

การวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล Analysis of the Risk of Flooding in Bangkok and Perimeter

ดนุลดา เนียมทอง^{1,*} และอนุเฝ้า ออบแพทย์²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

*Corresponding author; E-mail address: danulada.n@ku.th

บทคัดย่อ

น้ำท่วมเป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติอย่างหนึ่งที่เกิดจากหลายปัจจัย สิ่งเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่อาศัยหลายด้านเช่น การดำรงชีวิต สภาพสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ เป็นต้น ซึ่งประเทศไทยประสบปัญหาภัยพิบัติทางธรรมชาตินี้อย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องการวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม ในการวิจัยใช้กระบวนการวิเคราะห์ลำดับขั้นรูปแบบวิธี AHP (The analytical hierarchy process) ด้วยเทคนิควิศวกรรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (QGIS) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงและจัดทำแผนที่พื้นที่น้ำท่วมสำหรับการจัดการและบรรเทาอุทกภัยโดยพิจารณาจากปัจจัยดังต่อไปนี้ แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (DEM), ความลาดชัน, ปริมาณน้ำฝน, พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก, และการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากนั้นได้ทำการคัดเลือกค่าน้ำหนักปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่น้ำท่วมและดำเนินการจัดประเภทใหม่ โดยสามารถแสดงข้อมูลคำนวณออกมาเป็นแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วมของพื้นที่วิจัย การจำแนกความเสี่ยงเป็นความเสี่ยงอันตรายสูงสุด ความเสี่ยงอันตรายสูง ความเสี่ยงอันตราย ฝ้าระวัง และปกติ ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมพบว่าพื้นที่อยู่ในเกณฑ์สถานการณ์อยู่ในสถานะความเสี่ยงอันตรายประมาณ 1,842.72 ตร.กม. คิดเป็น 45.71% ของพื้นที่ สภาพฝ้าระวังประมาณ 1,474.59 ตร.กม. คิดเป็น 36.58% ของพื้นที่ สภาพความเสี่ยงอันตรายสูงประมาณ 458.89 ตร.กม. คิดเป็น 11.38% ของพื้นที่ สภาพปกติ 132.23 ตร.กม. คิดเป็น 3.28% ของพื้นที่ และสถานะความเสี่ยงอันตรายสูงสุดประมาณ 122.47 ตร.กม. คิดเป็น 3.04% ของพื้นที่ ซึ่งการตรวจสอบความถูกต้องโดยรวมของข้อมูลการวิเคราะห์ความเสี่ยงของพื้นที่ เท่ากับ 77.6% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.68 ดังนั้นความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ระดับดี

คำสำคัญ: ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม, การวิเคราะห์ความเสี่ยง, แผนที่พื้นที่น้ำท่วม

Abstract

Flood is a natural disaster caused by several factors. It affects people in huge ways, such as living, the environment, the

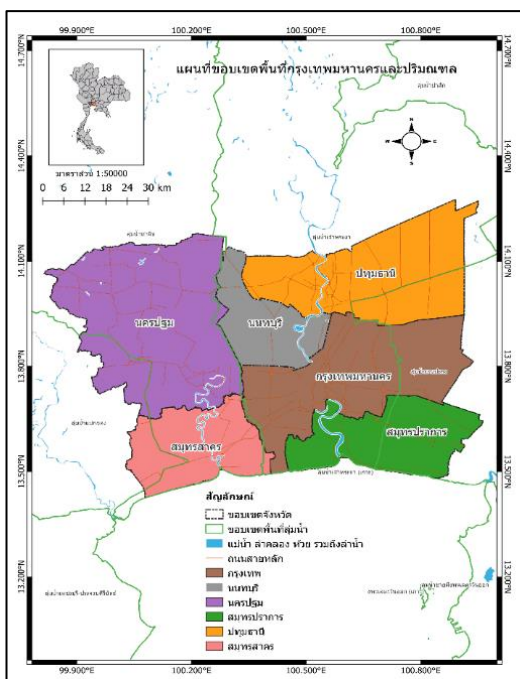
economy etc. Thailand has been facing this problem for a long time, especially in Bangkok and its vicinity. Therefore, those areas need to be analysed for the risk of flooding. This research uses AHP (The analytical hierarchy process) and geographic information engineering techniques of Geographic Information Systems to analyse the risk of flood areas and create a map for further flood management and mitigation by using factors of DEM (Digital Elevation Model), slope, rainfall, repeated flood and land use. After that, weight factors which affect flooding are then reclassified. The data will be displayed as a research area flood risk map. Classify the risk as highest, high, moderate, low and normal. The results revealed that the most significant result was a moderate risk level, approximately 1,842.72 square kilometres, by 45.71% of flood areas. The low-risk level was 1,474.59 square kilometres, by 36.58% of flood areas. The high-risk level was 458.89 square kilometres, by 11.38% of flood areas. The normal risk level was 132.23 square kilometres, by 3.28% of flood areas. Moreover, the highest risk level was 122.47 square kilometres, by 3.04% of flood. the overall accuracy of the risk analysis was 77.6% and coefficient's kappa was 0.68. Therefore, the consistency was in the good standard.

Keywords: Risk of flood areas, risk analysis, map of flood areas

1. คำนำ

น้ำท่วม คือ ภัยพิบัติทางธรรมชาติอย่างหนึ่ง โดยสาเหตุทางธรรมชาติของน้ำท่วม มาจากปริมาณน้ำฝน ระดับน้ำ และความลาดเอียงของระดับพื้นดิน เป็นต้น [1] ซึ่งสร้างความเสียหายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมาก [2] ความเสียหายนี้อาจส่งผลกระทบต่อพัฒนาการเติบโตของพื้นที่นั้น ในหลาย ๆ ด้าน เช่น ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม ด้านอุตสาหกรรม และด้านสาธารณสุข เป็นต้น [3]

กรุงเทพมหานครและปริมณฑล เป็นหนึ่งในจังหวัดของประเทศไทยที่ค่อนข้างจะประสบปัญหาน้ำท่วมพื้นที่ โดยเฉพาะกรณีเหตุการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ ปี พ.ศ. 2554 เป็นปีที่น่าท่วมมีระดับความรุนแรงที่สูงที่สุด และสร้างความเสียหายอย่างมากในรอบ 50 ปี ของประเทศไทย [4] มีสาเหตุมาจากการขาดการกำหนดผังเมืองและการควบคุมการใช้ที่ดินอย่างเพียงพอและปัญหาอื่น ๆ เช่น การบุกรุกถ่าน้ำสาธารณะ แม่น้ำลำคลอง และสิ่งกีดขวางทางลำนํ้า เป็นต้น ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นตามมา ได้แก่ ทรัพย์สินและบ้านเรือนของประชาชน โรงงาน อาคารสิ่งปลูกสร้างในนิคมอุตสาหกรรมหลายแห่ง และผลลัพธ์อื่น ๆ อีกมากมายอันเนื่องมาจากสถานการณ์น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ปี พ.ศ. 2554 ซึ่งจังหวัดดังกล่าวมีความสำคัญอย่างมาก เพราะเป็นศูนย์กลางของความเจริญของประเทศ และมีจำนวนประชากรค่อนข้างหนาแน่น ดังนั้นควรได้รับการวางแผนจัดการและกระบวนการเตรียมความพร้อมสำหรับการรับมือกับความเสี่ยงน้ำท่วมที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อลดระดับความเสี่ยงต่อภัยพิบัติทางธรรมชาติที่อาจสร้างความเสียหายให้กับประชาชน ทรัพย์สิน และสิ่งต่าง ๆ ที่จะตามมาบริเวณพื้นที่นั้น โดยต้องมีการวางระบบบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในอนาคตที่เป็นรูปธรรมและชัดเจน [4] ในการวิจัยจึงวิเคราะห์ความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดน้ำท่วม เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก ข้อมูลความลาดชัน ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อเป็นการวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงความน่าจะเป็นจะเกิดขึ้นของแต่ละจังหวัดที่วิจัย สำหรับการแจ้งเตือนระดับความเสี่ยงน้ำท่วมของพื้นที่ โดยแสดงความเสี่ยงของพื้นที่ออกมาในรูปแบบของแผนที่ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล แผนที่นี้สามารถนำไปเป็นการวางแผนสร้างทางเลือกในการบริหารจัดการน้ำท่วม ซึ่งรวมถึงการวางแผนการใช้ที่ดิน [5] ตัวอย่างเช่น ข้อมูลสำหรับการวางแผนการจัดการระบบการบริหารจัดการน้ำ ได้แก่ การยกระดับคันกันน้ำ การสร้างประตูกันน้ำ เขื่อนกันน้ำ ฯลฯ [6]



สำหรับการวิจัยเพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และจัดทำแผนที่เพื่อเป็นแนวทางดังกล่าวข้างต้น จึงมีการวิเคราะห์โดยการนำปัจจัยมาวิเคราะห์ลำดับขั้นรูปแบบวิธี The analytical hierarchy process (AHP) [7] เพื่อนำมาจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยด้วยกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัย [2] เพื่อนำไปใช้จัดทำแผนที่ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมด้วยเทคนิคทางวิศวกรรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [8] คือ โปรแกรม Quantum GIS (QGIS) เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผนและจัดการป้องกันการเกิดน้ำท่วมที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพการรับมือเหตุการณ์น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑลต่อไป [2]

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

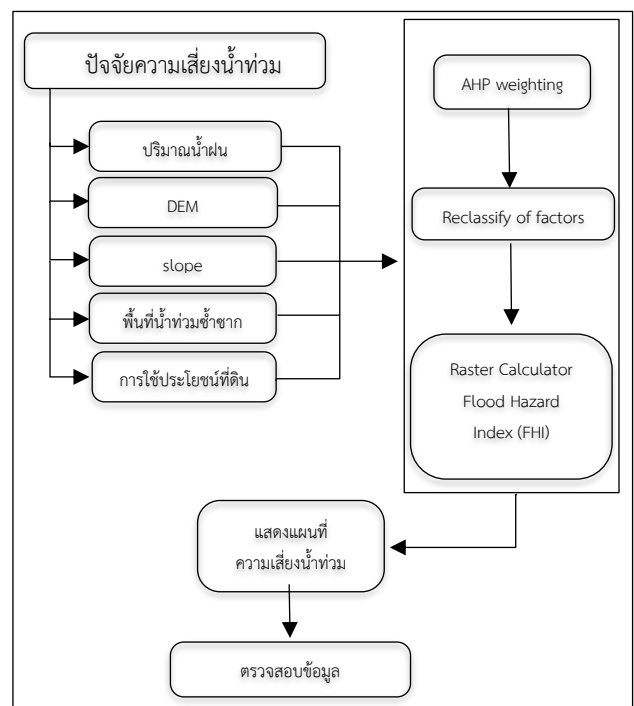
1.1.1 เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงของพื้นที่น้ำท่วม โดยประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบวิเคราะห์ลำดับขั้นรูปแบบวิธี The analytical hierarchy process (AHP)

1.1.2. เพื่อจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมของพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

1.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ขอบเขตพื้นที่สำหรับการวิจัยนี้ ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ขอบเขตจังหวัดต่อเนื่องกัน นอกจากนี้ยังเป็นศูนย์กลางความเจริญทุก ๆ ด้าน ซึ่งผู้วิจัยจะศึกษาพื้นที่ในลักษณะภาพรวมทั้งหมด 6 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร และ นครปฐม มีพื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 7,761.60 ตร.กม. [9] โดยลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ราบลุ่ม มีแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 1

1.3 ขั้นตอนกระบวนการวิจัย



รูปที่ 2 ขั้นตอนกระบวนการวิจัยความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมของพื้นที่วิจัย

กระบวนการขั้นตอนการวิจัย ในส่วนของการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวข้อง และปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดน้ำท่วม สาเหตุมาจากหลากหลายด้าน ส่วนใหญ่มาจากสาเหตุ ฝนตกหนักมากกว่าปกติและต่อเนื่องเป็นเวลานาน ซึ่งพื้นที่ที่มีฝนตกหนักก็จะเกิดน้ำไหลหลากไปตามผิวดิน และไหลลงสู่แม่น้ำ เมื่อระดับน้ำสูงมากกว่าปกติ ทำให้น้ำล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ [10] ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการเกิดความเสี่ยงของพื้นที่น้ำท่วมมากที่สุด จากปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมาสามารถคัดเลือกปัจจัยได้ทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน, ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข, ข้อมูลความลาดชัน, ข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก, ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ โดยนำปัจจัยทั้งหมด วิเคราะห์ลำดับชั้นรูปแบบวิธี AHP โดยให้ค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัยจากการอ้างอิงงานวิจัย [7-8, 11-15] ซึ่งค่าน้ำหนักปัจจัยที่อ้างอิงนั้นได้จากการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ เมื่อทำการวิเคราะห์กระบวนการดังกล่าวเรียบร้อยแล้วมีการแบ่งชั้นข้อมูลของแต่ละปัจจัยที่คัดเลือกมาวิจัย และนำไปโปรแกรม QGIS มาประยุกต์ใช้ด้วยเทคนิค Raster Calculator จัดทำแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วมเพื่อวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พร้อมทั้งทำการตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจริงของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย โดยการกำหนดจุดอ้างอิงตำแหน่งเพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลมาจากระบบการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วม ดังแสดงดังรูปที่ 2

1.4 ข้อมูล

ข้อมูลสำหรับการวิจัยระดับความเสี่ยงของพื้นที่น้ำท่วมนั้น จากการที่ผู้วิจัยได้มีการศึกษารวบรวมข้อมูลสาเหตุหลักการเกิดน้ำท่วมและปัจจัยที่มีผลต่อเหตุการณ์นี้ จึงทำให้มีการศึกษาปัจจัย 5 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน, แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข, ความลาดชัน, พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก, การใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดสาเหตุลักษณะทางธรรมชาติที่สำคัญของการเกิดน้ำท่วม ปัจจัยเหล่านี้ผู้วิจัยจึงนำมาใช้วิเคราะห์เพื่อประกอบการจัดทำแผนที่ความเสี่ยง โดยข้อมูลต่าง ๆ มาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลปัจจัยข้างต้น ซึ่งได้เป็นข้อมูลเผยแพร่เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษา

1.4.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ข้อมูลปริมาณน้ำฝน เป็นข้อมูลที่นำจากสารสนเทศอุตุนิยมวิทยา และแผ่นดินไหว ข้อมูลที่ได้จากแหล่งข้อมูลดังกล่าว คือ ข้อมูล Application Program Interface (API) เป็นผลจากการตรวจวัดและพยากรณ์อากาศ Thailand Monthly Rainfall เวอร์ชัน 1 เป็นค่าปริมาณฝนสะสมรายเดือนและจำนวนวันที่ฝนตกของสถานีอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย ซึ่งนำปริมาณน้ำฝน ปี พ.ศ. 2565 มาวิเคราะห์ปัจจัยซึ่งข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลในรูปแบบ Comma-Separated Value (CSV) เมื่อประยุกต์ข้อมูลข้างต้นร่วมกับโปรแกรม QGIS ต้องแสดงรูปแบบข้อมูล ราสเตอร์ (Raster) โดยใช้เทคนิค Inverse Distance Weighting (IDW) โดยอาศัย ในการประมวลผลเชิงภาพ

1.4.2 ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM)

แบบจำลองที่เก็บระดับความสูงของภูมิประเทศในรูปแบบ Grid ซึ่งข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมนั้น จึงเลือกใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลข SRTM DEM ซึ่งข้อมูลนี้ความละเอียดของ

จุดภาพอยู่ที่ 30 ม. ถูกพัฒนาด้วยวิธีการการประมาณค่าช่วง เป็น DEM ที่จัดทำโดย National Aeronautics and Space Administration (NASA) SRTM DEM มีพื้นที่ครอบคลุมพื้นผิวของทุกประเทศทั่วโลก และมีความผิดพลาดในค่าระดับไม่เกิน 16 ม. โดย DEM อ้างอิงระบบแนวราบบนระบบพิกัด WGS84 และ อ้างอิงระบบแนวตั้งบนระบบพิกัด EGM96 [8] ซึ่งข้อมูล DEM แสดงรูปแบบข้อมูลราสเตอร์ (Raster) จะจำลองสภาพภูมิประเทศของพื้นที่วิจัย คือ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และแสดงลักษณะข้อมูลเชิงภาพ ซึ่งทำให้สามารถทราบค่าระดับความสูงของบริเวณนั้น ๆ ได้

1.4.3 ข้อมูลความลาดชัน (slope)

ความลาดชัน เป็นสิ่งที่แสดงถึงการเอียงลาดของพื้นที่ที่น้อยตามลักษณะพื้นที่ โดยมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าและการซึมผ่านของผิวดินมากที่สุด ถ้าเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมพื้นที่ เพราะ เมื่อปริมาณน้ำท่ามากพื้นที่ราบอาจมีน้ำท่วมเร็วกว่าพื้นที่ลาดชัน เนื่องจากพื้นผิวที่มีความลาดชันสามารถระบายลงสู่ทางลาดได้ง่ายกว่าพื้นที่ราบ [9] สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยความลาดชันนั้น สามารถนำข้อมูลมาจากแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขเป็นข้อมูลมาจากการประยุกต์ใช้โปรแกรม QGIS โดยใช้เครื่องมือ Plugins เพื่อแสดงข้อมูล SRTM DAM และนำข้อมูลข้างต้น มาทำการ Analysis Slope จึงได้เป็นข้อมูลความลาดชันของพื้นที่วิจัยนั้น แสดงผลรูปแบบข้อมูลราสเตอร์ (Raster) เพื่อนำไปใช้กระบวนการแบ่งชั้นข้อมูลของปัจจัยในกระบวนการวิจัยและวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม

1.4.4 พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก

พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก คือ บริเวณพื้นที่ส่วนใหญ่ที่เกิดน้ำท่วมซ้ำซาก ๆ ปี มีการท่วมซ้ำของน้ำบนผิวดินที่สูงกว่าระดับปกติ ซึ่งข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก จะได้จากการวิเคราะห์พื้นที่ราบลุ่มต่ำ น้ำท่วมซ้ำในพื้นที่บริเวณที่เดิมเสมอๆ ร่วมกับภาพถ่ายจากดาวเทียม แล้วแบ่งพื้นที่ปกติและพื้นที่น้ำท่วม โดยข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากที่จะอยู่ในรูปแบบราสเตอร์ (Raster) ซึ่งได้นำข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมสำหรับการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GISTDA) ปี พ.ศ. 2565 มาทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่ น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ตามขั้นตอนกระบวนการวิจัย เพื่อจัดทำแผนที่สำหรับใช้เป็นแนวทางการลดระดับความเสี่ยงของพื้นที่น้ำท่วม

1.4.5 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยอาศัยข้อมูลการใช้ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินปี 2562 เป็นข้อมูลอ้างอิง [16] ในการแบ่งเกณฑ์ในการวิจัยข้อมูลพื้นที่ออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง, พื้นที่เกษตรกรรม, พื้นที่ป่าไม้, พื้นที่น้ำ, พื้นที่เบ็ดเตล็ด ตามมาตรฐาน FGDS (Fundamental Geographic Data Set) เป็นระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งในการวิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลจาก Copernicus Global Land Service (CGLS) [7] สำหรับข้อมูลนี้เป็นโครงการของยุโรปในการสังเกตการณ์ของโลกในระดับโลกอย่างเป็นระบบและความละเอียดเชิงพื้นที่ระดับกลางถึงต่ำเสริมด้วยโครงสร้างของอนุกรมเวลาตามยาว ผลลัพธ์นี้ใช้ในการตรวจจับพืชพรรณ งบประมาณด้าน

พลังงานของวัฏจักรน้ำและอุณหภูมิโลกโดยใช้ดาวเทียม PROBA-V ในการสำรวจ มีความละเอียดอยู่ที่ 100 ม. เป็นรูปแบบข้อมูลราสเตอร์ (Raster)

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม

การวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม คือ กระบวนการทำความเข้าใจของผลกระทบที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสาเหตุน้ำท่วม ซึ่งในการวิเคราะห์ความเสี่ยงนั้นจะนำผลมาประเมินภัย ความล่อแหลม และความเปราะบางสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยง เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญสามารถประมาณค่าระดับความเสี่ยงต่อเหตุการณ์ดังกล่าว และเป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจต่อการจัดการกับความเสี่ยงที่เกิดขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์และจัดระดับความเสี่ยงในเชิงพื้นที่ เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจ ประเมินระดับความเสี่ยง ในการป้องกันและลดความเสี่ยงน้ำท่วมของพื้นที่

ดังนั้น การวิเคราะห์ความเสี่ยงจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างแนวทางการรับมือกับสถานการณ์น้ำท่วม ทำให้เข้าใจถึงสาเหตุเหตุที่แท้จริง อีกทั้งยังช่วยลดความเสียหาย การซ่อมสร้างการฟื้นฟู และช่วยทดแทนการแก้ไขปัญหาปลายเหตุหลังจากเกิดน้ำท่วม [17]

2.1.1 การกำหนดค่าน้ำหนักที่เหมาะสมของข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ

งานวิจัยได้ประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (The analytical hierarchy process : AHP) ที่พัฒนาขึ้นโดย Thomas Saaty ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งของกระบวนการตัดสินใจแบบหลากหลายเกณฑ์ ที่นิยมกันอยู่แพร่หลาย [18] ในการวิเคราะห์ตัดสินใจทางเลือกที่ดีที่สุด โดยงานวิจัยประยุกต์หลักการ AHP มาใช้เปรียบเทียบและจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย ด้วยวิธีการนำผลการกำหนดค่าความสำคัญของปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมาวิเคราะห์ร่วมกัน เพื่อปรับค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย โดยสร้างตารางเมทริกซ์เปรียบเทียบความสำคัญที่ละคู่ (Pairwise Comparison Matrix) ขั้นตอนการกำหนดค่าความสำคัญนี้ ผู้วิจัยให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของความสัมพันธ์ปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งจะอ้างอิงจากงานวิจัย [7-8, 11-15] ซึ่งเป็นงานวิจัยที่มีการใช้ผู้เชี่ยวชาญให้การค่าความสำคัญของปัจจัยนั้น ๆ ไว้แล้ว ว่าปัจจัยหนึ่งมีความสำคัญมากกว่าหรือน้อยกว่าอีกปัจจัยหนึ่งในระดับใด สำหรับค่าน้ำหนักที่อ้างอิงจากงานวิจัยนั้น เป็นค่าน้ำหนักที่กรมชลประทานใช้สำหรับในการวางแผนป้องกันน้ำท่วมพื้นที่ภาคกลางและกรุงเทพมหานคร จึงได้ใช้มาตรฐานระดับการเปรียบเทียบความสำคัญของสองปัจจัยเป็นตัวเลขค่าความสำคัญสัมพัทธ์ (Relative Importance Scale) ซึ่งเป็นค่าระดับความเข้มข้นของความสำคัญ ระหว่างสองปัจจัย [19] ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงระดับการเปรียบเทียบความสำคัญของสองปัจจัย

ค่าความสำคัญสัมพัทธ์	ความหมายเชิงคุณภาพ
1	สำคัญเท่ากัน
3	สำคัญปานกลาง
5	สำคัญกว่าค่อนข้างมาก
7	สำคัญมากกว่า
9	สำคัญกว่ามากที่สุด
2,4,6,8	เป็นค่ากึ่งระหว่างกลาง

2.1.2 การแบ่งชั้นข้อมูลของปัจจัยตามเกณฑ์ความเหมาะสม

การรวบรวมข้อมูลของปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม กรุงเทพมหานครและปริมณฑล จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความถูกต้องน่าเชื่อถือ เพื่อใช้สำหรับการแบ่งชั้นข้อมูลของปัจจัย ตามเกณฑ์อ้างอิงจากงานวิจัย [7-8, 11-15] ดังตารางที่ 2 โดยที่ปัจจัยที่ถูกนำมาแบ่งชั้นข้อมูลมีทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยปริมาณน้ำฝน ปัจจัยข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข ปัจจัยข้อมูลความลาดชัน ปัจจัยพื้นที่น้ำท่วม และปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ลำดับขั้นรูปแบบวิธี AHP (The analytical hierarchy process) ต่อไป

ตารางที่ 2 ตารางแสดงการแบ่งชั้นข้อมูลของปัจจัยที่เสี่ยงน้ำท่วม

ปัจจัย	ชั้นข้อมูล	Rating
ปริมาณน้ำฝน	> 1,200	10
	1,100 – 1,200	8
	1,000 – 1,100	6
	900 – 1,000	4
	0 -900	2
แบบจำลองความสูงเชิงเลข	0.00 – 2.00	10
	2.10 – 4.00	8
	4.10 – 6.00	6
	6.10 – 9.00	4
	9.10 – 35.00	2
ความลาดชัน	0 – 0.40	10
	0.41 – 0.70	8
	0.71 – 1.20	6
	1.21 – 2.00	4
	2.10 – 8.00	2
พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก	> 8	10
	6 - 8	8
	4 - 6	6
	2 - 4	4
	0 - 2	2
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่น้ำ	10
	พื้นที่เกษตรกรรม	8
	พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง	6
	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	4
	พื้นที่ป่าไม้	2

2.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น

(The analytical hierarchy process : AHP)

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (The analytical hierarchy process : AHP) เป็นที่นิยมสำหรับนำไปใช้วิเคราะห์ทางเลือกที่เหมาะสม โดยเป็นการนำทางเลือกที่ตรงตามหลักเกณฑ์มาเรียงลำดับ เพื่อให้ผู้ใช้ตัดสินใจเลือกสิ่งที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งกระบวนการนี้เป็นการนำเอาความคิดความรู้สึกที่เป็นนามธรรมนำมาให้ค่าน้ำหนัก โดยใช้ตัวเลขแทนค่า เพื่อให้เห็นเป็นรูปธรรม [20] ซึ่งองค์ประกอบในการตัดสินใจนั้นประกอบไปด้วยเป้าหมายของการตัดสินใจที่กำหนดชัดเจน เกณฑ์ในการตัดสินใจที่มองปัญหาอย่างรอบด้าน ทางเลือกกำหนดไว้อย่างเหมาะสม และความเสี่ยงที่โดยปกติแล้วมักมีผลกระทบต่อตัดสินใจเสมอ

เมื่อพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจเรียบร้อยแล้ว จึงได้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องสำคัญที่สุดมาวิเคราะห์ปัจจัยโดยกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยต่าง ๆ ที่ตัดสินใจคัดเลือก โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (The analytical hierarchy process : AHP) เปรียบเทียบความสำคัญปัจจัยทีละคู่ ใช้ตารางที่ 1 เพื่อหาค่าน้ำหนักของปัจจัย เมื่อได้ค่าน้ำหนักจากการอ้างอิงงานวิจัย [7-8, 11-15] โดยออกมาในรูปแบบของตัวเลข จะนำตัวเลขที่ได้มาคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญ โดยสมการที่ใช้คำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยความเสี่ยงน้ำท่วมในแต่ละชั้น [21] ดังแสดงในสมการที่ 1

$$Aw = \lambda_{max}w \quad (1)$$

เมื่อ A คือ สแควร์เมทริกซ์ ระดับค่าตัวเลขที่อ้างอิงจากงานวิจัย [1-6] ซึ่งปรับค่าให้เป็น 1 แล้ว Normalized

w คือ Eigenvector แสดงน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์อยู่ในลำดับชั้นเดียวกันหรือกลุ่มของที่อยู่ภายใต้ของลำดับชั้นที่สูงกว่า

λ_{max} คือ Maximum Eigenvalue

เปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยเรียบร้อยแล้วต้องตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล การตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R.) เป็นการตรวจสอบผลการเปรียบเทียบค่าความสำคัญของปัจจัยนั้นมีความสอดคล้องหรือไม่ ตรวจสอบโดยใช้การหาค่าดัชนีความสอดคล้องกันของเหตุผล ซึ่งค่า λ_{max} คำนวณหาได้จาก การนำเอาผลรวมของค่าวินิจฉัยของแต่ละปัจจัยในแต่ละแถวแล้วนำมาคูณด้วยผลรวมค่าเฉลี่ยของปัจจัยในแนวนอนแต่ละแถว หลังจากนั้นนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะเท่ากับจำนวนจำนวนปัจจัยที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ โดยถ้าการวิเคราะห์นั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า $\lambda_{max} = n$ การคำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I.) [22] ของปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ดังแสดงในสมการที่ 2

$$C.I. = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (2)$$

เมื่อ $C.I.$ คือ ค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง

n คือ ขนาดของสแควร์เมทริกซ์

λ_{max} คือ Maximum Eigenvalue

หลังจากคำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้องแล้วเปิดตารางค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index: R.I.) [22] ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0	0.27	0.55	0.86	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

การตรวจสอบค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R) คำนวณได้จากอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า ดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I.) ที่คำนวณได้จากตารางเมทริกซ์กับค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index: R.I.) ดังแสดงในสมการที่ 3

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (3)$$

เมื่อ $C.R.$ คือ ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio)

$C.I.$ คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index)

$R.I.$ คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index)

สำหรับค่าของ C.R. ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.1 ถือว่ายอมรับได้ ถ้ามากกว่า 0.10 ถือว่ายอมรับไม่ได้ จะต้องทำการทบทวนการให้ค่าน้ำหนักคะแนนเปรียบเทียบปัจจัยใหม่อีกครั้ง จนได้ค่า C.R. ที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งในการตรวจสอบค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลของปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงพื้นที่ที่วิจัย มีความถูกต้องตามหลักที่กล่าวมาตามหลักการตรวจสอบ ดังตารางที่ 4 โดยกำหนดให้ตัวแปรแทนปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

C1 แทนตัวแปร ปัจจัยข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM)

C2 แทนตัวแปร ความลาดชัน (slope)

C3 แทนตัวแปร ปริมาณน้ำฝน

C4 แทนตัวแปร พื้นที่น้ำท่วม

C5 แทนตัวแปร การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตารางที่ 4 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ปัจจัย	C1	C2	C3	C4	C5	Eigenvalue	Consistency vector
C1	1	5	3	1/3	3	0.261	5.494
C2	1/5	1	1/3	1/7	1/3	0.047	5.266
C3	1/3	3	1	1/3	3	0.161	5.261
C4	3	7	3	1	3	0.427	5.475
C5	1/3	3	1/3	1/3	1	0.104	5.064
sum	4.867	19.030	7.663	2.143	10.333	1.000	26.559

ดังนั้นสำหรับขั้นตอนของการตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R) เมื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล นำค่าน้ำหนักไปคิด

ในส่วนของค่า Eigenvalue และ ที่แสดงดังตารางที่ 4 เพื่อนำไปคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index) ดังแสดงในสมการที่ 2 แทนค่าลงสมการข้างต้น ซึ่งได้ค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I.) เท่ากับ 0.078 จากนั้นเปิดค่า R.I. ดังตารางที่ 3 เมื่อได้ค่ามาคำนวณหา ความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R) ดังแสดงในสมการที่ 3 เท่ากับ 0.070 มีความถูกต้องตามหลักเกณฑ์การตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล

2.1.4 กระบวนการวิเคราะห์ผลทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบของคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และวิธีการ ออกแบบมาเพื่อการจัดเก็บ และการจัดการ การจัดทำ การวิเคราะห์ การทำแบบจำลอง และการ แสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อแก้ปัญหาการวางแผนที่ซับซ้อนและปัญหาในการจัดการ เป็นเครื่องมือที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการดำเนินการเกี่ยวกับข้อมูลทาง [12] และในการวิจัย ได้ใช้ซอฟต์แวร์ในการคำนวณหาพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ด้วยโปรแกรม QGIS คือ โปรแกรมประเภทจัดการข้อมูล GIS (Geographic Information System) โปรแกรมหนึ่ง ซึ่งมีส่วนติดต่อผู้ใช้เป็นแบบกราฟิก (Graphic User Interface: GUI) ที่เข้าใจและใช้งานง่าย [23] โดยใช้สูตรดัชนีเสี่ยงน้ำท่วม (Flood Hazard Index; FHI) ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Kazakis N., Kougiaris I. and Patsialis T. [24] ได้การศึกษาดัชนีหลาย หลักเกณฑ์ในการประเมินพื้นที่อันตรายน้ำท่วมในระดับภูมิภาค โดยใช้ดัชนีเสี่ยงน้ำท่วม Flood Hazard Index (FHI) ในการกำหนดและการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ซึ่งเป็นการพัฒนาข้อมูลปัจจัยที่เสี่ยงต่อพื้นที่น้ำท่วม ซึ่งได้กำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัย และนำไปคำนวณโดย กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (The analytical hierarchy process : AHP) ดังแสดงในสมการที่ 4

$$FHI = \sum_i R_i \times W_i \quad (4)$$

เมื่อ FHI คือ คะแนนรวมของปัจจัย
 W_i คือ ค่าน้ำหนักของปัจจัย
 R_i คือ ค่าคะแนนปัจจัยย่อย

การวิจัยในขั้นตอนของกระบวนการวิเคราะห์ผลทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของพื้นที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ต้องจัดเตรียมข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม อยู่ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ EPSG:4326 - WGS 84 UTM Zone47 โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ทั้ง 5 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยปริมาณน้ำฝน ปัจจัยข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข ปัจจัยข้อมูลความลาดชัน ปัจจัยพื้นที่น้ำท่วม และปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดิน การประมวลผลนั้นจะจัดทำให้อัตโนมัติดังกล่าวเป็นข้อมูล Raster และทำการ Reclassify ตามค่าระดับความเสี่ยงของแต่ละปัจจัย ซึ่งจะแบ่งชั้น ข้อมูลทั้ง 5 ปัจจัย ทำการให้ค่าระดับ 2 – 10 [7-8, 11-15] ดังตารางที่ 2 เป็นค่าระดับที่แสดงระดับความเสี่ยงเริ่มตั้งแต่ค่าระดับ 10 เท่ากับ ความเสี่ยงอันตรายสูงสุด และลดลงมาแต่ละค่าระดับตามความเสี่ยงตามลำดับ หลังจากนั้นใช้ดัชนีเสี่ยงน้ำท่วม

Flood Hazard Index (FHI) [25] ในการให้ค่าคะแนนรวมของปัจจัย เพื่อกำหนดและการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ โดยใช้ Raster Calculator ในการคำนวณ

เมื่อทำการให้ค่าคะแนนรวมของปัจจัยเรียบร้อยแล้ว ดำเนินการแบ่งระดับความเหมาะสมของพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในพื้นที่วิจัย เป็นช่วงชั้นของคะแนน ซึ่งผู้วิจัยแบ่งพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม 5 ระดับ โดยใช้เทคนิคการแบ่งช่วงชั้นแบบ Equal Interval คือ พื้นที่สถานะความเสี่ยงอันตรายสูงสุด พื้นที่สถานะความเสี่ยงอันตรายสูง พื้นที่สถานะความเสี่ยงอันตราย พื้นที่สถานะเฝ้าระวัง และพื้นที่สถานะปกติ ตามลำดับ

2.2 การประเมินผลความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม

การประเมินผลความเสี่ยงเป็นกระบวนการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงกับเกณฑ์ ความเสี่ยง เพื่อหาว่าความเสี่ยงหรือขนาดของความเสี่ยงนั้นเป็นที่ยอมรับได้หรือไม่ และควรจัดการ อย่างไร มีประโยชน์มากในการจัดทำข้อเสนอแนะในการจัดการความเสี่ยง ช่วยให้พิจารณาได้ว่า มีความเสี่ยงใดที่จำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขบ้าง และควรต้องเรียงลำดับความสำคัญในการจัดการ ความเสี่ยงประการใดก่อน นอกจากนี้ ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการวางแผนการบริหารจัดการความเสี่ยง [26]

การจัดลำดับความสำคัญจากความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมแบ่งระดับความเสี่ยงออกเป็น 5 ระดับ ในรูปแบบสัญลักษณ์สี ดังตารางที่ 5 เป็นวิธีที่ใช้ในการระบุความเสี่ยงที่ต้องได้รับการพิจารณาด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น AHP ซึ่งเป็นเกณฑ์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงจากการเกิดน้ำท่วมและสำหรับระดับความเสี่ยงของพื้นที่น้ำท่วมค่าของคะแนนไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับค่าน้ำหนักกับคะแนนของความเสี่ยงของแต่ละปัจจัย [6] ดังตารางที่ 6 โดยเกณฑ์ระบบการเตือนภัยนี้ นำมาจากแผนการป้องกันและบรรเทาภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 ซึ่งเป็นแผน ที่มุ่งเน้นการบริหารจัดการความเสี่ยงจากภัยพิบัติแบบเชิงรุก ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการดำเนินงานด้านภัยพิบัติตามกรอบสากลซึ่งเป็นที่ยอมรับ [26] ระบบการเตือนภัยข้างต้นมีไว้สำหรับจัดการภัยน้ำท่วม ตลอดจนถึงภัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดย ได้กำหนดการจัดการเป็นสามขั้นตอนคือ บรรเทาความรุนแรง (Mitigate) เตรียมรับสถานการณ์ (Preparation) และขจัดปัญหา (Relief) ในแต่ละขั้นตอนมีความต้องการในการจัดการวิเคราะห์ที่ต่างกัน [27] โดยรูปแบบการเตือนภัยอาจอยู่ในรูปของการเตือนในระบบอินเตอร์เน็ต การเตือนด้วยเสียง หรือโทรศัพท์ เป็นต้น ในกระบวนการเตือนภัยอาจพัฒนาร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่จะสามารถวิเคราะห์หาพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบน้ำท่วมได้ด้วยในรูปแบบการเตือนภัยน้ำท่วม [28]

สำหรับการวิจัยนี้ แผนที่นั้นจะบอกระดับความเสี่ยงที่ครอบคลุมพื้นที่วิจัย 6 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร และ นครปฐม ในลักษณะของภาพรวม การประเมินผลความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สามารถแสดงค่าระดับความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม ที่ใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (The analytical hierarchy process : AHP) และแสดงคะแนนลำดับการระบุความเสี่ยงของผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม ดังตารางที่ 7 และหลังจากนั้นจัดลำดับขั้นข้อมูลของผลลัพธ์ของคะแนน แล้วทำการแบ่งระดับความเสี่ยง 5 ระดับ ซึ่งจะได้อัตราส่วนที่กล่าวไปข้างต้น

ตารางที่ 5 ตารางแสดงระบบการเตือนภัยนี้้นำมาจากแผนการป้องกันและบรรเทาภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558

ระดับของความเสี่ยง	สี
ภาวะอันตรายสูงสุด	สีแดง
ภาวะเสี่ยงอันตรายสูง	สีส้ม
ภาวะเสี่ยงอันตราย	สีเหลือง
ภาวะเฝ้าระวัง	สีน้ำเงิน
ภาวะปกติ	สีเขียว

ตารางที่ 6 ตารางแสดงความหมายระดับความเสี่ยงของพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สำหรับระดับความเสี่ยงของพื้นที่น้ำท่วมค่าของคะแนนไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับค่าน้ำหนักกับคะแนนของความเสี่ยงของแต่ละปัจจัย [6]

ระดับของความเสี่ยง	ความหมายระดับของระบบเตือนภัย
ภาวะอันตรายสูงสุด	ค่าระดับความเสี่ยงที่ส่งผลมาจากการที่ปัจจัยต่าง ๆ มีการจัดการค่าระดับความเสี่ยงอยู่ในช่วง 9-10 และมีค่าน้ำหนักจากการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (The analytical hierarchy process) อยู่ในระดับที่สูง
ภาวะเสี่ยงอันตรายสูง	ค่าระดับความเสี่ยงที่ส่งผลมาจากการที่ปัจจัยต่าง ๆ มีการจัดการค่าระดับความเสี่ยงอยู่ในช่วง 7-8 และมีค่าน้ำหนักจากการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (The analytical hierarchy process) อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง
ภาวะเสี่ยงอันตราย	ค่าระดับความเสี่ยงที่ส่งผลมาจากการที่ปัจจัยต่าง ๆ มีการจัดการค่าระดับความเสี่ยงอยู่ในช่วง 5-6 และมีค่าน้ำหนักจากการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (The analytical hierarchy process) อยู่ในระดับปานกลาง
ภาวะเฝ้าระวัง	ค่าระดับความเสี่ยงที่ส่งผลมาจากการที่ปัจจัยต่าง ๆ มีการจัดการค่าระดับความเสี่ยงอยู่ในช่วง 3-5 และมีค่าน้ำหนักจากการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (The analytical hierarchy process) อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ
ภาวะปกติ	ค่าระดับความเสี่ยงที่ส่งผลมาจากการที่ปัจจัยต่าง ๆ มีการจัดการค่าระดับความเสี่ยงอยู่ในช่วง 3-5 และมีค่าน้ำหนักจากการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (The analytical hierarchy process) อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ 7 ตารางแสดงคะแนนลำดับการระบุความเสี่ยงของผลลัพธ์การวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) พื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ระดับของความเสี่ยง	คะแนน
ภาวะอันตรายสูงสุด	7.77 - 8.71
ภาวะเสี่ยงอันตรายสูง	6.82 - 7.76
ภาวะเสี่ยงอันตราย	5.87 - 6.81
ภาวะเฝ้าระวัง	4.92 - 5.86
ภาวะปกติ	1 - 4.91

2.3 การตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลผลลัพธ์ของระดับความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมของพื้นที่ศึกษา ทั้งหมด 5 ระดับ จากพื้นที่ที่น้ำท่วมที่ผ่านการวิเคราะห์ระดับความเสี่ยง ในปี พ.ศ. 2565 เปรียบเทียบกับพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจริง โดยจะทำการสุ่มจุด (random point) ขึ้นมาเพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งข้อมูลการตรวจสอบนั้นได้มาจากการนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับข้อมูลเกิดขึ้นจริงของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย [27] ของตำแหน่งแต่ละจุด เมื่อได้ค่าจากการเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงแต่ละจุดที่อ้างอิง ทำการหาความสอดคล้องของข้อมูลนั้น ด้วยวิธี Kappa Analysis (K) สำหรับในการหาสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa) เพื่อประเมินความถูกต้องของข้อมูล [29] ดังแสดงในสมการที่ 5

$$K = N \frac{\sum_{i=1}^k x_{ii} - N \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - N \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+i})} \quad (5)$$

เมื่อ N คือ จำนวนทั้งหมด
 x_{ii} คือ จำนวนการสังเกตที่ตรงกับในแถวที่ i และคอลัมน์ที่ i
 x_{+i} คือ ผลรวมเล็กน้อยสำหรับคอลัมน์ i
 x_{i+} คือ ผลรวมทั้งหมดสำหรับคอลัมน์ i

ซึ่งการพิจารณานั้นจะเริ่มจากข้อมูลที่ได้จากการแบ่งชั้นของข้อมูลจุดอ้างอิง เทียบกับจุดอ้างอิงข้อมูลจริง แล้วรวบรวมจำนวนจุดอ้างอิงให้อยู่ในรูปแบบของตาราง Error Matrix [30] แสดงในตารางที่ 8 โดยผลลัพธ์จากคำนวณ Error Matrix จะสามารถแสดงค่าความถูกต้องของข้อมูลดังต่อไปนี้ คือ ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy), ความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ข้อมูลดังกล่าวสามารถคำนวณค่าความถูกต้อง ดังแสดงในสมการที่ 6, 7, 8 ตามลำดับ เมื่อคำนวณข้อมูลความถูกต้องทั้งหมดแล้วสามารถหาค่าหาเชื่อถือได้ด้วยสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ข้างต้นสามารถแสดงขนาดความสอดคล้องได้ตามความหมาย [31-32] แสดงในตารางที่ 9

การหาความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy)

$$User's Accuracy (UA) = \frac{x_{ii}}{x_{+i}} \quad (6)$$

การหาความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy)

$$Producer's Accuracy (PA) = \frac{x_{ii}}{x_{i+}} \quad (7)$$

ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)

$$Overall Accuracy (OA) = \frac{\sum_{i=1}^k x_{ii}}{n} \quad (8)$$

ตารางที่ 8 ตารางแสดง Error Matrix ของการแบ่งชั้นข้อมูล

		Reference Data				
		Class 1	Class 2	Class 3	Class k	sum
Classified Data	Class 1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{1k}	X_{1+}
	Class 2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{2k}	X_{2+}
	Class 3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{3k}	X_{3+}

Class k	X_{k1}	X_{k2}	X_{k3}	X_{kk}	X_{k+}	
sum	X_{+1}	X_{+2}	X_{+3}	X_{+k}	X	

ตารางที่ 9 ตารางแสดงความหมายค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa)

สัมประสิทธิ์แคปปา (Cohen's kappa)	ขนาดความสอดคล้อง (strange of Agreement)
<0.00	แย่ (Poor)
0.00 – 0.20	น้อย (Slight)
0.21 - 0.40	พอใช้ (Fair)
0.41 - 0.60	ปานกลาง (Moderate)
0.61 – 0.80	ดี (Substantial)
0.81 – 1.00	ดีมาก (Almost perfect)

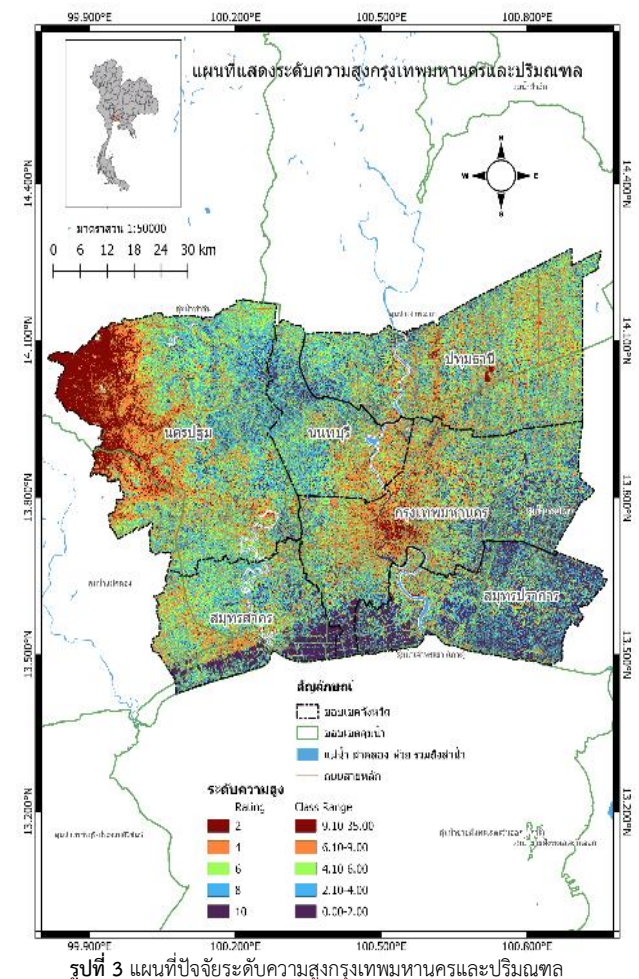
3. ผลการวิจัย

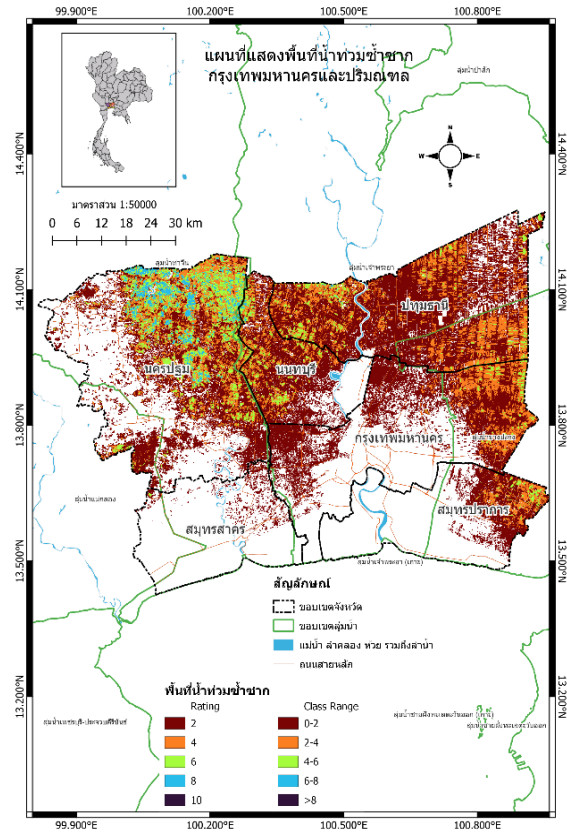
จากการวิจัยครั้งนี้ ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงและจัดทำแผนที่แสดงความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑลนั้น เพื่อใช้ต่อยอดในอนาคต สำหรับบูรณาการบริหารจัดการน้ำ เป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องแก้ไขปัญหาพื้นที่น้ำท่วมที่อันเนื่องมาจากหลายสาเหตุหลายกรณี แบ่งออกเป็นสาเหตุทางธรรมชาติและจากสาเหตุทางกายภาพ โดยผู้วิจัยมุ่งวิเคราะห์สาเหตุการเกิดความเสี่ยงน้ำท่วมของพื้นที่ในลักษณะสาเหตุที่เกิดขึ้นกรณีทางธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นแนวทางการพัฒนาทางกายภาพต่อไป ตลอดจนรวมถึงการวางแผนทางในอนาคต เช่น การพัฒนาระบบระบายน้ำ การบำรุงรักษาระบบคลอง การบำรุงรักษาท่อระบายน้ำ และการบำรุงรักษาอาคารบังคับน้ำ เป็นต้น โดยผลการวิจัยนี้ผลข้างต้นต่อไปนี้เป็นวิจัยเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการบริหารจัดการในอนาคตต่อไป [33] ซึ่งข้อมูลผลการวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

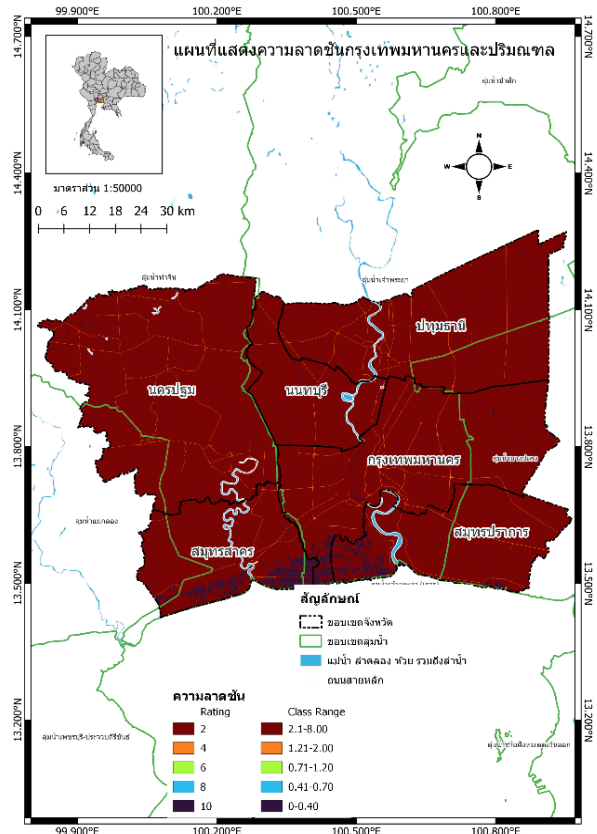
ผลการวิจัยของการวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งขอบเขตการวิจัยทั้งหมด 6 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร และ นครปฐม พบว่ามีพื้นที่ที่ต้องให้ความสำคัญต่อความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมทั้งหมด 4,030.90 ตร.กม.

โดยแบ่งระดับความเสี่ยง 5 ระดับ คือ พื้นที่สถานะความเสี่ยงอันตรายสูงสุด พื้นที่สถานะความเสี่ยงอันตรายสูง พื้นที่สถานะความเสี่ยงอันตราย พื้นที่สถานะเฝ้าระวัง และพื้นที่สถานะปกติ ตามลำดับ การวิเคราะห์ด้วยกระบวนการโดยวิเคราะห์ตามลำดับชั้น สำหรับข้อมูลค่าน้ำหนักปัจจัยต่าง ๆ ทั้ง 5 ปัจจัย ที่มีผลต่อความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีข้างต้นแสดงดังตารางที่ 10 และนำมาประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ของโปรแกรม QGIS ด้วยการ Reclassify ข้อมูลแต่ละปัจจัยที่คัดเลือกมาวิเคราะห์และแสดงผลออกมาตามการแบ่งชั้นข้อมูลรูปแบบแผนที่เชิงพื้นที่ ดังแสดงดังรูปที่ 3-7 ซึ่งแสดงถึงความสำคัญแต่ละพื้นที่ที่มีลักษณะต่าง ๆ ตามการแบ่งชั้นข้อมูล เพื่อทำการแบ่งเกณฑ์พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่อยู่ในระดับความเสี่ยงต่าง ๆ จะใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูลนาค่าน้ำหนักทั้งหมด 5 ปัจจัย มาคำนวณด้วยเครื่องมือ Raster Calculator ซึ่งผลลัพธ์ของเกณฑ์สถานการณ์ความเสี่ยงอันตรายสูงสุดทั้งหมด 122.47 ตร.กม. คิดเป็น 3.04% ของพื้นที่น้ำท่วม พื้นที่อยู่ในเกณฑ์สถานการณ์ความเสี่ยงอันตรายสูง 458.89 ตร.กม. คิดเป็น 11.38% ของพื้นที่น้ำท่วม พื้นที่อยู่ในเกณฑ์สถานการณ์ความเสี่ยงอันตราย 1,842.72 ตร.กม. คิดเป็น 45.71% ของพื้นที่น้ำท่วม พื้นที่อยู่ในเกณฑ์สถานการณ์เฝ้าระวัง 1,474.59 ตร.กม. คิดเป็น 36.58% ของพื้นที่น้ำท่วม พื้นที่อยู่ในเกณฑ์สถานการณ์ปกติ 132.23 ตร.กม. คิดเป็น 3.28% ของพื้นที่น้ำท่วม ดังตารางที่ 11

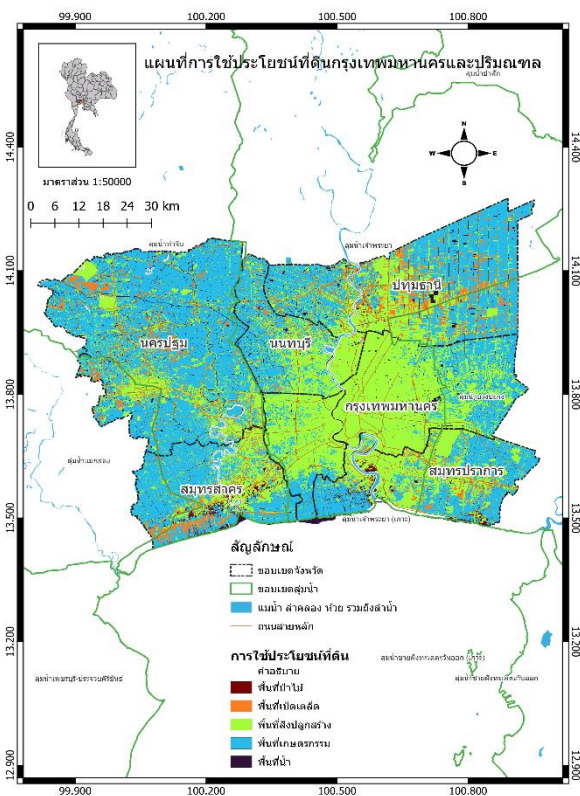




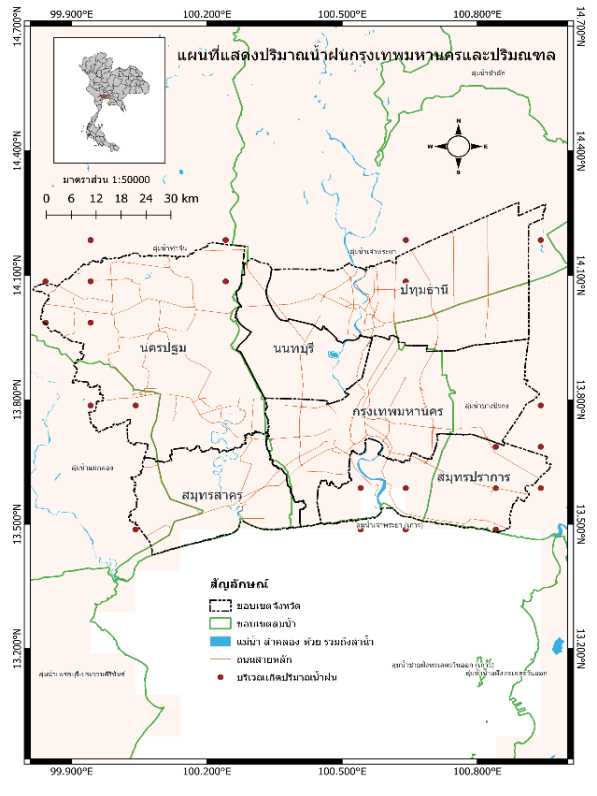
รูปที่ 4 แผนที่ปัจจัยน้ำท่วมซ้ำซากที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล



รูปที่ 6 แผนที่ปัจจัยความเสี่ยงน้ำท่วมซ้ำซากกรุงเทพมหานครและปริมณฑล



รูปที่ 5 แผนที่ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานครและปริมณฑล



รูปที่ 7 แผนที่ปัจจัยปริมาณน้ำฝนกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ตารางที่ 10 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าน้ำหนักปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (The analytical hierarchy process)

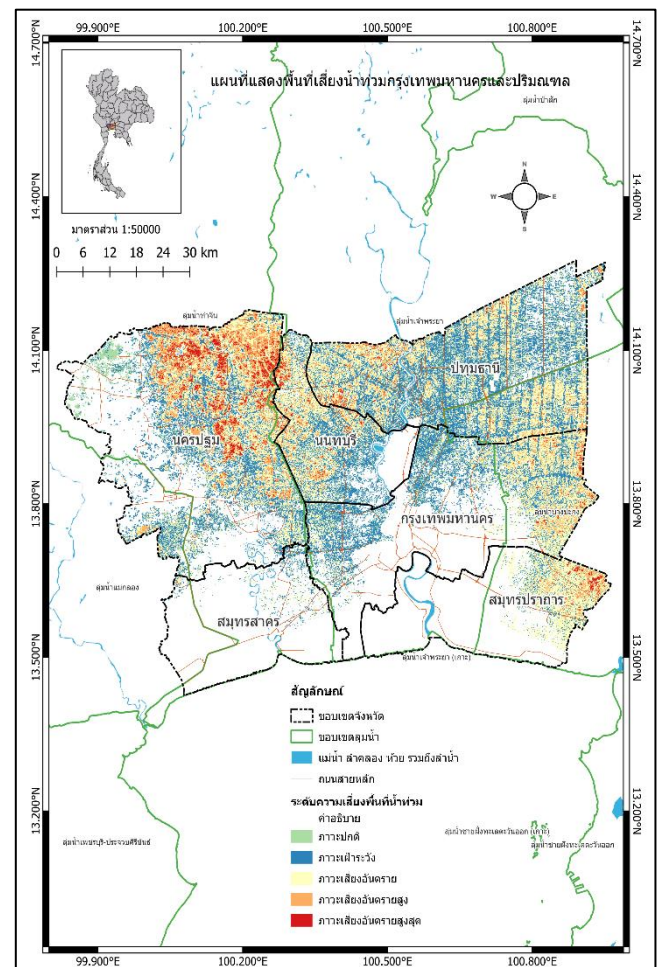
ปัจจัย	ช่วงของปัจจัย	ค่าคะแนน	ค่าน้ำหนัก
ปริมาณน้ำฝน	> 1,200	10	0.161
	1,100 – 1,200	8	
	1,000 – 1,100	6	
	900 – 1,000	4	
	0 - 900	2	
แบบจำลองความสูงเชิงเลข	0.00 – 2.00	10	0.261
	2.10 – 4.00	8	
	4.10 – 6.00	6	
	6.10 – 9.00	4	
	9.10 – 35.00	2	
ความลาดชัน	0 – 0.40	10	0.047
	0.41 – 0.70	8	
	0.71 – 1.20	6	
	1.21 – 2.00	4	
	2.10 – 8.00	2	
พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก	> 8	10	0.427
	6 - 8	8	
	4 - 6	6	
	2 - 4	4	
	0 - 2	2	
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่น้ำ	10	0.104
	พื้นที่เกษตรกรรม	8	
	พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง	6	
	พื้นที่เปิดเตล็ด	4	
	พื้นที่ป่าไม้	2	

ตารางที่ 11 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ระดับความเสี่ยง	ช่วงคะแนน	พื้นที่ความเสี่ยงน้ำท่วม (ตร.กม.)	% ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม
ภาวะอันตรายสูงสุด	7.77-8.71	122.47	3.04
ภาวะเสี่ยงอันตรายสูง	6.82-7.76	458.89	11.38
ภาวะเสี่ยงอันตราย	5.87-6.81	1,842.72	45.71
ภาวะเฝ้าระวัง	4.92-5.86	1,474.59	36.58
ภาวะปกติ	1-4.91	132.23	3.28%
รวม		4,030.90 ตร.กม	

3.2 การจัดทำแผนที่ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

โดยจากการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการดังกล่าวข้างต้น ได้ข้อมูลปัจจัยทั้งหมด 5 ปัจจัย ซึ่งได้แก่ แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (DEM), ความลาดชัน, ปริมาณน้ำฝน, พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก, การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจัยเหล่านี้ที่มีผลต่อการทำให้เกิดความเสี่ยงน้ำท่วมที่ผ่านการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้วนำมาปัจจัยที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์มาจัดทำแผนที่แสดงความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล) เพื่อเป็นการแสดงการคาดการณ์พื้นที่ความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2566 ของปีถัดไป ดังแสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 13 แผนที่แสดงผลการตรวจสอบพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

3.3 การตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

เมื่อข้อมูลการวิจัยที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม นำมาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเพื่อให้เกิดความแม่นยำต่อการนำข้อมูลไปใช้ในอนาคตสำหรับประโยชน์ในการวางแผนการบริหารจัดการน้ำ ซึ่งพบว่าข้อมูลที่นำมาเทียบกับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจริง ปี พ.ศ. 2565 จากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ด้วยวิธี Kappa Analysis พบว่าข้อมูลการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วม โดยค่าระดับความเสี่ยง 5 ระดับ ดังกล่าว ข้อมูลความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ระดับดี เนื่องจากเมื่อตรวจสอบแล้วค่า

สัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน เท่ากับ 0.68 และมีความถูกต้องโดยรวมอยู่ 77.60 % นอกจากนี้ผลลัพธ์ข้อมูลความถูกต้องของผู้ใช้และผู้ผลิต แสดงในตารางที่ 12 ซึ่งกำหนดค่าระดับความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วม ดังต่อไปนี้

- 1 แทน ระดับความเสี่ยงภาวะปกติ
- 2 แทน ระดับความเสี่ยงภาวะเฝ้าระวัง
- 3 แทน ระดับความเสี่ยงภาวะอันตราย
- 4 แทน ระดับความเสี่ยงภาวะอันตรายสูง
- 5 แทน ระดับความเสี่ยงภาวะอันตรายสูงสุด

ตารางที่ 12 ตารางแสดงการตรวจสอบความถูกต้องของจำนวนจุดอ้างอิงข้อมูลวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล

ระดับความเสี่ยง	1	2	3	4	5	User (total)	User's Accuracy %
1	35	5	6	2	0	48	72.92
2	3	57	9	3	3	75	76.00
3	5	6	87	0	1	99	87.88
4	1	3	5	8	0	17	47.06
5	1	1	2	0	7	11	63.64
Producer (total)	45	72	109	13	11		
Producer's Accuracy %	77.78	79.17	79.82	61.54	63.64		
Overall accuracy							77.6%
Cohen's kappa							0.68

4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล พร้อมทั้งจัดทำแผนที่ และประเมินความถูกต้องของข้อมูลจากการวิเคราะห์ ปี พ.ศ. 2565 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการบริหารจัดการแก้ไขปัญหาพื้นที่น้ำท่วมในปัดไป ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (The analytical hierarchy process) โดยมีการเลือกปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงน้ำท่วมทางธรรมชาติ เพื่อหาค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน โดยปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมส่วนใหญ่มาจากสาเหตุทางธรรมชาติ นำไปจัดทำแผนที่แสดงความเสี่ยงพื้นที่น้ำท่วมของพื้นที่วิจัย ซึ่งการวิจัยเป็นลักษณะการวิจัยในภาพรวมของพื้นที่ทั้งหมด มีการประยุกต์การสร้างแผนที่ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์คือ โปรแกรม QGIS และกำหนดจุดอ้างอิงเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่วมจริงจากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง สำหรับการวิเคราะห์ครั้งนี้ความถูกต้องโดยภาพรวมและความสอดคล้องของข้อมูลผลลัพธ์ของการวิจัยอยู่ในเกณฑ์ดี

ทั้งนี้การวิจัยสามารถแสดงพื้นที่ในระดับความเสี่ยงของพื้นที่น้ำท่วมและความถูกต้องข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปพัฒนาในปีถัดไป เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์สาเหตุปัจจัยทางกายภาพได้ และการตรวจสอบ

ความถูกต้องของข้อมูล สร้างความแม่นยำมากยิ่งขึ้นสำหรับการนำไปประยุกต์บูรณาการแก้ไขปัญหาและแนวทางป้องกันน้ำท่วมที่เป็นเหตุสร้างความเสียหายในด้านต่าง ๆ

กิตติกรรมประกาศ

การวิเคราะห์และสร้างแผนที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑลในครั้งนี้ขอขอบคุณแหล่งข้อมูลซอฟต์แวร์ที่สเปค Quantum GIS 3.26.2 (Qgis) ในการจัดการข้อมูล Geographic Information System (GIS) ตลอดจนข้อมูลเปิดจากหน่วยงานต่าง ๆ อันได้แก่ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรมพัฒนาที่ดิน กรมอุตุนิยมวิทยา Copernicus Global Land Service (CGLS) และ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GISTDA) ทั้งนี้งานวิจัยจะบรรลุวัตถุประสงค์ได้ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องสำหรับการให้ความรู้ต่าง ๆ ประกอบการวิจัยไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] เสรี ศุภราทิตย์ (2552). อวสานกรุงเทพฯ 2563. วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข, ปีที่ 3, ฉบับที่ 2, หน้า 178-191.
- [2] กาญจนา ตั้งชลทิพย์ (2550). กรุงเทพมหานคร เมืองโตเดี่ยวตลอดกาลของประเทศไทย สถาบันวิจัยประชากรและสังคม, มหาวิทยาลัยมหิดล, ประเทศไทย.
- [3] ณัฐนันท์ ศิริเจริญ (2555). ถอดบทเรียนน้ำท่วมในสังคมไทย. วารสารสำนักบัณฑิตอาสาสมัคร, ปีที่ 8, ฉบับที่ 2, หน้า 158-176.
- [4] สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร (2554). แผนปฏิบัติการป้องกันภัยและแก้ไขปัญหาพื้นที่น้ำท่วมกรุงเทพมหานคร ประจำปี 2554 ในส่วนรับผิดชอบของสำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย.
- [5] Buchele B. et al. (2006), Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks, Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM), Karlsruhe, Germany.
- [6] Anita Graser, Gretchen N. Peterson (2019). QGIS Map Design. Press LLC, pp.18-93
- [7] พรพาว วิจิตรธนสาร, อนุเฒ่า ออบแพทย์ (2565) การพัฒนาความเสี่ยงภัยพิบัติทางธรรมชาติในประเทศไทย. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27, เชียงราย, 24-26 สิงหาคม 2565, หน้า 1-13
- [8] นันทวัชร คมขำ, ดวงฤดี โฆษิตกิตติวงศ์ และ ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ (2562), การใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาการใช้พื้นที่ชะลอน้ำในการลดพื้นที่น้ำท่วม บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, ปีที่ 21, ฉบับที่ 1, หน้า 3-12
- [9] กรมการปกครอง. กระทรวงมหาดไทย. ประกาศสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง เรื่อง จำนวนราษฎรทั่วราชอาณาจักร แยกเป็นกรุงเทพมหานครและจังหวัดต่าง ๆ ตามหลักฐานการทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2559.

- [10] สำนักผังเมือง. ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร กฎกระทรวง ฉบับที่ 414 (พ.ศ.2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ.2518. กรุงเทพมหานคร, 2542
- [11] Thanat Vajeethaveesin, Teerapong Panboonyuen, Siam Lawawironjwong, Panu Srestasathiem, Saichon Jaiyen and Kulsawasd Jitkajornwanich (2022). A Performance Comparison between GIS-based and Neuron Network Methods for Flood Susceptibility Assessment in Ayutthaya Province (TRENDS IN SCIENCES 2022) , Bangkok, 25 June 2021, pp.6-19.
- [12] Kamonch Seejata, Aphittha Yodying, Tubtim Wongthadam, Nattapon Mahavik, Sarintip Tantane (2018). Assessment of flood hazard areas using Analytical Hierarchy Process over the Lower Yom Basin, Sukhothai province (ICBR2017), Bangkok, 27-29 November 2017, pp. 4-8
- [13] Aphittha Yodying, Kamonchat Seejata, Sasithon Chatsudarat, Polpreecha Chidburee, Nattapong Mahavik, Charatdao Kongmuang Sarintip Tantane (2019). FLOOD HAZARD ASSESSMENT USING FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS: A CASE STUDY OF BANG RAKAM MODEL IN THAILAND (ACRS2019), Korea, 14-18 October 2019, pp. 2-10.
- [14] วันชพร แมงสาโม่ง, อธิลาส มามะ และ นาซือเราะ เจ๊ะตอเลาะ (2565). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย กรณีศึกษากลุ่มน้ำโกลก จังหวัดนราธิวาส. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27, เชียงราย, 24-26 สิงหาคม 2565, หน้า 1-6.
- [15] สนั่น สุขแก้ว, ดร.พรณรงค์ ชาญนวงศ์ (2563). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น, สาขาวิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ประเทศไทย.
- [16] กรมพัฒนาที่ดิน (2561). การใช้ที่ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ประเทศไทย.
- [17] World Bank Institute (WBI). (2009). Risk Analysis, Natural Disaster Risk Management Program, World Bank Distance Learning.
- [18] Laguna, E. H., Sanchez-Toribio , M. I., Diaz, L. R. and A. Leon (1999). Multiple Criteria Decision Making (MCDM), ICID Journal 1999, pp. 47-58.
- [19] Saaty, T.L. Multicriteria decision making. The analytic hierarchy process. Pittsburgh: RWS Publications. 1990.
- [20] สาดิต แสงโสภ (2547). การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการประเมินระบบแผนผัง โดยใช้ AHP, สาขาวิศวกรรมและการบริหาร การก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ประเทศไทย.
- [21] วราวุธ จุฬิฉินชัย (2554). การตัดสินใจโดยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (Decision Making by Analytic Hierarchy Process), สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน), ประเทศไทย.
- [22] กิรติ พลเพชร (2551). ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อการวางแผนป้องกันควบคุมโรคไข้เลือดออกในจังหวัดเพชรบุรี, วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศิลปากร, ประเทศไทย.
- [23] กองสารสนเทศภูมิศาสตร์ (2563). คู่มือการใช้งานโปรแกรม Quantum GIS 3.2 (Bonn), สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล กองสารสนเทศภูมิศาสตร์, ประเทศไทย.
- [24] Nerantzis Kazakis et al. (2015). Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and analytical hierarchy process: application in Rhodope-Evros region, Greece. Department of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
- [25] Kazakis, N., Kougiyas, I., & Patsialis, T. (2015). Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope-Evros region, Greece. Sci Total Environ, 538, pp. 555-563.
- [26] ดร.สรวิศ วิฑูรท์ศน์ Dr. Marqueza Cathalina Reyes และ Mr. Matthew Sarsycki (2559). คู่มือประเมินความเสี่ยงจากภัยพิบัติ, สำนักงานโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ สำนักงานประเทศไทย, หน้า 74-100
- [27] UNISPACE III, DISASTER PREDICTION, WARNING AND MITIGATION (Background paper 2) (1999). The Third United Nations Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space.
- [28] Roue D. (2004), FLOODNET A NEW FLOOD WARNING SYSTEM, School of Electronics and Computer Science University of Southampton, UK.
- [29] พันเอก พงศ์พันธุ์ จันทะคัต, จิรภาส บุญทับ, โปรตปราน บุญยพุกกณะ, เยาวเรศ จันทะคัต และ ร้อยโท ปิยะชาย ชามสุข (2564). แนวทางการประยุกต์ใช้กูเกิลเอิร์ธเอนจินเพื่อติดตามและประเมินผลความเสียหายจากภัยธรรมชาติ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26, กรุงเทพมหานคร, 23-25 มิถุนายน 2564, หน้า 5-7.
- [30] Landis, J.R.; & Koch, G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data, Biometrics 33 (1), pp.159-174
- [31] Landis J., Koch G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical for categorical data, Biometrics, 33(1), pp.159-174
- [32] Anthony J. Viera, MD Joanne M. Garrett, PhD (2005). Understanding Interobserver Agreement: The Kappa Statistic, Family Medicine, May 2005, pp.360-362.

[33] สำนักการระบายกรุงเทพมหานคร (2550). แผนปฏิบัติการป้องกันและ
แก้ไขปัญหาหน้าท่วมกรุงเทพมหานคร ประจำปี 2550, ประเทศไทย.