ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำ เพื่อประเมินความรุนแรงและจัดทำแผนที่อันตราย

Inland Waterway Infrastructure Geoinformatics for Risk Assessment and Hazard Mapping

สโรชา ดิษฐพูล[1] ฆนิศา รุ่งแจ้ง[2,*] พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล[2] และ กิตติพศ ประภัศร[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหาร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
**Corresponding author; E-mail address: fengksr@ku.ac.th*

บทคัดย่อ

ระบบการประเมินความเสี่ยงทางน้ำสำหรับใช้ในการระบุและวิเคราะห์จุดอันตรายและความเสี่ยงในการขนส่งทางน้ำเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในระบบการจัดการจราจรทางน้ำที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ลดความล่าช้าและลดความสูญเสียทางเศรษฐกิจได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำ เพื่อประเมินความรุนแรงและจัดทำแผนที่จุดอันตรายโดยพิจารณาตามหลักเกณฑ์ขององค์กรทางทะเลระหว่างประเทศและหลักเกณฑ์อื่นที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความเสี่ยง บทความนี้ยังได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของอุบัติเหตุระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564 โดยแสดงแผนที่จุดเสี่ยงของอุบัติเหตุสำคัญในการสัญจรในแม่น้ำเจ้าพระยาอันมีสาเหตุร่วมระหว่างความผิดพลาดของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ได้แก่ เรือเสียการทรงตัวหรือการชนกับสะพานที่มีช่องลอดและระยะตอม่อจำกัด จุดบรรจบแม่น้ำ จุดเสี่ยงใกล้ท่าเรือ จุดอันตรายใต้น้ำ เช่น เสาไม้ เสาตอม่อคอนกรีต เป็นต้น ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจและการแสดงผลข้อมูลและการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับโครงการก่อสร้างหรือการอำนวยการจราจรทางน้ำในอนาคตได้ โดยสามารถช่วยวิเคราะห์ความเสี่ยงและแสดงผลเป็นแผนที่ความเสี่ยงและภาพความจริงเสริมที่จะช่วยในการคาดการณ์เหตุการณ์อันตรายและลดความรุนแรงที่จะเกิดขึ้นได้

คำสำคัญ: อุบัติเหตุการขนส่งทางน้ำ, การประเมินความเสี่ยง, ภูมิสารสนเทศ, แผนที่อันตราย

Abstract

Waterway risk assessment system to identify and analyze the waterway hazards and accident risk is recognized as a significant Vessel Traffic System (VTS) technology that can enhance the navigation efficiencies and can reduce the delays and economic losses. This research aims to develop the waterway risk assessment system by integrating technologies of geoinformatics and Augmented Reality (AR) and taking account of IMO requirements, and other relevant guidelines to identify hazard influencing the waterway risk. To demonstrate technology application, the system is successfully conduct risk analysis of waterway accident during 2017 to 2021 and create risk map as the level of risk along Chao Phraya river accidents that jointly caused by human error and environment due to the hazards external to ship including the accident of loss control and the contact with low clearance or short span bridge, a confluence, other dangers near the pier, hidden dangers beneath such as the wooden post and concrete piers. The system can enhance the effectiveness of accident survey and the presentation as visualization and mathematical analysis. In cases where future construction or operation are planned, this assessment system can analyze the waterway risk and create the visualization as risk map and AR images. The forthcoming observed hazards could foresee and even to mitigate in some extent at early stages.

Keywords: Waterway Accident, Risk Assessment, Geoinformatics, Hazard Mapping

1. คำนำ

การขนส่งในแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นรูปแบบการขนส่งที่สำคัญต่อการเติบโตของเศรษฐกิจประเทศซึ่งรองรับเรือขนส่งสินค้ากว่า 47,150 เที่ยวลำ ปริมาณสินค้าต่อปีมากกว่า 46 ล้านตัน [1] การขนส่งทางน้ำเป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าหลักของปริมาณการค้าทั่วโลก หลังจากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ในปี พ.ศ. 2563 อัตราการเติบโตของการขนส่งทางน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.2 ในปี พ.ศ. 2564 [2]

ประเทศไทยให้ความสำคัญในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางน้ำโดยมีการนำระบบเทคโนโลยีมาช่วยในการยกระดับความปลอดภัยทางน้ำตามยุทธศาสตร์ชาติ ปี พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2580 [3] นอกจากนี้การจัดการความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุยังเป็นสิ่งที่ประเทศไทยต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง [4, 5] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำเพื่อประเมินความรุนแรงและจัดทำแผนที่อันตรายโดยอาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลอุบัติเหตุ งานวิจัยมากมายนำเสนอแบบจำลองในการคาดการณ์อุบัติเหตุ ทั้งนี้การนำแบบจำลองเหล่านี้ไปใช้งานยังมีไม่มากนัก การคาดการณ์อุบัติเหตุยังคงใช้ประสบการณ์และความชำนาญของผู้เชี่ยวชาญร่วมกับข้อมูลของอุบัติเหตุย้อนหลังเป็นหลัก [6]

การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุและเพิ่มประสิทธิภาพของเทคโนโลยีดิจิตอลให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์สากลและมาตรฐานขององค์กรทางทะเลระหว่างประเทศ (International Maritime Organization, IMO) [7] โดยใช้แนวทางการประเมินความเสี่ยงและการประเมินความปลอดภัย (Formal Safety Assessment, FSA) เป็นเกณฑ์ในการสร้างแบบจำลองเนื่องจากข้อมูลที่นำมาพัฒนาแบบจำลองอาจมีไม่เพียงพอต้องอาศัยข้อมูลที่ได้จากหลากหลายแหล่งในการพัฒนาสภาพการขนส่งหรือการเดินเรือที่เสมือนจริงในรูปแบบแบบจำลองคอมพิวเตอร์เสมือนจริงในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) ร่วมกับเทคโนโลยีดิจิตอลอื่น ทั้งเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality, AR) อากาศยานไร้คน (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) และภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเทคโนโลยีในการเดินเรือ

งานวิจัยนี้ยังได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของอุบัติเหตุระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564 โดยแสดงแผนที่จุดเสี่ยงของอุบัติเหตุสำคัญในการสัญจรในแม่น้ำเจ้าพระยาอันมีสาเหตุร่วมระหว่างความผิดพลาดของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ได้แก่ เรือเสียการทรงตัวหรือการชนกับสะพานที่มีช่องลอดและระยะตอม่อจำกัด จุดบรรจบแม่น้ำ จุดเสี่ยงใกล้ท่าเรือ จุดอันตรายใต้น้ำ เช่น เสาไม้ เสาตอม่อคอนกรีต เป็นต้น ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจและการแสดงผลข้อมูลและการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้ตัดสินใจสามารถใช้งานได้ทั้งผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์มือถือ ระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับการอำนวยการจราจรทางน้ำในอนาคตได้ โดยสามารถช่วยวิเคราะห์ความเสี่ยงและแสดงผลเป็นแผนที่ความเสี่ยงและภาพความจริงเสริมที่จะช่วยคาดการณ์และแก้ไขความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้

การเฝ้าระวังทางทะเล (Maritime Surveillance, MS) เป็นการเฝ้าระวังอุบัติเหตุและอำนวยความสะดวกในการขนส่งทางน้ำที่สำคัญและมีการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารมาอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินเรือซึ่งมีเทคโนโลยีมากมายที่ใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก ระบบการควบคุมการจราจรทางน้ำ (Vessel Traffic System, VTS) เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและมีความสำคัญในการขนส่งทางน้ำมาอย่างยาวนานและถูกบังคับใช้ตามหลักเกณฑ์ของ IMO โดยสถิติงานวิจัยในอดีตแสดงให้เห็นว่าอุบัติเหตุในพื้นที่ที่ระบบ VTS ครอบคลุมถึงสามารถลดลงได้มากกว่าร้อยละ 70 [8] ดังนั้นระบบ VTS สามารถสร้างความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยในการเดินเรือและปรับปรุงประสิทธิภาพในการขนส่งทางน้ำ รักษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลให้เกิดประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ สังคม และสิ่งแวดล้อม [9] อย่างไรก็ตามยังคงมีงานวิจัยบางส่วนที่ทำการศึกษาถึงข้อจำกัดประสิทธิภาพในการนำร่องของศูนย์ VTS ที่ตั้งอยู่บนชายฝั่ง เช่น ข้อจำกัดด้านเทคนิค ข้อจำกัดด้านความสามารถในการติดตามเรือในพื้นที่ที่ปริมาณเรือหนาแน่น ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของเรดาห์ การพัฒนาอย่างรวดเร็วของชายฝั่งและไม่สามารถตรวจจับเรือขนาดเล็กได้ [10] นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 IMO มีการบังคับใช้งานระบบพิสูจน์ทราบโดยอัตโนมัติ (Automatic Identification System, AIS) บนเรือเพื่อความปลอดภัยในการเดินเรือและหลีกเลี่ยงการชนกันของเรือ กรมอุทกศาสตร์จึงได้จัดหาระบบ AIS ติดตั้งในประเทศไทยเพื่อการนำเรืออย่างปลอดภัย [11] อย่างไรก็ตาม AIS สามารถตรวจจับได้เฉพาะเรือที่มีการติดตั้ง AIS และใช้งานได้อยู่ในพื้นที่จำกัดประมาณ 40 กิโลเมตรเท่านั้น ระบบกล้องวงจรปิด (Closed Circuit Television System, CCTV) มีประสิทธิภาพในการติดตามการเดินเรือและการขนส่งในลำน้ำในประเทศและท่าเรือชายฝั่ง แสดงภาพในเวลาจริง บันทึกและเล่นซ้ำได้ ทำให้สามารถวิเคราะห์ตรวจสอบและตรวจการการกระทำผิดกฎหมายและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ [10] ระบบเฝ้าระวังและพิสูจน์ทราบเรือจากระยะไกล (Long Range Maritime Surveillance System, LRIT) ตามข้อกำหนดขออนุสัญญาว่าด้วยความปลอดภัยของชีวิตในทะเล International Convention for safety of life at sea (SOLAS) 2006 ซึ่งบังคับใช้ตั้งแต่ปี 2009 เพื่อความมั่นคงและปลอดภัยทางทะเล การค้นหา และการช่วยเหลือการเดินเรือในระดับสากล ระบบ LRIT จึงมีการติดตั้งใช้งานในหลายประเทศ [12, 13] สำหรับประเทศไทยได้ติดตั้งศูนย์ข้อมูลระบบติดตามข้อมูลเรือระยะไกล ณ อาคารศูนย์ควบคุมสมุทรเขต ท่าเรือแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี โดยมีสำนักควบคุมการจราจรและความปลอดภัยทางทะเลเป็นผู้ประสานงานระบบ [14]

เทคโนโลยีมากมายที่ช่วยยกระดับความปลอดภัยของการขนส่งทางน้ำในนานาประเทศต่างมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันไป การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augment Reality, AR) ซึ่งสามารถเสริมความจริงด้วยการสร้างวัตถุเสมือนในรูปแบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิกและแบบจำลอง 3 มิติ ความจริงเสริมเป็นเทคโนโลยีที่นำโลกเสมือน (Virtual World) มาซ้อนทับกับสภาพแวดล้อมของโลกจริงช่วยให้แบบจำลองมีความเสมือนจริงมากขึ้นสามารถวิเคราะห์เหตุการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้ [15]

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำและประยุกต์ใช้ในการประเมินความเสี่ยง แสดงในรูปแบบแผนที่อันตรายและนำเสนอผลการประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความ

เสี่ยงของอันตรายจากอุบัติเหตุในการขนส่งในแม่น้ำเจ้าพระยาระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564

3. อุปกรณ์และวิธีการ

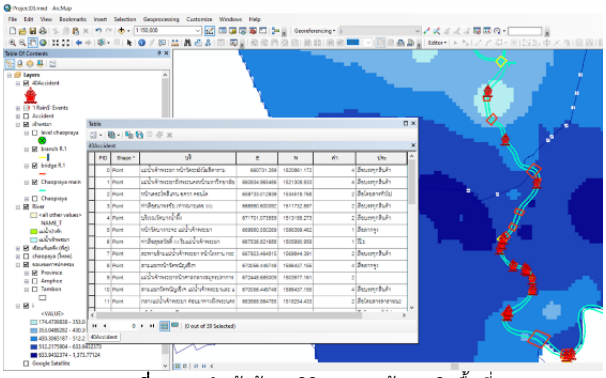
งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การออกแบบกระบวนการจัดการฐานข้อมูล และ 2) การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำในการวิเคราะห์และจัดทำแผนที่อันตราย วิธีการแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

3.1 การออกแบบกระบวนการจัดการฐานข้อมูล

การออกแบบกระบวนการจัดการฐานข้อมูลและการออกแบบการทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำเพื่อกำหนดเป้าหมายและโครงสร้างของการทำงานโดยคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูล ที่มาและรายละเอียดที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องน่าเชื่อถือทั้งข้อมูลอุบัติเหตุ ปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564 ข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ และข้อมูลปัจจัยอันตรายภายนอกเรือที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม

3.1.1 การนำเข้าข้อมูลดิจิตอลของข้อมูลเชิงพื้นที่

การนำเข้าข้อมูลดิจิตอลเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องในระบบพิกัด UTM ได้แก่ แผนที่ภูมิประเทศ ภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลการสำรวจรังวัด ตำแหน่งสถานที่ เช่น ตำแหน่งสะพาน ตำแหน่งทางแยกของลำน้ำ ตำแหน่งท่าเรือ และข้อมูลคุณลักษณะ เช่น ข้อมูลแม่น้ำ ความโค้งของลำน้ำ ความลึกระดับน้ำ ข้อมูลโครงการคมนาคมทางบกและทางน้ำ เช่น ถนน ท่าเรือ จุดเปลี่ยนถ่ายการขนส่ง โดยมีทั้งข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลหน่วยงาน เช่น กรมทางหลวง กรมเจ้าท่า เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีข้อมูลทางสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวกับลำน้ำที่อาจเป็นจุดเสี่ยงอันตรายภายนอกเรือ เช่น ขนาดช่องลอดสะพาน สิ่งกีดขวางในลำน้ำ ช่วงเวลาการเกิดอุบัติเหตุ ทัศนวิสัยขณะเกิดอุบัติเหตุ ประเภทเรือ ดังแสดงในรูปที่ 1 การนำเข้าข้อมูลจะต้องปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและพิกัดภูมิศาสตร์ ข้อมูลที่สำคัญในการวิเคราะห์ความเสี่ยง ได้แก่ คน ยานพาหนะ และสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยระบบภูมิสารสนเทศจะต้องอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ที่เหมาะสมในเชิงภูมิศาสตร์ และการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติม อาทิเช่น การประมาณในค่าช่วง (Interpolation) การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Overlay Analysis) การคำนวณข้อมูลคุณลักษณะ (Field Calculate)



รูปที่ 1 การนำเข้าข้อมูลดิจิตอลของข้อมูลเชิงพื้นที่

3.1.2 การนำเข้าข้อมูลปัจจัยอันตรายภายนอกเรือ

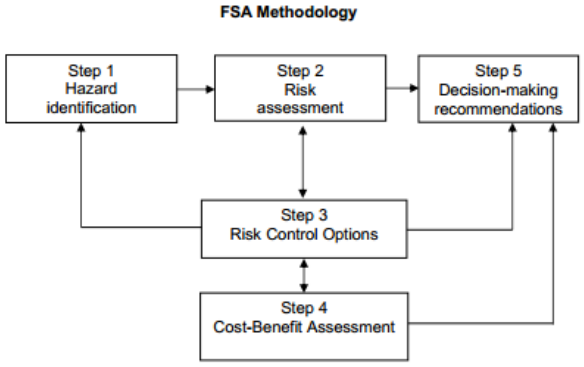
งานวิจัยนี้ทำการศึกษาปัจจัยอันตรายภายนอกเรือด้วยการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า งานวิจัยที่สำคัญในต่างประเทศได้ทำการวิเคราะห์อุบัติเหตุการขนส่งทางน้ำและดัชนีความเสี่ยงโดยอาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลอุบัติเหตุร่วมกับข้อมูลจากระบบ AIS [16] วิธีการทางสถิติที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติก (Binary Logistic Regression Analysis) [17] การแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-means clustering method) [18] เป็นต้น

จากงานวิจัยซึ่งใช้ข้อมูลอุบัติเหตุการขนส่งทางน้ำทั่วโลกตั้งแต่ปี ค.ศ. 2001 ถึง ค.ศ. 2011 และใช้วิธีการถดถอยโลจิสติก (Binary Logistic Regression Analysis) ในการสร้างแบบจำลองความรุนแรงพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางน้ำ ได้แก่ ปัจจัยด้านทัศนวิสัยหรือการมองเห็นและสภาพอากาศในขณะที่เกิดอุบัติเหตุ [17] ในขณะที่งานวิจัยที่ศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุจากสำนักงานความปลอดภัยทางทะเลแห่งยุโรปด้วยวิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-means clustering method) พบว่าปัจจัยภายนอกเรือที่สำคัญ คือ สภาพอากาศในขณะที่เกิดอุบัติเหตุเช่นกัน [18] งานวิจัยที่ได้สร้างแบบจำลองด้วยวิธีการถดถอยโลจิต (Logit regression) จากข้อมูลอุบัติเหตุของเรือประมงพาณิชย์พบว่าสภาพอากาศและประเภทของเรือที่ประสบเหตุมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ [19] นอกจากนี้งานวิจัยที่ได้ศึกษาอุบัติเหตุทางน้ำของการประมงพาณิชย์ในน่านน้ำแอตแลนติกแคนาดาที่เกี่ยวเนื่องกับสภาพอากาศสามารถยืนยันได้ว่าสภาพอากาศและทัศนวิสัยหรือการมองเห็นมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุทางน้ำ [20] อย่างไรก็ตามยังมีงานวิจัยที่กล่าวว่าช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุมีผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุเช่นกัน นอกจากช่วงเวลาแล้วยังมีประเภทของเรือ ภูมิภาค และฤดูกาล เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุทางน้ำ [21] ดังนั้นปัจจัยอันตรายภายนอกเรือที่สำคัญ ได้แก่ ปัจจัยด้านสภาพอากาศในขณะที่เกิดอุบัติเหตุ ทัศนวิสัยหรือการมองเห็นในขณะที่เกิดอุบัติเหตุ ประเภทเรือที่ประสบเหตุ และช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ

3.2 การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และจัดทำแผนที่จุดอันตราย

ขั้นตอนนี้เป็นการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของอันตรายจากข้อมูลอุบัติเหตุของกรมเจ้าท่าในการขนส่งระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564

ในแม่น้ำเจ้าพระยาและนำไปวิเคราะห์โดยจำแนกตามสาเหตุ ประเภทเรือ เวลาในการเกิดเหตุและปัจจัยอันตรายอื่นภายนอกเรือตามแนวทางการประเมินความเสี่ยงและการประเมินความปลอดภัย (Formal Safety Assessment, FSA) ขององค์กรทางทะเลระหว่างประเทศ (International Maritime Organization, IMO) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุอันตราย การประเมินความเสี่ยง การกำหนดมาตรการในการควบคุมความเสี่ยง การประเมินความคุ้มค่าเป็นเงินลงทุนและผลประโยชน์ และการกำหนดแนวทางปฏิบัติ [7] ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แนวทางการประเมินความเสี่ยงและการประเมินความปลอดภัย (Formal Safety Assessment, FSA) [7]

IMO ได้กำหนดการประเมินระดับความเสี่ยงและความรุนแรงของอุบัติเหตุการจราจรทางน้ำตามหลักเกณฑ์สากลที่เป็นมาตรฐานสำหรับใช้ทั่วโลก [7] โดยความเสี่ยงเป็นผลคูณระหว่างความน่าจะเป็น (Probability) และผลของอุบัติเหตุ (Consequences) โดย IMO (2018) กำหนดค่าความเสี่ยงไว้เป็นดัชนีความเสี่ยง (Risk Index, Ri) ซึ่งสัมพันธ์กับระดับความรุนแรง (Severity Index, SI) และดัชนีความถี่ (Frequency Index) โดยดัชนีระดับความรุนแรงกำหนดด้วยผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้ประสบเหตุ (ผู้เสียชีวิตหรือสูญหาย และผู้บาดเจ็บ) และผลที่เกิดกับเรือ (ความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์ ความเสียหายที่เกิดกับเรือ และความเสียหายต่อเรือทั้งลำ) จัดแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับความรุนแรงน้อย (ระดับที่ 1 หรือ Minor Level) ระดับรุนแรงปานกลาง (ระดับ 2 หรือ Significant Level) ระดับรุนแรง (ระดับ 3 หรือ Severe Level) และระดับรุนแรงมาก (ระดับที่ 4 หรือ Catastrophic Level) ซึ่งมีการเปรียบเทียบกับความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นมูลค่าความเสียหายเทียบเท่ากับจำนวนผู้เสียชีวิต ดัชนีความถี่กำหนดไว้ ได้แก่ ระดับ 1 ไม่ค่อยเกิด (Extremely Remote) ระดับ 3 นานครั้ง (Remote) ระดับ 5 บางครั้ง (Reasonably Probable) และระดับ 7 บ่อยครั้ง (Frequent)

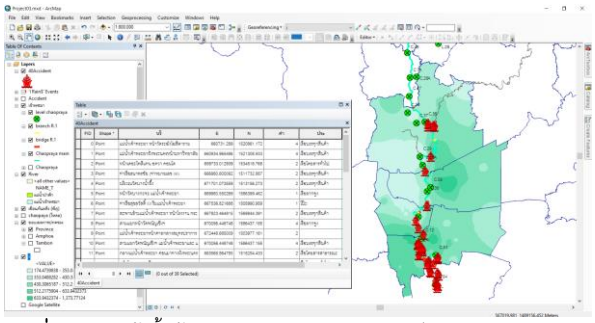
ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจสอบจุดเสี่ยงและวิเคราะห์ค่าความรุนแรงและความเสี่ยงอุบัติเหตุทางน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตามหลักเกณฑ์ของ IMO ได้จากการนำเข้าข้อมูลในที่เกี่ยวข้องซ้อนทับกันในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และคำนวณคะแนนด้วยคำสั่ง Field Calculate ระบบสามารถสืบค้นและแสดงเป็นแผนที่ความเสี่ยง (Risk Map) แผนที่ความรุนแรง (Severity Map) ตามดัชนีความรุนแรง (Risk Index) ของ IMO

4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) การนำเสนอระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำที่ได้รวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุการขนส่งทางน้ำและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2) ผลการประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของอันตรายจากอุบัติเหตุในการขนส่งในแม่น้ำเจ้าพระยาระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564

4.1 การนำเสนอระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำ

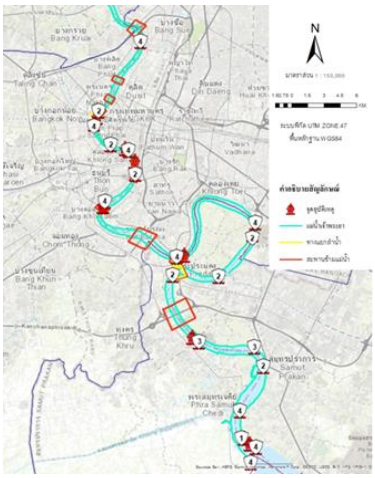
การนำเข้าชั้นข้อมูลจากหลากหลายแหล่งทั้งในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบพิกัด UTM และข้อมูลคุณลักษณะ ที่แตกต่างกันในพิกัดภูมิศาสตร์และเวลาได้ถูกปรับแก้ข้อมูลและคาดการณ์ให้ซ้อนทับและเชื่อมโยงกันได้เพื่อนำไปพัฒนาระบบประมวลผลและการวิเคราะห์ความเสี่ยงอุบัติเหตุ ดังแสดงในรูปที่ 3



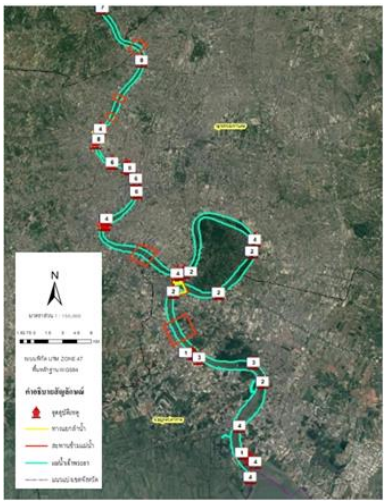
รูปที่ 3 การนำเข้าชั้นข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำ

4.2 แผนที่อันตรายในการขนส่งทางน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา

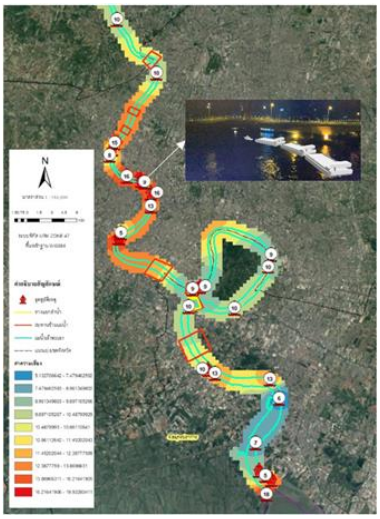
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำสามารถวิเคราะห์และสืบค้นข้อมูลจุดเสี่ยงอุบัติเหตุในแม่น้ำเจ้าพระยาได้โดยแสดงเป็นแผนที่ความรุนแรงและแผนที่ความเสี่ยงของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแม่น้ำเจ้าพระยา ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564 ตามแนวทาง FSA ขององค์กรทางทะเลระหว่างประเทศ (IMO) ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5 ผลจากการระบุอันตราย (Hazard Identification) และการประเมินความเสี่ยงโดยการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยอันตรายภายนอกเรือร่วมกับค่าคะแนนจากงานวิจัยที่สำคัญในต่างประเทศ แสดงในรูปแบบแผนที่อันตรายของการขนส่งทางน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาได้ แผนที่นี้สามารถแสดงให้เห็นถึงจุดเสี่ยงอันตรายภายนอกเรือหลากหลายประเภทพร้อมทั้งแสดงคะแนนความเสี่ยง ข้อมูลรายละเอียดความเสี่ยง สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุและคะแนนความรุนแรงของอุบัติเหตุในอดีต นอกจากนี้ยังสามารถเลือกให้แสดงภาพความจริงเสริมในรูปแบบรูปภาพหรือภาพเคลื่อนไหวได้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 4 แผนที่ความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแม่น้ำเจ้าพระยา ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564



รูปที่ 5 แผนที่ความเสี่ยงตามเกณฑ์ IMO ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแม่น้ำเจ้าพระยา ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564



รูปที่ 6 แผนที่จุดเสี่ยงอันตรายภายนอกเรือของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแม่น้ำเจ้าพระยา ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564

5. การประยุกต์ใช้ในการขนส่งทางน้ำ

การนำระบบไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนมาตรการความปลอดภัยในการขนส่งทางน้ำสามารถแบ่งได้ 3 ระยะ ได้แก่ มาตรการระยะสั้น มาตรการระยะกลาง และมาตรการระยะยาว รายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 มาตรการระยะสั้น

ระบบสามารถสนับสนุนการวางแผนเส้นทางการขนส่งในแม่น้ำเจ้าพระยา การวางแผนการติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความสะดวกทางน้ำ เช่น ป้ายบอกระดับน้ำ ทุ่นร่องน้ำ อุปกรณ์กู้ภัยเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน รวมถึงการวางแผนและฝึกซ้อมการจัดการเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถจำลองสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุเพื่อควบคุมความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุหรือจำลองเส้นทางการเดินเรือเพื่อทดสอบเส้นทางที่ปลอดภัย

5.2 มาตรการระยะกลาง

ระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลพร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการตรวจสอบและติดตามความเสื่อมของท่าเรือและเรือ การติดตามการบำรุงรักษาในหลากหลายด้านไม่ว่าจะเป็นการขุดลอกร่องน้ำ การผันน้ำ และการจัดการอบรมด้านความปลอดภัยให้บุคลากรที่เกี่ยวข้อง เช่น คนขับเรือ ประชาชนทั่วไปหรือบุคคลากรที่เกี่ยวข้องกับการจราจรทางน้ำ รวมทั้งหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมเจ้าท่า รวมทั้งสามารใช้ในการวางแผนการแก้ปัญหาเรือน้ำหนักบรรทุกเกินโดยการเพิ่มจำนวนเที่ยวเรือ

5.3 มาตรการระยะยาว

ระบบสามารถช่วยสนับสนุนการจัดทำนโยบายเพื่อความปลอดภัยในการจราจรทางน้ำ การออกกฎหมายเกี่ยวกับการเดินเรือและจัดเก็บรวบรวมเป็นฐานข้อมูลเพื่อนำไป ยกระดับกระบวนการและมาตรการในการจัดการความเสี่ยงในการขนส่งทางน้ำ

6. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางน้ำเพื่อประเมินความรุนแรงและจัดทำแผนที่จุดอันตราย ผลงานวิจัยในการพัฒนาระบบประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูล การนำเข้าข้อมูล การปรับแก้ข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ ข้อมูลคุณลักษณะ และการเชื่อมโยงข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานและข้อมูลอุบัติเหตุ จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ความรุนแรงเพื่อวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแม่น้ำเจ้าพระยา ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2564 และวิเคราะห์จุดเสี่ยงอันตรายภายนอกเรือตามหลักการ FSA ของ IMO และค่าคะแนนจากงานวิจัยที่สำคัญในต่างประเทศ เช่น การวิเคราะห์ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติก (Binary Logistic Regression Analysis) การแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-means clustering method) ทั้งนี้ควรมีการกำหนดมาตรการในการลดความเสี่ยงของอุบัติเหตุทางน้ำต่อไป เช่น การจัดทำมาตรการระยะ

สั้น มาตรการระยะกลาง และมาตรการระยะยาว ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงในการขนส่งทางน้ำที่อาจส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสาขาวิชาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหาร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุทางน้ำที่เกิดขึ้นในแม่น้ำเจ้าพระยาและโครงการคมนาคมทางน้ำจากกรมเจ้าท่า ข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานและโครงการคมนาคมทางบกจากกรมทางหลวง

เอกสารอ้างอิง

[1] กลุ่มสถิติวิเคราะห์ สำนักแผนงาน กรมเจ้าท่า. (2565). *ข้อมูลเศรษฐกิจการขนส่งทางน้ำเฉพาะแห่งบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาและป่าสัก ปี 2564 ปีงบประมาณ 2565*.

[2] United Nations (2022). *Review of Maritime Transport United Nations Publications*, pp.xix.

[3] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2561). *ยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580)*. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ หน้า 28 และหน้า 55.

[4] Rungjang, K., Pakpoom, P. (2019) GIS Based Monitoring Tool to Analyze Inland Waterway Accidents in Thailand. *Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 13, pp.1034-1044.

[5] K. Rungjang, P., Pakpoom, P. (2015) Severity of Marine Accidents in Thailand. *the 7 th regional symposium on infrastructure development*, pp.212-215..

[6] Mazaheri, A., Montewka, J., Kujala, P. (2016) Towards an evidence-based probabilistic risk model for ship-grounding accidents. *Saf Sci*, 86, pp.195–210.

[7] International Maritime Organization (2018). *Revised guidelines for Formal Safety (FSA) for use in the IMO rule-making process*, Msc-Mepc.2/Circ.12/Rev.2

[8] Hu, X.R., Yang, Z.B., (2008). Some view and suggestion on the operation of VTS in China. *China Maritime, Maritime Workshop,* 1, pp.51-54.

[9] Mou, J.M., Zhou, C., Du, Y., Tang, W.M. (2015). Evaluate VTS benefits: A case study of Zhoushan Port. *International Journal of 1e-Navigation and Maritime Economy,* 3, pp.22-31

[10] Ziyang, Z. (2016). *A Critical Review of Existing Chinese Maritime Surveillance Capability: Research on Developing an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Maritime Surveillance System for China MSA*. World Maritime University, China.

[11] กรมอุทกศาสตร์. (2557). *ระบบควบคุมติดตามระยะไกลและสารสนเทศเครื่องหมายทางเรือ*.

[12] International Maritime Organization (2008a). *Establishment of the International LRIT Data Exchange on a Interim Basis*, (MSC.264(84)).

[13] International Maritime Organization (2008b). *Revised Performance Standards and Functional Requirements for the Long-Range Identification and Tracking of Ships*. (MSC.263(84)).

[14] สำนักงานควบคุมการจราจรและความปลอดภัยทางทะเล กรมเจ้าท่า. (2563). *การแจ้งและรับข่าวแก่เรือที่ติดตั้งระบบ LRIT*.

[15] Milgram, P., Kishino, F. (1994) A Taxonomy of Mixed Reality Virtual Displays. *IEICE Transactions on Information System*, E77-D(12), pp.1321-1329.

[16] Bye, R., Aalberg, A. (2018). Maritime navigation accidents and risk indicators: An exploratory statistical analysis using AIS data and accident reports. *Reliability Engineering and System Safety*, 176, pp.174-186.

[17] Weng, J., Yang, D. (2015). Investigation of shipping accident injury severity and mortality. *Accident Analysis and Prevention*, 76, pp.92-101.

[18] Lema, E., Papaioannou, D., Vlachos, G. (2014). Investigation of coinciding shipping accident factors with the use of partitional clustering methods. *In Proceedings of the 7th international conference on pervasive technologies related to assistive environments,* pp.42 ACM.

[19] Jin, D., Thunberg, E. (2005). An analysis of fishing vessel accidents in fishing areas off the northeastern United States. *Safety Science*, 43, pp.523-540.

[20] Rezaee, S., Pelot, R., Ghasemi, A. (2016). The effect of extreme weather conditions on commercial fishing activities and vessel incidents in Atlantic Canada. *Ocean & Coastal Management,* 130, pp.115-127.

[21] Heij, C., Knapp, S. (2015). Effects of wind strength and wave height on ship incident risk: Regional trends and seasonality, *Transportation Research Part D,* 37, pp.29-39.