วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 33 ฉบับที่ 1 ม.ค.–มี.ค. 2566
The Journal of KMUTNB., Vol. 33, No. 1, Jan.–Mar. 2023

บทความวิจัย

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงอุบัติเหตุบนถนน: กรณีศึกษาอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต

พิชเญศ ทรัพย์ประเสริฐ วิไลพรรณ คงสวัสดิ์ และ ธงชัย สุธีรศักดิ์*
คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 7627 6120 ต่อ 6134 อีเมล: thongchai.s@phuket.psu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.08.006
รับเมื่อ 8 เมษายน 2564 แก้ไขเมื่อ 31 พฤษภาคม 2564 ตอบรับเมื่อ 15 มิถุนายน 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 11 สิงหาคม 2565
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุบนถนนในอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุบนถนนใช้การวิเคราะห์แบบลำดับชั้น (AHP) และวิธีการประมาณค่าความหนาแน่น (Kernel Density Estimation) ซึ่งการจัดทำแผนที่ความเสี่ยงอุบัติเหตุเชิงพื้นที่อาศัยการวิเคราะห์แบบลำดับชั้นโดยใช้ปัจจัยเชิงพื้นที่ 3 ปัจจัย ได้แก่ ความลาดชัน สภาพถนน และสภาพแวดล้อมของถนน ส่วนแผนที่ความหนาแน่นอุบัติเหตุใช้ข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุทางถนนระหว่าง พ.ศ. 2557–2562 โดยใช้วิธีการประมาณค่าความหนาแน่น ผลการศึกษาพบว่ามีความสอดคล้องและไม่สอดคล้องกันของความหนาแน่นอุบัติเหตุ และปัจจัยเสี่ยงเชิงพื้นที่ พื้นที่ถนนที่พบความสอดคล้องกันดังกล่าวมีน้อยกว่าผลที่พบความไม่สอดคล้องกัน ผลที่ไม่สอดคล้องกันมากที่สุดพบตรงกันทั้ง 3 ตำบล คือ "ความเป็นพื้นที่เสี่ยงมาก แต่ไม่พบการเกิดอุบัติเหตุ" อย่างไรก็ตาม พื้นที่พบความสอดคล้องกันส่วนใหญ่ในพื้นที่มีความลาดชันและมีเส้นทางคดโค้งจำนวนมาก โดยทั้ง 3 ตำบล มีความหนาแน่นของอุบัติเหตุมากที่สุดที่เหมือนกันบริเวณทางแยกและทางตรง

คำสำคัญ: อุบัติเหตุบนถนน ความเสี่ยง ระบบภูมิสารสนเทศภูมิศาสตร์ จังหวัดภูเก็ต

การอ้างอิงบทความ: พิชเญศ ทรัพย์ประเสริฐ, วิไลพรรณ คงสวัสดิ์ และ ธงชัย สุธีรศักดิ์, "การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงอุบัติเหตุบนถนน: กรณีศึกษาอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 33, ฉบับที่ 1, หน้า 280–291, ม.ค.–มี.ค. 2566.

Research Article

Application of Geographic Information System for Analyses the Road Accident Susceptibility: A Case Study the Kathu District Phuket Province

Pichayes Sapprasert, Wilaipan Khongsawat and Thongchai Suteerasak*
Faculty of Technology and Environment, Prince of Songkla University, Phuket Campus, Phuket, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 7627 6120 Ext. 6134, E–mail: thongchai.s@phuket.psu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.08.006
Received 8 April 2021; Revised 31 May 2021; Accepted 15 June 2021; Published online: 11 August 2022
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This research aims to analyze the road accident risk areas in Kathu district, Phuket province by using the Geographic information system technique. Two main methods used were Analysis Hierarchy Process (AHP) and Kernel density estimation. Spatial road accident susceptibility map was produced by the AHP method. Three factors, i.e. slope, road condition and road environment were employed. According to Kernel density estimation, the number of road accidents during 2014–2019 were used for obtaining the map of accident density. The results showed consistency and inconsistency of accidental intensities and spatial risk factors. The road areas with conformity of both maps were lower than those with nonconformity. The most inconsistent outcomes were found in 3 sub-districts, the so called "the accident susceptibility areas, yet with no such occurrence." However, the consistent road areas were located mainly in the areas with steep slopes and crooked paths. All three sub-districts have the highest accident density at the main road and intersections area.

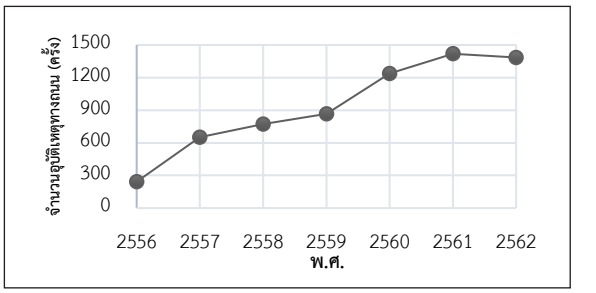
Keywords: Road Accident, Risk, Geographic Information System, Phuket Province

Please cite this article as: P. Sapprasert, W. Khongsawat, and T. Suteerasak, "Application of geographic information system for analyses the road accident susceptibility: A case study the Kathu district Phuket province," *The Journal of KMUTNB*, vol. 33, no. 1, pp. 280–291, Jan.–Mar. 2023 (in Thai).

1. บทนำ

อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต เป็นหนึ่งจุดหมายปลายทางที่นักท่องเที่ยวเข้ามาใช้บริการ เนื่องจากมีชายหาดที่งดงาม เช่น หาดป่าตอง และหาดกมลา รวมถึงมีโรงแรมที่พักและสิ่งอำนวยความสะดวกรองรับนักท่องเที่ยว ซึ่งโรงแรมในอำเภอกะทู้ติดอันดับที่หนึ่งที่มีห้องพักราคาถูกและประหยัด [1] อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดเรื่องที่ตั้งของสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ที่ตั้งอยู่อย่างการกระจัดกระจายเป็นหนึ่งอุปสรรคที่สร้างความลำบากในการท่องเที่ยวให้กับนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเที่ยวในจังหวัดภูเก็ต แม้ว่าจังหวัดภูเก็ตมีรถขนส่งสาธารณะทางเลือกหลายประเภท แต่ด้วยข้อจำกัดของจำนวนเส้นทางเดินรถ ความถี่ในการเดินรถ และความสะดวกในการเข้าถึงสถานที่ท่องเที่ยวไม่สามารถตอบโจทย์ทางการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวได้อย่างเต็มที่ ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปยังที่ท่องเที่ยวต่างๆ ในจังหวัดภูเก็ตด้วยรถรับจ้างเอกชนค่อนข้างสูง ส่งผลให้นักท่องเที่ยวจำนวนมากเลือกที่จะเช่ารถยนต์ และจักรยานยนต์เพื่อขับขี่ไปยังสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ด้วยตนเอง จากการที่นักท่องเที่ยวเช่ารถมาใช้เดินทางด้วยตนเองที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดปัญหาทางการจราจรในจังหวัดภูเก็ต ดังที่พบได้จากปัญหาอุบัติเหตุเรื่องการใช้รถและถนนในการจราจรที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอำเภอกะทู้มีปัจจัยในเรื่องของสภาพภูมิประเทศที่เป็นพื้นที่ลุ่มรายล้อมด้วยภูเขาเป็นอุปสรรคในการใช้ถนนทำให้การสัญจรไปมาค่อนข้างลำบาก [2] ส่งผลให้พบอุบัติเหตุในอำเภอกะทู้ค่อนข้างมาก ดังที่พบได้จากข้อมูลสถิติ และแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุในอำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ตในช่วง พ.ศ. 2556–2562 ที่รวบรวมโดยศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุเพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน พบว่าแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุในอำเภอกะทู้เพิ่มขึ้นทุกปี (รูปที่ 1) [3] ประกอบกับจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น [4] ซึ่งการเพิ่มขึ้นของรถดังกล่าวทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมามากมาย

ปัจจุบันหลายหน่วยงานได้มีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อนำมาใช้ประกอบการแก้ปัญหาต่างๆ มากมาย รวมถึงการนำไปใช้หาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการจัดการเชิงพื้นที่



รูปที่ 1 สถิติจำนวนอุบัติเหตุทางถนนรายปีของ พ.ศ. 2556 – 2562 อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต [3]

เนื่องจากระบบดังกล่าวเป็นระบบที่ใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่หลายๆ ประเภท นอกจากนี้สามารถนำข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ร่วมกับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process; AHP) ที่อาศัยการให้ค่าน้ำหนักและคะแนนมาช่วยในการสร้างแบบจำลองดังกล่าว ดังที่สามารถพบได้ในหลายงานวิจัย ตัวอย่างเช่น การสร้างแบบจำลองความเสี่ยงพื้นที่เกิดดินถล่มในงานวิจัยของสุเพชร และคณะ [5] ที่นำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมาประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในเขตอำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย การสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงเกิดอุทกภัยและพื้นที่เหมาะสมสำหรับทำเป็นพื้นที่รับน้ำในพื้นที่ทางใต้ของจังหวัดสุพรรณบุรีในงานของกาญจนาและคณะ [6] รวมถึงการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเมืองเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศในงานวิจัยของดวงดาว และคณะ [7] ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอความเสี่ยงในเรื่องของอุบัติเหตุโดยมากเป็นการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับการวิเคราะห์ความหนาแน่นเชิงพื้นที่เพื่อใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุทางถนน ดังที่พบได้ในหลายงานวิจัย เช่น ในงานของวารุณีและธัญญรัตน์ [8] ที่วิเคราะห์จุดเสี่ยงอุบัติเหตุบนท้องถนนในเขตเทศบาลตำบลเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม และงานวิจัยของจุลเสนีย์ และคณะ [9] ที่มีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลาของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในจังหวัดชลบุรี วิธีการประมาณค่าความหนาแน่น (Kernel Density Estimation) สามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ

อุบัติเหตุทางถนนได้ โดยนำมาสร้างเป็นแผนที่ชั้นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์จุดเสี่ยง [10] และการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงพื้นที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนนด้วยวิธีการ Regression Analysis [11]

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงการเกิดอุบัติเหตุบนถนน โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์แบบลำดับชั้นที่ใช้ข้อมูลปัจจัยต่างๆ เชิงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษา และใช้วิธีการประมาณค่าความหนาแน่นสร้างแบบจำลองพื้นที่ความหนาแน่นอุบัติเหตุบนถนน นำมาตรวจสอบหาพื้นที่ที่ตรงกันใช้ระบุเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุบนถนนในอำเภอกะทู้ เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปใช้แก้ปัญหาการใช้รถและถนนเพื่อลดอุบัติเหตุในอนาคต

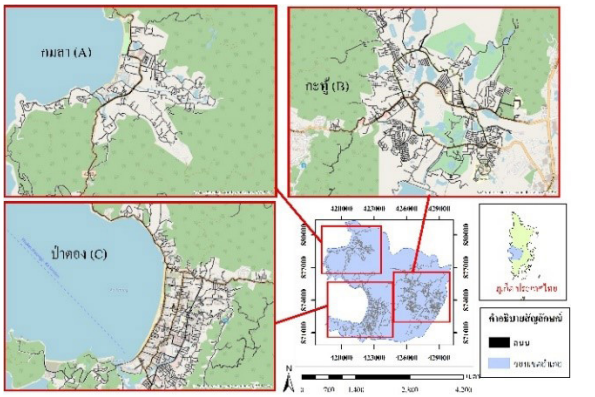
2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

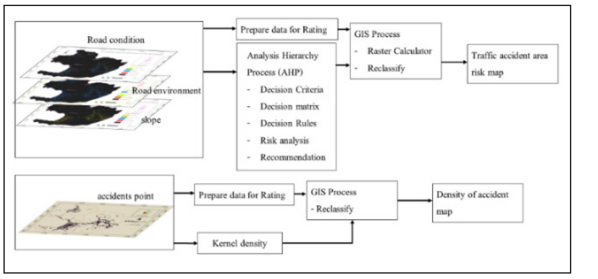
อำเภอกะทู้ ตั้งอยู่ทิศตะวันตกของจังหวัดภูเก็ตที่ตำแหน่งละติจูด 7.930442 เหนือ ลองจิจูด 98.308266 ตะวันออก มีพื้นที่ 78 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลกะทู้ ตำบลป่าตอง และตำบลกมลา ทิศเหนือติดต่อกับอำเภอถลาง ทิศตะวันออกติดต่อกับอำเภอเมืองภูเก็ต ทิศใต้ติดต่อกับอำเภอเมืองภูเก็ตและทิศตะวันตกติดต่อกับทะเลอันดามัน [2] งานวิจัยนี้กำหนดพื้นที่ศึกษาความเสี่ยงแบบเฉพาะเจาะจงตามลักษณะของภูมิประเทศและความเป็นพื้นที่เมือง เนื่องจากมีพื้นที่ถนนจำนวนมากมีโอกาสพบการเกิดอุบัติเหตุสูง โดยแบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ย่อย ได้แก่ พื้นที่ย่อย A เมืองตำบลกมลา พื้นที่ย่อย B เมืองตำบลกะทู้ และพื้นที่ย่อย C เมืองตำบลป่าตอง ดังแสดงในรูปที่ 2

2.2 อุปกรณ์ การเตรียมข้อมูลการวิจัยและวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้อาศัยการประยุกต์ใช้ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาสร้างแบบจำลองข้อมูลความเสี่ยงเชิงพื้นที่ มีขั้นตอนการจัดทำแผนที่ความเสี่ยง 2 วิธี ได้แก่ แผนที่ความเสี่ยงที่จัดทำด้วยวิธีการประมาณค่าความหนาแน่นและแบบจำลองพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุบนถนนที่มาจากกระบวนการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น มีขั้นตอนการวิจัย

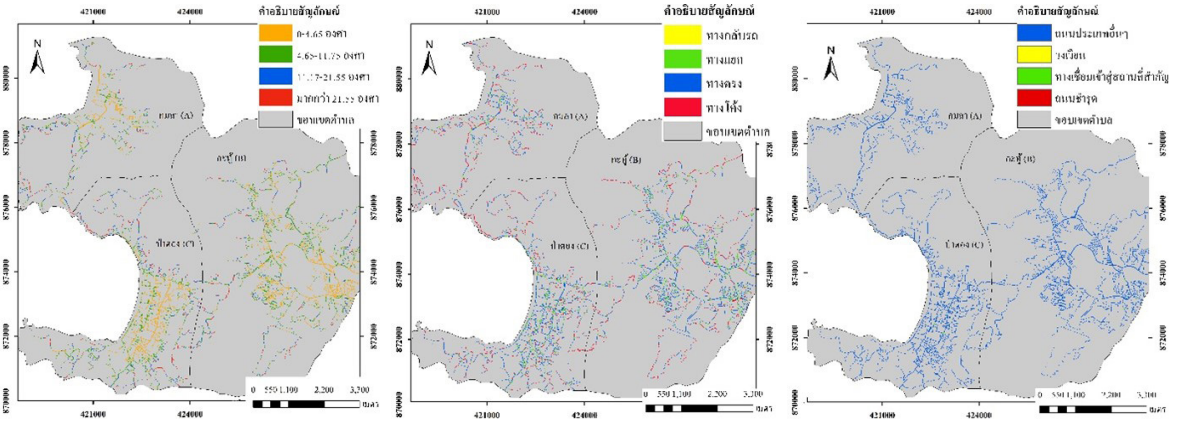


รูปที่ 2 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา เป็นโซน A, B และ C



รูปที่ 3 ขั้นตอนการศึกษาพื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุบนถนน

แสดงในรูปที่ 3 การจัดเตรียมข้อมูลปัจจัยต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์และจัดทำแผนที่แบบจำลองข้อมูลพื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุบนถนนใช้โปรแกรม ArcGIS10.2 [12] จัดทำแผนที่ดังกล่าว การวิเคราะห์แบบลำดับชั้นอาศัยการรวบรวมและเตรียมข้อมูล ได้แก่ 1) ข้อมูลปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ ปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพภูมิศาสตร์ที่พบใช้กับการวิเคราะห์ด้านอุบัติเหตุเช่นเดียวกับที่พบในงานวิจัย [10] 2) ข้อมูลปัจจัยสภาพถนนที่ประกอบด้วย ข้อมูลตำแหน่งที่เป็นทางตรง ทางแยก ทางโค้ง และบริเวณจุดกลับรถ และ 3) ข้อมูลปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่เชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุบนถนน ประกอบด้วย ข้อมูลทางเชื่อมเข้าสถานที่สำคัญ (สถานที่สาธารณะ/เชิงพาณิชย์ ตลาด สถานที่ราชการ โรงเรียน) ข้อมูลวงเวียน ถนนชำรุด ถนนประเภทอื่นๆ โดยสองปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยเชิงพื้นที่ที่เชื่อมโยงกับการเกิดอุบัติเหตุในพื้นที่ที่ถูกรวบรวมมาพร้อมกับข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ [3] จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองปัจจัยมา



(ก) ข้อมูลความลาดชัน (ข) สภาพแวดล้อมอื่นๆ (ค) ข้อมูลสภาพถนน

รูปที่ 4 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

จัดทำเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และแบ่งเป็นประเภทชั้นข้อมูล มีผลการเตรียมข้อมูลทั้ง 3 ปัจจัย แสดงดังรูปที่ 4

2.3 การวิเคราะห์ความหนาแน่น

การวิเคราะห์ความหนาแน่นการเกิดอุบัติเหตุใช้ข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุย้อนหลัง พ.ศ. 2556–2562 จำนวน 6,574 ครั้ง ที่รวบรวมโดย Thai RSC [3] ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลตำแหน่งการเกิดอุบัติเหตุ นำมาวิเคราะห์ความหนาแน่นของการเกิดอุบัติเหตุโดยใช้คำสั่ง Kernel Density ในโปรแกรม ArcGIS10.2 [12] ผลลัพธ์ถูกจำแนกออกเป็นระดับชั้น โดยใช้วิธีการแบ่งช่วงชั้นจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อให้ข้อมูลกระจายตัวออกมาชัดเจนและสม่ำเสมอ [6], [13], [14]

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลค่าถ่วงน้ำหนักด้วยกระบวนการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น

การเตรียมข้อมูลเริ่มจากการให้ค่าน้ำหนักของปัจจัยและการให้ค่าคะแนนน้ำหนักของปัจจัยโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุบนถนนในพื้นที่ จำนวน 3 ท่าน และนำผลการให้ค่าคะแนนดังกล่าวไปคิดเป็นค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปวิเคราะห์ร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักที่มาจากวิธีการวิเคราะห์แบบลำดับชั้นในขั้นตอนถัดไป ทั้งนี้การวิเคราะห์แบบลำดับชั้นพัฒนาขึ้นมา เพื่อช่วยตัดสินใจในสิ่งที่มีความซับซ้อนเมื่อมีปัจจัยให้พิจารณาหลายปัจจัย สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลมี 3 ส่วน คือ การจำแนกออกเป็นลำดับชั้น การเปรียบเทียบองค์ประกอบในการตัดสินใจทีละคู่ และการเรียงลำดับทางเลือก [15], [16] มีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 การจำแนกออกเป็นลำดับชั้น อาศัยการจัดโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจในการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น อาศัยการจำแนกและการเรียงลำดับชั้นที่จัดทำไว้ในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์แบบลำดับชั้นมี 4 ส่วน ได้แก่ เป้าหมาย เกณฑ์ในการตัดสินใจหลัก เกณฑ์ในการตัดสินใจรองและทางเลือก จำนวนระดับชั้นอาจมีมากกว่า 4 ลำดับชั้น จากวัตถุประสงค์แยกย่อยหรือผู้ตัดสินใจอาจมีมากกว่า 1 กลุ่ม

2.4.2 การเปรียบเทียบองค์ประกอบในการตัดสินใจทีละคู่ อาศัยการวินิจฉัยเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ในการตัดสินใจจากการคำนวณหาลำดับความสำคัญ โดยใช้การเปรียบเทียบองค์ประกอบในการตัดสินใจทีละคู่มาช่วยในการตัดสินใจ ขั้นตอนนี้แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนย่อย 1) สร้างเมทริกซ์การเปรียบเทียบทีละคู่ 2) คำนวณผลรวมของค่าน้ำหนักที่ได้จากการเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละคู่ทุกคู่ และ 3) ตรวจสอบผลการคำนวณโดยใช้ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio; CR) โดยการเปรียบเทียบทีละคู่เปรียบเทียบความ

สำคัญของปัจจัย 9 ระดับ ซึ่งเหมาะสม และสามารถแยกแยะความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์ได้ดี [17] โดยค่า CR ต้องน้อยกว่า 0.1 จึงถือว่าการเปรียบเทียบทีละคู่มีความสมเหตุสมผล ค่า CR คำนวณได้จากสมการ (1) [15], [16]

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{1}$$

เมื่อ CI เป็นค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index) และ RI คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Index) โดย CI คำนวณได้จากสมการที่ (2) [16], [18]

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \tag{2}$$

เมื่อ n คือ จำนวนหลักเกณฑ์ทั้งหมด ค่า λ_{max} คือ ผลลัพธ์การคูณกันของเมทริกซ์ค่าระดับความสำคัญกับค่าน้ำหนักปัจจัย ส่วน RI ขึ้นอยู่กับจำนวนของหลักเกณฑ์หรือปัจจัยที่ใช้เปรียบเทียบซึ่งในที่นี้ใช้ทั้งหมด 15 ค่า [17]

2.4.3 การเรียงลำดับทางเลือก จากการเปรียบเทียบทางเลือกและนำผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบในการตัดสินใจทีละคู่ที่ให้ค่าน้ำหนักปัจจัยของพื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุทางถนนที่ได้จากการคำนวณอัตราส่วนความสอดคล้อง จากนั้นหาลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยในภาพรวมโดยวิธีคำนวณคะแนนรวมของแต่ละทางเลือก ผลการจัดลำดับคะแนนที่มีมากที่สุดเป็นลำดับที่ 1 มีความเหมาะสมมากที่สุด และผลที่ได้เป็นค่าน้ำหนักของปัจจัยทั้งหมดใช้ในการวิเคราะห์ลำดับถัดไป

2.5 กระบวนการวิเคราะห์ผลทางภูมิสารสนเทศ

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุทางถนน อาศัยการวิเคราะห์จากการซ้อนทับกันของปัจจัยทั้งหมด ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการหาพื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุโดยวิธีการซ้อนทับกันโดยประมวลผลผ่านโปรแกรม ArcGIS 10.2 [12] มีสมการดังนี้ (ดัดแปลงจากสมการใน [6], [19])

$$S = \sum_{i=1}^{n} w_i \times r_i \tag{3}$$

เมื่อ w_i คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย (Weighting) และ r_i คือ ปัจจัยความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ จากนั้นแบ่งระดับความเหมาะสมของพื้นที่เป็นช่วงชั้นจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [6], [13], [14]

3. ผลการทดลอง

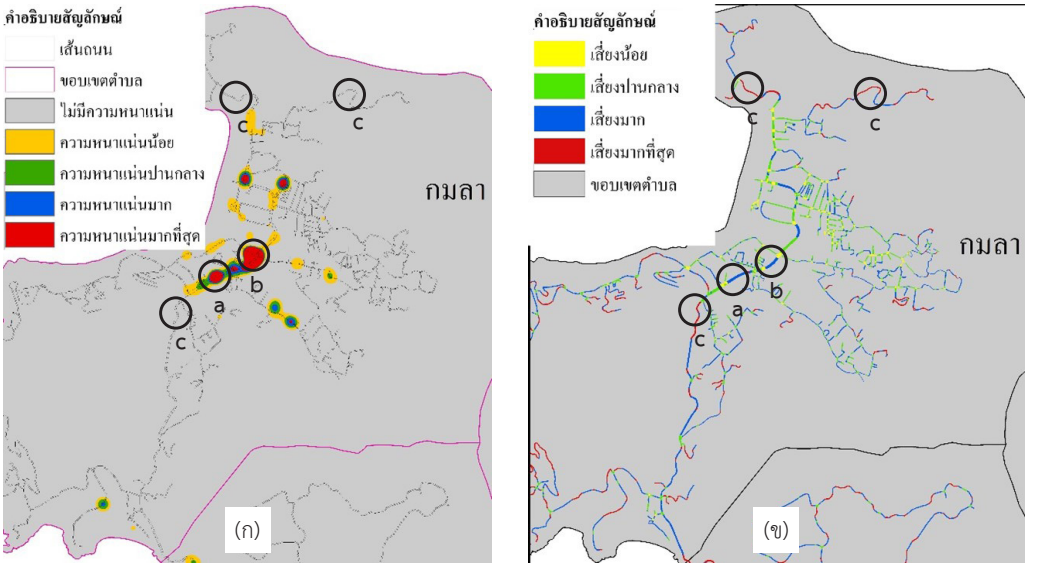
ผลการให้ค่าคะแนนน้ำหนักปัจจัยของผู้เชี่ยวชาญ คิดเป็นค่าเฉลี่ยคะแนนของแต่ละปัจจัยและค่าน้ำหนักของปัจจัยจากวิธีการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลค่าคะแนนเฉลี่ยปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญ และค่าน้ำหนักของปัจจัย (ค่าภายในวงเล็บหลังชื่อปัจจัย)

ปัจจัย	ช่วงระดับ	ค่าคะแนน
1. ปัจจัยสภาพถนน (0.64)	ทางตรง	3
	ทางโค้ง	4
	ทางแยก	2.33
	จุดกลับรถ	2
2. ปัจจัยความลาดชัน (0.23)	0–4.65 องศา	1
	4.65–11.75 องศา	1.33
	11.75–21.55 องศา	1.67
	มากกว่า 21.55 องศา	2.67
3. ปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ (0.13)	ทางเชื่อมเข้าสถานที่สำคัญ	2
	วงเวียน	1.67
	ถนนชำรุด	2.67
	ถนนประเภทอื่นๆ	1.33

พิจารณาผลการเปรียบเทียบความหนาแน่นอุบัติเหตุบนถนนที่คิดเฉพาะพื้นที่ที่มีขอบเขตเป็นถนน กับพื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุบนถนน (คิดเฉพาะพื้นที่ถนนเช่นเดียวกัน) จากการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น ได้ผลการวิเคราะห์ของแต่ละตำบลดังนี้

1) ตำบลกมลา มีผลการเปรียบเทียบแผนที่แสดงดังรูปที่ 5 และพิจารณาเป็นขนาดพื้นที่ถนนได้ผลแสดงดังตารางที่ 2 ผลที่ได้พบว่ามีผลที่สอดคล้องตรงกันและไม่ตรงกันพื้นที่มีความเสี่ยง และความหนาแน่นตรงกัน เช่น ในวงกลม a (หน้าร้าน Big C Market) คือ ความเสี่ยงมากและความหนาแน่น

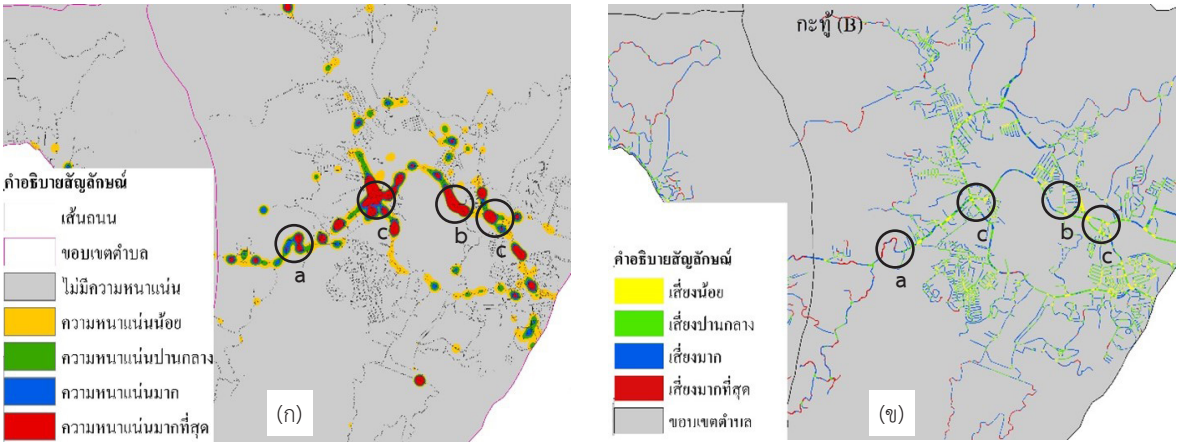


รูปที่ 5 การเปรียบเทียบ (ก) ความหนาแน่นของอุบัติเหตุบนถนน และ (ข) พื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุ พื้นที่ตำบลกมลา

ตารางที่ 2 ขนาดของพื้นที่ถนนที่พบความตรงกันของพื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุกับความหนาแน่นของอุบัติเหตุบนถนนในอำเภอกะทู้

ตำบลในอำเภอกะทู้	ระดับความเสี่ยงอุบัติเหตุ	ความหนาแน่นของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนเชิงพื้นที่ในระดับต่างๆ (ตร.ม.)					รวมพื้นที่ตามความเสี่ยง
		ไม่มีการเกิดอุบัติเหตุ	ความหนาแน่นอุบัติเหตุน้อย	ความหนาแน่นอุบัติเหตุปานกลาง	ความหนาแน่นอุบัติเหตุมาก	ความหนาแน่นอุบัติเหตุมากที่สุด	
ตำบลกมลา	เสี่ยงน้อย	23,716	6,509	3,260	1,390	3,429	38,304
	เสี่ยงปานกลาง	126,840	18,884	3,334	2,753	5,491	157,302
	เสี่ยงมาก	**259,348**	14,018	4,081	3,499	**8,347**	289,293
	เสี่ยงมากที่สุด	107,062	1,094	779	127	0	109,062
ตำบลกะทู้	เสี่ยงน้อย	100,371	28,570	17,033	10,143	27,031	183,148
	เสี่ยงปานกลาง	384,652	81,794	34,747	18,726	**38,199**	558,118
	เสี่ยงมาก	**621,778**	64,535	29,455	12,781	28,636	757,185
	เสี่ยงมากที่สุด	114,988	5,843	3,752	3,651	4,526	132,760
ตำบลป่าตอง	เสี่ยงน้อย	33,093	25,345	14,577	10,591	18,825	102,431
	เสี่ยงปานกลาง	186,453	86,842	39,254	23,734	**47,675**	383,958
	เสี่ยงมาก	**386,440**	73,029	24,447	14,735	29,346	527,997
	เสี่ยงมากที่สุด	122,642	10,040	3,903	1,559	1,855	139,999

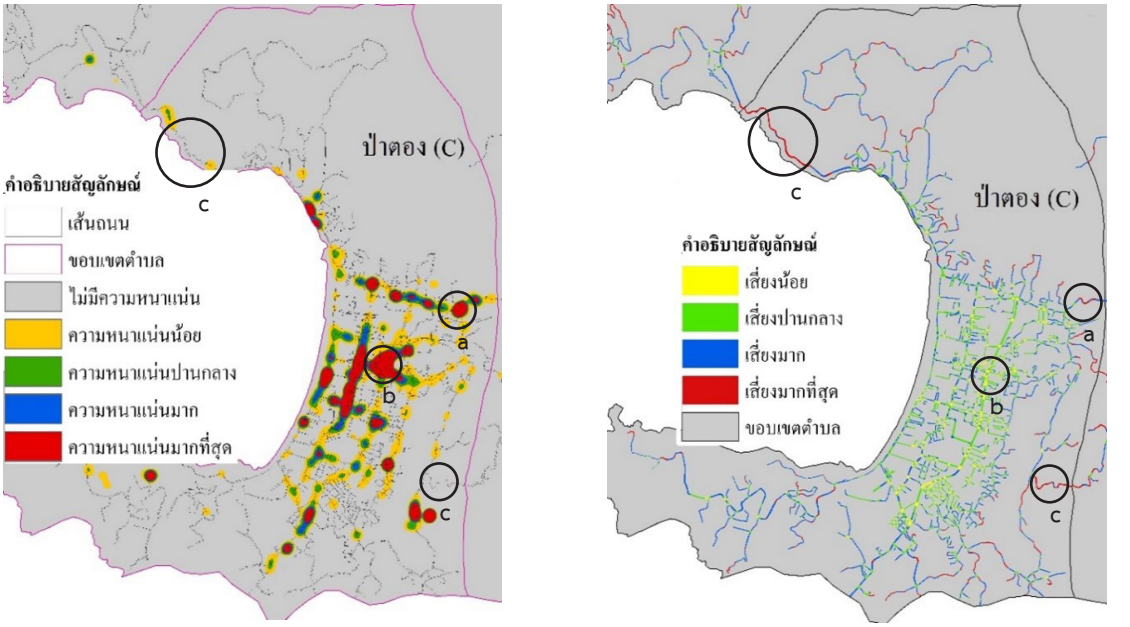
อุบัติเหตุมากที่สุด พบผลที่สอดคล้องกันมากที่สุดทั้งตำบลมีพื้นที่ถนนรวมประมาณ 8,347 ตารางเมตร ส่วนพื้นที่ที่พบมากสุดเป็นพื้นที่เสี่ยงจากอุบัติเหตุมากที่สุด แต่ไม่พบการเกิดอุบัติเหตุ (เช่น ในวงกลม c ถนนในพื้นที่ลาดชันเชิงเขา) พื้นที่ไม่ตรงกันของความเสี่ยงและความหนาแน่นของอุบัติเหตุดังกล่าวมีประมาณ 259,348 ตารางเมตร (คิดเป็นร้อยละ 43.7 ของพื้นที่ถนนทั้งหมดในตำบลกมลา) นอกจากนี้เป็นพื้นที่ที่มีความไม่ตรงกันบ้างเพียงเล็กน้อย เช่น ในวงกลม b (หน้าร้าน Tesco Lotus กมลาบีช) เป็นทางแยกมีระดับความเสี่ยงไม่ตรงกับความหนาแน่นของการเกิดอุบัติเหตุ



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบ (ก) ความหนาแน่นของอุบัติเหตุบนถนน และ (ข) พื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุ พื้นที่ตำบลกะทู้

2) ตำบลกะทู้ มีผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 6 และมีผลขนาดพื้นที่ถนน (ตร.ม.) ที่สอดคล้องตรงกันและไม่สอดคล้องกัน แสดงดังตารางที่ 2 ผลที่ได้พบพื้นที่ความเสี่ยงมากที่สุดตรงกับผลความหนาแน่นของอุบัติเหตุมากที่สุด (เช่น ในวงกลม a ถนนลาดชันข้ามไปตำบลป่าตอง) คิดเป็นพื้นที่รวมทั้งตำบลประมาณ 4,526 ตารางเมตร พื้นที่เสี่ยงมากที่ตรงกับความหนาแน่นอุบัติเหตุมากที่สุดพบค่อนข้างมากกว่าพื้นที่ประเภทแรก (เช่น ในวงกลม b บริเวณหน้าปั้มน้ำมันบางจาก) แต่พื้นที่ดังกล่าวมีขนาดของพื้นที่น้อยกว่าพื้นที่เสี่ยงปานกลางกับความหนาแน่นอุบัติเหตุมากที่มีค่าประมาณ 38,199 ตารางเมตร อย่างไรก็ตาม พบพื้นที่ให้ผลตรงกันข้ามกันมีมากที่สุด คือ พื้นที่เสี่ยงน้อย แต่ความหนาแน่นของอุบัติเหตุมากที่สุด (ตัวอย่างเช่น ในวงกลม c ทางแยกตลาดสี่กอและตลาดสดกะทู้) คิดเป็นพื้นที่ทั้งตำบลประมาณ 621,778 ตารางเมตร (คิดเป็นร้อยละ 38.1 ของพื้นที่ถนนทั้งหมดในตำบลกะทู้)

3) ตำบลป่าตอง มีผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 7 และมีผลของขนาดพื้นที่ถนน (ตร.ม.) ที่สอดคล้องตรงกันและไม่สอดคล้องกัน แสดงดังตารางที่ 2 พื้นที่ถนนมีอุบัติเหตุมากที่สุดและเสี่ยงมาก (เช่น ในวงกลม a ทางลาดลงเขาเข้าเมืองป่าตอง) มีขนาดพื้นที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่อุบัติเหตุมากที่สุดและเสี่ยงปานกลางที่มีขนาดพื้นที่ถนนรวมประมาณ 47,675 ตารางเมตร ส่วนพื้นที่เสี่ยงมากและมีอุบัติเหตุมากที่สุด (เช่น ในวงกลม b ทางแยกบ้านใสน้ำเย็นบริเวณโรงเรียนเทศบาลป่าตอง) พบทั้งตำบลเพียง 29,346 ตารางเมตร ซึ่งโดยมากพบในพื้นที่ศูนย์กลางของเมือง พื้นที่ที่ให้ผลตรงข้ามกันและมีขนาดพื้นที่ถนนรวมมากที่สุด คือ พื้นที่เสี่ยงมากที่ตรงกับพื้นที่ไม่พบอุบัติเหตุ (เช่น ในวงกลม c ถนนในพื้นที่ลาดชันเชิงเขา) มีขนาดพื้นที่รวมประมาณ 386,440 ตารางเมตร (คิดเป็นร้อยละ 33.5 ของพื้นที่ถนนทั้งหมดในตำบลป่าตอง) ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีความชันสูงตามภูมิศาสตร์ของตำบลป่าตอง ความหนาแน่นของพื้นที่ถนนที่มีอุบัติเหตุมากที่สุดอยู่บริเวณทางแยกและทางตรงเหมือนกันทั้ง 3 ตำบล ทั้งนี้ อุบัติเหตุที่พบในบริเวณทางแยกส่วนใหญ่มาจากการทำผิดกฎจราจรของผู้ขับขี่ เช่น การขับรถฝ่าสัญญาณไฟจราจร ส่วนอุบัติเหตุจากทางตรงมาจากการขับขี่ด้วยความเร็วเกินกฎหมายกำหนดในจุดที่มีจุดกลับรถและพื้นที่ชุมชน [3] ซึ่งผลที่ได้เหมือนกับที่พบในงานของจุลเสนีย์ และคณะ [9] ที่พบปริมาณอุบัติเหตุมากในเส้นทางตรง โดยอุบัติเหตุที่พบบนถนนทางตรง (สายหลัก) มีการขับขี่รถด้วยความเร็ว ผลที่พบในอำเภอกะทู้เกิดจากบุคคลในพื้นที่และนักท่องเที่ยวใช้รถสัญจรไปมาด้วยความเร็วเป็นจำนวนมาก และพบค่อนข้างมากในพื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่ ส่วนกรณีของทางแยกนี้มีความเสี่ยงน้อย แต่มีความหนาแน่นของอุบัติเหตุทางถนนมากที่สุด พบได้ในตำบลกมลา นอกจากนี้ผลความหนาแน่นอุบัติเหตุทางถนนมีมากเหมือนกันในทางโค้งของพื้นที่เมือง



(ก) (ข)

รูปที่ 7 การเปรียบเทียบ (ก) ความหนาแน่นของอุบัติเหตุบนถนน และ (ข) พื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุ พื้นที่ตำบล

ในตำบลป่าตองและตำบลกะทู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตำบลป่าตอง พบความเสี่ยงของอุบัติเหตุมากที่สุดตรงกับผลความหนาแน่นของอุบัติเหตุมากที่สุด เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นทางขึ้นภูเขาไปตำบลป่าตองมีรถสัญจรไปมาเป็นจำนวนมาก อุบัติเหตุที่พบมาจากนักท่องเที่ยวและ/หรือบุคคลที่เดินทางไปทำงานที่ตำบลป่าตอง ซึ่งเส้นทางนี้เป็นเส้นทางหลักที่ใช้ในการเดินทางไปตำบลป่าตอง มีความลาดชัน และมีเส้นทางคดโค้งจำนวนมาก

ผลที่พบดังกล่าวทำให้ทราบว่าปัจจัยความเสี่ยงนั้นอาจมาจาก 2 ประเด็น คือ ปัจจัยความเสี่ยงเชิงพื้นที่ และปัจจัยความเสี่ยงจากผู้ใช้รถและถนน ปัจจัยเชิงพื้นที่มีความเชื่อมโยงกันกับอุบัติเหตุบนถนนเพียงแค่บางส่วน โดยผลที่ได้มาดังกล่าวนำเสนอเพียงแค่ความเป็นพื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุที่มาจากปัจจัยสภาพถนนและภูมิประเทศ ทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับสภาพถนนและภูมิประเทศ เช่น แขวงทางหลวงภูเก็ตและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ทราบถึงปัญหาปัจจัยจากสภาพถนนและภูมิประเทศที่อาจสร้างความเสี่ยงต่อการใช้รถและถนนของผู้ขับยานพาหนะ อย่างไรก็ตาม ผลของอุบัติเหตุบนถนนที่เกิดขึ้นอาจมาจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ความประมาท ความไม่ใส่ใจ และการไม่ปฏิบัติตามกฎจราจรของผู้ใช้รถและใช้ถนน [10] รวมถึงจากพฤติกรรมเสี่ยงของผู้ขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็ว [20] การขาดทักษะที่ชำนาญในการขับขี่ และการขับขี่ขณะเมาสุรา หรือสิ่งมึนเมา [21] ซึ่งปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นล้วนเป็นปัจจัยที่มาจากผู้ใช้รถและถนนทั้งสิ้น ดังนั้น การนำปัจจัยสภาพพื้นที่มาใช้ทำเป็นปัจจัยวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงอาจไม่สามารถระบุความเสี่ยงของอุบัติเหตุได้แม่นยำ เพราะไม่สามารถสะท้อนถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุอาจมาจากความประมาทของผู้ใช้ถนน ในส่วนของผลที่ไม่ตรงกันของข้อมูลสองประเภทดังกล่าว พบพื้นที่รวมบนถนนมากที่สุดเหมือนกันทั้ง 3 ตำบล คือ ความเป็นพื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุมาก แต่ไม่พบความหนาแน่นของอุบัติเหตุ ซึ่งความเสี่ยงอุบัติเหตุที่สูงดังกล่าวมาจากค่าคะแนนข้อมูลที่เกี่ยวพันกับสภาพภูมิประเทศของพื้นที่อำเภอกะทู้ที่โดดเด่นจากการล้อมรอบด้วยภูเขาสูง แต่ในความเป็นจริงพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ผู้ขับขี่ให้ความระมัดระวังในการขับขี่มากอยู่แล้วทำให้ไม่พบอุบัติเหตุเกิดขึ้นมาก อย่างไรก็ตาม

สามารถพบอุบัติเหตุเกิดขึ้นได้บ้างในพื้นที่มีความลาดชันและมีเส้นทางคดโค้งจำนวนมาก ส่วนพื้นที่เสี่ยงน้อยแต่พบอุบัติเหตุมากในชุมชนที่อาจมาจากพฤติกรรมเสี่ยงของผู้ขับขี่ยานพาหนะ อาจเป็นประโยชน์กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการกำกับควบคุมพฤติกรรมการใช้รถและถนน (เช่น สถานีตำรวจในพื้นที่) รับทราบปัญหา และสามารถหาทางควบคุมและบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้รถและถนนของคนในพื้นที่และนักท่องเที่ยวที่เข้ามาในพื้นที่ได้

ในส่วนของข้อเสนอแนะการวิจัยสำหรับพัฒนาแบบจำลองให้มีความแม่นยำและครอบคลุมทุกประเด็นที่เกี่ยวพันกับการเกิดอุบัติเหตุบนถนน ควรนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้ขับขี่ยานพาหนะและปัจจัยที่เกี่ยวกับความปลอดภัยของยานพาหนะมาใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงดังกล่าวในแต่ละพื้นที่ รวมถึงอาจลองใช้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิประเทศอื่นๆ เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เฉพาะเจาะจงเกี่ยวพันกับวิถีชีวิตของคนในพื้นที่มาพิจารณาร่วม อาจช่วยเสริมให้เห็นการตรงกันของความเป็นพื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุบนถนนมากขึ้น

4. สรุป

1) ความเสี่ยงของอุบัติเหตุของพื้นที่ถนนใน 3 ตำบลของอำเภอกะทู้ที่มาจากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของอุบัติเหตุบนถนนและกระบวนการวิเคราะห์แบบลำดับชั้นของปัจจัยเชิงพื้นที่แสดงให้เห็นถึงผลความสอดคล้องและไม่สอดคล้องกันของความหนาแน่นอุบัติเหตุและปัจจัยเชิงพื้นที่ จากผลของพื้นที่ถนนรวมเป็นรายตำบล พบมีพื้นที่ที่มีความสอดคล้องกันของสองประเภทข้อมูลน้อยกว่าพื้นที่ที่ไม่สอดคล้องกัน พื้นที่ที่สอดคล้องกันส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่มีความลาดชัน และมีเส้นทางคดโค้งจำนวนมาก

2) ปัจจัยที่ทำให้พื้นที่เสี่ยงส่วนใหญ่ไม่ตรงกับความหนาแน่นของอุบัติเหตุทางถนนอาจมาจากความประมาท ความไม่ใส่ใจ และการไม่ปฏิบัติตามกฎจาราจรของผู้ใช้รถและถนน พฤติกรรมเสี่ยงจากการขับขี่ด้วยความเร็วของผู้ขับขี่ยานพาหะนะ การขาดทักษะที่ชำนาญในการขับขี่และการขับขี่ขณะเมาสุราหรือสิ่งมึนเมา เป็นต้น ทั้งนี้ความหนาแน่นของอุบัติเหตุพบมากเช่นกันบริเวณทางแยกและทางตรงใน 3 ตำบล และมีความหนาแน่นอุบัติเหตุมากบนทางโค้งพื้นที่เมืองในตำบลป่าตองและตำบลกะทู้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต สำหรับการสนับสนุนอุปกรณ์ และทุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาในการดำเนินการวิจัย ขอบคุณหน่วยงานต่างๆ สำหรับข้อมูลในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณ แขวงทางหลวงภูเก็ต สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จังหวัดภูเก็ต และสถานีตำรวจภูธรกะทู้สำหรับการเอื้อเฟื้อบุคลากรมาประเมินคะแนนปัจจัยที่ทำให้เกิดพื้นที่เสี่ยงอุบัติเหตุบนถนน

เอกสารอ้างอิง

[1] Matichon online. (2018, March). Publicize news_893543. Matichon Public Co.,Ltd. Bangkok, Thailand [online]. Available : https://www.matichon.co.th/publicize/news_893543

[2] Kathu city. (2020). History and General information. Dungbhumi Co.,Ltd. Phuket, Thailand [online]. Available: https://kathucity.go.th/public/list/data/index/menu/1142

[3] Thai RSC. (2015). Traffic Accident information of Phuket province. Technology Information Department, RVP Strive for Road Safety Culture. Phuket, Thailand [Online]. Available: http://www.thairsc.com/p77/index/83

[4] Department of Land Transport. (2021). Statistics of the number of vehicles according to the transportation law, accumulated annual cumulative calendar. Department of Land Transport. Bangkok, Thailand [Online]. Available: https://www.dlt.go.th/site/phuket/m-download/5060/

[5] S. Jirakajonhkool, P. Klawwikarn, and S. Oumkratum,

"Geo-informatics for landslide risk zone assessment in Wang Sa Pung Amphoe, Loei Province," *Thai Journal of Science and Technology*, vol. 1 no. 3, pp. 197–210, 2012 (in Thai).

[6] K. Meeching, S. Thongkungand, and T. Suteerasak, "Application of geographic information system data for flood susceptibility area and catchment area assessment: A case study the southern area of Suphan Buri province," *The Journal of KMUTNB*, vol. 29, no. 3, pp. 372–387, 2019 (in Thai).

[7] D. Modwatthana, J. Koiwanit, C. Yuangyai, S. Bunnarong, and S. Ketsarapong, "Site suitability evaluation for eco industrial town using GIS and AHP technique: A case study in Samut Prakan province," *Engineering Journal of Research and Development*, vol. 28 no. 3, pp. 35–47, 2017 (in Thai).

[8] W. Bunla and T. Chaiyakarm, "Application of geographic information systems to analyze road accident risk spot in Chiang Yuen municipality Maha Sarakham province," in *Proceeding The 13th Mahasarakham University Research Conference*, 2017, pp. 184–190 (in Thai).

[9] J. Waiwatthana, N. Pleerux, K. Nualchawee, and N. Intarawichian, "Spatio-temporal analysis of road accident in Chon Buri province," *Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)*, vol. 14 no. 2, pp. 31–42, 2019 (in Thai).

[10] M. A. Aghajani, R. S. Dezfoulian, A. R. Arjroody, and M. Rezaei, "Applying GIS to identify the spatial and temporal patterns of road accidents using spatial statistics (Case study: Ilam province, Iran)," *Transportation Research Procedia*, vol. 25, pp. 2126–2138, 2017.

[11] L. Wongho, "Analysis of spatial factors affecting to road accident: A case study of Muang district, Phitsanulok," B.S. thesis, Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, 2016 (in Thai).

[12] V. M. H.-Madrigal, J. A. M.-Jáuregui, V. H. G.-Monroy, N. F.-Lázaro, and S. F.-Miranda, "Depreciation factor equation to evaluate the economic losses from ground failure due to subsidence related to groundwater withdrawal," *Natural Science*, vol. 6, no. 3, 2014.

[13] L. Noichaisin, "Application of GIS on flood risk area assessment in Sa Kaeo province," *Burapha Science Journal*, vol. 21, no. 1, pp. 51–63, 2016 (in Thai).

[14] S. Dhanarun and J. Amornsanguansin, "Application of geographic information system for flood risk area assessment in Ang Thong province," *Journal of Environmental Management*, vol. 6, no. 2, pp. 19–34, 2010 (in Thai).

[15] A. Saravisutra, "Multi-criteria decition making: Comparison between SAW, AHP, TOPSIS concept and methods," *Princess of Naradhiwas University Journal*, vol. 8, no. 2, pp. 180–192, 2016 (in Thai).

[16] Defence Technology Institute. (2019). Analytic Hierarchy Process: AHP. Defence technology institute the permanent secretary of defence. Bangkok Thailand [Online] (in Thai). Available: https://www.dti.or.th/download/150319174753_3ahp4.pdf

[17] T. L. Saaty, "How to make a decision: The analytic hierarchy process," *European Journal of Operational Research*, vol. 48, pp. 9–26, 1990.

[18] P. Cabala, "Using the analytic hierarchy process in evaluating decision alternatives," *Operation Research and Decision*, vol. 1, pp. 1–23, 2010.

[19] L. Noichaisin, "Application of GIS on flood risk area assessment in Sa Kaeo province," *Burapha Science Journal*, vol. 21, no. 1, pp. 51–63, 2016 (in Thai).

[20] A. Bamrung, J. Kitlertpornphairot, R. Suphunchaiyamat, and P. Kowit, "Lessons from the development of 'managing information system' in reducing traffic injuries of Banphai hospital, Khon Kaen province and its network," *Integrated Social Science Journal*, vol. 3 no. 1, 173–191, 2018 (in Thai).

[21] J. J. Rolison, S. Regev, S. Moutari, and A. Feeney, "What are the factors that contribute to road accidents? An assessment of law enforcement views, ordinary drivers' opinions, and road accident records," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 115, pp. 11–24, 2018.