

การวิเคราะห์ตำแหน่งจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจรใน เขตเมืองด้วยแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ

An Analysis of Stopping Locations of Motorcycle Riders at Signalized Urban Intersection Approaches by Decision Tree Model

ธนพล พรหมรักษา (Thanapol Promraksa)* ดร.ธนศ เสถียรนาม (Dr.Thaned Satiennam)^{1**}

ดร.พงษ์พันธ์ แทนเกษม (Dr.Phongphan Tankasem)*** ดร.วุฒิไกร ไชยปัญญา (Dr.Wuttikrai Chaipanha)****

ธรรต เสถียรนาม (Trust Satiennam)*****

(Received: September 7, 2022; Revised: December 14, 2022; Accepted: December 15, 2022)

บทคัดย่อ

ตำแหน่งการจอดของรถจักรยานยนต์ที่ขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจรในเขตเมืองที่เหมาะสม สามารถลดความขัดแย้งระหว่างรถจักรยานยนต์และผู้ใช้รถใช้ถนนประเภทอื่นๆได้ วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตำแหน่งการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจรในเขตเมืองที่มีลักษณะการจราจรแบบผสมผสาน การศึกษานี้สำรวจพฤติกรรมการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจร จำนวน 24 ขา ในเขตเมืองขอนแก่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ ข้อมูลของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำนวน 1,413 คน ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตำแหน่งการจอดด้วยแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตำแหน่งการจอดของรถจักรยานยนต์ คือ ช่วงเวลาเร่งด่วน ทิศทางของรถจักรยานยนต์ที่ขับออกจากทางแยก ประเภทของรถจักรยานยนต์ การมีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย และการสวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ผลการศึกษานี้สามารถประยุกต์ใช้เป็นข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการจราจรที่ขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจรในเขตเมืองเพื่อให้รถจักรยานยนต์มีความปลอดภัยมากขึ้น

ABSTRACT

Appropriate stopping locations of motorcycles at signalized urban intersection approaches can decrease conflict between motorcycles and other vehicles. This study aimed to identify factors influencing stopping locations of motorcycle riders at signalized urban intersection approaches. This study observed stopping behavior of motorcycle riders at 24 signalized urban intersection approaches in Khon Kaen city by using Unmanned Aerial Vehicles. Data from 1,413 motorcycle riders were analyzed by a decision tree model to examine factors influencing stopping locations. The results showed that factors significantly influencing to stopping locations are peak period, motorcycle riders' intending direction, type of motorcycle, a presence of larger vehicle in queue, motorcycle riders' helmet wearing. The finding of this study can be recommendations for traffic management for safer motorcyclists on approaches of signalized urban intersections.

คำสำคัญ: ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ตำแหน่งจอด แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ

Keywords: Motorcycle rider, Stopping locations, Decision tree model

¹Corresponding author: sthaned@kku.ac.th

*นักศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**ศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

****ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

*****อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

บทนำ

การขยายตัวของเมือง การเติบโตของจำนวนประชากร ปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และปัญหาโครงสร้างพื้นฐานที่ไม่สามารถรองรับการเดินทางที่เพิ่มขึ้นได้จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการใช้ในการเดินทางในเขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่นไม่ว่าจะเป็นรูปแบบการเดินทางที่คุ้มค่ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์, เป็นรูปแบบการขนส่งแบบประตูถึงประตู (Door-to-door), มีราคาซื้อ ค่าน้ำมัน และค่าบำรุงรักษาถูกกว่ารถยนต์, คล่องตัวและหาที่จอดได้ง่าย, คาดการณ์เวลาในการเดินทางได้อย่างแม่นยำ และสามารถแทรกตัวระหว่างการจราจรติดขัดทั้งที่ช่วงถนนหรือที่ทางแยกเพื่อไปจอดหน้าแถวคอยได้ [1] ในประเทศกลุ่มอาเซียน รถจักรยานยนต์กลายเป็นยานพาหนะหลักสำหรับการเดินทางของสมาชิกในครอบครัว [2]

การศึกษาที่ผ่านมา พบว่า บริเวณทางแยกมีอุบัติเหตุทางถนนมีความรุนแรงมากกว่า, ลักษณะการชนที่หลากหลายกว่า และพฤติกรรมการขับขี่ที่เสี่ยงต่อการชนมากกว่า ทางตรงหรือทางโค้ง เช่น การชนที่ทางแยกมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บสาหัสหรือถึงแก่ชีวิตมากกว่าเมื่อเทียบกับบริเวณที่ไม่ใช่ทางแยก [3] ทิศทางการเลี้ยวของยานพาหนะที่ทางแยกมีความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุสูง [4] อุบัติเหตุที่ทางแยกส่วนใหญ่มักเกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์ทั้งสิ้น [5] ความเร็วของรถจักรยานยนต์ขณะเข้าสู่ทางแยกมากกว่ายานพาหนะประเภทอื่น และผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์มีพฤติกรรมการออกตัวที่ทางแยกก่อนสัญญาณไฟเขียว (การฝ่าสัญญาณไฟแดง) [6]

การกำหนดเขตหยุดพิเศษบริเวณหลังเส้นหยุดสำหรับรถจักรยานยนต์โดยมีระยะห่างที่ปลอดภัยระหว่างท้ายรถจักรยานยนต์และหน้ายานพาหนะขนาดใหญ่ การใช้เครื่องหมายบนผิวทางเพื่อแนะนำเส้นทางการขับขี่เข้าสู่ทางแยกของรถจักรยานยนต์ และการแทรกแซงระหว่างแถวคอยขณะกระแสนจราจรหยุดนิ่งด้วยเงื่อนไขที่ปลอดภัย สามารถเพิ่มความจุในการจอดของรถจักรยานยนต์ เพิ่มระยะการมองเห็นและลดโอกาสการชนท้ายของรถจักรยานยนต์ ถูกต้องตามกฎหมาย ลดการฝ่าสัญญาณไฟจราจร และเพิ่มความปลอดภัยบริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจรได้ [7]

การศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ขณะกำลังเคลื่อนที่เข้าสู่ทางแยกและระหว่างข้ามทางแยก และยังขาดการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจรในเขตเมืองของประเทศไทย ซึ่งมีลักษณะการจราจรเป็นแบบผสม (รถขนาดเล็กวิ่งปะปนกับรถขนาดใหญ่) โดยถ้าผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เลือกจอดรอสัญญาณไฟจราจรที่ขาของทางแยกในตำแหน่งที่เหมาะสม อาจช่วยลดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ได้ ดังนั้น องค์ความรู้ที่จะได้จากการศึกษานี้จะสามารถนำไปวางแผนจัดการจราจรที่บริเวณขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจรในเขตเมือง เพื่อให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์มีความปลอดภัยมากขึ้นได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตำแหน่งการจอดของรถจักรยานยนต์ในเขตเมืองที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจรที่มีการจราจรแบบผสมผสาน ตามหลักการสำรวจพฤติกรรมการขับขี่ที่เป็นไปตามธรรมชาติของผู้ขับขี่ (Naturalistic observation) ด้วยอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กซึ่งจะไม่ไปรบกวนผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ทำให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์แสดงพฤติกรรมการจอดได้อย่างเป็นธรรมชาติ [8]

ขอบเขตการศึกษาผู้วิจัยได้สุ่มทางแยกสัญญาณไฟจราจรกระจายในเขตเทศบาลเมืองขอนแก่นเพื่อสำรวจพฤติกรรมการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยมีเงื่อนไขในการสุ่มคือ ลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกัน ไม่เกิน 2 ช่องจราจร/ทิศทาง มีกระแสนจราจรแบบผสม (Mixed traffic) ไม่มีช่องจราจรเฉพาะสำหรับจักรยานและชาว สั้นหยุดและทางม้าลายได้ชัดเจน สัญญาณไฟทำงานเป็นปกติ (Fixed time) ไม่มีตำรวจจราจรควบคุมสัญญาณไฟ สำรวจข้อมูลช่วงเช้าและเย็นในสภาพอากาศปกติ และไม่รวมพฤติกรรมการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในเวลากลางคืน

ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

พฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บริเวณทางแยก

การเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ไม่ได้มีรูปแบบการขับขี่ภายในช่องจราจรแบบคงที่ (Physical static lane) เหมือนยานพาหนะ 4 ล้อประเภทอื่น ๆ เนื่องจากขนาด อัตราเร่ง และการวิธีการควบคุมที่สะดวกต่อการเคลื่อนที่ที่กว่า [9] ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จะขับขี่แทรกกระหว่างการมีอยู่รถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอยเพื่อจอดที่ตำแหน่งใกล้กับเส้นหยุดมากที่สุดเพื่อรอสัญญาณไฟเขียว โดยอาจมีเหตุผลดังต่อไปนี้ ต้องการออกตัวก่อนรถขนาดใหญ่กว่าเพื่อหลีกเลี่ยงความขัดแย้ง, ต้องการหลีกเลี่ยงการจอดใกล้กับรถขนาดใหญ่ โดยเฉพาะบริเวณด้านหน้าของรถขนาดใหญ่เพื่อหลีกเลี่ยงการถูกชนจากด้านหลัง และท้ายของรถขนาดใหญ่เพื่อหลีกเลี่ยงมลพิษทางอากาศจากท่อไอเสีย [10]

ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์มักจะมีพฤติกรรมการมองหาช่องว่างระหว่างยานพาหนะ หากช่องว่างดังกล่าวเพียงพอผู้ขับขี่ส่วนใหญ่ก็จะแทรกผ่านช่องว่างเหล่านั้นเปรียบเสมือนช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถจักรยานยนต์หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ช่องจราจรแบบพลวัต (Dynamic motorcycle's lane) เป็นการแทรกแบบซิกแซก (ซ้าย-ขวา) ไปยังด้านหน้าของแถวคอย อีกหนึ่งพฤติกรรมที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน คือ การแทรกกระหว่างแถวคอย (Lane filtering) โดยใช้ความเร็วต่ำแทรกผ่านระหว่างแถวคอยของรถขนาดใหญ่กว่าที่หยุดนิ่งหรือกำลังเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ ตรงผ่านแบบไม่ซิกแซก

แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ

แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree model) เป็นเทคนิคการอธิบายผลลัพธ์ด้วยแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเงื่อนไขและลำดับการกระทำตั้งแต่เงื่อนไขแรกถึงเงื่อนไขสุดท้าย ในลักษณะโครงสร้างแบบต้นไม้ (Tree structures) แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยในหลายสาขา เช่น การตัดสินใจทางการแพทย์ [11] การตัดสินใจเพื่อยื่นข้อเสนอ [12] รวมถึงการศึกษาพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ [13] อย่างไรก็ตามข้อจำกัดคือ แบบจำลองอาจมีความพอดีหรือแม่นยำมากเกินไป (Over fitting) หมายความว่า ข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองเฉพาะเจาะจงมากเกินไปการนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลทั่วไปอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

โดยปกติแล้ววิธีการวิเคราะห์ที่นิยมใช้ทั่วไปในแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจมี 2 วิธี คือ Classification and Regression Tree (CART) และ CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detector) เมื่อมีตัวแปรทำนายเป็นค่าต่อเนื่อง CART จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า ในขณะที่ตัวแปรทำนายเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ CHAID จะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า [14] ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำตามวัตถุประสงค์การศึกษา รวมถึงข้อมูลที่สำรวจเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การวิเคราะห์ต้นไม้การตัดสินใจด้วยวิธี CHAID

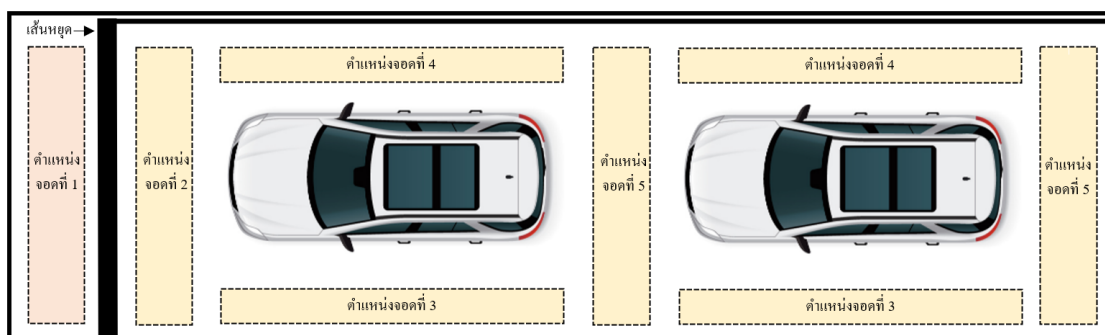
วิธีการศึกษา

การกำหนดตัวแปรเพื่อวิเคราะห์

การศึกษานี้กำหนดตัวแปรตามเป็นตำแหน่งการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจรซึ่งแบ่งเป็น 5 ตำแหน่ง แสดงดังภาพที่ 1 และกำหนดตัวแปรอิสระที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการจำแนกตำแหน่งการจอด คือ ตัวแปรอิสระเกี่ยวกับลักษณะการจราจรและสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย ช่วงเวลาเร่งด่วน, รถยนต์ขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย และร่วมเงาที่ตำแหน่งจอด และตัวแปรอิสระเกี่ยวกับลักษณะของรถจักรยานยนต์และผู้ขับขี่ ประกอบด้วย ประเภทของรถจักรยานยนต์, ทิศทางของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ขับเข้าสู่ทางแยก และการสวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ นิยามของตัวแปรและประเภทของตัวแปร แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดตัวแปร นิยาม และประเภทของตัวแปร

ตัวแปร	นิยาม	ประเภทตัวแปร
ตัวแปรตาม		
ตำแหน่งการจอดของรถจักรยานยนต์	ตำแหน่งการจอดของรถจักรยานยนต์ที่ขาของทางแยกเพื่อหยุดรอสัญญาณไฟจราจร	1 = ตำแหน่งจอดที่ 1 (หน้าเส้นหยุด) 2 = ตำแหน่งจอดที่ 2 (หลังเส้นหยุดและอยู่หน้ารถขนาดใหญ่กว่าที่จอดในแถวคอย) 3 = ตำแหน่งจอดที่ 3 (ด้านซ้ายของรถขนาดใหญ่กว่าที่จอดในแถวคอย) 4 = ตำแหน่งจอดที่ 4 (ด้านขวาของรถขนาดใหญ่กว่าที่จอดในแถวคอย) 5 = ตำแหน่งจอดที่ 5 (หลังรถขนาดใหญ่กว่าที่จอดในแถวคอย)
ตัวแปรอิสระเกี่ยวกับลักษณะการจราจรและสิ่งแวดล้อม		
การมีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย	มีรถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุก และรถโดยสารจอดในแถวคอยหรือไม่	0 = มี, 1 = ไม่มี
ช่วงเวลาเร่งด่วน	ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าหรือเย็น	0 = ช่วงเร่งด่วนเช้า, 1 = ช่วงเร่งด่วนเย็น
มีริมเงาที่ตำแหน่งจอด	ตำแหน่งการจอดมีริมเงาหรือไม่	0 = มีริมเงา, 1 = ไม่มีริมเงา
ตัวแปรอิสระเกี่ยวกับลักษณะของรถจักรยานยนต์และผู้ขับขี่		
ทิศทางที่ผู้ขับขี่	ทิศทางที่ผู้ขับขี่ออกจากทางแยก	0 = เลี้ยวขวา 1 = ตรงไป
รถจักรยานยนต์จะมุ่งออกทางแยก	รถจักรยานยนต์	0 = รถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ (มากกว่า > 200 ซีซี.) 1 = รถจักรยานยนต์ขนาดปกติ (น้อยกว่า < 200 ซีซี.)
การสวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์	ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์สวมหมวกนิรภัยหรือไม่	0 = ไม่สวมหมวกนิรภัย 1 = สวมหมวกนิรภัย

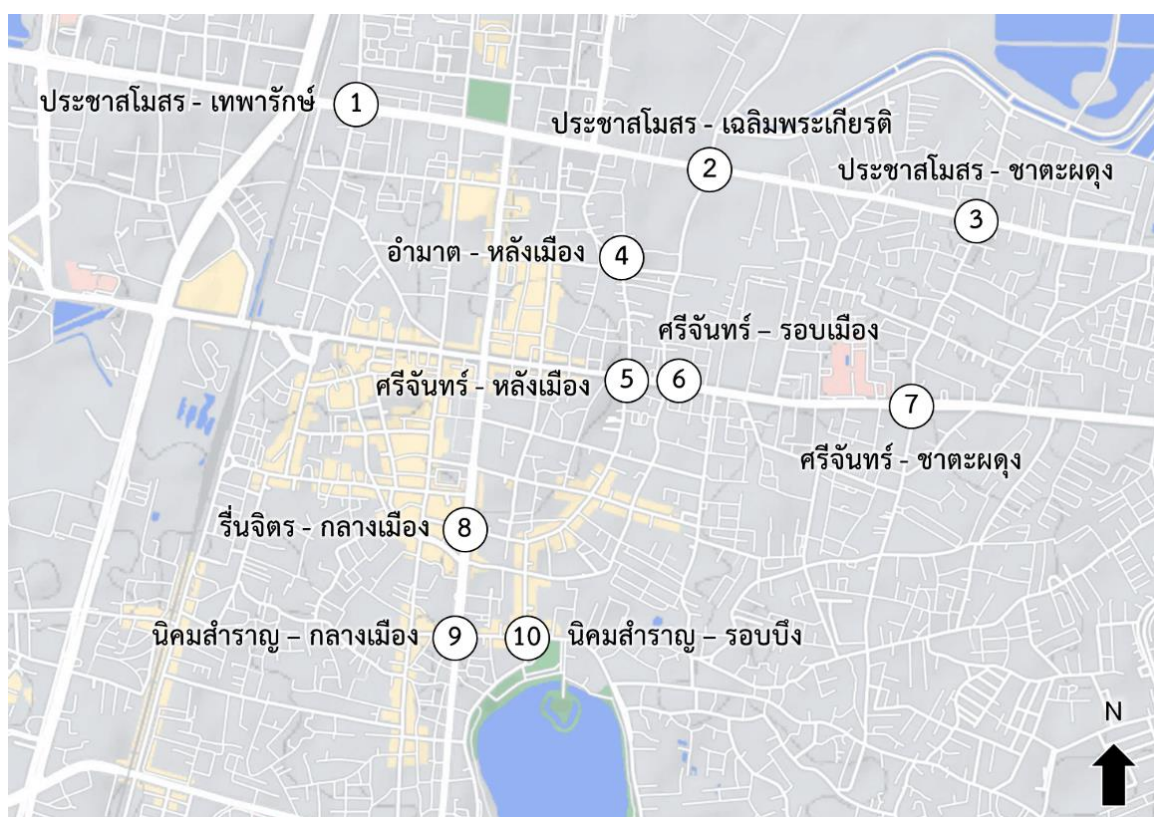


ภาพที่ 1 การกำหนดประเภทตำแหน่งการจอดของรถจักรยานยนต์ที่ขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจร

วิธีการสำรวจข้อมูล

ผู้วิจัยสุ่มเลือกทางแยกสัญญาณไฟจราจรให้กระจายทั่วพื้นที่เขตเมืองขอนแก่นจำนวน 10 ทางแยก (เป็นสี่แยกทั้งหมด) โดยตำแหน่งของทางแยกแสดงดังภาพที่ 2 และเลือกสำรวจขาของทางแยกที่มีลักษณะตามขอบเขตการศึกษาที่กำหนด 2 ช่องจราจร/ทิศทาง, มีกระแสรถแบบผสม, ไม่มีช่องจราจรเฉพาะสำหรับจักรยานและชาว, เส้นหยุดและทางม้าลายได้ชัดเจน, สัญญาณไฟทำงานปกติ ไม่มีตำรวจจราจรควบคุมสัญญาณไฟ, สำรวจในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเร่งด่วนเย็น ระยะเวลาที่ใช้ในการสำรวจต่อ 1 ทางแยกเฉลี่ย 60 นาที จำนวน 24 ขาของทางแยก แต่ละขามีขนาดความกว้างช่องจราจรโดยเฉลี่ย 3 เมตร ผิวจราจรมี 2 รูปแบบ คือ คอนกรีต และแอสฟัลติกคอนกรีต

ผู้วิจัยจะสำรวจพฤติกรรมจราจรของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์แต่ละขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจร ตามหลักการสำรวจพฤติกรรมจราจรซึ่งเป็นไปตามธรรมชาติซึ่งจะรวบรวมพฤติกรรมจราจรที่น้อยที่สุด โดยจากการศึกษาที่ผ่านมา [15-17] พบว่า อากาศยานไร้คนขับ เป็นอุปกรณ์สำรวจข้อมูลด้านวิศวกรรมจราจรที่ไม่รบกวนพฤติกรรมจราจร และสามารถบันทึกภาพเคลื่อนไหวด้วยมุมมองด้านบน (Bird-eye-view) ซึ่งสามารถลดความคลาดเคลื่อนการประมาณระยะทางจากมุมมองด้านข้างที่บันทึกด้วยกล้องวงจรปิดที่ติดตั้งด้านข้างถนน ดังนั้น ผู้วิจัยเลือกใช้อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กที่มีน้ำหนักไม่เกิน 1 กิโลกรัม เพื่อไม่ให้เกิดเสียงใบพัดรบกวนพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ตัวอย่างภาพทางแยกบันทึกจากอากาศยานไร้คนขับแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ตำแหน่งทางแยกสัญญาณไฟจราจรที่ศึกษา



ภาพที่ 3 ตำแหน่งการจอดทั้ง 5 ที่บริเวณทางแยก และตัวอย่างการจอดแบบหนาแน่นตำแหน่งการจอดที่ 2

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยประยุกต์ใช้แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจด้วยวิธี CHAID โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics 28 เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตำแหน่งการเลือกตำแหน่งจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บริเวณขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจรในเขตเมือง ในลักษณะโครงสร้างแบบต้นไม้ โดยตรวจสอบแบบจำลองด้วยวิธีแบ่งส่วนข้อมูลแบบสุ่ม 10 ส่วน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาอิทธิพลต่อตนเองหรืออคติ และมีการทดสอบโมเดลมากกว่า 10 รอบ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาแบบจำลองที่มีความพอดีเกินไป (Over fitting) ผู้วิจัยกำหนดให้ความลึกของต้นไม้สูงสุด 5 ระดับ กำหนดโหนดหลักและโหนดย่อยขึ้นต่ำไม่น้อยกว่า 150 และ 75 โหนดตามลำดับ [18] เพื่อหลีกเลี่ยงความซับซ้อนของแบบจำลองที่มากเกินไป

ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

ผลการสำรวจข้อมูลด้วยอากาศยานไร้คนขับได้ตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ จำนวนทั้งสิ้น 1,413 คน มีลักษณะการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์แบ่งตามประเภทของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ร้อยละ 47.8 ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จอดบริเวณหน้าเส้นหยุดสูงที่สุด (ตำแหน่งจอดที่ 1) และจอดบริเวณฝั่งขวาของรถขนาดใหญ่กว่าที่จอดในแถวคอยต่ำที่สุด (ตำแหน่งจอดที่ 4) ร้อยละ 5 โดยมีสัดส่วนผู้ขับขี่ที่ต้องการวิ่งตรงต่อเลี้ยวขวาที่ทางแยก (ตำแหน่งจอดที่ 1-5) เท่ากับร้อยละ 70.0 ต่อ ร้อยละ 30.0 ร้อยละ 60.8 ต่อ ร้อยละ 39.2 ร้อยละ 84.1 ต่อ ร้อยละ 15.9 ร้อยละ 37.3 ต่อ ร้อยละ 62.7 และ ร้อยละ 74.1 ต่อ ร้อยละ 25.9 ตามลำดับ

ร้อยละ 50.2 และร้อยละ 49.8 ของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ถูกสำรวจช่วงเร่งด่วนเช้าและเร่งด่วนเย็น ตามลำดับ ร้อยละ 85.1 และร้อยละ 14.9 ของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ขับขี่รถจักรยานยนต์ขนาดปกติและขนาดใหญ่ ตามลำดับ ร้อยละ 53.4 และร้อยละ 46.6 ของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ สวมและไม่สวมหมวกนิรภัย ตามลำดับ ร้อยละ 48.5 และร้อยละ 51.5 ของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จอดบริเวณที่มีร่มเงาจากต้นไม้หรือสิ่งปลูกสร้าง และไม่มีร่มเงา ตามลำดับ ร้อยละ 49.9 และร้อยละ 50.1 ของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ขับวิ่งเข้าสู่ตำแหน่งจอดพบมีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย และไม่มีรถขนาดใหญ่กว่าจอดอยู่ในแถวคอย ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ลักษณะตัวแปรตามตำแหน่งการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์

ตัวแปร	ตำแหน่ง จอดที่ 1	ตำแหน่ง จอดที่ 2	ตำแหน่ง จอดที่ 3	ตำแหน่ง จอดที่ 4	ตำแหน่ง จอดที่ 5	ทุก ตำแหน่ง
1) ช่วงเวลาเร่งด่วน						
ช่วงเร่งด่วนเช้า	65.1%	73.2%	17.7%	12.0%	20.7%	50.2%
ช่วงเร่งด่วนเย็น	34.9%	26.8%	82.3%	88.0%	79.3%	49.8%
2) ประเภทของรถจักรยานยนต์						
ขนาดปกติ	85.8%	87.2%	84.1%	76.0%	85.2%	85.1%
ขนาดใหญ่	14.2%	12.8%	15.9%	24.0%	14.8%	14.9%
3) การสวมหมวกนิรภัย						
สวมหมวกนิรภัย	59.9%	50.0%	45.8%	49.3%	45.2%	53.4%
ไม่สวมหมวกนิรภัย	40.1%	50.0%	54.2%	50.7%	54.8%	46.6%
4) การมีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย						
มีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย	49.9%	24.0%	63.9%	65.3%	60.7%	49.9%
ไม่มีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย	50.1%	76.0%	36.1%	34.7%	39.3%	50.1%
5) ร่มเงาที่ตำแหน่งจอด						
มีร่มเงา	38.9%	47.2%	66.4%	58.7%	56.3%	48.5%
ไม่มีร่มเงา	61.1%	52.8%	33.6%	41.3%	43.7%	51.5%
6) ทิศทางของรถจักรยานยนต์ที่ขับเข้าสู่ทางแยก						
ตรงไป	70.0%	60.8%	84.1%	37.3%	74.1%	69.8%
เลี้ยวขวา	30.0%	39.2%	15.9%	62.7%	25.9%	30.2%
รวมทั้งหมด	676	250	277	75	135	1,413
ร้อยละรวมทั้งหมด	47.8%	17.7%	19.6%	5.3%	9.6%	100.0%

สรุปค่าสถิติผลการวิเคราะห์ของแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ แสดงในตารางที่ 3 ซึ่งพบว่า แบบจำลองได้จำแนกโครงสร้างต้นไม้ออกเป็นทั้งหมด 15 โหนด ประกอบด้วยโหนดปลายทาง 8 โหนด ความลึกของต้นไม้เท่ากับ 3 ระดับ ค่าประมาณความคลาดเคลื่อนในการทำนายโดยภาพรวมเท่ากับ ร้อยละ 50.3 และค่าประมาณความคลาดเคลื่อนจากการตรวจสอบแบบไขว้เท่ากับ ร้อยละ 51.3 ซึ่งสามารถยอมรับและประยุกต์ใช้ได้ต่อไปได้ [18]

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจซึ่งนำเสนอเป็นภาพโครงสร้างแบบต้นไม้ แสดงดังภาพที่ 4 พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อตำแหน่งการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์มี 5 ตัวแปร ช่วงเวลาเร่งด่วน (ระดับที่ 1) ทิศทางของรถจักรยานยนต์ที่ขับเข้าสู่ทางแยก (ระดับที่ 2 และ 3) การมีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย (ระดับที่ 2 และ 3) ประเภทของรถจักรยานยนต์ (ระดับที่ 3) และการสวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ (ระดับที่ 3) ซึ่งสามารถอธิบายอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อการเลือกตำแหน่งจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ เป็นลำดับตามโครงสร้างต้นไม้ตัดสินใจได้ดังนี้

ช่วงเวลาเร่งด่วน มีอิทธิพลต่อตำแหน่งการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์มากที่สุด โดยผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เลือกจอดหน้าเส้นหยุด (ตำแหน่งจอดที่ 1) ช่วงเร่งด่วนเช้าและเย็น ร้อยละ 62.1 และ 33.5 ตามลำดับ ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งอื่นๆ เนื่องจากการจอดหน้าเส้นหยุด (ตำแหน่งจอดที่ 1) รถจักรยานยนต์สามารถออกตัวได้ก่อนรถขนาดใหญ่กว่า

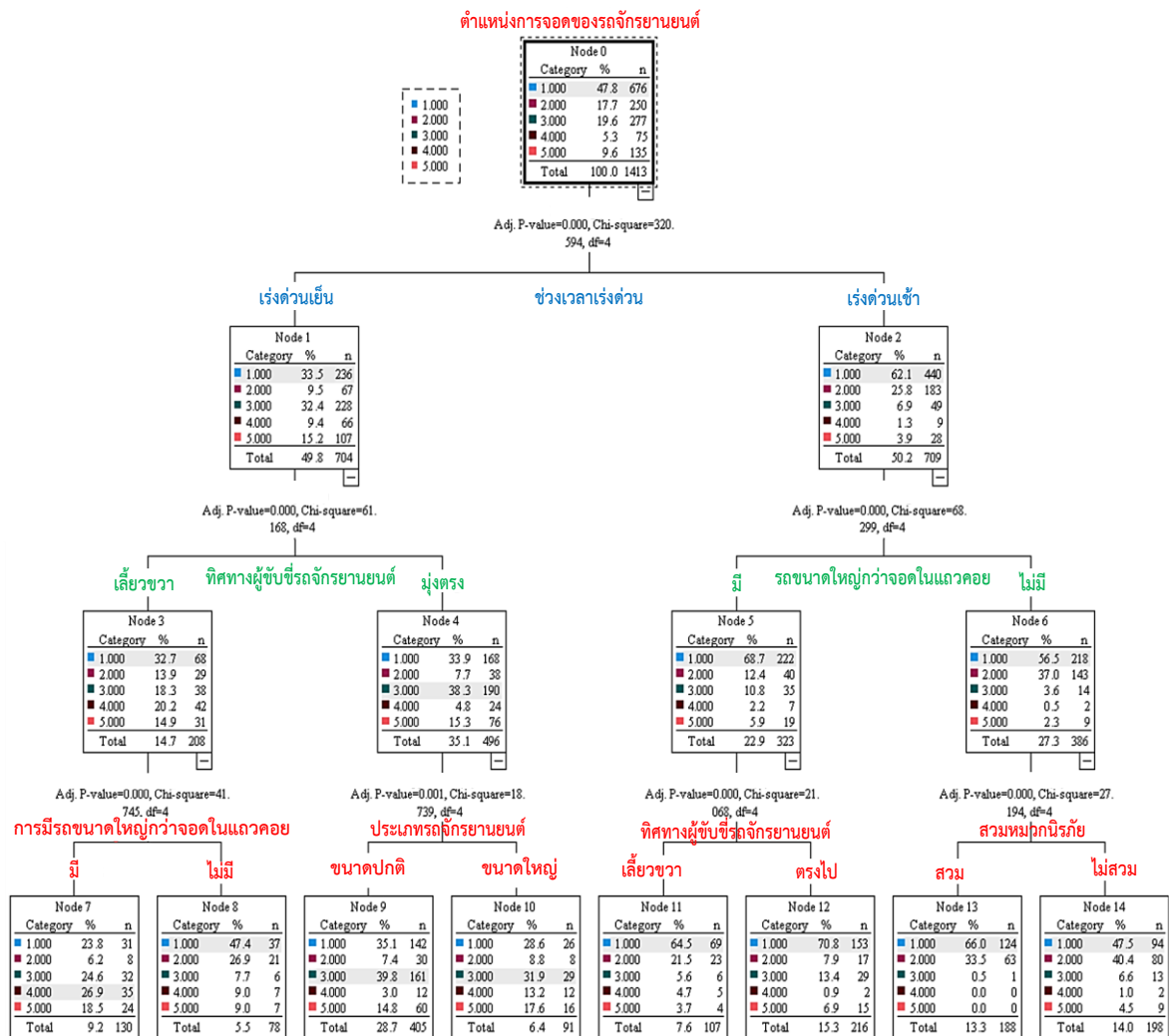
คันอื่นๆ (รถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุก และรถโดยสารประจำทาง) เมื่อสัญญาณไฟจราจรเปลี่ยนเป็นไฟเขียว [4] และสามารถลดความขัดแย้งกับรถคันอื่นๆ ขณะออกตัว โดยเฉพาะรถขนาดใหญ่ (รถบรรทุกและรถโดยสารประจำทาง) [10] รวมทั้งหลีกเลี่ยงควมมลพิษทางอากาศจากท่อไอเสีย อย่างไรก็ตาม การจอดหน้าเส้นหยุด (ตำแหน่งจอดที่ 1) เป็นพฤติกรรมการฝ่าฝืนกฎจราจร (ถึงแม้ในปัจจุบันยังไม่มีกฏบังคับใช้กฎหมายในพื้นที่ศึกษา) และเพิ่มโอกาสขัดแย้งกับคนเดินเท้าที่เดินข้ามทางแยก รวมทั้งเป็นตำแหน่งจอดที่มีผู้ขับขีรถจักรยานยนต์มีโอกาสดำเนินการฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดงมากกว่าตำแหน่งจอดอื่นๆ ด้วย [6]

ตารางที่ 3 สรุปค่าสถิติผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ

คุณลักษณะ	การพัฒนาแบบจำลอง	CHAID
ผลลัพธ์	ตัวแปรตาม	ตำแหน่งการจอดของรถจักรยานยนต์ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจร
	ตัวแปรอิสระ	ช่วงเวลาเร่งตัว, ทิศทางของรถจักรยานยนต์ที่ขับเข้าสู่ทางแยก, ประเภทของรถจักรยานยนต์, การมีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย, การสวมหมวกนิรภัย
	จำนวนโหนด	15 โหนดราก, 8 โหนดใบ และระดับความลึก 3
ความแม่นยำ	การตรวจสอบ	ประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (Estimate Error) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error)
	แบบจำลอง (Model)	0.503 0.013
	ตรวจสอบไขว้ (Cross validation)	0.513 0.013

กรณีช่วงเร่งตัวเข้า ผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เลือกจอดหน้าเส้นหยุด (ตำแหน่งจอดที่ 1) และหลังเส้นหยุดและหน้ารถขนาดใหญ่กว่าที่จอดในแถวคอย (ตำแหน่งจอดที่ 2) ร้อยละ 62.1 และ 25.8 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า ค่าร้อยละของช่วงเร่งตัวเย็น โดยช่วงเร่งตัวเย็น ผู้ขับขีเลือกจอดด้านซ้ายของรถขนาดใหญ่กว่าที่จอดในแถวคอย, ด้านขวาของรถขนาดใหญ่กว่าที่จอดในแถวคอย และด้านหลังของรถขนาดใหญ่กว่าที่จอดในแถวคอย (ตำแหน่งจอดที่ 3, 4 และ 5) ร้อยละ 32.4, 9.4 และ 15.2 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าค่าร้อยละของช่วงเร่งตัวเข้า เนื่องจากในช่วงชั่วโมงเร่งตัวเข้า ผู้ขับขีต้องรีบเร่งเดินทางไปที่ทำงานให้ทันเวลาเริ่มงาน ดังนั้นจึงเลือกจอดรอสัญญาณไฟจราจรบริเวณตำแหน่งที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่สามารถออกตัวได้เร็วกว่ารถคันอื่นๆ [10]

กรณีช่วงเวลาเร่งตัวเข้า การมีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอยมีอิทธิพลต่อตำแหน่งการจอดของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์ โดยถ้าไม่มีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย ผู้ขับขีจะเลือกจอดตำแหน่งที่ 1 และ 2 ร้อยละ 56.5 และ 37.0 ตามลำดับ แต่เมื่อมีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย ผู้ขับขีจะเลือกจอดตำแหน่งที่ 1 มากขึ้น (เพิ่มขึ้นร้อยละ 68.7) แต่เลือกจอดตำแหน่งที่ 2 ลดลง (เหลือร้อยละ 12.4) เนื่องจากผู้ขับขีพยายามหลีกเลี่ยงจอดตำแหน่งที่ 2 โดยหันมาจอดตำแหน่งจอดที่ 1 มากขึ้น เพราะต้องการหลีกเลี่ยงการจอดด้านหน้ารถยนต์ขนาดใหญ่ (รถโดยสารประจำทางหรือรถบรรทุก) ซึ่งอาจจะมองไม่เห็นรถจักรยานยนต์ที่จอดอยู่ด้านหน้า (Blind spot) ดังนั้นรถจักรยานยนต์จึงอาจถูกชนท้ายโดยรถยนต์ขนาดใหญ่กว่าได้



กรณีช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น ทิศทางของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่วิ่งเข้าสู่ทางแยก มีอิทธิพลต่อตำแหน่งการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่จะตรงไป เลือกจอดตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 ร้อยละ 33.9, 7.7 และ 38.3 ตามลำดับ แต่ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่จะเลี้ยวขวา เลือกจอดตำแหน่งที่ 3 ลดลง (ลดลงร้อยละ 18.3) แต่เลือกจอดตำแหน่งจอดที่ 2 มากขึ้น (เพิ่มขึ้นร้อยละ 13.9) ซึ่งผลเหล่านี้สอดคล้องกับช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า และสามารถอธิบายผลที่ได้เช่นเดียวกัน

กรณีช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นและผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จะเลี้ยวขวาที่ทางแยก การมีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอยมีอิทธิพลต่อตำแหน่งการจอด โดยกรณีไม่มีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย ผู้ขับขี่เลือกจอด ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ร้อยละ 47.4 และ 26.9 ตามลำดับ แต่เมื่อมีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย ผู้ขับขี่เลือกจอด ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ลดลง (ลดลงเหลือ ร้อยละ 23.8 และ 6.2 ตามลำดับ) และเลือกจอดตำแหน่งจอดที่ 3, 4 และ 5 มากขึ้น (เพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 24.6, 26.9 และ 18.5 ตามลำดับ) ผลเหล่านี้สอดคล้องกับช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า และสามารถอธิบายผลที่ได้เช่นเดียวกัน

กรณีช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นและผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จะวิ่งตรงเข้าสู่ทางแยก ประเภทของรถจักรยานยนต์มีอิทธิพลต่อตำแหน่งการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยกรณีผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ขนาดปกติ เลือกจอดตำแหน่งจอดที่ 1 ร้อยละ 35.1 ซึ่งมากกว่า ค่าร้อยละของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ (ร้อยละ 28.6) เนื่องจากรถจักรยานยนต์มีขนาดใหญ่ ผู้ขับขี่จึงหลีกเลี่ยงจอดตำแหน่งหน้าเส้นหยุด ซึ่งอาจถูกเี่ยวชนจากรถวิ่งมาจากทิศทางอื่นได้ รวมทั้งอาจกีดขวางทางข้ามของคนเดินเท้าข้ามทางแยกด้วย อย่างไรก็ตาม ขับขี่รถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ เลือกจอดตำแหน่งจอดที่ 5 ร้อยละ 17.6 ซึ่งมากกว่า ค่าร้อยละของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ขนาดปกติ (ร้อยละ 14.8) เนื่องจากเข้าจอดได้สะดวกมากกว่าตำแหน่งอื่นๆ เนื่องจากสามารถจอดต่อแถวคอยได้เสมือนรถยนต์คันหนึ่ง

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตำแหน่งการจอดของรถจักรยานยนต์ที่ขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจรในเขตเมืองที่มีการจราจรแบบผสมผสาน ผู้วิจัยสำรวจพฤติกรรมการจอดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลตามธรรมชาติด้วยการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก ซึ่งไม่เป็นการรบกวนพฤติกรรมของผู้ขับขี่ ผู้วิจัยสุ่มเลือกขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจรกระจายทั่วพื้นที่เขตเมืองขอนแก่น จำนวน 24 ขาของ 10 ทางแยก ผู้วิจัยวิเคราะห์ตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ จำนวน 1,413 คน เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการจอดด้วยแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจได้จำแนกโครงสร้างต้นไม้ทั้งหมด 15 โหนด ประกอบด้วยโหนดปลายทาง 8 โหนด ความลึกของต้นไม้เท่ากับ 3 ระดับ ค่าประมาณความคลาดเคลื่อนในการทำนายโดยภาพรวมเท่ากับร้อยละ 50.3 และค่าประมาณความคลาดเคลื่อนจากการตรวจสอบแบบไขว้เท่ากับร้อยละ 51.3 โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตำแหน่งการจอดของรถจักรยานยนต์ที่ขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจร คือ ช่วงเวลาเร่งด่วน ทิศทางของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ขับออกจากทางแยก ประเภทของรถจักรยานยนต์ การมีรถขนาดใหญ่กว่าจอดในแถวคอย และการสวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์

ผลการศึกษาได้นำไปสู่ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการจราจรแบบผสมผสานบริเวณขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจรในเขตเมืองเพื่อให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์มีความปลอดภัยมากขึ้น เช่น การตีเส้นบนผิวจราจรเพื่อกำหนดเขตหยุดพิเศษบริเวณตำแหน่งการจอดที่ 2 (Exclusive stopping zone for motorcycle) สามารถเพิ่มความจุในการจอดของรถจักรยานยนต์ที่ถูกต้องตามกฎหมาย เพิ่มทัศนวิสัยและระยะห่างระหว่างรถจักรยานยนต์และยานพาหนะขนาดใหญ่ในแถวคอย ลดความขัดแย้งในช่วงออกตัว การพิจารณาช่องจราจรสำหรับแทรกระหว่างแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (Filtering lane for motorcycle) อนุญาตให้ใช้เฉพาะช่วงมีแถวคอยในช่วงสัญญาณไฟแดงบนถนน 2 ช่องจราจรต่อ

ทิศทางหรือมากกว่าช่วยให้รถจักรยานยนต์เข้าสู่เขตหยุดพิเศษได้สะดวกและปลอดภัย รวมทั้งการบังคับใช้กฎหมายด้วยกล้องวงจรปิดแบบอัตโนมัติ

โดยข้อจำกัดการศึกษานี้ คือ อากาศยานไร้คนขับไม่สามารถสำรวจพฤติกรรมจราจรได้อย่างชัดเจนในเวลากลางคืนซึ่งผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า ร้อยละผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่จอดตำแหน่งที่ 1 (จอดหน้าเส้นหยุด) จะมากกว่าช่วงเร่งด่วนเช้าและเย็น เนื่องจากปริมาณจราจรน้อยกว่าและความเข้มงวดในการบังคับใช้กฎหมายต่ำกว่า และการศึกษาี้ครอบคลุมพฤติกรรมจราจรที่ขาของทางแยกสัญญาณไฟจราจรขนาดเล็กในเขตเมือง การศึกษาในอนาคตควรขยายให้ครอบคลุมพื้นที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจรขนาดต่างๆ และพื้นที่ในเขตนอกเมือง รวมถึงในช่วงเวลากลางคืน

เอกสารอ้างอิง

1. Tosi JD, Poó FM, Ledesma RD, Firsenko E. Safety of child passengers who ride to school on a motorcycle: An observational study in two Argentine cities. *IATSS Res* [Internet]. 2021 Jul;45(2): 176–181. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0386111220300686>
2. Irawan MZ. A joint choice decision model of intra-household interaction-based motorcycle mode and departure time in Yogyakarta, Indonesia. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng* [Internet]. 2019 Oct 1;650(1):012042. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/650/1/012042>
3. Abrari Vajari M, Aghabayk K, Sadeghian M, Shiwakoti N. A multinomial logit model of motorcycle crash severity at Australian intersections. *J Safety Res*. 2020;73:17–24.
4. Yao R, Zeng W, Chen Y, He Z. A deep learning framework for modelling left-turning vehicle behaviour considering diagonal-crossing motorcycle conflicts at mixed-flow intersections. *Transp Res Part C Emerg Technol* [Internet]. 2021 Nov;132:103415. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0968090X21004095>
5. Ramlan R, Irawan MZ, Munawar A. Behavioral factors of motorcyclists in right-turn movements at unsignalized intersections: An insight from Yogyakarta, Indonesia. *IATSS Res* [Internet]. 2021 Apr;45(1):116–22. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0386111220300546>
6. Jantosut P, Satiennam W, Satiennam T, Jaensirisak S. Factors associated with the red-light running behavior characteristics of motorcyclists. *IATSS Res* [Internet]. 2021 Jul;45(2):251–7. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0386111220300881>
7. Promraksa T, Satiennam T, Satiennam W, Kaewwichian P, Kronprasert N. Factors Influencing Stopping Locations of Motorcycle Riders on Signalized Urban Intersection Approaches. *Sustainability* [Internet]. 2022 Nov 16;14(22):15236. Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/22/15236>
8. Van Schagen I, Sagberg F. The Potential Benefits of Naturalistic Driving for Road Safety Research: Theoretical and Empirical Considerations and Challenges for the Future. *Procedia - Soc Behav Sci* [Internet]. 2012;48:692–701. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042812027838>

9. Yamaguchi T. The need for building role models for motorcycle riders' education in the kingdom of Cambodia. *IATSS Res* [Internet]. 2018 Dec;42(4):190–6. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0386111218301146>
10. Minh CC, Sano K, Matsumoto S. Maneuvers of motorcycles in queues at signalized intersections. *J Adv Transp* [Internet]. 2012 Jan;46(1):39–53. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/atr.144>
11. Hajjej F, Alohal MA, Badr M, Rahman MA. A Comparison of Decision Tree Algorithms in the Assessment of Biomedical Data. Rokaya D, editor. *Biomed Res Int* [Internet]. 2022 Jul 7;2022:1–9. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2022/9449497/>
12. Gunduz M, Al-Ajji I. Employment of CHAID and CRT decision tree algorithms to develop bid/no-bid decision-making models for contractors. *Eng Constr Archit Manag* [Internet]. 2021 Aug 12; Available from: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ECAM-01-2021-0042/full/html>
13. Anvari MB, Tavakoli Kashani A, Rabieyan R. Identifying the Most Important Factors in the At-Fault Probability of Motorcyclists by Data Mining, Based on Classification Tree Models. *Int J Civ Eng* [Internet]. 2017 Jun 4;15(4):653–62. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s40999-017-0180-0>
14. Althuwaynee OF, Pradhan B, Park H-J, Lee JH. A novel ensemble decision tree-based Chi-squared Automatic Interaction Detection (CHAID) and multivariate logistic regression models in landslide susceptibility mapping. *Landslides* [Internet]. 2014 Dec 24;11(6):1063–78. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s10346-014-0466-0>
15. Wang L, Chen F, Yin H. Detecting and tracking vehicles in traffic by unmanned aerial vehicles. *Autom Constr* [Internet]. 2016 Dec;72:294–308. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580516300887>
16. Khan M, Ectors W, Bellemans T, Janssens D, Wets G. Unmanned Aerial Vehicle-Based Traffic Analysis: A Case Study for Shockwave Identification and Flow Parameters Estimation at Signalized Intersections. *Remote Sens* [Internet]. 2018 Mar 14;10(3):458. Available from: <http://www.mdpi.com/2072-4292/10/3/458>
17. Freeman BS, Al Matawah JA, Najjar M Al, Gharabaghi B, Thé J. Vehicle stacking estimation at signalized intersections with unmanned aerial systems. *Int J Transp Sci Technol* [Internet]. 2019 Jun;8(2):231–49. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2046043018300789>
18. Champahom T, Jomnonkwao S, Chatpattananan V, Karoonsoontawong A, Ratanavaraha V. Analysis of Rear-End Crash on Thai Highway: Decision Tree Approach. *J Adv Transp* [Internet]. 2019 Nov 27;2019:1–13. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/jat/2019/2568978/>