

การประเมินการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการสัญจรบนถนนในช่วงโมงเร่งด่วน เพื่อสนับสนุนแผนลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยพะเยา

วิภพ แพงวังทอง^{1*}, ทัชदारัตน์ รัตน์น้ำหิน², ธนภัทร งามขำ², วรณิภา ไจยา², อังคณา ราชูการ²,
จิราพร กุลสุนทรรัตน์¹ และรังสรรค์ เกตุอ้อ³

Assessment of Carbon Dioxide Emissions from Road Rush Hour Traffic for Supporting Environmental Impact Reduction Plan in front of University of Phayao

Wipop Paengwangthong^{1*}, Thatchadarat Ratnamhin², Thanapatr Ngamkhum², Wannipa Jaiya²,
Angkana Rachookan², Jiraporn Kulsontornrat¹ and Rangsan Ket-ord³

¹ School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

² School of Energy and Environment, University of Phayao, Phayao, 56000

³ Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

* Corresponding author: wipop_p@hotmail.com

Received: June 16, 2023; Revised: July 27, 2023; Accepted: August 7, 2023

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากถนนบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยพะเยาที่สร้างจากข้อมูลตรวจนับการสัญจรในช่วงเวลาเร่งด่วน ถนนภายในพื้นที่ศึกษาถูกแบ่งและดิจิทัลออกเป็น 8 ส่วนโดยอาศัยจุดตัด การสำรวจภาคสนามในวันพฤหัสบดีที่ 27 ศุกร์ที่ 28 และอาทิตย์ที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2565 ถูกใช้เป็นตัวแทนของปริมาณการสัญจรของวันธรรมดาและวันหยุดราชการในช่วงปิดภาคการศึกษา ตามลำดับในทางกลับกัน วันพฤหัสบดีที่ 10 ศุกร์ที่ 11 และอาทิตย์ที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ.2565 เป็นตัวแทนของข้อมูลในช่วงเปิดภาคการศึกษา ภายหลังจากบันทึกข้อมูลสู่โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล การบริโภคเชื้อเพลิงและปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละส่วนถนนถูกคำนวณอย่างมีขั้นตอน กระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ถูกใช้เพื่อจัดเก็บและแสดงข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นข้อมูลตารางเอ็กเซลถูกเชื่อมโยงเข้าสู่ตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลและนำเสนอเป็นแผนที่ของการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าวันหยุดราชการในช่วงเวลาปิดภาคการศึกษามีการปลดปล่อย CO₂ ในช่วงโมงเร่งด่วนมากที่สุด เท่ากับ 1,660.84 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO₂eq) นอกจากนี้ช่วงปิดภาคการศึกษา การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในวันหยุดราชการมีมากกว่าวันธรรมดา ในทางกลับกัน ช่วงเปิดภาคการศึกษา มีค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตรงข้ามกันอย่างสิ้นเชิง ยิ่งไปกว่านั้นกระบวนการดังกล่าวยังเป็นไปได้และใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลสนับสนุนการติดตามและการลดขนาดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

คำสำคัญ: การประเมินการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, ข้อมูลตรวจนับการสัญจร

¹ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

³ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

Abstract

The objective of this study is to assess the release of Carbon Dioxide (CO₂) emissions from roads in front of University of Phayao based on rush-hour traffic count data. The road within the study area was separated and digitized into 8 segments based on intersection points. Field survey on 27th (Thursday) 28th (Friday) and 30th (Sunday) October 2022 were represented as weekday and weekend traffic volume during closing semester, respectively. On the other hand, 10th (Thursday) 11th (Friday) and 13th (Sunday) October 2022 represented the data during opening semester. After key-in data into Microsoft excel software, fuel consumption, and CO₂ emissions volume for each road segment are sequentially calculated. The processing of geographic information system was used to store and represent data of CO₂ emission. Later, the excel table data were joined into the attribute table of the layer and presented as a map of CO₂ emission volume. The study results demonstrate that the highest CO₂ emissions occur during the rush hours on holidays within closing semester, amounting to 1,660.84 kg CO₂eq. Furthermore, during the closing semester, CO₂ emissions on holidays exceed those on regular days. Conversely, during the opening semester, the CO₂ emissions are completely opposite. Additionally, the procedure was also possible and utilized as support data for greenhouse gas (GHG) emission monitoring and minimizing.

Keywords: Carbon dioxide emission assessment, Geographic information system, Traffic count data

บทนำ

กิจกรรมของมนุษย์ไม่ว่าจะเป็น การทำงาน การเดินทาง และค้าขาย ล้วนมีส่วนเกี่ยวข้องและมีผลกระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อม ดังจะเห็นได้จากการรายงานข่าวที่เสนอผลของการล็อกดาวน์เพื่อควบคุมสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ในหลายประเทศทั่วโลกรวมถึงประเทศไทยนั้นทำให้สิ่งแวดล้อมพื้นฟูดีขึ้น ตัวอย่างเช่น การลดลงของนักท่องเที่ยวทำให้แหล่งท่องเที่ยวตามธรรมชาติต่างๆได้ฟื้นฟูขึ้น (ชัยยศ ยงค์เจริญชัย, 2562; ประมณฑิ์ กาญจนพิมลกุล และกรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์, 2563) พบสัตว์ป่าและสัตว์ทะเลหายากบ่อยครั้งขึ้น (ไทยรัฐออนไลน์, 2564) และการสำรวจลดลงทำให้อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั่วโลกมีแนวโน้มลดลงสู่ค่าต่ำสุดในรอบหลายสิบปี (ไทยรัฐออนไลน์, 2563)

ยังคงมีความพยายามและจำเป็นสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas : GHG) ทั้งนี้เพื่อการติดตาม ดูแล และรักษาชั้นบรรยากาศของเราไว้ให้คงอยู่ต่อไปเพื่อความปกติสุขของมนุษย์ ดังจะเห็นได้จากนโยบายของรัฐบาลที่ได้จัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก: อบก (องค์การมหาชน) เพื่อดูแลเรื่องกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการปลดปล่อย GHG ที่มาจากหลายแหล่ง ตัวอย่างเช่น กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม การเกษตรกรรม และการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ด้วย เป็นต้น (อบก, 2565)

การขนส่งหรือการใช้ยานพาหนะ คือ หนึ่งในกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการปลดปล่อย CO₂ และ GHG ดังจะเห็นได้จากการสำรวจเป็นต้นเหตุการปล่อยคาร์บอนที่เกี่ยวข้องกับพลังงานประมาณ 1 ใน 4 ของโลก (ENVIRONNET, 2559) และเป็นอีกสาเหตุหนึ่งในปัญหามลพิษฝุ่นควันของพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรที่ปรากฏตามข่าว (ไทยรัฐออนไลน์, 2566) การประเมินการปลดปล่อย CO₂ หรือ GHG จากยานพาหนะยังคงถือเป็นสิ่งหนึ่งที่สำคัญ ทั้งนี้เพื่อการติดตามสถานการณ์และเป็นข้อมูลชี้วัดสถานภาพของปัญหาและนำไปสู่การวางแผนมาตรการแก้ไข ลดผลกระทบ เช่น การควบคุม การปรับลดขนาดการปลดปล่อย CO₂ และ GHG ยิ่งไปกว่านั้น หากสามารถประเมินการปลดปล่อยดังกล่าวในรูปแบบที่สามารถระบุตำแหน่ง

แหล่งมลพิษได้แล้วจะทำให้ผู้บริหารเห็นภาพรวม สาเหตุ และแนวทางแก้ปัญหาในเชิงพื้นที่ได้ และมีประโยชน์มากยิ่งขึ้นต่อการจัดการในภาคสนามและการปฏิบัติด้วย (Zihan et al, 2018; William, 1998 and Zahra et al, 2011)

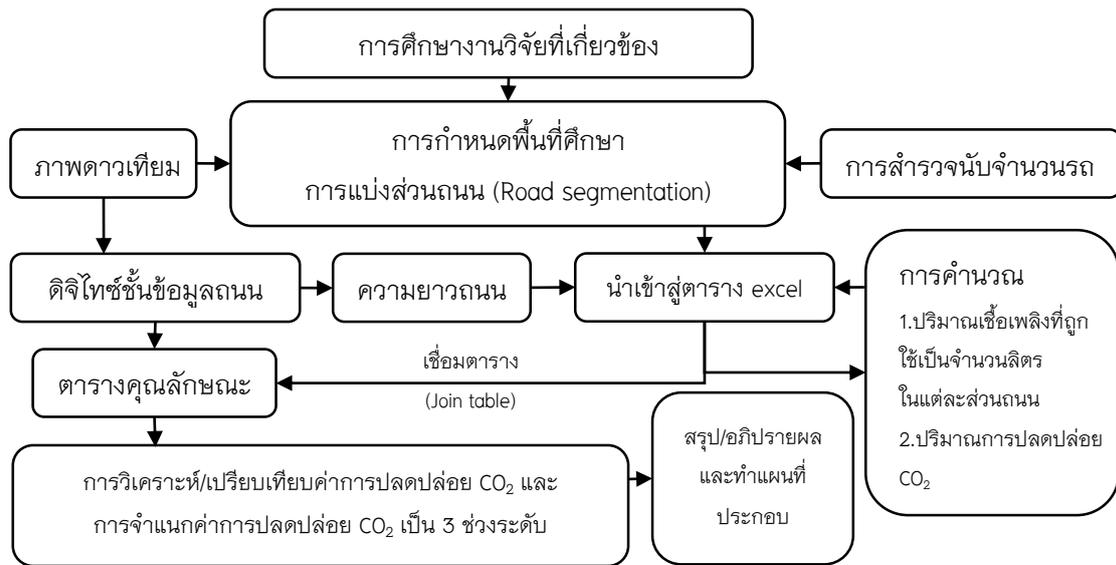
การศึกษาเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวข้างต้นที่ผ่านมา เมื่อวันที่ 25 และ 27 กุมภาพันธ์ 2565 ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา พบว่าการปลดปล่อย CO₂ บนถนนในช่วงเวลาเร่งด่วนของวันธรรมดาคิดเป็น 2 เท่าของวันหยุดราชการ (วิภาพงษ์ทอง และรังสรรค์ เกตุอ้อต, 2563) ดังนั้นจึงแนะนำว่าควรขยายการศึกษาโดยเฉพาะการพิจารณาค่าการปลดปล่อย CO₂ ในช่วงเวลาเปิดและปิดภาคการศึกษา เพื่อประโยชน์ในการติดตามและบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกถนนบริเวณทางแยกหน้ามหาวิทยาลัยพะเยาเป็นพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 2) อีกทั้งยังเพิ่มเติมการสำรวจภาคสนามที่กำหนดในช่วงเวลาเปิดและปิดภาคการศึกษาด้วยเพื่อให้เห็นความแตกต่างของการปลดปล่อย CO₂ จากกิจกรรมของมนุษย์ รวมไปถึงเพื่อการเปรียบเทียบกับข้อมูลในอนาคต หรือประกอบการพิจารณาหาแนวทางลดการปลดปล่อย GHG ในภาพรวมให้น้อยลงในอนาคตข้างหน้า

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจปริมาณการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนในวันธรรมดาและวันหยุดราชการทั้งช่วงเปิดและปิดภาคการศึกษาบริเวณทางแยกหน้ามหาวิทยาลัยพะเยา
2. เพื่อประเมิน และเปรียบเทียบความแตกต่างเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากถนนระหว่างช่วงเวลาเปิดและปิดภาคการศึกษาของมหาวิทยาลัยพะเยา

วิธีการดำเนินการวิจัย

กระบวนการศึกษาเพื่อประเมินการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากถนนในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ ประกอบไปด้วย ข้อมูลจาก 4 แหล่งที่มา ได้แก่ ความยาวของถนนแต่ละส่วนจากชั้นข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การนับจำนวนยานพาหนะในภาคสนาม อัตราการบริโภคเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท และอัตราการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂ Emission) ของทั้งน้ำมันเบนซินและดีเซลจากเว็บไซต์ของ อบก. ส่วนกระบวนการคำนวณปริมาณการปลดปล่อย CO₂ นั้นทำโดยอาศัยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล แล้วนำเข้าข้อมูลดังกล่าวสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสร้างเป็นข้อมูลคุณลักษณะประจำของแต่ละส่วนของถนน สุดท้ายทำการสรุปและอภิปรายผล พร้อมทั้งทำแผนที่ประกอบเพื่อเป็นการแสดงข้อมูลที่เข้าใจง่าย กระบวนการดังกล่าวถูกแสดงในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การสำรวจและนำเข้าข้อมูลภาคสนาม

การแบ่งส่วนถนน (Road segmentation) เป็นการเตรียมการก่อนออกภาคสนามโดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และภาพถ่ายเทียมรายละเอียดสูงจากกูเกิ้ลเอิร์ธเป็นแผนที่ฐาน สำหรับการพิจารณาแบ่งส่วนถนนที่อาศัยจุดตัดทางแยกเป็นตัวแบ่ง นอกจากนี้สามารถวัดความยาวของแต่ละส่วนถนนได้เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณในตารางของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล (Microsoft Excel Software) ซึ่งเป็นขั้นตอนถัดไป

การตรวจนับยานพาหนะที่สัญจร (Traffic count data) ผู้สำรวจภาคสนามอยู่ ณ ตำแหน่งที่สามารถมองเห็นได้ตลอดความยาวของส่วนถนนและทำการนับจำนวนยานพาหนะ รวมไปถึงการระบุประเภทยานพาหนะ และชนิดเชื้อเพลิงด้วยโดยมิให้เกิดการนับที่ซ้ำซ้อน การสำรวจภาคสนามดังกล่าวถูกกำหนดและดำเนินการในวันพฤหัสบดีที่ 27 กรกฎาคม 28 สิงหาคมที่ 30 ตุลาคม 2565 และพฤหัสบดีที่ 10 กรกฎาคมที่ 11 สิงหาคมที่ 13 พฤศจิกายน 2565 ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของ 2 ช่วงเวลาที่มีลักษณะกิจกรรมการดำรงชีวิตของคนในพื้นที่ศึกษาที่แตกต่างกัน ได้แก่ ช่วงวันธรรมดา/วันหยุดราชการ และช่วงเวลาเปิด/ปิดภาคการศึกษา ตามลำดับ นอกจากนี้ ช่วงเวลาที่ทำการสำรวจนั้นเป็นช่วงเวลาเร่งด่วนที่พิจารณาแล้วว่าสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้ยานพาหนะและเวลาปฏิบัติงานของบุคลากร รวมถึงเวลาที่นิสิตส่วนใหญ่เดินทางมาเรียนและรอต่อคิวขึ้นรถโดยสารเพื่อเข้าไปเรียนในมหาวิทยาลัย กำหนดไว้ทั้งหมด 3 เวลา ได้แก่ เช้า (8:00–9:00 น.) กลางวัน (12:00–13:00 น.) และเย็น (17:00–18:00 น.) นอกจากนี้ สำหรับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 นั้น ช่วงเวลาที่ทำการสำรวจนั้นเป็นช่วงที่รัฐบาลผ่อนคลายเป็นระยะและประกาศให้เป็นโรคประจำถิ่นแล้ว และมหาวิทยาลัยมีนโยบายจัดการเรียนการสอนในรูปแบบปกติหรือเรียนในที่ตั้งแล้ว ดังนั้นจำนวนนิสิตที่กำลังศึกษาอยู่ในขณะนั้นมีทั้งหมด 21,602 คน (ระบบบริการการศึกษา, 2566) อย่างไรก็ตาม สำหรับบุคลากรของมหาวิทยาลัยที่ปฏิบัติหน้าที่ตามปกติ โดยที่สายวิชาการและสายสนับสนุนมีจำนวนทั้งหมด เท่ากับ 989 และ 942 คน ตามลำดับ (กองการเจ้าหน้าที่, 2566) อย่างไรก็ตาม จำนวนนิสิตและบุคลากรดังกล่าวเป็นเพียงข้อมูลที่ยืนยันความเป็นไปได้ของการสำรวจบนถนนส่วนหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากยังมีจำนวนผู้สัญจรอื่นๆที่ไม่สามารถระบุจำนวนได้ ไม่มีหน่วยงานใดเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ เช่น นักท่องเที่ยว ผู้ที่สัญจรไปมาในท้องถิ่นหรือสัญจรระหว่างจังหวัดพะเยาและลำปาง เป็นต้น

การบันทึกข้อมูลภาคสนามเข้าสู่คอมพิวเตอร์ การศึกษาครั้งนี้อาศัยการบันทึกหรือนำเข้าข้อมูลลงในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล รูปแบบการบันทึกข้อมูลเป็นแบบตาราง 2 มิติ หรือเป็นความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational database) ประกอบด้วยสตมภ์และแถว สตมภ์แสดงถึงคุณลักษณะของความสัมพันธ์ซึ่งหมายถึง เขตข้อมูล (Field) ส่วนแถวมีความหมายเหมือนระเบียบข้อมูล (Record) (สิทธิชัย ชูสำโรง, 2559) จะเห็นได้ว่ารูปแบบของตารางดังกล่าวมีรูปแบบเหมือนกับตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยดังตัวอย่างในรูปที่ 3

การสร้างชั้นข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การดิจิทัลเส้นถนนที่อาศัยภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงที่ให้บริการโดยกูเกิ้ลเอิร์ธเป็นแผนที่ฐานสำหรับอ้างอิงระบบที่กัก/ตาแหน่งเพื่อสร้างชั้นข้อมูลถนนอาศัยการดิจิทัลจอบนหน้าจอก (Digitize on screen) พร้อมทั้งใช้คำสั่ง Calculate Geometry เพื่อวัดความยาวของแต่ละส่วนถนนลงในตารางคุณลักษณะ (Attribute table)

การประเมินปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกใช้เป็นหน่วยจำนวนลิตรในแต่ละส่วนถนนโดยจำแนกตาม ประเภทยานพาหนะวัน และช่วงเวลาปิดหรือเปิดภาคการศึกษา ให้ปรากฏเพิ่มเติมในสตมภ์ของตารางเอ็กเซลอาศัยการคูณกันระหว่างจำนวนรถ (หน่วย: คัน) กับค่าความยาวของถนนแต่ละส่วน (หน่วย: กิโลเมตร) และหลังจากนั้นผลลัพธ์ที่ได้จะถูกหารด้วยอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (หน่วย: กิโลเมตร/ลิตร) อย่างไรก็ตาม การคำนวณดังกล่าวอาศัยค่ากลางของอัตราสิ้นเปลืองในยานพาหนะแต่ละประเภท (ตารางที่ 1) ตามแบบอย่างการคำนวณของ อบก. (อบก, 2562) ซึ่งมีแหล่งอ้างอิงหลายแหล่งรายละเอียดดังตารางที่ 1 เห็นได้ว่าการศึกษานี้จำแนกประเภทของยานพาหนะออกเป็น 6 ประเภทตามที่พบในภาคสนาม ตัวอย่างเช่น รถเก๋งกำหนดไว้เป็นเครื่องยนต์เบนซินขนาดกลาง 1,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cc) รถจักรยานยนต์กำหนดไว้เป็นเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ เฉลี่ยทุกขนาดเครื่องยนต์ และรถบรรทุกกำหนดใช้ค่าเฉลี่ยของเครื่องยนต์ดีเซล

ตารางที่ 1 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (อบก, 2562)

ประเภทของยานพาหนะ	อัตราสิ้นเปลือง (กิโลเมตร/ลิตร)	ข้อกำหนดที่ใช้ในการศึกษา
รถเก๋ง (เบนซิน)	17.770	รถยนต์ขนาดกลาง 1,500 cc
รถกระบะ (ดีเซล)	11.111	รถกระบะส่วนบุคคลขนาด 1 คัน
รถอเนกประสงค์ (เบนซิน)	14.763	รถยนต์เฉลี่ยทุกขนาด เบนซิน
รถจักรยานยนต์ (เบนซิน)	37.640	รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เฉลี่ยทุกขนาดเครื่องยนต์ขนาด
รถแท็กซี่ (ดีเซล)	2.850	รถโดยสารประจำทาง
รถบรรทุก (ดีเซล)	6.369	รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย

การประเมินค่าการปลดปล่อย CO₂ และทำแผนที่ประกอบ

การประเมินค่าการปลดปล่อย CO₂ อาศัยจำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ได้จากการคำนวณข้างต้น โดยขั้นตอนแรกทำการคำนวณเพื่อให้ได้ผลรวมจำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ในแต่ละส่วนถนนออกมาเป็นหน่วยลิตร โดยแยกคำนวณเป็น 2 ชนิดเชื้อเพลิง ได้แก่ น้ำมันเบนซิน และดีเซล หลังจากนั้นขั้นตอนสุดท้ายทำการแปลงจำนวนลิตรน้ำมันเชื้อเพลิงไปเป็นค่าการปลดปล่อย CO₂ โดยเทียบกับอัตรา CO₂ Emission ของ อบก. (อบก, 2562) ซึ่งกำหนดไว้ว่า น้ำมันเบนซิน 1 ลิตร หากมีการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ของยานพาหนะแล้วจะมีการปลดปล่อย CO₂ เท่ากับ 2.2376 กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อลิตร (kg CO₂eq/liter) และดีเซล 1 ลิตร เท่ากับ 2.7446 kg CO₂eq/liter ภายหลังการคูณ

ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวจะได้ค่าการปลดปล่อย CO₂ ในแต่ละส่วนถนนมีหน่วย kg CO₂eq นอกจากนี้ เพื่อให้สามารถทำการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยดังกล่าวกันได้ภายในในกลุ่มหรือระหว่างส่วนถนนทั้งหมด ปริมาณการปลดปล่อยนั้นจะถูกปรับค่าให้อยู่ในช่วงเดียวกัน (Normalization) โดยการหารด้วยระยะทางของแต่ละส่วนถนนนั้นให้มีหน่วยเป็นกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลเมตร (kg CO₂eq km⁻¹)

การนำเข้าข้อมูลการปลดปล่อย CO₂ จากตารางเอ็กเซลเข้าสู่ตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลถนนเพื่อเป็นการเพิ่มเติมข้อมูล ได้แก่ วัน ช่วงเวลา ประเภท จำนวนยานพาหนะและลิตรของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ และการปลดปล่อย CO₂ ของแต่ละส่วนของถนนเข้าไปในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ชั้นข้อมูลถนน โดยอาศัยการเชื่อมตาราง (Join table) ข้อมูลในตารางเอ็กเซลเข้าไปที่ตารางคุณลักษณะที่อาศัยหมายเลขส่วนของถนนเป็นคีย์หลัก (Primary key) ในการเชื่อมกัน

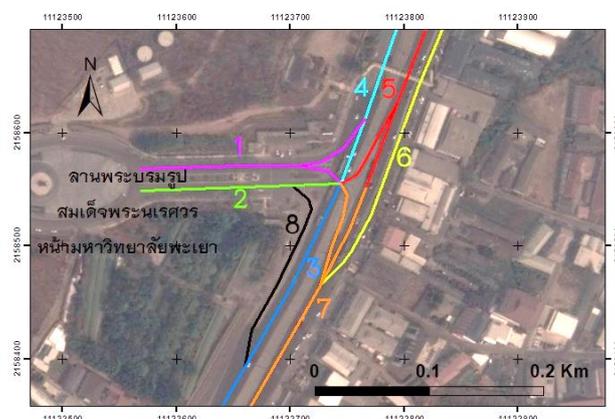
การออกแบบแผนที่เพื่อนำเสนอการปลดปล่อย CO₂ ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนในแต่ละส่วนถนนเพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผนจัดการลดขนาดการปลดปล่อย CO₂ ผู้ศึกษาใช้วิธีการจำแนกค่าดังกล่าวออกเป็น 3 ช่วงระดับ ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และสูง โดยเลือกใช้วิธีการจำแนกแบบทุกช่วงชั้นเท่ากัน (Equal interval) เพื่อเป็นการนำเสนอแก่บุคคลทั่วไปให้เข้าใจได้ง่ายถึงความแตกต่างกันในเชิงพื้นที่ ดังนั้นผู้ศึกษาวิจัยจึงมิได้นำเอาวิธีการจำแนกแบบ Natural breaks หรือ Standard Deviation มาใช้เนื่องจากต้องอาศัยความรู้ด้านสถิติเพื่อการทำความเข้าใจด้วย นอกจากนี้ทำการเปรียบเทียบกันระหว่างแผนที่การปลดปล่อย CO₂ ระหว่างวันธรรมดาและวันหยุดและระหว่างช่วงปิดและเปิดภาคการศึกษาด้วย

ผลการศึกษา

ผลการรวบรวมข้อมูลและดำเนินการแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

ผลการสำรวจและนำเข้าข้อมูลภาคสนาม

การแบ่งส่วนถนนในพื้นที่ศึกษาบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยพะเยาซึ่งใช้จุดตัดทางแยกเป็นตัวแบ่ง พบว่ามีทั้งหมด 8 ส่วน ดังรูปที่ 2 ได้แก่ ส่วนที่ 1 (สีม่วง) คือ เส้นทางขาออกจากมหาวิทยาลัยไปจนถึงทางแยกหน้ามหาวิทยาลัย ส่วนที่ 2 (สีเขียว) คือ เส้นทางขาเข้าสู่มหาวิทยาลัย ส่วนที่ 3 (สีน้ำเงิน) คือ เส้นทางขาเข้าเมืองพะเยาก่อนถึงทางแยก ส่วนที่ 4 (สีฟ้า) เส้นทางขาเข้าเมืองพะเยาหลังจากผ่านทางแยกแล้ว ส่วนที่ 5 (สีแดง) เส้นทางขาออกจากเมืองพะเยาก่อนถึงทางแยก ส่วนที่ 6 (สีเขียวอ่อน) คือ เส้นทางคู่ขนานแบบสวนทางกัน (Two way) ส่วนที่ 7 (สีส้ม) คือ เส้นทางขาออกจากพะเยาหลังจากผ่านทางแยกแล้ว ส่วนที่ 8 (สีดำ) คือ เส้นทางขนานเพื่อเข้าสู่มหาวิทยาลัย ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2 พื้นที่ศึกษาและการแบ่งส่วนของถนนในพื้นที่ศึกษา

ผลการตรวจนับจำนวนรถภาคสนามที่ดำเนินการในวันพฤหัสบดีที่ 27 ศุกร์ที่ 28 อาทิตย์ที่ 30 ตุลาคม 2565 และวันพฤหัสบดีที่ 10 ศุกร์ที่ 11 อาทิตย์ที่ 13 พฤศจิกายน 2565 ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลในวันธรรมดาและวันหยุดราชการระหว่างช่วงปิดและเปิดภาคการศึกษา การศึกษาดำเนินการใน 3 ช่วงเวลาสัญจรเร่งด่วน ได้แก่ เช้า (8:00–9:00 น.) กลางวัน (12:00–13:00 น.) และเย็น (17:00–18:00 น.) ตัวอย่างการสรุปผลการสำรวจในวันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2565 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการสรุปผลการสำรวจการสัญจร/จำนวนยานพาหนะในวันหยุดราชการช่วงเวลาปิดภาคการศึกษา

วัน	ประเภทรถ	ช่วงเวลา	Road segment								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
วันอาทิตย์ที่ 30 ตุลาคม 2565	แท็กซี่	เช้า	24	66	102	131	179	63	208	22	
		กลางวัน	104	87	180	265	502	75	631	38	
		เย็น	70	103	244	293	674	63	993	47	
	กระบะ	เช้า	32	56	128	155	265	52	297	14	
		กลางวัน	65	82	226	286	644	81	774	43	
		เย็น	64	60	207	256	1,027	50	1,398	20	
	รถจักรยานยนต์	เช้า	12	16	48	58	119	9	130	4	
		กลางวัน	23	20	80	97	281	46	319	7	
		เย็น	21	18	66	76	464	31	628	9	
	จักรยานยนต์	เช้า	116	73	138	211	88	236	280	34	
		กลางวัน	184	140	318	416	293	824	730	82	
		เย็น	215	290	550	707	507	1,237	2,049	182	
	รถ	เช้า	5	6	5	9	13	0	15	1	
		กลางวัน	11	3	13	23	36	2	45	1	
		เย็น	1	2	25	26	45	3	78	0	
	บรรทุก	เช้า	1	1	66	66	42	0	43	1	
		กลางวัน	2	2	61	62	52	2	55	1	
		เย็น	1	3	39	39	160	1	173	2	
	รวม			951	1,028	2,496	3,176	5,391	2,775	8,846	508

ผลการตรวจนับยานพาหนะทั้ง 6 วัน พบว่ามีจำนวนยานพาหนะทั้งหมด 118,183 คัน หากพิจารณาการสัญจรในวันธรรมดาและวันหยุดราชการของช่วงปิดภาคการศึกษา พบว่ามีจำนวนยานพาหนะเท่ากับ 12,666 และ 25,171 คัน ตามลำดับ และหากพิจารณาการสัญจรในวันธรรมดาและวันหยุดราชการของช่วงเปิดภาคการศึกษา พบว่ามีจำนวนยานพาหนะเท่ากับ 24,658 และ 18,365 คัน ตามลำดับ นอกจากนี้ หากพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการสัญจรของยานพาหนะในช่วงปิดและเปิดภาคการศึกษา พบว่าช่วงเปิดภาคการศึกษามีจำนวนยานพาหนะมากกว่าช่วงปิดภาคการศึกษา โดยที่ยานพาหนะที่พบมากที่สุด คือ จักรยานยนต์ รองลงมา คือ รถแท็กซี่ และรถกระบะ ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 การแจกแจงจำนวนยานพาหนะแต่ละประเภทเป็นรายวัน

วันที่	แก่ง	กระบะ	อเนกประสงค์	จักรยานยนต์	ตู้	บรรทุก	รวม	ช่วงเวลา	วัน	จำนวน (คัน)
27 ต.ค. 65	3,189	2,559	1,085	3,895	156	757	11,641	ปิดเทอม	วันธรรมดา	12,666
28 ต.ค. 65	3,532	2,797	1,271	5,106	243	741	13,690		วันหยุดราชการ	25,171
30 ต.ค. 65	5,164	6,282	2,582	9,900	368	875	25,171			
10 พ.ย.65	4,126	3,193	1,518	12,037	304	1,083	22,261	เปิดเทอม	วันธรรมดา	24,658
11 พ.ย.65	5,260	3,691	2,249	14,689	314	852	27,055		วันหยุดราชการ	18,365
13 พ.ย.65	2,590	2,154	1,143	11,541	215	722	18,365			
รวม	23,861	20,676	9,848	57,168	1,600	5,030	118,183			

ผลการบันทึกนำเข้าสู่ข้อมูลจำนวนยานพาหนะเข้าสู่โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซลให้อยู่ในรูปแบบตาราง 2 มิติ โดยการตั้งชื่อสทมภ์จะตั้งให้สอดคล้องกับ 2 คุณลักษณะของข้อมูล ได้แก่ วันที่สำรวจ และประเภทของยานพาหนะ จากนั้นดำเนินการนำเข้าสู่ข้อมูลและมีผลการดำเนินงานดังรูปตัวอย่างบางส่วนต่อไปนี้

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	segment	Length	27แก่ง	27อเนกประสงค์	27กระบะ	27ตู้	27บรรทุก	27จักรยานยนต์	28แก่ง	28อเนกประสงค์	28กระบะ	28ตู้	28บรรทุก	28จักรยานยนต์
2	1	0.242364	337	55	169	7	4	407	346	70	214	10	7	200
3	2	0.166531	420	320	7	4	347	477	77	254	11	6	495	
4	3	0.431195	408	132								55	193	675
5	4	0.375613	767										198	974
6	5	0.4592	555										63	304
7	6	0.467457	147	75									8	1614
8	7	0.537439	393	267	394	33	155	393	511	255	494	43	169	598
9	8	0.170455	162	16	60	1	0	190	188	28	103	2	2	242

รูปที่ 3 ผลการบันทึกข้อมูลการสำรวจรถบนถนนในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล

ผลการสร้างชั้นข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ผลการสร้างชั้นข้อมูลโดยการดิจิทัลไนซ์บนหน้าจอด้วยโปรแกรม QGIS 3.26.3 และอาศัยภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงที่ให้บริการโดยกูเกิ้ลเอิร์ธเป็นแผนที่ฐานสำหรับอ้างอิงระบบพิกัดและตำแหน่ง พบว่า สามารถสร้างเส้นถนนได้ทั้งหมด 8 ส่วน และแต่ละส่วนมีหมายเลขระบุกำกับในตารางคุณลักษณะดังรูปที่ 2 และ 3

ผลการประเมินจำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ในแต่ละส่วนถนนจำแนกตามประเภทยานพาหนะ วัน และช่วงเวลา ตัวอย่างการคำนวณดังตารางที่ 4 อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า ถนนส่วนที่ 1 มีจำนวนรถแก่งสัญจร 198 คัน แต่ใช้เชื้อเพลิงไปเพียง 1.47 ลิตรเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากถนนส่วนที่ 1 นั้น มีระยะทางเพียง 0.242 กิโลเมตร นอกจากนี้ผลการศึกษาพบว่า มีจำนวนลิตรของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งเบนซินและดีเซลถูกใช้ไปมากที่สุดในวันหยุดราชการช่วงเวลาปิดภาคการศึกษา คิดเป็น 326.03 และ 339.33 ลิตร ตามลำดับ รองลงมา คือ การใช้น้ำมันในวันธรรมดาช่วงเวลาปิดภาคการศึกษา คิดเป็น 297.75 และ 209.12 ลิตร ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 จำนวนยานพาหนะแต่ละประเภทและจำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ใช้ในถนนแต่ละส่วน

ถนนส่วนที่	วันอาทิตย์ที่ 30 ตุลาคม 2565												รวม (ลิตร)
	แท็กซี่		กระบะ		รถจักรยานยนต์		จักรยานยนต์		ตู้		บรรทุก		
	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	
1	198	1.47	161	1.91	56	0.50	515	1.81	17	0.22	4	0.08	5.99
2	256	6.15	198	7.61	54	1.56	503	5.71	11	0.46	6	0.40	21.89
3	526	13.97	561	23.83	194	6.20	1006	12.62	43	1.99	166	9.53	68.14
4	689	12.99	697	21.01	231	5.24	1334	11.87	58	1.90	167	8.78	61.79
5	1355	23.10	1936	52.80	864	17.73	888	7.15	94	2.79	254	12.08	115.65
6	201	5.29	183	7.71	86	2.73	2297	28.56	5	0.23	3	0.22	70.58
7	1832	48.66	2469	104.88	1077	32.71	3059	38.36	138	6.38	271	20.08	251.07
8	107	1.01	77	1.16	20	0.23	298	1.33	2	0.03	4	0.11	3.87
รวม	5164	112.64	6282	220.91	2582	66.90	9900	107.41	368	14	875	51.28	598.98

ตารางที่ 5 การแจกแจงปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (หน่วย: ลิตร) ของถนนแต่ละส่วนเป็นรายวันและช่วงเวลา

ถนนส่วนที่	ช่วงเวลาปิดภาคการศึกษา				ช่วงเวลาเปิดภาคการศึกษา			
	วันธรรมดา		วันหยุดราชการ		วันธรรมดา		วันหยุดราชการ	
	เบนซิล	ดีเซล	เบนซิล	ดีเซล	เบนซิล	ดีเซล	เบนซิล	ดีเซล
1	7.64	4.59	6.94	4.07	12.70	3.85	11.60	2.59
2	6.83	3.82	5.23	3.30	10.45	3.15	4.66	1.43
3	21.26	33.63	29.95	34.83	39.52	44.82	32.19	30.07
4	30.70	35.87	33.75	35.55	48.49	45.77	33.86	29.47
5	28.40	34.71	72.72	102.56	42.44	42.15	25.77	28.22
6	23.21	4.87	36.54	8.15	54.77	8.31	47.99	4.95
7	30.25	37.15	138.29	149.56	80.69	59.04	62.81	46.24
8	2.91	1.30	2.61	1.32	8.69	2.03	2.30	0.46
รวม	151.19	155.94	326.03	339.33	297.75	209.12	221.17	143.44

ผลการประเมินปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ในแต่ละส่วนถนนจำแนกตามประเภทยานพาหนะ วัน และช่วงเวลา โดยใช้อัตราการปลดปล่อย CO₂ ของ อบก. ซึ่งกำหนดไว้ว่า น้ำมันเบนซิน 1 ลิตร หากมีการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ของยานพาหนะแล้วจะมีการปลดปล่อย CO₂ เท่ากับ 2.2376 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อลิตร (kg CO₂eq/liter) และดีเซล 1 ลิตร เท่ากับ 2.7446 kg CO₂eq/liter ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงปิดภาคการศึกษา การปลดปล่อย CO₂ ของวันหยุดราชการมีมากกว่าวันธรรมดา ในทางกลับกัน ช่วงเปิดภาคการศึกษา การปลดปล่อย CO₂ จะตรงข้ามกันอย่างสิ้นเชิง นอกจากนี้ ผลการศึกษาพบว่า วันที่มีการปลดปล่อย CO₂ มากที่สุดคือ วันหยุดราชการ ในช่วงเวลาปิดภาคการศึกษา คิดเป็น 1,660.84 kg CO₂eq รองลงมา คือ วันธรรมดาและวันหยุดราชการในช่วงเปิดภาคการศึกษา คิดเป็น 1,240.21 และ 888.58 kg CO₂eq ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การแจกแจงปริมาณการปลดปล่อย CO₂ (หน่วย: kg CO₂eq) ของถนนแต่ละส่วนเป็นรายวันและช่วงเวลา

ถนน ส่วนที่	ช่วงเวลาปิดภาคการศึกษา						ช่วงเวลาเปิดภาคการศึกษา					
	วันธรรมดา			วันหยุดราชการ			วันธรรมดา			วันหยุดราชการ		
	เบนซิล	ดีเซล	รวม	เบนซิล	ดีเซล	รวม	เบนซิล	ดีเซล	รวม	เบนซิล	ดีเซล	รวม
1	17.09	12.59	29.68	15.52	11.16	26.68	28.41	10.56	38.97	25.95	7.11	33.06
2	15.29	10.50	25.79	11.70	9.06	20.75	23.38	8.65	32.03	10.42	3.93	14.36
3	47.56	92.29	139.85	67.03	95.59	162.61	88.43	123.02	211.45	72.02	82.52	154.55
4	68.69	98.44	167.13	75.53	97.56	173.09	108.50	125.61	234.12	75.77	80.89	156.66
5	63.54	95.27	158.81	162.72	281.47	444.20	94.96	115.68	210.65	57.66	77.45	135.11
6	51.93	13.37	65.30	81.76	22.36	104.12	122.55	22.79	145.34	107.37	13.60	120.97
7	67.68	101.96	169.64	309.44	410.49	719.93	180.56	162.05	342.61	140.55	126.92	267.47
8	6.51	3.57	10.09	5.83	3.63	9.46	19.46	5.58	25.04	5.15	1.26	6.40
รวม	338.29	427.99	766.29	729.52	931.32	1,660.84	666.25	573.96	1,240.21	494.89	393.69	888.58

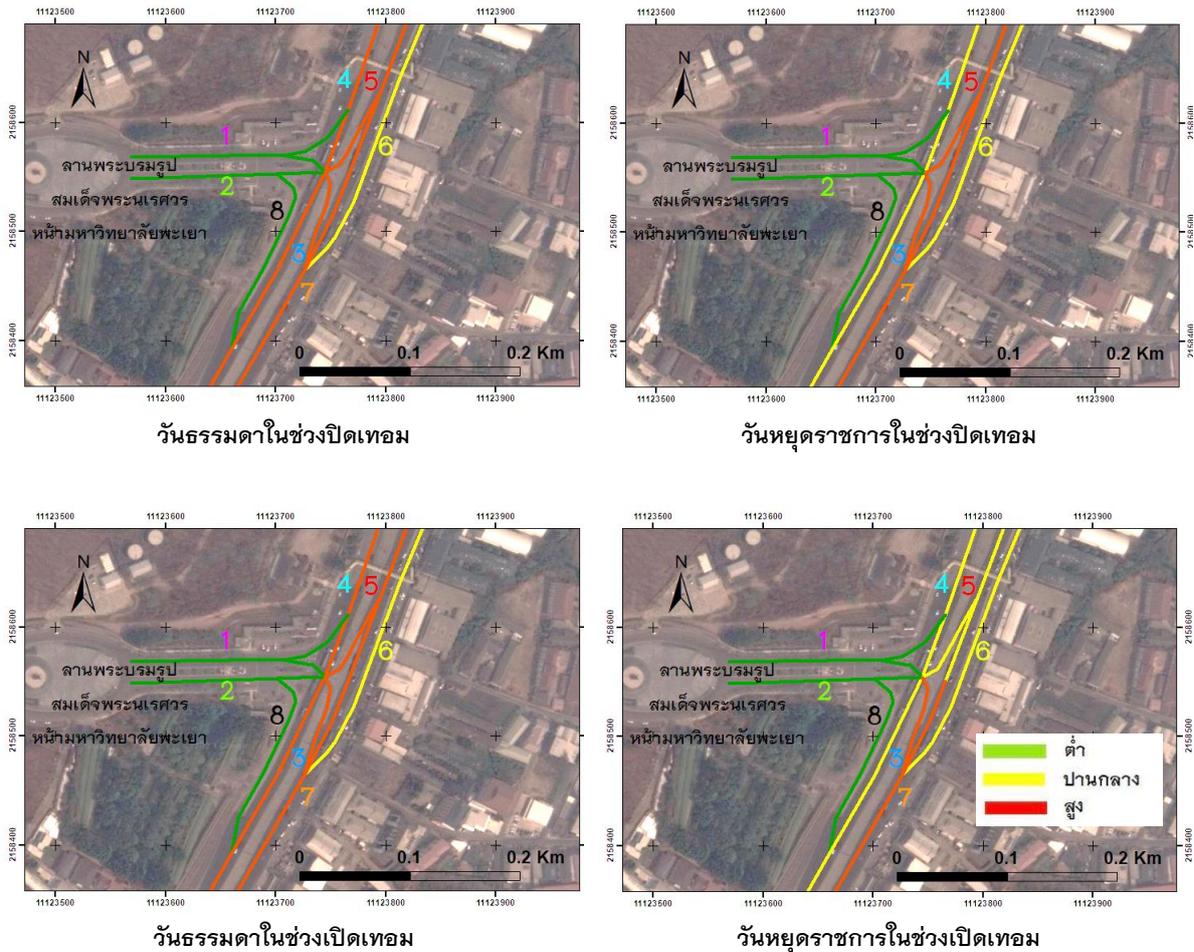
ผลการนำเข้าข้อมูลปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของแต่ละส่วนถนนที่อยู่ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล เข้าไปในตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลถนน โดยการเชื่อมโยงตาราง ทำให้ข้อมูลครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา และพบว่าเป็นกระบวนการที่ทำได้จริง

ผลการออกแบบแผนที่เพื่อการนำเสนอข้อมูลปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วน หลังจากทำการจำแนกข้อมูลออกเป็น 3 ช่วงระดับ ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และสูง พบว่า แผนที่ที่สร้างออกมาเน้นให้เห็นความแตกต่างเชิงพื้นที่และการเปรียบเทียบระหว่างวันธรรมดาและวันหยุดราชการได้ ซึ่งปรากฏดังรูปที่ 4 และเป็นที่น่าสนใจที่ได้ว่าภายหลังการจำแนกออกเป็น 3 ระดับของการปลดปล่อย CO₂ ของวันธรรมดา ทั้งช่วงเวลาปิดและเปิดภาคการศึกษานั้น ถนนส่วนที่ 3 4 5 และ 7 ถูกจัดว่ามีการปลดปล่อย CO₂ อยู่ในระดับสูงเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม สำหรับการปลดปล่อย CO₂ ในวันหยุดราชการนั้น จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างออกไป นั่นคือ มีเพียงถนนส่วนที่ 5 และ 7 เท่านั้นที่ถูกจัดว่ามีการปลดปล่อย CO₂ อยู่ในระดับสูง นอกจากนี้ ถนนส่วนที่ 7 (เส้นทางขาออกจากพะเยา) เป็นเพียงส่วนถนนเดียวที่ถูกจัดว่ามีการปลดปล่อย CO₂ อยู่ในระดับสูงของทุกวันและทุกช่วงเวลา รายละเอียดดังรูปที่ 4

ผลการออกแบบแผนที่เพื่อการนำเสนอข้อมูลการปลดปล่อย CO₂ ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วน หลังจากทำการจำแนกข้อมูลตามค่าการปลดปล่อย CO₂ (ดังตารางที่ 7) ออกเป็น 3 ช่วงระดับ ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และสูง พบว่า แผนที่ที่สร้างออกมาเน้นให้เห็นความแตกต่างเชิงพื้นที่และการเปรียบเทียบระหว่างวันธรรมดาและวันหยุดราชการ ช่วงเวลาปิดและเปิดภาคการศึกษาได้ ซึ่งปรากฏดังรูปที่ 4

ตารางที่ 7 การจำแนกค่าการปลดปล่อย CO₂ (หน่วย: kg CO₂eq) โดยวิธีการจำแนกแบบทุกช่วงชั้นเท่ากัน

		ช่วงเวลาปิดภาคการศึกษา		ช่วงเวลาเปิดภาคการศึกษา	
		วันธรรมดา	วันหยุดราชการ	วันธรรมดา	วันหยุดราชการ
ค่าการ ปลดปล่อย ที่ใช้จำแนก	ต่ำ	10.087081 – 29.684027	9.460606 – 26.684596	25.038909 – 38.973078	6.403133 – 33.062535
	ปานกลาง	29.684028 – 65.299642	26.684597 – 173.086378	38.973079 – 145.344332	33.062536 – 156.657480
	สูง	65.299643 – 169.636419	173.086379 – 719.930872	145.344333 – 342.610972	156.657481 – 267.468327



รูปที่ 4 แผนที่แสดงระดับการปลดปล่อย CO₂ ในแต่ละส่วนถนน

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซลเพื่อการประเมินการปลดปล่อย CO₂ ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยพะเยาและทำแผนที่ประกอบการสรุปและอภิปรายผล สำหรับขั้นตอนแรก ทุกส่วนถนนภายในพื้นที่ศึกษาถูกดิจิทัลไท์แบ่งออกเป็น 8 ส่วนโดยอาศัยจุดตัดทางแยกเป็นตัวแบ่ง ขั้นตอนที่สอง วางตำแหน่งของผู้สำรวจภาคสนามที่สามารถมองเห็นยานพาหนะบนส่วนถนนนั้นได้ และทำการสำรวจในวันพฤหัสบดีที่ 27 วันศุกร์ที่ 28 และวันอาทิตย์ที่ 30 ตุลาคม 2565 ทั้ง 3 วันดังกล่าวถูกใช้เป็นตัวแทนการสัญจรของวันธรรมดาและวันหยุดราชการในช่วงปิดภาคการศึกษา ตามลำดับ การสำรวจในวันพฤหัสบดีที่ 10 วันศุกร์ที่ 11 และวันอาทิตย์ที่ 13 พฤศจิกายน 2565 ทั้ง 3 วันดังกล่าวถูกใช้เป็นตัวแทนการสัญจรของวันธรรมดาและวันหยุดราชการในช่วงเปิดภาคการศึกษา ตามลำดับ ขั้นตอนที่สาม นำเข้าข้อมูล คำนวณ และประเมินผลในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล ได้แก่ จำนวนยานพาหนะ ความยาวของแต่ละส่วนถนน จำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ในแต่ละส่วนถนน และปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ตามลำดับ ขั้นตอนที่สี่ เชื่อมโยงข้อมูลจากตารางเอกซ์เซลเข้าไปในตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ขั้นตอนที่ห้า ออกแบบการนำเสนอเป็นตาราง และแผนที่ของการปลดปล่อย CO₂ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากระบวนการดังกล่าวเป็นไปได้และเป็นข้อมูลสนับสนุนการทำแผนลดผลกระทบ หรือลดการปลดปล่อย CO₂ ได้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ช่วงปิดภาคการศึกษา การปลดปล่อย CO₂ ในวันหยุดราชการมีมากกว่าวันธรรมดา ในทางกลับกัน ในช่วงเปิดภาคการศึกษา มีค่าการปลดปล่อย CO₂ ตรงข้ามกัน

อย่างสิ้นเชิง นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการทำแผนที่แสดงให้เห็นว่า ถนนส่วนที่ 7 (เส้นทางขาออกจากพะเยา) เป็นเพียงส่วนถนนเดียวที่ถูกจำแนกให้มีการปลดปล่อย CO₂ อยู่ในระดับสูงของทุกวันและทุกช่วงเวลา

ถึงแม้ว่า กรอบหรือข้อตกลงเบื้องต้นของการศึกษาถูกกำหนดไว้แล้วอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกในการทำความเข้าใจของผู้อ่าน รายละเอียดของข้อจำกัดของการศึกษาค้างนี้จะมีดังต่อไปนี้

(1) การกำหนดค่ากลางของอัตราการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะที่นำมาใช้ยังไม่ละเอียดเท่าที่ควร เช่น รถเก๋งกำหนดไว้เป็นเครื่องยนต์เบนซินขนาดกลาง 1,500 cc รถจักรยานยนต์กำหนดไว้เป็นเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะเฉลี่ยทุกขนาดเครื่องยนต์ และรถบรรทุกกำหนดใช้ค่าเฉลี่ยของเครื่องยนต์ดีเซลเท่านั้น นอกจากนี้สำหรับรถยนต์พลังงานไฟฟ้าจะถูกตัดออกจากการนับในภาคสนามอยู่แล้ว

(2) การสำรวจภาคสนามดำเนินการในเฉพาะช่วงเวลาเร่งด่วนของวันพฤหัสบดี วันศุกร์และอาทิตย์เท่านั้น โดยแบ่งเป็นวันธรรมดาใช้ข้อมูลตัวแทน 2 วัน (ได้แก่ วันพฤหัสบดีและศุกร์) และวันหยุดราชการใช้ข้อมูลตัวแทน 1 วัน (ได้แก่ วันอาทิตย์) ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อประเมินการปลดปล่อยและเปรียบเทียบค่า CO₂ ตามวัตถุประสงค์ที่ 2 ได้ อย่างไรก็ตามดีสำหรับการศึกษาค้างนี้ควรแก้ไขประเด็นนี้ด้วย นอกจากนี้ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผู้สำรวจนับยานพาหนะเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้และควรใส่ใจตรวจสอบข้อมูลดังกล่าวด้วย ดังนั้นการนำแนวทางผลการศึกษานี้ไปใช้งานควรพิจารณา ค่าการปลดปล่อย CO₂ ขึ้นต่ำในพื้นที่ศึกษา หากต้องการค่าการปลดปล่อย CO₂ ตลอดทั้งวันควรทำการศึกษาค้างนี้เพื่อประสิทธิภาพของการนำไปใช้งาน

(3) ข้อมูลการสำรวจมีได้อยู่ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 แล้วแต่อย่างไรก็ตาม ช่วงเวลาปิดภาคการศึกษาเป็นช่วงเวลานั้นระหว่าง ภาคการศึกษาที่ 1 และ 2 ซึ่งมีได้ยาวนานเหมือนกับการปิดภาคการศึกษาในภาคฤดูร้อน ดังนั้นอาจมีประชากรแฝงหรือจำนวนนิสิตที่ยังคงพักอาศัยอยู่และมีการเดินทางในช่วงเวลาดังกล่าวได้ นอกจากนี้ อาจมีการสำรวจเพื่อการท่องเที่ยวเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเนื่องจากการผ่อนคลายจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 แล้ว

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้างนี้ ประการแรก เป็นที่น่าสังเกตว่าการเปรียบเทียบการปลดปล่อย CO₂ จากการศึกษาที่ศึกษากับการศึกษาในพื้นที่อื่น หรือค่าเฉลี่ยของประเทศ หรือเกณฑ์มาตรฐาน (ในอนาคต) จะทำให้ผู้บริหารเห็นภาพชัดว่าทางแยกบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยอยู่ในสถานภาพระดับใด ควรมีการปรับปรุงให้ดีขึ้นแบบเร่งด่วนหรือไม่ ประการที่สอง การสำรวจข้อมูลในวันพฤหัสบดี วันศุกร์ และอาทิตย์ยังคงเป็นจุดที่ควรพิจารณาปรับปรุง หากเป็นไปได้ควรกระจายการสำรวจข้อมูลภาคสนามในวันอื่นด้วยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนที่ดียิ่งขึ้น และประการสุดท้าย ข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงถือว่ามีความสำคัญในการคำนวณการปลดปล่อย CO₂ ดังนั้นควรปรับให้มีความละเอียดมากขึ้นและสอดคล้องกับประเภทของรถยนต์มากที่สุด

การศึกษาค้างนี้เลือกใช้ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่รูปแบบเวกเตอร์ในการจัดเก็บและนำเสนอออกมาเป็นแผนที่ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Qingquan et al (2013) และ Giovanni et al (2020) เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีถนนแต่ละส่วนที่ไม่ยาวมากเกินไปที่จะสามารถมองเห็นและตรวจนับจำนวนได้โดยผู้สำรวจ ประกอบกับจำนวนยานพาหนะที่สัญจรบนถนนนั้นมีความละเอียดเชิงพื้นที่เล็กที่สุดที่ต้องการพิจารณาอยู่ในระดับส่วนของถนน อย่างไรก็ตาม หากปรับเปลี่ยนเป็นชั้นข้อมูลแบบราสเตอร์เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kai et al (2011), William (1998), Zahra et al (2011) และ ORNL DAAC (2022) สามารถกระทำได้ แต่ควรมีการปรับปรุงข้อมูลนำเข้า เช่น ข้อมูลภาคสนามให้มีความละเอียดเชิงพื้นที่มากขึ้นกว่าเดิมด้วย เนื่องจากรูปร่างของเซลล์จะมีขนาดเท่ากันและเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส นอกจากนี้ สำหรับการศึกษาค้างนี้ ควรเพิ่มเติมการพิจารณาเรื่องความชันของถนนเนื่องจากมีผลต่ออัตราเร่งของเครื่องยนต์และมีผลต่อการปลดปล่อย CO₂ ด้วย

การประเมินจำนวนหรือการสัญจรของยานพาหนะบนถนนสามารถใช้ข้อมูลเสริมจากกล้องวงจรปิด หรือ แม้แต่การใช้ข้อมูลการสัญจรในเวลาจริง (Real-time traffic data) ที่มีให้บริการในเว็บไซต์ เช่น iTIC (2022) Longdo (2022) และ TOMTOM (2022) เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การศึกษามีความทันสมัย แม่นยำ และต้นทุนต่ำลง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบคุณนิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ที่ช่วยในการสำรวจ ภาคนามนับจำนวนยานพาหนะที่สัญจรในพื้นที่ศึกษา ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิชาการเพื่อการพัฒนา นวัตกรรมเชิงพื้นที่สำหรับข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงการเผยแพร่ผลงานนี้ให้เป็นประโยชน์ในวงวิชาการและการพัฒนา เชิงพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

- กองการเจ้าหน้าที่. (2566, 1 มิถุนายน). สรุปลั้ตราบกำลัง บุคลากร ของมหาวิทยาลัยพะเยา สิงหาคม ปี 2565. มหาวิทยาลัยพะเยา. สืบค้นจาก <https://personnel.up.ac.th/Report.aspx>
- ชัยยศ ยงค์เจริญชัย. (2562, 9 พฤษภาคม). ชายหาดหลายแห่งในไทยถูกปิดต่อเนื่องเพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศที่เสื่อมโทรม จากการท่องเที่ยว. *บีบีซีไทย*. สืบค้นจาก <https://www.bbc.com/thai/thailand-48214663>.
- ไทยรัฐออนไลน์. (2564, 8 มกราคม). โควิดระบอบพบสัตว์ทะเลหายาก มีอัตราการเกิดเพิ่มขึ้น. สืบค้นจาก <https://www.thairath.co.th/news/local/2008653>.
- ไทยรัฐออนไลน์. (2563, 20 พฤษภาคม). ล็อกดาวนั้คุมโควิด ทำทั่วโลกปล่อยก๊าซคาร์บอนฯ ลดลงมากสุดรอบหลาย สิบปี. สืบค้นจาก <https://www.thairath.co.th/news/foreign/1848518>.
- ไทยรัฐออนไลน์. (2566, 3 กุมภาพันธ์). มลพิษฝุ่น กทม. ติดอันดับ 4 โลก สูงระดับสีแดง ใ้ังดกกิจกรรม ที่จัดกลางแจ้ง สืบค้นจาก <https://www.thairath.co.th/news/local/bangkok/2619716>.
- ประมณฑท์ กาญจนพิมลกุล และกรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์. (2563). *เปลี่ยนวิกฤตโควิด-19 ให้เป็นโอกาส: การพลิกฟื้น ทรัพยากรธรรมชาติและแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ*. สืบค้นจาก <https://tdri.or.th/2020/06/covid-19-turning-crisis-into-an-opportunity-for-natural-tourism/>.
- ระบบบริการการศึกษา. (2566, 1 มิถุนายน). จำนวนนิสิตในปัจจุบัน. มหาวิทยาลัยพะเยา. สืบค้นจาก <https://reg.up.ac.th/content/all/information>.
- วิภาพ แพงวังทอง และรังสรรค์ เกตุฮ้อด. (2563). การทำแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนเพื่อ สนับสนุนแผนลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในมหาวิทยาลัยพะเยา. *วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนา นวัตกรรมเชิงพื้นที่*, 3(1), 41-52.
- สิทธิชัย ชูสำโรง. (2559). *เอกสารประกอบการสอน รายวิชา 104333 การจัดการฐานข้อมูลและฐานข้อมูลภูมิ สารสนเทศ*. ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- อบก. (2562, 1 มกราคม). ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิสำหรับการ ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. สืบค้นจาก <http://localcfo.tgo.or.th/uploads/docs/20200311130041.pdf>.

- อบก. (2565, 22 กุมภาพันธ์). TGO จับมือ VGREEN ร่วมขยายผลกิจกรรมลดเขยคาร์บอนเพื่อสนับสนุนตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจภายในประเทศ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมาย Net Zero Emissions. สืบค้นจาก <http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/post/tgo-จับมือ-vgreen-ร่วมขยายผลกิจกรรมลดเขยคาร์บอนเพื่อสนับสนุนตลาดคาร์บอน>.
- ENVIRONNET. (2559, 13 กรกฎาคม). การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคการขนส่งในบริบทโลก. ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก <http://www.environnet.in.th/archives/1533>.
- Giovanni, D. N., Mohamed, L., and Lauren, T. (2020). Road Traffic Dynamic Pollutant Emissions Estimation: From Macroscopic Road Information to Microscopic Environmental Impact. *Atmosphere*, 15(53), 1–23.
- iTIC. (2022). iTIC Traffic Live Web-based application. The Intelligent Traffic Information Center Foundation. Retrieved from <https://iticfoundation.org/>.
- Kai, Z., Stuart, B., and Francois, Dion. (2011). Vehicle Emissions in Congestion: Comparison of Work Zone, Rush Hour and Free-flow Conditions. *Atmospheric Environment*, 45(11), 1929–1939.
- Longdo. (2022). Longdo Traffic Web-based application. Retrieved from <https://traffic.longdo.com/th/>.
- ORNL DAAC. (2022). DARTE Annual On-road CO2 Emissions on a 1-km Grid, Conterminous USA, V2, 1980–2017. *The Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center*. Retrieved from <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1735>.
- Qingquan, L., Xiaomeng, C., Xiaohui, C., Luliang, T., Zhiheng, L., and Liu, C. (2013). Road-Segment-Based Vehicle Emission Model for Real-Time Traffic Greenhouse Gas Estimation. *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS*, 14(1), 469–479.
- TOMTOM. (2022). Bangkok traffic Web-based application. Retrieved from <https://www.tomtom.com/>.
- William, H. B. (1998). A GIS-Based Modal Model of Automobile Exhaust Emissions. *EPA (Environmental Protection Agency)*. Retrieved from <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/9100S90X.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index>.
- Zahra, G. and Malik, K. (2011). Using the Geographic Information System (GIS) in the Sustainable Transportation. *World Academy of Science. Engineering and Technology*, 59(2011). Retrieved from <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.294.9103&rep=rep1&type=pdf>
- Zihan, K., Luliang, T., Mei-Po, K., and Xia, Z. (2018). Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emissions Using GPS Big Data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 1–23.