บทที่ 3
วิธีการศึกษา

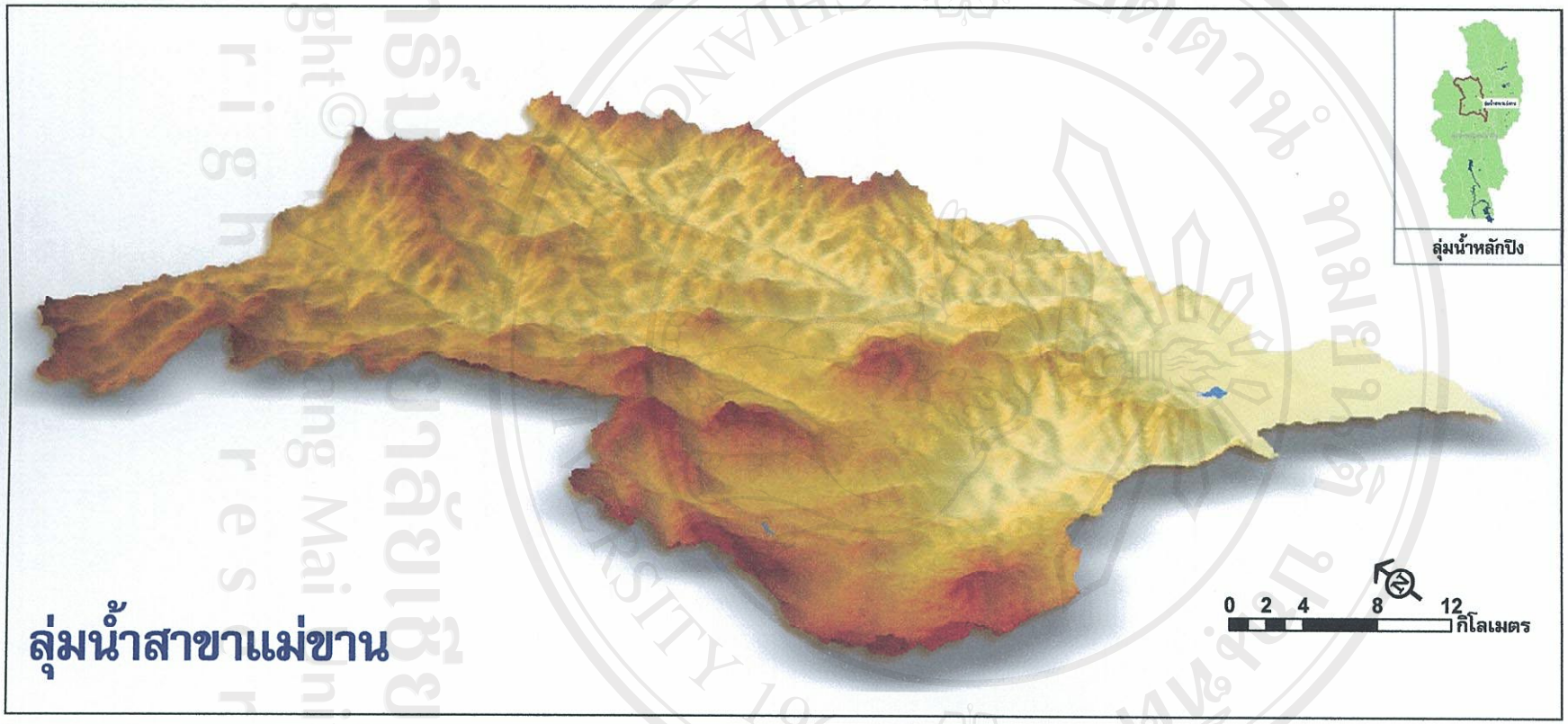
3.1 พื้นที่ศึกษา

กระบวนการศึกษาได้แบ่งออกเป็นสองส่วนคือการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศและการจัดลำดับความสำคัญลุ่มน้ำ ส่วนของการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำได้ใช้พื้นที่ที่ครอบคลุมลุ่มน้ำสาขาแม่ขานและการพัฒนาวิธีการจัดลำดับความสำคัญได้ใช้พื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย เนื่องจากมีความพร้อมของชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่จำเป็นในการประเมินเพื่อระบุความสำคัญลุ่มน้ำย่อยจากการประเมินภาวะพื้นที่ถูกรบกวน การชะล้างพังทลายดิน และปริมาณตะกอนในลำน้ำ ซึ่งภาวะดังกล่าวเหล่านี้ต่างต้องการข้อมูลดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความละเอียดเพียงพอเป็นปัจจัยที่ใช้ในการประเมิน

ลุ่มน้ำแม่ขาน เป็นลุ่มน้ำสาขาหนึ่งของลุ่มน้ำหลักแม่น้ำปิง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542) ตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 18° 29′ ถึง 19° 04′ องศาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 98° 24′ ถึง 98° 52′ องศาตะวันออก เมื่ออ้างอิงตามขอบเขตการปกครองพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ขานครอบคลุมพื้นที่ในเขต 5 อำเภอของจังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ อำเภอสะเมิง หางดง แม่วาง สันป่าตอง และกิ่งอำเภอดอยหล่อ สภาพทางกายภาพของพื้นที่ตั้งอยู่ในช่วงความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 278-2,562 เมตร มีขนาดพื้นที่ 1,074,345 ไร่ หรือ 1,719 ตารางกิโลเมตร สภาพภูมิประเทศลุ่มน้ำสาขาแม่ขานโดยรวมแสดงดังรูปที่ 3.1

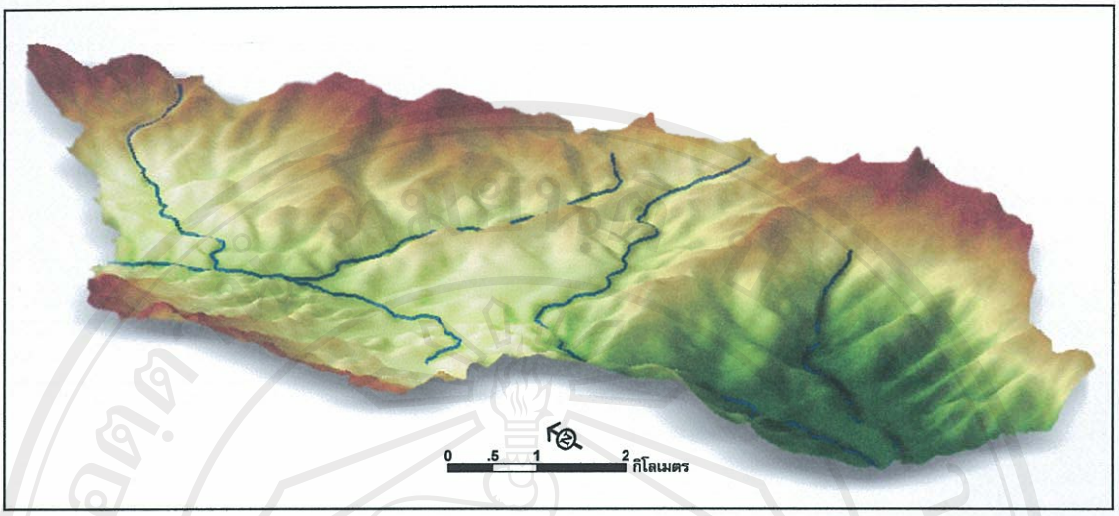
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 18° 44′ ถึง 18° 50′ องศาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 98° 30′ ถึง 98° 34′ องศาตะวันออก มีขนาดพื้นที่รับผิดชอบประมาณ 21,813 ไร่ หรือ 33 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 14 หมู่บ้านภายใต้ขอบเขตตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม และตำบลแม่วิน อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นกะเหรี่ยงและม้งที่ดำรงชีพด้วยการประกอบกิจกรรมการเกษตร สภาพพื้นที่ทั่วไปเป็นพื้นที่สูงที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 900-1,600 เมตร สภาพอุทกวิทยาประกอบด้วย 2 สายน้ำหลักคือห้วยแม่แฮในฝั่งตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม และห้วยแม่เตียนในฝั่งตำบลแม่วิน อำเภอแม่วาง สภาพภูมิประเทศโดยรวมแสดงดังรูปที่ 3.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



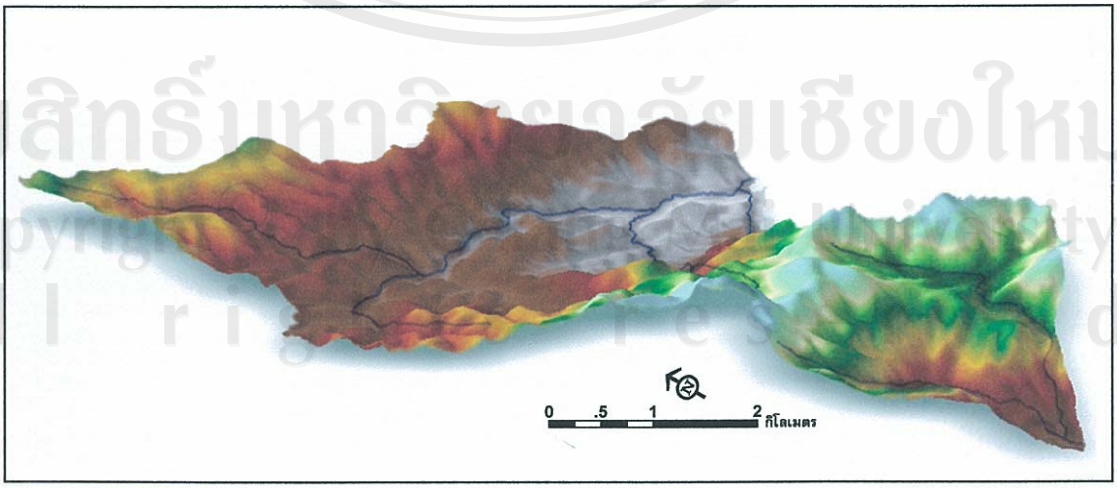
รูปที่ 3.1 สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำสาขาแม่ขาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.2 พื้นที่ศึกษาศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย ตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 18° 54′ ถึง 18° 58′ องศาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 98° 46′ ถึง 98° 50′ องศาตะวันออก ซึ่งอยู่ภายในขอบเขตการปกครองตำบลแม่แรมและตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ขนาดพื้นที่รับผิดชอบประมาณ 12,958 ไร่ หรือ 21 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 6 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านหนองหอยเก่า บ้านสามหลัง บ้านหนองหอยใหม่ บ้านแม่ขิง บ้านปางไฮ และบ้านห้วยหวาย ชุมชนโดยส่วนใหญ่เป็นคนไทยม้ง และลีซอ ที่มีการดำรงชีพด้วยการทำเกษตร พื้นที่โดยทั่วไปสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 780-1,430 เมตร สภาพอุทกวิทยาประกอบด้วยลำน้ำแม่แรมและห้วยหนองหอย สภาพภูมิประเทศโดยรวมแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 พื้นที่ศึกษาศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 กรอบการทำงาน

ในการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อจัดลำดับความสำคัญของลุ่มน้ำได้แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

(1) การรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย เป็นขั้นตอนการทำงานโดยเน้นการรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบเพื่อจัดสร้างชั้นข้อมูล นำเข้ารายละเอียดเพิ่มเติมหรือทำการปรับปรุงชั้นข้อมูลให้สอดคล้องกับการใช้งาน

(2) การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำประกอบด้วยการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล การสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำและจำแนกอันดับชั้นด้วยระบบ Pfafstetter การวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อสร้างชุดข้อมูลคุณสมบัติลุ่มน้ำย่อย และการสร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำ

(3) การจัดลำดับความสำคัญเพื่อการจัดการลุ่มน้ำภายใต้วัตถุประสงค์เพื่อฟื้นฟูลุ่มน้ำโดยใช้สถานภาพความเสี่ยงต่อการเกิดความเสื่อมโทรมของลุ่มน้ำย่อยเป็นตัววัดลำดับความสำคัญ ซึ่งประเมินได้จากภาวะพื้นที่ถูกรบกวน การชะล้างพังทลายดิน และปริมาณตะกอนในลำน้ำ

3.3 การรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

ข้อมูลเพื่อการวิจัยได้รวบรวมตามวัตถุประสงค์ของการทำงาน โดยมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ชั้นข้อมูลที่ต้องใช้ในการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ

ชั้นข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข ขนาด 30×30 เมตร	โครงการระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (เมธีและคณะ, 2546ข)
2. เส้นทางน้ำ	แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 กรมแผนที่ทหาร
3. แหล่งน้ำ	• แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 กรมแผนที่ทหาร • โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การจำแนกนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ชาญชัยและคณะ, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การใช้ประโยชน์ที่ดินที่จำแนกได้จากภาพดาวเทียม LANDSAT	● โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การจำแนกนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ชาญชัยและคณะ, 2546)

ตารางที่ 3.2 ชั้นข้อมูลที่ต้องใช้ในการจัดลำดับความสำคัญเพื่อการจัดการลุ่มน้ำ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮและหนองหอย

ชั้นข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ชั้นข้อมูลดินมาตราส่วน 1:10,000	กรมพัฒนาที่ดิน (2545ข)
2. ชั้นข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ชั้นข้อมูลเส้นชั้นความสูง (contour line) ชั้นข้อมูลจุดระดับสูง (spot elevation) ชั้นข้อมูลเส้นทางน้ำและแหล่งน้ำ	กรมพัฒนาที่ดิน (2545ข)
3. การใช้ประโยชน์ที่ดินปีพ.ศ. 2543 มาตราส่วน 1:4,000 ที่จำแนกได้จากภาพดาวเทียม IKONOS	ระบบสนับสนุนการพัฒนาการเกษตรและจัดการทรัพยากรธรรมชาติของศูนย์พัฒนาฯ ในมูลนิธิโครงการหลวง (เมธีและคณะ, 2544)
4. ชั้นข้อมูลน้ำฝน	โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การจำแนกนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ชาญชัยและคณะ, 2545)

3.4 การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำ

สำหรับการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ การสร้างชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำและจำแนกอันดับชั้นด้วยระบบ Pfafstetter การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อสร้างชุดข้อมูลคุณสมบัติลุ่มน้ำย่อย และการสร้างชุดข้อมูลเครือข่ายลุ่มน้ำ ซึ่งกระบวนการและขั้นตอนการทำงานดังกล่าวนี้ใช้ซอฟต์แวร์ ArcGIS รุ่น 8.3 (ESRI, 2002) Arc Hydro (Maidment (ed.), 2002) และ Microsoft Visio Professional รุ่น 2002 เป็นเครื่องมือในการทำงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.1 การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ หรือ Geodatabase สร้างขึ้นได้ด้วยการออกแบบและกำหนดคุณลักษณะของชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบายประกอบที่ต้องการผ่านผัง UML (Unified Modeling Language) โดยทำงานบนโปรแกรม Microsoft Visio แล้วแปลงให้เป็นแฟ้มข้อมูลประเภท XMI (XML Metadata Interchange) จากนั้นสร้างเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่แบบ Personal Geodatabase ใน ArcGIS ด้วย CASE Tools ในส่วน *Schema Wizard Creation* (ESRI, 2002) ซึ่งโครงสร้างของ Geodatabase ที่ได้จะมีองค์ประกอบต่างๆ เช่นเดียวกับที่ได้ออกแบบและสร้างไว้ในผัง UML

ในการออกแบบผัง UML เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเครือข่ายลุ่มน้ำได้กำหนดโครงสร้างขอบเขตลุ่มน้ำและข้อมูลอุทกวิทยาระดับต่างๆ ที่สอดคล้องกับการจำแนกอันดับชั้นและกำหนดรหัสลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter และนำไปเทียบเคียงกับความหมายของพื้นที่ลุ่มน้ำระดับต่างๆ ที่ Olivera et al. (2002) ได้นิยามไว้ ซึ่งมีรายละเอียดโดยสรุปคือ Catchment เป็นหน่วยพื้นที่รับน้ำที่ระบายจากแหล่งต้นน้ำ (drainage area) ขอบเขตของหน่วยพื้นที่ถูกกำหนดขึ้นจากลักษณะธรรมชาติและความสอดคล้องของสภาพภูมิประเทศ ซึ่งในที่นี้เรียกว่า "ลุ่มน้ำย่อย" Watershed หมายถึงพื้นที่ลุ่มน้ำที่กำหนดขึ้นเพื่อรองรับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้เกี่ยวกับงานด้านอุทกวิทยา ขอบเขตของหน่วยพื้นที่ครอบคลุมลุ่มน้ำย่อยและเป็นหน่วยย่อยของ Basin เมื่ออ้างอิงกับฐานข้อมูลลุ่มน้ำที่พัฒนาขึ้นในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542) จัดอยู่ในระดับ "ลุ่มน้ำสาขา" Basin คือขอบเขตพื้นที่ที่กำหนดขึ้นเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำ โดยมีชุดหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและลุ่มน้ำสาขาประกอบกันขึ้นเป็นขอบเขตพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งเมื่ออ้างอิงกับฐานข้อมูลลุ่มน้ำที่พัฒนาขึ้นในประเทศไทยจัดอยู่ในระดับ "ลุ่มน้ำหลัก"

หลังจากการออกแบบผัง UML แล้วนำไปสร้างโครง Geodatabase ที่ไม่มีข้อมูลภายในโดยมีโครงสร้างประกอบด้วยชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่

(1) ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (Catchment) จัดเก็บขอบเขตพื้นที่รับน้ำตามระดับ (level) ที่ได้รับการจำแนกด้วยระบบ Pfafstetter

(2) ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา (Watershed) จัดเก็บขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำที่สร้างจากการกำหนดจุดรวมน้ำโดยอ้างอิงตามฐานข้อมูลลุ่มน้ำสาขา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542)

(3) ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำหลัก (Basin) จัดเก็บพื้นที่ที่ได้จากการรวมขอบเขตลุ่มน้ำสาขาโดยอ้างอิงตามที่ระบุในฐานข้อมูลลุ่มน้ำสาขา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542)

(4) ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่โครงข่ายลำน้ำ (DrainageLine) จัดเก็บเส้นทางน้ำในระบบลุ่มน้ำ

(5) ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ตำแหน่งจุดรวมน้ำของแต่ละลุ่มน้ำย่อย (DrainagePoint)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.2 การสร้างชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำและจำแนกอันดับชั้นด้วยระบบ Pfafstetter

ในขั้นตอนนี้ได้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักประกอบด้วย (1) การจัดทำชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เครือข่ายลุ่มน้ำสำหรับเป็นข้อมูลตั้งต้นในการสร้างขอบเขตลุ่มน้ำ และ (2) การสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำและจำแนกอันดับชั้นด้วยระบบ Pfafstetter

การจัดทำชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐาน

ในการจำลองขอบเขตลุ่มน้ำและข้อมูลอุทกวิทยาเพื่อสร้างเครือข่ายลุ่มน้ำได้ใช้ DEM ร่วมกับชั้นข้อมูลเส้นทางน้ำและแหล่งน้ำอ้างอิง เพื่อให้ชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำที่ได้จากการจำลองข้อมูลลุ่มน้ำมีความต่อเนื่องสอดคล้องกับภูมิประเทศและแสดงทิศทางการไหลของน้ำได้ชัดเจนมากขึ้น ชั้นข้อมูลเส้นทางน้ำอ้างอิงจะถูกผนวกเข้าสู่ DEM ด้วยกระบวนการ Stream burning จากนั้นนำ DEM ดังกล่าวจำลองลุ่มน้ำด้วยการระบุตำแหน่งและขอบเขตแหล่งน้ำอ้างอิงทั้งที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่สร้างขึ้น โดยประยุกต์ใช้วิธีการที่เสนอโดย Turcotte et al. (2001) ซึ่งอาศัยหลักการปรับแบบจำลองข้อมูลความสูงของพื้นที่ (DEM) ด้วยระยะห่างจากตำแหน่งแหล่งน้ำดังสมการที่ (3.1) DEM ที่อยู่ใกล้ชิดกับแหล่งน้ำจะถูกปรับค่ามากกว่า DEM ที่อยู่ห่างออกไป

$$E'(i,j) = E(i,j) - P(i,j) \qquad (3.1)$$

โดยที่ $E'(i,j)$ คือค่าความสูงของกริดที่ (i,j) ในชั้นข้อมูล DEM ที่ปรับค่าความสูงแล้ว, $E(i,j)$ คือค่าความสูงของกริดที่ (i,j) ในชั้นข้อมูล DEM ก่อนปรับค่า และ $P(i,j)$ คือค่าสัมประสิทธิ์การรบกวนทิศทางการไหลของน้ำ (Perturbation coefficient) แสดงเป็นค่าระยะห่างระหว่างแต่ละเซลล์ของ DEM จากตำแหน่งแหล่งน้ำ โดยจะเพิ่มขึ้นเมื่อเซลล์อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำและค่อยๆ ลดลงจนมีค่าเป็น 0 เมื่อเซลล์มีระยะห่างจากแหล่งน้ำมากขึ้น ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (3.2)

$$P(i,j) = \frac{1}{2}\left(\frac{R_m}{R(i,j)}\right)^{1/\alpha} \qquad (3.2)$$

โดยที่ R_m คืออาณาเขตที่ไกลสุดที่ส่งผลต่อทิศทางการไหลของน้ำ (maximum radial influence) ซึ่งต้องมีค่ามากพอสำหรับช่วยขจัดความคลาดเคลื่อน (discrepancies) ในการคำนวณทิศทางการไหลของน้ำ, $R(i,j)$ คือระยะทางคิดเป็นจำนวนเซลล์ระหว่างเซลล์ที่ (i,j) กับเซลล์ที่เป็นแหล่งน้ำที่ใกล้สุด และ α คือค่า flaring coefficient ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (3.3)

$$\alpha = \frac{\ln(R_m) - \ln(R_m - 1)}{\ln 3} \qquad (3.3)$$

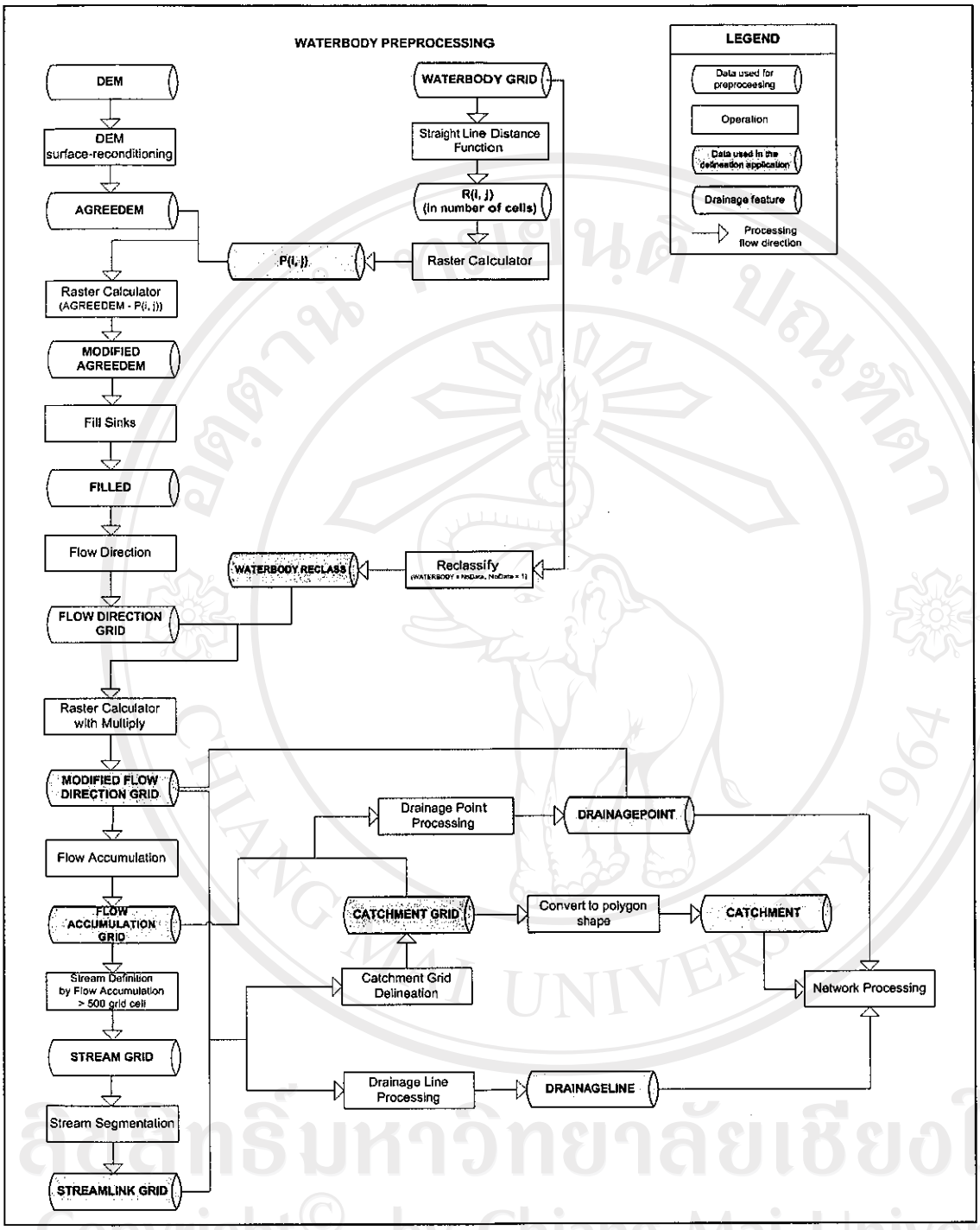
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับเครื่องมือในระบบ GIS สำหรับการจำลองขอบเขตลุ่มน้ำและชั้นข้อมูลอุทกวิทยา รวมทั้งชุดเครือข่าย ได้แก่ Arc Hydro ซึ่งเป็นโปรแกรมประยุกต์ใช้งานการจัดการทรัพยากรน้ำ (Maidment (ed.), 2002) โดยทำงานผ่านโปรแกรม ArcGIS และขั้นตอนการจัดทำชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐานโดยสรุปแสดงดังรูปที่ 3.4

การจำลองขอบเขตลุ่มน้ำดำเนินการโดยเตรียมชั้นข้อมูลแหล่งน้ำเพื่อใช้ในการระบุตำแหน่งและขอบเขต เริ่มต้นจากคัดเลือกแหล่งน้ำที่มีขนาดใหญ่ เป็นที่รู้จัก และมีลักษณะที่เชื่อมโยงกัน สามารถสกัดได้จากแผนที่ภูมิประเทศขนาดมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร หรือจำแนกได้จากข้อมูลระยะไกล (Remote sensing) นำข้อมูลแหล่งน้ำดังกล่าวมาสร้างชั้นข้อมูล $R(i, j)$ ซึ่งแสดงระยะทางแนวตรง (Euclidean distance) ของแหล่งน้ำแต่ละตำแหน่ง จากนั้นสร้างชั้นข้อมูล $P(i, j)$ โดยคำนวณจากสมการที่ (3.2) ทำการเตรียมข้อมูล DEM (DEM surface-reconditioning) ด้วยการทำ Stream burning ซึ่งเป็นการผนวกชั้นข้อมูลเส้นทางน้ำประเภทเวกเตอร์เข้าไปใน DEM (Hydrography integration method) เพื่อแก้ไขปัญหาความสับสนของทิศทางการไหลของน้ำในบริเวณพื้นที่ราบลุ่ม รวมทั้งเป็นการเพิ่มเติมรายละเอียดของเส้นทางน้ำให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของภูมิประเทศ ชั้นข้อมูลเส้นทางน้ำอ้างอิงสำหรับ "burn in" ต้องมีลักษณะเป็นเส้นเดี่ยว มีความต่อเนื่อง และไม่เป็นวงรอบ (loop) แล้วใช้เทคนิค "AGREE" ที่ได้พัฒนาโดย Hellweger (1997) สำหรับการทำ Stream burning และได้รับการบรรจุไว้ในโปรแกรม Arc Hydro ภายใต้ชื่อ DEM Reconditioning ซึ่งเป็นฟังก์ชันการทำงานในเมนู Terrain Preprocessing ดังนั้นชั้นข้อมูล DEM ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะมีเส้นทางน้ำที่สมบูรณ์และสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ (AGREEDEM)

ทำการปรับค่าความสูงรอบแหล่งน้ำในชั้นข้อมูล AGREEDEM ด้วยชั้นข้อมูล $P(i, j)$ ตามสมการที่ (3.1) จะได้ชั้นข้อมูล AGREEDEM ที่ถูกปรับค่าความสูง (MODIFIED AGREEDEM) แล้วทำการกลบบริเวณที่เป็นแอ่งผิดธรรมชาติโดยเพิ่มค่าความสูงในบริเวณแอ่งต่ำ (sinks) ให้เท่ากับค่าความสูงที่ต่ำสุดของพื้นที่รอบๆ แอ่งต่ำ ทำให้เส้นทางการไหลของน้ำมีความต่อเนื่องตามสภาพภูมิประเทศ จากนั้นจึงสร้างชั้นข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำ (FLOW DIRECTION GRID) โดยใช้แบบจำลองในการกำหนดทิศทางการไหลของน้ำแบบ 8 ทิศทางตามความชันสูงสุดระหว่างกริดแต่ละช่องที่อยู่ติดกัน ทำการระบุตำแหน่งและรูปร่างของแหล่งน้ำด้วยการซ้อนทับชั้นข้อมูลแหล่งน้ำบนชั้นข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำ จะได้ชั้นข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำที่มีตำแหน่งและขอบเขตของแหล่งน้ำ (MODIFIED FLOW DIRECTION GRID) แล้วจึงทำการสร้างชั้นข้อมูลการสะสมน้ำ (FLOW ACCUMULATION GRID)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.4 แผนภาพแสดงขั้นตอนและวิธีการสร้างชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐาน

ชั้นข้อมูลการสะสมน้ำหน้าดินคำนวณได้จากชั้นข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำ โดยภายในแต่ละกริดจะเก็บค่าจำนวนกริดที่มีน้ำไหลมารวมกันที่กริดนั้น จากนั้นทำการสร้างเส้นทางน้ำจากชั้นข้อมูลการสะสมน้ำโดยระบุค่าจำนวนกริดที่เป็นแหล่งของการสะสมน้ำในแต่ละกริดเซลล์ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ระบุค่าดังกล่าวไว้ที่ 500 กริดเซลล์ ผลลัพธ์ในขั้นตอนนี้จะได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชั้นข้อมูลเส้นทางน้ำ ณ ตำแหน่งกริดที่มีการสะสมของน้ำมากกว่า 500 กริดเซลล์ขึ้นไป จากนั้นจึงทำการสร้างชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ (STREAMLINK) ซึ่งเป็นการกำหนดจุดเชื่อมต่อเส้นทางน้ำเพื่อใช้ในการสร้างขอบเขตลุ่มน้ำย่อย

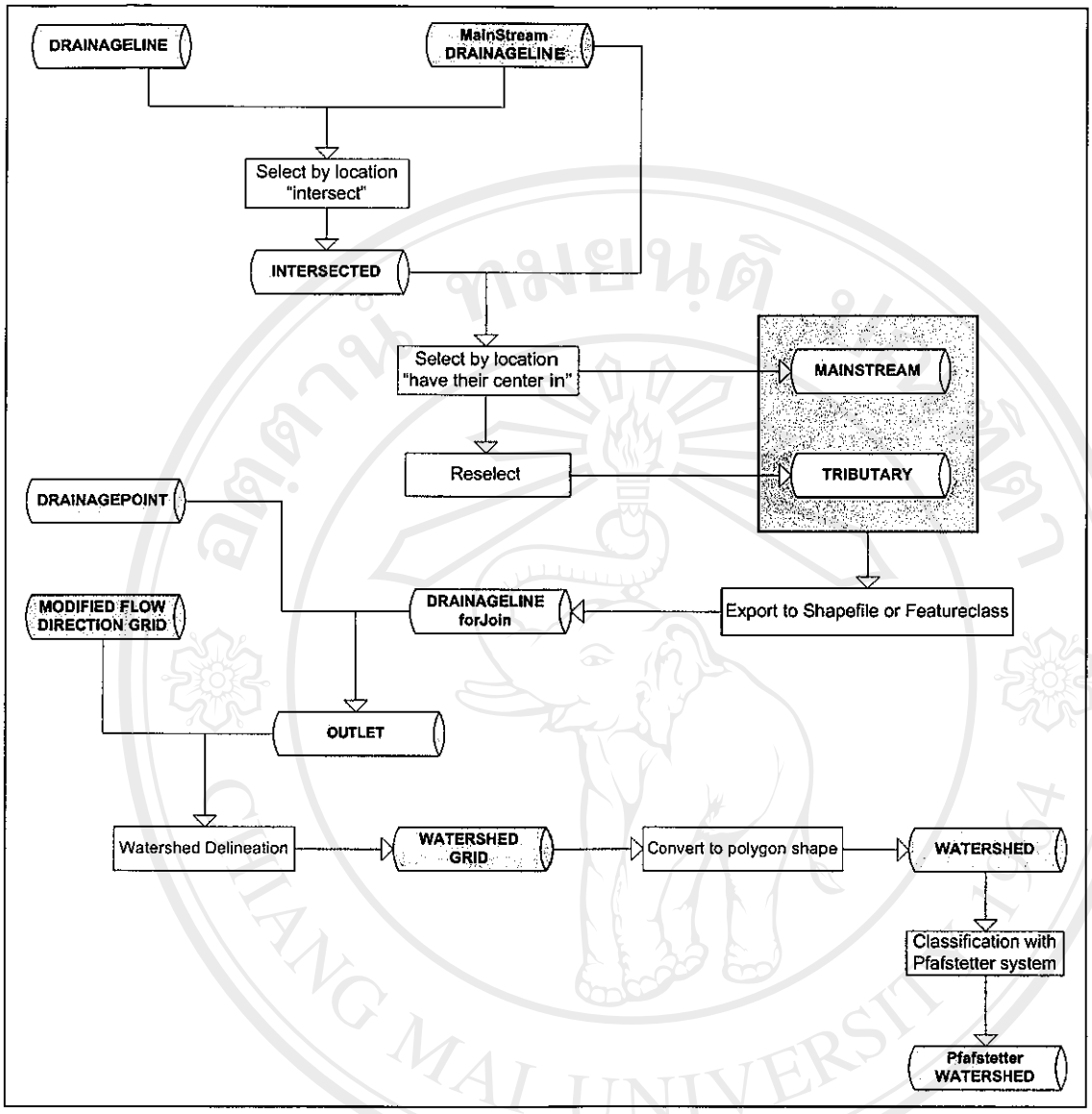
ขอบเขตลุ่มน้ำย่อยสร้างขึ้นจากชั้นข้อมูลการรวมตัวของน้ำและโครงข่ายลำน้ำโดยใช้จุดเชื่อมต่อเส้นทางน้ำของโครงข่ายลำน้ำเป็นจุดรวมน้ำ จากนั้นแปลงข้อมูลเป็นเวกเตอร์ซึ่งจะได้ชั้นข้อมูล CATCHMENT (ลุ่มน้ำย่อย) DRAINAGELINE (โครงข่ายลำน้ำ) และ DRAINAGEPOINT (จุดรวมน้ำของลุ่มน้ำย่อย) แล้วทำการสร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำด้วยฟังก์ชัน Hydro Network Generation ผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำคือ JunctionID ซึ่งเป็นหมายเลขจุดบรรจบของเส้นทางน้ำและ NextDownID ที่แสดงให้ทราบว่ามีพื้นที่รับน้ำอยู่ ณ ตำแหน่งใดบ้าง ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

การสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำและจำแนกอันดับชั้นโดยการกำหนดรหัสลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter

เนื่องจาก Pfafstetter เป็นระบบสำหรับกำหนดขอบเขตและจำแนกลุ่มน้ำที่อิงการอธิบายสภาพภูมิประเทศและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (topology) โดยอาศัยขนาดและรูปร่าง (shape) ของพื้นที่รับน้ำ สภาพอุทกวิทยาของลำน้ำ (Verdin and Verdin, 1999) ระบบดังกล่าวต้องการข้อมูลรายละเอียดของโครงข่ายลำน้ำและตำแหน่งจุดรวมน้ำที่ถูกต้องตามกระบวนการและขั้นตอนที่ได้อธิบายไว้ในข้างต้น ขั้นตอนทั้งหมดดำเนินการในโปรแกรม ArcGIS โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.5

การกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำเริ่มต้นโดยกำหนดเส้นทางน้ำสายหลัก (Main stream) ในพื้นที่จากชั้นข้อมูล DRAINAGELINE เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับระบุลำน้ำสาขา (Tributary) จากนั้นทำการตรวจสอบว่ามีลำน้ำสาขาใดที่ไหลบรรจบกับลำน้ำสายหลักด้วยฟังก์ชัน Select by location "Intersect" แล้วเลือกเฉพาะจุดรวมน้ำของลำน้ำสาขาที่ไหลบรรจบลงน้ำสายหลัก (INTERSECTED) ที่มีปริมาณน้ำมากเป็นอันดับที่ 1-4 ด้วยค่า Flow accumulation ในส่วนของลำน้ำสายหลักให้เลือกจุดรวมน้ำที่มีการสะสมน้ำสูงสุดโดยพิจารณาจากค่า Flow accumulation เช่นกัน โดยทั่วไปแล้วจุดที่น้ำมาบรรจบกันบนลำน้ำหลักจะได้รับน้ำจากจุดรวมน้ำตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไป ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวทำให้ได้จุดรวมน้ำอีก 4 จุดบนลำน้ำสายหลัก นำจุดรวมน้ำที่ได้ไปใช้ในการกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำร่วมกับชั้นข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำ (MODIFIED FLOW DIRECTION GRID) ที่สร้างไว้ในขั้นตอนเตรียมชุดเครือข่ายลุ่มน้ำพื้นฐาน แล้วจำแนกลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter โดยอาศัยข้อมูล Flow accumulation และตำแหน่งพื้นที่รับน้ำ (NextDownID)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงขั้นตอนการกำหนดขอบเขตและจำแนกลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter

ในการจำแนกอันดับชั้นลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter ได้พิจารณาจากค่าการสะสมน้ำ (Flow accumulation) ณ จุดรวมน้ำที่ตั้งอยู่บนลำน้ำสายหลัก (Main stream) และจุดรวมน้ำที่ตั้งอยู่บนลำน้ำสาขา (Tributary) โดยจุดรวมน้ำทั้งสองประเภทต้องมีจุดบรรจบ (JunctionID) หรือมีตำแหน่งพื้นที่รับน้ำ (NextDownID) ร่วมกัน ลุ่มน้ำบนลำน้ำสายหลักที่มีค่าการสะสมน้ำสูงสุดในกรอบพื้นที่หนึ่งๆ จะกำหนดให้เป็นอันดับที่ 1 ส่วนลุ่มน้ำที่มีค่าการสะสมน้ำมากน้อยลดหลั่นกันลงมากำหนดให้เป็นอันดับที่ 3, 5, 7 และ 9 ตามลำดับ ส่วนของลุ่มน้ำบนลำน้ำสาขาให้พิจารณาจากตำแหน่งพื้นที่รับน้ำหรือมี NextDownID ร่วมกับลุ่มน้ำบนลำน้ำสายหลัก ซึ่งอันดับชั้นที่มีพื้นที่รับน้ำร่วมกัน ได้แก่ อันดับที่ 2-3, อันดับ 6-7 และอันดับ 8-9 ในกรณีที่พบว่าลุ่มน้ำใดไม่มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ลุ่มน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังกล่าวข้างต้นในแง่การส่งน้ำรับน้ำ ให้กำหนดเป็นอันดับชั้น 0 อย่างไรก็ตามในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำสาขาแม่ขานไม่พบว่ามีลุ่มน้ำอันดับชั้น 0 แต่ประการใด

สำหรับลุ่มน้ำในระดับ (level) ที่ละเอียดลงไปสามารถสร้างได้ด้วยกระบวนการและขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 3.5 โดยอาศัยขอบเขตลุ่มน้ำที่กำหนดขึ้นจากระดับชั้นสูงกว่าเป็นกรอบอ้างอิง และหากภายในลุ่มน้ำดังกล่าวยังคงมีลำน้ำสาขา ก็ทำการสร้างต่อไปในระดับที่ละเอียดขึ้นจนกระทั่งปรากฏจุดรวมน้ำหรือเส้นทางน้ำเพียงหนึ่งเดียว หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าไม่มีลำน้ำสาขาแล้ว แบบปฏิบัติดังกล่าวนี้ทำให้กำหนดได้ว่าขอบเขตลุ่มน้ำภายในพื้นที่เป้าหมายที่มีขนาดเล็กที่สุดเริ่มต้นจากค่า Flow accumulation เท่าใด สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดขนาดหน่วยลุ่มน้ำที่เล็กที่สุดที่ค่า Flow accumulation มากกว่า 500 กริดเซลล์

นอกจากนี้ได้ทำการระบุชื่อลุ่มน้ำด้วยชื่อเส้นทางน้ำอ้างอิงที่ปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ โดยอาศัยวิธีการซ้อนทับชั้นข้อมูลระหว่างขอบเขตลุ่มน้ำและเส้นทางน้ำอ้างอิง

3.4.3 การวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อสร้างชุดข้อมูลคุณสมบัติลุ่มน้ำย่อย

เมื่อสร้างขอบเขตลุ่มน้ำและข้อมูลอุทกวิทยาเสร็จแล้ว ได้ทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ร่วมกับชั้นข้อมูล DEM การใช้ประโยชน์ที่ดิน หมู่บ้าน ระบบชลประทาน และชั้นข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างข้อมูลคุณสมบัติของลุ่มน้ำย่อย ได้แก่

(1) ความสูงสุด-ต่ำสุดจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level) ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (เมตร)

(2) สภาพความลาดชัน โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความลาดชันต่ำสุด-สูงสุด ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

(3) สัดส่วนการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำย่อย คำนวณจากสัดส่วนระหว่างพื้นที่เกษตรในลุ่มน้ำย่อยและพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

(4) สัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้น้ำชลประทาน คำนวณจากสัดส่วนระหว่างพื้นที่เกษตรชลประทานในลุ่มน้ำย่อยและพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

(5) สัดส่วนพื้นที่ถูกรบกวน คำนวณจากสัดส่วนระหว่างพื้นที่เกษตร พื้นที่ทิ้งร้าง และพื้นที่ชุมชน กับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

(6) ความหนาแน่นของประชากรในลุ่มน้ำ (คน/ตารางกิโลเมตร)

(7) อัตราพื้นที่เกษตรต่อประชากรในลุ่มน้ำย่อย (ไร่/คน)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.4 การสร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำ

หลังจากผ่านกระบวนการกำหนดขอบเขตและจำแนกลุ่มน้ำด้วยระบบ Pfafstetter ครบถ้วนตามเงื่อนไขแล้ว ทำการปรับขอบลุ่มน้ำให้โค้งมน (Generalize and Smooth) และตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นทำการสร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับชั้นข้อมูลอื่น เช่น ชั้นข้อมูลชลประทาน เป็นต้น

ชุดข้อมูลเครือข่าย (network) เป็นข้อมูลที่จำลองความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุเชิงพื้นที่และทิศทางการเคลื่อนตัวของวัตถุ (Booth et al., 2002) โดยอาศัยโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุเชิงพื้นที่ในชุดข้อมูลเครือข่าย (Zeiler, 1999) อันประกอบด้วยชั้นของวัตถุ (Feature class) ที่เรียกว่า Edge network features และ Junction network features ซึ่งเป็นวัตถุเชิงพื้นที่ประเภทเส้น (line) และจุด (point) ตามลำดับ โดยที่ Edge network features เชื่อมต่อกันได้ด้วย Junction network features ชุดข้อมูลเครือข่ายลุ่มน้ำถูกสร้างขึ้นจากการจำลองทิศทางการไหลของน้ำที่ไหลจากที่สูงลงที่ต่ำและบรรจบกันที่จุดหนึ่งๆ โดยใช้เครื่องมือใน Arc Hydro การไหลของน้ำสามารถอธิบายได้ด้วยชั้นข้อมูล HydroJunction (Point), HydroEdges (Line) และชุดข้อมูลความสัมพันธ์ (Relationship) ระหว่าง HydroJunction กับขอบเขตลุ่มน้ำ

ชั้นข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำ ได้แก่ ขอบเขตลุ่มน้ำ โครงข่ายลำน้ำ และจุดรวมน้ำของลุ่มน้ำ ซึ่งมีการทำงานดังนี้

- สร้างชั้นข้อมูล HydroEdges จากชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ
- สร้างชั้นข้อมูล HydroJunction จากจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของโครงข่ายลำน้ำแต่ละเส้น
- สร้างชุดเครือข่ายลุ่มน้ำด้วย HydroEdges และ HydroJunction แล้วกำหนด Flow direction ของ HydroEdges
- สร้างข้อมูลอรรถาธิบาย JunctionID และ NextDownID เพื่อเชื่อมโยงชั้นข้อมูลเข้าสู่ระบบเครือข่าย (Attribute connectivity) โดยที่ JunctionID เป็นค่า HydroID ของ HydroJunction ที่เป็นจุดบรรจบของลุ่มน้ำหรือจุดรวมน้ำ ในขณะที่ NextDownID เป็นค่า HydroID ของลุ่มน้ำหรือจุดรวมน้ำที่อยู่ในตำแหน่ง downstream ถัดไป
- สร้างชั้นข้อมูลชุดความสัมพันธ์ระหว่างลุ่มน้ำกับ HydroJunction ภายใต้ชื่อ "HydroJunctionHasCatchment" ด้วย JunctionID ของชั้นข้อมูลลุ่มน้ำและ HydroID ในชั้นข้อมูล HydroJunction

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

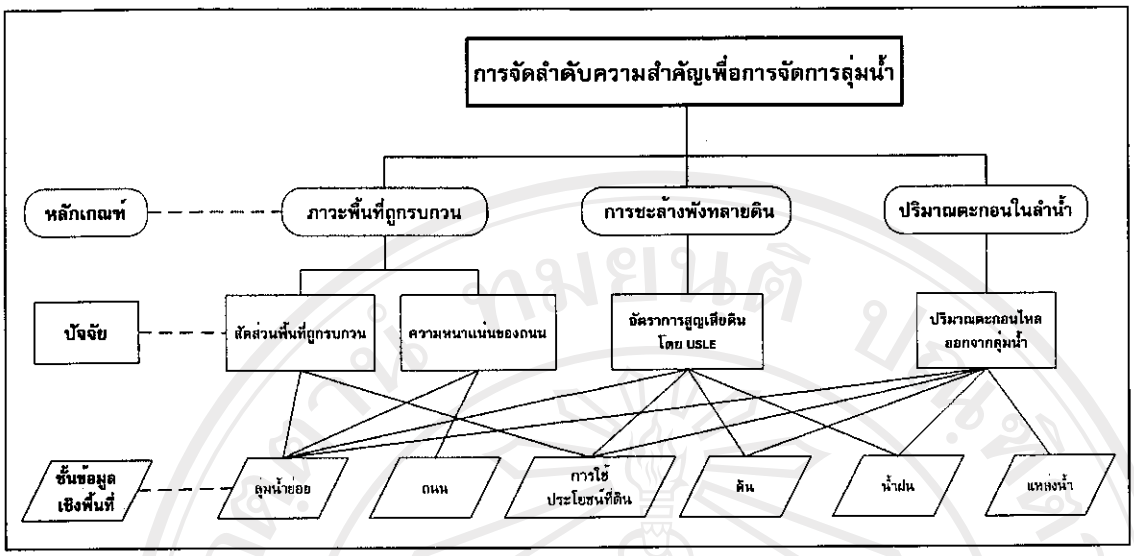
- สร้างชั้นข้อมูลชุดความสัมพันธ์ระหว่างชั้นข้อมูลแหล่งน้ำ (Waterbody) กับ HydroJunction และชั้นข้อมูลฝาย (Weir) กับ HydroJunction ภายใต้ชื่อ "HydroJunctionHasWaterbody" และ "HydroJunctionHasWeir" ตามลำดับ โดยเชื่อมโยงด้วย JunctionID และ HydroID

3.5 การจัดลำดับความสำคัญเพื่อการจัดการลุ่มน้ำ

การจัดลำดับความสำคัญเพื่อการจัดการลุ่มน้ำต้องการขอบเขตลุ่มน้ำย่อยสำหรับใช้ในการประเมิน ดังนั้นจึงได้จัดทำฐานข้อมูลเครือข่ายลุ่มน้ำของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮและหนองหอยด้วยวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการสร้างฐานข้อมูลเครือข่ายลุ่มน้ำสาขาแม่ขาน จากนั้นทำการจัดลำดับความสำคัญเพื่อการฟื้นฟูลุ่มน้ำด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ใน GIS โดยใช้สถานภาพความเสี่ยงต่อการเกิดความเสื่อมโทรมของลุ่มน้ำย่อยเป็นตัวชี้วัดลำดับความสำคัญ ซึ่งประเมินได้จากภาวะพื้นที่ถูกรบกวน การชะล้างพังทลายดิน และปริมาณตะกอนที่เคลื่อนที่ออกจากลุ่มน้ำ

ภาวะพื้นที่ถูกรบกวนเป็นข้อมูลที่บอกให้ทราบว่าหากมีการใช้พื้นที่มากโอกาสของการถูกทำให้เสื่อมโทรมก็ย่อมมากตามไปด้วย ซึ่งวัดได้จากสัดส่วนพื้นที่ที่ถูกรบกวนและความหนาแน่นของถนน สำหรับการชะล้างพังทลายของดินเป็นการบ่งบอกถึงความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ (on-site erosion) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากลักษณะทางกายภาพและสภาพการใช้ที่ดิน วัดได้จากอัตราการสูญเสียดิน ส่วนปริมาณตะกอนที่ถูกพัดพาในลำน้ำและทับถมในอ่างเก็บน้ำแสดงให้ทราบถึงผลกระทบที่เกิดกับพื้นที่อื่น (off-site deposition) วัดได้จากปริมาณการเคลื่อนย้ายของดินที่สูญเสียเนื่องจากการชะล้างพังทลาย กรอบการวิเคราะห์การจัดลำดับความสำคัญแสดงดังรูปที่ 3.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงแนวคิดในการจัดลำดับความสำคัญลุ่มน้ำย่อยโดยประเมินสถานภาพความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรม

3.5.1 ภาวะพื้นที่ถูกรบกวน (Disturbance area)

ความเสื่อมโทรมของลุ่มน้ำย่อยเกิดจากพื้นที่ถูกรบกวนจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน สามารถประเมินโดยใช้เงื่อนไข 2 ปัจจัย ได้แก่

(1) ***สัดส่วนพื้นที่ที่ถูกรบกวน***ในลุ่มน้ำย่อย นิยามได้จากผลรวมของพื้นที่เกษตร หมู่บ้าน และถนนในลุ่มน้ำ ต่อพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งเป็นการแสดงให้ทราบถึงระดับความเข้มข้นของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่อาจเกิดผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในลุ่มน้ำ

(2) ***ความหนาแน่นของถนน*** (Road density) คำนวณได้จากความยาวรวมของถนนต่อพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ปัจจัยดังกล่าวนี้บอกให้ทราบถึงระดับความยากง่ายในเข้าถึงพื้นที่ โดยความหนาแน่นของถนนมากแสดงว่าพื้นที่ถูกเข้าถึงได้ง่าย เป็นผลให้ลุ่มน้ำถูกรบกวนด้วยความถี่ที่มากกว่าพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของถนนน้อย

3.5.2 ภาวะการชะล้างพังทลายดิน (Soil erosion)

ผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน นอกจากจะทำให้ดินเสื่อมโทรมเนื่องจากโครงสร้างดินถูกทำลาย การสูญเสียหน้าดินซึ่งอุดมด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช เป็นผลให้คุณภาพดินในเชิงผลิตลดต่ำลง หากยังทำให้สภาพแวดล้อมเกิดความเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเคลื่อนย้ายของดินที่ถูกชะล้าง และกลายเป็นแหล่งมลภาวะประเภท Non point source ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายดินวัดได้ด้วยอัตราการสูญเสียดิน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation, USLE) ที่พัฒนาโดย Wischmeier and Smith

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1978) และได้มีการดัดแปลงใช้ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในประเทศไทยตามรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน (2545ค) ซึ่ง USLE มีรูปแบบดังสมการที่ (3.4)

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (3.4)$$

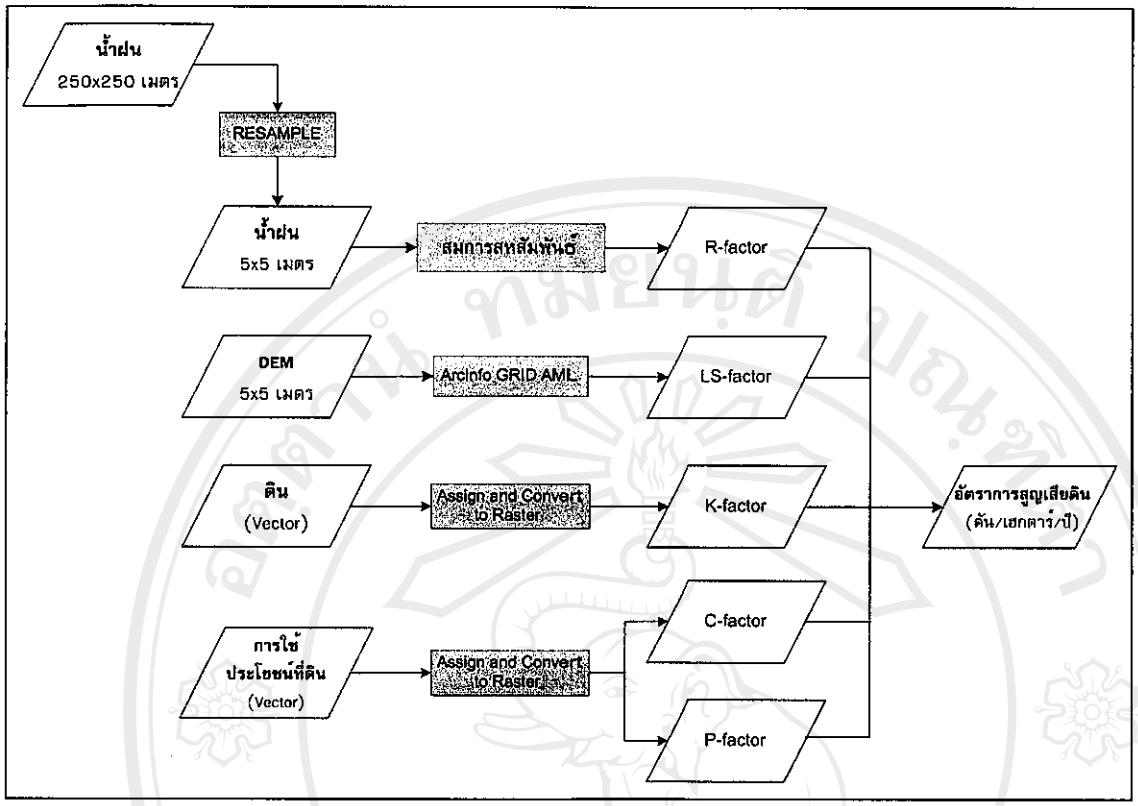
โดยที่ A คืออัตราการสูญเสียดิน (ตัน/เฮกตาร์/ปี), R คือปัจจัยที่แสดงถึงผลจากความรุนแรงของฝน (Rainfall and runoff erosivity factor), K คือปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลาย (Soil erodibility factor), LS คือปัจจัยเกี่ยวกับสภาพพื้นที่ ได้แก่ ระยะทางลาด (Slope length) และความลาดชัน (Slope gradient), C คือปัจจัยการคลุมดินของพืชพรรณ (Crop management factor) และ P คือปัจจัยการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลาย (Conservation practice factor)

USLE ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการใช้ประเมินการสูญเสียดินโดยเฉลี่ยรายปี โดยเฉพาะในพื้นที่ขนาดเล็กและได้ชื่อว่าเป็นแบบจำลองที่ใช้งานได้ดีหากเป็นการประมาณค่าในระดับภาพรวมของพื้นที่ (Fistikoglu and Harmancioglu, 2002) โดยเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ประมาณดินที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลายดินแบบ Rill ที่มีฝนเป็นตัวการบนพื้นที่แบบ Hillslopes ซึ่งสอดคล้องกับสภาพการชะล้างพังทลายดินในประเทศไทยที่ได้รับอิทธิพลจากฝน เนื่องจากอยู่ในเขตร้อนชื้นมีฝนตกชุกและสภาพพื้นที่ศึกษาที่เป็นพื้นที่สูง ประยุกต์ใช้ได้ดีกับ GIS (Lufafa et al., 2003; Sivertun and Prange, 2003) และต้องการข้อมูลน้อยกว่าเมื่อเทียบกับแบบจำลองอื่น (Merritt et al., 2003) ด้วยคุณสมบัติและข้อดีดังกล่าวเป็นเหตุผลให้การศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้ USLE ประเมินระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน

อย่างไรก็ตาม USLE ประมาณค่าการสูญเสียดินโดยไม่ครอบคลุมการพังทลายแบบ Gully ซึ่งเป็นลักษณะการชะล้างพังทลายของดินที่อาจขยายไปสู่การพังทลายแบบ Sheet และ Rill และการทับถมของตะกอนที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้ายของดินในพื้นที่ (Merritt et al., 2003)

เนื่องจากได้ใช้ประยุกต์ใช้ USLE กับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ใน GIS เพื่อคำนวณอัตราการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ดังกล่าวต้องการข้อมูลในรูปแบบราสเตอร์ (raster) ดังนั้นจึงได้ทำการเตรียมชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อ USLE ด้วยวิธีการและขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงขั้นตอนการประมาณค่าอัตราการสูญเสียดินเชิงพื้นที่โดย USLE

ชั้นข้อมูลปัจจัยน้ำฝน (R-factor) ได้จากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ตามสมการสหสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน (2545ค) ด้วยชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่แบบกริดน้ำฝนต่อเนื่องที่ประมาณค่าจากสถานีวัดน้ำฝนรายวันด้วยวิธี Thin Plate Spline ในโครงการวิจัยระบบสนับสนุนการวางแผนการจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและการบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน: การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ชาญชัยและคณะ, 2545) และเนื่องจากชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนต่อเนื่องดังกล่าวมีขนาดกริดเซลล์ 250×250 เมตร ดังนั้นจึงได้ปรับให้เป็นชั้นข้อมูลที่มีขนาดกริดเซลล์เป็น 5×5 เมตร ด้วยคำสั่ง RESAMPLE ใน Grid module ของ ArcInfo (ESRI, 2002) เพื่อให้เป็นขนาดเดียวกับชั้นข้อมูลดิน

ชั้นข้อมูลปัจจัยความคงทนของดิน (K-factor) ได้จากการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างชั้นข้อมูลดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545ข) กับตารางค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดินที่จำแนกตามเนื้อดินบน สภาพพื้นที่กำเนิดดิน และภูมิภาคที่พบ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545ค)

ชั้นข้อมูลระยะทางลาดและความลาดชัน (LS-factor) คำนวณจากชั้นข้อมูล DEM (Digital Elevation Model) ด้วยชุดคำสั่งประเภท ArcInfo Arc Macro Language (AML) ที่พัฒนาโดย Van Remortel et al. (2001)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชั้นข้อมูลปัจจัยด้านการจัดการพืช (C-factor) ***และชั้นข้อมูลปัจจัยด้านการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลาย (P-factor)*** ได้จากการกำหนดค่าตามชนิดการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งอ้างอิงจากกรมพัฒนาที่ดิน (2545ค) ด้วยชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จัดทำโดยเมธีและคณะ (2544)

3.5.3 ปริมาณตะกอนในลำน้ำ (Sediment yield)

เมื่อทราบอัตราการสูญเสียดินจากการประมาณค่าด้วย USLE แล้ว นำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาปริมาณการสูญเสียดินภายในลุ่มน้ำย่อยโดยใช้อัตราการสูญเสียดินที่อ้างอิงตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากนั้นทำการประมาณค่าปริมาณตะกอนในลำน้ำด้วย Sediment delivery ratio (SDR) หรือสัดส่วนการเคลื่อนย้ายตะกอน ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการชะล้างพังทลายดินและการเคลื่อนย้ายตะกอนดังสมการที่ (3.5)

$$SY = SL \times SDR \qquad (3.5)$$

โดยที่ SY คือปริมาณตะกอนในลำน้ำ (ตัน/ปี), SL คือปริมาณดินที่สูญเสียซึ่งคำนวณได้จากอัตราการสูญเสียดินโดย USLE และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และ SDR คือสัดส่วนการเคลื่อนย้ายตะกอน มีความผันแปรตามคุณลักษณะของลุ่มน้ำ อันได้แก่ ความสูงต่ำและความลาดชัน โครงข่ายลำน้ำ การไหลบ่าของน้ำ การปกคลุมของพืชพรรณ การใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื้อดิน (Walling, 1994) และขนาดของลุ่มน้ำ (Brooks et al., 1991) โดยมักพบว่าขนาดของลุ่มน้ำเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า SDR อย่างชัดเจน (Walling, 1994; Hariston, 1995; Ouyang et al., 1997; Jain and Dolezal, 2000) นั่นคือถ้าลุ่มน้ำมีขนาดใหญ่ SDR จะมีค่าน้อย ดังนั้นจึงได้เลือกใช้สมการคำนวณค่า SDR ที่พัฒนาโดย USDA (1983) ซึ่งให้ความสำคัญกับขนาดพื้นที่ของลุ่มน้ำ ดังปรากฏในสมการที่ (3.6)

$$SDR = 0.417762 * A^{-0.134958} - 0.127097 \qquad (3.6)$$

โดยที่ A คือพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่มีหน่วยเป็น $mile^2$

เนื่องจาก SDR เป็นค่าเฉพาะของลุ่มน้ำซึ่งโดยส่วนใหญ่ได้มาจากแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสนามกับปัจจัยคุณลักษณะของลุ่มน้ำ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ต้องการเพียงแสดงให้เห็นถึงแนวทางในการพัฒนาการจัดลำดับความสำคัญที่ประยุกต์ใช้กับ GIS ดังนั้นจึงได้เลือกใช้สมการสำหรับการคำนวณค่า SDR ที่ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้แล้ว โดยพิจารณาจากปัจจัยทางกายภาพของลุ่มน้ำที่มีอิทธิพลต่อ SDR เด่นชัด ซึ่งขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นปัจจัยทางพื้นที่ที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved