



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม

อนุรักษ์วิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประยุกต์แบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

Application of SCS-CN Model for Estimation Runoff at Upper Yom Watershed

นามผู้วิจัย นางสาวสุรรัตน์ ขอสันเทียะ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ปิยพงษ์ ทองดินอก, ปร.ค.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย อรุณประภารัตน์, D.Agr.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ชนันท์ เอ็มพันธุ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่

เดือน

พ.ศ.

สืบสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์แบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

Application of SCS-CN Model for Estimation Runoff at Upper Yom Watershed

โดย

นางสาวสุริรัตน์ ขอสันเทียะ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2555

สุริรัตน์ ขอสันเทียะ 2555: การประยุกต์แบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าในพื้นที่
ลุ่มน้ำยมตอนบน ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม) สาขาการ
จัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์
ปิยพงษ์ ทองดินนอก, ปร.ด. 115 หน้า

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและเทคนิคทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับ
แบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน รวมทั้งเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่
ได้จากแบบจำลอง SCS-CN กับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด ดำเนินการโดยการรวบรวมข้อมูลจาก
แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ชุดดิน และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางภูมิกายภาพ และ
สภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่ เพื่อกำหนดค่า curve number (CN) ร่วมกับปริมาณน้ำฝน สำหรับประเมิน
ปริมาณน้ำท่า เพื่อบ่งชี้สถานการณ์ลุ่มน้ำด้านอุทกวิทยา และศักยภาพการให้น้ำท่า

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SCS-CN มีค่า
เท่ากับ 763.05 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 223.12 ล้านลูกบาศก์
เมตร และปริมาณน้ำท่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 8.1 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลาก และ
ช่วงแล้งฝนมีค่าเท่ากับ 685.08 และ 77.98 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 89.78 และ 10.22 ของปริมาณ
น้ำฝนรายปีตามลำดับ ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองมีความสัมพันธ์อยู่ใน
ระดับปานกลาง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.64 ในช่วงน้ำหลาก และช่วงแล้งฝน มีค่า
สัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.65 และไม่มีความสัมพันธ์ ตามลำดับ การสอบเทียบความถูกต้องของ
แบบจำลอง พบว่ามีค่าประสิทธิภาพรายปีเท่ากับร้อยละ 98 ในช่วงน้ำหลาก และช่วงแล้งฝน มีค่าประสิทธิภาพ
รายปีเท่ากับร้อยละ 97 และ 91 ตามลำดับ ส่วนลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำ พบว่า ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง
มีค่าเท่ากับร้อยละ 62.79 ของปริมาณน้ำฝนรายปี ค่าร้อยละของปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝน มีค่า
เท่ากับ 89:11 ส่วนช่วงเวลาการไหลช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนอยู่ในช่วง 7:5 เดือน
เมื่อจำลองสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ และตามระดับ
ความลาดชัน พบว่า มีปริมาณน้ำท่า เท่ากับ 699.32 และ 559.13 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

Sureerat Kosantiae 2012: Application of SCS-CN Model for Estimation Runoff at Upper Yom Watershed. Master of Science (Watershed and Environmental Management), Major Field: Watershed and Environmental Management, Department of Conservation. Thesis Advisor: Mr. Piyapong Tongdeenok, Ph.D. 115 pages.

The aim of this research were to applied geoinformatic data and SCS-CN model for estimation runoff and compare with measurement data. The research procedure were collect data from various source such as topographic data, soil data and land use data. All spatial data were analyzed physiographic and hydrological characteristic of upper yom watershed for determination curve number (CN) and concern with rainfall amount for estimation runoff. The results were indicated watershed status in term of hydrology and potential runoff of upper yom watershed.

The results showed that annual runoff from SCS-CN model was 763.05 MCM. The highest runoff was 223.12 MCM. in August and the least runoff was apperance in March with 8.10 MCM.. During wet period the runoff was 685.08 MCM. or 89.78 percent of annual rainfall while in dry period runoff was 77.98 MCM. or 10.22 percent of annual rainfall amount. The relationship between rainfall and runoff was moderately with R^2 as 0.64 and similarity variation in wet period with R^2 as 0.65. While in dry period was non significant. The model verification was explain that accuracy was high efficiency with R^2 as 0.98. The results was nearly in wet period with R^2 as 0.97 while in dry period with R^2 as 0.91. Watershed hydrological characteristic were used for explained watershed hydrological potential as percentage of rainfall and runoff, ratio between wetflow and dryflow and timing portion between wet and dry period. The results were indicated that the percentage between rainfall and runoff was 62.79 percent. The runoff ratio between wet and dry period was 89:11 and timing portion between wet and dry period from model was 7:5 month. The model application selected 2 scenario with watershed classification condition and slope condition. The results showed that runoff data from watershed classification and slope condition was 695.89 and 714.01 MCM. respectively.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ปิยพงษ์ ทองดินนอก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย อรุณประภารัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ช่วยวางแผนการทำวิจัย ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนตรวจ เสนอแนะและแก้ไขข้อผิดพลาดข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์เพื่อความถูกต้องและความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมบัติมิตร พุกงาม ประธานการสอบ และอาจารย์ ดร. พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชติกุล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ช่วยเสนอแนะ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์เพิ่มมากยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาอนุรักษวิทยาที่ได้อบรมให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า จนสำเร็จการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM สำนักนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ที่อนุเคราะห์แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน ที่อนุเคราะห์แผนที่ดิน และสำนักพัฒนาอณูนิยมนิคมวิทยา กรมอณูนิยมนิคมวิทยา ที่อนุเคราะห์ข้อมูลอณูนิยมนิคมวิทยา

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยดูแลเอาใจใส่ อบรมสั่งสอนข้าพเจ้าให้มีโอกาสในการศึกษาจนถึงวันนี้ ขอขอบคุณพี่น้อง และเพื่อน ๆ สาขาวิชาการจัดการลุ่มน้ำ และสิ่งแวดล้อมทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือ ห่วงดี และคอยเป็นกำลังใจเสมอมา และประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอบอบแด่ ผู้มีพระคุณ บิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่าน

สุริรัตน์ ขอสันเทียะ
กุมภาพันธ์ 2555

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	34
อุปกรณ์	34
วิธีการ	34
ผลและวิจารณ์	51
สรุปและข้อเสนอแนะ	92
สรุป	92
ข้อเสนอแนะ	94
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	95
ภาคผนวก	103
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	115

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การแบ่งเงื่อนไขความชื้นก่อนหน้านั้น (antecedent moisture condition; AMC)	16
2	รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา	37
3	การจัดช่วงค่า curve number (CN) ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	45
4	การจำแนกค่า curve number (CN) ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	45
5	ปริมาณน้ำท่ารายปีในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	52
6	สัดส่วนปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและแล้งฝนบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	62
7	ลักษณะทางอุทกวิทยาบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	70
8	เกณฑ์คะแนนที่ใช้ในการประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยา	72
9	การกำหนดสถานภาพทางอุทกวิทยา	74
10	เกณฑ์คะแนนสถานภาพทางอุทกวิทยา	75
11	ค่าคะแนนด้านปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการไหลของน้ำ	75
12	ค่าคะแนนความสำคัญของดัชนีทางอุทกวิทยา	76
13	การประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาด้านปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการไหลของน้ำ	76
14	การประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาโดยรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	77
15	การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ควรเป็นตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	81
16	สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	81
17	ปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	83
18	การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ควรเป็นตามระดับความลาดชันบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	88
19	สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความลาดชันบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามระดับความลาดชัน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	90
ตารางผนวกที่		
1	ค่า curve number (CN) สำหรับพื้นที่เมือง	103
2	ค่า curve number (CN) สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมเพาะปลูก	105
3	ค่า curve number (CN) สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ	107
4	ค่า curve number (CN) สำหรับพื้นที่แห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้ง	110
5	ค่า curve number (CN) สำหรับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน	111
6	ค่าการสูญเสียเริ่มต้น	112
7	ความสัมพันธ์ของค่า CN ตามการจัดระดับความชื้นก่อนหน้า (AMC)	113
8	ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนสถานีบ้านทุ่งหนอง อำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา (Y.31)	114

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนสะสม (P) ปริมาณการไหลออก (Q) และปริมาณการซึมจริง (F)	11
2	โค้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนสะสม (P) กับปริมาณการไหลออก (Q) สำหรับค่า Curve number (CN) ต่าง ๆ	13
3	รูปแบบข้อมูลเวกเตอร์และข้อมูลราสเตอร์	18
4	ตัวอย่างรูปแบบฐานข้อมูลเชิงบรรยาย	19
5	จุดที่วางเรียงกันอย่างเป็นระเบียบในแบบ 2 มิติ และแบบจำลองพื้นผิวแบบกริด 3 มิติ	20
6	ความแตกต่างของพื้นผิวราสเตอร์ที่สร้างจากกริดที่มีขนาดแตกต่างกัน	20
7	จุดที่ประกอบขึ้นเป็นโครงข่ายสามเหลี่ยมแบบ 2 มิติ และแบบจำลองพื้นผิวแบบโครงข่ายสามเหลี่ยม 3 มิติ	21
8	ประเภทของการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลที่สัมพันธ์กับความยาวคลื่นทั้ง 3 ประเภท	24
9	พื้นที่ศึกษาบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	32
10	ขั้นตอนการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	35
11	ลักษณะภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	38
12	ระดับความลาดชันบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	39
13	การไหลสะสมของน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	40
14	กลุ่มชุดดินตามสมบัติทางอุทกวิทยาของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	41
15	การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	44
16	ค่า curve number (CN) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	46
17	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำฝนและการแบ่งรูปเหลี่ยมไรเซน โพลีกอน (Thiessen polygon)	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
18	ความผันแปรของปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดและจากแบบจำลองบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	54
19	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองและการตรวจวัด	56
20	การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง SCS-CN	57
21	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากแบบจำลอง SCS-CN บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	58
22	ช่วงน้ำหลากและแล้งฝนบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	61
23	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองและการตรวจวัดช่วงน้ำหลาก	64
24	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองและการตรวจวัดช่วงแล้งฝน	65
25	การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองในช่วงน้ำหลาก-แล้งฝน	67
26	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยจากแบบจำลอง SCS-CN ในช่วงน้ำหลาก-แล้งฝนในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	69
27	ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	79
28	การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นไปตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	80
29	ระดับความลาดชันบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	85
30	การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นไปตามระดับความลาดชันบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน	87

การประยุกต์แบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ ลุ่มน้ำยมตอนบน

Application of SCS-CN Model for Estimation Runoff at Upper Yom Watershed

คำนำ

การประเมินปริมาณน้ำท่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการวางแผน การจัดการ และการพัฒนาทรัพยากรน้ำ ทั้งการป้องกัน บรรเทาอุทกภัย ภัยแล้ง การจัดการควบคุมการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำ และการก่อสร้างแหล่งกักเก็บน้ำ ซึ่งการประเมินปริมาณน้ำท่านั้น เป็นกระบวนการทางด้านอุทกวิทยาที่ทำได้หลายวิธี มีการใช้พารามิเตอร์เกี่ยวกับอุทกวิทยาหลายดัชนีซึ่งเป็นปัจจัยควบคุมและมีผลต่อปริมาณน้ำท่าในการประเมิน เช่น ปริมาณน้ำฝน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดและลักษณะของดิน รวมไปถึงสภาพภูมิประเทศในพื้นที่นั้น ๆ โดยสามารถประเมินปริมาณน้ำท่าได้ด้วยแบบจำลองอุทกวิทยา ทั้งแบบจำลองคณิตศาสตร์หาความสัมพันธ์ของน้ำฝนน้ำท่า (rainfall-runoff model) แบบจำลองทางสถิติ (statistic model) และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (artificial neural network model) อย่างไรก็ตามในแง่ของความเหมาะสมของการนำไปใช้งานในแต่ละแบบจำลองมีคุณสมบัติและศักยภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งในการเลือกใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการประเมินปริมาณน้ำท่าจึงต้องขึ้นอยู่กับความสามารถของแบบจำลอง

แบบจำลอง SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number) เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีโครงสร้างไม่สลับซับซ้อน สามารถใช้งานได้ง่าย และเป็นแบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยใช้ปัจจัยทางด้านกายภาพ และสภาพอุทกวิทยา แล้วนำมากำหนดค่าคะแนนหรือ ค่า Curve Number (CN) ให้กับค่าปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งพิจารณาจากสมบัติทางอุทกวิทยาของดิน สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเงื่อนไขความชื้นก่อนหน้า เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่า เนื่องจากแบบจำลองนี้สามารถประเมินปริมาณน้ำท่าจากพารามิเตอร์ตามธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงไปในเชิงพื้นที่และช่วงเวลา รวมไปถึงประยุกต์ใช้ได้กับหลายพื้นที่ลุ่มน้ำที่ไม่มีสถานีวัดปริมาณน้ำท่าและใช้ได้ทั้งลุ่มน้ำขนาดเล็กและลุ่มน้ำขนาดใหญ่ (Patil et al., 2008; Reshmidevi, 2008; Sahu, 2010) ซึ่งเมื่อนำเทคนิคทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาช่วยในการสร้างฐานข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำเพื่อช่วยวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SCS-CN ย่อมช่วยให้เกิดความสะดวกและรวดเร็ว

ยิ่งขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลในรูปของ ตารางข้อมูล ที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) ทำให้สามารถวิเคราะห์ สืบค้น และ แสดงผลข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ทั้งเชิงพื้นที่ (spatial) และช่วงเวลา (temporal) ได้สะดวกขึ้น ซึ่ง นับว่าเหมาะสมสำหรับงานทางด้านการจัดการลุ่มน้ำ เพราะข้อมูลที่ใช้ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น ข้อมูลเชิงพื้นที่

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงประยุกต์ใช้เทคนิคทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ร่วมกับแบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่า รวมทั้งเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้ จากการคำนวณจากแบบจำลอง SCS-CN กับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่ลุ่ม น้ำยมตอนบน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SCS-CN ร่วมกับเทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SCS-CN กับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด
3. เพื่อประยุกต์แบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การตรวจเอกสาร

1. น้ำท่า

1.1 กระบวนการเกิดน้ำท่า

กระบวนการเกิดน้ำท่าเริ่มจากเมื่อฝนเริ่มตก ทำให้ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาไหลไปตามแหล่งพื้นที่ผิวต่าง ๆ ซึ่งปริมาณน้ำส่วนใหญ่ไหลไปตามลำน้ำ และมีการระเหยกลายเป็นไอไปสู่ชั้นบรรยากาศ บางส่วนไหลซึมสู่ชั้นน้ำใต้ดิน กระบวนการเหล่านี้จะเกิดเป็นวัฏจักรหมุนเวียนกันไป

วิชา (2535) และ นิวัติ (2547) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของน้ำท่าว่า อาจแบ่งตามลักษณะการไหลออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นส่วนของน้ำที่ไหลอย่างช้า ๆ (slow process) โดยผ่านกระบวนการดูดซับของดิน แล้วค่อย ๆ ไหลผ่านช่องว่างระหว่างอนุภาคของดินลงไปเป็นน้ำใต้ดิน น้ำส่วนนี้ถูกกักเก็บและขังไว้เป็นเวลายาวนานแตกต่างกัน ซึ่งการไหลลงสู่ลำธารได้ต้องใช้เวลาาน สำหรับน้ำอีกส่วนหนึ่งเป็นน้ำที่ไหลลงสู่ลำธารอย่างรวดเร็ว (rapid process) โดยไหลผ่านไปตามผิวหน้าดินหรือใต้ผิวดิน น้ำส่วนนี้เป็นน้ำที่ทำให้เกิดการไหลหลากจนเกิดน้ำท่วมได้ สำหรับส่วนประกอบของน้ำในลำธาร แบ่งออกได้เป็น 5 ส่วน คือ

1.1.1 Channel precipitation เป็นปริมาณน้ำฝนที่ตกลงสู่ลำธารโดยตรง เนื้อที่รองรับน้ำฝนเท่ากับพื้นที่ผิวของลำธารนั้น ปกติมักได้แก่ ลำน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี (perennial stream) ถ้าฝนตกหนักเป็นเวลานาน เนื้อที่รองรับน้ำฝนโดยตรงก็จะมีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก intermittent และ ephemeral stream จะเต็มไปด้วยน้ำ ปริมาณน้ำในลำธารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากไม่ต้องผ่านกระบวนการไหลซึมของน้ำ

1.1.2 Overland flow หรือ surface runoff เป็นปริมาณน้ำที่ไหลไปตามผิวหน้าดินลงสู่ลำธารอย่างรวดเร็วหลังจากที่ดินได้ดูดซับน้ำไว้จนอิ่มตัวแล้ว เนื่องจากฝนตกหนักติดต่อกันเป็นเวลานาน

1.1.3 Subsurface flow เป็นส่วนของน้ำที่ไหลซึมลงดิน แล้วพากันไหลลงสู่ลำธารใต้พื้นผิวดินในเวลาอันรวดเร็ว ส่วนมากเกิดในบริเวณใกล้ ๆ กับ perennial stream ปกติต้นน้ำลำธารที่

ปกคลุมไปด้วยป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ น้ำในลำธารส่วนใหญ่ได้จาก subsurface flow มากกว่า surface flow บางครั้งก็เรียกว่า interflow หรือ lateral flow เป็นลักษณะการไหลของน้ำที่ขนานไปกับระดับน้ำใต้ดิน (water table) โดยเฉพาะในป่าที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ใกล้พื้นผิวดิน

1.1.4 Direct runoff เป็นปริมาณน้ำส่วนที่เกิดจากฝนโดยตรง (rainfall excess) ภายหลังจากที่ดินได้ดูดซับน้ำไว้แล้ว ไม่รวมส่วนของน้ำที่สะสมอยู่เดิมที่ไหลออกมาจากใต้ดิน หรือก็คือผลรวมของปริมาณน้ำทั้ง 3 ส่วนดังกล่าวข้างต้น เป็นค่าที่นักจัดการลุ่มน้ำนิยมใช้อธิบายลักษณะการเกิดน้ำไหลหลาก หรือน้ำท่วม (flood) ของลุ่มน้ำนั้น ๆ

1.1.5 Baseflow หรือ groundwater runoff เป็นน้ำส่วนที่ไหลหล่อเลี้ยงลำธารในทุกฤดูกาลตลอดปี โดยเฉพาะในฤดูแล้ง ถึงฝนไม่ตกก็ยังมีน้ำไหล น้ำทั้งหมดที่ไหลอยู่ในลำธารในช่วงฤดูแล้งนั้นมาจาก baseflow หรือน้ำใต้ดิน ซึ่งก็คือน้ำฝนเก่าที่กักเก็บไว้จากการเติมน้ำ (recharge) ลงไปเพิ่มในช่วงฤดูฝนของทุก ๆ ปี ทำให้ระดับน้ำใต้ดินกลับเพิ่มสูงขึ้น โดยผ่านกระบวนการซึมลงดินของน้ำ (infiltration) และการไหลลึก (percolation) ของน้ำลงสู่ใต้ดิน

1.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำท่า

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำท่านั้น วิชา (2535) เกษม (2539) และนิวัติ (2547) ได้สรุปไว้ดังนี้

1.2.1 ลักษณะภูมิอากาศ ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ ฝน เป็นต้น ซึ่งพงษ์ศักดิ์ (2518) ได้ใช้สมการสหสัมพันธ์เพื่อการประเมินน้ำไหลจากลุ่มน้ำขนาดเล็กป่าดิบเขาดอยปู่ย พบว่า ช่วงที่ฝนน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร น้ำในลำธารเกิดขึ้นเนื่องจากการกระทำร่วมกันของหลาย ๆ ปัจจัย เมื่อฝนตกมากขึ้น คือ 10 - 20 มิลลิเมตร น้ำฝนเริ่มมีบทบาทมากขึ้นต่อปริมาณน้ำในลำธาร และในช่วงที่ฝนตกมากกว่า 20 มิลลิเมตร พบว่า น้ำฝนเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำในลำธาร ส่วนบุญช่วย (2536) พบว่า ปริมาณน้ำฝนของลุ่มน้ำมุลมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่ามากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยทางชีวภาพอื่น ๆ ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และเมื่อมีค่าความหนักเบาของฝนกระจายทั่วทั้งบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ ทำให้เกิดปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปัจจัยรอง ได้แก่ ปัจจัยด้านภูมิอากาศอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิ อัตราการระเหย ความเร็วลม และรังสีดวงอาทิตย์จะมีผลกับอัตราการคายระเหยของพืชโดยตรง ซึ่งเกษม (2539) กล่าวว่า การกระจายของน้ำฝน ชนิดของฝน ปริมาณน้ำฝน

ที่ตกในวันก่อน ๆ (antecedent rainfall) การระเหยน้ำจากกลุ่มน้ำ และกระบวนการคายน้ำของต้นไม้ต่างก็มีผลต่อปริมาณและการไหลของน้ำในลำธารด้วยเช่นกัน

1.2.2 ลักษณะภูมิกายภาพ ได้แก่ ขนาดพื้นที่และรูปร่างของกลุ่มน้ำ ความลาดชัน ทิศานลาด ความสูงจากระดับน้ำทะเล การระบายน้ำ ลักษณะทางธรณีวิทยา และชนิดของดินปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์ต่อกัน ซึ่งมีอิทธิพลต่อปริมาณ คุณภาพ และช่วงระยะเวลาการไหลของน้ำในลำธารโดยตรง

ก. ขนาดพื้นที่ และรูปร่างของกลุ่มน้ำ ซึ่งเกษม (2539) และ นิวัติ (2547) กล่าวว่า กลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ ฐานของไฮโดรกราฟกว้าง และส่วนยอด (peak) ไม่สูงชันหรือลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก และขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำอาจมีอิทธิพลในการควบคุมอัตราการไหลของน้ำในลำธารได้บ้าง ซึ่งเป็นอิทธิพลทางอ้อม คือ ลุ่มน้ำขนาดใหญ่มีแนวโน้มที่ให้น้ำในลำธารอย่างสม่ำเสมอตลอดปี เนื่องจากกลุ่มน้ำขนาดใหญ่มีพื้นที่กว้าง ทำให้มีคุณสมบัติในการเก็บกักน้ำแตกต่างกันไปตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น พืชพรรณที่ปกคลุมพื้นที่ ลักษณะฐานลุ่มน้ำ และลักษณะการตกของฝน ซึ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่มีความหลากหลายมากกว่าลุ่มน้ำขนาดเล็ก ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่มีน้ำระบายลงสู่ลำธารได้ดีกว่าลุ่มน้ำขนาดเล็กที่จะแห้งขอดก่อนลุ่มน้ำขนาดใหญ่ ลุ่มน้ำขนาดใหญ่มักมีรูปร่างเป็นแบบรูปพัดหรือรูปกลมรี ส่วนลุ่มน้ำขนาดเล็กจะมีรูปร่างไม่แน่นอน จึงทำให้ความสามารถในการระบายน้ำแตกต่างกัน ซึ่งศักดิ์พินิต (2532) ได้ศึกษาในเรื่องขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำธาร พบว่า การตอบสนองของปริมาณน้ำฝนต่อการให้ปริมาณน้ำในลำธารในลุ่มน้ำขนาดเล็กจะมีมากที่สุด โดยมีอัตราการไหลขึ้นลงอย่างรวดเร็ว ส่วนลุ่มน้ำขนาดกลางและใหญ่จะมีลักษณะการไหลของน้ำที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ สุนันทา (2531) ได้ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำปิงและวัง พบว่า ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำในลำธาร กล่าวคือ ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้ปริมาณน้ำท่ามากขึ้น โดยนิพนธ์ (2525) ได้กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการให้น้ำแก่พื้นที่ลุ่มน้ำ คือ ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ๆ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอันดับสองรองจากปริมาณน้ำฝน และนิวัติ (2547) กล่าวว่า รูปร่างของกลุ่มน้ำมีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำธาร น้ำไหลบ่าหน้าดิน ปริมาณน้ำเก็บกัก (water storage) และปริมาณน้ำที่สูญเสีย (water loss) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะควบคุมลักษณะของจุดสูงสุดของน้ำหลาก (flood peak)

ข. ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเกษม (2539) กล่าวว่า ความลาดชันของภูมิประเทศเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำ ทั้งหน้าผาดินและใต้ดิน ซึ่งนิวัติ (2547)

กล่าวว่า ความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำมีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อการซึมผ่านผิวดิน (infiltration) การไหลบ่าของน้ำตามผิวดิน (surface runoff) การพังทลายของดิน (soil erosion) ความชื้นในดินและการไหลของน้ำใต้ดินไปสู่ลำธาร ซึ่งสุกรีตัน (2527) ได้กล่าวถึงอิทธิพลของความลาดเทที่มีอิทธิพลต่อปริมาณและการไหลของน้ำท่าว่า ขึ้นอยู่กับความลาดเทที่เพิ่มขึ้น ทำให้เพิ่มปริมาณและอัตราการไหลบ่า ในพื้นที่ที่มีความยาวของความลาดเทมาก ทำให้มีน้ำไหลไปรวมกันมากและไหลเร็ว และพื้นที่ที่มีการระบายน้ำจะต้องมีความลาดเทตั้งแต่ 3-8 เปอร์เซ็นต์ ถ้ามากกว่า 8-10 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดี และจากการศึกษาของชลมาตร (2524) พบว่า ความลาดชันของพื้นที่แสดงอิทธิพลต่อการไหลของน้ำท่าเด่นชัดมาก คือ พื้นที่ลุ่มน้ำที่มีความลาดชันมาก การขึ้นของกราฟน้ำไหลจะเร็วกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีความลาดชันต่ำ โดยพบว่าส่วนยอดของกราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีความลาดชันมากอยู่ที่เดือนกันยายนของปี ส่วนลุ่มน้ำที่มีความลาดชันต่ำจะมีส่วนยอดของกราฟน้ำไหลอยู่ที่เดือนตุลาคม

ก. ระดับความสูงและทิศด้านลาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเกษม (2539) และนิวัติ (2547) กล่าวว่า พื้นที่ที่อยู่ในระดับความสูงมาก มักมีฝนตกมากกว่าในพื้นที่ต่ำ จึงส่งผลให้ได้ปริมาณน้ำท่ามากตามไปด้วย ส่วนทิศด้านลาดที่อยู่ทางทิศเหนือจะมีความชุ่มชื้นมากกว่าทิศใต้และทิศตะวันตก ซึ่งมีผลต่อปริมาณฝนเช่นกัน ส่วนสุนันทา (2531) พบว่า ในพื้นที่สูง อุณหภูมิและความกดอากาศจะยิ่งต่ำ จนความชื้นเกิดการควบแน่นจนกลั่นตัวเป็นฝนตกชุก ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณฝน

ง. ระบบการระบายน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำ จากการศึกษาของบุญช่วย (2536) พบว่า ปัจจัยความหนาแน่นของการระบายน้ำ มีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณน้ำในลำธาร และมีอิทธิพลมากถึง 28.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอธิบายได้ว่า ความหนาแน่นของการระบายน้ำเป็นความสามารถในการระบายน้ำ กล่าวคือ พื้นที่ลุ่มน้ำใดมีความยาวของลำน้ำมาก จะมีความสามารถในการระบายน้ำจากส่วนต่าง ๆ ของลุ่มน้ำมาสู่ลำน้ำสายหลักและสู่ปากลุ่มน้ำ (outlet) โดยลำดับ ซึ่งมีค่าความหนาแน่นของการระบายน้ำ (drainage density) มากเท่าใด ก็ยิ่งทำให้มีปริมาณน้ำในลำธารมากขึ้นเท่านั้น

จ. ลักษณะทางธรณีวิทยา ลุ่มน้ำที่เกิดจากหินแกรนิตจะมีโครงสร้างเป็นภูเขา สลับซับซ้อน ดินลึกลับ มีระบายน้ำดี มีความลาดชันมาก ลุ่มน้ำประเภทนี้จะให้น้ำในลำธารอย่างสม่ำเสมอ ส่วนลักษณะลุ่มน้ำที่เกิดจากวัตถุดินกำเนิดที่เป็นหินทราย ดินมักเป็นดินทราย ไม่ลึก น้ำในลำธารมักขาดหายไปในฤดูแล้ง เนื่องจากฝนที่ตกในฤดูฝนส่วนใหญ่ถูกเก็บกักอยู่ในรอยแตก

รอยแยกของหิน และกลายเป็นน้ำใต้ดินในที่สุด และลักษณะลุ่มน้ำที่เกิดจากหินปูน มักมีบ่อยุบตัว (sink-hole) ปรากฏให้เห็นทั่วไป โดยเป็นปล่องลึก น้ำจะไหลทะลุไป ทำให้น้ำในลำธารขาดหายไปในฤดูแล้ง (เกษม และนิพนธ์, 2525) และจากการศึกษาของเพชร (2539) พบว่า ศักยภาพในการให้น้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา อยู่ในระดับต่ำ เพราะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษามีรอยเลื่อน (fault) และรอยแยก (joint) ทำให้เกิดน้ำรั่วซึมไหลลงตามชั้นหินด้านล่างเป็นน้ำใต้ดิน ไม่ปลดปล่อยออกสู่ลำธาร

จ. ชนิดของดิน จากการศึกษาของคณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา (2544) พบว่า ดินที่มีทรายร้อยละ 70 โดยน้ำหนักขึ้นไป ได้แก่ พวดินทรายร่วน ดินทราย จะมีการระบายน้ำดีมาก ส่วนดินร่วนมีการระบายน้ำดีปานกลาง สำหรับดินที่มีปริมาณดินเหนียวมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักขึ้นไป มีการระบายน้ำไม่ดีแต่สามารถอุ้มน้ำได้ดี และความตื้นลึกของดินมีส่วนเกี่ยวข้องกับการซึมซาบน้ำใต้ดินเช่นกัน ซึ่งนิพนธ์ (2542) กล่าวว่า น้ำท่าที่ไหลในลำธารในช่วงเวลาหลังฤดูฝนนั้นขึ้นอยู่กับสมบัติของดินในการควบคุมการไหลของน้ำใต้ผิวดิน ซึ่งสมรรถนะการอุ้มน้ำของดินในป่าดิบเขาภาคเหนือของประเทศไทย มีมากที่สุดบริเวณผิวดินแล้วค่อย ๆ ลดลงจนถึงชั้นล่างสุด ทั้งนี้เป็นเพราะว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีมากเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ดินอุ้มน้ำสูงขึ้น แต่ถ้าดินลึกมากเกินไป 100 เซนติเมตร ขึ้นไปแล้ว ความชื้นในดินจะมีมากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะอินทรีย์วัตถุขนาดเล็กและดินเหนียวช่วยให้มีการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ อภิสิทธิ์ (2528) ยังได้กล่าวถึงส่วนประกอบที่ปกคลุมผิวน้ำลุ่มน้ำ ได้แก่ ดิน หินผุ หรือหินแข็ง รวมทั้งอินทรีย์วัตถุที่แตกต่างกันไปตามสถานที่ จะมีผลต่อปริมาณและการไหลของน้ำท่า ดังเช่น บริเวณที่เป็นหินแข็งจะมีอัตราความหนาแน่นของการระบายน้ำต่ำ เนื่องจากสามารถต้านทานการชะล้างพังทลายได้ดี

1.2.3 กิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินและพืชพรรณที่ปกคลุมลุ่มน้ำ มีผลทำให้ปริมาณน้ำในลำธารมีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านปริมาณ คุณภาพ และช่วงเวลาการไหล เนื่องจากสิ่งปกคลุมดินมีการใช้น้ำ และการคายระเหยน้ำได้แตกต่างกัน ดังนั้นปริมาณน้ำฝนที่กลายมาเป็นน้ำท่าหรือน้ำในลำธารจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ หากมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากการศึกษาของบุญช่วย (2536) ในพื้นที่ลุ่มน้ำมูล พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้ปริมาณน้ำไหลในลำธารในช่วงน้ำหลากเพิ่มมากขึ้น และลดน้อยลงในช่วงฝนแล้ง ส่วนการศึกษาของอัครสิทธ์ (2546) พบว่า การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมในลุ่มน้ำมูล ส่งผลให้วันเวลา และช่วงระยะเวลาการไหลของน้ำท่าในฤดูน้ำหลาก มีการหลากของน้ำ

ไหลผ่านจุดตรวจวัดเร็ววันกว่าเดิม ขณะที่ในช่วงแล้งน้ำใช้เวลานานวันขึ้น ทำให้ปัญหาอุทกภัยในฤดูฝนและการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งทวีความรุนแรงมากขึ้น

2. การประเมินน้ำทำด้วยวิธีการของ SCS-CN

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของ SCS-CN

Mishra and Singh (2003) กล่าวว่า SCS-CN method ถูกสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1954 โดยหน่วยงานอนุรักษ์ดินของประเทศสหรัฐอเมริกา (Soil Conservation Services; SCS) ซึ่งปัจจุบันคือ Natural Resources Conservation Services (NRCS) โดยมีจุดประสงค์หลัก คือ การสร้างมาตรการหรือระเบียบต่าง ๆ เพื่อป้องกันอุทกภัย โดยนำผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการซึมน้ำผ่านผิวดิน (infiltration) ซึ่งเกิดขึ้นจากการทำฝนเทียมบนพื้นที่ 2 X 4 ตารางเมตร จำนวน 10,000 แปลงทั่วประเทศ ที่ทำการศึกษาดูต่อเนื่องตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1930 มาประยุกต์ใช้

สมการที่ใช้หาปริมาณการไหลโดยตรง (direct runoff) โดยวิธี SCS-CN method ได้พัฒนาโดยการรวบรวมข้อมูลฝนและข้อมูลการไหลโดยตรงที่มีอยู่ แล้วนำข้อมูลปริมาณการไหลโดยตรงสะสมพล็อตกับปริมาณฝนสะสม และพบว่าปริมาณการไหลโดยตรงเริ่มมีขึ้นหลังจากที่ฝนตกแล้วช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งปริมาณฝนที่สูญเสียก่อนมีการไหลออกโดยตรงเรียกว่า การสูญเสียเริ่มต้น (initial abstraction; Ia) และหลังจากนั้นเส้นปริมาณการสะสมของฝนและการไหลโดยตรงกลายเป็นเส้นตรง (SCS, 1972) การพัฒนาสมมติฐานของ SCS ขึ้นมาใช้ได้ง่ายขึ้น พิจารณาเมื่อปริมาณฝนและการไหลโดยตรงเกิดขึ้นพร้อมกัน ซึ่งเป็นกรณีที่มีการสูญเสียเริ่มต้นเป็นศูนย์ จึงทำให้ได้สมมติฐานสำหรับความสัมพันธ์ทุก ๆ จุดบนเส้นโค้งปริมาณการไหลโดยตรงสะสมกับปริมาณฝนสะสม คือ

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P} \quad (1)$$

โดยที่	F	=	ปริมาณการซึมจริง (actual retention)
	S'	=	ศักยภาพการสูญเสียสูงสุด (potential maximum infiltration)
	Q	=	การไหลโดยตรง (direct runoff)
	P	=	ศักยภาพการไหลโดยตรงสูงสุด (potential maximum runoff)
			ซึ่งเท่ากับปริมาณฝนนั่นเอง

ค่าพารามิเตอร์ S' ในสมการที่ (1) ไม่ได้รวมค่าการสูญเสียเริ่มต้นและเป็นค่าคงที่สำหรับพายุฝนลูกหนึ่ง เพราะเป็นค่าสูงสุดของปริมาณการซึมที่สามารถเกิดขึ้นได้ ส่วนค่าปริมาณการซึม (F) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงได้ เพราะเป็นค่าความแตกต่างของปริมาณฝนกับปริมาณการไหลโดยตรง คือ

$$F = P - Q \quad (2)$$

แทนค่า F ลงในสมการที่ (1) จะได้

$$\frac{(P - Q)}{S'} = \frac{Q}{P} \quad (3)$$

เมื่อจัดเทอมในสมการที่ (3) โดยให้ค่า Q อยู่ทางซ้ายมือได้

$$Q = \frac{P^2}{(P + S')} \quad (4)$$

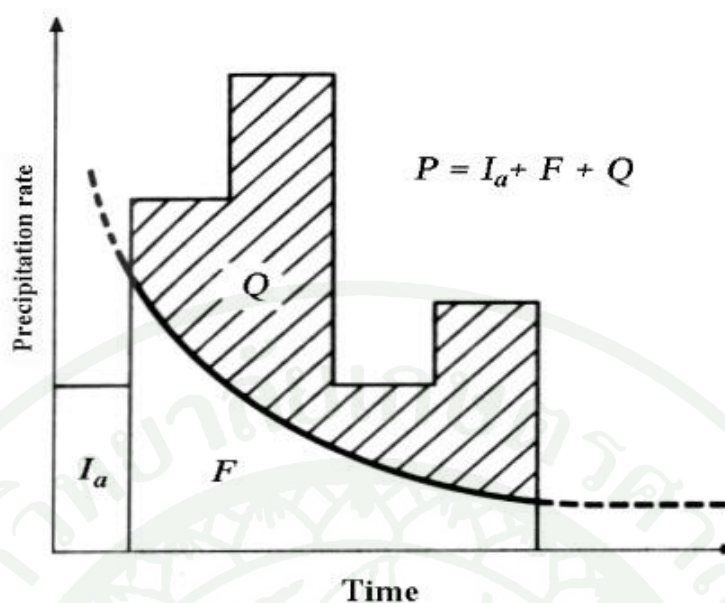
สมการที่ (4) ใช้ในการสูญเสียเริ่มต้น (initial abstraction; I_a) เท่ากับศูนย์ ส่วนกรณีที่ I_a ไม่เป็นศูนย์ จะทำให้ค่าศักย์การไหลสูงสุดเท่ากับ $P - I_a$ และนิยมให้ S เป็นค่าศักย์สูญเสียสูงสุดในกรณีที่ I_a ดังนั้น จะได้สมมติฐานใหม่เมื่อ $I_a > 0$ คือ

$$S = S' + I_a \quad (5)$$

สมการที่ (1) เมื่อแทน S' ด้วย S และแทน P ด้วย $P - I_a$ ได้สมมติฐานใหม่เมื่อ $I_a > 0$ คือ

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{(P - I_a)} \quad (6)$$

สมการที่ (6) เป็นสมการสมมติฐานของ SCS ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P , Q และ F ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนสะสม (P) ปริมาณการไหลออก (Q) และปริมาณการซึมจริง (F)

ที่มา: Soil Conservation Service (1972)

จากสมการสมดุลน้ำ (water balance equation)

$$F = (P + I_a) - Q \quad (7)$$

แทนค่า F ในการสมการที่ (7) ลงในสมการที่ (6) ได้

$$\frac{(P - I_a) - Q}{S} = \frac{Q}{(P - I_a)} \quad (8)$$

แก้สมการหาค่า Q ในการสมการที่ (8) ได้ว่า

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad (9)$$

โดยที่ Q = ปริมาณการไหลโดยตรงหรือความลึกลงน้ำทำ (นิ้ว)
 P = ปริมาณน้ำฝนสะสม (นิ้ว)

$$\begin{aligned} I_a &= \text{การสูญเสียเริ่มต้น (นิ้ว)} \\ S &= \text{ศักยภาพการเก็บกักน้ำสูงสุด} \end{aligned}$$

2.2 ความหมายทางกายภาพของพารามิเตอร์

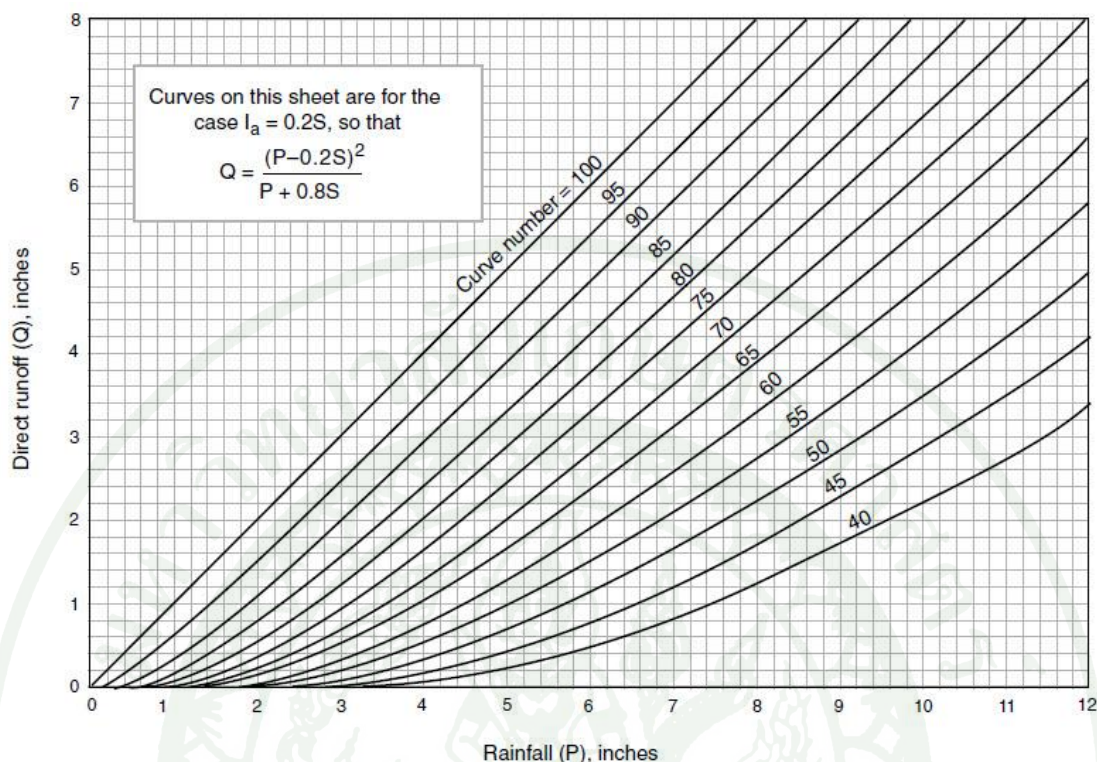
ปริมาณการไหลโดยตรง (direct runoff; Q) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ไหลตามผิวดิน (surface runoff) รวมกับปริมาณน้ำที่ไหลตามด้านข้างใต้ผิวดิน (interflow)

การสูญเสียเริ่มต้น (initial abstraction; I_a) หมายถึง ปริมาณฝนส่วนที่สูญเสียไปทั้งหมดก่อนเริ่มมีการไหลโดยตรง ซึ่งปริมาณฝนที่สูญเสียเริ่มต้นนี้จะประกอบไปด้วยการดัก การซึม การเก็บสะสมตามพื้นผิว (surface storage) และการระเหย

ศักยภาพการเก็บกักน้ำสูงสุด (potential maximum retention; S) หมายถึง ศักยภาพการเก็บกักน้ำสูงสุดของพื้นที่รับน้ำ (available maximum void storage) ซึ่งสามารถอุ้มน้ำเอาไว้ได้โดยค่า S นี้ รวมค่าการสูญเสียเริ่มต้นไว้ด้วย ทั้งนี้ S มีความสัมพันธ์กับค่า curve number (CN) ดังแสดงในสมการ

$$CN = \frac{1,000}{(S + 10)} \quad (10)$$

ค่า curve number (CN) เป็นค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้แทนพารามิเตอร์ S โดยให้มีความสัมพันธ์กับชนิดของดิน (soil type) และลักษณะของการใช้ที่ดิน (land use) ดังนั้น SCS จึงทำการแปลงค่า S ให้อยู่ในรูปของค่าคะแนนที่อยู่ภายในช่วงที่จำกัดระหว่าง 0 ถึง 100 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ว่า CN ที่มีค่าน้อย หมายความว่า สภาพพื้นที่ต้นน้ำแห่งนั้นมีความสามารถในการดูดซับและเก็บกักน้ำฝนไว้ได้ดี ทำให้น้ำที่ระบายให้กับพื้นที่ท้ายน้ำที่เกิดขึ้นจากการตกของฝนแต่ละครั้งมีน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้า CN มีค่ามาก แสดงว่าพื้นที่ต้นน้ำแห่งนั้นมีความสามารถในการดูดซับและเก็บกักน้ำฝนไม่ดี น้ำฝนที่ตกลงมาส่วนใหญ่จึงระบายให้กับพื้นที่ท้ายน้ำแทน จากเงื่อนไขดังกล่าวนี้ ค่า CN จึงมีลักษณะที่ผกผันกับค่า S (พงษ์ศักดิ์ และพิณทิพย์, 2551) การหาค่า CN ทำได้โดยพล็อตข้อมูลปริมาณฝน และปริมาณการไหลออกโดยตรงสะสม แล้วนำมาเปรียบเทียบกับโค้งมาตรฐาน (standard curve) ของวิธี SCS (1972) ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยกำหนดให้ค่า $I_a = 0.2S$ ดังนั้น



ภาพที่ 2 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนสะสม (P) กับปริมาณการไหลออก (Q) สำหรับค่า Curve number (CN) ต่างๆ

ที่มา: Natural Resources Conservation Service (1986)

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (11)$$

สมการที่ (11) สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณการไหลโดยตรงจากปริมาณฝน เนื่องจากมีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียว คือ S แต่ค่า S สามารถหาได้จากค่า CN มาตรฐานที่พัฒนาขึ้นโดยวิธี SCS สำหรับกรณี Ia เท่ากับ 0.2S และได้กำหนดความสัมพันธ์ชนิดของดินและลักษณะการใช้ที่ดิน ดังแสดงในตารางผนวกที่ 1 ถึงตารางผนวกที่ 5 สำหรับกรณีต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 สมบัติทางอุทกวิทยาของดิน (hydrologic soil group) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม A ดินในกลุ่มนี้มีอัตราการซึมลงดินสูง ถึงแม้ว่าจะเปียกชุ่มแล้วก็ตามส่วนมากประกอบไปด้วยทรายและกรวด มีความลึกลงไปจากผิวดินมาก และมีความสามารถระบายน้ำได้ดี ดินประเภทนี้มีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดิน (water transmission) สูง ด้วยเหตุนี้จึงมีศักยภาพให้น้ำท่า (runoff potential) ต่ำมาก

กลุ่ม B ดินในกลุ่มนี้มีอัตราการซึมลงดินปานกลางเมื่อเปียกชุ่ม มีความลึกปานกลางถึงลึกมาก การระบายน้ำดีปานกลาง ดินประเภทนี้มีเนื้อดินตั้งแต่ละเอียดปานกลางจนถึงหยาบปานกลาง นอกจากนั้นยังมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านดินปานกลาง

กลุ่ม C ดินในกลุ่มนี้มีอัตราการซึมน้ำลดลงต่ำเมื่อเปียกชุ่ม ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยชั้นดินซึ่งขัดขวางการเคลื่อนตัวลึกของน้ำ ดินประเภทนี้มีเนื้อดินละเอียดปานกลางจนถึงละเอียด และมีอัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านผิวดินต่ำ

กลุ่ม D ดินในกลุ่มนี้มีอัตราการซึมน้ำของดินต่ำมากเมื่อเปียกชุ่ม ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวที่มีศักยภาพในการบวมตัวสูง เป็นพวกดินที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงตลอดเวลา เป็นดินที่มีชั้นดินเหนียวอยู่ใกล้ๆ กับผิวดิน หรือเป็นพวกดินที่มีชั้นดินซึ่งน้ำซึมผ่านได้ยากอยู่ใกล้กับผิวดินเป็นต้น อัตราการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านผิวดินประเภทนี้ต่ำมาก จึงมีศักยภาพในการเกิดน้ำท่าค่อนข้างสูง

2.2.2 สิ่งปกคลุมดิน (land cover) คือ สิ่งต่าง ๆ ที่ปกคลุมดินและป้องกันการกระแทกของเม็ดฝนที่ตกลงมาสู่ดิน ประกอบด้วยลักษณะการใช้ที่ดิน (land use) และการรักษาหน้าดิน (land treatment) ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะและวิธีการปลูกพืช การเตรียมแปลง แบ่งออกเป็น การทำการเพาะปลูกเป็นแถวตรง (straight row) การทำการเพาะปลูกเป็นแถวตามระดับพื้นที่ (contour) และการทำการเพาะปลูกเป็นขั้นบันได (terrace)

2.2.3 สภาพอุทกวิทยา (hydrologic condition) แบ่งออกเป็น

- ก. สภาพเลว (poor) มีพืชปกคลุมพื้นที่น้อยกว่าร้อยละ 50
- ข. สภาพปานกลาง (fair) มีพืชปกคลุมระหว่างร้อยละ 50-75
- ค. สภาพดี (good) มีพืชปกคลุมพื้นที่มากกว่าร้อยละ 75

2.2.4 ความชื้นในดินเริ่มต้น (antecedent moisture conditions; AMC) คือปริมาณฝนสะสมทั้งหมดที่ตกก่อนหน้าพายุฝนที่พิจารณา 5 วัน และพิจารณาช่วงฤดูกาลเพาะปลูกของพืชด้วย โดยแบ่ง AMC เป็น 3 ชนิด ได้แก่ AMC I (ความชื้นต่ำ) AMC II (ความชื้นเฉลี่ย) AMC III (ความชื้นสูง)

2.3 การเปลี่ยนแปลงค่า S หรือ CN เนื่องจากปริมาณความชื้นในดิน

จากความหมายทางกายภาพของ S หมายถึง ศักยภาพการเก็บกักน้ำสูงสุด (potential maximum retention; S) คือ ศักยภาพการเก็บกักน้ำสูงสุดของพื้นที่รับน้ำ (available maximum void storage) ซึ่งสามารถอุ้มน้ำเอาไว้ได้ โดยค่า S นี้ ได้รวมค่าการสูญเสียเริ่มต้นไว้ด้วย ดังนั้น จึงพบว่าค่า S สามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน ซึ่งก็คือค่า S มีค่าน้อย ในกรณีที่ความชื้นในดินมีค่าสูง และ S มีค่ามากเมื่อความชื้นในดินมีค่าต่ำ โดยค่า S มีค่ามากที่สุดเมื่อไม่มีความชื้นในดินเลย เพื่อความง่ายและสะดวก SCS จึงกำหนดให้ความชื้นในดินสัมพันธ์กับเงื่อนไขความชื้นก่อนหน้า (antecedent moisture condition; AMC) โดยให้ AMC หมายถึงปริมาณฝนสะสมทั้งหมดที่ตกก่อนหน้าพายุฝนที่พิจารณา 5 วัน และยังพิจารณาช่วงฤดูกาลเพาะปลูกของพืชด้วย โดยแบ่ง AMC เป็น 3 ชนิด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยแบ่ง AMC เป็น 3 ชนิด ได้แก่ AMC I (ความชื้นต่ำ) AMC II (ความชื้นเฉลี่ย) AMC III (ความชื้นสูง) สำหรับค่า CN มาตรฐานที่พัฒนาโดย SCS กรณี Ia เท่ากับ 0.2S นี้ใช้เฉพาะในกรณีของ AMC II เท่านั้น ส่วนการหาค่า CN ในกรณี AMC I และ AMC III คำนวณได้จากสมการที่ (12) และ (13)

$$CNI = \frac{CN II}{(2.281 - 0.0128 \times CNII)} \quad (12)$$

$$CNIII = \frac{CNII}{(0.427 + 0.00573 \times CNII)} \quad (13)$$

จากสมการที่ (12) และ (13) สามารถคำนวณค่า CN กรณีทั้ง 3 แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 7

ตารางที่ 1 การแบ่งเงื่อนไขความชื้นก่อนหน้านั้น (antecedent moisture condition; AMC)

ชนิดของ AMC		ปริมาณฝนสะสมก่อนหน้า 5 วัน			
		นอกฤดูกาลเพาะปลูก		ฤดูกาลเพาะปลูก	
		นิ้ว	มิลลิเมตร	นิ้ว	มิลลิเมตร
AMC I	(ความชื้นต่ำ)	<0.5	<12.7	<1.4	<35.6
AMC II	(ความชื้นเฉลี่ย)	0.5-1.1	12.7-27.9	1.4-2.1	35.6-53.3
AMC III	(ความชื้นสูง)	>1.1	>27.9	>2.1	>53.3

ที่มา: Soil Conservation Service (1972)

การตีความหมายทางกายภาพ เงื่อนไขของความชื้นต่ำ (AMC) ค่า CN I จะมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ย CN ซึ่งทำให้ศักยภาพของการไหลโดยตรงมีค่าน้อย ส่วนเงื่อนไขของความชื้นในดินสูง (AMC III) ค่า CN III จะมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย CN ทำให้ศักยภาพของการไหลโดยตรงมีค่าสูงด้วย

3. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system; GIS)

3.1 นิยามและความหมาย

สุระ (2546) ได้กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง กระบวนการของการใช้คอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ (hardware) ซอฟต์แวร์ (software) ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (geographic data) และการออกแบบ (personal design) ในการเสริมสร้างประสิทธิภาพของการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์ข้อมูลให้แสดงผลในรูปของข้อมูลที่สามารัอย่างองถึงได้ในทางภูมิศาสตร์ หรือหมายถึง การใช้สมรรถนะของคอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บและการใช้ข้อมูลเพื่ออธิบายสภาพต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกโดยอาศัยลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ นั้นเอง

อุทัย (2547) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง ระบบฐานข้อมูลที่ทำหน้าที่จัดการข้อมูลของสรรพสิ่งต่าง ๆ บนโลกให้อยู่ในระบบข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยข้อมูลแต่ละชนิดมีการ

อ้างอิงพิกัดตำแหน่งและอยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล ซึ่งเป็นการผสมผสานกระบวนการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับระบบข้อมูลแผนที่ (geographic information) และระบบฐานข้อมูล (database system) ดังนั้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จึงเป็นฐานข้อมูลที่อ้างอิงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่แบบดิจิทัล (digital map)

Burrough (1986) กล่าวว่า GIS หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมและสะสมข้อมูลไว้เพื่อเรียกใช้ได้ตามต้องการ สามารถเปลี่ยนแปลงและแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่จากโลกของความเป็นจริงเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ กันเฉพาะเรื่องไป

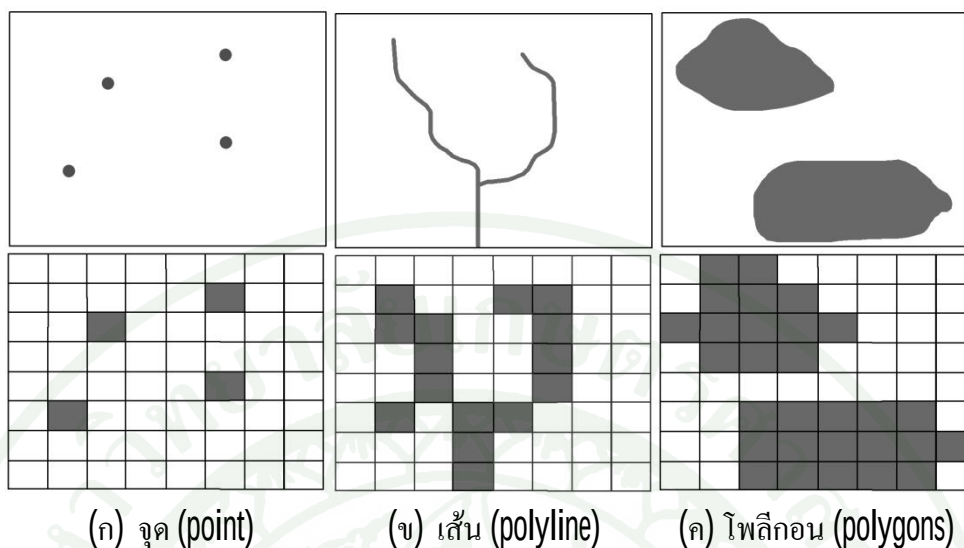
Star and Estes (1990) ให้ความหมายว่า GIS คือ ระบบสารสนเทศที่ออกแบบเพื่อการทำงานกับข้อมูลเชิงพื้นที่ หรือข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับจุดทางภูมิศาสตร์หรืออีกนัย GIS เป็นระบบฐานข้อมูลที่มีความสามารถเฉพาะสำหรับข้อมูลเชิงพื้นที่ รวมทั้งเป็นชุดของเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล

จากคำนิยามที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการนำเข้า การจัดเก็บ การจัดการกับข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ที่เก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ รวมทั้งนำมาช่วยในการวิเคราะห์หรือช่วยในการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็วต่อเหตุการณ์และแสดงผลลัพธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต้องอ้างอิงพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้

3.2 ลักษณะของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ลักษณะของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

3.2.1 ข้อมูลที่มีลักษณะเชิงพื้นที่ หรือข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ (spatial data) เป็นข้อมูลที่แสดงสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ด้วยตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ ซึ่งมีโครงสร้างข้อมูล 2 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 3 ดังนี้



ภาพที่ 3 รูปแบบข้อมูลเวกเตอร์และข้อมูลราสเตอร์

ที่มา: คัดแปลงจาก อุทัย (2547)

ก. รูปแบบข้อมูลเวกเตอร์ (vector format) เป็นข้อมูลที่แสดงทิศทางและตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ในลักษณะของจุด (point) หรือโดยการเชื่อมจุดหลาย ๆ จุดเพื่อแสดงรูปแบบเส้น (polyline) เช่น ถนน แม่น้ำ เป็นต้น และปลายของเส้นหลาย ๆ เส้นที่ต่อกันจนเกิดเป็นรูปขอบเขตของพื้นที่ เรียกว่า โพลีกอน (polygons) ดังนั้น รูปแบบของข้อมูลเชิงพื้นที่จะอาศัยค่าพิกัดที่ต่อเนื่องของจุดในการกำหนดขอบเขตของวัตถุที่เราสนใจ

ข. รูปแบบข้อมูลราสเตอร์ (raster format) หรือตารางกริด ซึ่งโครงสร้างของข้อมูลแสดงในรูปสี่เหลี่ยมหรือจุดภาพ (grid or pixels) ที่มีการอ้างอิงกับระบบพิกัด ข้อมูลในลักษณะตารางกริดนี้ ถูกแบ่งพื้นที่ออกเป็นตารางกริดที่มีรูปเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็ก ๆ จำนวนมาก โดยในรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็ก ๆ เหล่านี้มีศัพท์เรียกเฉพาะว่าหน่วยภาพย่อย (picture element) หรือนิยมเรียกว่าพิกเซล (pixel) โดยที่แต่ละพิกเซล (pixel) เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของข้อมูล ถ้าข้อมูลที่มีความละเอียดสูง ขนาดของพิกเซล (pixel) ก็มีขนาดเล็ก แต่ถ้าข้อมูลที่ใช้ในงานสารสนเทศค่อนข้างหยาบ ขนาดของพิกเซล (pixel) มีขนาดใหญ่ ข้อดีของระบบข้อมูลแบบเชิงตารางกริด (raster) นี้คือ ภายหลังจากการจัดเก็บแล้ว สามารถแก้ไขข้อมูลได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ แต่ข้อเสียของข้อมูลระบบนี้คือ ต้องการเพิ่มข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อการจัดเก็บหน่วยภาพย่อยทั้งหมด

ตัวอย่างของข้อมูลในระบบเชิงตารางกริด (raster) ได้แก่ ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศ เป็นต้น

3.2.2 ข้อมูลเชิงบรรยาย (non-spatial data or attribute data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของพื้นที่นั้น อาจเป็นค่าเชิงปริมาณหรือตารางที่อธิบายถึงสภาพพื้นที่ได้เด่นชัด เพื่อการจัดการทรัพยากรต่าง ๆ เช่น ข้อมูลประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำ ข้อมูลด้านอุตุนิมวิทยา คุณภาพของน้ำ และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 4 การป้อนข้อมูลชนิดนี้ มักนิยมกำหนดเป็น รหัส และจัดเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลที่เรียกว่า topology file

FID	Shape	NAME_CO	NAME_E	NAME_T	CODE_O	MB1_CO	MB1_NAME	SB1_COD	SB1_NAME	TB_COD	TB_NAME	AM
1	Point	20111	Nam Fai (Sw.SA), A. Mueang	น้ำฝาย (Sw.SA) อ.เมือง	20111	01	แม่น้ำสะระวิน	0105	น้ำฝายตอนล่าง	3588183	ค.ค.บ.บ.	3588
2	Point	20080	FID (Nam Yuen Project), A. Mue Saniang	โครงการชลประทานน้ำยม อ.แม่สะเรียง	20080	01	แม่น้ำสะระวิน	0110	น้ำฝายตอนล่าง	3588482	ค.แม่สะเรียง	3588
3	Point	20121	Mae Saniang (Sw.S), A. Mue Saniang	แม่สะเรียง (Sw.S) อ.แม่สะเรียง	20121	01	แม่น้ำสะระวิน	0111	น้ำฝายตอนล่าง	3588482	ค.แม่สะเรียง	3588
4	Point	63181	Mae Lamas (Sw.S), A. Mue Sot	แม่ละมา (Sw.S) อ.แม่สอ	63181	01	แม่น้ำสะระวิน	0117	น้ำฝายตอนล่าง	3638683	ค.พรวน	3638
5	Point	08230	Mae Nguen, T. Ban Chao, A. Chiang Saen K	แม่เงิน ต.บ้านเจ้า อ.เชียงแสน	08230	02	แม่น้ำโขง	0202	น้ำฝายตอนล่าง	3578885	ค.แม่เงิน	3578
6	Point	18110	Haai Nam Wok Tark (TNK.14), A. Tha Li	ห้วยน้ำวก อ.ท่าลี่	18110	02	แม่น้ำโขง	0213	น้ำฝายตอนล่าง	4428881	ค.ท่าลี่	4428
7	Point	18090	Haai Nam Man West, A. Mueang	ห้วยน้ำหมัน อ.เมือง	18090	02	แม่น้ำโขง	0215	น้ำฝายตอนล่าง	4428182	ค.เมือง	4428
8	Point	18100	Haai E-Lert Tark (TNK.6), A. Wang Saphang	ห้วยอีเล็ด อ.วังสะพุง	18100	02	แม่น้ำโขง	0215	น้ำฝายตอนล่าง	4428981	ค.วังสะพุง	4428
9	Point	18130	Haai Nam Phan Tark (TNK.36), A. Mueang	ห้วยน้ำพาน อ.เมือง	18130	02	แม่น้ำโขง	0215	น้ำฝายตอนล่าง	4428185	ค.น้ำพาน	4428

ภาพที่ 4 ตัวอย่างรูปแบบฐานข้อมูลเชิงบรรยาย

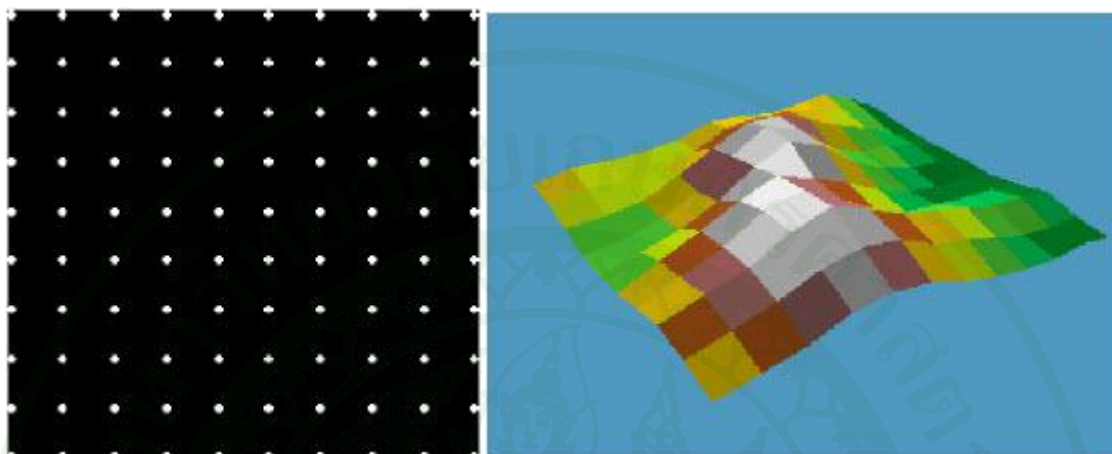
3.3 การสร้างแบบจำลองด้วยระบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.3.1 การสร้างแบบจำลองพื้นผิวแบบ 2 มิติ

พื้นผิว คือ พื้นที่ต่อเนื่องที่แสดงค่าใด ๆ ประกอบด้วยจุดจำนวนมากไม่จำกัด เช่น จุดแทนค่าความสูง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของพื้นผิวโลก จุดแทนค่าความลึกของท้องน้ำในเขื่อน เป็นต้น ซึ่งเรียกว่า “ค่า Z” (Z-value) และแทนค่าของจุดด้วยค่า X, Y, Z ในระบบพิกัด 3 มิติ ซึ่งพื้นผิวสร้างขึ้นจากการประมาณค่ากริดในชั้นข้อมูลราสเตอร์โดยนำข้อมูลจุดตัวอย่าง (sample data points) ที่มีอยู่มาทำนายจุดอื่นบนพื้นที่ (geographic point data) ที่ไม่ทราบค่า การสร้างแบบจำลองพื้นผิวแบบ 2 มิติ มี 2 วิธี คือ

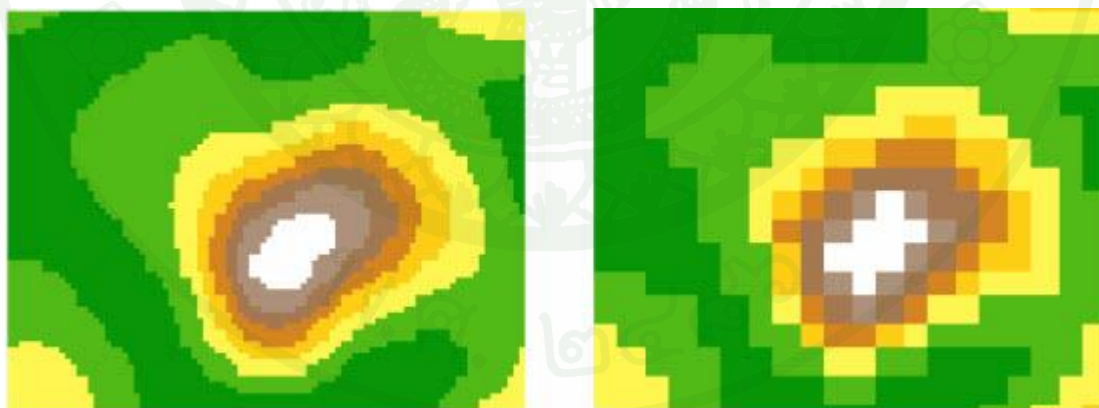
ก. วิธีพื้นผิวราสเตอร์ (raster surfaces) เป็นวิธีการที่จำลองพื้นผิวจากตาข่ายสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ต่อเนื่องกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งพื้นผิวราสเตอร์นี้สร้างขึ้นจากข้อมูลแบบจุดที่มี

ระยะห่างระหว่างจุดสม่ำเสมอ (regularly spaced data) และเชื่อมระหว่างจุดด้วยเส้นจนเป็นตาข่าย ลักษณะสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ประกอบด้วยตารางกริดขนาดเล็กจำนวนมากดังแสดงในภาพที่ 5 โดยกริดที่มีขนาดเล็กกว่าให้รายละเอียดข้อมูลพื้นผิวได้ดีกว่ากริดที่มีขนาดใหญ่ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 5 จุดที่วางเรียงกันอย่างเป็นระเบียบในแบบ 2 มิติ และแบบจำลองพื้นผิวแบบกริด 3 มิติ

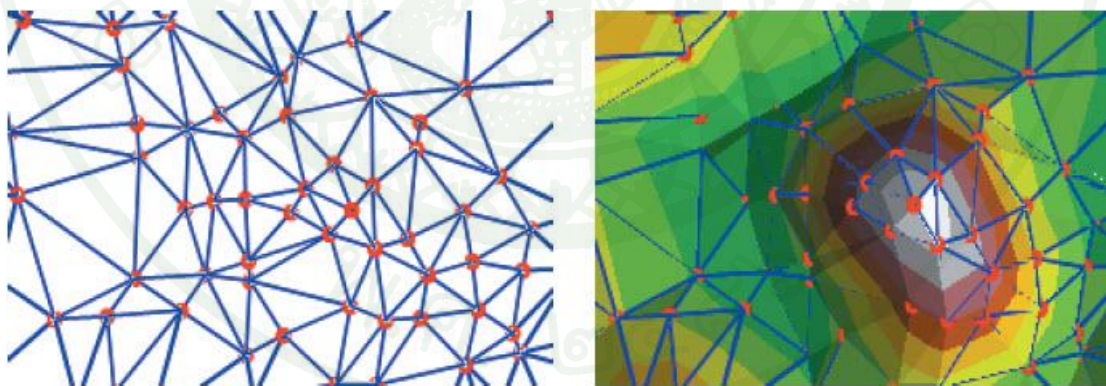
ที่มา: Environmental Systems Research Institute (2000)



ภาพที่ 6 ความแตกต่างของพื้นผิวราสเตอร์ที่สร้างจากกริดที่มีขนาดแตกต่างกัน

ที่มา: Environmental Systems Research Institute (2000)

ข. วิธีโครงข่ายสามเหลี่ยม (triangulated irregular networks; TIN) เป็นโครงสร้างที่จำลองพื้นผิวจากผิวหน้าของสามเหลี่ยมหลากหลายขนาดที่เชื่อมต่อกันเป็นจำนวนมาก สร้างขึ้นจากจุดตัวอย่าง (node) มีระยะห่างระหว่างจุดไม่สม่ำเสมอ (irregularly spaced data) กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ที่สนใจ โดยจุดตัวอย่างถูกนำมาเชื่อมต่อกันเพื่อสร้างรูปสามเหลี่ยมที่ต่อเนื่องและไม่ซ้อนทับทับกัน เรียกว่า “delanay triangulation” ซึ่งเมื่อลากวงกลมผ่านจุด 3 จุดที่ประกอบขึ้นเป็นรูปสามเหลี่ยมแล้ว ต้องไม่ปรากฏจุดอื่นใดภายในวงกลมหรือในสามเหลี่ยมนั้นอีก สามารถนำข้อมูลแบบเส้น และข้อมูลแบบพื้นที่ปิดที่แปลงรูปเป็นข้อมูลแบบจุด มาใช้ในการสร้างโครงข่ายสามเหลี่ยมได้ พื้นที่ที่ใช้ในการสร้างโครงข่ายสามเหลี่ยม เรียกว่า “hull” มีอยู่สองลักษณะ คือ พื้นที่ที่มีการนำมาใช้ในการประมาณค่า เรียก “convex hull” เช่น ลักษณะที่มีภูมิประเทศเป็นเกาะ ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีการประมาณค่าข้อมูล เรียก “non-convex hull” เช่น ขอบเขตของแหล่งน้ำผิวดิน นอกจากนี้ลักษณะของสามเหลี่ยมยังมีผลต่อรายละเอียดของพื้นผิว คือ สามเหลี่ยมที่มีขนาดใหญ่ แทนลักษณะจริงของบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลค่อนข้างน้อยหรือมีจำนวนจุดตัวอย่างน้อยทำให้พื้นผิวแบบจำลองที่มีลักษณะค่อนข้างราบ ในทางตรงกันข้ามถ้าสามเหลี่ยมมีขนาดเล็ก เรียงติดกันถี่ ๆ แสดงว่ามีข้อมูลจุดตัวอย่างจำนวนมาก หรือพื้นที่บริเวณนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลค่อนข้างสูง ทำให้แบบจำลองพื้นผิวที่ถูกต้องมีประสิทธิภาพกว่า สำหรับแบบจำลองพื้นผิวแบบโครงข่ายสามเหลี่ยม 3 มิติ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 จุดที่ประกอบขึ้นเป็นโครงข่ายสามเหลี่ยมแบบ 2 มิติ และแบบจำลองพื้นผิวแบบโครงข่ายสามเหลี่ยม 3 มิติ

ที่มา: Environmental Systems Research Institute (2000)

3.3.2 การสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ

แบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงตัวเลข สามารถสร้างได้จากข้อมูลหลายรูปแบบสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

ก. การสร้างจากข้อมูลแผนที่ หรือข้อมูลที่ได้จากการดิจิทัล (digitizing altimetric data) ได้แก่ จุดความสูง เส้นชั้นความสูง แหล่งน้ำ ถนน และสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ สามารถนำไปสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศได้สองรูปแบบ คือ แบบจำลองความสูงแบบราสเตอร์ (digital elevation model; DEM) กับแบบโครงข่ายสามเหลี่ยม (triangulated irregular networks; TIN) โดยมากนิยมสร้างเป็นแบบ TIN ก่อน เนื่องจากความสามารถในการเพิ่มเติมรายละเอียดภูมิประเทศ เช่น เส้นถนน แม่น้ำ ลำคลอง เป็นต้น ช่วยให้สามารถจำลองภูมิประเทศที่ซับซ้อนให้มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่จริงมากที่สุด และเมื่อต้องการนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์เชิงพื้นที่อย่างอื่นต่อ ก็สามารถใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการแปลงรูปแบบข้อมูลจาก TIN ไปเป็น DEM ได้ นอกจากนี้ การสร้างแบบจำลองความสูงแบบโครงข่ายสามเหลี่ยม แม้จำนวนข้อมูลจุดความสูง (spot height) น้อยกว่าแบบจำลองพื้นผิวแบบราสเตอร์ แต่สามารถให้ข้อมูลแบบจำลองความสูงภูมิประเทศที่ละเอียดถูกต้องใกล้เคียงกัน และเนื่องจากความซับซ้อนของรูปแบบการเก็บข้อมูล จึงทำให้การสร้างแบบ TIN ใช้เวลาในการวิเคราะห์มากกว่าแบบ DEM

ข. การสร้างจากข้อมูลภาพหรือข้อมูลที่สร้างด้วยเทคนิคการรับรู้จากระยะไกล เช่น ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม แล้วใช้เทคนิคการมองภาพต่างมุม (oblique viewing) ของพื้นที่เดียวกัน ที่เรียกว่า “stereoscopic” มาช่วยในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมุม เพื่อหาความสูงของวัตถุ และพื้นที่ด้วยคอมพิวเตอร์ร่วมกับโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ (image processing program) ในการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดินและข้อมูลการบินถ่ายภาพ เพื่อคำนวณค่าความสูงบริเวณนั้น แล้วสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงตัวเลข

4. การสำรวจระยะไกล (remote sensing)

4.1 นิยามและความหมาย

ความหมายของคำว่า remote sensing ในภาษาไทยมีการใช้คำอยู่หลายคำ ได้แก่ “การรับรู้จากระยะไกล” “การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล” “โทรสัมผัส” และ “โทรทรรศน์” เป็นต้น

โดยราชบัณฑิตยสถานใช้คำว่า การรับรู้จากระยะไกล นอกจากนี้ยังได้มีผู้ให้นิยามและความหมายไว้ดังนี้

จรัญธร (2546) ให้นิยามว่า การสำรวจจากระยะไกลเป็นทั้งวิทยาศาสตร์ ศิลปะและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องมือที่ใช้วัดค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ เช่น กล้องถ่ายรูป (camera) หรือเครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่น (multispectral scanner) ที่ถูกติดตั้งบนยานพาหนะหรือยานสำรวจ (platform) เช่น เครื่องบิน ดาวเทียม เป็นต้น หลังจากนั้นข้อมูลที่ถูกบันทึกจะถูกนำมาแปลตีความ จำแนกและวิเคราะห์เพื่อให้เข้าใจถึงวัตถุและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จากลักษณะเฉพาะตัวของการสะท้อนแสง หรือแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

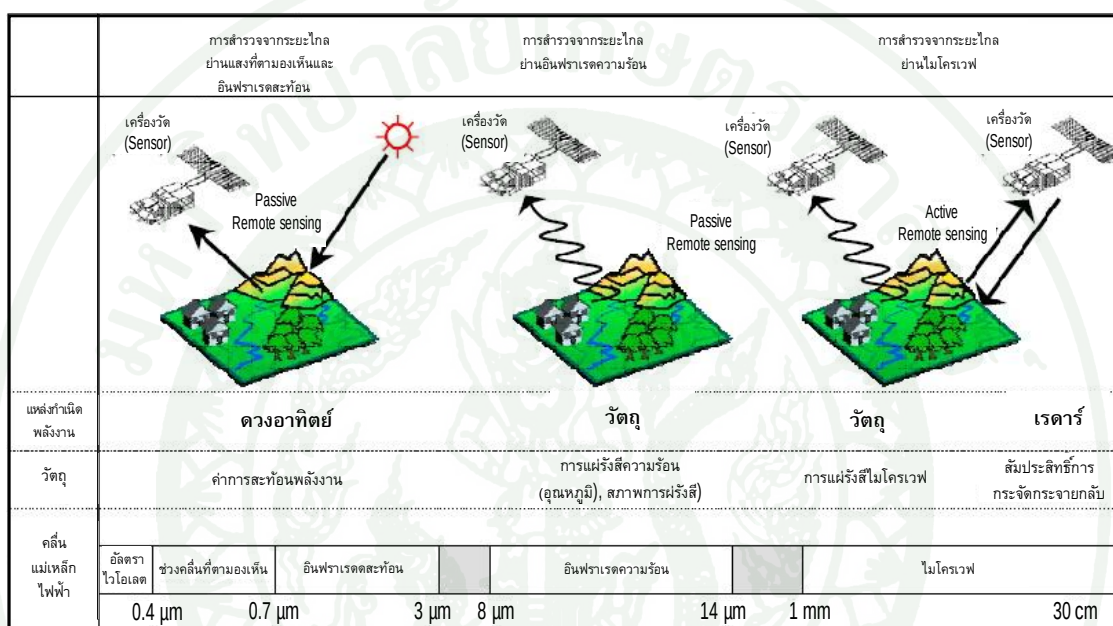
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2540) ได้กล่าวว่า การสำรวจข้อมูลระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแขนงหนึ่งที่ใช้ในการบ่งบอก จำแนก หรือวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่าง ๆ โดยปราศจากการสัมผัสโดยตรง โดยต้นกำเนิดของข้อมูลการสำรวจระยะไกลส่วนใหญ่เป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์ที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ อย่างไรก็ตามอาจใช้ตัวกลางอื่นเป็นต้นกำเนิดข้อมูลได้ เช่น เสียง ความโน้มถ่วง หรือสนามแม่เหล็ก เป็นต้น

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย (2552) ได้ให้นิยามว่า การรับรู้จากระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ และปรากฏการณ์บนพื้นโลกจากเครื่องรับรู้ (sensor) โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic energy) เป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลซึ่งมีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (spectral characteristics) ลักษณะเชิงพื้นที่ของวัตถุบนพื้นผิวโลก (spatial characteristics) และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (temporal characteristics)

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การสำรวจระยะไกล เป็นการสำรวจตรวจสอบคุณลักษณะของวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ โดยมีได้มีการสัมผัสวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นโดยตรง ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ คลื่นรังสี (spectral) รูปทรงพื้นฐานของวัตถุบนพื้นผิวโลก (spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (temporal)

4.2 ประเภทของระบบการสำรวจระยะไกล

ระบบการสำรวจระยะไกล สามารถจำแนกตามแหล่งกำเนิดพลังงาน ออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ตามจริณธร (2546) และ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2540) ดังแสดงใน ภาพที่ 8 รายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 8 ประเภทของการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลที่สัมพันธ์กับความยาวคลื่นทั้ง 3 ประเภท

ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2540)

4.2.1 Passive remote sensing เป็นระบบการรับรู้จากระยะไกล ที่ใช้ตั้งแต่เริ่มแรก จนถึงปัจจุบัน โดยมีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานตามธรรมชาติ ระบบนี้จึงรับสัญญาณและบันทึกข้อมูลได้ในช่วงเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ ด้วยการอาศัยการสะท้อนพลังงานของวัตถุบนพื้นโลกด้วยแสงอาทิตย์ ดังนั้น ระบบนี้จึงมีข้อจำกัดด้านสภาวะอากาศ ทำให้ไม่สามารถบันทึกข้อมูลได้ดีในช่วงฤดูฝนหรือในช่วงเวลาที่มีเมฆหมอกปกคลุมอย่างหนาแน่น อย่างไรก็ตาม ระบบนี้สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (thermal infrared) ซึ่งเป็นการแผ่พลังงานความร้อน (emission) จากวัตถุบนพื้นผิวโลกในเวลากลางคืนได้

4.2.2 Active remote sensing เป็นระบบการรับรู้จากระยะไกลที่มีแหล่งกำเนิดของพลังงานจากการสร้างขึ้นของอุปกรณ์สำรวจในช่วงคลื่นไมโครเวฟที่นำมาใช้ในระบบเรดาร์ (radio detector and ranging) โดยส่งผ่านพลังงานนั้นไปยังพื้นที่เป้าหมายและบันทึกสัญญาณการกระจายกลับ (backscatter) จากพื้นที่เป้าหมาย ระบบนี้สามารถทำงานได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสภาพภูมิอากาศ ทั้งยังสามารถส่งสัญญาณทะลุผ่านกลุ่มเมฆ หมอก ฝน ทำให้สามารถบันทึกสัญญาณได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืนในทุกฤดูกาล

4.3 คุณสมบัติของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ภาพถ่ายจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร เป็นภาพที่มีลักษณะพิเศษตามคุณสมบัติของดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลระยะไกล ซึ่งมีคุณสมบัติตาม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2540) จรัญธร (2546) และสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และ สมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย (2552) แบ่งได้ ดังนี้

4.3.1 การบันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง (synoptic view) ภาพจากดาวเทียมภาพหนึ่ง ๆ ครอบคลุมพื้นที่กว้าง ทำให้ได้ข้อมูลในลักษณะต่อเนื่องในระยะเวลาการบันทึกภาพสั้น ๆ สามารถศึกษาภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในบริเวณกว้างต่อเนื่องในเวลาเดียวกันทั้งภาพ เช่น ดาวเทียม Landsat-MSS และ TM หนึ่งภาพครอบคลุมพื้นที่ 175 x 184 ตารางกิโลเมตร หรือ 32,220 ตารางกิโลเมตร ภาพจากดาวเทียม SPOT ครอบคลุมพื้นที่ 3,600 ตารางกิโลเมตร หรือ ภาพจากดาวเทียม MOS-MESSR ครอบคลุมพื้นที่ 10,000 ตารางกิโลเมตร เป็นต้น

4.3.2 การบันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่น (multispectral) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีระบบกล้องที่บันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่นในบริเวณเดียวกัน ทั้งในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น และช่วงคลื่นนอกเหนือการมองเห็นของสายตามนุษย์ ทำให้สามารถแยกวัตถุต่าง ๆ บนพื้นโลกตามวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจงได้อย่างชัดเจน เช่น ระบบ MSS และ MESSR มี 4 ช่วงคลื่น ระบบ ETM+ มี 8 ช่วงคลื่น ระบบ HRG ภาพขาวดำและสี มี 1 และ 4 ช่วงคลื่นตามลำดับ

4.3.3 การบันทึกภาพในบริเวณเดิม (repetitive coverage) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรส่วนใหญ่มีวงโคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ โดยโคจรรอบโลกในแนวจากเหนือลงใต้ และกลับมายังบริเวณเดิมในเวลาท้องถิ่นอย่างสม่ำเสมอ ในช่วงเวลาที่แน่นอน เช่น ดาวเทียม Landsat

กลับมาบันทึกข้อมูลทีละบริเวณเดิมทุก 16 วัน ดาวเทียม MOS ทุก 17 วัน ดาวเทียม SPOT ทุก 26 วัน ทำให้ได้ข้อมูลบริเวณเดียวกันหลาย ๆ ช่วงเวลา สามารถเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ บนพื้นโลกได้เป็นอย่างดี และช่วยให้มีโอกาสได้ข้อมูลที่ไม่มีเมฆปกคลุม

4.3.4 การให้รายละเอียดหลายระดับ ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมให้รายละเอียดเชิงพื้นที่หลากหลายระดับ มีผลดีในการเลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ เช่น ภาพจากดาวเทียม SPOT-5 ช่วงคลื่น panchromatic (ภาพขาวดำ) มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 5 และ 2.50 เมตร สามารถนำไปศึกษาตัวเมือง เส้นทางคมนาคมระดับหมู่บ้าน หรือ ปรับปรุง แก้ไขแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ขณะเดียวกันภาพหลายช่วงคลื่น (multispectral) ที่มีรายละเอียด 10 เมตร สามารถศึกษาถึงการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เฉพาะจุดเล็ก ๆ ได้ หรือหาพื้นที่แหล่งน้ำขนาดเล็ก สำหรับภาพจากดาวเทียม Landsat -7 ระบบ ETM+ รายละเอียด 30 เมตร เหมาะสมในศึกษาสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินระดับจังหวัด

4.3.5 การให้ภาพสีผสม (color composite) ข้อมูลจากดาวเทียมแต่ละแบนด์ที่เป็นข้อมูลภาพขาวดำ (gray scale image) สามารถนำมาซ้อนทับกันได้ ครั้งละ 3 แบนด์ โดยแต่ละแบนด์แทนด้วยแม่สีแสงบวก (additive primary color) 3 สีหลัก คือ สีน้ำเงิน (blue) สีเขียว (green) และสีแดง (red) เมื่อนำมาซ้อนทับกันทำให้ได้ภาพสีผสมมีสีต่าง ๆ ปรากฏขึ้นตามทฤษฎีสี คือ การซ้อนทับของแม่สีลบแต่ละคู่จะให้แม่สีลบ (subtractive primary color) คือ สีเหลือง (yellow) สีบานเย็น (magenta) และสีฟ้า (cyan) ดังนี้

สีแดง (R) + สีเขียว (G)	=> สีเหลือง (yellow)
สีแดง (R) + สีน้ำเงิน (B)	=> สีบานเย็น (magenta)
สีน้ำเงิน (B) + สีเขียว (G)	=> สีฟ้า (cyan)
สีน้ำเงิน (B) + สีเขียว (G) + สีแดง (R)	=> สีขาว (white)
สีเหลือง (Y) + สีบานเย็น (M) + สีฟ้า (C)	=> สีดำ (black)

4.3.6 การเน้นคุณภาพของภาพ (image enhancement) ข้อมูลจากดาวเทียมต้นฉบับที่อยู่ในลักษณะข้อมูลเชิงเลข (digital data) สามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพให้มีความชัดเจนเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาจากค่าระดับสีเทาของกราฟแท่งแสดงการกระจายของข้อมูล หรือ Histogram ของ

ข้อมูลดาวเทียม โดยทั่วไปนิยมใช้ 2 วิธี คือ 1) การขยายพิสัย (range) ความเข้มระดับสีเทาให้กระจายจนเต็มเรียกว่า “linear contrast stretch” และ 2) non-linear contrast stretch โดยให้มีการกระจายของข้อมูลในแต่ละค่าความเข้มระดับสีเทา ให้มีจำนวนประชากรใกล้เคียงกัน ซึ่งเรียกเทคนิคนี้ว่า “histogram equalization stretch”

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยด้านแบบจำลอง SCS-CN กับงานด้านอุทกวิทยา

จงกล (2546) ได้ศึกษาแบบจำลองน้ำฝน น้ำท่าด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยทำการศึกษาถึงหลักการ และวิธีการที่ใช้ในการประเมินค่าปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดยอาศัยการจัดการข้อมูลและเทคนิควิธีการการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งได้วิเคราะห์รูปแบบการประเมินค่าปริมาณน้ำท่าจากค่า CN (curve number) และ TI (topographic index) จากการเปรียบเทียบแบบจำลองค่า CN และ TI เป็นค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการประเมินปริมาณน้ำท่าของแต่ละกริด ซึ่งทั้งค่า CN และ TI นี้แตกต่างกันตามลักษณะความลาดชันของพื้นที่ และขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ เมื่อค่า CN มากปริมาณน้ำท่าที่ได้จะมาก ในทางกลับกันเมื่อค่า CN น้อยปริมาณน้ำท่าที่ได้จะน้อย แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ ประกอบกันไปด้วย

ไมตรี (2532) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ SCS model หรือ NRCS model เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการไหลของปริมาณน้ำท่า เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนรายวัน การใช้พื้นที่ ชนิดของดิน และศักยภาพระยะเหวรายเดือน พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีแสดงสภาพการปกคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำ (CN) และความชันของพื้นที่ที่มีผลต่อการไหลสูงสุด ปริมาณน้ำท่า และเวลาเก็บกัก ตามลำดับ

Amutha and Porchelvan (2009) ได้ใช้แบบจำลอง SCS-CN ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินน้ำท่าในลุ่มน้ำ Malattar ประเทศอินเดีย โดยคำนวณจากข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนในช่วงปี 1971 – 2007 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลสมบัติทางอุทกวิทยาของดินร่วมกัน ทำให้ได้ผลการศึกษาว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ Malattar มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 517.44 มิลลิเมตรต่อปี และมีปริมาณ

น้ำท่าเฉลี่ย 47.04 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการวางแผนจัดการลุ่มน้ำได้

Kittisiriwattanakul (2002) ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลอง SCS Runoff Curve Number เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า พร้อมทั้งศึกษาและประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการพัฒนาข้อมูลคุณลักษณะและข้อมูลเชิงพื้นที่ของกลุ่มน้ำ และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา โดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับแบบจำลอง HEC-4 กับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีตรวจวัด สำหรับปริมาณน้ำท่าประกอบด้วย direct runoff และ baseflow โดย direct runoff คำนวณจากแบบจำลอง SCS runoff curve number ในขณะที่ baseflow คำนวณจากแบบจำลองสมการเชิงเส้นถดถอย ที่สร้างจากความสัมพันธ์ระหว่าง baseflow และปริมาณน้ำฝนรายเดือน สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้รวบรวมและวิเคราะห์ผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำท่าในช่วงเดือน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน และตุลาคม มีค่า 71.02, 84.79, 124.75 และ 58.90 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

Nayak and jaiswal (2003) ได้ศึกษาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจระยะไกลในลุ่มน้ำ Bebas เมือง Sagar ประเทศอินเดีย โดยข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปการปกคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำ (CN) และลักษณะดินเหมือนข้อมูล input ของแบบจำลอง SCS เมื่อนำข้อมูลน้ำท่ารายเดือนที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการประเมิน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.92 - 0.94

Xianzhao and Jiazhu (2008) ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SCS เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าจากลุ่มน้ำขนาดเล็กบริเวณที่ราบสูง Loess ในประเทศจีน ซึ่งข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วย ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการจำแนกกลุ่มดินจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ข้อมูลความลาดชัน และข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา จากการศึกษา พบว่า กราฟน้ำท่าที่ได้จากปริมาณน้ำท่าที่คำนวณโดยใช้แบบจำลอง SCS และกราฟน้ำท่าที่ได้จากปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดมีรูปร่างที่เหมือนกัน และแบบจำลองมีความถูกต้องมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้แบบจำลอง SCS ร่วมกับการสำรวจระยะไกล และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำขนาดเล็กได้

5.2 งานวิจัยด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับงานด้านอุทกวิทยา

เชาวน์ และ สุชาดา (2548) ได้ศึกษาวิจัยถึงการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดเขตพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในลุ่มน้ำตาปีตอนล่าง จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+ และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กำหนดบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงน้ำท่วมในลุ่มน้ำตาปีตอนล่าง โดยวิธีถ่วงน้ำหนัก และการให้คะแนนตามลำดับความสำคัญของปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดน้ำท่วม ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ความลาดชันของทางน้ำสายหลัก ความหนาแน่นของทางน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื้อดิน ความลึกของดิน และเส้นทางคมนาคม

สงวน (2550) ได้ศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมของลุ่มน้ำชีโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งในการวิเคราะห์ขอบเขตน้ำท่วม ได้ใช้ข้อมูลความสูงจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ค่าระดับจาก GPS ข้อมูลหน้าตัดแม่น้ำ และข้อมูลกราฟค่าระดับท้องน้ำและตลิ่งของแม่น้ำชีและแม่น้ำป่าว เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลขของแม่น้ำ และที่ราบน้ำท่วมถึง และทำการเปรียบเทียบความถูกต้องของขอบเขตน้ำท่วมที่ได้จากแบบจำลองชลศาสตร์กับภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT โดยใช้ข้อมูลน้ำท่าที่สถานีวัด และภาพถ่ายดาวเทียมในวันเดียวกัน การวิเคราะห์มี 4 ขั้นตอน มีรายละเอียด ดังนี้

- 1) นำเข้าข้อมูลจุดความสูง เส้นชั้นความสูง แหล่งน้ำ ถนน แนวเส้นกลางแม่น้ำและเส้นขอบฝั่งแม่น้ำ สำหรับประมวลผลแบบจำลองความสูงภูมิประเทศแบบ TIN แล้วทำการแปลงเป็น DEM
- 2) วิเคราะห์ค่าระดับน้ำท่วมของสถานีวัดน้ำท่าที่คาบความถี่ 10, 25 และ 50 ปี
- 3) สร้างชั้นข้อมูลพื้นผิวแบบกริด จากข้อมูลค่าระดับน้ำจากสถานีวัดน้ำท่า ณ วันที่เดียวกับภาพถ่ายเรดาร์ และที่ระดับน้ำที่คาบความถี่แบ่งเป็นลุ่มน้ำย่อย
- 4) วิเคราะห์ซ้อนทับ (overlay analysis) ชั้นข้อมูลเรดาร์ ระหว่างชั้นข้อมูลระดับน้ำแบบกริด กับ DEM เพื่อหาความลึกการท่วมและขอบเขตการท่วม

Bastawesy et al. (2008) ได้ศึกษาประเมินการสูญเสียจากทะเลสาบ Tushka ประเทศอียิปต์ โดยใช้เทคนิคทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกลร่วมกัน โดยศึกษาลักษณะอุทกวิทยาของทะเลสาบ ในช่วงปี ค.ศ. 2002-2006 ซึ่งได้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ASTER และ SPOT- 4 ในการกำหนดพื้นผิวของทะเลสาบ และใช้ชั้นข้อมูลเส้นชั้นความสูง ระบบ

การระบายน้ำ และจุดระดับความสูงที่ได้จากการดิจิทัลไสต์จากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:100,000 สร้าง DEM ขนาด 20 เมตร เพื่อจำลองสภาพภูมิประเทศของท้องทะเลสาบ และพื้นที่โดยรอบ จากการศึกษา พบว่า น้ำในทะเลสาบมีปริมาตรลดลงจาก 25.26 ล้านลูกบาศก์เมตร เหลือ 12.67 ล้านลูกบาศก์เมตร และระดับน้ำที่ผิวหน้าทะเลสาบมีระดับลดลงต่ำกว่า 10 เมตร ในช่วง 4 ปี

Mustafa *et al.* (2005) ได้ศึกษาประเมินผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อระบบอุทกวิทยาในลุ่มน้ำ ประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจระยะไกล ร่วมกับแบบจำลอง HEC-HMS โดยศึกษาผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดิน กับรูปแบบการไหลของน้ำ และได้สรุปว่าการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจระยะไกล มีผลดีต่อการศึกษาในพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งข้อมูลจากแบบจำลองสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจวางแผนด้านการจัดการน้ำได้

Sawunyama *et al.* (2006) ประเมินค่าความจุอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจำนวน 12 แห่ง ในลุ่มน้ำ Limpopo ซึ่งได้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LandsAT-5 แบนด์ 5 4 2 RGB เพื่อใช้สำหรับการค้นหาตำแหน่งและสภาพพื้นผิว และขนาดของอ่างเก็บน้ำ และเก็บข้อมูลความลึกของอ่างเก็บน้ำเพื่อนำมาสร้างเส้นชั้นความสูง โดยใช้โปรแกรม ArcView 3.2 และ extension spatial analyst plus, surface areas and ratios from elevation grid เพื่อสร้างแบบจำลองพื้นผิวแบบ TIN โดยใช้วิธีการแทรกค่าข้อมูลแบบ spline สำหรับใช้ในการคำนวณพื้นที่ ความจุ และความลึกของอ่างเก็บน้ำ แล้วจึงนำข้อมูลที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับสหสัมพันธ์ของข้อมูล

5.3 งานวิจัยด้านการสำรวจระยะไกลกับงานด้านอุทกวิทยา

เจน (2550) ได้ศึกษาการประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียมสำหรับบริเวณลุ่มน้ำคลองอุตตะเกาในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เปรียบเทียบกับปริมาณฝนภาคพื้นดิน โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม GMS-5 ของประเทศญี่ปุ่น เป็นข้อมูลรายชั่วโมง ประกอบด้วยข้อมูล CAL, IR1, IR2, IR3 และ VIS ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2544 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดฝนเนื่องจากอิทธิพลของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เมื่อรวบรวมข้อมูลทั้งหมดแล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้หลักสถิติความถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย (simple linear regression) และกำหนดข้อสมมติฐาน และเทคนิควิธีการของการหาความสัมพันธ์ โดยการประยุกต์

มาจากเทคนิคการประมาณปริมาณน้ำฝนด้วยดาวเทียมแทมแซท (tropical application of meteorological satellite; TAMSAT)

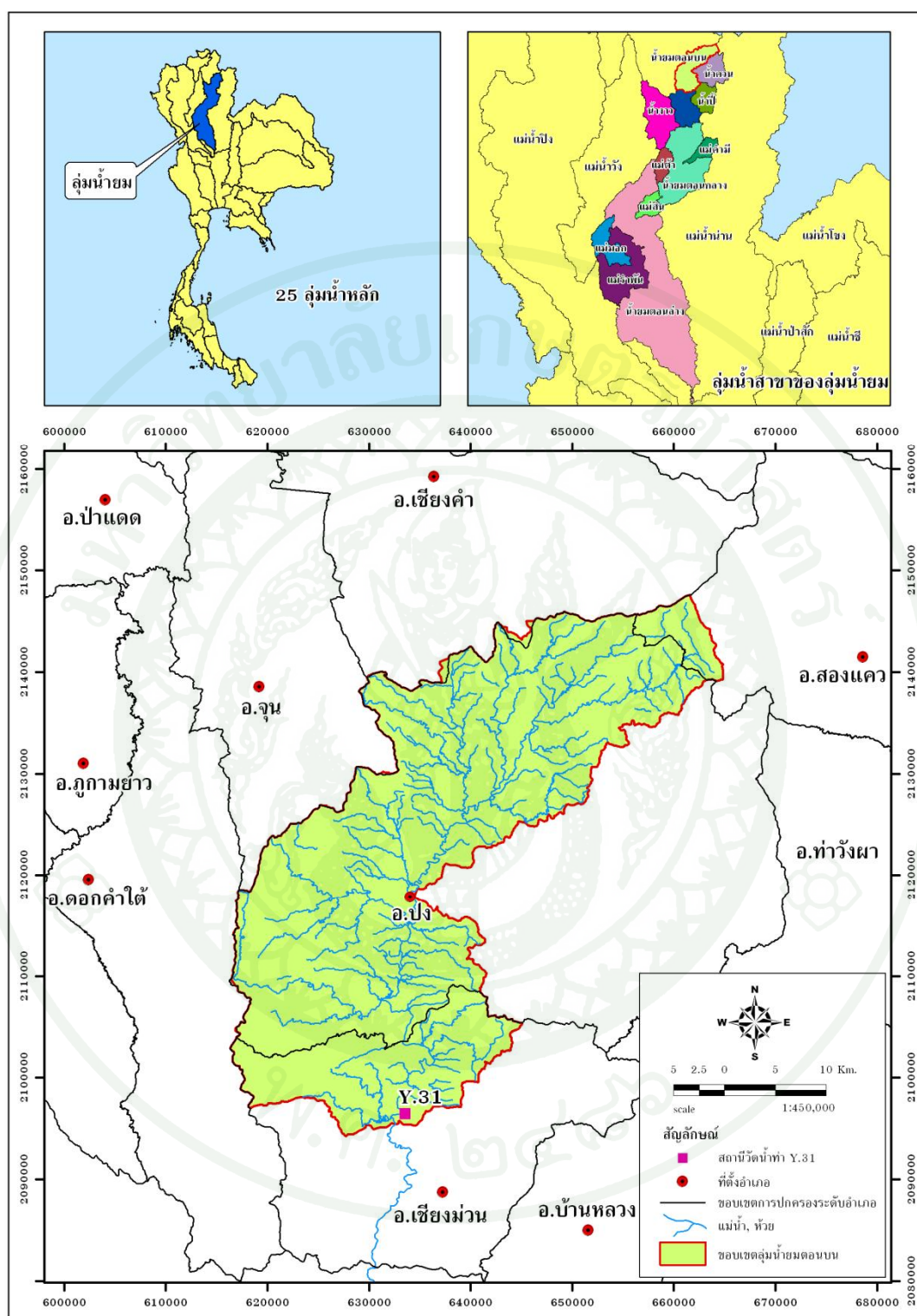
Singh et al. (2005) ได้ศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพของน้ำสำหรับการส่งน้ำให้แก่พืชใน Sirsa ประเทศอินเดีย โดยนำแบบจำลอง SWAP และเทคนิคการสำรวจระยะไกล มาใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพของน้ำ สำหรับการเพาะปลูกข้าวสาลี ข้าว และฝ้าย จากผลการศึกษาได้สรุปผล ศักยภาพของน้ำในรูปของผลผลิตต่อปริมาณการคายระเหย โดยศักยภาพของน้ำสำหรับข้าวสาลี เฉลี่ยเท่ากับ 1.39 ศักยภาพของน้ำสำหรับข้าว เฉลี่ยเท่ากับ 0.94 และ ศักยภาพของน้ำสำหรับฝ้าย เฉลี่ยเท่ากับ 0.21

ShengTian et al. (2006) ได้ศึกษาการประเมินพื้นที่ภัยแล้งในบริเวณลุ่มน้ำแยงซีเกียง ลุ่มน้ำเหลือง ประเทศจีน ด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ตาม ทฤษฎีอุทกนิคมวิทยา และวิเคราะห์หาค่าดัชนี NDVI จากข้อมูลพื้นฐาน AVHRR ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1881 - 1999 โดยได้แบ่งระดับความแห้งแล้งเป็น 4 ระดับ จากการศึกษาพบว่าร้อยละ 15 ทางด้าน ตะวันตกของพื้นที่ มีระดับภัยแล้งที่มาก ร้อยละ 23 ทางตอนกลางมีระดับการเกิดภัยแล้งปานกลาง ร้อยละ 48 ทางด้านตะวันออกมีระดับภัยแล้งน้อย และร้อยละ 14 ทางตอนบนของพื้นที่มีระดับการ เกิดภัยแล้งน้อยที่สุด

สถานที่ศึกษา

1. ที่ตั้งและอาณาเขต

การศึกษาในครั้งนี้ ได้เลือกศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน ตั้งแต่เหนือสถานีวัดปริมาณน้ำท่า Y.31 บ้านทุ่งหนอง ตำบลสระ อำเภอยะม่วน จังหวัดพะเยา ขึ้นไป โดยมีขอบเขตระหว่างพิกัด 2093730 mN ถึง 2147990 mN และ 616000 mE ถึง 665050 mE ซึ่งลุ่มน้ำยมตอนบนเป็นลุ่มน้ำ สาขาหนึ่งของลุ่มน้ำยม มีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาผีปันน้ำ ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝน 1,155 ตาราง กิโลเมตร ในพื้นที่อำเภอปง อำเภอยะม่วน จังหวัดพะเยา และอำเภอสองแคว จังหวัดน่าน ดัง แสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 พื้นที่ศึกษาบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2552)

2. สภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน เป็นเทือกเขายาวจากเหนือมาใต้ และมีที่ราบในหุบเขาแคบ ๆ ริมแม่น้ำเป็นบางตอนก่อนไหลเข้าสู่เขตจังหวัดแพร่ โดยมีระดับความสูงที่ 180 - 1,760 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีลำน้ำสาขาที่สำคัญ เช่น น้ำจิม น้ำเงิน น้ำม่ว น้ำควน น้ำแม่ปิ้ง น้ำแม่ผาง ห้วยผาลาด เป็นต้น

3. ลักษณะภูมิอากาศ

จากข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดพะเยา จังหวัดแพร่ และจังหวัดน่าน ของกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปี 2522 - 2552 สามารถสรุปลักษณะภูมิอากาศบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนได้ว่า มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 26.9 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,118.5 มิลลิเมตร ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73.2 ปริมาณการระเหยน้ำจากผิวดินเฉลี่ยรายปี 1,616.9 มิลลิเมตร ความเร็วลมเฉลี่ย 1.5 นีโอด

4. ทรัพยากรดิน

ทรัพยากรดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงชัน (หน่วยดินที่ 61 และ 62) มีพื้นที่ถึงร้อยละ 62.03 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ที่เหลือเป็นดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนลุ่มน้ำในบริเวณที่ราบลุ่มริมแม่น้ำยม และแม่น้ำสาขา มีพื้นที่ร้อยละ 2.73 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนลำน้ำ และเกิดจากการสลายของวัตถุต้นกำเนิดดินที่เกิดอยู่กับที่หรือจากที่สูงกว่าในบริเวณที่ดอน ที่มีการระบายน้ำดี มีพื้นที่ร้อยละ 30.43 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และเป็นพื้นที่อื่น ๆ อีกร้อยละ 4.81 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (กรมทรัพยากรน้ำ, 2548)

5. การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำยมตอนบน ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ ประเภทป่าเบญจพรรณ ซึ่งพบบริเวณพื้นที่ที่เป็นภูเขาที่มีความลาดชันสูง ๆ ส่วนบริเวณที่ราบใกล้ลำน้ำมักเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เช่น ข้าวโพด นาข้าว และไม้ผล ประเภท ลำไย ลิ้นจี่ เป็นต้น

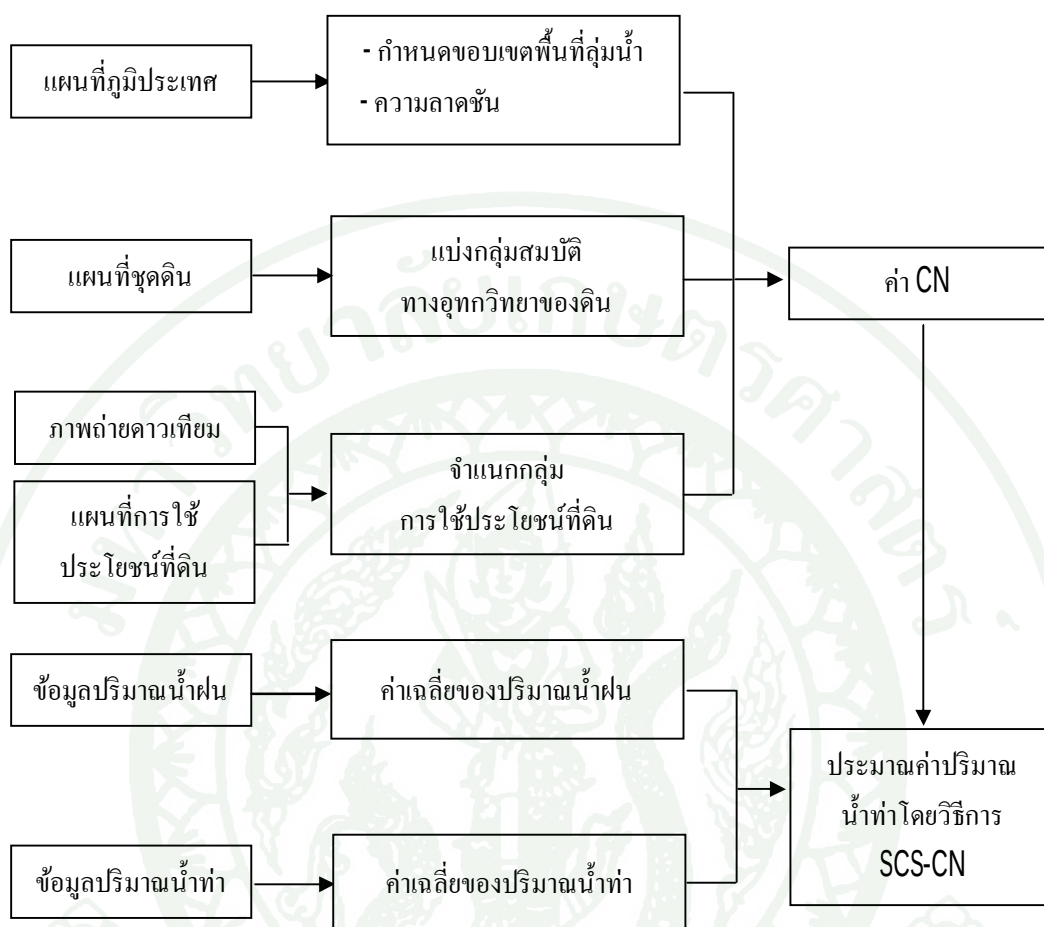
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 ระวัง 5046 I, 5046 IV, 5047 I, 5047 II, 5047 III, 5047 IV และ 5147 IV
2. แผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน
3. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2552 มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน
4. แผนที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ มาตราส่วน 1:50,000 ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
5. ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5-TM path 130 row 46 บันทึกภาพเมื่อวันที่ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2552
6. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ปี พ.ศ. 2541 – 2551 จำนวน 6 สถานี ได้แก่ สถานีที่ว่าการอำเภอปง จังหวัดพะเยา (310002) ที่ว่าการอำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา (310003) ที่ว่าการอำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา (310004) ที่ว่าการอำเภอจุน จังหวัดพะเยา (310005) ที่ว่าการอำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา (310007) และ สถานีที่ว่าการอำเภอสองแคว จังหวัดน่าน (331009)
7. ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน ปี พ.ศ. 2541 – 2551 จากสถานีวัดปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำยมที่บ้านทุ่งหนอง ตำบลสระ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ (Y.31)
8. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และอุปกรณ์การพิมพ์
9. โปรแกรมจัดการข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS 9.2
10. โปรแกรมประมวลผลข้อมูลดาวเทียม ERDAS IMAGINE 8.7

วิธีการ

การประยุกต์ใช้ข้อมูลและเทคนิคทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่า รวมทั้งเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SCS-CN กับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด ในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน ดำเนินการโดยการรวบรวมข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ชุดดิน และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางภูมิกายภาพ และสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่ เพื่อกำหนดค่า curve number (CN) และใช้ร่วมกับปริมาณน้ำฝน เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน ซึ่งมีวิธีการดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

1. การรวบรวมข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาและภูมิสารสนเทศ

1.1 รวบรวมแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 ราวาง 5046 I, 5046 IV, 5047 I, 5047 II, 5047 III, 5047 IV และ 5147 IV ซึ่งครอบคลุมบริเวณลุ่มน้ำยมตอนบน

1.2 รวบรวมข้อมูลเส้นชั้นความสูง (contour line) จุดระดับสูง (spot height) เส้นลำน้ำ (stream) จากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 ราวาง

5046 I, 5046 IV, 5047 I, 5047 II, 5047 III, 5047 IV และ 5147 IV ซึ่งเป็นแผนที่เชิงตัวเลข (digital map) ในรูปแบบข้อมูลแบบเวกเตอร์ (vector format)

1.3 รวบรวมข้อมูลชุดดิน จากแผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1: 50,000 ที่จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งเป็นแผนที่เชิงตัวเลข (digital map) ในรูปแบบข้อมูลแบบเวกเตอร์ (vector format)

1.4 รวบรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2552 มาตราส่วน 1:50,000 ที่จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งเป็นแผนที่เชิงตัวเลข (digital map) ในรูปแบบข้อมูลแบบเวกเตอร์ (vector format)

1.5 รวบรวมข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 5-TM path 130 row 46 บันทึกภาพเมื่อวันที่ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2552 โดยได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

1.6 รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน จากกรมอุตุนิยมวิทยา ในช่วงปี พ.ศ. 2541 - 2551 จำนวน 6 สถานี ได้แก่ สถานีที่ว่าการอำเภอปง จังหวัดพะเยา (310002) ที่ว่าการอำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา (310003) ที่ว่าการอำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา (310004) ที่ว่าการอำเภอจุน จังหวัดพะเยา (310005) ที่ว่าการอำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา (310007) และสถานีที่ว่าการอำเภอสองแคว จังหวัดน่าน (331009) ดังแสดงในตารางที่ 2

1.7 รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน จากกรมชลประทาน ในช่วงปี พ.ศ. 2541 - 2551 จากสถานีวัดปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำยมที่บ้านทุ่งหนอง ตำบลสระ อำเภอมะนัง จังหวัดพะเยา (Y.31) ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 8

ตารางที่ 2 รายชื่อสถานีวิัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา

ชื่อสถานี	รหัส สถานี	ตำแหน่ง		ช่วงปีสถิติ ข้อมูล
		ละติจูด	ลองจิจูด	
1. ที่ว่าการอำเภอปง จังหวัดพะเยา	310002	19-08-32	100-16-41	2538 – 2552
2. ที่ว่าการอำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา	310003	19-31-20	100-18-11	2538 – 2552
3. ที่ว่าการอำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา	310004	19-09-40	99-59-46	2538 - 2552
4. ที่ว่าการอำเภอจุน จังหวัดพะเยา	310005	19-20-08	100-08-20	2538 – 2552
5. ที่ว่าการอำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา	310007	18-53-09	100-18-25	2538 - 2552
6. ที่ว่าการอำเภอสองแคว จังหวัดน่าน	331009	19-21-32	100-42-22	2538 – 2552

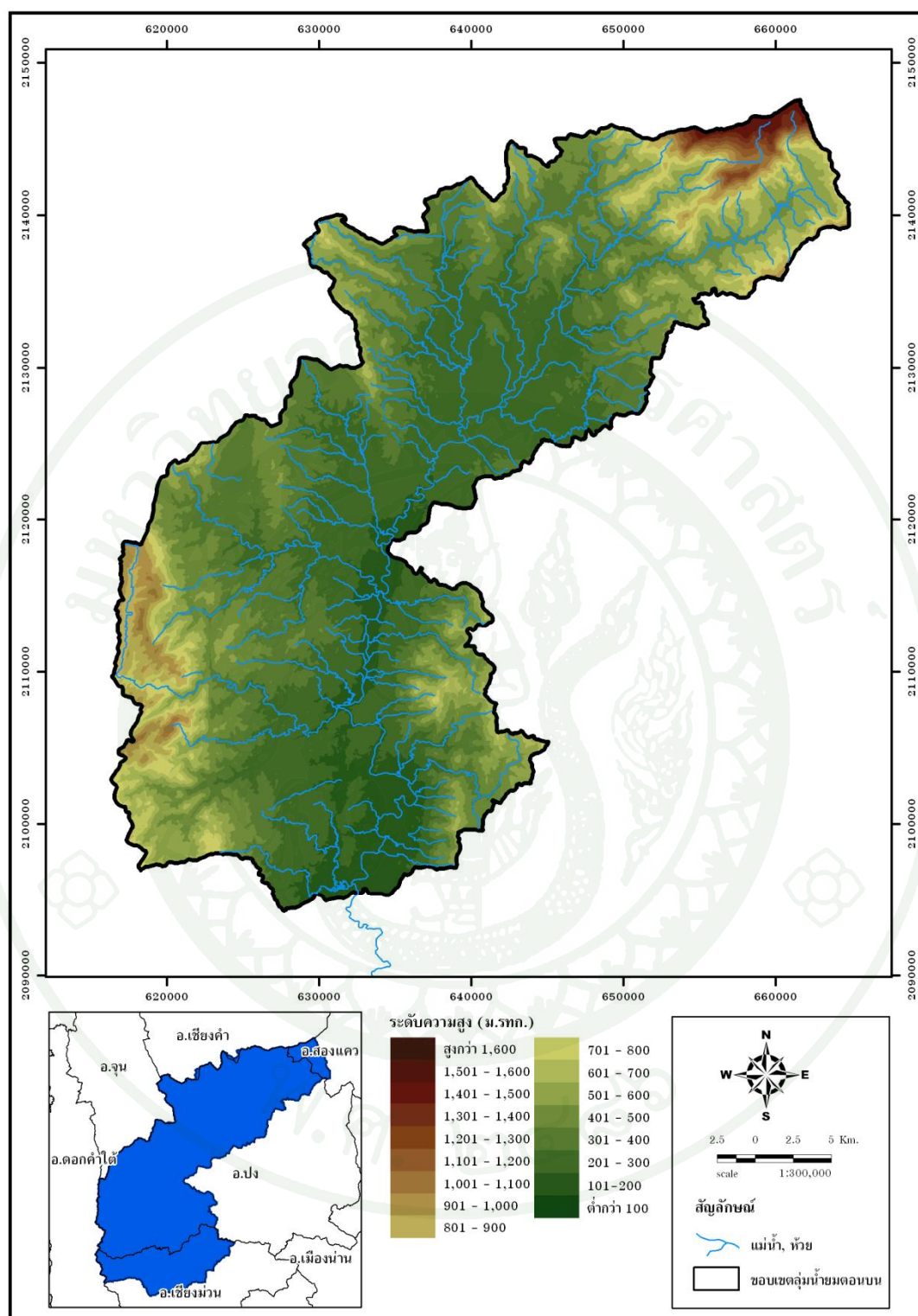
ที่มา: สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา (2552ก)

2. การจัดเตรียมข้อมูลปัจจัยอุทกวิทยาและภูมิสารสนเทศ

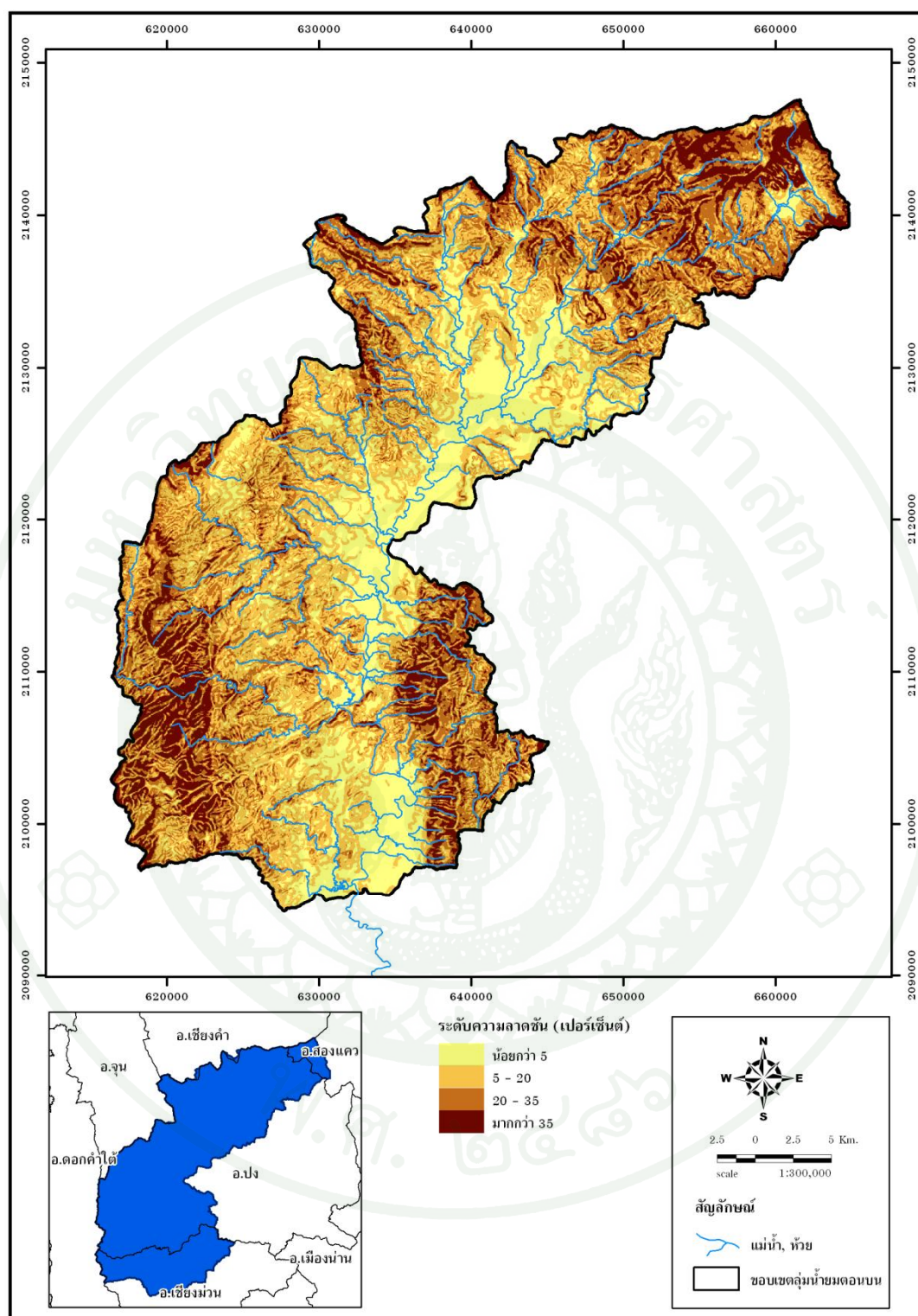
การรวบรวมฐานข้อมูลทั้งหมดได้จัดทำให้อยู่ในรูปของฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทั้งที่เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และฐานข้อมูลเชิงบรรยาย (attribute data) รายละเอียด ดังนี้

2.1 ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยการใช้ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 ระวัง 5046 I, 5046 IV, 5047 I, 5047 II, 5047 III, 5047 IV และ 5147 IV ซึ่งครอบคลุมบริเวณลุ่มน้ำยมตอนบน เพื่อหาขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed area) ความลาดชันเฉลี่ยของลุ่มน้ำ (slope) และการไหลสะสมของน้ำ (flow accumulation) ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 11 ถึงภาพที่ 13

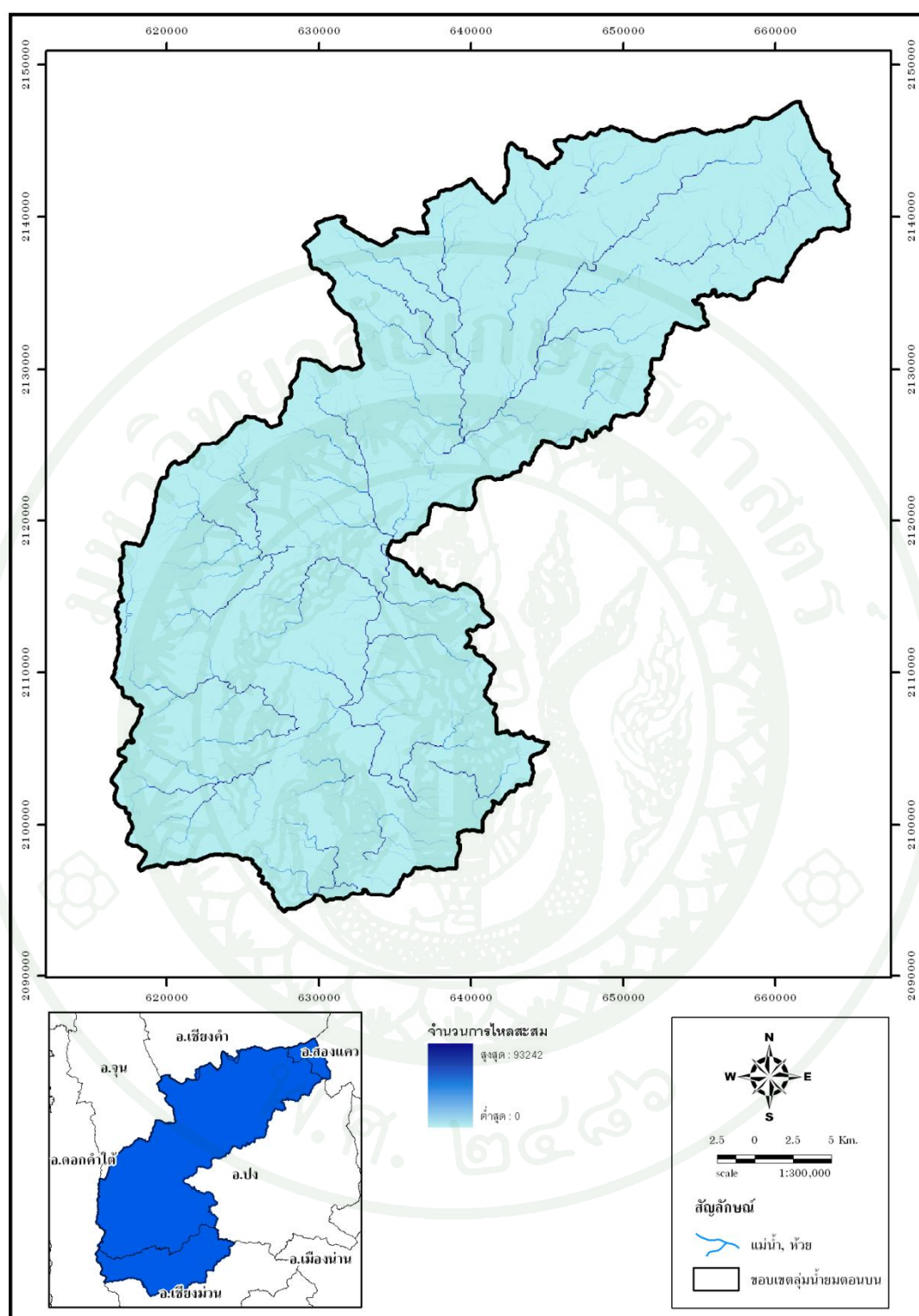
2.2 ลักษณะของดิน โดยการนำข้อมูลวิทยภูมิจากกรมพัฒนาที่ดินมากำหนดข้อมูลเชิงบรรยาย (attribute data) ตามสมบัติทางอุทกวิทยาของดิน (hydrologic soil group) ของแบบจำลอง SCS ซึ่งแบ่งกลุ่มดินออกเป็น 4 กลุ่ม ตามลักษณะเนื้อดิน อัตราการซึมน้ำ เป็นตัวกำหนด จากนั้นทำการจัดกลุ่มใหม่ (reclass) ด้วยคำสั่ง reclassification ของโปรแกรม ArcGIS ข้อมูลที่จัดกลุ่มใหม่จะอยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ (vector format) โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 14 รายละเอียดดังนี้



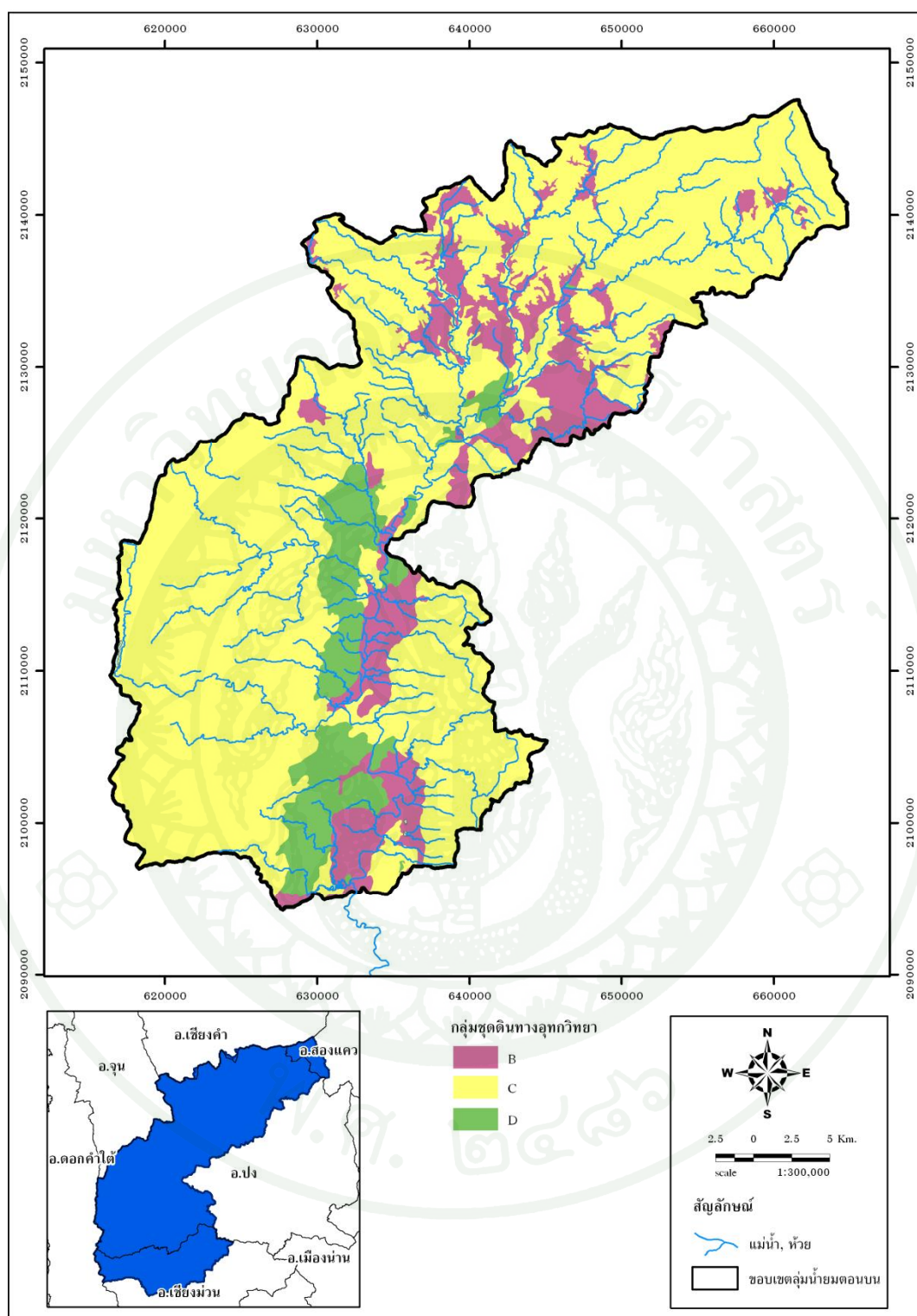
ภาพที่ 11 ลักษณะภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน



ภาพที่ 12 ระดับความลาดชันบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน



ภาพที่ 13 การไหลสะสมของน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน



ภาพที่ 14 กลุ่มชุดดินตามสมบัติทางอุทกวิทยาของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำมตอนบน

กลุ่ม A เป็นกลุ่มดินที่มีอัตราการซึมน้ำลงดินสูง มีความสามารถในการระบายน้ำได้ดี เช่น กรวด ทรายเม็ดป่น

กลุ่ม B เป็นกลุ่มดินที่มีอัตราการซึมน้ำลงดินปานกลาง มีการระบายน้ำดีปานกลาง เช่น ดินร่วนปนทราย

กลุ่ม C เป็นกลุ่มดินที่มีอัตราการซึมน้ำได้ค่อนข้างต่ำ เช่น ดินร่วนปนดินเหนียว

กลุ่ม D เป็นกลุ่มดินที่มีอัตราการซึมน้ำของดินต่ำมาก ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว

2.3 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินได้จากการแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5-TM path 130 row 46 บันทึกภาพเมื่อวันที่ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2552 และนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2552 จากสำนักนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ซึ่งมีวิธีการดังนี้

2.3.1 ปรับแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต (geometric correction) นำภาพถ่ายดาวเทียมมาปรับแก้เชิงเรขาคณิต โดยการหาจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control point) ด้วยวิธี image to image โดยใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร ที่ได้ปรับแก้เชิงเรขาคณิตให้อยู่ในระบบ Universal Transverse Mercator (UTM) โซน 47 Spheroid Everest และ datum WGS 1984 เป็นภาพอ้างอิง (reference image) ใช้สมการการแปลงที่อยู่ในรูปของสมการแบบพหุนาม (polynomial) ระดับ 2 จำนวนและการกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดินอย่างน้อย 6 จุด ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (root mean square error; RMSE) ที่ไม่เกินครึ่งจุดภาพ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากภาพต้นฉบับมากนัก (กาญจน์เขจร, 2546) และทำการหาค่าใหม่แก่จุดภาพ (resampling) โดยการพิจารณารับค่าข้างเคียง (nearest neighbor resampling) ซึ่งเป็นการใช้ค่าของจุดภาพเดิมที่มีตำแหน่งจุดกึ่งกลางอยู่ใกล้เคียงตำแหน่งของจุดภาพใหม่มากที่สุด วิธีการนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดเพราะข้อมูลภาพใหม่ยังคงค่าความสว่าง (brightness values) เดิมเอาไว้ ทำให้ข้อมูลภาพมีสีใกล้เคียงภาพเดิม เพียงแต่ได้รับการลงตำแหน่งเพิ่มให้มีความถูกต้องทางด้านเรขาคณิตเท่านั้น

2.3.2 การแปลตีความ และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image interpretation and analysis) ด้วยการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ (image processing) ซึ่งจำแนกการใช้ประโยชน์

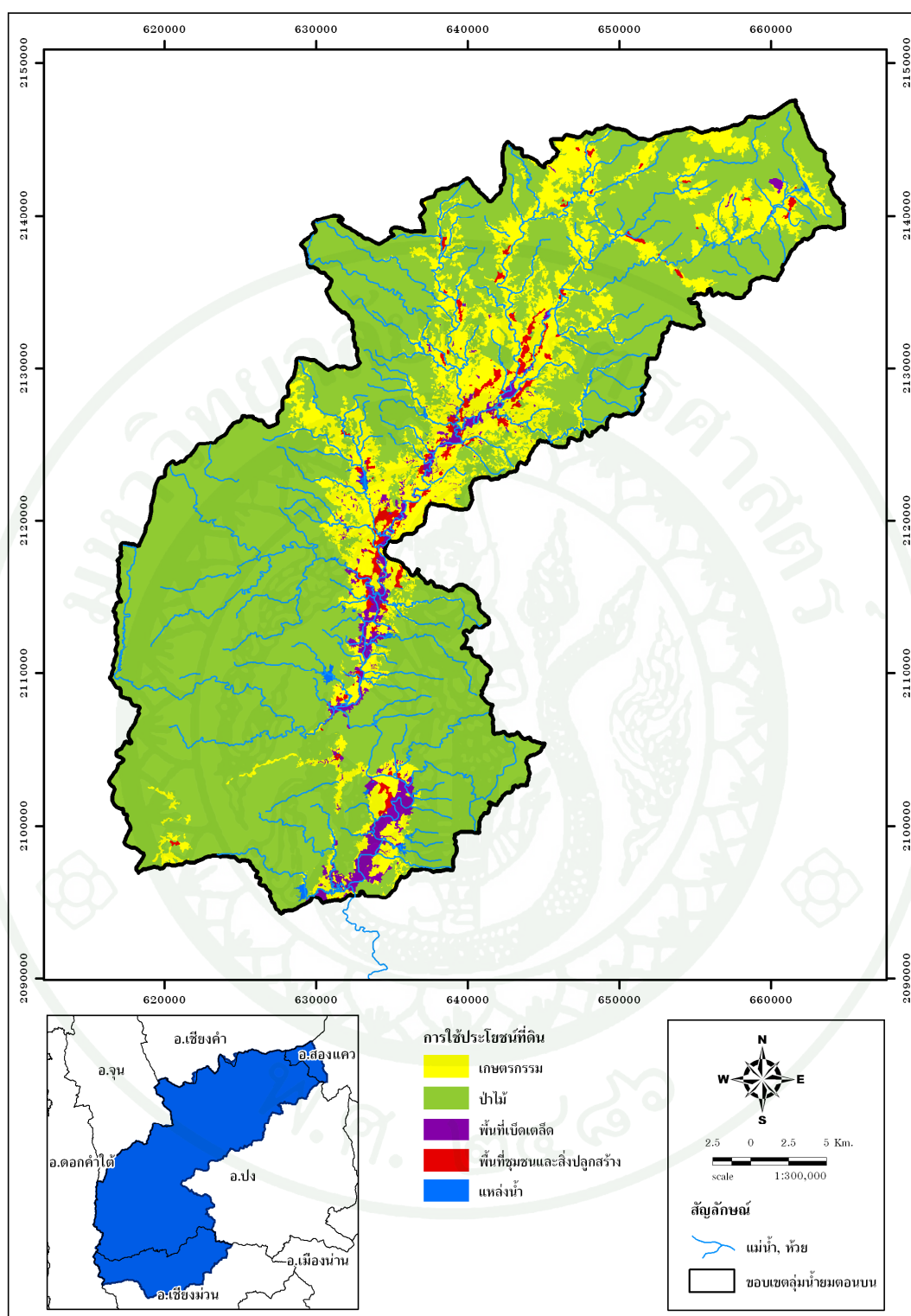
ที่ดินออกเป็น พื้นที่เกษตรกรรม ป่าไม้ แหล่งน้ำ ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ด้วยวิธีการแบบกำกับดูแลในกระบวนการจัดกลุ่ม (supervised classification)

2.3.3 การจัดทำชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้มีการตรวจสอบความถูกต้องแล้วจัดทำชั้นข้อมูลเชิงบรรยาย (attribute data) ซึ่งจำแนกออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม ป่าไม้ แหล่งน้ำ ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ข้อมูลที่จัดกลุ่มใหม่จะอยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ (vector format) ดังแสดงในภาพที่ 15

2.4 การวิเคราะห์ค่า curve number (CN) ได้จากการนำข้อมูลชุดดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จัดแบ่งกลุ่มตามวิธีการ SCS มาหาพื้นที่ซ้อนทับแบบ intersect ด้วยคำสั่ง intersect ของโปรแกรม ArcGIS แล้วกำหนดค่า CN ที่เหมาะสม แล้วจึงนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย CN ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังสมการที่ (14) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3 ถึงตารางที่ 4 และภาพที่ 16

$$CN = \frac{A_1CN_1 + A_2CN_2 + \dots + A_nCN_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (14)$$

โดยที่ CN = ค่า CN เฉลี่ยของลุ่มน้ำ
 $A_1 \dots A_n$ = พื้นที่ลุ่มน้ำของการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกลุ่มดิน
 $CN_1 \dots CN_n$ = ค่า CN ของการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกลุ่มดิน



ภาพที่ 15 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำมตอนบน

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2552)

ตารางที่ 3 การจัดช่วงค่า curve number (CN) ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

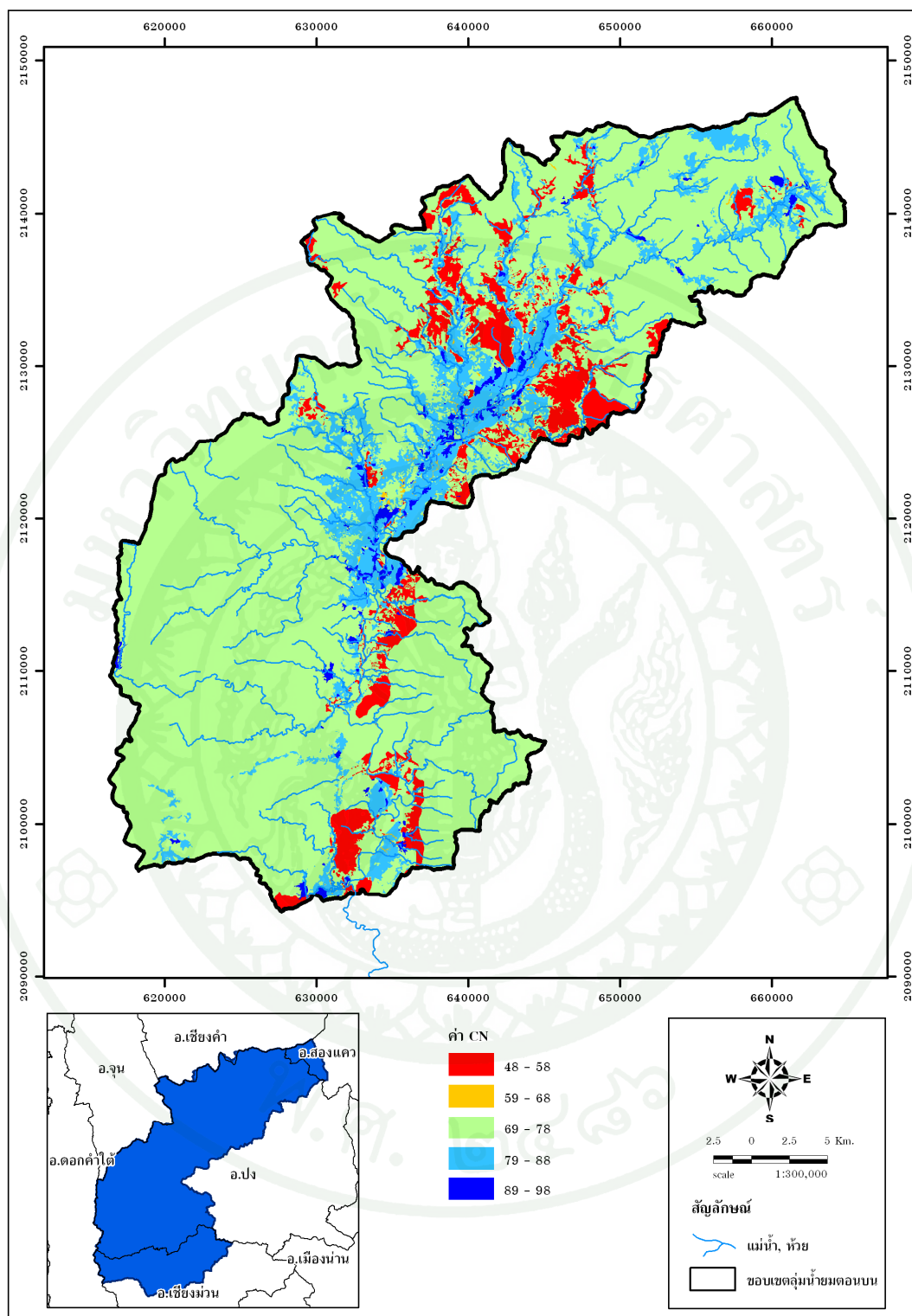
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กลุ่มชุดดินทางอุทกวิทยา		
	B	C	D
เกษตรกรรม (A)	58-78	71-85	79-87
ป่าไม้ (F)	55	76	77
ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	85	90	92
พื้นที่เปิดเตล็ด (M)	48-86	65-91	73-89
แหล่งน้ำ (W)	98	98	98

ที่มา: คัดแปลงจาก นวัตกรรม (2539)

ตารางที่ 4 การจำแนกค่า curve number (CN) ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ชนิดดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	CN
เกษตรกรรม (A)	B	63.767	78
	C	126.979	85
	D	29.268	87
ป่าไม้ (F)	B	72.362	55
	C	755.136	76
	D	62.288	77
ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	B	5.882	85
	C	7.265	90
	D	2.525	92
พื้นที่เปิดเตล็ด (M)	B	16.566	86
	C	7.749	91
	D	5.018	89
แหล่งน้ำ (W)	A,B,C,D	0.420	98

ที่มา: คัดแปลงจาก นวัตกรรม (2539)

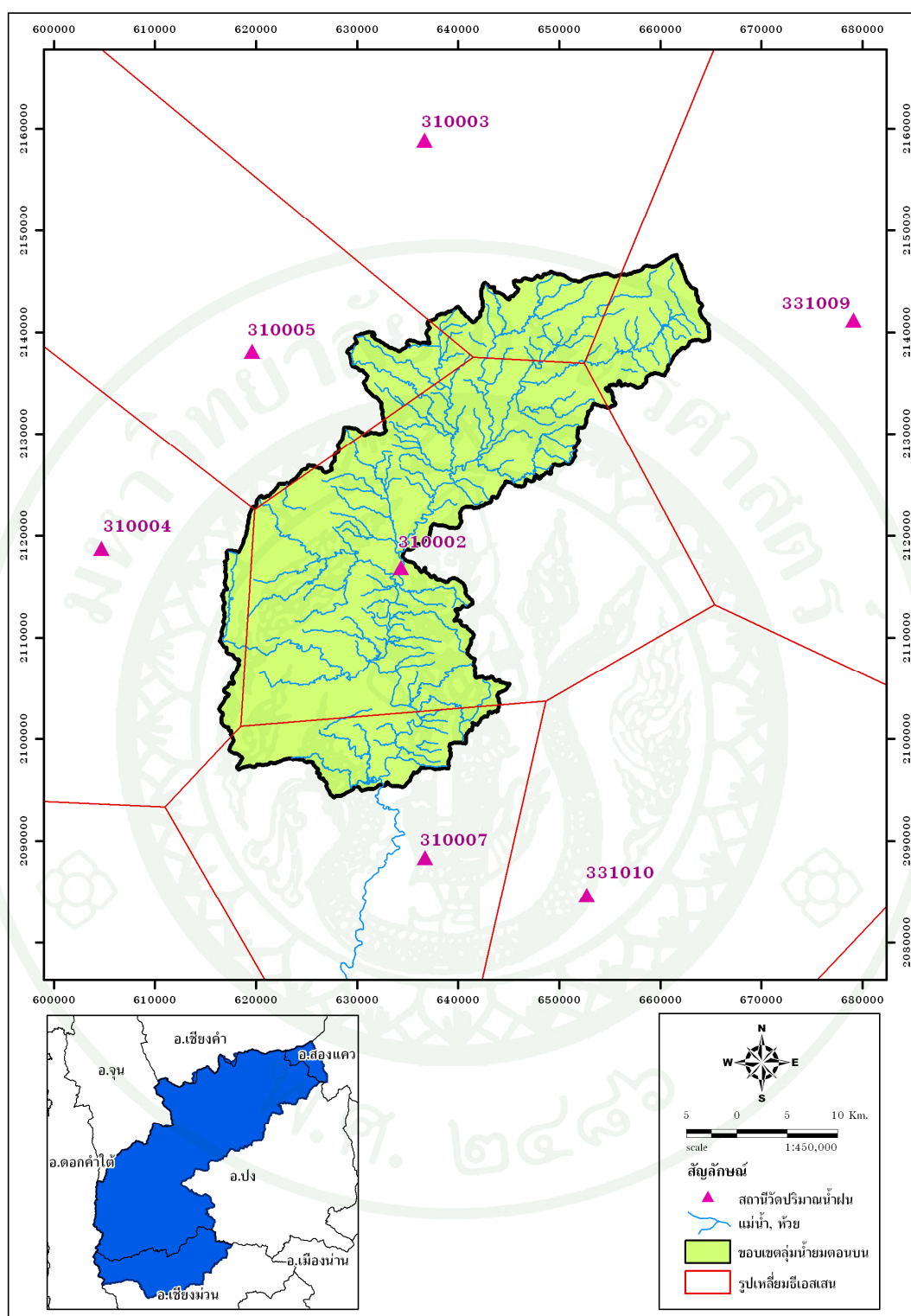


ภาพที่ 16 ค่า curve number (CN) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

2.5 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดยการสร้างชั้นข้อมูล และกำหนดข้อมูลคุณลักษณะ (attribute data) จากการนำข้อมูลสถิติปริมาณน้ำฝนรายวันในรอบ 15 ปี ของสถานีวัดปริมาณน้ำฝนที่อยู่ในพื้นที่และใกล้เคียงจำนวน 6 สถานี มาเฉลี่ยตามน้ำหนักพื้นที่ โดยวิธีไฮเซน (Thiessen method) ด้วยคำสั่ง Create Thiessen Polygons ของโปรแกรม ArcGIS แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายเดือน ดังสมการที่ (15) ดังแสดงในภาพที่ 17

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (15)$$

โดยที่ P = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย
 $P_1 \dots P_n$ = ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนที่ 1, ..., n
 $A_1 \dots A_n$ = พื้นที่รูปหลายเหลี่ยมของสถานีวัดน้ำฝนที่ 1, ..., n



ภาพที่ 17 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำฝนและการแบ่งรูปเหลี่ยมธีเอสเซนโพสิทคอน (Thiessen polygon)

3. การประมาณค่าปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SCS-CN

การประมาณค่าปริมาณน้ำท่า โดยใช้วิธีการของ SCS ดังสมการต่อไปนี้

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (16)$$

ซึ่ง
โดยที่

P	≥	0.2 S
Q	=	ปริมาณน้ำท่า (ลูกบาศก์เมตร)
P	=	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)
S	=	ความสามารถในการเก็บกักน้ำของดิน

ซึ่ง S มีความสัมพันธ์กับค่า curve number (CN) ดังสมการต่อไปนี้

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (17)$$

4. การเปรียบเทียบแบบจำลอง

การเปรียบเทียบแบบจำลองต้องทำการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองเพื่อให้กราฟน้ำท่าที่คำนวณได้มีความสัมพันธ์หรือมีรูปร่างใกล้เคียงกันมากที่สุดกับกราฟน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลของสถานีตรวจวัด โดยใช้เกณฑ์ทางสถิติ ดังนี้

4.1 ค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน (root mean square error; RMSE) ระหว่างปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัด กับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง ดังสมการที่ (18) ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_o - Q_m)^2} \quad (18)$$

โดยที่

Q_o	=	ปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัด
Q_m	=	ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง

4.2 ค่าประสิทธิภาพในการจำลองแบบ (model efficiency; EFF) ของ Nash and Sutcliffe (1970) ซึ่งค่า EFF ที่ได้อ้างอิงมีค่าสูงสุด (maximum target) โดยเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัด เป็นข้อมูลสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง ดังสมการที่ (19)

$$EFF = 1 - \frac{\sum (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (19)$$

เมื่อ	EFF	คือ	ค่าประสิทธิภาพในการจำลองแบบ
	$\hat{y}_i$	คือ	ค่าที่ตรวจวัดได้จริง
	y_i	คือ	ค่าที่ประมาณได้จากแบบจำลอง
	$\bar{y}_i$	คือ	ค่าเฉลี่ยของค่าที่ตรวจวัดได้จริง

5. การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ทำการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยกำหนดเงื่อนไขของภาพเหตุการณ์ตามนโยบายการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนี้

5.1 คาดการณ์เมื่อมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นไปตามนโยบายที่กำหนดในแต่ละพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ตามแนวทางการกำหนดพื้นที่ตามคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เมื่อปี พ.ศ. 2525

5.2 คาดการณ์เมื่อมีการใช้ประโยชน์ที่ดินชัดเจนเหมาะสมตามระดับความลาดชันตามแนวทางการกำหนดพื้นที่ตามคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เมื่อปี พ.ศ. 2525

ผลและวิจารณ์

การประยุกต์แบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน ได้ใช้เทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่า รวมทั้งเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SCS-CN กับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด เพื่อบ่งชี้สถานภาพลุ่มน้ำด้านอุทกวิทยา และศักยภาพการให้น้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน สามารถอธิบายผลการศึกษาดังนี้

1. ปริมาณน้ำท่า

1.1 ปริมาณน้ำท่ารายปี

การประมาณค่าปริมาณน้ำท่ารายปีโดยวิธีการของแบบจำลอง SCS-CN และเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี มีค่าเท่ากับ 1,223.73 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนสิงหาคมเท่ากับ 238.45 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ มีค่าเท่ากับ 8.1 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน มีค่าเท่ากับ 101.98 มิลลิเมตร

ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง มีค่าเท่ากับ 763.05 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมมีค่าเท่ากับ 223.12 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดในเดือนมีนาคมมีค่าเท่ากับ 8.10 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนมีค่าเท่ากับ 63.59 ล้านลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้เพราะปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาสะสมตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ทำให้มีความชื้นสะสมในดินสูง ดินจึงอิ่มตัวไปด้วยน้ำ เมื่อมีปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาสูงสุดในเดือนสิงหาคม น้ำฝนจึงไม่สามารถซึมผ่านลงไปในดินได้ จึงเกิดการไหลหลากเป็นน้ำท่าส่งผลให้มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าเริ่มลดลง และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคมเนื่องจากอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนลดลง ทำให้พื้นดินมีความชื้นลดลง น้ำบางส่วนจึงซึมลงสะสมไว้ใต้ดินทำให้ปริมาณน้ำลดลง และน้ำท่าที่ไหลต่อจากนั้นเป็นปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ใต้ดินที่ค่อย ๆ ไหลซึมออกมา

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำท่ารายปีในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.)		RMSE
		ตรวจวัด	แบบจำลอง	
เมษายน	97.64	7.60	9.03	1.43
พฤษภาคม	142.99	29.34	31.46	2.12
มิถุนายน	145.62	38.64	38.52	0.13
กรกฎาคม	202.63	85.79	84.24	1.55
สิงหาคม	238.45	224.85	223.12	1.73
กันยายน	212.29	266.45	212.29	54.16
ตุลาคม	98.06	87.58	86.41	1.16
พฤศจิกายน	19.52	40.01	39.01	1.00
ธันวาคม	8.76	20.36	11.06	9.30
มกราคม	9.86	11.89	11.18	0.71
กุมภาพันธ์	8.10	8.54	8.63	0.09
มีนาคม	39.79	8.51	8.10	0.41
รวม	1,223.73	829.56	763.05	73.78
เฉลี่ย	101.98	69.13	63.59	6.15

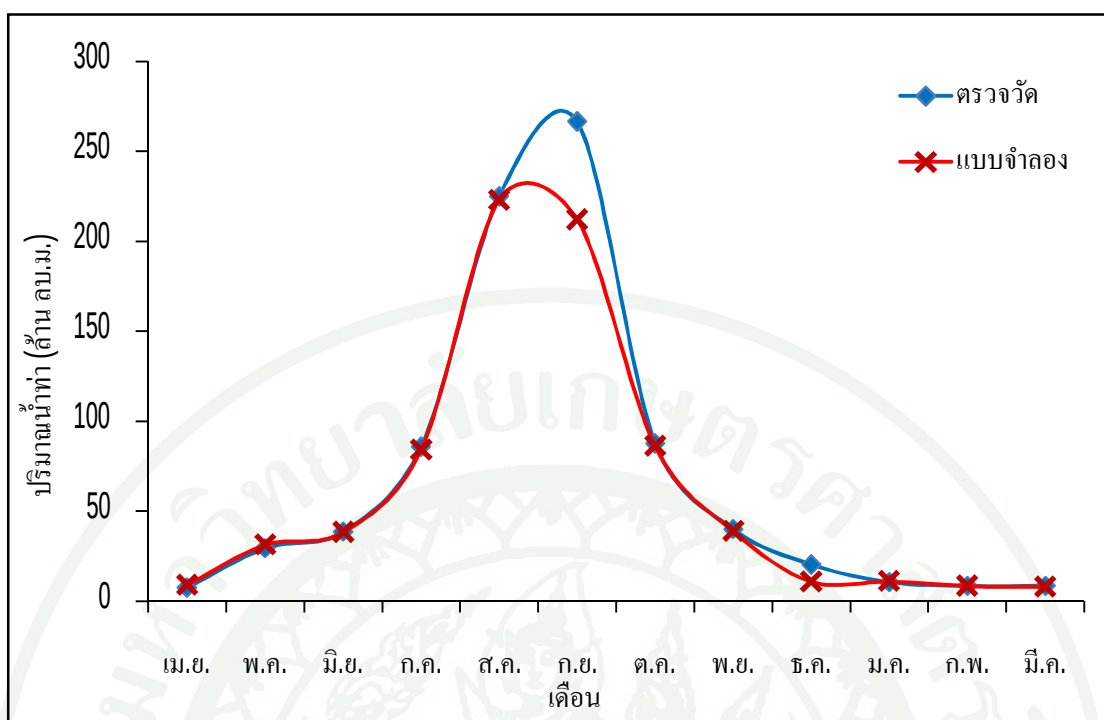
ส่วนปริมาณน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลการตรวจวัดของกรมชลประทาน มีค่าเท่ากับ 829.56 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนกันยายนมีค่าเท่ากับ 266.45 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดในเดือนเมษายนมีค่าเท่ากับ 7.60 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนมีค่าเท่ากับ 69.13 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการศึกษาของวิกุล (2533) ที่พบว่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณจากแบบจำลอง SCS ในลุ่มน้ำห้วยตะก้อและลุ่มน้ำห้วยสำราญมีค่าน้อยกว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด เนื่องจากแบบจำลองที่ใช้ไม่ได้พิจารณาถึงอิทธิพลของการไหลใต้ผิวดินและการเก็บกักเริ่มแรกบนผิวดิน ประกอบกับในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนมีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ และดินมีการซึมน้ำได้ปานกลาง ส่งผลให้ป่าไม้และดินมีการดูดซับน้ำไว้ได้ดินได้ค่อนข้างดี จึงทำให้ปริมาณน้ำท่าที่ได้จาก

แบบจำลองมีปริมาณน้อยกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด แต่ทั้งนี้ปริมาณน้ำท่าทั้งหมดมีความผันแปรไปและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

ค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน (root mean square error; RMSE) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.15 โดยในเดือนกันยายนมีค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนมากที่สุดเท่ากับ 54.16 และเดือนมีนาคมมีค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.41 จากค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในเดือนมีนาคมเนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนน้อย การให้ปริมาณน้ำท่ามาจากปัจจัยของสภาพภูมิประเทศ ชนิดดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนเป็นตัวกำหนด และแบบจำลองมีการเลือกใช้พารามิเตอร์ที่สะท้อนสภาพภูมิกายภาพของพื้นที่เพียง 2 พารามิเตอร์เท่านั้น ทำให้ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย และจากค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนมากที่สุดในเดือนกันยายน เนื่องมาจากเริ่มมีปริมาณน้ำฝนที่สูงและสะสมมาตั้งแต่เดือนเมษายน ดินจึงมีความชื้นสูงและอิ่มตัวไปด้วยน้ำ ลักษณะภูมิกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำในการให้น้ำท่า มีอิทธิพลต่อการให้น้ำทำน้อยลง ทำให้การคำนวณปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง ให้ค่าที่แตกต่างจากค่าตรวจวัดโดยตรง

1.2 ความผันแปรของปริมาณน้ำท่ารายปี

ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายปี เมื่อนำมาสร้างไฮโดรกราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง และการตรวจวัด ดังแสดงในภาพที่ 18 พบว่า ส่วนขึ้น (rising limb) ของไฮโดรกราฟ พบว่าความผันแปรของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองและการตรวจวัด มีรูปร่างและแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยในช่วงเริ่มแรกปริมาณน้ำท่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายได้ว่าในช่วงแรกระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน สภาพพื้นดินยังมีความแห้ง ปริมาณความชื้นในดินมีน้อย เมื่อมีปริมาณน้ำฝนตกลงมา ดินจึงสามารถดูดซับน้ำฝนไว้ได้เกือบทั้งหมด จนกระทั่งเดือนกรกฎาคม ความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากการที่มีปริมาณน้ำฝนเพิ่มมากขึ้น และสภาพพื้นดินเริ่มมีความชื้นสูงขึ้น ทำให้น้ำฝนที่ตกลงมาบางส่วนไม่สามารถซึมลงสู่ผิวดินได้ทั้งหมด



ภาพที่ 18 ความผันแปรของปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดและจากแบบจำลองบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

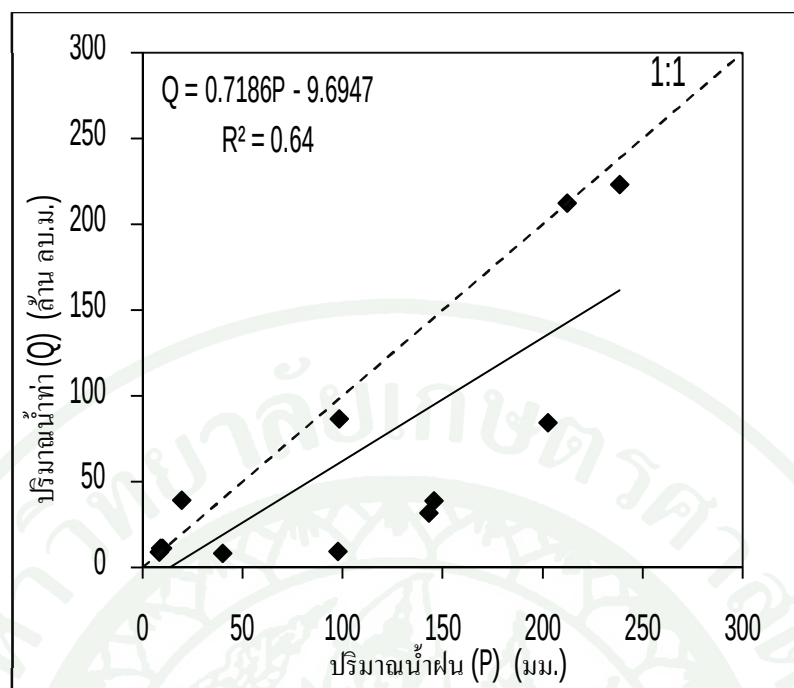
ส่วนยอด (peak หรือ crest segment) ของไฮโดรกราฟที่ได้จากแบบจำลอง มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ส่วนปริมาณน้ำท่ารายปีที่ได้จากการตรวจวัด มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนกันยายน ซึ่งเป็นผลมาจากการที่มีปริมาณน้ำฝนเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับพื้นดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ ดินมีความชื้นสูง น้ำฝนที่ตกลงมาจึงไม่สามารถซึมลงสู่ผิวดินได้อีก จึงเกิดการไหลหลากเป็นปริมาณน้ำท่าสูงสุด ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าสูงสุดไม่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งค่าปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากแบบจำลองอยู่ในเดือนสิงหาคม ในขณะที่ค่าปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดอยู่ในเดือนกันยายน เนื่องจากในช่วงเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำค่อนข้างมาก เนื่องจากเป็นช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ประกอบกับเป็นช่วงที่พายุหรือร่องความกดอากาศต่ำ ซึ่งก่อตัวในบริเวณทะเลจีนใต้พัดผ่านประเทศไทยตอนบน โดยในช่วง 2 เดือนดังกล่าว มีปริมาณน้ำฝนประมาณร้อยละ 35 ของฝนทั้งปี (สำนักชลประทานที่ 4, 2550) ประกอบกับสภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขายาวจากเหนือมาใต้ ทำให้เอื้ออำนวยต่อการเกิดฝน ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองใช้ค่าพารามิเตอร์จากปริมาณน้ำฝนซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำท่า และค่า CN ที่รวมการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพอุทก

วิทยาของดิน รวมถึงสภาพภูมิประเทศ ในการประเมินปริมาณน้ำท่า จึงทำให้ค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง และการตรวจวัดมีค่าสูงสุดอยู่ในเดือนที่แตกต่างกัน

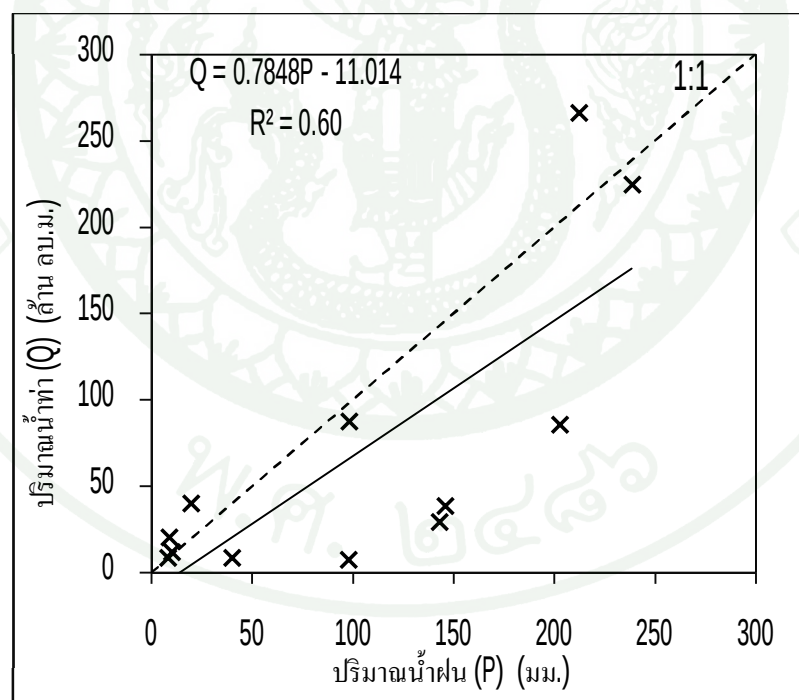
ส่วนลด (recession) ของไฮโดรกราฟของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองเริ่มเปลี่ยนแปลงลดลงในช่วงเดือนกันยายน และส่วนลดของปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดเปลี่ยนแปลงลดลงในช่วงเดือนตุลาคม จากนั้นจึงค่อย ๆ ลดลงไปเรื่อย ๆ ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับแบบจำลอง เนื่องมาจากเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกเริ่มลดลง ทำให้พื้นดินมีความชื้นลดลง น้ำบางส่วนจึงซึมลงสะสมไว้ใต้ดิน และน้ำท่าที่ไหลต่อจากนั้นเป็นปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ใต้ดินที่ค่อย ๆ ไหลซึมออกมา ซึ่งปริมาณน้ำท่าที่ยังมีอยู่ในช่วงนี้มีปัจจัยทางภูมิกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนเป็นตัวกำหนดสำคัญ

1.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝน

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง และที่ได้จากการตรวจวัด มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (simple linear regression) กับปริมาณน้ำฝน ดังแสดงในภาพที่ 19 พบว่าความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (simple linear regression) ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองมีระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.64 ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำท่าทั้งปีไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยจากปริมาณน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ซึ่งปริมาณน้ำท่าที่ได้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางภูมิกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดินเป็นตัวกำหนด เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์รายปี ปริมาณน้ำฝนจึงมีอิทธิพลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าเพียงร้อยละ 64 ซึ่งค่าระดับความสัมพันธ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับการใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดจริง โดยมีค่าระดับความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (simple linear regression) ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดในระดับปานกลางใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.6 และผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ดังแสดงในภาพที่ 20 พบว่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด (underestimate) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.98 ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลอง SCS-CN ได้ใช้พารามิเตอร์เพียง 2 พารามิเตอร์ ซึ่งสามารถประเมินปริมาณน้ำท่าได้ชัดเจนในช่วงที่มีค่าปริมาณน้ำฝนสูงและมีค่าความชื้นในดินสูงเท่านั้น ส่วนในช่วงอื่นที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยจึงทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อน

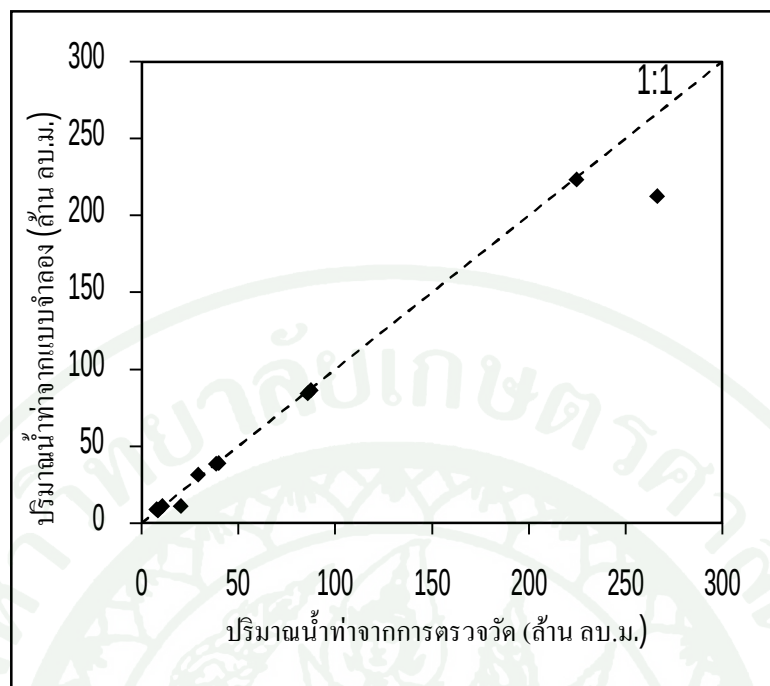


(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง



(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัด

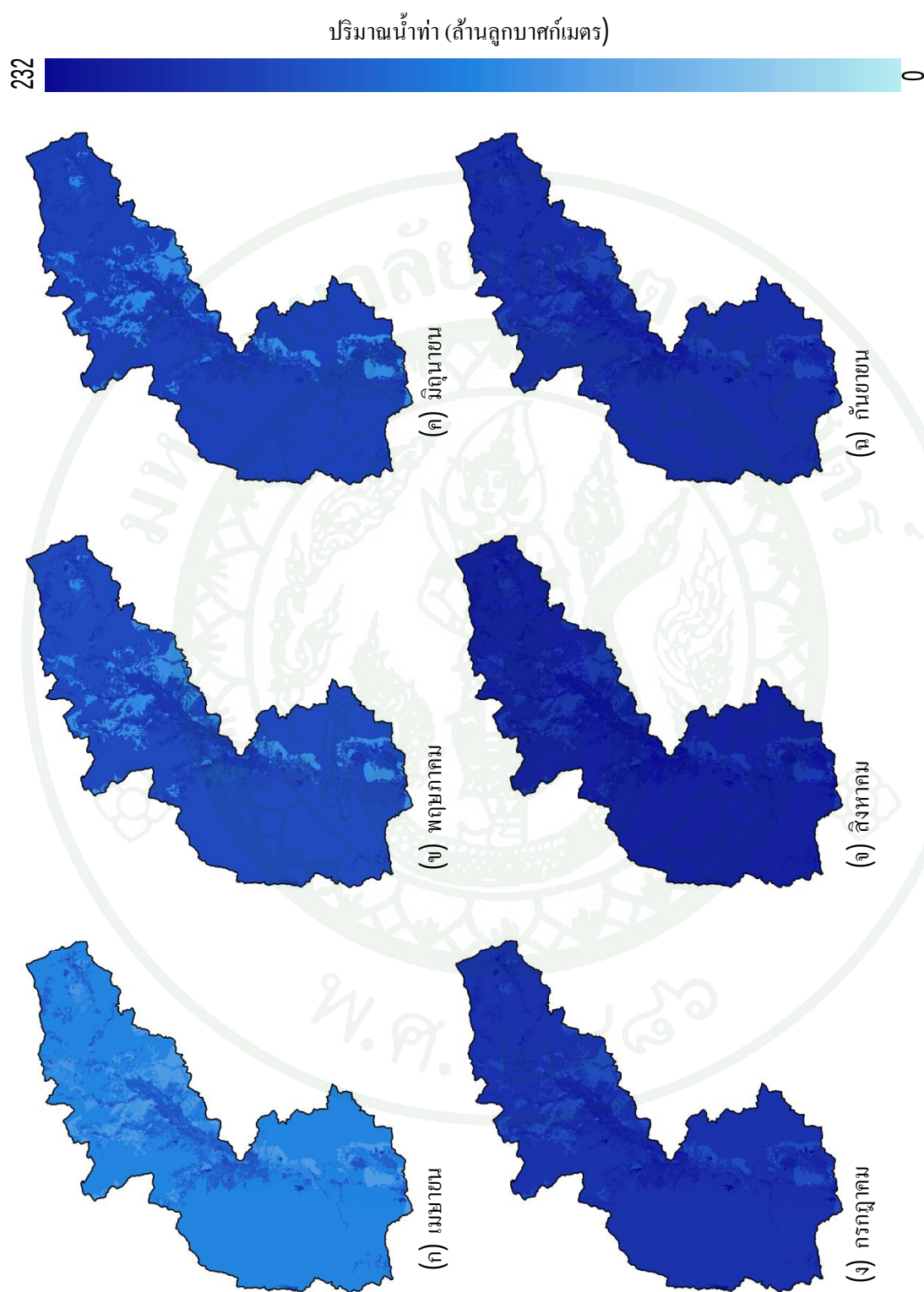
ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองและการตรวจวัด



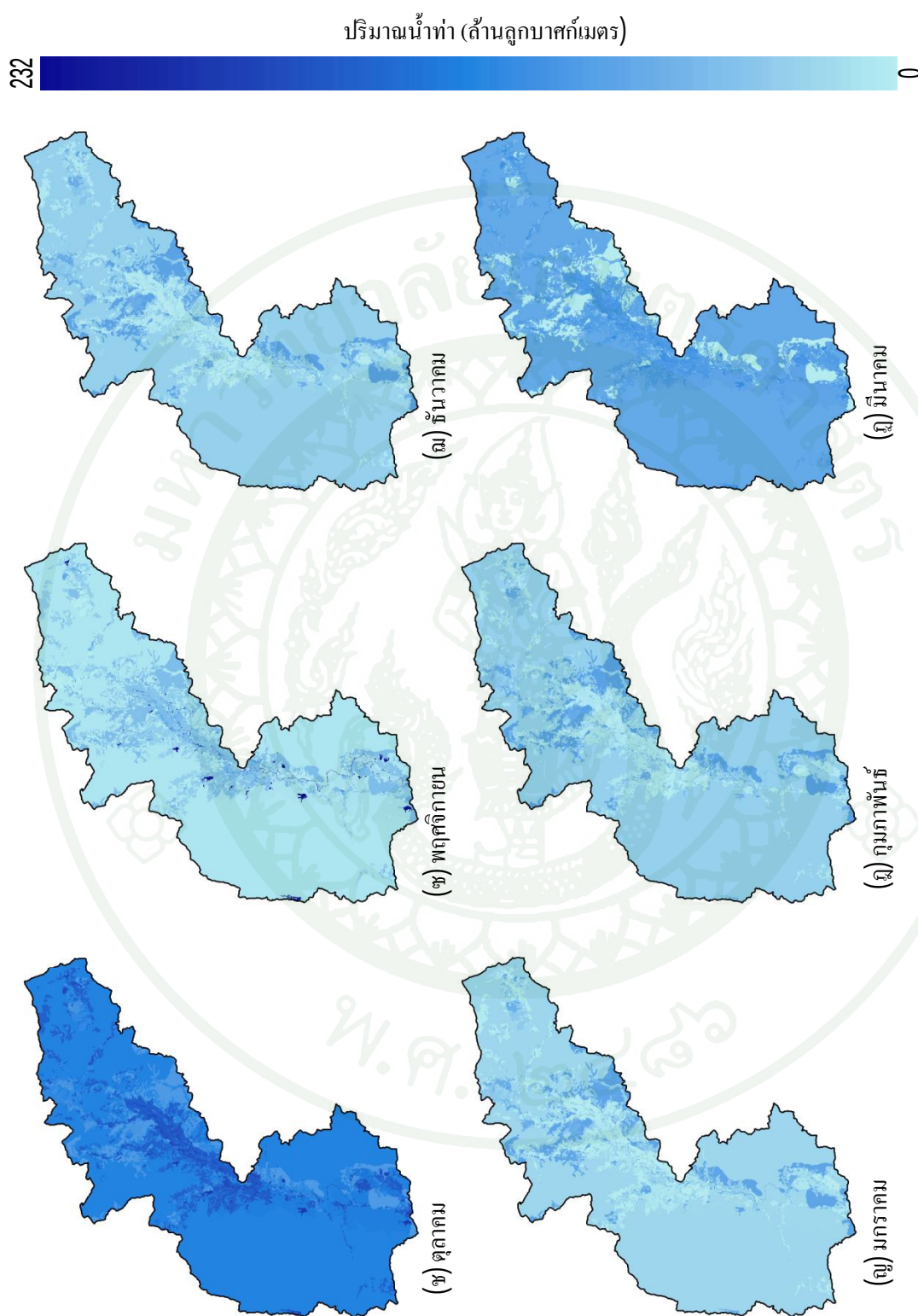
ภาพที่ 20 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง SCS-CN

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเชิงพื้นที่รายเดือน

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อจัดทำแผนที่ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลอง โดยการนำข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ประเมินได้ในแต่ละช่วงเดือน ซึ่งเป็นข้อมูลแบบเวกเตอร์ (vector) มาแปลงเป็นข้อมูลแบบราสเตอร์ (raster) ที่มีขนาดกริด 25 x 25 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 21 พบว่า ปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม มีค่าเท่ากับ 223.12 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนในเดือน พฤศจิกายน ธันวาคม และเดือนกุมภาพันธ์ ไม่มีปริมาณน้ำท่า โดยปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 63.59 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณน้ำท่าในแต่ละกริดมีค่าที่แตกต่างกันไปตามค่าปริมาณน้ำฝน และค่า CN ซึ่งแปรผันไปตามกลุ่มชุดดินทางอุทกวิทยา และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน ซึ่งกริดที่มีค่าปริมาณน้ำท่าสูงส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินทางอุทกวิทยากลุ่ม D ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว เนื้อดินมีความละเอียด อนุภาคมีขนาดเล็ก มีอัตราการซึมน้ำได้ต่ำ และมีการระบายน้ำไม่ค่อยดี และสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เมื่อมีฝนตกสะสมในปริมาณที่มากจึงทำให้ดินไม่สามารถซึมน้ำได้ทันน้ำท่าจึงมีปริมาณมาก ส่วนกริดที่มีค่าปริมาณน้ำท่าต่ำส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินทางอุทกวิทยากลุ่ม B ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย เนื้อดินมีความละเอียดปานกลางถึงหยาบปานกลาง ดินมีรูพรุนขนาดใหญ่กว่า



ภาพที่ 21 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากแบบจำลอง SCS-CN บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน



ภาพที่ 21 (ต่อ)

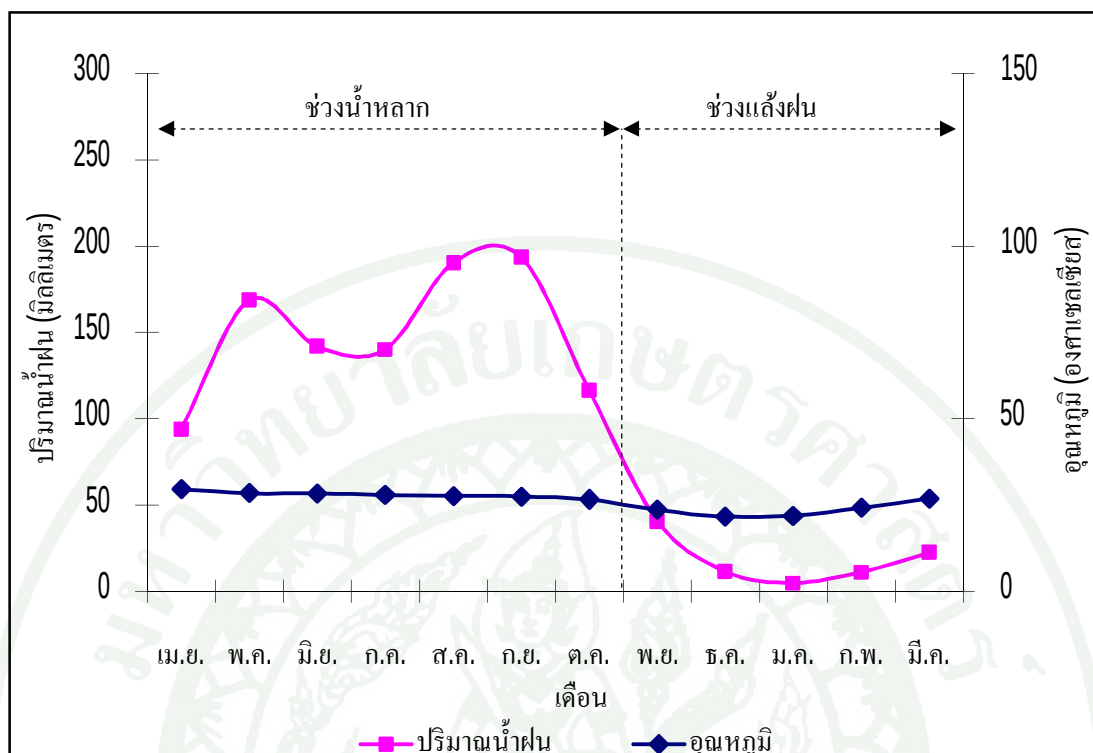
ดินเหนียว มีอัตราการซึมน้ำได้ปานกลาง มีการระบายน้ำดีปานกลางและมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งป่าไม้มีส่วนช่วยเพิ่มสมรรถนะการซึมน้ำผ่านผิวดินในอัตราที่สูง โดยทำให้ดินเกิดการร่วนซุยและเพิ่มรูพรุนของดินทำให้มีอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินได้เร็วและดูดซับน้ำไว้ได้ดินได้มาก จึงมีปริมาณน้ำท่าเกิดน้อย

1.5 ปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลาก - แล้งฝน (wet-dry period)

จากการแบ่งช่วงน้ำหลากและแล้งฝน (wet-dry period) โดยใช้ค่าอุณหภูมิจนเฉลี่ยรายเดือน และค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดพะเยา จังหวัดแพร่ และจังหวัดน่าน สร้างความสัมพันธ์โดยใช้กราฟเรียกว่า แผนภูมิของภูมิอากาศ โดย Walter (1979) ได้กำหนดเงื่อนไขช่วงแล้งฝน ไว้ดังนี้

- 1) ปริมาณฝนตกภายในเดือนไม่เกิน 40 มิลลิเมตร
- 2) ช่วงเวลาที่ฝนตกแต่ละเดือนไม่เกิน 5 วัน
- 3) เป็นช่วงที่เส้นกราฟปริมาณน้ำฝนมีค่าอยู่ต่ำกว่าเส้นกราฟอุณหภูมิ โดยจะต้องกำหนดมาตราส่วนของอุณหภูมิเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำฝน

พบว่าลุ่มน้ำยมตอนบน มีช่วงน้ำหลากอยู่ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม รวม 7 เดือน และมีช่วงแล้งฝนอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม รวม 5 เดือน ดังแสดงในภาพที่ 22 และเมื่อนำมาประเมินปริมาณน้ำท่าโดยแบ่งออกเป็นช่วงน้ำหลาก - แล้งฝน ดังแสดงในตารางที่ 6 ได้ผลการศึกษา ดังนี้



ภาพที่ 22 ช่วงน้ำหลากและแล้งฝนบริเวณพื้นที่กลุ่มน้ำยมตอนบน

ที่มา: สำนักพัฒนาอุตุนิคมวิทยา กรมอุตุนิคมวิทยา (2552)

ตารางที่ 6 สัดส่วนปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากและแล้งฝนบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

ช่วงฤดู	เดือน	ปริมาณ น้ำฝน (มม.)	ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม.)		ร้อยละของน้ำท่า ต่อปริมาณน้ำฝน	
			ตรวจวัด	แบบจำลอง	ตรวจวัด	แบบจำลอง
น้ำหลาก	เมษายน	97.64	7.60	9.03	1.03	1.32
	พฤษภาคม	142.99	29.34	31.46	3.96	4.59
	มิถุนายน	145.62	38.64	38.52	5.22	5.65
	กรกฎาคม	202.63	85.79	84.24	11.59	12.36
	สิงหาคม	238.45	224.85	223.12	30.37	32.74
	กันยายน	212.29	266.45	212.29	35.99	31.15
	ตุลาคม	98.06	87.58	86.41	11.83	12.68
	รวมช่วงน้ำหลาก	1,137.69	740.24	685.08	89.38	89.78
เฉลี่ย		162.53	105.75	97.87	12.77	12.83
แล้งฝน	พฤศจิกายน	19.52	40.01	39.01	44.80	50.02
	ธันวาคม	8.76	20.36	11.06	22.80	14.18
	มกราคม	9.86	11.89	11.18	13.31	14.34
	กุมภาพันธ์	8.10	8.54	8.63	9.56	11.06
	มีนาคม	39.79	8.51	8.10	9.53	10.39
รวมช่วงแล้งฝน		86.04	89.32	77.98	10.77	10.22
เฉลี่ย		17.21	17.86	15.60	2.15	2.04
รวมทั้งหมด		1,223.73	829.56	763.05	67.79	62.35
เฉลี่ย		101.98	69.13	63.59	5.65	5.20

1.5.1 ช่วงน้ำหลาก (wet period)

จากตารางที่ 6 พบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนมีช่วงน้ำหลากเริ่มตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม โดยปริมาณน้ำฝนรวมมีค่าเท่ากับ 1,137.69 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองในช่วงน้ำหลากมีค่าเท่ากับ 685.08 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาณน้ำท่าเท่ากับร้อยละ 89.78 ของปริมาณน้ำฝนรายปี ทั้งนี้เพราะปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาสะสมตั้งแต่เดือน

พฤษภาคม ทำให้มีความชื้นสะสมในดินสูง ดินจึงอึดตัวไปด้วยน้ำ เมื่อมีปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาสูงสุดในเดือนสิงหาคม น้ำฝนจึงไม่สามารถซึมผ่านลงไปในดินได้ จึงเกิดการไหลหลากเป็นน้ำท่า ส่งผลให้มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ซึ่งผลการศึกษาที่ได้มีความสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด โดยปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงน้ำหลากมีค่าเท่ากับ 740.24 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาณน้ำท่าเท่ากับร้อยละ 89.38 ของปริมาณน้ำฝนรายปี

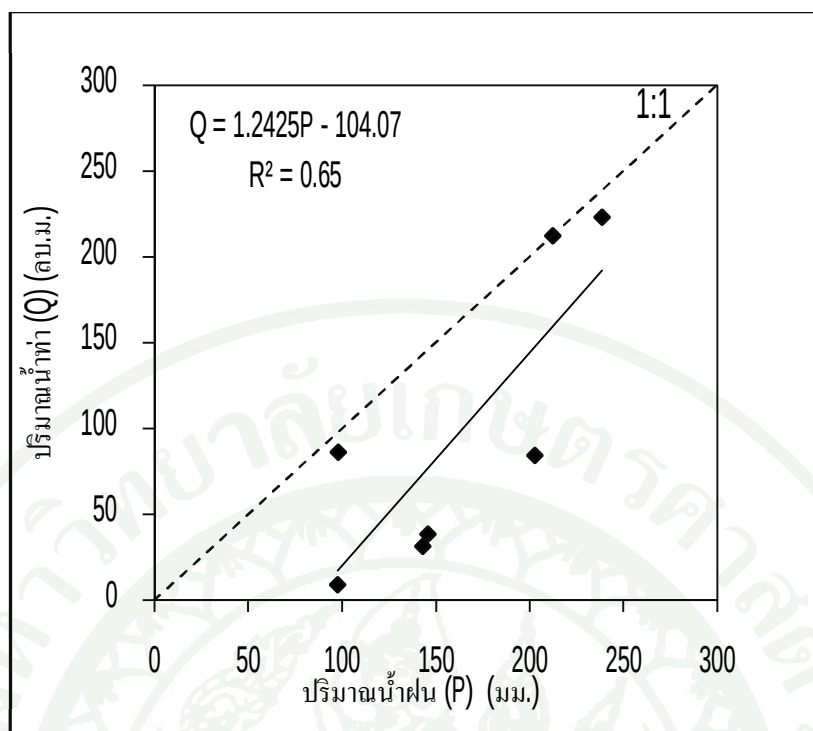
1.5.2 ช่วงแล้งฝน (dry period)

ช่วงแล้งฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม โดยปริมาณน้ำฝนรวมมีค่าเท่ากับ 86.04 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองในช่วงแล้งฝนมีค่าเท่ากับ 77.98 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาณน้ำท่าเท่ากับร้อยละ 10.22 ของปริมาณน้ำฝนรายปี ซึ่งผลการศึกษาที่ได้มีความสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดโดยปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงแล้งฝนมีค่าเท่ากับ 89.32 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาณน้ำท่าเท่ากับร้อยละ 10.77 ของปริมาณน้ำฝนรายปี ซึ่งค่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าสูงสุดและต่ำสุดสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งค่าปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากแบบจำลองและจากการตรวจวัดอยู่ในเดือนพฤศจิกายน และค่าปริมาณน้ำท่าต่ำสุดที่ได้จากแบบจำลองและจากการตรวจวัดอยู่ในเดือนมีนาคม ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงแล้งฝนมีปริมาณน้ำฝนที่น้อยลงเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกเริ่มลดลง ทำให้พื้นดินมีความชื้นลดลง น้ำบางส่วนจึงซึมลงสะสมไว้ใต้ดินทำให้ปริมาณน้ำลดลง และน้ำท่าที่ไหลต่อจากนั้นเป็นปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ใต้ดินที่ค่อย ๆ ไหลซึมออกมา ซึ่งปริมาณน้ำท่าที่ยังมีอยู่ในช่วงแล้งฝนนี้มีปัจจัยทางภูมิกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนเป็นตัวกำหนดสำคัญ

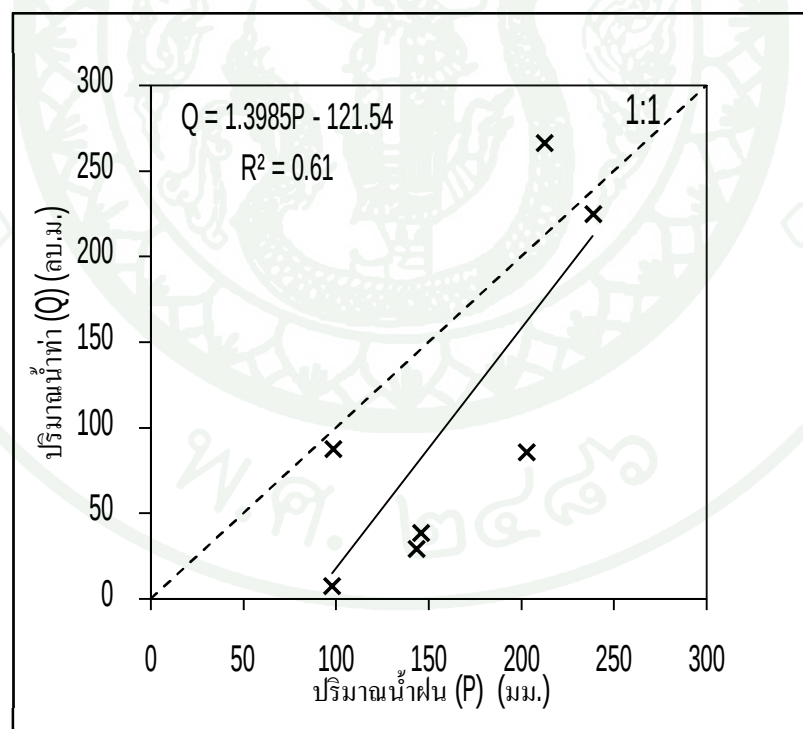
1.5.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝน

ก. ช่วงน้ำหลาก

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง และที่ได้จากการตรวจวัด ทั้งในช่วงน้ำหลาก - แล้งฝน พบว่ามีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (simple linear regression) กับปริมาณน้ำฝน ดังแสดงในภาพที่ 23 และภาพที่ 24 ทั้งนี้ในช่วงน้ำหลากความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง

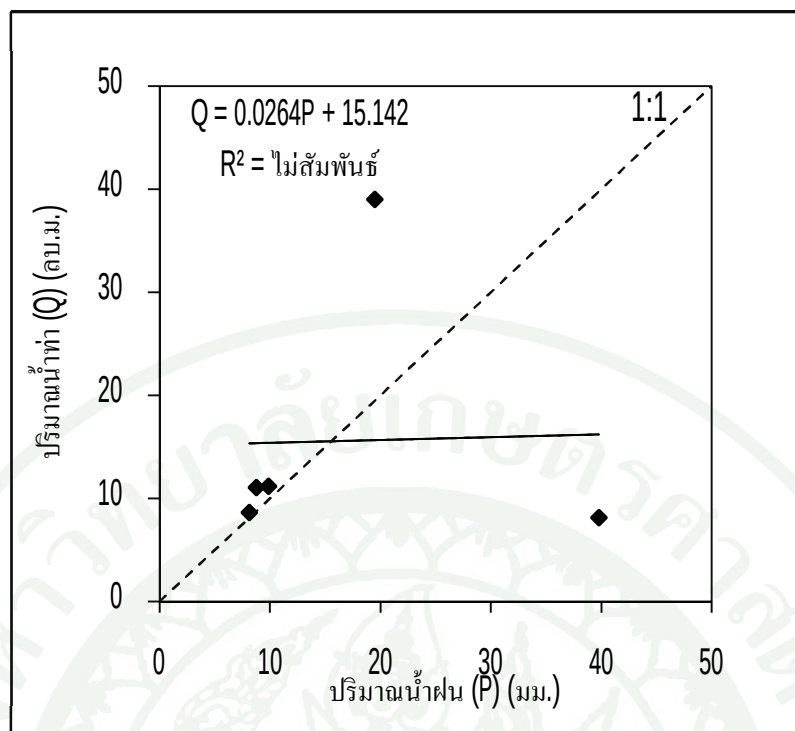


(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง

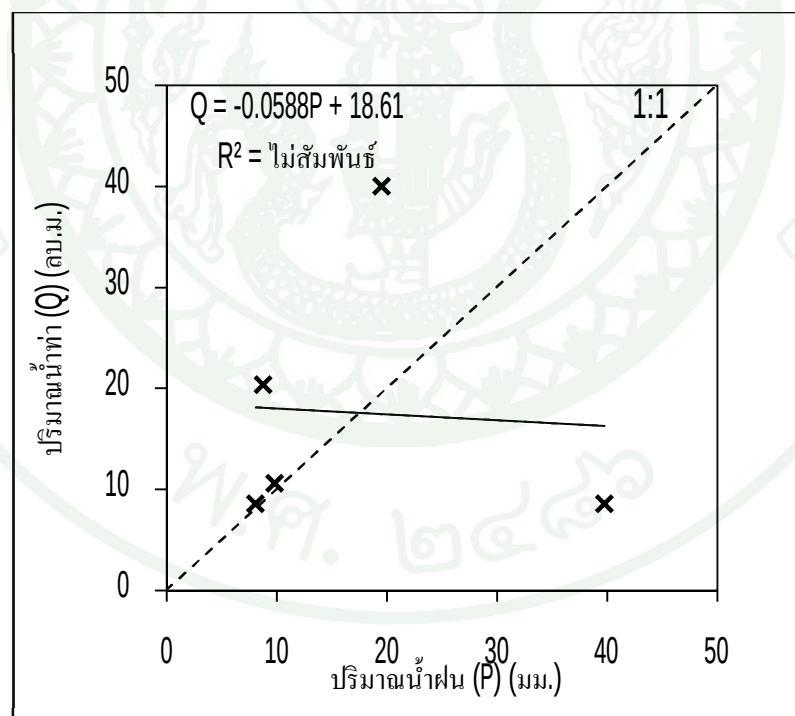


(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัด

ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง และการตรวจวัด
ช่วงน้ำหลาก



(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง



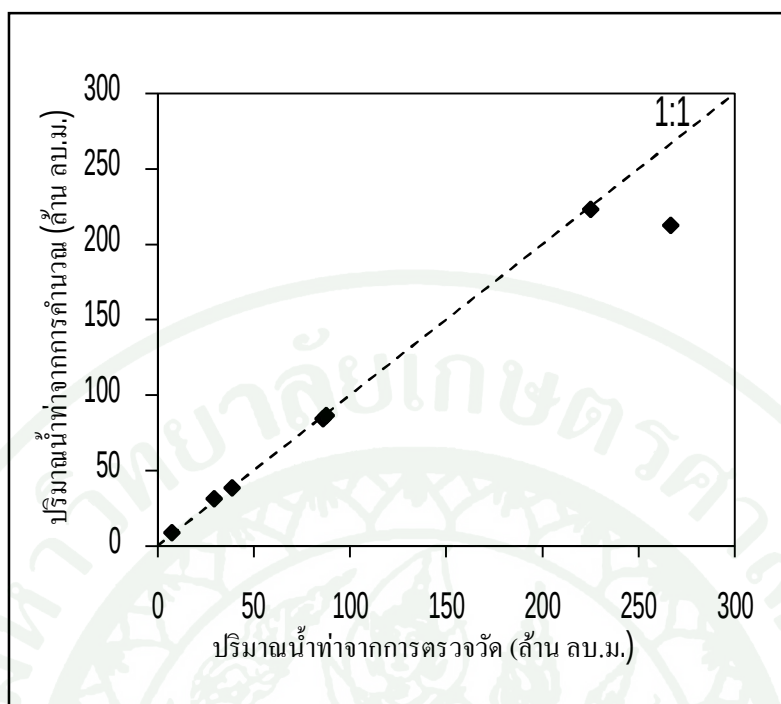
(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัด

ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง และการตรวจวัด
ช่วงแล้งฝน

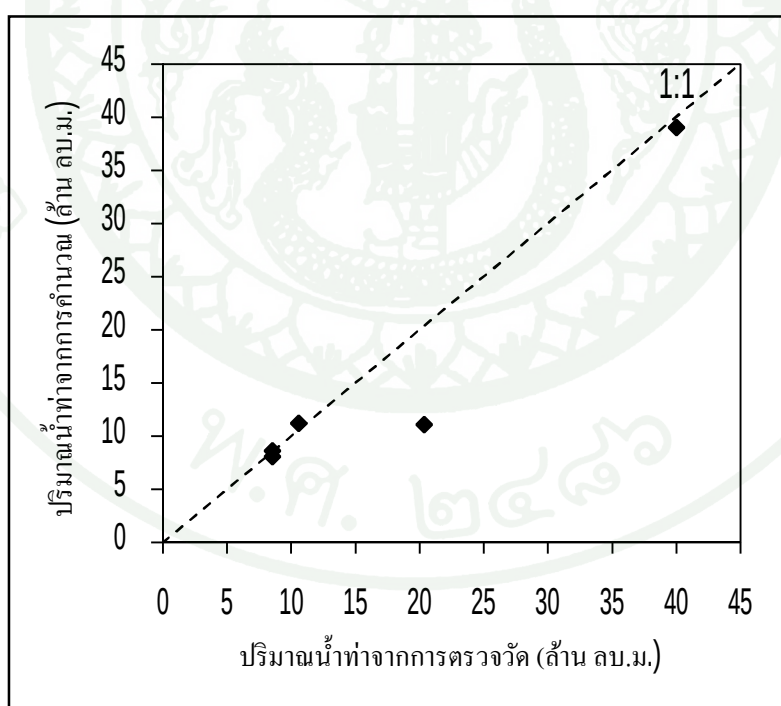
โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.65 ซึ่งในช่วงน้ำหลากนี้ถึงแม้มีปริมาณน้ำฝนสะสมมาก แต่ปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากนี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยจากปริมาณน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ปริมาณน้ำท่าที่ได้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางภูมิกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดินเป็นตัวกำหนดด้วย ซึ่งจากการศึกษาของพงษ์ศักดิ์ (2518) พบว่าลุ่มน้ำขนาดเล็กป่าดิบเขาเคยปลูกปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยสำคัญอันดับแรกที่ทำให้ปริมาณน้ำท่าโดยตรงเมื่อมีฝนตกมากกว่า 20 มิลลิเมตร ส่วนเพิ่มศักดิ์ (2522) ศึกษาพบว่าปริมาณน้ำในป่าดิบเขาธรรมชาติทางภาคเหนือของประเทศไทย ปริมาณน้ำมาจากปริมาณฝนถึงประมาณร้อยละ 65 ของปริมาณฝนที่ตกทั้งหมด แต่ในบางพื้นที่ถึงแม้ปริมาณฝนมาก แต่เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศ และปัจจัยอื่น ๆ ไม่เอื้ออำนวย ปริมาณน้ำอาจน้อยได้ ซึ่งสอดคล้องกับนิพนธ์ (2527) ที่กล่าวว่าน้ำฝนที่ตกมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากมากกว่าน้ำฝนในช่วงแล้งฝน และการที่ฝนตกลงมาครั้งหนึ่ง ๆ กลายเป็นน้ำท่าได้มากน้อยเพียงใดยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการด้วยกัน เช่น สภาพภูมิประเทศ พืชพรรณที่ปกคลุม อัตราการซึมผ่านผิวดิน ความสามารถในการเก็บกักน้ำของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และลักษณะการระบายน้ำ เป็นต้น เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์รายปี ปริมาณน้ำฝนจึงมีอิทธิพลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าเพียงร้อยละ 65 ซึ่งค่าระดับความสัมพันธ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับการใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดจริงสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝน โดยมีค่าระดับความสัมพันธ์ในระดับปานกลางใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.61 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับค่าจากแบบจำลอง โดยปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดร้อยละ 61 และผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ดังแสดงในภาพที่ 25 พบว่ามีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 97

ข. ช่วงแล้งฝน

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง และความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัด ในช่วงแล้งฝน พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนมีปริมาณที่น้อยมาก และปริมาณน้ำท่าที่ยังมีอยู่ในช่วงแล้งฝนนี้มีปัจจัยทางภูมิกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำมคอนบนเป็นตัวกำหนดสำคัญ และผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่า มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 91 ซึ่งจากการศึกษาของตวงรัตน์ (2540) ศึกษาพบว่าปัจจัยทางภูมิกายภาพของลุ่มน้ำมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณน้ำท่าและการไหลของน้ำในลุ่มน้ำ



(ก) ช่วงน้ำหลาก



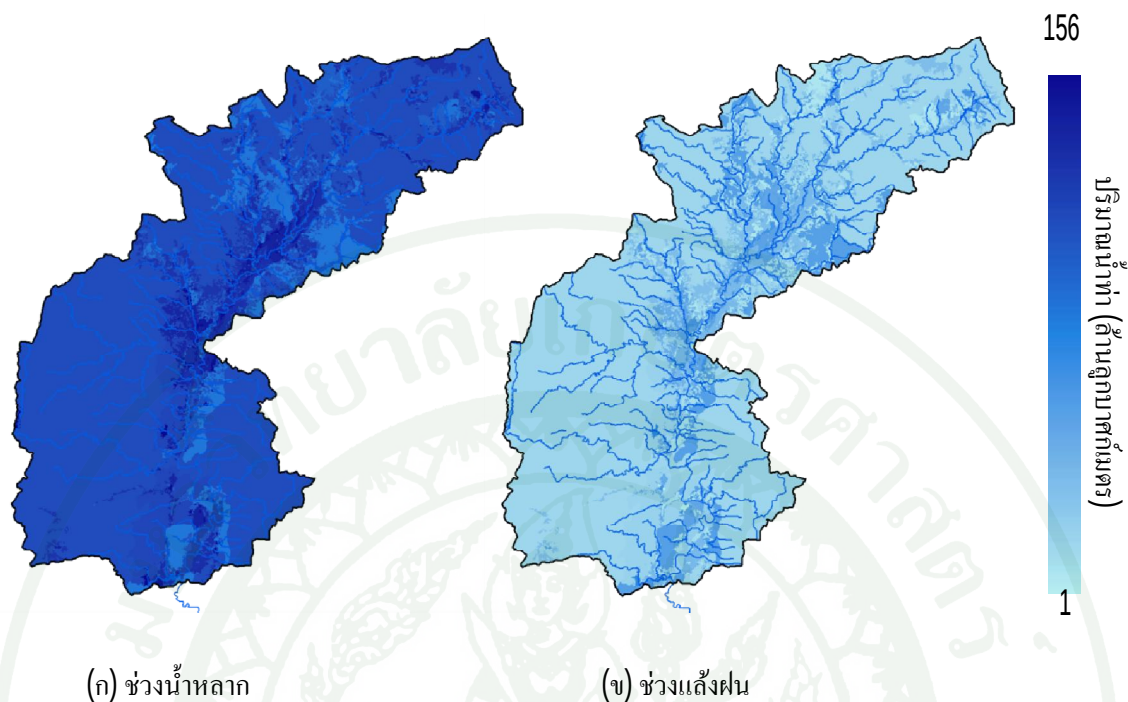
(จ) ช่วงแล้งฝน

ภาพที่ 25 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองในช่วงน้ำหลาก-แล้งฝน

ภาคเหนือประมาณร้อยละ 50 โดยปัจจัยความลาดชันของกลุ่มน้ำ ความคดโค้งของลำธาร และขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการไหลและปริมาณน้ำในช่วงแล้งฝนตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องสอดคล้องกับโฆษิต (2535) ที่ศึกษา พบว่าลุ่มน้ำที่มีความคดโค้งของลำธารสูงจะช่วยชะลอการไหลของน้ำในช่วงน้ำหลาก จึงยังคงมีน้ำเหลืออยู่ในช่วงแล้งฝนมาก ส่วนเกษม (2539) และ นิวัติ (2547) กล่าวว่า ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำอาจมีอิทธิพลในการควบคุมอัตราการไหลของน้ำในลำธารได้บ้าง ซึ่งเป็นอิทธิพลทางอ้อม คือ ลุ่มน้ำขนาดใหญ่มีแนวโน้มที่ให้น้ำในลำธารอย่างสม่ำเสมอตลอดปี เนื่องจากลุ่มน้ำขนาดใหญ่มีพื้นที่กว้าง ทำให้มีคุณสมบัติในการเก็บกักน้ำแตกต่างกันไปตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น พืชพรรณที่ปกคลุมพื้นที่ ลักษณะสัณฐานลุ่มน้ำ และลักษณะการตกของฝน ซึ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่มีความหลากหลายมากกว่าลุ่มน้ำขนาดเล็ก ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่มีน้ำระบายลงสู่ลำธารได้ดีกว่าลุ่มน้ำขนาดเล็กที่จะแห้งขอดก่อนลุ่มน้ำขนาดใหญ่ ลุ่มน้ำใหญ่มักมีรูปร่างเป็นแบบรูปพัดหรือรูปกลมรี ส่วนลุ่มน้ำขนาดเล็กจะมีรูปร่างไม่แน่นอน จึงทำให้ความสามารถในการระบายน้ำแตกต่างกัน และสุนันทา (2531) ได้ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำปิงและวัง พบว่า ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำในลำธาร กล่าวคือ ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้ปริมาณน้ำท่ามากขึ้น ส่วนนิพนธ์ (2542) กล่าวว่า น้ำท่าที่ไหลในลำธารในช่วงเวลาหลังฤดูฝนนั้นขึ้นอยู่กับสมบัติของดินในการควบคุมการไหลของน้ำใต้ผิวดิน ซึ่งสมรรถนะการอุ้มน้ำของดินในป่าดิบเขาภาคเหนือของประเทศไทย มีมากที่สุดบริเวณผิวดินแล้วค่อย ๆ ลดลงจนถึงชั้นล่างสุด ทั้งนี้เป็นเพราะว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีมากเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ดินอุ้มน้ำสูงขึ้น แต่ถ้าดินลึกมากเกินไปแล้ว ความชื้นในดินจะมีมากขึ้น ทั้งนี้เพราะอินทรีย์วัตถุขนาดเล็กและดินเหนียวช่วยให้มีการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น และจร (2540) ศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยมมีผลทำให้ปริมาณน้ำท่าในช่วงแล้งฝนลดลงและมีช่วงเวลาการไหลที่ยาวนานออกไป

1.5.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเชิงพื้นที่ช่วงน้ำหลาก - แล้งฝน

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อจัดทำแผนที่ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองทั้งในช่วงน้ำหลาก - แล้งฝน โดยการนำข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ประเมินได้ในแต่ละช่วงเดือน ซึ่งเป็นข้อมูลแบบเวกเตอร์ (vector) มาแปลงเป็นข้อมูลแบบราสเตอร์ (raster) ที่มีขนาดกริด 25 x 25 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 26 พบว่าในช่วงน้ำหลาก ปริมาณน้ำท่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 155.91 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 33.67 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 99.74 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณน้ำท่าในแต่ละกริดมีค่าที่แตกต่างกันไปตามค่าปริมาณน้ำฝน และค่า CN ซึ่งแปรผันไปตามกลุ่มชุดดินทางอุทกวิทยาและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่



ภาพที่ 26 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยจากแบบจำลอง SCS-CN ในช่วงน้ำหลาก-แล้งฝน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

แตกต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน ซึ่งกริดที่มีค่าปริมาณน้ำท่าสูงส่วนใหญ่ จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินทางอุทกวิทยา กลุ่ม D ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว เนื้อดินมีความละเอียด รูพรุนมีขนาดเล็ก มีอัตราการซึมน้ำได้ต่ำ และมีการระบายน้ำไม่ค่อยดีและสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เมื่อมีฝนตกสะสมในปริมาณที่มาก จึงทำให้ดินไม่สามารถซึมน้ำได้ทันน้ำท่าจึงมีปริมาณมาก ส่วนกริดที่มีค่าปริมาณน้ำท่าต่ำส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินทางอุทกวิทยา กลุ่ม B ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย เนื้อดินมีความละเอียดปานกลางถึงหยาบปานกลาง ดินมีรูพรุนขนาดใหญ่กว่าดินเหนียว มีอัตราการซึมน้ำได้ปานกลาง มีการระบายน้ำดีปานกลาง และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งป่าไม้มีส่วนช่วยชะลอความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดิน และเพิ่มสมรรถนะการซึมน้ำผ่านผิวดินในอัตราที่สูง โดยทำให้ดินเกิดการร่วนซุยและเพิ่มรูพรุนของดินทำให้มีอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินได้เร็วและดูดซับน้ำไว้ได้ดินได้มาก จากนั้นจึงค่อยๆ ปลดปล่อยสู่ลำธาร

ในช่วงแล้งฝน ปริมาณน้ำท่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 12.57 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 1.47 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.31 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งการให้ปริมาณน้ำท่าในแต่ละกริดมีลักษณะเช่นเดียวกับในช่วงน้ำหลาก

2. ลักษณะทางอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

การศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำ ซึ่งได้แก่ ปริมาณและช่วงเวลาการไหลของน้ำ ในลำน้ำ สามารถบอกให้ทราบถึงสภาพของกลุ่มน้ำคือพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีสภาพเดิมกักมีน้ำไหลในลำน้ำ ตลอดปี ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีสภาพเดิมกักมีน้ำไหลในลำน้ำไม่มากนักหรือมีมากจนเกิดอุทกภัยใน ฤดูฝน และประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง ซึ่งในการศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยามีดัชนี ที่ใช้บ่งบอกลักษณะทางอุทกวิทยา 3 ดัชนี ได้แก่ 1) ค่าร้อยละของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝน 2) ค่าร้อยละของช่วงน้ำหลากต่อแล้งฝน (wet flow:dry flow) และ 3) ช่วงเวลาการไหลช่วงน้ำ หลากต่อแล้งฝน ซึ่งทั้ง 3 ดัชนีนี้สามารถบอกสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำได้ และจาก การใช้แบบจำลอง SCS-CN สามารถบอกลักษณะทางอุทกวิทยาได้ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งอธิบาย ได้ดังนี้

ตารางที่ 7 ลักษณะทางอุทกวิทยาบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

ลักษณะทางอุทกวิทยา	ปริมาณ น้ำฝน (มม.)	ปริมาณน้ำท่า			
		ล้านลูกบาศก์เมตร		ร้อยละของน้ำท่าต่อน้ำฝน	
		แบบจำลอง	ตรวจวัด	แบบจำลอง	ตรวจวัด
ร้อยละของปริมาณน้ำท่าต่อ ปริมาณน้ำฝน	1,223.73	768.43	829.56	62.79	67.79
ร้อยละของช่วงน้ำหลากต่อ ช่วงแล้งฝน				89:11	89:11
ช่วงเวลาการไหลช่วงน้ำหลาก ต่อช่วงแล้งฝน (เดือน)			7:5		

2.1 ค่าร้อยละของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝน

จากตารางที่ 7 พบว่าปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการนำข้อมูลสถิติปริมาณน้ำฝนในรอบ 15 ปี จากสถานีวัดปริมาณน้ำฝนที่อยู่ในพื้นที่และใกล้เคียงจำนวน 6 สถานี เฉลี่ยตามน้ำหนักพื้นที่ โดยวิธีไทเซน (Thiessen method) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,223.73 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง พบว่ามีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย 768.43 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาณน้ำท่าเท่ากับร้อยละ 62.79 ของปริมาณน้ำฝนรายปี โดยปริมาณน้ำส่วนที่เหลือจากปริมาณน้ำท่าเป็นน้ำในส่วนที่สูญเสียไปในกระบวนการการคายระเหย และน้ำส่วนที่เหลือจะไหลซึมลงไปเป็นน้ำใต้ดิน บางส่วนสะสมอยู่ในรูปความชื้นในดินและระเหยไปสู่อากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ดาง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ ซึ่งเป็นลุ่มน้ำที่อยู่ใกล้เคียง พบว่าลุ่มน้ำแม่ดางมีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1,325.60 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย เท่ากับ 41.28 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาณน้ำท่าเท่ากับร้อยละ 25.58 ของปริมาณน้ำฝนรายปี ค่าร้อยละของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝนของลุ่มน้ำแม่ดาง จัดอยู่ในสถานภาพเสี่ยงภัย (ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา, 2552) เมื่อพิจารณาสถานภาพทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำยมตอนบนโดยใช้เกณฑ์การประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำแม่ดาง ดังแสดงในตารางที่ 8 พบว่าค่าร้อยละของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝนของลุ่มน้ำยมตอนบน ทั้งที่ได้จากแบบจำลองและจากการตรวจวัด จัดอยู่ในสถานภาพสมดุล โดยที่ค่าร้อยละของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝนของลุ่มน้ำยมตอนบน และลุ่มน้ำแม่ดางที่ได้มีค่าต่างกันมาก เนื่องจากมีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำที่ไม่เท่ากัน โดยลุ่มน้ำยมตอนบนมีพื้นที่ 1,155.23 ตารางกิโลเมตร ส่วนลุ่มน้ำแม่ดางมีพื้นที่เพียง 127.50 ตารางกิโลเมตร

2.2 ค่าร้อยละของช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝน (wet flow:dry flow)

พื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนมีช่วงน้ำหลาก (wet period) ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม และช่วงแล้งฝน (dry period) ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม (ตารางที่ 7) ซึ่งข้อมูลจากแบบจำลอง ปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากมีค่าเท่ากับ 685.08 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าช่วงแล้งฝนมีค่าเท่ากับ 77.98 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นค่าร้อยละของช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝนเท่ากับ 89:11 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนมีปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากที่มากพอเพียงและบางครั้งอาจเกิดปัญหาน้ำท่วมได้ ส่วนในช่วงแล้งฝน มีปริมาณน้ำน้อยเกินไปจนอาจเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำ เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ ปริมาณน้ำฝน ชนิดของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมไปถึงแหล่งกักเก็บน้ำ มีอิทธิพลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วม และการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ดาง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ พบว่าลุ่มน้ำ

ตารางที่ 8 เกณฑ์คะแนนที่ใช้ในการประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยา

สถานภาพ	คะแนน	ปริมาณน้ำท่า		ช่วงเวลาการไหล (เดือน)
		ค่าร้อยละของ	ค่าร้อยละของ	
		ปริมาณน้ำท่า: ปริมาณน้ำฝน	ช่วงน้ำหลาก: แล้งฝน	
สมดุล	4	มากกว่า 40	60 - 69.99 : 30 - 39.99	ตลอดปี
เตือนภัย	3	30 - 40	70 - 79.99 : 20 - 29.99	9 - 11
เสี่ยงภัย	2	20 - 30	80 - 89.99 : 10 - 19.99	6 - 9
วิกฤติ	1	น้อยกว่า 20	90 - 100 : 0 - 9.99	น้อยกว่า 6

ที่มา: ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา (2552)

แม่น้ำมีช่วงน้ำหลาก - แล้งฝน อยู่ในช่วงเดียวกันกับลุ่มน้ำยมตอนบน คือมีช่วงน้ำหลาก (wet period) ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม และช่วงแล้งฝน (dry period) ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม ปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากมีค่าเท่ากับ 37.44 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าช่วงแล้งฝนมีค่าเท่ากับ 3.84 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นค่าร้อยละของช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝนเท่ากับ 91:9 จัดอยู่ในสถานภาพวิกฤติ เนื่องจากมีศักยภาพในการให้น้ำท่าต่ำ คือมีปริมาณน้ำท่าประมาณร้อยละ 25.58 ของปริมาณน้ำฝน โดยเฉพาะช่วงแล้งฝนมีปริมาณน้ำท่าเพียงประมาณร้อยละ 9 ของปริมาณน้ำท่าทั้งปี (ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา, 2552) เมื่อพิจารณาสถานภาพทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำยมตอนบน โดยใช้เกณฑ์การประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำแม่ถาง พบว่าค่าร้อยละของช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝน (wet flow:dry flow) ของกลุ่มน้ำยมตอนบนทั้งที่ได้จากแบบจำลองและจากการตรวจวัด จัดอยู่ในสถานภาพเสี่ยงภัย

2.3 ช่วงเวลาการไหลช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝน

จากตารางที่ 7 พบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน มีช่วงเวลาการไหลของช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝนอยู่ในช่วง 7:5 เดือน ซึ่งหมายถึงว่ามีช่วงน้ำหลาก 7 เดือน คือระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม และช่วงแล้งฝน 5 เดือน ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีปริมาณน้ำไหลอยู่ตลอดทั้งปี โดยในช่วงแล้งฝน น้ำท่าที่ไหลอยู่เป็นปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ใต้ดินที่ค่อย ๆ ไหลซึมออกมา ซึ่งปัจจัยทางภูมิกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดินเป็นปัจจัยที่เอื้ออำนวยปริมาณน้ำท่าช่วงแล้งฝนด้วย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ถาง อำเภอวังยาง จังหวัด

แพร่ พบว่าลุ่มน้ำแม่ถางมีช่วงเวลาการไหลของช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝน อยู่ในช่วง 7:5 เดือน เช่นเดียวกับลุ่มน้ำยมตอนบน เมื่อพิจารณาสถานภาพทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำยมตอนบนโดยใช้เกณฑ์การประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำแม่ถาง พบว่าช่วงเวลาการไหลช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝนของลุ่มน้ำยมตอนบน ทั้งที่ได้จากแบบจำลองและจากการตรวจวัด จัดอยู่ในสถานภาพสมดุลเนื่องมาจากมีน้ำไหลอยู่ตลอดทั้งปี เช่นเดียวกับกับลุ่มน้ำแม่ถาง (ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา, 2552)

2.4 การประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำยมตอนบน

การประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำยมตอนบน เป็นการเปรียบเทียบค่าดัชนีทางอุทกวิทยาที่ประเมินได้จากแบบจำลอง SCS-CN กับเกณฑ์การประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ถาง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 ดัชนีชี้สถานภาพทางอุทกวิทยา โดยพิจารณาจากดัชนีชี้วัดสถานภาพของลุ่มน้ำจากปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการไหลของน้ำ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ก. ปริมาณน้ำท่า ซึ่งสามารถบอกให้ทราบถึงสถานภาพลุ่มน้ำได้ คือลุ่มน้ำที่มีสถานภาพที่ดีในด้านอุทกวิทยานั้น ต้องมีปริมาณน้ำที่พอเพียงแก่ความต้องการไม่มากและไม่น้อยเกินไป เช่น ในฤดูแล้งมีน้ำใช้โดยไม่เกิดการขาดแคลน ส่วนในช่วงฤดูฝนก็ไม่เกิดปัญหาอุทกภัยเป็นต้น ซึ่งปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นมีปัจจัยหลักที่เกิดขึ้นจากปริมาณน้ำฝน โดยมีปัจจัยทางภูมิกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดิน เป็นปัจจัยที่เอื้ออำนวยต่อปริมาณน้ำท่าร่วมด้วย

ข. ช่วงเวลาการไหลของน้ำ ต้องมีน้ำไหลในระยะเวลาที่พอเหมาะพอสม คือต้องมีน้ำใช้ในเวลาที่ต้องการใช้ โดยให้น้ำไหลอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี

2.4.2 การกำหนดสถานภาพทางอุทกวิทยา โดยกำหนดลักษณะของสถานภาพทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ สถานภาพสมดุล สถานภาพเตือนภัย สถานภาพเสี่ยงภัย และสถานภาพวิกฤติ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การกำหนดสถานภาพทางอุทกวิทยา

สถานภาพ	ลักษณะของสถานภาพ
สมดุล	- ปริมาณ เพียงพอและไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย - ช่วงเวลาการไหล มีน้ำไหลตลอดปี
เดือนกัญ	- ปริมาณ น้ำมีปริมาณลดลง แต่ยังมีอยู่หรือมีมากเกินไปแต่ไม่เกิดความเสียหายมาก - ช่วงเวลาการไหล ในลำห้วยขาดน้ำในหน้าแล้ง (ระยะเวลาดั้น ๆ) มีน้ำท่วมเล็กน้อยในช่วงฤดูฝน
เสี่ยงภัย	- ปริมาณ น้ำลดลงมาก ไม่มีน้ำในฤดูแล้ง ส่วนในฤดูฝนอาจจะเกิดน้ำท่วมมากจนเกิดความเสียหายต่อพื้นที่ - ช่วงเวลาการไหล มีน้ำในช่วงระยะเวลาดั้น ๆ คือฤดูฝน
วิกฤติ	- ปริมาณ มีน้ำไหลเฉพาะขณะและหลังฝนตก - ช่วงเวลาการไหล น้ำจะไหลผ่านไปอย่างรวดเร็วจนทำให้ไม่มีน้ำเหลือไว้ใช้ประโยชน์ หรือไม่มีเหลือในลำห้วย

ที่มา: ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา (2552)

2.4.3 กำหนดเกณฑ์คะแนนสถานภาพทางอุทกวิทยา โดยได้แบ่งคะแนนสถานภาพทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำตั้งแต่คะแนน 1.00 – 4.00 ตามสถานภาพทั้ง 4 สถานภาพ ดังแสดงในตารางที่ 10

2.4.4 การประเมินสถานภาพด้านปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการไหลของน้ำ โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

ก. ประเมินค่าคะแนนด้านปริมาณน้ำ และช่วงเวลาการไหลของน้ำ โดยนำผลการศึกษาด้านปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการไหลของน้ำที่ประเมินได้จากแบบจำลอง SCS-CN มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนนที่ใช้การประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยา ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 10 เกณฑ์คะแนนสถานภาพทางอุทกวิทยา

สถานภาพ	คะแนนสถานภาพ
สมดุล	3.70 – 4.00
เตือนภัย	2.70 – 3.69
เสี่ยงภัย	1.70 – 2.69
วิกฤติ	1.00 – 1.69

ที่มา: ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา (2552)

ตารางที่ 11 ค่าคะแนนด้านปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการไหลของน้ำ

ดัชนี	ปริมาณน้ำท่า	คะแนนสถานภาพ
1. ปริมาณน้ำท่า		
1) ค่าร้อยละของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝน	62.79	4
2) ค่าร้อยละของช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝน	89:11	2
2. ช่วงเวลาการไหลช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝน	ตลอดปี	4

ที่มา: ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา (2552)

ข. กำหนดค่าคะแนนความสำคัญของดัชนีทางอุทกวิทยา ทั้งปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการไหลของน้ำ ซึ่งแต่ละดัชนีมีความสำคัญมากน้อยแตกต่างกัน ดังนั้นจึงกำหนดให้ ปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการไหลของน้ำ มีค่าคะแนนเท่ากับ 3 ส่วนค่าร้อยละของช่วงน้ำหลากต่อแล้งฝน (wet flow:dry flow) ซึ่งมีผลสืบเนื่องมาจากปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการไหลของน้ำ กำหนดให้มีค่าคะแนนเท่ากับ 2 ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าคะแนนความสำคัญของดัชนีทางอุทกวิทยา

ความสำคัญ	คะแนนความสำคัญ
น้อย	1
ปานกลาง	2
มาก	3

ที่มา: ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา (2552)

ค. ประเมินสถานภาพด้านปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการไหลของน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาด้านปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการไหลของน้ำ

ดัชนี	การประเมินสถานภาพ				สถานภาพ
	คะแนนความสำคัญ	คะแนนสถานภาพ	คะแนนรวม	คะแนนค่าเฉลี่ย	
1. ปริมาณน้ำท่า					
1) ค่าร้อยละของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝน	3	4	12	-	สมดุล
2) ค่าร้อยละของช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝน	2	2	4	-	เสี่ยงภัย
สถานภาพด้านปริมาณน้ำ	5	-	16	32	เตือนภัย
2. ช่วงเวลาการไหลช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝน (เดือน)	3	4	12	-	สมดุล

ที่มา: ดัดแปลงจาก ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา (2552)

ซึ่งการประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาด้านปริมาณน้ำท่า และช่วงเวลาการไหลของน้ำ พบว่าดัชนีด้านปริมาณน้ำท่า ซึ่งแบ่งเป็น 2 ดัชนี คือ ค่าร้อยละของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝน จัดอยู่ในสถานภาพสมดุล และค่าร้อยละของช่วงน้ำหลากต่อแล้งฝน (wet flow:dry

flow) จัดอยู่ในสถานภาพเสี่ยงภัย โดยสถานภาพด้านปริมาณน้ำ จัดอยู่ในสถานภาพเตือนภัย และช่วงเวลาการไหลช่วงน้ำหลากต่อแสงฝน จัดอยู่ในสถานภาพสมดุล

2.4.5 การประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาโดยรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาโดยรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

ดัชนี	การประเมินสถานภาพลุ่มน้ำโดยรวม			
	คะแนน ความสำคัญ	คะแนน สถานภาพ	ผลรวม	สถานภาพ
1. ปริมาณน้ำท่า	3	3.20	9.60	เตือนภัย
2. ช่วงเวลาการไหลของน้ำ	2	4.00	8.00	สมดุล
รวม	5		17.60	
	ค่าเฉลี่ย		3.52	เตือนภัย

ที่มา: คัดแปลงจาก ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา (2552)

จากลักษณะทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำยมตอนบน เมื่อนำมาประเมินสถานภาพทางอุทกวิทยาโดยรวมทางด้านปริมาณน้ำ และช่วงเวลาการไหลของน้ำ พบว่าปริมาณน้ำท่า จัดอยู่ในสถานภาพเตือนภัย และช่วงเวลาการไหลของน้ำ จัดอยู่ในสถานภาพสมดุล โดยสถานภาพทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำยมตอนบนโดยรวม จัดอยู่ในสถานภาพเตือนภัย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะอุทกวิทยามีการเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติเล็กน้อย โครงสร้างและหน้าที่การทำงานของระบบลุ่มน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเล็กน้อย โดยปริมาณน้ำท่า มีปริมาณลดลง แต่ยังมีอยู่หรือมีมากเกินไปแต่ไม่เกิดความเสียหายมาก สำหรับช่วงเวลาการไหลของน้ำมีน้ำท่วมเล็กน้อยในช่วงน้ำหลาก ส่วนในช่วงแล้งฝนนั้นมีการขาดแคลนน้ำเป็นระยะเวลาดั้ง ๆ

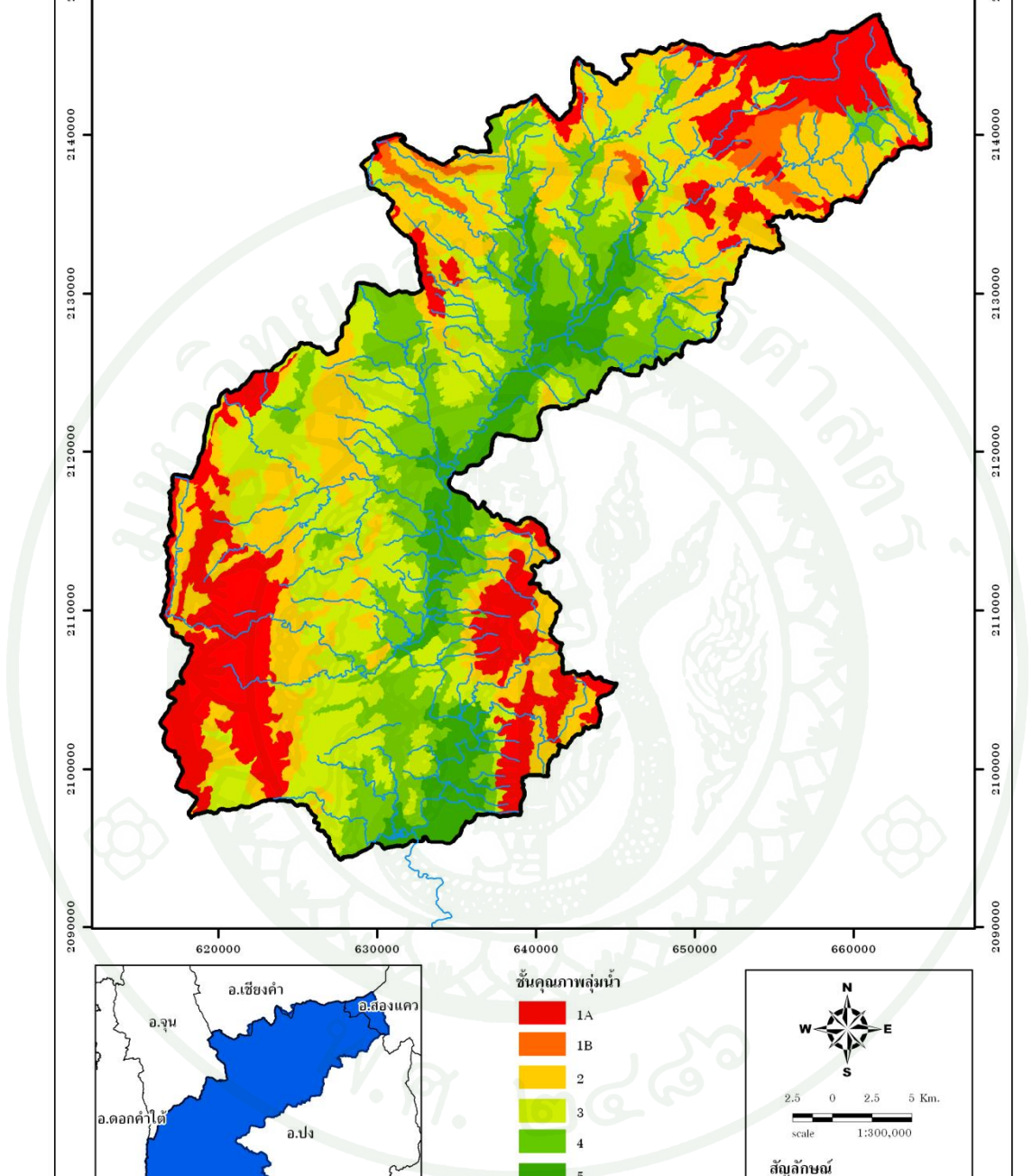
3. การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ควรเป็นตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ

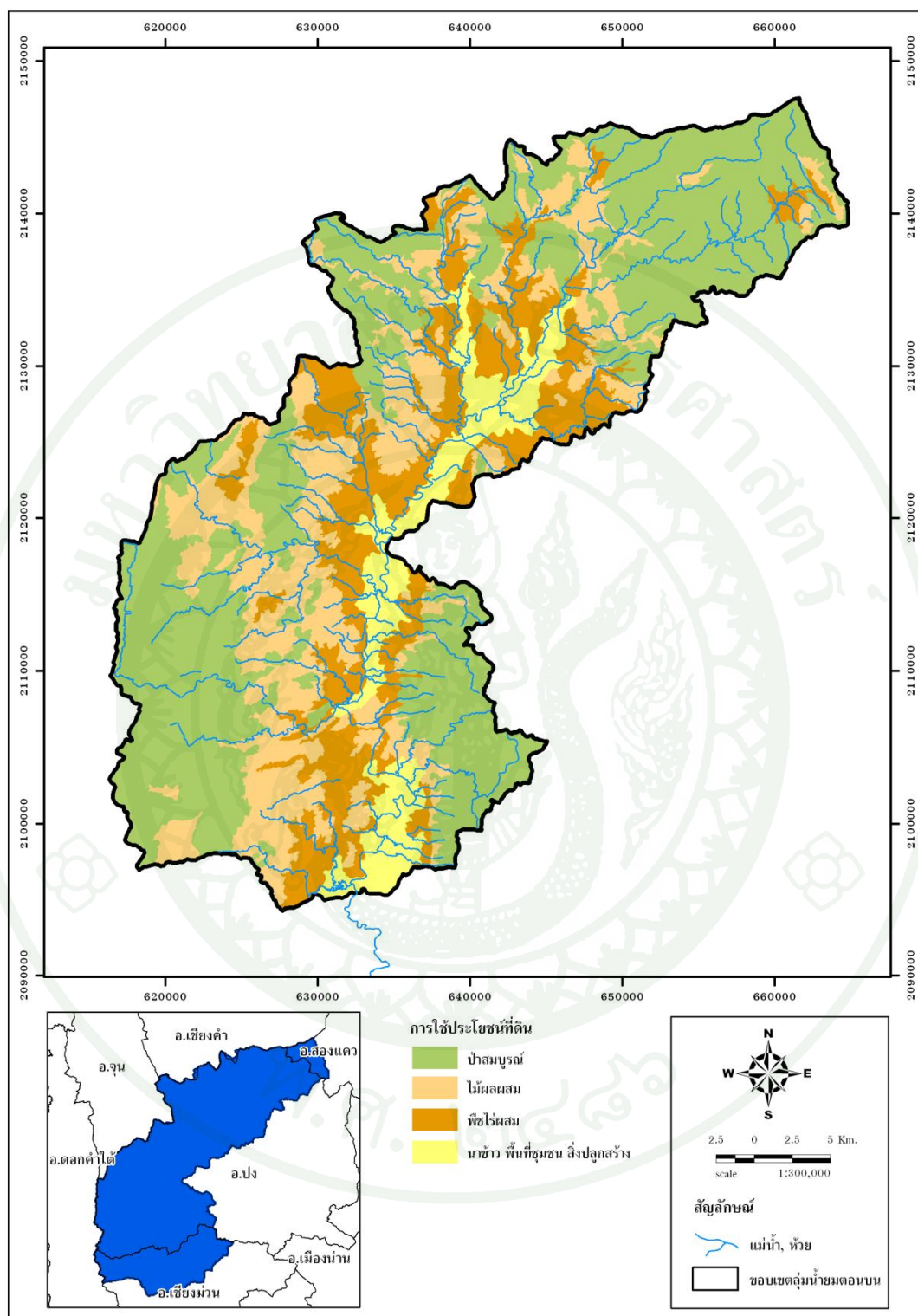
การกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การจัดการลุ่มน้ำ ถือว่าการกำหนดตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ได้ผล หากพิจารณาแนวทางการกำหนดพื้นที่ตามคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2525) ประกอบ ที่กล่าวไว้ว่า ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1A และ 1B เหมาะเป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2 เหมาะกับทำกิจการป่าไม้เหมืองแร่ แต่ต้องมีมาตรการควบคุมอย่างเข้มงวด ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 เหมาะกับปลูกไม้ยืนต้น ไม้ผล ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 4 เหมาะกับทำพืชไร่ และชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 เหมาะกับการเกษตร ทานา ดังแสดงในภาพที่ 27

การศึกษาในครั้งนี้ได้กำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินให้สอดคล้องตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ จึงได้กำหนดให้พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1A, 1B และ 2 เปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่าสมบูรณ์ พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 3 เปลี่ยนเป็นพื้นที่ไม้ผลผสม พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 4 เปลี่ยนเป็นพื้นที่พืชไร่ผสม และพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 5 เปลี่ยนเป็นพื้นที่นาข้าว พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินดังแสดงในภาพที่ 28

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 15 และมีสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 16



ภาพที่ 27 ^{ชั้น}คุณภาพลุ่มน้ำตามนโยบายการจัด^{ชั้น}คุณภาพลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน



ภาพที่ 28 การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นไปตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

ตารางที่ 15 การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ควรเป็นตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

ชั้นคุณภาพ ลุ่มน้ำ	การใช้ประโยชน์ที่ดินที่กำหนด ตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ ของพื้นที่ลุ่มน้ำ
1A, 1B และ 2	ป่าสมบูรณ์	543.56	47.05
3	ไม้ผลผสม	283.94	24.58
4	พืชไร่ผสม	225.67	19.53
5	นาข้าว พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	102.06	8.84
รวม		1,155.23	100.00

ตารางที่ 16 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

ประเภท การใช้ประโยชน์ที่ดิน	การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน			
	ปัจจุบัน		ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	
	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ
เกษตรกรรม	220.01	19.05	0.00	0.00
นาข้าว	0.00	0.00	0.00	0.00
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	15.67	1.36	102.06	8.84
พืชไร่ผสม	0.00	0.00	225.67	19.53
ไม้ผลผสม	0.00	0.00	283.94	24.58
ป่าไม้	889.79	77.02	543.56	47.05
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	29.33	2.54	0.00	0.00
แหล่งน้ำ	0.42	0.04	0.00	0.00
รวม	1,155.23	100.00	1,155.23	100.00

หมายเหตุ พื้นที่มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

การใช้ประโยชน์ที่ดินตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ สามารถกำหนดรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดินได้ถูกเปลี่ยนแปลงจากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้น 1A, 1B และ 2 เปลี่ยนเป็นป่าสมบูรณ์ คิดเป็นพื้นที่ 543.56 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 47.05 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รองลงมาคือ พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้น 3 เปลี่ยนเป็นไม้ผลผสม คิดเป็นพื้นที่ 283.94 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 24.58 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้น 4 เปลี่ยนเป็นพืชไร่ผสม คิดเป็นพื้นที่ 225.67 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 19.53 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้น 5 เปลี่ยนเป็นนาข้าว พื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง คิดเป็นพื้นที่น้อยที่สุด คือ 102.05 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 8.83 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

จากตารางที่ 16 พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน มีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ ป่าไม้ มีพื้นที่มากที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 889.79 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 77.02 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม คิดเป็นพื้นที่ 220.01 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 19.05 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่เบ็ดเตล็ด คิดเป็นพื้นที่ 29.33 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 2.54 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง คิดเป็นพื้นที่ 15.67 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 1.36 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และแหล่งน้ำ คิดเป็นพื้นที่น้อยที่สุด คือ 0.42 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 0.04 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ เมื่อนำการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ประเมินปริมาณน้ำท่า ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามนโยบายการจัดชั้น
คุณภาพลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำท่า (ล้านลูกบาศก์เมตร)		
		ตรวจวัด	แบบจำลอง	ตามชั้นคุณภาพ ลุ่มน้ำ
เมษายน	97.64	7.60	9.03	42.95
พฤษภาคม	142.99	29.34	31.46	80.21
มิถุนายน	145.62	38.64	38.52	82.48
กรกฎาคม	202.63	85.79	84.24	133.45
สิงหาคม	238.45	224.85	223.12	166.65
กันยายน	212.29	266.45	212.29	142.33
ตุลาคม	98.06	87.58	86.41	43.28
พฤศจิกายน	19.52	40.01	39.01	0.24
ธันวาคม	8.76	20.36	11.06	0.59
มกราคม	9.86	11.89	11.18	0.40
กุมภาพันธ์	8.10	8.54	8.63	0.73
มีนาคม	39.79	8.51	8.10	6.03
รวม	1,223.73	829.55	763.05	699.35
เฉลี่ย	101.98	69.13	63.59	58.28

จากตารางที่ 17 พบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน ปริมาณน้ำฝนรายปีมีค่าเท่ากับ 1,223.73 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนสิงหาคมมีค่าเท่ากับ 238.45 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเท่ากับ 8.10 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนมีค่าเท่ากับ 101.98 มิลลิเมตร

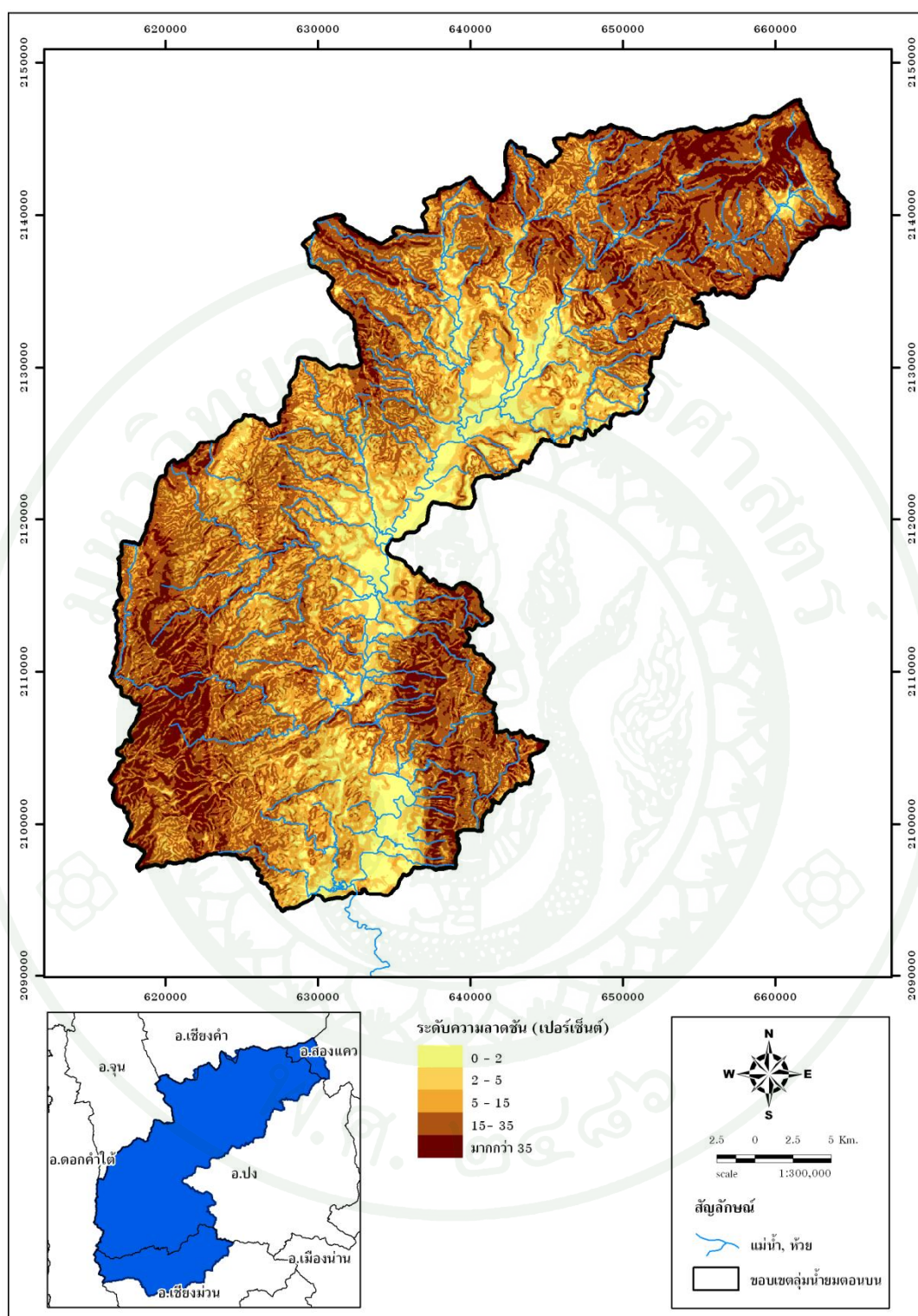
ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลการตรวจวัดของกรมชลประทานมีค่าเท่ากับ 829.55 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนกันยายนมีค่าเท่ากับ 266.45 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดในเดือนเมษายนมีค่าเท่ากับ 7.60 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย

รายเดือนมีค่าเท่ากับ 69.02 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 763.05 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมมีค่าเท่ากับ 223.12 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดในเดือนมีนาคมมีค่าเท่ากับ 8.10 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนมีค่าเท่ากับ 63.59 ล้านลูกบาศก์เมตร

ปริมาณน้ำท่าที่ได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ควรเป็นตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำมีค่าเท่ากับ 699.32 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมมีค่าเท่ากับ 166.65 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายนมีค่าเท่ากับ 0.24 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนมีค่าเท่ากับ 58.28 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ควรเป็นตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำทำให้ปริมาณน้ำท่าที่ได้มีปริมาณน้อยกว่าการตรวจวัดและจากแบบจำลอง ทั้งนี้เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่วนใหญ่ได้ถูกกำหนดเป็นป่าไม้ ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นและมีเรือนยอดหลายชั้น เรือนยอดและลำต้นมีส่วนช่วยรองรับแรงกระแทกเมื่อดฝนไม่ให้ตกลงสู่ผิวดินโดยตรง ทำให้น้ำค่อย ๆ ตกลงสู่ผิวดิน โอกาสที่เมื่อดินจะแตกกระจายไปอุดรูดินมีน้อย น้ำซึมลงดินได้ง่ายขึ้น ส่วนใบ กิ่ง ดอก ผล และลำต้นส่วนที่ผุพังที่หล่นลงสู่ดินทำให้เพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน รวมทั้งการขนไชของรากพืชทำให้ดินเกิดการร่วนซุย และเพิ่มธาตุอาหารในดินส่งผลให้น้ำมีโอกาสซึมลงสู่ผิวดินได้มากขึ้นและไหลลึกลงไปเป็นน้ำใต้ดินแล้วค่อย ๆ ระบายออกทำให้มีน้ำไหลอยู่ได้ตลอดปี ซึ่งพื้นที่ป่าไม้มีส่วนช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำผิวดิน เป็นการเพิ่มอัตราการซึมน้ำและการกักเก็บน้ำให้แก่ดิน ซึ่งพื้นที่ป่าไม้มีส่วนอย่างสำคัญต่อการดูดซับน้ำทั้งนี้เพราะว่าป่าไม้ทำให้น้ำไหลบ่าหน้าดินช้าลงทำให้น้ำมีเวลาซึมนานกว่า จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำและอัตราการไหลสูงสุดลดลงด้วย

3.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ควรเป็นตามระดับความลาดชัน

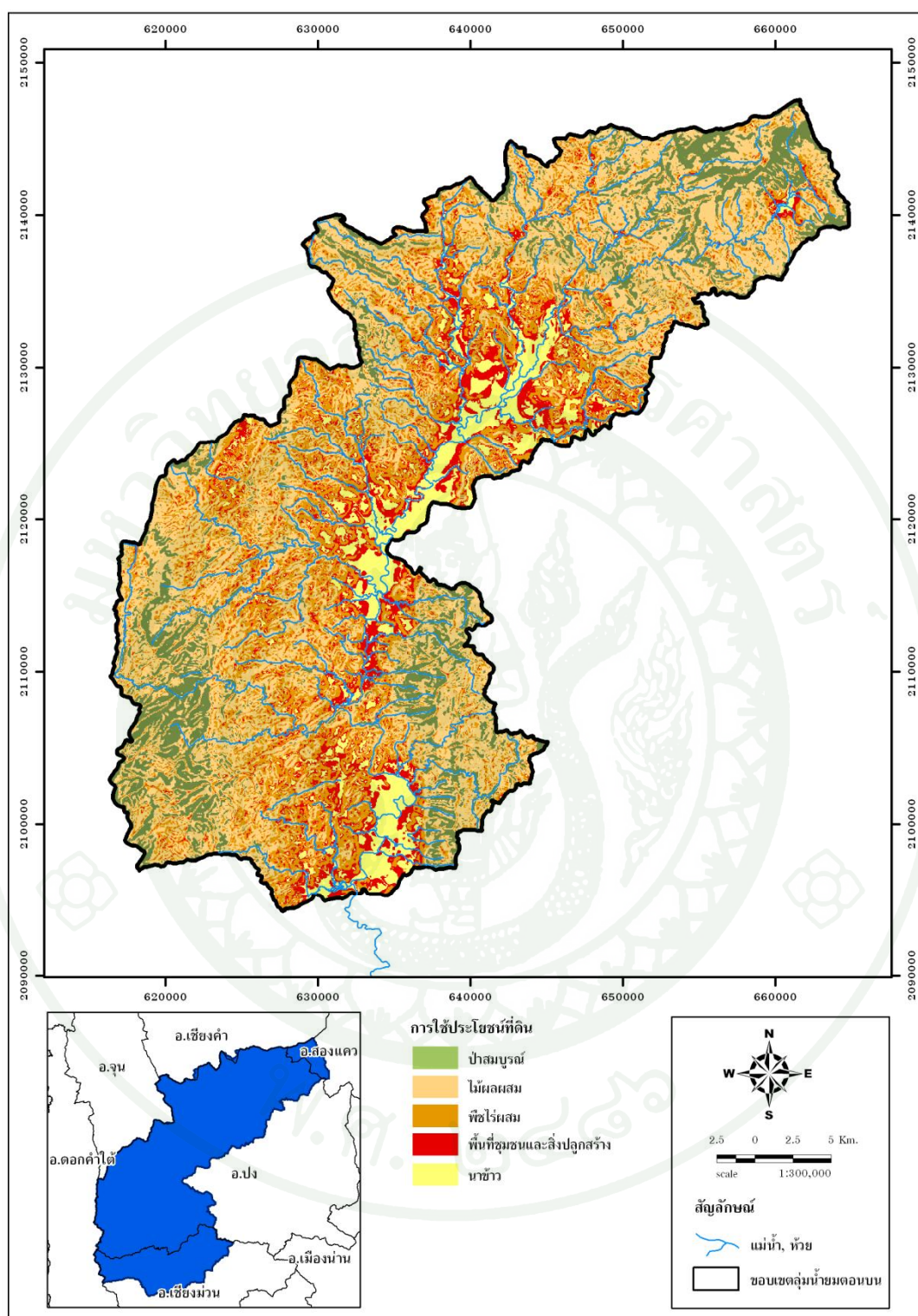
คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2525) กำหนดไว้ว่า พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงมากกว่าร้อยละ 50 ดินง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงและรุนแรง เหมาะเป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธาร พื้นที่ที่มีความลาดชันอยู่ระหว่างร้อยละ 30 - 50 ดินง่ายต่อการพังทลายความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เหมาะกับทำป่าไม้และเหมืองแร่ พื้นที่ที่มีความลาดชันอยู่ระหว่างร้อยละ 25 - 35 ดินพังทลายง่ายถึงปานกลาง เหมาะกับปลูกไม้ยืนต้นและไม้ผล แต่ต้องใช้มาตรการอนุรักษ์อย่างเข้มงวด พื้นที่ที่มีความลาดชันอยู่ระหว่างร้อยละ 6 - 25 ดินค่อนข้างลึก ความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง มีสัณฐานการพังทลายต่ำ เหมาะกับทำพืชไร่ ดังแสดงในภาพที่ 29



ภาพที่ 29 ระดับความลาดชันบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

การศึกษาในครั้งนี้ได้กำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมตามระดับความลาดชัน จึงได้กำหนดระดับความลาดชันร้อยละ 0 - 2 เปลี่ยนเป็นพื้นที่นาข้าว ระดับความลาดชันร้อยละ 2 - 5 เปลี่ยนเป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ระดับความลาดชันร้อยละ 5 - 15 เปลี่ยนเป็นพืชไร่ผสม ระดับความลาดชันร้อยละ 15 - 35 เปลี่ยนเป็นไม้ผลผสม และระดับความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 เปลี่ยนเป็นป่าสมบูรณ์ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินดังแสดงในภาพที่ 30

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามระดับความลาดชัน มีผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 18 และมีสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความลาดชัน ดังแสดงในตารางที่ 19 พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามระดับความลาดชันออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ระดับความลาดชันร้อยละ 15 - 35 เปลี่ยนเป็นไม้ผลผสม คิดเป็นพื้นที่ 455.48 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 39.43 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รองลงมาคือระดับความลาดชันร้อยละ 5 - 15 เปลี่ยนเป็นพืชไร่ผสม คิดเป็นพื้นที่ 314.07 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 27.45 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ระดับความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 เปลี่ยนเป็นป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 132.47 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 11.47 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ระดับความลาดชันร้อยละ 2 - 5 เปลี่ยนเป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง คิดเป็นพื้นที่ 130.56 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 11.30 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และระดับความลาดชันมากกว่าร้อยละ 0 - 2 เปลี่ยนเป็นนาข้าว คิดเป็นพื้นที่น้อยที่สุด คือ 119.66 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 10.36 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ



ภาพที่ 30 การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นไปตามระดับความลาดชันบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

ตารางที่ 18 การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ควรเป็นตามระดับความลาดชันบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

ระดับความลาดชัน (ร้อยละ)	การใช้ประโยชน์ที่ดินที่กำหนด ตามระดับความลาดชัน	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ ของพื้นที่ลุ่มน้ำ
0 - 2	นาข้าว	119.66	10.36
2 - 5	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	130.56	11.30
5 - 15	พืชไร่ผสม	317.07	27.45
15 - 35	ไม้ผลผสม	455.48	39.43
มากกว่า 35	ป่าไม้	132.47	11.47
รวม		1,155.23	100.00

ตารางที่ 19 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความลาดชันบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

ประเภท การใช้ประโยชน์ที่ดิน	การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน			
	ปัจจุบัน		ตามระดับความลาดชัน	
	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ
เกษตรกรรม	220.01	19.05	0.00	0.00
นาข้าว	0.00	0.00	119.66	10.36
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	15.67	1.36	130.56	11.30
พืชไร่ผสม	0.00	0.00	317.07	27.45
ไม้ผลผสม	0.00	0.00	455.48	39.43
ป่าไม้	889.79	77.02	132.47	11.47
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	29.33	2.54	0.00	0.00
แหล่งน้ำ	0.42	0.04	0.00	0.00
รวม	1,155.23	100.00	1,155.23	100.00

หมายเหตุ พื้นที่มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน มีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ ป่าไม้ มีพื้นที่มากที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 889.79 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 77.02 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม คิดเป็นพื้นที่ 220.01 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 19.05 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่เบ็ดเตล็ด คิดเป็นพื้นที่ 29.33 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 2.54 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง คิดเป็นพื้นที่ 15.67 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 1.36 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และแหล่งน้ำ คิดเป็นพื้นที่น้อยที่สุด คือ 0.42 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 0.04 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางที่ 19) เมื่อนำการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความลาดชัน ประเมินปริมาณน้ำท่า ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 20 พบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน ปริมาณน้ำฝนรายปีมีค่าเท่ากับ 1,223.73 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนสิงหาคมมีค่าเท่ากับ 238.45 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเท่ากับ 8.10 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนมีค่าเท่ากับ 101.98 มิลลิเมตร

ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากข้อมูลการตรวจวัดของกรมชลประทานมีค่าเท่ากับ 828.23 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนกันยายนมีค่าเท่ากับ 266.45 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดในเดือนเมษายนมีค่าเท่ากับ 7.60 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนมีค่าเท่ากับ 69.02 ล้านลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 20 ปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามระดับความลาดชัน
บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำท่า (ล้านลูกบาศก์เมตร)		
		ตรวจวัด	แบบจำลอง	ตามระดับ ความลาดชัน
เมษายน	97.64	7.60	9.03	29.63
พฤษภาคม	142.99	29.34	31.46	58.60
มิถุนายน	145.62	38.64	38.52	63.65
กรกฎาคม	202.63	85.79	84.24	110.00
สิงหาคม	238.45	224.85	223.12	141.00
กันยายน	212.29	266.45	212.29	118.25
ตุลาคม	98.06	87.58	86.41	29.90
พฤศจิกายน	19.52	40.01	39.01	0.10
ธันวาคม	8.76	20.36	11.06	1.98
มกราคม	9.86	11.89	11.18	1.66
กุมภาพันธ์	8.10	8.54	8.63	2.18
มีนาคม	39.79	8.51	8.10	2.20
รวม	1,223.73	829.56	763.05	559.13
เฉลี่ย	101.98	69.13	63.59	46.59

ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง มีค่าเท่ากับ 763.05 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมมีค่าเท่ากับ 223.12 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดในเดือนมีนาคมมีค่าเท่ากับ 8.1 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนมีค่าเท่ากับ 63.59 ล้านลูกบาศก์เมตร

ปริมาณน้ำท่าที่ได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมตามระดับความลาดชันมีค่าเท่ากับ 559.13 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมมีค่าเท่ากับ 141.10 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายนมีค่าเท่ากับ 0.10 ล้าน

ลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนมีค่าเท่ากับ 46.59 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมตามระดับความลาดชัน ทำให้ปริมาณน้ำท่าที่ได้มีปริมาณน้อยกว่าการตรวจวัดและจากแบบจำลอง ทั้งนี้เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่วนใหญ่ได้ถูกกำหนดเป็นไม้ผลผสม ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นและมีระดับความสูงของเรือนยอดในระดับเดียวกัน รากมีความลึกใกล้เคียงกัน การชอนไชของรากพืชทำให้ดินเกิดการร่วนซุย และเพิ่มรูพรุนในดินส่งผลให้น้ำมีโอกาสซึมลงสู่ผิวดินได้มากขึ้นและไหลลึกลงไปเป็นน้ำใต้ดิน แล้วค่อย ๆ ระบายออกทำให้น้ำไหลอยู่ใต้ตลอดปี และการที่มีพื้นที่ไม้ผลผสมและพืชไร่ผสมเพิ่มมากขึ้นทำให้มีปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเพิ่มขึ้นด้วย ประกอบกับค่า CN ลดลงด้วย จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำและอัตราการไหลากสูงสุดลดลงด้วย

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การประเมินปริมาณน้ำท่ารายปีโดยวิธีการของแบบจำลอง SCS-CN และเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ปริมาณน้ำท่า

1.1 ปริมาณน้ำท่ารายปี

ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 763.05 ล้านลูกบาศก์เมตร การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองมีระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.64 ปริมาณน้ำท่ารายปีจากข้อมูลการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 829.56 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าระดับความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าในระดับปานกลางใกล้เคียงกับแบบจำลอง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.60 และผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่ามีค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 98 ค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน ในเดือนกันยายนมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 54.16 และเดือนมีนาคมมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.41

1.2 ปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลาก - แล้งฝน (wet - dry period)

1.2.1 ช่วงน้ำหลาก

ช่วงน้ำหลากเริ่มตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 685.08 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 89.78 ของปริมาณน้ำฝนรายปี ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองมีระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.65 ส่วนปริมาณน้ำท่ารายปีที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงน้ำหลากมีค่าเท่ากับ 740.24 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 89.38 ของปริมาณน้ำฝนรายปี และความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดมีระดับ

ความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.61 และผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่ามีค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 97

1.2.2 ช่วงแล้งฝน

ช่วงแล้งฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม ปริมาณน้ำท่ารายปีที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 77.98 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 10.22 ของปริมาณน้ำฝนรายปี ส่วนปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงแล้งฝนมีค่าเท่ากับ 89.31 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 10.77 ของปริมาณน้ำฝนรายปี ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง และความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัด ไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่ามีค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 91

2. ลักษณะทางอุทกวิทยา

จากแบบจำลอง พบว่ามีปริมาณน้ำท่าเท่ากับร้อยละ 62.79 ของปริมาณน้ำฝนรายปี ปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากมีค่าเท่ากับ 685.08 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าช่วงแล้งฝนมีค่าเท่ากับ 77.98 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าร้อยละของช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝนมีค่าเท่ากับ 89:11 ข้อมูลการตรวจวัด มีปริมาณน้ำท่าเท่ากับร้อยละ 67.79 ของปริมาณน้ำฝนรายปี ปริมาณน้ำท่าช่วงน้ำหลากมีค่าเท่ากับ 740.24 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าช่วงแล้งฝนมีค่าเท่ากับ 89.31 ล้านลูกบาศก์เมตร ค่าร้อยละของช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝนมีค่าเท่ากับ 89:11 ส่วนช่วงเวลาการไหลช่วงน้ำหลากต่อช่วงแล้งฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนอยู่ในช่วง 7:5 เดือน

3. การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ควรเป็นตามนโยบายการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ พบว่าปริมาณน้ำท่ามีค่าเท่ากับ 699.32 ล้านลูกบาศก์เมตร และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ควรเป็นตามระดับความลาดชัน พบว่าปริมาณน้ำท่ามีค่าเท่ากับ 559.13 ล้านลูกบาศก์เมตร

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้

1.1 การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เพียงค่าพารามิเตอร์ด้านดินซึ่งเป็นปัจจัยคงที่ และการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งเป็นปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย เพื่อใช้สำหรับกำหนดค่า curve number (CN) ร่วมกับค่าปริมาณน้ำฝน และสภาพความลาดชัน เพื่อใช้เป็นพารามิเตอร์สำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่า จึงทำให้ค่าปริมาณน้ำท่าที่ประเมินได้จากแบบจำลองมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง

1.2 แบบจำลอง SCS-CN มีแนวคิดที่กำหนดให้ค่าการสูญเสียเริ่มแรก และปริมาณการซึมเป็นค่าคงที่ และในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้เงื่อนไขความชื้นของดินเริ่มต้นในกรณีความชื้นเฉลี่ย (AMC II) เพียงกรณีเดียวทั้งลุ่มน้ำ จึงส่งผลต่อการกำหนดค่า CN ที่ใช้เป็นพารามิเตอร์ในการประเมินน้ำท่า เพราะในสภาพของดินที่แห้งกับดินที่ชื้น หรือดินที่อยู่ในสภาพอิ่มตัวไปด้วยน้ำ จะให้น้ำท่าที่แตกต่างกัน

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

ควรมีการพิจารณาเพิ่มค่าพารามิเตอร์บางตัว เช่น ปริมาณการเก็บกักน้ำบนพื้นผิวดิน ค่าความสามารถในการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวไปด้วยน้ำ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของดิน ปริมาณน้ำในดิน เป็นต้น รวมทั้งควรมีการนำค่า Antecedent Precipitation index (API) หรือค่าความชื้นที่มีอยู่ก่อนในดินที่ได้มีการศึกษาและตรวจวัดโดยหน่วยงานต่าง ๆ มาพิจารณาแทนค่าการสูญเสียเริ่มแรก และควรเลือกใช้เงื่อนไขความชื้นของดินเริ่มต้นให้เหมาะสมในแต่ละช่วงตามฤดูกาลหรือตามช่วงเดือน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำ. 2548. โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำยม.
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กาญจน์เขจร ชูชีพ. 2546. การศึกษาสภาพเมืองและการประมาณหาอุณหภูมิพื้นผิวในเขตพื้นที่
กรุงเทพมหานคร ด้วยเทคนิคการสำรวจจากระยะไกล. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์
ทุนอุดหนุนวิจัย มก. ประจำปี 2543 โครงการวิจัยรหัส ส-ล 1.43.

เกษม จันทรแก้ว. 2539. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทรแก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2525. หลักปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ.
ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2525. มติคณะรัฐมนตรีเกี่ยวกับการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ.
สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ
พลังงาน, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โฆษิต ล้อศิริรัตน์. 2535. ผลกระทบของลักษณะกายภาพและพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำต่อการทับถม
ตะกอนในอ่างเก็บน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จกกล จงวิไลเกษม. 2546. แบบจำลองน้ำฝนน้ำท่าด้วยข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จรัญธร บุญญานุภาพ. 2546. การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล. คณะเกษตรศาสตร์
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

เจน อรุณสิทธิ์. 2550. การประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียมสำหรับบริเวณลุ่มน้ำคลองอุทะเขา ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลาทกร ศรีตุลานนท์. 2524. ปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำในลำธารป่าดิบเขาตอปปุย เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เชาวน์ ขงเฉลิมชัย และ สุชาดา ขงสถิตศักดิ์. 2548. การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดเขตพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในลุ่มน้ำตาปีตอนล่าง จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์ 6 (2): 27-42.

ดวงรัตน์ พูลเกษม. 2540. อิทธิพลของลักษณะทางภูมิกายภาพลุ่มน้ำต่อช่วงเวลาการไหลของน้ำในลำธาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐ เทภาสิต. 2542. การวิเคราะห์หมายเลขโค้งน้ำทำ SCS ของอำเภอในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ โชติบาล. 2525. อิทธิพลของลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ และการทำลายป่าต่อปริมาณน้ำในลำธารในลุ่มน้ำภาคตะวันออกของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2527. การควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2542. อุทกวิทยาลุ่มน้ำ. กองทุนจัดพิมพ์ตำราคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิติ เรืองพานิช. 2547. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิวัติชัย คัมภีร์. 2539. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบทางอุทกวิทยาของอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กโดยวิธี SCS สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญช่วย ชุนหกิจ. 2536. อิทธิพลของลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพของกลุ่มน้ำและการทำลายป่าต่อลักษณะการไหลของน้ำในลำธารในกลุ่มน้ำมูล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงษ์ศักดิ์ ลาภอุดมเลิศ. 2518. สมการสหสัมพันธ์เพื่อการประเมินน้ำไหลจากลุ่มน้ำขนาดเล็กป่าดิบเขาตอปปุย เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และ พันทิพย์ ธิดิโรจนวัฒน์. 2551. การกำหนดค่า SCS-CN ของพืชคลุมดินเพื่อการจัดการพื้นที่ต้นน้ำ. เอกสารเผยแพร่ที่ 7/2551. ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

เพชร พลอยเจริญ. 2539. ศักยภาพในการให้น้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช กิ่งอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพิ่มศักดิ์ มกรภิรมย์. 2522. ลักษณะอุทกวิทยาของดินที่สัมพันธ์กับน้ำในลำธารช่วงแล้งฝนของป่าดิบเขาธรรมชาติภาคเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา. 2552. การวิเคราะห์ลุ่มน้ำแม่ถาง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไมตรี ฝอยทอง. 2532. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน - น้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SCS Model. รายงานโครงการงานวิศวกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิกุล โลหะมงคล. 2533. การจำลองสภาพทางอุทกวิทยาที่รวมการแปรผันของพื้นที่และเวลา.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิชา นิยม. 2535. อุทกวิทยาป่าไม้. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศักดิ์พินิต ผดุงกิต. 2532. อิทธิพลของขนาดพื้นที่ต้นน้ำลำธารและการทำลายป่าต่อปริมาณน้ำไหล
ในลำธารบนพื้นที่ราบเนินบริเวณลุ่มน้ำแม่วังและแม่ยม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภรัตน์ ตำราญ. 2527. ดัชนีพลังงานของฝนในสมการสูญเสียดินสากลบนพื้นที่ภูเขาภาคเหนือ
ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สงวน ปัทมธรรมกุล. 2550. รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมของลุ่มน้ำชีโดย
ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สุนันทา โชติกเสถียร. 2531. บทบาทของชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่อปริมาณและลักษณะการไหลของ
น้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำปิง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุระ พัฒนเกียรติ. 2546. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในทางนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม
(Geo-Informatics in Ecology and Environment). ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ยูไนเต็ด
โปรดักชั่น, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2538. จากห้วงอวกาศสู่พื้นแผ่นดินไทย ฉบับย่อ.
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม,
กรุงเทพฯ.

_____. 2540. คำบรรยายเรื่องการสำรวจระยะไกล. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย. 2552. ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักชลประทานที่ 4. 2550. การบริหารจัดการลุ่มน้ำยม. กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552. แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำยมตอนบน.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2552. แผนที่ลุ่มน้ำในประเทศไทย.

สำนักพัฒนาอตุณิยวิทยา. 2552ก. รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา. กรมอตุณิยวิทยา กระทรวงคมนาคม, กรุงเทพฯ.

_____. 2552ข. ข้อมูลอตุณิยวิทยา สถานีอตุณิยวิทยาจังหวัดพะเยา จังหวัดแพร่ และจังหวัดน่าน. กรมอตุณิยวิทยา กระทรวงคมนาคม, กรุงเทพฯ.

สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ. 2552. ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนสถานีบ้านทุ่งหนอง อำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา (Y.31). กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2528. ธรณีวิทยา. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

อุทัย สุขสิงห์. 2547. การจัดการระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ด้วยโปรแกรม ArcView 3.2a - 3.3. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

อักริศ นโรปกรณ์. 2546. ผลกระทบของการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินต่อสมดุลของน้ำและช่วงระยะเวลาการไหลของน้ำท่าในลุ่มน้ำมูล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- Amutha, R. and P. Porchelvan. 2009. Estimation of Surface Runoff in Malattar Sub-watershed using SCS-CN Method. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 37: 291-304.
- Bastawesy, M.A., F.I. Khalaf and S.M. Arafat. 2008. The use of remote sensing and GIS for the estimation of water loss from Tushka Lakes, south Western Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*. Available Source: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VDT-4S7BDPB-1&_user=122832, November 4, 2008.
- Burrough, P.A. 1986. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford Univ. Press, New York.
- Environmental Systems Research Institute. 2000. *Using ArcGIS 3D Analyst*. United States of America.
- Kittisiriwattanakul, T.. 2002. *The Applicability of GIS and SCS Runoff Curve Number in Estimating Total Runoff*. M.S. Thesis, Mahidol University.
- Mishra, S.K. and V.P. Singh. 2003. *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Mustafa, Y.M., M.S.M. Amin, T.S. Lee and A.R.M. Shariff. 2005. Evaluation of Land Development Impact on a tropical watershed hydrology Using Remote Sensing and GIS. Available Source: http://www.spatialhydrology.com/journal/articles_under_review.htm, January 5, 2010.
- Nash, J.E. and J.V. Sutcliffe. 1970. River Flow Forecasting through Conceptual Model, Part I: A Discussion of Principles. *Journal of Hydrology* 10: 282- 290.

Natural Resources Conservation Service. 1986. Urban Hydrology for Small Watersheds. Conservation Engineering Division, United States.

Nayak, T.R. and R.K. Jaiswal. 2003. Rainfall-Runoff Modelling using Satellite Data and GIS for Bebas River in Madhya Pradesh. IE(I)Journal. Available Source: <http://www.ieindia.org/publish/CV/0503/may03CV9.pdf>, December 28, 2009.

Patil, J.P., A. Sarangi, A.K. Singh and T. Ahmad. 2008. Evaluation of modified CN methods for watershed runoff estimation using a GIS-based interface. Biosystems Engineering 100: 137-146.

Reshmidevi, T.V., R. Jana and T.I. Eldho. 2008. Geospatial Estimation of Soil Moisture in Rain-fed Paddy Field using SCS-CN-based Model. Agricultural Water Management 95: 447-457.

Sahu, R.K., S.K. Mishra and T.I. Eldho. 2010. Comparative Evaluation of SCS-CN-inspired Models in Applications to Classified Datasets. Agricultural Water Management 97: 749-756.

Sawunyama, T., A. Senzanje and A. Mhizha. 2006. Estimation of Small Reservoir Storage Capacities in Limpopo River Basin using Geographical Information Systems (GIS) and Remotely Sensed Surface Areas: Case of Mzingwane Catchment. Physics and Chemistry of the Earth 31: 935-943.

ShengTian, Y., L. ChuangMing and S. Rui. 2006. The Temporal and Spatial Analysis of Drought in Yellow River Basin Using Remote Sensing and GIS. Available Source: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=01294418>, October 16, 2006.

- Singh, R., J.C. van Dam and R.A. Feddes. 2005. Water Productivity Analysis of Irrigated Crops in Sirsa District, India. Agricultural Water Management. Available Source: http://library.wur.nl/way/catalogue/documents/WATPRO_final_report.pdf, January 5, 2010.
- Soil Conservation Service (SCS). 1972. National Engineering Handbook, Section 4. Hydrology, Chapter 10, Soil Conservation Service. US Department of Agriculture, Washington., DC.
- Star, J. and J.F. Estes. 1990. Geographic Information System: An Introduction. A Division of Simon & Schuster Englewood Cliffs, New Jersey.
- Walter, H. 1979. Vegetation of the Earth: In Relation to Climate and the Ecophysiological Condition. Springer-Verlag, New York.
- Xianzhao, LIU. and LI. Jiazhu. 2008. Application of SCS Model in Estimation of Runoff from Small Watershed in Loess Plateau of China. Chinese Geographical Science. Available Source: <http://www.springerlink.com/index/HR0T221J45742217.pdf>, January 5, 2010.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ค่า curve number (CN) สำหรับพื้นที่เมือง

สำหรับพื้นที่เมือง ¹					
ชนิดสิ่งคลุมดินและสภาพอุทกวิทยา	ร้อยละเฉลี่ยพื้นที่ที่ไม่ซึมน้ำ ²	ค่า curve number (CN) สำหรับชุดดินทางอุทกศาสตร์ (HSG's)			
		A	B	C	D
พื้นที่เมืองที่ได้รับการพัฒนาอย่างสมบูรณ์ (vegetation established)					
ที่โล่ง (สนามหญ้า สวนสาธารณะ สนามกอล์ฟ ที่ฝังศพ เป็นต้น) ³ :					
สภาพไม่ดี (หญ้าปกคลุม < 50 %)		68	79	86	89
สภาพพอใช้ (หญ้าปกคลุม 50 % - 75 %)		49	69	79	84
สภาพดี (หญ้าปกคลุม > 75 %)		39	61	74	80
พื้นที่ไม่ซึมน้ำ :					
ที่จอดรถแบบมีฉาบหน้า หลังคา ทางรถ เป็นต้น (ไม่รวม right-of way)		98	98	98	98
ถนน :					
มีฉาบหน้า ขอบและระบายระบายน้ำฝน (ไม่รวม right-of way)		98	98	98	98
มีฉาบหน้า คูเปิด (รวม right-of-way)		83	89	92	93
กรวด (รวม right-of-way)		76	85	89	91
โรยดิน (รวม right-of-way)		72	82	87	89
พื้นที่เมืองซึ่งเป็นทะเลทรายทางตะวันตก:					
ภูมิประเทศแบบทะเลทรายธรรมชาติ (พื้นที่ที่ชุ่มน้ำเท่านั้น) ⁴					
ภูมิประเทศแบบทะเลทรายที่สร้างขึ้น					
(วัชพืชที่เป็นตัวขวางที่ไม่ชุ่มน้ำ ไม่พุ่มทะเลทรายในทราย 1-2 นิ้ว หรือในกรวด และล้อมรอบอ่าง)					
เขตเมือง:					
ธุรกิจและพาณิชย์	85	89	92	94	95
อุตสาหกรรม	72	81	88	91	93

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

สำหรับพื้นที่เมือง ¹						
ชนิดสิ่งปกคลุมดินและสภาพอุทกวิทยา	ร้อยละเฉลี่ยพื้นที่ที่ไม่ซึมน้ำ ²	ค่า curve number (CN) สำหรับชุดดินทางอุทกศาสตร์ (HSG's)				
		A	B	C	D	
เขตที่อยู่อาศัยตามขนาดโดยเฉลี่ย						
1/8 เอเคอร์ (0.051 ตร.ม.) หรือน้อยกว่า (บ้านในเมือง)	65	77	85	90	92	
1/4 เอเคอร์ (0.101 ตร.ม.)	38	61	75	83	87	
1/3 เอเคอร์ (0.135 ตร.ม.)	30	57	72	81	86	
1/2 เอเคอร์ (0.202 ตร.ม.)	25	54	70	80	85	
1 เอเคอร์ (0.405 ตร.ม.)	20	51	68	79	84	
2 เอเคอร์ (0.809 ตร.ม.)	12	46	65	77	82	
พื้นที่กำลังพัฒนาสู่ความเป็นเมือง						
พื้นที่ซึ่งเพิ่งเคลือบให้เรียบ (พื้นที่ซึมน้ำได้เท่านั้น ไม่มีพืช) ⁵		77	86	91	94	
พื้นที่ว่างเปล่า (ใช้ CN ในการพิจารณาประเภทสิ่งปกคลุมซึ่งคล้ายกับพื้นที่เกษตรกรรม)						

หมายเหตุ ¹ สภาพ runoff เฉลี่ย และ $la = 0.2S$

² ร้อยละเฉลี่ยของพื้นที่ไม่ซึมน้ำใช้เพื่อปรับปรุงส่วนประกอบของ CN ข้อสมมติอื่น คือ พื้นที่ไม่ซึมน้ำอยู่ติดกับระบบระบายน้ำโดยตรง พื้นที่ระบายน้ำมี CN เป็น 98 และพื้นที่ที่ซึมน้ำได้จะถือว่าเท่ากับที่โล่งซึ่งมีสภาพอุทกวิทยาที่ดี

³ CN นี้เท่ากับทู่หญาเฉลี่ยสัตว์ CN ประกอบอาจคำนวณสำหรับการรวมกันแบบอื่นของที่โล่งซึ่งมีสิ่งปกคลุม

⁴ CN ประกอบสำหรับภูมิประเทศแบบทะเลทรายตามธรรมชาติควรคำนวณตามร้อยละของพื้นที่ไม่ซึมน้ำ (CN = 98) และ CN ของพื้นที่ซึมน้ำ ซึ่งถือว่าเท่ากับไม่พุ่มทะเลทรายในสภาพอุทกวิทยาที่ไม่ดี

⁵ CN ประกอบในการออกแบบวัดชั่วคราวระหว่างการเคลือบที่ให้เรียบ และการก่อสร้างคำนวณตามระดับการพัฒนา (ร้อยละของพื้นที่ไม่ซึมน้ำ) และ CN สำหรับพื้นที่ซึมน้ำที่เพิ่งได้รับการเคลือบให้เรียบ

ที่มา: Soil Conservation Service (1972)

ตารางผนวกที่ 2 ค่า curve number (CN) สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมเพาะปลูก

สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมเพาะปลูก						
ประเภทสิ่งปกคลุม ¹	วิธีการเพาะปลูก ²	สภาพ อุทกวิทยา ³	ค่า curve number (CN)			
			สำหรับชุดดินทาง อุทกศาสตร์ (HSG's)			
			A	B	C	D
ที่ซึ่งไถคราดทั้งไว้	ดินโล่ง	-	77	86	91	94
	ปกคลุมด้วยซากพืช	ไม่ดี	76	85	90	93
	(crop residu cover)	ดี	74	83	88	90
การปลูกพืชไร่เป็น แนว	แถวตรง (straight-row)	ไม่ดี	72	81	88	91
		ดี	67	78	85	89
	แนวตรงและปกคลุมด้วยซากพืช	ไม่ดี	71	80	87	90
		ดี	64	75	82	85
	แถวตามระดับพื้นที่ (contoured)	ไม่ดี	70	79	84	88
		ดี	65	75	82	86
	แถวตามระดับพื้นที่ และปกคลุม	ไม่ดี	69	78	83	87
	ด้วยซากพืช	ดี	64	74	81	85
	ตามแนวระดับพื้นที่และขั้นบันได	ไม่ดี	66	74	80	82
	(terrace)	ดี	62	71	78	81
	ตามแนวระดับพื้นที่และขั้นบันได	ไม่ดี	65	73	79	81
	และปกคลุมด้วยซากพืช	ดี	61	70	77	80
พืชเมล็ดเล็ก, ข้าว (small grain)	แถวตรง	ไม่ดี	65	76	84	88
		ดี	63	75	83	87
	แถวตรงและปกคลุมด้วยซากพืช	ไม่ดี	64	75	83	86
		ดี	60	72	80	84
	แถวตามระดับพื้นที่	ไม่ดี	63	74	82	85
		ดี	61	73	81	84
	แถวตามระดับพื้นที่และปกคลุม	ไม่ดี	62	73	81	84
	ด้วยซากพืช	ดี	60	72	80	83
	แถวตามระดับพื้นที่และขั้นบันได	ไม่ดี	61	72	79	82
		ดี	59	70	78	81

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมเพาะปลูก						
รายละเอียดสิ่งปกคลุมดิน			ค่า curve number (CN)			
ประเภทสิ่งปกคลุม ¹	วิธีการเพาะปลูก ²	สภาพ อุทกวิทยา ³	สำหรับชุดดินทาง อุทกศาสตร์ (HSG's)			
			A	B	C	D
พืชเมล็ดเล็ก, ข้าว (small grain)	แถวตามระดับพื้นที่ขั้นบันได	ไม่ดี	60	71	78	81
	และปกคลุมด้วยซากพืช	ดี	58	69	77	80
	แถวตรง	ไม่ดี	66	77	85	89
closed-seed		ดี	58	72	81	85
หรือการหว่านพืช	แถวตามระดับพื้นที่	ไม่ดี	64	75	83	85
ตระกูลถั่วหรือ		ดี	55	69	78	83
ทุ่งหญ้าหมุนเวียน	แถวตามระดับพื้นที่และขั้นบันได	ไม่ดี	63	73	80	83
		ดี	51	67	76	80

หมายเหตุ ¹ สภาพ runoff เฉลี่ย และ $la = 0.2S$

² ซากพืชปกคลุม ใช้ได้เมื่อมีซากน้อยกว่า 5 % ของผิวหน้า ตลอดปี

³ สภาพอุทกวิทยายึดถือตามการรวมปัจจัยที่มีผลต่อการไหลซึมลงดินและ runoff รวมถึง (a) ความหนาแน่นและการครอบคลุมของพื้นที่ที่เป็นพืชพันธุ์ (b) ปริมาณการปกคลุมในตลอดปี (c) ปริมาณการหมุนเวียนของหญ้าหรือ closed-seeded legume (d) ร้อยละของซากปกคลุมบริเวณผิวหน้า (ดี ≥ 20 %) และ (e) ระดับความหยาบของผิวหน้า

ไม่ดี: ปัจจัยที่ทำให้การไหลซึมไม่ดี และช่วยเพิ่ม runoff

ดี: ปัจจัยที่สนับสนุนการไหลซึมเฉลี่ยและดีกว่าการไหลซึมเฉลี่ย และลด runoff

ที่มา: Soil Conservation Service (1972)

ตารางผนวกที่ 3 ค่า curve number (CN) สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ

สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ¹		ค่า curve number (CN)			
ชนิดสิ่งปกคลุมดิน	สภาพ อุทกวิทยา	สำหรับชุดดินทาง อุทกศาสตร์ (HSG's)			
		A	B	C	D
ทุ่งหญ้า pasture ทุ่งหญ้า หรือทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ²	ไม่ดี	68	79	86	89
	พอใช้	49	69	79	84
	ดี	39	61	74	78
ทุ่งหญ้า meadow - ทุ่งหญ้าต่อเนื่อง ป้องกันจากการเป็นอาหารสัตว์ และตัดไปทำฟาง	-	30	59	71	78
ไม้เตี้ย ๆ - หญ้า - ไม้เตี้ยผสมกับไม้เตี้ยเป็นหลัก ³	ไม่ดี	48	67	77	83
	พอใช้	35	56	70	77
	ดี	30 ⁴	48	65	73
ป่า - การรวมกันของหญ้า (สวนผลไม้หรือสวนต้นไม้) ⁵	ไม่ดี	57	73	76	86
	พอใช้	43	65	82	82
	ดี	32	58	76	79
ป่า ⁶	ไม่ดี	45	66	77	83
	พอใช้	36	60	73	79
	ดี	30 ⁴	55	70	77
โรงนา - อาคาร, ทางเดิน, ทางรถ และสิ่งรอบข้าง	-	59	74	82	86

หมายเหตุ ¹ สภาพ runoff เฉลี่ย และ $la = 0.2S$

² ไม่ดี: มีสิ่งคลุมดิน <50 % หรือมีหญ้าหนาแน่นโดยไม่มีใบไม้คลุม พอใช้: มีสิ่งคลุมดิน 50-75 % และมีหญ้าไม่หนาแน่น ดี: มีสิ่งคลุมดิน >75% หรือมีหญ้าเบาบาง

³ ไม่ดี: มีสิ่งคลุมดิน <50 % พอใช้: มีสิ่งคลุมดิน 50-75% ดี: มีสิ่งคลุมดิน >75 %

⁴ curve number ที่แท้จริงน้อยกว่า 30 ใช้ CN = 30 ในการคำนวณ runoff

⁵ CN ที่แสดงไว้คำนวณจากพื้นที่ซึ่งมีป่า 50 % และหญ้า (pasture) ปกคลุม 50 %
สภาพการรวมกันแบบอื่น อาจคำนวณจาก CN สำหรับป่าและ pasture

⁶ ไม่ดี: หญ้าขึ้นระเกะระกะ ต้นไม้เล็ก ๆ และไม้เตี้ยซึ่งถูกทำลายเนื่องจากการเลี้ยงสัตว์
หรือการเผาไหม้ พอใช้: ป่าซึ่งใช้เลี้ยงสัตว์ แต่ไม่ถูกเผาไหม้ มีหญ้าขึ้นระเกะระกะปก

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

คลุมอยู่บ้าง ดิ: ป่าที่ได้รับการป้องกันจากการถูกนำไปเลี้ยงสัตว์ และหญ้าและไม้เตี้ย
คลุมดินพอสมควร

ที่มา: Soil Conservation Service (1972)



ตารางผนวกที่ 4 ค่า curve number (CN) สำหรับพื้นที่แห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้ง

สำหรับพื้นที่แห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้ง ¹					
ชนิดสิ่งปกคลุมดิน	สภาพ อุทกวิทยา ²	ค่า curve number (CN) สำหรับชุดดินทาง อุทกศาสตร์ (HSG's)			
		A ³	B	C	D
ไม้ลำต้นอ่อน - เป็นการผสมของหญ้า วัชพืช และไม้เตี้ยโตช้า กับ การ brush ส่วนรอง	ไม่ดี	80	87	93	
	พอใช้	71	81	89	
	ดี	62	74	85	
ต้นโอ๊ค ต้นแอสเพน ไม้เตี้ยแถบภูเขาพร้อมกับไม้โอ๊คเตี้ย ต้นแอสเพน ต้นมะฮอกกานีภูเขา ไม้เตี้ยเมืองหนาว ต้นเมเปิ้ล และ ไม้เตี้ยอื่น ๆ	ไม่ดี	66	74	79	
	พอใช้	48	57	63	
	ดี	30	41	48	
ต้นสน – pinyon - pinyon ต้นสน หรือทั้งคู่ หญ้า understory	ไม่ดี	75	85	89	
	พอใช้	58	73	80	
	ดี	41	61	71	
ไม้จำพวกพกากรองกับหญ้า understory	ไม่ดี	67	80	85	
	พอใช้	51	63	70	
	ดี	35	47	55	
ไม้เตี้ยเขตแห้งแล้ง ไม้หลักรวมทั้ง saltbrush, greasewood, creosotebush, blackbrush, bursage, palo verde, mesquite และไม้จำพวกตะบองเพชร	ไม่ดี	63	77	85	
	พอใช้	55	72	81	
	ดี	49	68	79	

หมายเหตุ ¹ สภาพ runoff เฉลี่ย และ $Ia = 0.2S$ สำหรับบริเวณที่มีความชื้นใช้ค่าจากตารางผนวกที่

1 สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ

² ไม่ดี: มีสิ่งคลุมดิน <30 % (ฟาง หญ้า และไม้เตี้ย) พอใช้: มีสิ่งคลุมดิน 30-70 %

ดี: มีสิ่งคลุมดิน >70 %

³ curve number สำหรับชุด A ได้มีการปรับปรุงขึ้นสำหรับไม้เตี้ยที่ถูกละทิ้ง

ที่มา: Soil Conservation Service (1972)

ตารางผนวกที่ 5 ค่า curve number (CN) สำหรับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน

สิ่งปกคลุมดิน	ค่า curve number (CN) สำหรับชุดดิน ทางอุทกศาสตร์ (HSG's)			
	A	B	C	D
เขตเมือง - ธุรกิจและพาณิชย์ (พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 85 %)	89	92	94	95
- อุตสาหกรรม (พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 72 %)	81	88	91	93
เขตที่อยู่อาศัย - บ้านในเมือง (พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 65 %)	77	85	90	92
- บ้านในชนบท (พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 12 %)	46	65	77	82
พื้นที่ว่างเปล่า	77	86	91	94
พืชไร่ (สภาพอุทกวิทยาดี) - ที่ราบ (slope 0-5 % , B)	67	78	85	89
- ที่มีระดับ (slope 5-20 % , C,D)	65	75	82	86
- ขึ้นบันได (slope 20-35 % , E)	62	71	78	81
ข้าว (สภาพอุทกวิทยาดี) - ที่ราบ (slope 0-5 % , B)	63	75	83	87
- ที่มีระดับ (slope 5-20 % , C,D)	61	73	81	84
- ขึ้นบันได (slope 20-35 % , E)	59	70	78	81
พืชตระกูลถั่ว (สภาพอุทกวิทยาดี) - ที่ราบ (slope 0-5 % , B)	58	72	81	85
- ที่มีระดับ (slope 5-20 % , C,D)	55	69	78	83
- ขึ้นบันได (slope 20-35 % , E)	51	67	76	80
ทุ่งหญ้า (สภาพอุทกวิทยาดี)	39	61	74	80
ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่มเตี้ย, ไม้พุ่มเตี้ย (สภาพอุทกวิทยาดี)	30	48	65	73
สวนผลไม้ สวนป่า (สภาพอุทกวิทยาดี)	32	58	72	79
ป่าเบญจพรรณ (สภาพอุทกวิทยาดี)	36	60	73	79
ป่าไม้ (สภาพอุทกวิทยาดี)	30	55	76	77
โรงนา	59	74	82	86
พื้นที่ไม่ซึมน้ำ (ถนน ที่จอดรถ พื้นที่ระบายน้ำ)	98	98	98	98

ที่มา: ฌัฐ (2542)

ตารางผนวกที่ 6 ค่าการสูญเสียเริ่มต้น

curve number (CN)	Ia (นิ้ว)	Ia (มม.)	curve number (CN)	Ia (นิ้ว)	Ia (มม.)
40	3.000	76.200	70	0.857	21.768
41	2.878	73.101	71	0.817	20.752
42	2.762	70.155	72	0.778	19.761
43	2.651	67.335	73	0.740	18.796
44	2.545	65.643	74	0.703	17.856
45	2.444	62.078	75	0.667	16.942
46	2.348	59.639	76	0.632	16.053
47	2.255	57.277	77	0.597	15.164
48	2.167	55.042	78	0.564	14.326
49	2.082	52.883	79	0.532	13.513
50	2.000	50.800	80	0.500	12.700
51	1.922	48.819	81	0.469	11.613
52	1.846	46.888	82	0.439	11.151
53	1.774	45.060	83	0.410	10.414
54	1.704	43.282	84	0.381	9.677
55	1.636	41.554	85	0.353	8.966
56	1.571	39.903	86	0.326	8.280
57	1.509	38.329	87	0.299	7.595
58	1.447	36.779	88	0.273	6.934
59	1.390	35.306	89	0.247	6.274
60	1.333	33.858	90	0.222	5.639
61	1.279	32.487	91	0.198	5.029
62	1.226	31.140	92	0.174	4.420
63	1.175	29.845	93	0.151	3.835
64	1.125	28.575	94	0.128	3.251
65	1.077	27.356	95	0.105	2.667
66	1.030	26.162	96	0.083	2.108
67	0.985	25.019	97	0.062	1.575
68	0.941	23.901	98	0.041	1.041
69	0.899	22.835	100	0.000	0.000

ที่มา: Soil Conservation Service (1972)

ตารางผนวกที่ 7 ความสัมพันธ์ของค่า CN ตามการจัดระดับความชื้นก่อนหน้า (AMC)

CN		
AMC II	AMC I	AMC III
100	100	100
95	89	97
90	80	96
85	71	93
80	64	91
75	57	88
70	51	85
65	45	82
60	40	78
55	35	75
50	31	70
45	27	66
40	23	61
35	19	56
30	16	50
25	13	44
30	10	37
15	7	30
10	5	21
5	3	11
0	0	0

ที่มา: Soil Conservation Service (1972)

ตารางผนวกที่ 8 ข้อมูลปริมาณน้ำทำรายเดือนสถานีบ้านทุ่งหนอง อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดพะเยา (Y.31)

หน่วย: ล้านลูกบาศก์เมตร

พ.ศ.	เดือน											
	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
2542	4.05	13.46	57.27	35.85	131.16	341.46	92.70	44.41	22.34	12.74	8.46	7.08
2543	8.52	41.62	59.66	163.66	141.45	139.56	89.44	35.90	17.15	9.48	5.16	10.82
2544	4.54	28.20	31.57	109.47	299.65	198.21	101.16	51.62	23.52	17.26	7.78	5.00
2545	5.32	81.37	48.45	77.15	178.66	311.70	89.87	48.44	33.51	13.25	10.84	12.03
2546	7.96	13.30	15.32	78.46	211.43	328.98	59.08	40.77	18.66	12.06	6.33	3.36
2547	7.65	15.06	53.41	103.36	146.67	286.85	57.61	23.31	13.41	8.14	4.22	2.41
2548	7.62	11.41	20.00	54.31	184.37	261.60	43.84	55.92	21.61	12.88	7.05	4.34
2549	15.30	39.80	14.53	36.19	427.73	347.28	69.11	32.75	20.69	12.60	12.89	8.77
2550	3.89	24.62	36.31	29.76	127.26	131.97	136.67	26.71	14.17	5.49	17.72	9.38
2551	11.17	24.54	49.90	169.70	400.10	316.85	136.27	40.28	18.53	15.04	4.93	21.95
รวม	76.02	293.38	386.42	857.91	2,248.48	2,664.46	875.75	400.11	203.59	118.94	85.38	85.14
เฉลี่ย	7.60	29.34	38.64	85.79	224.85	266.45	87.58	40.01	20.36	11.89	8.54	8.51

ที่มา: สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน (2552)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวสุรรัตน์ ขอสันเทียะ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	27 ตุลาคม 2525
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	ศิลปศาสตรบัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัทริชชอสส์ เอนจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-