การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราว และเส้นทางอพยพ : กรณีศึกษาบริเวณเขตน้ำท่วมลุ่มน้ำย่อยคลองนาทวี จังหวัดสงขลา

Analysis of Suitable Areas for Shelters and Evacuation Routes: A Case Study of the Flood Areas in Khlong Nathawi Subwatershed, Songkhla Province

ธิดาภัทร อนุชาญ[1]

Thidapath Anucharn[1]

Received: 5 June 2019 ; Revised: 19 August 2019 ; Accepted: 29 August 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราว และเส้นทางในการอพยพออกจากเขตน้ำท่วม บริเวณลุ่มน้ำย่อยคลองนาทวี จังหวัดสงขลา ด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์โครงข่าย โดยการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการอพยพออกจากเขตน้ำท่วมจากปัจจัยทางกายภาพ 7 ปัจจัย ได้แก่ เส้นทางถนน เส้นทางน้ำ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง พื้นที่น้ำท่วม การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ความลาดชัน และความสามารถในการระบายน้ำของพื้นผิวดิน ทำการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อจัดลำดับความสำคัญด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น และกำหนดค่าคะแนนของกลุ่มการจำแนกในแต่ละปัจจัยของพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดน้ำท่วมด้วยวิธีการอัตราส่วนความถี่ จากนั้นนำผลรวมของค่าคะแนนที่ได้จากผลคูณของค่าน้ำหนักและค่าคะแนนมาจัดระดับความเหมาะสมของพื้นที่ต่อการอพยพ สำหรับการวิเคราะห์หาที่ตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราว ผู้วิจัยได้เลือกสถานที่ คือ ที่ว่าการอำเภอ มัสยิด วัด โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ โรงพยาบาล และโรงเรียน โดยพิจารณาจากจุดศูนย์กลางของแต่ละตำบลและตำแหน่งหมู่บ้านด้วยการวิเคราะห์แบบตะแกรงไปยังตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด ท้ายสุดจัดทำเส้นทางการอพยพ และแสดงผลข้อมูลผ่าน Google Earth ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่เหมาะสมต่อการอพยพมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 28.58, 15.54, 30.30, 18.29 และ 4.55 ตามลำดับ ส่วนสถานที่ที่เหมาะสมต่อการจัดตั้งเป็นศูนย์พักพิงชั่วคราวมีจำนวน 52 แหล่ง และมีเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดให้ประชาชนเดินทางไปพักอาศัยได้ในระยะเวลาที่น้อยที่สุด

คำสำคัญ: พื้นที่เหมาะสม ศูนย์พักพิงชั่วคราว เส้นทางอพยพ น้ำท่วม สงขลา

Abstract

This research aimed to analyze suitable areas for shelters and evacuation routes in flood areas of Khlong Nathawi subwatershed, Songkhla Province by using the application of geographic information systems and network analysis. The analysis of suitable areas for evacuation from flood areas consisted of 7 criteria; road route, stream route, the elevation from mean sea level, flood areas, land use and land cover, slope and soil drainage capability. The hierarchical analysis was processed to determine the important weights of criteria. In addition, the frequency ratio method was calculated to define the score of the classification group in each factor in an area that never flooded. Then, the sum of the scores obtained from the analysis process was applied to classify the suitability of the area for evacuation. In order to analyze the location of the shelters, the researcher chose the district office, temple, health promoting hospital, hospital and school. The center of each sub-district and village were addressed by the sieve analysis and the nearest

[1] *อาจารย์, สาขาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 90000*

[1] *Lecturer, Information System Department, Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology, 90000*

* *Corresponding author: E-mail: thidapath.a@gmail.com*

location. Finally, the evacuation routes were managed and data displayed via Google Earth. As a result of this research, it was found that the suitable areas for evacuation were the highest, high, moderate, low and lowest range that covered 28.58 %, 15.54 %, 30.03 %, 18.29% and 4.55 % of the areas, respectively. As for the suitable location for the shelter, there were 52 places which were suitable routes for evacuation in the shortest period.

Keywords: Suitable areas, shelter, evacuation routes, Flood, Songkhla

บทนำ

ลุ่มน้ำย่อยคลองนาทวี (Figure 1) สภาพภูมิประเทศมีลักษณะลาดเอียงเทลงจากทิศใต้ไปทางทิศเหนือ พื้นที่ทิศใต้ติดกับชายแดนไทย-มาเลเซีย พื้นที่ทิศเหนือติดชายฝั่งทะเล ซึ่งเป็นพื้นที่ราบลุ่มหรือป่าพรุเป็นแห่งๆ พื้นที่ราบตามแนวชายฝั่งมีลักษณะเป็นสันทรายขนานกับแนวชายฝั่งทะเล มีคลองนาทวี ซึ่งเกิดจากเทือกเขาสันกาลาคีรี เป็นคลองสายหลัก[1] สำหรับพื้นที่สำคัญที่เกิดน้ำท่วมในลักษณะซ้ำซากที่ผ่านมา ได้แก่ 1) ตำบลท่าประดู่ ตำบลปลักหนู ตำบลนาทวี ตำบลนาหมอศรี ตำบลฉาง อำเภอนาทวี และ 2) ตำบลบ้านนา ตำบลขุนตัดหวาย ตำบลน้ำขาว ตำบลแค ตำบลคู ตำบลท่าหมอไทร ตำบลสะพานไม้แก่น ตำบลป่าชิง ตำบลตลิ่งชัน อำเภอจะนะ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการหาตำแหน่งพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพ โดยกำหนดที่ตั้งของศูนย์พักพิงชั่วคราว เส้นทางการอพยพ และสามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือช่วยประกอบการตัดสินใจในการบริหารจัดการ ติดตาม และเฝ้าระวัง ทำให้ประชาชนได้เกิดการตื่นตัวและตระหนัก ถึงผลที่จะเกิดตามมา

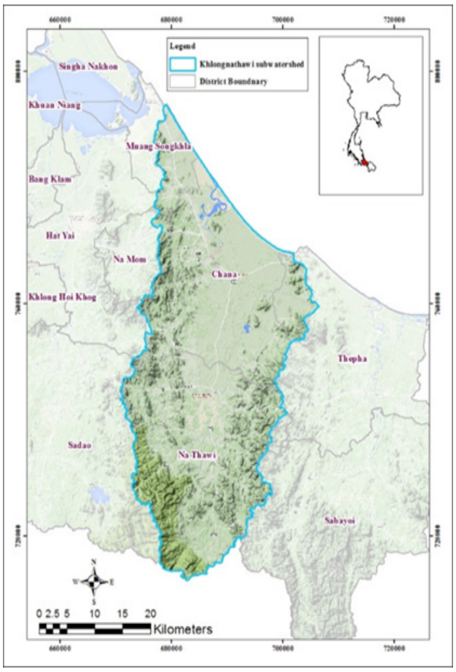

Figure 1 Location map of the study area (Khlong Nathawi subwatershed)

วิธีการศึกษา

1. รวบรวมและทบทวนวรรณกรรมจากงานวิจัยหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และการสำรวจภาคสนามเพื่อกำหนดปัจจัยทางกายภาพสำหรับการหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพ (Table 1) และการเลือกที่ตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราวในเขตน้ำท่วม (Table 2) ในที่นี้การแบ่งกลุ่มการจำแนกของแต่ละปัจจัย หากมีหน่วยงานกำหนดค่าการแบ่งช่วงข้อมูลไว้ชัดเจนจะอ้างอิงตามหน่วยงานนั้นๆ ส่วนปัจจัยใดยังไม่มีการกำหนดไว้จะพิจารณาจากค่าฮิสโตแกรม (histogram) ที่มีการกระจายข้อมูลแบบเกาะกลุ่มกันและใช้ลักษณะการแบ่งช่วงของข้อมูลแบบเท่ากัน (Equal Interval) ร่วมในการพิจารณา โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้นำปัจจัยกายภาพสำหรับการหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพ ที่เกี่ยวข้อง คือ

1) เส้นทางถนน เส้นทางถนน พิจารณาจากความหนาแน่นของถนนในพื้นที่ โดยใช้ฟังก์ชั่นการวิเคราะห์ความหนาแน่นแบบ Kernel[2] เนื่องจากในเหตุการณ์น้ำท่วม พื้นที่ที่มีโครงข่ายถนนมากย่อมมีโอกาสที่มีเส้นทางคมนาคมสามารถใช้งานได้ ในที่นี้ค่าความหนาแน่นของถนนต่อพื้นที่ จะมีการแบ่งแบบเท่ากัน (Equal Interval) ออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ที่มีถนนหนาแน่นมากที่สุด พื้นที่ที่มีถนนหนาแน่นมาก พื้นที่ที่มีถนนหนาแน่นปานกลาง พื้นที่ที่มีถนนหนาแน่นน้อย และพื้นที่ที่มีถนนหนาแน่นน้อยที่สุด (Figure 2)

2) เส้นทางน้ำ พิจารณาระยะห่างจากทางน้ำ เนื่องจากระบบลำน้ำเป็นรูปแบบกิ่งไม้ (Dendritic Pattern) ที่ลำน้ำมีการรวมของสายน้ำและมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากต้นน้ำสู่ปลายน้ำ รวมถึงแหล่งน้ำ (Water body) ทำให้มีโอกาสเกิดความเสี่ยงน้ำท่วมในพื้นที่ที่อยู่ในระยะใกล้ลำน้ำและแหล่งน้ำดังกล่าว จึงกำหนดเขตระยะกันชน (Buffer) ช่วงละ 500 เมตร ออกเป็น 5 ระดับ คือ 0-500 เมตร, 500-1,000 เมตร, 1,000-1,500 เมตร, 1,500-2,000 เมตร และมากกว่า 2,000 เมตร ตามลำดับ (Figure 3)

3) ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง พิจารณาจากระดับความสูงของพื้นที่ โดยพื้นที่ใดมีความสูงยิ่งมาก โอกาสในการเกิดน้ำท่วมก็จะยิ่งน้อย ในที่นี้จึงกำหนดความสูงช่วงละ 100 เมตร ออกเป็น 5 ระดับ คือ 0-100 เมตร, 100-200

เมตร, 200-300 เมตร, 300-400 เมตร และมากกว่า 500 เมตร ตามลำดับ (Figure 4)

4) พื้นที่น้ำท่วม พิจารณาพื้นที่ที่เคยเกิดน้ำท่วมตั้งแต่ ปี พ.ศ.2550 – 2559 รวมเป็นระยะเวลา 10 ปี และพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดน้ำท่วมด้วยวิธีการถดถอยพหุโลจิสติกส์ (Multiple Logistic Regression) เพื่อเป็นข้อมูลของพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมทั้งหมดของพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้เพื่อต้องการทราบเส้นทางและพื้นที่ในการอพยพที่ไม่เคยเกิดน้ำท่วม เพื่อตั้งเป็นศูนย์พักพิงชั่วคราว ในการจำแนกข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจะแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ พื้นที่ที่เคยเกิดน้ำท่วมและมีโอกาสในการเกิดน้ำท่วม และพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดน้ำท่วม (Figure 5)

5) การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน ที่ระดับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินระดับ 1 (Level 1) ซึ่งประกอบด้วย พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่การใช้ประโยชน์อื่นๆ ทั้งนี้ในการพิจารณาเลือกที่ตั้งศูนย์พักพังชั่วคราว จะพิจารณาเลือกพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเป็นอันดับแรก เนื่องจากมีเส้นทางและที่ตั้งที่มีศักยภาพพร้อมในการใช้งานเมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม เช่น สถานที่ราชการต่าง ๆ (โรงเรียน วัด มัสยิด ที่ว่าการอำเภอ เทศบาล โรงพยาบาล ค่ายทหาร) พื้นที่การใช้ประโยชน์อื่น ๆ เป็นอันดับที่ 2 เนื่องจากเป็นพื้นที่ว่างเปล่า สามารถพัฒนาให้เป็นศูนย์พักพิงชั่วคราวได้ ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรม เป็นอันดับสุดท้าย เนื่องจากต้องมีการปรับพื้นที่เกษตรกรรมให้พร้อมเพื่อสร้างศูนย์พักพิงชั่วคราว อาจทำให้เสียรายได้จากกิจกรรมทางการเกษตรดังกล่าว ในประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหลือ คือ พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่แหล่งน้ำ จะไม่มีการจัดอันดับ เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้ เป็นระบบนิเวศที่สำคัญ เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร ช่วยกักเก็บน้ำ ชะลอน้ำท่วม ในขณะเดียวกัน ป่าชายเลน เป็นแหล่งเพาะพันธุ์และอนุบาลสัตว์น้ำ ช่วยป้องกันคลื่นลม และบำบัดน้ำเสีย ในมุมมองของพื้นที่ที่ใช้เป็นเส้นทางและที่ตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราว ไม่ควรนำพื้นที่ป่าไม้มาพิจารณา เนื่องจากมีความไวต่อความเปราะบางทางระบบนิเวศเป็นอย่างมาก ในขณะที่พื้นที่แหล่งน้ำให้ความหมายเช่นเดียวกับพื้นที่น้ำท่วม จึงไม่สามารถตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราวได้ (Figure 6)

6) ความลาดชัน สร้างจากแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ที่ได้จากเส้นชั้นความสูงระยะห่าง (Contour interval) 20 เมตร สามารถจำแนกได้เป็น 5 ระดับ อ้างอิงตามการแบ่งความลาดชันตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ[3] คือ พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 ความลาดชันสูง (มากกว่าร้อยละ 50 พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2 ไหล่เขาที่มีแนวลาดเทปานกลาง ความลาดชันอยู่ระหว่างร้อยละ 35-50 พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 มักมีลักษณะเป็นที่ลาดเขา ตีนเขา ที่ราบขั้นบันไดสลับเนินเขา และพื้นที่ริมร่องน้ำ มีความลาดชันอยู่ระหว่างร้อยละ 25-35 พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 4 เป็นพื้นที่เชิงเขา เนินเขาเตี้ย ที่ราบขั้นบันได พื้นที่สองฝั่งลำน้ำ มีความลาดชันอยู่ระหว่าง ร้อยละ 5-25 พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 เป็นพื้นที่ราบลุ่ม หรือเนินลาดเอียงเล็กน้อย มีความลาดชันน้อยกว่า ร้อยละ 5 โดยความลาดชันสูง ส่งผลให้การเดินทางอพยพมีความล่าช้า (Figure 7)

7) ความสามารถในการระบายน้ำของพื้นผิวดิน พิจารณาคุณสมบัติของเนื้อดิน (Soil Texture) จากข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน ตามลักษณะอนุภาคของดินในการอุ้มน้ำ และระบายน้ำของดิน จากเนื้อดินประเภทต่างๆ โดยจำแนกเนื้อดินออกเป็นประเภทหลักๆ ดังนี้ ดินเหนียว (Clay) เป็นดินเนื้อละเอียดซึ่งจะจับตัวเป็นก้อนแข็งเมื่อแห้ง เหนียว สามารถปั้นเป็นรูปต่าง ๆ ได้ ทำให้การระบายน้ำเลว การอุ้มน้ำดี ส่วนดินร่วน (Loam) เป็นดินซึ่งมีส่วนประกอบของทราย ตะกอนทราย และอนุภาคดินเหนียวมากเกือบพอๆ กัน ร้อยละอนุภาคดินเหนียวต่ำกว่าทราย และตะกอนทรายเล็กน้อย มีการระบายน้ำและการอุ้มน้ำระดับปานกลาง และดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) เป็นดินที่ประกอบด้วยทรายมากกว่าร้อยละ 50 แต่ก็มีตะกอนทรายและอนุภาคดินเหนียวมากพอที่จะประสานให้เกาะกันเป็นก้อนได้ ทรายแต่ละเมล็ดสามารถมองเห็นและสัมผัสได้ มีการระบายน้ำดี และการอุ้มน้ำเลว ระดับการระบายน้ำของพื้นดินสามารถแบ่งออกเป็น 8 ระดับ คือ (1) พื้นที่ที่ไม่มีการสำรวจ (2) การระบายน้ำได้เลวมาก (3) การระบายน้ำได้มากเกินไปบ้าง (4) การระบายน้ำได้เลว (5) การระบายน้ำได้เลวพอสมควร (6) การระบายน้ำได้มากเกินไป (7) การระบายน้ำได้ดีปานกลาง และ (8) การระบายน้ำได้ดี (Figure 8)

สำหรับการเลือกสถานที่ที่จะจัดตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราวจากเขตน้ำท่วมในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกสถานที่คือ ที่ว่าการอำเภอ มัสยิด วัด โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ โรงพยาบาล และโรงเรียน (Figure 9)

2. วิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการอพยพออกจากเขตน้ำท่วม โดยการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (Weighting) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน และทำการกำหนดค่าคะแนนของกลุ่มการจำแนกในแต่ละปัจจัย (Rating) ของพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดน้ำท่วมในรอบ 10 ปี (พ.ศ.2550-2559) ด้วยวิธีการอัตราส่วนความถี่ (Frequency Ratio: FR) จากนั้นนำผลรวมของค่าคะแนนที่ได้จากผลคูณ

ของค่าน้ำหนัก (Weighting) และค่าคะแนน (Rating) มาจัดลำดับ (Ranking) ความเหมาะสมของพื้นที่ต่อการอพยพ โดยมีการจัดแบ่งความเหมาะสมต่อการอพยพออกเป็น 5 ระดับ (Level) ด้วยวิธีการ Equal interval คือ แบ่งให้ช่วงชั้นทุก ๆ ชั้น มีระยะห่างเท่าๆ กัน ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมต่อการอพยพมากที่สุด พื้นที่เหมาะสมต่อการอพยพมาก พื้นที่เหมาะสมต่อการอพยพปานกลาง พื้นที่เหมาะสมต่อการอพยพน้อย และพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพน้อยที่สุด

3. วิเคราะห์หาที่ตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราวจากเขตน้ำท่วม โดยการตั้งศูนย์พักพิงจากเขตน้ำท่วมนั้นจะพิจารณาเลือกที่ตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราวให้ครอบคุลมทุกตำบลหรือทุกหมู่บ้าน โดยพิจารณาจากจุดศูนย์กลางของแต่ละตำแหน่งหมู่บ้านในแต่ละตำบล ด้วยการวิเคราะห์แบบตะแกรง (Sieve Analysis) ไปยังตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด แต่ทั้งนี้ต้องอยู่ในพื้นที่ความเหมาะสมต่อการอพยพมาก และมากที่สุดเท่านั้นและไม่อยู่ในขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมเช่นกัน ท้ายสุดจัดทำเส้นทางการอพยพ โดยอาศัยหลักแนวคิดการวิเคราะห์เส้นทางที่ดีที่สุด (Best route analysis) ในที่นี้คือ เส้นทางระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางที่สั้นที่สุด หรือใช้เวลาที่น้อยที่สุด การวิเคราะห์พื้นที่ให้บริการ (Service area analysis) คือ พื้นที่หรือบริเวณที่สามารถเข้าถึงได้จากจุดที่กำหนด และการวิเคราะห์หาที่ตั้งและการจัดสรร (Location-allocation analysis) ให้ประชาชนเดินทางไปพักอาศัยในพื้นที่ที่ปลอดภัยได้ในระยะเวลาที่น้อยที่สุด

4. แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล ผ่าน Google Earth ที่สามารถดูพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราว และเส้นทางอพยพ ออกจากเขตน้ำท่วมได้

Table 1 Physical factors for finding a suitable area to evacuate from flood areas.

Related research	Physical factors affecting flood evacuation						
	1	2	3	4	5	6	7
Anantaya Kongjun[4]	✓	✓	✓				
Thidapath Anucharn[5]	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Nutthapol Junkaew, NattawatPho-khaow and Sasiporn Phonphreuksa[6]	✓		✓	✓	✓	✓	
Mongkolkorn Srivichai[7]	✓	✓	✓		✓		
Civil Engineering Department, Chiang Mai University, Natural Disasters Research Unit - CENDRU[8]	✓			✓	✓		

Note: 1) road route 2) water route 3) altitude: mean sea level 4) flood areas 5) land use and land cover 6) slope and 7) soil drainage capability academia

Table 2 Ideal location for flood shelter.

Related research	Shelter locations									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Thidapath Anucharn[5]	✓					✓	✓	✓	✓	✓
Nutthapol Junkaew, NattawatPho-khaow and Sasiporn Phonphreuksa [6]	✓		✓	✓	✓					
Civil Engineering Department, Chiang Mai University, Natural Disasters Research Unit - CENDRU[8]		✓		✓						

Note: 1) education 2) hospital 3) temple 4) stadium 5) municipality, sub-district administration organization 6) village 7) road 8) sub-district boundary 9) flood areas และ 10) suitable areas

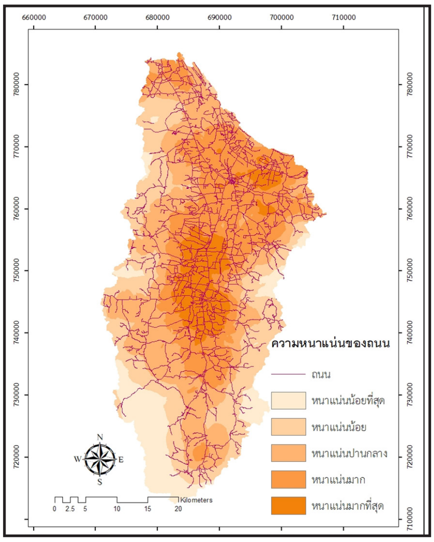

Figure 2 Road density

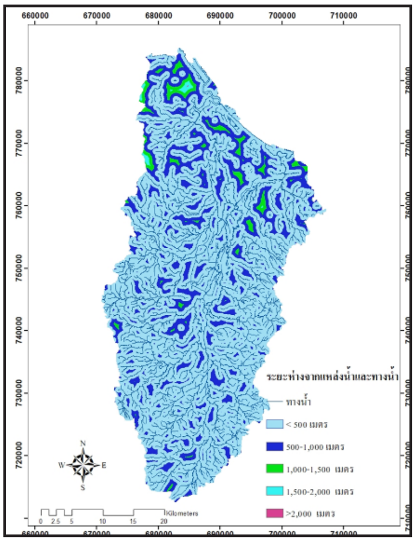

Figure 3 Distance from drainage

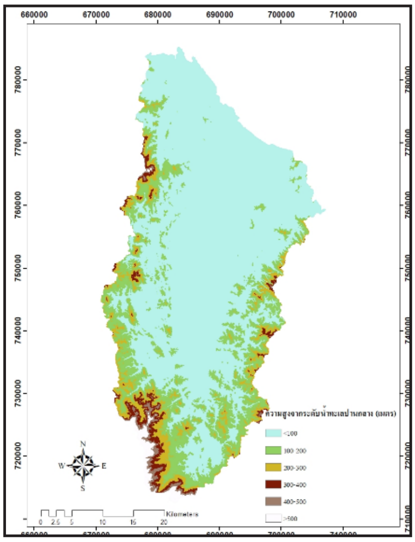

Figure 4 Altitude: Mean Sea Level

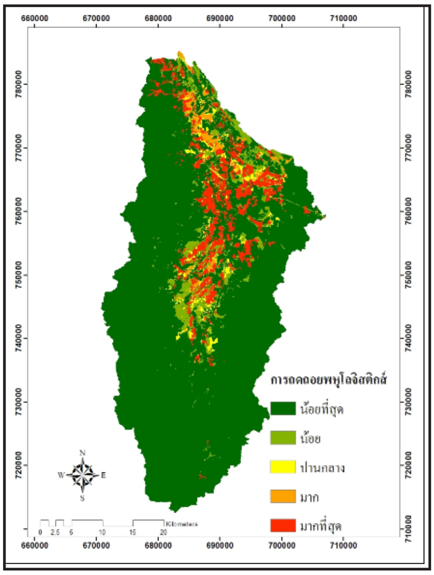

Figure 5 Flood susceptibity map

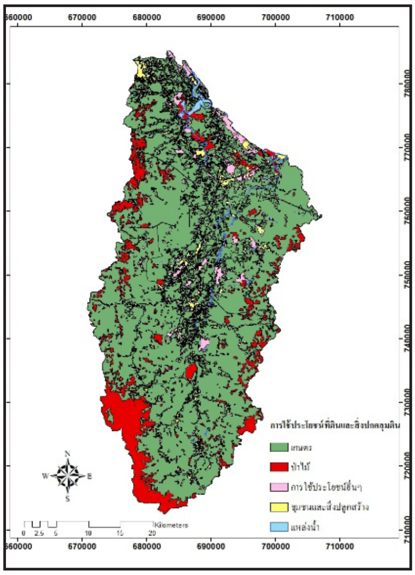

Figure 6 Land use and land cover

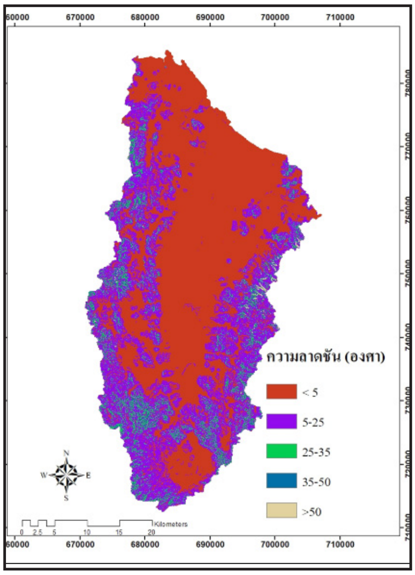

Figure 7 Slope

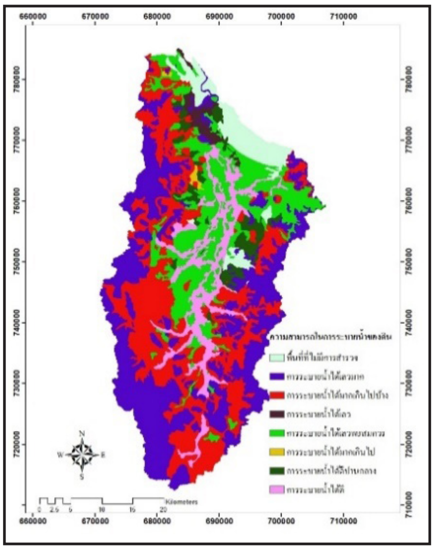

Figure 8 Soil Drainage Capability

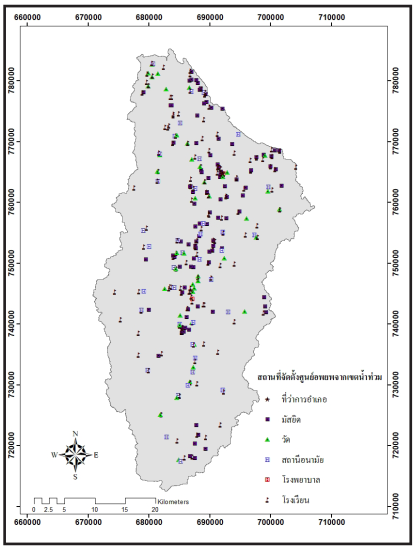

Figure 9 Place for site selection of shelters

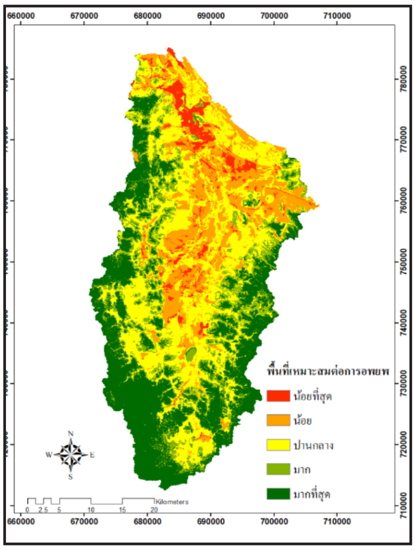

Figure 10 Map of suitable areas for flood evacuation

ผลการศึกษา

จากการกำหนดค่าหนักของแต่ละปัจจัยในการหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพน้ำท่วมด้วยวิธีการ AHP (Table 3) พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักรวมของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด (0.2581) รองลงมาคือ ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง (0.1826) และระยะห่างจากทางน้ำ (0.1653) ตามลำดับ ส่วนที่น้อยที่สุด คือ ความลาดชันของพื้นที่ (0.1156) ส่วนค่าปัจจัยในกลุ่มการจำแนก จากวิธีการ FR สามารถแสดงรายละเอียดดัง Table 4 จากนั้นนำข้อมูลค่าน้ำหนักเฉลี่ยของ Table 3 มาทำการคูณกับค่าคะแนนของกลุ่มการจำแนกในแต่ละปัจจัยของ Table 4 เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพน้ำท่วม (Figure 10) และแสดงระดับความเหมาะสมต่อการอพยพออกเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ดัง Table 5

Table 3 Factor weights from pair-wise comparison matrix yielded from 5 experts.

Factors (Input layer)	Factor weights from individual expert's judgment					Mean weights
	1	2	3	4	5	
Landuse and landcover	0.1496	0.4295	0.4723	0.1056	0.1334	0.2581
Distance from drainage	0.2321	0.1651	0.1714	0.1434	0.1147	0.1653
Road density	0.1898	0.1235	0.1261	0.0361	0.2846	0.1520
Soil Drainage Capability	0.2158	0.0795	0.1515	0.0568	0.1284	0.1264
Slope	0.1135	0.0914	0.0525	0.2573	0.0633	0.1156
Mean Sea Level	0.0992	0.1112	0.0262	0.4008	0.2757	0.1826

เมื่อนำพื้นที่น้ำท่วมระดับตำบลของวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2560 ซ้อนทับกับพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพ พบว่ามีน้ำท่วมในพื้นที่ 20 ตำบลในเขตพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพระดับน้อยที่สุด น้อย และปานกลางเท่านั้น ไม่มีในระดับมากและมากที่สุด รายละเอียดดัง Table 6 ดังนั้นจึงได้กำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพ คือ ระดับมากและมากที่สุด จากนั้นนำพื้นที่ดังกล่าวไปซ้อนทับกับสถานที่ในการตั้งเป็นศูนย์พักพิงชั่วคราว พบว่า มีจำนวน 64 แหล่ง แต่หลังจากได้ลงพื้นที่เพื่อสำรวจศักยภาพและความเหมาะสมของที่ตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราว พบว่าบางที่ตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราว มีระยะทางที่ห่างไกลจากชุมชน ส่งผลให้ไม่สะดวกในการเดินทางไปยังสถานที่ที่จะตั้งเป็นศูนย์พักพิงชั่วคราว ขนาดของสถานที่มีพื้นที่ใช้สอยน้อยไม่เพียงพอต่อการพักอาศัย บางสถานที่เป็นโรงเรียนและวัดอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน จะทำการเลือกโรงเรียน เนื่องจากโรงเรียนมีอาคาร พื้นที่ใช้สอย และห้องน้ำ รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกที่เหมาะสมในการพักอาศัยมากกว่าวัด ยกเว้นกรณีที่โรงเรียนมีขนาดเล็กมากและไม่เหมาะสมต่อการพักอาศัย และขนาดของวัดมีพื้นที่ใช้สอยและอาคารที่ดีกว่า จึงจะทำการเลือกวัดแทน นอกจากนี้ได้นำที่ตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราวจากศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เขต 12 สงขลา ที่ได้จากการประชุมของประชาคมหมู่บ้านเป็นผู้เลือกสถานที่ที่เหมาะสมในการจัดตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราว รวมถึงจากการสัมภาษณ์ประชาชนในพื้นที่มาร่วมพิจารณาอีกช่องทางหนึ่ง ส่งผลให้ได้สถานที่ที่มีศักยภาพเพียงพอในการตั้งเป็นศูนย์พักพิงชั่วคราว จำนวน 52 แหล่ง รายละเอียดดัง Table 7 และ Figure 11

การวิเคราะห์หาเส้นทางการอพยพจากบริเวณเขตน้ำท่วมเพื่อรองรับประชากรในแต่ละหมู่บ้านไปยังที่ตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราว แสดงดัง Figure 12-18 และแสดงผลผ่าน Google Earth ดัง Figure 19

Table 4 Proportion of land for each type of the input factor.

Factors	Class	Total number of pixels		Flood occurrence point		FR
		Number	%	Number	%	
Land use and land cover	Agricultural land	2,952,783	77.7651	30,981	77.9396	1.0022
	Water bodies	24,409	0.6428	249	0.6264	0.9744
	Urban and Built up land	147,513	3.8849	1,474	3.7082	0.9545
	Forest land	472,532	12.4447	5,085	12.7925	1.0279
	Miscellaneous	199,818	5.2624	1,961	4.9333	0.9375
Distance from drainage (m)	<500	3,100,070	81.6441	32,567	81.9296	1.0035
	500-1,000	607,335	15.9949	6,353	15.9824	0.9992
	1,000-1,500	79,362	2.0901	757	1.9044	0.9112
	1,500-2,000	10,200	0.2686	69	0.1736	0.6462
	>2,000	88	0.0023	4	0.0101	4.3913
Road density	Very low	3,364,043	88.5961	34,977	87.9925	0.9932
	Low	300,429	7.9122	3,319	8.3497	1.0553
	Moderate	85,511	2.2520	926	2.3296	1.0344
	High	41,756	1.0997	467	1.1748	1.0683
	Very high	5,316	0.1400	61	0.1535	1.0961
Soil Drainage Capability	No data	222,903	5.8704	2,217	5.5774	0.9501
	Very poorly drained	1,222,484	32.1956	13,586	34.1786	1.0616
	Somewhat excessively drained	1,129,865	29.7564	12,545	31.5597	1.0606
	Poorly drained	57,897	1.5248	374	0.9409	0.6171
	Somewhat poorly drained	666,206	17.5453	5,866	14.7572	0.8411
	Excessively drained	10,860	0.2860	111	0.2792	0.9763
	Moderately well drained	145,491	3.8317	1,534	3.8591	1.0072
	Well drained	341,349	8.9898	3,517	8.8478	0.9842
Slope (degree)	0-5	2,201,480	57.9786	22,049	55.4692	0.9567
	5-25	1,311,638	34.5436	14,614	36.7648	1.0643
	25-35	248,603	6.5473	2,696	6.7824	1.0359
	35-50	27,430	0.7224	312	0.7849	1.0865
	>50	7,904	0.2082	79	0.1987	0.9548
Altitude: Mean Sea Level (m)	0-100	2,630,050	69.2655	26,681	67.1220	0.9691
	100-200	738,222	19.4420	8,279	20.8277	1.0713
	200-300	246,838	6.5008	2,756	6.9333	1.0665
	300-400	94,401	2.4862	1,058	2.6616	1.0706
	400-500	45,021	1.1857	504	1.2679	1.0694
	>500	42,523	1.1199	472	1.1874	1.0603

Table 5 Suitable areas classification of land based on the FR method.

Suitable areas class	Area	
	Km^2	%
Very low	69.1500	4.5529
Low	277.8592	18.2944
Moderate	501.7136	33.0331
High	236.0860	15.5440
Very high	434.0132	28.5756

Table 6 The area of flooding at the sub-district level overlays with areas suitable for migration.

Sub-District	District	Suitable areas (Km^2)			Total
		Very low	Low	Moderate	
Ko Taeo	Mueang Songkhla	0.0816	-	-	0.0816
Thung Wang	Mueang Songkhla	0.0344	-	-	0.0344
Ban Na	Chana	3.6076	0.6796	-	4.2872
Pa Ching	Chana	1.2040	0.0552	-	1.2592
Saphan Mai Kaen	Chana	0.8580	0.4056	0.0096	1.2732
Sakom	Chana	2.7272	2.0992	0.0232	4.8496
Na Wa	Chana	2.5808	0.1688	-	2.7496
Na Thap	Chana	0.6324	0.1048	-	0.7372
Nam Khao	Chana	0.4540	0.0140	-	0.4680
Khun Tat Wai	Chana	0.5060	0.2256	-	0.7316
Tha Mo Sai	Chana	1.2460	0.2336	-	1.4796
Chanong	Chana	1.7620	0.1296	0.0172	1.9088
Khu	Chana	2.0096	0.5880	-	2.5976
Khae	Chana	0.7952	0.2040	-	0.9992
Khlong Pia	Chana	0.6824	0.0396	0.0132	0.7352
Taling Chan	Chana	2.7312	0.2504	-	2.9816
Na Thawi	Na Thawi	0.2020	0.0512	-	0.2532
Chang	Na Thawi	1.0048	0.1108	-	1.1156
Na Mo Si	Na Thawi	0.5584	0.0332	-	0.5916
Plak Nu	Na Thawi	0.3496	0.0284	-	0.3780

Table 7 A suitable place to set up a shelter 52 sources.

No.	Shelter locations	No.	Shelter locations
	Thung Wang, Mueang Songkhla		**Na Mo Si,Na Thawi**
1.	Wat Ang Thong School	26.	Ban Moy School
2.	Wat Thang Whang Nai School	27.	Na Mo Si School
3.	Wat Sai Khao	28.	Ban Thung Lae Mosque
	Khlong Pia, Chana		**Khlong Sai, Na Thawi**
4.	Wat Khuan Mit	29.	Wat Lamphot Chindaram School
5.	Nurut Lapwa Mosque (Ban Khuan Hua Chang)		**Khlong Kwang, Na Thawi**
	Ban Na, Chana	30.	Ban Khlong Bon Mosque
6.	Ban Nam Khem Mosque	31.	Ban Khlong Kwang Khao Wang School
	Pa Ching, Chana		**Plak Nu, Na Thawi**
7.	Wat Ban Rai School	32.	Ban Samong School
	Khu, Chana		**Tha Pradu, Na Thawi**
8.	Wat Na Prue School	33.	Maha Chakri Sirindhorn Camp
	Na Wa, Chana		**Sathon, Na Thawi**
9.	Ban Wa Lang School	34.	Ban Pong School
10.	Wat Khuan Mai Phai	35.	Sathon Sub-district Administrative Organization
11.	Ban Na Nai Mosque	36.	Prasit Tha Wee Sin 2 School
12.	Ban Khuan Khiraed Bureau of Monks	37.	Wat Sathon
13.	Ban Kuan Kee Rat School		**Thap Chang, Na Thawi**
14.	Wat Pracha	38.	Thap Chang Wittayakhom School
	Taling Chan, Chana	39.	Wat Ban Lum School
15.	Ban Pa Ngam School	40.	Wat Wang Sai School
16.	Tas Di Kiah School	41.	Wang Sai Tambon Health Promoting Hospital
	Tha Mo Sai, Chana		**Prakop, Na Thawi**
17.	Ban Prong Ngu Bureau of Monks	42.	Ban Mai Tambon Health Promoting Hospital
18.	Wat Chang Khlod	43.	Ban Pru War School
	Khun Tat Wai, Chana	44.	Thong Yoo Nuttagul School
19.	Muhammadeeyah Mosque (Ban Phrong Chorakhe)	45.	Child Development Center, Tambon Administrative Organization
	Na Thawi, Na Thawi	46.	Ban Prakop School
20.	Ban Wang Yai Plai Ram School	47.	Wat Ko Mai Yai
21.	Atchakirin Mosque		**Sakom, Thepha**
22.	Darusalam Mosque	48.	Ban Pak Bang Sakom School
23.	Ban Khaliang School	49.	Ban Sawan School
	Chang, Na Thawi	50.	Ban Phru Lumpee School
24.	Wat Plak Chamao Community School	51.	Ban Sae School
25.	Raja Pra Ja Nu Groh 43 School	52.	Tha Maenglak Tambon Health Promoting Hospital

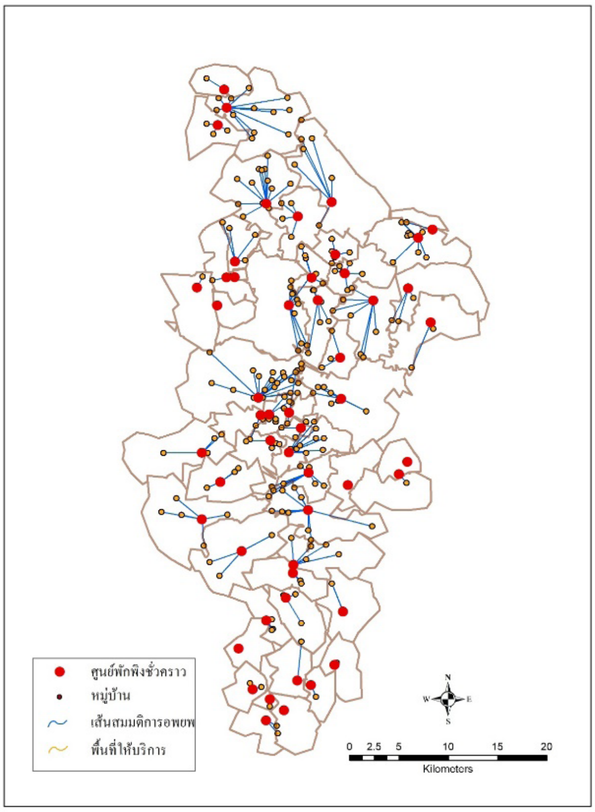

Figure 11 Service areas and fictional lines of evacuation to shelters

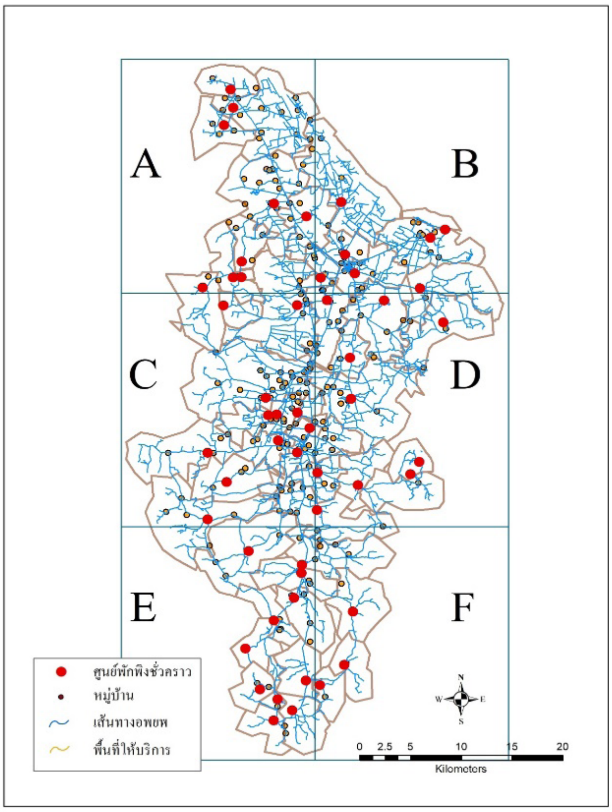

Figure 12 Service areas, evacuation routes and suitable areas for shelters in the overall

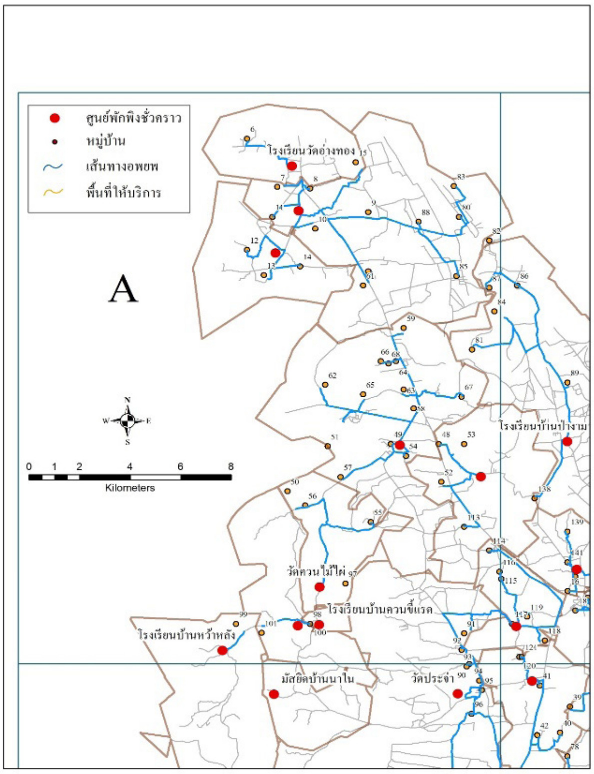

Figure 13 Evacuation routes to the shelter areas at zone A

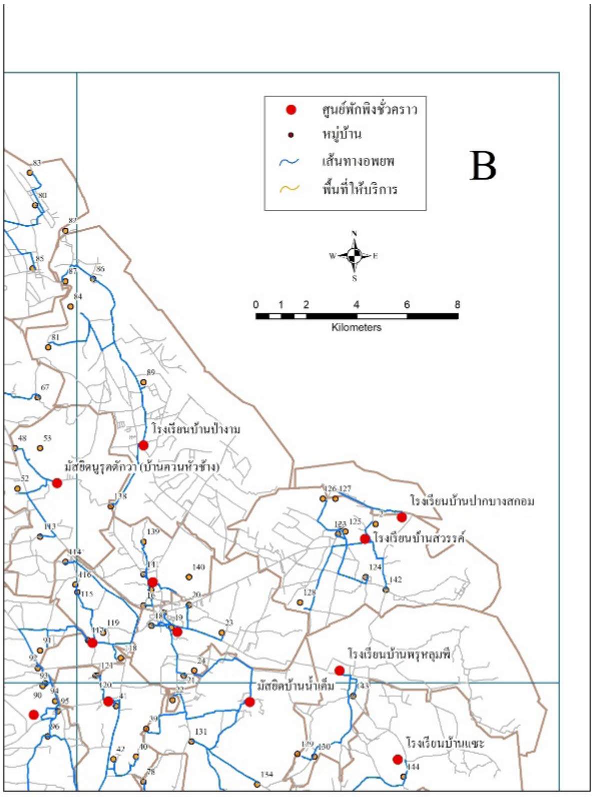

Figure 14 Evacuation routes to the shelter areas at zone B

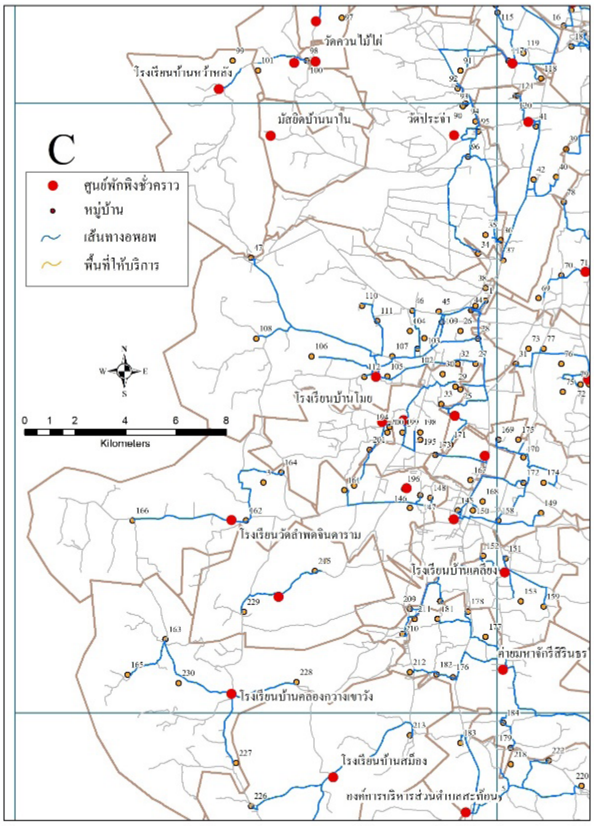

Figure 15 Evacuation routes to the shelter areas at zone C

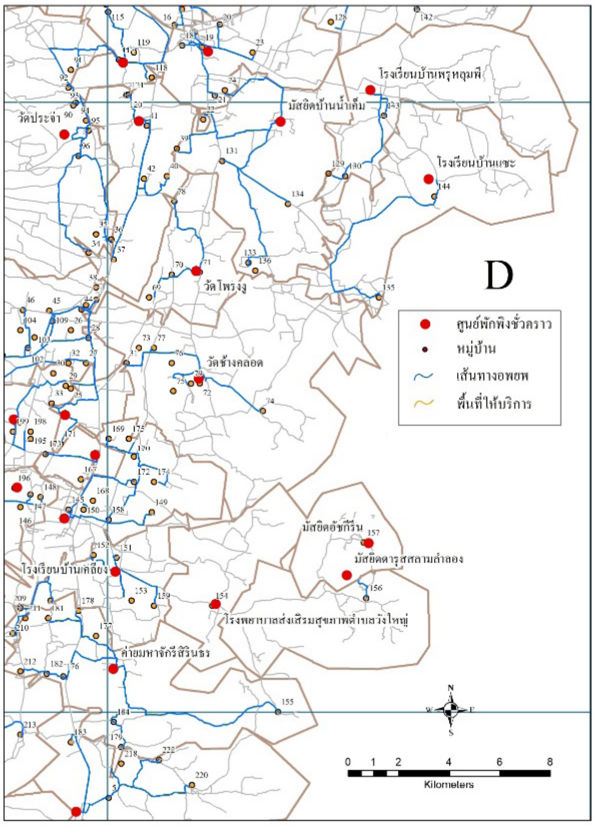

Figure 16 Evacuation routes to the shelter areas at zone D

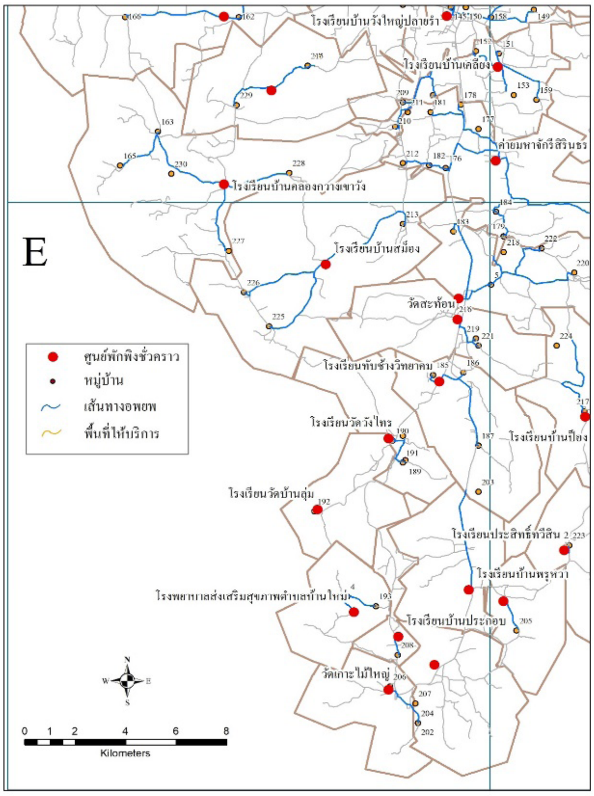

Figure 17 Evacuation routes to the shelter areas at zone E

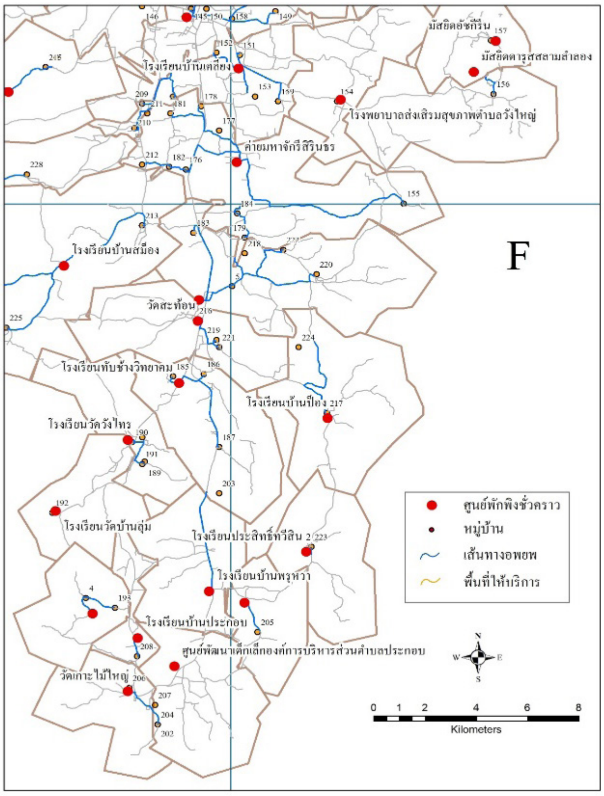

Figure 18 Evacuation routes to the shelter areas at zone F

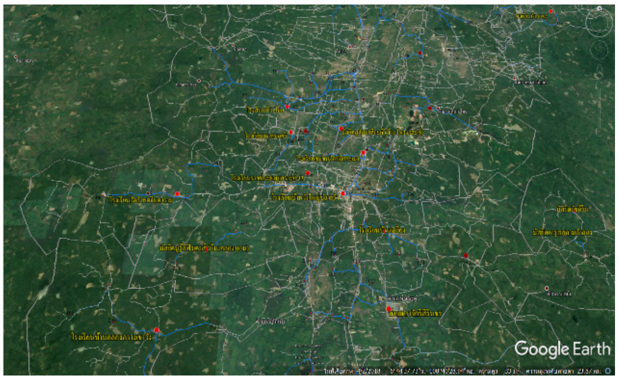

Figure 19 Evacuation routes to the shelter areas display via Google earth

วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา

1. ระดับความเหมาะสมของพื้นที่ต่อการอพยพ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ โดยพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 28.58, 15.54, 30.03, 18.29 และ 4.55 ตามลำดับ และเมื่อนำพื้นที่น้ำท่วมระดับตำบลของวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2560 มาซ้อนทับกับพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพ พบว่ามีน้ำท่วมในพื้นที่ 20 ตำบลในเขตพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพระดับน้อยที่สุด น้อย และปานกลางเท่านั้น ไม่มีในระดับมากและมากที่สุด จึงได้กำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอพยพ คือ ระดับมากและมากที่สุด

2. ที่ตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราว มีจำนวน 52 แหล่ง ใน 4อำเภอ ได้แก่ 1) อำเภอเมืองสงขลา มีจำนวน 3 แหล่งในตำบลทุ่งหวัง 2) อำเภอจะนะ มีจำนวน 16 แหล่ง คือ ตำบลนาหว้า มี 5 แหล่ง ตำบลคลองเปียะ ตลิ่งชัน ท่าหมอไทร ตำบลละ 2 แหล่ง ตำบลบ้านนา ป่าชิง คู ประจ่า และขุนตัดหวาย ตำบลละ 1 แหล่ง 3) อำเภอนาทวี มีจำนวน 28 แหล่ง คือ ตำบลประกอบ มี 6 แหล่ง ตำบลนาทวี สะท้อน และทับช้าง ตำบลละ 4 แหล่ง ตำบลนาหมอศรี มี 3 แหล่ง ตำบลฉาง และคลองกวาง มี 2 แหล่ง ตำบลคลองทราย ปลักหนู และท่าประดู่ ตำบลละ 1 แหล่ง และ 4) อำเภอเทพา มีจำนวน 5 แหล่งในตำบลสกอม จากการคำนวณตำแหน่งของศูนย์พักพิงชั่วคราวต่างๆ แล้วมาหาพื้นที่ให้บริการของแต่ละแหล่ง ส่งผลให้ผู้อพยพสามารถเลือกไปในที่ที่ใกล้ที่สุดที่มีศูนย์พักพิงชั่วคราวได้อย่างทันท่วงที จากข้อมูลจะพบว่าในบางพื้นที่ยังตั้งอยู่ห่างไกลจากศูนย์พักพิงชั่วคราว ควรพิจารณาตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราวเพิ่มเติมให้ครอบคลุมและกระจายในทุกพื้นที่

3. ในการทำวิจัยครั้งต่อไป สำหรับข้อมูลตำแหน่งหมู่บ้านยังขาดความสมบูรณ์ ทำให้มีความคลาดเคลื่อนในการคำนวณตำแหน่งการเดินทางไปยังศูนย์พักพิงชั่วคราว เนื่องจากบางหมู่บ้านไม่มีค่าพิกัด หรือตำแหน่งในแผนที่ฐานข้อมูลจึงควรมีการปรับปรุงให้มีความทันสมัยและสอดคล้องกับความเป็นจริง รวมถึงการมีข้อมูลจำนวนคน เพศ อายุ และโรคประจำตัวประกอบเพื่อการช่วยเหลืออย่างทันท่วงที สำหรับข้อมูลถนน งานวิจัยครั้งนี้ส่วนใหญ่ใช้เส้นทางหลัก และมีเส้นทางบางช่วงไม่ต่อเนื่อง หรือขาดหายไปในบางพื้นที่ ทำให้การวิเคราะห์เส้นทางการอพยพ มีความไม่สมบูรณ์หรือลดความแม่นยำการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างพื้นที่ ควรมีการปรับปรุงโดยการใช้ภาพดาวเทียมหรือการใช้เครื่อง GPS ไปกับพาหนะเพื่อจัดเก็บเส้นทางใหม่ และระบุประเภทและขนาดความกว้างของเส้นทาง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การรองรับพาหนะในช่วงที่เกิดปัญหา และหากได้รับข้อมูลประเภทพื้นถนน (ดินลูกรัง คอนกรีต หรือลาดยาง) ความลาดชัน เส้นทางการจราจร จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกันไป ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์ในเชิงเวลาได้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ในเชิงพื้นที่ คือระยะทางเท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคใต้) คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ฐานข้อมูลชุดลุ่มน้ำและสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์กรมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลน้ำท่วมบริเวณพื้นที่ศึกษา ดร.นิติ เอี่ยมชื่น คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ดร.สุพัตรา พุฒิเนาวรัตน์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ดร.รวีรัตนาคม คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิวัติ ฤทธิเดช คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และ ดร.สิริลักษณ์ ตะนัง ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในการเป็นผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) ว่าที่ร้อยตรีตระกูล โทธรรม ผู้อำนวยการศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย นายมาหะมะ พีสกรี วาแม ผู้อำนวยการศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เขต 12 สงขลา และนายประเสริฐ นิมมานสมัย ผู้อำนวยการส่วนวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์ ศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย ในการเป็นที่ปรึกษาและอนุเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่ศึกษา

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักชลประทานที่ 16. แผนการป้องกันและบรรเทาภัยอันเกิดจากน้ำ (ฤดูฝน) พ.ศ. 2556. โครงการชลประทานสงขลา. 2556.
2. Silverman BW. Density estimation for statistics and data analysis. Published in monographs on statistics and applied Probability, London: Chapman and Hall.; 1986.
3. เกษม จันทร์แก้ว. การจัดการลุ่มน้ำ : การกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำของประเทศไทย. [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่, 13 กรกฎาคม 2561] เข้าถึงข้อมูลได้จากอินเทอร์เน็ต: https://www.ku.ac.th/kaset60/ku60/watershed.html
4. อนันตยา กองจันทร์. การวางแผนเส้นทางอพยพจากภัยน้ำท่วมโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พื้นที่ศึกษาตำบลพระลับ จังหวัดขอนแก่น. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย. 2559;18 (ฉบับพิเศษ):243-256.
5. ธิดาภัทร อนุชาญ. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการอพยพ และที่ตั้งศูนย์พักพิงชั่วคราวจากเขตน้ำท่วม กรณีศึกษา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 2559; 21(3):1-14.
6. ณัฐพล จันทร์แก้ว, ณัฐวัฒน์ โพธิ์ขาว และศศิพร ผลพฤกษา. การประยุกต์ภูมิสารสนเทศเพื่อหาพื้นที่ศักยภาพในการอพยพและเส้นทางลำเลียงเคลื่อนย้าย: กรณีศึกษาการเกิดอุทกภัยจังหวัดปทุมธานี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2557; 22(4):447-461.
7. มงคลกร ศรีวิชัย. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อเตรียมพร้อมรับมือพิบัติภัยกรณีศึกษาชุมชนหลักหก อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี. วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต. 2556; 16(2): 1-9.
8. หน่วยวิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ระบบเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือภัยน้ำท่วมในพื้นที่เขตเมืองเชียงใหม่. [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่, 13 ตุลาคม 2561] เข้าถึงข้อมูลได้จากอินเทอร์เน็ต: http://cendru.eng.cmu.ac.th/articles/46