

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออุบัติเหตุจราจรปี พ.ศ. 2565 ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลกฎความสัมพันธ์

Analysis of Factors Influencing Traffic Accidents in 2022: A Data Mining Approach Using Apriori Algorithm

ประจักษ์ เจริญ (Prajak Chertchom)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., คณะเศรษฐศาสตร์และบริการธุรกิจ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา

Asst. Prof. Dr., Faculty of Economics and Business Services Thaksin University, Songkhla

E-mail: prajak.c@tsu.ac.th

Received: 19 April 2024

Revised: 18 June 2024

Accepted: 24 June 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่ออุบัติเหตุจราจรในปี พ.ศ. 2565 โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลอัลกอริทึมอปริออริ (Apriori Algorithm) เพื่อการทำความเข้าใจสาเหตุที่แท้จริงของอุบัติเหตุ การศึกษานี้ใช้ชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุจราจรจำนวน 20,033 แถว (Rows) ประกอบไปด้วย 6 ตัวแปร (Attributes) สำหรับการทำนายปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจราจร ได้แก่ ลักษณะทางที่เกิดเหตุ มูลเหตุสันนิษฐาน พฤติกรรมของผู้ขับขี่ สภาพอากาศและคุณลักษณะของยานพาหนะ การค้นพบเผยให้เห็นรูปแบบและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ได้แก่ กฎความสัมพันธ์ที่หนึ่งเท่ากับ 6,461 ครั้งเกิดจากยานพาหนะพลิกคว่ำและตกถนนในถนนเส้นทางตรง กฎความสัมพันธ์ที่สองเท่ากับ 4,998 ครั้ง เกิดจากการพลิกคว่ำและตกถนนในถนนเส้นทางตรงและทัศนวิสัยแจ่มใสและกฎความสัมพันธ์ที่ 3 เท่ากับ 5,192 ครั้ง เกิดจากการขับรถเร็วเกินกำหนด การพลิกคว่ำและตกถนนในถนนเส้นทางตรงและทัศนวิสัยแจ่มใส โดยค่าความเชื่อมั่นของโมเดลการทำนายเท่ากับ 94 % (Conf. =0.94) ซึ่งสรุปได้ว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากความประมาทและขับรถเร็วเกินอัตรากฎหมายกำหนด งานวิจัยนี้สามารถนำเสนอต่อผู้กำหนดนโยบายและการใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการดึงข้อมูลที่มีค่าจากชุดข้อมูลขนาดใหญ่ นำไปสู่การตัดสินใจเพื่อกำหนดนโยบายลดสาเหตุของอุบัติเหตุจราจร

คำสำคัญ: อุบัติเหตุจราจร, อัลกอริทึมอปริออริ, เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล, กฎความสัมพันธ์

Abstract

This study investigates the factors influencing traffic accidents in 2022 by employing the Apriori Algorithm, a data mining technique. The aim is to understand the fundamental reasons behind accidents, thereby enhancing road safety measures. The research utilizes a dataset pertaining to traffic accidents in 2022, encompassing 20,033 records and six variables. These variables, including scene characteristics, presumptive causes, driver behavior, weather conditions, and vehicle characteristics, are crucial for predicting significant factors contributing to traffic accidents. The findings reveal patterns and relationships among these variables. Notably, the first association rule indicates a frequency of 6,461 instances, identifying rollovers and falls off straight roads as the primary cause. The second association rule, with a frequency of 4,998 occurrences, links rollovers and falls from straight roads to clear visibility. The third association rule, with a frequency of 5,192 instances, associate's accidents with speeding, resulting in rollovers and falls off straight roads under clear visibility. The average confidence value is 94% (Conf. = 0.94), suggesting that most accidents are due to negligence and excessive speeding. These insights can be presented to policymakers, demonstrating the effectiveness of data mining techniques in extracting valuable information from large and complex datasets. The knowledge derived from this research can inform decision-making processes aimed at establishing policies to mitigate the root causes of traffic accidents.

Keywords: Traffic Accidents, Apriori Algorithm, Data Mining Techniques, Association Rules

บทนำ

อุบัติเหตุทางถนนเป็นปัญหาทางสังคมและเศรษฐกิจสำคัญที่สุดในประเทศ เช่น การเสียชีวิตหรือบาดเจ็บของบุคคลในวัยทำงานจากอุบัติเหตุทางถนนทำให้ประเทศสูญเสียแรงงานที่มีศักยภาพ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการผลิตและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ และการรักษาพยาบาลผู้บาดเจ็บจากอุบัติเหตุทางถนนมีค่าใช้จ่ายสูง รวมถึงการรักษาในระยะยาวสำหรับผู้ที่มีภาวะทุพพลภาพ ซึ่งเพิ่มภาระทางการเงินทั้งต่อบุคคล ครอบครัวและรัฐ ถนนในประเทศไทยถือเป็นพื้นที่ที่มีการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุสูงสุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเป็นอันดับหนึ่งในโลกตามรายงานขององค์การอนามัยโลก โดยในปี พ.ศ. 2562 มีจำนวนอุบัติเหตุ 29,319 ครั้งและมีคนเสียชีวิตในอุบัติเหตุทางถนน 8,673 รายหรือประมาณ 723 รายต่อเดือน (รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของกระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2562, หน้า 7) ในขณะที่มีมาตรการจำนวนมากจากรัฐบาลเพื่อลดจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน แต่สถานการณ์ก็ยังไม่แสดงให้เห็นถึงการดีขึ้น หน่วยงานภาครัฐจำเป็นต้องมีฐานข้อมูลที่ระบบและครอบคลุมเพื่อตัดสินใจถึงสาเหตุของอุบัติเหตุทางถนนอย่างแม่นยำ จำนวนอุบัติเหตุในประเทศไทยปีพุทธศักราช (พ.ศ.) 2562 ถึงปี

พุทธศักราช 2565 โดยปี พ.ศ. 2562 เกิดอุบัติเหตุ 29,319 ครั้ง ปี พ.ศ. 2563 เท่ากับ 33,097 ครั้ง ปี พ.ศ. 2564 เท่ากับ 31,083 ครั้งและปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 32,372 ครั้งตามลำดับ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2567) ข้อมูลนี้แสดงข้อมูลอุบัติเหตุที่มีในประเทศไทยโดยมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการใช้มาตรการด้านความปลอดภัยหรือการปรับปรุงการสื่อสารที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการลดยุติเหตุในแต่ละปี โดยไม่ได้มีการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง โดยข้อมูลแสดงจำนวนอุบัติเหตุในปี พ.ศ. 2563 มีการเพิ่มขึ้นจาก พ.ศ. 2562 จำนวนเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3,378 ครั้ง แต่กลับลดลงในปี พ.ศ. 2564 มีอุบัติเหตุลดลงจาก 33,097 ครั้ง เป็น 31,083 ครั้ง จำนวนที่ลดลงเท่ากับ 2,014 ครั้ง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในปี 2565 มีอุบัติเหตุเพิ่มขึ้นอีกครั้งจาก 31,083 ครั้ง เป็น 32,372 ครั้ง จำนวนเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1,289 ครั้ง ตัวเลขนี้ชี้ให้เห็นว่ามีความท้าทายในการลดยุติเหตุในการจัดการความปลอดภัยและวิเคราะห์หาสาเหตุเกี่ยวกับกลยุทธ์การป้องกันและลดยุติเหตุในอนาคตจากข้อมูลเชิงลึกโดยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล โดยทั่วไปอุบัติเหตุทางถนนเกิดขึ้นจากสาเหตุ 3 ประการ คือความผิดพลาดของมนุษย์ ยานพาหนะ และท้องถนนจากการศึกษา 833 กรณีพบว่าสาเหตุหลักของอุบัติเหตุทางถนนเกี่ยวข้องกับปัจจัยทางถนน เช่น อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยทางถนน ทางลาด บ้ายเตือน และป้ายจราจร ในขณะที่เดียวกันพื้นที่ที่ไม่ดีและสภาพอากาศเลวร้ายก็เป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่ทำให้อุบัติเหตุทางถนนมีความรุนแรงมากขึ้น (TDRI, 2024) แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลอัลกอริทึมอพริโอรี (Apriori Algorithm) เพื่อการทำความเข้าใจสาเหตุที่แท้จริงของอุบัติเหตุที่แท้จริง จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ทราบสาเหตุที่แท้จริงด้านหนึ่งหรือการค้นหาคำตอบจากข้อมูลที่เก็บโดยศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

ทบทวนวรรณกรรม

การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) เป็นกระบวนการในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ที่แตกต่างไปจากสถิติแบบดั้งเดิมที่ใช้กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งกระบวนการการทำเหมืองข้อมูลคือการวิเคราะห์เพื่อค้นหารูปแบบ แนวโน้มหรือข้อมูลเชิงลึกอันมีค่าจากชุดข้อมูลขนาดใหญ่โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ จากอัลกอริทึม (Algorithm) ทางคณิตศาสตร์ผ่านการจัดการฐานข้อมูลและการเรียนรู้ของเครื่อง (Han et al., 2012, p. 12) ซึ่งเรียกว่ากระบวนการมาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับการทำเหมืองข้อมูล (CRISP-DM) ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์กที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ขั้นตอนสำคัญที่เกี่ยวข้องกับ CRISP-DM ประกอบด้วยหกขั้นตอนหลักคือ 1. การทำความเข้าใจทางธุรกิจ (Business Understanding) 2. การรวบรวมข้อมูลเริ่มต้น (Collect Initial Data) 3. การทำความสะอาดข้อมูล (Clean Data) 4. การเลือกเทคนิคการสร้างแบบจำลอง (Select Modeling Technique) 5. การประเมินผลลัพธ์ (Evaluate Results) และ 6. การนำไปปรับใช้ (Plan Deployment) (Chapman et al., 2018; Plotnikova et al., 2022, p. 139) สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคเหมืองข้อมูลอัลกอริทึมอพริโอรี (Apriori Algorithm) ซึ่งเป็นเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลที่ใช้สำหรับการค้นหากลุ่มการเชื่อมโยงในฐานข้อมูล ซึ่งพัฒนาและแนะนำโดย Rakesh Agrawal และ Ramakrishnan Srikant จาก

บทความวิจัยเรื่อง "Fast Algorithms for Mining Association Rules" ซึ่งตีพิมพ์ในปี 1994 อัลกอริทึม (Algorithm) นี้เหมาะสำหรับการค้นหาความสัมพันธ์หรือการเชื่อมโยงที่น่าสนใจระหว่างชุดของรายการในชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งใช้กันทั่วไปในประเภทของชุดข้อมูลที่หลากหลาย เช่น การวิเคราะห์ระบบตะกร้าตลาด (Market Basket Analysis) (Aguinis & Joo, 2013) ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อค้นหารูปแบบของการเกิดขึ้นร่วมในข้อมูลธุรกรรม เทคนิคเหมืองข้อมูลอัลกอริทึมอปริออริทำงานโดยการระบุชุดรายการที่พบบ่อยซ้ำ ๆ ในชุดข้อมูลที่ปรากฏขึ้นพร้อมกันในธุรกรรมที่มีความถี่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (Dongre et al., 2014) จากนั้นชุดข้อมูลที่พบบ่อยเหล่านี้จะถูกใช้เพื่อสร้างกฎการเชื่อมโยงที่เน้นความสัมพันธ์ระหว่างแอตทริบิวต์ (Attributes) และชุดไอเท็ม (Item Set) (Sucharittam, 2021, p. 27)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ในข้อมูลอุบัติเหตุปี พ.ศ. 2562 โดยใช้การทำเหมืองข้อมูลด้วยเทคนิคกฎความสัมพันธ์อัลกอริทึมอปริออริ (Association Rule Mining: Apriori Algorithm)

วิธีดำเนินการวิจัย

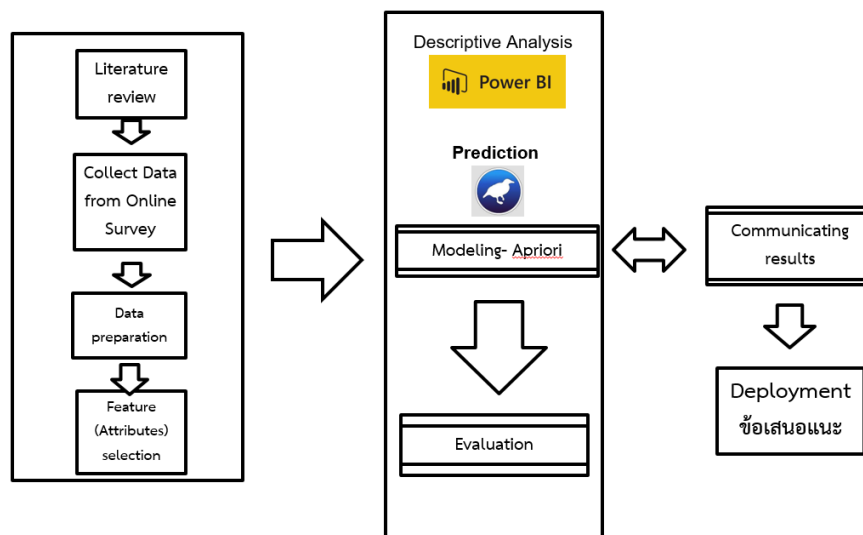
1. ข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยคือข้อมูลอุบัติเหตุบนโครงข่ายถนนของกระทรวงคมนาคม ประกอบด้วย อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนถนนทางหลวง ทางหลวงชนบท และทางด่วน จากศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้มาจากเว็บไซต์ <https://datagov.mot.go.th/dataset/roadaccident> จำนวน 20,033 แถว (Rows) และ 37 แอตทริบิวต์ (Attributes)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือที่ทันสมัยและหลากหลายเพื่อดำเนินการวิจัยทางด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและเหมืองข้อมูล โดยใช้ Power BI ใช้สำหรับการวิเคราะห์และสร้างรายงานข้อมูลเบื้องต้นเชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) และ WEKA ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการทำ Data Mining และ Machine Learning

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและเทคนิคที่ใช้ หลังจากดาวน์โหลดข้อมูลจากศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไปแล้ว ในขั้นตอนแรกผู้วิจัยได้ทำการเตรียมข้อมูลและคัดเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้ เนื่องจากข้อมูลมีรูปแบบที่ยังไม่สามารถวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือการทำเหมืองข้อมูลได้ จึงต้องมีการเตรียมข้อมูลให้เป็นไปตามรูปแบบมาตรฐานเดียวกัน และคัดเลือกเฉพาะข้อมูลที่สมบูรณ์และรูปแบบถูกต้อง ครบถ้วน และลดความหลากหลายของข้อมูล ได้แก่ขั้นตอนการเปลี่ยนรูปข้อมูล (Data Transformation) การลดขนาดของข้อมูล (Data Reduction) และการทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) โดยจำนวนข้อมูลที่ใช้คือข้อมูลอุบัติเหตุปี พ.ศ. 2565 จำนวน 20,033 แถวและ 6 แอตทริบิวต์ (Attributes) ประกอบไปด้วย ประเภทของรถ (CarType) บริเวณที่เกิดเหตุ/ ลักษณะทาง (IncidentScence) มูลเหตุสันนิษฐาน (Assumption) ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ (IncidentTyper) สภาพอากาศ (Climate) ผู้เสียชีวิต (Fatality) และนำข้อมูลที่ได้คัดเลือกแล้ว

จากขั้นตอนที่ผ่านมา วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Weka และด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลอัลกอริทึมอพริโอริ (Apriori Algorithm) (Harun et al., 2017, p. 763, Yuan, 2017)

4. กรอบแนวคิดการทำวิจัย (Research Framework)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย (Research Framework)

ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดงานวิจัย (Research Framework) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา โดยกระบวนการนี้สามารถอธิบายได้ดังนี้ (Tiwari, Dixit, & Kesharwani, 2017)

ส่วนที่ 1: การรวบรวมและเตรียมข้อมูล (Data Collection and Preparation) Literature Review (การทบทวนวรรณกรรม) เริ่มต้นด้วยการทบทวนวรรณกรรม เพื่อศึกษาผลงานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่แล้ว ทำให้เข้าใจถึงพื้นฐานและบริบทของปัญหาที่จะศึกษา รวมถึงแนวทางวิจัยที่เคยมีการใช้งานมาก่อน

Collect Data from Online Survey (การเก็บข้อมูลจากแบบสำรวจออนไลน์) โดยรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจออนไลน์ ซึ่งอาจเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพที่ได้จากผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับอุบัติเหตุทางถนน พฤติกรรมการขับขี่ เป็นต้น

Data Preparation (การเตรียมข้อมูล) เตรียมข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ซึ่งรวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูล การแก้ไขข้อมูลที่ขาดหายหรือผิดพลาด และการจัดรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์

Feature (Attributes) Selection (การเลือกคุณลักษณะ) คือคัดเลือกคุณลักษณะหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา เช่น สภาพถนน สภาพอากาศ พฤติกรรมการขับขี่ เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์และสร้างโมเดล

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์และทำนายผล (Analysis and Prediction)

Descriptive Analysis (การวิเคราะห์เชิงพรรณนา) คือการใช้เครื่องมืออย่าง Power BI ในการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างรายงานเชิงพรรณนา เพื่อให้เห็นภาพรวมและแนวโน้มของข้อมูล เช่น การแจกแจงความถี่ การหาค่าเฉลี่ย และการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบกราฟิก

Modeling - Apriori (การสร้างโมเดลด้วย Apriori Algorithm) ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) เช่น อัลกอริทึม Apriori ในการสร้างโมเดลเพื่อทำนายผลลัพธ์จากข้อมูลที่เตรียมไว้ โมเดลนี้ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ

Evaluation (การประเมินผล) ประเมินประสิทธิภาพของโมเดลที่สร้างขึ้น เพื่อดูว่ามีความแม่นยำและสามารถนำไปใช้งานได้จริงหรือไม่ เช่น การตรวจสอบค่า Confusion Matrix หรือการคำนวณค่าความถูกต้อง (Accuracy)

ส่วนที่ 3: การสื่อสารผลการศึกษาและนำไปประยุกต์ใช้ (Communicating Results and Deployment)

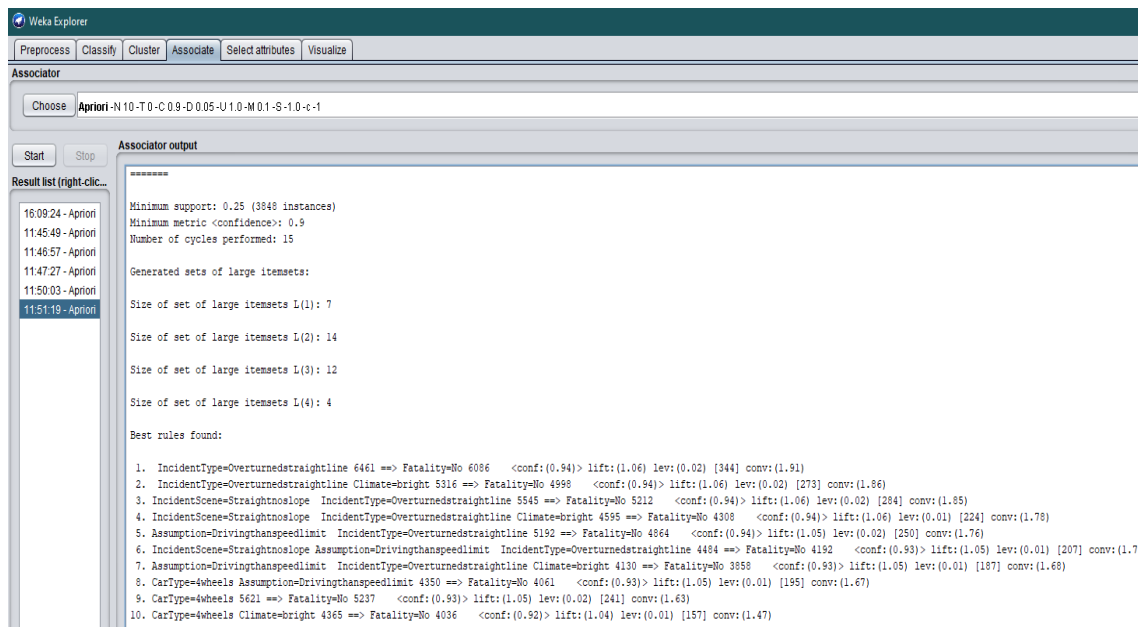
Communicating Results (การสื่อสารผลการศึกษา) คือการสื่อสารผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์และการทำนายให้กับผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น นักวิจัย ผู้กำหนดนโยบาย หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยใช้การรายงานและการนำเสนอผลในรูปแบบที่เข้าใจง่าย

Deployment (การนำไปประยุกต์ใช้) คือนำเสนอข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ไขปัญหาที่ได้รับจากผลการวิจัย เช่น การปรับปรุงนโยบายด้านความปลอดภัยบนท้องถนน การเพิ่มมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ และการให้ความรู้แก่ประชาชน

กรอบแนวคิดนี้แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนที่เป็นระบบในการดำเนินงานวิจัย ตั้งแต่การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ ไปจนถึงการสื่อสารผลการวิจัยและการนำไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลอัลกอริทึมอพริโอรี (Apriori Algorithm)



ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลอัลกอริทึมอพริโอรี (Apriori Algorithm)

จากภาพที่ 2 แสดงผลการเชื่อมโยงที่สร้างขึ้นโดยอัลกอริทึม Apriori เงื่อนไขต่าง ๆ แต่ละกฎแสดงถึงการเชื่อมโยงที่ค้นพบระหว่างแอตทริบิวต์ที่แตกต่างกันในชุดข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กฎการเชื่อมโยงที่สร้างขึ้นโดยอัลกอริทึม Apriori

กฎ ประเภทเหตุการณ์	ความหมาย	ค่า lift	ค่า lev:(x.xx) [xxx] conv:(x.xx)
ข้อที่ 1 IncidentType=Overturnedstraightline 6,461 ==> Fatality=No 6,086 lift:(1.06) lev:(0.02) [344] conv:(1.91)	อุบัติเหตุเกิดจากการพลิก คว่ำบนถนนเส้นตรง เท่ากับ 6,461 ครั้ง==>และ ไม่มีการการเสียชีวิตเท่ากับ 6,086 ครั้ง ที่ระดับความ เชื่อมั่น (conf.) เท่ากับ 94%	ค่า lift:(1.06) แสดง ให้เห็นความสัมพันธ์ เชิงบวกเล็กน้อย ซึ่งหมายความว่า เหตุการณ์ก่อนหน้า จะเพิ่มโอกาสที่จะ เกิดผลที่ตามมาขึ้น 6% ("เส้นตรง	ค่า lev: (0.02) [344] conv:(1.91) แสดงถึง ความแตกต่าง ระหว่างความถี่ที่ สังเกตได้และความถี่ ที่คาดหวัง หากเหตุการณ์ก่อน หน้าและผลที่ตามมา

กฎ ประเภทเหตุการณ์	ความหมาย	ค่า lift	ค่า lev:(x.xx) [xxx] conv:(x.xx)
		ก่อให้เกิดการพลิกคว่ำ" และเหตุการณ์ที่ตามมา (การเสียชีวิต = "ไม่ใช่")	เป็นอิสระจากกัน ตัวเลขในวงเล็บเหลี่ยม [344] คือ ส่วนสนับสนุนซึ่งบ่งชี้ว่ากฎเกิดขึ้นในชุดข้อมูลบ่อขเพียงใดที่ระดับความเชื่อมั่น (conv) = 1.91 แสดงให้เห็นว่าผลที่ตามมาขึ้นอยู่กับการไม่มีเหตุการณ์ก่อนหน้ามากเพียงใด ค่าที่สูงกว่าบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ที่มาก
ข้อที่ 2 IncidentType=Overturnedstraightline Climate=bright 5316 ==> Fatality=No 4998 <conf:(0.94)> lift:(1.06) lev:(0.02) [273] conv:(1.86)	อุบัติเหตุเกิดจากพลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงเท่ากับ 5,316 ครั้ง==> และไม่มี การการเสียชีวิตเท่ากับ 4,998 ครั้ง ที่ระดับความเชื่อมั่น (conf.) เท่ากับ 94%	ความหมายเดียวกับ กฎข้อ 1 เหตุการณ์ก่อนหน้าจะเพิ่มโอกาสที่จะเกิดผลที่ตามมาขึ้น 2 %	ความหมายเดียวกับ กฎข้อ 1 [273] คือ ส่วนสนับสนุนซึ่งบ่งชี้ว่ากฎเกิดขึ้นในชุดข้อมูลบ่อขเพียงใดที่ระดับความเชื่อมั่น (conv) = 1.86
ข้อที่ 3 IncidentScene=Straitnoslope IncidentType=Overturnedstraightline 5545 ==> Fatality=No 5212 <conf:(0.94)> lift:(1.06) lev:(0.02) [284] conv:(1.85)	อุบัติเหตุเกิดจากทางตรงไม่ลาดชันและจากพลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงเท่ากับ 5,545 ครั้ง==> และ ไม่มีการการเสียชีวิตเท่ากับ 5,212 ครั้ง ที่ระดับความเชื่อมั่น (conf.) เท่ากับ 94%	ความหมายเดียวกับ กฎข้อ 1 เหตุการณ์ก่อนหน้าจะเพิ่มโอกาสที่จะเกิดผลที่ตามมาขึ้น 2 %	ความหมายเดียวกับ กฎข้อ 1 [284] คือ ส่วนสนับสนุนซึ่งบ่งชี้ว่ากฎเกิดขึ้นในชุดข้อมูลบ่อขเพียงใดที่ระดับความเชื่อมั่น (conv) = 1.85
ข้อที่ 4 IncidentScene=Straitnoslope IncidentType=Overturnedstraightline Climate=bright 4595 ==> Fatality=No 4308 <conf:(0.94)> lift:(1.06) lev:(0.01) [224] conv:(1.78)	อุบัติเหตุเกิดจากทางตรงไม่ลาดชันและจากพลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงและอากาศแจ่มใสเท่ากับ 4,595 ครั้ง==> และ ไม่มีการการ	ความหมายเดียวกับ กฎข้อ 1 เหตุการณ์ก่อนหน้าจะเพิ่มโอกาสที่จะเกิดผลที่ตามมาขึ้น 1 %	ความหมายเดียวกับ กฎข้อ 1 [224] คือ ส่วนสนับสนุนซึ่งบ่งชี้ว่ากฎเกิดขึ้นในชุดข้อมูลบ่อข

กฎ ประเภทเหตุการณ์	ความหมาย	ค่า lift	ค่า lev:(x.xx) [xxx] conv:(x.xx)
	เสียชีวิตเท่ากับ 4,308 ครั้ง ที่ระดับความเชื่อมั่น (conf.) เท่ากับ 94%		เพียงใดที่ระดับความ เชื่อมั่น (conv) = 1.78
ข้อที่ 5 Assumption=Drivingthanspeedlimit IncidentType=Overturnedstraightline 5192 ==> Fatality=No 4864 <conf:(0.94)> lift:(1.05) lev:(0.02) [250] conv:(1.76)	อุบัติเหตุเกิดจากขับเร็วเกิน อัตรากำหนด และจากพลิก คว่ำบนถนนเส้นตรง เท่ากับ 5,192 ครั้ง==> และ ไม่มีการการเสียชีวิตเท่ากับ 4,864 ครั้ง ที่ระดับความ เชื่อมั่น (conf.) เท่ากับ 94%	ความหมายเดียวกับ กฎข้อ 1 เหตุการณ์ ก่อนหน้าจะเพิ่ม โอกาสที่จะเกิดผลที่ ตามมาขึ้น 5 %	ความหมายเดียวกับ กฎข้อ 1 [250] คือ ส่วนสนับสนุน ซึ่งบ่งชี้ว่ากฎเกิดขึ้น ในชุดข้อมูลบ่อย เพียงใดที่ระดับความ เชื่อมั่น (conv) = 1.76

ตารางข้อมูลนี้นำเสนอการวิเคราะห์อุบัติเหตุจากการพลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงและปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

กฎข้อที่ 1 อุบัติเหตุจากการพลิกคว่ำบนถนนเส้นตรง 6,461 ครั้งส่งผลให้ไม่มีการเสียชีวิต 6,086 ครั้ง ที่ความเชื่อมั่น 94% ค่า lift 1.06 บ่งชี้ว่าโอกาสเกิดการเสียชีวิตลดลงเล็กน้อย (6%) จากเหตุการณ์นี้ ค่า lev 0.02 แสดงความแตกต่างระหว่างความถี่ที่คาดหวังและสังเกตได้ ส่วนสนับสนุนคือ 344 มีค่า confidence 1.91

กฎข้อที่ 2 อุบัติเหตุจากการพลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงในสภาพอากาศแจ่มใส 5,316 ครั้ง ไม่มีการเสียชีวิต 4,998 ครั้ง ที่ความเชื่อมั่น 94% ค่า lift 1.06 แสดงถึงโอกาสที่ผลลัพธ์จะเกิดขึ้นเช่นเดียวกับกฎข้อที่ 1 มีส่วนสนับสนุน 273 และค่า confidence 1.86

กฎข้อที่ 3 อุบัติเหตุจากถนนตรงไม่ลาดชันและพลิกคว่ำบนถนนเส้นตรง 5,545 ครั้ง ไม่มีการเสียชีวิต 5,212 ครั้ง ที่ความเชื่อมั่น 94% ค่า lift 1.06 บ่งชี้ว่าโอกาสการเสียชีวิตลดลงเช่นเดียวกับกฎข้อที่ 1 มีส่วนสนับสนุน 284 และค่า confidence 1.85

กฎข้อที่ 4 อุบัติเหตุจากถนนตรงไม่ลาดชัน, พลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงและอากาศแจ่มใส 4,595 ครั้ง ไม่มีการเสียชีวิต 4,308 ครั้ง ที่ความเชื่อมั่น 94% ค่า lift 1.06 บ่งชี้ถึงความสัมพันธ์เล็กน้อยกับการลดโอกาสการเสียชีวิต มีส่วนสนับสนุน 224 และค่า confidence 1.78

กฎข้อที่ 5: อุบัติเหตุจากการขับเร็วเกินกำหนดและพลิกคว่ำบนถนนเส้นตรง 5,192 ครั้ง ไม่มีการเสียชีวิต 4,864 ครั้ง ที่ความเชื่อมั่น 94% ค่า lift 1.05 แสดงถึงการลดโอกาสการเสียชีวิต 5% จากการขับเร็ว มีส่วนสนับสนุน 250 และค่า confidence 1.76

ทั้งหมดนี้แสดงถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับการเกิดอุบัติเหตุและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น โดยการใช้ค่า lift, lev และ confidence เป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สรุปผล

กฎการเชื่อมโยงที่สร้างขึ้นโดยอัลกอริทึม Apriori ทั้ง 5 ข้อระบุถึงความสัมพันธ์ของอุบัติเหตุเกิดจากการพลิกคว่ำของยานพาหนะบนถนนเส้นตรง และไม่มีผู้เสียชีวิต ระดับความเชื่อมั่น 94% การค้นพบนี้ชี้ให้เห็นถึงรูปแบบที่สอดคล้องกัน ซึ่งเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการพลิกคว่ำของยานพาหนะบนถนนทางตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพอากาศที่สดใสและเมื่อขับรถเร็วกว่าอัตรากำหนด ซึ่งทางภาครัฐและผู้ดูแลด้านการจราจรควรมุ่งเน้นการบังคับใช้กฎจราจรที่เกี่ยวกับการจำกัดความเร็วและให้ความรู้ด้านความปลอดภัยทางถนนเพื่อลดเหตุการณ์รถพลิกคว่ำบนถนนทางตรง

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

เมื่อเจาะลึกในข้อมูลทางสถิติด้านอื่นประกอบพบว่าอุบัติเหตุเกิดจากบนถนนเส้นตรงนั้นมีสาเหตุที่ทำให้สำคัญคือขับรถเร็วเกินอัตรากำหนด 3,184 เหตุการณ์ เกิดจากคนหรือรถหรือสัตว์ตัดหน้า กระชั้นชิด และมาด้วยความเร็วจึงก่อให้เกิดอุบัติเหตุ 608 เหตุการณ์ นอกจากนี้ถนนเส้นตรงก่อให้เกิดการหลับใน และเกิดการฝ่าฝืนสัญญาณไฟและเครื่องหมายจราจรเพราะหยุดห่างรถไม่ทัน

1. ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์พลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงและการไม่มีผู้เสียชีวิต

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยผลการวิจัยพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกเล็กน้อยระหว่างเหตุการณ์พลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงกับการไม่มีผู้เสียชีวิต ค่า lift ของกฎนี้อยู่ที่ 1.06 และความเชื่อมั่น (Confidence) อยู่ที่ 94% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเหตุการณ์พลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงมักไม่ค่อยส่งผลให้เกิดการเสียชีวิต

ข้อคิดเห็น สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เหตุการณ์พลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงมีความเกี่ยวข้องกับการไม่มีผู้เสียชีวิตอาจเป็นเพราะการพลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงอาจเกิดขึ้นที่ความเร็วต่ำ หรือเกิดในลักษณะที่ไม่รุนแรงพอที่จะก่อให้เกิดการเสียชีวิต อีกประการหนึ่งอาจเป็นเพราะผู้ขับขี่มีโอกาสเตรียมตัวหรือปรับตัวเพื่อลดความเสี่ยงได้มากกว่าในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุบนถนนที่มีความลาดชันหรือโค้ง

การสนับสนุนจากงานวิจัยผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาโดย Theofilatos & Yannis, (2014) ที่พบว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนถนนที่มีเส้นตรงมักมีโอกาสทำให้เกิดการบาดเจ็บหรือการเสียชีวิตที่น้อยกว่าบนถนนที่มีความลาดชันหรือโค้ง เนื่องจากผู้ขับขี่มีโอกาสเห็นอุปสรรคและมีเวลาเตรียมตัวในการหลบหลีกมากขึ้น

2. ความสัมพันธ์ระหว่างอุบัติเหตุในสภาพอากาศแจ่มใสและการไม่มีผู้เสียชีวิต

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดอุบัติเหตุพลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงในสภาพอากาศแจ่มใสกับการไม่มีผู้เสียชีวิต (lift = 1.06, confidence = 94%) ซึ่งหมายความว่าเมื่อเกิดอุบัติเหตุในสภาพอากาศที่ดี ความเป็นไปได้ที่จะไม่มีผู้เสียชีวิตเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ข้อคิดเห็น สภาพอากาศที่ดีมักส่งผลให้ผู้ขับขี่มีวิสัยทัศน์ที่ชัดเจนและการควบคุมรถที่ดีขึ้น ทำให้ลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุที่รุนแรง อย่างไรก็ตาม การขับขี่ในสภาพอากาศที่แจ่มใสอาจทำให้ผู้ขับขี่รู้สึกมั่นใจมากเกินไป และขับขี่ด้วยความเร็วสูง ซึ่งอาจเป็นปัจจัยเสี่ยงเพิ่มขึ้นได้

การสนับสนุนจากงานวิจัย จากการศึกษาของ Quddus, Wang, & Ison (2010) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสภาพอากาศที่ดีมีความสัมพันธ์กับการลดลงของอุบัติเหตุรุนแรง และการวิจัยโดย Edwards (1998) พบว่าอุบัติเหตุในสภาพอากาศที่ดีมักมีความรุนแรงน้อยกว่าสภาพอากาศที่ไม่ดี เช่น ฝนตกหรือหมอกหนา

3. ความสัมพันธ์ระหว่างการขับเร็วเกินกำหนดและการไม่มีผู้เสียชีวิต

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ แม้ว่าการขับเร็วเกินกำหนดจะเป็นปัจจัยเสี่ยงหลักในการเกิดอุบัติเหตุ แต่ผลการวิจัยนี้พบว่า มีความสัมพันธ์กับการไม่มีผู้เสียชีวิต ($\text{lift} = 1.05$, $\text{confidence} = 94\%$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการขับเร็วเกินกำหนดไม่จำเป็นต้องนำไปสู่การเสียชีวิตเสมอไป

ข้อคิดเห็น การขับเร็วเกินกำหนดอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุที่ไม่รุนแรงในบางกรณี เช่น การพลิกคว่ำบนถนนเส้นตรงที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง ซึ่งผู้ขับขี่สามารถควบคุมสถานการณ์ได้ดีกว่า อย่างไรก็ตาม การขับเร็วยังคงเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญในการเกิดอุบัติเหตุรุนแรง ดังนั้นการใช้ความเร็วอย่างเหมาะสมและการเพิ่มมาตรการบังคับใช้กฎหมายจึงเป็นสิ่งจำเป็น

การสนับสนุนจากงานวิจัย จากงานวิจัยของ Elvik, Høye, Vaa, & Sørensen (2009) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการขับเร็วเกินกำหนดเป็นปัจจัยที่ทำให้ความรุนแรงของอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาโดย Abdel-Aty & Radwan, (2000) ระบุว่าความเร็วที่สูงกว่าอัตราที่กำหนดในบางกรณีอาจไม่ส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรงเสมอไป หากมีการควบคุมความเร็วและสถานการณ์รอบตัวได้อย่างเหมาะสม

คำแนะนำสำหรับหน่วยงานที่ดูแลและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. นำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมและบังคับใช้พร้อมกฎหมาย เช่น อุปกรณ์ตรวจสอบความเร็ว เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุและลงโทษการขับเร็วเกินอัตราที่กำหนดอย่างเคร่งครัด

2. การกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของยานพาหนะ โดยพิจารณาการปรับเปลี่ยนการออกแบบถนนเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับถนนทางตรง โดยมีเป้าหมายเพื่อกระตุ้นการตื่นตัวของผู้ขับขี่และหามาตรการป้องกันความเหนื่อยล้าสำหรับผู้ขับขี่รถยนต์

3. พัฒนามาตรการความปลอดภัยบนถนนเส้นตรง โดยจัดโครงการรณรงค์ให้ความรู้ถึงอันตรายจากการขับขี่ขณะเหนื่อยล้าและสนับสนุนให้หยุดพักเป็นประจำระหว่างการเดินทางไกลและส่งเสริมพื้นที่พักผ่อนสำหรับผู้ขับขี่ และร่วมมือกับหน่วยงานท้องถิ่นส่งเสริมการรณรงค์ให้ประชาชนตระหนักรู้เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการขับขี่ที่มีความรับผิดชอบและเอาใจใส่

4. การให้ความรู้และรณรงค์เรื่องความปลอดภัยในการขับขี่ โดยสร้างช่องทางการสื่อสารกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง เพื่อรวบรวมการสนับสนุนจากชุมชนสำหรับโครงการริเริ่มด้านความปลอดภัยทางถนน

5. ส่งเสริมการใช้กฎหมายจำกัดความเร็วอย่างเคร่งครัด จากข้อมูลที่พบว่าอุบัติเหตุจากการขับรถเกินความเร็วที่กำหนดมีความเสี่ยงน้อยต่อการเสียชีวิต แต่อาจก่อให้เกิดการพลัดกว้านถนนเส้นตรง การบังคับใช้กฎหมายจำกัดความเร็วอย่างเคร่งครัดจะช่วยลดอุบัติเหตุและเพิ่มความปลอดภัยของผู้ขับขี่ได้มากขึ้น

สำหรับการทำวิจัยในขั้นต่อไป เพื่อศึกษาปัญหาอุบัติเหตุและค้นหามาตรการป้องกันนั้น ควรเพิ่มขยายชุดข้อมูลและรวบรวมตัวแปรและปัจจัยที่หลากหลายมากขึ้น ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดอุบัติเหตุทางถนน เช่น สภาพถนน ข้อมูลจำเพาะของยานพาหนะ และสถิติประชากรของผู้ขับขี่ สิ่งนี้จะช่วยให้เข้าใจสาเหตุที่แท้จริงได้ครอบคลุมมากขึ้น รวมถึงพัฒนาและใช้ระบบตรวจสอบแบบเรียลไทม์โดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น Internet of Things (IoT) ทำให้เกิดการพยากรณ์เชิงรุกได้ นอกจากนี้การศึกษาวเคราะห์พฤติกรรมเชิงลึกของผู้ขับขี่เพื่อทำความเข้าใจรูปแบบที่นำไปสู่พฤติกรรมเสี่ยง ใช้เทคโนโลยีเกิดใหม่ เช่น วิชันซิสเต็ม (Vision System) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เพื่อติดตามการกระทำของผู้ขับขี่และให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมที่อาจนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุ

องค์ความรู้ใหม่ที่ได้รับจากการวิจัย

กล่าวคือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุ แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) และการทำเหมืองข้อมูลเพื่อค้นหาความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างปัจจัยต่าง ๆ การใช้เครื่องมืออย่าง Power BI และ Apriori Algorithm ช่วยให้สามารถวิเคราะห์และสื่อสารผลลัพธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและนำไปใช้ได้ทันที การสร้างโมเดลความสัมพันธ์ช่วยให้สามารถทำนายแนวโน้มและประเมินความเสี่ยงได้ดีขึ้น องค์ความรู้ในด้านนี้ช่วยให้เข้าใจถึงวิธีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุทางถนนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้เทคนิคจากการทำเหมืองข้อมูลอัลกอริทึมออฟริโอริในการนำเสนอต่อผู้กำหนดนโยบายเพื่อการตัดสินใจในการลดสาเหตุของอุบัติเหตุจราจร

รายการอ้างอิง

- รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของกระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2562. (2562). กรุงเทพฯ: สำนักแผนความปลอดภัย, กลุ่มพัฒนาความปลอดภัย, หน้า 7.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กระทรวงคมนาคม. (2567). รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนน. วันที่ค้นข้อมูล 12 มกราคม 2566, เข้าถึงได้จาก <https://datagov.mot.go.th/dataset/roadaccident>
- Abdel-Aty, M. A., & Radwan, A. E. (2000). Modeling traffic accident occurrence and involvement. *Accident Analysis & Prevention*, 32(5), 633-642.
- Aguinis, H., Forcum, L. E., & Joo, H. (2013). Using market basket analysis in management research. *Journal of Management*, 39(7), 1799-1824.
- Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., & Wirth, R. (2018). *CRISP- DM 1.0 Step-by-step data mining guide*. Retrieved January 12, 2024, from <https://www.the-modeling-agency.com/crisp-dm.pdf>
- Dongre, J., Prajapati, G. L., & Tokekar, S. V. (2014). The role of Apriori algorithm for finding the association rules in Data mining. In *2014 International Conference on Issues and Challenges in Intelligent Computing Techniques (ICICT)* (pp. 657-660). IEEE.
- Elvik, R., Høye, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). Assessing the Quality of Evaluation Studies. In *The Handbook of Road Safety Measures* (pp. 99-115). Emerald Group Publishing Limited.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining concepts and techniques* (3rd ed.). Burlington, MA.: Morgan Kaufmann Publishers.
- Harun, N. A., Makhtar, M., Abd Aziz, A., Zakaria, Z. A., & Syed, F. (2017). The application of Apriori algorithm in predicting flood areas. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 7(3), 763.
- Plotnikova, V., Dumas, M., & Milani, F. P. (2022). Applying the CRISP-DM data mining process in the financial services industry: Elicitation of adaptation requirements. *Data & Knowledge Engineering*, 139, 102013.
- Quddus, M. A., Wang, C., & Ison, S. G. (2010). Road traffic congestion and crash severity: econometric analysis using ordered response models. *Journal of Transportation Engineering*, 136(5), 424-435.
- Sucharittham, N. (2021). *Customer Sentiment Knowledge Management in Thai Life Insurance*. JAIST. Retrieved February 5, 2024, from <https://dspace.jaist.ac.jp/>

- TDRI. (2024) . *Road accidents biggest health crisis*. Retrieved February 1, 2024, from <https://tdri.or.th/en/2020/11/road-accidents-biggest-health-crisis/>
- Tiwari, M. , Dixit, R. , & Kesharwani, A. (2017) . *Data Mining Principles, Process Model and Applications*. New Delhi, Delhi: Educreation Publishing.
- Theofilatos, A., & Yannis, G. (2014). A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 244-256.
- Yuan, X. (2017). An improved Apriori algorithm for mining association rules. *AIP conference proceedings*, 1820(1).