



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาคุษฎีบัณฑิต (การใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน)

ปริญญา

การใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง บูรณาการแบบจำลองภูมิสารสนเทศในการจัดการการใช้ที่ดิน
ลุ่มน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา

Integrated Geoinformatics Models for Land-use Management in
Lamtakong Watershed, Nakhon Ratchasima Province

นามผู้วิจัย นายธีรเวช ลิ้มโกมลวิลาศ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์จักรกั วัชรินทร์รัตน์, วท.ค.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สุระ พัฒนเกียรติ, วท.ค.)

ประธานสาขาวิชา

(รองศาสตราจารย์รังสฤษฎ์ กาวิด๊ะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสังข์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

บูรณาการแบบจำลองภูมิสารสนเทศในการจัดการการใช้ที่ดิน
ลุ่มน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา

Integrated Geoinformatics Models for Land-use Management in
Lamtakong Watershed, Nakhon Ratchasima Province

โดย

นายธีรเวทย์ ลิ้มโกลลวิลาศ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (การใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาส 2557: บูรณาการแบบจำลองภูมิสารสนเทศในการจัดการ
การใช้ที่ดินลุ่มน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
(การใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน) สาขาการใช้ที่ดินและ
การจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์จรงค์ วัชรินทร์รัตน์, วท.ด. 142 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่
ลุ่มน้ำลำตะคอง โดยศึกษาข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อจำแนกการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2534, 2545
และปี พ.ศ. 2556 และคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 โดยการบูรณาการแบบจำลอง
ภูมิสารสนเทศ ได้แก่ Supervised Classification Analysis, CA Markov, AHP, RGMM, USLE
และ Multi-Criteria Analysis เพื่อวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคตที่ลดผลกระทบที่เกิดภัยธรรมชาติ
ได้แก่ การสูญเสียดิน ภัยแล้ง ดินถล่มและอุทกภัย

ผลการวิจัยพบว่า ที่อยู่อาศัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมากโดยในปี พ.ศ. 2556 เพิ่มขึ้น
ประมาณ 4 เท่าจากปี พ.ศ. 2534 สอดคล้องกับพื้นที่ป่าไม้และแหล่งน้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ
16.10 และ 79.68 ตามลำดับ ตรงข้ามกับพื้นที่เกษตรลดลงร้อยละ 9.34 ในปีเดียวกัน แบบจำลอง
CA-Markov คาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567 แบ่งเป็นพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่
เกษตรกรรม พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่อื่นๆ มีขนาดเท่ากับ 322.24, 829.14, 2,020.88, 75.49 และ
70.42 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ปริมาณการสูญเสียดินมีแนวโน้มลดลงมีค่าเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2534,
2545, 2556 และปี พ.ศ. 2567 เท่ากับ 4.59, 4.33, 4.23 และ 3.53 ตันต่อไร่ต่อปี พื้นที่เสี่ยงภัย
แล้งสูงมากมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับการสูญเสียดิน เนื่องจากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงการใช้
ที่ดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมากพบบริเวณเขาใหญ่ พื้นที่เสี่ยง
อุทกภัยสูงที่สุด ได้แก่ พื้นที่บริเวณอำเภอเมือง อำเภอขามทะเลสอ แบบจำลองใหม่ที่มีการปรับปรุง
และบูรณาการแบบจำลอง MCA AHP และ CA-Markov ร่วมกันสามารถลดพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ
ในปี พ.ศ. 2567 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Teerawate Limgomonvilas 2014: Integrated Geoinformatics Models for Land-use Management in Lamtakong Watershed, Nakhon Ratchasima Province. Doctor of Philosophy (Sustainable Land Use and Natural Resources Management), Major Field: Sustainable Land Use and Natural Resources Management, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Mr. Chongrak Wachrinrat, Ph.D. 142 pages.

The main objective of this study is to identify and predict changes in land use in the Lumtakong watershed. Satellite data was used to classify land use in 1991, 2002 and 2013, and predicted the land use in 2024 by integrated the models. GIS and Supervised Classification Analysis, CA-Markov, AHP, USLE and Multi-Criteria Analysis were analyzed for land use planning to reduce the impact of natural disasters including drought, soil erosion, landslides and flooding.

The results of the study showed that residential areas in 2013 trended to increase dramatically about four times from 1991. In addition, forest and water areas are likely to increase approximately 16 and 80 percent, respectively. In contrast, agricultural areas were decreased approximately 9 percent. Land use in 2024, residential area (322.24 km²), forest (829.14 km²), agricultural area (2,020.88 km²), water (75.49 km²) and miscellaneous (70.42 km²) were predicted by using CA-Markov model. Soil loss in 1991, 2002, 2013 and 2024 has decreased at 4.59, 4.33, 4.23 and 3.53 tons⁻¹.rai⁻¹.year⁻¹, respectively. Drought risk was decreased as the same trend as soil loss due to the influence of the Land use changed from agricultural area to residential area. Landslide is very high risk in the south of Khao Yai. High risk of flooded areas are in the city of Nakhon Ratchasima. Furthermore, high risk areas in 2024 can be effectively reduced by using intergreted models.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ช่วยผลักดันให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ ขอขอบคุณบิดา มารดา ครอบครัว คณาจารย์ที่เคารพรวมถึงลูกศิษย์ของผู้วิจัย ที่ช่วยส่งเสริมและเป็นกำลังใจเสมอมา

ขอบพระคุณอาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ประสงค์ สงวนธรรม ในการให้คำแนะนำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์จรงค์ วัชรินทร์รัตน์ และรองศาสตราจารย์สุระ พัฒนเกียรติ ที่ให้ความใส่ใจ และอดทนต่อความไม่เข้าใจและเงื่อนไขอันมากมายของผู้วิจัย

ขอบคุณทุนการศึกษาจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ รวมทั้งผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการสนับสนุนทุนการศึกษานี้

สุดท้ายขอขอบคุณกำลังใจที่ยิ่งใหญ่ จากภรรยาและลูกๆ ทั้ง 3 คนของข้าพเจ้าที่อยู่เคียงข้างกันตลอดมา

ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาส

ตุลาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(8)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	3
ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
พื้นที่ลุ่มน้ำ	4
ลุ่มน้ำลำตะคอง	5
การจำแนกข้อมูลด้วย Remote Sensing	5
การหาความเหมาะสมในการใช้ที่ดิน	9
การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	10
การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิค Crosstabulation	11
แบบจำลองเกี่ยวกับปฏิกิริยา	12
การวิเคราะห์ตามลำดับชั้น	31
กรอบแนวคิดในการศึกษา	35
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	36
วัสดุและอุปกรณ์	36
การเก็บรวบรวมข้อมูล	37
วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	38
บทที่ 4 ผลการศึกษา	53
การจำแนกการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2534 2545 และปี พ.ศ. 2556	
จากข้อมูลดาวเทียม	53

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
วิเคราะห์ความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลดาวเทียม	55
วิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ด้วยเทคนิค Crosstabulation	56
แบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556 และ 2567	58
การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการสูญเสียดินโดยแบบจำลองการสูญเสียดิน	63
การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง	80
การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม	90
การประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย	98
การวางแผนการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2567 เพื่อลดพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ	108
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	124
สรุปผลการศึกษา	124
ข้อเสนอแนะ	133
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	135
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	142

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่า K ของกลุ่มชุดดินจำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย	14
2	ค่า K ของหน่วยธรณีวิทยาจำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย ใช้เฉพาะชุดดินชุดที่ 62	15
3	ค่า C และ P ประเมินตามกลุ่มพืชและการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ตามภูมิภาค	20
4	ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) และค่าคะแนน (Score) ของปัจจัยทาง ด้านระบบ GIS ที่ใช้ในการประเมินพื้นที่ภัยแล้ง	22
5	ตัวแปรและแนวทางการถ่วงน้ำหนักของประเภทข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา เพื่อกำหนดพื้นที่ เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินถล่ม ในเขตลุ่มน้ำภาคเหนือส่วนอื่นๆ (ลุ่มน้ำชายแดน)	24
6	ปัจจัยและเกณฑ์ของปัจจัยในแบบจำลองดินถล่ม	26
7	ตัวแปร 5 ตัวแปรและแนวทางการถ่วงน้ำหนักของประเภทข้อมูล (Parameter & Weighting System) ในแบบจำลองการเกิดอุทกภัย	29
8	การใช้ที่ดินในระดับที่ 2 ของกองวางแผนการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2542	80
9	ปัจจัยภัยแล้งมีการเลือกนำมาใช้สูงสุดจากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
10	ค่าปัจจัยการระบายน้ำในดิน จำแนกตามกลุ่มชุดดิน	45

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	ปัจจัยดินถล่มที่ได้จากการรวบรวมงานวิจัยที่มีการนำมาใช้สูงสุด 5 อันดับ	47
12	ปัจจัยอุทกภัยที่ได้จากการรวบรวมงานวิจัยที่มีการนำมาใช้สูงสุด 6 อันดับ	50
13	สัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากการจำแนกข้อมูลดาวเทียม 3 ช่วงเวลา	54
14	ความถูกต้องในการสำรวจภาคสนามกับข้อมูลจากดาวเทียม ที่จำแนกการใช้ที่ดิน	56
15	Crosstab ของการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2534 เทียบกับปี พ.ศ. 2545 แสดงพื้นที่และร้อยละของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	57
16	Crosstab ของการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2545 เทียบกับปี พ.ศ. 2556 แสดงพื้นที่ และร้อยละของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	58
17	สัดส่วนการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov	59
18	ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	59
19	ความคล้ายระหว่างข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556 จากภาพถ่ายดาวเทียม กับข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov ปี พ.ศ. 2556	61
20	สัดส่วนการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov	62
21	ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2567	62

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
22	สถานีอุตุนิยมวิทยาครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองรัศมี 100 กิโลเมตร และค่าปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย	64
23	ค่าของปัจจัย K ที่ได้จากการจำแนกชุดดิน (ยกเว้นชุดดินชุดที่ 62)	66
24	ค่าของปัจจัย K ที่ได้จากการจำแนกหน่วยหินทางธรณีวิทยา (เฉพาะชุดดินชุดที่ 62)	68
25	ค่า L จากความยาวความลาดเอียง λ และค่ายกกำลัง m	70
26	ค่า LS ที่จำแนกเป็น 4 ระดับ และขนาดพื้นที่	73
27	ค่าปัจจัย C จำแนกตามการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน	75
28	ค่าเฉลี่ยปัจจัย C จากการจำแนกการใช้ที่ดินระดับ 2 ของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อจำแนกตามการใช้ที่ดินระดับที่ 1	76
29	ค่าการสูญเสียดินเปรียบเทียบตามการใช้ที่ดินในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน	78
30	ค่าปัจจัยการระบายน้ำในดิน จำแนกตามกลุ่มชุดดิน	82
31	ค่าถ่วงน้ำหนัก AHP ของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน	85
32	ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ด้วยเทคนิค RGMM	86

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
33	สรุปปัจจัย ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าคะแนนของปัจจัยในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง	87
34	เปรียบเทียบพื้นที่และร้อยละของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจำแนกตามระดับความรุนแรง 4 ระดับ	89
35	ค่าถ่วงน้ำหนัก AHP ของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม	94
36	ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ด้วยเทคนิค RGMM	95
37	สรุปปัจจัย ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าคะแนนของปัจจัยในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม	96
38	เปรียบเทียบพื้นที่และร้อยละของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มจำแนกตามระดับความรุนแรง 4 ระดับ	98
39	ค่าถ่วงน้ำหนัก AHP ของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย	103
40	ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย ด้วยเทคนิค RGMM	104
41	สรุปปัจจัย ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าคะแนนของปัจจัยในการหาพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย	105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
42	เปรียบเทียบพื้นที่และร้อยละของพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจำแนกตามระดับความรุนแรง 4 ระดับ	107
43	พื้นที่การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงภัยการสูญเสียดินสูง ในปี พ.ศ. 2567	109
44	พื้นที่การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมาก ในปี พ.ศ. 2567	111
45	พื้นที่การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงดินถล่มสูงมาก ในปี พ.ศ. 2567	112
46	พื้นที่การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมาก ในปี พ.ศ. 2567	114
47	ค่าถ่วงน้ำหนักและค่าคะแนนของการใช้ที่ดินที่กำหนดตามนโยบายตามลักษณะของภัยธรรมชาติที่กำหนด เพื่อใช้ในการวางแผนการใช้ที่ดิน	115
48	สัดส่วนการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567 (คาดการณ์) เทียบกับปี พ.ศ. 2556	118
49	สัดส่วนความน่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567 (คาดการณ์) เทียบกับปี พ.ศ. 2556	119
50	เปรียบเทียบการใช้ที่ดินของปี พ.ศ. 2567 ในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยสูงมาก ทั้ง 4 ชนิด ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามนโยบายการใช้ที่ดินใหม่	122

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขอบเขตของพื้นที่ศึกษา ลุ่มน้ำลำตะคอง	2
2	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตด้วยสมการ Markov ร่วมกับ CA	11
3	กรอบแนวคิดในการศึกษา	35
4	เปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากการจำแนกข้อมูลดาวเทียม 3 ช่วงเวลา	53
5	เปรียบเทียบผลที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม 3 ช่วงเวลา	54
6	จุดตรวจสอบภาคสนามในกลุ่มน้ำลำตะคอง จำแนกตามการใช้ที่ดิน 5 ประเภท	55
7	เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov กับข้อมูลที่จำแนกจากดาวเทียม Landsat 8 โดยมีสัดส่วนพื้นที่ตรงกันร้อยละ 70	60
8	เปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2556 เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง Markov ปี พ.ศ. 2556	61
9	การใช้ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov พร้อมสัดส่วนการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567	63
10	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ที่ได้จากการทำ Interpolation สถานีตรวจอากาศ 12 สถานี ด้วยเทคนิค IDW	65
11	ค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝน R (ตัน/ไร่/ปี) ที่ได้จากการคำนวณปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยรายปี	66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	ค่า K ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง จำแนกตามชุดดินและหน่วยหินทางธรณีวิทยา	69
13	ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเอียง (L) ที่ได้จากความยาวความลาดเอียง (λ) และค่ายกกำลัง (m)	72
14	ค่าปัจจัยความลาดชัน S ในพื้นที่ศึกษา	73
15	ค่าปัจจัยความลาดชันรวม (LS)	74
16	ค่า C ตามการจำแนกการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินระดับที่ 1 (เฉลี่ยจากค่า C จากการใช้ที่ดินระดับที่ 2)	76
17	ค่า P ค่าการจัดการพื้นที่เพื่อลดการชะล้างพังทลาย	77
18	ปริมาณการสูญเสียดินในปี พ.ศ. 2534 2545 2556 และจากการคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567	79
19	ดัชนีความแห้งแล้งของ De Martonne (DI) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง	80
20	ดัชนีความแห้งแล้งของ De Martonne ที่ปรับให้มีความมาตรฐานไม่เกิน 1	81
21	ปัจจัยสมบัติดิน แสดงค่าคะแนนการระบายน้ำของดินตามกลุ่มชุดดิน	82
22	ค่าคะแนนร้อยละความลาดชันที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภัยแล้ง	84
23	ค่าปัจจัยระยะห่างจากแหล่งน้ำ 4 ระดับ	84

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ปี พ.ศ. 2534 2545 2556 และปี พ.ศ. 2567 คาดการณ์ จำแนก 4 ระดับ	88
25	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย บริเวณพื้นที่ ลุ่มน้ำลำตะคอง	90
26	ค่าคะแนนของปัจจัยหน่วยหินทางธรณีวิทยาที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม	91
27	ค่าคะแนนปัจจัยความลาดชันในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ ลุ่มน้ำลำตะคอง	92
28	ค่าคะแนนปัจจัยความสูงที่เกี่ยงข้องกับการเกิดดินถล่ม	93
29	พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม ปี พ.ศ. 2534 2545 2556 และการคาดการณ์ ปี พ.ศ. 2567 จำแนก 4 ระดับ	97
30	ค่าคะแนนของการระบายน้ำของดินในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย	99
31	ค่าคะแนนของความลาดชันในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย	100
32	ค่าคะแนนปัจจัยความสูงในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย	101
33	ค่าคะแนนปัจจัยระยะห่างทางน้ำในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย	102
34	พื้นที่เสี่ยงอุทกภัย ปี พ.ศ. 2534 2545 2556 และปี พ.ศ. 2567 (คาดการณ์) จำแนก 4 ระดับ	107

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
35	การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงภัยการสูญเสียดินสูง (มากกว่า 2 ตันต่อไร่ต่อปี) ในปี พ.ศ. 2567	110
36	การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมาก (0.725-0.855) ในปี พ.ศ. 2567	111
37	การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมาก (0.528-0.925) ในปี พ.ศ. 2567	113
38	การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมาก (0.646-0.825) ในปี พ.ศ. 2567	114
39	ค่าความน่าจะเป็นของแต่ละประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย โดยการใช้ที่ดินแหล่งน้ำมีความน่าจะเป็นสูงสุด และที่อยู่อาศัยมีความน่าจะเป็นต่ำที่สุด	119
40	ค่าความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดิน ตามนโยบายลดผลกระทบจากความเสี่ยงภัยธรรมชาติ เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov	120
41	เปรียบเทียบการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 ที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov ที่ไม่มีการปรับค่าความน่าจะเป็นกับการใช้ที่ดินที่ปรับปรุงความน่าจะเป็นตามนโยบายการใช้ที่ดินเพื่อลดพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ	121

บทที่ 1

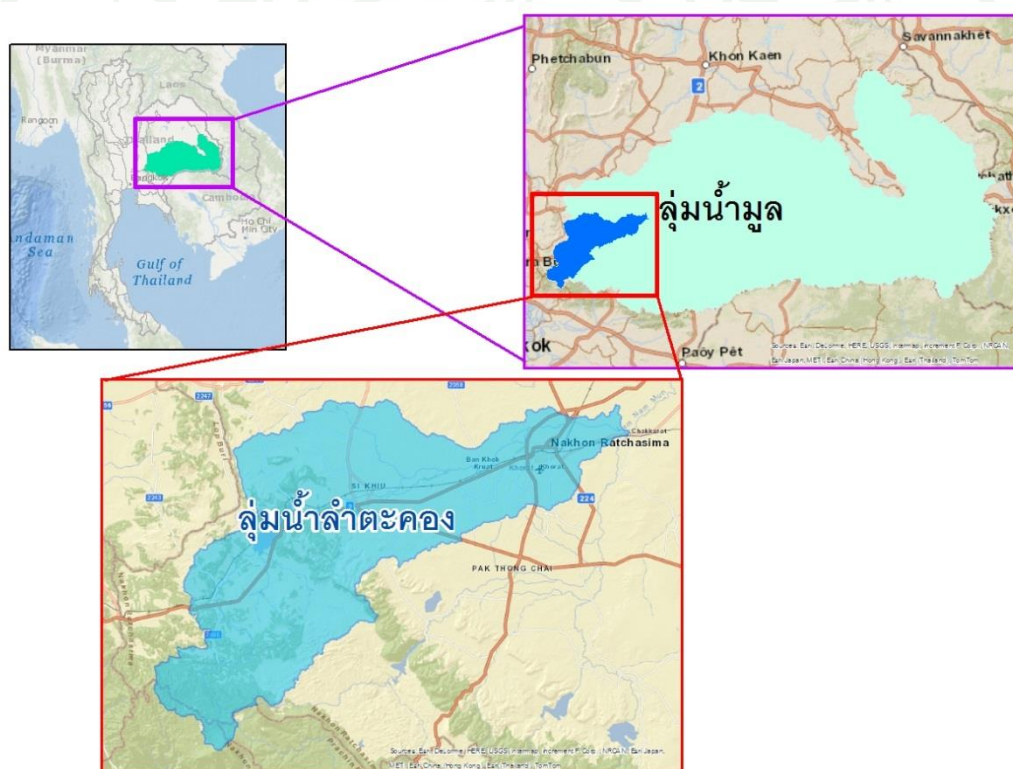
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ลุ่มน้ำลำตะคองเป็นลุ่มน้ำสำคัญหนึ่งในลุ่มน้ำหลักลุ่มน้ำมูล เป็นต้นกำเนิดของลำน้ำมูล ที่หล่อเลี้ยงพื้นที่ภาคอีสานตอนล่าง มีเนื้อพื้นที่ประมาณ 3,318 ตารางกิโลเมตร (2,073,750 ไร่) หรือคิดเป็นเนื้อที่ประมาณร้อยละ 16.19 ของพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ลุ่มน้ำลำตะคองมีการใช้ที่ดินที่หลากหลาย ทิศตะวันตก (ติดลุ่มน้ำป่าสัก) และทางด้านทิศใต้ (ติดลุ่มน้ำนครนายก) เป็นพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่หุบเขาสลับที่ราบแคบๆ ริมลำน้ำ ตอนกลางบริเวณอำเภopakช่อง-อำเภอสีคิ้วมีที่ราบสองฝั่งลำน้ำต่อเนื่องกันไปตลอด (กรมทรัพยากรน้ำ, 2552) พบการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรและพื้นที่อยู่อาศัย สลับกันไป ผ่านอำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ และอำเภอเมืองนครราชสีมาซึ่งเป็นเขตที่อยู่อาศัยหนาแน่น (ภาพที่1) มีการขยายตัวของชุมชนเมืองอย่างรวดเร็วโดยมีอัตราการเพิ่มของสิ่งปลูกสร้างเฉลี่ยปีละประมาณร้อยละ 2.21 (พ.ศ. 2533-2555) (สำนักบริหารการทะเบียน, 2557) ซึ่งไม่สอดคล้องกับอัตราการเพิ่มของประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองที่มีแนวโน้มลดลงร้อยละ 0.53 (เฉลี่ยปี พ.ศ. 2533-2555) และการใช้ที่ดินภายนอกภาคการเกษตรที่มีแนวโน้มลดลงร้อยละ 2.22 (เฉลี่ยปี พ.ศ. 2534-2554) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

จากการขยายตัวของชุมชนเมืองอย่างรวดเร็ว ทำให้ทรัพยากรในพื้นที่ลุ่มน้ำเสื่อมโทรม ก่อให้เกิดปัญหาภัยธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตามมา ทั้งปัญหาน้ำท่วม ภัยแล้ง ดินถล่ม และปัญหาการทับถมของดินตะกอน ได้ทวีความรุนแรงและสร้างผลกระทบอย่างมากแก่มนุษย์ เช่น การเกิดมหาอุทกภัยในปี พ.ศ. 2554 ทำให้มีผู้เสียชีวิตถึง 813 คน (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2554) และสร้างความเสียหายต่อระบบเศรษฐกิจไทยไม่น้อยกว่า 1.9 แสนล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง, 2554) สาเหตุของปัญหาดังกล่าวส่วนหนึ่งเกิดจากการขาดความเข้าใจในการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำที่ถูกต้อง มีการบุกรุกพื้นที่ป่าต้นน้ำเพื่อใช้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม การปลูกพืชเชิงเดี่ยวที่ส่งผลกระทบต่อ การชะล้างพังทลายของดิน มีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างกระจุกกระจิกไม่ถูกต้อง (เกษม จันทรแก้ว, 2551) ดังนั้นในการจัดการปัญหาดังกล่าวจึงควรให้ความสำคัญและเลือกใช้เครื่องมือที่ถูกต้องและเหมาะสมในการวางแผนและบริหารจัดการพื้นที่

แบบจำลองภูมิสารสนเทศเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการวางแผนจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยสามารถจัดเก็บ สืบค้น วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ใช้ในการติดตาม ความเปลี่ยนแปลงในการใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำในหลายช่วงเวลาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูล ดาวเทียม หรือข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ใช้ในการทำนายแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงในอนาคต เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดินอีก 10 ปีข้างหน้า ใช้ในการวิเคราะห์ประเมินพื้นที่เสี่ยง เช่น ภัยแล้ง น้ำท่วม ดิน ถล่ม เป็นต้น และใช้ในการจัดทำข้อมูลแบบหลายปัจจัยและสร้างแบบจำลองในการวางแผนการใช้ ประโยชน์พื้นที่ลุ่มน้ำ สร้างแนวทางเลือกเพื่อประกอบการตัดสินใจในการจัดสรรพื้นที่ลุ่มน้ำให้ได้ ประโยชน์สูงสุดตามหลักวิชาการหรือหลักการอนุรักษ์ ลดความเสี่ยงที่อาจจะส่งผลกระทบต่อ ชีวิตและทรัพย์สิน เพื่อความยั่งยืนของการใช้ที่ดินต่อไป



ภาพที่ 1 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษา ลุ่มน้ำลำตะคอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจำแนกและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง
2. เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยธรรมชาติโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงพื้นที่
3. เพื่อกำหนดรูปแบบการใช้ที่ดินที่เหมาะสมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง

ขอบเขตการวิจัย

พื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองในเขตจังหวัดนครราชสีมา โดยศึกษาข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อจำแนกการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2534, 2545 และปี พ.ศ. 2556 และคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต ปี พ.ศ. 2567 โดยการบูรณาการแบบจำลองภูมิสารสนเทศ ได้แก่ Supervised Classification Analysis, CA Markov AHP, USLE และ Multi-Criteria Analysis เพื่อวางแผนการใช้ที่ดิน ในอนาคตที่ลดผลกระทบที่เกิดภัยธรรมชาติ ได้แก่ การสูญเสียดิน ภัยแล้ง ดินถล่ม และอุทกภัย

ประโยชน์ที่ได้รับ

เป็นแนวทางในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตลุ่มน้ำลำตะคองในอนาคตที่เหมาะสม และสามารถลดผลกระทบจากภัยธรรมชาติ ได้แก่ การสูญเสียหน้าดิน ดินถล่ม ภัยแล้งและน้ำท่วม โดยหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาไปปรับปรุงนโยบายหรือให้คำแนะนำ เกี่ยวกับการใช้ที่ดินที่เหมาะสมในพื้นที่ได้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การศึกษาถึงการบูรณาการแบบจำลองภูมิสารสนเทศในการจัดการการใช้ที่ดินลุ่มน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้า เอกสาร ทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำหรับใช้เป็นแนวทางในการวาง กรอบความคิด เพื่อช่วยให้สามารถอธิบายความเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ในรูปแบบต่างๆ ดังนี้

แนวคิดเชิงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

1. พื้นที่ลุ่มน้ำ
2. ลุ่มน้ำลำตะคอง
3. การจำแนกข้อมูลด้วย Remote Sensing
4. การหาความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดิน
5. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
6. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิค Crosstabulation
7. แบบจำลองเกี่ยวกับพิบัติภัย
8. การวิเคราะห์ตามลำดับชั้น Analytica Hierarchy Process (AHP)

พื้นที่ลุ่มน้ำ

พื้นที่ลุ่มน้ำคือ บริเวณพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยสันปันน้ำ เป็นพื้นที่รองรับน้ำหรือหยาดน้ำฟ้าที่ตกลงมาและไหลลงสู่ระบบการระบายน้ำหรือแหล่งกักเก็บน้ำ (ราชบัณฑิต, 2549) การใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำที่เหมาะสม ต้องอาศัยหลักในการจัดการลุ่มน้ำที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพื้นที่ให้น้ำที่มีปริมาณมากพอ คุณภาพดี การไหลสม่ำเสมอ พร้อมทั้งควบคุมเสถียรภาพของดิน และการใช้ทรัพยากรอื่นๆ ในลุ่มน้ำนั้นด้วย (เกษม จันทรแก้ว, 2551) และต้องคำนึงถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้ที่ดินที่ไม่ถูกต้องเช่น ดินถล่ม อุทกภัย หรือภัยแล้ง เป็นต้น

ลุ่มน้ำลำตะคอง

ลุ่มน้ำลำตะคอง อยู่ทางทิศตะวันตกของลุ่มน้ำมูล มีต้นกำเนิดบริเวณเส้นสันปันน้ำของลุ่มน้ำป่าสักทางด้านทิศตะวันตกและลุ่มน้ำนครนายกทางด้านทิศใต้ มีอาณาเขตทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำลำเชียงไกร ทิศใต้ติดกับเทือกเขาบรรทัด ทิศตะวันออกติดกับ ลำพระเพลิงและลำมูลตอนบน โดยตอนต้นน้ำไหลผ่านหุบเขา ชายเขาและที่สูง มีความลาดชัน มีที่ราบแคบๆ ริมลำน้ำ ผ่านอำเภอสีคิ้ว แล้วจึงมีที่ราบสองฝั่งลำน้ำต่อเนื่องกันไปตลอด ผ่านอำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ และอำเภอเมืองนครราชสีมา ไหลสู่แม่น้ำมูลที่ตำบลท่าช้าง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ โดยลำตะคองมีความยาวตลอดสายรวมประมาณ 220 กิโลเมตร ลุ่มน้ำลำตะคองครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3,518 ตารางกิโลเมตร แหล่งน้ำสาขาที่สำคัญมี 3 สายประกอบด้วย ห้วยซับประดู่ ห้วยบ้านยาง และธารอโศก มีเขื่อนระบายน้ำในลำตะคอง 4 แห่ง และลำบริบูรณ์ 5 แห่ง (กรมทรัพยากรน้ำ, 2552) ดังภาพที่ 1

การจำแนกข้อมูลด้วย Remote Sensing

การสำรวจระยะไกล (Remote sensing) เป็นวิทยาศาสตร์ ศิลปะ และเทคโนโลยีแขนงหนึ่งของการได้รับข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์จากอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Remote sensor) ซึ่งใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาซึ่งข้อมูล เช่น กล้องถ่ายภาพทางอากาศ หรือเครื่องกวาดภาพ ที่ติดตั้งไว้บนดาวเทียมโดยมิได้สัมผัสกับวัตถุ หรือพื้นที่เป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยคลื่นแสงที่เป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูล (Lillesand, 1994) นอกจากนั้นแล้ว การสำรวจระยะไกล อาจหมายถึง วิธีการใช้พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (คลื่นแสงคลื่นความร้อน และคลื่นวิทยุ) สำหรับตรวจวัดคุณลักษณะเฉพาะของเป้าหมายที่ต้องการ โดยไม่ได้มีการสัมผัสโดยตรงระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดกับเป้าหมายที่ถูกตรวจวัด แล้วทำการบันทึกข้อมูลเก็บไว้หรือส่งผ่านไปยังเครื่องประมวลผล ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของภาพถ่ายทางอากาศ หรือภาพถ่ายดาวเทียม

การได้มาซึ่งข้อมูลภาพ (Image Data) จากระบบการสำรวจจากระยะไกลของดาวเทียมประเภทต่าง ๆ ปกติเครื่องมือที่ติดตั้งบนดาวเทียมเป็นเครื่องวัดแบบพาสซีฟ (Passive Sensor) จะวัดรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งออกหรือสะท้อนจากพื้นผิวโลก เมื่อโลกรับพลังงานและความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่เข้าสู่ชั้นบรรยากาศที่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศจะถูกดูดกลืนไว้ (Absorption) สะท้อนกลับ (Reflectance) และเกิดการกระจัดกระจาย (Scattering) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับเมฆ น้ำ ก๊าซ ฝุ่นละออง และอนุภาคอื่นๆ ในบรรยากาศ ส่วนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหลือเมื่อผ่านสู่พื้นผิวโลกจะถูกทำการดูดกลืน สะท้อน และกระจัดกระจาย พลังงานรังสี (คลื่นสั้น) ในรูปแบบ

ต่างๆ เมื่อพื้นผิวโลกดูดกลืนพลังงานของรังสีคลื่นสั้นไปแล้ว หลังจากนั้นจะปล่อยออกมาในรูปแบบ รังสีคลื่นยาว

ข้อมูลภาพที่ได้จากพลังงานแสงที่สะท้อนสู่เครื่องวัด จะถูกเก็บอยู่ในรูปข้อมูลดิจิทัล โครงสร้างของข้อมูลจะเป็นตารางกริด แต่ละช่องกริดของข้อมูลภาพมักเรียกว่าจุดภาพ หรือ “pixel” โดยในแต่ละจุดภาพแสดงค่าตัวเลขจำนวนเต็มบวกที่เรียกว่า ตัวเลขดิจิทัล (Digital Number - DN) ซึ่งค่าเหล่านี้อาจเป็นตัวแทนของค่าการแผ่รังสี (radiance หรือ spectral brightness หรือ reflectance value) ในข้อมูลดาวเทียม หรืออาจจะเป็นค่าระดับความสูง (elevation) ค่าความลาดชัน (slope gradient) ก็ได้ (กาญจน์เขจร, 2541) ข้อมูลภาพจากดาวเทียมแต่ละประเภท ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ กันอย่างมากมาย เช่น ข้อมูลภาพที่ได้จากดาวเทียม LANDSAT และดาวเทียม NOAA ของประเทศสหรัฐอเมริกา ดาวเทียม SPOT ของประเทศฝรั่งเศส ตลอดจนดาวเทียมของประเทศต่างๆ เช่นประเทศในแถบยุโรป ญี่ปุ่น อินเดีย รัสเซีย และจีน เป็นต้น แต่ในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติเช่น ในด้านเกี่ยวกับดิน น้ำ พืชเกษตร และป่าไม้ ข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT ยังเป็นที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายมากกว่าของดาวเทียมชนิดอื่นๆ ตามที่กล่าวมา ดังนั้นการสำรวจระยะไกลจึงเป็นทั้ง วิทยาศาสตร์ ศิลปะ และเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องมือที่ใช้วัดค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนออกจากวัตถุ และถูกนำมาแปล ตีความ จำแนก และวิเคราะห์ เพื่อเข้าใจถึงวัตถุและสภาพแวดล้อมต่างๆ

ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์มากในการนำมาใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางพื้นที่ เนื่องจากสามารถเลือกช่วงเวลาในการสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้หลายช่วงเวลา และยังสามารถวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต่างๆ ในการจำแนกการใช้ที่ดินเช่น เทคนิคการแปลภาพแบบ Supervised หรือ Unsupervised Classification เป็นต้น (Halder, 2010) และสามารถศึกษาสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตได้ (Zhang, 2010)

การแปลความหมายจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การวิเคราะห์และแปลความหมายจากภาพดาวเทียมแบ่งได้เป็น 2 วิธีการ คือ การแปลตีความภาพด้วยสายตาและการวิเคราะห์ข้อมูลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งในที่นี้จะขอกกล่าวแต่เฉพาะการแปลข้อมูลจากภาพดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นกระบวนการที่อาศัยค่าสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย (mean), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation), ค่าความแตกต่างระหว่างและค่าสูงสุดและ

ต่ำสุดของกลุ่ม (variance) ช่วยในการจัดกลุ่มและจำแนกประเภทของข้อมูล เป็นต้น โดยวิธีการจำแนกข้อมูลดาวเทียมด้วยระบบคอมพิวเตอร์แบ่งออกได้ 2 วิธี ได้แก่

1. การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยวิธีนี้ ผู้วิเคราะห์ข้อมูลจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือพอที่จะบอกได้ว่า พื้นที่ที่ทำการศึกษามีการใช้ที่ดินประเภทใดบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิเคราะห์ต้องเป็นผู้ทำการกำหนดกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง (training area) ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์คำนวณค่าสถิติของกลุ่มข้อมูลตัวอย่างและใช้เป็นดัชนีในการจำแนกหรือจัดข้อมูลที่ไม่ทราบ (unknown pixel) ให้อยู่ในกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการตัดสินใจ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

2. การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) เป็นวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างที่ทำการศึกษาของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ มักจะใช้ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลเพียงพอในพื้นที่ที่การจำแนก เพียงแต่กำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างรวมซึ่งมีค่าการสะท้อนกลับของคลื่นหลากหลายและครอบคลุมทุกกลุ่มข้อมูล แต่หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแต่ละประเภท ดังนั้นผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องออกสำรวจข้อมูลภาคสนามบริเวณพื้นที่ศึกษาหรืออาจสอบถามจากผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา (รัศมี, 2530)

นอกจากนั้นแล้วสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากก่อนทำการแปล วิเคราะห์ หรือจำแนกประเภทข้อมูล คือ การเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Multitemporal Approach) เนื่องจากวัตถุแต่ละชนิดอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลหรือช่วงเวลา ดังนั้นการวิเคราะห์ จำแนกประเภทข้อมูลหรือติดตามการเปลี่ยนแปลง (Monitoring) จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากหลายช่วงเวลามาใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อหาความถูกต้อง และชัดเจนมากยิ่งขึ้น การเปลี่ยนแปลงตามช่วงคลื่น (Multispectral Approach) เนื่องจากวัตถุแต่ละชนิดจะมีค่าการสะท้อน หรือดูดซับพลังงานแตกต่างกัน การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ข้อมูลช่วงคลื่นเดียวอาจจะจำแนกประเภทข้อมูลได้ไม่ดีมากนัก จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นมาวิเคราะห์หรือมาผสมกันเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนและมีความถูกต้องมากขึ้น ทั้งนี้ระดับความหยابละเอียดของข้อมูล (Multilevel or Multistage Approach) เนื่องจากข้อมูลที่ได้

จากการสำรวจระยะไกลมีระดับความหยาบละเอียดแตกต่างกัน เช่นข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม LANDSAT TM5 มีความละเอียด 30 x 30 เมตร ข้อมูลดาวเทียม SPOT มีความละเอียด 20 x 20 เมตร ดังนั้นในการวิเคราะห์หรือจำแนกข้อมูลควรจะมีระดับที่เหมาะสมกับข้อมูล (สุพรรณ, 2536)

การวิเคราะห์ความถูกต้อง (Classification Accuracy)

Congalton and Green (2009) นำเสนอวิธีการใช้การตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม เปรียบเทียบกับข้อมูลในภาคสนามโดยมีวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยเทคนิค Binomial Probability Theory ดังสมการ

$$n = (Z^2 \cdot p \cdot q) / E^2 \quad (1)$$

โดยที่ n = จำนวนจุดภาพน้อยที่สุดที่ควรจะใช้เป็นตัวอย่าง

Z = ค่ามาตรฐานการแจกแจงปกติ ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด (ส่วนใหญ่กำหนดที่ร้อยละ 95 จะมีค่าเท่ากับ 1.96)

P = ร้อยละความถูกต้องที่คาดหวัง

$q = 100 - p$

E = ร้อยละความผิดพลาดที่ยอมรับได้

การตรวจสอบเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมกับการสำรวจในภาคสนาม เพื่อหาหาระดับความถูกต้องที่สามารถยอมรับได้ โดยทั่วไปโอกาสความน่าจะถูกต้อง (p) เท่ากับร้อยละ 80 และค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้เท่ากับร้อยละ 10 (กรมป่าไม้, 2555)

ตารางวิเคราะห์ความถูกต้องและค่าแคปปา (Kappa)

การวิเคราะห์หาความถูกต้องของการแปลภาพดาวเทียมนิยมใช้ตารางเมตริกซ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค Confusion Matrix Accuracy โดยการสร้างตารางเพื่อใช้หาความถูกต้องรวม Overall Accuracy และหาค่าดัชนีแคปปา (Kappa Index) ดังสมการต่อไปนี้

$$\hat{K} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_i n_i}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_i n_i} \quad (2)$$

เมื่อ $\hat{K}$ = ค่าดัชนีแคปปา

K = จำนวนของแถวใน Error Matrix

n = จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

n_{ii} = แถวที่ i คอลัมน์

ตารางเมทริกซ์ที่ได้เป็นตารางที่ใช้ในการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าที่ได้จากพื้นที่จริง เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทำนาย เช่น การจำแนกการใช้ที่ดิน หรือการคาดการณ์การใช้ที่ดินโดยแบบจำลอง CA เป็นต้น ข้อมูลที่ตรงกันระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์รวมหารด้วยจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา คือ ค่า Overall Accuracy

ค่าดัชนี Kappa เป็นค่าที่ใช้ประเมินความถูกต้องของข้อมูลโดยค่า Kappa ที่มากกว่าร้อยละ 80 (0.80) แสดงว่าข้อมูลที่จำแนกมีความถูกต้องสูง ถ้าค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 40 – 80 (0.4 - 0.8) มีค่าความถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง ถ้าค่าน้อยกว่าร้อยละ 40 (0.40) ค่าความถูกต้องต่ำ (Landis and koch, 1977)

การหาความเหมาะสมในการใช้ที่ดิน

การใช้ที่ดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ชนบทที่เน้นใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรเป็นหลัก จึงจำเป็นต้องเลือกชนิดพืชที่จะทำการเพาะปลูกให้เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด ได้มีการศึกษาโดยใช้ปัจจัยคุณสมบัติดิน 8 ปัจจัย และปัจจัยภูมิประเทศ 1 ปัจจัย โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อกำหนดขนาดน้ำหนักของแต่ละปัจจัย เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Ahamed, 2000) นอกจากนั้นยังมีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในเมืองโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัย (Multi-criteria Analysis) เช่น ปัจจัยทางด้านภูมิประเทศ ชั้นหินฐาน น้ำใต้ดิน และประวัติของพิบัติภัยทางธรณีที่เคยเกิดขึ้นในอดีต ร่วมกับการวางแผนการใช้พื้นที่เมืองประเภทต่างๆ เช่น เขตอาคารสูง เขตอาคารทั่วไป พื้นที่ทิ้งขยะ และพื้นที่อนุรักษ์ธรรมชาติ เป็นต้น (Dai, 2001)

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

แบบจำลองคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินคือ แบบจำลองในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อใช้ในการวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคต โดยอาศัยข้อมูลการใช้ที่ดินในอดีตร่วมกับความต้องการใช้ที่ดินในอนาคต เพื่อหาสัดส่วนการใช้ที่ดินที่เหมาะสมที่สุด ตัวอย่างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เช่น

แบบจำลอง Markov

เป็นทฤษฎีที่ใช้หลักการของ Markov ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคตที่สามารถควบคุมให้เกิดความเหมาะสมได้ Markov Model ไม่เพียงอธิบายการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเชิงปริมาณเท่านั้น แต่ยังสามารถอธิบายสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทได้ แบบจำลองดังกล่าวนิยมใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ที่ไม่มีผลกระทบภายหลัง ทำให้เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่บนพื้นฐานของเงื่อนไขความน่าจะเป็นของ Bayes โดยมีสมการตาม Sang (2011) ดังนี้

$$s(t+1) = P_{ij} \times s(t) \quad (3)$$

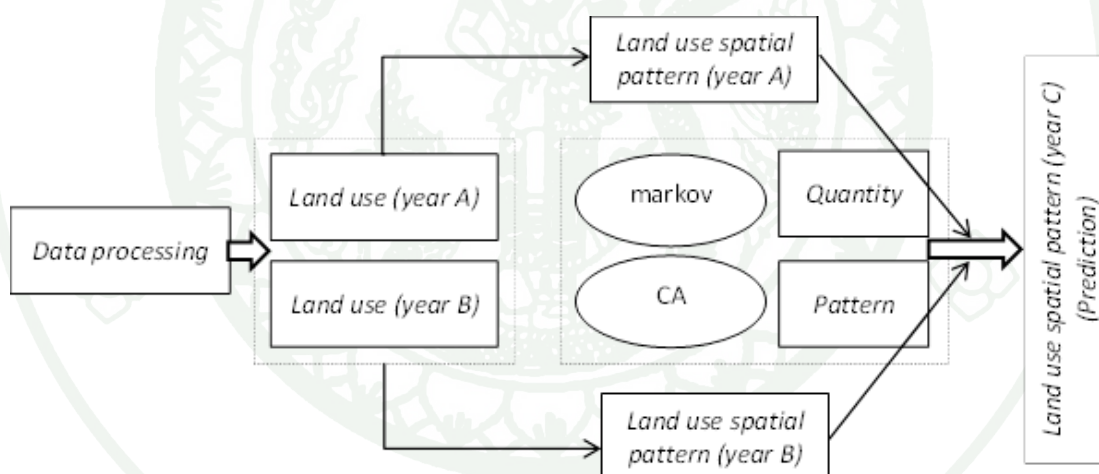
โดยที่ $s(t+1)$, $s(t)$ คือ สถานะ ณ เวลา t หรือ $t+1$, P_{ij} คือ เมทริกซ์ของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงที่คำนวณจากสมการ

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

เมื่อ $(0 \leq P_{ij} < 1 \text{ and } \sum_{j=1}^n P_{ij} = 1, (i,j=1,2,\dots,n))$

Cellular Automata (CA)

CA คือ เทคนิคในการจำลองสถานการณ์ ที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับเมืองที่มีความหลากหลาย เช่น การเติบโตของภูมิภาค การเจริญเติบโตของชุมชนเมือง การเปลี่ยนแปลงของประชากร กิจกรรมทางเศรษฐกิจและการจ้างงาน การเติบโตของเมืองในอดีต และพัฒนาการของการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น CA เป็นแบบจำลองเชิงพื้นที่ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของกระบวนการต่างๆ ในพื้นที่แสดงในรูปแบบของข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ หรือในรูปแบบของแผนที่ แบบจำลองนี้สามารถแสดงออกมาในรูปของแผนภูมิลำดับของกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น ผลลัพธ์จากขั้นตอนหนึ่งนำมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ของขั้นตอนถัดไป เป็นแนวคิดในการถอดรหัสโครงสร้างเชิงพื้นที่เพื่อจำลองสถานการณ์ หลักการทำงานของ CA อาศัยการคำนวณความเปลี่ยนแปลงจากจุดภาพข้างเคียงโดยกำหนดเงื่อนไขไว้ล่วงหน้า ซึ่งจะมีการคำนวณซ้ำเป็นรอบๆ จนกว่าจะสามารถกำหนดตำแหน่งการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาได้ครบถ้วนตามเงื่อนไขที่ตั้งเอาไว้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตด้วยสมการ Markov ร่วมกับ CA

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิค Crosstabulation

Crosstabulation หรือเรียกสั้นๆ ว่า Crosstab เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป โดยแสดงผลในรูปแบบของตารางเมทริกซ์ (CreateSurvey, 2013) ใช้เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลและแสดงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในรูปแบบ

ของตาราง ซึ่งเหมาะสมในการสังเกตการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น การสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อติดตามการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งภาคตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอียิปต์ (Adel, 2007) โดย Adel ได้ทำการแปลภาพถ่ายดาวเทียม landsat7 ปี ค.ศ. 1987 เปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2001 โดยใช้ตารางเปรียบเทียบ (crosstab) เพื่อเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน 6 ประเภท โดยสามารถระบุขนาดพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ว่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลง

Geri *et al.* (2010) ได้เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณรอบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน โดยการเปรียบเทียบการใช้ที่ดินในอดีต (1954) เปรียบเทียบกับการใช้ที่ดินปี ค.ศ. 2000 หาความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่กึ่งเกษตรกรรม และพื้นที่อนุรักษ์ธรรมชาติ โดยใช้เครื่องมือ Crosstab ในโปรแกรม Idrisi (Eastman, 2003) ซึ่งเป็นโปรแกรม Remote Sensing ที่สามารถวิเคราะห์หาความเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ในการพัฒนา เช่น การพัฒนาอุตสาหกรรมเพื่อทดแทนการนำเข้า และอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออก เป็นต้น

แบบจำลองเกี่ยวกับภัยพิบัติ

แบบจำลองภัยพิบัติเป็นแบบจำลองสถานการณ์ความเสี่ยงในการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยอาศัยปัจจัยเชิงพื้นที่เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น ลักษณะดิน ปริมาณน้ำฝน ความลาดชัน ความสูงต่ำของภูมิประเทศ เป็นต้น การศึกษาครั้งนี้จะเน้นภัยพิบัติที่ส่งผลกระทบต่อรุนแรงและพบได้บ่อยในประเทศไทย 4 ประเภท ได้แก่ การสูญเสียดิน ภัยแล้ง ดินถล่ม และอุทกภัย โดยมีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

การสูญเสียดิน (Soil Erosion)

การกร่อนดินหรือการสูญเสียหน้าดิน หมายถึง กระบวนการแตกกระจาย (Detachment) และการพัดพา (Transportation) ดินโดยตัวการกัดกร่อนซึ่งได้แก่ น้ำและลม ในประเทศไทยการกร่อนดินด้วยน้ำเป็นตัวการที่สำคัญ การกร่อนดินแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การกร่อนดินโดยธรรมชาติ ซึ่งไม่สามารถป้องกันได้ มักใช้เวลานานและเกิดขึ้นอย่างช้าๆ แตกต่างกับการกร่อนดินที่มีตัวเร่ง โดยมีมนุษย์หรือสัตว์เลี้ยงเข้ามาเป็นตัวเร่ง มีการหักล้างทางพงเพื่อเพาะปลูกที่ไม่ถูกหลักวิชาการ หน้าดินขาดสิ่งปกคลุม ทำให้อัตราการกร่อนดินเพิ่มสูงขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

การหาปริมาณการกร่อนดินสามารถหาได้จากการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ร่วมกับสมการการสูญเสียดินสากล Universal Soil Loss Equation (USLE)

$$A = R K L S C P \quad (5)$$

เมื่อ

A = ปริมาณดินที่สูญเสียต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งได้จากการคำนวณโดยการคูณค่าปัจจัยต่างๆ 6 ปัจจัย ค่านี้เป็นการประเมินค่าเฉลี่ยรายปีของ Raindrop และ Sheet Erosion ไม่รวมการชะล้างพังทลายของช่องว่างระหว่างร่องรื้อ (Inter Rill) กับร่องรื้อ (Rill) หน่วย เป็นต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี

R = ค่าที่รวมปัจจัยน้ำฝนและการไหลบ่า (Rainfall and Runoff Erosivity Factor) ซึ่งเป็นค่าเฉพาะแห่ง ตามปกติค่า R นี้จะเป็นค่าแสดงควมหมายถึงค่าเฉลี่ยรายปีต่อหน่วยดัชนีการชะล้างพังทลาย (Erosion Index Unit) สมการหาค่าพลังงานจลน์เพื่อใช้ประเมินค่า R -factor นี้ มีผู้สร้างขึ้นมาหลายสมการมีทั้งจากค่า El_{30} และ $KE > 1$ สำหรับประเทศไทยได้ใช้สมการของกรมพัฒนาที่ดิน (2545) คือ

$$R = 0.4669X - 12.1415 \quad (r = 0.9482)$$

เมื่อ

R = เป็นค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (ตัน/เฮกแตร์/ปี)

X = เป็นค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตร/ปี)

K = ปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (Soil Erodibility Factor) เป็นอัตราการสูญเสียดินต่อหนึ่งหน่วยของดัชนีการชะล้างพังทลาย (Erosion Index) สำหรับดินชนิดใดชนิดหนึ่ง ในลักษณะของหน้าดินที่ทำเป็นร่องไถพรวนขึ้น-ลง ติดต่อกันยาว 72.6 ฟุต (22.13 เมตร) บนพื้นที่ความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์ ในประเทศไทยมีค่า K อยู่ระหว่าง 0.04 – 0.56 โดยกลุ่มชุดดินที่ 22, 23, 24, 41, 42 และ 43 ซึ่งมีเนื้อดินบนส่วนใหญ่เป็นดินทรายร่วน มีค่า K ต่ำสุด คือ อยู่ระหว่าง 0.04-0.08 และกลุ่มชุดดินที่ 33 ซึ่งมีเนื้อดินบนส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายแข็ง มีค่า K สูงสุด คือ อยู่ระหว่าง 0.37-0.56 ขณะที่หน่วยธรณีวิทยาพวกหินทราย มีค่า K ต่ำสุด อยู่ระหว่าง 0.04-0.08 และหน่วยธรณีวิทยาพวกหินดินดานและหินอัคนี มีค่า K ค่อนข้างสูง คือ อยู่ระหว่าง 0.24-0.30 ผลการประเมินค่า K ของกลุ่มชุดดินแสดงในตารางที่ 1 และค่า K ของหน่วยธรณีวิทยา แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่า K ของกลุ่มชุดดินจำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย

กลุ่มชุดดิน	ภาคใต้	ภาคเหนือ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคตะวันออก	ภาคกลาง/ตะวันตก
1-5	0.14	0.18	0.15	0.14	0.18
6-7	0.31	0.27	0.36	0.35	0.29
8	0.14	0.18	0.15	0.14	0.18
9	0.21	0.27	0.21	0.14	0.29
10-14	0.14	0.18	0.15	0.14	0.18
15	0.31	0.27	0.36	0.35	0.29
16	0.34	0.34	0.34	0.44	0.47
17-20	0.30	0.30	0.26	0.34	0.26
21	0.34	0.35	0.35	0.33	0.43
22	0.04	0.06	0.05	0.08	0.07
23	0.04	0.06	0.16	0.05	0.07
24	0.04	0.06	0.05	0.08	0.07
25	0.30	0.30	0.26	0.34	0.26
26	0.33	0.30	0.18	0.25	0.29
27	0.22	0.18	0.18	0.27	0.18
28	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
29-31	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
32	0.33	0.30	0.26	0.30	0.36
33	0.40	0.49	0.37	0.44	0.56
34	0.20	0.19	0.26	0.19	0.21
35-40	0.20	0.27	0.24	0.19	0.34
41	0.04	0.05	0.04	0.07	0.08
42	0.04	0.05	0.14	0.05	0.04
43	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04
44	0.07	0.05	0.04	0.05	0.08
45	0.33	0.30	0.18	0.30	0.30
46	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28

ตารางที่ 1 (ต่อ)

กลุ่มชุดดิน	ภาคใต้	ภาคเหนือ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคตะวันออก	ภาคกลาง/ตะวันออกเฉียงเหนือ
47	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
48-49	0.20	0.27	0.24	0.34	0.34
50	0.20	0.19	0.26	0.19	0.23
51	0.20	0.15	0.26	0.19	0.25
52	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
53	0.33	0.30	0.18	0.30	0.30
54-55	0.29	0.24	0.25	0.14	0.28
56	0.20	0.27	0.24	0.34	0.34
57-58	0.35	0.35	0.30	0.35	0.35
59	0.34	0.35	0.35	0.33	0.43
60	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
61	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

ตารางที่ 2 ค่า K ของหน่วยธรณีวิทยาจำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย ใช้เฉพาะชุดดินชุดที่ 62

หน่วยหิน	เนื้อดินบน ¹	ภาคใต้	ภาคเหนือ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคตะวันออก	ภาคกลาง/ตะวันออกเฉียงเหนือ
Qa	sil, sl, l, sicl	0.40	0.19	0.37	0.21	0.56
Qt	sl, scl, cl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
T, K	sl, scl, cl	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
J, P	c, cl	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
R ₋	cl	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
C	sl, scl, c (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
D	cl, c	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
S	sl, cl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20

ตารางที่ 2 (ต่อ)

หน่วยหิน	เนื้อดินบน ¹	ภาคใต้	ภาคเหนือ	ตะวันออก เฉียงเหนือ	ตะวันออก	กลาง/ ตะวันตก
O	sl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
E	cl, scl (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
PE, PE?	scl, cl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
JK	sl, ls, scl	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
R_J	scl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
P_R	sl, scl, sc	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
DC	scl, cl (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
CP	scl, sc, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
SD	scl, cl, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
EO, P3	cl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
P1-2, P2	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
P1	c, scl (g)	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
P2-3	c, (g)	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
CPk	scl, sc (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
C2-3	sl, scl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
C1-2, C2	sl, scl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
C1	cl, scl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
Kms	l, cl, c	0.33	0.33	0.29	0.30	0.28
Kkk	ls, sl	0.07	0.05	0.04	0.07	0.08
Kpp	sl, ls	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
Jsk	l, sl	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
Jpw	sl, ls, l	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
Jpk	l, cl, c	0.33	0.05	0.29	0.30	0.33
R_hl	l, cl, c	0.33	0.33	0.29	0.30	0.33
R_np	scl, cl (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
C1-2?	scl, sc (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
Cki	gcl, gc	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28

ตารางที่ 2 (ต่อ)

หน่วยหิน	เนื้อดินบน ¹	ภาคใต้	ภาคเหนือ	ตะวันออก เฉียงเหนือ	ตะวันออก	กลาง/ ตะวันตก
Cih	scl, sl, sc (g)	0.19	0.21	0.25	0.25	0.20
Ckk	glc, gc	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
Sd?	gscl, gcl	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
K?	l, cl, c	0.33	0.33	0.25	0.30	0.33
J?	sl, scl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
R_pd	sl, scl, sc	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
R_d	cl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
R_h	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
R_p	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
R_pt	sl, scl (g)	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
R_?	sl, ls	0.20	0.27	0.29	0.19	0.30
R_i	cl, scl, sc (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28
Bs	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
R_Jgr	scl, sl, cl	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
R_gr@P+Rgr	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
Cgr	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
u	c	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
KTgr@Kgr	scl, cl, c	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
Mzv	scl, l, c (g)	0.19	0.21	0.24	0.25	0.20
PR_v	c (g)	0.11	0.15	0.13	0.12	0.14
CPv	cl, c (g)	0.29	0.24	0.25	0.30	0.28

หมายเหตุ: ¹ เนื้อดินบน c = clay; cl = clay loam; l = loam; (g) = gravelly; ls = loamy sand;

scl = sand clay loam; sil = silt loam; sicl = silty clay loam; sl = sandy loam

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

L = ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเอียง (Slope Length Factor) ความยาวความลาดเท
คำนวณจากองศาความลาดเทที่ได้มาจากแบบจำลองสภาพภูมิประเทศ (Digital Elevation Model,
DEM) ซึ่งสร้างขึ้นจากเส้นชั้นความสูง (Renard *et al.*, 1997) ดังสมการ

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad (6)$$

เมื่อ

L = ปัจจัยความยาวของความลาดเท

λ = ความยาวความลาดเท (เมตร)

m = ค่ายกกำลังของความยาวความลาดชันที่เกี่ยวข้องกับสัดส่วนของ β ของการกัดกร่อน
แบบริ้ว (Rill Erosion) เทียบกับการชะล้างโดยเม็ดฝน (Interrill Erosion) จากสมการ

$$m = \beta / (1 + \beta)$$

โดยค่าของ β หาได้จากสมการ

$$\beta = (\sin \theta / 0.0896) / [3.0 (\sin \theta)^{0.8} + 0.56]$$

เมื่อ θ = องศาความลาด

$$\lambda = \frac{\text{cell size}}{\cos \theta} \quad (7)$$

เมื่อ

λ = ความยาวความลาดเท (เมตร)

cell size = ขนาดด้านกริดของแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ

θ = องศาความลาด

S = ค่าปัจจัยความลาดชัน (Slope Steepness Factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากความลาดเทระดับใดระดับหนึ่งต่อความลาดเทมาตรฐาน โดยสามารถคำนวณค่าได้จากสมการของ McCool *et al.* (1987) เพอร์เซ็นต์ความลาดเทที่ได้มาจากแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ (DEM) (Renard, 1997) ดังสมการ

$$S = 10.8 \sin \theta + 0.03 \quad S < 9\%$$

$$S = 16.8 \sin \theta - 0.50 \quad S \geq 9\%$$

เมื่อ

S = ปัจจัยความลาดเท

θ = องศาความลาดเท

C = ค่าปัจจัยพืชและการจัดการ (Crop Management Factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินระหว่างพื้นที่ที่มีพืชชนิดใดชนิดหนึ่งปกคลุมอยู่ กับบริเวณไถพรวนที่ปราศจากพืชคลุมดิน โดยปกติแล้วค่านี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้ที่ดิน ซึ่งสามารถอ้างอิงค่าจากรายงานการวิจัยต่างๆ ที่ได้ศึกษาไว้แล้ว

P = ค่าปัจจัยมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Conservation Practice Factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากพื้นที่ที่มีวิธีการอนุรักษ์ดินแบบต่างๆ โดยปกติแล้วจะมีค่าขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้ที่ดิน ซึ่งสามารถอ้างอิงจากรายงาน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่า C และ P ประเมินตามกลุ่มพืชและการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ตามภูมิภาค

กลุ่มการใช้ ประโยชน์ที่ดิน	กลางต่อ ตะวันตก		ภาคเหนือ		ตอ.เฉียงเหนือ		ตะวันออก		ภาคใต้	
	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P
นาข้าว	0.28	0.1	0.28	0.1	0.28	0.1	0.28	0.1	0.28	0.1
พืชไร่	0.485	1.0	0.474	1.0	0.525	1.0	0.485	1.0	0.322	1.0
ไม้ยืนต้น	0.15	1.0	0.15	1.0	0.15	1.0	0.15	1.0	0.16	1.0
ไม้ผล	0.30	1.0	0.3	1.0	0.3	1.0	0.3	1.0	0.3	1.0
พืชสวน	0.60	1.0	0.6	1.0	0.6	1.0	0.6	1.0	0.6	1.0
ไร่มวนเวียน	0.25	1.0	0.25	1.0	0.25	1.0	0.25	1.0	0.25	1.0
ทุ่งหญ้า	0.10	1.0	0.1	1.0	0.1	1.0	0.1	1.0	0.1	1.0
เกษตรผสมผสาน	0.225	1.0	0.225	1.0	0.225	1.0	0.225	1.0	0.225	1.0
ป่าไม่ผลัดใบ	0.003	1.0	0.003	1.0	0.003	1.0	0.001	1.0	0.001	1.0
ป่าผลัดใบ	0.048	1.0	0.048	1.0	0.048	1.0	0.048	1.0	0.048	1.0
สวนป่า	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0
วนเกษตร	0.088	1.0	0.008	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0
ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	0.015	1.0	0.015	1.0	0.015	1.0	0.015	1.0	0.015	1.0

ที่มา: พิพัฒน์ ไทยกล้า (2547)

ภัยแล้ง

ภัยแล้งหรือช่วงฝนแล้ง คือ ช่วงเวลาซึ่งอากาศแห้งผิดปกติหรือขาดฝน ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำใช้และพืชผลต่างๆ เสียหาย ความรุนแรงของช่วงฝนแล้งนั้นขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศ ระยะเวลาที่เกิดความแห้งแล้ง และครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่บริเวณที่มีความแห้งแล้ง มีการศึกษาแบบจำลองภัยแล้งร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เมื่อกับบิโพลาร์ ในประเทศอินเดียโดยศึกษาปัจจัยด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับภัยแล้งจำนวน 17 ปัจจัย เช่น ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า สมบัติดิน ลักษณะภูมิประเทศ อุณหภูมิ อัตราการระเหย ความชื้นสัมพัทธ์ การคายน้ำ ความเร็วลม ข้อมูลประชากร ชนิดพืชที่ปลูก และข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น (Shiva, 2006) สำหรับ

ประเทศไทยนั้นสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้ประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในเขตลุ่มน้ำภาคเหนือส่วนอื่นๆ (ลุ่มน้ำชายแดน) โดยการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศกับหลักการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ (Potential Surface Analysis) และวิธีการซ้อนทับข้อมูล (Overlay Analysis) โดยการกำหนดปัจจัยไว้ 9 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายปี จำนวนวันที่ฝนตก เขตชลประทานและแหล่งน้ำ แหล่งน้ำใต้ดิน พืชปกคลุมดิน เนื้อดิน(สภาพการระบายน้ำ) ความลาดชัน ความหนาแน่นของลำน้ำในลุ่มน้ำย่อย และขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550) ในส่วนของประเทศอินโดนีเซียศึกษาภัยแล้งทางต้นน้ำของลุ่มน้ำ Brantas โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับ GIS โดยใช้ค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI) ในช่วงฤดูแล้ง และช่วงฤดูฝนมาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล (Image Processing) ร่วมกับปัจจัยทางด้าน GIS 5 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณฝน เขตชลประทาน สภาพการเก็บกักน้ำใต้ดิน การระบายน้ำของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยนำปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัย มาวิเคราะห์หาค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าคะแนน (Shofiyati, 2011) ดังแสดงในตารางที่ 4

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang Ning and Yuan (2011) ที่ศึกษาเกี่ยวกับดัชนีเสี่ยงภัยแล้ง ทางด้านตะวันตกและทางเหนือของมณฑลเหลียวหนิง ประเทศจีน ได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภัยแล้งจากเมือง 18 เมือง เพื่อหาค่าสหสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย พบว่าปัจจัยน้ำฝนมีอิทธิพลมากที่สุดที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อภัยแล้ง นอกจากนั้นคือ ปัจจัยดินที่มีผลต่อการเก็บกักน้ำและปัจจัยเกี่ยวกับพืชและปัจจัยลักษณะภูมิประเทศ มีการศึกษาพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและภัยแล้ง (Flood and Drought Risk Mapping in GHANA) ที่ใช้ปัจจัยภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ร่วมกับปัจจัยทางกายภาพ เช่น เนื้อดิน ความลาดชัน และการใช้ที่ดิน เป็นต้น โดยการหาค่าถ่วงน้ำหนักตามความสำคัญของปัจจัยที่แตกต่างกัน (EPA, 2012)

ตารางที่ 4 ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) และค่าคะแนน (Score) ของปัจจัยทางด้านระบบ GIS
ที่ใช้ในการประเมินพื้นที่ภัยแล้ง

ตัวแปร	การจำแนก	ค่าถ่วงน้ำหนัก	ค่าคะแนน
รูปแบบของฝน	C	0.30	1.00
	F		0.85
	G		0.65
	H		0.50
	I		0.40
	J		0.30
	L		0.15
	M		0.00
ระบบชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	0.25	1.00
	ในเขตชลประทาน		0.00
น้ำใต้ดิน	ปริมาณเก็บกักน้อย	0.20	1.00
	ปริมาณเก็บกักปานกลาง		0.50
	ปริมาณเก็บกักสูง		0.00
การระบายน้ำของดิน	การระบายน้ำสูงมาก	0.15	1.00
	การระบายน้ำสูง		0.85
	การระบายน้ำดี		0.65
	การระบายน้ำปานกลาง		0.50
	การระบายน้ำไม่ดี		0.35
	การระบายน้ำไม่ดีมาก		0.15
	การระบายน้ำไม่ดีมากที่สุด		0.00
การใช้ที่ดิน	หมู่บ้าน/เขตเมือง	0.10	1.00
	ทุ่งนา		0.75
	พืชไร่/พืชสวน		0.50
	ป่าไม้พลัดใบ		0.25
	ป่าไม้		0.00

ที่มา: Shofiyati (2011)

ดินถล่ม

การเคลื่อนที่ของแผ่นดิน และกระบวนการซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของดินหรือหินตามบริเวณพื้นที่ลาดชันที่เป็นภูเขาหรือเนินเขา เนื่องจากแรงดึงดูดของโลก อาจเลื่อนหลุดออกมาเป็นกะบิหรือพังทลายลงมาก็ได้ สิ่งที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดแผ่นดินถล่ม มีทั้งที่เป็นธรรมชาติและที่มนุษย์กระทำขึ้น เช่น น้ำที่สะสมอยู่ในดินเนื่องจากฝนตกหนัก น้ำพุ และหิมะที่ละลาย การเกิดแผ่นดินไหว การตัดไม้ทำลายป่า การขุดตัดพื้นที่ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2549) ได้มีการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศร่วมกับหลักการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ (Potential Surface Analysis) เพื่อวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงการเกิดแผ่นดินถล่มและทำการจำแนกชั้นความเสี่ยงโดยใช้วิธีการทางสถิติ โดยการกำหนดปัจจัยที่อ้างอิงจากเอกสารงานวิจัยของสำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งกำหนดไว้ทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายวัน ความลาดชัน ข้อมูลทางธรณีวิทยา (แหล่งน้ำใต้ดิน) พืชปกคลุมดิน และเนื้อดิน (สภาพการระบายน้ำ) (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550) ดังแสดงในตารางที่ 5 การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มดังสมการ

$$S = (R_1 W_1) + (R_2 W_2) + (R_3 W_3) + (R_4 W_4) + (R_5 W_5) \quad (8)$$

เมื่อ

S = ศักยภาพ หรือความเสี่ยงของพื้นที่

R_1 = ค่าคะแนนของปัจจัยปริมาณน้ำฝนรายวัน

W_1 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยปริมาณน้ำฝนรายวัน

R_2 = ค่าคะแนนของปัจจัยความลาดชัน

W_2 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยความลาดชัน

R_3 = ค่าคะแนนของปัจจัยข้อมูลทางธรณีวิทยา (แหล่งน้ำใต้ดิน)

W_3 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยข้อมูลทางธรณีวิทยา (แหล่งน้ำใต้ดิน)

R_4 = ค่าคะแนนของปัจจัยพืชปกคลุมดิน

W_4 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยพืชปกคลุมดิน

R_5 = ค่าคะแนนของปัจจัยเนื้อดิน (สภาพการระบายน้ำ)

W_5 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยเนื้อดิน (สภาพการระบายน้ำ)

ตารางที่ 5 ตัวแปรและแนวทางการถ่วงน้ำหนักของประเภทข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินถล่ม ในเขตลุ่มน้ำภาคเหนือส่วนอื่นๆ (ลุ่มน้ำชายแดน)

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	น้ำหนักถ่วงตัวแปร	ประเภทข้อมูล	ระดับถ่วงน้ำหนักประเภทข้อมูล
1. ปริมาณน้ำฝน	5	> 110	4
รายวัน ราย 2		101-110	3
วัน และราย 3		91-100	2
วัน		0-90	1
2. ความลาดชัน	4	30%	4
		16-30%	3
		6-15%	2
		0-5%	1
3. ข้อมูลทางธรณีวิทยา	3	หินแกรนิต/หินอัคนีเนื้อหยาบ	4
		หินแปรของหินอัคนี/หินชั้น	3
		หินชั้น/หินอัคนีเนื้อละเอียด	2
		ตะกอนน้ำพัดพา	1
4. พืชปกคลุมดิน	2	พืชไร่	4
		พืชสวนและไม้ยืนต้น	3
		ป่าไม้ (บนเขา)	2
		ข้าว	1
5. เนื้อดิน	1	การระบายน้ำดี	4
		การระบายน้ำปานกลาง	3
		การระบายน้ำเลว	2
		การระบายน้ำเลวมาก	1
6. ข้อมูลประกอบ		แผนที่ขอบเขตการปกครอง(ตำบล)	
		เส้นทางน (คมนาคม)	
		แผนที่แสดงเส้นขอบเขตลุ่มน้ำ	
		ประวัติข้อมูลในอดีต	
		เส้นทางน้ำ	

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2550)

Dieu Tien Bui *et al.* ได้ศึกษาการทำนายการเกิดดินถล่มในจังหวัดฮองบิ่ ประเทศเวียดนาม โดยใช้แบบจำลอง Evidential Belief Functions and Fuzzy Model ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวแปร 9 ตัว ได้แก่ ความลาดชัน แนวลาดเท ระดับความสูง ชั้นหิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดดิน ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากลำน้ำและระยะห่างจากรอยเลื่อน เป็นตัวแปรในการสร้างแบบจำลองพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม (ตารางที่ 6) ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองสามารถประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มได้ดี ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวสามารถที่จะนำไปใช้ในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อไป (Dieu, 2012)

Gritzner *et al.* ประเมินศักยภาพในการเกิดดินถล่มด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยอาศัยปัจจัยภูมิประเทศ เช่น ความลาดชัน และระดับความสูง วิเคราะห์ร่วมกับการสร้างดัชนีความชื้น (Wetness Index) ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกต้องเท่าที่ควร เนื่องจากข้อมูลมีความละเอียด และมาตรฐานที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูล ควรจะกำหนดมาตรฐานที่เหมาะสม และเลือกปัจจัยที่มีความละเอียดของข้อมูลใกล้เคียงกันมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกัน แต่ปัญหาดังกล่าวไม่ได้เกิดจากสมการที่ใช้ในการคำนวณในแบบจำลองดังกล่าว (Lineback, 2001)

Feizizadeh and Blaschke (2013) ได้ศึกษาพื้นที่ดินถล่มบริเวณลุ่มน้ำเออเมียเลค ประเทศอิหร่าน เลือกใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์แบบหลายปัจจัย (GIS Multi-criteria Analysis) โดยใช้ปัจจัย ชั้นหิน ปริมาณน้ำฝน การใช้ที่ดิน ความลาดชัน ระยะห่างจากรอยเลื่อน ระยะห่างจากลำน้ำ ระยะห่างจากถนน ทิศทางแนวลาดเทและระดับความสูง รวม 9 ปัจจัย ให้ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยด้วยเทคนิค AHP พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ปัจจัยหน่วยหินทางธรณีวิทยา มีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 0.210 รองลงมาได้แก่ ปริมาณน้ำฝน (0.172) การใช้ที่ดิน (0.160) ความลาดชัน (0.141) ระยะห่างจากแนวรอยเลื่อน (0.124) ระยะห่างจากเส้นทางน้ำ (0.112) ระยะห่างจากถนน (0.036) ทิศทางแนวลาดเท (0.025) และปัจจัยความสูงมีค่าถ่วงน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 0.020

ตารางที่ 6 ปัจจัยและเกณฑ์ของปัจจัยในแบบจำลองดินถล่ม

ลำดับที่	ปัจจัย (หน่วยวัด)	เกณฑ์
1	ความลาดชัน (องศา)	0-10
		10-20
		20-30
		30-40
		40-50
		>50
2	ทิศทางความลาดเท (องศา)	Flat (-1)
		North (0-22.5; 337.5-360)
		Northeast (22.5-67.5)
		East (67.5-112.5)
		Southeast (112.5-157.5)
		South (157.5-202.5)
		Southwest (202.5-247.5)
		West (247.5-292.5)
3	ความสูง (เมตร)	Northwest (292.5-337.5)
		0-50
		50-100
		100-150
		150-200
		200-250
		250-532
4	หน่วยหิน (กลุ่ม)	Group1 (ตะกอนควอเตอนารี)
		Group2 (ตะกอนอลูมินัมซิลิเกตและหินควอร์ต)
		Group3 (หินตะกอนคาร์บอเนต)
		Group4 (หินเมฟิก-อูลตราเมฟิก)
		Group5 (หินกรด-เม็กเนตริก)
		Group6 (หินแปรที่มีอลูมินัมซิลิเกตมาก)
		Group7 (หินแปรที่มีควอร์ตเป็นส่วนประกอบมาก)

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ลำดับที่	ปัจจัย (หน่วยวัด)	เกณฑ์
5	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	Populated Area Orchard Land Paddy Land Protective Forest Land Natural Forest Land Productive Forest Land Water Annual Crop land Non Forest Rocky Mountain Barren Land Specially Used Forest Land Grass Land
6	ชนิดดิน	Eutric Fluvisols Degraded soil Limestone Mountain Ferralic Acrisols Rhodic Ferralsols Humic Acrisols Dystric Fluvisols Dystric Gleysols Luvisols Humic Ferralsols Populated Area Water Gley Fluvisols

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ลำดับที่	ปัจจัย (หน่วยวัด)	เกณฑ์
7	ระยะห่างจากถนน (เมตร)	0-40
		40-80
		80-120
		>120
8	ระยะห่างจากแหล่งน้ำ (เมตร)	0-40
		40-80
		80-120
		>120
9	ระยะห่างจากรอยเลื่อน(เมตร)	0-200
		200-400
		400-700
		700-1000
		>1000

ที่มา: Dieu (2012)

อุทกภัย

อุทกภัย คือ อันตรายเป็นเหตุเกิดจากน้ำท่วม (ราชบัณฑิตยสถาน, 2549) โดยเกิดน้ำท่วมพื้นที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งเป็นครั้งคราว เนื่องจากมีฝนตกหนักหรือหิมะละลาย ทำให้น้ำในลำน้ำหรือทะเลสาบไหลล้นตลิ่งหรือบ่าลงมาจากที่สูง ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้มีการสร้างแบบจำลองอุทกภัยหรือแบบจำลองในการจัดการน้ำ เช่น

Chen (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือหลักในการสร้างแบบจำลองพื้นที่น้ำท่วมในเขตเมืองประกอบด้วย แบบจำลองพายุและการไหลของน้ำร่วมกับแบบจำลองอุทกภัย โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองพายุฯ จะถูกนำเข้าในแบบจำลองอุทกภัยเพื่อทำนายทิศทางและตำแหน่งที่จะเกิดน้ำท่วมซึ่ง นอกจากนั้น Fernandez and Lutz (2010) ได้ศึกษาแบบจำลองพื้นที่เมืองที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมโดยใช้การวิเคราะห์แบบหลายปัจจัย โดยมี 5 ปัจจัย ได้แก่ ระยะห่างจากลำน้ำ ความสูง ความลาดชัน ระดับความลึกของน้ำใต้ดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน คำนวณค่าน้ำหนักทั้ง 5 ปัจจัยด้วยเทคนิค Weighted Linear Combinations ดัง

แสดงในตารางที่ 7 ส่วนสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้ประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยในเขตลุ่มน้ำภาคเหนือส่วนอื่นๆ (ลุ่มน้ำชายแดน) โดยการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศกับหลักการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ (Potential Surface Analysis) และวิธีการซ้อนทับข้อมูล (Overlay Analysis) โดยกำหนดปัจจัยไว้ 9 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายวัน ความลาดชัน ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความหนาแน่นของลำน้ำในลุ่มน้ำย่อย สิ่งกีดขวางของแต่ละลุ่มน้ำย่อย (เส้นทางคมนาคม) ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย พืชปกคลุมดิน เนื้อดิน (สภาพการระบายน้ำ) พื้นที่รองรับน้ำ เขื่อน อ่างเก็บน้ำ ฝาย (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550) ดังสมการ

ตารางที่ 7 ตัวแปร 5 ตัวแปรและแนวทางการถ่วงน้ำหนักของประเภทข้อมูล (Parameter & Weighting System) ในแบบจำลองการเกิดอุทกภัย

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	ค่าถ่วงน้ำหนักตัวแปร	ประเภทข้อมูล	ระดับถ่วงน้ำหนักประเภทข้อมูล
1. ระยะห่างจากทางน้ำ	0.413	1.1 > 1,000 m	0.513
		1.2 500-1,000 m	0.283
		1.3 100-500 m	0.154
		1.4 <100 m	0.050
2. ระดับความสูง	0.206	2.1 >550 m	0.508
		2.2 500 – 550 m	0.279
		2.3 450-500 m	0.164
		2.4 < 450 m	0.047
3. ความลาดชัน	0.206	3.1 > 8 %	0.499
		3.2 5-8 %	0.295
		3.3 2-5 %	0.156
		3.4 < 2%	0.049
4. ความลึกของระดับน้ำใต้ดิน	0.109	4.1 > 10 m	0.513
		4.2 6–10 m	0.283
		4.3 3-6 m	0.154
		4.4 < 3 m	0.050

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ตัวแปรที่ใช้ใน การศึกษา	ค่าถ่วงน้ำหนัก ตัวแปร	ประเภทข้อมูล	ระดับถ่วงน้ำหนัก ประเภทข้อมูล
5. ประเภทของ สิ่งปกคลุม	0.065	5.1 ที่โล่ง	
		5.2 ที่พักอาศัย (ที่ดินมากกว่า 450 ตร.ม.)	0.517
		5.3 ที่พักอาศัย (ที่ดินน้อยกว่า 450 ตร.ม.)	0.244
		5.4 เขตพื้นที่อุตสาหกรรม	0.154
		5.5 เขตพื้นที่เศรษฐกิจและ การค้า	0.051
			0.035

ที่มา: Fernandez and Lutz (2010)

$$S = (R_1 W_1) + (R_2 W_2) + (R_3 W_3) + (R_4 W_4) + (R_5 W_5) + (R_6 W_6) + (R_7 W_7) + (R_8 W_8) + (R_9 W_9) \quad (9)$$

เมื่อ

 S = ศักยภาพ หรือความเสี่ยงของพื้นที่ R_1 = ค่าคะแนนของปัจจัยปริมาณน้ำฝนรายวัน W_1 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยปริมาณน้ำฝนรายวัน R_2 = ค่าคะแนนของปัจจัยความลาดชัน W_2 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยความลาดชัน R_3 = ค่าคะแนนของปัจจัยความสูงจากระดับน้ำทะเล W_3 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยความสูงจากระดับน้ำทะเล R_4 = ค่าคะแนนของปัจจัยความหนาแน่นของลำน้ำในกลุ่มน้ำย่อย W_4 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยความหนาแน่นของลำน้ำในกลุ่มน้ำย่อย R_5 = ค่าคะแนนของปัจจัยสิ่งกีดขวางของแต่ละกลุ่มน้ำย่อย (เส้นทาง คมนาคม) W_5 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยสิ่งกีดขวางของแต่ละกลุ่มน้ำย่อย (เส้นทางคมนาคม) R_6 = ค่าคะแนนของปัจจัยขนาดพื้นที่กลุ่มน้ำย่อย

W_6 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย

R_7 = ค่าคะแนนของปัจจัยพืชปกคลุมดิน

W_7 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยพืชปกคลุมดิน

R_8 = ค่าคะแนนของปัจจัยเนื้อดิน (สภาพการระบายน้ำ)

W_8 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยเนื้อดิน (สภาพการระบายน้ำ)

R_9 = ค่าคะแนนของปัจจัยพื้นที่รองรับน้ำ (เขื่อน, อ่างเก็บน้ำ, ฝาย)

W_9 = ค่าน้ำหนักของปัจจัยพื้นที่รองรับน้ำ (เขื่อน, อ่างเก็บน้ำ, ฝาย)

การวิเคราะห์ตามลำดับชั้น

การวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchical Process; AHP) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการ “วัดค่าระดับ” การตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ผลการตัดสินใจที่ถูกต้องตรงกับเป้าหมายของการตัดสินใจได้มากที่สุด มีการนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจต่างๆ มากมาย เช่น การตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินงานทางธุรกิจ การสั่งซื้อวัตถุดิบ การเลือกสถานที่ในการประกอบการ เป็นต้น (Saaty, 2008)

จุดเด่นของการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นมีหลักการคือ แบ่งโครงสร้างของปัญหาออกเป็นขั้นๆ ขั้นแรก คือ การกำหนดเป้าหมาย (Goal) แล้วจึงกำหนดเกณฑ์ (Criteria) เกณฑ์ย่อย (Sub Criteria) และทางเลือก (Alternatives) ตามลำดับ หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์หาทางเลือกที่ดีที่สุด โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบ (Trade Off) เกณฑ์ในการคัดเลือกทางเลือกทีละคู่ (Pairwise) เพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจ ว่าเกณฑ์ไหนสำคัญกว่ากัน โดยการให้คะแนนตามความสำคัญหรือความชอบ หลังจากจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์แล้วจึงค่อยพิจารณาวิเคราะห์ทางเลือกทีละคู่ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในแต่ละเกณฑ์จนครบทุกเกณฑ์ ถ้าการให้คะแนนความสำคัญหรือความชอบนั้นสมเหตุสมผล (Consistency) จะสามารถจัดลำดับทางเลือกเพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุดได้ การวิเคราะห์ตามลำดับชั้นมีสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา 3 ประการ คือ การจัดลำดับชั้นในการวิเคราะห์ การหาลำดับความสำคัญ (Priority) และการวิเคราะห์ความสมเหตุสมผลของข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (วรารุณ วุฒิวิณิชย์, 2546)

การจัดลำดับชั้นในการวิเคราะห์ (Structuring the Hierachy)

ในการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกหรือทางเลือกที่ดีที่สุด จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นลำดับชั้นดังนี้คือ เป้าหมาย (Goal) เกณฑ์ (Criteria) เกณฑ์ย่อย (Sub Criteria) และทางเลือก (Alternatives) โดยในแต่ละชั้นอาจมีหลายเกณฑ์ และในแต่ละเกณฑ์อาจมีหลายเกณฑ์ย่อยได้

การคำนวณหาลำดับความสำคัญ (Calculation of Relative Priority)

ในแต่ละชั้นผู้บริหารหรือผู้เชี่ยวชาญหรือผู้เกี่ยวข้องจะเป็นผู้ให้คะแนนความสำคัญหรือความชอบโดยการเปรียบเทียบ (เกณฑ์หรือทางเลือก) ทีละคู่ (Pairwise Comparison) เริ่มจากชั้นบนลงสู่ชั้นล่าง โดยแบ่งระดับความสำคัญหรือความชอบ (AHP Measurement Scale) ออกเป็น 9 ระดับ หลังจากที่เราทราบความเห็นที่ผู้บริหารหรือผู้เชี่ยวชาญหรือผู้เกี่ยวข้องในรูปของคะแนนความสำคัญหรือความชอบจากการเปรียบเทียบทีละคู่ในชั้นนั้นแล้ว จะทำการคำนวณน้ำหนักความสำคัญ (Weight) หรือลำดับความสำคัญสัมพัทธ์ (Relative Priority) ในชั้นนั้น ทำการวิเคราะห์ในทำนองเดียวกันทีละชั้นจากชั้นบนลงสู่ชั้นล่างจนครบทุกชั้น จะทราบคะแนนความสำคัญรวมของทางเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้ สเกลในการเปรียบเทียบความสำคัญหรือความชอบของสองสิ่ง (Pairwise Comparison Scale) ดังนี้

เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ
เท่ากัน (Equally Preferred)	1
เท่ากันถึงปานกลาง (Equally to Moderately)	2
ปานกลาง (Moderately Preferred)	3
ปานกลางถึงค่อนข้างมาก (Moderately to Strongly)	4
ค่อนข้างมาก (Strongly Preferred)	5
ค่อนข้างมากถึง มากกว่า (Strongly to Very Strongly)	6
มากกว่า (Very Strongly Preferred)	7
มากกว่าถึงมากที่สุด (Very Strongly to Extremely)	8
มากที่สุด (Extremely Preferred)	9

การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล (Consistency)

ความเห็นผู้บริหารหรือผู้เชี่ยวชาญหรือผู้เกี่ยวข้องในรูปของคะแนนความสำคัญ ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบทีละคู่ บางครั้งอาจไม่สมเหตุสมผลหรือมีข้อผิดพลาด (Error) ในการแสดงความเห็นความไม่สมเหตุสมผลหรือข้อผิดพลาดเป็นสิ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบทีละคู่ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล โดยการคำนวณดัชนีความสมเหตุสมผลของข้อมูล (Consistency Ratio, CR) ถ้า $CR > 0.1$ แสดงว่าข้อมูลคะแนนความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบไม่สมเหตุสมผล จะต้องปรับคะแนนความสำคัญในการเปรียบเทียบของเป็นคู่ใหม่ก่อนที่จะวิเคราะห์ในลำดับขั้นถัดไป

การวิเคราะห์การตัดสินใจด้วย AHP มี 8 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) กำหนดทางเลือก ในแต่ละปัญหาจะมีทางเลือกในการแก้ไขที่หลากหลาย ในขั้นตอนนี้ให้กำหนดทางเลือกต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด
- 2) ระบุระดับของเกณฑ์ต่ำสุด (Threshold Level) ที่ต้องการของแต่ละทางเลือก
- 3) คัดเลือกทางเลือกเบื้องต้นจากทางเลือกที่กำหนดในขั้นที่ 1 โดยตรวจสอบกับเกณฑ์ต่ำสุด ถ้าทางเลือกใดต่ำกว่าเกณฑ์ ให้คัดออก
- 4) ระบุเกณฑ์ (Criteria) หรือเกณฑ์ย่อย (Subcriteria) เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดจากทางเลือกในข้อ 3
- 5) สร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ (Develop Decision Hierarchy) จากทางเลือกและเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยอย่างน้อยจะมี 3 ลำดับชั้น คือ เป้าหมาย (Goal), เกณฑ์ (Criteria) และทางเลือก (Alternatives)
- 6) เปรียบเทียบเกณฑ์ทีละคู่ แล้วจึงเปรียบเทียบทางเลือกทีละคู่ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทีละเกณฑ์ จนครบทุกเกณฑ์

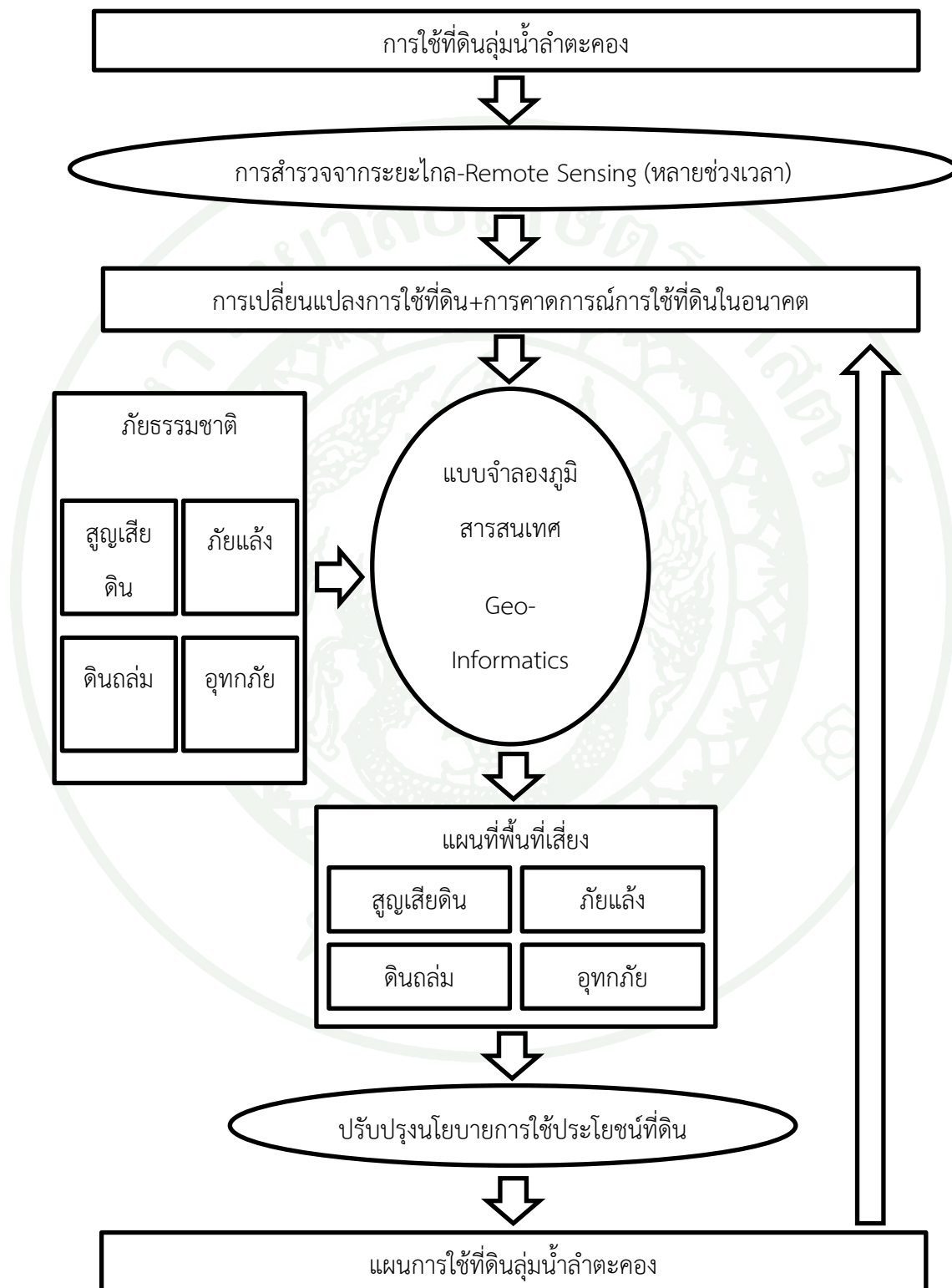
7) คำนวณลำดับความสำคัญของทางเลือก โดยการนำค่าน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละทางเลือกในแต่ละเกณฑ์ คูณกับค่าน้ำหนักของเกณฑ์ แล้วหาผลรวม ถ้าเรียงลำดับผลลัพธ์ของแต่ละทางเลือกตามคะแนนจากมากไปน้อย ทางเลือกที่มีคะแนนมากที่สุดจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

8) วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกทางเลือกจากข้อ (7) จำเป็นต้องวิเคราะห์ความอ่อนไหวอันเกิดจากความไม่แน่นอนของข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจ ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักหรือความสำคัญของเกณฑ์แล้ว ทางเลือกที่ดีที่สุดจะยังคงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดหรือไม่ ถ้าเป็นจะทำให้เกิดความมั่นใจที่เลือกทางเลือกนั้น

การรวมข้อมูล AHP ด้วยเทคนิค Row Geometric Mean Method (RGMM)

RGMM เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูล AHP โดยมีผู้ให้ข้อมูลหลายคน (กลุ่ม) นำค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากผู้ให้ข้อมูลแต่ละคนมาคำนวณหาค่าถ่วงน้ำหนักรวม Weighted Geometric Mean ด้วยวิธี Aggregation of Individual Judgements (AIJ) หรือวิธี Aggregation of Individual Priorities (AIP) ค่าถ่วงน้ำหนักรวมตรวจสอบความถูกต้องได้จากค่า Geometric Consistency Index (GCI) ถ้าจำนวนปัจจัย n เท่ากับ 3 ค่า GCI ควรมีค่าน้อยกว่า 0.31 ถ้าค่า n เท่ากับ 4 ค่า GCI ควรมีค่าน้อยกว่า 0.35 และถ้าค่า n มากกว่า 4 ค่า GCI ควรมีค่าน้อยกว่า 0.37 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ (Escobar, 2004)

กรอบแนวคิดในการศึกษา



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการศึกษา

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประกอบด้วย 3 หัวข้อหลัก ได้แก่ 1) วัสดุและอุปกรณ์ 2) การเก็บรวบรวมข้อมูลและ 3) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจำแนกการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov การหาพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ 4 ชนิด ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงการสูญเสียดิน พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม และพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยร่วมกับการใช้ค่าน้ำหนักปัจจัยด้วยเทคนิค AHP แบบกลุ่ม (ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน) ผลที่ได้นำมาเปรียบเทียบแนวโน้มและความรุนแรงของภัยธรรมชาติในแต่ละปี นำพื้นที่เสี่ยงภัยทั้งหมด ในปี พ.ศ. 2567 มากำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติสูงสุด แล้ววิเคราะห์เพื่อกำหนดนโยบายในการจัดการการใช้ที่ดินที่ลดความรุนแรงและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในปีดังกล่าว นโยบายที่กำหนดขึ้นใหม่นำมาใช้สร้างแบบจำลองการคาดการณ์การใช้ที่ดินใหม่ที่มีการปรับปรุงความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินแต่ละประเภท เพื่อการวางแผนการใช้ที่ดินที่เหมาะสมด้วยแบบจำลอง CA ในลำดับต่อไป รายละเอียดของวิธีการวิจัยมีดังต่อไปนี้

วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการนำเข้าข้อมูล ปรับปรุงข้อมูล รวบรวมข้อมูล สืบหาข้อมูลในสนาม และวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งข้อมูลแผนที่ทางด้านกายภาพที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ และเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา (ใช้ในการสำรวจภาคสนาม)
- 2) โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS เวอร์ชัน 10 ลิขสิทธิ์ของภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3) โปรแกรม Remote Sensing ได้แก่ โปรแกรม Erdas เวอร์ชัน 9.0 ลิขสิทธิ์ของ
ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และโปรแกรม Idrisi เวอร์ชัน
Selva

4) ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat รายละเอียดภาพ 30 เมตร (Multispectral) 3 ช่วงเวลา
ได้แก่ ปี พ.ศ. 2534, 2545 และ 2556 เพื่อการจำแนกการใช้ที่ดิน

5) แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร ชุด L7018 มาตราส่วน 1: 50,000 ใช้ในการ
กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา และใช้ประกอบในการจำแนกการใช้ที่ดิน

6) ข้อมูลความสูงเชิงเลข DEM จากกรมแผนที่ทหาร ความละเอียดทางตั้ง 1 เมตร
เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความลาดชัน และความสูงของพื้นที่

7) ข้อมูลชุดดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน แสดงชุดดินทั้ง 62 ชุดดินของประเทศไทย เพื่อ
จำแนกค่าความคงทนต่อการชะล้างพังทลาย และคุณสมบัติการระบายน้ำของดิน

8) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น จากกรม
อุตุนิยมวิทยาและกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

9) เครื่องสำรวจพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS) เพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูลภาคสนามกับ
ข้อมูลที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

10) กล้องถ่ายรูป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลทุติยภูมิ ประกอบด้วย ข้อมูลแผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศ
ภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น เก็บรวบรวมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เป็นแผนที่เชิงเลขทั้งในรูปแบบ
Vector และ Raster โดยจัดเก็บในแผ่นซีดีรอม ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลความสูงพื้นที่
เชิงเลข เป็นต้น

ข้อมูลปฐมภูมิ เก็บรวบรวมข้อมูลในภาคสนาม โดยกำหนดตำแหน่งจากเครื่องสำรวจพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS) ประกอบด้วย ข้อมูลจุดควบคุมพิกัดทางราบ ขอบเขตพื้นที่ศึกษา การใช้ที่ดินเพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกข้อมูลดาวเทียม

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยการจำแนกการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2534, 2545 และปี 2556 โดยใช้โปรแกรมการสำรวจจากระยะไกลในการวิเคราะห์ข้อมูล ร่วมกับแบบจำลอง CA-Marcov หรือแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 หลังจากนั้นจึงทำการศึกษารูปแบบพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติด้วยเทคนิค MCA ร่วมกับการหาค่าความสำคัญของปัจจัยด้วยเทคนิค AHP แบบ RGMM เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยสูงสุด พื้นที่เสี่ยงภัยสูงสุดที่ได้นำไปใช้ในการปรับปรุงนโยบายการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 โดยการประยุกต์ใช้เทคนิค AHP ในการให้ค่าความสำคัญในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามนโยบายร่วมกับการปรับปรุงแบบจำลอง CA-Markov ตามนโยบายที่ได้กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

1. การจำแนกการใช้ที่ดินในอดีต

การจำแนกการใช้ที่ดินในอดีต เลือกใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat แบ่งเป็น 2 ช่วง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 ,2545 และปี พ.ศ. 2556 ระยะห่างช่วงละ 11 ปี รวม 22 ปี บริเวณลุ่มน้ำลำตะคอง เพื่อวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน และนำผลที่ได้ไปใช้ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 รวมถึงนำข้อมูลการใช้ที่ดินทั้งหมดมาใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ การจำแนกการใช้ที่ดินในอดีตมีขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมภาพ (Data Preparation) ในการศึกษาใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM (2534), Landsat 7 ETM+ (2545) และ Landsat 8 (2556) โดยพื้นที่ศึกษาใช้ภาพ 2 Full Scene ในรูปแบบ Digital Image จาก U.S. Geological Survey ในช่วงฤดูแล้ง (Dry Season) ที่ข้อมูลมีความชัดเจนมากที่สุด และมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลน้อยที่สุด

2. การเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ (Pre-Processing) มี 3 ขั้นตอนดังนี้

2.1 การปรับแก้เชิงคลิ่น (Radiometric Correction) เป็นการปรับแก้เพื่อลดความไม่ชัดเจนของภาพเนื่องจากการรบกวนในชั้นบรรยากาศ หรือความผิดพลาดของอุปกรณ์รับสัญญาณ

2.2 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) เป็นการระบุพิกัดภูมิศาสตร์ให้กับข้อมูลให้มีความถูกต้องเชิงพื้นที่และสามารถซ้อนทับกับข้อมูลเชิงเส้น (Vector) อื่นๆ ได้ โดยเลือกใช้ระบบพิกัดแผนที่ที่เป็นแบบพิกัดกริด Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 47P ด้วยคำสั่ง Image to Map โดยการเปรียบเทียบกับแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารมาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 ในตำแหน่งที่ตรงกัน

2.3 การรวมภาพและการตัดภาพ (Mosaic and Extract Image) การรวมภาพจะทำเมื่อในพื้นที่ศึกษามีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 1 Full Scene หลังจากรวมภาพและปรับภาพให้สมดุลกันแล้วจึงเลือกตัดเฉพาะพื้นที่ศึกษา (ตามขอบเขตลุ่มน้ำลำตะคอง)

3. การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล (Image Enhancement) การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลเป็นการเน้นรายละเอียด ความชัดเจนของข้อมูลภาพ หรือการเพิ่มระดับความแตกต่างระหว่างวัตถุต่างๆ ให้มีความชัดเจนมากขึ้น เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการจำแนกภาพด้วยสายตา หรือการกำหนดขอบเขตพื้นที่ตัวอย่างในการวิเคราะห์แบบ Supervised Classification ที่สามารถแสดงความแตกต่างของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทได้ดีที่สุด

4. การกำหนดประเภทข้อมูล การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินใช้ระบบการจำแนกแบบลำดับชั้น (Hierarchical Classification System) (สุเทพ, 2554) แบ่งเป็น 3 ระดับ ในการศึกษาเลือกใช้การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินระดับที่ 1 ที่แบ่งการใช้ที่ดินเป็น 5 ประเภท ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินระดับที่ 1

ลำดับ	รหัส	คำอธิบาย	คำอธิบาย (อังกฤษ)
1.	U	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	Urban and Built-up land
2.	A	พื้นที่เกษตรกรรม	Agricultural land
3.	F	พื้นที่ป่าไม้	Forest land
4.	W	พื้นที่น้ำ	Water Body
5.	M	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	Miscellaneous land

ที่มา: สุเทพ (2554)

5. จำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยวิธี Maximum Likelihood โดยการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ตามประเภทการใช้ที่ดินที่กำหนดไว้ 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ที่อยู่อาศัย พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่อื่นๆ จำแนกข้อมูล 3 ปี ได้แก่ พ.ศ. 2534, 2545 และ 2556 นำข้อมูลที่ได้จากการจำแนกมาปรับ (Post Classification) โดยเทคนิคการกรองภาพ Filtering เพื่อให้ภาพมีความถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น

6. วิเคราะห์ความถูกต้อง การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการจำแนกการใช้ที่ดินใช้ข้อมูลปีล่าสุด (พ.ศ. 2556) โดยใช้วิธี Confusion Matrix Accuracy โดยการสุ่มสำรวจภาคสนามในแต่ละการใช้ที่ดิน ด้วยวิธีการ Binomial Probability Theory โดยกำหนดสัดส่วนของจุดสำรวจภาคสนามตามสัดส่วนการใช้ที่ดินทั้ง 5 ประเภท โดยให้ความคาดหวังในความถูกต้องร้อยละ 80 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับร้อยละ 10 นำเข้าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามในตารางเมทริกซ์ คำนวณหาร้อยละของความถูกต้อง โดยการกำหนดให้ค่าความถูกต้องรวม (Overall Accuracy) ต้องมากกว่าร้อยละ 80

2. จัดทำแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยใช้สัดส่วนการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2534 เทียบกับปี พ.ศ. 2545 เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556 นำผลของการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 ไปเปรียบเทียบกับความถูกต้องกับข้อมูลที่ได้จากการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมในปีเดียวกัน ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง CA-Marcov ด้วยเทคนิค Crosstabulation เพื่อหาความน่าเชื่อถือของ

แบบจำลองเพื่อตัดสินใจการนำแบบจำลองไปใช้ในขั้นตอนต่อไป วิธีการในการจัดทำแบบจำลอง CA มีดังนี้

1. ใช้แบบจำลอง Markov ในการคาดการณ์สัดส่วนการใช้ที่ดินในอนาคตบนพื้นฐานของเงื่อนไขความน่าจะเป็นของ Bayes โดยมีสมการตาม Sang (2011) ดังนี้

$$s(t+1) = P_{ij} \times s(t) \quad (10)$$

โดยที่ $s(t+1)$, $s(t)$ คือสถานะ ณ เวลา t หรือ $t+1$, P_{ij} คือเมทริกซ์ของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงที่คำนวณจากสมการ

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\text{เมื่อ } (0 \leq P_{ij} < 1 \text{ and } \sum_{j=1}^n P_{ij} = 1, (i,j=1,2,\dots,n))$$

2. แบบจำลอง Cellular Automata (CA) ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเพื่อหาตำแหน่งของการใช้ที่ดินแต่ละประเภท เช่น พื้นที่เกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย ป่าไม้ แหล่งน้ำ เป็นต้น แบบจำลอง CA นำมาใช้ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 จากแบบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง Markov ที่เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2534 กับปี พ.ศ. 2545 ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556 จะใช้สัดส่วนที่ได้จากแบบจำลอง Markov ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง CA ที่ใช้เทคนิค Game of Life โดยมีการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2545 เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล

3. ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง CA ในปี พ.ศ. 2556 เทียบกับข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมในปีเดียวกัน ในการเปรียบเทียบใช้เทคนิค Crosstabulation ถ้าแบบจำลอง CA มีค่า Similarity หรือค่า Overall Accuracy มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70 และค่า Kappa อยู่ในช่วงร้อยละ 40 ถึง 80 (0.4 – 0.8) จึงจะสามารถนำแบบจำลอง CA มาใช้เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 โดยอาศัยสัดส่วนที่

ได้จากแบบจำลอง Marcov ของปี พ.ศ. 2545 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2556 และข้อมูลการใช้ที่ดินของปี พ.ศ. 2556 เป็นพื้นฐานในการคาดการณ์แบบจำลอง CA

3. จัดทำแบบจำลองพื้นที่เสี่ยงภัย

แบ่งเป็น 4 ชนิดได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยการสูญเสียหน้าดิน ภัยแล้ง ดินถล่ม และอุทกภัย ดังนี้

3.1. วิเคราะห์หาปริมาณการสูญเสียดิน

สามารถหาได้จากการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation; USLE) ของ Wischmeier and Smith (1965) โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ (Potential Surface Analysis) และวิธีการซ้อนทับข้อมูล (Overlay Analysis) เพื่อใช้วิเคราะห์และคาดการณ์การชะล้างพังทลายของดินในเขตลุ่มน้ำ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550) โดยมีสมการดังนี้

$$A = R K L S C P \quad (12)$$

เมื่อ

A = ปริมาณดินที่สูญเสียต่อหน่วยพื้นที่

R= ปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (Rainfall Erosivity Factor)

K = ปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (Soil Erodibility Factor)

L = ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเอียง (Slope Length Factor)

S = ค่าปัจจัยความลาดชัน (Slope Steepness Factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากความลาดระดับใดระดับหนึ่งต่อความลาดมาตรฐาน (9 เปอร์เซ็นต์)

C = ค่าปัจจัยพืชและการจัดการ (Crop Management Factor)

P = ค่าปัจจัยมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Conservation Practice Factor)

จำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยการสูญเสียดิน ในปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และ ปี พ.ศ. 2567 (คาดการณ์) ตามปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี) เพื่อหาพื้นที่ที่มีการสูญเสียดินที่มากกว่า 2 ตัน/ไร่/ปี หรือเทียบเท่ากับ 0.96 มิลลิเมตรต่อปี ตามเกณฑ์ปริมาณการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้ของ

ประเทศไทย การสูญเสียดินในระดับนี้จะไม่ทำให้สมรรถนะของดินสำหรับการเกษตรเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 25 ปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

3.2. วิเคราะห์ประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง

ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ในปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 เลือกจากปัจจัยที่ใช้ในประเทศไทยและต่างประเทศ จากจำนวนปัจจัยทั้งสิ้น 17 ปัจจัย เลือกปัจจัยที่มีการนำมาใช้สูงสุดจากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัจจัยปริมาณน้ำฝน 2) ปัจจัยคุณสมบัติดิน 3) ปัจจัยภูมิประเทศ 4) ปัจจัยแหล่งน้ำ และ 5) ปัจจัยการใช้ที่ดิน ดังแสดงในตารางที่ 9

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ระบบภูมิสารสนเทศ และหลักการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ Potential Surface Analysis (PSA) จำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยเทคนิค Natural Breaks (Jenks) ด้วยโปรแกรม ArcMap ออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมาก สูง ปานกลาง และพื้นที่เสี่ยงต่ำ โดยมีสมการในการวิเคราะห์ดังนี้

$$R_d = (S_1 W_1) + (S_2 W_2) + (S_3 W_3) + \dots + (S_n W_n) \quad (13)$$

เมื่อ

R_d = ความเสี่ยงของการเกิดภัยแล้ง

S_1 - S_n = ค่าคะแนนของปัจจัยที่ 1 ถึงปัจจัยที่ n

W_1 - W_n = ค่าน้ำหนักของปัจจัยที่ 1 ถึงปัจจัยที่ n

สำหรับการให้ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งนั้นได้ใช้เทคนิค AHP แบบกลุ่ม โดยการคำนวณลำดับความสำคัญของปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้แก่ 1) กรมชลประทาน 2) สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 3) ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ 4) สถาบันการศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้อง จำนวน 2 ท่าน กำหนดให้ค่า Consistency Ratio (CR) ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านต้องมีค่าไม่เกิน 0.1 จึงสามารถหาค่าเฉลี่ยรวม (กลุ่ม) Aggregation of Individual Judgement (AIJ) ด้วยเทคนิค Row Geometric Mean Method (RGMM) โดยค่า Geometric Consistency Index (GCI) ต้องมีค่าไม่เกิน 0.37 ($n > 4$)

ตารางที่ 9 ปัจจัยภัยแล้งที่มีการเลือกนำมาใช้สูงสุดจากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลำดับ	ปัจจัยเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับภัยแล้ง	ประเทศที่เลือกใช้ปัจจัย
1	ปริมาณน้ำฝน	อินเดีย ไทย อินโดนีเซีย กาน่า
2	สมบัติดินหรือการระบายน้ำ	อินเดีย ไทย อินโดนีเซีย กาน่า
3	ลักษณะภูมิประเทศหรือความลาดชัน	อินเดีย ไทย กาน่า
4	พืชปกคลุมดินหรือการใช้ที่ดิน	อินเดีย ไทย อินโดนีเซีย กาน่า
5	เขตชลประทานหรือระยะห่างแหล่งน้ำ	ไทย อินโดนีเซีย กาน่า

ปัจจัยที่ใช้ในการหาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง 5 ปัจจัย มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ปัจจัยปริมาณน้ำฝน คำนวณปริมาณน้ำฝนด้วยเทคนิคการประมาณค่า Inverse Distance Weighting (IDW) จากค่าเฉลี่ยฝนรายปีจากสถานีอุตุนิยมวิทยา 12 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาโดยคำนวณจากสมการดัชนีความแห้งแล้งของ De Martonne หรือ De Martonne Aridity Index (DI) (EPA, 2012)

ด้วยสมการ

$$DI = P/(T+10) \quad (16)$$

โดยที่ DI = De Martonne Aridity Index

P = ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตร)

T = อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี (องศาเซลเซียส)

3.2.2 ปัจจัยสมบัติดิน สัมพันธ์กับการระบายน้ำในดิน ความคงทนของโครงสร้างดิน เป็นต้น ดังนั้น ปริมาณน้ำในดินจึงขึ้นอยู่กับเนื้อดินและโครงสร้างของดิน เช่น ดินที่มีดินทรายแบ่งมีโอกาที่จะเก็บน้ำไว้ได้มากกว่าดินทรายที่มีโอกาที่จะเก็บรักษาน้ำไว้ในดินน้อยกว่า หรือดินทรายจะมีช่องว่างจำนวนมากซึ่งแตกต่างกับดินเหนียวที่มีช่องว่างที่เล็กกว่า ดังนั้น เนื้อดินจึงส่งผลต่อการระบายน้ำในดิน การระบายน้ำในดินสามารถจำแนกได้ตามชุดดิน 62 ชุดดิน (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2557) ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าปัจจัยการระบายน้ำในดิน จำแนกตามกลุ่มชุดดิน

ชุดที่	คำอธิบาย	ชุดดิน	ค่าคะแนน
1	การระบายน้ำดี	26,27,29,30,40,43,44,45,46,47,48, 50,51,52,53,56	1.00
2	การระบายน้ำค่อนข้างดี	20,21,28,31,32,33,34,35,36,37,38,39, 41,42,49,54,55,60,61	0.75
3	การระบายน้ำค่อนข้างเลว	1,4,6,7,10,11,15,16,17,18,19,22,23, 24,25,59	0.50
4	การระบายน้ำเลว	2,3,5,9,12,13,14,57,58	0.25
5	ที่ลาดชันเชิงซ้อน	62	0.25
6	พื้นที่แหล่งน้ำและอื่นๆ	99	0.25

3.2.3 ปัจจัยด้านภูมิประเทศ (ความลาดชัน) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความลาดชันของพื้นที่ (Slope Gradient) พื้นที่ที่มีความลาดชันมากเก็บกักน้ำได้น้อย ส่งผลให้โอกาสในการเกิดภัยแล้งสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามพื้นที่ลุ่มที่มีความลาดชันน้อย มีโอกาสที่กักเก็บน้ำไว้ได้สูงส่งผลให้โอกาสในการเกิดภัยแล้งลดลง ความลาดชันของพื้นที่หาได้จากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model) ร้อยละความลาดชันออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) พื้นที่ลาดชันมากมีร้อยละความลาดชันมากกว่าร้อยละ 16 ค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 2) พื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลาง มีค่าร้อยละความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 8 ถึง 16 ค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 3) พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยมีค่าร้อยละความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 4 ถึง 8 ค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 และ 4) พื้นที่ราบหรือพื้นที่เกือบราบ มีค่าร้อยละความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 4 มีค่าคะแนนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.25

3.2.4 ปัจจัยแหล่งน้ำ ได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระยะห่างจากแหล่งน้ำทั้งจากแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น อ่างเก็บน้ำ ห้วย หนอง และแม่น้ำหรือคลองสายหลัก เป็นต้น พื้นที่ที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำมีโอกาสเกิดภัยแล้งน้อยกว่าพื้นที่ที่อยู่ห่างจากแหล่งน้ำ แบ่งเป็น 1) อยู่ห่างจากแหล่งน้ำไม่เกิน 300 เมตร มีโอกาสเกิดภัยแล้งน้อยที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 2) อยู่ห่างแหล่งน้ำ 300-600 เมตร มีโอกาสเกิดภัยแล้งน้อย มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 3) อยู่ห่างแหล่งน้ำ 600- 1,000 เมตร มีโอกาสเกิดภัยแล้งสูง มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 และ 4) อยู่ห่างแหล่งน้ำมากกว่า 1,000 เมตร มีโอกาสเกิดภัยแล้งสูงมาก มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00

3.2.5 ปัจจัยการใช้ที่ดิน การใช้ที่ดินเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำที่ส่งผลกระทบต่อภัยแล้ง ข้อมูลการใช้ที่ดินได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ในปี พ.ศ. 2534, 2545 และปี พ.ศ. 2556 เพื่อนำมาใช้ในการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ประสบภัยแล้ง รวมถึงการใช้ที่ดินที่เกิดจากการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2567 เพื่อทำนายการเกิดภัยแล้งในอนาคต ค่าคะแนนการใช้ที่ดินที่ส่งผลกระทบต่อภัยแล้งแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) พื้นที่แหล่งน้ำหรือพื้นที่ป่าไม้ มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 2) พื้นที่อื่นๆ มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 3) พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 และ 4) พื้นที่เกษตรกรรม มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00

3.3. วิเคราะห์ประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ในปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 เลือกปัจจัยที่มีการนำมาใช้สูงสุดจากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5 ปัจจัยจากจำนวนปัจจัยทั้งสิ้น 11 ปัจจัย ดังนี้ 1) ปัจจัยปริมาณน้ำฝน 2) ปัจจัยหน่วยหินทางธรณีวิทยา 3) ปัจจัยความลาดชัน 4) ปัจจัยระดับความสูง และ 5) ปัจจัยการใช้ที่ดิน ดังแสดงในตารางที่ 11

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ระบบภูมิสารสนเทศ และหลักการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ Potential Surface Analysis (PSA) จำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยเทคนิค Natural Breaks (Jenks) ด้วยโปรแกรม ArcMap ออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมาก สูง ปานกลาง และพื้นที่เสี่ยงต่ำ โดยมีสมการในการวิเคราะห์ดังนี้

$$R_{is} = (S_1 W_1) + (S_2 W_2) + (S_3 W_3) + \dots + (S_n W_n) \quad (14)$$

เมื่อ

R_{is} = ความเสี่ยงของการเกิดดินถล่ม

S_1-S_n = ค่าคะแนนของปัจจัยที่ 1 ถึงปัจจัยที่ n

W_1-W_n = ค่าน้ำหนักของปัจจัยที่ 1 ถึงปัจจัยที่ n

ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มนั้น ได้ใช้เทคนิค AHP แบบกลุ่ม โดยการคำนวณลำดับความสำคัญของปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้แก่ 1) กรมทรัพยากรธรณี 2)

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 3) ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ 4) สถาบันการศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้อง จำนวน 2 ท่าน กำหนดให้ค่า Consistency Ratio (CR) ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านต้องมีค่าไม่เกิน 0.1 จึงสามารถหาค่าเฉลี่ยรวม (กลุ่ม) Aggregation of Individual Judgement (AIJ) ด้วยเทคนิค Row Geometric Mean Method (RGMM) โดยค่า Geometric Consistency Index (GCI) ต้องมีค่าไม่เกิน 0.37 ($n > 4$)

ตารางที่ 11 ปัจจัยดินถล่มที่ได้จากการรวบรวมงานวิจัยที่มีการนำมาใช้สูงสุด 5 อันดับ

ลำดับที่	ปัจจัยเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับภัยดินถล่ม	ประเทศที่ใช้ปัจจัย
1	ความลาดชัน	เวียดนาม อเมริกา ไทย อิหร่าน
2	ระดับความสูง	เวียดนาม อเมริกา อิหร่าน
3	หน่วยหิน	เวียดนาม ไทย อิหร่าน
4	การใช้ที่ดิน	เวียดนาม ไทย อิหร่าน
5	ปริมาณน้ำฝนรายวัน/ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	เวียดนาม ไทย อิหร่าน

ดังนั้นปัจจัยที่ใช้ในการหาพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม 5 ปัจจัยข้างต้น มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ปัจจัยปริมาณน้ำฝนคำนวณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีด้วยเทคนิคการประมาณค่า Inverse Distance Weighting (IDW) จากค่าเฉลี่ยฝนรายปีของสถานีอุตุนิยมวิทยา 12 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ปรับค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดให้เท่ากับ 1 โดยใช้เครื่องมือ Fuzzy Membership ด้วยเทคนิค Linear ในโปรแกรม ArcGIS เวอร์ชัน 10

3.3.2 หน่วยหินทางธรณี ได้แก่ ลักษณะของหินทางธรณีวิทยาที่แสดงความคงทนต่อการเกิดดินถล่มต่างกัน ขึ้นกับคุณสมบัติทางกายภาพของหินแต่ละชนิด เช่น หินอัคนีเนื้อหยาบ มีโอกาสเกิดดินถล่มสูงกว่าหินอัคนีเนื้อละเอียด พื้นที่ที่เป็นตะกอนน้ำพัดพา หรือตะกอนตะพักลำน้ำมีโอกาสเกิดดินถล่มน้อยที่สุด เป็นต้น ในงานวิจัยนี้แบ่งหน่วยหินทางธรณีวิทยาออกเป็น 4 กลุ่ม จากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดนครราชสีมา (กรมทรัพยากรธรณี, 2557) ได้แก่ 1) หินแกรนิต/หินอัคนีเนื้อหยาบ มีโอกาสเกิดดินถล่มสูงสุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 2) หินแปรของหินอัคนี/หินชั้น มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 3) หินชั้น/หินอัคนีเนื้อละเอียด มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 และ 4) ตะกอนน้ำพัดพา มีโอกาสในการเกิดดินถล่มน้อยที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25

3.3.3 ความลาดชัน ความลาดชันมีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มโดยพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยประมาณ 0-30 องศามีโอกาสเกิดดินถล่มน้อย พื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 30 องศาโอกาสเกิดดินถล่มสูง แต่ถ้าความลาดชันมากกว่า 40 องศาโอกาสในการเกิดดินถล่มจะลดลง เนื่องจากโอกาสในการสะสมตัวของดินและปริมาณน้ำสะสมในดินน้อยเมื่อพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก (Feizizadeh, 2013) (Kouli, 2013) ความลาดชันของพื้นที่หาได้จากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model) ความลาดชันออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) ความลาดชัน 0 – 10 องศา และความลาดชันมากกว่า 60 องศา มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 คะแนน 2) ความลาดชัน 10 – 20 องศา และความลาดชัน 50 – 60 องศา มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 คะแนน 3) ความลาดชัน 20 – 30 องศา และความลาดชัน 40 – 50 องศา มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 คะแนน และ 4) ความลาดชันในช่วง 30 - 40 องศา มีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มสูงที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 คะแนน

3.3.4 ปัจจัยความสูง ปัจจัยความสูงกำหนดให้ระดับสูงสุดที่มีโอกาสเกิดดินถล่มมากที่สุดอยู่ในช่วงความสูงเท่ากับ 800 - 900 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และระดับต่ำสุดที่มีโอกาสเกิดดินถล่มน้อยที่สุดมีความสูงน้อยกว่า 500 เมตร และสูงมากกว่า 1,400 เมตร ปัจจัยความสูงแบ่งเป็น 4 ช่วง ได้แก่ 1) ความสูง 800 - 900 เมตร มีโอกาสเกิดดินถล่มสูงมาก ค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 2) ความสูง 650-800 เมตร และ 900 – 1,150 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 3) ความสูง 500-650 เมตร และความสูง 1,150 – 1,400 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.5 และ 4) ความสูงน้อยกว่า 500 เมตร และมากกว่า 1,400 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 (Kouli, 2556) แต่เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองมีความสูงมากที่สุดเท่ากับ 1,353 เมตรดังนั้น ค่าคะแนนที่เท่ากับ 0.25 จึงมีความสูงน้อยกว่า 500 เมตรเท่านั้น

3.3.5 ปัจจัยการใช้ที่ดิน ปัจจัยการใช้ที่ดินมีความเกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่มเนื่องจากพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมแตกต่างกันย่อมส่งผลให้ความรุนแรงในการเกิดดินถล่มต่างกัน เช่น พื้นที่แหล่งน้ำมีโอกาสเกิดดินถล่มต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นพื้นที่ราบหรือเป็นพื้นที่ที่มีการกัดเซาะต่ำมาก หรือ พื้นที่เกษตรกรรมมีโอกาสเกิดดินถล่มสูงที่สุดเนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉพาะพื้นที่ปลูกพืชไร่มีปลูกในที่ดอนและหน้าดินถูกเปิดออก ส่งผลให้โอกาสในการกัดเซาะและน้ำซึมลงใต้ดินสูงและเร็ว จึงทำให้อโอกาสในการเกิดดินถล่มสูงตามไปด้วย ปัจจัยการใช้ที่ดินได้ข้อมูลจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และ ปี พ.ศ. 2567 (คาคการณ์) การใช้ที่ดินเป็น 5 ประเภทที่สัมพันธ์กับความเสี่ยงในการเกิดดินถล่ม 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) พื้นที่เกษตรกรรม มีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มสูงที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 คะแนน 2) พื้นที่อื่นๆ (ป่าเสื่อมโทรม) มีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มสูง มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 คะแนน 3) พื้นที่ที่อยู่อาศัยมีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มปาน

กลาง มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 คะแนน และ 4) พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่แหล่งน้ำมีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มต่ำ มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 คะแนน

3.4. วิเคราะห์ประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย

ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย ในปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 เลือกจากปัจจัยที่ใช้ในประเทศไทยและต่างประเทศ จากจำนวนปัจจัยทั้งสิ้น 12 ปัจจัย เลือกปัจจัยที่มีการเลือกนำมาใช้สูงสุดจากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปริมาณน้ำฝน 2) การระบายน้ำของดิน 3) ความลาดชัน 4) ความสูง 5) การใช้ที่ดิน และ 6) ระยะห่างทางน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 12

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ระบบภูมิสารสนเทศ และหลักการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ Potential Surface Analysis (PSA) จำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยเทคนิค Natural Breaks (Jenks) ด้วยโปรแกรม ArcMap ออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมาก สูง ปานกลาง และพื้นที่เสี่ยงต่ำ โดยมีสมการในการวิเคราะห์ดังนี้

$$R_f = (S_1 W_1) + (S_2 W_2) + (S_3 W_3) + \dots + (S_n W_n) \quad (15)$$

เมื่อ

R_f = ความเสี่ยงของการเกิดอุทกภัย

$S_1 - S_n$ = ค่าคะแนนของปัจจัยที่ 1 ถึงปัจจัยที่ n

$W_1 - W_n$ = ค่าน้ำหนักของปัจจัยที่ 1 ถึงปัจจัยที่ n

สำหรับค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยนั้น ได้ใช้เทคนิค AHP แบบกลุ่ม โดยการคำนวณลำดับความสำคัญของปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้แก่ 1) กรมชลประทาน 2) สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 3) ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ 4)

สถาบันการศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้อง จำนวน 2 ท่าน กำหนดให้ค่า Consistency Ratio (CR) ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านต้องมีค่าไม่เกิน 0.1 จึงสามารถหาค่าเฉลี่ยรวม (กลุ่ม) Aggregation of Individual Judgement (AIJ) ด้วยเทคนิค Row Geometric Mean Method (RGMM) โดยค่า Geometric Consistency Index (GCI) ต้องมีค่าไม่เกิน 0.37 ($n > 4$)

ตารางที่ 12 ปัจจัยอุทกภัยที่ได้จากการรวบรวมงานวิจัยที่มีการนำมาใช้สูงสุด 6 อันดับ

ลำดับที่	ปัจจัยเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับอุทกภัย	ประเทศที่ใช้ปัจจัย
1	ระยะห่างจากทางน้ำ	อาเจนตินา กาน่า
2	ความสูง	อาเจนตินา ไทย กาน่า
3	ความลาดชัน	อาเจนตินา ไทย กาน่า
4	การใช้ที่ดิน	อาเจนตินา กาน่า
5	ปริมาณน้ำฝนรายวันหรือปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	ไทย กาน่า
6	เนื้อดิน (สภาพการระบายน้ำ)	ไทย กาน่า

ปัจจัยที่ใช้ในการหาพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย 6 ปัจจัย มีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี คำนวณปริมาณน้ำฝนด้วยเทคนิคการประมาณค่า Inverse Distance Weighting (IDW) จากค่าเฉลี่ยฝนรายปีของสถานีอุตุนิยมวิทยา 12 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองเท่ากับ 1,388.69 มิลลิเมตร ต่ำสุดเท่ากับ 1,082.67 มิลลิเมตร จำแนกปริมาณน้ำฝนโดยปรับค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดให้เท่ากับ 1 โดยใช้เครื่องมือ Fuzzy Membership ด้วยเทคนิค Linear ในโปรแกรม ArcGIS เวอร์ชัน 10

3.4.2 การระบายน้ำของดิน การระบายน้ำของดินมีอิทธิพลต่อปริมาณการสะสมตัวของน้ำ และการซึมน้ำ ถ้ามีปริมาณสะสมตัวมากเนื่องจากการระบายน้ำไม่ดี โอกาสในการเกิดอุทกภัยย่อมสูง กว่าพื้นที่ที่มีการระบายน้ำได้เร็ว การระบายน้ำของดินสามารถจำแนกได้จากชุดดินจำนวน 62 ชุดดิน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) การระบายน้ำเร็ว มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 2) การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 3) การระบายน้ำค่อนข้างดี มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 และ 4) การระบาย น้ำดี มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25

3.4.3 ปัจจัยความลาดชัน พื้นที่ที่มีความลาดชันมากเก็บกักน้ำได้น้อย ส่งผลให้โอกาสใน การเกิดอุทกภัยน้อย ในทางตรงกันข้ามพื้นที่ลุ่มที่มีความลาดชันน้อย มีโอกาสที่กักเก็บน้ำไว้ได้สูง ส่งผลให้โอกาสในการเกิดอุทกภัยสูง ความลาดชันของพื้นที่หาได้จากข้อมูลแบบจำลองความสูง เชิงเลข (Digital Elevation Model) ร้อยละความลาดชันออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) พื้นที่ลาดชัน มากมีร้อยละความลาดชันมากกว่าร้อยละ 16 ค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 2) พื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลาง มี ค่าร้อยละความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 8 ถึง 16 ค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 3) พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยมีค่า

ร้อยละความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 4 ถึง 8 ค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 และ 4) พื้นที่ราบหรือพื้นที่เกือบราบ มีค่าร้อยละความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 4 มีค่าคะแนนมากที่สุดเท่ากับ 1.00

3.4.4 ปัจจัยความสูง ปัจจัยความสูงกำหนดให้ระดับสูงสุดที่มีโอกาสเกิดอุทกภัยน้อยที่สุดมากกว่า 500 เมตร และระดับต่ำสุดที่มีโอกาสเกิดอุทกภัยมากที่สุดมีความสูงน้อยกว่า 200 เมตร แบ่งเป็น 4 ช่วง ได้แก่ 1) ความสูง <200 เมตร มีโอกาสเกิดอุทกภัยสูง ค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 2) ความสูง 200-350 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 3) ความสูง 350-500 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.5 และ 4) ความสูงมากกว่า 500 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25

3.4.5 ปัจจัยการใช้ที่ดิน ค่าคะแนนการใช้ที่ดินที่ส่งผลกระทบต่ออุทกภัย แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) พื้นที่ป่าไม้ เป็นพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดอุทกภัยต่ำที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 2) พื้นที่อื่นๆ มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 3) พื้นที่เกษตรกรรม มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 และ 4) พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ตัวเมืองหรือสิ่งปลูกสร้าง ที่มีโอกาสเกิดอุทกภัยสูงที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00

3.4.6 ปัจจัยระยะห่างลำน้ำ พื้นที่ที่อยู่ใกล้ทางน้ำมีโอกาสที่เกิดอุทกภัยสูงกว่าพื้นที่ที่ห่างลำน้ำออกมา การจำแนกปัจจัยระยะห่างลำน้ำใช้การทำแนวกันชน (Buffer) เพื่อกำหนดระยะดังนี้ 1) ระยะห่างลำน้ำน้อยกว่า 100 เมตร เสี่ยงสูง ค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 2) ระยะห่างลำน้ำ 100 – 500 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 3) ระยะห่างลำน้ำ 500 – 1,000 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 และ 4) ระยะห่างลำน้ำมากกว่า 1,000 เมตร เสี่ยงอุทกภัยต่ำ มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 (Fernandez and Lutz, 2010)

4. การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยจากการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567

นำปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 มาซ้อนทับกับพื้นที่ที่เสี่ยงการสูญเสียดิน ภัยแล้ง ดินถล่ม และอุทกภัย ระดับสูงสุด เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยในอนาคตที่ได้รับผลกระทบสูงสุด และกำหนดมาตรการในการป้องกันและจัดการพื้นที่เสี่ยงภัย โดยพิจารณาความสำคัญของพื้นที่เสี่ยงภัยด้วยเทคนิค AHP เรียงลำดับจากประเภทพื้นที่เสี่ยงภัยอันตรายและส่งผลกระทบมากที่สุดมีค่าถ่วงน้ำหนักมากที่สุด ประเภทของพื้นที่เสี่ยงภัยที่ส่งผลกระทบน้อยที่สุดมีความถ่วงน้ำหนักน้อยที่สุด

5. กำหนดแผนการใช้ที่ดินที่เหมาะสมและการปรับปรุงแบบจำลอง CA-Markov

กำหนดแผนการใช้ที่ดินที่เหมาะสมที่ลดผลกระทบจากภัยพิบัติ โดยจัดลำดับความสำคัญของการใช้ที่ดิน (โอกาสในการเปลี่ยนแปลง) ในแต่ละภัยพิบัติตามมาตรการลดความเสี่ยง เช่น พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงสุดกำหนดโอกาสในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นที่ยู่อาศัยน้อยกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่น และโอกาสในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เหมาะสมที่สุดในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยคือ พื้นที่แหล่งน้ำ เป็นต้น กำหนดค่าความสำคัญของการใช้ที่ดินด้วยเทคนิค AHP โดยเรียงลำดับความสำคัญของนโยบายตามประเภทของพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติที่ส่งผลกระทบมากที่สุด ไปหาพื้นที่เสี่ยงที่ส่งผลกระทบน้อยที่สุด ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลัก และทำการวิเคราะห์วัตถุประสงค์รองในการใช้ที่ดินแต่ละประเภท โดยกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์หลัก และตามการใช้ที่ดินที่เหมาะสมต่อภัยธรรมชาติแต่ละประเภท

นำค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละภัยพิบัติคูณโอกาสในการเปลี่ยนแปลงของแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน ได้แผนที่ความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินในพื้นที่ภัยพิบัติสูง รวมค่าความน่าจะเป็นหรือโอกาสในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประเภทเดียวกันของทุกๆ ภัยพิบัติ ได้แผนที่ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลง 5 แผนที่ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต ตามสัดส่วนขนาดการใช้ที่ดินเดิมที่ได้จากแบบจำลอง Markov และวิเคราะห์ด้วยเทคนิค CA เพื่อวางแผนการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 จากนโยบายการใช้ที่ดินที่ได้กำหนดไว้ที่ลดผลกระทบพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติในระดับสูง

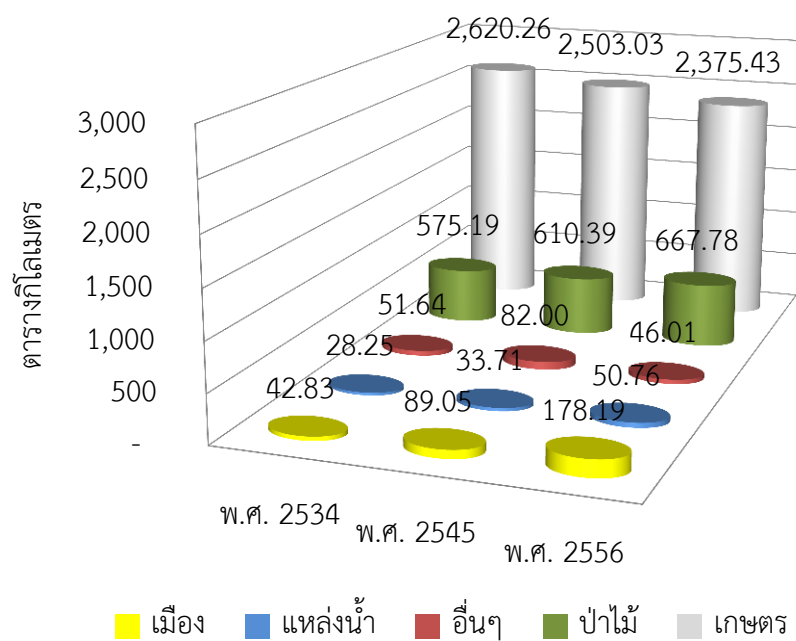
บทที่ 4

ผลการศึกษา

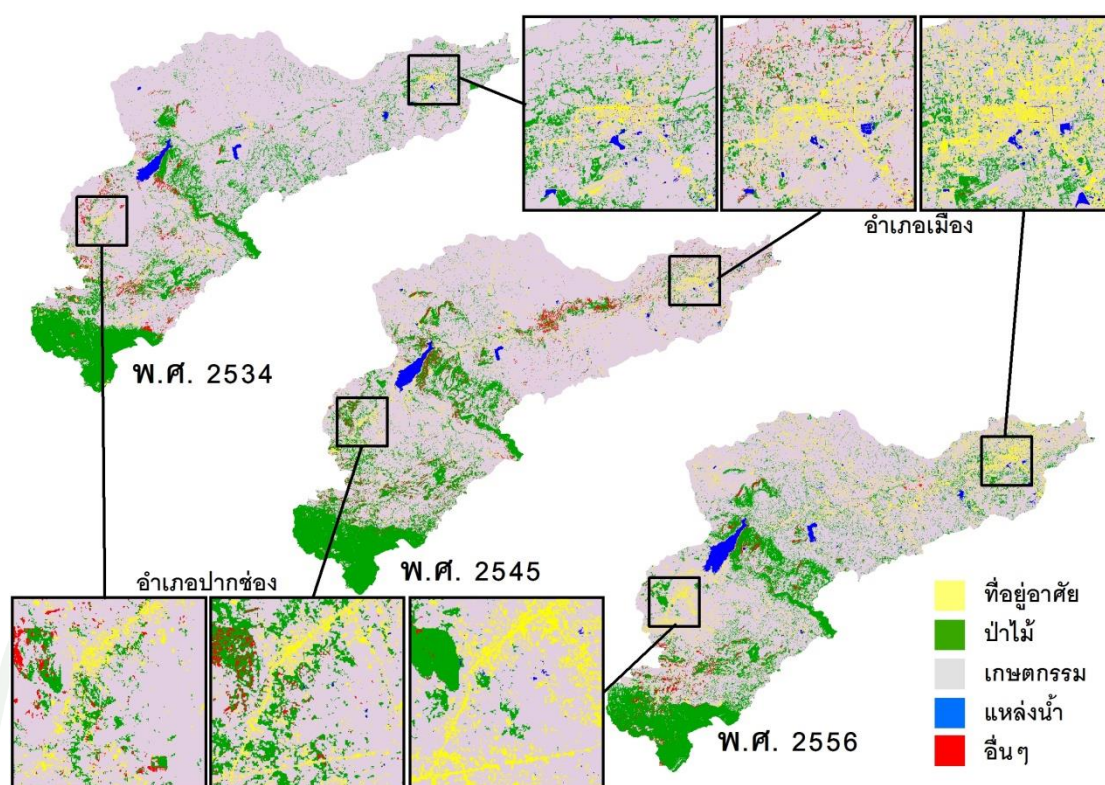
การจำแนกการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2534 2545 และปี พ.ศ. 2556 จากข้อมูลดาวเทียม

ผลจากการจำแนกข้อมูลดาวเทียม 3 ปี ด้วยเทคนิค Supervised Classification สามารถแบ่งการใช้ที่ดินออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- 1) การใช้ที่ดินที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ได้แก่ ที่อยู่อาศัย พื้นที่ป่าไม้ และแหล่งน้ำ โดยพื้นที่อยู่อาศัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุด (ประมาณ 1 เท่าในช่วงเวลา 11 ปี)
- 2) การใช้ที่ดินที่มีแนวโน้มลดลง ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม
- 3) การใช้ที่ดินที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน ได้แก่ พื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่ป่าผลัดใบ พื้นที่น้ำท่วมขัง และพื้นที่ว่างเปล่าอื่นๆ เป็นต้น (ภาพที่ 4 ภาพที่ 5 และตารางที่ 13)



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากการจำแนกข้อมูลดาวเทียม 3 ช่วงเวลา



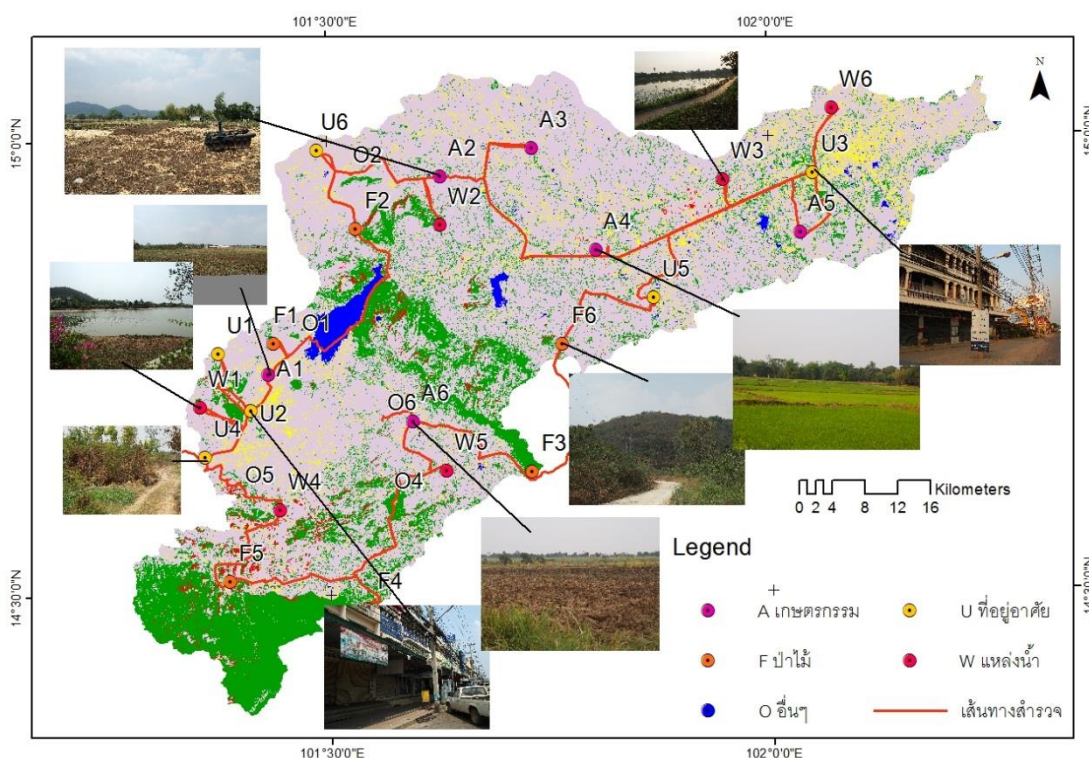
ภาพที่ 5 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม 3 ช่วงเวลา

ตารางที่ 13 สัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากการการจำแนกข้อมูลดาวเทียม 3 ช่วงเวลา

ประเภทการใช้ที่ดิน	พ.ศ. 2534		พ.ศ. 2545		พ.ศ.2556	
	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ
1. เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	42.83	1.29	89.05	2.68	178.19	5.37
2. ป่าไม้	575.19	17.33	610.39	18.40	667.78	20.12
3. เกษตร	2,620.26	78.97	2,503.03	75.43	2,375.43	71.59
4. แหล่งน้ำ	28.25	0.85	33.71	1.02	50.76	1.53
5. อื่นๆ	51.64	1.56	82.00	2.47	46.01	1.39
รวม	3,318.17	100.00	3,318.17	100.00	3,318.17	100.00

วิเคราะห์ความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลดาวเทียม

วิเคราะห์ความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลดาวเทียมปี พ.ศ. 2556 โดยการสุ่มสำรวจภาคสนามด้วยวิธีการ Binomial Probability Theory โดยค่าความถูกต้องที่ต้องการ (P) และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (E) เท่ากับร้อยละ 80 และ 10 ตามลำดับ ได้จำนวนจุดสำรวจทั้งสิ้น 61 จุด จำแนกตามสัดส่วนการใช้ที่ดินดังนี้ 1) การใช้ที่ดินที่อยู่อาศัยมีสัดส่วนการใช้ที่ดินร้อยละ 5.31 มีจุดสำรวจภาคสนาม 3 จุด 2) การใช้ที่ดินป่าไม่มีสัดส่วนการใช้ที่ดินร้อยละ 20.12 มีจุดสำรวจภาคสนาม 12 จุด 3) การใช้ที่ดินเกษตรกรรมมีสัดส่วนการใช้ที่ดินร้อยละ 71.59 มีจุดสำรวจภาคสนาม 44 จุด 4) การใช้ที่ดินแหล่งน้ำมีสัดส่วนการใช้ที่ดินร้อยละ 1.53 มีจุดสำรวจภาคสนาม 1 จุด 5) การใช้ที่ดินอื่นๆ มีสัดส่วนการใช้ที่ดินร้อยละ 1.39 มีจุดสำรวจภาคสนาม 1 จุด ค่าความถูกต้องที่ได้จากการสำรวจเท่ากับร้อยละ 80.33 โดยการใช้ที่ดินที่มีความถูกต้องมากที่สุดจากการตรวจสอบภาคสนาม ได้แก่พื้นที่เมืองและพื้นที่เกษตรกรรม ร้อยละ 100 และพื้นที่ที่มีความถูกต้องน้อยที่สุดได้แก่พื้นที่ป่าไม้ มีความถูกต้องร้อยละ 50 โดยจุดที่ใช้ในการสำรวจและตารางเปรียบเทียบแสดงในภาพที่ 6 และตารางที่ 14



ภาพที่ 6 จุดตรวจสอบภาคสนามในกลุ่มน้ำลำตะคอง จำแนกตามการใช้ที่ดิน 5 ประเภท

ตารางที่ 14 ความถูกต้องในการสำรวจภาคสนามกับข้อมูลจากดาวเทียมที่จำแนกการใช้ที่ดิน

		ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม พ.ศ. 2556				
ประเภทการใช้ที่ดิน		อาคาร/ สิ่งปลูกสร้าง	ป่าไม้	อื่นๆ	เกษตร	แหล่งน้ำ
		รวม				
ข้อมูลภาคสนาม	อาคาร/สิ่งปลูกสร้าง	3	0	0	0	0
	ป่าไม้	0	8	0	2	0
	อื่นๆ	0	0	0	5	0
	เกษตร	0	4	1	37	0
	แหล่งน้ำ	0	0	0	0	1
รวม		3	12	1	44	1
ตรงกัน		3	8	0	37	1
ร้อยละความถูกต้อง		100.00	66.67	0.00	88.09	100.00

วิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ด้วยเทคนิค Crosstabulation

1. เปรียบเทียบข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2534 เทียบกับปี พ.ศ. 2545

พบว่า มีอาคารและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ป่าไม้ แหล่งน้ำและพื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 46.23, 35.19, 19.31 และ 30.36 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 107.94, 6.21, 19.31 และ 58.79 ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในปี พ.ศ. 2534 พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ลดลง 117.24 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 4.47 ของปี พ.ศ. 2534 (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 Crosstab ของการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2534 เทียบกับปี พ.ศ. 2545 แสดงพื้นที่
และร้อยละของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ประเภท การใช้ที่ดิน		การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2534 (ตร.กม.)					รวม
		อาคาร/ สิ่งปลูกสร้าง	ป่าไม้	เกษตร	แหล่งน้ำ	อื่นๆ	
การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2545 (ตร.กม.)	อาคาร/ สิ่งปลูกสร้าง	7.86	6.24	73.26	0.78	0.91	89.05
	ป่าไม้	18.36	1.08	2.80	2.78	1.75	
	ป่าไม้	5.43	353.43	231.01	0.65	19.87	610.39
		12.69	61.45	8.82	2.30	38.47	
	เกษตร	28.40	1,91.22	2,255.00	4.05	24.37	2,503.03
		66.30	33.24	86.06	14.32	47.19	
	แหล่งน้ำ	0.45	0.63	9.39	22.68	0.57	33.71
		1.04	0.11	0.36	80.26	1.10	
	อื่นๆ	0.69	23.68	51.60	0.10	5.93	82.00
		1.61	4.12	1.97	0.34	11.49	
รวม		42.83	575.19	2,620.26	28.25	51.64	3,318.17
(ร้อยละ)		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
พื้นที่แตกต่าง		34.97	221.77	365.26	5.58	45.71	
(ร้อยละ)		81.65	38.56	13.94	19.74	88.52	
พื้นที่เปลี่ยนแปลง		46.23	35.19	-117.24	5.46	30.36	
(ร้อยละ)		107.94	6.12	-4.47	19.31	58.79	

2. เปรียบเทียบข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2545 เทียบกับปี พ.ศ. 2556

พบว่า มีอาคารและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ป่าไม้ และแหล่งน้ำมีพื้นที่เพิ่มขึ้น 89.14, 57.39 และ 17.05 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 100.10, 9.40 และ 50.59 ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในปี พ.ศ. 2545 พื้นที่เกษตรและพื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่ลดลง 127.60 และ 35.99 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 5.10 และ 43.89 ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในปี พ.ศ. 2545 (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 Crosstab ของการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2545 เทียบกับปี พ.ศ. 2556 แสดงพื้นที่
และร้อยละของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ประเภท การใช้ที่ดิน		การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2534 (ตร.กม.)					รวม
		อาคาร/ สิ่งปลูกสร้าง	ป่าไม้	เกษตร	แหล่งน้ำ	อื่นๆ	
การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2545 (ตร.กม.)	อาคาร/ สิ่งปลูกสร้าง	18.80	9.66	146.43	0.36	2.94	178.19
	ป่าไม้	21.12	1.58	5.85	1.06	3.59	
	ป่าไม้	7.29	384.81	243.86	0.30	31.52	7.29
		8.19	63.04	9.74	0.88	38.44	
	เกษตร	59.14	191.62	2,078.46	3.61	42.60	2,375.43
		66.41	31.39	83.04	10.71	51.95	
	แหล่งน้ำ	3.17	1.30	16.71	29.39	0.19	50.76
		3.55	0.21	0.67	87.20	0.24	
	อื่นๆ	0.65	23.00	17.56	0.05	4.75	46.01
	0.73	3.77	0.70	0.16	5.79		
รวม		89.05	610.39	2,503.03	33.71	82.00	3,318.17
(ร้อยละ)		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
พื้นที่แตกต่าง		70.25	225.58	424.57	4.32	77.25	
(ร้อยละ)		78.88	36.96	16.96	12.81	94.21	
พื้นที่เปลี่ยนแปลง		89.14	57.39	-127.60	17.05	-35.99	
(ร้อยละ)		100.10	9.40	-5.10	50.59	-43.89	

แบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2566 และ 2567

1. การคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556

จากข้อมูลดาวเทียม ปี พ.ศ. 2534 และ 2545 โดยกำหนดสัดส่วนการใช้ที่ดิน (transition area) และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภท(Probability of changing)

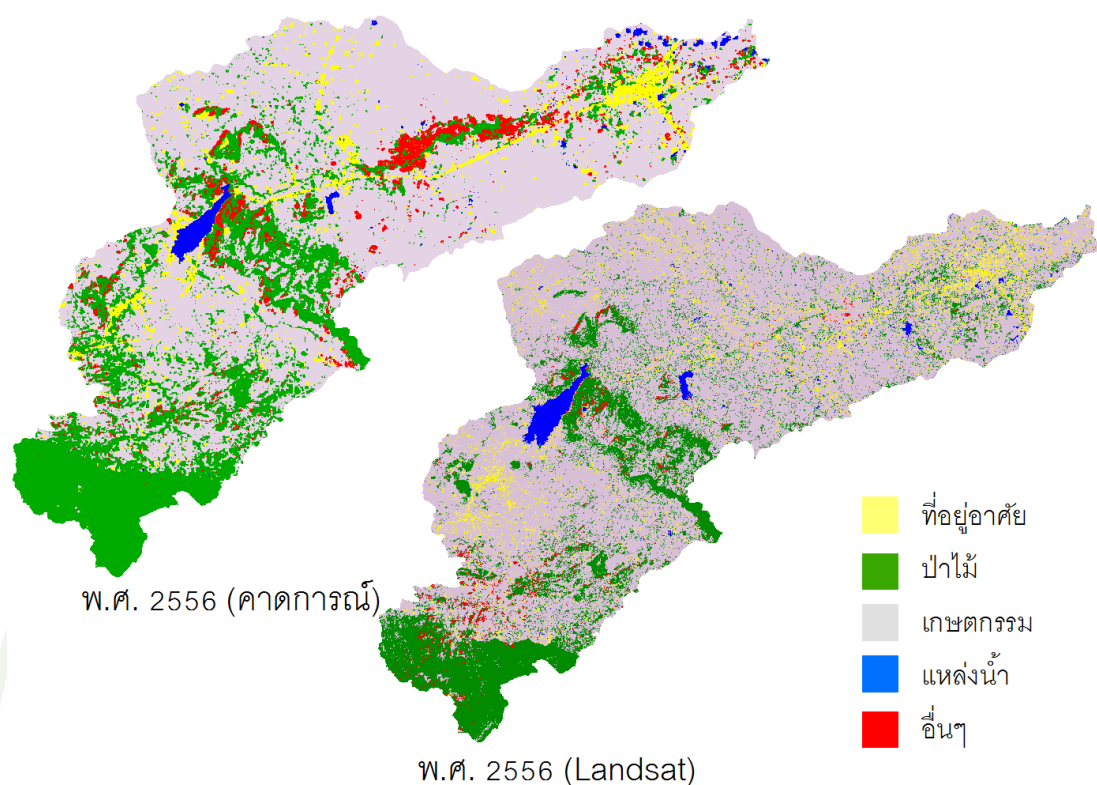
ด้วยแบบจำลอง Markov ตารางที่ 17 และตารางที่ 18 นำค่าดังกล่าวไปใช้เพื่อการทำนายรูปแบบการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 ด้วยแบบจำลอง CA ดังภาพที่ 7

ตารางที่ 17 สัดส่วนการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov

ประเภท การใช้ที่ดิน		สัดส่วนการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556 (คาดการณ์)					
		อาคาร/ สิ่งปลูกสร้าง	ป่าไม้	เกษตร	แหล่ง น้ำ	อื่นๆ	รวม
สัดส่วนการใช้ที่ดินปี 2545	อาคาร/สิ่งปลูกสร้าง	13.08	11.81	61.70	0.97	1.50	89.05
	ป่าไม้	8.73	300.04	267.59	0.88	33.14	610.39
	เกษตร	156.40	493.14	1,723.28	20.04	110.16	2,503.03
	แหล่งน้ำ	1.70	1.41	8.75	21.64	0.21	33.71
	อื่นๆ	1.48	32.36	39.70	0.93	7.53	82.00
	รวม	181.38	838.76	2,101.03	44.46	152.54	3,318.17

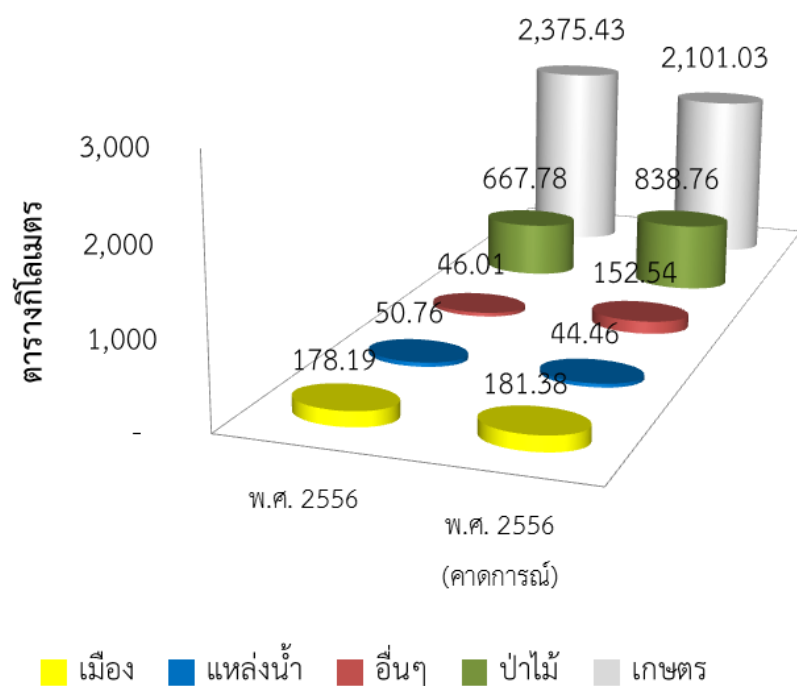
ตารางที่ 18 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ประเภท การใช้ที่ดิน	ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2556 (คาดการณ์)				
	อาคาร/ สิ่งปลูกสร้าง	ป่าไม้	เกษตร	แหล่งน้ำ	อื่นๆ
อาคาร/สิ่งปลูกสร้าง	0.1468	0.1326	0.6928	0.0109	0.0168
ป่าไม้	0.0143	0.4916	0.4384	0.0014	0.0543
เกษตร	0.0625	0.1970	0.6885	0.0080	0.0440
แหล่งน้ำ	0.0504	0.0418	0.2596	0.6421	0.0061
อื่นๆ	0.0180	0.3947	0.4842	0.0113	0.0919



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov กับข้อมูลที่จำแนกจากดาวเทียม Landsat 8 โดยมีสัดส่วนพื้นที่ตรงกันร้อยละ 70

ข้อมูลการใช้ที่ดินจากแบบจำลองของปี 2556 (คาดการณ์) เปรียบเทียบกับข้อมูลปี พ.ศ. 2556 มีสัดส่วนการใช้ที่ดินตรงกันร้อยละ 69.59 หรือประมาณร้อยละ 70 จากการคำนวณค่าความคล้าย (Similarity Analysis) หรือค่าความถูกต้องรวม (Overall accuracy) และค่า Kappa เท่ากับ 0.51 ดังภาพที่ 8 และตารางที่ 19



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ที่ดินที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2556 เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง Markov ปี พ.ศ. 2556 (คาดการณ์)

ตารางที่ 19 ความคล้ายระหว่างข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556 จากภาพถ่ายดาวเทียม กับข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov ปี พ.ศ. 2556

การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556 (ภาพถ่ายดาวเทียม) ตร.กม.						
ประเภทการใช้ที่ดิน	อาคาร/สิ่งปลูกสร้าง	ป่าไม้	เกษตร	แหล่งน้ำ	อื่นๆ	รวม
อาคาร/สิ่งปลูกสร้าง	39.58	12.33	121.89	6.77	0.81	181.38
ป่าไม้	20.01	436.99	351.08	2.00	28.77	838.84
เกษตร	109.65	173.83	1,796.09	11.64	9.82	2,101.02
แหล่งน้ำ	1.62	0.87	11.82	30.01	0.07	44.39
อื่นๆ	7.34	43.75	94.55	0.35	6.54	152.53
รวม	178.19	667.78	2,375.43	50.76	46.01	3,318.17
แบบจำลอง CA-Markov (ตรงกัน)	39.58	436.99	1,796.09	30.01	6.54	2,309.21
ร้อยละความคล้าย						69.59

2. การคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567

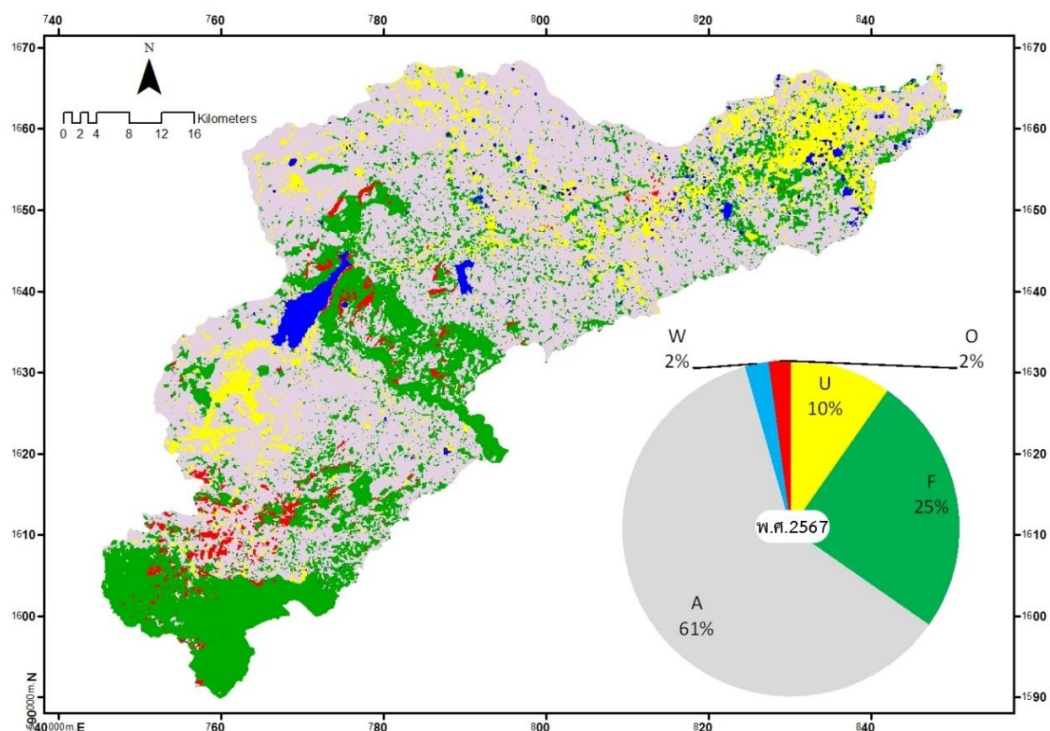
จากข้อมูลดาวเทียม ปี พ.ศ. 2545 และ 2556 โดยกำหนดสัดส่วนการใช้ที่ดิน (transition area) และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภท (Probability of changing) ด้วยแบบจำลอง Markov ตารางที่ 20 และ 21 นำค่าดังกล่าวไปใช้เพื่อการทำนายรูปแบบการใช้ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2567 ด้วยแบบจำลอง CA ดังภาพที่ 9

ตารางที่ 20 สัดส่วนการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov

		สัดส่วนการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567 (คาดการณ์)					
ประเภทการใช้ที่ดิน		อาคาร/สิ่งปลูกสร้าง	ป่าไม้	เกษตร	แหล่งน้ำ	อื่นๆ	รวม
สัดส่วนการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556	อาคาร/สิ่งปลูกสร้าง	30.10	15.38	124.68	6.67	1.36	178.19
	ป่าไม้	14.17	336.79	281.16	1.90	33.75	667.78
	เกษตร	275.03	458.02	1,578.01	31.39	32.98	2,375.43
	แหล่งน้ำ	1.27	1.05	12.84	35.41	0.19	50.76
	อื่นๆ	1.67	17.90	24.19	0.11	2.13	46.01
	รวม	322.24	829.14	2,020.88	75.49	70.42	3,318.17

ตารางที่ 21 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2567

ประเภทการใช้ที่ดิน	ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (คาดการณ์)				
	อาคาร/สิ่งปลูกสร้าง	ป่าไม้	เกษตร	แหล่งน้ำ	อื่นๆ
อาคาร/สิ่งปลูกสร้าง	0.1689	0.0863	0.6997	0.0374	0.0076
ป่าไม้	0.0212	0.5043	0.4210	0.0029	0.0505
เกษตร	0.1158	0.1928	0.6643	0.0132	0.0139
แหล่งน้ำ	0.0251	0.0207	0.2529	0.6976	0.0038
อื่นๆ	0.0363	0.3891	0.5258	0.0024	0.0463



ภาพที่ 9 การใช้ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov พร้อมสัดส่วนการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567

การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการสูญเสียดินโดยแบบจำลองการสูญเสียดิน

การวิเคราะห์ประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการสูญเสียดิน (Universal Soil Loss Equation; USLE) มีตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด 5 ตัวแปร มีรายละเอียดดังนี้

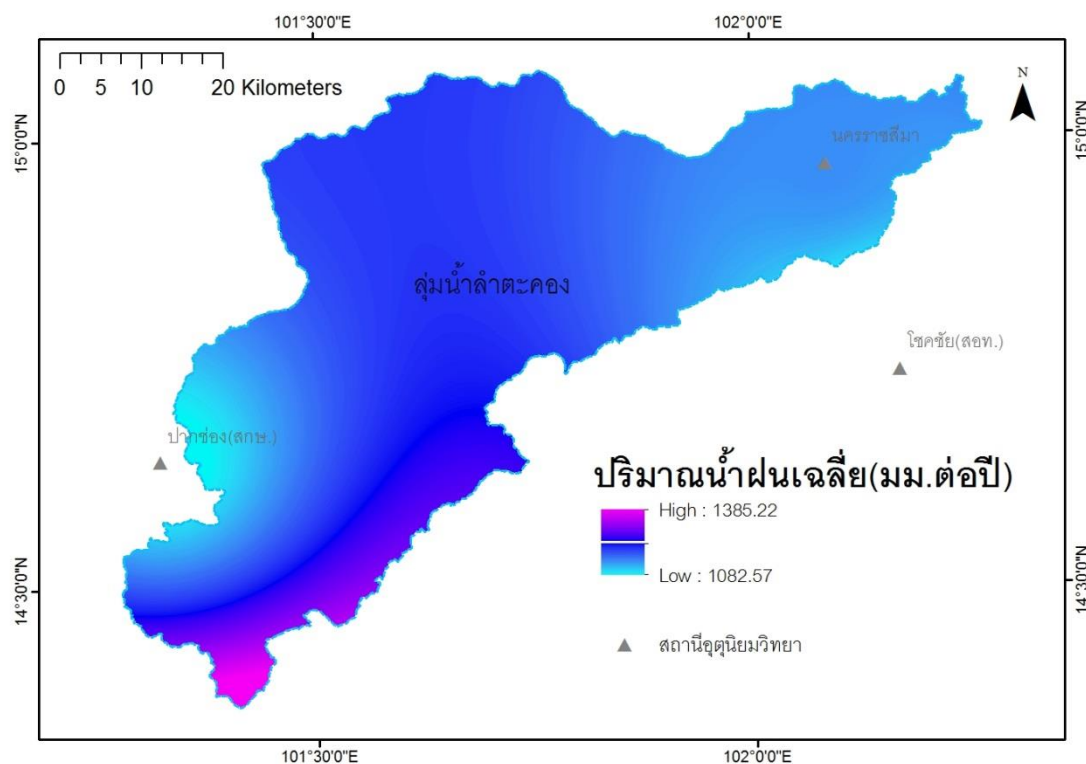
1. ค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝน (Rainfall and Runoff Erosivity Factor)

ใช้ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 13 ปี (2543-2555) (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557) จากสถานีอุตุนิยมวิทยาครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองรัศมี 100 กิโลเมตร จำนวน 12 สถานี (ตารางที่ 22) วิเคราะห์ด้วยการประมาณค่า (Interpolation) ด้วยวิธีการ Inverse Distance Weighting (IDW) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า R

ตารางที่ 22 สถานีอุตุนิยมวิทยาครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองรัศมี 100 กิโลเมตร และค่าปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย

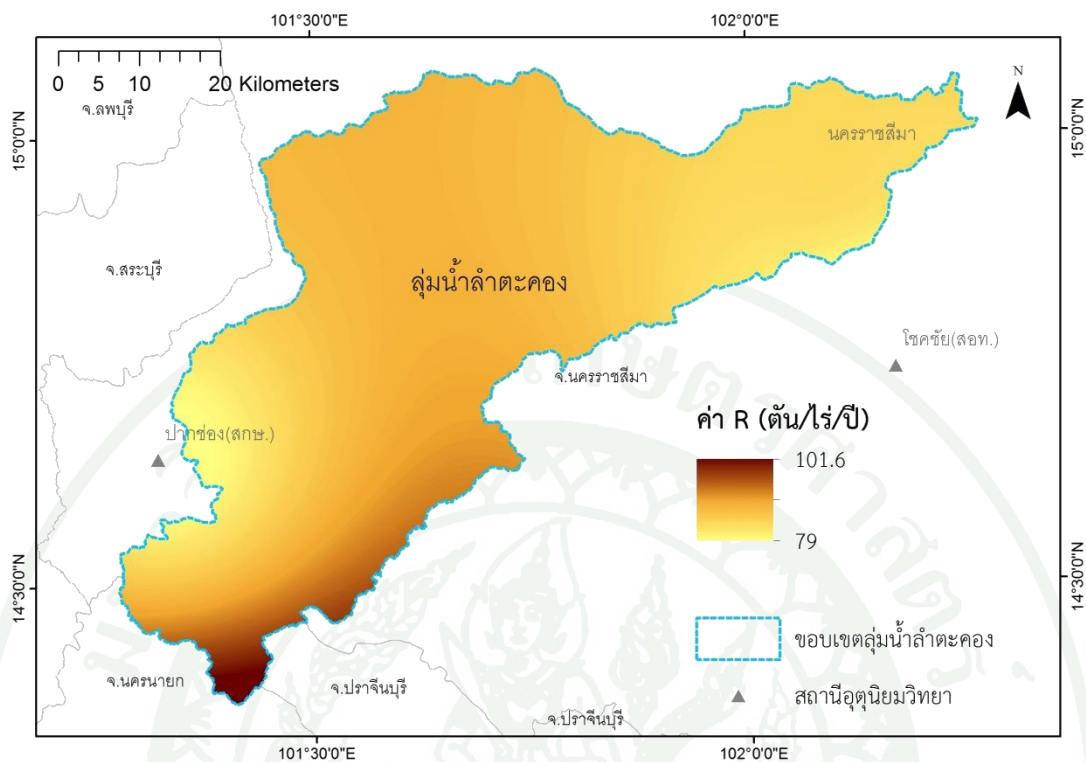
ลำดับ	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	พิกัดกริด		ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.)
			Easting	Northing	
1	48403	ชัยภูมิ	824529.29	1750470.00	1,224.89
2	48413	วิเชียรบุรี (สอท.)	725694.70	1732117.85	1,288.08
3	48418	บัวชุม (สอท.)	734913.17	1689002.03	1,134.72
4	48426	ลพบุรี	675237.42	1636832.32	1,114.25
5	48430	ปราจีนบุรี	755871.53	1554642.45	1,837.28
6	48431	นครราชสีมา	831959.93	1657131.17	1,143.13
7	48434	โชคชัย (สอท.)	841159.19	1631746.14	1,010.12
8	48435	ปากช่อง (สกษ.)	750049.00	1620017.44	1,079.40
9	48436	บุรีรัมย์ (สอท.นางรอง)	900999.64	1620803.26	1,281.53
10	48439	กบินทร์บุรี (สอท.)	792181.37	1547836.35	1,550.96
11	48440	สระแก้ว (สกษ.)	827884.09	1526786.35	1,431.44
12	48456	สนามบินดอนเมือง	673405.80	1539370.97	1,548.46

จากสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 12 สถานี แบ่งเป็นสถานีอุตุนิยมวิทยาจำนวน 5 สถานี สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทก (สอท.) จำนวน 5 สถานี และสถานีอากาศเกษตร (สกษ.) จำนวน 2 สถานี มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนสูงสุดเท่ากับ 1,837.28 มิลลิเมตรต่อปี ที่สถานีอุตุนิยมวิทยาปราจีนบุรี และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1,010.12 มิลลิเมตรต่อปี ที่สถานีอุตุนิยมวิทยาโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและการประมาณค่า (Interpolation) ด้วยเทคนิค Inverse Distance Weighting (IDW) ด้วยโปรแกรม ArcGIS ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1,385.22 มิลลิเมตรต่อปี และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 1,082.57 มิลลิเมตรต่อปี (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ที่ได้จากการทำ Interpolation สถานีอุตุนิยมวิทยา 12 สถานี ด้วยเทคนิค IDW

ค่าปัจจัยการกักต่อนของฝน (R) ที่คำนวณโดยสมการปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 101.54 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งได้แก่ พื้นที่บริเวณเขาใหญ่ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยมากที่สุด ค่า R น้อยที่สุดในพื้นที่ที่มีค่าเท่ากับ 78.93 ตันต่อไร่ต่อปี บริเวณเขตอำเภอปากช่องและทางใต้ของ อำเภอเมืองที่อยู่ใกล้สถานีตรวจอากาศโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา ภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝน R (ตัน/ไร่/ปี) ที่ได้จากการคำนวณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี

2. ค่าปัจจัยความคงทนของดิน (K)

ค่าปัจจัยความคงทนของดิน (Soil Erodibility Factor) คำนวณได้จากปัจจัยชุดดิน และหน่วยหินทางธรณีวิทยา (เฉพาะชุดดินชุดที่ 62) ค่าที่ได้ดังตารางที่ 23 ตารางที่ 24 และภาพที่ 12

ตารางที่ 23 ค่าของปัจจัย K ที่ได้จากการจำแนกชุดดิน (ยกเว้นชุดดินชุดที่ 62)

ลำดับ	ชุดดิน	คำอธิบายชุดดิน	ค่า K	พื้นที่ (ตร.กม.)
1	1	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินเหนียว	0.15	30.96
2	2	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินเหนียว	0.15	0.32
3	3	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินเหนียว	0.15	241.76
4	4	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินเหนียว	0.15	35.07
5	5	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินเหนียว	0.15	10.40
6	6	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินเหนียว	0.36	1.21

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ลำดับ	ชุดดิน	คำอธิบายชุดดิน	ค่า K	พื้นที่ (ตร.กม.)
7	7	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินเหนียว	0.36	53.70
8	17	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินร่วนละเอียด	0.26	11.67
9	18	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินร่วนละเอียด	0.26	40.44
10	19	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินร่วนหยาบ	0.26	3.96
11	20	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินเค็ม	0.26	10.39
12	22	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินร่วนหยาบ	0.05	7.60
13	28	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินเหนียว	0.13	100.70
14	29	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินเหนียว	0.25	391.69
15	31	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินเหนียว	0.25	209.73
16	33	กลุ่มชุดดินที่พบสองฝั่งริมแม่น้ำ	0.37	8.31
17	35	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินร่วนละเอียด	0.24	122.17
18	36	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินร่วนละเอียด	0.24	256.31
19	38	กลุ่มชุดดินที่พบสองฝั่งริมแม่น้ำ	0.24	2.12
20	40	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินร่วนหยาบ	0.24	765.74
21	41	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินทรายหนา	0.04	38.18
22	44	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินทรายหนา	0.04	46.04
23	46	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินตื้นถึงชั้นลูกรัง ก้อนกรวดหรือเศษหิน	0.25	1.62
24	47	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินตื้นถึงชั้นหินพื้น	0.29	237.43
25	48	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินตื้นถึงชั้นลูกรัง ก้อนกรวดหรือเศษหิน	0.24	71.87
26	49	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินตื้นถึงชั้นลูกรัง ก้อนกรวดหรือเศษหิน	0.24	1.03
27	52	กลุ่มชุดดินที่มีชั้นปูนภายในความลึก 100 ซม.	0.25	55.91
28	55	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินลิกปานกลาง	0.25	146.46
29	56	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินลิกปานกลาง	0.24	41.60
30	59	กลุ่มชุดดินที่เป็นดินร่วนละเอียด	0.35	11.36

ตารางที่ 23 (ต่อ)

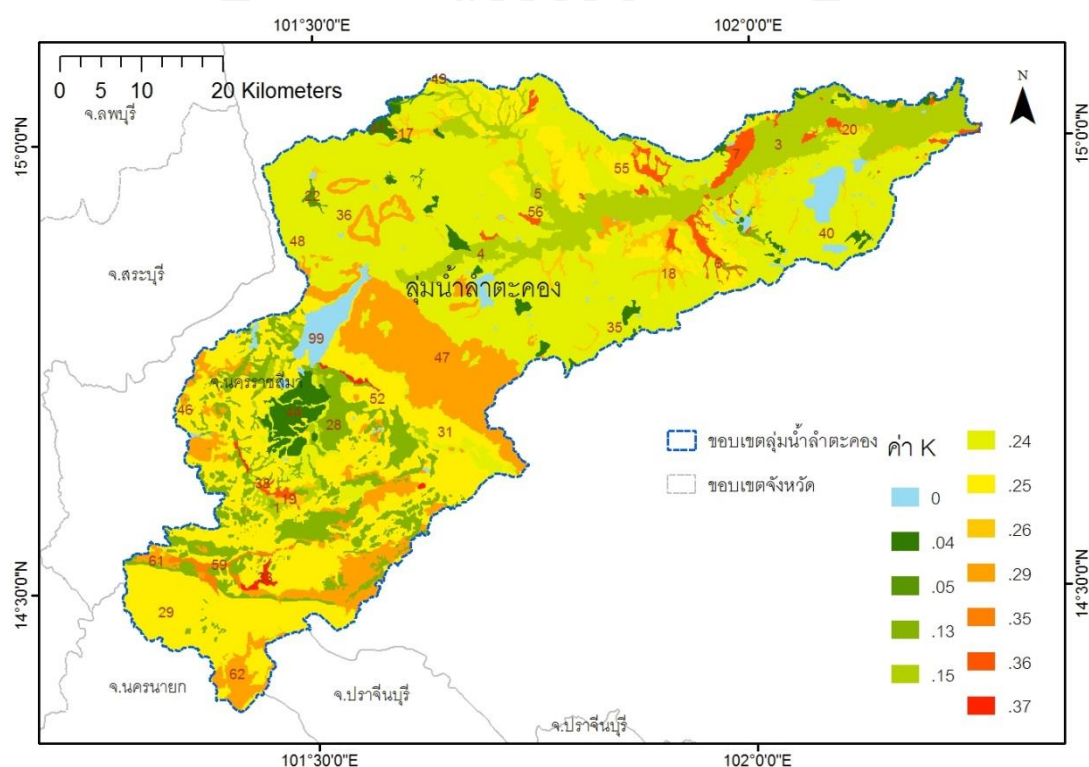
ลำดับ	ชุดดิน	คำอธิบายชุดดิน	ค่า K	พื้นที่ (ตร.กม.)
31	61	กลุ่มชุดดินที่พบบริเวณที่ลาดเชิงเขา	0.29	5.27
32	99	แหล่งน้ำ	0.00	80.43
33	62	กลุ่มชุดดินที่มีความลาดชันสูงมากหรือมีความลาดชันมากกว่า 35%	พิจารณาตามหน่วยหินธรณีวิทยา	276.12

ตารางที่ 24 ค่าของปัจจัย K ที่ได้จากการจำแนกหน่วยหินทางธรณีวิทยา (เฉพาะชุดดินชุดที่ 62)

ลำดับ	ชุดดิน	หน่วยหินธรณีวิทยา	ค่า K	พื้นที่ (ตร.กม.)
1	62	Jpk	0.29	30.77
2	62	Jpw	0.29	80.60
3	62	Jsk	0.29	6.32
4	62	Kpp	0.29	19.17
5	62	P1-2	0.13	120.88
6	62	P2-3	0.13	15.46
7	62	PR_v	0.13	2.31
8	62	R_gr@P+Rgr	0.24	0.29
9	62	R_hl	0.29	0.31

ค่า K ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองมีค่าอยู่ในช่วง 0.04-0.37 โดยเรียงลำดับความคงทนของดินจากมากไปน้อย รวมพื้นที่แหล่งน้ำที่มีค่า K เท่ากับ 0.00 ซึ่งถือว่าการกักเก็บเป็น 0 ชุดดินที่มีความคงทนการกักเก็บมากที่สุด (0.04) ได้แก่ ชุดดินที่ 41 และ 44 ประกอบด้วยดินทรายชั้นหนาเป็นหลัก การเกิดการน้ำไหลบ่าผิวดิน (Runoff) ต่ำมาก จึงทำให้ค่าความคงทนในการกักเก็บสูงสุด ชุดดินที่มีความคงทนต่อการกักเก็บน้อยที่สุดได้แก่ ชุดดินที่ 33 ซึ่งเป็นดินที่พบสองฝั่งริมแม่น้ำเป็นหลัก โดยดินดังกล่าวเป็นดินใหม่ที่มีความคงทนในการกักเก็บต่ำและมีโอกาสถูกกักเก็บโดยน้ำได้มาก

ดินที่พบมากที่สุดในพื้นที่ ได้แก่ ชุดดินที่ 40 เป็นกลุ่มดินร่วนหยาบมีพื้นที่ประมาณ 765 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 23 ของพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ซึ่งมีความคงทนในการกักเก็บน้ำเท่ากับ 0.24 มีความคงทนในการกักเก็บน้ำระดับปานกลาง ชุดที่ 62 หรือดินที่มีความลาดชันสูงมาก หรือมีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 ได้แก่ ดินในเขตภูเขาพิจารณาว่า K จากลักษณะหน่วยหินทางธรณีวิทยาแบ่งเป็น 9 หน่วย มีค่าความคงทนมากที่สุดเท่ากับ 0.13 และค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.29



ภาพที่ 12 ค่า K ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง จำแนกตามชุดดินและหน่วยหินทางธรณีวิทยา

.3. ค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความลาดชัน (LS)

แบ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความลาดเอียง (L) และค่าที่เกิดจากความลาดชัน (S) ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเอียง (L) ที่ได้จากการคำนวณความยาวความลาดเอียง (λ) ขนาดจุดภาพ 30 เมตร ร่วมกับค่ายกกำลัง (m) จำแนกตามองศาความลาดเอียงมี 69 ค่า ตั้งแต่ 0 องศา ถึง 69 องศา ค่าที่น้อยที่สุดเท่ากับ 1.070 ที่ความลาดชันอยู่ในช่วง 0-1 องศา และค่ามากที่สุด

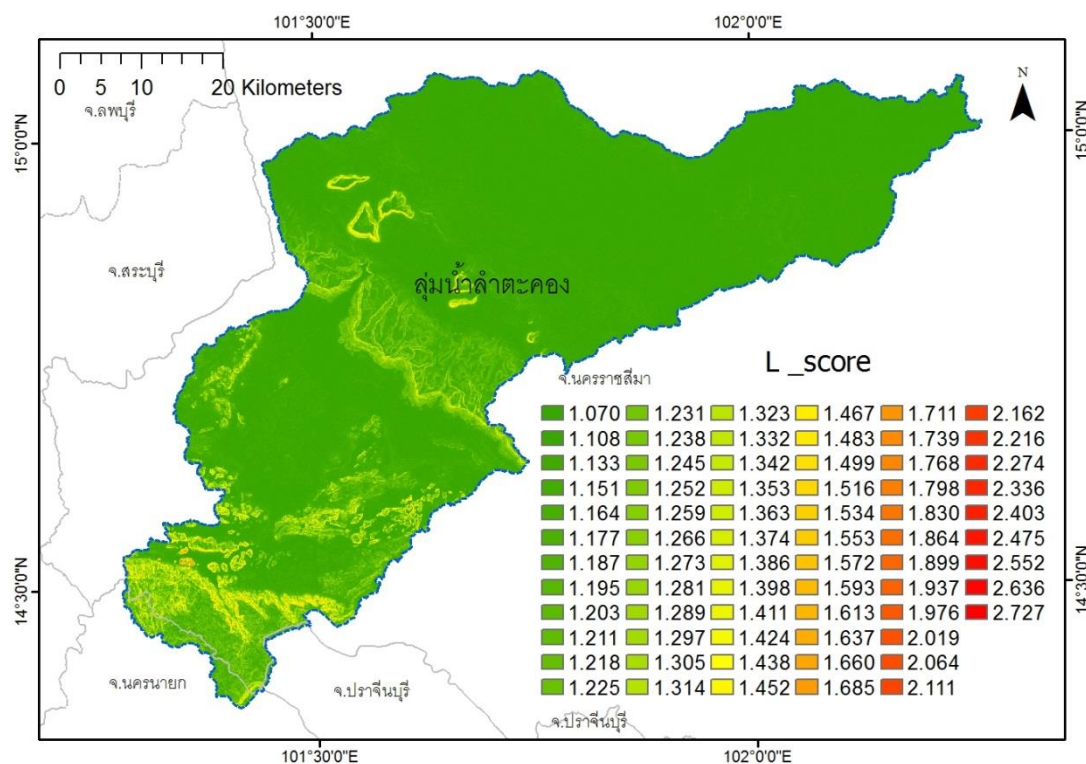
เท่ากับ 2.727 ที่ความลาดชันอยู่ในช่วง 68-69 องศา ข้อมูลปัจจัยความลาดเอียง ดังตารางที่ 25 และ ภาพที่ 13

ตารางที่ 25 ค่า L จากความยาวความลาดเอียง λ และค่ายกกำลัง m

ค่าความยาว				ค่าความยาว			
องศา	ความลาดฯ	ค่ายกกำลัง	ค่า L	องศา	ความลาดฯ	ค่ายกกำลัง	ค่า L
	(λ)	(m)			(λ)	(m)	
1	30.005	0.223	1.070	36	37.082	0.722	1.452
2	30.018	0.337	1.108	37	37.564	0.724	1.467
3	30.041	0.409	1.133	38	38.071	0.726	1.483
4	30.073	0.459	1.151	39	38.603	0.727	1.499
5	30.115	0.497	1.165	40	39.162	0.729	1.516
6	30.165	0.526	1.177	41	39.750	0.731	1.534
7	30.225	0.549	1.187	42	40.369	0.732	1.553
8	30.295	0.568	1.195	43	41.020	0.733	1.572
9	30.374	0.585	1.203	44	41.705	0.735	1.593
10	30.463	0.599	1.211	45	42.426	0.736	1.614
11	30.562	0.611	1.218	46	43.187	0.737	1.637
12	30.670	0.621	1.225	47	43.988	0.738	1.660
13	30.789	0.631	1.232	48	44.834	0.739	1.685
14	30.918	0.639	1.238	49	45.728	0.740	1.711
15	31.058	0.647	1.245	50	46.672	0.741	1.739
16	31.209	0.654	1.252	51	47.670	0.742	1.768
17	31.371	0.660	1.259	52	48.728	0.743	1.798
18	31.544	0.666	1.266	53	49.849	0.744	1.830
19	31.729	0.671	1.273	54	51.039	0.745	1.864
20	31.925	0.676	1.281	55	52.303	0.746	1.899
21	32.134	0.680	1.289	56	53.649	0.746	1.937
22	32.356	0.684	1.297	57	55.082	0.747	1.977

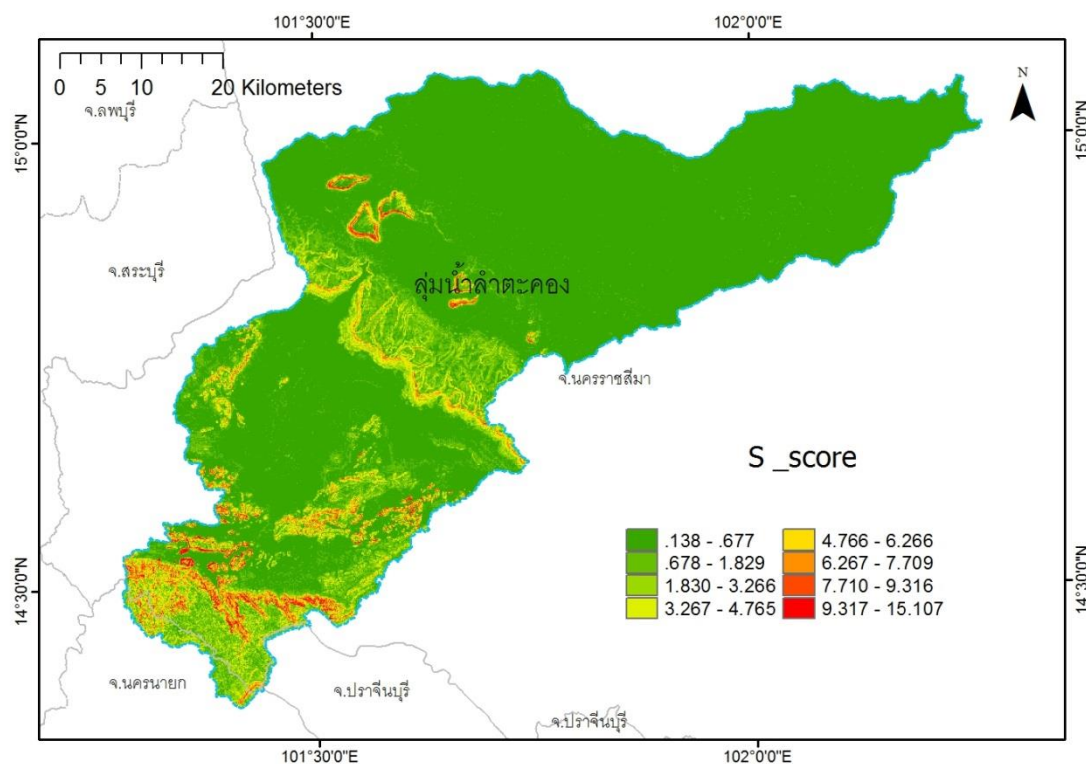
ตารางที่ 25 (ต่อ)

ค่าความยาว				ค่าความยาว			
องศา	ความลาดๆ	ค่ายกกำลัง	ค่า L	องศา	ความลาดๆ	ค่ายกกำลัง	ค่า L
	(λ)	(m)			(λ)	(m)	
23	32.591	0.688	1.305	58	56.612	0.748	2.019
24	32.839	0.692	1.314	59	58.248	0.749	2.064
25	33.101	0.695	1.323	60	60.000	0.749	2.111
26	33.378	0.699	1.333	61	61.880	0.750	2.162
27	33.670	0.702	1.342	62	63.902	0.751	2.216
28	33.977	0.704	1.353	63	66.081	0.751	2.274
29	34.301	0.707	1.363	64	68.435	0.752	2.336
30	34.641	0.710	1.374	65	70.986	0.752	2.403
31	34.999	0.712	1.386	66	73.758	0.753	2.475
32	35.375	0.714	1.398	67	76.779	0.753	2.552
33	35.771	0.717	1.411	68	80.084	0.754	2.636
34	36.187	0.719	1.424	69	83.713	0.754	2.727
35	36.623	0.721	1.438				



ภาพที่ 13 ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเอียง (L) ที่ได้จากความยาวความลาดเอียง (λ) และค่า ยกกำลัง (m)

ค่าปัจจัยความลาดชัน (s) คือค่าที่ได้จากการคำนวณองศาความลาดชัน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ตามร้อยละของความลาดชัน คือ ความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 9 และความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 9 ขึ้นไป ค่าปัจจัยความลาดชันต่ำสุดที่ความลาดชันร้อยละ 1 มีค่าเท่ากับ 0.138 และค่าปัจจัยความลาดชัน มากที่สุดที่ความลาดชันร้อยละ 250 มีความเสี่ยงในการเกิดการพังทลายของดินมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 15.107 (ภาพที่ 14) ค่าปัจจัยความลาดชันรวม (LS) จำแนกตามตารางที่ 26



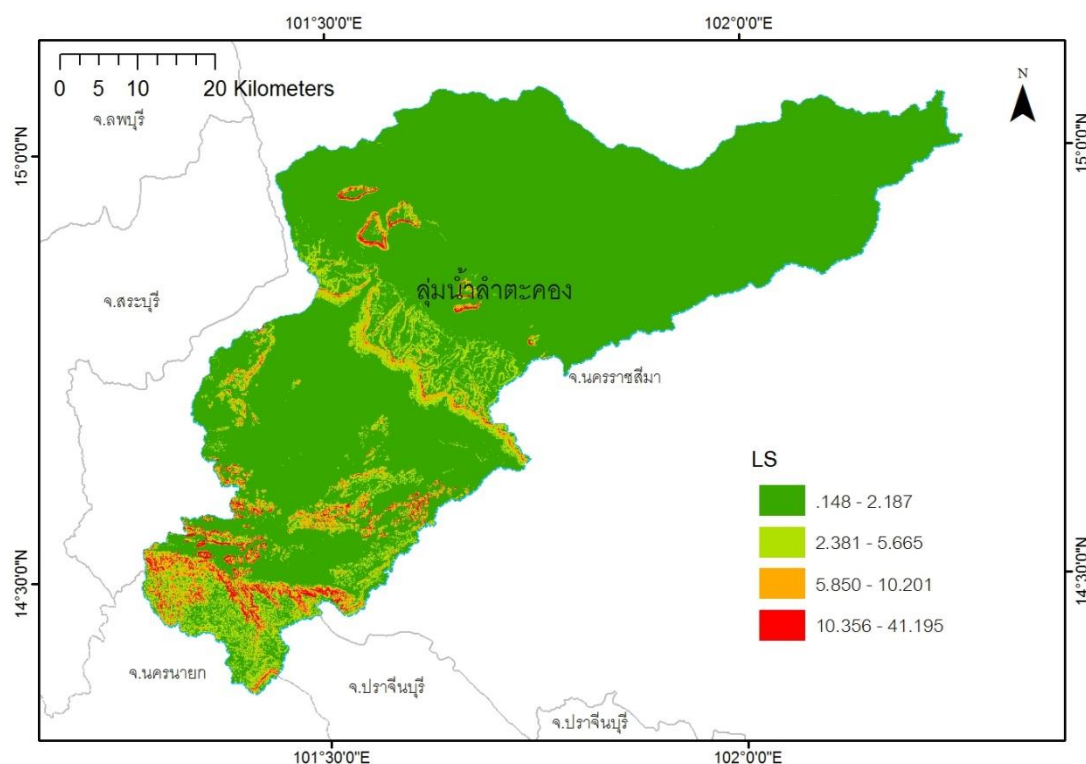
ภาพที่ 14 ค่าปัจจัยความลาดชัน S ในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 26 ค่า LS ที่จำแนกเป็น 4 ระดับ และขนาดพื้นที่

ระดับที่	ค่า LS	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
1	0.148 - 2.187	2,870.08	86.51
2	2.381 - 5.665	264.92	7.99
3	5.858 - 10.201	127.73	3.85
4	10.356 - 41.195	54.87	1.65
รวม		3,317.60	100.00

ค่าปัจจัยความลาดชัน LS คือ ค่าที่เกี่ยวข้องกับความสูงต่ำของภูมิประเทศที่ส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดินโดยการคูณค่าปัจจัยความยาวความลาดเอียง (L) กับค่าปัจจัยความลาดชัน (S) ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ค่า LS ที่ได้มีจำนวนทั้งหมด 245 ระดับ LS น้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.148 คิดเป็นพื้นที่ 497.62 ตารางกิโลเมตรของพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ค่า LS มากที่สุดเท่ากับ 41.195

มีพื้นที่เท่ากับ 900 ตารางเมตร โดยค่า LS เท่ากับ 0.263 มีพื้นที่มากที่สุดเท่ากับ 531.43 ตารางกิโลเมตร ค่า LS จำแนก 10 กลุ่ม ดังตารางที่ 26 และภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ค่าปัจจัยความลาดชันรวม (LS)

4. ค่าปัจจัยของการจัดการพืช (C)

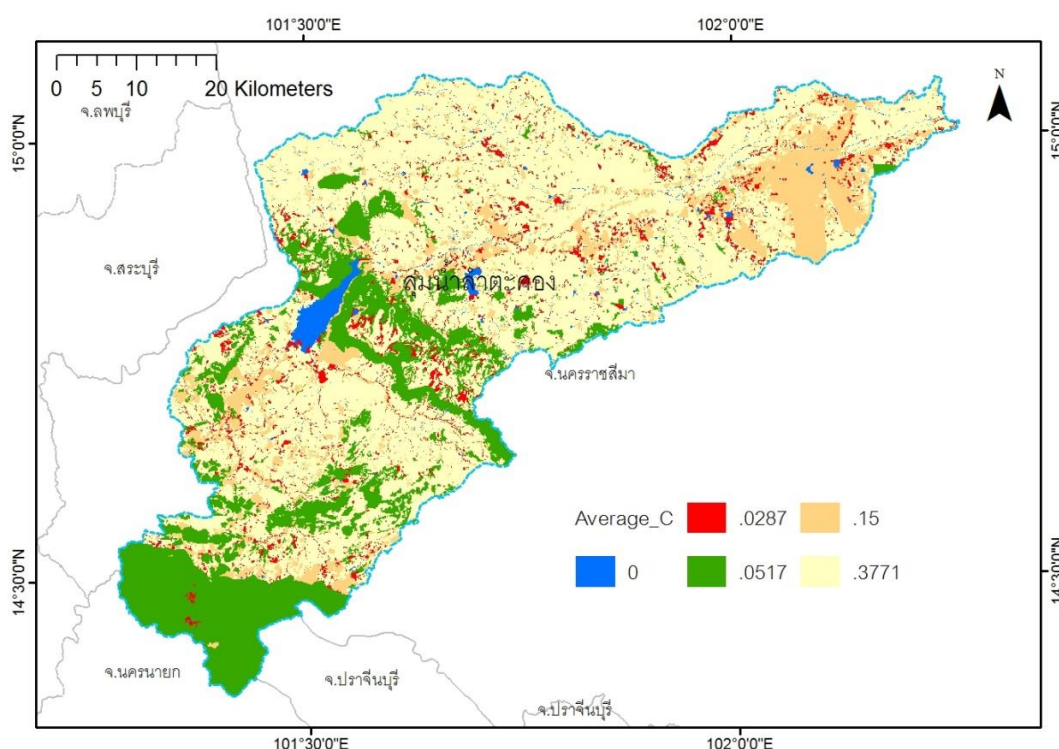
เป็นค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับการใช้ที่ดินที่ส่งผลต่อการเกิดการสูญเสียดินในอัตราที่แตกต่างกัน โดยค่า C ที่สัมพันธ์กับการจำแนกการใช้ที่ดินระดับ 2 ของกรมพัฒนาที่ดินดังแสดงในตารางที่ 27 เนื่องจากการจำแนกการใช้ที่ดินที่ใช้ในการศึกษานี้ใช้การจำแนกการใช้ที่ดินระดับที่ 1 ของกรมพัฒนาที่ดิน โดยค่าเฉลี่ยจากการใช้ที่ดินระดับที่ 1 ดังตารางที่ 28 และภาพที่ 16

ตารางที่ 27 ค่าปัจจัย C จำแนกตามการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน

จำแนกการใช้ที่ดิน	คำอธิบาย	C
A0	เกษตรผสมผสาน	0.225
A1	นาข้าว	0.280
A2	พืชไร่	0.525
A2	ไร่มวนเวียน	0.250
A3	ไม้ยืนต้น	0.150
A4	ไม้ผล	0.300
A5	พืชสวน	0.600
A7	โรงเรือนเลี้ยงสัตว์	0.150
A9	เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	0.000
F1	ป่าไม้ผลัดใบ	0.003
F2	ป่าผลัดใบ	0.048
F5	สวนป่า	0.088
F5	วนเกษตร	0.088
M1	ทุ่งหญ้า	0.100
M1	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	0.100
M2	พื้นที่ลุ่ม	0.015
M3	บ่อขุด	0.015
M4	ที่ทิ้งขยะ	0.015
U1	ที่อยู่อาศัยหนาแน่น	0.150
U2	ที่อยู่อาศัยปานกลาง	0.150
U3	สถานที่ราชการ	0.150
U4	ถนน สิ่งก่อสร้าง	0.150
U5	โรงงานอุตสาหกรรม	0.150
U6	สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ	0.150
W1	ทางน้ำธรรมชาติ	0.000
W2	คลองชลประทาน	0.000

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยปัจจัย C จากการจำแนกการใช้ที่ดินระดับ 2 ของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อจำแนกตามการใช้ที่ดินระดับที่ 1

จำแนกการใช้ที่ดิน	คำอธิบาย	C	P	CP
U	อาคารและสิ่งปลูกสร้าง	0.150	1	0.150
F	ป่าไม้	0.052	1	0.052
A	เกษตร	0.377	0.919	0.346
W	แหล่งน้ำ	0.000	1	0.000
O หรือ M	อื่นๆ	0.029	1	0.029



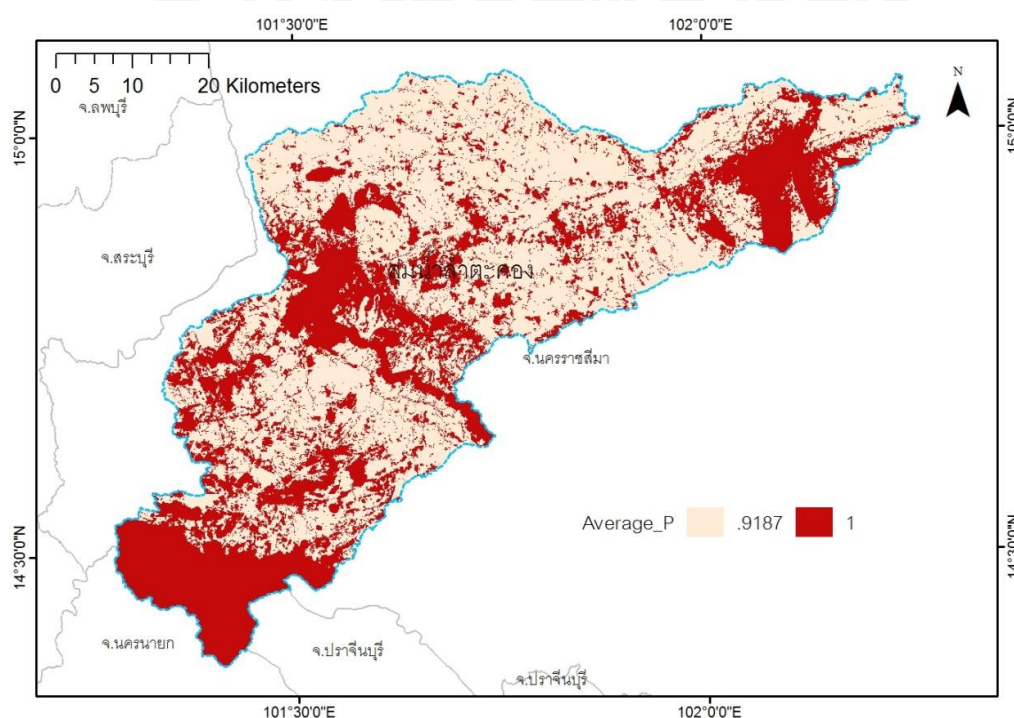
ภาพที่ 16 ค่า C ตามการจำแนกการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินระดับที่ 1 (เฉลี่ยจากค่า C จากการใช้ที่ดินระดับที่ 2)

ค่า C มากที่สุดได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรมมีค่าเท่ากับ 0.377 แสดงว่า พื้นที่เกษตรกรรมส่งผลให้มีการสูญเสียดินมากที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ พื้นที่ป่าไม้มีค่า C เท่ากับ 0.052 ซึ่งมีการสูญเสียดินระดับต่ำ เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้มีเรือนยอดและสิ่งปกคลุมดินสูงที่ช่วยชะลอและ

ลดความรุนแรงของการกัดเซาะโดยฝนและน้ำได้ดี พื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างมีค่า C เท่ากับ 0.150 ซึ่งมีค่าการสิ่งปกคลุมในการป้องกันการชะล้างในระดับปานกลาง ค่าที่ได้จะมีความแตกต่างกันตามความหนาแน่นของอาคารที่ต่างกัน โดยค่า C ของอาคารสิ่งปลูกสร้างยิ่งน้อย แสดงว่าพื้นที่มีอาคารและสิ่งปลูกสร้างอยู่หนาแน่น แต่ค่า C ที่นำมาใช้เป็นค่า C ที่เกิดจากการเฉลี่ย พื้นที่อื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ พื้นที่บ่อขุดประเภทต่างๆ หรือพื้นที่ที่น้ำท่วมขัง ค่า C จึงมีค่าต่ำมาก มีค่าเท่ากับ 0.029 และพื้นที่แหล่งน้ำถือว่ามีการสูญเสียดินเท่ากับศูนย์ หรือไม่มีการสูญเสียดินในแหล่งน้ำ

5. ค่าการจัดการพื้นที่เพื่อการลดการชะล้างพังทลาย (P)

ค่าสูงสุดเท่ากับ 1 คือ ไม่มีการจัดการใดๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ค่า P ดังแสดงในตารางที่ 28 โดยการใช้ที่ดินส่วนใหญ่ได้แก่ พื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง ป่าไม้ แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ มีค่า P เท่ากับ 1 หรือไม่มีการจัดการใดๆ มีเพียงพื้นที่การเกษตรบางส่วนที่มีการจัดการเพื่อลดการชะล้างพังทลายของดิน พื้นที่ดังกล่าวได้แก่ พื้นที่นาข้าว ค่า P ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าเท่ากับ 0.1 แต่มีสัดส่วนที่น้อยจึงทำให้ค่า P ของพื้นที่เกษตรกรรมเฉลี่ยเท่ากับ 0.919 ค่า P ในลุ่มน้ำลำตะคองแสดงในภาพที่ 17

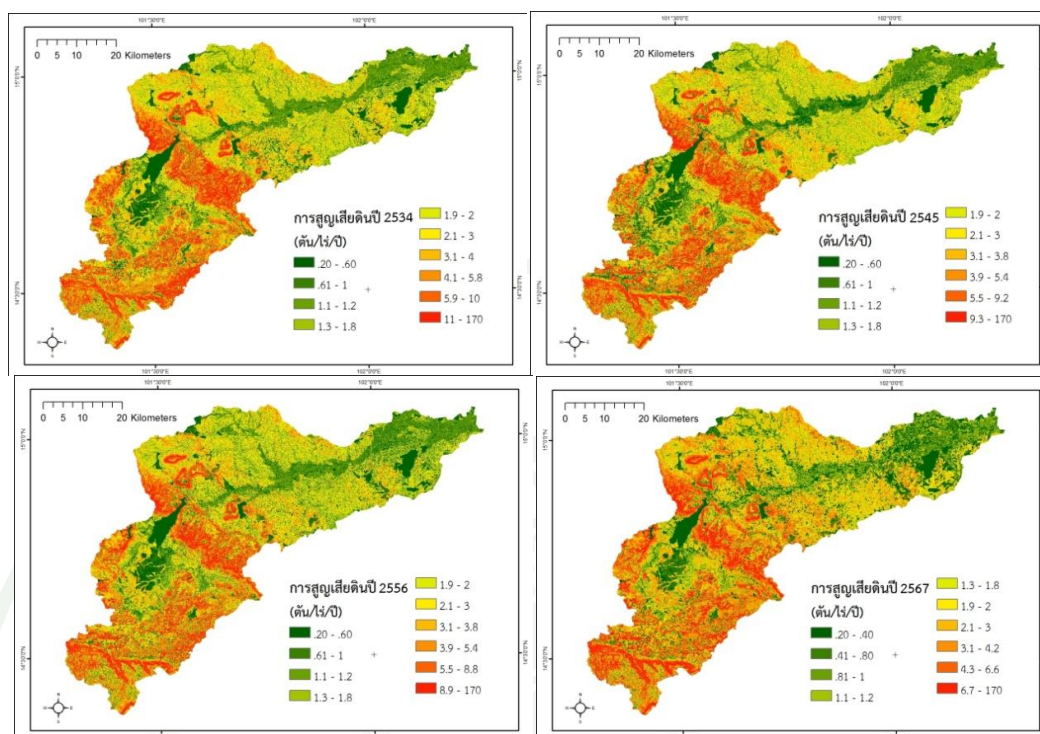


ภาพที่ 17 ค่า P ค่าการจัดการพื้นที่เพื่อการลดการชะล้างพังทลาย

เมื่อได้ปัจจัยในการหาปริมาณการสูญเสียดินครบทั้ง 6 ปัจจัย ซึ่งได้แก่ ปัจจัยปริมาณน้ำฝน (R) ค่าความคงทนของดิน (K) ค่าความยาวความลาดชัน (L) ค่าความลาดชัน (S) ค่าปัจจัยของการจัดการพืช (C) และค่าการจัดการพื้นที่เพื่อลดการชะล้างพังทลาย (P) จึงนำค่าทั้งหมดมาคำนวณด้วยสมการ $A = RKLSCP$ โดยการกำหนดปัจจัย R K L S เป็นปัจจัยคงที่เนื่องจากเป็นปัจจัยทางกายภาพที่มีความเปลี่ยนแปลงน้อย และกำหนดให้ค่า CP เปลี่ยนแปลงตามการใช้ที่ดินที่ได้จำแนกไว้คือ ปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และการใช้ที่ดินคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2567 มาเพื่อวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสูญเสียดินเมื่อการใช้ที่ดินเปลี่ยนไป ได้ค่าปริมาณการสูญเสียดินดังตารางที่ 29 และภาพที่ 18

ตารางที่ 29 ค่าการสูญเสียดินเปรียบเทียบตามการใช้ที่ดินในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

ปี	ค่าการสูญเสียดิน รวม (ตัน/ปี)	เฉลี่ยต่อไร่ (ตัน)	เปรียบเทียบ	ค่าแตกต่าง (ตัน/ปี)	ร้อยละ ความแตกต่าง
2534	9,525,388	4.59	-	-	
2545	8,969,446	4.33	ลดลง (-)	555,942	-5.84
2556	8,773,535	4.23	ลดลง (-)	195,911	-2.18
2567	7,310,836	3.53	ลดลง (-)	1,462,699	-16.67



ภาพที่ 18 ปริมาณการสูญเสียดินในปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และจากการคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567

ปริมาณการสูญเสียดินในปี พ.ศ. 2534 มีค่าเท่ากับ 9,525,388 ตัน เฉลี่ยไร่ละ 4.59 ตัน ปี พ.ศ. 2545 เท่ากับ 8,969,446 ตัน เฉลี่ยไร่ละ 4.33 ตัน ปี พ.ศ. 2556 เท่ากับ 8,773,535 ตัน เฉลี่ยไร่ละ 4.23 ตัน และจากการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี 2567 มีค่าการสูญเสียดินเท่ากับ 7,310,836 ตัน เฉลี่ยไร่ละ 3.53 ตัน

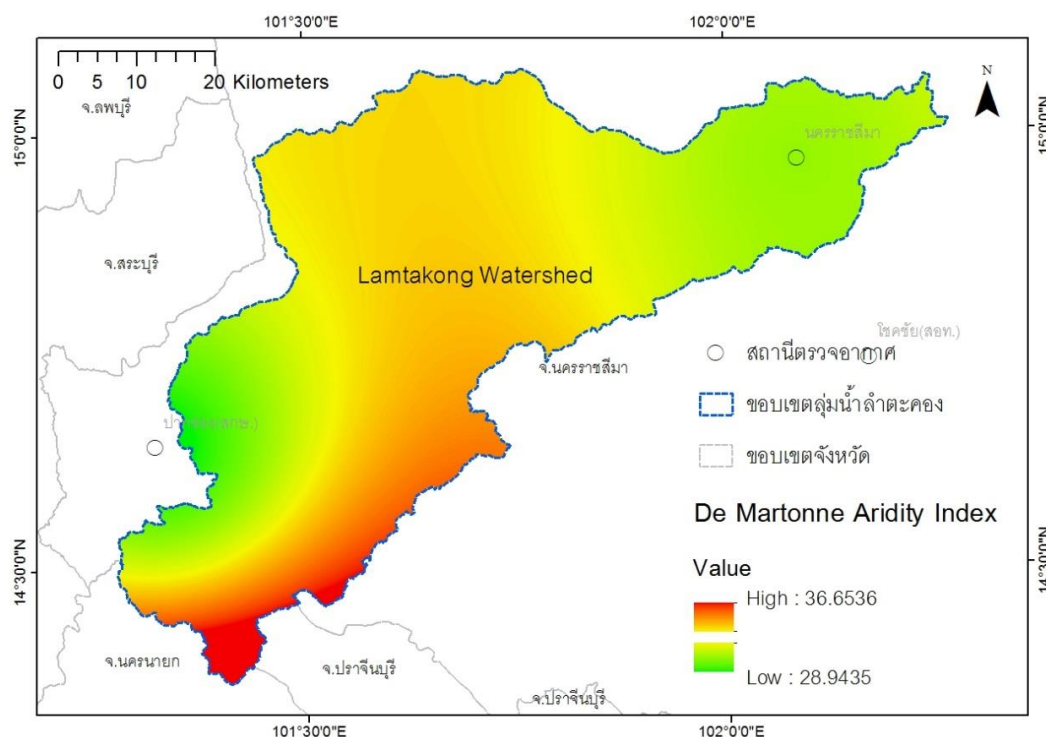
ปริมาณการสูญเสียดินมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา 22 ปี พ.ศ. (2534-2556) โดยลดลงร้อยละ 5.84 และ 2.18 ในปี พ.ศ. 2545 และ 2556 ตามลำดับ และเมื่อประเมินการสูญเสียดินจากการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 พบว่า มีแนวโน้มการสูญเสียดินลดลงอย่างมากโดยลดลงจากปี พ.ศ. 2556 ร้อยละ 16.67 สาเหตุสำคัญที่ทำให้การสูญเสียดินลดลงเนื่องจาก 1) การขยายตัวของอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งทำให้พื้นที่เกษตรกรรมลดลง 2) การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ทั้งจากนโยบายและข้อกำหนดในการอนุรักษ์ และจากแนวโน้มการปลูกไม้ยืนต้นที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการปลูกยางพารา ดังนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อปริมาณการสูญเสียดินอย่างมาก โดยปัจจัยอื่นๆ เช่น ปริมาณน้ำฝนและความลาดชันของพื้นที่จัดเป็นปัจจัยทางกายภาพที่มีความเปลี่ยนแปลงน้อย

การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

ปัจจัยการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง (Drought Risk Mapping) มี 5 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัจจัยปริมาณน้ำฝน 2) ปัจจัยคุณสมบัติดิน 3) ปัจจัยภูมิประเทศ 4) ปัจจัยแหล่งน้ำ และ 5) ปัจจัยการใช้ที่ดิน ปัจจัยทั้ง 5 นำมาหาค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยด้วยเทคนิค AHP และเทคนิค RGMM ซ้อนทับข้อมูลด้วยเทคนิค Multi-Criteria Analysis (MCA) มีรายละเอียดดังนี้

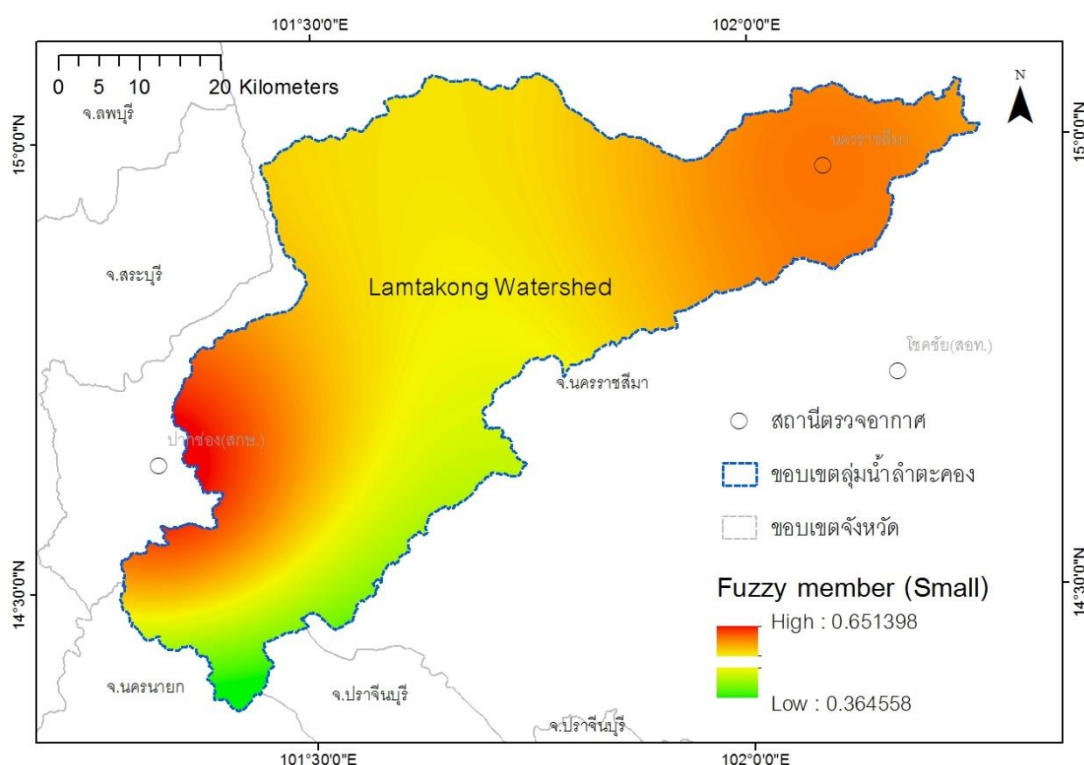
1. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง 5 ปัจจัย ได้แก่

1.1. ปัจจัยปริมาณน้ำฝน คำนวณปริมาณน้ำฝนด้วยเทคนิคการประมาณค่า Inverse Distance Weighting (IDW) จากค่าเฉลี่ยฝนรายปีจากสถานีอุตุนิยมวิทยา 12 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาโดยคำนวณจากสมการดัชนีความแห้งแล้งของ De Martonne หรือ De Martonne Aridity Index (DI) (EPA, 2012) ด้วยสมการ (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 ดัชนีความแห้งแล้งของ De Martonne (DI) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง

ดัชนีความแห้งแล้งของ De Martonne Aridity Index (DI) มีค่าอยู่ในช่วง 28.94 – 36.65 นำค่าที่ได้มาปรับมาตรฐานข้อมูล (Normalization) โดยฟังก์ชัน Fuzzy Member เลือกเทคนิค Small ในโปรแกรม ArcGIS เพื่อกำหนดค่า DI น้อยที่สุดมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 (มีโอกาสเกิดภัยแล้งสูงสุด) ได้แก่ บริเวณอำเภอปากช่องมีค่าเท่ากับ 0.651 และพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดภัยแล้งน้อยที่สุด ได้แก่ บริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ทางตอนใต้ของกลุ่มน้ำลำตะคอง มีค่าคะแนนใหม่เท่ากับ 0.364 ดังแสดงในภาพที่ 20

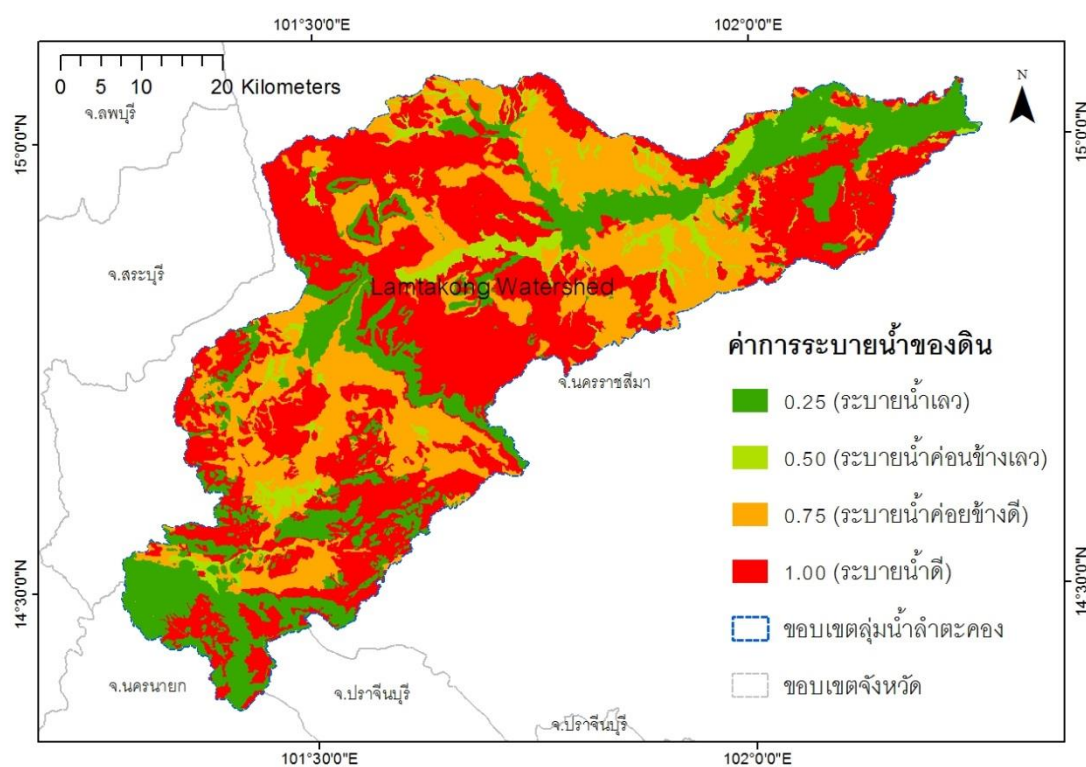


ภาพที่ 20 ดัชนีความแห้งแล้งของ De Martonne ที่ปรับให้มีค่ามาตรฐานไม่เกิน 1

1.2. ปัจจัยสมบัติดินการระบายน้ำในดินสามารถจำแนกได้ตามชุดดิน 62 ชุดดิน (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2557) ดังแสดงในตารางที่ 30 และภาพที่ 21

ตารางที่ 30 ค่าปัจจัยการระบายน้ำในดิน จำแนกตามกลุ่มชุดดิน

ชุดที่	คำอธิบาย	ชุดดิน	ค่าคะแนน
1	การระบายน้ำดี	26,27,29,30,40,43,44,45,46,47,48, 50,51,52,53,56	1.00
2	การระบายน้ำค่อนข้างดี	20,21,28,31,32,33,34,35,36,37,38,39, 41,42,49,54,55,60,61	0.75
3	การระบายน้ำค่อนข้างเลว	1,4,6,7,10,11,15,16,17,18,19,22,23, 24,25,59	0.50
4	การระบายน้ำเลว	2,3,5,9,12,13,14,57,58	0.25
5	ที่ลาดชันเชิงซ้อน	62	0.25
6	พื้นที่แหล่งน้ำและอื่นๆ	99	0.25

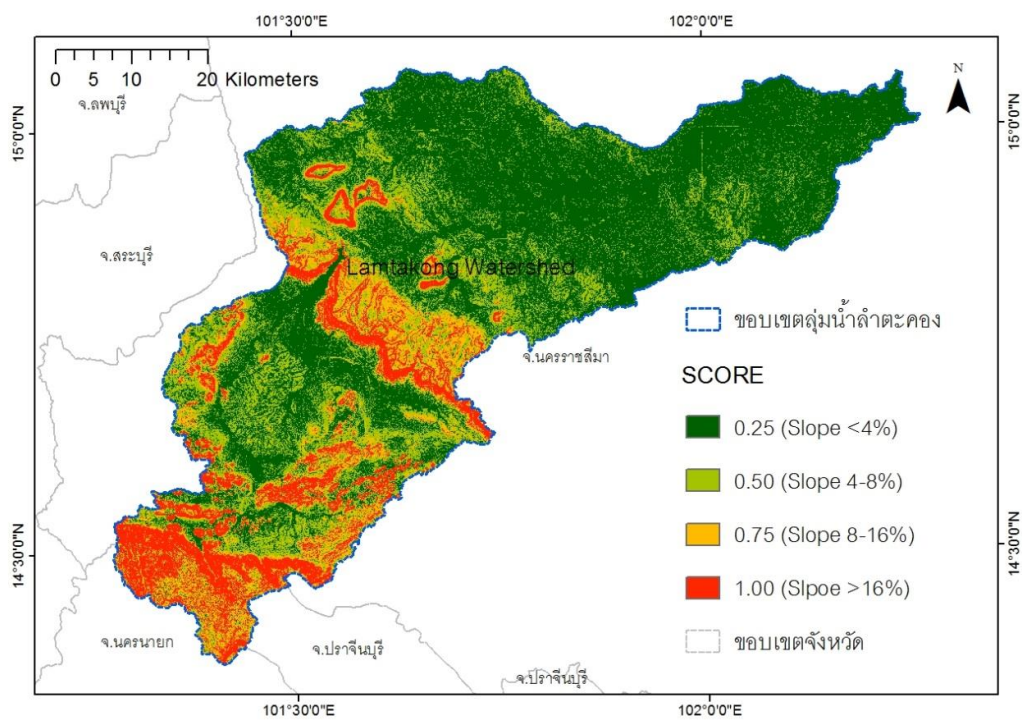


ภาพที่ 21 ปัจจัยสมบัติดิน แสดงค่าคะแนนการระบายน้ำของดินตามกลุ่มชุดดิน

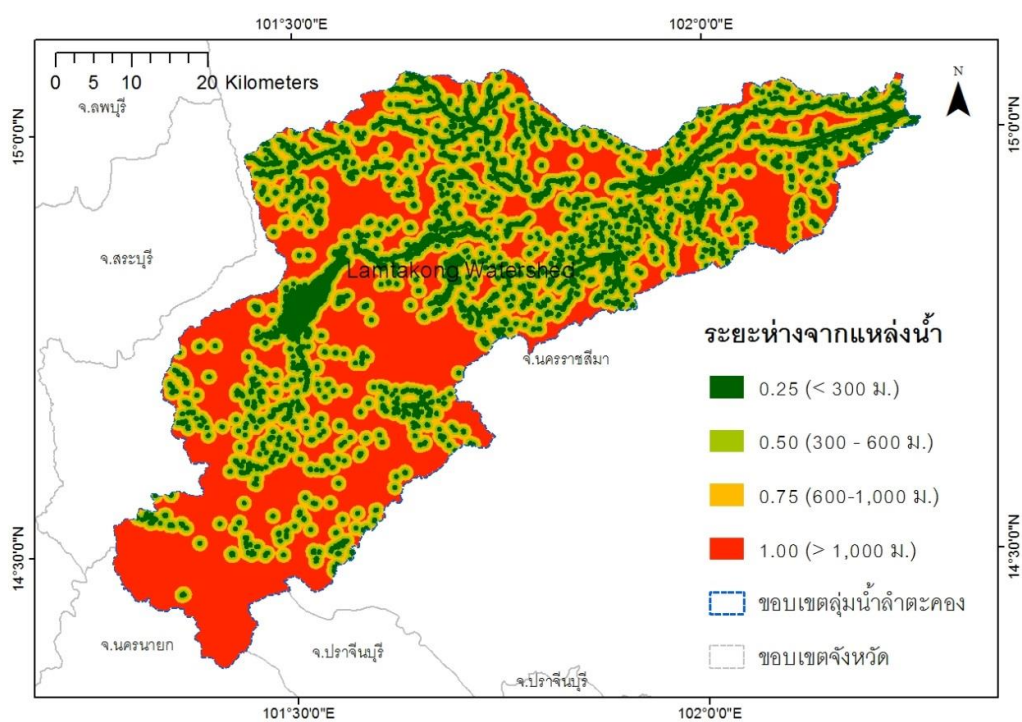
ชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองมีทั้งหมด 32 ชุดดิน ค่าการระบายน้ำของแต่ละชุดดิน แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่การระบายน้ำเร็ว ค่อนข้างเร็ว ค่อนข้างดี และการระบายน้ำดี โดยมีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 ตามลำดับ ชุดดินที่มีความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งมากที่สุดมีการระบายน้ำดี มีค่าคะแนนมากที่สุดเท่ากับ 1.00 ได้แก่ ชุดดินที่ 29, 40, 44, 46, 47, 48, 52 และ 56 รวม 8 ชุดดิน ชุดดินที่มีความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งมากมีการระบายน้ำค่อนข้างดี ค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 ได้แก่ชุดดินที่ 20, 28, 31, 33, 35, 36, 38, 41, 49, 55 และ 61 รวม 11 ชุดดิน ชุดดินที่มีความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งน้อยมีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 ได้แก่ชุดดินที่ 1, 4, 6, 7, 17, 18, 19, 22 และ 59 รวม 9 ชุดดิน และชุดดินที่มีความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งน้อยที่สุดมีการระบายน้ำเร็ว ค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 ได้แก่ชุดดินที่ 2, 3, 5, 62 และ ที่ดินบริเวณแหล่งน้ำ

1.3. ปัจจัยด้านภูมิประเทศ (ความลาดชัน) แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) พื้นที่ลาดชันมาก มีร้อยละความลาดชันมากกว่าร้อยละ 16 ค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 2) พื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลาง มีค่าร้อยละความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 8 ถึง 16 ค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 3) พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยมีค่าร้อยละความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 4 ถึง 8 ค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 และ 4) พื้นที่ราบหรือพื้นที่เกือบราบ มีค่าร้อยละความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 4 มีค่าคะแนนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.25 (ภาพที่ 22)

1.4. ปัจจัยแหล่งน้ำ คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระยะห่างจากแหล่งน้ำทั้งจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น อ่างเก็บน้ำ ห้วย หนอง และแม่น้ำหรือคลองสายหลัก เป็นต้น พื้นที่ที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำมีโอกาสเกิดภัยแล้งน้อยกว่าพื้นที่ที่อยู่ห่างจากแหล่งน้ำ แบ่งเป็น 1) อยู่ห่างจากแหล่งน้ำไม่เกิน 300 เมตร มีโอกาสเกิดภัยแล้งน้อยที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 2) อยู่ห่างแหล่งน้ำ 300-600 เมตร มีโอกาสเกิดภัยแล้งน้อย มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 3) อยู่ห่างแหล่งน้ำ 600- 1,000 เมตร มีโอกาสเกิดภัยแล้งสูง มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 และ 4) อยู่ห่างแหล่งน้ำมากกว่า 1,000 เมตร มีโอกาสเกิดภัยแล้งสูงมาก มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 22 ค่าคะแนนร้อยละความลาดชันที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภัยแล้ง



ภาพที่ 23 ค่าปัจจัยระยะห่างจากแหล่งน้ำ 4 ระดับ

1.5. ปัจจัยการใช้ที่ดิน คะแนนการใช้ที่ดินที่ส่งผลกระทบต่อภัยแล้งแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) พื้นที่แหล่งน้ำหรือพื้นที่ป่าไม้ มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 2) พื้นที่อื่นๆ มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 3) พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 และ 4) พื้นที่เกษตรกรรม มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00

2. การให้ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

ค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยเทคนิค AHP โดยการคำนวณลำดับความสำคัญของปัจจัย เพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละปัจจัย เปรียบเทียบปัจจัยทีละคู่จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้แก่ 1) ผู้เชี่ยวชาญจากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2) ผู้เชี่ยวชาญจากส่วนอุทกวิทยา กรมชลประทาน 3) ผู้เชี่ยวชาญจากศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ 4) อาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 5) อาจารย์จากภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 31 นำค่า AHP ที่ค่า CR น้อยกว่า 0.1 มารวมและจัดลำดับใหม่ด้วยเทคนิค RGMM ได้ค่าถ่วงน้ำหนักรวม ดังแสดงในตารางที่ 32

ตารางที่ 31 ค่าถ่วงน้ำหนัก AHP ของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ลำดับที่ของผู้เชี่ยวชาญ	ปัจจัยการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	(1) ดัชนีความแห้งแล้ง	1	7	8	3	5
	(2) การระบายน้ำ	1/7	1	4	2	1
	(3) ความลาดชัน	1/8	1/4	1	1/7	1/2
	(4) ระยะทางแหล่งน้ำ	1/3	1/2	7	1	2
	(5) การใช้ที่ดิน	1/5	1	2	1/2	1
2	(1) ดัชนีความแห้งแล้ง	1	7	7	1/4	3
	(2) การระบายน้ำ	1/7	1	1	1/7	1/3
	(3) ความลาดชัน	1/7	1	1	1/7	2
	(4) ระยะทางแหล่งน้ำ	4	7	7	1	8
	(5) การใช้ที่ดิน	1/3	3	1/2	1/8	1

ตารางที่ 31 (ต่อ)

ลำดับที่ของผู้เชี่ยวชาญ	ปัจจัยการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3	(1) ดัชนีความแห้งแล้ง	1	5	3	2	3
	(2) การระบายน้ำ	1/5	1	3	1	2
	(3) ความลาดชัน	1/3	1/3	1	1/2	1/3
	(4) ระยะห่างแหล่งน้ำ	1/2	1	2	1	3
	(5) การใช้ที่ดิน	1/3	1/2	3	1/3	1
4	(1) ดัชนีความแห้งแล้ง	1	7	9	3	6
	(2) การระบายน้ำ	1/7	1	5	1/3	3
	(3) ความลาดชัน	1/9	1/5	1	1/7	1/2
	(4) ระยะห่างแหล่งน้ำ	1/3	3	7	1	6
	(5) การใช้ที่ดิน	1/6	1/3	2	1/6	1
5	(1) ดัชนีความแห้งแล้ง	1	7	8	3	5
	(2) การระบายน้ำ	1/7	1	4	2	1
	(3) ความลาดชัน	1/8	1/4	1	1/7	1/2
	(4) ระยะห่างแหล่งน้ำ	1/3	1/2	7	1	2
	(5) การใช้ที่ดิน	1/5	1	2	1/2	1

ตารางที่ 32 ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ด้วยเทคนิค RGMM

ปัจจัยที่	ปัจจัย	ค่าถ่วงน้ำหนัก
1	ดัชนีความแห้งแล้ง	0.418
2	การระบายน้ำ	0.110
3	ความลาดชัน	0.049
4	ระยะห่างแหล่งน้ำ	0.332
5	การใช้ที่ดิน	0.092

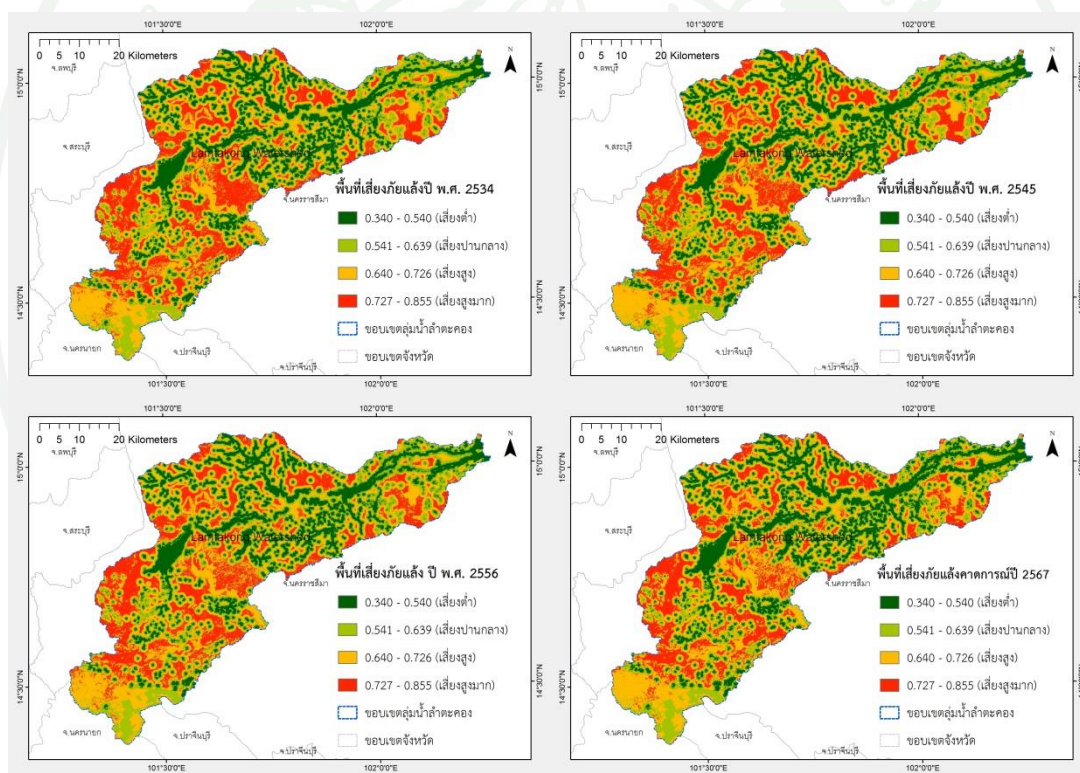
ปัจจัยดัชนีความแห้งแล้งหรือค่า DI มีความสำคัญมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.418 ระยะห่างแหล่งน้ำมีค่าถ่วงน้ำหนักสูงอันดับที่สองมีความสำคัญเท่ากับ 0.332 ปัจจัยความลาดชันมีความสำคัญน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.049 ค่าถ่วงน้ำหนักรวมมีค่าความน่าเชื่อถือ Geometric Consistency Index (GCI) เท่ากับ 0.1 ที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน GCI ที่กำหนดให้เป็นปัจจัยมากกว่า 4 ปัจจัยค่า GCI ต้องไม่เกิน 0.37 นำค่าถ่วงน้ำหนักดังกล่าวไปใช้เพื่อคำนวณค่าคะแนนของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งดังแสดงในตารางที่ 33

ตารางที่ 33 สรุปปัจจัย ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าคะแนนของปัจจัยในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

ปัจจัย	เกณฑ์	ค่าคะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก
1. ดัชนีความแห้งแล้ง	ดัชนีความแห้งแล้งสูง – ต่ำ	0.651 – 0.365	0.418
2. การระบายน้ำของดิน	2.1 การระบายน้ำดี	1.00	0.110
	2.2 การระบายน้ำค่อนข้างดี	0.75	
	2.3 การระบายน้ำค่อนข้างเลว	0.50	
	2.4 การระบายน้ำเลว	0.25	
3. ความลาดชัน	3.1 ความลาดชัน > 16%	1.00	0.049
	3.2 ความลาดชัน 8 – 16%	0.75	
	3.3 ความลาดชัน 4 – 8 %	0.50	
	3.4 ความลาดชัน < 4 %	0.25	
4. ระยะห่างแหล่งน้ำ	4.1 ห่างมากกว่า 1,000 เมตร	1.00	0.332
	4.2 ห่าง 600 – 1,000 เมตร	0.75	
	4.3 ห่าง 300 – 600 เมตร	0.50	
	4.4 ห่างน้อยกว่า 300 เมตร	0.25	
5. การใช้ที่ดิน	5.1 พื้นที่เกษตรกรรม	1.00	0.092
	5.2 พื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง	0.75	
	5.3 พื้นที่อื่นๆ	0.50	
	5.4 พื้นที่แหล่งน้ำและป่าไม้	0.25	

3. แผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และ 2567 (คาดการณ์)

โดยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) ด้วยเทคนิค Multi-Criteria Analysis ปัจจัย 5 ปัจจัย ได้แก่ ดัชนีความแห้งแล้ง การระบายน้ำของดิน ความลาดชัน ระยะห่างจากแหล่งน้ำ และการใช้ที่ดิน ตามค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิค AHP พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.855 ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.334 นำค่าที่ได้มาจำแนกพื้นที่ด้วยเทคนิค Natural Breaks (Jenks) ด้วยโปรแกรม ArcMap แบ่งเป็น พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมาก มีค่ามากกว่า 0.724 พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูง มีค่าเท่ากับ 0.638 – 0.724 พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง มีค่าเท่ากับ 0.540 – 0.637 และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งต่ำ มีค่าน้อยกว่า 0.540 (ภาพที่ 24)



ภาพที่ 24 พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2567
จำแนก 4 ระดับ

ขนาดพื้นที่และร้อยละของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจำแนกตามระดับความรุนแรง 4 ระดับ
ในปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2567 แสดงในตารางที่ 34

ตารางที่ 34 เปรียบเทียบพื้นที่และร้อยละของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจำแนกตาม
ระดับความรุนแรง 4 ระดับ

ระดับความ เสี่ยงภัยแล้ง	พ.ศ. 2534		พ.ศ. 2545		พ.ศ. 2556		พ.ศ. 2567	
	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ
เสี่ยงต่ำ	707.74	21.33	711.20	21.44	736.11	22.19	780.42	23.52
เสี่ยงปานกลาง	891.01	26.86	900.54	27.14	880.97	26.55	869.79	26.22
เสี่ยงสูง	964.26	29.06	968.14	29.18	971.39	29.28	992.92	29.93
เสี่ยงสูงมาก	754.59	22.75	737.72	22.24	729.13	21.98	674.47	20.33
รวม	3,317.60	100.00	3,317.60	100.00	3,317.60	100.00	3,317.60	100.00

แนวโน้มพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมากในรอบ 22 ปี (พ.ศ. 2534 – 2556) มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย และจากการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 พบว่า มีแนวโน้มลดลงในอัตราที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงประมาณร้อยละ 1.65 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2556 อัตราลดของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมากของปี พ.ศ. 2556 เทียบกับปี พ.ศ. 2545 ที่มีค่าลดลงประมาณร้อยละ 0.26 สาเหตุสำคัญที่ทำให้พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งลดลง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรม ที่มีอัตราการใช้น้ำสูง มีจำนวนลดลงจากการขยายตัวของเมืองและสิ่งปลูกสร้างที่มีอัตราในการใช้น้ำต่ำกว่า โดยพื้นที่เมืองและที่อยู่อาศัยในปี พ.ศ. 2567 มีพื้นที่เท่ากับ 322.24 ตารางกิโลเมตร หรือเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2556 ประมาณร้อยละ 80

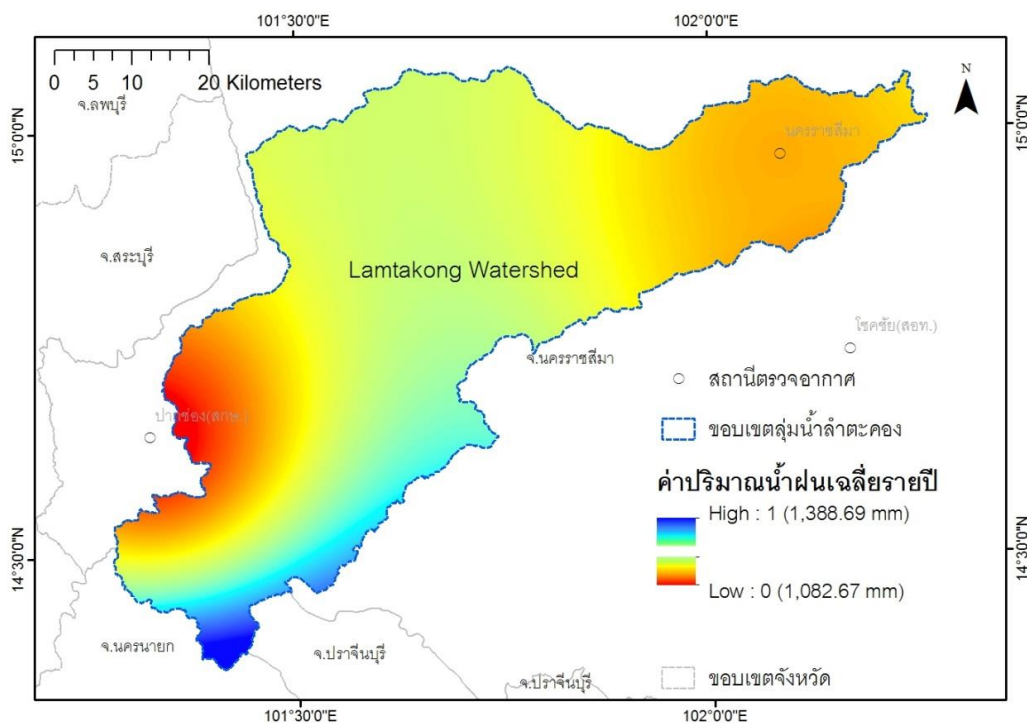
นอกจากนั้นพื้นที่อยู่อาศัยที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับปัจจัยในการวิเคราะห์ภัยแล้งอื่นๆ ที่ทำให้พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งลดลงเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่เมืองและที่อยู่อาศัยที่ขยายตัวเข้าไปในพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะการขยายตัวเข้าไปในพื้นที่นาข้าว ที่มีการระบายน้ำเลว (เสี่ยงภัยแล้งต่ำ) เป็นที่ราบที่มีร้อยละความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 4 (เสี่ยงภัยแล้งต่ำ) และอยู่ใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนแต่ส่งผลกระทบในทางบวก ที่ทำให้พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งลดลง แต่อาจนำมาซึ่งปัญหาใหม่ได้แก่ปัญหาน้ำท่วมที่มีแนวโน้มรุนแรงและมากขึ้น

การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide Risk Mapping) พิจารณาจากปัจจัย 5 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัจจัยปริมาณน้ำฝน 2) หน่วยหินทางธรณี 3) ความลาดชัน 4) ระดับความสูง และ 5) ปัจจัยการใช้ที่ดิน ปัจจัยทั้ง 5 นำมาหาค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยด้วยเทคนิค AHP ซ้อนทับข้อมูลด้วยเทคนิค MCA มีรายละเอียดดังนี้

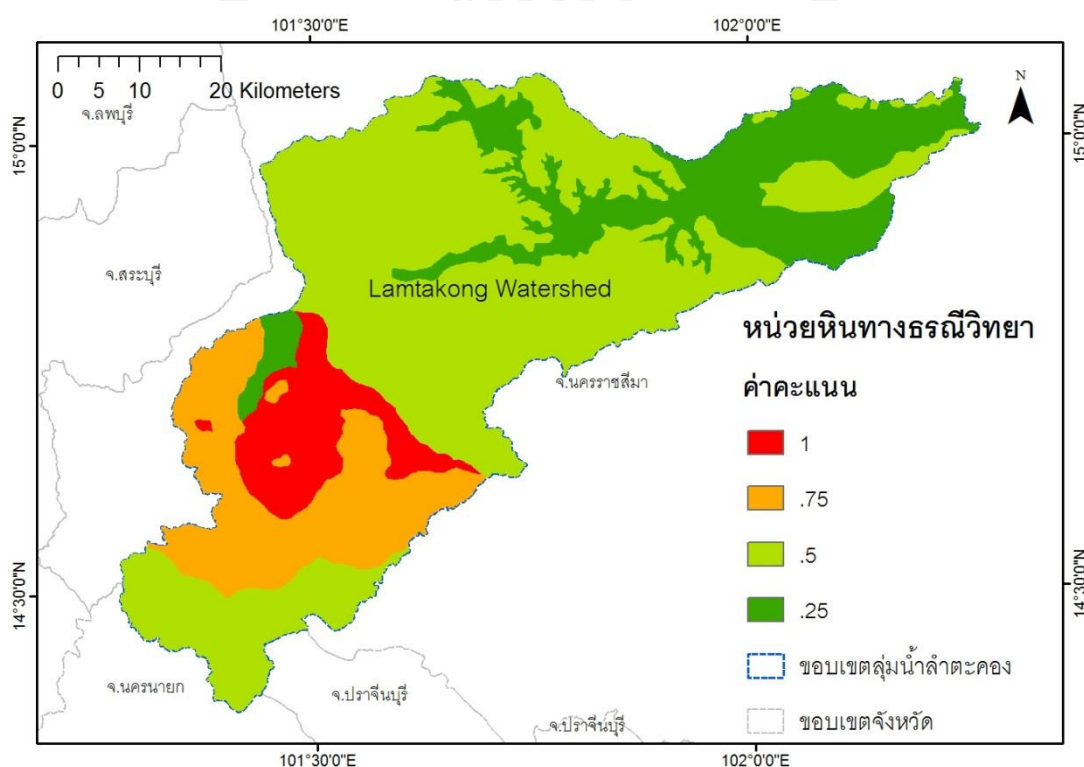
1. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม 5 ปัจจัย ได้แก่

1.1. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง มีค่าเท่ากับ 1,388.69 มิลลิเมตร ต่ำสุดเท่ากับ 1,082.67 มิลลิเมตร จำแนกปริมาณน้ำฝนโดยปรับค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดให้เท่ากับ 1 โดยใช้เครื่องมือ Fuzzy Membership ด้วยเทคนิค ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีสูงที่สุดอยู่บริเวณเทือกเขาใหญ่รอยต่อจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดนครนายกและจังหวัดปราจีนบุรี ค่าต่ำสุดอยู่ที่บริเวณอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง

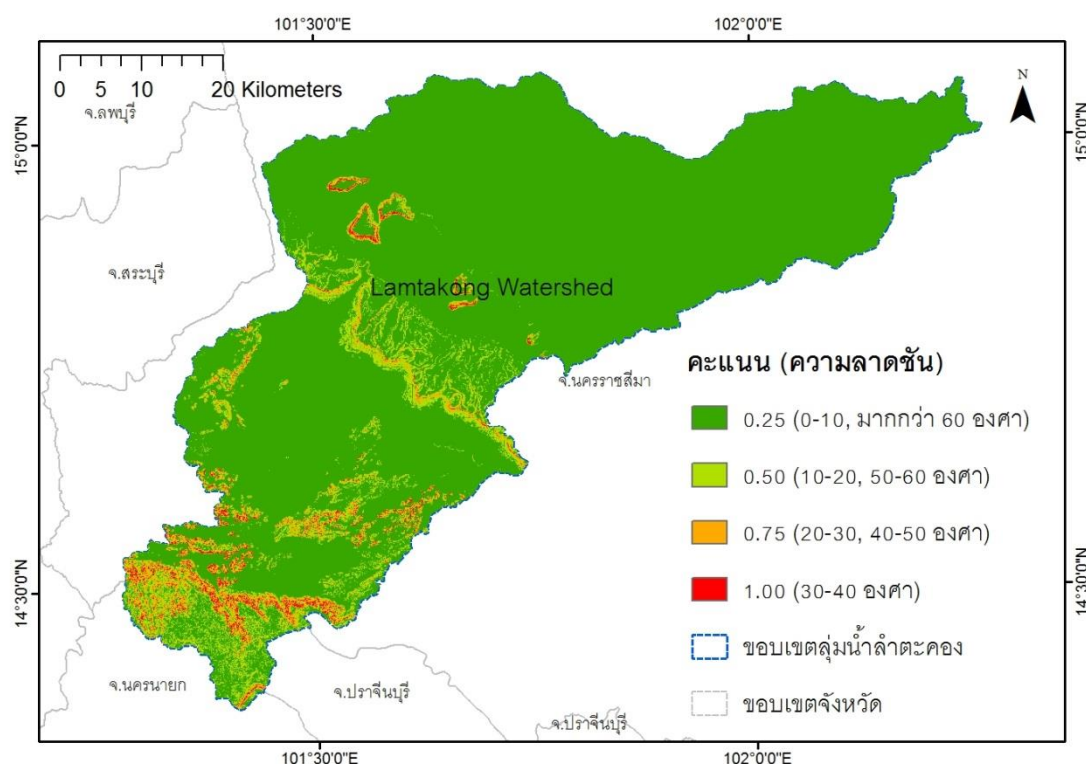
1.2. หน่วยหินทางธรณี หน่วยหินทางธรณีวิทยาออกเป็น 4 กลุ่ม จากแผนที่ธรณีวิทยา จังหวัดนครราชสีมา (กรมทรัพยากรธรณี, 2557) ได้แก่ 1) หินแกรนิต/หินอัคนีเนื้อหยาบ มีโอกาสเกิด ดินถล่มสูงที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 2) หินแปรของหินอัคนี/หินชั้น มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 3) หินชั้น/หินอัคนีเนื้อละเอียด มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 และ 4) ตะกอนน้ำพัดพา มีโอกาสในการเกิด ดินถล่มน้อยที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 26 ค่าคะแนนของปัจจัยหน่วยหินทางธรณีวิทยาที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม

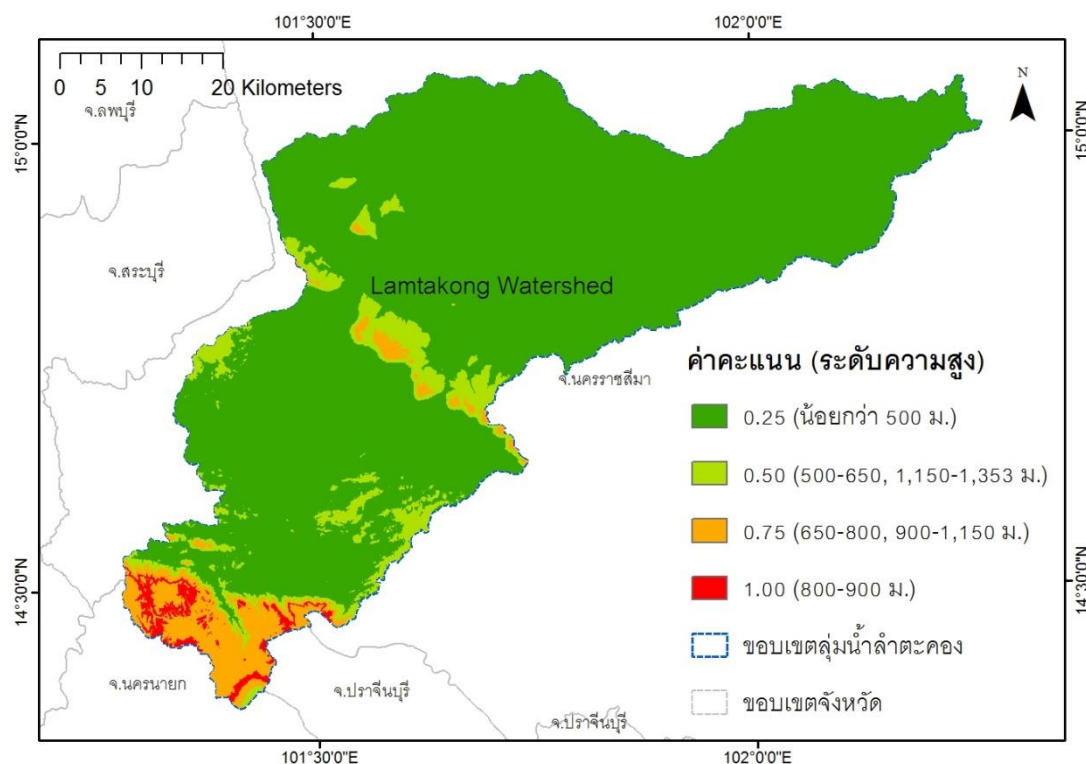
1.3. ความลาดชัน (Slope Gradient) ความลาดชันมีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มโดยพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยประมาณ 0-30 องศา มีโอกาสเกิดดินถล่มน้อย พื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 30 องศา มีโอกาสเกิดดินถล่มสูง แต่ถ้าความลาดชันมากกว่า 40 องศา โอกาสในการเกิดดินถล่มจะลดลง เนื่องจากโอกาสในการสะสมตัวของดินและปริมาณน้ำสะสมในดินน้อยเมื่อพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก (Feizizadeh, 2013) (Kouli, 2013) ความลาดชันของพื้นที่หาได้จากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model) ความลาดชันออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) ความลาดชัน 0 – 10 องศา และความลาดชันมากกว่า 60 องศา มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 คะแนน 2) ความลาดชัน 10 – 20 องศา และความลาดชัน 50 – 60 องศา มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 คะแนน 3) ความลาดชัน 20 –

30 องศา และความลาดชัน 40 – 50 องศา มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 คะแนน และ 4) ความลาดชัน ในช่วง 30 - 40 องศา มีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มสูงที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 คะแนน (ภาพที่ 27)



ภาพที่ 27 ค่าคะแนนปัจจัยความลาดชันในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง

1.4. ปัจจัยความสูง (Elevation) กำหนดให้ระดับสูงสุดที่มีโอกาสเกิดดินถล่มมากที่สุดอยู่ในช่วงความสูงเท่ากับ 800 - 900 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และระดับต่ำสุดที่มีโอกาสเกิดดินถล่มน้อยที่สุดมีความสูงน้อยกว่า 500 เมตร และสูงมากกว่า 1,400 เมตร ปัจจัยความสูงแบ่งเป็น 4 ช่วง ได้แก่ 1) ความสูง 800 - 900 เมตร มีโอกาสเกิดดินถล่มสูงมาก ค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 2) ความสูง 650-800 เมตร และ 900 – 1,150 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 3) ความสูง 500-650 เมตร และความสูง 1,150 – 1,400 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.5 และ 4) ความสูงน้อยกว่า 500 เมตร และมากกว่า 1,400 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 (Kouli, 2013) แต่เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองมีความสูงมากที่สุดเท่ากับ 1,353 เมตร ดังนั้น ค่าคะแนนที่เท่ากับ 0.25 จึงมีความสูงน้อยกว่า 500 เมตรเท่านั้น (ภาพที่ 28)



ภาพที่ 28 ค่าคะแนนปัจจัยความสูงที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่ม

1.5. ปัจจัยการใช้ที่ดิน ปัจจัยการใช้ที่ดินมีผลต่อการเกิดดินถล่มเนื่องจากพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมแตกต่างกันย่อมส่งผลให้ความรุนแรงในการเกิดดินถล่มต่างกัน เช่น พื้นที่แหล่งน้ำมีโอกาสเกิดดินถล่มต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นพื้นที่ราบหรือเป็นพื้นที่ที่มีการกัดเซาะต่ำมาก หรือ พื้นที่เกษตรกรรมมีโอกาสเกิดดินถล่มสูงที่สุดเนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉพาะพื้นที่ปลูกพืชไร่ที่ปลูกในที่สูง ส่งผลให้โอกาสในการกัดเซาะและน้ำซึมลงใต้ดินสูงและเร็ว จึงทำให้โอกาสในการเกิดดินถล่มสูงตามไปด้วย

ปัจจัยการใช้ที่ดินได้ข้อมูลจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2567 จำแนกการใช้ที่ดินเป็น 5 ประเภทที่สัมพันธ์กับความเสี่ยงในการเกิดดินถล่ม 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) พื้นที่เกษตรกรรม มีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มสูงที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 คะแนน 2) พื้นที่อื่นๆ (ป่าเสื่อมโทรม) มีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มสูง มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 คะแนน 3) พื้นที่ที่อยู่อาศัยมีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มปานกลาง มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 คะแนน และ 4) พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่แหล่งน้ำมีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มต่ำ มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 คะแนน

1.6. การให้ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ด้วยเทคนิค AHP โดยการคำนวณลำดับความสำคัญของปัจจัย เพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละปัจจัย เปรียบเทียบปัจจัยที่ละคู่ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้แก่ 1) ผู้เชี่ยวชาญจากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2) ผู้เชี่ยวชาญจากกรมทรัพยากรธรณี 3) ผู้เชี่ยวชาญจากศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ 4) อาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 5) อาจารย์จากภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 35 ค่า AHP ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมีค่า Consistency Ratio (CR) น้อยกว่า 0.1 จึงนำค่า AHP มารวมและจัดลำดับใหม่ด้วยเทคนิค RGMM ได้ค่าถ่วงน้ำหนักรวม ดังแสดงในตารางที่ 36

ตารางที่ 35 ค่าถ่วงน้ำหนัก AHP ของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

ลำดับที่ของผู้เชี่ยวชาญ	ปัจจัยการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	(1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	1	8	1	4	6
	(2) หน่วยหินทางธรณีวิทยา	1/8	1	1/7	1/6	1/6
	(3) ความลาดชัน (องศา)	1	7	1	3	7
	(4) ความสูง (เมตร)	1/4	6	1/3	1	6
	(5) การใช้ที่ดิน	1/6	6	1/7	1/6	1
2	(1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	1	5	2	5	5
	(2) หน่วยหินทางธรณีวิทยา	1/5	1	1/3	1	1
	(3) ความลาดชัน (องศา)	1/2	3	1	4	5
	(4) ความสูง (เมตร)	1/5	1	1/4	1	1
	(5) การใช้ที่ดิน	1/5	1	1/5	1	1
3	(1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	1	1/3	1/4	1	1/5
	(2) หน่วยหินทางธรณีวิทยา	3	1	1	4	2
	(3) ความลาดชัน (องศา)	4	1	1	3	4
	(4) ความสูง (เมตร)	1	1/4	1/3	1	1/4
	(5) การใช้ที่ดิน	5	1/2	1/4	4	1

ตารางที่ 35 (ต่อ)

ลำดับที่ของผู้เชี่ยวชาญ	ปัจจัยการประเมิน พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4	(1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	1	7	3	5	4
	(2) หน่วยหินทางธรณีวิทยา	1/7	1	1/7	1/3	1/4
	(3) ความลาดชัน (องศา)	1/3	7	1	5	3
	(4) ความสูง (เมตร)	1/5	3	1/5	1	1/4
	(5) การใช้ที่ดิน	1/4	4	1/3	4	1
5	(1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	1	5	6	5	6
	(2) หน่วยหินทางธรณีวิทยา	1/5	1	1	2	5
	(3) ความลาดชัน (องศา)	1/6	1	1	3	4
	(4) ความสูง (เมตร)	1/5	1/2	1/3	1	1
	(5) การใช้ที่ดิน	1/6	1/5	1/4	1	1

ตารางที่ 36 ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ด้วยเทคนิค RGMM

ปัจจัยที่	ปัจจัย	ค่าถ่วงน้ำหนัก
1	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	0.364
2	หน่วยหินทางธรณีวิทยา	0.099
3	ความลาดชัน (องศา)	0.328
4	ความสูง (เมตร)	0.099
5	การใช้ที่ดิน	0.110

ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีและค่าความลาดชันมีค่าถ่วงน้ำหนักมากที่สุด 0.364 และ 0.328 ตามลำดับ ปัจจัยหน่วยหินทางธรณีวิทยาและความสูงมีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากัน มีค่าเท่ากับ 0.099 และ ปัจจัยการใช้ที่ดินมีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 0.110 ค่าถ่วงน้ำหนักรวมมีค่า GCI เท่ากับ 0.07 ที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ต้องมีค่าไม่เกิน 0.37 นำค่าถ่วงน้ำหนักดังกล่าวไปใช้เพื่อคำนวณค่าคะแนนของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มดังแสดงในตารางที่ 37

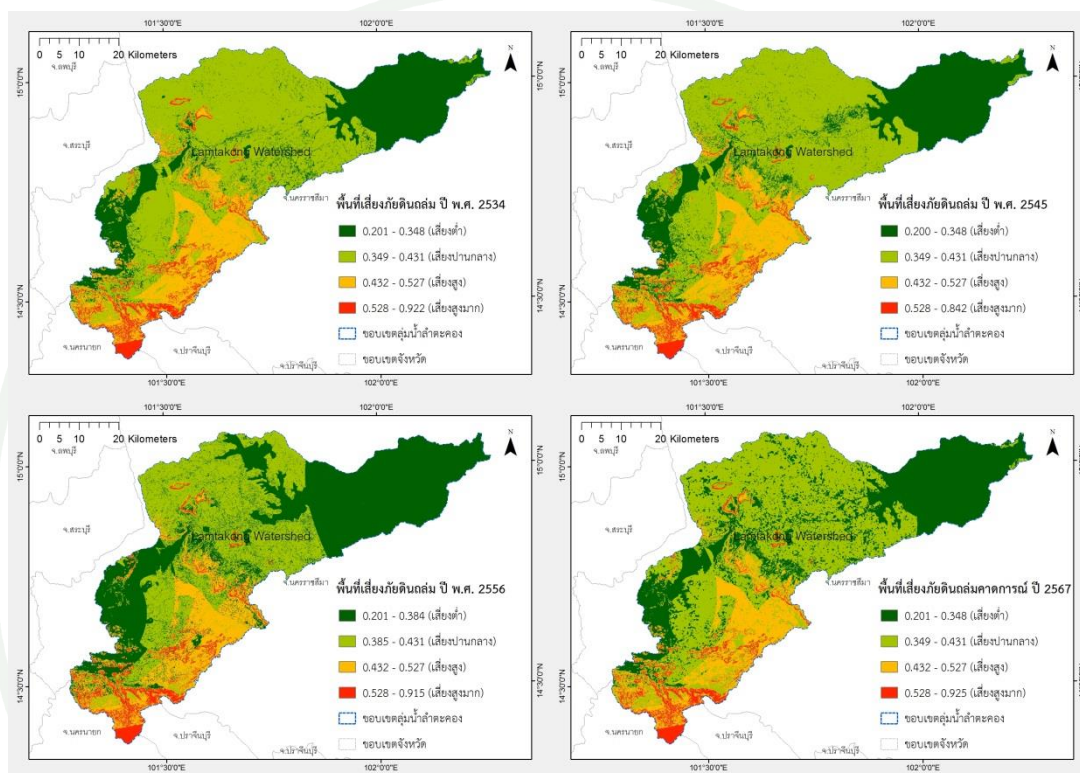
ตารางที่ 37 สรุปปัจจัย ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าคะแนนของปัจจัยในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

ปัจจัย	เกณฑ์	ค่า คะแนน	ค่าถ่วง น้ำหนัก
1. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี สูงสุดเท่ากับ 1,388.69 มม. ต่ำสุดเท่ากับ 1,082.67 มม.	0 – 1	0.364
2. หน่วยหินทางธรณีวิทยา	2.1 หินแกรนิต/หินอัคนีเนื้อหยาบ 2.2 หินแปรของหินอัคนี/หินชั้น 2.3 หินชั้น/หินอัคนีเนื้อละเอียด 2.4 ตะกอนน้ำพัดพา	1.00 0.75 0.50 0.25	0.099
3. ความลาดชัน	3.1 ความลาดชันในช่วง 30-40 องศา 3.2 ความลาดชัน 20-30 และ 40-50 องศา 3.3 ความลาดชัน 10-20 และ 30-40 องศา 3.4 ความลาดชัน 0-10 และ มากกว่า 60 องศา	1.00 0.75 0.50 0.25	0.328
4. ความสูง	4.1 ความสูง 800-900 เมตร 4.2 ความสูง 650-800 เมตร และ 900-1,150 เมตร 4.3 ความสูง 500-650 เมตร และ 1,150-1,400 เมตร 4.4 ความสูงน้อยกว่า 500 เมตร	1.00 0.75 0.50 0.25	0.099
5. การใช้ที่ดิน	5.1 พื้นที่เกษตรกรรม 5.2 พื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง 5.3 พื้นที่อื่นๆ 5.4 พื้นที่แหล่งน้ำและป่าไม้	1.00 0.75 0.50 0.25	0.110

2. แผนที่พื้นที่เสี่ยงดินถล่มปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และการคาดการณ์ปี พ.ศ. 2567

โดยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) ซ้อนทับข้อมูลด้วยเทคนิค Multi-Criteria Analysis ปัจจัย 5 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี หน่วยหินทางธรณีวิทยา ความลาดชัน ความสูงและการใช้ที่ดิน คุณค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิค AHP และ RGMM พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มมี

ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.925 ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.200 จำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มด้วยเทคนิค Natural Breaks (Jenks) แบ่งข้อมูลออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมาก มีค่ามากกว่า 0.527 พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูง มีค่าเท่ากับ 0.432 – 0.527 พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มปานกลาง มีค่าเท่ากับ 0.349 – 0.431 และพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มต่ำ มีค่าน้อยกว่า 0.348 ภาพที่ 29



ภาพที่ 29 พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม ปี พ.ศ. 2534 2545 2556 และการคาดการณ์ปี พ.ศ. 2567
จำแนก 4 ระดับ

ขนาดพื้นที่และร้อยละของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มจำแนกตามระดับความรุนแรง 4 ระดับ ในปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และการคาดการณ์ ปี พ.ศ. 2567 (ตารางที่ 38)

ตารางที่ 38 เปรียบเทียบพื้นที่และร้อยละของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มจำแนกตาม
ระดับความรุนแรง 4 ระดับ

ระดับความเสี่ยง	พ.ศ. 2534		พ.ศ. 2545		พ.ศ. 2556		พ.ศ. 2567	
ภัยแล้ง	ตร.กม. ร้อยละ		ตร.กม. ร้อยละ		ตร.กม. ร้อยละ		ตร.กม. ร้อยละ	
เสี่ยงต่ำ	964.88	29.08	923.06	27.82	999.03	30.11	1,123.24	33.86
เสี่ยงปานกลาง	1,725.32	52.01	1,745.38	52.61	1,685.06	50.79	1,595.67	48.10
เสี่ยงสูง	470.90	14.19	487.42	14.69	472.93	14.26	446.89	13.47
เสี่ยงสูงมาก	155.50	4.72	161.74	4.88	160.58	4.84	151.80	4.58
รวม	3,317.60	100.00	3,317.60	100.00	3,317.60	100.00	3,317.60	100.00

พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมากในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าร้อยละ 5 ทำให้โอกาสการเกิดดินถล่มน้อย แนวโน้มพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในรอบ 22 ปี (พ.ศ. 2534 – 2556) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้อย โดยพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงและสูงมากมีการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยน้อยกว่าร้อยละ 1 พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มต่ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณร้อยละ 1.59 สาเหตุที่ทำให้พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเนื่องจาก ปัจจัยควบคุมหลักที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม (ค่าถ่วงน้ำหนักสูง) ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนและความลาดชัน ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยเป็นปัจจัยทางกายภาพที่มีความเปลี่ยนแปลงน้อยและใช้ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงนาน

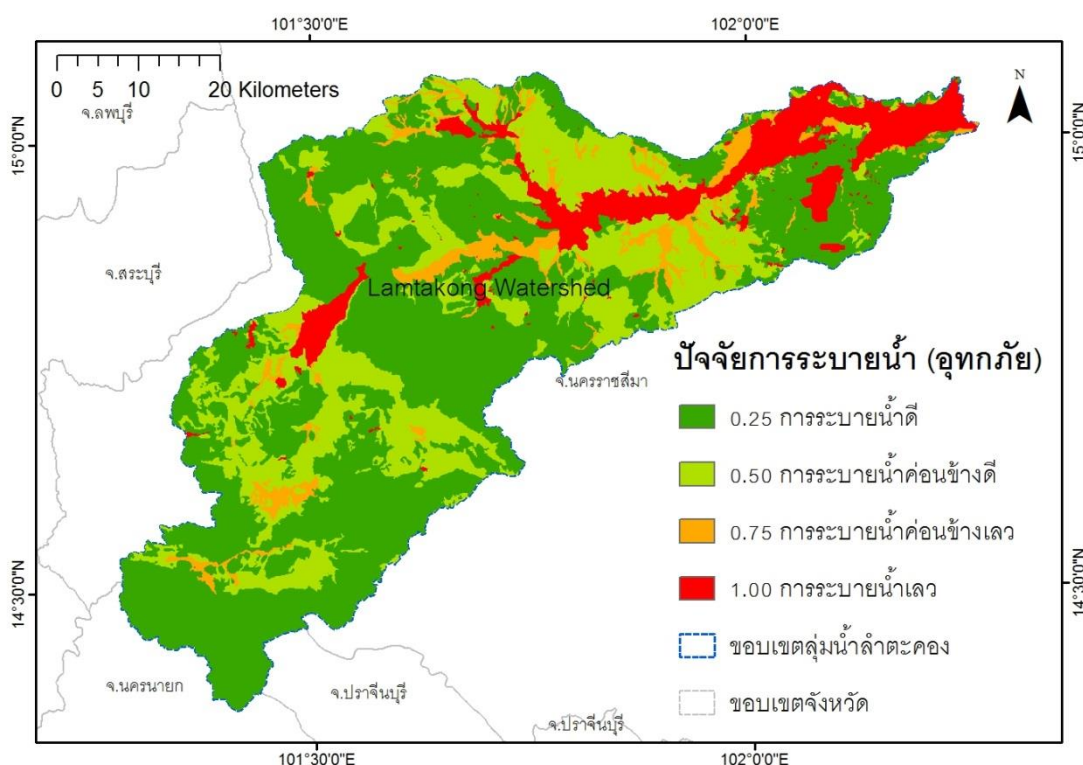
การประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยประกอบด้วยปัจจัย 6 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปริมาณน้ำฝน 2) การระบายน้ำของดิน 3) ความลาดชัน 4) ความสูง 5) การใช้ที่ดิน และ 6) ระยะห่างทางน้ำ ปัจจัยทั้ง 6 นำมาหาค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยด้วยเทคนิค AHP โดยผู้เชี่ยวชาญ มีรายละเอียดดังนี้

1. ปัจจัยการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย 6 ปัจจัย ได้แก่

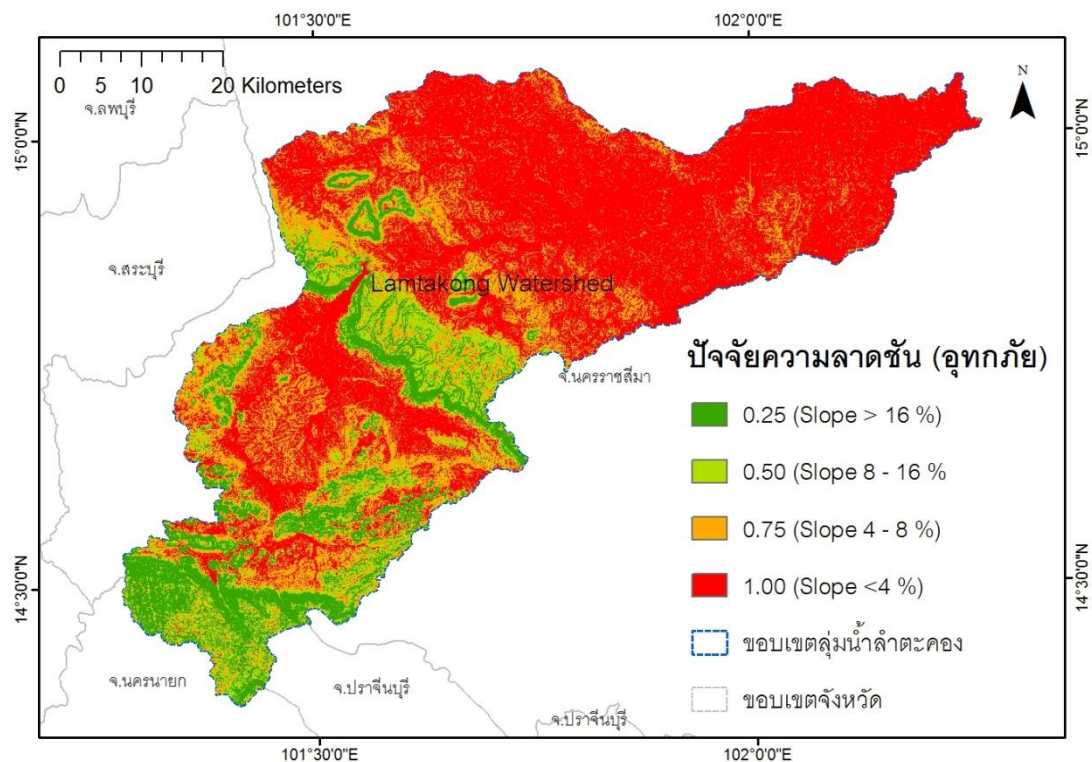
1.1 ปัจจัยปริมาณน้ำฝน ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองเท่ากับ 1,388.69 มิลลิเมตร ต่ำสุดเท่ากับ 1,082.67 มิลลิเมตร จำแนกปริมาณน้ำฝนโดยปรับค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดให้เท่ากับ 1 โดยใช้เครื่องมือ Fuzzy Membership

1.2. การระบายน้ำของดิน การระบายน้ำของดินแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) การระบายน้ำเร็ว มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 2) การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 3) การระบายน้ำค่อนข้างดี มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 และ 4) การระบายน้ำดี มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 (ภาพที่ 30) ค่าคะแนนของการระบายน้ำในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยมีค่าตรงกันข้ามกับค่าคะแนนของการระบายน้ำของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง



ภาพที่ 30 ค่าคะแนนของการระบายน้ำของดินในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย

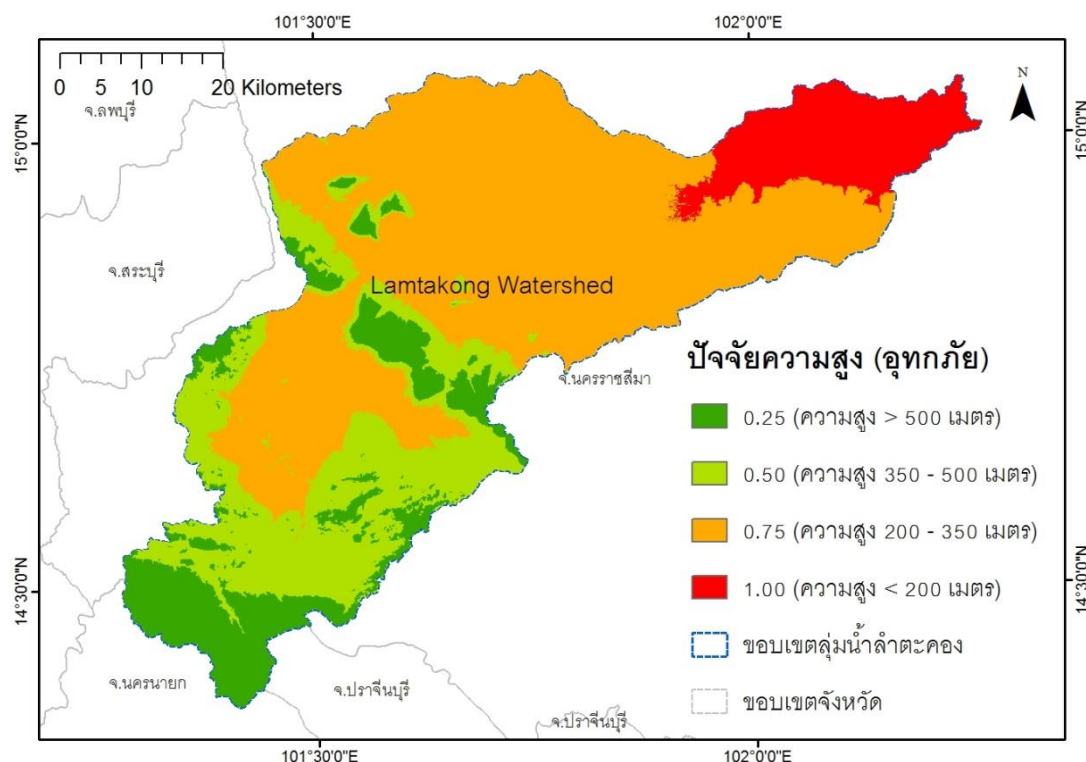
1.3. ปัจจัยความลาดชัน (Slope Gradient) ร้อยละความลาดชันออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) พื้นที่ลาดชันมากมีร้อยละความลาดชันมากกว่าร้อยละ 16 ค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 2) พื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลาง มีค่าร้อยละความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 8 ถึง 16 ค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 3) พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยมีค่าร้อยละความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 4 ถึง 8 ค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 และ 4) พื้นที่ราบหรือพื้นที่ที่เกือบราบ มีค่าร้อยละความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 4 มีค่าคะแนนมากที่สุดเท่ากับ 1.00 (ภาพที่ 31)



ภาพที่ 31 ค่าคะแนนของความลาดชันในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย

1.4. ปัจจัยความ กำหนดให้ระดับสูงสุดที่มีโอกาสเกิดอุทกภัยน้อยที่สุดมากกว่า 500 เมตร และระดับต่ำสุดที่มีโอกาสเกิดอุทกภัยมากที่สุดมีความสูงน้อยกว่า 200 เมตร แบ่งเป็น 4 ช่วง ได้แก่

1) ความสูง < 200 เมตร มีโอกาสเกิดอุทกภัยสูง ค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 2) ความสูง 200-350 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 3) ความสูง 350-500 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.5 และ 4) ความสูง มากกว่า 500 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 (ภาพที่ 32)

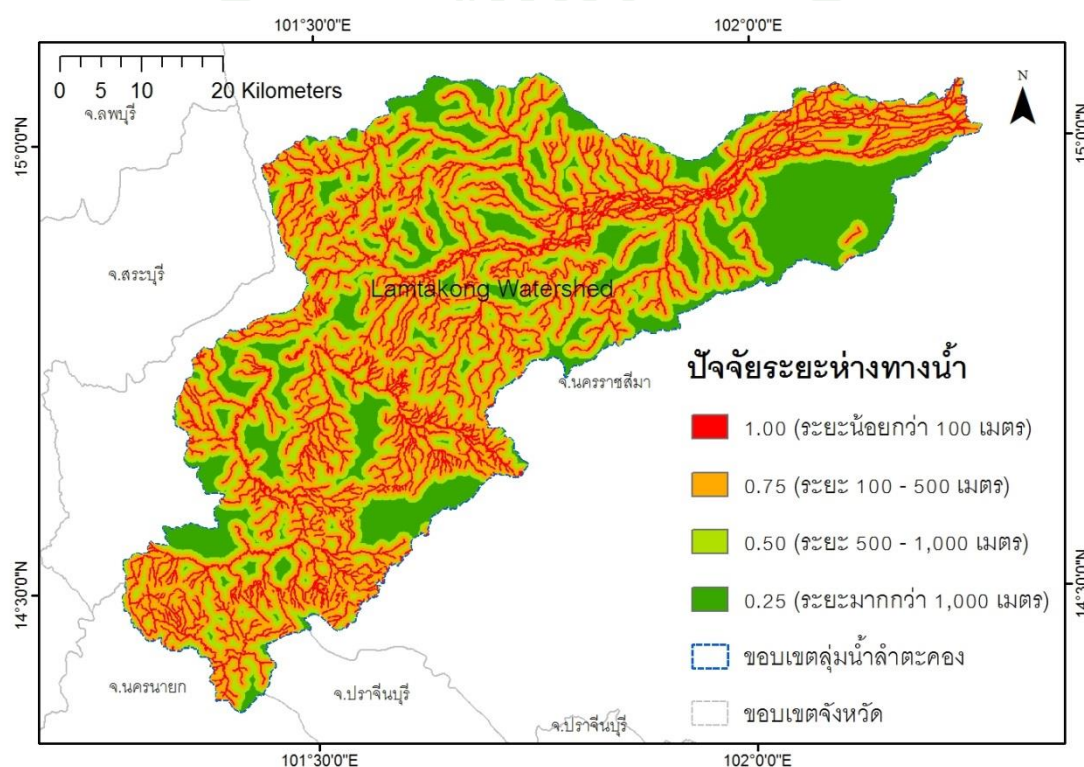


ภาพที่ 32 ค่าคะแนนปัจจัยความสูงในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย

1.5. ปัจจัยการใช้ที่ดินการใช้ที่ดินมีผลต่อการเกิดอุทกภัย เช่น พื้นที่ตัวเมืองและสิ่งปลูกสร้าง มีโอกาสการเกิดอุทกภัยในบริเวณดังกล่าวสูง เนื่องจากการก่อสร้างอาคารหรือถนนขวางทางน้ำ มีการบุกรุกทำลายธรรมชาติ เมื่อน้ำไม่สามารถระบายผ่านได้สะดวก ปริมาณน้ำจึงสะสมทำให้เกิดปัญหาอุทกภัยตามมา หรือการใช้ที่ดินประเภทป่าไม้ (สมบูรณ์) มีความสามารถในการซึมซับและชะลอการไหลหลากของน้ำให้ช้าลง มีโอกาสเกิดอุทกภัยต่ำ ข้อมูลการใช้ที่ดินได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ในปี พ.ศ. 2534, 2545 และปี พ.ศ. 2556 เพื่อนำมาใช้ในการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่อุทกภัยจากอดีตถึงปัจจุบัน เป็นปัจจัยในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยในอนาคตโดยการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567

ค่าคะแนนการใช้ที่ดินที่ส่งผลกระทบต่ออุทกภัย แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) พื้นที่ป่าไม้ เป็นพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดอุทกภัยต่ำที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 2) พื้นที่อื่นๆ มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 3) พื้นที่เกษตรกรรม มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 และ 4) พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ตัวเมืองหรือสิ่งปลูกสร้าง ที่มีโอกาสเกิดอุทกภัยสูงที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 1.00

1.6. ปัจจัยระยะห่างลำน้ำ จำแนกปัจจัยระยะห่างลำน้ำใช้การทำแนวกันชน (Buffer) เพื่อกำหนดระยะดังนี้ 1) ระยะห่างลำน้ำน้อยกว่า 100 เมตร เสี่ยงสูง ค่าคะแนนเท่ากับ 1.00 2) ระยะห่างลำน้ำ 100 – 500 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.75 3) ระยะห่างลำน้ำ 500 – 1,000 เมตร มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.50 และ 4) ระยะห่างลำน้ำมากกว่า 1,000 เมตร เสี่ยงอุทกภัยต่ำ มีค่าคะแนนเท่ากับ 0.25 (ภาพที่ 33)



ภาพที่ 33 ค่าคะแนนปัจจัยระยะห่างทางน้ำในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย

2. การให้ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย

ค่าถ่วงน้ำหนักพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยด้วยเทคนิค AHP โดยการคำนวณลำดับความสำคัญของปัจจัย เพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละปัจจัย เปรียบเทียบปัจจัยทีละคู่ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้แก่ 1) ผู้เชี่ยวชาญจากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2) ผู้เชี่ยวชาญจากส่วนอุทกวิทยา กรมชลประทาน 3) ผู้เชี่ยวชาญจากศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ 4) อาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 5) อาจารย์จากภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 39 ค่า AHP ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมีค่า

Consistency Ratio (CR) น้อยกว่า 0.1 จึงนำค่า AHP มารวมและจัดลำดับใหม่ด้วยเทคนิค RGMM ได้ค่าถ่วงน้ำหนักรวม ดังแสดงในตารางที่ 40

ตารางที่ 39 ค่าถ่วงน้ำหนัก AHP ของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย

ลำดับที่ของผู้เชี่ยวชาญ	ปัจจัยการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	(1)ปริมาณน้ำฝน	1	7	5	7	1	1
	(2)การระบายน้ำ	1/7	1	1/3	3	1/7	1/5
	(3)ความลาดชัน	1/5	3	1	5	1/7	1/5
	(4)ความสูง	1/7	1/3	1/5	1	1/7	1/7
	(5)การใช้ที่ดิน	1	7	7	7	1	2
	(6)ระยะห่างทางน้ำ	1	5	5	7	1/2	1
2	(1)ปริมาณน้ำฝน	1	7	1	1	1	1/3
	(2)การระบายน้ำ	1/7	1	1/3	1	1/3	1/5
	(3)ความลาดชัน	1	3	1	2	5	1/5
	(4)ความสูง	1	1	1/2	1	1	1/5
	(5)การใช้ที่ดิน	1	3	1/5	1	1	1/5
	(6)ระยะห่างทางน้ำ	3	5	5	5	5	1
3	(1)ปริมาณน้ำฝน	1	3	1/3	1/5	1/4	1/5
	(2)การระบายน้ำ	1/3	1	1/2	1/4	1/2	1/3
	(3)ความลาดชัน	3	2	1	1/4	1/2	1
	(4)ความสูง	5	4	4	1	2	3
	(5)การใช้ที่ดิน	4	2	2	1/2	1	1/2
	(6)ระยะห่างทางน้ำ	5	3	1	1/3	2	1

ตารางที่ 39 (ต่อ)

ลำดับที่ของผู้เชี่ยวชาญ	ปัจจัยการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
4	(1)ปริมาณน้ำฝน	1	5	9	7	2	6
	(2)การระบายน้ำ	1/5	1	8	6	1/3	4
	(3)ความลาดชัน	1/9	1/8	1	1/3	1/7	1/5
	(4)ความสูง	1/7	1/6	3	1	1/7	1/2
	(5)การใช้ที่ดิน	1/2	3	7	7	1	5
	(6)ระยะห่างทางน้ำ	1/6	1/4	5	2	1/5	1
5	(1)ปริมาณน้ำฝน	1	7	6	3	2	1
	(2)การระบายน้ำ	1/7	1	3	1/4	1	1/4
	(3)ความลาดชัน	1/6	1/3	1	1/5	1/4	1/6
	(4)ความสูง	1/3	4	5	1	2	1/5
	(5)การใช้ที่ดิน	1/2	1	4	1/2	1	1/6
	(6)ระยะห่างทางน้ำ	1	4	6	5	6	1

ตารางที่ 40 ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย ด้วยเทคนิค RGMM

ปัจจัยที่	ปัจจัย	ค่าถ่วงน้ำหนัก
1	ปริมาณน้ำฝน	0.254
2	การระบายน้ำ	0.084
3	ความลาดชัน	0.081
4	ความสูง	0.105
5	การใช้ที่ดิน	0.208
6	ระยะห่างทางน้ำ	0.269

ปัจจัยระยะห่างทางน้ำมีค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงสุดเท่ากับ 0.269 รองลงมาได้แก่ ปัจจัยปริมาณน้ำฝน การใช้ที่ดิน ความสูง และการระบายน้ำตามลำดับ โดยปัจจัย

ความลาดชันมีค่าถ่วงน้ำหนักน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.084 ค่าถ่วงน้ำหนักรวมมีค่า GCI เท่ากับ 0.08 นำค่าถ่วงน้ำหนักดังกล่าวไปใช้เพื่อคำนวณค่าคะแนนของพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยดังแสดงในตารางที่ 41

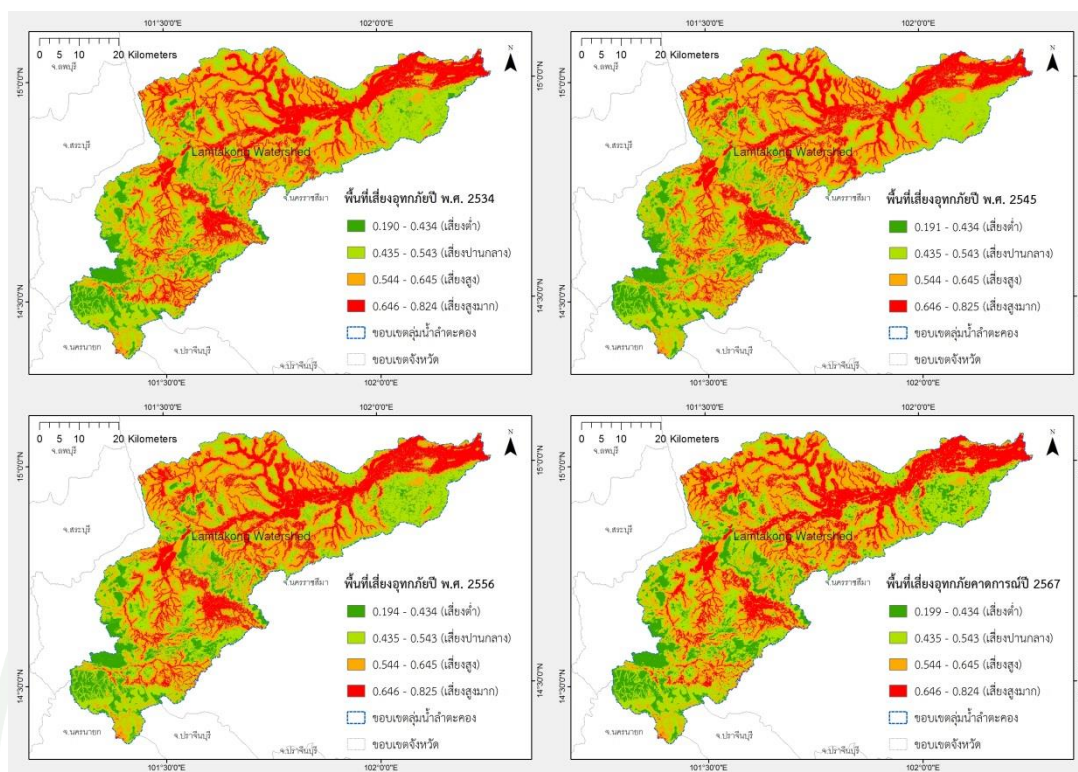
ตารางที่ 41 สรุปปัจจัย ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าคะแนนของปัจจัยในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย

ปัจจัย	เกณฑ์	ค่าคะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก
1. ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี สูงสุดเท่ากับ 1,388.69 มม. ต่ำสุดเท่ากับ 1,082.67 มม.	0 – 1	0.254
2. การระบายน้ำของดิน	2.1 การระบายน้ำดี	0.25	0.084
	2.2 การระบายน้ำค่อนข้างดี	0.50	
	2.3 การระบายน้ำค่อนข้างเลว	0.75	
	2.4 การระบายน้ำเลว	1.00	
3. ความลาดชัน	3.1 ความลาดชัน > 16%	0.25	0.081
	3.2 ความลาดชัน 8 – 16%	0.50	
	3.3 ความลาดชัน 4 – 8 %	0.75	
	3.4 ความลาดชัน < 4 %	1.00	
4. ความสูง	4.1 ความสูงมากกว่า 500 เมตร	0.25	0.105
	4.2 350 – 500 เมตร	0.50	
	4.3 200 – 350 เมตร	0.75	
	4.4 น้อยกว่า 200 เมตร	1.00	
5. การใช้ที่ดิน	5.1 พื้นที่ป่าไม้	0.25	0.208
	5.2 พื้นที่อื่นๆ	0.50	
	5.3 พื้นที่เกษตรกรรม	0.75	
	5.4 พื้นที่แหล่งน้ำและที่อยู่อาศัย	1.00	
6. ระยะห่างทางน้ำ	4.1 ห่างมากกว่า 1,000 เมตร	0.25	0.269
	4.2 ห่าง 500 – 1,000 เมตร	0.50	
	4.3 ห่าง 100 – 500 เมตร	0.75	
	4.4 ห่างน้อยกว่า 100 เมตร	1.00	

3. แผนที่พื้นที่เสี่ยงอุทกภัย

โดยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) ซ้อนทับข้อมูลด้วยเทคนิค Multi-Criteria Analysis ปีจจัย 5 ปีจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี หน่วยหินทางธรณีวิทยา ความลาดชัน ความสูงและการใช้ที่ดิน คุณค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิค AHP และ RGMM พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.925 ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.200 จำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มด้วยเทคนิค Natural Breaks (Jenks) แบ่งข้อมูลออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

ปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และ 2567 (คาดการณ์) โดยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) ซ้อนทับข้อมูลด้วยเทคนิค Multi-Criteria Analysis ปีจจัย 6 ปีจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน การระบายน้ำของดิน ความลาดชัน ความสูง การใช้ที่ดิน และระยะห่างจากทางน้ำ ตามค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิค AHP และ RGMM พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.825 ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.190 จำแนกพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยด้วยเทคนิค Natural Breaks (Jenks) แบ่งข้อมูลออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมาก มีค่ามากกว่า 0.645 พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูง มีค่าเท่ากับ 0.544 – 0.645 พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยปานกลาง มีค่าเท่ากับ 0.435 – 0.543 และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งต่ำ มีค่าน้อยกว่า 0.435 (ภาพที่ 34)



ภาพที่ 34 พื้นที่เสี่ยงอุทกภัย ปี พ.ศ. 2534 2545 2556 และปี พ.ศ. 2567 (คาดการณ์)
จำแนก 4 ระดับ

ขนาดพื้นที่และร้อยละของพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย จำแนกตามระดับความรุนแรง 4 ระดับ ในปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และปี พ.ศ. 2567 (คาดการณ์) ตารางที่ 42

ตารางที่ 42 เปรียบเทียบพื้นที่และร้อยละของพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจำแนกตาม
ระดับความรุนแรง 4 ระดับ

ระดับความ	พ.ศ. 2534		พ.ศ. 2545		พ.ศ. 2556		พ.ศ. 2567	
เสี่ยงอุทกภัย	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ
เสี่ยงต่ำ	299.13	9.02	294.47	8.88	322.43	9.72	373.45	11.26
เสี่ยงปานกลาง	972.52	29.31	988.38	29.79	981.75	29.59	986.12	29.72
เสี่ยงสูง	1,280.83	38.61	1,283.60	38.69	1,224.40	36.91	1,178.03	35.51
เสี่ยงสูงมาก	765.12	23.06	751.17	22.64	789.02	23.78	780.01	23.51
รวม	3,317.60	100.00	3,317.60	100.00	3,317.60	100.00	3,317.60	100.00

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยสูงมาก พื้นที่เสี่ยงภัยสูง พื้นที่เสี่ยงภัยปานกลางและพื้นที่เสี่ยงภัยต่ำ มีสัดส่วนโดยประมาณของพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองเท่ากับร้อยละ 23, 37, 30 และ 10 ตามลำดับ โดยพื้นที่เสี่ยงภัยสูงมากได้แก่บริเวณสองฝั่งลำน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมือง จังหวัดนครราชสีมา ที่เป็นพื้นที่รับน้ำสุดท้ายก่อนไหลลงสู่แม่น้ำมูลต่อไป

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยในลุ่มน้ำลำตะคองที่ได้จากปัจจัย 6 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน การระบายน้ำของดิน ความลาดชัน ความสูง การใช้ที่ดินและระยะห่างทางน้ำ พบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 ถึงปี พ.ศ. 2567 มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยน้อยมากโดยปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบ ได้แก่ ระยะห่างทางน้ำ ปริมาณน้ำฝนและการใช้ที่ดิน ปัจจัยที่ส่งผลน้อยที่สุด ได้แก่ ความลาดชันซึ่งมีค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยน้อยที่สุด ถึงแม้ว่าการใช้ที่ดินที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมจะมีการเปลี่ยนแปลงมากตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 – 2556 และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2567 แต่พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยมิได้มีการเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การวางแผนการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2567 เพื่อลดพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ

การวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคตเพื่อลดพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ ได้แก่ 1) ลดการสูญเสียดิน 2) ลดพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมาก 3) ลดพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมาก และ 4) ลดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมาก ด้วยการใช้แบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 โดยปรับเปลี่ยนแผนที่ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลง (Probability of Change Map) ของแต่ละประเภทการใช้ที่ดินโดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ที่มีความเสี่ยงในการเกิดภัยพิบัติในระดับสูงมาก กำหนดนโยบายการใช้ที่ดินใหม่ เช่น พื้นที่อยู่อาศัยที่เพิ่มขึ้นไม่ควรขยายตัวเข้าไปในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมาก หรือควรเพิ่มพื้นที่ป่าไม้หรือปลูกไม้ยืนต้นในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมากและในพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมาก เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินจะยังคงสัดส่วนการใช้ที่ดิน (Transition Area Matrix) เดิมที่ได้กำหนดไว้แล้วจากแบบจำลอง Markov

1. วิเคราะห์ผลกระทบจากภัยพิบัติ

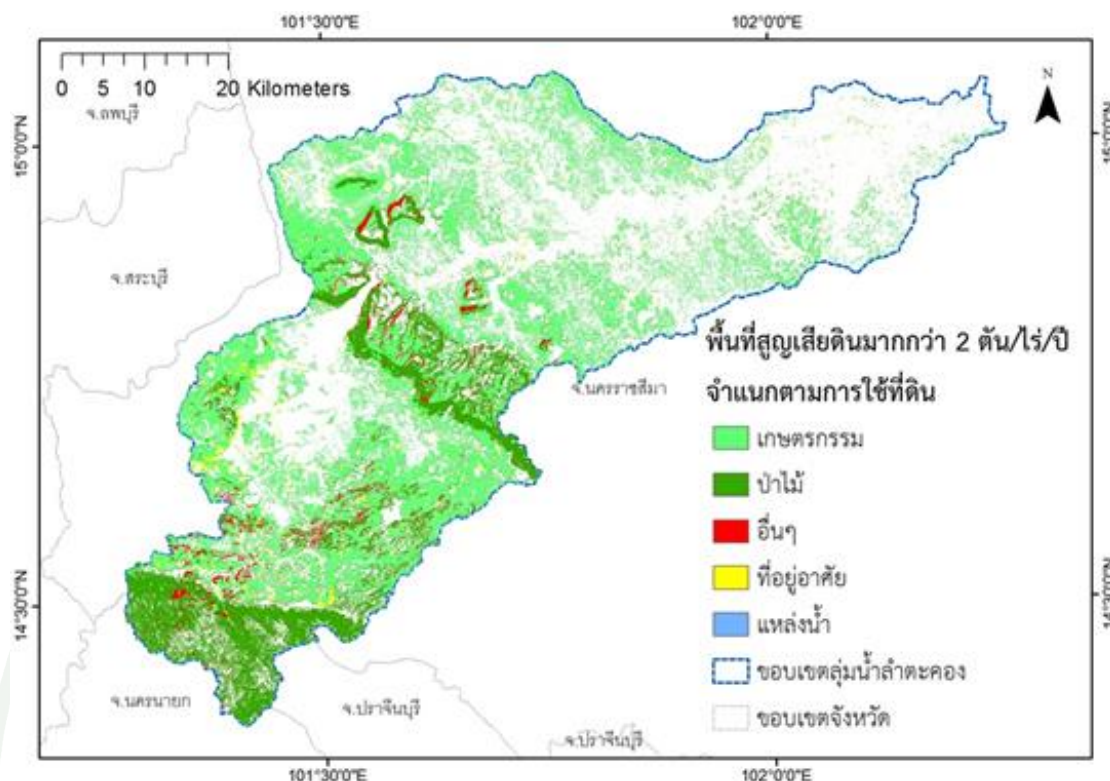
การสูญเสียดิน ภัยแล้ง ดินถล่มและอุทกภัย จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 เพื่อใช้ในการวางแผนและกำหนดนโยบายในการวางแผนการใช้ที่ดินที่เหมาะสมในปี พ.ศ. 2567 เลือกพื้นที่ที่มีความรุนแรงของการสูญเสียดิน ภัยแล้ง ดินถล่มและอุทกภัยในอัตราสูงสุด มา ช้อนทับกับข้อมูลการใช้ที่ดินแต่ละประเภทที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลอง CA-Markov ในปี พ.ศ. 2567

1.1. พื้นที่เสี่ยงการสูญเสียดินสูง

จำแนกโดยการกำหนดช่วงของข้อมูลของพื้นที่ที่มีการสูญเสียดินไม่เกิน 2 ตันต่อไร่ต่อปี และพื้นที่เสี่ยงการสูญเสียดินมากกว่า 2 ตันต่อไร่ต่อปี ตามค่ามาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดินที่กำหนดให้ปริมาณการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้เท่ากับ 2 ตันต่อไร่ต่อปี พื้นที่เป้าหมายมีพื้นที่เท่ากับ 1,509.73 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 45.51 ของพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง มีการสัดส่วนการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 ในพื้นที่เสี่ยงภัยการสูญเสียดินสูง ดังตารางที่ 43 และภาพที่ 34

ตารางที่ 43 พื้นที่การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงภัยการสูญเสียดินสูง ในปี พ.ศ. 2567

ลำดับที่	การใช้ที่ดิน	คำอธิบายพื้นที่เสี่ยง	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
1	ที่อยู่อาศัย	สูญเสียดินมากกว่า 2 ตัน/ไร่/ปี	40.94	2.71
2	ป่าไม้		434.89	28.81
3	เกษตร		989.82	65.56
4	แหล่งน้ำ		3.57	0.24
5	อื่นๆ		40.51	2.68
	รวม		1,509.73	100.00



ภาพที่ 35 การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงภัยการสูญเสียดินสูง (มากกว่า 2 ตันต่อไร่ต่อปี) ในปี พ.ศ. 2567

1.2. พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูง

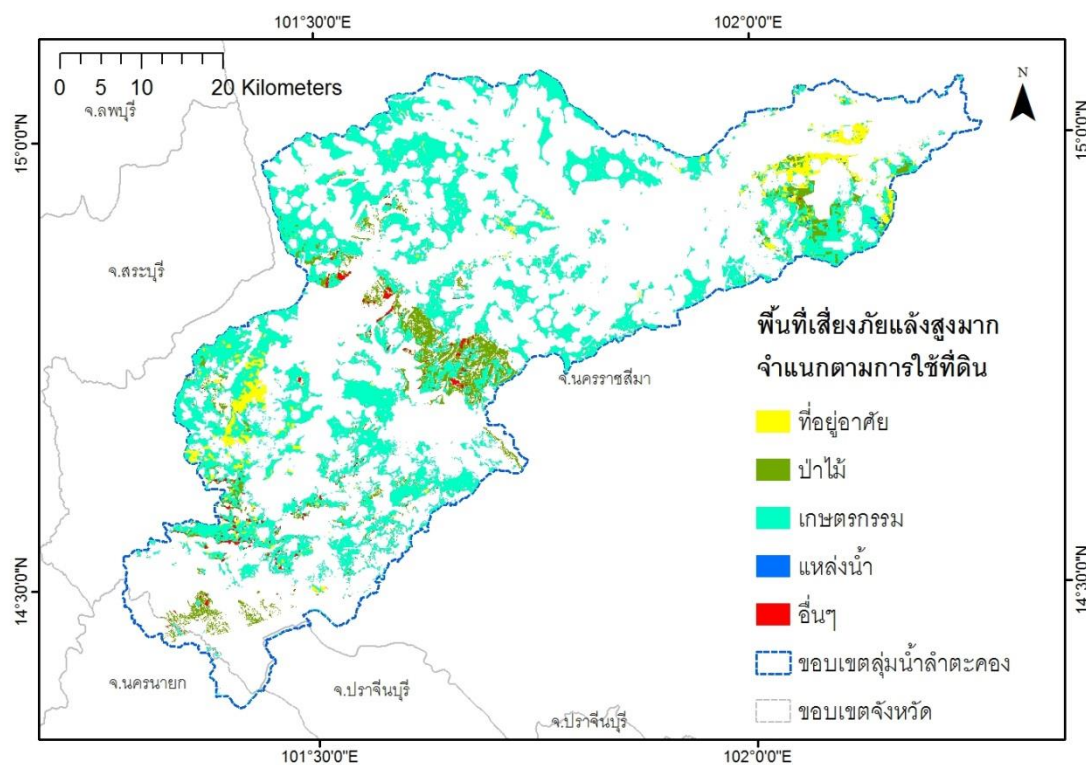
จำแนกด้วยเทคนิค Natural Breaks (Jenks) ในโปรแกรม ArcMap โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 กลุ่ม เลือกข้อมูลกลุ่มที่มีค่าสูงที่สุดกำหนดเป็นพื้นที่เสี่ยงสูงมากซึ่งควรมีการวางแผนการใช้ที่ดินหรือกำหนดนโยบาย เพื่อลดขนาดพื้นที่เสี่ยงสูงมากหรือลดผลกระทบของพื้นที่เสี่ยงสูงมากต่อการใช้ที่ดินเป้าหมายแต่ละประเภท กลุ่มของข้อมูลที่เหลือนำมารวมกันแล้วกำหนดเป็นพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงนโยบาย

กำหนดช่วงของข้อมูลเป็น 2 ช่วง ได้แก่ พื้นที่ที่มีค่าความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งไม่สูงมาก ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งต่ำ ปานกลาง และสูงตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 0.334-0.724 กำหนดเป็นพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงนโยบายการใช้ที่ดิน และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมากมีค่าเท่ากับ 0.725-0.855 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ควรมีการปรับปรุงการใช้ที่ดินเพื่อลดพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยพื้นที่เป้าหมายมีพื้นที่เท่ากับ

674.47 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 20.33 ของพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง มีการใช้ที่ดินใน ปี พ.ศ. 2567 ในพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมาก ดังตารางที่ 44 และภาพที่ 36

ตารางที่ 44 พื้นที่การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมาก ในปี พ.ศ. 2567

ลำดับที่	การใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
1	ที่อยู่อาศัย	47.78	7.08
2	ป่าไม้	66.99	9.93
3	เกษตร	543.56	80.59
4	แหล่งน้ำ	1.29	0.19
5	อื่นๆ	14.85	2.20
รวม		674.47	100.00



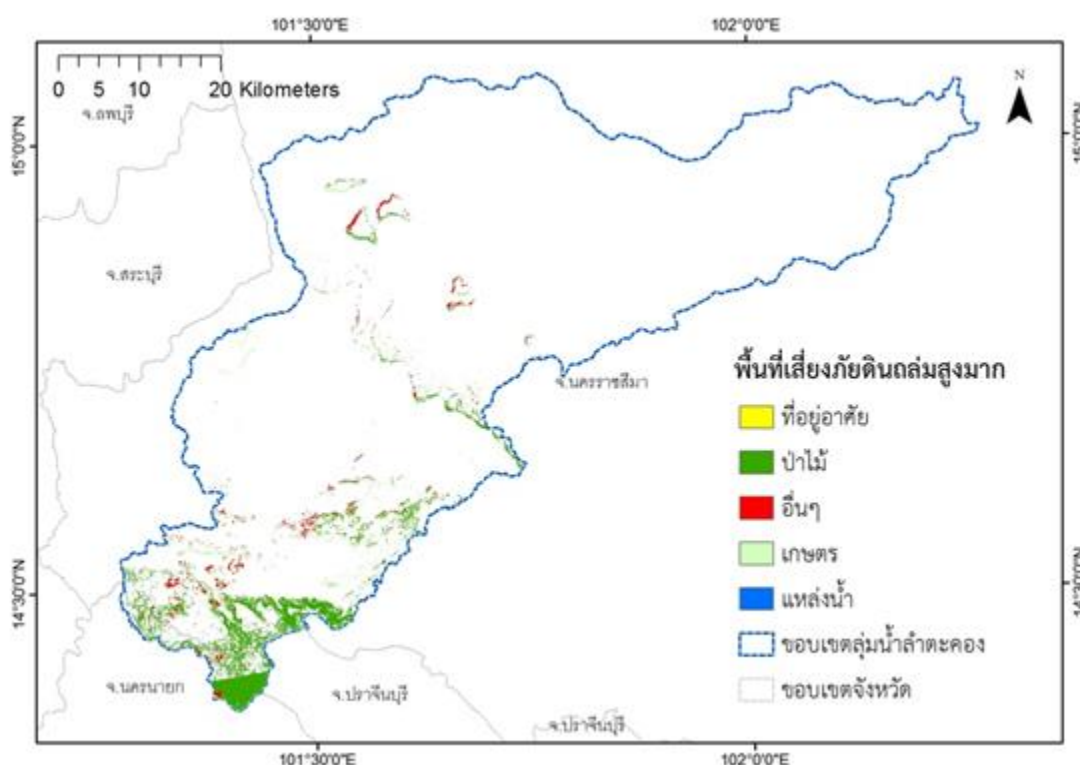
ภาพที่ 36 การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมาก (0.725-0.855) ในปี พ.ศ. 2567

1.3. พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูง

จำแนกด้วยเทคนิคเกี่ยวกับการจำแนกข้อมูลของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 กลุ่ม แล้วเลือกกลุ่มข้อมูลพื้นที่เสี่ยงดินถล่มสูงที่สุด เพื่อใช้พื้นที่ดังกล่าวในการกำหนดแผนการใช้ที่ดินหรือกำหนดนโยบาย เพื่อลดขนาดพื้นที่เสี่ยงสูงมากหรือลดผลกระทบของพื้นที่เสี่ยงสูงมากต่อการใช้ที่ดินเป้าหมายแต่ละประเภท กำหนดช่วงของข้อมูลเป็น 2 ช่วง ได้แก่ พื้นที่ที่มีค่าความเสี่ยงในการเกิดภัยดินถล่มไม่สูงมาก (ต่ำ ปานกลางและสูง) มีค่าเท่ากับ 0.201-0.527 กำหนดเป็นพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงนโยบายการใช้ที่ดิน และพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมากมีค่าเท่ากับ 0.528-0.925 เป็นพื้นที่ที่ควรมีการปรับปรุงการใช้ที่ดินเพื่อลดพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม โดยพื้นที่เป้าหมายมีพื้นที่เท่ากับ 151.80 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 4.58 ของพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง มีการสำรวจการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 ในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมาก ดังตารางที่ 45 และภาพที่ 37

ตารางที่ 45 พื้นที่การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงดินถล่มสูงมาก ในปี พ.ศ. 2567

ลำดับที่	การใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
1	ที่อยู่อาศัย	0.58	0.38
2	ป่าไม้	100.97	66.52
3	เกษตร	33.11	21.81
4	แหล่งน้ำ	0.01	0.01
5	อื่นๆ	17.13	11.28
	รวม	151.80	100.00



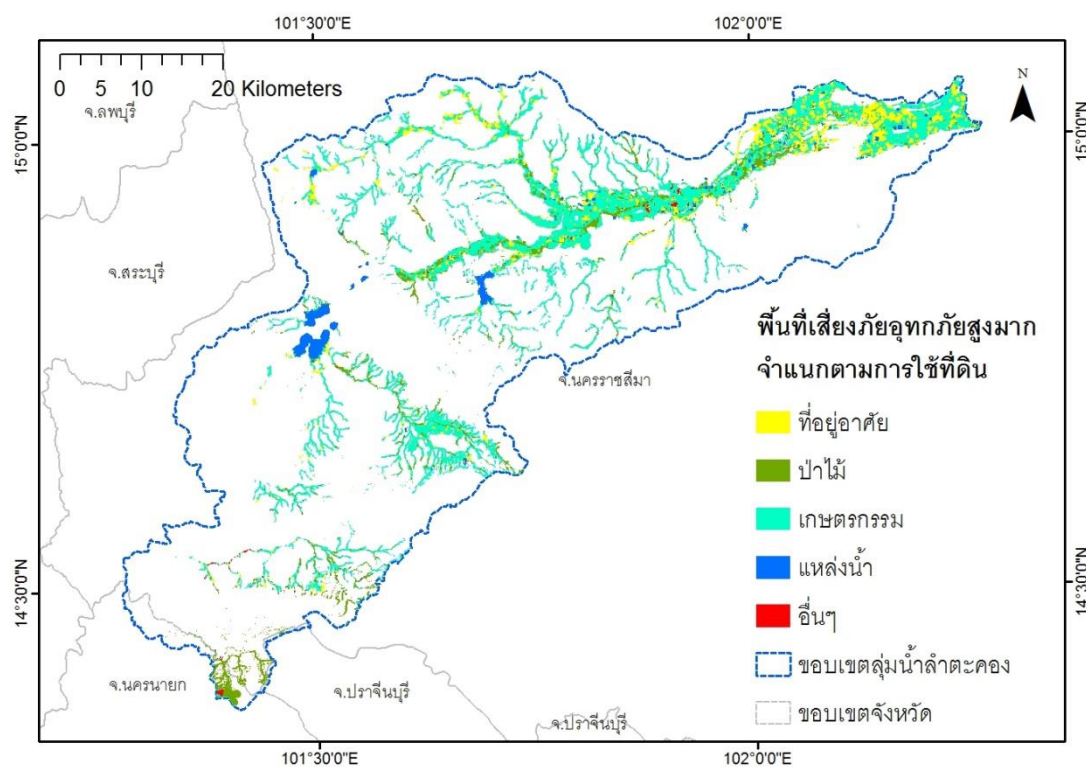
ภาพที่ 37 การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมาก (0.528-0.925) ในปี พ.ศ. 2567

1.4. พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูง

จำแนกด้วยเทคนิคเช่นเดียวกับการจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งและพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 กลุ่ม และเลือกเฉพาะพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมาก เพื่อใช้พื้นที่ดังกล่าว ในการกำหนดแผนการใช้ที่ดินหรือกำหนดนโยบาย เพื่อลดขนาดพื้นที่เสี่ยงสูงมากหรือลดผลกระทบ ของพื้นที่เสี่ยงสูงมากต่อการใช้ที่ดินเป้าหมายแต่ละประเภท กำหนดช่วงของข้อมูลเป็น 2 ช่วง ได้แก่ พื้นที่ที่มีค่าความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัยต่ำ ปานกลางและสูงมีค่าเท่ากับ 0.199-0.645 กำหนดเป็น พื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงนโยบายการใช้ที่ดิน และพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมากมีค่าเท่ากับ 0.646-0.825 เป็นพื้นที่ที่ควรมีการปรับปรุงการใช้ที่ดินเพื่อลดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย โดยพื้นที่เป้าหมายมีพื้นที่ เท่ากับ 780.01 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 23.51 ของพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง มีการสัดส่วน การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 ในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมาก ดังตารางที่ 46 และภาพที่ 38

ตารางที่ 46 พื้นที่การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมาก ในปี พ.ศ. 2567

ลำดับที่	การใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
1	ที่อยู่อาศัย	177.37	22.74
2	ป่าไม้	9.02	1.16
3	เกษตร	542.62	69.57
4	แหล่งน้ำ	49.17	6.30
5	อื่นๆ	1.83	0.23
รวม		780.01	100.00



ภาพที่ 38 การใช้ที่ดินที่ซ้อนทับกับพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมาก (0.646-0.825) ในปี พ.ศ. 2567

2. กำหนดนโยบายการใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ

การวางแผนการใช้ที่ดินโดยการกำหนดนโยบายการใช้ที่ดินที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบจากภัยธรรมชาติได้แก่ การสูญเสียดิน ภัยแล้ง ดินถล่มและอุทกภัย โดยกำหนดการใช้ที่ดินที่เหมาะสมหรือลดผลกระทบจากภัยธรรมชาติ เช่น การกำหนดให้พื้นที่เกษตรกรรมที่มีการสูญเสียดินที่มากกว่า 2 ตันต่อไร่ต่อปี เป็นพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่ป่าไม้หรือพื้นที่แหล่งน้ำ เพื่อลดอัตราการสูญเสียดิน หรือการกำหนดให้พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงไม่ควรมีการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยเพื่อลดการสูญเสียของชีวิตและทรัพย์สิน เป็นต้น การกำหนดนโยบายการใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงภัยระดับสูงมาก ค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญของการใช้ที่ดิน และค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญของแต่ละภัยธรรมชาติ ตารางที่ 47

ตารางที่ 47 ค่าถ่วงน้ำหนักและค่าคะแนนของการใช้ที่ดินที่กำหนดตามนโยบายตามลักษณะของภัยธรรมชาติที่กำหนด เพื่อใช้ในการวางแผนการใช้ที่ดิน

ภัยธรรมชาติ	นโยบาย	การใช้ที่ดิน	คะแนน	ค่าถ่วง น้ำหนัก ภัยธรรมชาติ	คะแนน รวม
การสูญเสียดิน CR = 0.015	เป้าหมาย ลดการสูญเสียดินใน	ที่อยู่อาศัย	0.262	0.140	0.037
	พื้นที่เกษตรกรรมเป็นหลัก โดย	ป่าไม้	0.416		0.058
	การทดแทนด้วยพื้นที่ ป่าไม้,	การเกษตร	0.062		0.009
	ที่อยู่อาศัย, แหล่งน้ำ และพื้นที่	แหล่งน้ำ	0.161		0.022
	อื่นๆ ตามลำดับ	อื่นๆ	0.099		0.014
ภัยแล้ง CR = 0.021	เป้าหมาย ลดพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง	ที่อยู่อาศัย	0.160	0.275	0.044
	โดยกำหนดการใช้พื้นที่เป็นพื้นที่	ป่าไม้	0.398		0.109
	ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ ที่อยู่อาศัย	การเกษตร	0.079		0.022
	พื้นที่อื่นๆ และพื้นที่เกษตรกรรม	แหล่งน้ำ	0.242		0.066
	ตามลำดับ	อื่นๆ	0.122		0.033
ดินถล่ม CR = 0.012	เป้าหมาย ลดพื้นที่เสี่ยงภัยดิน	ที่อยู่อาศัย	0.091	0.198	0.018
	ถล่ม โดยกำหนดการใช้ที่ดินเป็น	ป่าไม้	0.348		0.069
	พื้นที่ป่าไม้ เกษตรกรรม พื้นที่	การเกษตร	0.317		0.063
	อื่นๆ โดยให้มีพื้นที่แหล่งน้ำและ	แหล่งน้ำ	0.081		0.016
	ที่อยู่อาศัยน้อยที่สุด	อื่นๆ	0.163		0.032

ตารางที่ 47 (ต่อ)

ภัยธรรมชาติ	นโยบาย	การใช้ที่ดิน	คะแนน	ค่าถ่วง น้ำหนัก ภัยธรรมชาติ	คะแนน รวม
อุทกภัย	เป้าหมาย ลดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย	ที่อยู่อาศัย	0.062	0.387	0.024
CR =0.015	โดยกำหนดการใช้ที่ดินให้เป็น	ป่าไม้	0.161		0.062
	แหล่งน้ำ, พื้นที่เกษตร, พื้นที่ป่า	การเกษตร	0.262		0.101
	ไม้, พื้นที่อื่นๆ และที่อยู่อาศัย	แหล่งน้ำ	0.416		0.161
	ตามลำดับ	อื่นๆ	0.099		0.038
รวม					1.000

จากการจัดลำดับความสำคัญของภัยธรรมชาติด้วยเทคนิค AHP พบว่า ปัญหาอุทกภัยถือว่าเป็นปัญหาสำคัญเร่งด่วนที่ต้องได้รับการแก้ไขก่อนโดยมีค่าความสำคัญของปัจจัยสูงสุดเท่ากับ 0.387 รองลงมาได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง พื้นที่เสี่ยงดินถล่มและพื้นที่เสี่ยงการสูญเสียดินสูง มีค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละภัยพิบัติเท่ากับ 0.275 0.198 และ 0.140 ตามลำดับ ที่ค่า CR จากการวิเคราะห์ AHP เท่ากับ 0.045 นำค่าลำดับความสำคัญไปคูณกับความสำคัญของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทตามนโยบายที่เหมาะสมกับภัยพิบัติแต่ละชนิด โดยค่ารวมของปัจจัยทั้งหมดเท่ากับ 1.000 กำหนดนโยบายการวางแผนการใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติแต่ละชนิดดังนี้

2.1. การใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูง

ควรวางแผนพื้นที่ดังกล่าวให้เหมาะสมกับการใช้ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยต่างกัน เช่น พื้นที่แหล่งน้ำเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดอุทกภัยน้อยที่สุดจึงควรมีค่าความสำคัญในการใช้ที่ดินเป็นแหล่งน้ำสูงที่สุด หรือพื้นที่อยู่อาศัยไม่ควรตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงเนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์มาก จึงควรกำหนดให้ค่าความสำคัญของปัจจัยที่อยู่อาศัยน้อยที่สุด การใช้ที่ดินเรียงลำดับตามความสำคัญในการวางแผนการใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยได้แก่ แหล่งน้ำ พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่อื่นๆ และพื้นที่อยู่อาศัย ตามลำดับ โดยมีค่าความสำคัญของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทเท่ากับ 0.416, 0.262, 0.161, 0.099 และ 0.062 ที่ค่า CR จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AHP เท่ากับ 0.015 และเมื่อนำมาคูณกับค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญของ

พื้นที่อุทกภัยที่มีค่าเท่ากับ 0.275 จะทำให้ค่าความสำคัญของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทเท่ากับ 0.161, 0.101, 0.062, 0.038 และ 0.024 ตามลำดับ

2.2. การใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูง

ความสำคัญของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมีความสำคัญรองจากพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย มีค่าเท่ากับ 0.275 พื้นที่ดังกล่าวควรวางแผนให้ใช้เป็นพื้นที่ป่าไม้ แหล่งน้ำ ที่อยู่อาศัย พื้นที่อื่นๆ และพื้นที่เกษตรกรรม ตามลำดับ โดยพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งมากที่สุดจึงควรมีความสำคัญในพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อยที่สุด ค่าลำดับความสำคัญคูณกับค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งเรียงลำดับตามความสำคัญของการใช้ที่ดินจากมากไปน้อยเท่ากับ 0.109 (ป่าไม้) 0.066 (แหล่งน้ำ) 0.044 (ที่อยู่อาศัย) 0.033 (พื้นที่อื่นๆ) และ 0.022 (พื้นที่เกษตรกรรม) ตามลำดับ

2.3. การใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงดินถล่มสูง

ความสำคัญของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มมีความสำคัญรองจากพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง มีค่าเท่ากับ 0.198 โดยลำดับความสำคัญของการใช้ที่ดินที่เหมาะสมกับพื้นที่ดังกล่าวเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตร พื้นที่อื่นๆ พื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่แหล่งน้ำ มีค่าคะแนนหลังจากคูณค่าความสำคัญของปัจจัยดินถล่มเท่ากับ 0.069, 0.063, 0.032, 0.018 และ 0.016 ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมที่จะวางแผนการใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงดินถล่มมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่อยู่อาศัย ที่มีค่าความสำคัญใกล้เคียงกันมาก

2.4. การใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงการสูญเสียดินสูง

ความสำคัญของพื้นที่เสี่ยงการสูญเสียดินมีความสำคัญน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.140 เนื่องจากการสูญเสียดินส่งผลกระทบต่อมนุษย์น้อยที่สุด (ในระยะสั้น) โดยลำดับความสำคัญของการใช้ที่ดินที่เหมาะสมกับพื้นที่ดังกล่าวเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่อื่นๆ และพื้นที่เกษตร ค่าคะแนนหลังจากคูณค่าความสำคัญของปัจจัยพื้นที่เสี่ยงสูญเสียดินเท่ากับ 0.058, 0.037, 0.022, 0.014 และ 0.009 ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมที่จะวางแผนการใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงการสูญเสียดินมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม

เมื่อนำค่าความสำคัญรวมของปัจจัยพื้นที่เสี่ยง 4 ชนิดในการใช้ที่ดิน 5 ประเภท พบว่า โอกาสในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มากที่สุดคือ การใช้ที่ดินเป็นพื้นที่แหล่งน้ำในเขตพื้นที่เสี่ยง อุทกภัยสูงมีค่าเท่ากับ 0.161 รองลงมาคือ การใช้ที่ดินป่าไม้ในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง มีค่าเท่ากับ 0.109 และโอกาสในการใช้ที่ดินที่น้อยที่สุดคือ พื้นที่เกษตรกรรมของพื้นที่เสี่ยงการสูญเสียดิน มีค่าเท่ากับ 0.009 โดยค่าความสำคัญรวมทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1.000

3. ปรับปรุงแบบจำลอง CA-Markov

ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 การปรับปรุงแบบจำลองคงใช้สัดส่วน ขนาดพื้นที่ (Transition Areas Matrix) เดิม ตารางที่ 48 โดยการปรับค่าความน่าจะเป็นในการ เปลี่ยนแปลง (Transition Probability Matrix) จากความน่าจะเป็นเดิมที่ได้จากแบบจำลอง Markov ตารางที่ 49

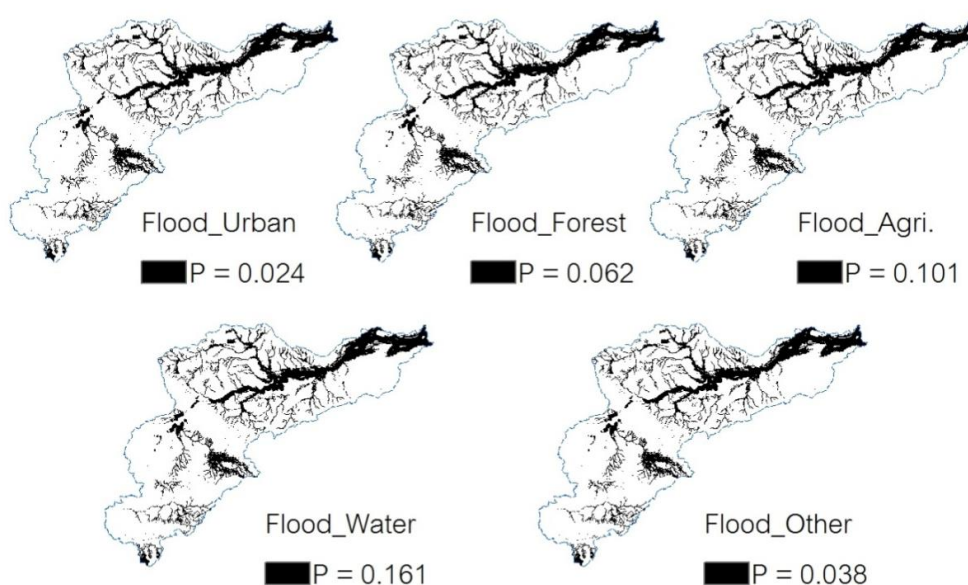
ตารางที่ 48 สัดส่วนการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567 (คาดการณ์) เทียบกับปี พ.ศ. 2556 (ตารางกิโลเมตร)

การใช้ที่ดิน	(1)	(2)	(3)	(4)	(5) ปี พ.ศ. 2556	
ที่อยู่อาศัย (1)	30.10	15.38	124.65	6.67	1.36	178.16
ป่าไม้ (2)	14.17	336.66	280.98	1.90	33.75	667.47
เกษตรกรรม (3)	275.00	457.91	1,577.92	31.39	32.99	2,375.20
แหล่งน้ำ (4)	1.27	1.05	12.83	35.41	0.19	50.76
อื่นๆ (5)	1.67	17.90	24.19	0.11	2.13	46.01
ปี พ.ศ. 2567	322.22	828.90	2,020.57	75.49	70.42	3,317.60

ตารางที่ 49 สัดส่วนความน่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567 (คาดการณ์)
เทียบกับปี พ.ศ. 2556

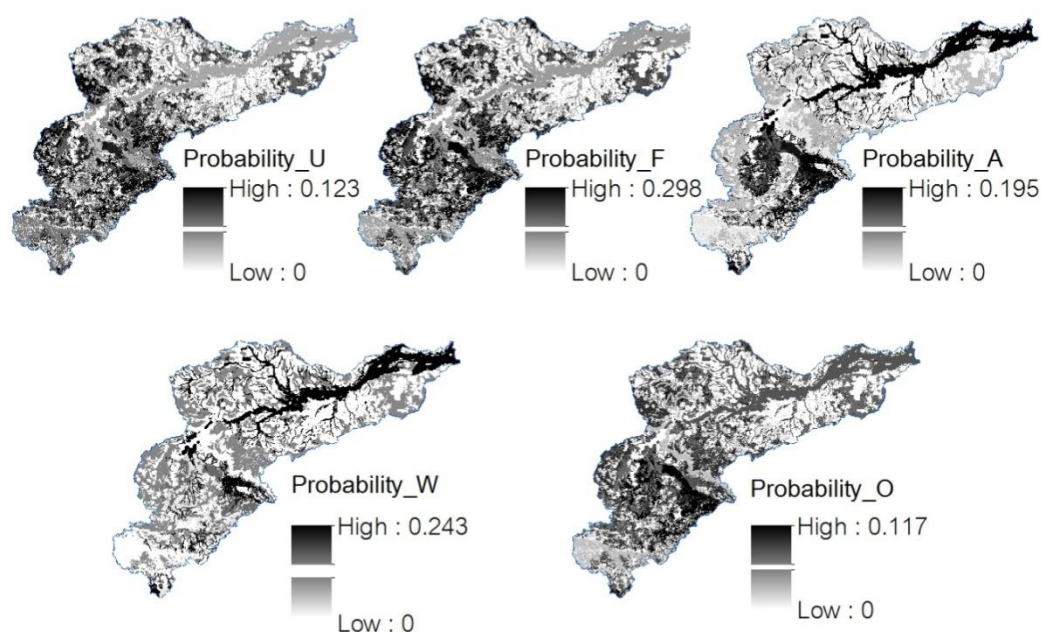
การใช้ที่ดิน	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	รวม
ที่อยู่อาศัย (1)	0.169	0.086	0.700	0.037	0.008	1.000
ป่าไม้ (2)	0.021	0.504	0.421	0.003	0.051	1.000
เกษตรกรรม (3)	0.116	0.193	0.664	0.013	0.014	1.000
แหล่งน้ำ (4)	0.025	0.021	0.253	0.698	0.004	1.000
อื่นๆ (5)	0.036	0.389	0.526	0.002	0.046	1.000

ค่าความสำคัญที่ได้จากการคำนวณ AHP ตามนโยบายที่กำหนดไว้ตามประเภทการใช้ที่ดิน เช่น พื้นที่เสี่ยงภัยสูงของอุทกภัยมีค่าความสำคัญของที่อยู่อาศัยมีค่าเท่ากับ 0.24, พื้นที่ป่าไม้มีค่าเท่ากับ 0.062, พื้นที่เกษตรกรรมมีค่าเท่ากับ 0.101, พื้นที่แหล่งน้ำมีค่าเท่ากับ 0.161 และพื้นที่อื่นๆ มีค่าเท่ากับ 0.038 เป็นต้น ทำการใส่ค่าความสำคัญให้ครบทั้ง 4 พื้นที่เสี่ยงภัย สร้างแผนที่ความน่าจะเป็น 5 ภาพ ที่มีขนาดเท่ากัน ได้แก่ 1) ที่อยู่อาศัย 2) ป่าไม้ 3) เกษตรกรรม 4) แหล่งน้ำ และ 5) พื้นที่อื่นๆ (ภาพที่ 39)



ภาพที่ 39 ค่าความน่าจะเป็นของแต่ละประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย โดยการใช้ที่ดิน แหล่งน้ำมีความน่าจะเป็นสูงที่สุด และที่อยู่อาศัยมีความน่าจะเป็นต่ำที่สุด

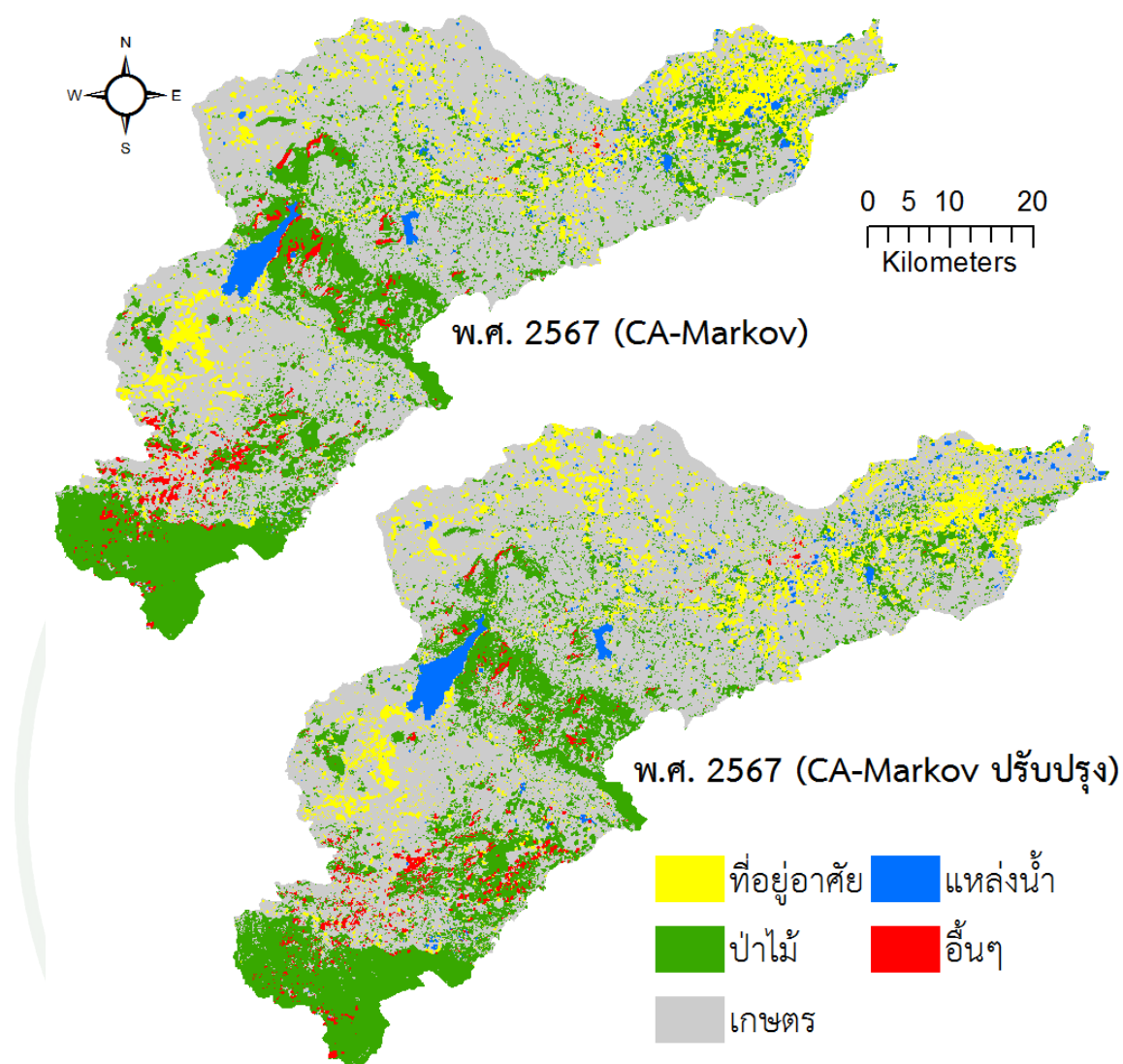
สร้างแผนที่ความน่าจะเป็น 20 ภาพ แล้วทำการรวมแผนที่ความน่าจะเป็นในแต่ละการใช้ที่ดินเข้าด้วยกันด้วยการบวกค่าแต่ละภาพ ได้แผนที่ความน่าจะเป็นหลังจากรวมภาพแล้วทั้งหมด 5 ภาพ เป็นการปรับปรุงความน่าจะเป็นเพื่อนำไปใช้ในแบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 ใหม่ ตามนโยบายที่กำหนดไว้ โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อลดผลกระทบหรือความเสียหายที่เกิดจากพื้นที่เสี่ยงทั้ง 4 ชนิด (ภาพที่ 40) ค่าความน่าจะเป็นที่ได้ไปรวมกับความน่าจะเป็นเดิมที่ได้จากแบบจำลอง Markov โดยการแทนที่ค่าความน่าจะเป็นใหม่แทนความน่าจะเป็นเดิมเฉพาะตำแหน่งที่ต้องการปรับปรุง (พื้นที่เสี่ยงภัยสูงมากทั้ง 4 ชนิด)



ภาพที่ 40 ค่าความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดิน ตามนโยบายลดผลกระทบจากความเสี่ยงภัยธรรมชาติ เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov

4 วิเคราะห์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567

การปรับปรุงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลง ด้วยแบบจำลอง CA-Markov ในโปรแกรม Idrisi ได้แผนที่คาดการณ์การใช้ที่ดินใหม่ที่มีการปรับปรุงตามนโยบายที่ได้กำหนดไว้ สัดส่วนการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการปรับปรุงแบบจำลองดังภาพที่ 41



ภาพที่ 41 เปรียบเทียบการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 ที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov ที่ไม่มีการปรับค่าความน่าจะเป็นกับการใช้ที่ดินที่ปรับปรุงความน่าจะเป็นตามนโยบายการใช้ที่ดินเพื่อลดพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ

5 ตรวจสอบนโยบายการจัดการ

การคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567 ที่ได้จากการปรับปรุงแบบจำลอง CA-Markov เปรียบเทียบกับแบบจำลอง CA-Markov เดิมที่ไม่มีการกำหนดเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลง พบว่ามีการจัดการการใช้ที่ดินใหม่ตามนโยบายที่ได้กำหนดไว้อย่างชัดเจน (ตารางที่ 50) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงมากที่มีนโยบายจำกัดการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยให้มีพื้นที่น้อยที่สุด มี

พื้นที่ลดลง 96.38 ตารางกิโลเมตร หรือลดลงร้อยละ 54.34 พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่อื่นๆ พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมมีขนาดเพิ่มขึ้นในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงสุด

ตารางที่ 50 เปรียบเทียบการใช้ที่ดินของปี พ.ศ. 2567 ในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยสูงมากทั้ง 4 ชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงตามนโยบายการใช้ที่ดินใหม่

การใช้ที่ดิน	พื้นที่เสี่ยงสูง พ.ศ. 2567 ก่อนปรับปรุง (พื้นที่เสี่ยงสูง หลังปรับปรุงแบบจำลอง)			
	สูญเสียดิน	ภัยแล้ง	ดินถล่ม	อุทกภัย
ที่อยู่อาศัยฯ	40.94 (52.81)	47.78 (50.13)	0.58 (1.26)	177.37 (80.99)
ป่าไม้	434.89 (385.41)	66.99 (126.02)	100.97 (104.86)	9.02 (63.69)
เกษตรฯ	989.82 (1,013.74)	543.56 (462.33)	33.11 (17.32)	542.62 (568.06)
แหล่งน้ำ	3.57 (5.49)	1.29 (2.95)	0.01 (0.05)	49.17 (60.52)
อื่นๆ	40.51 (52.28)	14.85 (33.04)	17.13 (28.31)	1.83 (6.75)
รวม	1,509.73 (1,509.73)	674.47 (674.47)	151.80 (151.80)	780.01 (780.01)

พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งที่มีเป้าหมายในการจัดการการใช้ที่ดินเป็นอันดับที่สอง มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับนโยบายที่กำหนด โดยมีพื้นที่เกษตรกรรมลดลง 81.23 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 14.94 พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น 59.03 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 88.12 พื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น 1.66 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 128.68 และพื้นที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณร้อยละ 5

พื้นที่เสี่ยงดินถล่มมีเป้าหมายในการจัดการการใช้ที่ดินเป็นอันดับที่สาม มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับนโยบายที่กำหนดไว้บางส่วน ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ที่มีความสำคัญในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มอันดับที่ 1 มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 3.89 ตารางกิโลเมตร แต่พื้นที่เกษตรกรรมที่ควรที่จะเพิ่มขึ้นตามนโยบาย แต่

กลับมีพื้นที่ลดลงเท่ากับ 15.79 ตารางกิโลเมตร สาเหตุที่การเปลี่ยนแปลงไม่เป็นไปตามนโยบายหลัก เนื่องจากค่าความสำคัญของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม มีน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยหรือพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

พื้นที่เสี่ยงการสูญเสียดินมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม เนื่องจากพื้นที่เสี่ยงการสูญเสียดินมีค่าน้ำหนักของปัจจัยน้อยที่สุด พื้นที่ที่ตอบสนองนโยบายได้แก่ พื้นที่อยู่อาศัยที่เพิ่มขึ้น 11.87 ตารางกิโลเมตร แต่พื้นที่ป่าไม้ที่ควรที่จะเพิ่มขึ้นกลับลดลงเท่ากับ 49.48 ตารางกิโลเมตร



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

1. การจำแนกการใช้ที่ดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมในปี พ.ศ. 2534, 2545 และ 2556

การจำแนกการใช้ที่ดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมในปี พ.ศ. 2534, 2545 และ 2556 สามารถจำแนกได้ 5 ประเภท ได้แก่ ที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง, ป่าไม้, เกษตรกรรม, แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 พื้นที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง

พื้นที่อยู่อาศัยฯ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมากโดยปี พ.ศ. 2556 มีพื้นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 416 ของปี พ.ศ. 2534 หรือมีที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นประมาณ 4 เท่าในเวลา 22 ปี สอดคล้องกับสถิติจำนวนบ้านของสำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง ปี พ.ศ. 2555 มีจำนวนบ้านเพิ่มขึ้นประมาณ 1.5 เท่าของจำนวนบ้านปี พ.ศ. 2533 และคาดการณ์ว่าที่อยู่อาศัยฯ จะมีขยายตัวต่อเนื่องโดยแบบจำลอง CA-Markov ในปี พ.ศ. 2567 พื้นที่ที่อยู่อาศัยฯ เท่ากับ 322.24 ตารางกิโลเมตรหรือเพิ่มขึ้น 1.8 เท่าจากปี พ.ศ. 2556 โดยพื้นที่ที่มีการขยายตัวของที่อยู่อาศัยฯ มาก ได้แก่ เขตเทศบาลนครนครราชสีมา อำเภอเมืองนครราชสีมา เทศบาลเมืองปากช่อง อำเภอปากช่อง และบางส่วนของเทศบาลตำบลสีคิ้ว อำเภอสีคิ้ว

1.2 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้

ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2534-2556 พบว่าปี พ.ศ. 2556 มีพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 16.10 ของพื้นที่ป่าไม้ปี พ.ศ. 2534 สอดคล้องกับข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ที่พื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2554 เพิ่มขึ้นร้อยละ 33.86 ของพื้นที่ป่าไม้ปี พ.ศ. 2534 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ส่วนหนึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกยางพาราที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วประมาณ

ร้อยละ 119 โดยคำนวณจากพื้นที่ปลูกยางพาราในจังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2556 เทียบกับ ปี พ.ศ. 2551 (5 ปี) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) นอกจากนั้นพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองตอน กลางถึงตอนปลายจะพบไม้ยืนต้นที่ขึ้นสองฝั่งลำน้ำ โดยพืชที่สำคัญได้แก่ ต้นกระถินยักษ์ ซึ่งมีปริมาณ หนาแน่นและเติบโตเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งในปีที่มีปริมาณน้ำท่ามากเช่น ปี พ.ศ. 2545 และ ปี พ.ศ. 2556 เป็นต้น

1.3 พื้นที่การเกษตรมีแนวโน้มลดลง

ข้อมูลพื้นที่เกษตรที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2534-2556 พบว่า มีแนวโน้มลดลง ร้อยละ 9.34 ของพื้นที่เกษตรปี พ.ศ. 2534 เนื่องจากการเพิ่มที่ของพื้นที่อยู่อาศัย และพื้นที่เกษตรที่เปลี่ยนรูปแบบจากพืชไร่เป็นสวนยางพาราซึ่งจำแนกการใช้ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียม ระบุเป็นพื้นที่ป่าไม้

1.4 พื้นที่แหล่งน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2534-2556 พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ร้อยละ 79.68 ของพื้นที่แหล่งน้ำปี พ.ศ. 2534 พื้นที่แหล่งน้ำมีการ เปลี่ยนแปลงสูงเนื่องจากสาเหตุหลักได้แก่ ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองมีสูง ในปี พ.ศ. 2545 ปริมาณน้ำท่าได้รับผลกระทบจากอุทกภัยในภาคเหนือตอนล่างและในภาคกลางในปีดังกล่าวส่งผล กระทบบางส่วนให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองซึ่งติดกับพื้นที่ภาคกลาง และในปี พ.ศ. 2556 พื้นที่ภาคอีสานได้รับผลกระทบอย่างมากจากพายุ 3 ลูก ได้แก่ พายุดีเปรสชัน Eighteen (เดือนกันยายน) พายุ WUTIP (ต้นเดือนตุลาคม) และพายุ NARI (ปลายเดือนตุลาคม) ส่งผลใน ปริมาณน้ำท่าปี พ.ศ. 2556 ในลุ่มน้ำลำตะคองสูงมาก (คลังข้อมูลสภาพน้ำ, 2557)

1.5 พื้นที่อื่นๆ

ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ผลัดใบหรือพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง และพื้นที่ว่างเปล่าอื่นๆ มีแนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ สภาพการเกิดไฟป่าหรือการเกิดน้ำท่วมขัง ในแต่ ละปีที่มีความไม่แน่นอน โดยพื้นที่ดังกล่าวมีประมาณร้อยละ 1.80 ของพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองทั้งหมด

2. ความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง CA-Markov

เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่การใช้ที่ดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมในปี 2556 กับการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปีเดียวกัน มีความคล้ายกัน (Similarity) ประมาณร้อยละ 70 และค่า Kappa เท่ากับ 0.51 ทำให้ความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง CA-Markov อยู่ในระดับที่พอใช้ และสามารถนำไปใช้ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567 ได้

3. พื้นที่คาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567

สัดส่วนการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567 ที่ได้จากการคาดการณ์บริเวณลุ่มน้ำลำตะคองโดยแบบจำลอง CA-Markov ได้แก่ พื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตร พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ มีค่าเท่ากับ 322.24, 829.14, 2,020.88, 75.49 และ 70.42 ตารางกิโลเมตรตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 9.71, 24.99, 60.90, 2.27 และ 2.12 ตามลำดับ สรุปได้ดังนี้

3.1 พื้นที่อยู่อาศัย

พื้นที่อยู่อาศัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 80.84 จากปี พ.ศ. 2556 โดยพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่อยู่อาศัยมากที่สุดได้แก่พื้นที่เกษตรกรรม จากแนวโน้มดังกล่าวทำให้การใช้ที่ดินประเภทอยู่อาศัย ควรมีการจัดการหรือการวางแผนที่ถูกต้องและเหมาะสมต่อไปในอนาคต

3.2 พื้นที่ป่าไม้

พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น 1 ใน 4 ของพื้นที่ป่าไม้เดิมในปี พ.ศ. 2556 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 24.19) โดยพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ป่าไม้มากที่สุดได้แก่พื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมแบบดั้งเดิม (นาข้าวหรือทำไร่) เป็นสวนยางพาราหรือไม้ยืนต้นชนิดอื่นๆ เป็นต้น

3.3 พื้นที่เกษตรกรรม

พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ลดลงร้อยละ 14.93 ของพื้นที่เกษตรกรรมปี พ.ศ. 2556 โดยพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดได้แก่ พื้นที่อยู่อาศัย

3.4 พื้นที่แหล่งน้ำ

พื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 48.36 โดยพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่แหล่งน้ำมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม

3.5 พื้นที่อื่นๆ

พื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ร้อยละ 53.05 โดยพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่อื่นๆ มากที่สุดได้แก่พื้นที่ป่าไม้ โดยพื้นที่ดังกล่าวอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงได้มากที่สุดขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในขณะนั้น เช่น น้ำท่วม หรือฝนแล้ง เป็นต้น แต่พื้นที่ดังกล่าวมีประมาณร้อยละ 2 ของพื้นที่ลุ่มน้ำจึงส่งผลกระทบต่อารเปลี่ยนแปลงรวมของพื้นที่น้อย

4. แบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2556 และ 2567

การคาดการณ์การใช้ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการทำนายสัดส่วนการเปลี่ยนแปลง และค้นหาตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงได้มีความถูกต้องร้อยละ 70 เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2556 ทำให้สามารถนำแบบจำลองนี้ไปใช้ในการทำนายการใช้ที่ดินในอีก 11 อีกข้างหน้าหรือในปี พ.ศ. 2567 โดยใช้รูปแบบในการกำหนดสัดส่วน และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับแบบจำลองที่ได้เคยทดสอบไว้แล้วของปี พ.ศ. 2556

สัดส่วนการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2567 จำแนกตามการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ได้แก่ พื้นที่อยู่อาศัย, พื้นที่ป่าไม้, พื้นที่เกษตรกรรม, พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่อื่นๆ มีขนาดเท่ากับ 322.24, 829.14, 2,020.88, 75.49 และ 70.42 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยแนวโน้มการเติบโตของที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นอย่างมากประมาณ 1 เท่า เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2556 ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมที่เป็นพื้นที่ผลิตอาหารที่สำคัญกลับมีแนวโน้มลดลงจากการเพิ่มขึ้นของที่อยู่อาศัย โดยขาดการจัดการควบคุมหรือกำหนดขีดความสามารถในการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทอย่างเป็นรูปธรรม

5. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการสูญเสียดินโดยแบบจำลองสมการการสูญเสียดินปรับปรุง (Universal Soil Loss Equation: USLE)

การสูญเสียดินในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งสามารถใช้สมการการสูญเสียดินสากล หรือ Universal Soil Loss Equation ในการทำนายได้ มีหน่วยเป็น ตัน/ไร่/ปี โดยใช้ตัวแปรหรือปัจจัยในการคำนวณ ได้แก่

- 1) ปัจจัยปริมาณน้ำฝน (R) เกี่ยวข้องกับการสูญเสียดินเป็นหลัก มีการใช้สูตรในการคำนวณปริมาณน้ำฝนหลายวิธี ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้สูตรการวิเคราะห์ค่า R ที่มีการปรับปรุงล่าสุดของประเทศไทยโดยกรมพัฒนาที่ดิน มีหน่วยเป็นตันต่อไร่ต่อปี
- 2) ปัจจัยค่าคงที่ของดิน (K) เป็นค่าคงทนของดินแต่ละชนิดที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน มีค่าไม่เกิน 1 ค่า K ยิ่งมากจะส่งผลให้การสูญเสียดินเพิ่มขึ้น เช่นกัน
- 3) ปัจจัยความลาดชัน (LS) เป็นค่าที่เกี่ยวข้องลักษณะของความสูงต่ำของภูมิประเทศ ซึ่งในการวิจัยนี้เลือกใช้การคำนวณค่าจากข้อมูลทั้งหมดโดยไม่แบ่งช่วงของความลาดชัน ซึ่งทำให้ค่า LS ที่ได้มีค่าที่ละเอียดและใกล้เคียงกับความจริงมากกว่า
- 4) ปัจจัยของการจัดการพื้นที่ (C) และปัจจัยการจัดการพื้นที่ (P) ค่า CP เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับการใช้ที่ดินโดยตรง ในการศึกษานี้ได้ใช้ค่า CP เป็นค่าเฉลี่ยเนื่องจากไม่สามารถจำแนกรายละเอียดของการใช้ที่ดินระดับแปลงที่ดินได้ ค่า CP คูณกันมีค่าไม่เกิน 1 พื้นที่ที่มีการจัดการที่ดีค่า CP จะมีค่าต่ำ การใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ค่า CP เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย
- 5) นำค่า $RKLSCP$ ทั้งหมดมาคูณเพื่อหาปริมาณการสูญเสียดิน โดยค่าจะมีความแตกต่างกันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (ค่า CP) ในปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และปี พ.ศ. 2567 เปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียดินรวม พบว่าแนวโน้มปริมาณการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องโดยมีค่าเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2534, 2545, 2556 และปี พ.ศ. 2567 เท่ากับ 4.59, 4.33, 4.23 และ 3.53 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ การลดลงของปริมาณการสูญเสียดินมีสาเหตุหลักมาจากขนาดของพื้นที่เกษตรกรรมที่ลดลงเปลี่ยนเป็นที่อยู่อาศัย และพื้นที่การเกษตรแบบดั้งเดิมบางส่วนที่ปลูกพืชไร่เปลี่ยนเป็นพืชสวน เช่น ยางพารา เป็นต้น ส่งผลให้ปริมาณการสูญเสียดินลดลง

พื้นที่ที่มีการสูญเสียดินรุนแรงส่วนใหญ่อยู่บริเวณตอนกลางของกลุ่มน้ำลำตะคอง บริเวณเขื่อนลำตะคอง เรือนจำคลองไผ่ และพื้นที่บริเวณเขายายเที่ยงต่อเนื่องถึงบางส่วนของอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา พื้นที่เหล่านี้ในอดีตเคยเป็นพื้นที่ป่าไม้อุดมสมบูรณ์ต่อเนื่องจากอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ แต่มีการบุกรุกเพื่อทำการเกษตร ประกอบกับพื้นที่ที่มีความลาดชันมากทำให้การชะล้างรุนแรงส่งผลให้เกิดการสูญเสียดินมากในบริเวณนี้

พื้นที่ที่มีการสูญเสียดินน้อยและมีแนวโน้มที่ปริมาณการสูญเสียดินจะลดลง ได้แก่ บริเวณที่ราบลุ่มในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ที่พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่นา ความลาดชันต่ำ (น้อยกว่า 4 องศา) ทำให้การชะล้างพังทลายต่อการสูญเสียดินจึงน้อย และพื้นที่เกษตรกรรมในบริเวณดังกล่าวมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเป็นที่อยู่อาศัยสูงเนื่องจากการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้อัตราการสูญเสียดินในปี พ.ศ. 2567 มีโอกาสลดลงอย่างมาก

6. การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง (Drought Risk Mapping)

ปัญหาภัยแล้งเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นทุกๆ ปี โดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบส่วนใหญ่ ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนที่ขาดแคลนน้ำให้การอุปโภคบริโภค แต่ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในระยยะสั้น สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินน้อย แต่เป็นปัญหาต่อการทำการเกษตรของเกษตรกรเป็นหลัก พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งใช้ปัจจัย 5 ปัจจัยในการวิเคราะห์ ดังนี้

1) ปริมาณน้ำฝน หรือปัจจัยด้านภูมิอากาศโดยอาศัยข้อมูลปริมาณน้ำฝนร่วมกับข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย เพื่อหาดัชนีความแห้งแล้งที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความแห้งแล้งของอากาศได้ดีกว่าการใช้ตัวแปรน้ำฝนเพียงตัวแปรเดียว ข้อมูลภูมิอากาศใช้การประมาณค่าจากสถานีอุตุนิยมวิทยา 12 สถานี ซึ่งสามารถอธิบายดัชนีความแห้งแล้งได้ในระดับพอใช้ เนื่องจากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองมีเพียง 1 สถานี ได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครราชสีมาที่ตั้งอยู่ในตัวเมือง และมีสถานีใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา 2 สถานี ได้แก่ สถานีปากช่อง และสถานีโชคชัย รวม 3 สถานีจากข้อมูล 12 สถานีที่ใช้ในการประมาณค่า ซึ่งมีโอกาสที่จะประมาณค่าดัชนีความแห้งแล้งผิดพลาดได้ ถือเป็นข้อจำกัดของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะภูมิอากาศ

2) ปัจจัยคุณสมบัติดิน คุณสมบัติของดินมีหลายข้อในการศึกษานี้เลือกคุณสมบัติการระบายน้ำของดินมาใช้ในการอธิบายความแห้งแล้งของพื้นที่ โดยพื้นที่ที่ดินมีการระบายน้ำดีมีโอกาที่จะเกิดความแห้งแล้ง ได้มากกว่าพื้นที่ที่มีการระบายน้ำเลว ข้อมูลการระบายน้ำของดินจำแนกจากข้อมูลชุด

ดิน พื้นที่ส่วนใหญ่ที่เป็นที่ลุ่มมีการทำนา และดินบริเวณภูเขาที่มีแนวโน้มที่การระบายน้ำจะไม่ดี พื้นที่สูงในตอนกลางของกลุ่มน้ำบริเวณอำเภอสูงเนิน มีแนวโน้มมีการระบายน้ำดี จึงพบว่าในพื้นที่บริเวณดังกล่าวมีการทำไร่ เป็นหลัก และมีแนวโน้มที่จะเกิดภาวะภัยแล้งสูง

3) ปัจจัยด้านภูมิประเทศ ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ แบ่งเป็น 4 ระดับได้แก่ ความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 4, ความลาดชันร้อยละ 4-8, ความลาดชันร้อยละ 8-16 และความลาดชันมากกว่าร้อยละ 16 พื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันส่วนใหญ่น้อยกว่าร้อยละ 8 ประมาณร้อยละ 70 ของพื้นที่ ส่วนที่เหลือคือพื้นที่บริเวณอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ บางส่วนของอำเภอปากช่อง และบางส่วนของอำเภอสูงเนิน ที่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงสลับซับซ้อน

4) ระยะห่างแหล่งน้ำ ได้แก่ ระยะห่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นที่สามารถช่วยบรรเทาปัญหาภัยแล้งในหน้าแล้งได้ โดยพื้นที่ที่อยู่ห่างแหล่งน้ำมากกว่า 1 กิโลเมตร ถือว่าเป็นพื้นที่ที่เสี่ยงเกิดภัยแล้งมากที่สุด

5) การใช้ที่ดิน ปัญหาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งเกี่ยวข้องกับการใช้ที่ดินโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่การเกษตรที่ต้องอาศัยน้ำเป็นปัจจัยหลัก รองลงมาคือที่อยู่อาศัยที่รวมถึงภาคอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้น้ำในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกัน โดยพื้นที่ที่มีความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งต่ำสุดก็คือพื้นที่แหล่งน้ำ

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งทั้ง 5 ปัจจัยมีความสำคัญแตกต่างกันจากการใช้เทคนิค AHP โดยผู้เชี่ยวชาญในการหาค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยพบว่า ปัจจัยดัชนีความแห้งแล้ง (DI) มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ระยะห่างแหล่งน้ำ, การระบายน้ำ, การใช้ที่ดิน และปัจจัยความลาดชันมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดภัยแล้งน้อยที่สุด โดยมีค่าความสำคัญของปัจจัยเท่ากับ 0.418, 0.332, 0.110, 0.092 และ 0.049 ตามลำดับ โดยแนวโน้มของการเกิดภัยแล้งในระดับสูงมากมีแนวโน้มลดลง การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินนับว่ามีอิทธิพลสำคัญที่ทำให้แนวโน้มของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงลดลง

พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งที่พบในกลุ่มน้ำลำตะคองพบมากบริเวณอำเภอปากช่อง และทางตอนใต้ของอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สาเหตุที่พื้นที่บริเวณดังกล่าวมีความเสี่ยงสูงเนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีค่าดัชนีความแห้งแล้งสูงจากปริมาณน้ำฝนที่น้อยแต่มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูง ประกอบกับดินบริเวณดังกล่าวเป็นดินทรายที่มีการระบายน้ำดีมาก จึงเป็นปัจจัยเสริมให้บริเวณพื้นที่ดังกล่าวมีความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งสูง พื้นที่ที่มีความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งต่ำในพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่บางส่วน

ของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ และพื้นที่ตลอดสองฝั่งลำน้ำตั้งแต่ท้ายเขื่อนลำตะคองถึงอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมากมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับการสูญเสียดิน เนื่องจากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เมือง ที่ส่งผลให้ความต้องการน้ำโดยรวมของพื้นที่ลดลง แต่การแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดควรเพิ่มพื้นที่แหล่งน้ำขนาดกลางและขนาดเล็กในบริเวณที่เป็นพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงมาก เพื่อให้เกษตรกรได้มีโอกาสในการทำเกษตรในช่วงฤดูแล้ง เพื่อเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร ป้องกันการอพยพย้ายถิ่นฐาน และลดหนี้สินทำให้เกษตรกรไม่ต้องไปกู้ยืมจากนายทุนที่มีความเสี่ยงในการสูญเสียที่ดินตามมา

7. การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide Risk Mapping)

การเกิดดินถล่มมักจะพบมากในพื้นที่สูงบริเวณภาคเหนือ และภาคใต้ที่มีฝนตกชุก เป็นต้น ดังนั้นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่มจึงเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำฝนและความลาดชัน โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินถล่มมี 5 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัจจัยปริมาณน้ำฝน 2) หน่วยหินทางธรณี 3) ความลาดชัน 4) ระดับความสูง และ 5) ปัจจัยการใช้ที่ดิน โดยค่า AHP ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านพบว่า ปัจจัยปริมาณน้ำฝนมีความสำคัญสูงสุด รองลงมาได้แก่ ปัจจัยความลาดชัน, ปัจจัยการใช้ที่ดิน และปัจจัยหน่วยหินทางธรณีวิทยาและปัจจัยความสูงที่มีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากัน ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยเท่ากับ 0.364, 0.328, 0.110, และ 0.099 ตามลำดับ

พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มสูงมากอยู่ทางใต้ของเขายายเที่ยง ในเขตอำเภอปากช่องฝั่งตะวันออกของถนนมิตรภาพ ที่มีหน่วยหินทางธรณีวิทยาเป็นหินอัคนีภายในเนื้อหยาบ และอยู่ในบริเวณที่มีค่าปริมาณฝนเฉลี่ยสูง และพื้นที่ที่มีความเสี่ยงการเกิดดินถล่มต่ำที่สุด ได้แก่ พื้นที่ลุ่มในเขตอำเภอเมืองและที่ราบสองฝั่งลำน้ำในอำเภอสีคิ้วและอำเภอสูงเนิน ความรุนแรงของการเกิดดินถล่มมีแนวโน้มลดลงในอัตราที่น้อย เนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม คือ ปัจจัยการใช้ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่สูงน้อย รวมถึงความสำคัญของปัจจัยการใช้ที่ดินที่มีอิทธิพลน้อยเช่นกัน

8. การประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย (Flood Risk Mapping)

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยมีความสำคัญเป็นอันดับแรกเมื่อเทียบกับพื้นที่เสี่ยงอื่นๆ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวสร้างความเสียหายให้กับชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนได้มาก และมีโอกาสเกิดขึ้นบ่อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองตอนล่าง ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยมี 6 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปริมาณน้ำฝน 2) การระบายน้ำของดิน 3) ความลาดชัน 4) ความสูง 5) การใช้ที่ดิน และ 6) ระยะห่างทางน้ำ โดยมีค่าคะแนนความสำคัญเท่ากับ 0.254, 0.084, 0.081, 0.105, 0.208 และ 0.269 ตามลำดับ โดยปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดต่อการเกิดอุทกภัยได้แก่ ระยะห่างทางน้ำ โดยมีปัจจัยความลาดชันมีความสำคัญต่ำที่สุด

พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงที่สุด ได้แก่ พื้นที่บริเวณอำเภอเมือง อำเภอขามทะเลสอ อำเภอสูงเนิน และบางส่วนของอำเภอสี่คิ้ว ซึ่งเป็นจุดรวมน้ำก่อนไหลลงสู่ลำน้ำมูล มีแนวโน้มเกิดอุทกภัยสูงทุกปี และมีความรุนแรงเพิ่มขึ้น พื้นที่อุทกภัยเป็นภัยพิบัติเดียวที่มีแนวโน้มคงที่ มีการเปลี่ยนแปลงน้อย หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก เนื่องจากปัจจัยการใช้ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา มีอิทธิพลต่อพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยในระดับน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับภัยพิบัติอื่นๆ

9. การวางแผนการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2567 เพื่อลดพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ

การใช้แบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อวิเคราะห์หาการใช้ที่ดินในอดีตจากข้อมูลดาวเทียม ด้วยเทคนิค Supervised Classification เพื่อนำมาใช้ทำนายการใช้ที่ดินในอนาคตโดยแบบจำลอง CA-Markov หาสัดส่วนการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2567 แล้วนำข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยการสูญเสียดิน ภัยแล้ง ดินถล่ม และอุทกภัย ด้วยเทคนิค Multi-Criteria Analysis (MCA) ร่วมกับการให้ค่าคะแนนปัจจัยและจัดลำดับความสำคัญโดยเทคนิค Analytical Hierarchy Process (AHP) เพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติระดับสูงมาก และกำหนดแนวทางและนโยบายในการจัดการการใช้ที่ดินในอนาคตให้มีผลกระทบต่อมนุษย์น้อยที่สุด โดยการกำหนดความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ใหม่ ตามระดับความสำคัญและความรุนแรงของภัยธรรมชาติที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ปรับปรุงแบบจำลอง CA-Markov โดยกำหนดนโยบายในการวางแผนและจัดการการใช้ที่ดินในอนาคต

ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองใหม่ที่มีการปรับปรุงและบูรณาการแบบจำลอง MCA AHP และ CA-Markov ร่วมกัน สามารถลดพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเครื่องมือที่สามารถวางแผนแนวทางเลือกล่วงหน้าในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่เหมาะกับการนำไปใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจและการวางแผนพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์สูงสุด เช่น การกำหนดพื้นที่ขยายตัวของพื้นที่อยู่อาศัยในอนาคตที่คำนึงปัญหาอุทกภัย หรือการจัดการปัญหาภัยแล้งโดยเลือกพื้นที่ที่มีความสำคัญมากที่สุดเพื่อจัดลำดับการให้ความช่วยเหลือ การเตรียมการป้องกันดินถล่มที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต และการปรับปรุงวิธีการในการทำเกษตรที่ลดการสูญเสียดินที่จะส่งผลกระทบต่อเกษตรกรในระยะยาว ที่ปัญหาทั้งหมดสามารถแก้ไขโดยการบูรณาการแบบจำลองภูมิสารสนเทศเพื่อจัดการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อจำกัดของแบบจำลองภัยธรรมชาติ

ในการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยภัยธรรมชาติส่วนใหญ่ ใช้ข้อมูลอุตุนิยมิวิทยาเป็นองค์ประกอบหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝน ดังนั้นในการศึกษาข้อมูลภัยธรรมชาติให้ได้รับความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด ควรมีการบันทึกข้อมูลทีละเอียดมากขึ้น โดยควรให้ความสำคัญในการเพิ่มสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ทันสมัย สามารถดึงข้อมูลมาใช้ได้ทันทีเมื่อต้องการเพื่อใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลง และทำนายการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและเป็นพลวัตร (Dynamic)

2. การบูรณาการแบบจำลองเชิงพื้นที่

การบูรณาการแบบจำลองเชิงพื้นที่ต้องมีการวางแผนในการจัดการอย่างละเอียดและรอบคอบ เนื่องจากข้อมูลของแบบจำลองมีรูปแบบที่แตกต่างกันเมื่อนำมาใช้ร่วมกันจึงต้องเลือกใช้เครื่องมือในการแปลงข้อมูลที่มีประสิทธิภาพและถูกต้อง เพื่อลดปัญหาความผิดพลาดที่เกิดจากการโอนถ่ายข้อมูลสลับไปมาระหว่างโปรแกรมหลายโปรแกรม

นอกจากนั้นการบูรณาการแบบจำลองในการศึกษานี้เน้นบูรณาการแบบจำลองการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov ร่วมกับแบบจำลอง MCA ของพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่มีเป้าหมายในการลดความรุนแรงของพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติเท่านั้น อาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ตั้ง เช่น เมืองขยายไปอยู่ในพื้นที่ที่ปลอดภัยจากภัย

ธรรมชาติแต่อยู่ห่างจากพื้นที่เมืองเดิมมากเกินไป ดังนั้นในการศึกษาขั้นต่อไปควรเพิ่มปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ เช่น ปัจจัยความใกล้-ไกลถนน สถานีราชการ หรือโรงพยาบาล เป็นต้น และคำนึงถึงปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจประกอบการตัดสินใจร่วม เช่น ปัจจัยเรื่องราคาที่ดิน เป็นต้น

3. การนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่จริง

แบบจำลองที่ผ่านการทดสอบความถูกต้องแล้วสามารถนำไปใช้ได้ในพื้นที่ที่จริง แต่ในทางปฏิบัติอาจจะติดปัญหาการนำไปใช้ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรง ดังนั้นข้อเสนอแนะต่อไปคือการใช้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการวางแผนการใช้ที่ดินมีส่วนร่วมให้การวางแผน กำหนดปัจจัย และนำผลที่ได้จากแบบจำลองไปใช้วางแผนเพื่อลดผลกระทบอย่างมีประสิทธิภาพและรอบด้าน โดยอาจจะมีการวิเคราะห์แบบจำลองเพื่อสร้างแผนแนวทางเลือกอย่างมีส่วนร่วมทุกๆ 5 ปี เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกษม จันทรแก้ว. 2551. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมป่าไม้. 2555. **แผนที่ป่าไม้โดยภาพถ่ายดาวเทียม ปพ.ศ. 2551** ศูนย์สารสนเทศ สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมป่าไม้ (Online). <http://forestinfo.forest.go.th/Content/file/report.pdf>, 10 มกราคม 2555.

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2554. **สรุปสถานการณ์สาธารณภัย ประจำวันที่ 31 ธันวาคม 2544 เวลา 16.30 น.** ศูนย์ปฏิบัติการรองรับเหตุฉุกเฉิน กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย (Online). <http://61.19.100.58/public/Group3/datagroup3/2554/dailyreportdec/evening31.pdf>, 5 กรกฎาคม 2556.

กรมทรัพยากรธรณี. 2557. **แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดนครราชสีมา** (Online). <http://www.dmr.go.th/download/pdf/NorthEast/korat.pdf>, 19 กันยายน 2557.

กรมทรัพยากรน้ำ. 2551. **ลุ่มน้ำสาขาลำตะคอง** (Online). <http://www.sut.ac.th/im/mun/lk.html>, 4 สิงหาคม 2556.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. **การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กาญจน์เขจร ชูชีพ. 2541. **หลักการเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจระยะไกล เล่ม 1**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- คลังข้อมูลสภาพน้ำ. 2557. บันทึกเหตุการณ์น้ำท่วมบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ช่วงเดือน
กันยายนถึงตุลาคม 2556 (Online). [http://www.thaiwater.net/current/
FloodNE_SepToOct56.html](http://www.thaiwater.net/current/FloodNE_SepToOct56.html), 25 มีนาคม 2557.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2545. แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะล้างพังทลายของดินและมลพิษตะกอนใน
พื้นที่ลุ่มน้ำ. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายจัดพิมพ์ตำรา ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์.
- พิพัฒน์ ไทยกล้า และจินตนา ไทยกล้า. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ค่าปัจจัยน้ำฝน ที่มีอิทธิพลต่อ
การชะล้างพังทลายของดิน อันเป็นสาเหตุใหญ่ และสำคัญ ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมโทรมของ
ดินและที่ดิน. กรุงเทพมหานคร: กลุ่มวิจัยและพัฒนากิจการดินศักยภาพต่ำ,
สำนักวิจัยและพัฒนากิจการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- รัศมี สุวรรณวีระกำจร. 2530. การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ:
กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2549. พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์. ราชบัณฑิตยสถาน.
- วรารุณ วุฒินิชย์. 2546. การตัดสินใจโดยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น. สมาคมศิษย์เก่า
วิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์, 4 มกราคม 2546. น.57-76.
- สุพรรณิ ทักษิณสัมพันธ์. 2546. การใช้ Markov Chain Model ในการทำนายการเปลี่ยนแปลง
การใช้ประโยชน์ที่ดิน. กรุงเทพฯ: สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุเทพ ชุติรัตน์พันธุ์. 2554. คู่มือการวิเคราะห์ข้อมูลและการจำแนกการใช้ที่ดินด้วยระบบการ
จำแนกสิ่งปกคลุมดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO). สำนัก
สำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. 2557. จำนวนประชากรและบ้าน (Online).
<http://stat.bora.dopa.go.th/xstat/popyear.html>, 18 มกราคม 2557.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540. **คำบรรยายเรื่องการสำรวจระยะไกล**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2557ก. **การใช้ที่ดิน: เนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร รายจังหวัด ปี พ.ศ. 2545-2554** (Online). http://www.oae.go.th/more_news.php?cid=262, 25 มกราคม 2557.

_____. 2557ข. **การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรของประเทศไทย ระดับประเทศ ปี 2529-2549**. (Online). http://www2.oae.go.th/oae_go_th/landused.xls, 25 มกราคม 2557.

_____. 2557ค. **ยางพารา** (Online). <http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/rubber.pdf>, 25 มกราคม 2557.

_____. 2557ง. **สถิติยางไทย: พื้นที่ปลูกยางของประเทศไทย** (Online). http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm, 25 มกราคม 2557.

สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง. 2554. **ฝ่ามหาอุทกภัยปี 2554 บทสรุปผู้บริหาร**. สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง กระทรวงการคลัง (Online). <http://www.fpo.go.th/FPO/modules/Content/getfile.php?contentfileID=1573>, 1 มิถุนายน 2555.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. **โครงการปรับปรุงการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำและข้อเสนอแนะมาตรการการใช้ที่ดินในเขตลุ่มน้ำภาคเหนือส่วนอื่นๆ (ลุ่มน้ำชายแดน)**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2557. **น้ำฝน อุณหภูมิ** (Online). <http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries27.html>, 25 มีนาคม 2557.

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2557. **ข้อมูลดิน** (Online). http://osl101.idd.go.th/survey_1/data_01.htm, 25 เมษายน 2557.

- Adel, S. and T.i Ryutaro. 2007. "Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt". **Applied Geography**. 27(1): 28-41.
- Ahamed, T.R., K. Nisar, R. Gopal and J.S.R. Murthy. 2000. "GIS-based fuzzy membership model for crop-land suitability analysis". **Agricultural Systems**. 63 (2): 75-95.
- Chen, J., A. H. Arleen and D.U. Lensyl. 2009. "A GIS-based model for urban flood inundation". **Journal of Hydrology**. 373(1-2): 184-192.
- Congaton, G.R. and G. Kass. 2009. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, Second Edition**. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Create Survey. 2013. **What is crosstabulation?** (Online). www.createsurvey.com/docs/what_is_crosstab.html. April 23, 2556.
- Dai, F.C., C.F Lee and X.H Zhang. 2001. "GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study". **Engineering Geology**. 61(4): 257-271.
- Dieu, T.B., P. Biswajeet, L. Owe, R. Inge and B.D. Oystein. 2012. "Spatial prediction of landslide hazards in Hoa Binh province(Vietnam): A comparative assessment of the efficacy of evidential belief functions and fuzzy logic model". **CATENA**. 96: 28-40.
- Eastman, J.R. 2003. "IDRISI Kilimanjaro Guide to GIS and Image Processing", **Clark Labs**. USA.: Clark University.

EPA. 2012. **Flood and Drought Risk Mapping in Ghana-5AAP Pilot Districts.**

Ghana: Environmental Protection Agency (EPA).

Escobar M.T., J. Aguaron and J.M. Moreno-Jimenez. 2004. "A note on AHP group consistency for the row geometric mean prioritization procedure" **European Journal of Operational of Research.** 153: 318-322.

Feizizadeh, B. and T. Blaschke. 2013. **GIS-multicriteria decision analysis for landslide susceptibility mapping: comparing three methods for the Urmia lake basin, Iran.** *Natural Hazards.* 65(3): 2105-2128.

Fernandez, D.S and M.A. Lutz. 2010. "Urban flood hazard zoning in Tucuman Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis". **Engineering Geology.** 111(1-4): 90-98.

Geri, F., A. Valerio and R. Duccio. 2010. "Human activity impact on the heterogeneity of a Mediterranean landscape". **Applied Geography,** 30(3): 370-379.

Halder, A., G. Ashish and G. Susmita. 2010. "Supervised and unsupervised landuse map generation from remotely sensed images using ant based systems." **Applied Soft Computing.** (11): 5770-5781.

Kouli, M., C. Loupasakis, P. Soupios, D. Rozos and F. Vallianatos. 2013. "Comparing multi-criteria methods for landslide susceptibility mapping in Chania Prefecture, Crete Island, Greece". **Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions.** 1: 73-109.

Landis Jr and Koch Gg. 1977, "The measurement of observer agreement for categorical data". **Biometrics;** 33: 159-174.

- Lillesand, T. M.; & Kiefer, R. W. 1979. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 3rd ed., New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Lineback, M.G., W.A. Marcus, A. Richard and G.C. Stephan. 2001. "Assessing landslide potential using GIS, soil wetness modeling and topographic attributes, Payette River, Idaho". **Geomorphology**. 37: 149-165.
- Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, and D.C. Yoder (coordinators). 1997. "**Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**." USDA Agr. Handbook No 703: 103-120.
- Saaty, L., Thomas. 2008. "Decision making with the analytic hierarchy process". **International Journal of Service Science**. 1(1): 83-98.
- Sang, L., Z. Chao, Y. Jianyu, Z. Dehai and Y. Wenju. 2011. "Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA-Markov model". **Mathematical and Computer Modelling**. 54(3-4): 938-943.
- Shiva, P.H., P.K.G. Prakash and S.K. Ghosh. 2006. "GIS Base Modelling for Drought Assessment". **2006 Esri International User Conference Proceedings**.
- Shofiyati, R., H. Kiyoshi and P. Hidayat. 2011. "An Alternative Method of Remote Sensing and GIS for Assessing Agricultural Drought in Upper Brantas Watershed, Indonesia". **Indonesian Journal of Agricultural Science**. 12(2). 70-83.
- Zhang, X., K. Tingjun, W. Haiying and S. Ying. 2010. "Analysis on spatial structure of landuse change based on remote sensing and geographical information system". **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. 12(2): 145-150.

Zhang, N. and Y. Yanran. 2011. "Constructing D-Index of Drought Risk". **2011 Fourth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization**. 1211-1214.



ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-สกุล	นายธีรเวทย์ ลิ้มโกลลวิลาศ
เกิดวันที่	4 สิงหาคม พ.ศ. 2519
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (พ.ศ. 2541) ปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (พ.ศ. 2547)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนพัฒนาอาจารย์สาขาขาดแคลนจากสำนักงาน คณะกรรมการการอุดมศึกษาแห่งชาติ