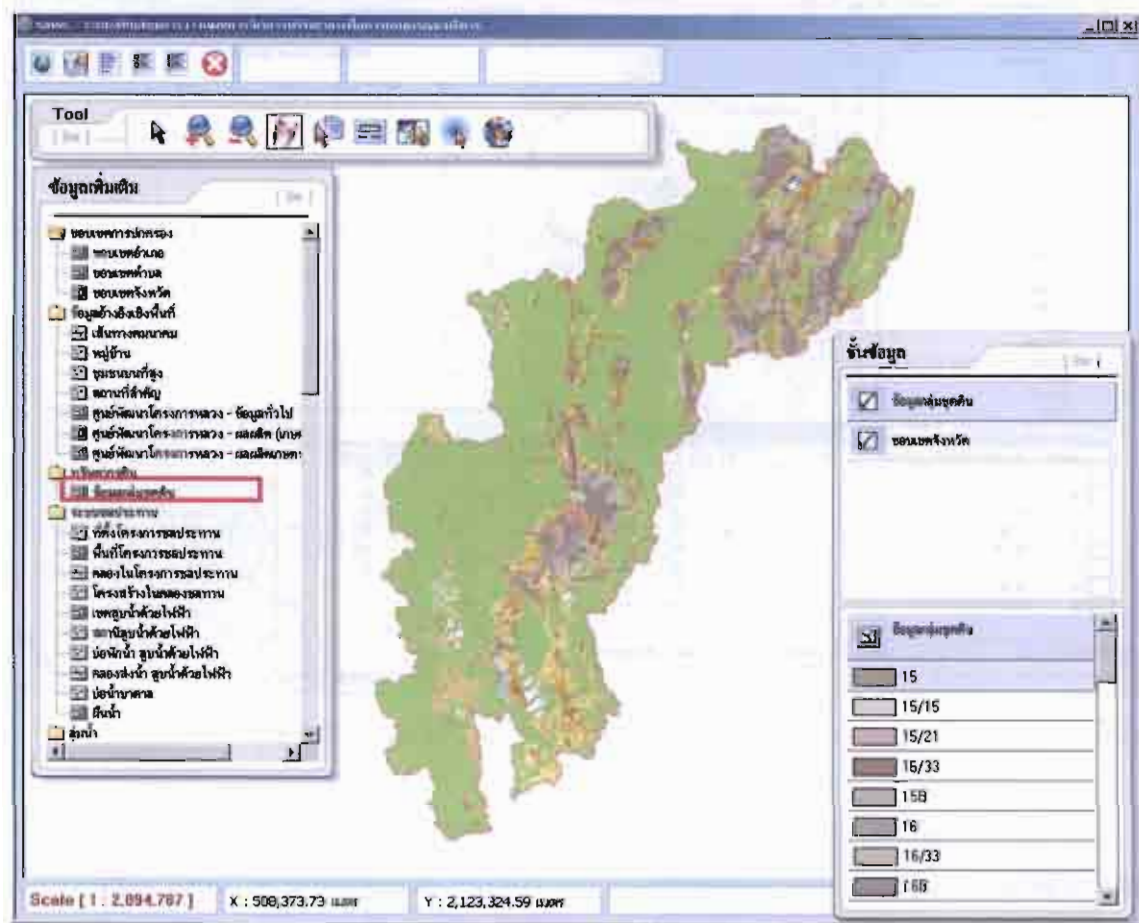
ตัวอย่างรูปที่ 3-10 เป็นการเรียกแสดงสมบัติทางฟิสิกส์ของกลุ่มชุดดินที่ 48 ซึ่งมีดินชุดท่ายาง (Ty) เป็นชุดดินตัวแทน เนื่องจากการวัดค่าความจุความชื้นในสนาม (FC) และจุดเหี่ยวถาวร (PWP) ในดินชุดนี้ หากไม่มีการวัดและจัดเก็บค่าทั้งสองในฐานะข้อมูล สามารถประมาณค่า FC และ PWP จากฟังก์ชันแปลงค่าข้อมูลดินตามรายงานของ 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 การตอบสนองดังกล่าวมีลักษณะความสัมพันธ์เป็นรูปประซังคว่ำแบบสมมาตร 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 และใช้ระยะทางยูคลิเดียนเพื่อประเมินความคล้ายคลึงกันระหว่างสมบัติที่ดินกับความต้องการของพืชในแต่ละระดับชั้นความเหมาะสม ถ้าค่าระยะทางยูคลิเดียนยิ่งน้อย สมบัติของที่ดินใน LMU จะคล้ายคลึงกับสมบัติที่ดินที่เป็นตัวแทนของระดับชั้นความเหมาะสมนั้นๆ ค่าระยะทางยูคลิเดียน (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)

$$f_c(\bar{x}) = \frac{\frac{1}{d_E(\bar{x}, \mu_c)}}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{1}{d_E(\bar{x}, \mu_i)} \right)} \quad (4-5)$$

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