

การประยุกต์แบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง SCS-CN ในการคาดการณ์
การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำไหลบ่าในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ



ปานฤทัย เวียงนาค

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์

พฤษภาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การประยุกต์แบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง SCS-CN ในการคาดการณ์
การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำไหลบ่าในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ



การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์

พฤษภาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

APPLICATION OF SCS-CN AND CA-MARKOV MODELS IN RUNOFF AND LAND USE
PREDICTION IN THE NORTH-MEKONG BASIN



An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment
of the Requirements for the Master of Science Degree
in Applied Geoinformatics

May 2025

Copyright 2025 by University of Phayao

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

เรื่อง

การประยุกต์แบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง SCS-CN ในการคาดการณ์
การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำไหลบ่าในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ

ของ ปานฤทัย เวียงนาค

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

----- ประธานกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รังสรรค์ เกตุอื้อต)

----- อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิตี เอี่ยมชื่น)

----- อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ)

----- คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรเทพ โรจนวสุ)

- เรื่อง:** การประยุกต์แบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง SCS-CN ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำไหลบ่าในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ
- ผู้ศึกษาค้นคว้า:** ปานฤทัย เวียงนาค, การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง: วท.ม.(ภูมิสารสนเทศประยุกต์), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2567
- อาจารย์ที่ปรึกษา:** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติ เอี่ยมชื่น
- คำสำคัญ:** SCS-CN, น้ำไหลบ่า, การใช้ประโยชน์ที่ดิน, แบบจำลอง CA-Markov, ลุ่มน้ำโขงเหนือ

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการประยุกต์แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน CA-Markov ที่ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ จากกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2552 ปี 2558 และ ปี 2564 ร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ เช่น ปริมาณน้ำฝนรายปี (ปี 2552-2565) ลักษณะทางอุทกวิทยาของดิน ประกอบกับการนำเทคนิคทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ โดยนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินมาแบ่งประเภทใหม่ให้เป็น 7 ประเภท ให้สอดคล้องกับวิธีของ แบบจำลอง SCS-CN ประกอบด้วย พื้นที่ป่าไม้ (F), พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น (G), พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ เช่น พื้นที่นา (A), พื้นที่อุตสาหกรรมและที่ทิ้งขยะ (I), เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ (U), พื้นที่เมือง (U) และพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ขึ้นฉะ (W) เพื่อใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำไหลบ่าโดยใช้วิธีการ Soil Conservation Service Curve Number หรือ SCS-CN ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำไหลบ่าที่มีค่าน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2558 ปี พ.ศ. 2564 ปี พ.ศ. 2570 ปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนมากกว่าปกติ และปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนน้อยกว่าปกติ ตกอยู่ในพื้นที่ป่า (F) ทั้งหมด โดยมีปริมาณ 459 มิลลิเมตร 731 มิลลิเมตร 749 มิลลิเมตร 671 มิลลิเมตร และ 461 มิลลิเมตร ตามลำดับ และปริมาณน้ำไหลบ่าที่มีค่ามากที่สุดในปี พ.ศ. 2558 ปี พ.ศ. 2564 ปี พ.ศ. 2570 และปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนน้อยกว่าปกติ ตกอยู่ในพื้นที่เมือง (U) โดยมีปริมาณ 1,431 มิลลิเมตร 2,155 มิลลิเมตร 1,872 มิลลิเมตร และ 1,335 มิลลิเมตร ตามลำดับ และปริมาณน้ำไหลบ่าที่มีค่ามากที่สุดในปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนมากกว่าปกติ ตกอยู่ในพื้นที่อุตสาหกรรม (I) มีปริมาณ 3,032 มิลลิเมตร โดยปริมาณน้ำไหลบ่ามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละปี แต่ยังไม่พบความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปริมาณน้ำไหลบ่าอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ จากผลการศึกษา ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทส่งผลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าโดยตรง ดังนั้น การวางแผนลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต และการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่จะตกในแต่ละปี จึงมีความสำคัญในการวางแผนเพื่อการป้องกันอุทกภัยที่อาจเกิดขึ้น

Title: APPLICATION OF SCS-CN AND CA-MARKOV MODELS IN RUNOFF AND LAND USE PREDICTION IN THE NORTH-MEKONG BASIN

Author: Panruetai Wiangnak, Independent Study: M.Sc. (Applied Geoinformatics), University of Phayao, 2024

Advisor: Assistant Professor Dr. Niti Iamcheun

Keywords: SCS-CN, Runoff, Land Use, CA-Markov Model, North-Mekong Basin

ABSTRACT

This study applies CA-Markov Modeling of land use land cover change predictions and other factors such as annual rainfall and soil hydrological characteristics, along with geographic information techniques, to Forecast water runoff from Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) model in the North-Mekong Watershed. The study found that the lowest runoff volume occurred in the year 2015, 2021, 2027 under both above-normal and below-normal rainfall scenario, all occurred in forest areas (F), with respective amounts 459 millimeters, 731 millimeters, 749 millimeters, 671 millimeters, and 461 millimeters. Conversely, the maximum runoff volume in 2015, 2021, 2027, and the below-normal rainfall scenario in 2027 occurred in urban areas (U), with amounts of 1,431 millimeters, 2,155 millimeters, 1,872 millimeters, and 1,335 millimeters, respectively. The highest runoff volume in 2027 under above-normal rainfall scenario was occurred in industrial areas (I), amounts 3,032 millimeters. The runoff volume shows a positive correlation with the annual average rainfall. However, no significant relationship was found between land use changes and runoff volume. From the study, it is evident that land use patterns directly influence runoff volume. Therefore, future land use planning and rainfall forecasting are crucial for effective flood prevention and management.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนี้สำเร็จได้ด้วยความรู้จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติ เอี่ยมชื่น ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของการศึกษา ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ เกตุอื้อต ประธานกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติ เอี่ยมชื่น และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ กรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองที่ให้คำแนะนำการปรับปรุงแก้ไข และชี้แนะการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ กรมพัฒนาที่ดิน เจ้าของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) และข้อมูลชุดดิน (Soil Map) กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน และคลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ เจ้าของข้อมูลปริมาณน้ำฝน และกรมทรัพยากรธรณี เจ้าของข้อมูลชั้นหินจากแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการศึกษา

นอกจากนี้ ขอขอบคุณครอบครัวที่สนับสนุนด้านการศึกษามาตลอด ขอขอบคุณเพื่อนทุกคนที่เป็นกำลังใจให้การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

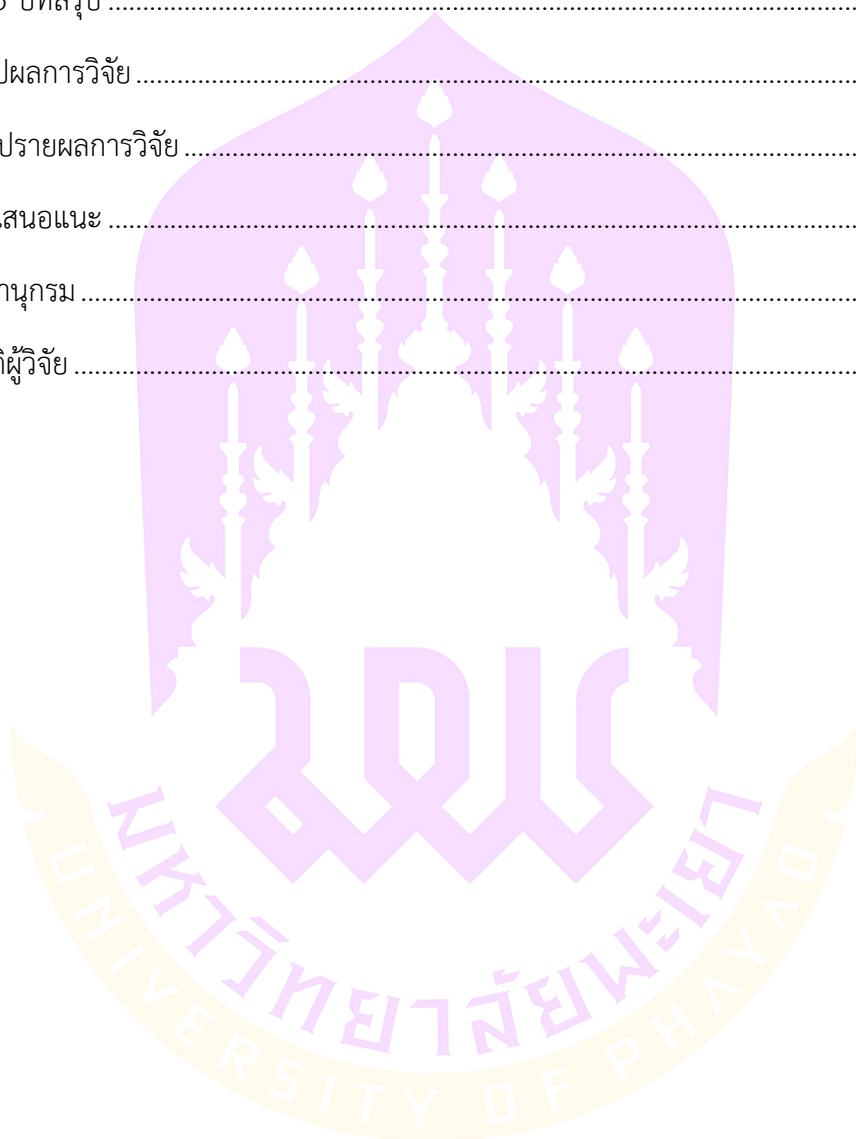
ปานฤทัย เวียงนาค



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
สภาพพื้นที่ศึกษา.....	5
แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	9
เอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
เครื่องมือและอุปกรณ์.....	27
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	27
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	30
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	36

ผลการศึกษตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1	36
ผลการศึกษตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2	50
ผลการศึกษตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3	54
บทที่ 5 บทสรุป	64
สรุปผลการวิจัย	64
อภิปรายผลการวิจัย	65
ข้อเสนอแนะ	66
บรรณานุกรม	67
ประวัติผู้วิจัย	71



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 14 ปี (พ.ศ. 2552-พ.ศ. 2565).....	29
ตาราง 2 ตารางแสดงการแยกข้อมูลชนิดดิน	33
ตาราง 3 Runoff Curve Number (CN) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่าง ๆ ของ SCS	34
ตาราง 4 พื้นที่ศึกษาแบ่งตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	37
ตาราง 5 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ปี 2552 และ ปี 2558	39
ตาราง 6 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (7 ประเภท) ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ระหว่างปี 2552- 2558	40
ตาราง 7 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564 ที่ได้จากการพยากรณ์การใช้ ประโยชน์ที่ดินปี 2552 และปี 2558 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov	41
ตาราง 8 ค่าความถูกต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov เทียบกับกรมพัฒนาที่ดิน	44
ตาราง 9 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564 ที่ได้จากการพยากรณ์ ด้วยแบบจำลอง CA-Markov กับการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 ของกรมพัฒนาที่ดิน	45
ตาราง 10 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ปี 2558 และ ปี 2564 และการเปลี่ยนแปลง	46
ตาราง 11 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (7 ประเภท) ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ระหว่างปี 2558 -2564	47
ตาราง 12 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2570 ที่ได้จากการพยากรณ์การใช้ ประโยชน์ที่ดินปี 2558 และปี 2564 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov	48
ตาราง 13 ผลปริมาณน้ำไหลบ่าลุ่มน้ำโขงเหนือ (หน่วย:มิลลิเมตร).....	52
ตาราง 14 ค่าสถิติของข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่า.....	54
ตาราง 15 การใช้ประโยชน์ที่ดินและปริมาณน้ำไหลบ่า.....	55
ตาราง 16 ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่าในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน	60

ตาราง 17 การใช้ประโยชน์ที่ดินและร้อยละของปริมาณน้ำไหลป่าเฉลี่ยที่ได้ เมื่อเทียบกับปริมาณ น้ำฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	61
---	----



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 ตารางแสดงรายละเอียดของจังหวัดในกลุ่มน้ำโขงเหนือ	6
ภาพ 2 ขอบเขตจังหวัดในกลุ่มน้ำโขงเหนือ	6
ภาพ 3 แผนที่แสดงขอบเขตลุ่มน้ำสาขาในกลุ่มน้ำโขงเหนือ	7
ภาพ 4 ตารางแสดงรายละเอียดของลุ่มน้ำสาขาในกลุ่มน้ำโขงเหนือ	8
ภาพ 5 โครงสร้างข้อมูลของเวกเตอร์ Point, Line และ Polygon	10
ภาพ 6 โครงสร้างข้อมูลแบบแรสเตอร์	11
ภาพ 7 ลักษณะของข้อมูลอรรถธิบาย	12
ภาพ 8 องค์ประกอบในการทำงานของระบบ GIS	13
ภาพ 9 ทฤษฎีสัมพันธภาพทั่วไป (สัดส่วนคงที่)	17
ภาพ 10 ผังงานการประมาณค่าปริมาณน้ำท่าพื้นผิว โดยวิธีการ SCS CURVE NUMBER	20
ภาพ 11 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน บริเวณลุ่มน้ำโขงเหนือ	28
ภาพ 12 ตารางแสดงโครงสร้างทางธรณีวิทยา ชนิดหินตกน้ำเน็ดดิน และเนื้อดินที่เกิดจาก การ สลายตัวผุพังของหิน	31
ภาพ 13 ขั้นตอนการหาค่าปริมาณน้ำท่าด้วยหลักวิธีการ SCS Curve Number	35
ภาพ 14 การใช้ประโยชน์ที่ดิน (7 ประเภท) ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2552	38
ภาพ 15 การใช้ประโยชน์ที่ดิน (7 ประเภท) ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2558	38
ภาพ 16 การใช้ประโยชน์ที่ดิน (7 ประเภท) ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564	39
ภาพ 17 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564 ที่ได้จากการพยากรณ์ ด้วย แบบจำลอง CA-Markov กับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2552 และปี 2558	42
ภาพ 18 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564 ที่ได้จากการพยากรณ์ ด้วย แบบจำลอง CA-Markov กับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564 จากกรมพัฒนา ที่ดิน	45

ภาพ 19 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2570 ที่ได้จากการพยากรณ์ ด้วยแบบจำลอง CA-Markov	48
ภาพ 20 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2570 ที่ได้จากการพยากรณ์ ด้วยแบบจำลอง CA-Markov กับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2558 และปี 2564.....	49
ภาพ 21 การแบ่งประเภทของดินตามลักษณะทางอุทกวิทยา Hydrological Soil Group	50
ภาพ 22 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2558, ปี พ.ศ. 2564, ปี พ.ศ. 2556, ปี พ.ศ. 2563 และข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 14 ปี ด้วยวิธีการประมาณค่า (Interpolation) แบบ IDW.....	51
ภาพ 23 ปริมาณน้ำไหลบ่า ปี 2558, ปี 2564, ปี 2570, ปี 2570 (ปริมาณฝนมาก) และ ปี 2570 (ปริมาณฝนน้อย)	53
ภาพ 24 แผนภูมิเส้นแสดงค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำไหลบ่า ปี 2558, ปี 2564, ปี 2570, ปี 2570 กรณีฝนมาก และปี 2570 กรณีฝนน้อย	55
ภาพ 25 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำไหลบ่า ปี 2558, ปี 2564, ปี 2570, ปี 2570 กรณีฝนมาก และปี 2570 กรณีฝนน้อย	59



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตามพระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2561 “ทรัพยากรน้ำ” หมายความว่า น้ำ ทรัพยากรน้ำสาธารณะ แหล่งต้นน้ำลำธาร แหล่งกักเก็บน้ำ คลองส่งน้ำ พื้นที่ทางน้ำหลาก ไม่ว่าจะเกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้น และสิ่งอื่นที่ใช้เพื่อการบริหารจัดการน้ำ และให้หมายความรวมถึงน้ำจากแหล่งน้ำระหว่างประเทศและแหล่งน้ำต่างประเทศที่ประเทศไทยอาจนำมาใช้ประโยชน์ได้ (พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2561, 2561) น้ำเป็นทรัพยากรที่จำเป็นต่อการดำรงชีพและมีความสำคัญในด้านต่าง ๆ ทั้งภาคผลิต การเกษตร อุตสาหกรรม ภาคบริการ และมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ อย่างไรก็ตามการจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทยยังคงมีปัญหาและอุปสรรคในการบริหารจัดการทั้งระดับประเทศและระดับพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไปตามสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ ทั้งการประสมภัยแล้งและน้ำท่วมยังคงเป็นปัญหาวนเวียนซ้ำซากที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ (เสถียร ฉันทะ, 2562)

การประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการวางแผน การจัดการ และการพัฒนาทรัพยากรน้ำ การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลบ่าด้วยวิธี SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number) นิยมใช้อย่างแพร่หลาย มีโครงสร้างไม่สลับซับซ้อน สามารถใช้งานได้ง่าย โดยนำปัจจัยทางด้านลักษณะทางกายภาพ และสภาพอุทกวิทยา มากำหนดค่าคะแนน หรือค่า Curve Number (CN) ให้กับค่าปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งพิจารณาจากคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของดิน สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประกอบกับการใช้ปริมาณน้ำฝน เพื่อประเมินปริมาณน้ำไหลบ่า (Mishra, et al, 2008; Ramakrishan, et al, 2009; ปิยพงษ์ ทองดินอก, 2559)

ประเทศไทยประสบกับปัญหาอุทกภัยและภัยแล้งมาโดยตลอด ทั้งนี้ มีผลมาจากสภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติ จากการกระทำของมนุษย์ และจากการบริหารจัดการด้านการลดผลกระทบที่ขาดประสิทธิภาพ ประกอบกับในส่วนพื้นที่ทางภาคเหนือมีการตัดไม้ทำลายป่าในอดีต ทำให้สภาพป่าต้นน้ำเสื่อมโทรมขาดประสิทธิภาพในการดูดซับและชะลอน้ำ (กรมประชาสัมพันธ์, 2565) พื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือเป็นพื้นที่หนึ่งที่ประสบปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสม เนื่องจากมีพื้นที่เกษตรในสัดส่วนที่ค่อนข้างมาก ในขณะที่พื้นที่ที่มีศักยภาพเหมาะสำหรับการเพาะปลูกมีค่อนข้างน้อยและจำกัด จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกษตรกรบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าไม้เพื่อเปลี่ยนสภาพเป็นพื้นที่เกษตรกรรม (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2563) ซึ่งส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าโดยตรง และก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมเมื่อฝนตกมาก และขาดแคลนน้ำเมื่อฝนตกน้อยเป็นประจำ โดยจากสถิติของกรมป้องกันและบรรเทา

สาธารณภัย พื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือมีพื้นที่แล้งซ้ำซากในช่วง 10 ปี (2555-2564) กว่า 837,973 ไร่ โดยคิดเป็นร้อยละ 7.69 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2565) และในปี พ.ศ. 2567 ได้มีการเกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนตุลาคม เนื่องจากได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของพายุไต้ฝุ่น “ยาจิ” และพายุดีเปรสชัน “ซูริก” ที่เป็นผลมาจากการที่ประเทศไทยเข้าสู่สภาวะ ลานีญา (La Niña) โดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลุ่มริมแม่น้ำ ประชาชนได้รับผลกระทบกว่า 70,000 ครัวเรือน พื้นที่การเกษตรได้รับความเสียหายกว่า 270,000 ไร่ รวมมูลค่าความเสียหายประมาณ 1,000 ล้านบาท ทั้งนี้ เนื่องจากภัยธรรมชาติเป็นสิ่งที่มนุษย์ไม่สามารถควบคุมได้ จึงควรมีการบริหารจัดการในด้านต่างๆ โดยเฉพาะการจัดการเชิงพื้นที่ที่เหมาะสม เช่น การวางผังเมืองโดยจำกัดการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างบริเวณพื้นที่รับน้ำตามธรรมชาติหรือในพื้นที่ลุ่มต่ำ เป็นต้น เพื่อรับมือกับผลกระทบของภัยธรรมชาติ ดังนั้น หากมีการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าจากรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตได้ ก็จะสามารถวางแผนลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการป้องกัน และบรรเทาอุทกภัย และภัยแล้ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2570 พื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ด้วยแบบจำลอง CA-Markov
2. เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำไหลบ่าในปี พ.ศ. 2570 ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ด้วยหลักวิธีการ SCS Curve Number และศึกษาเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลบ่าระหว่างปี พ.ศ. 2558–2570
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำไหลบ่า กับปริมาณน้ำฝนและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

คาดการณ์ปริมาณน้ำไหลบ่า ปี พ.ศ. 2570 โดยประยุกต์ใช้การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคตด้วยแบบจำลอง CA-Markov ร่วมกับหลักการของวิธี SCS-CN ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ปี พ.ศ. 2558 และ ปี พ.ศ. 2564 จากกรมพัฒนาที่ดิน มากำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินใหม่ให้สอดคล้องกับบริบทพื้นที่ศึกษา และพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตด้วยแบบจำลอง CA-Markov โดยผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2564 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2558 จะถูกนำมาตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2564 จากกรมพัฒนาที่ดินเพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง และคาดการณ์การใช้

ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2570 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2558 และ ปี พ.ศ. 2564 และนำข้อมูลชุดดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน มากำหนดประเภทตามคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของดิน จากนั้นจึงทำการซ้อนทับข้อมูล และระบุค่าการระบายน้ำของดินแต่ละชนิดตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อหาค่าศักยภาพการกักเก็บน้ำสูงสุด และนำมาประกอบกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 14 ปี (พ.ศ. 2552-พ.ศ. 2565) ที่ได้ทำการประมาณค่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ที่ตกในแต่ละพื้นที่จากกรมอุตุนิยมวิทยา, กรมชลประทาน และคลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ เพื่อนำไปสู่การหาค่าปริมาณน้ำท่า ปี พ.ศ. 2570 และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยในแต่ละช่วงเวลา

2. ขอบเขตด้านพื้นที่

พื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือทั้งหมดมีเนื้อที่ประมาณ 10,897,048 ไร่ แต่เนื่องจากข้อมูลพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือทั้งหมด จึงกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาอยู่ภายในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 10,856,740 ไร่ แม่น้ำโขงเป็นแม่น้ำนานาชาติ ในช่วงที่ไหลผ่านภาคเหนือของประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และพะเยา สภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปของลุ่มน้ำโขงเหนือในประเทศไทยล้อมรอบไปด้วยเทือกเขา มีระดับความสูงระหว่าง 300-1,550 ม.รทก. เทือกเขาที่สำคัญ ได้แก่ เทือกเขาดอยภูลังกา ดอยสันปันน้ำ ดอยแม่สูก ดอยขุนแม่ต้า และดอยขุนแม่ต้อม มีอาณาเขตติดต่อด้านทิศเหนือ ติดกับ สหภาพเมียนมาร์และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทิศใต้ ติดกับ ลุ่มน้ำยม ทิศตะวันออก ติดกับ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทิศตะวันตก ติดกับ ลุ่มน้ำแม่กก ลุ่มน้ำโขงเหนือมีลุ่มน้ำสาขาจำนวนทั้งสิ้น 17 ลุ่มน้ำ ลำน้ำสาขาในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือบางส่วนจะไหลลง แม่น้ำอิง เช่น แม่น้ำพุง น้ำลาว น้ำแม่จาว และบางส่วนจะไหลลงแม่น้ำโขงโดยตรง เช่น น้ำมา และแม่น้ำจัน (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2563)

นิยามศัพท์เฉพาะ

แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน CA-Markov หมายถึง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ที่นำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลามาใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงในอดีตตามแนวคิดของแบบจำลอง Markov Chain ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่โดยรอบตามแนวคิดของแบบจำลอง CA (cellular automata: CA) (สุธี อนันสุขสมศรี และคณะ, 2560)

วิธีการ SCS-CN (Soil Conservation Service-Curve Number) หมายถึง วิธีที่ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ โดยขึ้นอยู่กับปัจจัย ลักษณะของดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลปริมาณน้ำฝน และการกำหนดค่าการระบายน้ำของดินแต่ละชนิด Curve Number (CN) ที่ได้

จากการนำข้อมูลชุดดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จัดแบ่งกลุ่มตามวิธีการ SCS มาหาพื้นที่ซ้อนทับ แล้วกำหนดค่า CN ที่เหมาะสม (ปิยพงษ์ ทองดินนอก, 2559)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ซึ่งสามารถจัดเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์แก้ไขข้อมูล รวมไปถึงการแสดงผลการวิเคราะห์ และนำเสนอ ข้อมูลความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ เพื่อประกอบการตัดสินใจและประเมินผลเชิงพื้นที่ (วิภพ แพงวังทอง, 2549)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

สามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลบ่า จากการประยุกต์ใช้การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในอนาคตได้ เพื่อนำไปสู่การวางแผนลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการป้องกัน และบรรเทาอุทกภัย และภัยแล้ง



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเรื่อง “การประยุกต์แบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง SCS-CN ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำไหลบ่าในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ” ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา และได้นำเสนอตามหัวข้อดังนี้

1. สภาพพื้นที่ศึกษา
2. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สภาพพื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำโขงเหนือทั้งหมดมีเนื้อที่ประมาณ 10,897,048 ไร่ เนื่องจากข้อมูลพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือทั้งหมด จึงกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาอยู่ภายในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 10,856,740 ไร่

แม่น้ำโขงเป็นแม่น้ำนานาชาติ มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาหิมาลัยเกิดจากการละลายของหิมะและน้ำแข็งบริเวณที่ราบสูงทิเบต ไหลผ่านตอนใต้ของประเทศจีนผ่านตะวันออกของสหภาพเมียนมาร์ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จากนั้นจะไหลผ่านประเทศลาวและประเทศกัมพูชา ก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลจีนใต้ในภาคใต้ของเวียดนาม ในช่วงที่ไหลผ่านภาคเหนือของประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และพะเยา สภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปของลุ่มน้ำโขงเหนือในประเทศไทยล้อมรอบไปด้วยเทือกเขา มีระดับความสูงระหว่าง 300-1,550 ม.รทก. เทือกเขาที่สำคัญ ได้แก่ เทือกเขาดอยภูลังกา ดอยสันปันน้ำ ดอยแม่สูก ดอยขุนแม่ต้า และดอยขุนแม่ต๋อม

ในภาพ 2

1. อาณาเขต

ทิศเหนือ ติดต่อกับ สหภาพเมียนมาร์และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ ลุ่มน้ำยม

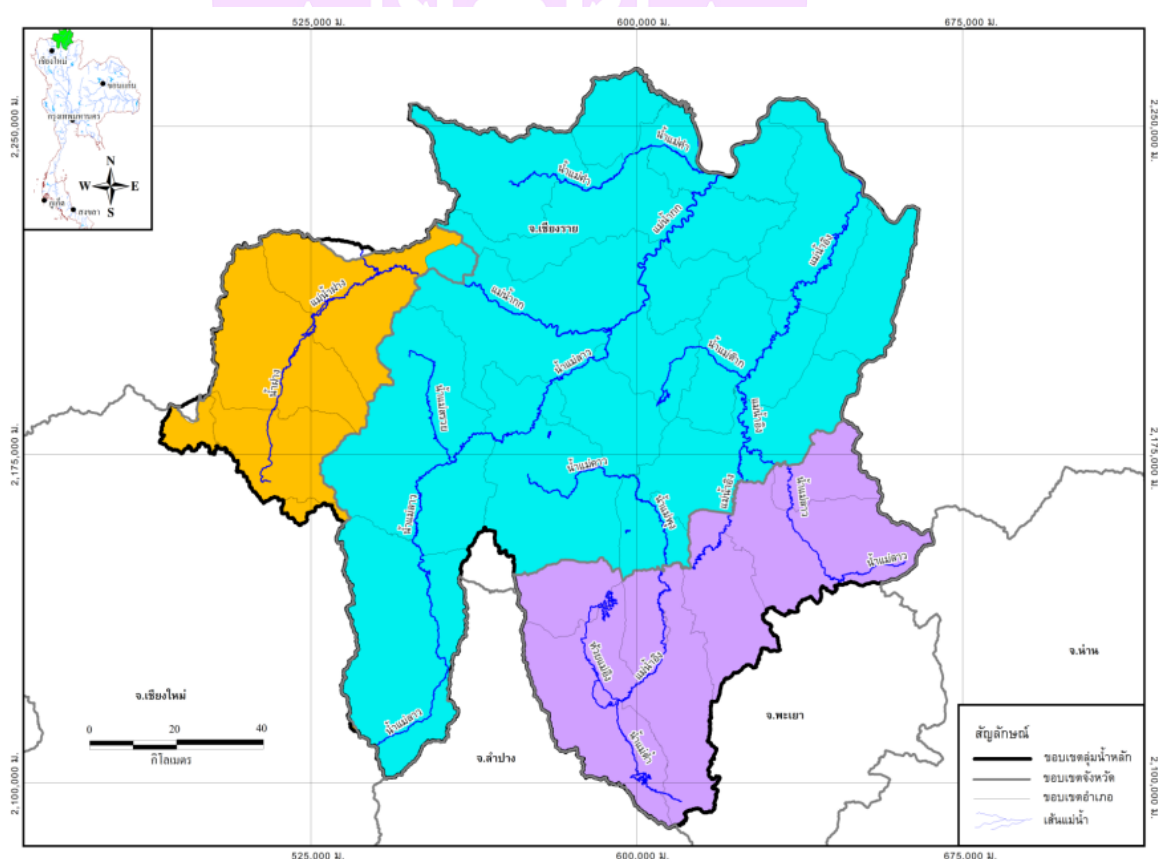
ทิศใต้ ติดต่อกับ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ ลุ่มน้ำแม่กก

จังหวัด	พื้นที่จังหวัด (ตร.กม.)	พื้นที่ในเขตลุ่มน้ำ		ร้อยละของ พื้นที่จังหวัด	ร้อยละของ พื้นที่ลุ่มน้ำ
		(ตร.กม.)	(ไร่)		
เชียงใหม่	22,188.84	2,368.52	1,480,325	10.67	13.58
พะเยา	6,190.28	3,672.50	2,295,310	59.33	21.06
เชียงราย	11,505.33	11,383.80	7,114,877	98.94	65.29
ช้างเผือก*		10.46	6,535		0.06
รวม		17,435.28	10,890,512		100.00

หมายเหตุ * พื้นที่ช้างเผือกประกอบด้วยพื้นที่จังหวัดอื่นๆ ที่มีพื้นที่ต่ำลุ่มน้ำอยู่ในลุ่มน้ำหลักน้อยกว่า 1% ของพื้นที่ต่ำลุ่มน้ำ
พื้นที่จังหวัด วัดจากขอบเขตจังหวัดจากกรมการปกครอง ปี พ.ศ.2561 ด้วยระบบพิกัด UTM WGS84 Zone47

ภาพ 1 ตารางแสดงรายละเอียดของจังหวัดในลุ่มน้ำโขงเหนือ



ภาพ 2 ขอบเขตจังหวัดในลุ่มน้ำโขงเหนือ

ลำดับ	รหัส	ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่ลุ่มน้ำสาขา		ร้อยละของพื้นที่ ในลุ่มน้ำหลัก	ครอบคลุมพื้นที่ (ทั้งหมด และ/หรือบางส่วน)	
			(ตร.กม.)	(ไร่)		จังหวัด	อำเภอ
1	0201	แม่น้ำโขงตอนบนส่วนที่ 1	427.88	267,422	2.45	เชียงราย	แม่จัน เชียงแสน แม่สาย แม่ สาย แม่ฟ้าหลวง
2	0202	น้ำแม่จัน	1,188.07	742,546	6.81	เชียงใหม่	แม่ฮ่าย
						เชียงราย	เมืองเชียงราย แม่จัน เชียงแสน เชียงแสน แม่สาย แม่ฟ้าหลวง
3	0203	น้ำแม่ฝาง	2,074.99	1,296,871	11.90	เชียงใหม่	เชียงดาว ฝาง แม่ฮ่าย พร้าว ไชยปราการ
						เชียงราย	แม่สรวย
4	0204	น้ำแม่กกตอนล่างส่วนที่ 1	48.05	30,029	0.28	เชียงใหม่	แม่ฮ่าย
5	0205	น้ำแม่กกตอนล่างส่วนที่ 2	858.07	536,295	4.92	เชียงใหม่	แม่ฮ่าย
						เชียงราย	เมืองเชียงราย เวียงชัย แม่จัน แม่สรวย
6	0206	น้ำแม่ลาวส่วนที่ 1	2,093.83	1,308,646	12.01	เชียงใหม่	ฝาง แม่ฮ่าย พร้าว ไชยปราการ
						เชียงราย	พาน แม่สรวย เวียงป่าเป้า
7	0207	น้ำแม่สรวย	438.14	273,840	2.51	เชียงใหม่	แม่ฮ่าย
						เชียงราย	เมืองเชียงราย แม่สรวย
8	0208	น้ำแม่ลาวส่วนที่ 2	693.17	433,232	3.98	เชียงราย	เมืองเชียงราย เวียงชัย พาน แม่ สรวย แม่ลาว
9	0209	น้ำแม่กกตอนล่างส่วนที่ 3	1,207.28	754,550	6.92	เชียงราย	เมืองเชียงราย เวียงชัย แม่จัน เชียงแสน พญาเม็งราย เวียง เชียงรุ้ง ดอยหลวง
10	0210	แม่น้ำโขงตอนบนส่วนที่ 2	679.08	424,422	3.89	เชียงราย	เชียงของ เชียงแสน เวียงเชียงรุ้ง ดอยหลวง
11	0211	แม่น้ำอิงตอนบน	911.67	569,796	5.23	พะเยา	เมืองพะเยา แม่ใจ ภูพานยาว
						เชียงราย	พาน ป่าแดด
12	0212	แม่น้ำอิงตอนกลางส่วนที่ 1	1,207.45	754,653	6.93	พะเยา	เมืองพะเยา จุน ดอกคำใต้ ภู พานยาว
						เชียงราย	พาน ป่าแดด
13	0213	แม่น้ำหุ่ย	1,083.36	677,098	6.21	พะเยา	แม่ใจ
						เชียงราย	เมืองเชียงราย เวียงชัย เทิง พาน ป่าแดด แม่สรวย แม่ลาว
14	0214	แม่น้ำอิงตอนกลางส่วนที่ 2	989.15	618,218	5.67	พะเยา	จุน เชียงคำ ดอกคำใต้
						เชียงราย	เมืองเชียงราย เทิง ป่าแดด
15	0215	แม่ลาว	1,351.78	844,861	7.75	พะเยา	จุน เชียงคำ เชียงคำ ภูซาง
						เชียงราย	เทิง เวียงแก่น ขุนตาล
16	0216	แม่น้ำอิงตอนล่าง	1,695.15	1,059,466	9.72	เชียงราย	เมืองเชียงราย เวียงชัย เชียงของ เทิง เชียงแสน พญาเม็งราย เวียงแก่น ขุนตาล เวียงเชียงรุ้ง ดอยหลวง
17	0217	แม่น้ำโขงส่วนที่ 2	488.16	305,101	2.80	เชียงราย	เชียงของ เทิง เทิง เวียงแก่น ขุนตาล
รวม			17,435.28	10,897,048	100.00		

ภาพ 4 ตารางแสดงรายละเอียดของลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำโขงเหนือ

ที่มา: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2563

3. สภาพภูมิอากาศ พื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนืออยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ ยังมีพายุดีเปรสชันและพายุไต้ฝุ่น ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้ พัดผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว ซึ่งส่งผลทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ได้แก่ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงปลายเดือน ตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิด ในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนเมษายน (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2563)

อุณหภูมิรายเดือนเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 18.9–26.6 องศาเซลเซียส โดยช่วงที่อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม ถึงเดือนมกราคมและอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนเมษายน ถึงเดือนมิถุนายน อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีมีค่าเท่ากับ 23.6 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 60.8–86.3 เปอร์เซ็นต์ โดยช่วงเวลาที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดประมาณเดือนมีนาคม และช่วงเวลาที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดประมาณ เดือนสิงหาคม ค่าความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ยเท่ากับ 76.9 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 14.0–323.4 มิลลิเมตร เดือนกุมภาพันธ์ เป็นเดือนที่มีปริมาณฝนตกต่ำสุด ในขณะที่เดือนสิงหาคมเป็นเดือนที่มีปริมาณฝนสูงสุด ค่าปริมาณ การระเหยรวมทั้งปีประมาณ 1,629.2 มิลลิเมตร โดยตลอดทั้งปีมีจำนวนวันฝนตกเฉลี่ย 140 วัน

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลทางภูมิสารสนเทศศาสตร์

1.1 ความหมายของภูมิสารสนเทศศาสตร์

การให้นิยามความหมายของคำว่า ภูมิสารสนเทศศาสตร์จะแตกต่างกันออกไป ตามการใช้ประโยชน์ในแต่ละด้าน ดังมีผู้ให้คำนิยามและคำจำกัดความดังนี้

วิภาพ แพงวังทอง (2549) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึงกระบวนการของการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ในการเสริมสร้างประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณ การนำฐานข้อมูลออกมาใช้ และวิเคราะห์ข้อมูลในทางที่ภูมิศาสตร์เป็นตัวเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ และแสดงผลทุกรูปแบบของสารสนเทศที่อ้างอิงตำแหน่งบนพื้นโลก ได้

เทวินทร์ แก้วเมืองมูล (2552) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือระบบจัดการข้อมูลทางภูมิศาสตร์และข้อมูลอรรถาธิบาย ที่มีการทำงานระหว่าง บุคลากร ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และข้อมูล โดยจะทำงานด้วยการประมวลผล จัดเก็บ เรียกใช้ แสดงผล และสร้างข้อมูลใหม่

สุรรัตน์ ขอสันเทียะ (2555) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือ ที่ใช้ในการนำเข้า จัดเก็บ รวมทั้งวิเคราะห์หรือช่วยตัดสินใจได้อย่างรวดเร็วต่อเหตุการณ์และแสดงผลลัพธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต้องอ้างอิงพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้

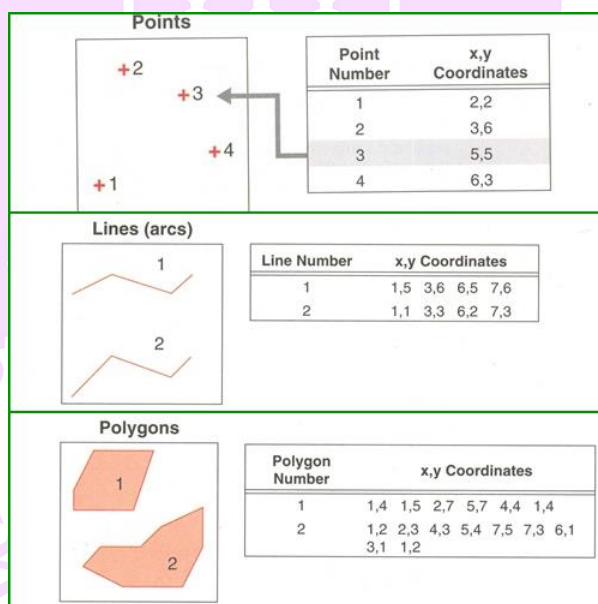
จากความหมายและคำนิยามข้างต้น สรุปได้ว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) หมายถึงเครื่องมือที่เป็นกระบวนการทำงานการจัดการข้อมูลทางภูมิสารสนเทศศาสตร์ ที่มีการทำงานร่วมกันระหว่าง บุคลากร ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และ ข้อมูล ทำงานตั้งแต่ จัดเก็บข้อมูล ปรับปรุงข้อมูล ตลอดจนการวิเคราะห์ผล และแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งข้อมูลที่แสดงผลจะต้องมีพิกัดและความสัมพันธ์กันภายในข้อมูลด้วย

1.2 ประเภทของข้อมูลภูมิสารสนเทศศาสตร์

ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) มีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ

1.2.1 ข้อมูลเชิงภาพ (Graphic Data) สามารถแทนได้ด้วย 2 รูปแบบพื้นฐาน

1) ข้อมูลแบบเวกเตอร์ (Vector Format)



ภาพ 5 โครงสร้างข้อมูลของเวกเตอร์ Point, Line และ Polygon

ที่มา: ESRI, 2016

จุด (Point)

ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีตำแหน่งที่ตั้งเฉพาะเจาะจง หรือมีเพียงอย่างเดียว สามารถแทนได้ด้วยจุด ข้อมูลค่าพิกัดของจุดค่าพิกัด X, Y 1 คู่ แทนตำแหน่งของจุดไม่มีความยาวหรือพื้นที่

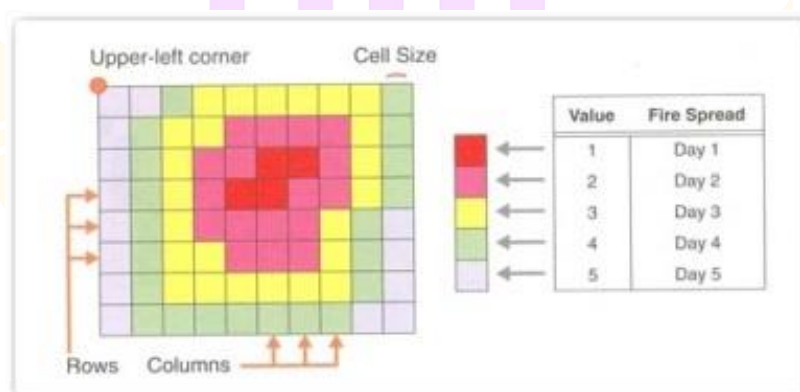
เส้น (Arc)

ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่วางตัวไปตามทางระหว่างจุด 2 จุด จะแทนด้วยเส้น Arc 1 เส้น มี Vertex ได้ไม่เกิน 500 Vertex โดย Vertex ลำดับที่ 500 จะเปลี่ยนเป็น Node และเริ่มต้น เส้นใหม่ด้วยการ Identifier ค่าใหม่โดยอัตโนมัติ ข้อมูลค่าพิกัดของ Arc Vertex (ค่าพิกัด X, Y คู่หนึ่งบน Arc) เป็นตัวกำหนดรูปร่างของ Arc ซึ่ง Arc หนึ่งเส้นเริ่มต้นและจบลงด้าน Node Arc ที่ติดกัน

พื้นที่ (Polygon)

ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีพื้นที่เดียวกันจะถูกล้อมรอบด้วยเส้นเพื่อแสดงขอบเขต ตัวอย่างข้อมูลที่เป็นพื้นที่ มาตราส่วนของแหล่งที่มาของข้อมูลจะเป็นตัวกำหนดการแทนปรากฏการณ์บนโลกแห่งความเป็นจริงด้วย Polygon ข้อมูลค่าพิกัดของ Polygon จะประกอบด้วย Arc ตั้งแต่ 1 เส้นขึ้นไป

2) ข้อมูลแบบแรสเตอร์ (Raster Format)



ภาพ 6 โครงสร้างข้อมูลแบบแรสเตอร์

ที่มา: ESRI, 2016

การจัดเก็บข้อมูลแบบแรสเตอร์จะเป็นลักษณะตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็ก ๆ (Grid or Pixel) เท่ากันและต่อเนื่องกัน ซึ่งสามารถอ้างอิงค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้ ขนาดของตารางกริดหรือความละเอียด (Resolution) ในการเก็บข้อมูลจะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับการจัดแบ่งจำนวนแถวและจำนวนคอลัมน์

1.2.2 ข้อมูลอรรถิบาย (Attribute Data) เป็นข้อความอธิบายที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงภาพเหล่านั้น เช่น ชื่อ ลักษณะ พื้นที่ หรือข้อมูลอธิบายต่าง ๆ

Table

wshdcl_north

FID	Shape *	AREA	PERIMETE	WTC247	WTC247_ID	WTC_ID	WTC_C	WTC_TN	ACRES
0	Polygon	839	6.683	5	6717	300	3	ชั้นอุดมภาพอุบลนาคี 3	207.334
1	Polygon	834	27.424	6	6718	400	4	ชั้นอุดมภาพอุบลนาคี 4	2061.18
2	Polygon	306	3.169	7	6719	200	2	ชั้นอุดมภาพอุบลนาคี 2	75.525
3	Polygon	232	14.989	8	6720	300	3	ชั้นอุดมภาพอุบลนาคี 3	573.282
4	Polygon	428	4.698	9	6721	200	2	ชั้นอุดมภาพอุบลนาคี 2	105.867
5	Polygon	923	4.747	10	6722	100	14	ชั้นอุดมภาพอุบลนาคี 14	227.963

ภาพ 7 ลักษณะของข้อมูลอรรถิบาย

1.3 องค์ประกอบของระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์

องค์ประกอบของ GIS แบ่งออกได้ 5 ส่วน ทุกส่วนต้องทำงานให้เป็นระบบเดียวกัน ดังแสดงในภาพ 8



ภาพ 8 องค์ประกอบในการทำงานของระบบ GIS

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2552

1.3.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) คือ เครื่องมือที่เป็นองค์ประกอบที่สามารถจับต้องได้ ได้แก่ ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ

1.3.2 ซอฟต์แวร์ (Software) หรือ โปรแกรม (Program) คือ ชุดคำสั่งที่สั่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานตามขั้นตอนที่กำหนด

1.3.3 บุคลากร (People Ware) คือ ผู้ที่มีหน้าที่จัดการให้องค์ประกอบทั้ง 4 อย่างทำงานประสานกันจนได้ผลออกมา

1.3.4 วิธีการปฏิบัติงาน (Procedure) คือ ขั้นตอนการทำงาน บุคลากรซึ่งเป็นผู้ทำข้อมูลเป็นผู้กำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์จัดการกับข้อมูล

1.3.5 ข้อมูล (Data) หมายถึง ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นที่ใช้แทนด้วยตัวเลข ภาษา หรือ สัญลักษณ์ที่ยังไม่ได้มีการปรุงแต่ง หรือประมวลผลใด ๆ

1.4 หน้าที่ของระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์

1.4.1 การนำเข้าข้อมูล (Input)

ก่อนที่ข้อมูลทางภูมิศาสตร์จะถูกใช้งานได้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลจะต้องได้รับการแปลง ให้มาอยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Format) เสียก่อน เช่น จากแผนที่กระดาษไปสู่ข้อมูลใน รูปแบบดิจิทัลหรือแฟ้มข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์อุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเข้า

1.4.2 การปรับแต่งข้อมูล (Manipulation)

ข้อมูลที่ได้รับเข้าสู่ระบบบางอย่างจำเป็นต้องได้รับการปรับแต่งให้เหมาะสมกับงาน เช่น ข้อมูลบางอย่างมีขนาด หรือสเกล (Scale) ที่แตกต่างกัน หรือใช้ระบบพิกัดแผนที่ที่แตกต่างกัน ข้อมูลเหล่านี้จะต้องได้รับการปรับให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันก่อน

1.4.3) การบริหารข้อมูล (Management)

ระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS ถูกนำมาใช้ในการบริหารข้อมูลเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพในระบบ GIS DBMS ซึ่งมีหลักการทำงานพื้นฐานดังนี้คือ ข้อมูลจะถูกจัดเก็บในรูปของตารางหลาย ๆ ตาราง

1.4.4 การเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล (Query and Analysis)

การนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ให้เกิด ประโยชน์ หรือต้องมีการสอบถามอย่างง่าย ๆ เช่น ซึ่เมาส์ไปในบริเวณที่ต้องการแล้วเลือก เพื่อสอบถามหรือเรียกค้นข้อมูล

1.4.5 การนำเสนอข้อมูล (Visualization)

จากการดำเนินการเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของตัวเลขหรือตัวอักษร ซึ่งยากต่อการตีความหมายหรือทำความเข้าใจ การนำเสนอข้อมูลที่ตี เช่น การแสดงชาร์ต (Chart) แบบ 2 มิติ 3 มิติ หรือระบบมัลติมีเดียสื่อต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้ผู้ใช้เข้าใจความหมายและมองภาพของผลลัพธ์ที่กำลังนำเสนอได้ดียิ่งขึ้น

2. การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov

แบบจำลองมาร์คอฟเซลลูลาอโตมาตา (Markov Cellular Automata) เป็นแบบจำลองที่นำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลา (spatial-transition based model) มาใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงในอดีตตามแนวคิดของแบบจำลอง Markov Chain ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่โดยรอบตามแนวคิดของแบบจำลอง Cellular Automata

การใช้มาร์คอฟเซลลูลาอโตมาตา มาสร้างแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต โดยอยู่ในกลุ่มของแบบจำลองซึ่งมีตัวแปรหลักที่มีการเปลี่ยนแปลงครั้งคราว (discrete model) แบบจำลองประกอบด้วยตารางกริด (cells) มีจำนวนหนึ่งค่าของแต่ละกริดที่มีการเปลี่ยนแปลง (states) ในแต่ละค่าของกริดที่อยู่ใกล้ๆ กัน Tommaso and Norman (1987) กล่าวว่า เซลลูลาอโตมาตาเป็นการประยุกต์องค์ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ร่วมกับแนวความคิดทางฟิสิกส์เป็นหลักในการปฏิบัติงาน และให้คำจำกัดความว่า เซลลูลาอโตมาตา โดยเซลล์ย่อยๆ ที่อยู่รวมกัน แสดงพื้นที่ในรูปของตารางสี่เหลี่ยมเรียกว่า กริดหรือเซลล์ แต่ละเซลล์ คือ หนึ่งหน่วยข้อมูล สามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ รูปแบบของเซลล์ใหม่ จะถูกกำหนดจากเซลล์แวดล้อมที่มีลักษณะเป็นตารางขนาด 3×3 เมตร ซึ่งจะเคลื่อนที่ไปที่เซลล์จนครบทั้งพื้นที่และจะคำนวณซ้ำตามจำนวนระยะเวลาที่กำหนด จากลักษณะ

การทำงานดังกล่าว เซลลูลาอโตมาตา จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นทฤษฎีในการคาดการณ์ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ในอนาคตเซลลูลาอโตมาตา คือ เซลล์ที่อยู่อย่างอิสระ สามารถทำการเปลี่ยนรูปแบบได้ตามที่ Pontius (2000) ได้กล่าวไว้ ซึ่งปัจจัยของการเปลี่ยนแปลง คือ เซลล์แวดล้อมตามกฎ “The game of life” สร้างโดย John Conway ใน ค.ศ. 1970 การคาดการณ์ ตามหลัก เซลลูลาอโตมาตา ใช้โอกาสของการเปลี่ยนแปลง (transition rule) ร่วมกับข้อมูลของ พื้นที่แวดล้อม และแสดงผลในรูปแบบที่หรือแบบจำลองได้ ตามทฤษฎี “The game of life” ถูกนำไปใช้ร่วมกับเซลลูลาอโตมาตา เพื่อคาดการณ์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน แบบจำลองมาร์คอฟเซลลูลาอโตมาตา หรือแบบจำลอง ซีเอ มาร์คอฟ (CA Markov) คือ การนำหลักการ ของเซลลูลาอโตมาตาและลูกโซ่มาร์คอฟ มาประยุกต์ร่วมกัน เพื่อคาดการณ์รูปแบบการใช้ประโยชน์ ที่ดิน ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ รูปแบบการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเซลล์ จะพิจารณา จากโอกาสการเปลี่ยนแปลง (Probability) จากการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟ ร่วมกับ กระบวนการการกรองของพื้นที่แวดล้อมที่อยู่ติดกัน (ขนาด 5×5 Neighborhood) ซึ่งหลักการทำงานของ ซีเอ มาร์คอฟ สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลของ ซีเอ มาร์คอฟ จะใช้ข้อมูลโอกาสการเปลี่ยนแปลง จากการวิเคราะห์ด้วยลูกโซ่มาร์คอฟ ร่วมกับตัวกรอง CA filter ขนาด 5×5 Neighborhood เพื่อ หาความน่าจะเป็นของประเภทสิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา

2.2 ตัวกรอง CA filter จะเคลื่อนที่ซ้อนทับกับข้อมูลของปีที่เริ่มทำการศึกษาไปที่ละ เซลล์จนครบทั้งพื้นที่ศึกษา จากนั้นจะเริ่มเคลื่อนที่ซ้อนทับที่ละเซลล์อีกครั้ง และจะเคลื่อนที่วนซ้ำไป เรื่อย ๆ เป็นจำนวนรอบเท่ากับช่วงระยะเวลาที่ต้องการศึกษา เช่น ต้องการคาดการณ์ในระยะเวลาอีก 5 ปีข้างหน้า กระบวนการพิจารณาจะเริ่ม และทำการวนซ้ำจนครบ 5 รอบ

2.3 ในการวนซ้ำแต่ละครั้ง ชนิดหรือประเภทของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจะมี การเปลี่ยนแปลงหรือคงเดิม ตามแต่ละประเภทของพื้นที่โดยรอบตามทฤษฎี “The game of life” และโอกาสการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยลูกโซ่มาร์คอฟ

2.4 เมื่อสิ้นสุดผลลัพธ์ที่ได้ คือแผนที่สิ่งปกคลุมดิน ซึ่งประกอบด้วย พื้นที่ที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลง และพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งสามารถบอกลักษณะ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินทำให้สามารถวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคตได้จากกระบวนการ ขั้นตอนของ CA-Markov

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้ CA-Markov มีข้อดีในเรื่องของ ความเรียบง่ายและสะดวก ซึ่งในการสร้างแบบจำลอง CA-Markov ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ต้องใช้ข้อมูลอย่างน้อยเพียงแค่ 2 ช่วงเวลา ตามที่แบบจำลองต้องการ และข้อดีอีกข้อหนึ่ง คือ ความสามารถในการจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ครอบคลุมมากกว่าแบบจำลองแบบอื่น ๆ ซึ่งมี

ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่สูง แต่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถคำนึงถึงปัจจัยทางด้านสังคม ประชากร และเศรษฐกิจได้

3. ทฤษฎีและสมการ SCS Curve Number

ความหมายและทฤษฎี SCS Curve Number

SCS คือ Soil Conservation Services หรือ Natural Resources Conservation Services (NRCS) เป็นหน่วยงานของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการไหลของน้ำในลำธารขึ้นมา เรียกว่า Runoff Curve Number หรือค่า CN ซึ่ง SCS ได้กำหนดให้ CN มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้า CN มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าพื้นที่ต้นน้ำแห่งนั้นสามารถดูดซับและเก็บกักน้ำฝนได้ดี ทำให้น้ำที่ไหลในลำธารที่เกิดขึ้นจากการตกของฝนแต่ละครั้ง มีปริมาณไม่มากนักและมีลักษณะการไหลที่สม่ำเสมอ ค่อยเป็นค่อยไป แต่ถ้าค่า CN มีค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าพื้นที่ต้นน้ำแห่งนั้นดูดซับและเก็บกักน้ำฝนได้ไม่ดี ส่งผลทำให้น้ำท่าที่ไหลในลำธารที่เกิดขึ้นจากการตกของฝนแต่ละครั้งมีลักษณะการไหลที่รุนแรงและรวดเร็ว (Mishra & Singh, 2003) โดยค่า CN นี้ SCS กำหนดให้เป็นผลรวมของค่าคะแนนปัจจัยย่อยต่าง ๆ ที่ประกอบไปด้วย 1) ปัจจัยลักษณะภูมิประเทศ หรือ Terrain (CNT) 2) ปัจจัยชนิดดินและความลึกของชั้นดิน หรือ Soil Infiltration (CNS) 3) ปัจจัยชนิดของพืชคลุมดิน หรือ Vegetative cover (CNv) และ 4) ปัจจัยแอ่งน้ำที่ผิวดิน หรือ Surface storage (CNss) คือ $CN = CNT + CNS + CNv + CNss$ แต่ต่อมาได้มีการพัฒนาให้เหมาะสมกับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ของประเทศไทย ด้วยการนำปัจจัยลักษณะภูมิประเทศกับปัจจัยแอ่งน้ำที่ผิวดินมารวมกันกลายเป็น $CN = CNT + CNS + CNv$ และปรับค่าคะแนนให้กับปัจจัยย่อยที่เหลือทั้ง 3 ใหม่ ให้สอดคล้องกับค่า ซึ่งผลลัพธ์ของวิธี SCS CURVE NUMBER คือ 1) ค่าคะแนนที่ใช้บ่งบอกถึงประสิทธิภาพน้ำท่าที่ไหลในลำธารของพื้นที่ต้นน้ำ (ค่า CN) และ 2) วิธีการประเมินค่า ที่ประกอบไปด้วย 2.1) ปริมาณน้ำไหลจากดินชั้นบน หรือ direct runoff volume ที่เกิดขึ้นจากการตกของฝน แต่ละครั้ง 2.2) ปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำท่าในลำธารในระยะยาวโดยมีแนวทางการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ (พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และพิณทิพย์ อิติโรจนวัฒน์, 2551)

แนวคิดและหลักการของ SCS Curve Number

แนวคิดของวิธี SCS Curve Number มาจากหนึ่งสมการ สองสมมุติฐาน สมการที่ใช้เป็นหลักการของวิธี SCS Curve Number

สมมุติฐานที่ 1 (1)-(3)

$$P = I_a + F + Q \quad (1)$$

โดยที่ P = Total precipitation, Surface Rainfall (ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้ง)

I_a = Initial abstraction (ผลรวมช่องว่างภายในดิน)

F = Infiltration loss (ปริมาณน้ำฝนที่เคลื่อนตัวผ่านชั้นดินลงไปเป็นน้ำใต้ดิน)

$Q = \text{Runoff (น้ำที่ไหลบ่าหน้าผิวดิน)}$

ตัวแปรของสมการ หมายถึง สมการสมดุลของน้ำระหว่างปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้ง (P) ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับผลรวมของช่องว่างภายในดิน (I_a) ปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่เคลื่อนตัวผ่านชั้นดินลงไปเป็นน้ำใต้ดิน (F) และปริมาณน้ำที่ไหลออกจากพื้นที่ทั้งทางผิวดิน และไหลตามด้านข้างตามผิวดิน หรือน้ำไหลจากดินชั้นบน (Q)

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

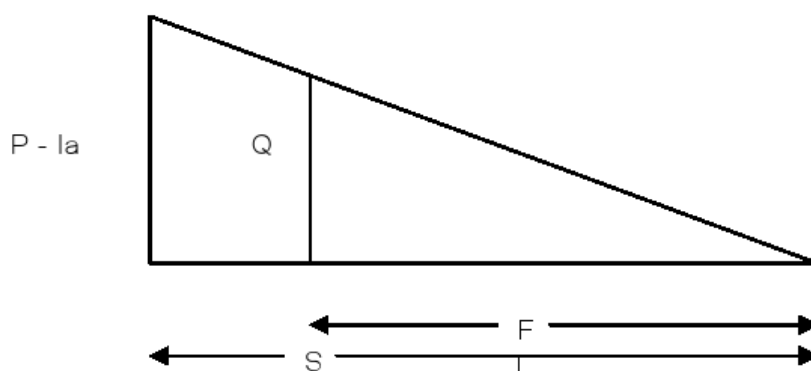
ตัวแปรของสมการหมายถึง น้ำที่ไหลบ่าหน้าผิวดิน (Q) ถูกคิดเป็นส่วนเกินของน้ำฝน (P) ซึ่งจากการเติมเต็มช่องว่างที่เหลืออยู่ภายในดิน (I_a) และน้ำฝนที่เคลื่อนตัวผ่านชั้นดินลงไปเป็นน้ำใต้ดิน (F)

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

โดย $S = \text{Potential maximum retention after runoff begins, Potential Maximum Storage}$

(ค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถกักเก็บไว้ได้)

สมการดังกล่าวหมายถึง สัดส่วนระหว่างน้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน (Q) และค่าส่วนเกินของฝนลบกับการเติมช่องว่างภายในดิน คือ $P - I_a$ และค่าทั้งหมดจะถูกกำหนดให้อยู่ในช่วงระหว่างปริมาณน้ำฝนที่เคลื่อนตัวผ่านชั้นดินลงไปเป็นน้ำใต้ดิน (F) และค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถกักเก็บไว้ได้ (S) ดังแสดงตามภาพ 9



ภาพ 9 ทฤษฎีสัมพันธภาพทั่วไป (สัดส่วนคงที่)

ที่มา: (การกำหนดค่า SCS Curve Number ของพืชปกคลุมดินเพื่อการจัดการพื้นที่ต้นน้ำ, พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุตีกุล และพิณทิพย์ ธิตีโรจนวัฒน์, 2551)

รูปภาพข้างต้นจะอธิบายได้ว่า น้ำไหลจากดินชั้นบน (Q) จะมีค่าสูงสุดเท่ากับฝนที่ตกลงมาทั้งหมด (P) แต่ถูกลบด้วยปริมาณน้ำฝนที่เติมเต็มช่องว่างภายในดิน (Ia) หรือเท่ากับ P-Ia ซึ่งจะเทียบได้กับปริมาณที่น้ำฝนไหลผ่านชั้นใต้ดิน (F) ซึ่งจะมีค่าสูงสุดในการเก็บกักรักษาได้สูงสุดของชั้นดิน คือ (S)

สมมติฐานที่ 2 (4)

$$Ia = 0.2 * S \quad (4)$$

จากสมการข้างต้นอธิบายได้ว่า ฝนที่ตกลงมาในแต่ละครั้งนั้นปริมาณน้ำที่จะระบายออกมาสู่ในรูปของน้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน (Q) จะขึ้นอยู่กับปริมาณฝนที่ตกลงมา (P) และความสามารถในการเก็บกักน้ำสูงสุด (S) แต่เนื่องจากค่า S จะมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของพื้นที่ และระยะเวลา ซึ่งจะมีค่าตั้งแต่ 0 ไปจนถึง Infinity ไม่รู้จบ ดังนั้น SCS จึงได้ทำการแปลงค่า S ให้อยู่ในรูปของคะแนนที่มีช่วงจำกัดแค่ 0-100 คะแนนแทน ซึ่งค่าคะแนนนี้เรียกว่า Runoff Curve Number (CN) เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันได้กำหนดให้ค่า CN น้อย หมายถึง พื้นที่ต้นน้ำแห่งนั้นมีความสามารถในการดูดซับและเก็บกักน้ำฝนไว้ได้ดี ส่วนค่า CN มาก หมายถึง พื้นที่ต้นน้ำแห่งนั้นมีความสามารถในการดูดซับและเก็บกักน้ำฝนไว้ได้ไม่ดี (พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุตกุล และพิณทิพย์ ธิติโรจนวัฒน์, 2551)

การกำหนดค่า Curve Number (CN)

การวิเคราะห์ค่าจะอยู่ภายใต้ 2 เงื่อนไข คือ 1) เงื่อนไขความสามารถในการดูดซับและเก็บกักน้ำของดิน หรือ Hydrologic Soil Group คือ ดินที่มีเนื้อดิน (Soil Texture) หยาบและมีชั้นดินที่ลึกสามารถดูดซับและเก็บกักน้ำฝนเอาไว้ได้มาก หรือ Hydrologic Soil Group A ไปจนถึง Hydrologic Soil Group D หรือดินเหนียวซึ่งมีเนื้อดินละเอียดที่ดูดซับน้ำฝนได้ช้า และมีชั้นดินตื้นที่เก็บกักน้ำได้น้อย 2) เงื่อนไขของลักษณะอากาศ และสภาพภูมิประเทศที่ส่งเสริมให้มีการดูดซับและเก็บกักน้ำฝน ตั้งแต่พื้นที่ที่มี ฝนเบาบนพื้นที่ราบสามารถดูดซับและเก็บกักน้ำฝนได้มาก หรือ Good Hydrologic Condition ไปจนถึงพื้นที่ที่มีฝนตกหนักบนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง หรือ Poor Hydrologic Condition

โดยแทน Hydrologic Soil Group ด้วย A B C D ดังนี้

A เป็นดินที่มีเนื้อหยาบและชั้นดินลึก ดูดซับน้ำได้ดี คือ ประมาณ 0.30-0.45 นิ้ว/ชม.

B เป็นดินที่มีเนื้อปานกลางถึงหยาบ แต่มีชั้นดินลึกดูดซับน้ำได้ค่อนข้างดี คือประมาณ 0.15-0.30 นิ้ว/ชม.

C เป็นดินที่มีเนื้อปานกลางถึงละเอียด และมีชั้นดินตื้นดูดซับน้ำได้ไม่ค่อยดี คือประมาณ 0.05-0.15 นิ้ว/ชม.

D เป็นดินที่มีเนื้อละเอียด และมักจะมีชั้นดินตื้นดูดซับน้ำได้น้อยมาก คือ 0-0.05 นิ้ว/ชม.

การคำนวณค่า SCS Curve Number Method

การคำนวณค่า Potential Maximum Storage ค่าความสามารถในการเก็บกักน้ำสูงสุด (S) โดยจะคำนวณด้วยสมการดังนี้

$$S = 25.4 \times \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (5)$$

S คือ ค่าความสามารถในการเก็บกักน้ำสูงสุด หน่วยเป็นมิลลิเมตร

25.4 คือ ค่าการแปลง นิ้ว ให้เป็นมิลลิเมตร (1 นิ้ว = 25.4 มิลลิเมตร)

CN คือ ค่าที่ถูกกำหนดไว้ ซึ่งได้มาจากข้อมูลชุดดินและประเภทของสิ่งปกคลุมดิน

การคำนวณค่า direct runoff ค่าความสามารถในการเก็บกักน้ำสูงสุด (Q)

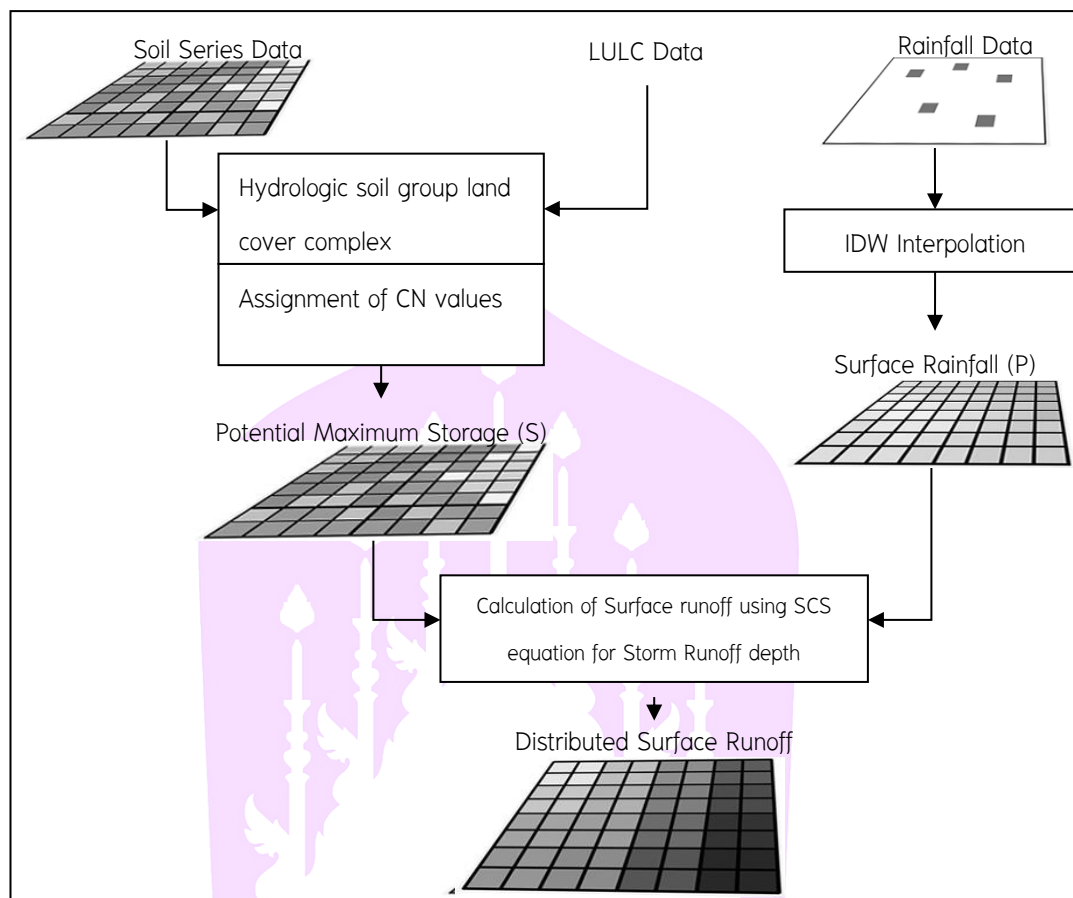
$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (6)$$

Q คือ ปริมาณที่น้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน มิลลิเมตร

P คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย มิลลิเมตร

S คือ ปริมาณการกักเก็บน้ำสูงสุด มิลลิเมตร





ภาพ 10 ฟังงานการประมาณค่าปริมาณน้ำท่าพื้นผิว โดยวิธีการ SCS CURVE NUMBER

ที่มา: การวิเคราะห์ผลกระทบหุบเขาแอ่งลุ่มเชิงพื้นที่และการวางแผนการใช้ที่ดินอันเนื่องจากการเติบโตของเมือง (มนตรี พิมพ์ใจ, 2555)

เอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารงานวิจัยในประเทศ

นิพนธ์ ตั้งธรรม และสุวรรณา ยუნานนท์ (2539) ได้ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณ และลักษณะการไหลของน้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสัก โดยใช้ข้อมูลน้ำท่า ปริมาณน้ำฝน และพื้นที่ป่าไม้ในระหว่างปี พ.ศ. 2516-2534 วิเคราะห์สหสัมพันธ์โดยสมการถดถอยเชิงซ้อน ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำป่าสักตอนบนลดลงจาก 50% เหลือ 25% และในลุ่มน้ำป่าสักทั้งลุ่มลดลงจาก 32% เหลือ 17% ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่า และปริมาณน้ำฝน มีลักษณะเป็นเส้นตรงและเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณน้ำฝนรายปี เมื่อมี

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า ศักยภาพการเอื้ออำนวยน้ำท่าในช่วงน้ำหลากของลุ่มน้ำป่าสักตอนบนจะเพิ่มมากขึ้น แต่ในลุ่มน้ำป่าสักทั้งลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญ

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และวารินทร์ จิระสุขทวีกุล (2548) ได้ศึกษาหลักการของวิธี SCS-CN และพัฒนาการกำหนดค่า CN ของปัจจัยพื้นที่ลุ่มน้ำต่าง ๆ ที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่า ให้เหมาะสมกับข้อมูลที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของประเทศไทย พร้อมยกตัวอย่างให้เห็นถึงขั้นตอนของการหาค่า CN อย่างละเอียดของแต่ละปัจจัย ประกอบด้วย 1) ค่า CN ของปัจจัยลักษณะภูมิประเทศ (CNt) 2) ค่า CN ของปัจจัยการดูดซับน้ำของดิน (CNs) 3) ค่า CN ของปัจจัยพืชคลุมดิน (CNv) และ 4) ค่า CN ของปัจจัยแอ่งน้ำผิวดิน

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และพิณทิพย์ ธิติโรจนวัฒน์ (2551) ได้ศึกษาหลักการของวิธี SCS-CN และทำการกำหนดค่า SCS-CN ของพืชคลุมดินเพื่อการจัดการพื้นที่ต้นน้ำของประเทศไทย โดยปัจจัยพืชคลุมดินเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยภายนอก คือ ลักษณะอากาศ ได้แก่ น้ำฝน กับปัจจัยภายในที่ประกอบไปด้วยลักษณะภูมิประเทศและชนิดของดิน ซึ่งความถูกต้องของข้อมูล ชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจายของพืชคลุมดินชนิดต่าง ๆ บนพื้นที่ต้นน้ำมีส่วนทำให้การประเมินค่าน้ำไหลหลากและปริมาณกับลักษณะการไหลของน้ำท่าในลำธารใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

กิตติศักดิ์ โชติมณี (2553) ได้ศึกษาการประเมินความอ่อนไหวของพื้นที่ต่อการเกิดภัยแล้งด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และนำเสนอผลงาน Google Earth กรณีศึกษาอำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยได้กำหนดแบ่งกลุ่มปัจจัยออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ปัจจัยด้านอุตุนิยมวิทยา คือ น้ำฝนและจำนวนวันที่ฝนตก ปัจจัยด้านอุทกวิทยา คือ เขตพื้นที่ชลประทาน ปริมาณแหล่งน้ำใต้ดิน และปัจจัยด้านกายภาพ คือ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน สภาพการใช้ที่ดิน และความลาดชันของพื้นที่ มาทำการให้ค่าถ่วงน้ำหนัก และซ้อนทับข้อมูล และแบ่งระดับความอ่อนไหวทางพื้นที่ออกเป็น 4 ระดับ คือ สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก

จิตรพร สวัสดิ์ (2554) ได้ศึกษาการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งบริเวณลุ่มน้ำแม่กลางเพื่อประโยชน์การใช้ที่ดินอย่างยั่งยืน โดยได้ใช้การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ และวิเคราะห์ผลทางภูมิศาสตร์ 7 ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายปี การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ค่าการใช้ น้ำของพืช ความหนาแน่นของลำธาร ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและความลาดชัน ใช้วิธีการตัดสินใจด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น เพื่อจัดกลุ่มตามระดับความเสี่ยงภัยแล้ง 5 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และไม่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง

สุรรัตน์ ขอสันเทียะ (2555) ได้ศึกษาการประยุกต์แบบจำลอง SCS Curve Number เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน โดยได้ประยุกต์เทคนิคด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ร่วมกับแบบจำลอง SCS Curve Number โดยทำการประมาณค่าปริมาณน้ำท่า และทำ

การเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าจริงที่ตรวจวัดได้ และพบว่าผลการเทียบแบบจำลอง มีค่าประสิทธิภาพรายปีเท่ากับร้อยละ 98 แต่ในช่วงน้ำหลาก จะมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 97 และช่วงหน้าแล้ง จะมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 91

มนตรี พิมพิใจ (2555) ศึกษาการวิเคราะห์ผลกระทบพหุสิ่งแวดล้อมเชิงพื้นที่และการวางแผนการใช้ที่ดินอันเนื่องจากการเติบโตของเมือง โดยแยกองค์ประกอบหลักของวิธีการศึกษาเป็น 4 ด้าน คือ 1) การประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น 2) การเจริญเติบโตของเมือง 3) ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม และ 4) การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลจากการประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุม ได้ใช้วิธีการตีความด้วยสายตาและแบบจำลอง CA-Markov การเจริญเติบโตของเมืองใช้การกำหนดคุณลักษณะของเมือง สำหรับผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้วิเคราะห์การแบ่งเขตผืนแปรโดยตรงกับการเติบโตของเมือง และการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้ทำการทดลองใช้แผนการจัดสรรการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลง ผลการศึกษาสรุปได้ว่า วิธีการทั้ง 4 วิธีบ่งบอกถึงการเพิ่มขึ้นของเมือง ส่งผลให้พื้นที่เกษตรกรรมและป่าไม้ลดลง รวมไปถึงค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่ามีค่าเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง และทำการวิเคราะห์ศักยภาพความเสี่ยงเกิดน้ำท่วมอยู่ในระดับปานกลางและสูง

ดวงทิพย์ ฤกษ์ชัย และทรงวุฒิ แสงจันทร์ (2556) ได้ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพอากาศต่อปริมาณน้ำท่าผิวดิน กรณีศึกษาลุ่มน้ำฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการรวบรวมข้อมูลการใช้ที่ดิน และสภาพอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำ ในช่วงปี พ.ศ. 2544-2553 และทำการประเมินปริมาณน้ำท่าผิวดินโดยวิธี SCS Curve Number จากการประเมินน้ำท่าผิวดินโดยค่าเฉลี่ยของปริมาณฝน เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับน้ำท่า พบว่าปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่าผิวดิน และพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างอุณหภูมิกับปริมาณน้ำท่าผิวดิน

ธีรเวทย์ ลิ้มโกลลวิลาส (2557) ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat เพื่อช่วยในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินลุ่มน้ำลำตะคอง และจำแนกการใช้ที่ดินในอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2434, 2545, 2556) ด้วยการแบ่งการใช้ที่ดินเป็น 5 ประเภทได้แก่ ที่อยู่อาศัย ป่าไม้เกษตรกรรม แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่น ๆ โดยมีความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลเท่ากับร้อยละ 80 และคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต พบว่า การใช้ที่ดินที่อยู่อาศัย พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.42, 7.65 และ 1.42 ของพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ตามลำดับ พื้นที่เกษตรกรรมมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 18.06 จากการคาดการณ์สัดส่วนการจำแนกที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov ของลุ่มน้ำลำตะคองในปี 2567 พบว่า มีการใช้ที่ดินที่อยู่อาศัย และพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.71 และ 24.99 ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่อื่น ๆ มีแนวโน้มลดลงร้อยละ 60.90, 2.27 และ 2.12 โดยความถูกต้องของแบบจำลอง CA-Markov เท่ากับร้อยละ 70

ณัฐนิชา ผ่องพุฒิ และคณะ (2559) ได้ใช้โปรแกรม IDRISI และแบบจำลอง Land Change Modeler ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่สูงชัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต พบว่า ระหว่าง พ.ศ. 2543-2556 มีพื้นที่ป่าไม้ลดลง ในขณะที่พื้นที่ยางพาราเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่ยางพาราส่วนหนึ่งอยู่บนพื้นที่สูงชันมากกว่า 30 องศา และใช้วิธีการปลูกที่ไม่เหมาะสม ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม และการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินใน พ.ศ. 2561 พบว่า พื้นที่ป่า และพื้นที่ไม้ผลผสมจะลดลง ส่วนพื้นที่ป่าลุ่มน้ำมัน พื้นที่ยางพารา และพื้นที่ที่พืชอาศัยจะเพิ่มมากขึ้น ส่วนการลดผลกระทบจากดินถล่มที่เกิดจากมนุษย์ ต้องดำเนินการเชิงรุกและปลูกพื้นที่ยางพาราในพื้นที่สูงชัน เพื่อใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเหมาะสม โดยยึดหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ

ปิยพงษ์ ทองดินนอก (2559) ใช้ข้อมูลและเทคนิคทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ร่วมกับวิธีการของแบบจำลอง SCS-CN เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่า โดยการรวบรวมข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ ข้อมูลชุดดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน มาทำการวิเคราะห์ลักษณะภูมิศาสตร์กายภาพ และลักษณะทางอุทกวิทยา เพื่อประเมินค่า CN และพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้สถานภาพทางอุทกวิทยา และศักยภาพการให้น้ำท่า โดยผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยจากแบบจำลองจากแบบจำลอง SCS-CN มีค่าเท่ากับ 625.71 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำท่า พบว่าอยู่ในระดับปานกลาง ($r^2 = 0.6$)

ธรรมณูญ เต็มไชย (2564) ใช้แบบจำลองประเมินผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่า กรณีมีการทำเกษตรกรรมในพื้นที่บางกลอยบน อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน โดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในระบบนิเวศลุ่มน้ำบางกลอยบน ภายใต้ภาพจำลอง การจัดการที่แตกต่างกัน คือ ภาพจำลองป่ากรณีไม่มีการเกษตรกรรม และภาพจำลองป่ากรณีมีการเกษตรกรรม โดยใช้เกณฑ์เปรียบเทียบจากภาพจำลองป่าในอุดมคติที่ปราศจากการรบกวน โดยใช้แบบจำลองปริมาณน้ำท่าตามฤดูกาล (Seasonal water yield) ของเครื่องมือ InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) ผลการศึกษา ชี้ให้เห็นว่า หากพื้นที่ป่าบริเวณต้นน้ำลำธารมีการ ทำเกษตรกรรม จะทำให้สมดุลของน้ำในลำธารเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินในปริมาณที่มากขึ้น จนเกิดน้ำป่าไหลหลาก การเก็บกักน้ำในดินลดน้อยลง และช่วงระยะเวลาการไหลของน้ำในลำธารจะขาดในฤดูแล้ง ส่งผลกระทบต่อชุมชนที่ตั้งอยู่ในบริเวณริมแม่น้ำเพชรบุรี บริเวณเหนือเขื่อนแก่งกระจานและตอนล่างลงมา และสามารถส่งผลกระทบต่อชุมชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี รวมทั้งมีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาความแห้งแล้งในบางฤดูกาลในอนาคต คิดเป็นมูลค่าความสูญเสีย (ที่ไม่รวมความเสียหายของทรัพย์สินอื่น) 391.11 ล้านบาท ต่อปี

ระวีวรรณ บุญมา และอริศรา เจริญปัญญาเนตร (2565) ได้ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำไหลบ่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนโดยใช้

ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 OLI ปี 2559 และ ปี 2563 ทำการจำแนกประเภทด้วยวิธีการกำกับดูแลและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยวิเคราะห์จากค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงขนาดของความสัมพันธ์ของตัวแปร จากนั้นแบบจำลอง SCS-CN ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลบ่า โดยอาศัยข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชุดดิน และความลาดชันของพื้นที่ จากนั้นนำผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและปริมาณน้ำไหลบ่าทั้ง 2 ช่วงเวลา มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วยวิธีการทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน ในช่วงปี 2559 ถึงปี 2563 พื้นที่ป่าไม้มีจำนวนลดลง พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่เมืองมีเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของปริมาณน้ำไหลบ่า คือ ในช่วงปี 2559 มีปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,086.58 ลูกบาศก์เมตร ต่อปี และปี 2563 มีปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,534.00 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์ผลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีต่อปริมาณน้ำไหลบ่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน พบว่าพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณน้ำไหลบ่า ที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.884

งานวิจัยต่างประเทศ

Caroline (2002) Adapting the SCS Method For Estimating Runoff In Shallow Water Table Environments ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการปรับใช้ค่า SCS CURVE NUMBER ในการประเมินการไหลของน้ำ ในสภาพลุ่มน้ำตื้น จากการทดลองกับดินที่มีความโดดเด่น ในการแทรกซึมน้ำส่วนเกิน ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังจากที่ได้รับความชุ่มชื้นของปริมาณน้ำฝนเกินกว่าความสามารถในการแทรกซึมของดิน ซึ่งในฟลอริดา มีดินทรายที่มีความจุแทรกซึมสูง ทำให้การแทรกซึมส่วนเกินมีแนวโน้มน้อยกว่าความอิ่มตัว จึงเกิดกลไกพื้นที่ชุ่มน้ำขยายตัวในฤดูฝน

Liu & Li (2008) Application of SCS Model in Estimation of Runoff From Small Watershed in Loess Plateau of China ได้ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SCS ประเมินปริมาณน้ำท่าบริเวณที่ราบสูง Loess ในประเทศจีน โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการจำแนกกลุ่มดินจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ปี 1996 และปี 1997 ข้อมูลความลาดชัน ข้อมูลอุตุณิยมิวียา และข้อมูลอุทกวิทยา พบว่ากราฟน้ำท่าที่ได้จากการปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้ด้วยแบบจำลอง SCS มีรูปร่างเหมือนกันกราฟน้ำท่าที่ได้จากปริมาณน้ำท่าที่มาจาก การตรวจวัด และแบบจำลองมีค่าความถูกต้องมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำการใช้แบบจำลอง SCS และระบบสารสนเทศภูมิสารสนเทศศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการประเมินค่าของลุ่มน้ำได้

Amutha & Porchelvan (2009) Estimation of Surface Runoff in Malattar sub-Watershed Using SCS Curve Number Method ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลอง SCS Curve Number ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อประเมินน้ำท่าในลุ่มน้ำ Malattar ในประเทศอินเดีย

คำนวณจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนปี 1971-2007 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM ข้อมูลชุดดิน พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำ Malattar มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 517.44 มิลลิเมตรต่อปี มีค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 47.04 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

Khaddor & Alaoui (2014) Production of a Curve Number map for Hydrological simulation-Case study: Kalaya Watershed located in Northern Morocco ได้ศึกษาเรื่องการจำลองอุทกวิทยาที่ลุ่มน้ำ Kalaya ทางตอนเหนือของ Morocco ได้ใช้การคำนวณโค้งน้ำกับลุ่มน้ำดังกล่าว และสร้างแบบจำลองทางอุทกวิทยาภายในสถานการณ์จำลองของการไหลของตะกอน 80 มิลลิเมตร ในช่วงเหตุการณ์พายุในเดือนธันวาคม ปี 2009 พบว่าได้ผ่านการประมาณค่าการไหลบ่าโดยตรง ทำให้สามารถปรับใช้ได้กับหลายชั้นข้อมูลของทางอุทกวิทยา และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Kumar, et al. (2021) Surface runoff estimation of Sind river basin using integrated SCS-CN and GIS techniques ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SCS-CN ประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำ Sind โดยวิธีการหา CN ขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (LULC) ชนิดของดิน และความชื้นในดินก่อนหน้า (AMC) นอกจากนี้ พารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น คุณลักษณะของดินทางอุทกวิทยา (HSG) ปริมาณน้ำฝนที่ตก (P) การกักเก็บสูงสุดที่เป็นไปได้ (PMR) สภาพความชื้นก่อนหน้า (AMC) ค่าถ่วงน้ำหนักของโค้งน้ำท่า (WCN) เป็นปัจจัยนำเข้าสำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SCS-CN และใช้เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ไหลบ่าในแต่ละวันจากลุ่มน้ำ Sind เป็นเวลาสิบปี คือ พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2557 ผลลัพธ์ที่ได้คือปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินเฉลี่ยต่อปีที่คำนวณได้สำหรับลุ่มน้ำ Sind คือ 133.71 มม. ปริมาณเฉลี่ยรวมของปริมาณน้ำไหลบ่าอยู่ที่ 35.04×108 ลบ.ม. คิดเป็น 17.21% ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี

ในการศึกษาหลักการของวิธี SCS-CN เพื่อประเมินปริมาณน้ำไหลบ่า มีปัจจัยหลักที่ใช้ในการประเมิน คือ ปริมาณน้ำฝน ลักษณะของสิ่งปกคลุมดินหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน และคุณลักษณะของดินทางอุทกวิทยา (HSG) โดยจากการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SCS ประเมินปริมาณน้ำท่าบริเวณที่ราบสูง Loess ในประเทศจีนของ Liu & Li (2008) พบว่า กราฟน้ำท่าที่ได้จากปริมาณน้ำท่าที่คำนวณด้วยแบบจำลอง SCS มีรูปร่างเหมือนกัน กราฟน้ำท่าที่ได้จากปริมาณน้ำท่าที่มาจากการตรวจวัด และแบบจำลองมีความถูกต้องมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถนำการใช้แบบจำลอง SCS และระบบสารสนเทศภูมิสารสนเทศศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการประเมินค่าของลุ่มน้ำได้ และหากต้องการคาดการณ์ปริมาณน้ำไหลบ่า ปัจจัยที่จำเป็นจะต้องมีการคาดการณ์เพื่อนำมาใช้ประเมิน คือ ลักษณะของสิ่งปกคลุมดินหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยอาจประยุกต์ใช้แบบจำลอง CA-Markov ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมอย่างน้อยเพียงแค่ 2 ช่วงเวลา ตามที่แบบจำลองต้องการ และมีความสามารถในการจำลอง

การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ครอบคลุมมากกว่าแบบจำลองแบบอื่น ๆ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์
การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่สูง



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการศึกษาเรื่อง การประยุกต์แบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง SCS-CN ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำไหลบ่าในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ผู้ศึกษาได้ดำเนินการศึกษาโดยลำดับ ดังนี้

- 1.เครื่องมือและอุปกรณ์
- 2.การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.การวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Hardware

เครื่องคอมพิวเตอร์
เครื่อง Printer

2. Software

โปรแกรมวิเคราะห์ทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

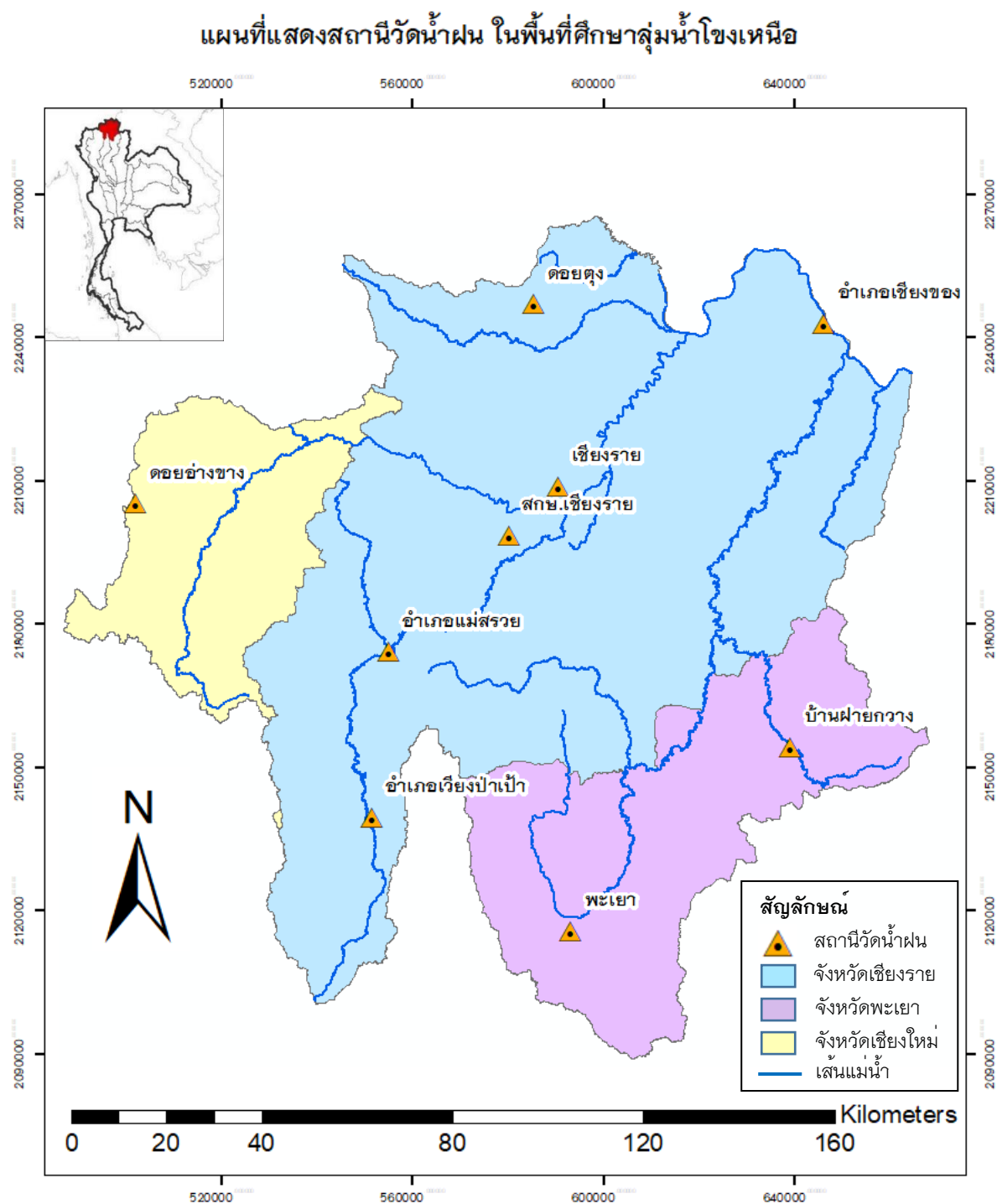
ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมโดยวิธีการแบ่งตามข้อมูลแต่ละด้าน ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ด้านอุตุนิยมวิทยา

1. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีย้อนหลัง 14 ปี (พ.ศ. 2552-พ.ศ. 2565)

สถานีครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ทั้งหมด 9 สถานี ประกอบด้วย สถานีเชียงราย สถานีสภข.เชียงราย สถานีพะเยา สถานีดอยอ่างขางและสถานีอำเภอแม่สรวย สถานีอำเภอเวียงป่าเป้า สถานีบ้านฝายกวาง สถานีดอยตุง สถานีอำเภอเชียงของ ดังข้อมูลแสดงในตาราง 1 และดังภาพ 11

ข้อมูลข้างต้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนย้อนหลัง 14 ปี ด้วยข้อจำกัดของข้อมูล จึงเริ่มใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-พ.ศ. 2565 รวม 14 ปี ของสถานี ในบริเวณลุ่มน้ำโขงเหนือ 9 สถานี จากกรมอุตุนิยมวิทยา, กรมชลประทาน และคลังข้อมูลน้ำแห่งชาติของสถาบันสารสนเทศน้ำ (องค์การมหาชน)



ภาพ 11 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน บริเวณลุ่มน้ำโขงเหนือ

ตาราง 1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 14 ปี (พ.ศ. 2552-พ.ศ. 2565)

รหัส สถานี	ชื่อสถานี	อำเภอ	ปี	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565	ฝนเฉลี่ย 14 ปี (ม.ม.)
303201	เขียงราย	เมือง	2552	1,625	1,825	2,043	1,811	2,142	1,470	1,432	1,876	2,245	1,929	1,013	1,199	1,732	1,911	1,732
303301	สภข.	เมือง	2552	1,483	1,987	1,760	1,758	1,944	1,737	1,173	1,394	2,108	1,823	837	1,335	1,686	2,117	1,653
	เขียงราย																	
310201	พะเยา	เมือง	2552	847	1,158	1,391	1,116	1,174	1,142	808	1,080	1,286	1,449	740	812	1,287	1,546	1,131
327202	ดอย	ฝาง	2552	1,681	1,845	2,067	1,841	2,392	1,871	1,370	1,690	2,322	2,002	1,298	1,319	1,877	2,688	1,876
	อ่างช้าง																	
080102	อำเภอ	แม่	2552	1,069	890	1,461	1,696	1,379	1,446	840	1,496	1,793	1,545	965	964	1,243	1,421	1,301
	แม่สรวย	สรวย																
080082	อำเภอ	เวียง	2552	917	761	977	2,478	3,033	2,571	852	923	777	2,013	804	962	1,120	1,543	1,409
	เวียงป่าเป้า	ป่าเป้า																
730100	บ้าน	เขียง	2552	1,392	1,395	1,443	1,495	1,052	1,370	1,107	1,259	1,585	1,383	1,017	1,005	1,618	1,620	1,339
	ฝายกวาง	คำ																
080214	ดอยตุง	แม่ฟ้า	2552	1,644	1,413	1,658	1,373	1,773	1,011	1,382	911	2,623	1,885	**	905	2,158	2,496	1,633
	หลวง	หลวง																
080092	อำเภอ	เขียง	2552	1,459	2,018	1,604	1,827	2,425	1,504	1,287	877	1,740	1,699	**	890	1,101	1,198	1,510
	เขียงของ	ของ																
ค่าเฉลี่ยแต่ละปีของ 9 สถานี			2552	1,346	1,477	1,600	1,710	1,924	1,569	1,139	1,278	1,831	1,747	954	1,043	1,536	1,838	1,509

ด้านสภาพภูมิประเทศและดิน

1. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Landuse) ลุ่มน้ำโขงเหนือ ปี พ.ศ. 2552 พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2564 ดำเนินการโดยการขอความอนุเคราะห์จากกรมพัฒนาที่ดิน ประเภทข้อมูล Shape File Landuse 2552 Landuse 2558 และ Landuse 2564
2. ข้อมูลชุดดิน (Soil Map) ลุ่มน้ำโขงเหนือ ดำเนินการโดยการขอความอนุเคราะห์จากกรมพัฒนาที่ดิน ประเภทข้อมูล Shape File Soil
3. ข้อมูลชั้นหินจากแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:2,500,000 โดยกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ด้วยหลักวิธีการ SCS Curve Number

การวิเคราะห์ด้วยวิธีการ SCS Curve Number จะใช้ข้อมูล 3 ชั้นข้อมูลคือ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 ปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2564 ข้อมูลชุดดิน และข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 14 ปี จำนวน 9 สถานี ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ สำหรับบริเวณพื้นที่ลาดชันที่มีประเภทชุดดิน 62 ได้ใช้ข้อมูลชั้นหินจากแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:2,500,000 โดยกรมทรัพยากรธรณี ประกอบกับตารางแสดงเนื้อดินที่ได้จากการผุพังสลายตัวของหิน ดังภาพ 12 ในการกำหนดชุดดิน A B C และ D เพื่อให้สามารถระบุข้อมูลเกี่ยวกับชุดดินที่ใช้ในสมการ SCS Curve Number ได้

Geologic classification	ชนิดหิน	เนื้อดินจากการผุพังสลายตัวของหิน
หินอัคนี (Igneous rock) ที่เย็นตัวช้า มีเนื้อหยาบ (Intrusive; coarse texture)	Granite group	Loamy sands to Sandy loams
	Gabbro	Loams to Clays
	Peridotite	Loams to Clays
หินอัคนี (Igneous rock) ที่เย็นตัวเร็ว มีเนื้อละเอียด (Extrusive; fined texture)	Rhyolite	Fine sandy loams to Loams
	Andesite	Sandy loams to Loams
	Basalt	Silt loams to Clays
หินชั้น (Sedimentary rock)	Conglomerate	Gravelly sandy loams
	Sandstone	Loamy sands to Sandy loams
	Shale	Clay loams to Clays
หินแปร (Metamorphic rock)	Slate	Clay loams to Clays
	Phyllite	Clay loams to Clays
	Schist	Loams to Clays
	Gneiss	Loamy sands to Loams
	Quartzite	Coarse loamy sands to Sandy loams
	Serpentine	Clay loams to Clays

ภาพ 12 ตารางแสดงโครงสร้างทางธรณีวิทยา ชนิดหินต้นกำเนิดดิน และเนื้อดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังของหิน

ที่มา: พงษ์ศักดิ์วิฑูรย์สุตกุล และวารินทร์ จิระสุขทวีกุล, 2548

ขั้นตอนวิธีการ

1. แยกประเภท ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระดับที่ 1 โดยทำการจัดประเภทใหม่ให้สอดคล้องกับตาราง Curve Number ที่กำหนด โดยกำหนดให้มี 7 ประเภท ดังนี้

- 1.1 Wood and Forest land พื้นที่ป่าไม้
- 1.2 Wood-grass combination พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น
- 1.3 Rangeland and Herbaceous and Crops พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล
- 1.4 Agriculture land Bare soil Crop cover พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ เช่น พื้นที่นา
- 1.5 Industrial districts and Dump site พื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ
- 1.6 Urban districts: Commercial and Business เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ
- 1.7 Water bodies and Inland marshes แหล่งน้ำ และพื้นที่ชื้นแฉะ

2. นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้ทำการจัดประเภทใหม่ ทำการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov โดยทำการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2564 จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 และปี 2558 และนำมาตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2564 ของกรมพัฒนาที่ดินเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง และพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2570 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2564

3. แยกประเภทชนิดดิน ตามลักษณะทางอุทกวิทยาของดิน ให้อยู่ในรูปแบบของชุดดิน A B C D ดังแสดงในตาราง 2 และระบุค่าการระบายน้ำของดินในข้อมูลดินแต่ละประเภท

4. วิเคราะห์หาค่า Curve Number จากการนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้ทำการจัดประเภทแล้ว (ปี พ.ศ. 2558 ปี พ.ศ. 2564 จากกรมพัฒนาที่ดิน และปี พ.ศ. 2570 ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov) มาดูเงื่อนไขชนิดของดินและการระบายน้ำของดิน ดังแสดงข้อมูลค่า Curve Number ดังตาราง 3 ในการศึกษานี้ได้ใช้ตาราง Curve Number ของ Mishra and Singh ในหัวข้อ Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology ร่วมกับ ตารางค่า Curve Number ของ Tomáš Rehánek หัวข้อ Parameter recalculation for a rainfall-runoff model with a focus on runoff curve numbers และตารางของ United States Department of Agriculture (USDA) หัวข้อ Urban Hydrology for Small Watersheds ซึ่งนำมาดัดแปลงให้เหมาะสมกับบริบทพื้นที่ศึกษา

5. เมื่อระบุค่า CN ตามเงื่อนไขประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดิน จะทำการหาค่าการเก็บกักน้ำสูงสุด (S) โดยใช้สมการ ดังนี้

$$S = 25.4 \times \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (5)$$

6. การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2558, ปี พ.ศ. 2564, ปี พ.ศ. 2556 (ปีที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 9 สถานี มากที่สุด), ปี พ.ศ. 2563 (ปีที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 9 สถานี น้อยที่สุด) และข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 14 ปี ด้วยวิธีการประมาณค่า (Interpolation) แบบ IDW จะได้ค่าเฉลี่ยของฝนที่ตกแต่ละในพื้นที่ (P) โดยข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 14 ปี จะนำมาใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำไหลบ่าในปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนปกติ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2556 จะนำมาใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำไหลบ่าในปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนตกมาก และข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2563 จะนำมาใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำไหลบ่าในปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนตกน้อย

7. หาค่าปริมาณน้ำไหลบ่า (Q) โดย ค่า S และค่า P ตามสูตรสมการดังนี้

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (6)$$

เมื่อได้ปริมาณน้ำไหลบ่า (Q) จะทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำไหลบ่าที่ปรากฏจากการใช้ประโยชน์ที่ดินได้เปลี่ยนแปลงไป ระหว่างอดีตกับปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2558 กับ ปี พ.ศ. 2564) ปัจจุบันกับในอนาคตที่คาดการณ์ 3 กรณี คือ กรณีปีที่ปริมาณน้ำฝนปกติ ปีที่ปริมาณน้ำฝนมาก และกรณีที่ปริมาณน้ำฝนน้อย (ปี พ.ศ. 2564 กับ ปี พ.ศ. 2570) และเปรียบเทียบระหว่างอดีตกับอนาคตที่คาดการณ์ 3 กรณี เช่นกัน (ปี พ.ศ. 2558 กับ ปี พ.ศ. 2570) เพื่อนำไปสู่การวางแผนลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการป้องกัน และบรรเทาอุทกภัย และภัยแล้ง

ตาราง 2 ตารางแสดงการแยกข้อมูลชนิดดิน

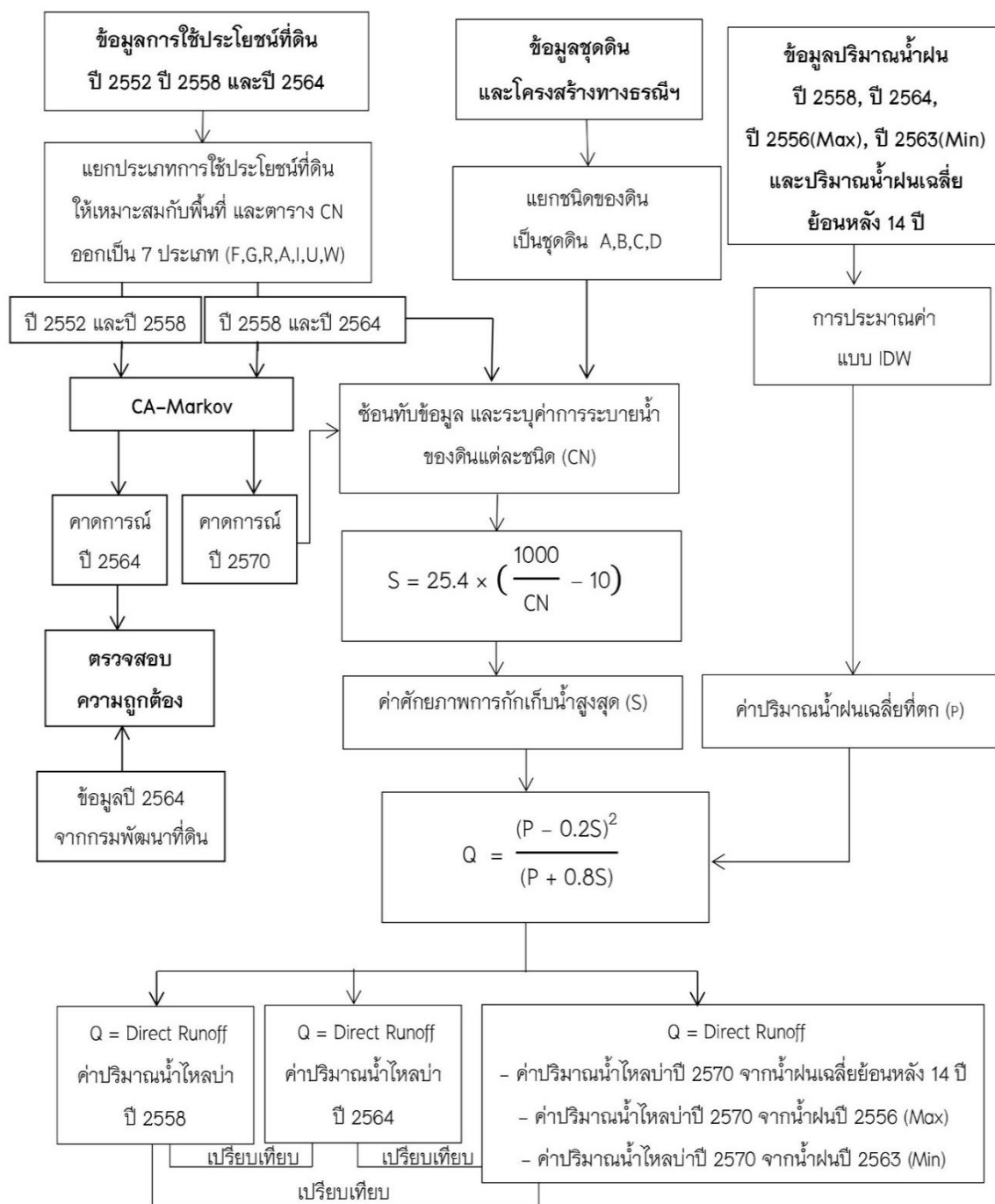
Hydrological Soil Group (HSG)	Soil Textures
A	sand, loamy sand, or sandy loam, slope-area
B	silt loam or loam
C	sandy clay loam
D	clay loam, silty clay loam, sandy clay, silty clay, clay, silt

ที่มา: USDA, 1986

ตาราง 3 Runoff Curve Number (CN) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่าง ๆ ของ SCS

Land Use	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Wood and Forest land (พื้นที่ป่าไม้) (F)	36	60	73	79
Wood-grass combination (พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น) (G)	43	65	76	82
Rangeland and Herbaceous and Crops (พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล) (R)	58	72	81	85
Agriculture land Bare soil Crop cover (พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ เช่น พื้นที่นา) (A)	76	85	90	93
Industrial districts and Dump site (พื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ) (I)	81	88	91	93
Urban districts: Commercial and Business (เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ) (U)	89	92	94	95
Water bodies and Inland marshes (แหล่งน้ำ และพื้นที่ชื้นแฉะ) (W)	100	100	100	100

ที่มา: ดัดแปลงจาก Mishra & Singh, 2003; United States Department of Agriculture (USDA), 1999; Rehánek, 2022



ภาพ 13 ขั้นตอนการหาค่าปริมาณน้ำท่าด้วยหลักวิธีการ SCS Curve Number

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง การประยุกต์แบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง SCS-CN ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำไหลบ่าในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ผู้ศึกษาได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาไว้ ดังนี้

1. เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2570 พื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ด้วยแบบจำลอง CA-Markov
2. เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำไหลบ่าในปี พ.ศ. 2570 ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ด้วยหลักวิธีการ SCS Curve Number และเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลบ่าระหว่างปี พ.ศ. 2558–2570
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำไหลบ่า กับปริมาณน้ำฝนและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

1. การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ปี 2552 ปี 2558 และ ปี 2564

เมื่อนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำโขงเหนือที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2552 ปี 2558 และปี 2564 มากำหนดพื้นที่ศึกษา และแบ่งออกเป็น 7 ประเภท สามารถสรุปได้ดังตาราง 4 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2552 มีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด 5,059,076 ไร่ หรือร้อยละ 46.56 รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ 2,394,323 ไร่ หรือร้อยละ 22.04 พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล 1,490,834 ไร่ หรือร้อยละ 13.72 พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น 1,154,464 ไร่ หรือร้อยละ 10.62 พื้นที่เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ 492,678 ไร่ หรือร้อยละ 4.53 พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ชั้นแฉะ 271,263 ไร่ หรือร้อยละ 2.50 และพื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ 3,103 ไร่ หรือร้อยละ 0.03 ดังภาพ 14

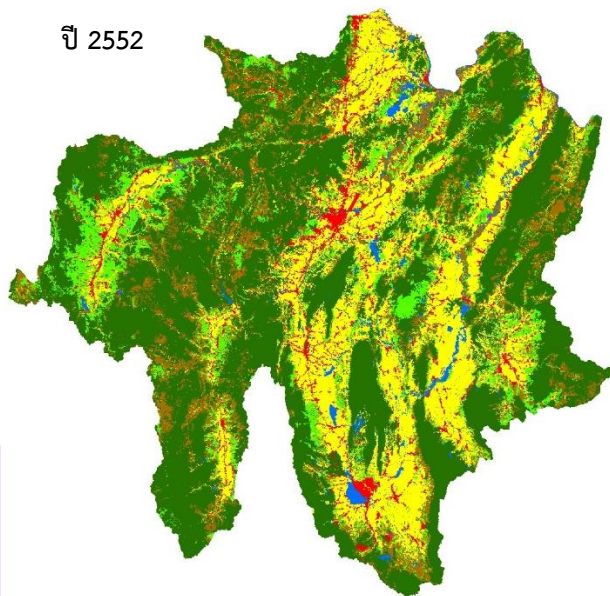
การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2558 มีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด 4,329,800 ไร่ หรือร้อยละ 39.85 รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ 2,266,367 ไร่ หรือร้อยละ 20.86 พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล 1,989,605 ไร่ หรือร้อยละ 18.31 พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น 1,419,846 ไร่ หรือร้อยละ 13.07 พื้นที่เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ 549,101 ไร่ หรือร้อยละ 5.05 แหล่งน้ำ และพื้นที่ชั้นแฉะ 284,132 ไร่ หรือร้อยละ 2.61 และพื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ 26,889 ไร่ หรือร้อยละ 0.25 ดังภาพ 15

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2564 มีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด 4,138,020 ไร่ หรือร้อยละ 38.08 รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม และอื่นๆ 2,249,620 ไร่ หรือร้อยละ 20.70 พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล 2,187,935 ไร่ หรือร้อยละ 20.14 พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น 1,264,958 ไร่ หรือร้อยละ 11.64 พื้นที่เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ 634,966 ไร่ หรือร้อยละ 5.84 แหล่งน้ำ และพื้นที่ชั้นแฉะ 349,533 ไร่ หรือร้อยละ 3.22 และพื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ 40,708 ไร่ หรือร้อยละ 0.37 ดังภาพ 16

ตาราง 4 พื้นที่ศึกษาแบ่งตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

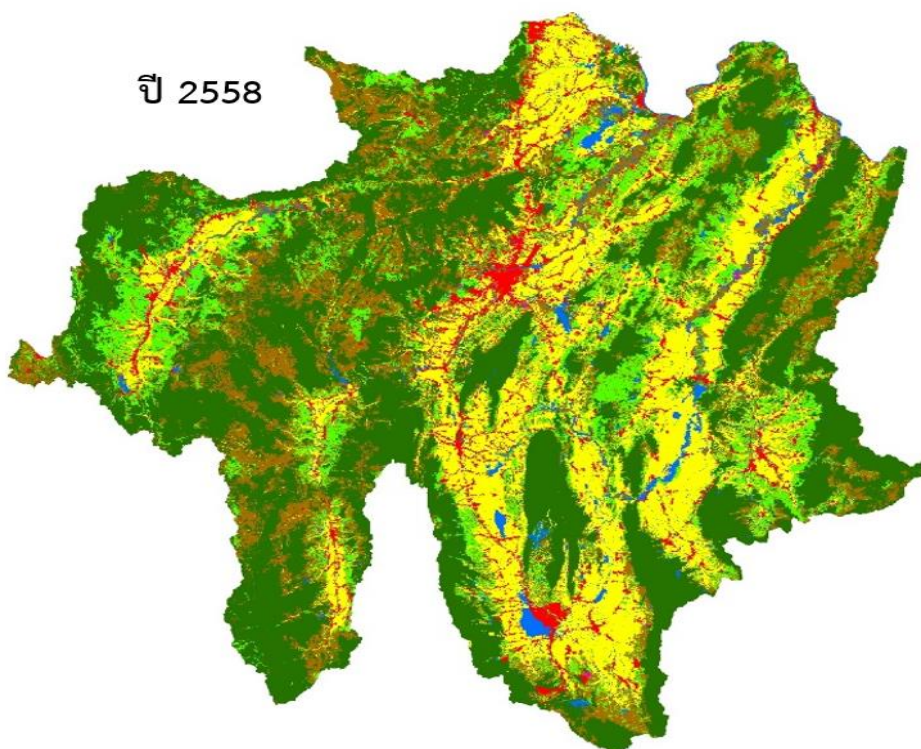
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี 2552		ปี 2558		ปี 2564	
	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%
1. พื้นที่เกษตรกรรม และอื่นๆ (A)	2,394,323	22.04	2,266,367	20.86	2,249,620	20.70
2. พื้นที่ป่าไม้ (F)	5,059,076	46.56	4,329,800	39.85	4,138,020	38.08
3. พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น (G)	1,154,464	10.62	1,419,846	13.07	1,264,958	11.64
4. พื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ (I)	3,103	0.03	26,889	0.25	40,708	0.37
5. พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล (R)	1,490,834	13.72	1,989,605	18.31	2,187,935	20.14
6. เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ (U)	492,678	4.53	549,101	5.05	634,966	5.84
7. แหล่งน้ำ และพื้นที่ชั้นแฉะ (W)	271,263	2.50	284,132	2.61	349,533	3.22
Total	10,865,740	100.00	10,865,740	100.00	10,865,740	100.00

ปี 2552

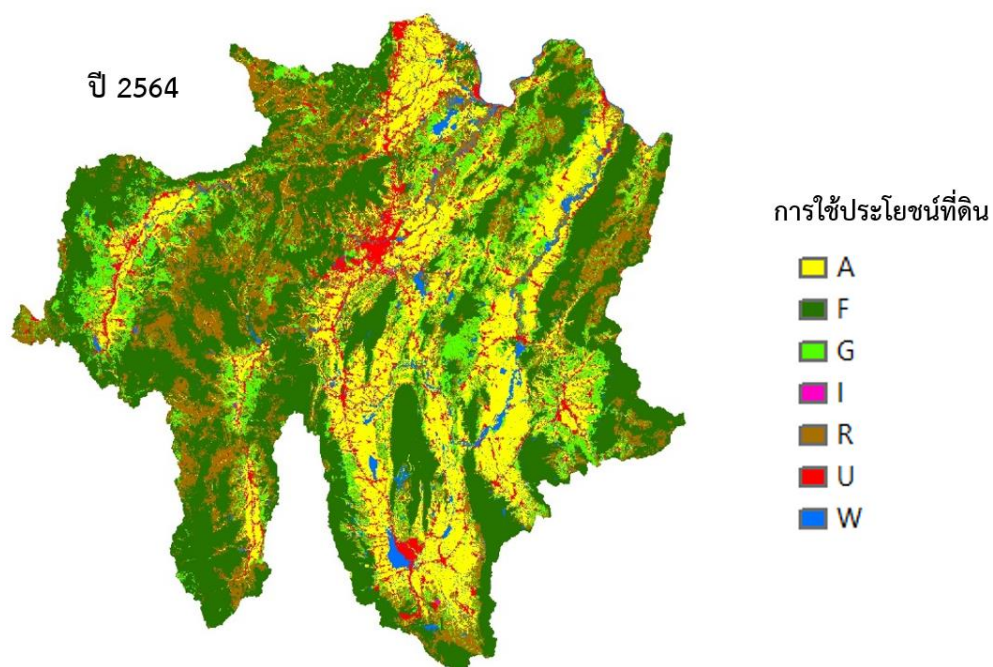


ภาพ 14 การใช้ประโยชน์ที่ดิน (7 ประเภท) ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2552

ปี 2558



ภาพ 15 การใช้ประโยชน์ที่ดิน (7 ประเภท) ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2558



ภาพ 16 การใช้ประโยชน์ที่ดิน (7 ประเภท) ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564

ตาราง 5 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ปี 2552 และ ปี 2558

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี 2552		ปี 2558		การเปลี่ยนแปลง	
	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%
1. พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ (A)	2,394,323	22.04	2,266,367	20.86	-127,955	-1.18
2. พื้นที่ป่าไม้ (F)	5,059,076	46.56	4,329,800	39.85	-729,276	-6.71
3. พื้นที่สมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น (G)	1,154,464	10.62	1,419,846	13.07	265,382	2.44
4. พื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ (I)	3,103	0.03	26,889	0.25	23,786	0.22
5. พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล (R)	1,490,834	13.72	1,989,605	18.31	498,771	4.59
6. เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ (U)	492,678	4.53	549,101	5.05	56,423	0.52
7. แหล่งน้ำ และพื้นที่ขึ้นแฉะ (W)	271,263	2.50	284,132	2.61	12,869	0.12
Total	10,865,740	100.00	10,865,740	100.00		

ตาราง 6 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (7 ประเภท) ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ระหว่างปี 2552-2558

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน		การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2558 (ไร่)							
ประโยชน์ที่ดิน		A	F	G	I	R	U	W	total
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 (ไร่)	A	2,172,370	-	-	12,262	181,426	28,265	-	2,394,323
	F	23,642	4,320,403	150,934	1,395	546,236	11,824	4,642	5,059,076
	G	34,602	9,397	950,785	2,171	140,830	11,517	5,161	1,154,464
	I	-	-	-	3,103	-	-	-	3,103
	R	35,753	-	318,127	2,434	1,121,113	13,407	-	1,490,834
	U	-	-	-	5,524	-	484,088	3,065	492,678
	W	-	-	-	-	-	-	271,263	271,263
Total		2,266,367	4,329,800	1,419,846	26,889	1,989,605	549,101	284,132	10,865,740

หมายเหตุ: A = พื้นที่เกษตรกรรม และอื่นๆ, F = พื้นที่ป่าไม้, G = พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น, I = พื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ, R = พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล, U = เขตเมือง การค้า และย่านธุรกิจ, W = แหล่งน้ำ และพื้นที่ชื้นแฉะ

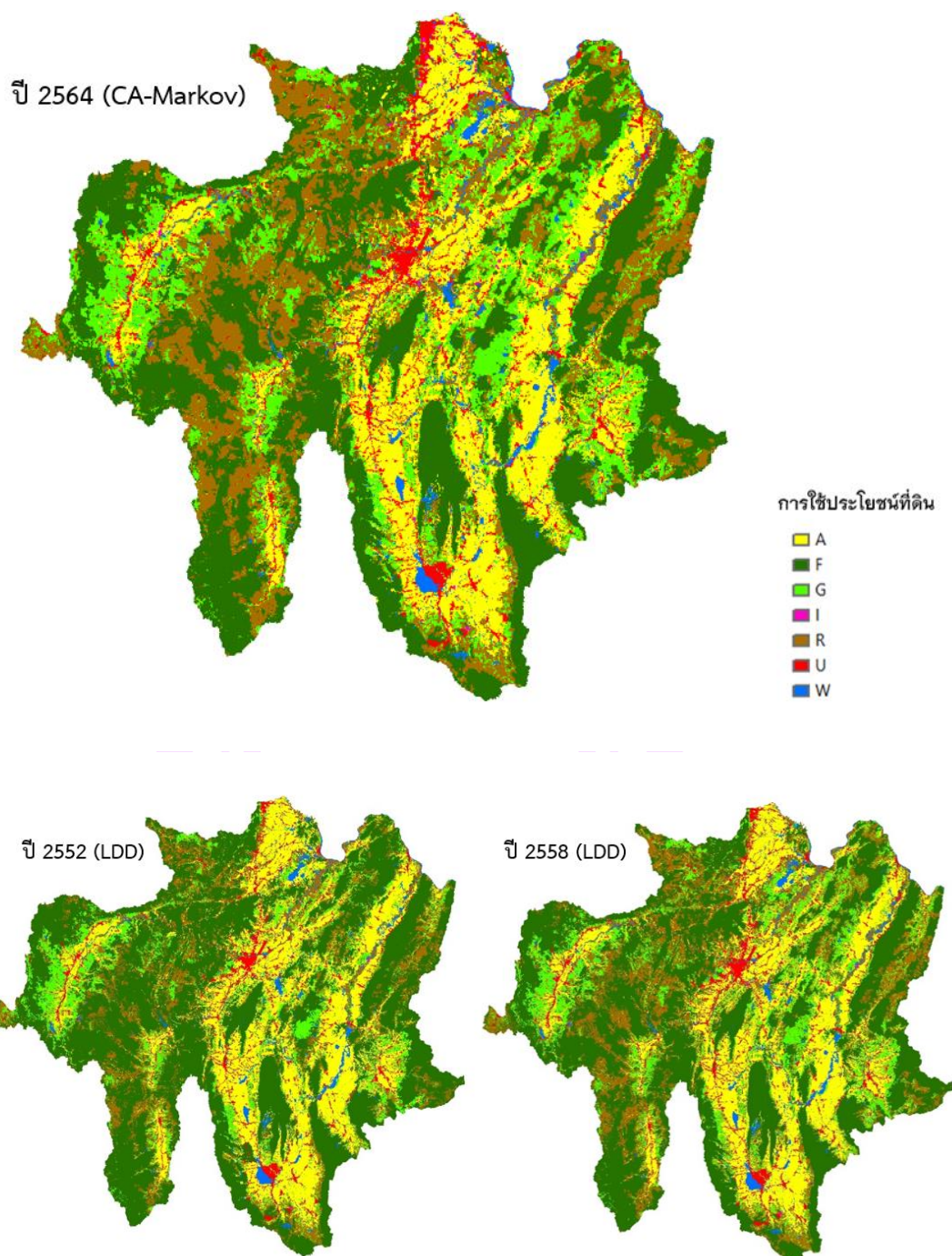
2. การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov

ผลการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 และปี 2558 พบว่า มีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด 3,724,356 ไร่ หรือร้อยละ 34.28 รองลงมาคือ พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล 2,311,811 ไร่ หรือร้อยละ 21.28 พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ 2,173,690 ไร่ หรือร้อยละ 20.00 พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล และไม้ยืนต้น 1,725,768 ไร่ หรือร้อยละ 15.88 พื้นที่เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ 598,481 ไร่ หรือร้อยละ 5.51 พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ชื้นแฉะ 293,891 ไร่ หรือร้อยละ 2.70 และพื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ 37,743 ไร่ หรือร้อยละ 0.35 ดังตาราง 7

เมื่อเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov กับ การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 และปี 2558 พบว่า พื้นที่ป่าลดลง จากปี 2558 จำนวน 92,677 ไร่ และลดลงจากปี 2552 จำนวน 220,633 ไร่ มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เมือง จากปี 2558 จำนวน 322,206 ไร่ และเพิ่มจากปี 2552 จำนวน 820,978 ไร่ ดังตาราง 7 และภาพ 17

ตาราง 7 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564 ที่ได้จากการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2552 และปี 2558 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี 2564 (CA-Markov)		การเปลี่ยนแปลง ปี 2552-2564		การเปลี่ยนแปลง ปี 2558-2564	
	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%
1. พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ (A)	2,173,690	20.00	-220,633	-2.03	-92,677	-0.85
2. พื้นที่ป่าไม้ (F)	3,724,356	34.28	-1,334,720	-12.28	-605,444	-5.57
3. พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น (G)	1,725,768	15.88	571,304	5.26	305,922	2.82
4. พื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ (I)	37,743	0.35	34,640	0.32	10,854	0.10
5. พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล (R)	2,311,811	21.28	820,978	7.56	322,206	2.97
6. เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ (U)	598,481	5.51	105,803	0.97	49,379	0.45
7. แหล่งน้ำ และพื้นที่ชื้นแฉะ (W)	293,891	2.70	22,628	0.21	9,759	0.09
Total	0,865,740	100.00				



7.

ภาพ 17 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564 ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov กับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2552 และปี 2558

ประเมินค่าความถูกต้องของการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติแคปปา (Kappa Statistic; KHAT หรือ KAPPA Index of Agreement; KIA) ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ในการบ่งชี้ข้อมูลแต่ละประเภททั้งหมดว่ามีความเข้ากันได้ หรือมีความถูกต้องระหว่างข้อมูลจากการจำแนกในงานสำรวจระยะไกล และข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิง ที่บ่งชี้ค่าหลักในแนวทแยงและการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดในแถวและคอลัมน์ (ธีระ ลาภิศขยางกุล) โดยในที่นี้จะนำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ปี 2564 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 ของกรมพัฒนาที่ดิน ที่ใช้เป็นข้อมูลในการอ้างอิง ตามสูตรสมการดังนี้

$$KHAT = \frac{\left| N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} \times x_{+i} \right|}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} \times x_{+i}} \quad (7)$$

r = จำนวนแถว

N = จำนวนทั้งหมดที่ทำการจำแนก

x_{ii} = จำนวนค่าจุดภาพในแต่ละแถว i และคอลัมน์ i ของการจำแนกแต่ละประเภท

x_{+i}, x_{i+} = จำนวนเศษค่าจุดภาพในแต่ละแถว i และคอลัมน์ i ของการจำแนกแต่ละประเภท

ค่าสถิติ Kappa เป็นค่าที่ใช้ในการหาความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการจำแนกประเภทของข้อมูลโดยตรง พร้อมทั้งทำการประเมินความถูกต้อง ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) ที่บ่งบอกถึงความสามารถของผู้จัดกลุ่มหรือผู้จำแนกกลุ่มข้อมูลว่ามีเท่าไร คิดเป็นร้อยละเท่าใด และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) ของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่บ่งบอกว่าข้อมูลที่ได้เมื่อนำไปใช้ประโยชน์มีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละเท่าไร (ภาติยะ พัฒนาศักดิ์, 2557)

การประเมินระดับความถูกต้องของค่าความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปา จะใช้การประมาณค่าขนาดตัวอย่าง (Sample size estimation) โดยเลือกทฤษฎีความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบทวินาม (Binomial distribution probability theory) ดังสมการของ Fitzpatrick-Lins

$$N = \frac{Z^2(p)(q)}{E^2} \quad (8)$$

p = เปอร์เซนต์ความถูกต้องที่ต้องการ กำหนดให้เป็น 85%

$q = 100 - p$

E = เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ กำหนดให้เป็น 5%

Z = ค่า Z จากตารางความเบี่ยงเบนมาตรฐานปกติ ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด (95%)

ผลการประเมินความถูกต้องของการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov เทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 ของกรมพัฒนาที่ดิน ในตาราง 8 พบว่า มีค่าความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปา ร้อยละ 81.32

ตาราง 8 ค่าความถูกต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov เทียบกับกรมพัฒนาที่ดิน

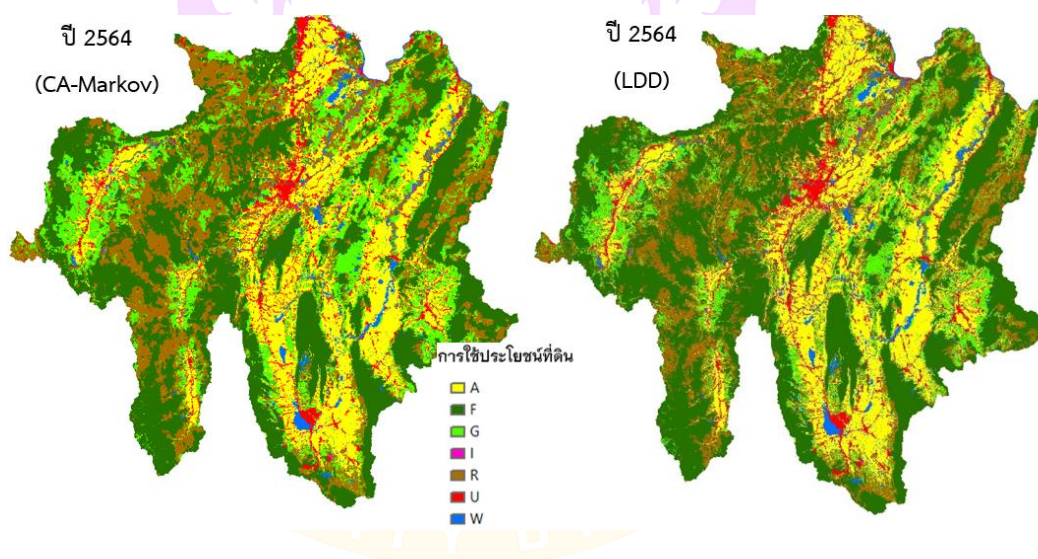
ประเภท การใช้ประโยชน์ ที่ดิน		ปี 2564 (CA-Markov)							
		A	F	G	I	R	U	W	total
ปี 2564 (กรมพัฒนาที่ดิน)	A	40	0	1	0	0	0	0	41
	F	0	67	0	1	2	0	0	70
	G	0	1	20	1	10	0	0	32
	I	1	0	0	6	0	3	0	10
	R	2	5	0	1	34	1	0	43
	U	0	0	2	1	0	8	0	11
	W	0	0	0	0	0	0	10	10
Total		43	73	23	10	46	12	10	217
P.A. (%)		93.02	91.78	86.96	60.00	73.91	66.67	100.00	93.02
U.A. (%)		97.56	95.71	62.50	60.00	79.07	72.73	100.00	97.56
Kappa (%)		81.32							
O.A. (%)		85.25							

หมายเหตุ: A = พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ, F = พื้นที่ป่าไม้, G = พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น, I = พื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ, R = พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล, U = เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ, W = แหล่งน้ำ และพื้นที่ขึ้นแฉะ, P.A. = producer's accuracy, U.A. = user's accuracy, O.A. = overall accuracy

เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov กับการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 ของกรมพัฒนาที่ดินเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง พบว่า พื้นที่พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น ที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov มีผลต่างกับกรมพัฒนาที่ดินมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 4.24 ดังตาราง 9 และภาพ 18

ตาราง 9 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564 ที่ได้จากการพยากรณ์
ด้วยแบบจำลอง CA-Markov กับการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 ของกรมพัฒนาที่ดิน

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี 2564 (CA-Markov)		ปี 2564 (LDD)		ผลต่าง	
	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%
1. พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ (A)	2,173,690	20.00	2,249,620	20.70	-75,930	-0.70
2. พื้นที่ป่าไม้ (F)	3,724,356	34.28	4,138,020	38.08	-413,664	-3.80
3. พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น (G)	1,725,768	15.88	1,264,958	11.64	460,810	4.24
4. พื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ (I)	37,743	0.35	40,708	0.37	-2,965	-0.02
5. พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล (R)	2,311,811	21.28	2,187,935	20.14	123,876	1.14
6. เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ (U)	598,481	5.51	634,966	5.84	-36,485	-0.33
7. แหล่งน้ำ และพื้นที่ขึ้นแฉะ (W)	293,891	2.70	349,533	3.22	-55,642	-0.52
Total	10,865,740	100.00	10,865,740	100.00		



ภาพ 18 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564 ที่ได้จากการพยากรณ์
ด้วยแบบจำลอง CA-Markov กับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2564
จากกรมพัฒนาที่ดิน

3. การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2570 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov

ตาราง 10 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ปี 2558 และ ปี 2564 และการเปลี่ยนแปลง

ประเภทการใช้ประโยชน์ ที่ดิน	ปี 2558		ปี 2564		การเปลี่ยนแปลง	
	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%
1. พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ (A)	2,266,367	20.86	2,249,620	20.70	-16,747	-0.15
2. พื้นที่ป่าไม้ (F)	4,329,800	39.85	4,138,020	38.08	-191,780	-1.76
3. พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น (G)	1,419,846	13.07	1,264,958	11.64	-154,888	-1.43
4. พื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ (I)	26,889	0.25	40,708	0.37	13,820	0.13
5. พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล (R)	1,989,605	18.31	2,187,935	20.14	198,330	1.83
6. เขตเมือง การค้า และย่านธุรกิจ (U)	549,101	5.05	634,966	5.84	85,865	0.79
7. แหล่งน้ำ และพื้นที่ ชั้นฉะ (W)	284,132	2.61	349,533	3.22	65,401	0.60
Total	10,865,740	100.00	10,865,740	100.00		

ตาราง 11 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (7 ประเภท) ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ระหว่างปี 2558

-2564

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน		การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 (ไร่)							total
		A	F	G	I	R	U	W	
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2558 (ไร่)	A	2,155,772	-	-	5,274	46,971	27,671	30,680	2,266,367
	F	4,567	4,138,020	50,474	863	123,914	8,333	3,629	4,329,800
	G	29,316	-	1,214,484	3,422	139,679	25,431	7,514	1,419,846
	I	-	-	-	24,299	-	1,670	920	26,889
	R	59,964	-	-	5,386	1,877,371	26,582	20,301	1,989,605
	U	-	-	-	1,464	-	545,279	2,359	549,101
	W	-	-	-	-	-	-	284,132	284,132
Total		2,249,620	4,138,020	1,264,958	40,708	2,187,935	634,966	349,533	10,865,740

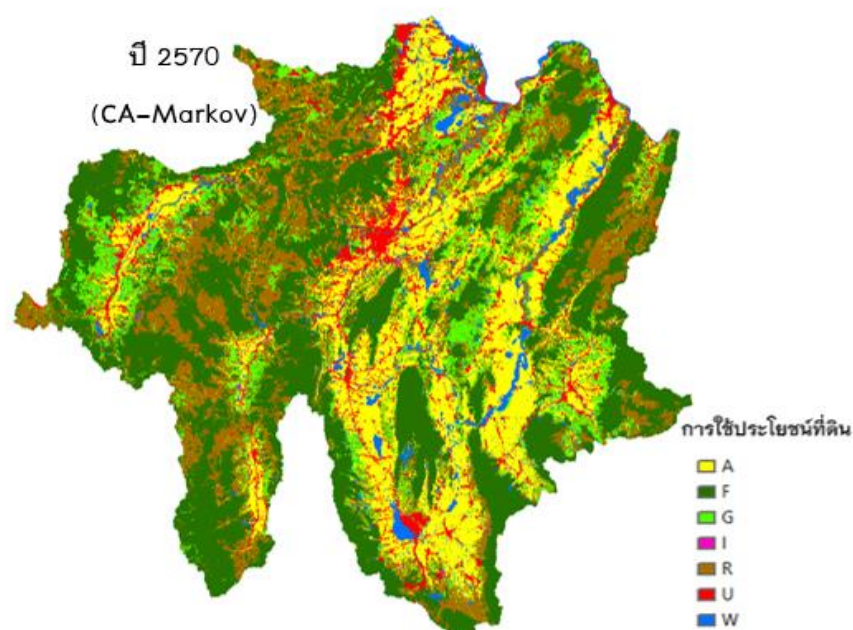
หมายเหตุ: A = พื้นที่เกษตรกรรม และอื่นๆ, F = พื้นที่ป่าไม้, G = พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น, I = พื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ, R = พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล, U = เขตเมือง การค้า และย่านธุรกิจ, W = แหล่งน้ำ และพื้นที่ขึ้นแฉะ

ผลการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2570 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2558 และปี 2564 พบว่า มีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด 3,971,359 ไร่ หรือร้อยละ 36.55 รองลงมาคือ พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล 2,359,877 ไร่ หรือร้อยละ 21.72 พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ 2,237,145 ไร่ หรือร้อยละ 20.59 พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น 1,133,274 ไร่ หรือร้อยละ 10.43 พื้นที่เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ 712,698 ไร่ หรือร้อยละ 6.56 พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ขึ้นแฉะ 413,119 ไร่ หรือร้อยละ 3.80 และพื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ 38,268 ไร่ หรือร้อยละ 0.35 ดังตาราง 12 ภาพ 19

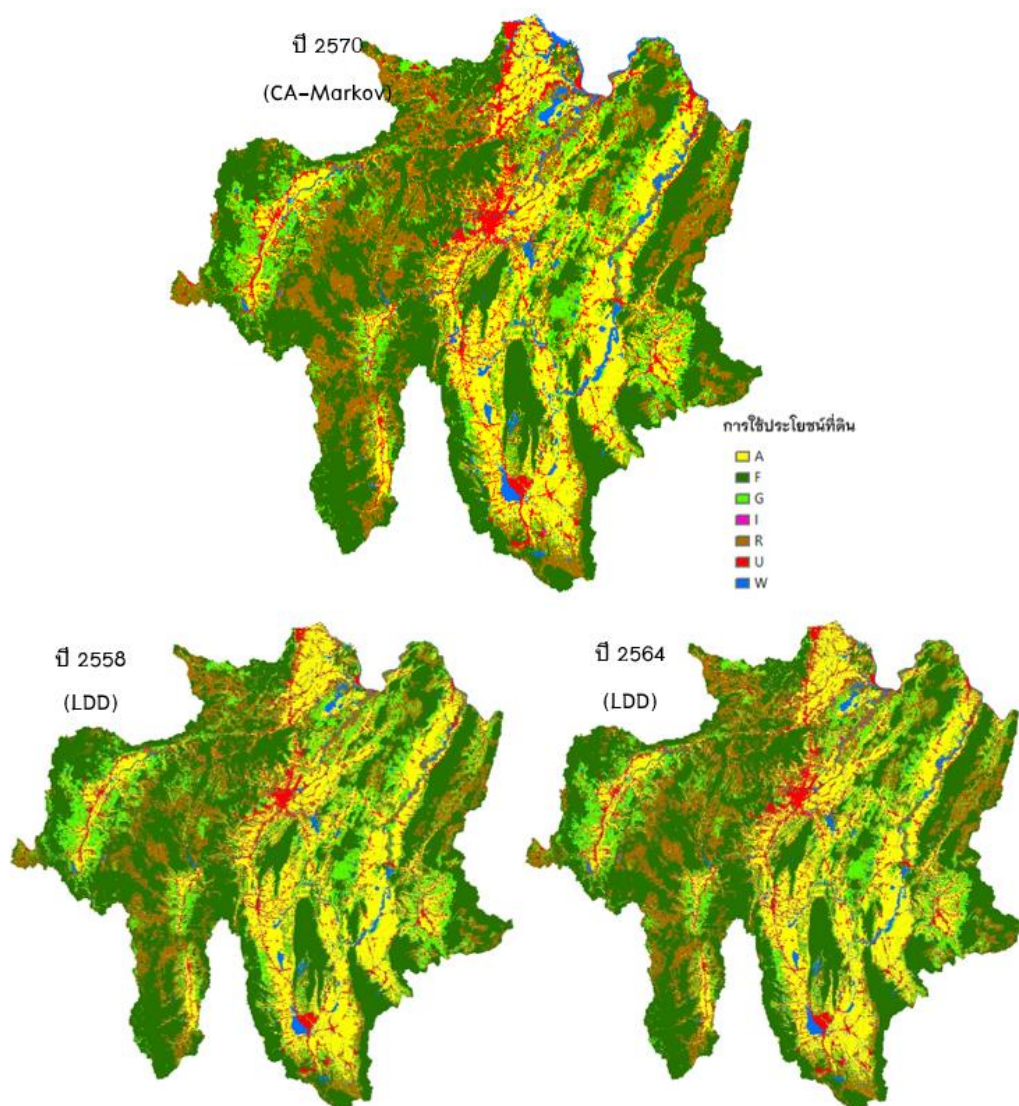
เมื่อเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2570 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov กับการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2558 และปี 2564 พบว่า พื้นที่ป่าลดลง จากปี 2564 จำนวน 166,662 ไร่ และลดลงจากปี 2558 จำนวน 358,441 ไร่ มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เมือง จากปี 2564 จำนวน 77,732 ไร่ และเพิ่มขึ้นจากปี 2558 จำนวน 163,596 ไร่ ดังตาราง 12 และภาพ 20

ตาราง 12 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2570 ที่ได้จากการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2558 และปี 2564 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี 2570 (CA-Markov)		การเปลี่ยนแปลง ปี 2558-2570		การเปลี่ยนแปลง ปี 2564-2570	
	ไร่	%	ไร่	%	ไร่	%
1. พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ (A)	2,237,145	20.59	-29,222	-0.27	-12,475	-0.11
2. พื้นที่ป่าไม้ (F)	3,971,359	36.55	-358,441	-3.30	-166,662	-1.53
3. พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น (G)	1,133,274	10.43	-286,572	-2.64	-131,684	-1.21
4. พื้นที่อุตสาหกรรม และ ที่ทิ้งขยะ (I)	38,268	0.35	11,380	0.10	-2,440	-0.02
5. พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล (R)	2,359,877	21.72	370,272	3.41	171,942	1.58
6. เขตเมือง การค้าและ ย่านธุรกิจ (U)	712,698	6.56	163,596	1.51	77,732	0.72
7. แหล่งน้ำ และพื้นที่ชื้นแฉะ (W)	413,119	3.80	128,988	1.19	63,587	0.59
Total	10,865,740	100.00				



ภาพ 19 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2570 ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov

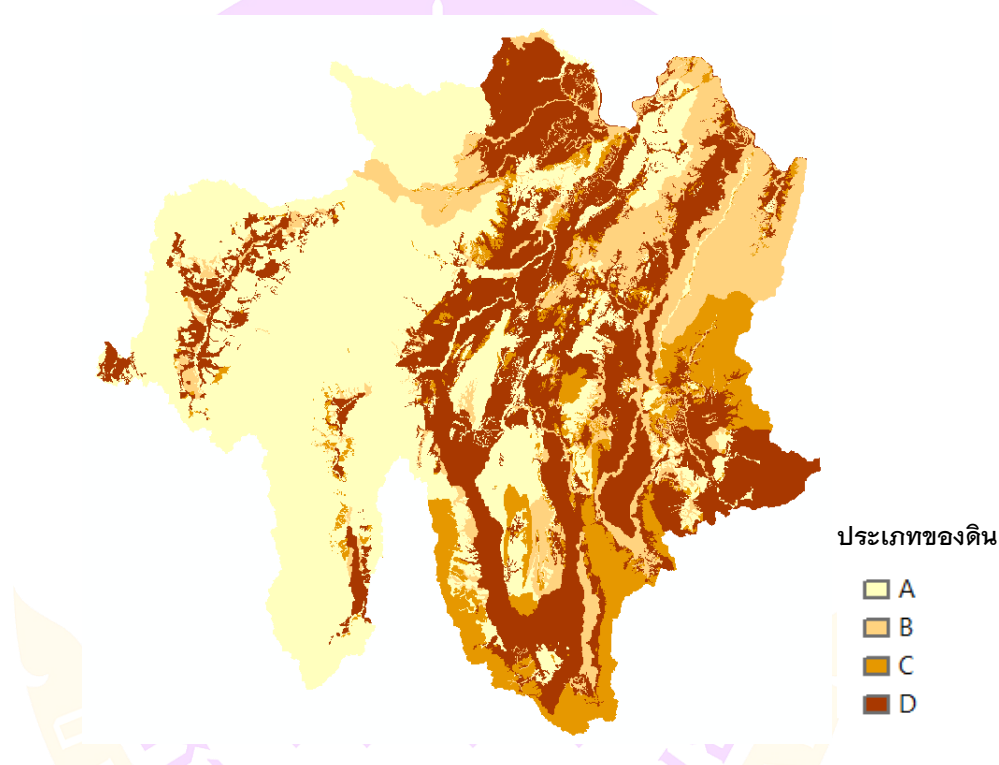


ภาพ 20 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2570 ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov กับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือปี 2558 และปี 2564

ผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

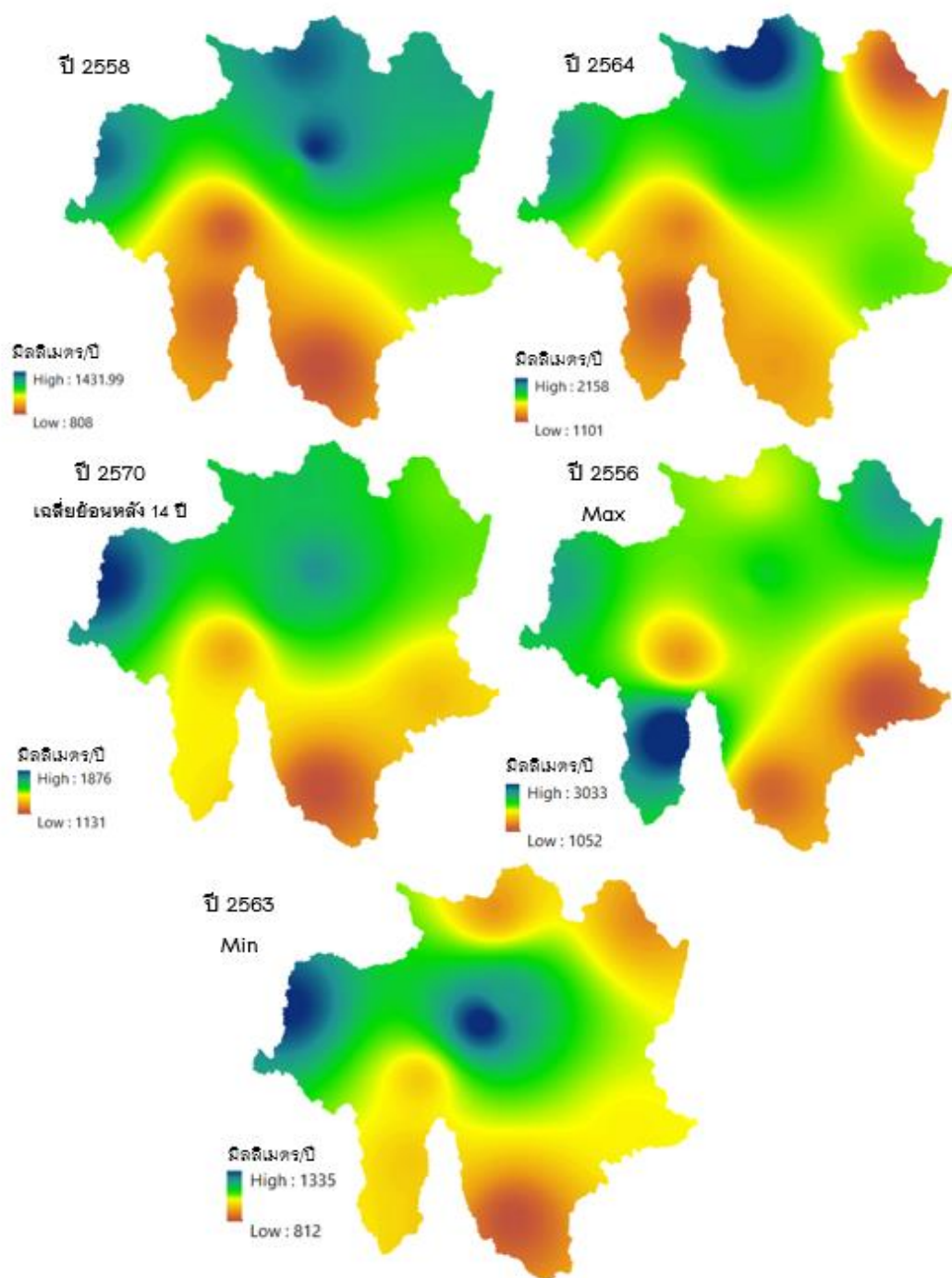
1. คาดการณ์ปริมาณน้ำไหลบ่าปี พ.ศ. 2570 ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ โดยประยุกต์ใช้การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคตด้วยแบบจำลอง CA-Markov ร่วมกับหลักการของวิธี SCS-CN

ผลการจำแนกข้อมูลชุดดินที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน ในการกำหนดชุดดิน A B C และ D เพื่อให้สามารถระบุข้อมูลเกี่ยวกับชุดดินที่ใช้ในสมการ SCS Curve Number ได้ ดังภาพ 21



ภาพ 21 การแบ่งประเภทของดินตามลักษณะทางอุทกวิทยา Hydrological Soil Group

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2558, ปี พ.ศ. 2564, ปี พ.ศ. 2556 (ปีที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 9 สถานี มากที่สุด), ปี พ.ศ. 2563 (ปีที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 9 สถานี น้อยที่สุด) และข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 14 ปี ด้วยวิธีการประมาณค่า (Interpolation) แบบ IDW จะได้ค่าเฉลี่ยของฝนที่ตกแต่ละในพื้นที่ (P) ดังภาพ 22

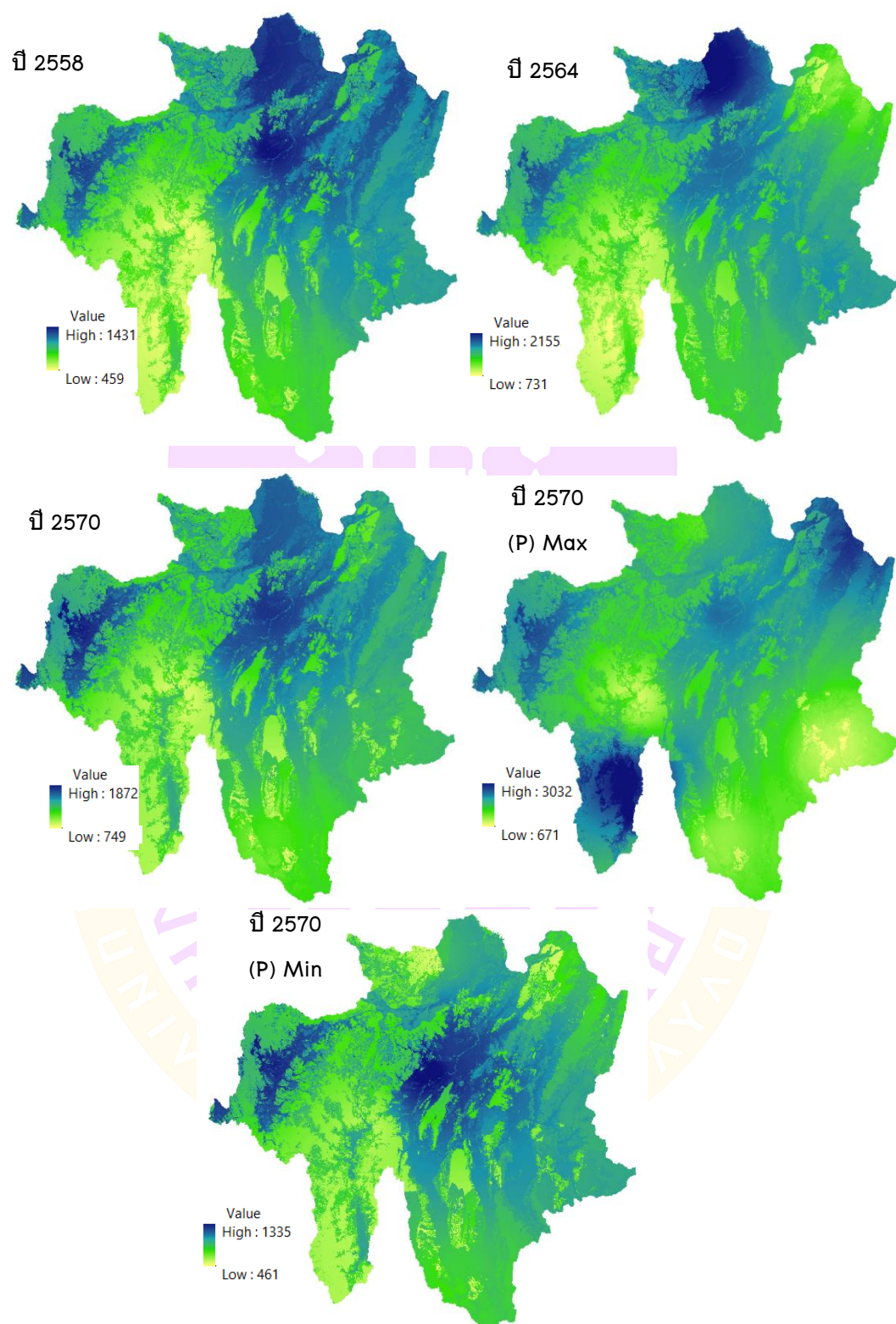


ภาพ 22 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2558, ปี พ.ศ. 2564, ปี พ.ศ. 2556, ปี พ.ศ. 2563 และข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 14 ปี ด้วยวิธีการประมาณค่า (Interpolation) แบบ IDW

ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำไหลบ่าในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ โดยประยุกต์ใช้การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคตด้วยแบบจำลอง CA-Markov ร่วมกับหลักการของวิธี SCS-CN จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้ทำการจัดประเภทแล้ว (ปี พ.ศ. 2558 ปี พ.ศ. 2564 จากกรมพัฒนาที่ดิน และปี พ.ศ. 2570 ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov) ข้อมูลชุดดินที่จัดประเภทแล้ว A B C และ D และค่าเฉลี่ยของฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่ (P) ที่ได้จากการประมาณค่า (Interpolation) แบบ IDW มีดังนี้ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าที่คาดการณ์ในปี พ.ศ. 2570 กรณีค่าฝนปกติมีปริมาณ 1,338 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าที่คาดการณ์ในปี พ.ศ. 2570 กรณีค่าฝนมากกว่าปกติ มีปริมาณ 1,712 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าที่คาดการณ์ในปี พ.ศ. 2570 กรณีค่าฝนน้อยกว่าปกติ มีปริมาณ 895 มิลลิเมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าที่คาดการณ์ในปี พ.ศ. 2570 กรณีค่าฝนปกติ กับค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าในปี พ.ศ. 2558 ที่มีปริมาณ 967 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าในปี พ.ศ. 2564 ที่มีปริมาณ 1,368 มิลลิเมตร พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าในปี พ.ศ. 2564 มีค่ามากที่สุด ดังตาราง 13 และภาพ 23

ตาราง 13 ผลปริมาณน้ำไหลบ่าลุ่มน้ำโขงเหนือ (หน่วย:มิลลิเมตร)

ค่าสถิติของปริมาณน้ำไหลบ่า ในภาพรวมแต่ละช่วงเวลา	ปริมาณน้ำไหลบ่า				
	ปี 2558	ปี 2564	ปี 2570	ปี 2570 (P) Max	ปี 2570 (P) Min
ค่าน้อยที่สุด (Minimum)	459	731	749	671	461
ค่ามากที่สุด (Maximum)	1,431	2,155	1,872	3,032	1,335
ค่าเฉลี่ย (Mean)	967	1,368	1,338	1,712	895
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation).	224	267	198	344	163



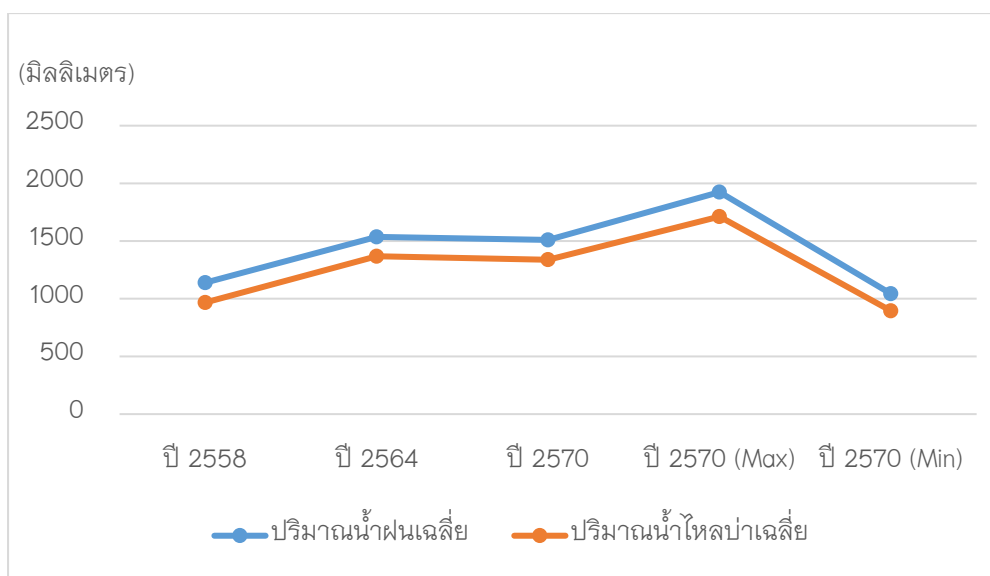
ภาพ 23 ปริมาณน้ำไหลบ่า ปี 2558, ปี 2564, ปี 2570, ปี 2570 (ปริมาณฝนมาก) และ ปี 2570 (ปริมาณฝนน้อย)

ผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3

1. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่ากับปริมาณน้ำฝน การเกิดปริมาณน้ำไหลบ่า ปริมาณฝนที่ตกจะมีค่ามากกว่าอัตราการซึมน้ำผ่านดิน จากตาราง 14 ภาพ 24 แสดงให้เห็นถึง ปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในระหว่างปี 2558 - ปี 2564 และปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยที่ลดลง เล็กน้อยในระหว่างปี 2564-ปี 2570 โดยในปี 2558 มีปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยที่ได้จากผลการ วิเคราะห์ 967 มิลลิเมตร และเพิ่มขึ้นเป็น 1,368 มิลลิเมตร ในปี 2564 และลดลงเล็กน้อยเหลือ 1,338 มิลลิเมตร ในปี 2570 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝน ที่ปี 2558 มีปริมาณ 1,139 มิลลิเมตร ปี 2564 เพิ่มขึ้นเป็น 1,536 มิลลิเมตร และลดลงเหลือ 1,509 มิลลิเมตร ในปี 2570

ตาราง 14 ค่าสถิติของข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่า

ค่าสถิติ	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)					ปริมาณน้ำไหลบ่า (มิลลิเมตร)				
	ปี	ปี	ปี	ปี 2556	ปี 2563	ปี	ปี	ปี	ปี 2570	ปี 2570
	2558	2564	2570	(P Max)	(P Min)	2558	2564	2570	(P Max)	(P Min)
ค่าน้อยที่สุด (Minimum)	808	1,101	1,131	1,174	812	459	731	749	671	461
ค่ามากที่สุด (Maximum)	1,432	2,158	1,876	3,033	1,335	1,431	2,155	1,872	3,032	1,335
ค่าเฉลี่ย (Mean)	1,139	1,536	1,509	1,924	1,043	967	1,368	1,338	1,712	895



ภาพ 24 แผนภูมิเส้นแสดงค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำไหลบ่า ปี 2558, ปี 2564, ปี 2570, ปี 2570 กรณีฝนมาก และปี 2570 กรณีฝนน้อย

ตาราง 15 การใช้ประโยชน์ที่ดินและปริมาณน้ำไหลบ่า

การใช้ที่ดิน	พื้นที่ (%)				น้ำไหลบ่า (มิลลิเมตร)				
	ปี	ปี	ปี	ค่าสถิติ	ปี	ปี	ปี	ปี	ปี
	2558	2564	2570		2558	2564	2570	ปี	ปี
								2570 (P)	2570 (P)
พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ (A)	20.86	20.70	20.59	ค่ามากที่สุด	1,431	2,145	1,870	3,032	1,334
				ค่าน้อยที่สุด	732	1,033	1,056	966	735
				ค่าเฉลี่ย	1,116	1,535	1,465	1,775	1,021
พื้นที่ป่าไม้ (F)	39.85	38.08	36.55	ค่ามากที่สุด	1,337	2,098	1,812	2,952	1,271
				ค่าน้อยที่สุด	459	731	749	671	461
				ค่าเฉลี่ย	831	1,213	1,194	1,595	769
พื้นที่ผสมระหว่าง ป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น (G)	13.07	11.64	10.43	ค่ามากที่สุด	1,372	2,096	1,812	2,967	1,273
				ค่าน้อยที่สุด	522	802	827	739	526
				ค่าเฉลี่ย	977	1,364	1,334	1,692	884
พื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ (I)	0.25	0.37	0.35	ค่ามากที่สุด	1,423	2,146	1,850	3,032	1,334
				ค่าน้อยที่สุด	763	1,062	1,092	996	767
				ค่าเฉลี่ย	1,126	1,554	1,501	1,878	1,048

ตาราง 15 (ต่อ)

การใช้ที่ดิน	พื้นที่ (%)			ค่าสถิติ	น้ำไหลบ่า (มิลลิเมตร)				
	ปี	ปี	ปี		ปี	ปี	ปี	ปี	ปี
	2558	2564	2570		2558	2564	2570	2570	2570
								(P)	(P)
								Max	Min
พื้นที่ทุ่งหญ้า	18.31	20.14	21.72	ค่ามากที่สุด	1,401	2,127	1,841	3,002	1,304
พืชล้มลุก				ค่าน้อยที่สุด	636	921	957	865	642
พืชผล (R)				ค่าเฉลี่ย	1,009	1,402	1,378	1,795	922
เขตเมือง การค้า	5.05	5.84	6.56	ค่ามากที่สุด	1,431	2,155	1,872	3,032	1,335
และย่านธุรกิจ (U)				ค่าน้อยที่สุด	787	1,090	1,112	1,022	790
				ค่าเฉลี่ย	1,146	1,576	1,519	1,858	1,050
แหล่งน้ำ และพื้นที่	2.61	3.22	3.80	ค่ามากที่สุด	1,430	2,153	1,865	3,032	1,334
ขึ้นและ (W)				ค่าน้อยที่สุด	808	1,101	1,131	1,052	812
				ค่าเฉลี่ย	1,137	1,540	1,488	1,805	1,023

2. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่ากับการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากตาราง 15 และภาพ 25 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำไหลบ่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล ตามสมการของวิธี SCS-CN ที่ได้ในแต่ละปีเปรียบเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน แสดงค่าปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยมากที่สุดในปี 2558 ปี 2564 และปี 2570 ตกอยู่ในพื้นที่เมือง (U) และค่าปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในปี 2558 ปี 2564 และปี 2570 ตกอยู่ในพื้นที่ป่า (F) แต่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากพื้นที่ป่า (F) ที่ลดลง และพื้นที่เมือง (U) ที่เพิ่มขึ้นยังไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับปริมาณน้ำไหลบ่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากยังมีปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝนที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำไหลบ่าโดยตรงอีกปัจจัยหนึ่ง

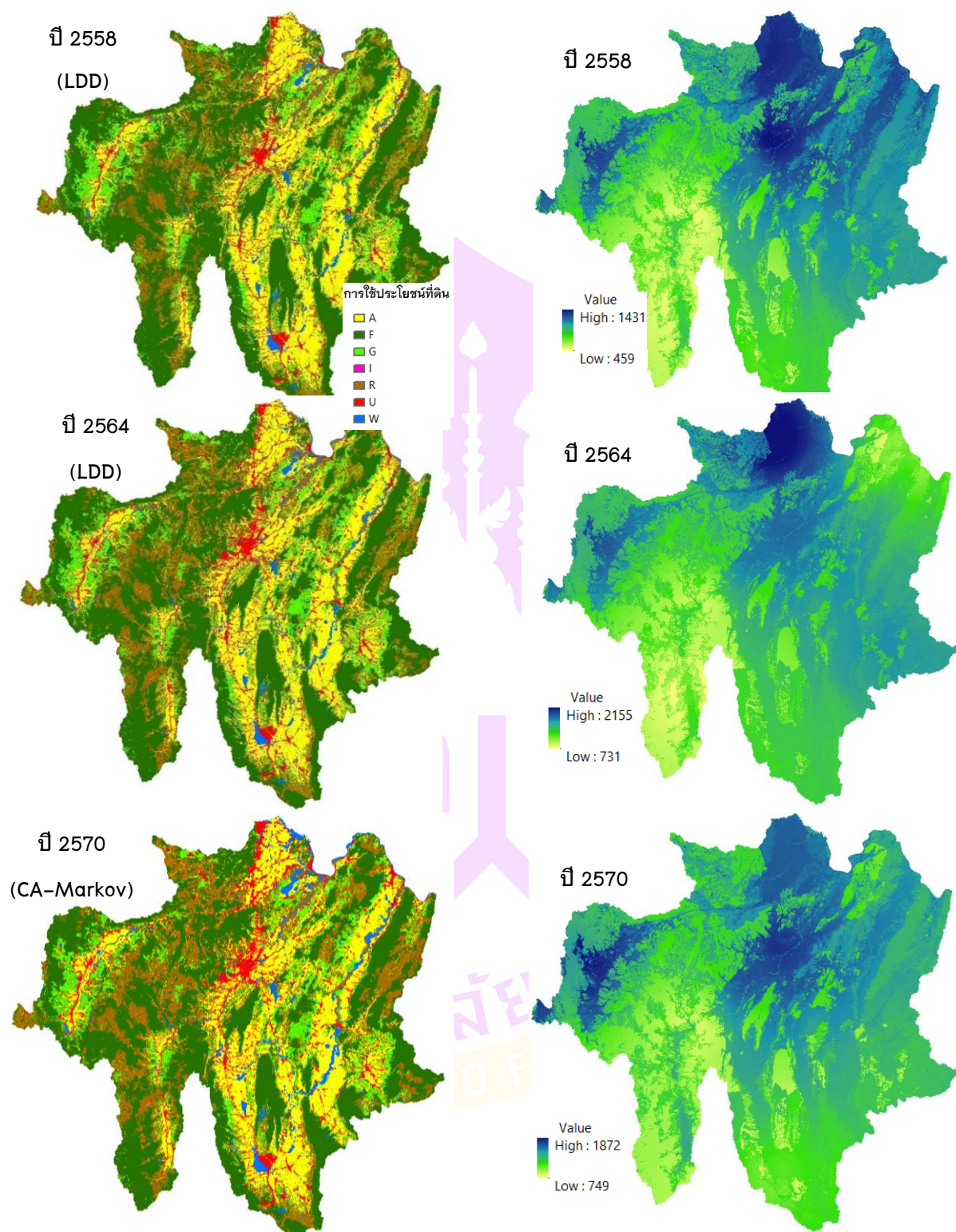
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลบ่ากับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป ระหว่างปี 2558 ถึงปี 2564 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงร้อยละ 1.76 ปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยในพื้นที่ป่า เพิ่มขึ้นจาก 831 มิลลิเมตร เป็น 1,213 มิลลิเมตร (+382) พื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.79 ปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยในพื้นที่เมือง เพิ่มขึ้นจาก 1,146 มิลลิเมตร เป็น 1,576 มิลลิเมตร (+430)

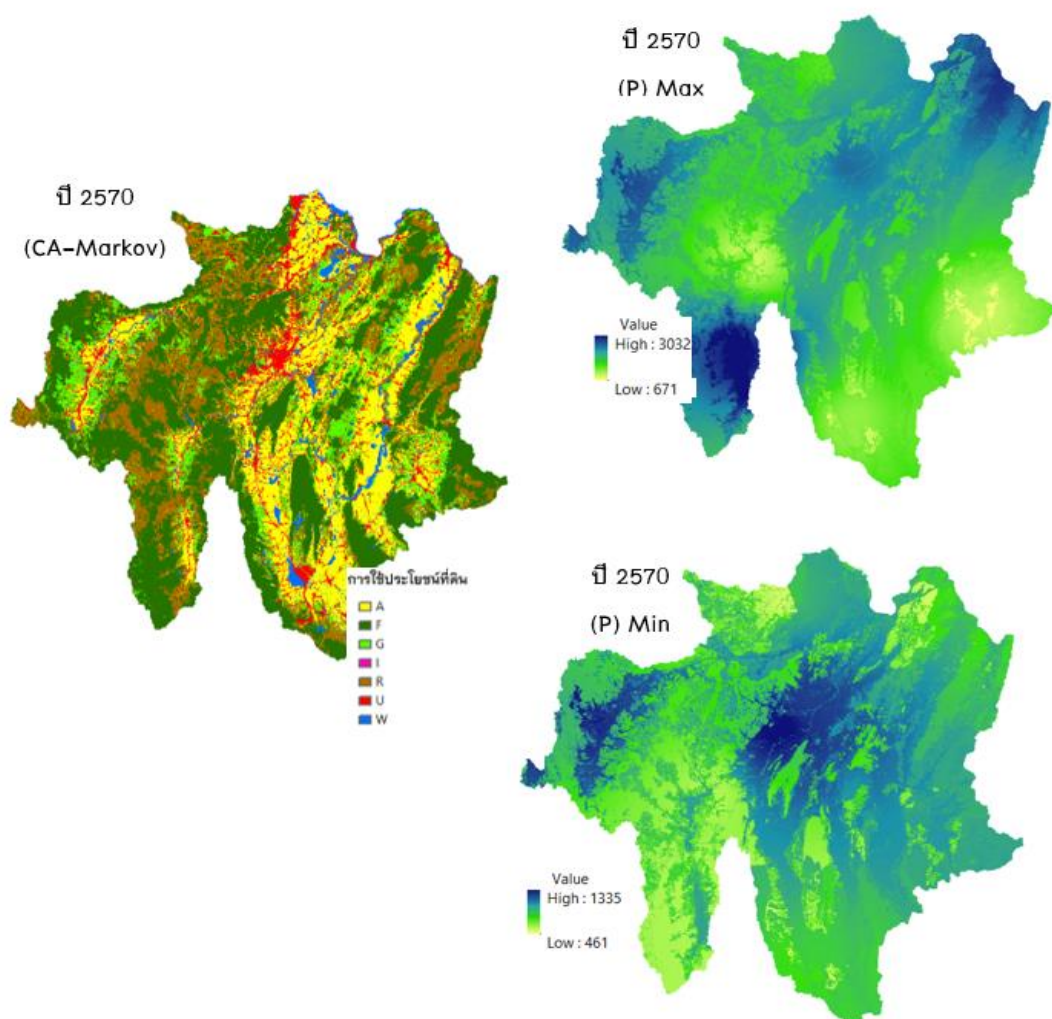
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลบ่ากับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป ระหว่างปี 2564 ถึงปี 2570 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงร้อยละ 1.53 ปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยในพื้นที่ป่า ลดลงจาก 1,213 มิลลิเมตร เป็น 1,194 มิลลิเมตร ในปีค่าฝนปกติ (-19) และเมื่อเทียบกับกรณีปีที่มีค่าฝนมาก ปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยจะเพิ่มเป็น 1,595 มิลลิเมตร (+382) และลดลงเหลือ 769 มิลลิเมตร

หากเป็นปีที่มีค่าฝนน้อย (-444) พื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.72 ปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยในพื้นที่เมือง ลดลงเล็กน้อยจาก 1,576 มิลลิเมตร เป็น 1,519 มิลลิเมตร ในปีค่าฝนปกติ (-57) และเมื่อเทียบกับ กรณีปีที่มีค่าฝนมาก ปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยจะเพิ่มเป็น 1,858 มิลลิเมตร (+282) และลดลงเหลือ 1,050 มิลลิเมตร หากเป็นปีที่มีค่าฝนน้อย (-526)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลบ่ากับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป ระหว่างปี 2558 ถึงปี 2570 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงร้อยละ 3.30 ปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยในพื้นที่ป่า เพิ่มขึ้นจาก 831 มิลลิเมตร เป็น 1,194 มิลลิเมตร ในปีค่าฝนปกติ (+363) และเมื่อเทียบกับกรณีปีที่มี ค่าฝนมาก ปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยจะเพิ่มเป็น 1,595 มิลลิเมตร (+764) และลดลงเหลือ 769 มิลลิเมตร หากเป็นปีที่มีค่าฝนน้อย (-62) พื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.51 ปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยในพื้นที่เมือง เพิ่มขึ้นจาก 1,146 มิลลิเมตร เป็น 1,519 มิลลิเมตร ในปีค่าฝนปกติ และเมื่อเทียบกับกรณีปีที่มีค่าฝน มาก ปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยจะเพิ่มเป็น 1,858 มิลลิเมตร (+712) และลดลงเหลือ 1,050 มิลลิเมตร หากเป็นปีที่มีค่าฝนน้อย (-96)







ภาพ 25 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำไหลบ่า ปี 2558, ปี 2564, ปี 2570, ปี 2570 กรณีฝนมาก และปี 2570 กรณีฝนน้อย

ตาราง 16 ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่าในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ที่ดิน	ค่าสถิติ	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)					ปริมาณน้ำไหลบ่า (มิลลิเมตร)				
		ปี	ปี	ปี	ปี	ปี	ปี	ปี	ปี	ปี	ปี
		2558	2564	2570	2570	2570	2558	2564	2570	2570	2570
					(P)	(P)				(P)	(P)
					Max	Min				Max	Min
พื้นที่เกษตรกรรมและอื่น ๆ (A)	ค่ามากที่สุด	1,431	2,157	1,873	3,032	1,334	1,431	2,145	1,870	3,032	1,334
	ค่าน้อยที่สุด	808	1,101	1,131	1,052	812	732	1,033	1,056	966	735
	ค่าเฉลี่ย	1,129	1,549	1,479	1,789	1,034	1,116	1,535	1,465	1,775	1,021
	ค่ามากที่สุด	1,432	2,158	1,876	3,020	1,330	1,337	2,098	1,812	2,952	1,271
พื้นที่ป่าไม้ (F)	ค่าน้อยที่สุด	808	1,101	1,142	1,056	820	459	731	749	671	461
	ค่าเฉลี่ย	1,128	1,509	1,489	1,903	1,043	831	1,213	1,194	1,595	769
	ค่ามากที่สุด	1,431	2,157	1,875	3,032	1,333	1,372	2,096	1,812	2,967	1,273
	ค่าเฉลี่ย	1,163	1,559	1,533	1,897	1,074	977	1,364	1,334	1,692	884
พื้นที่ผสมระหว่างป่าสวนป่า (G)	ค่ามากที่สุด	1,423	2,150	1,859	3,032	1,334	1,423	2,146	1,850	3,032	1,334
	ค่าน้อยที่สุด	808	1,101	1,131	1,052	812	763	1,062	1,092	996	767
	ค่าเฉลี่ย	1,146	1,574	1,520	1,898	1,068	1,126	1,554	1,501	1,878	1,048
	ค่ามากที่สุด	1,431	2,157	1,875	3,032	1,334	1,401	2,127	1,841	3,002	1,304
พื้นที่ทุ่งหญ้าพืชล้มลุกพืชผล (R)	ค่าน้อยที่สุด	808	1,101	1,131	1,052	812	636	921	957	865	642
	ค่าเฉลี่ย	1,135	1,534	1,512	1,931	1,051	1,009	1,402	1,378	1,795	922
	ค่ามากที่สุด	1,432	2,157	1,875	3,033	1,335	1,431	2,155	1,872	3,032	1,335
	ค่าเฉลี่ย	1,154	1,584	1,527	1,866	1,058	1,146	1,576	1,519	1,858	1,050
เขตเมืองการค้าและย่านธุรกิจ (U)	ค่าน้อยที่สุด	808	1,101	1,131	1,052	812	787	1,090	1,112	1,022	790
	ค่าเฉลี่ย	1,154	1,584	1,527	1,866	1,058	1,146	1,576	1,519	1,858	1,050
	ค่ามากที่สุด	1,432	2,157	1,875	3,033	1,335	1,431	2,155	1,872	3,032	1,335
	ค่าเฉลี่ย	1,154	1,584	1,527	1,866	1,058	1,146	1,576	1,519	1,858	1,050

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากตาราง 16 และตาราง 17 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล ตามสมการของวิธี SCS-CN เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี เปรียบเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยค่าร้อยละของปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ตกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีค่ามากที่สุด (ยกเว้นพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ขึ้นแฉะ) ในปี 2558 ร้อยละ 99.31, ปี 2564 ร้อยละ 99.49, ปี 2570 ร้อยละ 99.48, ปี 2570 กรณีฝนมากกว่าปกติ ร้อยละ 99.57 และ ปี 2570 กรณีฝนน้อยกว่าปกติ ร้อยละ 99.24 ตกอยู่ในพื้นที่เมือง (U) ทั้งหมด และค่าร้อยละของปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ตกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีค่าน้อยที่สุด ในปี 2558 ร้อยละ 73.67, ปี 2564 ร้อยละ 80.38, ปี 2570 ร้อยละ 80.19, ปี 2570 กรณีฝนมากกว่าปกติ ร้อยละ 83.82 และปี 2570 กรณีฝนน้อยกว่าปกติ ร้อยละ 73.73 ตกอยู่ในพื้นที่ป่า (F) ทั้งหมด

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน กับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป ระหว่างปี 2558 ถึงปี 2564 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงร้อยละ 1.76 ร้อยละปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 73.67 เป็นร้อยละ 80.38 (+ร้อยละ 6.71) พื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.79 ร้อยละปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เมือง เพิ่มขึ้นร้อยละ 99.31 เป็นร้อยละ 99.49 (+ร้อยละ 0.18)

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน กับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป ระหว่างปี 2564 ถึงปี 2570 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงร้อยละ 1.53 ร้อยละปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ป่าลดลง จากร้อยละ 80.38 เป็นร้อยละ 80.19 ในปีค่าฝนปกติ (-ร้อยละ 0.19) และเมื่อเทียบกับกรณีปีที่มีค่าฝนมากจะเพิ่มเป็นร้อยละ 83.82 (+ร้อยละ 3.44) และลดลงเป็นร้อยละ 73.73 หากเป็นปีที่มีค่าฝนน้อยกว่าปกติ (-ร้อยละ 6.65) พื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.72 ร้อยละปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เมือง ลดลงเล็กน้อยจากร้อยละ 99.49 เป็นร้อยละ 99.48 ในปีค่าฝนปกติ (-ร้อยละ 0.01) และเมื่อเทียบกับกรณีปีที่มีค่าฝนมากจะเพิ่มเป็นร้อยละ 99.57 (+ร้อยละ 0.08) และลดลงเป็นร้อยละ 99.24 หากเป็นปีที่มีค่าฝนน้อยกว่าปกติ (-ร้อยละ 0.25)

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน กับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป ระหว่างปี 2558 ถึงปี 2570 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงร้อยละ 3.30 ร้อยละปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 73.67 เป็นร้อยละ 80.19 ในปีค่าฝนปกติ (+ร้อยละ 6.52) และเมื่อเทียบกับ

กรณีปีที่มีค่าฝนมากจะเพิ่มเป็นร้อยละ 83.82 (+ร้อยละ 10.15) และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 73.73 หากเป็นปีที่มีค่าฝนน้อยกว่าปกติ (+ร้อยละ 0.06) พื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.51 ร้อยละปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เมือง เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 99.31 เป็นร้อยละ 99.48 ในปีค่าฝนปกติ (+ร้อยละ 0.17) และเมื่อเทียบกับกรณีปีที่มีค่าฝนมากจะเพิ่มเป็นร้อยละ 99.57 (+ร้อยละ 0.26) และลดลงเป็นร้อยละ 99.24 หากเป็นปีที่มีค่าฝนน้อยกว่าปกติ (-ร้อยละ 0.07)



บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

1. การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2570 พื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือด้วยแบบจำลอง CA-Markov

โดยได้คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2564 เพื่อทดสอบแบบจำลอง CA-Markov จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2558 และตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2564 ของกรมพัฒนาที่ดิน มีค่าความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปา ร้อยละ 81.32 และค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 85.25 และคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2570 ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ด้วยแบบจำลอง CA-Markov พบว่า มีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด 3,971,359 ไร่ หรือร้อยละ 36.55 รองลงมาคือ พื้นที่ทุ่งหญ้า พืชล้มลุก พืชผล 2,359,877 ไร่ หรือร้อยละ 21.72 พื้นที่เกษตรกรรม และอื่น ๆ 2,237,145 ไร่ หรือร้อยละ 20.59 พื้นที่ผสมระหว่างป่า สวนป่า ไม้ผล ไม้ยืนต้น 1,133,274 ไร่ หรือร้อยละ 10.43 พื้นที่เขตเมือง การค้าและย่านธุรกิจ 712,698 ไร่ หรือร้อยละ 6.56 พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ขึ้นแฉะ 413,119 ไร่ หรือร้อยละ 3.80 และพื้นที่อุตสาหกรรม และที่ทิ้งขยะ 38,268 ไร่ หรือร้อยละ 0.35

2. คาดการณ์ปริมาณน้ำไหลบ่าปี พ.ศ. 2570 ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ โดยประยุกต์ใช้การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคตด้วยแบบจำลอง CA-Markov ร่วมกับหลักการของวิธี SCS-CN

ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าที่คาดการณ์ในปี พ.ศ. 2570 กรณีค่าฝนปกติ มีปริมาณ 1,338 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าที่คาดการณ์ในปี พ.ศ. 2570 กรณีค่าฝนมากกว่าปกติ มีปริมาณ 1,712 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าที่คาดการณ์ในปี พ.ศ. 2570 กรณีค่าฝนน้อยกว่าปกติ มีปริมาณ 895 มิลลิเมตร และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าที่คาดการณ์ในปี พ.ศ. 2570 กรณีค่าฝนปกติ กับค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าในปี พ.ศ. 2558 ที่มีปริมาณ 967 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าในปี พ.ศ. 2564 ที่มีปริมาณ 1,368 มิลลิเมตร พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลบ่าในปี พ.ศ. 2564 มีค่ามากที่สุด

3. ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำไหลบ่า กับปริมาณน้ำฝนและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่ากับปริมาณน้ำฝน พบว่า ปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยที่ได้จากผลการวิเคราะห์ 967 มิลลิเมตร และเพิ่มขึ้นเป็น 1,368 มิลลิเมตร ในปี พ.ศ. 2564 และลดลงเล็กน้อยเหลือ 1,338 มิลลิเมตร ในปี พ.ศ. 2570 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ

น้ำฝน ที่ปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณ 1,139 มิลลิเมตร ปี พ.ศ. 2564 เพิ่มขึ้นเป็น 1,536 มิลลิเมตร และลดลงเหลือ 1,509 มิลลิเมตร ในปี พ.ศ. 2570 หรือสรุปได้ว่าปริมาณน้ำไหลบ่าแปรผันตรงกับปริมาณน้ำฝน

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่ากับการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า ปริมาณน้ำไหลบ่าที่มีค่าน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2558 ปี พ.ศ. 2564 ปี พ.ศ. 2570 ปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนมากกว่าปกติ และปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนน้อยกว่าปกติ ตกอยู่ในพื้นที่ป่า (F) ทั้งหมด มีปริมาณ 459 มิลลิเมตร 731 มิลลิเมตร 749 มิลลิเมตร 671 มิลลิเมตร และ 461 มิลลิเมตร ตามลำดับ และปริมาณน้ำไหลบ่าที่มีค่ามากที่สุดในปี พ.ศ. 2558 ปี พ.ศ. 2564 ปี พ.ศ. 2570 และปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนน้อยกว่าปกติ ตกอยู่ในพื้นที่เมือง (U) โดยมีปริมาณ 1,431 มิลลิเมตร 2,155 มิลลิเมตร 1,872 มิลลิเมตร และ 1,335 มิลลิเมตร ตามลำดับ และปริมาณน้ำไหลบ่าที่มีค่ามากที่สุดในปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนมากกว่าปกติ ตกอยู่ในพื้นที่อุตสาหกรรม (I) มีปริมาณ 3,032 มิลลิเมตร

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน กับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า ค่าร้อยละของปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ตกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่มีค่าน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2558 ร้อยละ 73.67, ปี พ.ศ. 2564 ร้อยละ 80.38, ปี พ.ศ. 2570 ร้อยละ 80.19, ปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนมากกว่าปกติ ร้อยละ 83.82 และปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนน้อยกว่าปกติ ร้อยละ 73.73 ตกอยู่ในพื้นที่ป่า (F) ทั้งหมด และค่าร้อยละของปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ตกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่มีค่ามากที่สุด (ยกเว้นพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ชั้นแฉะ) ในปี พ.ศ. 2558 ร้อยละ 99.31, ปี พ.ศ. 2564 ร้อยละ 99.49, ปี พ.ศ. 2570 ร้อยละ 99.48, ปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนมากกว่าปกติ ร้อยละ 99.57 และปี พ.ศ. 2570 กรณีฝนน้อยกว่าปกติ ร้อยละ 99.24 ตกอยู่ในพื้นที่เมือง (U) ทั้งหมด ทั้งนี้ ยังไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนของ ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง กับร้อยละของปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ตกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษารังนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าในระดับหนึ่ง แต่ผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นอย่างเด่นชัด คือ การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ป่า จะมีค่าปริมาณน้ำไหลบ่าที่น้อยที่สุด เนื่องจากพื้นที่ป่ามีความสามารถในการดูดซับและเก็บกักน้ำฝนไว้ได้ดี และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เมืองและพื้นที่อุตสาหกรรม มีค่าปริมาณน้ำไหลบ่ามากที่สุด เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับและเก็บกักน้ำฝนได้น้อยกว่าพื้นที่ประเภทอื่น และปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำไหลบ่าอย่างมีนัยสำคัญ

อีกปัจจัยหนึ่ง คือ ปริมาณน้ำฝน โดยจากผลการศึกษาปริมาณน้ำไหลบ่าจะแปรผันตรงกับปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี ตามการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำฝน การใช้ประโยชน์ที่ดิน กับปริมาณน้ำไหลบ่าที่ได้ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา เรื่อง ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพอากาศต่อปริมาณน้ำท่าผิวดิน กรณีศึกษาลุ่มน้ำผาง จังหวัดเชียงใหม่ (ดวงทิพย์ ฤกษ์ และคณะ, 2556) ที่พบว่า ปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่าผิวดิน จากการประเมินน้ำท่าผิวดินโดยค่าเฉลี่ยของปริมาณฝน และสอดคล้องกับผลการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสัก (นิพนธ์ ตั้งธรรม และคณะ, 2539) ที่พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำฝนมีลักษณะเป็นเส้นตรงและเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณน้ำฝนรายปี แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า ศักยภาพการเอื้ออำนวยน้ำท่าในช่วงน้ำหลากของลุ่มน้ำป่าสักทั้งลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญ

ทั้งนี้ ปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝน เป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้น การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำไหลบ่า และการวางแผนบริหารจัดการน้ำ เนื่องจากเป็นสิ่งที่มนุษย์สามารถควบคุมได้ โดยอาจวางนโยบายในการอนุรักษ์และเพิ่มพื้นที่ป่าเพื่อเพิ่มแหล่งกักน้ำทางธรรมชาติ และช่วยลดการเกิดน้ำป่าไหลหลากเมื่อมีฝนตกมาก ร่วมกับการวางนโยบายในการเพิ่มแหล่งกักเก็บน้ำในพื้นที่เมือง รวมถึงการวางแผนปรับผังเมืองเพื่อป้องกันการเพิ่มขึ้นของสิ่งปลูกสร้างที่ทับถมพื้นที่รับน้ำทางธรรมชาติ จัดทำแผนการแก้ไขสิ่งกีดขวางทางน้ำ และแผนปรับปรุงทางระบายน้ำ เพื่อป้องกัน และลดผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลาก อุทกภัย และภัยแล้ง

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินซึ่งชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษา อาจมีการให้คำนิยามของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละพื้นที่แตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งอาจทำให้ผลการศึกษาในส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้น หากต้องการได้ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ถูกต้อง และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน อาจต้องมีการจัดทำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียมร่วมด้วย

2. เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำโขงเหนือเป็นพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดใหญ่ อาจทำให้มีข้อจำกัดในการระบุพื้นที่เสี่ยงในการเกิดปริมาณน้ำไหลบ่าที่ถูกต้องและแม่นยำ ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจมีการจำกัดพื้นที่เฉพาะที่มีความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งหรืออุทกภัย ซึ่งอาจส่งผลต่อการนำไปใช้ในการวางแผนบริหารจัดการน้ำเพื่อการเฝ้าระวัง

บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ โชติภูมิ. (2553). การประเมินความอ่อนไหวของพื้นที่ต่อการเกิดภัยแล้งด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และนำเสนอผลบน Google Earth กรณีศึกษาอำเภอบางสะพานจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์].
- กรมประชาสัมพันธ์. (2565, 6 มิถุนายน). มาตรการรองรับภัยแล้งและอุทกภัย.
<https://prd.go.th/th/content/category/detail/id/31/iid/72601>.
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2565, 6 มิถุนายน). พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง.
<https://dpmrc15.disaster.go.th/DPMRC15/cms/8575?id=47267>.
- จิตรพร สวัสดิ์. (2554). การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งบริเวณลุ่มน้ำแม่กลาง [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์].
- ดวงทิพย์ ฤกษ์ และ ทรงวุฒิ แสงจันทร์. (2556). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพอากาศต่อปริมาณน้ำท่าผิวดิน กรณีศึกษาลุ่มน้ำฝาง จังหวัดเชียงใหม่ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี].
- เทวินทร์ แก้วเมืองมูล. (2552). การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ทา จังหวัดลำพูน โดยใช้แบบจำลอง SWAT. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธีระ ลาภิชัยกุล. (2550). การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากการจำแนกภาพดาวเทียม. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 9 (3), 17-27.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม และคณะ. (2539). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสัก. วารสารวนศาสตร์, 15(1), 98-110.
- ปิยพงษ์ ทองดินนอก. (2559). การประมาณค่าน้ำท่าโดยใช้วิธี SCS-CN ในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน. วารสารวนศาสตร์, 35(2), 110-121.
- พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และพิณทิพย์ อธิโรจนวัฒน์. (2551). การกำหนดค่า SCS-CN ของพืชคลุมดินเพื่อการจัดการพื้นที่ต้นน้ำ. สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และวารินทร์ จิระสุขทวีกุล. (2548). เทคนิคการกำหนดค่า Runoff Curve Number (CN). สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ.2561. (2561, 28 ธันวาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 135 ตอนที่ 112 น. 44.

- ภาติยะ พัฒนาศักดิ์. (2557). การวิเคราะห์รูปแบบการใช้ที่ดินโดยการจำแนกประเภทข้อมูลภาพจากดาวเทียม ในอำเภอแม่อรมิ จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 17(2), 10-22.
- มนตรี พิมพ์ใจ. (2555). การวิเคราะห์ผลกระทบพหุสิ่งแวดล้อมเชิงพื้นที่และการวางแผนการใช้ที่ดินอันเนื่องจากการเติบโตของเมือง [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยสุรนารี]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2563). ข้อมูลลุ่มน้ำโขงเหนือ. สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ.
- ระวีวรรณ บุญมา และอริศรา เจริญปัญญาเนตร. (2565). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียมวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อปริมาณน้ำไหลบ่า. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีป้องกันประเทศ*, 3(9), 46-55.
- วิภาพ แสงวังทอง. (2549). การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อความแห้งแล้งในอำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยนเรศวร].
- สุธี อนันต์สุขสมศรี. (2560). การประยุกต์ใช้แบบจำลองระบบซับซ้อน (Complex System) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคตะวันออกของประเทศไทย. *วารสารวิชาการการวางแผนภาคและเมือง*, 2(1), 61-73.
- สุธีรัตน์ ขอสันเทียะ. (2555). การประยุกต์แบบจำลอง SCS-CN เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์].
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2552). *ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์*. อมรินทร์พรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- เทวินทร์ แก้วเมืองมูล. (2552). การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ทา จังหวัดลำพูน โดยใช้แบบจำลอง SWAT [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่].
- ธรรมบุญ เต็มไชย. (2564). การใช้แบบจำลองประเมินผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่า กรณีมีการเกษตรกรรม ในพื้นที่บางกลอยบน อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน. *วารสารนภาเพชร*, 4(1), 112-124.
- เสถียร ฉันทะ. (2562). การสำรวจสถานะของเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนในบริบทประเทศไทยและทางเลือกมาตรการทางเศรษฐกิจ สังคมและกฎหมาย เป้าหมายที่ 6: สร้างหลักประกันว่าจะมีการจัดให้มีน้ำและสุขอนามัยสำหรับทุกคนและมีการบริหารจัดการที่ยั่งยืน. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.).
- สำนักงานท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดเชียงราย. (2566, 6 กรกฎาคม). ข้อมูลทั่วไปของเชียงราย. https://www.cots.go.th/pages/?page=cr_gis.

- Abanish, K., Shruti, K., Ajay, K. T., Suraj, K. S. & Bojan, Đ. (2021). Surface runoff estimation of Sind river basin using integrated SCS-CN and GIS techniques. *HydroResearch*, 4(1), 61-74.
- Amutha, R. & Porchelvan, P. (2009). Estimation of surface runoff in Malattar sub-watershed using SCS-CN method. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37(1), 291-304.
- Caroline, H. M. (2002). *Adapting the SCS method for estimating runoff in shallow water table environments* [Master's Thesis, University of South Florida].
- Fitzpatrick-Lins, K. (1981). Comparison of Sampling Procedures and Data Analysis for a Land-use and Land-cover Map. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 55(4), 475-478.
- Iliasse, K. & Adil, H. A. (2014). Production of a Curve Number map for Hydrological simulation-Case study: Kalaya Watershed located in Northern Morocco. *International Journal of Innovation*, 9(4), 1691-1699.
- Mishra, S. K. & Singh, V. P. (2003). Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht, 553.
- Mishra, S. K., Pandey, R. P., Jain, M. K., & Singh, V. P. (2008). A rain duration and modified AMC-dependent SCS-CN procedure for long duration rainfall-runoff events. *WATER RESOUR MANAG*, 22(7), 861-876.
- Ponitus Jr, R. G. (2000). Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(8), 1011-1016.
- Ramakrishnan, D., Bandyopadhyay, A., & Kusuma, K. N. (2009). SCS-CN and GIS-based approach for identifying potential water harvesting sites in the Kali Watershed, Mahi River Basin, India. *J. Earth. Syst. Sci*, 118(4), 355-368.
- Tomáš, R., Michal, P. & Jan, K. (2019). Parameter recalculation for a rainfall-runoff model with a focus on runoff curve numbers. *Geo Scape*, 13(2) 132-140.
- Tommaso, T., & Norman, M. (1987). *Cellular Automata Machines: A New Environment for Modeling*. MIT Press.
- United States Department of Agriculture. (1999). *Natural Resources Conservation Service*. Hydrology Engineering Handbook Part 630 Hydrology.

United States Department of Agriculture. (1986). *Soil Conservation Service*. Engineering Handbook.

Xianzhao Liu & Jiazhu Li. (2008). Application of SCS Model in Estimation of Runoff From Small Watershed in Loess Plateau of China. *Chinese Geographical Science*, 18(3), 235-241.



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	ปานฤทัย เวียงนาค
วัน เดือน ปี เกิด	17 ตุลาคม 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงราย
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2559 ศ.บ. (เศรษฐศาสตร์บัญชี), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่
ที่อยู่ปัจจุบัน	29/1 หมู่ 1 ต.แม่ลอย อ.เทิง จ.เชียงราย 57230
ผลงานตีพิมพ์	ปานฤทัย เวียงนาค, เกรียงไกร สีตะพันธุ์ และนิติ เอี่ยมชื่น. (2568). การประยุกต์แบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง SCS-CN ในการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำท่า ในจังหวัดเชียงราย. วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาบัณฑิตกรรมเชิงพื้นที่ (JSID), 6(2), 174-195.
รางวัลที่ได้รับ	-

