

การประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและภัยแล้ง: กรณีศึกษาลุ่มน้ำปิง

Assessing Flood and Drought Risks Using Potential Surface Analysis: A Case Study of the Ping River Basin

ทิชา โลหิตมาน^{1,*}, ศุภณัฐ ลิทธิการ² และ สถิตย์ จันทร์ทิพย์³

^{1,2,3} สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author; E-mail address: ticha@hii.or.th

บทคัดย่อ

ในอดีตที่ผ่านมาลุ่มน้ำปิงประสบปัญหาน้ำท่วมและภัยแล้งอย่างต่อเนื่องแม้ไม่รุนแรงแต่ก็ทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนในพื้นที่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติดังกล่าว โดยใช้ข้อมูลทางกายภาพ เช่น การใช้ที่ดิน ความสูงเชิงพื้นที่ และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น และข้อมูลดัชนีฝนสุดขั้ว เช่น ฝนที่ตกสูงสุด 1 วันในรอบปี และระยะเวลาที่แห้งแล้งอย่างต่อเนื่อง ร่วมกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อระบุพื้นที่ที่มีโอกาสประสบปัญหาน้ำท่วม-ภัยแล้ง ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษามีระดับความเสี่ยงต่ำร้อยละ 56 มีพื้นที่เสี่ยงปานกลางร้อยละ 36 ซึ่งพื้นที่เสี่ยงส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มริมแม่น้ำ ขณะที่พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับความเสี่ยงสูงร้อยละ 30 พื้นที่เสี่ยงสูงมากร้อยละ 30 โดยส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่ใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรแบบพึ่งพาน้ำฝน และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีต่ำ และในอนาคตพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมมีแนวโน้มคงที่เฉลี่ยร้อยละ 52 และมีพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 47 ในปี 2023-2100 ในขณะที่พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมีแนวโน้มคงที่เฉลี่ยร้อยละ 43 และมีพื้นที่เสี่ยงลดลงเฉลี่ยร้อยละ 57 ในปี 2023-2100 ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นถึงพื้นที่ที่ควรได้รับการบริหารจัดการน้ำจากข้อมูลทางกายภาพในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง โดยเฉพาะในบริเวณที่ราบลุ่มที่มีโอกาสเกิดปัญหาทั้งน้ำท่วมและภัยแล้งได้ทั้งปัจจุบันและอนาคต จึงสามารถนำการศึกษานี้มาใช้ในการวางแผนเพื่อการบริหารจัดการน้ำโดยเฉพาะหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: การประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่, น้ำท่วม, ภัยแล้ง, ลุ่มน้ำปิง, ดัชนีฝนสุดขั้ว

Abstract

Over the past decades, the Ping River Basin has experienced recurring floods and droughts. Although these events have not been severe, they have nonetheless caused

damage to lives and property in the affected areas. This study aims to assess the spatial potential for analyzing flood and drought risk areas by utilizing physical data such as land use, elevation (DEM), and rainfall. Extreme indices, including the annual maximum one-day rainfall and consecutive dry days (CDD), were factors in this study. Geographic Information System (GIS) and spatial analysis techniques were applied to identify areas prone to these hydrological hazards. The study found that, in the study area, 56% of the land had a low risk of flooding, and 36% had a medium risk. Most of the flood risk areas were located in lowland areas near rivers. For drought risk, 30% of the area had a high risk, and another 30% had a very high risk. These drought risk areas were mostly agricultural areas that depended on rainfall and received low average annual rainfall. In the future, flood risk areas are expected to remain stable at about 52% on average, and flood risk areas could increase by about 47% between 2023 and 2100. Meanwhile, drought risk areas are expected to stay stable at about 43% on average, and drought risk areas could decrease by about 57% between 2023 and 2100. The output from this study can be used as a guide for managing water use, based on the physical characteristics of the land in the Ping River Basin. This is especially important in lowland areas that may face problems with both floods and droughts, now and in the future. The study can be used for planning water management, especially by local agencies in the area.

Keywords: Potential Surface Analysis, Flood, Drought, Ping River Basin, Extreme Index

1. คำนำ

ลุ่มน้ำปิงเป็นลุ่มน้ำสายหลักในภาคเหนือของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่กว่า 33,896 ตารางกิโลเมตร โดยไหลผ่านจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ตาก และนครสวรรค์ มีลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำปิงประกอบด้วย พื้นที่ภูเขา ทางตอนบนและพื้นที่ราบลุ่มในตอนล่าง ส่งผลต่อการไหลของน้ำและการกระจายตัวของน้ำฝนในพื้นที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมโดยเฉพาะน้ำป่าไหลหลาก รวมถึงมีโอกาสเกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่ราบลุ่มในตอนล่างของลุ่มน้ำได้ รวมทั้งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,000 – 1,200 มิลลิเมตร โดยส่วนใหญ่มักตกกระจุกตัวในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - ตุลาคม) ขณะที่ฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - เมษายน) มีปริมาณน้ำฝนต่ำ ทำให้เกิดภาวะขาดแคลนน้ำในบางพื้นที่ จึงส่งผลต่อโอกาสการเกิดภัยแล้งในพื้นที่ฝนน้อย ประกอบกับลักษณะของดินในลุ่มน้ำมีความหลากหลาย ตั้งแต่ดินร่วนปนทรายที่ระบายน้ำได้ดี ไปจนถึงดินเหนียวที่อุ้มน้ำ ทำให้บางพื้นที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมขังได้ง่าย โดยเฉพาะในที่ราบลุ่มบริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำและบางพื้นที่ที่ไม่สามารถกักเก็บน้ำได้เพื่อเป็นแหล่งน้ำสำรองทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ลักษณะการใช้ที่ดินและระบบชลประทานยังส่งผลต่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ เนื่องจาก พื้นที่ชลประทานของลุ่มน้ำครอบคลุมเฉพาะบางส่วนของลุ่มเท่านั้น ทำให้พื้นที่นอกเขตชลประทานยังคงมีความเสี่ยงต่อปัญหาภัยแล้งสูง โดยเฉพาะในฤดูแล้งที่แหล่งน้ำธรรมชาติอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชาชนและภาคเกษตรกรรม

อย่างไรก็ตามการเกิดน้ำท่วมและภัยแล้งมีหลายชนิดและหลายลักษณะ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงครอบคลุมการเกิดน้ำท่วมและภัยแล้งจากลักษณะทางกายภาพเท่านั้น เช่น ปริมาณน้ำฝน ลักษณะภูมิประเทศ ชนิดดิน เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการชี้เป้าพื้นที่เฝ้าระวังหรือพื้นที่เปราะบางต่อการเกิดน้ำท่วมและภัยแล้ง และจากปัจจัยข้างต้นทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำปิงต้องเผชิญกับปัญหาน้ำท่วมฉับพลันในช่วงฤดูฝน และภัยแล้งในฤดูแล้ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อชุมชน การเกษตร และระบบนิเวศอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงของน้ำท่วมและภัยแล้งจึงเป็นสิ่งสำคัญในการวางแผนและบริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพ บทความนี้จึงมุ่งเน้นการใช้ เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (GIS) และการสำรวจข้อมูลปัจจัยทางด้านกายภาพร่วมกับข้อมูลการวิเคราะห์ดัชนีฝนสุดขีดเพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงจากกายภาพในปัจจุบันและแนวโน้มหรือโอกาสการเกิดน้ำท่วมและภัยแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงในอนาคต เพื่อเป็นแนวทางการจัดการน้ำที่ยั่งยืนสำหรับลุ่มน้ำปิงต่อไป

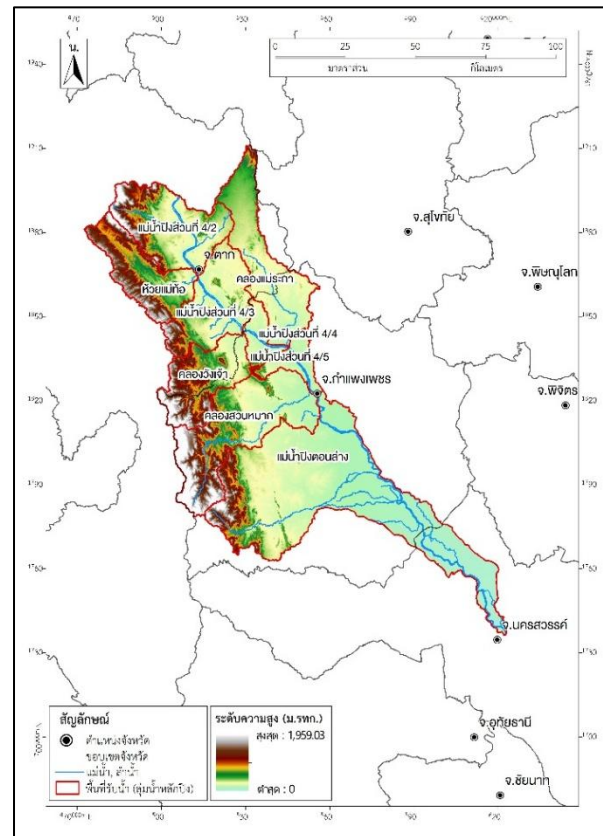
2. พื้นที่ศึกษาและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้ได้มีการกำหนดพื้นที่ศึกษาเป็นลุ่มน้ำปิงบางส่วน เนื่องจากความหลากหลายทางลักษณะภูมิประเทศน้อย จึงทำให้ลักษณะการเกิดน้ำท่วมและภัยแล้งที่เกิดจากลักษณะทางกายภาพมีความแตกต่างกันไม่มากนัก จึงได้ทำการกำหนดพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาจำนวน 9 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปิงส่วนที่ 4/2, ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปิงส่วนที่ 4/3, ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปิงส่วนที่ 4/4, ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปิงส่วนที่ 4/5, ลุ่ม

น้ำสาขาห้วยแม่ท้อ, ลุ่มน้ำสาขาคลองแม่ระกา, ลุ่มน้ำสาขาคลองวังเจ้า, ลุ่มน้ำสาขาคลองสวนหมาก และลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำปิงตอนล่าง มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 8,226 ตร.กม. ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 และรูปที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดปัจจัยในการประเมินพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและภัยแล้ง

ลำดับ	ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)
1	แม่น้ำปิงส่วนที่ 4/2	883.16
2	แม่น้ำปิงส่วนที่ 4/3	748.42
3	แม่น้ำปิงส่วนที่ 4/4	183.55
4	แม่น้ำปิงส่วนที่ 4/5	216.52
5	ห้วยแม่ท้อ	643.73
6	คลองแม่ระกา	879.73
7	คลองวังเจ้า	649.32
8	คลองสวนหมาก	1213.43
9	แม่น้ำปิงตอนล่าง	2808.32
รวม		8226.17



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

การกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อหาพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและภัยแล้งในครั้งนี้ ได้ทำการกำหนดปัจจัยทางกายภาพเป็นหลัก เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเกิดน้ำท่วมและภัยแล้งเบื้องต้น และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการชี้เป้าพื้นที่เปราะบางหรือพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมและภัยแล้ง และยังได้นำปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์ เพื่อประเมิน

แนวโน้มและโอกาสในการเกิดน้ำท่วมและภัยแล้งในพื้นที่ศึกษาในอนาคต โดยได้นำปัจจัยดัชนีฝนสุดขีดเข้ามาเป็นตัวแปรในการวิเคราะห์ ได้แก่ ดัชนี ปริมาณฝนสูงสุดในรอบ 1 วัน (Rx1D) และระยะเวลาที่แห้งแล้งอย่างต่อเนื่อง (CDD) โดยทั้ง 2 ดัชนี คำนวณจากปริมาณน้ำฝนและแบบจำลอง Global Climate Model (GCM) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดปัจจัยในการประเมินพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและภัยแล้ง

ปัจจัย	แหล่งข้อมูล	ปี	การศึกษา
1. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย	กรมอุตุนิยมวิทยา	2532-2557	ภัยแล้ง
2. การใช้ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2563	น้ำท่วมและภัยแล้ง
3. ชนิดดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2563	ภัยแล้ง
4. พื้นที่ชลประทาน	กรมชลประทาน	2561	น้ำท่วมและภัยแล้ง
5. แหล่งน้ำขนาดเล็ก	สทช	2563	ภัยแล้ง
6. ระยะห่างจากลำน้ำ	คำนวณจากความสูงเชิงเลข	2548	น้ำท่วม
7. กลุ่มดินทางอุทกวิทยา (HSGs)	คำนวณจากข้อมูลชนิดดิน	2562	น้ำท่วม
8. ความชัน	คำนวณจากความสูงเชิงเลข	2548	น้ำท่วม
9. ปริมาณฝนสูงสุดในรอบ 1 วัน (Rx1D)	การวิเคราะห์ดัชนีฝนสุดขีด	2532-2557	น้ำท่วม
10. ระยะเวลาที่แห้งแล้งอย่างต่อเนื่อง (CDD)	การวิเคราะห์ดัชนีฝนสุดขีด	2532-2557	ภัยแล้ง

ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและภัยแล้ง[1] มีทั้งสิ้น 9 ปัจจัย โดยแบ่งเป็นปัจจัยในการประเมินน้ำท่วม 6 ปัจจัย ได้แก่ การใช้ที่ดิน พื้นที่ชลประทาน ที่ได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ระยะห่างจากลำน้ำและความชัน ที่คำนวณจากข้อมูล DEM กลุ่มดินทางอุทกวิทยาที่คำนวณจากข้อมูลชนิดดิน [2] และปริมาณฝนสูงสุดในรอบ 1 วันที่ได้จากการคำนวณดัชนีฝนสุดขีด ส่วนปัจจัยในการประเมินภัยแล้ง 6 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย การใช้ที่ดิน ชนิดดิน พื้นที่ชลประทาน แหล่งน้ำขนาดเล็ก [3] ที่ได้จากหน่วยงานต่าง ๆ และระยะเวลาที่แห้งแล้งอย่างต่อเนื่องที่ได้จากการคำนวณดัชนีฝนสุดขีด รายละเอียดดังตารางที่ 2

3. การวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วมและน้ำแล้ง

การวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วมและน้ำแล้ง ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยการใช้วิธีประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ หรือ Potential Surface Analysis (PSA) โดยการกำหนดค่าน้ำหนักและค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และทำการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและภัยแล้งด้วยการซ้อนทับข้อมูลของแต่ละ

ปัจจัย ก่อนได้ผลลัพธ์เป็นระดับความเสี่ยงของน้ำท่วมและภัยแล้งในเชิงพื้นที่

3.1 การกำหนดค่าคะแนนและค่าน้ำหนักของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

การกำหนดค่าคะแนนและค่าน้ำหนักของปัจจัยกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกวิทยาและมีความเชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์น้ำท่วมและภัยแล้ง ในสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำร่วมกับการลงพื้นที่ในบริเวณพื้นที่ศึกษา เพื่อทำการสอบถามปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมภัยแล้งในบริเวณดังกล่าว จากชาวบ้านในพื้นที่รวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยและสำนักงานเกษตรจังหวัดที่เกี่ยวข้อง และได้ทำการกำหนดค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัยด้วยวิธี Analytic Hierarchy Process (AHP) [4] เพื่อเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดน้ำท่วมและภัยแล้ง และค่าน้ำหนักที่ได้ต้องมีค่าความสอดคล้อง (CR) น้อยกว่า 0.1 ส่วนการกำหนดค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยจะทำการกำหนดด้วยการวิธีการแบ่งระดับความเสี่ยงต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับการเกิดน้ำท่วมและภัยแล้งในพื้นที่ศึกษา โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ค่าน้ำหนักและค่าคะแนนของปัจจัยในการประเมินพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

ลำดับ	ปัจจัย	ค่าน้ำหนัก (W)	ค่าคะแนน (R)				
			เสี่ยงต่ำมาก (1)	เสี่ยงต่ำ (2)	เสี่ยงปานกลาง (3)	เสี่ยงสูง (4)	เสี่ยงสูงมาก (5)
1	Rx1D (มิลลิเมตร)	0.1 5	65.36 - 75.68	75.68- 83.17	83.1 7- 90.8 6	90.86- 98.15	- 116.9 7
2	ระยะห่างจากลำน้ำ (เมตร)	0.2 6	>1,200 0	1,200-900	900-600	600-300	< 300
3	พื้นที่ชลประทาน	0.1 8	ในเขต	-	-	-	นอกเขต
4	ชนิดดินทางอุทกวิทยา	0.2 2	น้ำซึมผ่านได้ดี	น้ำซึมผ่านได้	-	น้ำซึมผ่านได้บางส่วน	น้ำซึมผ่านได้น้อย
5	การใช้ที่ดิน	0.1 0	ป่าไม้	เบ็ดเตล็ด	เมือง	เกษตรกรรม	น้ำ
6	ความชัน	0.0 8	10-8.48	8.48-6	6.04-4	4-2.3	2.30-1

ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยนั้น ได้ทำการแบ่งระดับตามความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมเป็น 5 ระดับจากชนิดข้อมูลที่ทำให้เกิดน้ำท่วมต่ำมากจนถึงประเภทข้อมูลที่ทำให้เกิดน้ำท่วมสูงมากโดยชนิดข้อมูลที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมสูงได้ทำการกำหนดให้มีค่าคะแนนในระดับ 5 และชนิดข้อมูลที่ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมต่ำได้กำหนดค่าคะแนนในระดับ 1 ดังตารางที่ 3

ในส่วนค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยในการเกิดน้ำท่วมถูกกำหนดด้วยวิธี AHP ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (CR) เพื่อกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยด้านน้ำท่วม มีค่าความสอดคล้อง 0.09 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ในการศึกษาและกำหนดน้ำหนักของปัจจัย โดยปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุด ได้แก่ ระยะห่างจากลำน้ำ ถัดมา ได้แก่ ชุมดินทางอุทกวิทยา พื้นที่ชลประทาน ปริมาณฝนสูงสุดในรอบ 1 วัน การใช้ที่ดิน และความชันตามลำดับ

ตารางที่ 4 ค่าน้ำหนักและค่าคะแนนของปัจจัยในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

ลำดับ	ปัจจัย	ค่าน้ำหนัก (W)	ค่าคะแนน (R)				
			เสี่ยงต่ำมาก (1)	เสี่ยงต่ำ (2)	เสี่ยงปานกลาง (3)	เสี่ยงสูง (4)	เสี่ยงสูงมาก (5)
1	การใช้ที่ดิน	0.26	พื้นที่น้ำเมือง / ที่อยู่อาศัย	ป่าไม้/เปิดเตล็ด	พืชสวน/เกษตรกรรมอื่น ๆ	พืชไร่	ทุ่งนา
2	พื้นที่ชลประทาน	0.24	ในเขต	-	-	-	นอกเขต
3	CDD (วัน)	0.23	0-95	96-100	101-107	108-115	116-150
4	ชนิดดิน	0.15	ดินเหนียว/พื้นที่ลาดชันเชิงชัน	ดินเหนียวปนทรายแข็ง/แข็ง	ดินร่วน/ดินร่วนเหนียวปนกรวด/เหนียวปนกรวด	ดินร่วนปนกรวดทราย	ดินทราย
5	ปริมาณน้ำฝนรายปี (มิลลิเมตร)	0.08	1190 - 1550	1170 - 1190	1165 - 1170	1152 - 1165	0 - 1152
6	ความจุแหล่งน้ำขนาดเล็ก (ลบ.ม.)	0.04	32045 - 837771	16540 - 32045	10025 - 16540	6465 - 10025	ไม่มีแหล่งน้ำ

การกำหนดค่าคะแนนของปัจจัยด้านภัยแล้งได้ทำการแบ่งระดับตามความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งเป็น 5 ระดับเช่นเดียวกับปัจจัยด้านน้ำท่วม โดยชนิดข้อมูลที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งสูงได้ทำการกำหนดให้มีค่าคะแนนในระดับ 5 และชนิดข้อมูลที่มีผลให้เกิดภัยแล้งต่ำได้กำหนดค่าคะแนนในระดับ 1 ดังตารางที่ 4

การกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยในการเกิดภัยแล้งถูกกำหนดด้วยวิธี AHP เช่นเดียวกันและมีค่าความสอดคล้อง (CR) 0.04 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ในการศึกษาและกำหนดน้ำหนักของปัจจัย โดยปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุด ได้แก่ การใช้ที่ดิน ถัดมา ได้แก่ พื้นที่ชลประทาน ระยะเวล

ที่แห้งแล้งอย่างต่อเนื่อง ชนิดดิน ปริมาณน้ำฝนรายปี และความจุแหล่งน้ำขนาดเล็ก ตามลำดับ

3.2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วมน้ำแล้ง

การวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วมน้ำแล้ง ได้ทำการประเมินด้วยวิธี PSA ซึ่งเป็นเทคนิคการซ้อนทับข้อมูลรูปแบบหนึ่ง โดยนำค่าน้ำหนักและค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยรวมเข้าด้วยกัน [5] ดังสมการที่ 1

$$S = W_1R_1 + W_2R_2 + \dots + W_nR_n \quad (1)$$

เมื่อ S = ระดับคะแนนรวมของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

W_1 ถึง W_n = ค่าน้ำหนัก (Weighting) ของแต่ละปัจจัย

R_1 ถึง R_n = คะแนนความสำคัญ (Rating) ของแต่ละระดับของปัจจัย

การวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วม ได้ทำการแทนค่าในสมการที่ 1 และกำหนดระดับความเสี่ยงน้ำท่วมออกเป็น 5 ระดับของแต่ละปัจจัยตามตารางที่ 4 และทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยได้แทนค่าปัจจัย ค่าน้ำหนัก และค่าคะแนนเพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วม ดังสมการที่ 2

$$\text{พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม} = 0.26D + 0.22HSG + 0.18I + 0.15R1D + 0.10LU + 0.08SL \quad (2)$$

เมื่อ D = ระยะห่างจากลำน้ำ

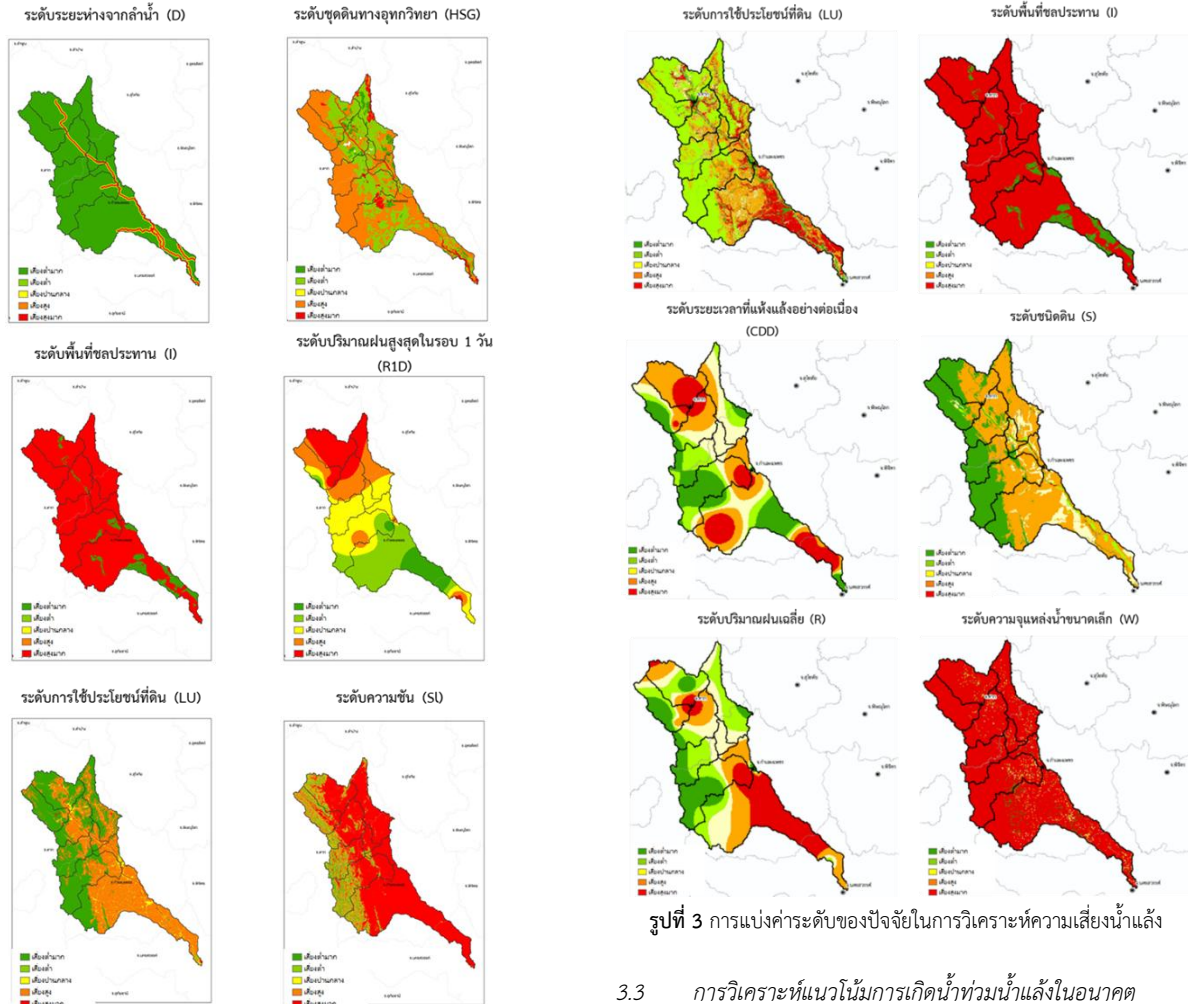
HSG = ชุมดินทางอุทกวิทยา

I = พื้นที่ชลประทาน

R1D = ปริมาณฝนสูงสุดในรอบ 1 วัน

LU = การใช้ที่ดิน

SL = ความชัน



รูปที่ 3 การแบ่งค่าระดับของปัจจัยในการวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำแล้ง

รูปที่ 2 การแบ่งค่าระดับของปัจจัยในการวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วม

การวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำแล้ง ได้ทำการแทนค่าในสมการที่ 1 และกำหนดระดับความเสี่ยงน้ำแล้งออกเป็น 5 ระดับของแต่ละปัจจัย ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยได้แทนค่าปัจจัย ค่าน้ำหนัก และค่าคะแนนเพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วม ดังแสดงในสมการที่ 3

$$\text{พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง} = 0.26LU + 0.24I + 0.23CDD + 0.15S + 0.08R + 0.05W \quad (3)$$

เมื่อ LU = การใช้ที่ดิน

I = พื้นที่ชลประทาน

CDD = ระยะเวลาที่แห้งแล้งอย่างต่อเนื่อง

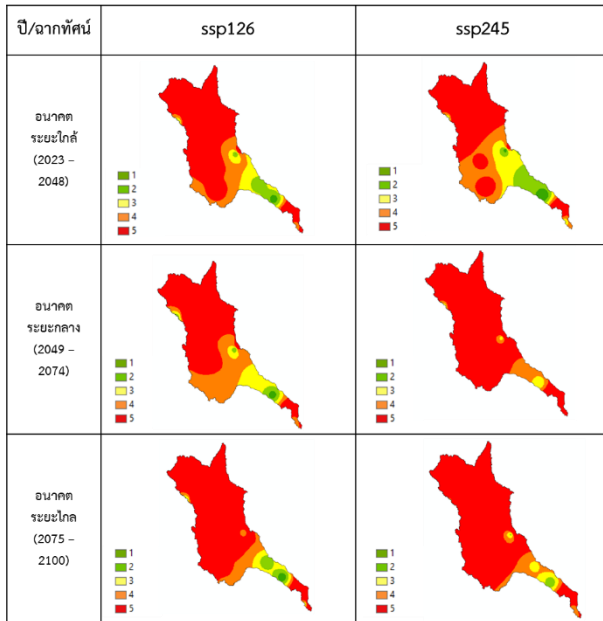
S = ชนิดดิน

R = ปริมาณฝนเฉลี่ย 30 ปี

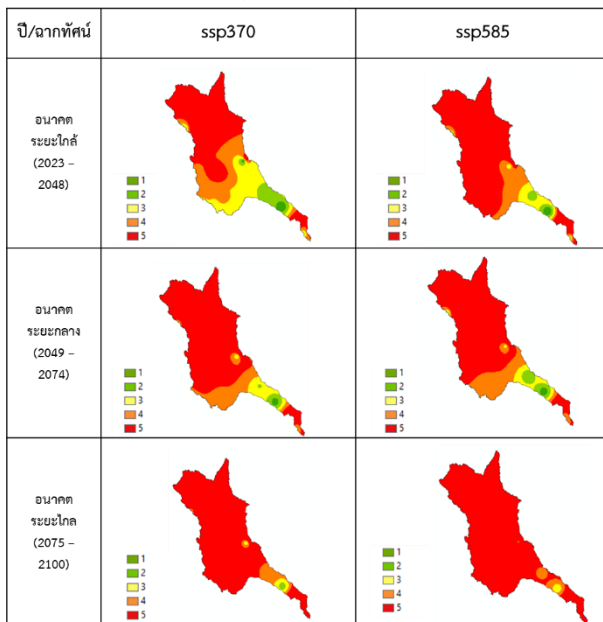
W = ความจุแหล่งน้ำขนาดเล็ก

3.3 การวิเคราะห์แนวโน้มการเกิดน้ำท่วมน้ำแล้งในอนาคต

การวิเคราะห์แนวโน้มการเกิดน้ำท่วมน้ำแล้งในอนาคต ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยการแทนค่าดัชนีฝนสุดขั้ว จากดัชนีฝนสุดขั้วที่คิดจากข้อมูลฝนปัจจุบัน เป็นดัชนีฝนสุดขั้วที่คำนวณด้วยแบบจำลองด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ GCM ทั้งสิ้น 3 แบบจำลอง ได้แก่ FGOALS-g3 MIP IPSL-CM6A-LR และ MPI-ESM1-2-LR และได้มีการกำหนดฉากทัศน์ทั้งสิ้น 4 ฉากทัศน์ ได้แก่ ssp126, ssp245, ssp370 และ ssp585 และในอนาคตทั้ง 3 ระยะเวลา ได้แก่ อนาคตระยะใกล้ (ค.ศ. 2023-2048), อนาคตระยะกลาง (ค.ศ. 2049-2074) และอนาคตระยะไกล (ค.ศ. 2075-2100) โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 500x500 เมตร [6] :ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้รับการพัฒนาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจาก สสน. โดยการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดตัวแปรปริมาณฝนสูงสุดในรอบ 1 วัน เป็นตัวแปรในการวิเคราะห์แนวโน้มความเสี่ยงด้านน้ำท่วม ดังรูปที่ 4 และ รูปที่ 5

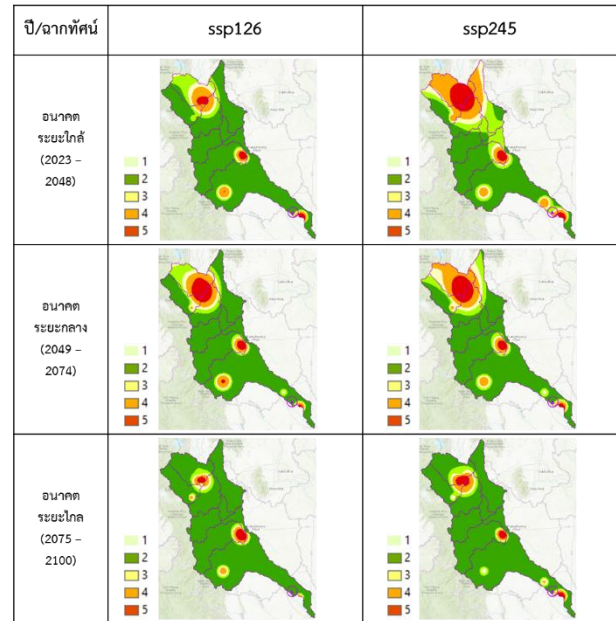


รูปที่ 4 ปริมาณฝนสูงสุดในรอบ 1 วัน (Rx1D) ในอนาคตทั้ง 3 ระยะของฉากทัศน์ ssp126 และ ssp245

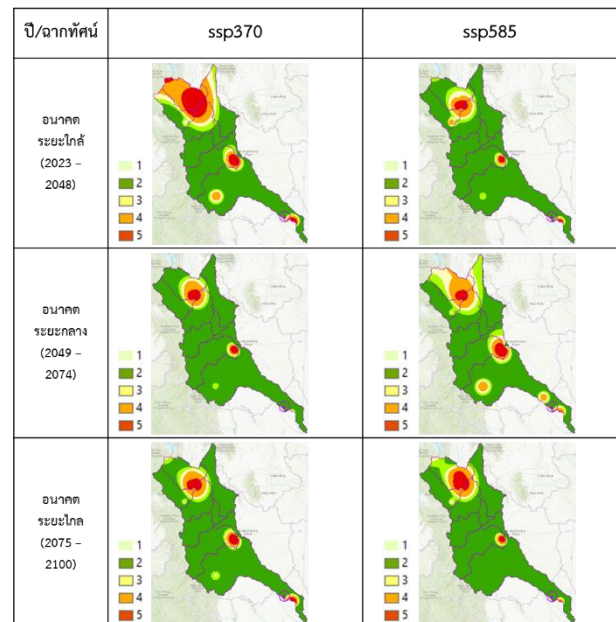


รูปที่ 5 ปริมาณฝนสูงสุดในรอบ 1 วัน (Rx1D) ในอนาคตทั้ง 3 ระยะของฉากทัศน์ ssp370 และ ssp585

และทำการกำหนดตัวแปรจำนวนวันที่แห้งแล้งอย่างต่อเนื่อง เป็นปัจจัยในการประเมินแนวโน้มความเสี่ยงด้านภัยแล้ง ดังรูปที่ 6 และรูปที่ 7



รูปที่ 6 ระยะเวลาที่แห้งแล้งอย่างต่อเนื่อง (CDD) ในอนาคตทั้ง 3 ระยะของฉากทัศน์ ssp126 และ ssp245



รูปที่ 7 ระยะเวลาที่แห้งแล้งอย่างต่อเนื่อง (CDD) ในอนาคตทั้ง 3 ระยะของฉากทัศน์ ssp370 และ ssp585

การวิเคราะห์แนวโน้มได้ทำการแทนค่าข้อมูลลงในสมการที่ 1 และผลที่ได้จากการวิเคราะห์แนวโน้มทำให้ทราบถึงโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมและภัยแล้งเชิงพื้นที่ในอนาคตทั้ง 3 ระยะ

4. ผลการศึกษา

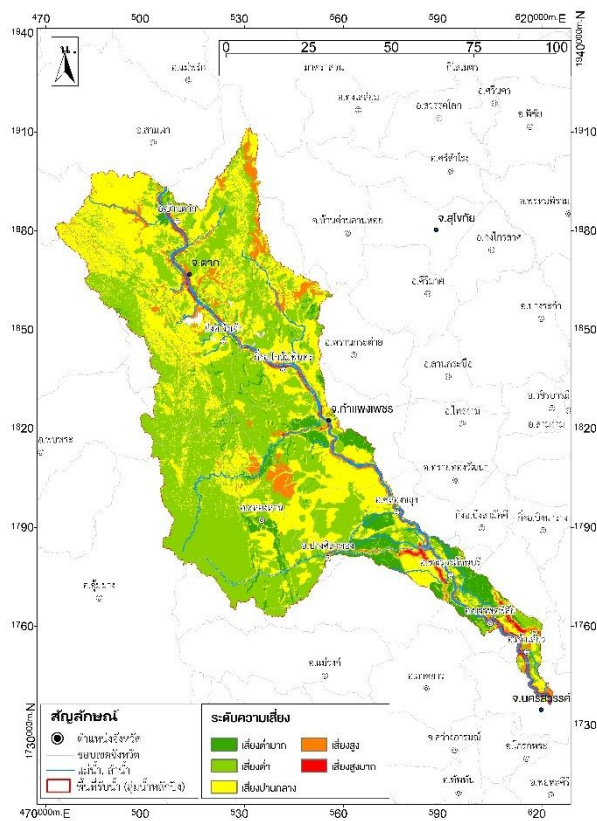
ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วมน้ำแล้งได้ผลลัพธ์เชิงพื้นที่ที่สามารถบ่งชี้พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและภัยแล้งได้ทั้งสิ้น 5 ระดับ ตั้งแต่ระดับต่ำมาก-สูงมาก

4.1 ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วมน้ำแล้ง

ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงน้ำท่วม พบว่า พื้นที่ศึกษามีความเสี่ยงน้ำท่วมส่วนใหญ่ในระดับต่ำ-ปานกลาง ซึ่งกระจายตัวอยู่ในตอนบนและตอนล่างของกลุ่มน้ำ ในส่วนของพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมสูงและสูงมากอยู่บริเวณตอนกลางของกลุ่มน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ราบลุ่มริมน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 8 โดยมีพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในระดับต่ำร้อยละ 49 ของพื้นที่ศึกษาและเสี่ยงในระดับปานกลางรองลงมาร้อยละ 36 ดังตารางที่ 5 จากการวิเคราะห์ในระดับอำเภอพบว่าพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในระดับความรุนแรงต่าง ๆ มีการกระจายตัวอยู่ใน 2 อำเภอ ได้แก่ อ.เมืองตาก จังหวัดตาก, อ.คลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร โดยอำเภอเมืองตากมีพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมรวมร้อยละ 19 อ.คลองลาน มีพื้นที่เสี่ยงรวมร้อยละ 17 ของพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

ระดับความเสี่ยง	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
เสี่ยงต่ำมาก	583.58	7
เสี่ยงต่ำ	3968.49	49
เสี่ยงปานกลาง	2906.95	36
เสี่ยงสูง	551.29	7
เสี่ยงสูงมาก	172.34	2



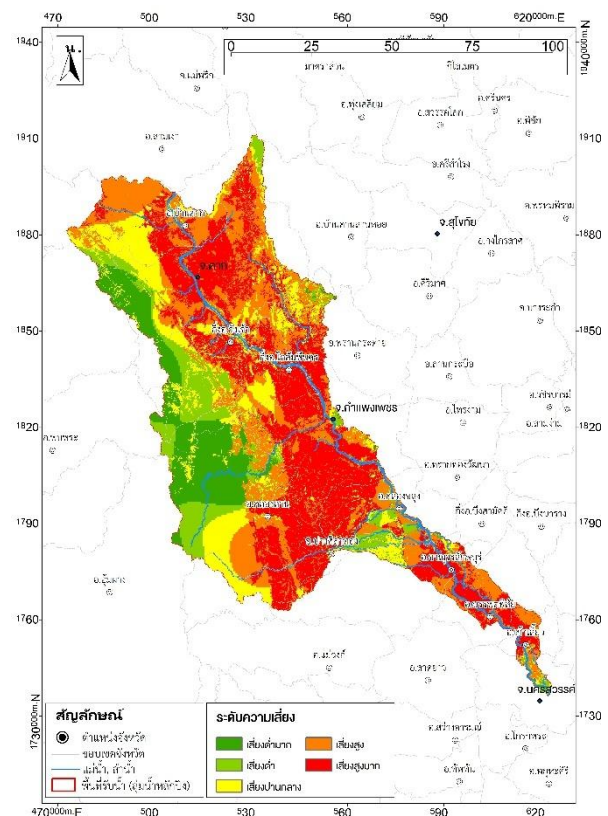
รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแล้ง พบว่า พื้นที่ศึกษามีความเสี่ยงภัยแล้งในระดับสูง-สูงมาก ซึ่งกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ราบลุ่มและมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเกษตรกรรม รวมทั้งเป็นพื้นที่ที่อยู่นอกเขตชลประทานใน

พื้นที่ จ.ตาก จ.กำแพงเพชร และ จ.นครสวรรค์ ส่วนทางทิศตะวันตกของพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ จึงทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับต่ำมาก-ปานกลาง ดังแสดงในรูปที่ 9 โดยส่วนใหญ่มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับสูงมากร้อยละ 34 ของพื้นที่ศึกษา และมีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงร้อยละ 30 ของพื้นที่ศึกษา ส่วนพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับปานกลาง, ต่ำ และต่ำมาก คิดเป็นร้อยละ 16, 10 และ 11 ของพื้นที่ศึกษาตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6 โดยมีพื้นที่ควรเฝ้าระวังภัยแล้งในระดับอำเภอ ได้แก่ อ.เมืองตาก จ.ตาก, อ.เมืองกำแพงเพชร และอ.คลองลาน จ.กำแพงเพชร ที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับสูง-สูงมาก โดยอ.เมืองตากมีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรวมร้อยละ 19 อ.คลองลาน มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรวมร้อยละ 17 และ อ.เมืองกำแพงเพชร มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรวมร้อยละ 13 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

ระดับความเสี่ยง	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
เสี่ยงต่ำมาก	903.99	11
เสี่ยงต่ำ	776.04	10
เสี่ยงปานกลาง	1312.62	16
เสี่ยงสูง	2418.79	30
เสี่ยงสูงมาก	2768.74	34



รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

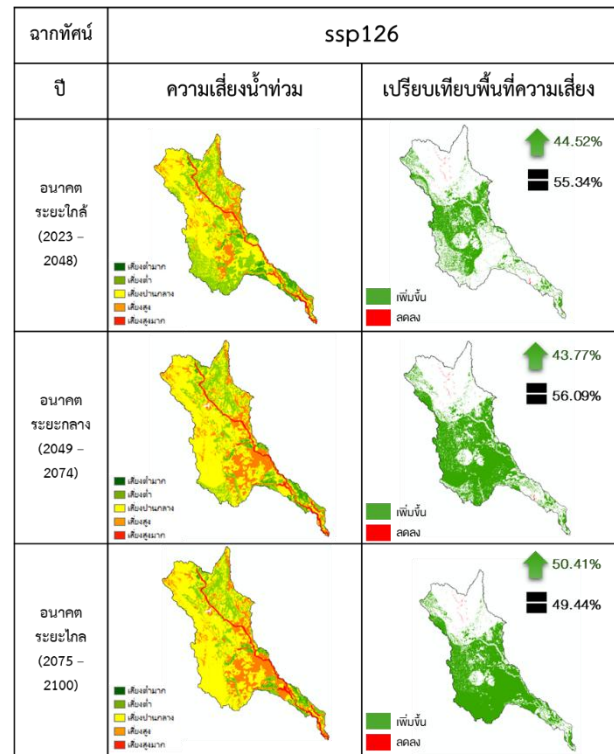
4.2 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเกิดน้ำท่วมน้ำแล้งในอนาคต

แนวโน้มการเกิดน้ำท่วมในอนาคต พบว่า ส่วนใหญ่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมในระดับปานกลาง และเมื่อเทียบกับผลการศึกษาในปัจจุบัน พบว่า พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมมีแนวโน้มคงที่และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกภาคทั้งสี่และในอนาคตทุกระยะ ดังแสดงในรูปที่ 10 ถึงรูปที่ 13 โดยมีค่าเฉลี่ยคงที่ร้อยละ 52 และค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 47 และพื้นที่ส่วนใหญ่ในอนาคตมีความเสี่ยงน้ำท่วมในระดับปานกลางทุกภาคทั้งสี่ตั้งแต่ปี 2023-2100 ดังแสดงในตารางที่ 7

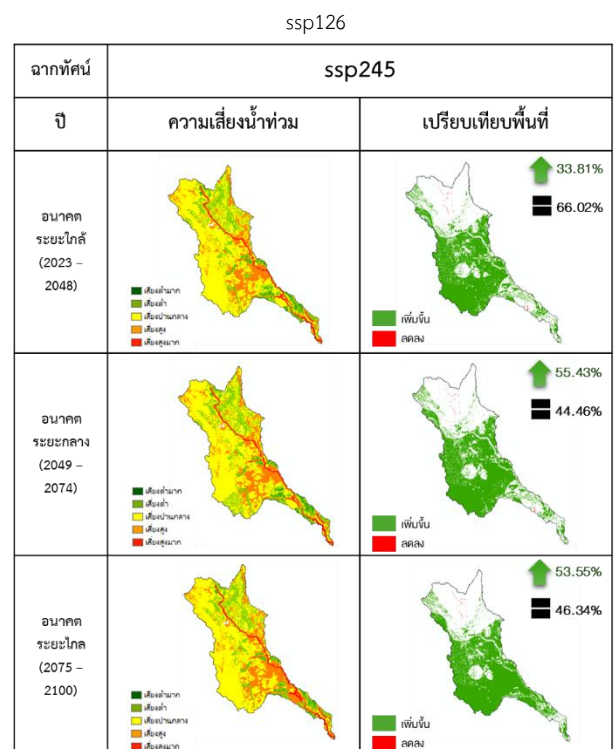
ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตทุกภาคทั้งสี่

ภาค ทั้งสี่	ช่วงปี	พื้นที่	ระดับความรุนแรง				
			เสี่ยง ต่ำ มาก	เสี่ยง ต่ำ	เสี่ยง ปาน กลาง	เสี่ยงสูง	เสี่ยง สูง มาก
Ssp 126	2023- 2048	ตร.กม.	306.81	1590.35	4615.36	1458.08	212.08
		%	3.75	19.44	56.40	17.82	2.59
	2049- 2074	ตร.กม.	306.81	1590.35	4615.36	1458.08	212.08
		%	3.75	19.44	56.40	17.82	2.59
	2075- 2100	ตร.กม.	274.26	1336.73	4753.38	1586.78	231.53
		%	3.35	16.34	58.09	19.39	2.83
Ssp 245	2023- 2048	ตร.กม.	373.92	2030.65	4397.36	1182.16	198.59
		%	4.57	24.82	53.74	14.45	2.43
	2049- 2074	ตร.กม.	207.97	1263.62	4685.34	1762.51	263.24
		%	2.54	15.44	57.26	21.54	3.22
	2075- 2100	ตร.กม.	224.53	1281.48	4755.85	1671.78	249.04
		%	2.74	15.66	58.12	20.43	3.04
Ssp 370	2023- 2048	ตร.กม.	363.02	2321.78	4163.78	1131.73	202.37
		%	4.44	28.37	50.89	13.83	2.47
	2049- 2074	ตร.กม.	257.34	1435.71	4644.48	1608.18	236.97
		%	3.14	17.55	56.76	19.65	2.90
	2075- 2100	ตร.กม.	213.44	1245.89	4713.61	1750.40	259.34
		%	2.61	15.23	57.60	21.39	3.17
Ssp 585	2023- 2048	ตร.กม.	252.72	1368.40	4755.15	1573.87	232.54
		%	3.09	16.72	58.11	19.23	2.84
	2049- 2074	ตร.กม.	252.72	1368.40	4755.15	1573.87	232.54
		%	3.09	16.72	58.11	19.23	2.84

2075- 2100	ตร.กม.	206.92	1234.54	4689.57	1782.82	268.83
	%	2.53	15.09	57.31	21.79	3.29

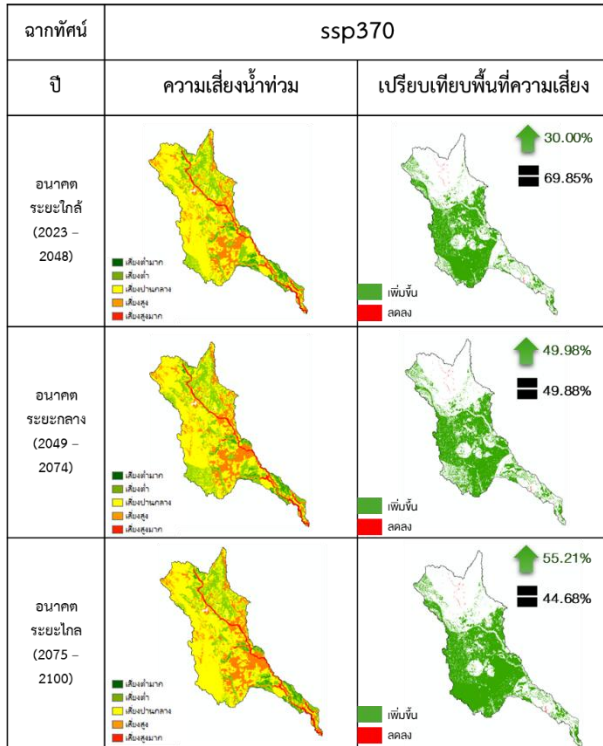


รูปที่ 10 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตของภาคทั้งสี่

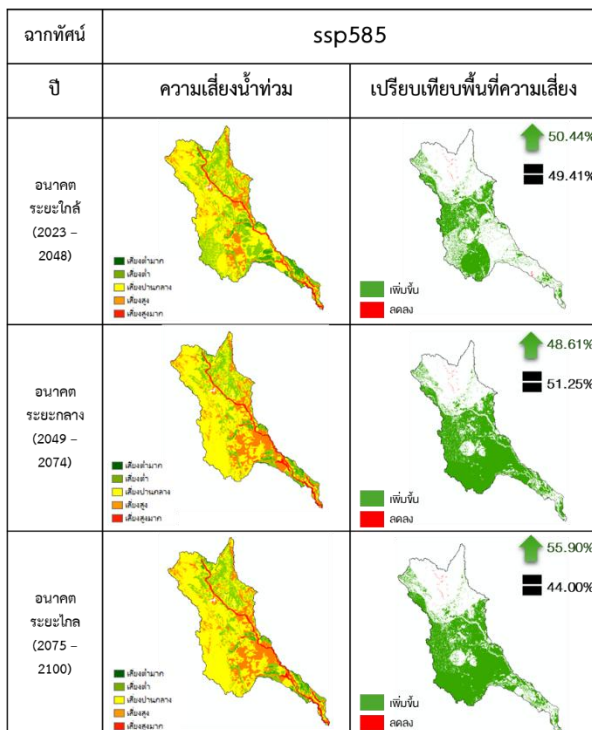


รูปที่ 11 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตของภาคทั้งสี่

ssp245



รูปที่ 12 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตของฉากทัศน์ ssp370



รูปที่ 13 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตของฉากทัศน์ ssp585

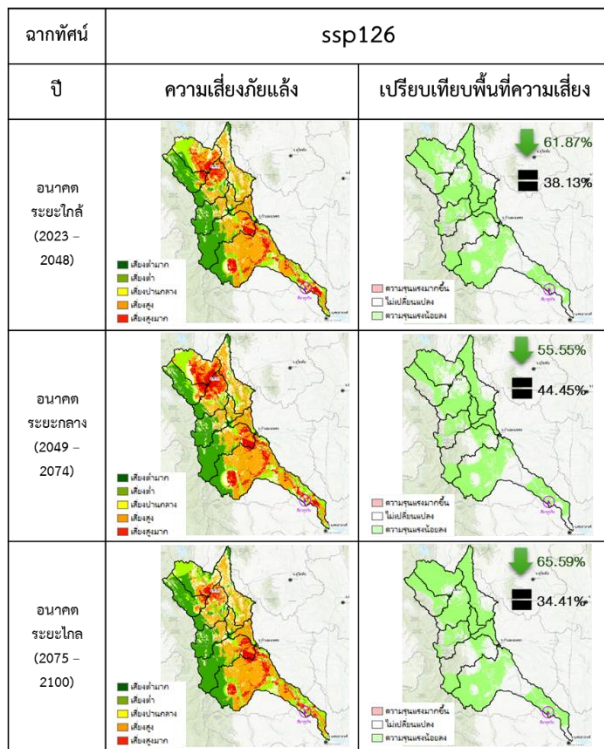
แนวโน้มการเกิดภัยแล้งในอนาคต พบว่า ส่วนใหญ่มีโอกาสเกิดภัยแล้งในระดับสูง และเมื่อเทียบกับผลการศึกษาในปัจจุบัน พบว่า พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมีแนวโน้มคงที่และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในทุกฉากทัศน์และในอนาคตทุกระยะ ดังแสดงในรูปที่ 14 ถึงรูปที่ 17 โดยมีค่าเฉลี่ยคงที่ร้อยละ

43 และค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 57 และพื้นที่ส่วนใหญ่ในอนาคตมีความเสี่ยงภัยแล้งในระดับปานกลางทุกฉากทัศน์ตั้งแต่ปี 2023-2100 ดังแสดงในตารางที่ 8

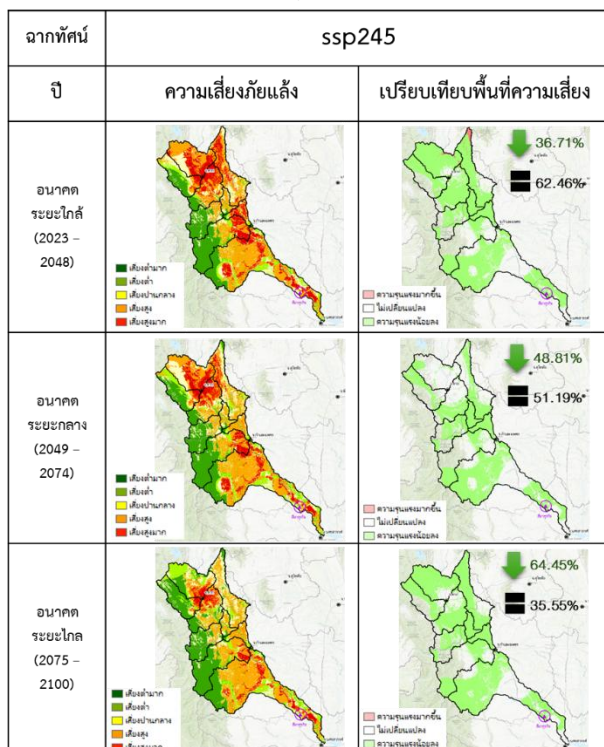
ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่เสี่ยงน้ำแล้งในอนาคตทุกฉากทัศน์

ฉากทัศน์	ช่วงปี	พื้นที่ที่	ระดับความรุนแรง				
			เสี่ยงต่ำมาก	เสี่ยงต่ำ	เสี่ยงปานกลาง	เสี่ยงสูง	เสี่ยงสูงมาก
Ssp 126	2023-2048	ตร.กม.	2186.51	1097.12	1411.93	2727.03	759.19
		%	26.72	13.41	17.26	33.33	9.28
	2049-2074	ตร.กม.	2009.65	1059.08	1431.91	2684.10	997.07
		%	24.56	12.94	17.50	32.81	12.19
	2075-2100	ตร.กม.	2360.56	1119.38	1490.34	2576.09	635.49
		%	28.85	13.68	18.22	31.49	7.77
Ssp 245	2023-2048	ตร.กม.	1770.03	670.74	1336.43	2876.44	1528.16
		%	21.63	8.20	16.33	35.16	18.68
	2049-2074	ตร.กม.	1903.12	880.08	1434.47	2817.79	1146.36
		%	23.26	10.76	17.53	34.44	14.01
	2075-2100	ตร.กม.	2355.19	1074.26	1417.65	2679.25	655.50
		%	28.79	13.13	17.33	32.75	8.01
Ssp 370	2023-2048	ตร.กม.	1848.44	846.60	1338.96	2853.49	1294.34
		%	22.59	10.35	16.37	34.88	15.82
	2049-2074	ตร.กม.	2356.12	1102.28	1391.24	2740.36	591.82
		%	28.80	13.47	17.00	33.49	7.23
	2075-2100	ตร.กม.	2310.11	1051.25	1384.11	2673.36	762.96
		%	28.23	12.85	16.92	32.67	9.33
Ssp 585	2023-2048	ตร.กม.	2316.32	1085.76	1404.19	2754.74	620.82
		%	28.31	13.27	17.16	33.67	7.59
	2049-2074	ตร.กม.	2063.64	959.45	1422.24	2639.67	1096.74
		%	25.22	11.73	17.38	32.26	13.40
	2075-2100	ตร.กม.	2268.87	1080.96	1363.65	2786.22	682.08
		%	28.85	13.68	18.22	31.49	7.77

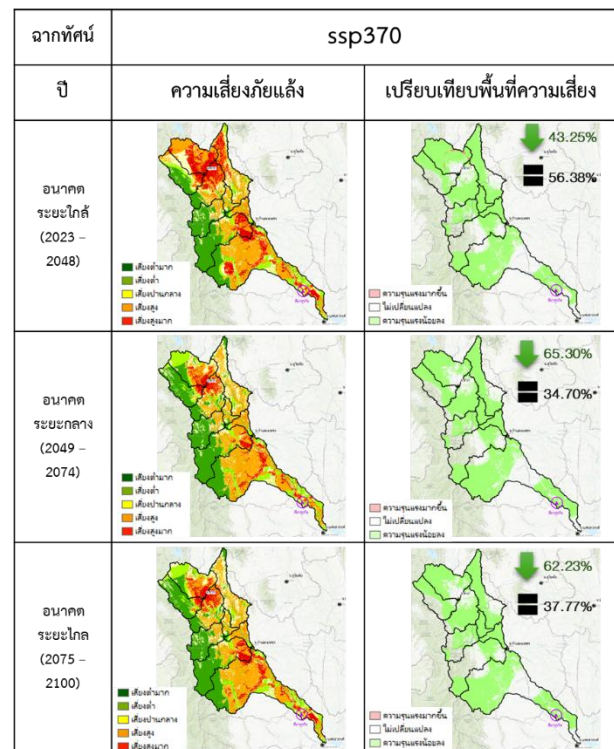
		%	27.73	13.21	16.67	34.05	8.34
--	--	---	-------	-------	-------	-------	------



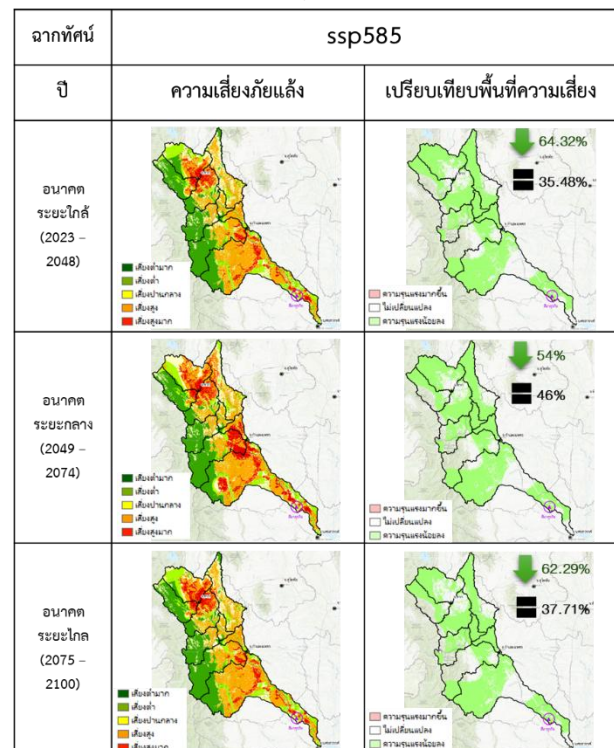
รูปที่ 14 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคตของฉากทัศน์
ssp126



รูปที่ 15 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคตของฉากทัศน์
ssp245



รูปที่ 16 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคตของฉากทัศน์
ssp370



รูปที่ 17 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคตของฉากทัศน์
ssp585

5. บทสรุป

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและภัยแล้งด้วยการประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่ ในบริเวณพื้นที่บางส่วนของลุ่มน้ำปิง พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำมีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมต่ำคิดเป็นร้อยละ 49 ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด โดยมีแนวโน้มการเกิดน้ำท่วมในอนาคตคงที่และเพิ่มขึ้น ในปี 2566-2643 และมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับสูงมากคิดเป็นร้อยละ 34 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีแนวโน้มการเกิดภัยแล้งในอนาคตลดลงและคงที่ ในปี 2566-2643 ซึ่งผลการศึกษาสามารถนำมาเป็นแนวทางการวางแผนบริหารจัดการน้ำหรือเข้าพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมและภัยแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงได้ในอนาคตเนื่องจากสามารถบ่งชี้ได้ในลักษณะเชิงพื้นที่รวมทั้งสามารถชี้เป้าตำบล อำเภอ และจังหวัด ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมและน้ำแล้งในบริเวณพื้นที่ศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา ได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมพัฒนาที่ดิน กรมชลประทาน และสำนักทรัพยากรน้ำแห่งชาติ รวมทั้งได้รับคำปรึกษาจากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยและสำนักงานเกษตรจังหวัดในพื้นที่ศึกษา ผู้เขียนขอขอบคุณ ณ ที่นี้ และขอขอบคุณสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์ข้อมูลตลอดระยะเวลาดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] กัลยาณี สุวรรณประเสริฐ (2548). การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงจากภาวะภัยแล้งในประเทศไทย. กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- [2] วันชัยพร แมงสาโม่ง, อธิยาสา มามะ และ นาซือเราะ เจ๊ะดอเลาะ (2565). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย กรณีศึกษาลุ่มน้ำโกลก จังหวัดนราธิวาส. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27*, เชียงราย, 24-26 สิงหาคม 2565, หน้า 1-6.
- [3] สุภาสพงษ์ ภูพาน้อง (2560). ภูมิสารสนเทศสำหรับการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งลุ่มน้ำคลองสวนหมาก จังหวัดกำแพงเพชร. *The Golden Teak : Humanity and Social Science Journal (GTHJ.)*, ปีที่ 23, ฉบับที่ 2, หน้า 86-103
- [4] วิทยา อาวุธเพชร และ ดร.ปกรณ์ ดิษฐกิจ (2561). การประเมินค่าดัชนีความวิกฤตด้านน้ำของจังหวัดนครศรีธรรมราช. *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 19*, ขอนแก่น, 9 มีนาคม 2561, หน้า 227-290.
- [5] ทนงค์ศักดิ์ อะโน, รัตนา หอมวิเชียร, ณัฐวิทย์ จิตราพิเนตร, สุธาร์ตน์ คำปลิว และอนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง (2556). การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 2, หน้า 13-21.
- [6] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Summary for Policymakers*. CLIMATE CHANGE 2023 Synthesis Report, pp.7-20.