

การทำแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนเพื่อสนับสนุน แผนลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในมหาวิทยาลัยพะเยา

วิภพ แพงวังทอง^{1*} และ รังสรรค์ เกตุออต²

Mapping Carbon Footprint of Rush-hour Traffic for Supporting Greenhouse Gas Emission Reduction Plan within University of Phayao

Wipop Paengwangthong^{1*} and Rangsan Ket-ord²

¹ Bachelor of Science (Geoinformatics) program and Research Unit of Spatial Innovation Development, Department of Geographic Information Science, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

² Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture natural resources and environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author: wipop_p@hotmail.com

Received: March 31, 2022; Revised: May 1, 2022; Accepted: May 10, 2022

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อการทำแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์บนถนนภายในมหาวิทยาลัยพะเยาที่สร้างจากข้อมูลตรวจนับการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วน กระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ถูกใช้สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ถนนภายในพื้นที่ศึกษาถูกดิจิไทส์และแบ่งออกเป็น 5 ส่วนโดยอาศัยจุดตัดถนนการสำรวจภาคสนามในศุกร์ที่ 25 และอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 ถูกใช้เป็นตัวแทนของปริมาณการสัญจรของวันธรรมดาและวันหยุด ตามลำดับ ภายหลังการบันทึกข้อมูลสู่โปรแกรมเอ็กเซล การบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกถูกคำนวณอย่างมีขั้นตอน จากนั้นข้อมูลตารางเอ็กเซลถูกเชื่อมโยงเข้าไปในตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลและนำเสนอเป็นแผนที่ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นอีกด้วยว่ากระบวนการดังกล่าวเป็นไปได้และใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลสนับสนุนการติดตามและการลดขนาดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

คำสำคัญ: ข้อมูลตรวจนับการสัญจร, การปล่อยก๊าซจากยานพาหนะ, ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่

¹ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (ภูมิสารสนเทศ) และหน่วยวิจัยพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

Abstract

The objective of this study was to generate the map of on-road carbon footprint within University of Phayao based on rush-hour traffic count data. Processing of geographic information system was used for greenhouse gas (GHG) emission assessment. The road within study area was digitized and also separated into 5 segments relies on road intersection points. Field survey on (Friday) 25th and (Sunday) 27th February 2022 were represented as weekday and weekend traffic volume, respectively. After key-in data into Microsoft excel, fuel consumption, and GHG emission volume were sequentially calculated. Later on, the excel table data were joined into attribute table of the layer and presented as a map of carbon footprint. The result showed also that the procedure was possible and utilized as support data for GHG emission monitoring and minimizing.

Keywords: Traffic Count Data, Vehicle Emission, Spatial Database

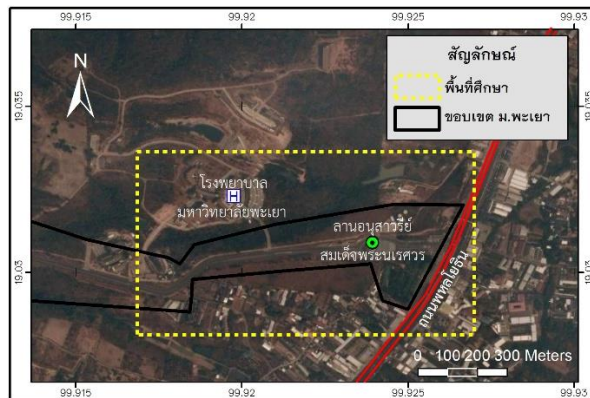
บทนำ

ภาวะโลกร้อนที่รุนแรงขึ้นในปัจจุบัน (กรุงเทพฯ 2564, 21 ตุลาคม; Greenpeace, 2564) อาจมีผลกระทบทำให้เกิดน้ำท่วมและความแห้งแล้ง รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตทางการเกษตร การลดปริมาณน้ำของลำธารในฤดูร้อน การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตบางชนิดและการเพิ่มของพายุไต้ฝุ่น (กรุงเทพฯ 2553; กรมประชาสัมพันธ์, 2565; กรมประชาสัมพันธ์, 2562) เพราะฉะนั้นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) นับว่าเป็นสิ่งสำคัญต่อการจัดการและลดขนาดของปัญหา นอกจากนี้ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก) (องค์การมหาชน) ได้กล่าวอย่างสอดคล้องว่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์มีความสำคัญต่อตลาดคาร์บอน (Carbon Market) หรือตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) ด้วย ซึ่งตลาดดังกล่าวเป็นเครื่องมือที่ใช้บรรเทาผลกระทบจากภาวะโลกร้อนที่สามารถช่วยให้ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas : GHG) สุทธิในชั้นบรรยากาศลดลงด้วย (อบก, 2565) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นเรื่องที่ใกล้ตัวมนุษย์มากขึ้นทุกขณะและในทุกกิจกรรม โดยเฉพาะในประเทศไทยเห็นได้จากนโยบายของรัฐบาลในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร รวมไปถึงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรม (อบก, 2565) และกำลังมีการผลักดันนโยบายการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางการเกษตรด้วย (Suthichai Live, 2565; อบก, 2562)

หนึ่งในกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการปลดปล่อย GHG คือ การขนส่งหรือการใช้น้ำมันพาหนะ เนื่องจากเป็นต้นเหตุการปล่อยคาร์บอนที่เกี่ยวข้องกับพลังงานประมาณ 1 ใน 4 ของโลก (ENVIRONNET, 2559) เครื่องยนต์มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวออกมามาก (เทศบาลตำบลบางกระบือ, 2555) โดยเฉพาะอย่างยิ่งยานพาหนะบนถนนในช่วงเวลาเร่งด่วน (Kai Zhang et al, 2011) ดังนั้นการประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะถือเป็นสิ่งหนึ่งที่สำคัญ และยิ่งสำคัญมากขึ้นหากมีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เชิงพื้นที่หรือในแต่ละส่วนของถนน (Segment) ทั้งนี้เพื่อการติดตามสถานการณ์และเป็นข้อมูลชี้วัดสถานการณ์ของปัญหาและนำไปสู่การวางแผนมาตรการแก้ไขปัญหา เช่น การควบคุม การปรับลดขนาดการปลดปล่อย GHG ยิ่งไปกว่านั้นจากการทบทวนวรรณกรรม (Zihan Kan et al, 2018; Bachman, 1998; Zahra et al, 2011) พบว่า หากสามารถประเมินการปลดปล่อยดังกล่าวออกมาในรูปแบบที่แล้วจะมีประโยชน์มากยิ่งขึ้นต่อการจัดการเนื่องจากสามารถระบุตำแหน่งแหล่งมลพิษและทำให้ผู้บริหารเห็นภาพรวม สาเหตุ และแนวทางแก้ปัญหาในเชิงพื้นที่ได้

ปัจจุบัน ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นับว่าเป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในการสร้าง จัดเก็บ และนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ อีกทั้งสามารถนำเสนอข้อมูลออกมาได้ในรูปแบบแผนที่และทำการวิเคราะห์ซ้อนทับกับชั้นข้อมูลอื่นๆได้

(วิภพ แพงวังทอง และคณะ, 2564) ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ อบก. (อบก, 2562) ที่มีการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อแสดงการปล่อยและกักเก็บ GHG ในสาขาเกษตร ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน และศศิธร ฉัตรสุตารัตน์ (ศศิธร ฉัตรสุตารัตน์, 2560) ที่มีการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการรับรู้ระยะไกลเพื่อการศึกษาการปลดปล่อย GHG ในพื้นที่ปลูกอ้อย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ ศิริลักษณ์ พิมมะสาร และคณะ (ศิริลักษณ์ พิมมะสาร และคณะ, 2556) ที่ทำการประมาณค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในจังหวัดพะเยาโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อแสดงความแตกต่างในเชิงพื้นที่ ดังที่กล่าวแล้วทำให้เห็นได้ว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเทคโนโลยีหรือเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ดังนั้นการศึกษานี้จึงเกิดขึ้นเพื่อนำเสนอการวางแผนเพื่อการปลดปล่อย GHG บนถนนโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ อย่างไรก็ตามด้วยสาเหตุงบประมาณ บุคลากร และเวลาที่มีจำกัด การศึกษานี้จึงเลือกถนนบางส่วนในมหาวิทยาลัยพะเยาเป็นกรณีศึกษา (รูปที่ 1) และการสำรวจภาคสนามที่กำหนดช่วงเวลาในวันธรรมดาและวันหยุดราชการ อีกทั้งทำการสำรวจในช่วงเวลาเร่งด่วนเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้นับว่าเป็นตัวอย่างแผนที่แสดงสถานภาพด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละส่วนถนนที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน ทั้งนี้อาจใช้ข้อมูลแผนที่ดังกล่าวเปรียบเทียบข้อมูลในอนาคต หรือประกอบการพิจารณาหาแนวทางลดการปลดปล่อย GHG ให้น้อยลงได้ทั้งในปัจจุบันและอนาคตข้างหน้าต่อไปด้วย



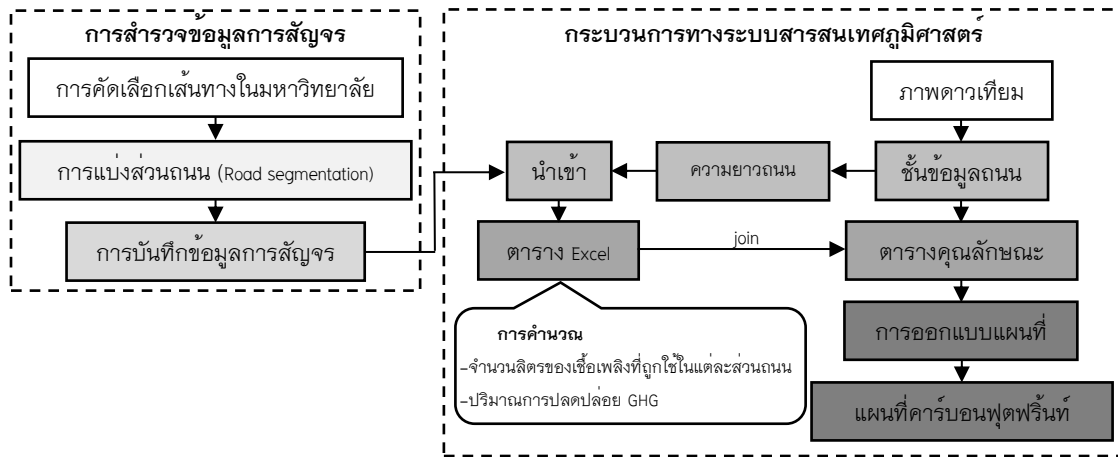
รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

วัตถุประสงค์

เพื่อนำเสนอการวางแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

วิธีการดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดของการศึกษานี้มุ่งเน้นรายละเอียดวิธีการทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสร้างชั้นข้อมูลการปลดปล่อย GHG บนถนน การศึกษานี้ใช้ข้อมูลนำเข้าจากที่มา 4 แหล่ง ได้แก่ การวัดความยาวของถนนจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การสำรวจภาคสนามการสัญจรของยานพาหนะ อัตราการบริโภคเชื้อเพลิง และอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHGs Emission) จากเว็บไซต์ของ อบก. ภายหลังการคำนวณในโปรแกรมเอ็กเซลและนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลลัพธ์การศึกษาคือแผนที่แสดงค่าการปลดปล่อย GHG หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรในช่วงเร่งด่วน กรอบแนวคิดและขั้นตอนหลักมีรายละเอียดดังรูปที่ 2 และขั้นตอนวิธีการศึกษามีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดและขั้นตอนหลักในการศึกษา

1. การสำรวจข้อมูลการสัญจร

การวิจัยครั้งนี้เลือกถนนบริเวณทางเข้าออกของมหาวิทยาลัยพะเยาเป็นพื้นที่ศึกษา รายละเอียดการทำงานมีดังนี้

1.1 การแบ่งส่วนถนน (Road Segmentation) เป็นการเตรียมการก่อนออกภาคสนามซึ่งใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และภาพถ่ายเทียมรายละเอียดสูงที่ให้บริการโดยกูเกิลเอิร์ธเป็นแผนที่ฐานในการพิจารณาแบ่งส่วนถนนโดยใช้จุดตัดทางแยกเป็นตัวแบ่ง ผลพลอยได้จะทำให้เกิดความสะดวกในการวางตำแหน่งผู้สำรวจที่ต้องปฏิบัติงานภาคสนาม อีกทั้งสามารถวัดความยาวของแต่ละส่วนถนนได้เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณในตารางเอ็กเซลซึ่งเป็นขั้นตอนถัดไปด้วย

1.2 ข้อมูลตรวจนับการสัญจร (Traffic Count Data) ผู้สำรวจภาคสนามทำการบันทึกถ่ายภาพยานพาหนะเพื่อเป็นหลักฐานในการนับจำนวน รวมไปถึงการระบุประเภทยานพาหนะ และชนิดเชื้อเพลิงด้วย การสำรวจภาคสนามดังกล่าวถูกกำหนดและดำเนินการในศุกร์ที่ 25 และอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565 ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของวันธรรมดาและวันหยุดราชการ ตามลำดับ นอกจากนี้ ช่วงเวลาที่ทำการสำรวจนั้นเป็นช่วงเวลาเร่งด่วนที่พิจารณาแล้วสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้รถและเวลาปฏิบัติงานของบุคลากร รวมถึงเวลาเรียนของนิสิตในมหาวิทยาลัยโดยกำหนดไว้ทั้งหมด 3 ช่วงเวลา ได้แก่ เช้า (7:00–9:00 น.) กลางวัน (11:00–13:00 น.) และเย็น (16:00–18:00 น.) นอกจากนี้ สำหรับสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 นั้น มหาวิทยาลัยในช่วงเวลาสำรวจดังกล่าวนั้นมีนโยบายให้มีการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบผสม (Hybrid) คือ ร่วมกันทั้งแบบเรียนในที่ตั้งและแบบออนไลน์ ดังนั้นจำนวนนิสิตที่เดินทางเข้าไปในมหาวิทยาลัยประมาณการณ์ได้ว่าไม่เกินร้อยละ 50 จากทั้งหมด 18,174 คน (ระบบบริการการศึกษา, 2565) อย่างไรก็ตาม สำหรับบุคลากรของมหาวิทยาลัยยังคงปฏิบัติหน้าที่ตามปกติ โดยที่สายวิชาการและสายสนับสนุนมีจำนวน เท่ากับ 979 และ 937 คน ตามลำดับ (กองการเจ้าหน้าที่, 2565)

1.3 การบันทึกข้อมูลภาคสนามเข้าสู่คอมพิวเตอร์ การศึกษาครั้งนี้อาศัยการบันทึกหรือนำเข้าข้อมูลลงในโปรแกรมเอ็กเซล (Microsoft Excel) รูปแบบการบันทึกข้อมูลเป็นแบบตาราง 2 มิติ หรือเป็นความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational database) ประกอบด้วยคอลัมน์และแถว คอลัมน์แสดงถึงคุณลักษณะของความสัมพันธ์ ซึ่งหมายถึง เขตข้อมูล (Field) ส่วนแถวมีความหมายเหมือนระเบียบข้อมูล (Record) (สิทธิชัย ชูสำโรง, 2559) จะเห็นได้ว่ารูปแบบของตารางดังกล่าวมีรูปแบบเหมือนกับตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วย

2. กระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.1 การดิจิไทส์เส้นถนนเพื่อสร้างชั้นข้อมูลถนนอาศัยการดิจิไทส์บนหน้าจอ (Digitize On Screen) ด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.2 และอาศัยภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงที่ให้บริการโดยกูเกิลเอิร์ธเป็นแผนที่ฐานสำหรับอ้างอิงระบบพิกัดและตำแหน่ง หลังจากนั้นทำการระบุหมายเลขส่วนของถนนลงในตารางคุณลักษณะ (Attribute Table) พร้อมทั้งใช้คำสั่ง Calculate Geometry เพื่อวัดความยาวของแต่ละส่วนถนนด้วย

2.2 การประเมินจำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ในแต่ละส่วนถนนจำแนกตามประเภทยานพาหนะ วัน และช่วงเวลา ให้ปรากฏเพิ่มในคอลัมน์ของตารางเอ็กเซลอาศัยการคูณกันระหว่างจำนวนรถ (หน่วย: คัน) กับค่าความยาวของถนนแต่ละส่วน (หน่วย: กิโลเมตร) และหลังจากนั้นผลลัพธ์ที่ได้จะถูกหารด้วยอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (หน่วย: กิโลเมตร/ลิตร) อย่างไรก็ตาม การคำนวณดังกล่าวอาศัยค่ากลางของอัตราสิ้นเปลืองในยานพาหนะแต่ละประเภท (ตารางที่ 1) ตามแบบอย่างการคำนวณของ อบก. (อบก, 2562) ซึ่งมีแหล่งอ้างอิงหลายแหล่งรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (อบก, 2562)

ประเภทของยานพาหนะ	อัตราสิ้นเปลือง (กิโลเมตร/ลิตร)	ที่มา
รถเก๋ง (เบนซิน)	17.770	กรมควบคุมมลพิษ, 2551; รถยนต์ขนาดกลาง 1,500 cc
รถกระบะ (ดีเซล)	11.111	American Petroleum Institute, 2004; รถกระบะส่วนบุคคลขนาด 1 ตัน
รถอเนกประสงค์	14.763	กรมควบคุมมลพิษ, 2551; รถยนต์เฉลี่ยทุกขนาด เบนซิน
รถจักรยานยนต์	37.640	กรมควบคุมมลพิษ, 2551; รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เฉลี่ยทุกขนาด
รถเมล์มว (ดีเซล)	2.850	American Petroleum Institute, 2004; รถโดยสารประจำทาง
รถตุ (ดีเซล)	10.204	American Petroleum Institute, 2004; รถตุโดยสาร
รถบรรทุก (ดีเซล)	6.369	American Petroleum Institute, 2004; รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าการศึกษาจำแนกประเภทของยานพาหนะออกเป็นทั้งหมด 7 ประเภทตามที่พบส่วนใหญ่ในภาคสนาม ได้แก่ รถเก๋งกำหนดไว้เป็นเครื่องยนต์เบนซินขนาดกลาง 1,500 ซีซี(cc) รถจักรยานยนต์กำหนดไว้เป็นเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ เฉลี่ยทุกขนาดเครื่องยนต์ และรถบรรทุกกำหนดใช้ค่าเฉลี่ยของเครื่องยนต์ดีเซล

2.3 การประเมินค่าการปลดปล่อย GHG อาศัยจำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ได้จากข้อ 2.2 มาคำนวณ โดยขั้นตอนแรก ทำการคำนวณเพื่อให้ได้ผลรวมจำนวนลิตรของเชื้อเพลิงในแต่ละส่วนถนนออกมาเป็นหน่วยลิตร โดยแยกคำนวณเป็น 2 ชนิดเชื้อเพลิง ได้แก่ น้ำมันเบนซิน และดีเซล หลังจากนั้นขั้นตอนสุดท้ายทำการแปลงจำนวนลิตรน้ำมันเชื้อเพลิงไปเป็นค่าการปลดปล่อย GHG โดยเทียบกับอัตรา GHGs Emission ของ อบก. [22] ซึ่งกำหนดไว้ว่า น้ำมันเบนซิน 1 ลิตร หากมีการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ของยานพาหนะแล้วจะมีการปลดปล่อย GHG เท่ากับ 2.2376 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อลิตร (Kg CO₂eq/liter) และดีเซล เท่ากับ 2.7446 Kg CO₂eq/liter ภายหลังการคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวจะได้ค่าการปลดปล่อย GHG ในแต่ละส่วนถนน (หน่วย: Kg CO₂eq)

นอกจากนี้ เพื่อให้สามารถทำการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยดังกล่าวกันได้ในกลุ่มหรือระหว่างส่วนถนนทั้งหมด ปริมาณการปลดปล่อยนั้นจะถูกปรับค่าให้อยู่ในช่วงเดียวกัน (Normalization) โดยการหารด้วยระยะทางของแต่ละส่วนถนนนั้นให้มีหน่วยเป็น (kg CO₂eq km⁻¹) และขั้นตอนสุดท้ายเพื่อให้เห็นภาพรวมรายปี การศึกษานี้จึงทำการคาดการณ์ (Estimation) และปรับให้เป็นค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อปี โดยการคูณจำนวนวันธรรมดาและวันหยุดที่มีใน 1 ปี ซึ่งจะให้มีหน่วยเป็น “ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลเมตรต่อปี” (Ton CO₂eq km⁻¹ year⁻¹)

2.4 การนำเข้าข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้จากข้อ 2.3 เข้าสู่ตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลถนนเพื่อเป็นการเพิ่มเติมข้อมูลทั้งหมดจากตารางเอ็กเซล ได้แก่ วัน ช่วงเวลา ประเภท จำนวนยานพาหนะ และลิตรของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละส่วนของถนนเข้าไปในชั้นข้อมูลถนน โดยอาศัยการเชื่อมตาราง (Join Table) ข้อมูลในตารางเอ็กเซลเข้าไปที่ตารางคุณลักษณะที่อาศัยหมายเลขส่วนของถนนเป็นคีย์หลัก (Primary Key) ในการเชื่อมกัน

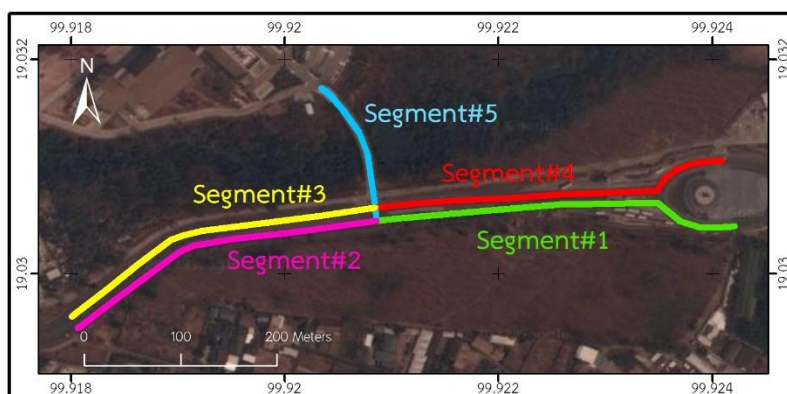
2.5 การออกแบบแผนที่เพื่อนำเสนอข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนในแต่ละส่วนถนน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผนจัดการลดขนาดการปลดปล่อย GHG ผู้ศึกษาใช้วิธีการจำแนกคาร์บอนฟุตพริ้นท์ออกเป็น 3 ช่วงระดับ ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และสูง โดยเลือกใช้วิธีการจำแนกแบบทุกช่วงชั้นเท่ากัน (Equal Interval) เพื่อเป็นการนำเสนอข้อมูลแผนที่ให้เห็นถึงความแตกต่างกันในเชิงพื้นที่ นอกจากนี้ทำการเปรียบเทียบกันระหว่างแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของวันธรรมดาและวันหยุดด้วย

ผลการศึกษา

ผลการรวบรวมข้อมูลและดำเนินการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการศึกษาแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการสำรวจข้อมูลการสัญจร

1.1 ผลการแบ่งส่วนถนนในพื้นที่ศึกษาบริเวณทางเข้าและออกของมหาวิทยาลัยพะเยาซึ่งใช้จุดตัดทางแยกเป็นตัวแบ่ง พบว่ามีทั้งหมด 5 ส่วน ดังรูปที่ 3 ได้แก่ ส่วนที่ 1 (สีเขียว) เส้นทางขาเข้าระหว่างลานอนุสาวรีย์สมเด็จพระนเรศวรไปถึงจุดกลับรถ ส่วนที่ 2 (สีม่วง) เส้นทางขาเข้าระหว่างจุดกลับรถไปถึงป้อมยาม ส่วนที่ 3 (สีเหลือง) เส้นทางขาออกระหว่างป้อมยามไปถึงจุดกลับรถ ส่วนที่ 4 (สีแดง) เส้นทางขาออกระหว่างจุดกลับรถไปถึงลานอนุสาวรีย์สมเด็จพระนเรศวร และส่วนที่ 5 (สีฟ้า) เส้นทางเข้าและออกโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยา นอกจากนี้จะเห็นได้ว่า ถนนส่วนที่ 5 มีสะพานจึงทำให้การจราจรมีลักษณะแบบสวนทางกัน (Two Way) ในขณะที่ถนนส่วนอื่นๆจะมีลักษณะเป็นแบบเดินรถทางเดียว (One Way)



รูปที่ 3 การแบ่งส่วนของถนนในพื้นที่ศึกษา

1.2 ผลการตรวจนับการสัญจรในภาคสนามที่ดำเนินการในศุกร์ที่ 25 และอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลในวันธรรมดาและวันหยุด ดำเนินการ 3 ช่วงเวลา ได้แก่ เช้า (7:00–9:00 น.) กลางวัน (11:00–13:00 น.) และเย็น (16:00–18:00 น.) ผลการตรวจนับพบว่าทั้ง 2 วัน มีจำนวนยานพาหนะทั้งหมด 4,106 คัน หากพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างวันธรรมดาและวันหยุด พบว่ามีจำนวนยานพาหนะทั้งหมด 2,972 และ 1,134 คัน ตามลำดับ นอกจากนี้ หากพิจารณาการสัญจรของยานพาหนะในวันธรรมดาและวันหยุด จะพบว่าส่วนใหญ่เป็น รถเก๋ง และ

รถกระบะ ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งแสดงจำนวนยานพาหนะในแต่ละช่วงเวลาและจำแนกเป็นรายประเภทยานพาหนะด้วย

ตารางที่ 2 ปริมาณการสัญจรทางถนนในวันธรรมดาและวันหยุด

วัน	ประเภท รถ	ช่วงเวลา	Road Segment				
			1	2	3	4	5
วันศุกร์ที่ 25 กุมภาพันธ์ 2565	กระบะ	เช้า	237	71	17	34	183
		กลางวัน	78	23	71	143	127
		เย็น	34	10	139	278	163
	กระบะ	เช้า	96	23	14	28	81
		กลางวัน	43	13	31	63	62
		เย็น	26	8	47	94	65
	รถบรรทุก	เช้า	44	37	8	16	15
		กลางวัน	12	10	14	27	15
		เย็น	13	11	33	66	35
	จักรยานยนต์	เช้า	37	0	0	2	39
		กลางวัน	15	0	0	15	30
		เย็น	14	0	0	18	32
	รถจักรยานยนต์	เช้า	6	6	5	5	0
		กลางวัน	0	0	1	1	0
		เย็น	0	0	1	1	0
	รถ	เช้า	4	2	0	0	2
		กลางวัน	3	1	1	3	4
		เย็น	3	1	4	9	7
	บรรทุก	เช้า	2	1	0	1	2
		กลางวัน	3	1	1	3	4
		เย็น	3	1	4	9	7
	รวม		673	219	391	816	873
วันอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565	กระบะ	เช้า	6	2	6	12	10
		กลางวัน	51	15	20	40	56
		เย็น	27	8	21	43	41
	กระบะ	เช้า	27	8	5	10	24
		กลางวัน	24	7	13	26	30
		เย็น	21	6	19	38	34
	รถบรรทุก	เช้า	6	5	4	7	4
		กลางวัน	23	20	8	17	12
		เย็น	20	17	19	38	22
	จักรยานยนต์	เช้า	5	0	0	3	8
		กลางวัน	22	0	0	19	41
		เย็น	22	0	0	27	49
	รถจักรยานยนต์	เช้า	0	0	1	1	0
		กลางวัน	4	4	5	5	0
		เย็น	5	5	12	12	0
	รถ	เช้า	0	0	0	0	0
		กลางวัน	0	0	0	1	1
		เย็น	0	0	0	0	0
	บรรทุก	เช้า	1	0	1	2	2
		กลางวัน	1	0	0	0	1
		เย็น	1	0	0	0	1
	รวม		266	97	134	301	336

1.3 ผลการบันทึกหรือนำเข้าข้อมูลภาคสนามในโปรแกรมเอ็กเซลให้อยู่ในรูปแบบตาราง 2 มิติ โดยการตั้งชื่อคอลัมน์จะตั้งให้สอดคล้องกับ 3 คุณลักษณะของข้อมูล ได้แก่ ประเภทของรถ วันที่ และช่วงเวลา จากนั้นดำเนินการนำเข้าข้อมูลและได้ผลการดำเนินการดังตัวอย่างบางส่วนต่อไปนี้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการบันทึกข้อมูลการสัญจรทางถนนในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Road segment	Length (Km)	แก่ง25เช้า	แก่ง25กลางวัน	แก่ง25เย็น	แก่ง27เช้า	แก่ง27กลางวัน	แก่ง27เย็น	กระบะ25เช้า	กระบะ25กลางวัน	กระบะ25เย็น	...
2	1	0.3613	237	78	34	6	51	27	96	43	26	...
3	2	0.3249	71						29	13	8	...
4	3	0.3301	17							31	47	...
5	4	0.3532	34						28	63	94	...
6	5	0.1529	183	127	163	10	56	41	81	62	65	...

ถนนส่วนที่ 1 ในวันที่ 25 ก.พ. 65
เวลาเช้า พบว่ามีรถแก่งสัญจร
จำนวน 237 คัน

2. ผลดำเนินการในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.1 ผลการสร้างชั้นข้อมูลโดยการดิจิไทส์บนหน้าจอด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.2 และอาศัยภาพถ่ายเทียมรายละเอียดสูงที่ให้บริการโดยกูเกิลเอิร์ธเป็นแผนที่ฐานสำหรับอ้างอิงระบบพิกัดและตำแหน่ง พบว่า สามารถสร้างเส้นถนนได้ทั้งหมด 5 ส่วน และแต่ละส่วนมีหมายเลขระบุกำกับในตารางคุณลักษณะดังรูปที่ 3

2.2 ผลการประเมินจำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ในแต่ละส่วนถนนจำแนกตามประเภทยานพาหนะ และวัน ผลการศึกษาพบว่า วันธรรมดาและวันหยุด มีจำนวนลิตรของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไปทั้งหมด 58.4705 และ 26.4477 ลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้หากพิจารณาเฉพาะวันธรรมดาแล้วพบว่า รถเก๋ง มีการใช้น้ำมันมากที่สุดคิดเป็น 26.3276 ลิตร รองลงมา คือ รถกระบะ และรถอเนกประสงค์ คิดเป็น 18.3038 และ 7.4758 ลิตร ตามลำดับ ในขณะที่วันหยุด พบว่า รถกระบะ มีการใช้น้ำมันมากที่สุดคิดเป็น 7.6179 ลิตร รองลงมาคือ รถเมล์ม่วง และรถเก๋ง คิดเป็น 6.4826 และ 5.8470 ลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4 จำนวนยานพาหนะแต่ละประเภทและลิตรของเชื้อเพลิงที่ใช้ในถนนแต่ละส่วน

ถนน ส่วน ที่	วันศุกร์ที่ 25 กุมภาพันธ์ 2565														รวม (ลิตร)
	เก๋ง		กระบะ		อเนกประสงค์		จักรยานยนต์		เมล์ม่วง		ตุ้		บรรทุก		
	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	
1	349	7.0966	165	5.3659	69	1.6888	66	0.6336	6	0.7607	10	0.3541	3	0.1702	16.0700
2	104	1.9013	50	1.4619	58	1.2763	0	0	6	0.6839	4	0.1273	1	0.0510	5.5018
3	227	4.2174	92	2.7336	55	1.2300	0	0	7	0.8109	5	0.1618	1	0.0518	9.2055
4	455	9.0427	185	5.8802	109	2.6075	35	0.3284	7	0.8674	12	0.4153	4	0.2218	19.3635
5	473	4.0696	208	2.8621	65	0.6732	101	0.4102	0	0	13	0.1948	5	0.1200	8.3299
รวม		26.3276		18.3038		7.4758		1.3722		3.1229		1.2533		0.6149	58.4705

ถนน ส่วน ที่	วันอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565														รวม (ลิตร)
	เก๋ง		กระบะ		อเนกประสงค์		จักรยานยนต์		เมล์ม่วง		ตุ้		บรรทุก		
	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	คัน	ลิตร	
1	84	1.7081	72	2.3415	49	1.1993	49	0.4704	9	1.1411	0	0	3	0.1702	7.0305
2	25	0.4570	21	0.6140	42	0.9242	0	0	9	1.0259	0	0	0	0	3.0211
3	47	0.8732	37	1.0994	31	0.6933	0	0	18	2.0851	0	0	1	0.0518	4.8028
4	95	1.8880	74	2.3521	62	1.4832	49	0.4598	18	2.2305	1	0.0346	2	0.1109	8.5591
5	107	0.9206	88	1.2109	38	0.3935	98	0.3981	0	0	1	0.0150	4	0.0960	3.0341
รวม		5.8470		7.6179		4.6935		1.3282		6.4826		0.0496		0.4290	26.4477

2.3 ผลการประเมินปริมาณการปลดปล่อย GHG ในแต่ละส่วนถนนจำแนกตามประเภทยานพาหนะ และวัน ผลการศึกษาพบว่า วันธรรมดาและวันหยุด มีปริมาณการปลดปล่อยทั้งหมด 142.6441 และ 66.5708 kg CO₂eq ตามลำดับ นอกจากนี้หากพิจารณาความแตกต่างของคาร์บอนฟุตพริ้นท์รายปีจะพบว่า การสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนของวันธรรมดามีคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากกว่า 5.5 เท่าของวันหยุด โดยคิดเป็น 125.9086 และ 22.8133 ton CO₂eq km⁻¹ year⁻¹ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณการปลดปล่อย GHG ในถนนแต่ละส่วนจำแนกตามประเภทของยานพาหนะ

ถนน ส่วน ที่	วันศุกร์ที่ 25 กุมภาพันธ์ 2565							รวม (kg CO ₂ eq)	Carbon footprint: (ton co ₂ eq km ⁻¹ y ⁻¹)
	การปลดปล่อย GHG (kg CO ₂ eq)								
	เก๋ง	กระบะ	อเนกประสงค์	จักรยานยนต์	เมลล์ม่วง	ตุ้	บรรทุกทุก		
1	15.8794	14.7273	3.7789	1.4177	2.0878	0.9719	0.4671	39.3302	28.3000
2	4.2543	4.0123	2.8559	0	1.8771	0.3495	0.1400	13.4891	10.7958
3	9.4368	7.5027	2.7522	0	2.2256	0.4440	0.1423	22.5036	17.7223
4	20.2341	16.1389	5.8346	0.7348	2.3807	1.1399	0.6088	47.0717	34.6543
5	9.1060	7.8553	1.5062	0.9180	0	0.5346	0.3294	20.2496	34.4362
รวม	58.9106	50.2365	16.7278	3.0705	8.5712	3.4399	1.6876	142.6441	125.9086

ถนน ส่วน ที่	วันอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565							รวม (kg CO ₂ eq)	Carbon footprint: (ton co ₂ eq km ⁻¹ y ⁻¹)
	การปลดปล่อย GHG (kg CO ₂ eq)								
	เก๋ง	กระบะ	อเนกประสงค์	จักรยานยนต์	เมล์ม่วง	ตุ้	บรรทุก		
1	3.8220	6.4264	2.6836	1.0525	3.1318	0	0.4671	17.5834	5.0609
2	1.0227	1.6852	2.0680	0	2.8156	0	0	7.5915	2.4303
3	1.9539	3.0174	1.5512	0	5.7229	0	0.1423	12.3876	3.9023
4	4.2247	6.4556	3.3188	1.0287	6.1219	0.0950	0.3044	21.5490	6.3458
5	2.0599	3.3234	0.8806	0.8907	0	0.0411	0.2635	7.4593	5.0741
รวม	13.0831	20.9080	10.5022	2.9720	17.7921	0.1361	1.1773	66.5708	22.8133

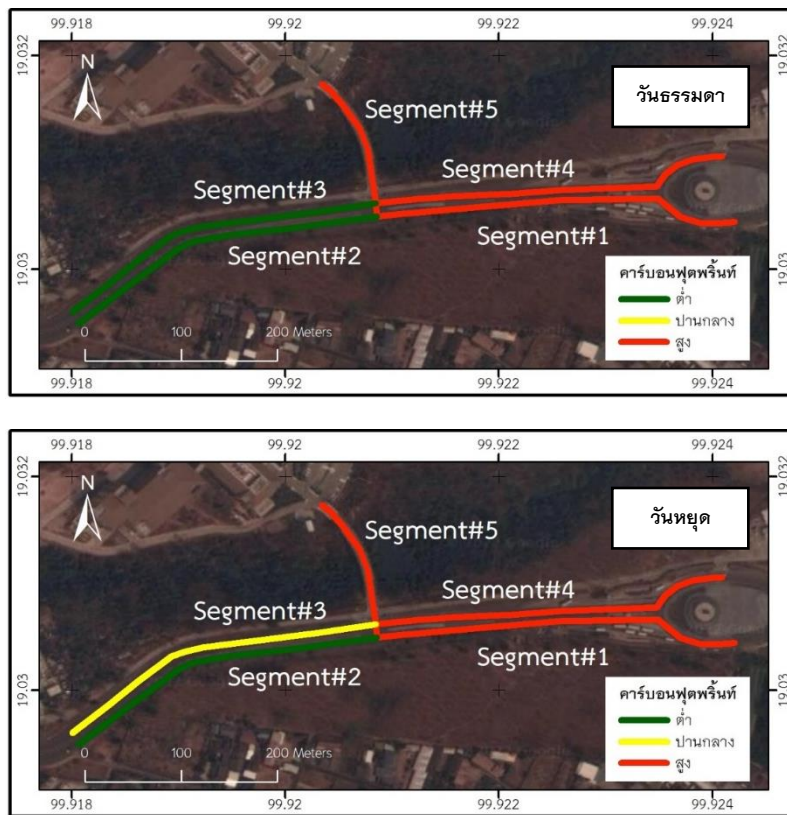
2.4 ผลการนำเข้าข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละส่วนถนนที่อยู่ในโปรแกรมเอ็กเซลเข้าไปในตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลถนน โดยการเชื่อมโยงตาราง ทำให้ข้อมูลครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา และพบว่าเป็นกระบวนการที่ทำได้จริงซึ่งปรากฏดังรูปที่ 4

segment	เก๋ง25kgco2	กระบะ25kgco2	อเนก25kgco2	จักร25kgco2	เมล์25kgco2	ตุ้25kgco2	บรรทุก25kgco2	รวม25kgco2
1	15.879356	14.727271	3.778934	1.417716	2.087843	0.971899	0.467134	39.330154
2	4.254305	4.012326	2.855855	0	1.877093	0.349517	0.139994	13.489089
3	9.436847	7.502738	2.752178	0	2.225555	0.444002	0.14227	22.50359
4	20.234051	16.138905	5.834596	0.734814	2.380722	1.139899	0.608757	47.071744
5	9.10604	7.855298	1.506241	0.917968	0	0.534596	0.329421	20.249564

รูปที่ 4 ตารางคุณลักษณะภายหลังการเชื่อมโยงตาราง

2.5 ผลการออกแบบแผนที่เพื่อนำเสนอข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วน หลังจากทำการจำแนกข้อมูลออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และสูง พบว่า แผนที่ที่สร้างออกมาเน้นให้เห็นความแตกต่างเชิงพื้นที่และการเปรียบเทียบระหว่างวันธรรมดาและวันหยุดได้ ซึ่งปรากฏดังรูปที่ 5 และเป็นที่น่าสนใจได้ว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของถนนส่วนที่ 2 และ 3 นั้นแตกต่างจากส่วนที่ 1 4 และ 5 อย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เป็นเพราะเป้าหมายในการเดินทางของผู้สัญจร คือ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยามีมากกว่าพื้นที่ใจกลางของมหาวิทยาลัย เนื่องจากโรงพยาบาลเป็นศูนย์กลางวัดคลื่นไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ด้วย อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเรื่องการประยุกต์ใช้

แผนที่แล้วพบว่า สามารถนำไปใช้ได้หลายอย่าง เช่น เพื่อการประเมินงบประมาณสำหรับการปลูกแนวปลูกต้นไม้ 2 ข้างทางเพื่อช่วยในการดูดซับ GHG หรือการสร้างเส้นทางใหม่เพื่อลดความแออัดของการสัญจร เป็นต้น



รูปที่ 5 แผนที่แสดงระดับของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งในวันธรรมดาและวันหยุด

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการทำแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนภายในมหาวิทยาลัยพะเยา ทั้งนี้เพื่อยืนยันความเป็นไปได้ของกระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่การศึกษานี้นำเสนอ สำหรับขั้นตอนแรก ถนนภายในพื้นที่ศึกษาถูกดิจิไตส์และถูกแบ่งออกเป็น 5 ส่วนโดยอาศัยจุดตัดและทางแยกเป็นตัวแบ่ง ขั้นตอนที่สอง วางตำแหน่งของผู้สำรวจภาคสนาม และทำการสำรวจในศุกร์ที่ 25 และอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565 ทั้ง 2 วันดังกล่าวถูกใช้เป็นตัวแทนของปริมาณการสัญจรของวันธรรมดาและวันหยุด ตามลำดับ ขั้นตอนที่สาม นำเข้าข้อมูลและประมวลผลในโปรแกรมเอ็กเซล ได้แก่ จำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ในแต่ละส่วนถนน ปริมาณการปลดปล่อย GHG และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ตามลำดับ ขั้นตอนที่สี่ เชื่อมโยงข้อมูลจากตารางเอ็กเซลเข้าไปในตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูล ขั้นตอนสุดท้าย ออกแบบการนำเสนอเป็นแผนที่ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากระบวนการดังกล่าวเป็นไปได้และเป็นข้อมูลสนับสนุนการลดขนาดการปลดปล่อย GHG ได้ นอกจากนี้หากพิจารณาเป็นรายปียังพบอีกว่าการสัญจรในช่วงเวลาเร่งด่วนของวันธรรมดาเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากกว่าในวันหยุดถึง 5.5 เท่าในพื้นที่ศึกษาด้วย

ถึงแม้ว่า กรอบหรือข้อตกลงเบื้องต้นของการศึกษาถูกกำหนดไว้แล้วอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกในการทำความเข้าใจของผู้อ่าน รายละเอียดของข้อจำกัดของการศึกษาค้างครั้งนี้มีดังต่อไปนี้ (1) พื้นที่ศึกษาเป็นเพียงบางส่วนของถนนในมหาวิทยาลัย (2) การกำหนดค่ากลางของอัตราการบริโภคเชื้อเพลิงของยานพาหนะที่นำมาใช้ยังไม่ละเอียดเท่าที่ควร เช่น รถเก๋งกำหนดไว้เป็นเครื่องยนต์เบนซินขนาดกลาง 1,500 ซีซี รถจักรยานยนต์กำหนดไว้

เป็นเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ เผลี่ยทุกขนาดเครื่องยนต์ และรถบรรทุกกำหนดใช้ค่าเฉลี่ยของเครื่องยนต์ดีเซล (3) การสำรวจภาคสนามดำเนินการในเฉพาะช่วงเวลาเร่งด่วนของวันศุกร์และอาทิตย์เท่านั้น (4) ข้อมูลการสัญจรอยู่ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ซึ่งกระทบต่อจำนวนนิสิตและบุคลากรที่เดินทางสัญจรเข้าและออกมหาวิทยาลัย ดังที่กล่าวแล้วทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การศึกษาครั้งนี้มิได้ล่อถึงสภาวะการณ์รูปแบบชีวิตวิถีเดิม แต่อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ยังคงล่อถึงสภาวะการณ์รูปแบบของความปกติในชีวิตวิถีใหม่ (New Normal) นอกจากนี้ สำหรับการศึกษาคั้งถัดไป หากไม่มีข้อจำกัดในเรื่องเวลา งบประมาณ และบุคลากร สามารถขยายพื้นที่ศึกษาเป็นถนนทั้งหมดในมหาวิทยาลัย และใช้ค่ากลางของอัตราการบริโภคของยานพาหนะได้หลายประเภทมากขึ้น ขยายเวลาสำรวจภาคสนามให้ครอบคลุมทั้งวันมากขึ้น อาจมีการใช้ข้อมูลเสริมจากกล้องวงจรปิด หรือแม้แต่การใช้ข้อมูลการสัญจรในเวลาจริง (Real-Time Traffic Data) ที่มีให้บริการในเว็บไซต์ เช่น iTIC (iTIC, 2565) Longdo (Longdo, 2565) และ TOMTOM (TOMTOM, 2565) เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การศึกษามีความทันสมัย แม่นยำ และเป็นประโยชน์มากขึ้นแต่มีต้นทุนต่ำลง

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาคั้งถัดไป ประการแรก เป็นที่น่าสังเกตว่าการเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการศึกษากับการศึกษาในพื้นที่อื่น หรือค่าเฉลี่ยของประเทศ หรือเกณฑ์มาตรฐาน (ถ้าในอนาคตมี) จะทำให้ผู้บริหารเห็นภาพชัดเจนว่าถนนในพื้นที่ศึกษาอยู่ในสถานภาพระดับใด ควรมีการปรับปรุงให้ดีขึ้นแบบเร่งด่วนหรือไม่ ประการที่สอง การสำรวจข้อมูลในวันศุกร์และอาทิตย์ยังคงเป็นจุดที่ควรพิจารณาปรับปรุง หากเป็นไปได้ควรกระจายการสำรวจข้อมูลภาคสนามในวันอื่นด้วยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนที่ดีขึ้นสำหรับวันธรรมดาและวันหยุด ประการที่สาม หากมีจำนวนที่ชัดเจนของนิสิตที่เข้ามาในมหาวิทยาลัยย่อมเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาคั้งถัดไปมากขึ้น ประการสุดท้าย ข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงถือว่ามีความสำคัญในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ดังนั้นควรปรับให้มีความละเอียดมากขึ้นและสอดคล้องกับประเภทของรถยนต์มากที่สุด

การศึกษาคั้งนี้เลือกใช้ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่รูปแบบเวกเตอร์ในการจัดเก็บและนำเสนอออกมาเป็นแผนที่ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Qingquan et al, 2013; Giovanni et al. (2020) เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีถนนแต่ละส่วนที่ไม่ยาวมากเกินไป ประกอบกับจำนวนยานพาหนะที่สัญจรบนถนนนั้นมีความละเอียดเชิงพื้นที่เล็กที่สุดที่ต้องการพิจารณาอยู่ในระดับส่วนของถนน นอกจากนี้เพื่อความสะดวกในการสำรวจภาคสนามด้วย อย่งไรก็ดี หากปรับเปลี่ยนเป็นชั้นข้อมูลแบบแรสเตอร์เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kai Zhang et al, (2011); Bachman (1998) Zahra et al, (2011) และ DARTE (Database of Road Transportation Emissions) (Gately et al, 2019) สามารถกระทำได้ แต่ควรมีการปรับปรุงข้อมูลนำเข้า เช่น ข้อมูลภาคสนามให้มีความละเอียดเชิงพื้นที่มากขึ้นกว่าเดิมด้วย เนื่องจากรูปร่างของเซลล์จะมีขนาดเท่ากันและเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส นอกจากนี้ สำหรับการศึกษาคั้งถัดไป ควรเพิ่มเติมการพิจารณาเรื่องความชันเพราะมีผลต่ออัตราเร่งของเครื่องยนต์และมีผลต่อการปลดปล่อย GHG ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบคุณนิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ที่ช่วยในการสำรวจภาคสนามนับจำนวนยานพาหนะที่สัญจรในพื้นที่ศึกษา ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิชาการเพื่อการพัฒนา นวัตกรรมเชิงพื้นที่สำหรับข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงการเผยแพร่ผลงานนี้ให้เป็นประโยชน์ในวงวิชาการและการพัฒนาเชิงพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

กรุงเทพธุรกิจ. เมื่อ "โลกร้อน" ขึ้น 1.2 องศา มนุษย์จะเจอ "ภัยพิบัติ" อะไรบ้าง?

สืบค้นจาก <https://www.bangkokbiznews.com/social/967297>.

Greenpeace. (2564). ผลกระทบของภาวะโลกร้อน.

สืบค้นจาก <https://www.greenpeace.org/thailand/explore/protect/climate/impacts/>.

กรุงเทพมหานคร. (2553). คู่มือคลายร้อนให้โลก (ที่)รัก. สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร และ Japan

International Cooperation Agency (JICA) หรือองค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น. สืบค้นจาก

https://www.jica.go.jp/thailand/english/office/topics/c8h0vm0000bm5965-att/events100929_01.pdf.

กรมประชาสัมพันธ์. (2565). เร่งขับเคลื่อนงานแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน เดินหน้าขยายผลในทุกจังหวัดและทุกองค์กรปกครองท้องถิ่นทั่วประเทศ.

สืบค้นจาก <https://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TCATG220320211731965>.

กรมประชาสัมพันธ์. (2562). รายงานพิเศษ : “โลกร้อน” ภัยใกล้ตัว.

สืบค้นจาก <https://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TCATG191114215504234>.

อบก. (2565). TGO จับมือ VGREEN ร่วมขยายผลกิจกรรมลดขยะคาร์บอนเพื่อสนับสนุนตลาดคาร์บอน

ภาคสมัครใจภายในประเทศ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมาย Net Zero Emissions. สืบค้นจาก <http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/post/tgo-จับมือ-vgreen-ร่วมขยายผลกิจกรรมลดขยะคาร์บอนเพื่อสนับสนุนตลาดคาร์บอน>.

อบก. (2565). TGO จับมือ FTI และ 29 องค์กรนำร่อง ร่วมส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในภาคอุตสาหกรรม. สืบค้นจาก <http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/post/tgo-จับมือ-fti-และ-29-องค์กรนำร่อง-ร่วมส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรใน>.

Suthichai Live. (2565). การเสวนาผ่านเฟซบุ๊กไลฟ์: คาร์บอนเครดิต สร้างโอกาสทางเศรษฐกิจ ลดมลพิษอย่างยั่งยืน.

สืบค้นจาก <https://www.facebook.com/689751208/videos/509059280632349/>.

อบก. (2562). โครงการศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อแสดงการปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในสาขาเกษตรป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน. สืบค้นจาก <http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/post/โครงการศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศ>.

ENVIRONNET. (2559). การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคการขนส่งในบริบทโลก. ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก <http://www.environnet.in.th/archives/1533>.

เทศบาลตำบลบางกระบือ. (2555). Car Free Day ลดรถ ลดโลกร้อนกับกฎหมายพลังงานหมุนเวียน. สืบค้นจาก <http://www.bangkrabuecity.go.th/site/attachments/article/155/Car%20Free%20Day%20ลด%20รถ%20ลด%20โลกร้อนกับกฎหมายพลังงานหมุนเวียน.pdf>.

Kai Zhang, Stuart Batterman, and Francois Dion. (2011). Vehicle Emissions in Congestion: Comparison of Work Zone, Rush Hour and Free-flow Conditions, *Atmospheric Environment*, 45(11): 1929-1939.

Zihan Kan, Luliang Tang, Mei-Po Kwan, and Xia Zhang. (2018). Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emissions Using GPS Big Data, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 1-23.

- Bachman, W. H. (1998). *A GIS-based modal model of automobile exhaust emissions*. Washington, DC, USA: United States Environmental Protection Agency, Research and Development, National Risk Management Research Laboratory.
- Zahra Gharineiat and Malik Khalfan. (2011). Using the Geographic Information System (GIS) in the Sustainable Transportation. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Geomatics and Civil Engineering*, 5(11), 1425-1431.
- วิภาพ แพงวังทอง และอิสระพงษ์ กาจสาริการณ. (2564). การประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์และการตัดสินใจกลุ่มแบบหลายเกณฑ์เพื่อประเมินความเสี่ยงไฟฟ้าในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติของจังหวัดพะเยา. *วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาวัตกรรมการแข่งขันพื้นที่*, 2(2), 13-24.
- ศศิธร นัตรสุตารัตน์. (2560). การศึกษาและวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ปลูกอ้อยโดยเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat: กรณีศึกษา อำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร. *การประชุมวิชาการ (Proceedings) ทรัพยากรธรรมชาติ สารสนเทศภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 6 (NatGen 6th)*, วันที่ 24 – 25 กุมภาพันธ์ 2565 (น. 432-444). กรุงเทพฯ: ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ศิริลักษณ์ พิมพ์สาร, นครินทร์ ชัยแก้ว, และสิทธิชัย พิมพ์ศรี. (2556). การประมาณค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในจังหวัดพะเยา. *วารสารนเรศวรพะเยา*, 6(2), 116-127.
- ระบบบริการการศึกษา. (2565). จำนวนนิสิตในปัจจุบัน. มหาวิทยาลัยพะเยา.
สืบค้นจาก <https://reg.up.ac.th/content/all/information>.
- กองการเจ้าหน้าที่. (2565). *สรุปอัตรากำลังบุคลากรของมหาวิทยาลัยพะเยา ปี 2563*. มหาวิทยาลัยพะเยา.
สืบค้นจาก <http://www.personnel.up.ac.th/ContentRead.aspx?c=อัตรากำลัง>
- สิทธิชัย ชูลำโรง. (2559). รายวิชา 104333 *การจัดการฐานข้อมูลและฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ* [เอกสารประกอบการสอน]. พิษณุโลก: ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- อบก. (2562). *ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมมาจากข้อมูลหัตถ์ภูมิสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร*. สืบค้นจาก <http://localcfo.tgo.or.th/uploads/docs/20200311130041.pdf>.
- iTIC. (2565). *iTIC Traffic Live Web-based application*. มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (The Intelligent Traffic Information Center Foundation). สืบค้นจาก <https://iticfoundation.org/>.
- Longdo. (2565). *Longdo Traffic Web-based application*. สืบค้นจาก <https://traffic.longdo.com/th/>.
- TOMTOM. (2565). *Bangkok traffic Web-based application*. บริษัท ทอมทอม เนวิเกชั่น (ประเทศไทย) จำกัด. สืบค้นจาก https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/bangkok-traffic/.
- Qingquan Li, Xiaomeng Chang, Xiaohui Cui, Luliang Tang, Zhiheng Li, and Liu Cheng. (2013). Road-Segment-Based Vehicle Emission Model for Real-Time Traffic Greenhouse Gas Estimation. *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS*, 14(1), 469-479.
- Giovanni De Nunzio, Mohamed Laraki, and Lauren Thibault. (2020). Road Traffic Dynamic Pollutant Emissions Estimation: From Macroscopic Road Information to Microscopic Environmental Impact. *Atmosphere* 2021, 15(53), 1-23.
- Gately, C., Hutyrá, L. R., & Wing, I. S. (2019). DARTE annual on-road CO2 emissions on a 1-km grid, conterminous USA, v2, 1980-2017. ORNL DAAC.