การวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางและขนส่งที่เกิดจากกิจกรรมของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายยุคันต์ทิวัตถ์ กมลาสน์กุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANALYSIS OF GREENHOUSE GAS EMISSION FROM TRAVEL AND TRANSPORTATION RESULTING FROM CHULALONGKORN UNIVERSITY ACTIVITIES

Mr. Yukhunthiwat Kamalarkul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางและขนส่งที่เกิดจากกิจกรรมของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โดย	นายยุคันต์ทิวัตถ์ กมลาสน์กุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. เกษม ชูจารุกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. เกษม ชูจารุกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนาธิป ผาริโน)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช)

ยุคันต์ทิวัตถ์ กมลาสน์กุล : การวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางและขนส่งที่เกิดจากกิจกรรมของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ANALYSIS OF GREENHOUSE GAS EMISSION FROM TRAVEL AND TRANSPORTATION RESULTING FROM CHULALONGKORN UNIVERSITY ACTIVITIES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. เกษม ชูจารุกุล, 96 หน้า.

สาเหตุส่วนหนึ่งของปรากฏการณ์ภาวะโลกร้อนในปัจจุบันเกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมด้านการขนส่ง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งภายในมหาวิทยาลัย โดยอาศัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นกรณีศึกษา งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้หลักการของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งโดยจะได้ผลลัพธ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2eq) ในงานวิจัยนี้จะแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 จะทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ของมหาวิทยาลัย กลุ่มเป้าหมายในส่วนนี้ได้แก่ บุคลากรที่เดินทางในมหาวิทยาลัยด้วยรถยนต์ส่วนตัวเป็นกลุ่มเป้าหมายหลัก ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจข้อมูลจุดเริ่มต้น-จุดปลายทางในมหาวิทยาลัย ควบคู่กับการสำรวจทะเบียนรถเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของกิจกรรมการเดินทางในพื้นที่มหาวิทยาลัย และได้ทำการวิเคราะห์กิจกรรมการให้บริการของยานพาหนะของมหาวิทยาลัยเพื่อหาปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ซึ่งเมื่อประมวลผลลัพธ์ร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะทำให้สามารถประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ส่วนที่ 2 จะทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและสถานศึกษาของบุคลากรของมหาวิทยาลัย ในการศึกษาส่วนนี้ได้แบ่งประเภทของบุคลากรตามพฤติกรรมการเดินทางออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มนิสิตปริญญาตรี กลุ่มนิสิตปริญญาโท/เอก กลุ่มอาจารย์/เจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัย และได้ทำการสำรวจข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ตามจำนวนสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาสัดส่วนรูปแบบการเดินทางและค่าเฉลี่ยของจำนวนเที่ยวการเดินทางใน 1 สัปดาห์ ระยะทางสำหรับแต่ละรูปแบบการเดินทางเพื่อนำมาวิเคราะห์หาข้อมูลกิจกรรมการเดินทางที่เกิดขึ้นใน 1 สัปดาห์แล้วนำมาแปลงค่าด้วยจำนวนสัปดาห์ตามสมมติฐานเมื่อประมวลผลลัพธ์ร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะทำให้สามารถประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ จากการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งที่ใช้จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นกรณีศึกษามีปริมาณเท่ากับ 10,675.40 Tons-CO_2eq โดยเกิดจากส่วนที่ 1 เท่ากับ 984.40 Tons-CO_2eq จากส่วนที่ 2 เท่ากับ 9,691 Tons-CO_2eq ผลของการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้จะมีส่วนช่วยให้มหาวิทยาลัยสามารถบริหารและวางแผนเพื่อให้เกิดการเดินทางและขนส่งที่ยั่งยืนต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5570339121 : MAJOR CIVIL ENGINEERING
KEYWORDS: CARBON FOOTPRINT / GREENHOUSE GAS EMISSION / UNIVERSITIES / TRAVEL AND TRANSPORTATION ACTIVITIES

YUKHUNTHIWAT KAMALARKUL: ANALYSIS OF GREENHOUSE GAS EMISSION FROM TRAVEL AND TRANSPORTATION RESULTING FROM CHULALONGKORN UNIVERSITY ACTIVITIES. ADVISOR: ASSOC. PROF. KASEM CHOOCHARUKUL, 96 pp.

One of the reasons for global warming is the greenhouse gas emission from transportation activities. This research aims to evaluate CO_2emission from travelers' behavior within the university using the principle of carbon footprint. The result is shown in carbon dioxide equivalence. Chulalongkorn University was taken as a case study. The case study was separated into 2 sections. The first section was to evaluate CO_2emission within the university. The main target group of this part was travelers who use personal cars. Data was collected by means of origin-destination surveys and license plate surveys in order to estimate the amount of travel activities. Along with the data of the university's vehicles servicing to calculate used fuels within the campus. The second section was to evaluate CO_2emission from transportation activities between home and the university (round-trip) of the university's members, which were divided into 3 groups : undergraduate students, postgraduate students and PhD, and lecturers and staffs. Data was collected by interviewing a sample in order to determine the proportion of traveling patterns, distances of each patterns and average trips in each week. Considering the result from both parts together with the coefficients of greenhouse gas emission, CO_2 volume can be estimated. From this case study, there were greenhouse gas emission 10,675.40 Tons-CO_2eq in total, of which 984.40 Tons-CO_2eq from section 1 calculate and 9,691 Tons-CO_2eq from section 2. Research results could help university to better manage and plan for sustainable transportation.

Department:	Civil Engineering	Student's Signature .....
Field of Study:	Civil Engineering	Advisor's Signature .....
Academic Year:	2014	

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม ชูจารุกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา และคอยดูแลช่วยเหลือตลอดจนช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ ซึ่งเป็นประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อแนะนำต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณวรเศรษฐ์ วสุจรูญลักษณ์ ซึ่งเป็นรุ่นพี่สาขาวิศวกรรมขนส่งที่ให้ข้อแนะนำข้อชี้แนะ และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ สาขาวิศวกรรมขนส่ง ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและเป็นกำลังใจแก่ผู้เขียน

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณสิรัชวดี รุ่งกาญจนาพร เพื่อนที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจในช่วงเวลาการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้บุคคลสำคัญที่จะขาดไปมิได้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนในการตัดสินใจเข้าศึกษาในระดับมหาบัณฑิต คอยดูแลช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่เข้มแข็งของผู้เขียนตลอดการศึกษา จนสามารถศึกษาและทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลงได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง 1

สารบัญรูป 1

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

1.3 ขอบเขตการศึกษา 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.5 ขั้นตอนการศึกษา 4

บทที่ 2 การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 คำนิยามของ Carbon Footprint 6

2.2 หลักการในการวัด Carbon Footprint และวิธีการเก็บข้อมูล 7

2.3 กรณีศึกษาเกี่ยวกับการประเมิน Carbon Footprint ในสถานศึกษา 10

2.4 สรุปการทบทวนแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยในอดีต 20

บทที่ 3 วิธีการศึกษา 21

3.1 ขั้นตอนการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 22

3.2 ตรวจสอบสภาพพื้นที่เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่การศึกษา 23

3.3 ออกแบบการสำรวจข้อมูล ลักษณะของข้อมูลและการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 25

3.4 การทดลองสำรวจข้อมูล 27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.5 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล 27
3.6 แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล 30
3.7 ขั้นตอนการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและสถานศึกษาของบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 36
3.8 สำรวจข้อมูลบุคลากรเพื่อกำหนดขอบเขตและกลุ่มเป้าหมาย 36
3.9 ออกแบบการสำรวจข้อมูล ลักษณะของข้อมูลและการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 36
3.10 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล 38
3.11 แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล 38
บทที่ 4 ผลการสำรวจข้อมูลในพื้นที่การศึกษา 39
4.1 ผลจากการสำรวจข้อมูลปฐมภูมิเพื่อการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่ 39
4.1.1. ข้อมูลปริมาณการเดินทางในพื้นที่การศึกษา 39
4.1.2 ข้อมูลส่วนบุคคล 44
4.2 ผลจากการสำรวจข้อมูลทุติยภูมิเพื่อการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่ 47
4.2.1 ข้อมูลรถโดยสารภายในจุฬาฯ (CU Shuttle Bus) 47
4.2.2 ข้อมูลรถน้ำและรถเก็บขยะ 50
4.3 การเลือกใช้ค่า Emission Factor และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะ 50
4.4 ผลสำรวจจากข้อมูลปฐมภูมิเพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 53
4.4.1 ข้อมูลสถานะบุคลากร 53
4.4.2 ข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของบุคลากร 54
4.4.3 ข้อมูลยานพาหนะ 56

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.5 ผลสำรวจจากข้อมูลทุติยภูมิเพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 58
4.5.1 รถยนต์ส่วนบุคคล 58
4.5.2 รถประจำทาง 58
4.5.3 รถตู้ รถแท็กซี่ รถสองแถวและรถจักรยานยนต์ 58
4.5.4 รถโดยสารภายในจุฬาฯ (ปอ.พ) 59
4.5.5 รถไฟฟ้า (BTS) รถไฟใต้ดิน (MRT) และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (Airport Link) 60
บทที่ 5 การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก 61
5.1 การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 61
5.2 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดในพื้นที่จากข้อมูลปฐมภูมิ 61
5.2.1 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับข้อมูลปฐมภูมิ 62
5.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากข้อมูลทุติยภูมิ 67
5.3.1 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับข้อมูลทุติยภูมิ 67
5.4 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่การศึกษา 71
5.4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การศึกษาในช่วงเวลา 1 วัน 71
5.4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การศึกษาในช่วงเวลา 1 ปี 72
5.5 การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 72
5.6 สมมติฐานสำหรับการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 73
5.7 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 73
5.7.1 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการเดินทางของบุคลากร 73

5.8 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 81

5.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบกับพื้นที่การศึกษาอื่นๆ 86

บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 88

6.1 สรุปผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานศึกษา 88

6.2 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย 91

6.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย 91

6.4 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยในอนาคต 92

รายการอ้างอิง 93

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 คำจำกัดความของ Carbon Footprint 6
ตารางที่ 2.2 ปริมาณการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดในมหาวิทยาลัยในช่วงปี ค.ศ.2005.... 13
ตารางที่ 2.3 ปริมาณการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดในมหาวิทยาลัยในช่วงปี ค.ศ. 2006 .. 14
ตารางที่ 2.4 การเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเดินทางของสมาชิกในมหาวิทยาลัย 15
ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากยานพาหนะของมหาวิทยาลัย 15
ตารางที่ 3.1 ตารางแบ่งประเภทของประตูในพื้นที่การศึกษา..... 24
ตารางที่ 3.2 ตาราง OD-Matrix สำหรับพื้นที่การศึกษา..... 26
ตารางที่ 3.3 รายละเอียดการเก็บข้อมูลภาคสนามพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก 30
ตารางที่ 3.4 รายละเอียดการเก็บข้อมูลภาคสนามพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก..... 30
ตารางที่ 3.5 OD - Matrix พื้นที่การศึกษาสำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก..... 32
ตารางที่ 3.6 OD – Matrix แสดงระยะของเที่ยวการเดินทางในแต่ละพื้นที่การศึกษา..... 33
ตารางที่ 3.7 OD - Matrix พื้นที่การศึกษาสำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก..... 34
ตารางที่ 3.8 OD – Matrix แสดงระยะของเที่ยวการเดินทางในแต่ละพื้นที่การศึกษา..... 34
ตารางที่ 4.1 ปริมาณการเดินทางในพื้นที่ฝั่งตะวันออก..... 39
ตารางที่ 4.2 ปริมาณการเดินทางจากต้นทางไปยังปลายทางแต่ละเส้นทางในพื้นที่ฝั่งตะวันออก 40
ตารางที่ 4.3 ปริมาณการเดินทางจากต้นทางไปยังปลายทางแต่ละเส้นทางในพื้นที่ฝั่งตะวันออก หลังจากการปรับแก้..... 41
ตารางที่ 4.4 ปริมาณการเดินทางที่ใช้พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออกเป็นทางผ่าน 41
ตารางที่ 4.5 ปริมาณการเดินทางในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก..... 42
ตารางที่ 4.6 OD - Matrix พื้นที่การศึกษาสำหรับพื้นที่ฝั่งตะวันตก..... 43
ตารางที่ 4.7 เส้นทาง ระยะทางและความถี่ในการให้บริการของรถโดยสารภายในจุฬาฯ..... 48
ตารางที่ 4.8 ประเภท จำนวน และอัตราการใช้พลังงานของรถโดยสารภายในจุฬาฯ..... 48

ตารางที่ 4.9 ระยะทางการวิ่ง ความถี่และข้อมูลยานพาหนะในการให้บริการของรถน้ำและรถเก็บขยะภายในมหาวิทยาลัย 50
ตารางที่ 4.10 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) แบ่งตามประเภทเชื้อเพลิง..... 51
ตารางที่ 4.11 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) แบ่งตามประเภทยานพาหนะ..... 51
ตารางที่ 4.12 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการเดินทางด้วยรถประเภทต่างๆ 52
ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจำนวนวันและเที่ยวการเดินทางต่อสัปดาห์..... 54
ตารางที่ 4.14 ระยะทางการเดินทางเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับแต่ละรูปแบบการเดินทางแบ่งตามสถานะบุคลากร หน่วย:กิโลเมตร..... 56
ตารางที่ 4.15 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแบ่งตามสถานะบุคลากร หน่วย : ร้อยละ 57
ตารางที่ 4.16 สัดส่วนขนาดเครื่องยนต์แบ่งตามสถานะบุคลากร หน่วย : ร้อยละ..... 57
ตารางที่ 4.17 จำนวนและประเภทของรถประจำทาง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและความจุผู้โดยสารของรถประจำทาง..... 58
ตารางที่ 4.18 ประเภทของเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและจำนวนผู้โดยสารของรถตู้ รถแท็กซี่ รถสองแถวและรถจักรยานยนต์ 59
ตารางที่ 4.19 สัดส่วนของจำนวนรถแบ่งตามประเภทเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและจำนวนผู้โดยสาร 59
ตารางที่ 4.20 จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการ BTS MRT และ Airport Link ความถี่ในการให้บริการและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง..... 60
ตารางที่ 5.1 ตัวคูณแบ่งประเภทเชื้อเพลิงสำหรับเชื้อเพลิง 64
ตารางที่ 5.2 ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน 65
ตารางที่ 5.3 ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 65
ตารางที่ 5.4 ตัวคูณแบ่งประเภทรถสำหรับเชื้อเพลิงดีเซล..... 65
ตารางที่ 5.5 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆ..... 66
ตารางที่ 5.6 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ฝั่งตะวันออก 67

ตารางที่ 5.7 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ฝั่งตะวันตก 67

ตารางที่ 5.8 ค่าตัวแปรในสมการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย..... 68

ตารางที่ 5.9 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางด้วยรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย..... 69

ตารางที่ 5.10 ค่าสำหรับตัวแปรในสมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถน้ำ 70

ตารางที่ 5.11 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเดินทางด้วยรถน้ำ 70

ตารางที่ 5.12 ค่าสำหรับตัวแปรในสมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถขยะ ... 71

ตารางที่ 5.13 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเดินทางด้วยรถขยะ 71

ตารางที่ 5.14 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การศึกษาในช่วงเวลา 1 วัน..... 72

ตารางที่ 5.15 ค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถยนต์ส่วนบุคคล .. 75

ตารางที่ 5.16 สัดส่วนการใช้เครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน 75

ตารางที่ 5.17 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆ 75

ตารางที่ 5.18 ค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถประจำทาง..... 76

ตารางที่ 5.19 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถประจำทาง 77

ตารางที่ 5.20 ค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถตู้ รถแท็กซี่ รถสองแถว รถจักรยานยนต์..... 78

ตารางที่ 5.21 ค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย..... 79

ตารางที่ 5.22 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถประจำทาง 79

ตารางที่ 5.23 ค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถไฟฟ้า (BTS) รถไฟใต้ดิน (MRT) รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (Airport Link)..... 81

ตารางที่ 5.24 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละรูปแบบการเดินทางแยกตามสถานะบุคลากร..... 82

ตารางที่ 5.25 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละรูปแบบการเดินทางแยกตามสถานะบุคลากร..... 83

ตารางที่ 5.26 ช่วงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงเวลา 1 ปี..... 85

ตารางที่ 5.27 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงเวลา 1 ปีแบ่งตามรูปแบบการเดินทาง 86

ตารางที่ 5.28 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและสถานศึกษาในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับพื้นที่การศึกษาอื่นๆ..... 87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 แนวโน้มอุณหภูมิโลกที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงปีค.ศ.1860-2000 2

รูปที่ 1.2 กลไกการเกิดภาวะเรือนกระจก 2

รูปที่ 1.3 แผนที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 4

รูปที่ 1.4 ขั้นตอนของการศึกษางานวิจัย 5

รูปที่ 2.1 สัดส่วนของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามประเภทของยานพาหนะ 11

รูปที่ 2.2 สัดส่วนของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายใน 12

รูปที่ 2.3 สัดส่วนของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัย 16

รูปที่ 2.4 สัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 ในแต่ละรูปแบบการเดินทาง 17

รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่เกิดจากการเดินทางแบบไป-กลับ 17

รูปที่ 2.6 สัดส่วนของการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามประเภทต่างๆ 19

รูปที่ 2.7 สัดส่วนของการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามประเภทต่างๆ 20

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย 22

รูปที่ 3.2 พื้นที่การศึกษาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 23

รูปที่ 3.3 ประตูทางเข้า-ออกพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก 24

รูปที่ 3.4 ประตูทางเข้า-ออกพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก 25

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างแบบสอบถาม 27

รูปที่ 3.6 จุดแจกบัตรบริเวณประตูทางเข้า-ออกพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก 29

รูปที่ 3.7 ประตูทางเข้า-ออกพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก 29

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างแบบสอบถาม 37

รูปที่ 4.1 สัดส่วนสถานภาพบุคคลในแต่ละพื้นที่การศึกษา 45

รูปที่ 4.2 วัตถุประสงค์ในการเดินทางมายังพื้นที่การศึกษา 45

รูปที่ 4.3 ประเภทยานพาหนะในแต่ละพื้นที่การศึกษา 46

รูปที่ 4.4 ประเภทเชื้อเพลิงในแต่ละพื้นที่การศึกษา 46
รูปที่ 4.5 ประเภทเครื่องยนต์ในแต่ละพื้นที่การศึกษา 47
รูปที่ 4.6 เส้นทางการเดินรถปอ.พ สายต่าง ๆ 49
รูปที่ 4.7 สัดส่วนกลุ่มตัวอย่างที่พิจารณาจากพฤติกรรมของกลุ่มประชากร 54
รูปที่ 4.8 สัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางของกลุ่มตัวอย่าง 55
รูปที่ 4.9 จำนวนผู้โดยสารที่เดินทางโดยใช้รถยนต์ 57
รูปที่ 5.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงเวลา 1 ปี หน่วย : TonsCO_2eq 84

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

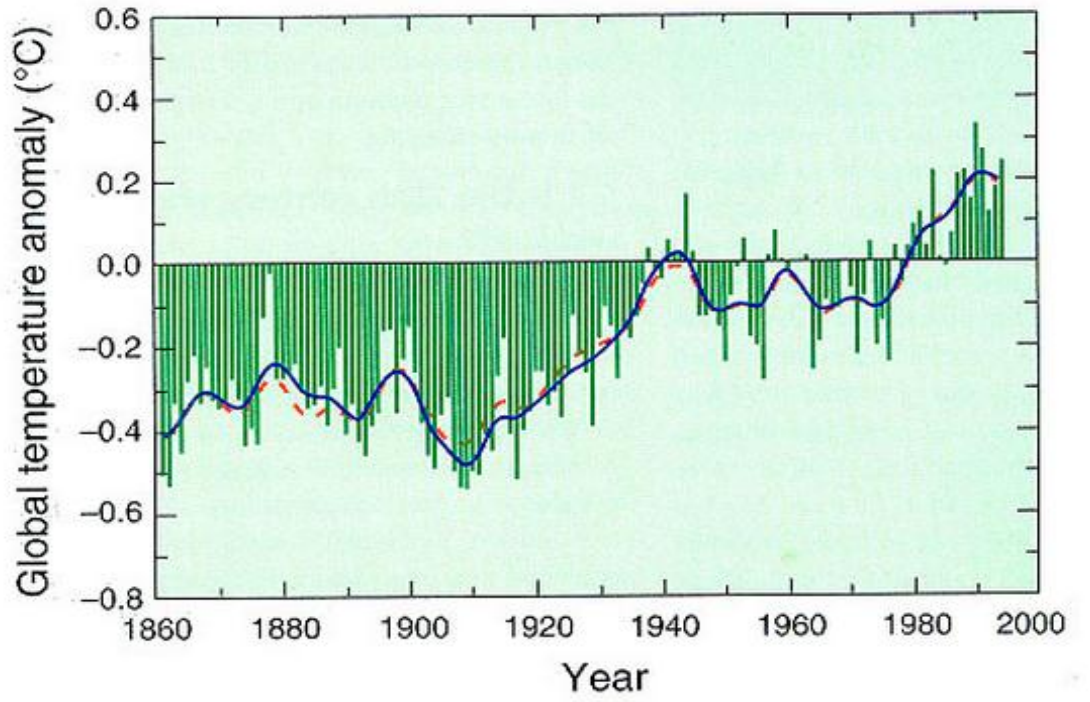
1.1 ที่มาและความสำคัญ

อุณหภูมิเฉลี่ยในปัจจุบันมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบจากอดีต ซึ่งเป็นผลกระทบจากปรากฏการณ์ภาวะโลกร้อน (Global warming) โดยที่สาเหตุหลักของปรากฏการณ์ภาวะโลกร้อนเกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) ซึ่งประกอบไปด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเฟอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ฯลฯ ซึ่งจากการทดลองพบว่าในชั้นบรรยากาศนั้นจะมีสัดส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเมื่อเทียบกับก๊าซชนิดอื่นๆ (≈ 53% ของทั้งหมด) ก๊าซเรือนกระจกนั้นมีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดได้ดีซึ่งมีความจำเป็นในการรักษาสภาพสมดุลของอุณหภูมิในบรรยากาศโลกให้คงที่ แต่หากมีก๊าซเหล่านี้ในชั้นบรรยากาศมากจนเกินไป จะทำให้อุณหภูมิของโลกที่เกิดจากการคายตัวของก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าปกติ ดังกลไกตามรูปที่ 1.1 และรูปที่ 1.2 จะส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตบนโลก การเกิดก๊าซเรือนกระจกนั้นมีสาเหตุจากการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์เช่น กิจกรรมที่เกี่ยวเนื่องกับการเดินทางและการขนส่ง กิจกรรมการเกษตร การใช้ของใช้ในชีวิตประจำวัน (สารจากเครื่องทำความเย็น สเปรย์ ฯลฯ) เป็นต้น (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556)

นานาชาติได้เล็งเห็นและตระหนักถึงปัญหาโลกร้อนที่เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงได้มีการรวมตัวกันลงนามทำสัญญาในพิธีสารเกียวโต เมื่อวันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ. 2540 ณ เมืองเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น พิธีสารฉบับนี้มีสาระสำคัญเกี่ยวกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งในครั้งนั้นประเทศไทยก็ได้เข้าร่วมพิธีลงนามและให้สัตยาบันเช่นเดียวกับนานาประเทศ ดังนั้นจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในฐานะหน่วยงานการศึกษาของประเทศจึงได้ให้ความสำคัญกับปัญหาดังกล่าว เนื่องจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีกิจกรรมหลายอย่างที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางและการขนส่งของประชาคมจุฬาฯ อันประกอบไปด้วย คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัย นิสิต และบุคคลภายนอกที่มาติดต่อกับมหาวิทยาลัย

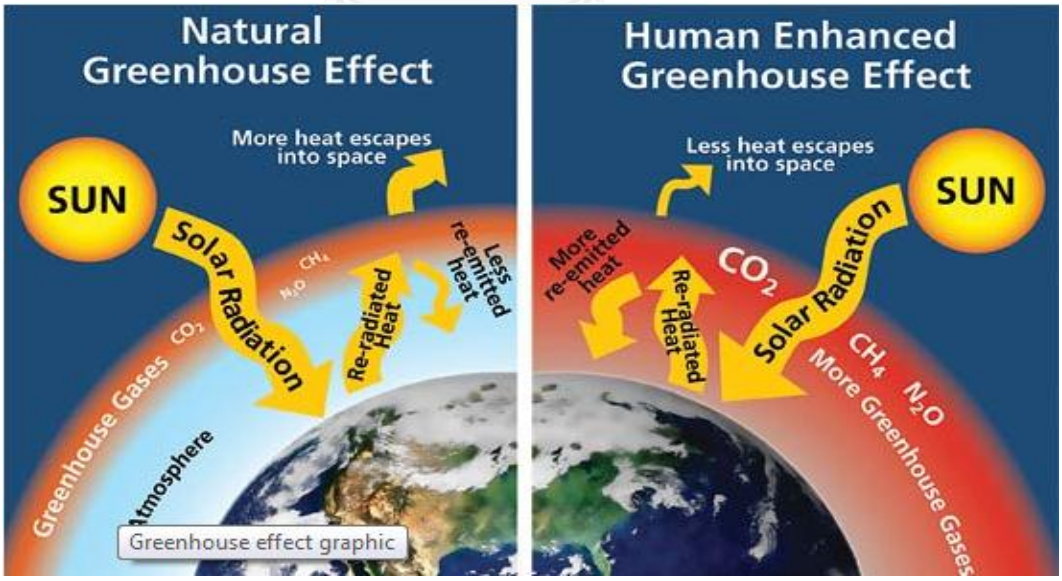
จากเหตุผลข้างต้นทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการศึกษาเพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่ง จะช่วยให้ทราบถึงปริมาณรวมของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการวิเคราะห์และจัดทำ

นโยบายเพื่อการขนส่งภายในมหาวิทยาลัยที่ยั่งยืนต่อไป เพื่อแสดงให้เห็นว่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีส่วนรวมในการแสดงความรับผิดชอบต่อภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้น



รูปที่ 1.1 แนวโน้มอุณหภูมิโลกที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงปีค.ศ.1860-2000

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา, [ออนไลน์], 2558, http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=20



รูปที่ 1.2 กลไกการเกิดภาวะเรือนกระจก

ที่มา : National Park Service, [online], 2015,
http://www.nps.gov/goga/naturescience/climate-change-causes.htm

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งที่เกิดจากบุคลากรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งภายในพื้นที่ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

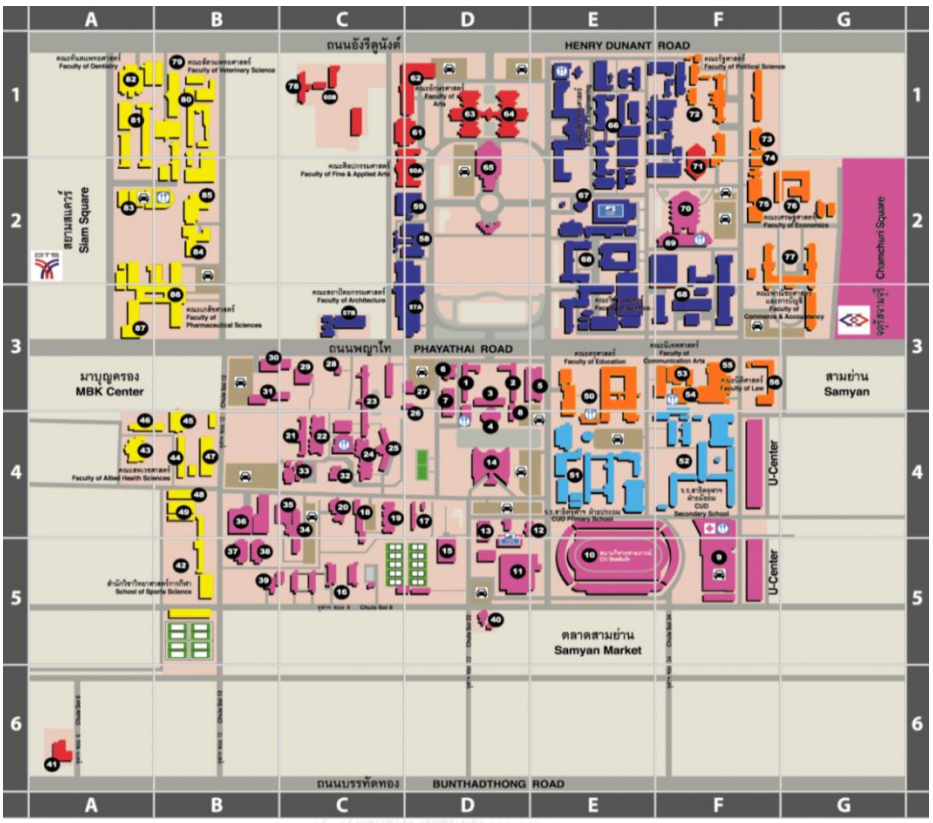
3. วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประชาคมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ทางผู้วิจัยจะมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งซึ่งหมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas,GHG) ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยจะแบ่งขอบเขตของการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่สถานศึกษา ผู้วิจัยได้จำกัดขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเท่านั้น โดยการกำหนดพื้นที่การศึกษาสำหรับการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในครั้งนี้ ได้ใช้พื้นที่ที่เป็นส่วนหลักของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเว้นการพิจารณาในส่วนของคณะสหเวชศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ คณะทันตแพทย์ศาสตร์ คณะสัตวศาสตร์ คณะแพทย์ศาสตร์ เนื่องคณะเหล่านี้มีที่ตั้งอยู่นอกพื้นที่หลักของมหาวิทยาลัยดังรูปที่ 1.3

<u>ส่วนที่ 2</u> เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักและสถานศึกษา ในส่วนนี้ทางผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาเฉพาะประชาคมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งประกอบไปด้วย นิสิต อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัย สำหรับผู้ที่มาติดต่อกับทางมหาวิทยาลัยจะพิจารณาการเดินทางได้เฉพาะภายในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเท่านั้น



รูปที่ 1.3 แผนที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่มา : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ออนไลน์, 2556, www.chula.ac.th/about/visitor_map/

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงแนวทางและวิธีการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางและขนส่งของสถานศึกษา
2. ผลลัพธ์ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งภายในพื้นที่ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ผลลัพธ์ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักและสถานศึกษาของประชาคมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

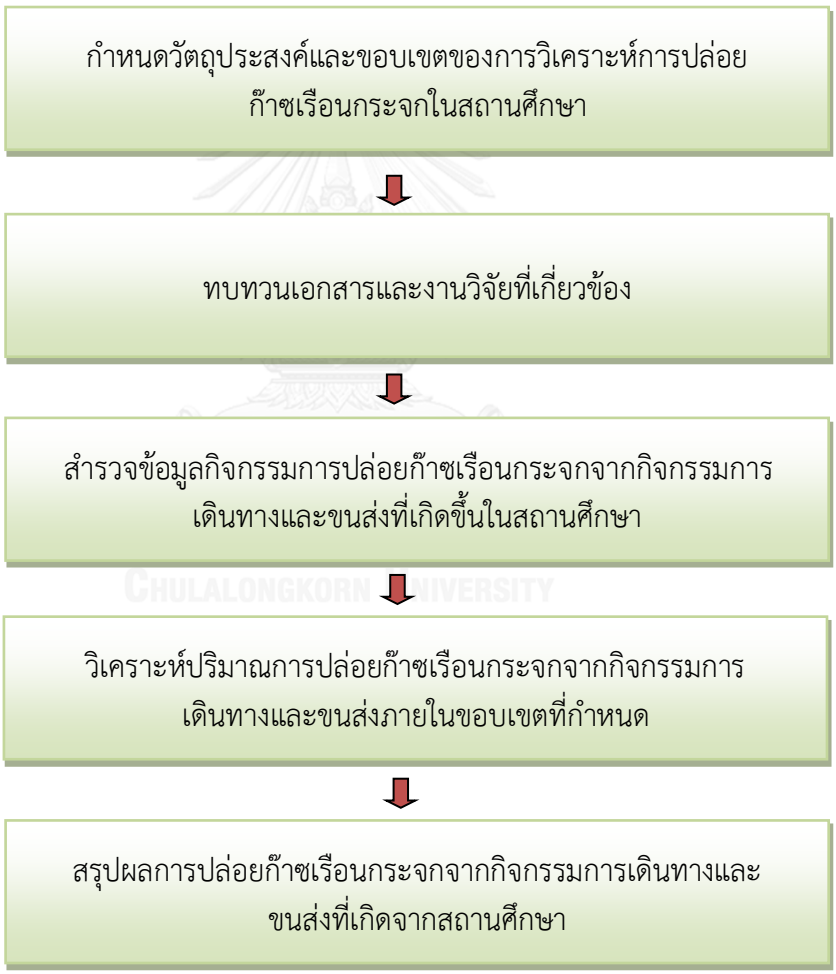
การศึกษาในครั้งนี้มีขั้นตอนดังรูปที่ 1.4 ซึ่งประกอบด้วย

1. กำหนดขอบเขตและรายละเอียดของการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสถานศึกษาในแต่ละส่วนของการศึกษา

2. ทบทวนวรรณกรรมและการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับหัวข้องานวิจัยเพื่อศึกษาถึงหลักการและแนวทางการทำวิจัย ข้อดี ข้อเสียของวิธีการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละวิธี สำรวจข้อมูลการดำเนินกิจกรรม โดยเริ่มต้นตั้งแต่การออกแบบวิธีการสำรวจ ติดตามและตรวจสอบผลของการสำรวจเก็บข้อมูล

3. ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลที่ได้สำรวจมาโดยใช้หลักการที่ได้พัฒนาจากการศึกษางานวิจัยในอดีต

4. สรุปผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละส่วนของการศึกษาและเสนอแนะแนวทางเพื่อการเดินทางในสถานศึกษาอย่างยั่งยืน



รูปที่ 1.4 ขั้นตอนของการศึกษางานวิจัย

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งจะทำให้ทราบถึงหลักการ แนวคิด วิธีการในการศึกษางานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสถานศึกษาว่ามีข้อกำหนดอย่างไรบ้างเพื่อที่จะได้ทำให้การวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในครั้งนี้ถูกต้องตามมาตรฐานสากล โดยที่งานวิจัยชิ้นนี้ใช้แนวคิดการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวิธีการคำนวณ Carbon Footprint

2.1 คำนิยามของ Carbon Footprint

จากอดีตถึงปัจจุบันได้มีการศึกษาการวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่อย่างหลากหลาย จึงอาจทำให้เกิดความสับสนเกี่ยวกับนิยามความหมายของการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อความชัดเจนของการศึกษาในครั้งนี้ทางผู้วิจัยจึงได้รวบรวมคำนิยามจากงานศึกษาในอดีตเพื่อดูพัฒนาการของคำจำกัดความของคำว่า Carbon Footprint เพื่อคัดกรองให้ได้คำจำกัดความที่มีความหมายถูกต้องและทันสมัยที่สุดดังต่อไปนี้ (Wiedmann & Minx, 2008)

ตารางที่ 2.1 คำจำกัดความของ Carbon Footprint

แหล่งที่มา	คำจำกัดความ
Parliamentary Office of Science and Technology (POST 2006)	Carbon Footprint หมายถึง ปริมาณทั้งหมดของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ที่ปล่อยในช่วงวัฏจักรของกระบวนการผลิต ซึ่งจะแสดงในหน่วย กรัมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ต่อ กิโลวัตต์ชั่วโมง (gCO_2/kWh) ของแหล่งกำเนิด ซึ่งจะแสดงรายการผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ
BP (2007)	Carbon Footprint คือ ผลรวมทั้งหมดของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกิจกรรมในชีวิตประจำวัน เช่น การซัก รีดเสื้อผ้า การขับรถส่งเด็กไปโรงเรียน เป็นต้น
Carbon Trust (2007)	Carbon Footprint เป็นวิธีการประมาณผลรวมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า จากผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตจากการผลิตตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการผลิต Carbon Footprint เป็นเทคนิคสำหรับการระบุและการวัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) แต่ละชนิดจากแต่ละกิจกรรมในขั้นตอนกระบวนการผลิต

แหล่งที่มา	คำจำกัดความ
Energetics (2007)	Carbon Footprint หมายถึง ขอบเขตทั้งหมดของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งทางตรงและทางอ้อมจากกิจกรรมทางธุรกิจ
EPLCA (2007)	Carbon Footprint หมายถึง ผลรวมทั้งหมดของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์
ETAP (2007)	Carbon Footprint คือ วิธีการวัดผลกระทบที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมในรูปของผลรวมการเกิดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งวัดในหน่วยตันของคาร์บอนไดออกไซด์
Global Footprint Network (2007)	Carbon Footprint หมายถึง อุปสงค์ความต้องการของความสามารถทางชีวภาพของโลกในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวภาพ
Grub & Ellis (2007)	Carbon Footprint เป็นวิธีวัดผลรวมทั้งหมดของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผ่านกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวภาพ ในกรณีขององค์กรธุรกิจ จะเป็นผลรวมของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งทางตรงและทางอ้อม ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน
Wiedmann & Minx (2008)	Carbon Footprint คือ วิธีการวัดผลรวมของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ หรือเป็นผลรวมการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมที่เกิดจากการผลิตภัณฑ์ต่างๆ

ที่มา : Wiedmann T. และ Minx J. (2008)

จากคำจำกัดความของงานวิจัยในอดีตทำให้ผู้วิจัยสามารถเรียบเรียงและสรุปคำจำกัดความของ Carbon Footprint ได้ดังต่อไปนี้

Carbon Footprint หมายถึง การวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ โดยวัดในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยจะต้องวัดทั้งที่เกิดจากการปล่อยทั้งทางตรงและทางอ้อม การประเมิน Carbon Footprint นั้นสามารถใช้ประเมินได้ว่าองค์กร หน่วยงานมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมากน้อยเพียงใด

2.2 หลักการในการวัด Carbon Footprint และวิธีการเก็บข้อมูล

จากการศึกษางานวิจัยในอดีตพบว่าวิธีในการคำนวณ Carbon Footprint เบื้องต้นมีหลักการดังสมการที่ 2.1

$$\text{Total } CO_2 = (\text{Activity/Consumption data}) * \text{Emission factor} \qquad (2.1)$$

โดยที่ Total CO_2 คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นที่แสดงในรูปของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามีหน่วยเป็น ตัน

Activity/Consumption data คือข้อมูลการทำกิจกรรมหรือข้อมูลการบริโภคพลังงานซึ่งหน่วยของข้อมูลนี้ขึ้นอยู่กับค่า Emission factor ที่เรานำมาใช้

Emission factor คือค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้คูณเพื่อแปลงข้อมูลที่มีอยู่ให้ออกมาอยู่ในรูปของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยปกติค่า Emission factor นั้นจะเลือกใช้ค่าที่ได้รับการยอมรับจากองค์กร หน่วยงาน หรือส่วนราชการในพื้นที่นั้นๆ

นอกจากหลักการคำนวณ Carbon Footprint ในเบื้องต้นแล้ว จากการศึกษาแนวทางในการประเมิน Carbon Footprint ยังพบว่าการประเมิน Carbon Footprint สำหรับหน่วยงานหรือองค์กรต่างๆ สามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น 3 ประเภท (Scope) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2555) ดังนี้

ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct Greenhouse Gas Emission) คือ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร มีดังนี้

1. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่ ตัวอย่างเช่น
   - การผลิตไฟฟ้า ความร้อนและไอน้ำเพื่อใช้เองภายในองค์กรหรือส่งออกให้แก่ผู้ใช้งานนอกขอบเขตองค์กร
   - การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากการใช้งานของอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรที่องค์กรเป็นเจ้าของ
2. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น
   - การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของ
3. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลและอื่นๆ (Fugitive emissions) ตัวอย่างเช่น
   - การรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในองค์กรออกสู่บรรยากาศภายนอก

ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Indirect Greenhouse Gas Emission) คือ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่ถูกนำเข้าจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ คือ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ นอกเหนือจากที่ระบุไว้ในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้สินค้าบริการ หรือการจ้างเหมาช่วง ตัวอย่างของกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่

1. การเดินทางของพนักงานเพื่อการประชุม สัมมนา และติดต่อธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับองค์กรด้วยระบบการขนส่งประเภทต่างๆ เช่น ยานพาหนะส่วนตัว
2. การเดินทางไป-กลับ จากที่พักถึงองค์กรเพื่อการทำงานของพนักงาน ด้วยยานพาหนะส่วนตัวหรือยานพาหนะที่ใช้ภายในองค์กร หรือระบบขนส่งสาธารณะ

2.2.1 วิธีการเก็บข้อมูลจากงานวิจัยในอดีต

Braham et al. (2007) ได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อวัดปริมาณ Carbon Footprint ในมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้วิธีการขอข้อมูลการใช้น้ำมันสำหรับยานพาหนะในมหาวิทยาลัยจากสำนักงานการจัดการความเสี่ยงที่ยานพาหนะในมหาวิทยาลัยได้ลงทะเบียนไว้ ณ ปีที่ได้ทำการสำรวจ หลังจากที่ได้ข้อมูลแล้วจึงแปลงเป็นระยะทางที่ยานพาหนะในมหาวิทยาลัยได้เดินทาง

Klein-Banai (2007) ทำการเก็บข้อมูลสำหรับการประเมิน Carbon Footprint ที่มหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ ชิคาโก้ ในส่วนของยานพาหนะของมหาวิทยาลัย ข้อมูลที่นำมาใช้นั้นเป็นข้อมูลการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับยานพาหนะที่ทางสถานีเติมน้ำมัน ในมหาวิทยาลัยเป็นผู้จัดหาให้ การเก็บข้อมูลประเภทนี้มีข้อดีคือเป็นข้อมูลที่เก็บและตรวจสอบได้ง่าย

Fahrni et al. (2008) ทำการสำรวจข้อมูลสำหรับการทำ Carbon Footprint ที่ UCL Environment Institute (UCLEI) มีวิธีการสำรวจโดยให้สมาชิกไปทำการสำรวจด้วยแบบสอบถามรายละเอียดการเดินทางตั้งแต่ต้นสัปดาห์ของการทำงาน ในตัวแบบสอบถามได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้ 1) การเดินทางที่เกิดเป็นกิจวัตรประจำวัน 2) การเดินทางที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียว ซึ่งในส่วนที่ 1 นั้นได้มีการแสดงรายละเอียดของตำแหน่งต้นทางและปลายทาง รูปแบบการเดินทาง ความถี่หรือจำนวนการเดินทาง หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ Google Map ช่วยในการประมาณระยะทาง

Tilley et al. (2009) ทำการเก็บข้อมูลที่มหาวิทยาลัย Maryland สำหรับการทำ Carbon Footprint โดยได้แบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

Chulalongkorn University

1) ข้อมูลการใช้น้ำมันของยานพาหนะของมหาวิทยาลัย โดยได้ขอข้อมูลในส่วนนี้จากสำนักงานการจัดการ/ควบคุมยานพาหนะและสถานีให้บริการเติมเชื้อเพลิง โดยที่หน่วยงานนี้จะมีการบันทึกการเติมเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะภายในมหาวิทยาลัยไว้

2) การเก็บข้อมูลการเดินทางของบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยโดยการใช้แบบสอบถามสำรวจพฤติกรรมการเดินทาง เช่นจำนวนคนที่โดยสาร การครอบครองยานพาหนะ ระยะทางของการเดินทาง ความถี่ในการเดินทาง เป็นต้น

Ozawa-Meida et al. (2011) ได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อตรวจวัดปริมาณ Carbon Footprint ที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัย De Montfort โดยได้แบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ ในส่วนแรกคือการเก็บข้อมูลการใช้น้ำมันของยานพาหนะของมหาวิทยาลัยโดยได้มีการขอข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันจากฝ่ายอสังหาริมทรัพย์ของมหาวิทยาลัย ในส่วนที่สองคือ การเก็บข้อมูลการเดินทางที่เกิดขึ้นเป็นประจำของสมาชิกภายในมหาวิทยาลัย ได้มีการทำการสำรวจโดยใช้แบบสอบถามออนไลน์เพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูล ในส่วนของแบบสอบถามนั้นได้มีการแบ่งคำถามออกเป็นประเด็นใหญ่ๆ ดังนี้

1. ประเภทบุคลากรของผู้ที่ตอบแบบสอบถาม (นักศึกษาหรือเจ้าหน้าที่)
2. ประเภทของการเดินทางที่ใช้เป็นประจำ
3. จุดเริ่มต้น / ปลายทาง ในมหาวิทยาลัย
4. ขนาดของเครื่องยนต์และประเภทของน้ำมันที่ใช้

2.3 กรณีศึกษาเกี่ยวกับการประเมิน Carbon Footprint ในสถานศึกษา

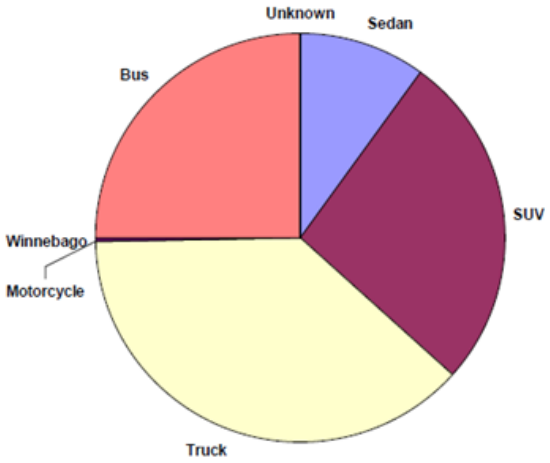
ในหัวข้อนี้ทางผู้วิจัยจะนำเสนอการทำ Carbon Footprint ของสถานศึกษาต่างๆ เพื่อสังเกตวิธีการวิเคราะห์และผลที่ประเมินออกมาได้ว่าในแต่ละกรณีศึกษามีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง

Braham et al. (2007) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Inventory / Carbon Footprint) ในพื้นที่หลักของมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนียในช่วงปี ค.ศ. 2005 – 2006 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ มาใช้ในการวางแผนพัฒนามหาวิทยาลัย

จากการสำรวจพบว่ามหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนียมียานพาหนะ 151 คันที่ลงทะเบียนไว้โดยแบ่งเป็น รถประจำทาง 15 คัน รถบรรทุก 50 คัน รถเอสยูวี 66 คัน รถซีดาน 15 คัน รถบ้าน (Motorhomes) 2 คัน รถจักรยานยนต์ 1 คัน รถที่ไม่สามารถใช้การได้ 2 คัน ในการประเมินในครั้งนี้ได้มีการตั้งข้อสมมติฐานเกี่ยวกับยานพาหนะที่กล่าวไว้ข้างต้นไว้ดังนี้ กลุ่มของยานพาหนะจะถูกแบ่งเป็นเครื่องยนต์ดีเซล 19% เครื่องยนต์เบนซิน 81% แต่สำหรับรถบรรทุกนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น

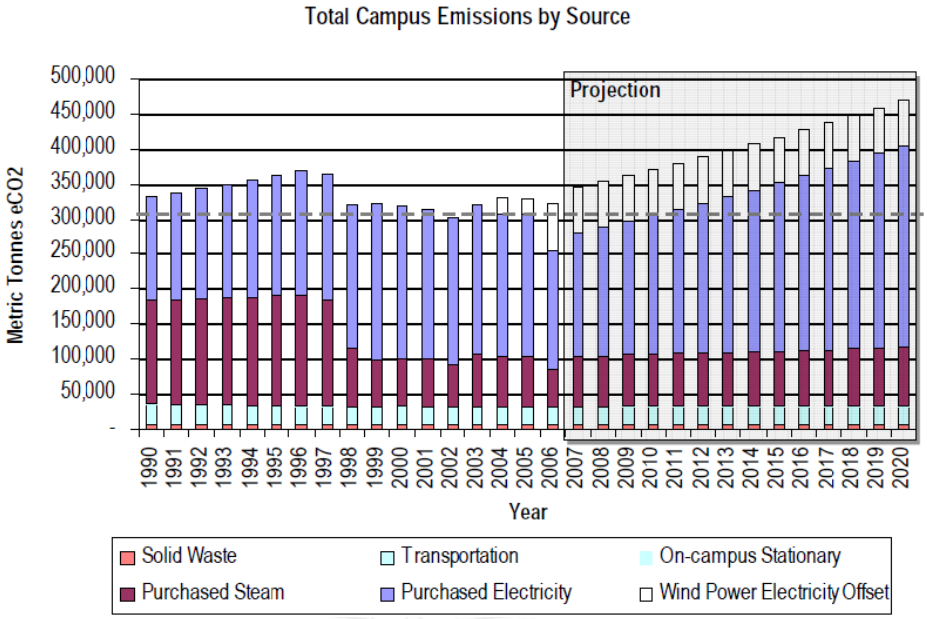
เครื่องยนต์ดีเซล 54% เครื่องยนต์เบนซิน 46% ซึ่งสามารถหาระยะทางที่ขับจากการประมาณน้ำมันที่ใช้มีการประมาณค่าเฉลี่ยของเครื่องยนต์เบนซินของรถประจำทางอยู่ที่ 6 – 8 ไมล์ / แกลลอน ค่าเฉลี่ยของเครื่องยนต์ดีเซลอยู่ที่ 12 ไมล์ / แกลลอน

ในการประเมินครั้งนี้ได้ใช้ Emission Factor จากรายงานของ The Clean Air/Cool Planet Campus Carbon Calculator to organize and calculate the emission factor ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน Carbon Footprint กันอย่างแพร่หลายในสถานศึกษา จากการวิเคราะห์เราจะพบว่ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในส่วนของระบบการขนส่งจากยานพาหนะประเภทรถบรรทุกเป็นอันดับ1 รองลงมาคือ รถเอสยูวี และรถประจำทางตามลำดับ ดังรูปที่ 2.1 และแบ่งตามประเภทของเชื้อเพลิงพบว่าการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเชื้อเพลิงประเภทดีเซลมากกว่าเบนซิน ซึ่งสัดส่วนการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากยานพาหนะของมหาวิทยาลัยคิดเป็น 0.2 % ของปริมาณการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดในมหาวิทยาลัยซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย จะประกอบไปจากหลายๆ ส่วนดังนี้ แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 สัดส่วนของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามประเภทของยานพาหนะ

ที่มา : Jaime Lee และคณะ (2007)



รูปที่ 2.2 สัดส่วนของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย
ที่มา : Jaime Lee และคณะ (2007)

Klein-Banai (2007) ได้ทำการศึกษาการวัด Carbon Footprint ที่มหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ มีการเก็บข้อมูลตามวิธีที่กล่าวไว้ข้างต้นในหัวข้อ 2.2 พบว่ายานพาหนะในหมาวิทยาลัยประกอบไปด้วย รถบรรทุก รถประจำทาง รถที่ใช้งานสำหรับภาคพื้นสนาม รถของสาขาวิชา รถตู้ และรถเช่า เป็นต้น ยานพาหนะใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และก๊าซ เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดย Campus Carbon Calculator V 5.0 prepare by Clean Air-Cool Planet (อ้างอิงจาก : Clean Air Cool Planet Campus Carbon Calculator User's Guild, CA-CP Calculator v5.0,2006) จะสามารถประมาณผลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งรวมถึงก๊าซทั้ง 6 ชนิดที่อยู่ในอนุสัญญาเกียวโต (CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6)

Fahrni et al. (2008) หลังจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือดังกล่าวพบว่าในปี 2005 เกิดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า จากส่วนของระบบการขนส่งโดยยานพาหนะของมหาวิทยาลัย 1,267 เมตริกตัน คิดเป็น 2.8 %จากส่วนของการขนส่งทั้งหมด คิดเป็น 0.56 % ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยและในปี 2006 มีปริมาณคาร์บอนไดอกไซด์เทียบเท่าจากส่วนของยานพาหนะของมหาวิทยาลัย 1,794 เมตริกตัน คิดเป็น 4.04 % จากส่วนของการขนส่งทั้งหมด คิดเป็น 0.72 % ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยแสดงดังตารางที่ 2.2 และตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดในมหาวิทยาลัยในช่วงปี ค.ศ.2005

Select Year	2005	Energy consumption	eCO_2	eCO_2
		MMBtu	short Tons	Metric Tons
Purchased Electricity		393,000	17,074	**15,490**
Stationary Sources		3,079,556	179,789	**163,105**
	Non Co-Gen	70,689	4,125	**3,743**
	Co-Gen Electric	3,001,659	175,243	**158,980**
	Co-Gen Stream	7,208	421	**382**
Transport Total		668,032	49,776	**45,157**
	University Fleet	18,334	1,397	**1,267**
	Student Commuters	326,876	23,130	**20,983**
	Faculty/Staff Commuters	322,822	25,249	**22,906**
Solid Waste		-	1,236	**1,121**
Total		**4,141,588**	**247,875**	**224,872**
Offsets			**(22)**	**(20)**
	Composting		**(22)**	**(20)**
Net Emissions			**247,853**	**224,852**

ที่มา : Klein – Banai C. (2007)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดในมหาวิทยาลัยในช่วงปี ค.ศ. 2006

Select Year	2006	Energy consumption	eCO_2	eCO_2
		MMBtu	short Tons	Metric Tons
Purchased Electricity		602,021	17,716	**16,072**
Stationary Sources		3,396,888	198,387	**179,977**
	Non Co-Gen	54,825	3,200	**2,903**
	Co-Gen Electric	3,334,440	194,742	**176,670**
	Co-Gen Stream	7,622	445	**404**
Transport Total		658,212	47,697	**43,271**
	University Fleet	25,813	1,928	**1,749**
	Student Commuters	310,716	20,894	**18,955**
	Faculty/Staff Commuters	321,684	24,875	**22,567**
Solid Waste		-	1,297	**1,177**
Total		**4,657,120**	**265,097**	**240,496**
Offsets			**(33)**	**(30)**
	Composting		**(33)**	**(30)**
	Forest Preservation		-	-
Net Emissions			**265,064**	**240,466**

ที่มา : Klein – Banai C. (2007)

Godard and Latty (2007) ได้ศึกษารายการบัญชีก๊าซเรือนกระจก (Carbon Footprint) ภายในมหาวิทยาลัย Hollins ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ. 2002/2003-2006/2007) โดยในช่วงปีการศึกษา ค.ศ. 2006/2007 ได้มีการเก็บข้อมูลเพื่อคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเดินทางเป็นประจำ เช่น การเดินทางไปเรียนหนังสือ การเดินทางไปทำงาน พบว่ามีการเดินทางจาก นักศึกษา 98 คน คณะอาจารย์ 86 คน เจ้าหน้าที่ 171 คน โดยผลวิเคราะห์ที่ได้จะตั้งอยู่บนสมมติฐานดังนี้

- นักศึกษาเดินทาง 3 เที่ยวการเดินทางต่อสัปดาห์ซึ่งจะได้การเดินทางทั้งหมด 78 เที่ยวการเดินทาง / คน / ปีการศึกษา
- อาจารย์เดินทางมามหาวิทยาลัย 175 วัน ต่อปี
- เจ้าหน้าที่เดินทางมามหาวิทยาลัย 240 วัน ต่อปี
- บุคคลที่กล่าวไว้ข้างต้นเดินทางโดยการขับรถเพียงอย่างเดียวและเกิดการเดินทางเพียง 1 เที่ยวการเดินทางต่อวัน
- ใช้ค่าเฉลี่ยอัตราการใช้เชื้อเพลิง 24.4 ไมล์ / แกลลอน สำหรับการเดินทางแต่ละคนและน้ำมันเบนซินแต่ละแกลลอนก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 20 ปอนด์

ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 2.4 จะพบว่ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น 564.3 ตัน คิดเป็น 3.1% ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด ซึ่งจะแสดงดังรูปที่ 2.3 สำหรับการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากยานพาหนะของมหาวิทยาลัยได้มีการคำนวณโดยใช้ Emission Factor ดังนี้ 20 ปอนด์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากน้ำมันเบนซิน 1 แกลลอน และ 22 ปอนด์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากน้ำมันดีเซล 1 แกลลอน พบว่ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 110 – 120 ตันคิดเป็น 0.65 – 0.70 % ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยทั้งหมดดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 การเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเดินทางของสมาชิกในมหาวิทยาลัย

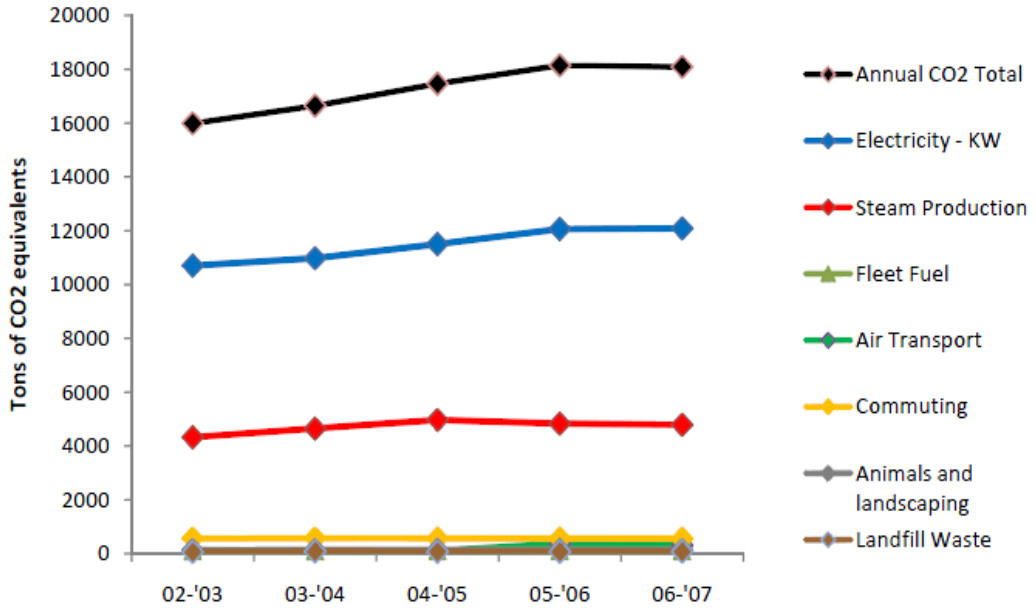
	Avg round trip	Total Round trip Mileage (# days)	Total Miles	Gallons Used (avg. 24.5 mpg)	TCDE	% of Carbon Footprint
Students	31.2	3060 (78 days)	238,680	9742	563.24	~3.1%
Faculty	16.6	1428 (175 days)	249,900	10200		
Staff	21.7	3714 (240 days)	891,360	36382		

ที่มา : Renee และ Erika (2007)

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากยานพาหนะของมหาวิทยาลัย

Academic Year	Gas (gallons)	Diesel (gallons)	MTCDE	% of Carbon Footprint
2002-2003	9942	1012	110.552	0.69
2003-2004	10640	645	113.495	0.68
2004-2005	10969	1271	123.671	0.71
2005-2006	10230	1649	120.439	0.66
2006-2007	10031	1745	119.505	0.66

ที่มา : Renee และ Erika (2007)



รูปที่ 2.3 สัดส่วนของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัย

ที่มา : Renee และ Erika (2007)

Fahrni et al. (2008) ได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการเดินทางในหลายๆ รูปแบบที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการใช้สถานการณ์จำลองของ University College London (UCL) เพื่อนำมาคำนวณว่าการเดินทางในรูปแบบต่างๆ นั้นส่งผลก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในปริมาณเท่าใด การเดินทางที่เกิดขึ้นนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่ออะไรและเสนอแนะแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

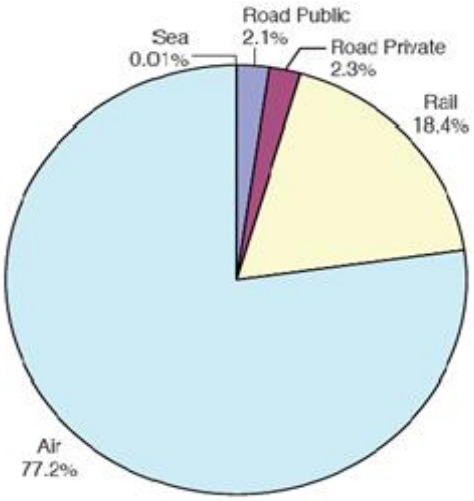
ผู้วิจัยสำรวจโดยให้สมาชิกทำการสำรวจแบบสอบถามรายละเอียดการเดินทางตั้งแต่ต้นสัปดาห์ของการทำงาน ในตัวแบบสอบถามได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้

- การเดินทางที่เกิดเป็นกิจวัตรประจำวัน
- การเดินทางที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียว

ซึ่งในส่วนที่ 1 นั้นได้มีการแสดงรายละเอียดของตำแหน่งต้นทางและปลายทาง รูปแบบการเดินทาง ความถี่หรือจำนวนเที่ยวของแต่ละการเดินทาง เมื่อได้ข้อมูลจากการสำรวจแล้วจะใช้ Carbon conversion factor ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากหน่วยงาน Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra) มาคำนวณในขั้นต่อไปโดยที่ค่า Carbon conversion factor นั้นจะบอกปริมาณคาร์บอนที่ปล่อยออกมาในหน่วย gCO_2/passenger/km โดยขึ้นอยู่กับประเภทของยานพาหนะที่ใช้

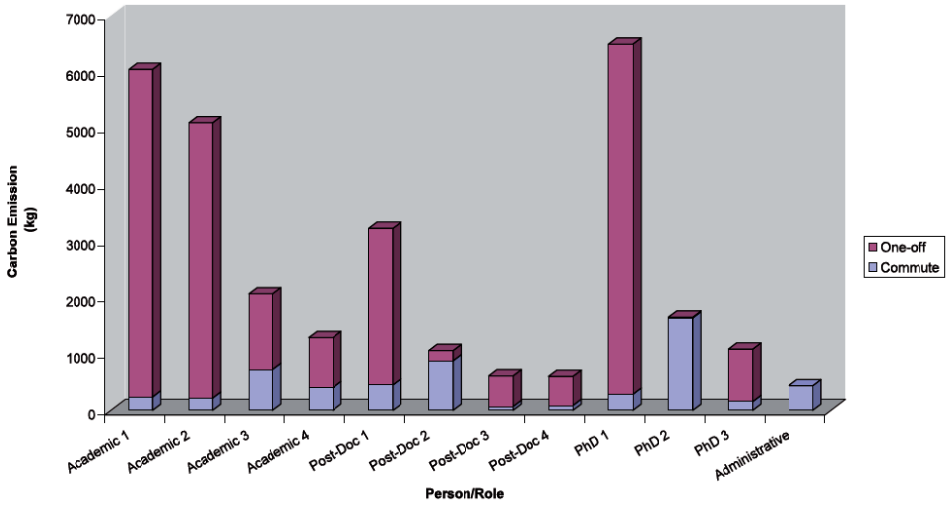
จากงานวิจัยในชิ้นนี้จะพบว่ามีการปล่อยก๊าซ CO_2 สำหรับ UCL ในปีค.ศ. 2007/2008 ทั้งสิ้น 29.64 ตัน ซึ่งมีการเดินทางทั้งสิ้น 231,700 กิโลเมตร และจะพบว่าการปล่อยก๊าซ CO_2 นั้นจะเกิดจากการเดินทางทางอากาศมากที่สุด รองลงมาด้วยการเดินทางโดยรถไฟ ดังรูปที่ 2.4

นอกจากนี้ยังพบว่า 81% การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นเกิดจากการเดินทางแบบไป-กลับแบบเที่ยวเดียวไม่ใช่การเดินทางที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกวันดังรูปที่ 2.5 งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทิ้งท้ายไว้เกี่ยวกับข้อเสนอของการทำ Carbon Offsetting คือการหักลบคาร์บอนที่ปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศโดยการตั้งกองทุน carbon offset fund เพื่อสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ



รูปที่ 2.4 สัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 ในแต่ละรูปแบบการเดินทาง

ที่มา : Laurence และคณะ (2008)



รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่เกิดจากการเดินทางแบบไป-กลับและการเดินทางที่เป็นกิจวัตร

ที่มา : Laurence และคณะ (2008)

Tilley et al. (2009) ทำการศึกษาวิจัย Carbon Footprint ที่มหาวิทยาลัย Maryland โดยเก็บข้อมูลจากวิธีที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2 มีการใช้แนวทางของ The WRI / WBCSD GHG Protocal ในการแบ่งขอบเขตและกำหนดประเภทของการทำ Carbon Footprint และมีการใช้แนวทางการคำนวณจาก Campus Carbon Calculator version 6.2, Clean Air-Cool Planet, New Hampshire, USA (อ้างอิง www.cleanair-coolplanet.org) ในการแปลงข้อมูลที่เก็บมาในตอนแรกให้ออกมาอยู่ในรูปของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2e) จากการวิเคราะห์พบว่ามีการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกี่ยวข้องกับด้านการขนส่ง 97,764 เมตริกตันของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งคิดเป็น 31% ของการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดในมหาวิทยาลัย สามารถแบ่งการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากระบบขนส่งออกเป็นประเภทดังนี้ (เมื่อละการพิจารณาการเดินทางทางอากาศ) ว่าการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่นั้นเกิดจากการเดินทางที่เกิดขึ้นเป็นปกติของนักศึกษา 27% รองลงมาคือการเดินทางที่เกิดขึ้นเป็นปกติของอาจารย์และเจ้าหน้าที่ 23% ยานพาหนะของมหาวิทยาลัย 5% ตามลำดับซึ่งจะแสดงดังรูปที่ 2.6 โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้ในครั้งนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานดังต่อไปนี้

สำหรับนักศึกษา

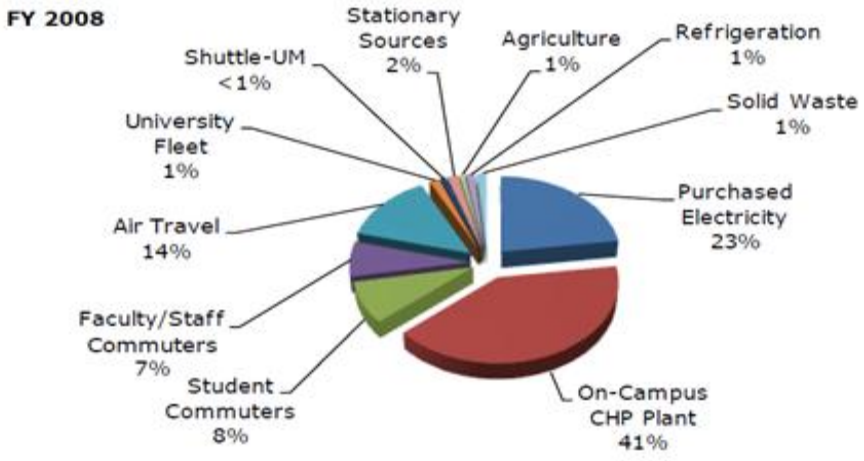
- เดินทางมามหาวิทยาลัย 160 วันต่อปี
- มีระยะทางเฉลี่ยต่อเที่ยว คือ 16.6 ไมล์
- ไม่มีการนั่งรถมาด้วยกัน (No Carpool)
- ไม่รวมการเดินทางในช่วงปิดเทอมฤดูร้อน
- จำนวนระยะทางทั้งหมดที่เดินทางใน 1 ปี = จำนวนนักศึกษา * 2 เที่ยวการเดินทาง/วัน * 16.6 ไมล์/เที่ยว * 160 วัน/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับอาจารย์และเจ้าหน้าที่

- 6 % ของจำนวนอาจารย์และเจ้าหน้าที่ทั้งหมดมีการนั่งรถมาด้วยกัน(2 คน/คัน)
- เดินทาง 215 วันต่อปี
- ระยะทางเฉลี่ย 15 ไมล์ สำหรับอาจารย์ และระยะทางเฉลี่ย 16.3 ไมล์ สำหรับเจ้าหน้าที่
- จำนวนระยะทางทั้งหมดที่เดินทาง = {[(จำนวนอาจารย์ทั้งหมด * % การขับรถมาคนเดียว)+ ((จำนวนอาจารย์ทั้งหมด * %การนั่งรถมาด้วยกัน)/2)] * 2 เที่ยวการเดินทาง/วัน * 15 ไมล์/เที่ยว * 215 วัน/ปี } + {[(จำนวนเจ้าหน้าที่ทั้งหมด * % การขับรถมาคนเดียว)+ ((จำนวนเจ้าหน้าที่ทั้งหมด * % การนั่งรถมาด้วยกัน)/2)] * 2 เที่ยวการเดินทาง/วัน * 16.3 ไมล์/เที่ยว * 215 วัน/ปี }

การศึกษากำหนดให้น้ำมัน 1 แกลลอนสามารถวิ่งได้ 22.1 ไมล์



รูปที่ 2.6 สัดส่วนของการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามประเภทต่างๆ

ที่มา : Tilley และคณะ (2009)

Ozawa-Meida et al. (2011) ได้ศึกษาวิธีการวัด Carbon Footprint ที่มหาลัยวิทยาลัย De Montfort เมือง Leicester จากการเก็บข้อมูลในช่วงปีการศึกษา 2008-2009 พบว่ามีจำนวนนักเรียนประมาณ 21,585 คน เจ้าหน้าที่ 3,995 คน โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1) ประเมินข้อมูลกิจกรรม/การใช้พลังงานในแต่ละส่วน

2) กำหนดการใช้ Emission Factor สำหรับแต่ละกิจกรรม

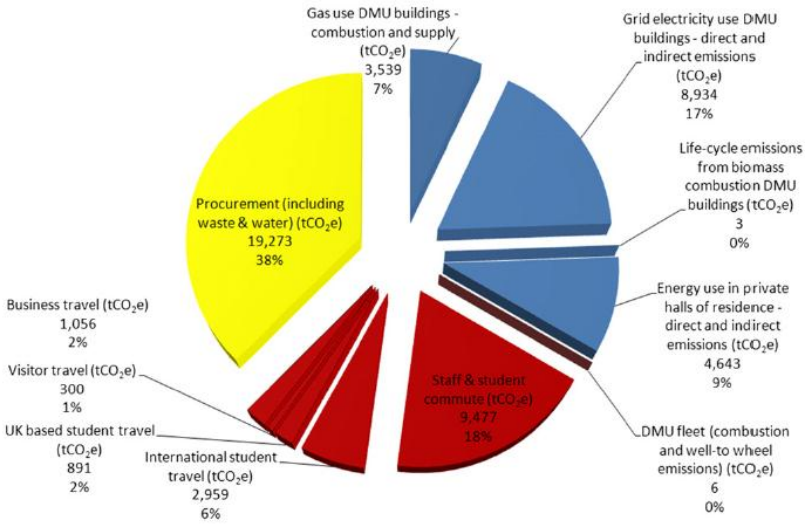
3) คำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากสมการ

GHG = Activity/Consumption data * Emission Factor

สำหรับ Emission Factor ที่ใช้ในการประเมินครั้งนี้ได้นำมาจาก Guidelines to Defra/DECC ’s Greenhouse Gas conversion Factor for Company Reporting (Defra/Decc, 2010) จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในส่วนของระบบการขนส่งนั้นอันดับ 1 เกิดจากการเดินทางที่เป็นกิจวัตรของนักศึกษาและเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นทั้งสิ้น 9,477 เมตริกตันของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็น 18% ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัย ผลการวิเคราะห์นี้เกิดขึ้นภายใต้สมมติฐานดังต่อไปนี้

- นักศึกษามามหาวิทยาลัย 31 สัปดาห์ต่อปี
- เจ้าหน้าที่มามหาวิทยาลัย 45 สัปดาห์ต่อปี
- นักศึกษานอกเวลาเกิดการเดินทางไป - กลับ 1 ครั้งต่อสัปดาห์

นอกจากนี้ยังมีการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากยานพาหนะของมหาวิทยาลัย 6 เมตริกตันของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็น 0.012% ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัย ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 สัดส่วนของการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามประเภทต่างๆ

ที่มา : Ozawa – Meida และคณะ (2011)

2.4 สรุปการทบทวนแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยในอดีต

จากการทบทวนเอกสารเกี่ยวกับการประเมิน Carbon Footprint ในสถานศึกษาสามารถที่จะสรุปเกี่ยวกับประเด็นสำคัญได้ดังต่อไปนี้

1. การทำการประเมิน Carbon Footprint นั้นควรที่จะต้องกำหนดขอบเขตของกรณีศึกษาให้ชัดเจนว่าขอบเขตของการทำวิจัยในแต่ละครั้งนั้นมุ่งเน้นที่ประเด็นใดเป็นหลักเพื่อให้สามารถวางแผนการเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การเลือกใช้ Emission Factor ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพและได้รับการยอมรับจาก องค์กร หน่วยงานในพื้นที่หรือประเทศนั้นๆ

3. เลือกใช้วิธีการเก็บข้อมูลให้เหมาะสมกับลักษณะพื้นที่และสภาพแวดล้อมของพื้นที่ศึกษา

บทที่ 3
วิธีการศึกษา

เนื้อหาของบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการศึกษางานวิจัย ทั้งขั้นตอนในการกำหนดขอบเขตและพื้นที่การศึกษา ขั้นตอนการสำรวจและรวบรวมข้อมูล และขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลรวมไปถึงการเสนอแนะแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนของการศึกษาวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอนประกอบด้วย

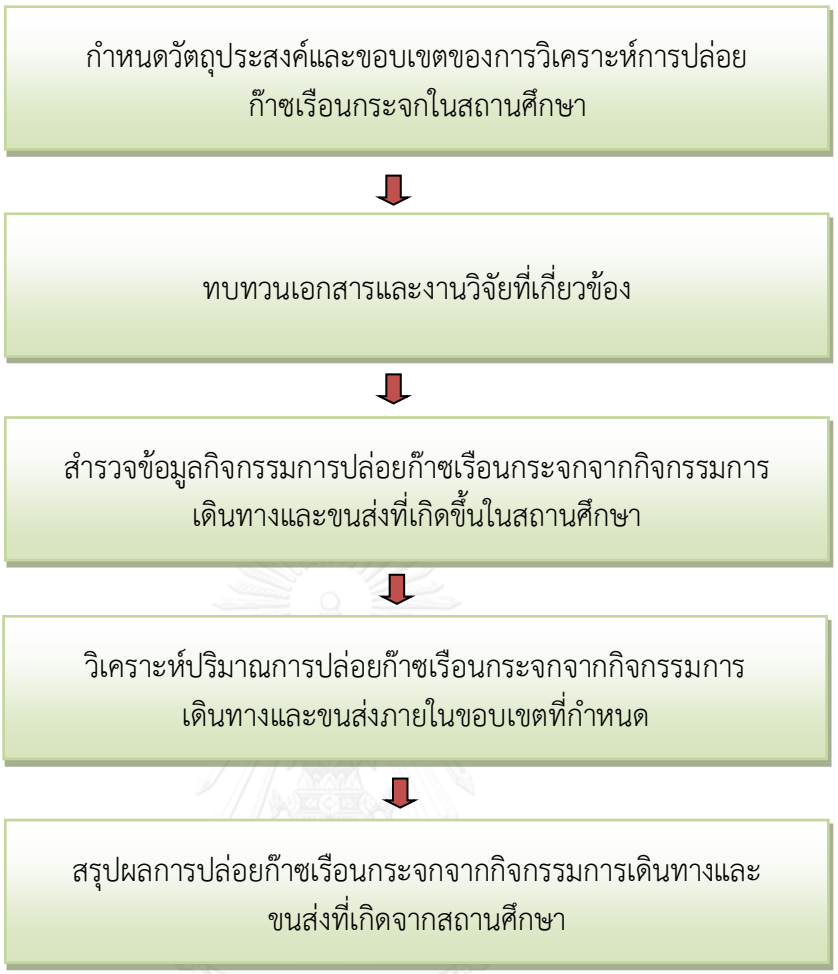
- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1
- ขั้นตอนที่ 2 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2
- ขั้นตอนที่ 3 สำรวจและรวบรวมข้อมูลของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ของการศึกษา
- ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ในส่วนของข้อมูลปฐมภูมิจากและข้อมูลทุติยภูมิ
- ขั้นตอนที่ 5 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยเพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในครั้งนี้ ได้มีการแบ่งขั้นตอนการศึกษาในการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ดังนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> เป็นขั้นตอนการดำเนินงานสำหรับการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยจะมีการพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะส่วนบุคคลของบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบุคคลทั่วไปที่ติดต่อธุระกับทางมหาวิทยาลัย รวมถึงยานพาหนะของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่มีไว้เพื่ออำนวยความสะดวกแก่บุคลากรของมหาวิทยาลัย โดยขอบเขตของการศึกษาในส่วนนี้จะพิจารณาจากพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเป็นหลัก

<u>ส่วนที่ 2</u> เป็นขั้นตอนการดำเนินงานสำหรับการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและสถานศึกษา โดยจะพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเดินทางของบุคลากรของมหาวิทยาลัยซึ่งประกอบไปด้วย อาจารย์ นิสิต และเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัย โดยการศึกษาในส่วนนี้จะเน้นการพิจารณาไปที่บุคลากรของมหาวิทยาลัยเป็นหลัก

ขั้นตอนการศึกษาวิจัยแสดงในรูปที่ 3.1 ในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดวิธีการศึกษาดังนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1 ขั้นตอนการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

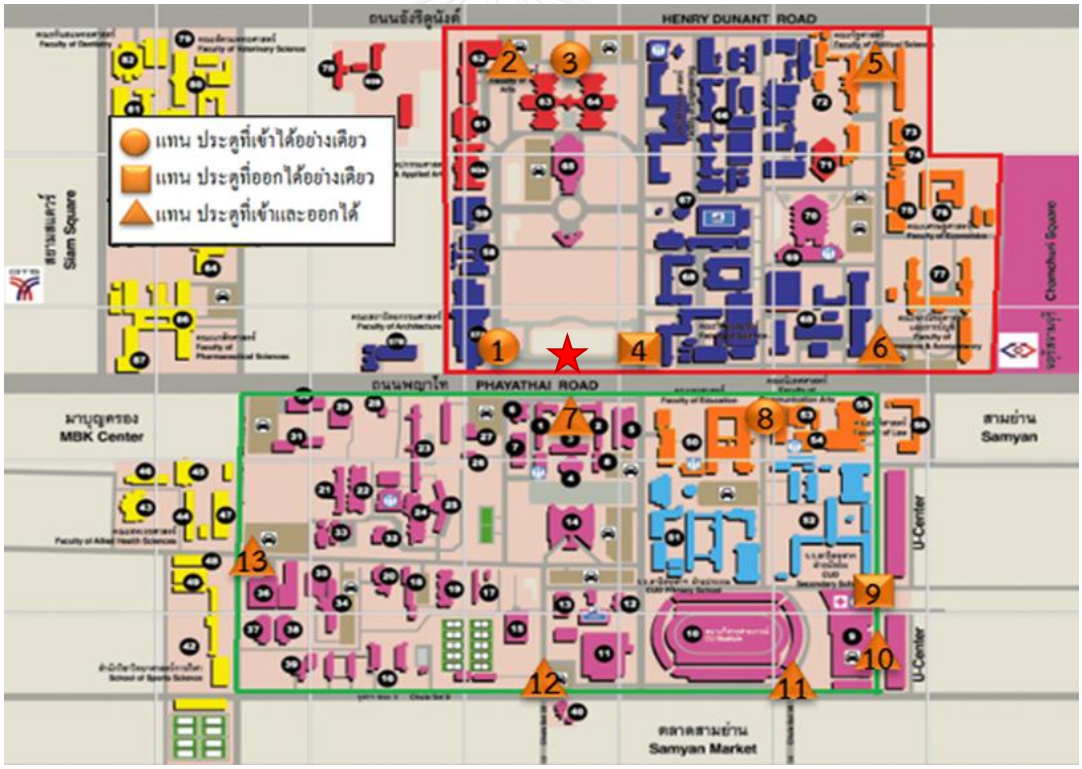
ในหัวข้อนี้จะเป็นการอธิบายขั้นตอนอย่างคร่าวๆ สำหรับการศึกษาในส่วนนี้ โดยจะรายละเอียดมีดังนี้

- ตรวจสอบสภาพพื้นที่เพื่อกำหนดขอบเขตและพื้นที่การศึกษา
- ออกแบบการสำรวจข้อมูล ลักษณะของข้อมูลและกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
- การทดลองสำรวจข้อมูล
- การสำรวจและรวบรวมข้อมูล
- แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนนั้นจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

3.2 ตรวจสอบสภาพพื้นที่เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่การศึกษา

การกำหนดพื้นที่การศึกษาสำหรับการทำ Carbon Footprint ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในครั้งนี้ ได้ใช้พื้นที่ที่เป็นส่วนหลักของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเว้นการพิจารณาในส่วนของคณะสหเวชศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ คณะทันตแพทย์ศาสตร์ คณะสัตวศาสตร์ เนื่องคณะเหล่านี้มีที่ตั้งอยู่นอกพื้นที่หลักของมหาวิทยาลัย ดังรูปที่ 3.2 โดยได้แบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ 1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งพระบรมรูปสองรัชกาล 2. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งสำนักทะเบียน โดยมีถนนพญาไทเป็นเส้นแบ่งคั่นกลางระหว่างสองฝั่งจากการสำรวจพบว่าในพื้นที่ส่วนที่ 1 นั้นมีประตูเข้า-ออกทั้งหมด 6 ประตู โดยใช้หมายเลข 1 – 6 แทนตำแหน่งในแต่ละประตู และพื้นที่ส่วนที่ 2 นั้นมีประตูเข้า-ออกทั้งหมด 7 ประตู โดยใช้หมายเลข 7 – 13 แทนตำแหน่งในแต่ละประตู เมื่อรวมประตูทั้งหมดในพื้นที่หลักของการศึกษาจะได้ทั้งสิ้น 13 ประตู โดยจะแบ่งประเภทได้ดังนี้



รูปที่ 3.2 พื้นที่การศึกษาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่มา : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ออนไลน์, 2556, www.chula.ac.th/about/visitor_map/

* หมายเหตุ : ประตูกลางจะถูกพิจารณารวมเป็นประตู 1 เนื่องจากมีเส้นทางการเดินรถมาบรรจบกัน

ตารางที่ 3.1 ตารางแบ่งประเภทของประตูในพื้นที่การศึกษา

ประเภทของประตู	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก	จำนวนประตูรวม
ประตูที่เข้าได้อย่างเดียว ( )	**2**	**1**	3
ประตูที่ออกได้อย่างเดียว ( )	**1**	**1**	2
ประตูที่เข้าและออกได้ ( )	**3**	**5**	8
จำนวนประตูรวม	6	7	13

การศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉพาะส่วนของการขนส่งซึ่งประกอบไปด้วย การเดินทางของบุคลากรต่างๆ ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเช่น การเดินทางของนิสิต อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ การเดินทางของบุคคลภายนอกที่เข้ามาติดต่อกับทางมหาวิทยาลัย การขนส่งวัสดุและสินค้า การเดินทางที่เกิดจากยานพาหนะของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเองเช่น การให้บริการรถน้ำ รถของคณะต่างๆ รถโดยสารภายในจุฬาฯ เป็นต้น

รูปที่ 3.3 ประตูทางเข้า-ออกพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก

(ประตู 3 และประตู 4 ตามลำดับ)

รูปที่ 3.4 ประตูทางเข้า-ออกพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก

(ประตู 8 และประตู 13 ตามลำดับ)

3.3 ออกแบบการสำรวจข้อมูล ลักษณะของข้อมูลและการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

3.3.1 การเดินทางของบุคคล

ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในส่วนนี้คือ ข้อมูลปฐมภูมิซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บจากภาคสนาม ข้อมูลประเภทนี้ได้แก่ ข้อมูลการเดินทางของบุคคลในจุฬาฯ ข้อมูลประเภทยานพาหนะ เป็นต้น

ในส่วนของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

1. ข้อมูลส่วนบุคคล
2. ข้อมูลการเดินทาง

ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการเดินทางในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยมีตัวอย่างดังนี้

ข้อมูลส่วนบุคคลและยานพาหนะ

- สถานะของบุคคล (อาจารย์ / นิสิต / เจ้าหน้าที่ / บุคคลทั่วไป)
- ประเภทยานพาหนะ (รถเก๋ง / รถตู้ / รถบัส / รถบรรทุก)
- ประเภทของเครื่องยนต์ (<1.5 L. / 1.5-1.6 L. / 1.8-2.0 L. / >2.0 L.)
- ประเภทของเชื้อเพลิง (เบนซิน / ดีเซล / ก๊าซ NGV)
- ฯลฯ

ข้อมูลการเดินทาง

- เวลาที่เดินทางมาถึงจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- จุดหมายปลายทางในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ฯลฯ

จากการสำรวจภาคสนามเบื้องต้นทำให้ผู้วิจัยสามารถที่จะสร้างตัวแปรและแนวทางการหาปริมาณการเดินทางได้จากตาราง OD – Matrix จากตารางที่ 3.2 โดยแบ่งตารางเป็นดังนี้

ตารางที่ 3.2 ตาราง OD-Matrix สำหรับพื้นที่การศึกษา

สำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก

O \ D	ประตู 1	ประตู 2	ประตู 3	ประตู 4	ประตู 5	ประตู 6
ประตู 1		T_{12}		T_{14}	T_{15}	T_{16}
ประตู 2						
ประตู 3		T_{32}		T_{34}	T_{35}	T_{36}
ประตู 4						
ประตู 5		T_{52}		T_{54}	T_{55}	T_{56}
ประตู 6		T_{62}		T_{64}	T_{65}	T_{66}

สำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก

O \ D	ประตู 7	ประตู 8	ประตู 9	ประตู10	ประตู11	ประตู12	ประตู13
ประตู 7	T_{77}		T_{79}	T_{710}	T_{711}	T_{712}	T_{713}
ประตู 8	T_{87}		T_{89}	T_{810}	T_{811}	T_{812}	T_{813}
ประตู 9							
ประตู 10	T_{107}		T_{109}	T_{1010}	T_{1011}	T_{1012}	T_{1013}
ประตู 11	T_{117}		T_{119}	T_{1110}	T_{1111}	T_{1112}	T_{1113}
ประตู 12	T_{127}		T_{129}	T_{1210}	T_{1211}	T_{1212}	T_{1213}
ประตู 13	T_{137}		T_{1313}	T_{1310}	T_{1311}	T_{1312}	T_{1313}

จากนั้นจึงได้มีการนำข้อมูลที่ต้องการมาใช้ในการออกแบบแบบสอบถาม แสดงดังรูปที่ 3.5

โครงการวิจัยประเมิน Carbon Footprint ที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่ง

แบบสอบถามการเดินทางภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล..... ลำดับที่..... เวลา.....

1) สถานะบุคคล : ☐ อาจารย์ ☐ นิสิต ☐ เจ้าหน้าที่ ☐ บุคคลทั่วไป

2) วัตถุประสงค์ : ☐ เรียน ☐ ทำงาน ☐ ติดต่อมหาวิทยาลัย

3) ประเภทยานพาหนะ : ☐ รถเก๋ง ☐ รถตู้ ☐ รถบัส ☐ รถบรรทุก

4) ประเภทของเชื้อเพลิง : ☐ เบนซิน ☐ ดีเซล ☐ ก๊าซ NGV ☐ ก๊าซ LPG

5) ประเภทของเครื่องยนต์ : ☐ <1.5 L. ☐ 1.5-1.6 L. ☐ 1.8-2.0 L. ☐ >2.0 L.

6) จุดหมายปลายทาง.....

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างแบบสอบถาม

3.3.2 การเดินทางของยานพาหนะของมหาวิทยาลัย

ข้อมูลในส่วนนี้จะเป็นข้อมูลทุติยภูมิซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการขอจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งมีฐานข้อมูลในส่วนที่ต้องการ ข้อมูลประเภทนี้ได้แก่ ข้อมูลการเดินทางของยานพาหนะของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ข้อมูลการเดินทางของรถโดยสารของจุฬาฯ (รถปอ.พ) เป็นต้น

3.4 การทดลองสำรวจข้อมูล

เมื่อได้มีการออกแบบแบบสอบถามเสร็จจึงได้มีการทดลองสำรวจข้อมูลในขั้นตอนเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสอบถามว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ โดยได้มีการวางแผนในการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของทั้งสองฝั่งของพื้นที่การศึกษา โดยในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก ได้มีการทดลองสำรวจแบบสอบถามบริเวณประตู 1 ในช่วงเช้า สำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก ได้มีการทดลองสำรวจแบบสอบถามบริเวณประตู 7 ในช่วงเย็น เพื่อดูว่าการเก็บแบบสอบถามจะเหมาะสมกับสภาพพื้นที่หรือไม่

3.5 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้ได้แบ่งพื้นที่ของการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนดังหัวข้อที่ 3.1 และได้แบ่งข้อมูลของการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนดังที่กล่าวมาในหัวข้อที่ 3.2 สำหรับข้อมูลปฐมภูมิจะมีการ

สำรวจข้อมูลการเดินทางของบุคคลในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งจะใช้วิธีการทางภาคสนามโดยแบ่งออกเป็น 2 วิธีซึ่งประยุกต์ตามข้อจำกัดของพื้นที่การศึกษาในแต่ละส่วนซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูลสำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก

พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก (ฝั่งพระบรมรูปสองรัชกาล) จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าในพื้นที่การศึกษานี้มีประตูเข้า-ออกทั้งสิ้น 6 ประตูแบ่งประเภทตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.1 โดยที่แต่ละประตูของพื้นที่การศึกษานี้จะมีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยของทางจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยประจำอยู่บริเวณประตูทางเข้า-ออกทำให้สามารถใช้วิธีการสัมภาษณ์ได้ การเก็บข้อมูลสำหรับพื้นที่ฝั่งนี้จะแบ่งออกเป็นสองส่วนดังนี้ ในส่วนของข้อมูลส่วนบุคคลทางผู้วิจัยจะสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามบริเวณใกล้ๆ ประตูทางเข้า-ออก โดยจะให้มีผู้สัมภาษณ์แบบสอบถาม 1 คนต่อประตูทางเข้า-ออก เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนทางผู้วิจัยวางแผนให้มีการสัมภาษณ์ตั้งแต่ช่วงเวลา 6.30 - 18.30 น. โดยจะมีการแบ่งผู้สัมภาษณ์ออกเป็น 2 ชุดคือตั้งแต่ช่วงเวลา 6.30 - 12.00 น. และช่วงเวลา 12.00 – 18.30 น. การเก็บข้อมูลในส่วนนี้จะใช้ผู้สัมภาษณ์ประมาณ 12 คน

สำหรับข้อมูลการเดินทางของผู้ที่เข้ามาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยนั้นผู้วิจัยได้แนวคิดการเก็บข้อมูลโดยใช้ประโยชน์จากเจ้าหน้ารักษาความปลอดภัยที่ประจำจุดต่างๆ บริเวณทางเข้า-ออก จะใช้ตาราง OD – Matrix มาประยุกต์โดยการขอความร่วมมือจากทางจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในการแจกบัตรไปพร้อมกับบัตรเข้าออกสำหรับยานพาหนะที่เข้ามาในมหาวิทยาลัย ซึ่งบัตรนี้จะมีลักษณะสีที่แตกต่างกันตามประตูที่เข้ามา ความแตกต่างกันของบัตรจะสามารถทำให้ผู้วิจัยสามารถทราบถึงข้อมูลการเดินทางใน 1 วันของบุคคลต่างๆ ที่สัญจรเข้ามาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้ว่ามีการเข้ามายังประตูใดและได้เดินทางออกจากมหาวิทยาลัยทางประตู ในกรณีที่ไม่สามารถใช้การแจกบัตรสีในการเก็บข้อมูลการเดินทางได้จะใช้การสำรวจโดยการนับรถแทนโดยจะให้มีผู้สำรวจเก็บข้อมูลจำนวนรถเข้า-ออกที่แต่ละประตูจำนวน1คนต่อประตูต่อช่วงเวลาโดยแบ่งช่วงเวลาเดียวกับการกำหนดข้างต้น วิธีนี้จะทำให้มีผู้สำรวจเก็บข้อมูลในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออกเพิ่มขึ้นเป็นทั้งหมด 26 คน โดยจะนำข้อมูลที่ได้ไปใส่ในตารางที่ 3.2 เพื่อนำไปวิเคราะห์ในหัวข้อ 3.6

3.5.2 การสำรวจและรวบรวมข้อมูลสำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก

พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก (ฝั่งสำนักทะเบียน) จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าในพื้นที่การศึกษานี้มีประตูเข้า-ออกทั้งสิ้น 7 ประตูแบ่งประเภทตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.1 แต่เนื่องจากพื้นที่การศึกษานี้ไม่มีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยประจำจุดตรงประตูทางเข้า-ออก จึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดการเก็บข้อมูลโดยใช้การนับรถเข้าออก ควบคู่ไปกับการสัมภาษณ์ทั้งในส่วนของข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลการเดินทาง โดยจะให้มีผู้นับรถประจำจุดแต่ละประตูทางเข้า-ออกจุดละ 1 คนต่อประตูต่อช่วงเวลา โดยใช้การแบ่งช่วงเวลาแบบเดียวกับพื้นที่การศึกษาที่ 1 และในส่วนของ

ข้อมูลส่วนบุคคลจะใช้การสัมภาษณ์เฉพาะบริเวณประตูเข้า-ออกหมายเลข 7 ในช่วงสัญญาณไฟจราจรสีแดงเพื่อป้องกันไม่ให้การเก็บข้อมูลในครั้งส่งผลกระทบต่อการจราจรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยดังนั้นการเก็บข้อมูลในพื้นที่นี้จะใช้ผู้สัมภาษณ์ประมาณ 16 คน

จากการประเมินในข้างต้นการเก็บข้อมูลภาคสนามในครั้งนี้จะต้องใช้ผู้สัมภาษณ์จำนวนทั้งสิ้นประมาณ 30-44 คน โดยจะแสดงรายละเอียดการเก็บข้อมูลภาคสนาม ในตารางที่ 3.3 และ 3.4

รูปที่ 3.6 จุดแจกบัตรบริเวณประตูทางเข้า-ออกพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก

รูปที่ 3.7 ประตูทางเข้า-ออกพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก

ในส่วนของข้อมูลทุติยภูมิจะใช้วิธีการขอข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ได้มีการทำฐานข้อมูลไว้ เช่น ข้อมูลการเดินทางของรถปอ.พ ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ข้อมูลการเดินทางของรถอื่นๆ เช่น รถน้ำ รถขนส่งสินค้า เป็นต้น และข้อมูลการใช้พลังงานในการขนส่ง

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดการเก็บข้อมูลภาคสนามพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก

พื้นที่การศึกษา	หมายเลขประตู	วิธีการเก็บข้อมูล	ช่วงเวลา	จำนวนคน / ประตู / ช่วงเวลา	จำนวนคน / ประตู
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก	1	วิธีที่ 1 การแจกบัตรสีและการสัมภาษณ์ (วิธีที่ 2 การนับรถและการสัมภาษณ์)	6.30-18.30น.	1	2
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดการเก็บข้อมูลภาคสนามพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก

พื้นที่การศึกษา	หมายเลขประตู	วิธีการเก็บข้อมูล	ช่วงเวลา	จำนวนคน / ประตู / ช่วงเวลา	จำนวนคน / ประตู
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก	7	การนับรถ และการสัมภาษณ์ (เฉพาะประตูหมายเลข 7)	6.30-18.30น.	1 (2 คนเฉพาะประตูหมายเลข 7)	2
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6 แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ทางผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและรวบรวมจากหัวข้อ 3.5 มาวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่การศึกษา โดยจะแบ่งส่วนการวิเคราะห์ออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก

3.6.1.1 การวิเคราะห์หาปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่การศึกษา

การวิเคราะห์ในส่วนนี้ทางผู้วิจัยจะวิเคราะห์จากข้อมูลการเดินทางที่เก็บอยู่ในรูปของตาราง OD – Matrix ซึ่งตาราง OD – Matrix นี้จะแสดงข้อมูลการเดินทางในส่วน

ของต้นทางและปลายทางของประตูต่างๆ ในพื้นที่การศึกษาซึ่งจะสามารถคำนวณหาปริมาณการเดินทางได้ดังสมการที่ 3.1

ผลรวมปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้น $= (\sum_{i=1}^{6} IN_i)$ หรือ $(\sum_{j=1}^{6} OUT_j)$ (3.1)

โดยที่ $\sum_{i=1}^{6} IN_i$ คือ ผลรวมปริมาณการเดินทางจากต้นทางของแต่ละประตูในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก

$\sum_{j=1}^{6} OUT_j$ คือ ผลรวมปริมาณการเดินทางที่ปลายทางของแต่ละประตูในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก

ในกรณีที่ผลรวมของปริมาณการเดินทางของต้นทางและปลายทางมีค่าไม่เท่ากันนั้นจะต้องมีการปรับแก้โดยทางผู้วิจัยนั้นจะใช้การเฉลี่ยข้อมูลปริมาณการเดินทางของประตูขาเข้าและประตูขาออก โดยจะมีการปรับแก้ดังสมการที่ 3.2

สูตรปรับแก้ปริมาณการเดินทางสำหรับพื้นที่ฝั่งตะวันออก

ปริมาณการเดินทางสำหรับแต่ละเส้นทาง $= T_{ij} * \frac{\frac{1}{2}\left(\sum IN_i + \sum OUT_j\right)}{\sum OUT_j}$ (3.2)

โดยที่ $\sum IN_i$ คือ ผลรวมปริมาณการเดินทางจากต้นทางของทุกประตูในแต่ละพื้นที่การศึกษาที่มีการปรับแก้

$\sum OUT_j$ คือ ผลรวมปริมาณการเดินทางที่ปลายทางของทุกประตูในแต่ละพื้นที่การศึกษาที่มีการปรับแก้

T_{ij} คือ จำนวนปริมาณการเดินทางที่ต้องการปรับแก้

ซึ่งจะมีตารางประกอบการคำนวณดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.5 OD - Matrix พื้นที่การศึกษาสำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก

OUT / IN	ประตู 1	ประตู 2	ประตู 3	ประตู 4	ประตู 5	ประตู 6	$\sum_{n=1}^{6} O_i$
ประตู 1		T_{12}		T_{14}	T_{15}	T_{16}	$\sum O_1$
ประตู 2							
ประตู 3		T_{32}		T_{34}	T_{35}	T_{36}	$\sum O_3$
ประตู 4							
ประตู 5		T_{52}		T_{54}	T_{55}	T_{56}	$\sum O_5$
ประตู 6		T_{62}		T_{64}	T_{65}	T_{66}	$\sum O_6$
$\sum_{n=1}^{6} D_j$		$\sum D_2$		$\sum D_4$	$\sum D_5$	$\sum D_6$	

3.6.1.2 การวิเคราะห์ระยะทางการเดินทางภายในพื้นที่การศึกษา

การวิเคราะห์ในส่วนนี้จะวิเคราะห์เพื่อหาถึงระยะทางการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่การศึกษาโดยจะมีสมมติฐานดังนี้

- พิจารณาระยะทางของการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่การศึกษาเท่านั้น
- ระยะของการเดินทางที่เกิดขึ้นนั้นเป็นระยะทางที่สั้นที่สุดสำหรับแต่ละเที่ยวการเดินทาง (Shortest Path)

จากสมมติฐานดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์หาระยะทางการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่การศึกษาได้จากแผนที่ภูมิศาสตร์ทางอิเล็กทรอนิกส์ (Google Earth) ระยะทางที่ได้มาจะแสดงในรูปของตาราง OD – Matrix ซึ่งอ้างอิงมาจากหัวข้อ 3.2 จากการวิเคราะห์ในหัวข้อข้างต้นทางผู้วิจัยสามารถนำปริมาณเที่ยวการเดินทางที่เกิดขึ้นมาคูณกับระยะของแต่ละเส้นทาง ผู้วิจัยจะได้ข้อมูลที่แปลงให้อยู่ในรูปของ Activity data ได้ซึ่งจะอยู่ในรูปของ VKT (Vehicle Kilometers of Travel) หรือระยะทางการเดินทาง

ตารางที่ 3.6 OD – Matrix แสดงระยะของเที่ยวการเดินทางในแต่ละพื้นที่การศึกษา สำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก (หน่วย เมตร)

OUT / IN	ประตู 1	ประตู 2	ประตู 3	ประตู 4	ประตู 5	ประตู 6
ประตู 1		530	600	750	1000	1100
ประตู 2						
ประตู 3		850	915	590	885	905
ประตู 4						
ประตู 5		1050	1100	825	1950	515
ประตู 6		1120	1180	875	525	1810

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก

3.6.2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่การศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ทางผู้วิจัยจะวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการเดินทางที่เข้า-ออกในแต่ละประตูเพื่อแปลงข้อมูลนั้นในอยู่ในรูปของตาราง OD-Matrix โดยจะใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Matrix Estimation และใช้ข้อมูลการสำรวจปริมาณการเดินทางบนช่วงถนน (Mid-Block) ระหว่าง Node เพื่อนำมา Calibrate แบบจำลองการประมาณปริมาณการเดินทางดังสมการที่ 3.3

$$T_{ij} = a_i b_i t_{ij} \Pi_k X_k^{R_{ijk}} \qquad (3.3)$$

โดยที่ T_{ij} คือ จำนวนปริมาณการเดินทาง

t_{ij} คือ ปริมาณการเดินทางระหว่าง Node i และ Node j

R_{ijk} คือ ความน่าจะเป็นของการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และ j และอยู่ในขอบเขตพื้นที่ k

Π_k คือ ผลคูณของตัวแปร X_k ทั้งหมดภายในขอบเขตพื้นที่ k

a_i, b_i, X_k คือ ตัวแปรของแบบจำลอง

ผลวิเคราะห์จากแบบจำลองการประมาณปริมาณการเดินทางให้ออกมาอยู่ในรูปของตาราง OD-Matrix จะแสดงดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 OD - Matrix พื้นที่การศึกษาสำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก

OUT / IN	ประตู 7	ประตู 8	ประตู 9	ประตู 10	ประตู 11	ประตู 12	ประตู 13
ประตู 7	T_{78}		T_{79}	T_{710}	T_{711}	T_{712}	T_{713}
ประตู 8	T_{88}		T_{89}	T_{810}	T_{811}	T_{812}	T_{813}
ประตู 9							
ประตู 10	T_{108}		T_{109}	T_{1010}	T_{1011}	T_{1012}	T_{1013}
ประตู 11	T_{118}		T_{119}	T_{1110}	T_{1111}	T_{1112}	T_{1113}
ประตู 12	T_{128}		T_{129}	T_{1210}	T_{1211}	T_{1212}	T_{1213}
ประตู 13	T_{138}		T_{139}	T_{1310}	T_{1311}	T_{1312}	T_{1313}

3.6.2.2 การวิเคราะห์ระยะทางการเดินทางภายในพื้นที่การศึกษา

การวิเคราะห์ในส่วนนี้จะใช้วิธีการและสมมติฐานจากหัวข้อ 3.5.1.2 เมื่อผ่านการวิเคราะห์ภายใต้สมมติฐานดังกล่าวจะทำให้สามารถวิเคราะห์ผลของระยะทางสำหรับพื้นการศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก ได้ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 OD – Matrix แสดงระยะของเที่ยวการเดินทางในแต่ละพื้นที่การศึกษา
สำหรับพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก (หน่วย เมตร)

OUT / IN	ประตู 7	ประตู 8	ประตู 9	ประตู 10	ประตู 11	ประตู 12	ประตู 13
ประตู 7	1280		705	830	780	740	1270
ประตู 8	1425		455	580	530	915	1240
ประตู 9							
ประตู 10	1060		1750	1860	140	540	1045
ประตู 11	910		1590	1730	1650	400	910
ประตู 12	590		1280	1415	1345	1740	590
ประตู 13	680		1340	1475	1420	1390	1895

3.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงหลักการของการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ โดยข้อมูลทุติยภูมิที่ทางผู้วิจัยพิจารณาได้แก่ ข้อมูลการเดินทางของรถปอ.พ ข้อมูลการเดินทางของรถสาธารณูปโภคต่างๆ ของสถานศึกษา ฯลฯ การวิเคราะห์ในส่วนนี้จะนำข้อมูลการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในรูปแบบต่างๆ ของ

ยานพาหนะมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณพลังงานเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ใช้สำหรับยานพาหนะของสถานศึกษา เมื่อทราบถึงปริมาณพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ทางผู้วิจัยจะนำข้อมูลการใช้พลังงานนี้ไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3.6.4 การสร้างสมมติฐานสำหรับการเดินทางภายในพื้นที่การศึกษา

จากผลของการวิเคราะห์ในหัวข้อ 3.6.1 – 3.6.3 ทางผู้วิจัยสามารถสร้างสมมติฐานของการเดินทางและการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของยานพาหนะของสถานศึกษาใน 1 วัน เพื่อเป็นตัวแทนของปริมาณการเดินทางและการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของยานพาหนะที่เกิดขึ้นใน 1 ปี โดยจะมีสมมติฐานเบื้องต้นดังนี้

- จำนวนวันที่ใช้จะพิจารณาจากจำนวนวันที่มหาวิทยาลัยเปิดทำการใน 1 ปี โดยใน 1 สัปดาห์มหาวิทยาลัยจะเปิดทำการ 6 วันต่อสัปดาห์ แล้วหักลบด้วยจำนวนวันหยุดนักขัตฤกษ์ตามประกาศทางราชการ

3.6.5 การวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น

การวิเคราะห์ในครั้งนี้จะมีหลักการเบื้องต้นสำหรับการหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นดังสมการที่ 2.1

$$\text{Total } CO_2 = \text{Activity/Consumption data} * \text{Emission factor}$$

โดยที่ Total CO_2 คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นที่แสดงในรูปของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามีหน่วยเป็นตัน

Activity/Consumption data คือ ข้อมูลการทำกิจกรรม หรือข้อมูลการบริโภคพลังงานซึ่งหน่วยของข้อมูลนี้ขึ้นอยู่กับค่า Emission factor ที่เรานำมาใช้ ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ Activity/Consumption data ได้จากการแปลงระยะทางที่ยานพาหนะวิ่งให้อยู่ในรูปของปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยใช้อัตราการการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของแต่ละประเภทที่ได้จากกรมควบคุมมลพิษ (2551) ซึ่งเป็นหน่วยงานภาครัฐที่ได้รับการยอมรับดังสมการที่ 3.5

$$\text{Activity/Consumption data} = \text{ระยะทางของรถแต่ละประเภท} * \text{อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิงแต่ละประเภท} \quad (3.5)$$

Emission factor คือ ค่า factor ที่ใช้คูณเพื่อแปลงข้อมูลที่มีอยู่ให้ออกมาอยู่ในรูปของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยปกติค่า Emission factor นั้นจะเลือกใช้ค่าที่ได้รับการยอมรับจากองค์กร หน่วยงาน หรือส่วนราชการในพื้นที่นั้นๆ

Activity/Consumption data ต่างๆ ที่ทางผู้วิจัยนำมาใช้สามารถวิเคราะห์ได้จากหัวข้อที่กล่าวมาข้างต้น สำหรับค่า Emission factor ที่ทางผู้วิจัยนำมาเลือกใช้ได้คัดเลือกมาจาก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (Thailand Greenhouse Gas Management Organization) ซึ่งเป็นหน่วยงานราชการที่มีค่าน่าเชื่อถือและรับการยอมรับภายในประเทศ ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการนำค่า Emission factor จากหน่วยงานนี้มาใช้ในการหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นภายในประเทศ หลังจากนั้นทางผู้วิจัยจะนำข้อมูลต่างๆ มาวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากระบบการขนส่งในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หลังจากการวิเคราะห์จะนำผลที่ได้มาตรวจสอบดูว่ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากส่วนต่างๆ ในปริมาณเท่าใด เพื่อเสนอแนะแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าว

3.7 ขั้นตอนการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและสถานศึกษาของบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในหัวข้อนี้จะเป็นการอธิบายขั้นตอนอย่างคร่าวๆ สำหรับการศึกษาในส่วนที่ 2 โดยจะรายละเอียดมีดังนี้

- สำรวจข้อมูลบุคลากรจุฬาเพื่อกำหนดขอบเขตและกลุ่มเป้าหมาย
- ออกแบบการสำรวจข้อมูล ลักษณะของข้อมูลและกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
- การสำรวจและรวบรวมข้อมูล
- แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนนั้นจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.8 สำรวจข้อมูลบุคลากรเพื่อกำหนดขอบเขตและกลุ่มเป้าหมาย

การสำรวจข้อมูลในส่วนนี้จะเป็นการสำรวจข้อมูลของบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อกำหนดขอบเขตและสัดส่วนของกลุ่มเป้าหมายที่จะทำการสำรวจเพื่อเป็นตัวแทนของบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการวิเคราะห์พฤติกรรมและรูปแบบการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและสถานศึกษา โดยจะทำการสำรวจข้อมูลจากหน่วยงานที่ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเหล่านี้ไว้

3.9 ออกแบบการสำรวจข้อมูล ลักษณะของข้อมูลและการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

3.9.1 ข้อมูลบุคลากร

ลักษณะของข้อมูลในส่วนนี้จะเป็นข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งจะต้องทำการเก็บภาคสนามเพื่อมาใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์พฤติกรรมและรูปแบบการเดินทางของบุคลากร ข้อมูลประเภทนี้ได้แก่ ข้อมูลสถานะบุคคล ข้อมูลการเดินทาง ฯลฯ

ในส่วนของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

1. ข้อมูลส่วนบุคคล
2. ข้อมูลการเดินทาง

ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการเดินทางในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยมีตัวอย่างดังนี้

ข้อมูลส่วนบุคคลและยานพาหนะส่วนบุคคล

- สถานะของบุคคล (อาจารย์ / นิสิต / เจ้าหน้าที่)
- ประเภทยานพาหนะ (รถเก๋ง)
- ประเภทของเครื่องยนต์ (<1.5 L. / 1.5-1.6 L. / 1.8-2.0 L. / >2.0 L.)
- ประเภทของเชื้อเพลิง (เบนซิน / ดีเซล / ก๊าซ NGV)
- ฯลฯ

ข้อมูลการเดินทาง

- จำนวนครั้งที่เดินทางมาถึงจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยใน 1 สัปดาห์
- รูปแบบการเดินทางที่ใช้มายังจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ระยะทางสำหรับแต่ละรูปแบบการเดินทาง
- ฯลฯ

งานวิจัยการประเมิน Carbon Footprint ที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่ง

แบบสอบถามการเดินทางจากที่พักมายังจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล.....)

1 . สถานะ : ☐ อาจารย์ / เจ้าหน้าที่ ☐ นิสิต ป.ตรี (ชั้นปี.....) ☐ นิสิต ป.โท / ป.เอก คณะ.....

2 . ความถี่การเดินทางจากที่พักมายังมหาวิทยาลัย(วัน/สัปดาห์) .....วัน / ระยะจากที่พักถึงมหาวิทยาลัย ประมาณ ..... กม.

3 . ลำดับรูปแบบการเดินทางที่เลือกใช้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) [ระยะทางการเดินทางแต่ละรูปแบบ]

☐ รถส่วนตัว (นั่งมา.....คน/เชื้อเพลิง...../ขนาดเครื่องยนต์.....ลิตร/ระยะทาง.....กม.)

☐ รถประจำทาง [.....] ☐ รถตู้ [.....] ☐ รถแท็กซี่ [.....] ☐ สามล้อ[.....]

☐ รถไฟฟ้า(BTS) [ต้นทาง.....ปลายทาง.....] ☐ รถไฟใต้ดิน(MRT) [ต้นทาง.....ปลายทาง.....]

☐ รถปอ.พ (รถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย) ☐ มอเตอร์ไซค์ [.....] ☐ สองแถว[.....] ☐ อื่นๆ (.....)

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างแบบสอบถาม

3.10 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

การสำรวจและรวบรวมข้อมูลในส่วนนี้จะใช้การเก็บแบบสอบถามแบบสุ่มโดยการสัมภาษณ์ ซึ่งจะแบ่งกลุ่มอย่างตามสัดส่วนจำนวนบุคลากรในแต่ละกลุ่ม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกับพฤติกรรมการเดินทางของบุคลากร จะมีการแบ่งการเก็บแบบสอบถามทั้งสองฝั่งพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเพื่อให้ครอบคลุมกับกลุ่มบุคลากรทั้งมหาวิทยาลัย ในส่วนของข้อมูลอัตราการใช้พลังงานของพาหนะในรูปแบบการเดินทางต่างๆ ที่นอกเหนือจากข้อมูลยานพาหนะในการศึกษาส่วนแรกจะใช้การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานต่างๆ ที่ทำหน้าที่ดูแลหรือเกี่ยวข้องกับการให้บริการรูปแบบการเดินทางนั้นๆ

3.11 แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล

แนวทางการวิเคราะห์ในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักดังนี้

1. การวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางซึ่งการวิเคราะห์ในส่วนนี้จะมีการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลต่างๆ แบ่งตามประเภทบุคลากร เช่น จำนวนวันที่เดินทางมายังสถานศึกษาใน 1 สัปดาห์ ระยะทางการเดินทางในแต่ละรูปแบบการเดินทาง ฯลฯ เพื่อนำไปคำนวณต่อในส่วนของ Activity Data ในสมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2. การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เดียวกับหัวข้อ 3.6.5 เพื่อหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและสถานศึกษาของบุคลากรใน 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นจึงนำปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังกล่าว มาคูณกับจำนวนสัปดาห์ตามสมมุติฐานซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดของการวิเคราะห์ทั้ง 2 ส่วนในบทถัดไป

Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการสำรวจข้อมูลในพื้นที่การศึกษา

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงผลจากการสำรวจข้อมูลปฐมภูมิจากกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบสอบถาม และข้อมูลทุติยภูมิโดยการสำรวจรวบรวมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งทางผู้วิจัยจะแบ่งการนำเสนอข้อมูลในบทนี้ออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ ส่วนที่1 ผลจากการสำรวจเพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ส่วนที่2 ผลจากการสำรวจเพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การแสดงผลของข้อมูลในแต่ละส่วนการศึกษาจะแบ่งผลออกเป็น 2 ประเภทคือ ผลจากการสำรวจข้อมูลปฐมภูมิ และผลจากการสำรวจข้อมูลทุติยภูมิ โดยจะมีรายละเอียดของข้อมูลดังนี้

4.1 ผลจากการสำรวจข้อมูลปฐมภูมิเพื่อการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่

4.1.1. ข้อมูลปริมาณการเดินทางในพื้นที่การศึกษา

4.1.1.1 ผลการสำรวจข้อมูลปริมาณการเดินทางในพื้นที่ฝั่งตะวันออก

จากการสำรวจปริมาณการเดินทางพบว่ามีปริมาณรถเข้า-ออกในพื้นที่จำนวน 23,327 คันเดินทางเข้ามาในพื้นที่ผ่านประตูสถาปัตย์มากที่สุดจำนวน 6,588 คัน รองลงมาได้แก่ประตูอักษรขาเข้าจำนวน 2,519 คัน ปริมาณรถที่ออกจากพื้นที่ผ่านทางประตูอักษรขาออกมากที่สุดจำนวน 4,204 คัน รองลงมาได้แก่ประตูวิทยาศาสตร์จำนวน 3,899 คัน แสดงผลได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการเดินทางในพื้นที่ฝั่งตะวันออก

จุดเก็บข้อมูล	จำนวนรถเข้า	จำนวนรถออก
ประตูสถาปัตย์ (1)	6,588	-
ประตูอักษรขาออก (2)	-	4,204
ประตูอักษรขาเข้า (3)	2,519	-
ประตูวิทยาศาสตร์ (4)	-	3,899
ประตูรัฐศาสตร์ (5)	1,518	1,397
ประตูบัญชี (6)	1,949	1,253
รวม	12,574	10,753

หมายเหตุ : จำนวนรถในที่นี้คือจำนวนรถที่เดินทางเข้า-ออกพื้นที่การศึกษาทั้งหมดใน 1 วันซึ่งประกอบด้วยรถที่รับบัตรและไม่ได้รับบัตร ข้อมูล ณ วันที่ 5 สิงหาคม 2556 รวบรวมข้อมูลตั้งแต่ 6.00 – 18.00 น.

จากการเก็บข้อมูลพบว่ามีปริมาณการเดินทางในพื้นที่จากต้นทางไปยังปลายทางโดยใช้เส้นทางประตูสถาปัตย์-ประตูอักษรขาออก มากที่สุดรองลงมาได้แก่เส้นทางประตูอักษรขาเข้า-ประตูวิทยาศาสตร์ จะแสดงปริมาณการเดินทางจากต้นทางและปลายทางในแต่ละเส้นทางดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณการเดินทางจากต้นทางไปยังปลายทางแต่ละเส้นทางในพื้นที่ฝั่งตะวันออก

IN \ OUT	ประตู 1	ประตู 2	ประตู 3	ประตู 4	ประตู 5	ประตู 6	รวม
ประตู 1		4,027		1,134	287	212	5,660
ประตู 2							
ประตู 3		169		1,819	157	127	2,272
ประตู 4							
ประตู 5		4		477	236	506	1,223
ประตู 6		4		469	717	408	1,598
รวม		4,204		3,899	1,379	1,253	

หมายเหตุ : จำนวนรถในที่นี้คือจำนวนรถที่เดินทางเข้า-ออกพื้นที่การศึกษาทั้งหมดใน 1 วันซึ่งประกอบด้วยรถที่รับบัตร

ผลจากการสำรวจเบื้องต้นจะพบว่าปริมาณรถเข้า-ออกที่สำรวจนั้นจะมีปริมาณไม่เท่ากัน เนื่องมาจากปริมาณรถขาเข้านั้นจะมีจำนวนรถที่เกิดจากรถที่รับบัตรและไม่รับบัตร และการตกค้างของรถที่จอดในมหาวิทยาลัยนอกเหนือช่วงเวลาการเก็บข้อมูล โดยจะมีการปรับแก้ปริมาณการเดินทางเพื่อให้ปริมาณการเดินทางทั้งขาเข้าและขาออกมีปริมาณเท่ากัน ทางผู้วิจัยเลือกที่จะปรับแก้ปริมาณการเดินทางโดยยึดจำนวนรถขาออกเป็นหลัก เนื่องด้วยจำนวนรถขาออกนั้นเป็นปริมาณการเดินทางที่ผู้วิจัยทราบสัดส่วนจำนวนการเดินทางจากต้นทางไปยังปลายทางสำหรับแต่ละเส้นทาง ลดความคลาดเคลื่อนจากปริมาณรถที่ไม่รับบัตรและการตกค้างของรถที่จอดค้างคืนภายในมหาวิทยาลัย โดยการปรับแก้จะใช้วิธีการคำนวณดังสมการที่ 3.2

สูตรปรับแก้ปริมาณการเดินทางสำหรับพื้นที่ฝั่งตะวันออก

$$\text{ปริมาณการเดินทางสำหรับแต่ละเส้นทาง} = T_{ij} * \frac{\frac{1}{2}\left(\sum IN_i + \sum OUT_j\right)}{\sum OUT_j}$$

โดยที่ $\sum IN_i$ คือ ผลรวมปริมาณการเดินทางจากต้นทางของทุกประตูในแต่ละพื้นที่การศึกษาที่มีการปรับแก้

$\sum OUT_j$ คือ ผลรวมปริมาณการเดินทางที่ปลายทางของทุกประตูในแต่ละพื้นที่การศึกษาที่มีการปรับแก้

T_{ij} คือ จำนวนปริมาณการเดินทางที่ต้องการปรับแก้

หลังจากการปรับแก้จะแสดงปริมาณการเดินทางจากต้นทางไปยังปลายทางได้ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ปริมาณการเดินทางจากต้นทางไปยังปลายทางแต่ละเส้นทางในพื้นที่ฝั่งตะวันออกหลังจากการปรับแก้

IN \ OUT	ประตู 1	ประตู 2	ประตู 3	ประตู 4	ประตู 5	ประตู 6	รวม
ประตู 1		4,368		1,230	311	230	6,139
ประตู 2							
ประตู 3		183		1,973	170	138	2,464
ประตู 4							
ประตู 5		4		517	256	549	1,326
ประตู 6		4		509	778	443	1,734
รวม		4,559		4,229	1,515	1,360	11,663

เนื่องจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีที่ตั้งอยู่บริเวณแหล่งชุมชนและย่านธุรกิจจึงส่งผลให้มียานพาหนะภายนอกที่เข้ามาใช้พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นทางผ่านเพื่อหลีกเลี่ยงการจราจรที่ติดขัด ทำให้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณยานพาหนะที่ใช้พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นทางผ่าน จากการเก็บข้อมูลพบว่าสัดส่วนเส้นทางเข้า-ออกที่มีการใช้เป็นทางผ่านมากที่สุดคือเส้นทางประตูรัฐศาสตร์-ประตูบัญชี รองลงมาได้แก่เส้นทางประตูสถาปัตย์-ประตูอักษรขาออก แสดงผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการเดินทางที่ใช้พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออกเป็นทางผ่าน

ประตูเข้า	ประตูออก	จำนวนรถเข้า	จำนวนรถออก	จำนวนรถที่ผ่าน	ร้อยละจำนวนรถที่ผ่านใน 1 ชม.
สถาปัตย์ (1)	อักษร (2)	991	325	245	25%
บัญชี (6)	รัฐศาสตร์ (5)	199	251	38	19%
รัฐศาสตร์ (5)	บัญชี (6)	173	230	64	37%

หมายเหตุ : จำนวนรถในที่นี้คือจำนวนรถที่ใช้จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นทางผ่าน ข้อมูล ณ วันที่ 14 สิงหาคม 2556 รวบรวมข้อมูลตั้งแต่ 7.00 – 8.00 น.

4.1.1.2 ผลการสำรวจข้อมูลปริมาณการเดินทางในพื้นที่ฝั่งตะวันตก

จากการสำรวจปริมาณการเดินทางพบว่ามีปริมาณรถเข้า-ออกในพื้นที่จำนวน 20,431 คันปริมาณรถเข้ามาในพื้นที่ผ่านประตูครุศาสตร์-จามจุรี 5 มากที่สุดจำนวน 3,803 คันรองลงมาได้แก่ประตูธรรมสถานจำนวน 2,773 คัน ปริมาณรถออกจากพื้นที่ผ่านประตูประตูครุศาสตร์-จามจุรี 5 มากที่สุดจำนวน 2,832 คัน รองลงมาได้แก่ประตูสาธิตฯมัธยมจำนวน 2,469 คัน แสดงผลได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณการเดินทางในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก

จุดเก็บข้อมูล	จำนวนรถเข้า	จำนวนรถออก
ประตูครุศาสตร์-จามจุรี 5 (7)	3,803	2,832
ประตูนิเทศศาสตร์-ครุศาสตร์ (8)	1,805	-
ประตูสาธิตฯมัธยม (9)	-	2,469
ประตูจามจุรี 9 (10)	556	336
ประตูตลาดสามย่าน (11)	754	1,374
ประตูธรรมสถาน (12)	2,773	1,552
ประตูศศินทร์ (13)	1,053	1,065
รวม	10,749	9,682

หมายเหตุ : จำนวนรถในที่นี้คือจำนวนรถที่เดินทางเข้า-ออกพื้นที่การศึกษาทั้งหมดใน 1 วัน ข้อมูล ณ วันที่ 7 สิงหาคม 2556 รวบรวมข้อมูลตั้งแต่ 6.00 – 18.00 น.

เมื่อนำข้อมูลข้างต้นมารวมกับข้อมูลการสำรวจการจราจรบนช่วงถนน (Mid-block Count) ผ่านการวิเคราะห์ปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นจากโปรแกรม CUBE โดยตัวโปรแกรม CUBE จะทำการประมาณการปริมาณ OD จากข้อมูลการเดินทางเข้าออกในพื้นที่การศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก และปริมาณการสำรวจการจราจรบนช่วงถนน (Mid-Block Count) รวมถึงระยะทางที่ใช้ในการเดินทางระหว่างเส้นทางในแต่ละ Node เพื่อนำมาวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการเดินทางแบบ Shortest Path และประมาณปริมาณการเดินทางโดยใช้แบบจำลองการเดินทางจากสมการที่ 4.1

$$T_{ij} = a_i b_i t_{ij} \Pi_k X_k^{R_{ijk}} \quad (4.1)$$

โดยที่ T_{ij} คือ จำนวนปริมาณการเดินทาง

t_{ij} คือ ปริมาณการเดินทางระหว่าง Node i และ Node j

R_{ijk} คือ ความน่าจะเป็นของการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และ j และอยู่ภายในขอบเขตพื้นที่ k

Π_k คือ ผลคูณของตัวแปร X_k ทั้งหมดภายในขอบเขตพื้นที่ k

a_i, b_i, X_k คือ ตัวแปรของแบบจำลอง

ซึ่งเป็นโปรแกรมจะวิเคราะห์หาผลลัพธ์เกี่ยวกับปริมาณการจราจรต่างๆ แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการปรับแก้แบบจำลองด้วยวิธี Growth Factor Method (Fratar Method) ดังสมการที่ 4.2

$$T_{ij} = (t_i G_i) \frac{t_{ij} G_i}{\sum_x t_{ix} G_x} \qquad (4.2)$$

โดยที่ T_{ij} คือ จำนวนปริมาณการเดินทางจากพื้นที่ i ไปพื้นที่ j

t_i คือ ปริมาณการเดินทางปัจจุบันในพื้นที่ i

G_x คือ สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตในพื้นที่ x

$t_i G_i$ คือ ปริมาณการเดินทางในอนาคต ในพื้นที่ i

t_{ix} คือ ปริมาณการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่อื่นๆ ในพื้นที่ x

t_{ij} คือ ปริมาณการเดินทางในปัจจุบันระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่ j

G_j คือ สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตในพื้นที่ j

จากการปรับแก้แบบจำลองปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นในพื้นที่พบว่ามีการใช้เส้นทางเข้า-ออกจากประตูครุศาสตร์-จามจุรี 5 ไปยังประตูธรรมสถานมากที่สุด รองลงมาได้แก่เส้นทางประตูธรรมสถานไปยังประตูครุศาสตร์-จามจุรี 5แสดงปริมาณการเดินทางเส้นทางอื่นๆ ดังตารางที่ 4.6

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.6 OD - Matrix พื้นที่การศึกษาสำหรับพื้นที่ฝั่งตะวันตก

IN \ OUT	ประตู7	ประตู8	ประตู9	ประตู10	ประตู11	ประตู12	ประตู13	รวม
ประตู 7	0		914	130	533	1,192	1,034	**3,803**
ประตู 8	804		530	76	309	46	40	**1,805**
ประตู 9								
ประตู 10	292		121	0	111	17	15	**556**
ประตู 11	477		197	27	0	29	24	**754**
ประตู 12	1,576		648	91	380	0	77	**2,773**
ประตู 13	8		345	50	200	450	0	**1,053**
รวม	**3,157**		**2,755**	**375**	**1,533**	**1,734**	**1,190**	**10,744**

4.1.2 ข้อมูลส่วนบุคคล

จากการเก็บข้อมูลปริมาณการเดินทางทั้งสองพื้นที่การศึกษา ทางผู้วิจัยจึงได้ใช้ปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นทั้งหมดเป็นประชากร และหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้เป็นตัวแทนของประชากร โดยใช้วิธี Yamane (1976) คำนวณหาจำนวนตัวอย่าง โดยจะพิจารณาสูตรคำนวณภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ค่าความคาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่างร้อยละ 5 และมีขนาดของประชากรคือจำนวนรถที่เดินทางเข้า-ออกในพื้นที่การศึกษาจากการสำรวจใน 1 วันจำนวน 43,404 คัน โดยจะต้องใช้จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง 396 ตัวอย่าง ซึ่งสามารถแสดงการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างได้จากสมการที่ 4.3

$$n=\frac{N}{1+Ne^2}=\frac{43,404}{1+(43,404*0.05^2)}=396 \quad (4.3)$$

โดยที่ n = ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้

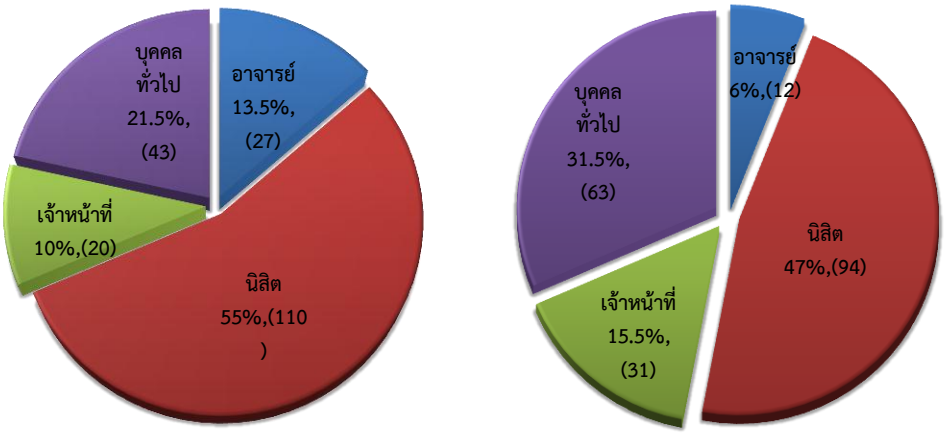
N = จำนวนประชากรที่ทราบค่า ณ ที่นี้คือ จำนวนรถที่เดินทางเข้า-ออกในพื้นที่การศึกษาจากการสำรวจใน 1 วันจำนวน 43,404 คัน

e = ค่าความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง

จากการคำนวณดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยเลือกที่จะทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวนทั้งสิ้น 400 ตัวอย่างโดยจะแบ่งการเก็บข้อมูลพื้นที่การศึกษาละ 200 ตัวอย่าง จะแสดงผลของการเก็บข้อมูลเป็นหัวข้อต่อไปนี้

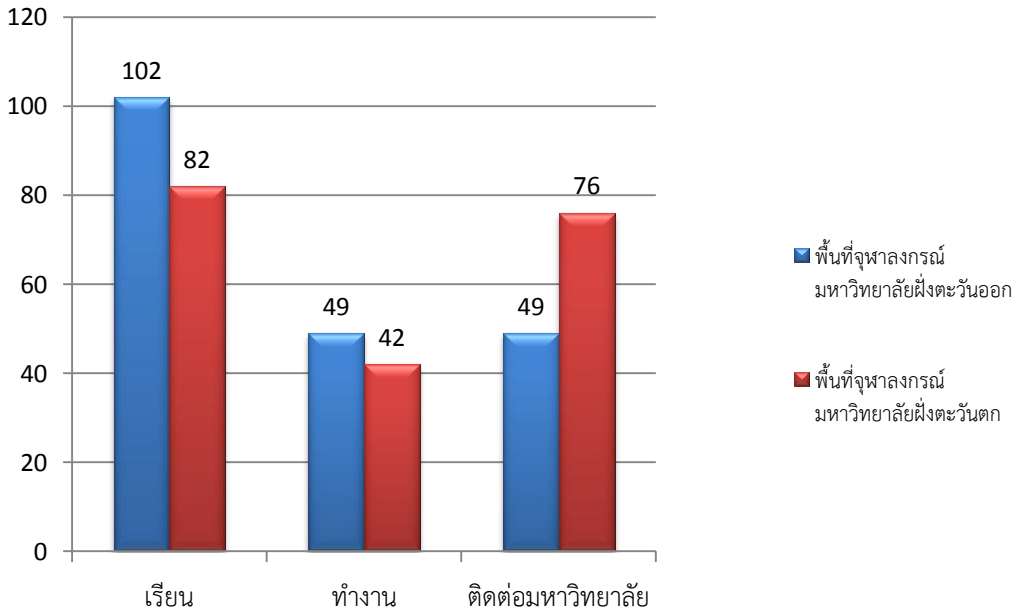
4.1.2.1 ข้อมูลตัวบุคคล

สำหรับข้อมูลในส่วนนี้จะเป็นการแสดงข้อมูลของตัวบุคคลในด้านสถานภาพของบุคคลและวัตถุประสงค์ของการเดินทางมายังมหาวิทยาลัย จากการเก็บข้อมูลพบว่ากลุ่มบุคคลที่ใช้รถยนต์ส่วนบุคคลส่วนใหญ่ได้แก่ นิสิตและบุคคลทั่วไปตามลำดับทั้งสองฝั่งพื้นที่การศึกษา วัตถุประสงค์สำหรับการเดินทางมายังมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่ได้แก่ การเดินทางมาเรียนและติดต่อมหาวิทยาลัย ตามลำดับทั้งสองฝั่งพื้นที่การศึกษาแสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ



ก) พื้นที่ฝั่งตะวันออก ข) พื้นที่ฝั่งตะวันตก

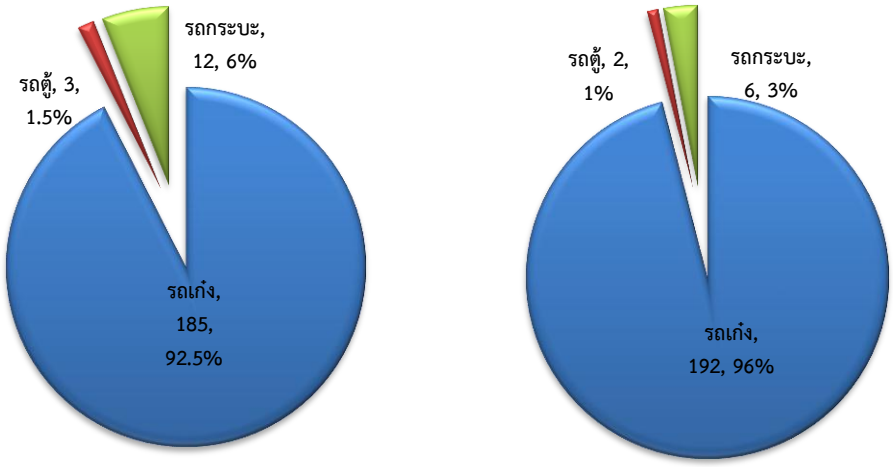
รูปที่ 4.1 สัดส่วนสถานภาพบุคคลในแต่ละพื้นที่การศึกษา



รูปที่ 4.2 วัตถุประสงค์ในการเดินทางมายังพื้นที่การศึกษา

4.1.2.2 ข้อมูลยานพาหนะ

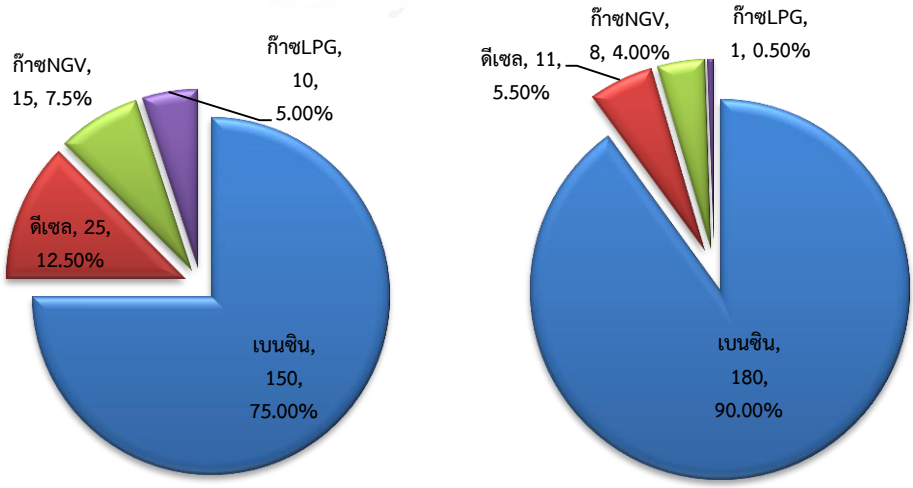
ข้อมูลนี้จะเป็นการแสดงผลเกี่ยวกับข้อมูลยานพาหนะที่สำรวจมาโดยพบว่าประเภทยานพาหนะส่วนใหญ่ที่ใช้คือ รถยนต์ส่วนบุคคลและรถกระบะตามลำดับทั้งสองฝั่งพื้นที่การศึกษาแสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.3



ก) พื้นที่ฝั่งตะวันออก ข) พื้นที่ฝั่งตะวันตก

รูปที่ 4.3 ประเภทยานพาหนะในแต่ละพื้นที่การศึกษา

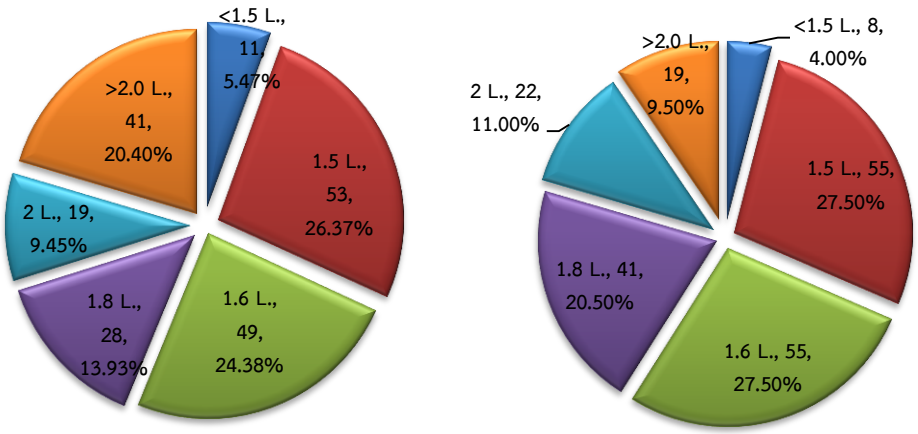
สำหรับสัดส่วนประเภทเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ที่ใช้ในพื้นที่ฝั่งตะวันออกได้แก่ เบนซิน ดีเซลและก๊าซNGV ตามลำดับ สัดส่วนประเภทเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ที่ใช้ในพื้นที่ฝั่งตะวันตกได้แก่ เบนซิน ก๊าซNGVและดีเซล ตามลำดับแสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.4



ก) พื้นที่ฝั่งตะวันออก ข) พื้นที่ฝั่งตะวันตก

รูปที่ 4.4 ประเภทเชื้อเพลิงในแต่ละพื้นที่การศึกษา

สำหรับสัดส่วนขนาดเครื่องยนต์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในพื้นที่ฝั่งตะวันออกได้แก่ขนาด 1.5 L. ขนาด 1.6 L. และขนาดใหญ่กว่า 2.0 L. ตามลำดับ สัดส่วนขนาดเครื่องยนต์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในพื้นที่ฝั่งตะวันออกได้แก่ขนาด 1.5 L. ขนาด 1.6 L. มีสัดส่วนการใช้ที่เท่ากันและขนาด 1.8 L. ตามลำดับแสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.5



ก) พื้นที่ฝั่งตะวันออก ข) พื้นที่ฝั่งตะวันตก

รูปที่ 4.5 ประเภทเครื่องยนต์ในแต่ละพื้นที่การศึกษา

4.2 ผลจากการสำรวจข้อมูลทุติยภูมิเพื่อการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่

การสำรวจข้อมูลทุติยภูมิจะใช้การสำรวจรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นข้อมูลรถที่ให้บริการภายในมหาวิทยาลัยซึ่งได้แก่ รถโดยสารภายในจุฬาฯ (CU Shuttle Bus) รถน้ำ และรถเก็บขยะ

4.2.1 ข้อมูลรถโดยสารภายในจุฬาฯ (CU Shuttle Bus)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีรถโดยสารให้บริการรับ-ส่งนิสิต บุคลากรและผู้ที่มาติดต่อมหาวิทยาลัยในบริเวณพื้นที่มหาวิทยาลัยที่รู้จักกันในชื่อ “รถปอ.พ” โดยจะมีรายละเอียดการให้บริการรถโดยสารดังนี้

4.2.1.1 ระยะทางและความถี่ในการให้บริการ

รถโดยสารปอ.พ นั้นจะมีการให้บริการทั้งสิ้น 4 เส้นทางโดยในแต่ละเส้นทางจะมีรายละเอียดเส้นทางและความถี่ในการให้บริการดังแสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.7 เส้นทาง ระยะทางและความถี่ในการให้บริการของรถโดยสารภายในจุฬาฯ

สาย	ต้นทาง-ปลายทาง	ระยะทางทั้งหมด (กม.)	ระยะทางในขอบเขตการศึกษา (กม.)	ความถี่ในการให้บริการ (รอบต่อคันต่อวัน)
1	ศาลาพระเกี้ยว – สยาม	4.5	1.2	20
2	ศาลาพระเกี้ยว – BTS สนามกีฬาฯ	7	4.24	13
3	ศาลาพระเกี้ยว – คณะแพทย์ – จุฬาฯ ใหญ่	3.2	2.56	22
4	ศาลาพระเกี้ยว – สยาม – สามย่าน	7	1.91	15

ที่มา : บริษัท พลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม จำกัด (2556)

4.2.1.2 ประเภท จำนวน และอัตราการใช้พลังงานของรถโดยสารปอ.พ

รถโดยสารปอ.พ จะแบ่งได้ 3 ประเภทโดยจะแบ่งตามการใช้พลังงานในการขับเคลื่อนได้แก่ รถไฮบริดเครื่องยนต์ดีเซล รถไฮบริดเครื่องยนต์ LPG และรถพลังงานไฟฟ้าแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.8

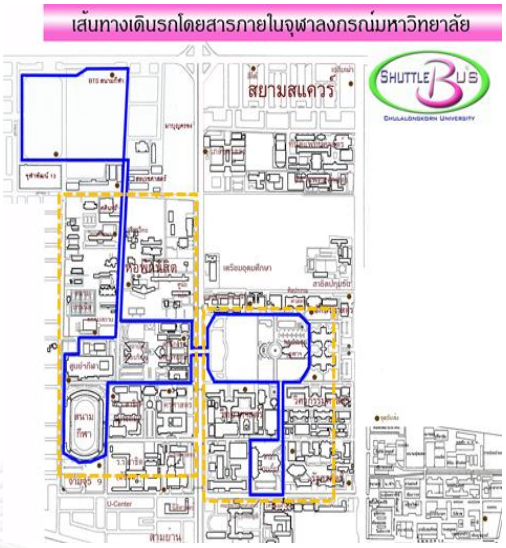
ตารางที่ 4.8 ประเภท จำนวน และอัตราการใช้พลังงานของรถโดยสารภายในจุฬาฯ

สาย	ประเภทรถ	จำนวนรถ (คัน)	เชื้อเพลิงที่ใช้	อัตราการใช้พลังงาน*
1	ไฮบริด เครื่องยนต์ดีเซล ไฮบริด เครื่องยนต์ LPG	2 5	น้ำมันดีเซล ก๊าซ LPG	2.25 กม./ลิตร 1.28 กม./ลิตร
2	รถพลังงานไฟฟ้า	7	พลังงานไฟฟ้า	1.3 กม./กิโลวัตต์-ชั่วโมง
3	รถพลังงานไฟฟ้า	3	พลังงานไฟฟ้า	1.01 กม./กิโลวัตต์-ชั่วโมง
4	ไฮบริด เครื่องยนต์ดีเซล ไฮบริด เครื่องยนต์ LPG	1 2	น้ำมันดีเซล ก๊าซ LPG	2.625 กม./ลิตร 1.5 กม./ลิตร

ที่มา : บริษัท พลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม จำกัด (2556)

หมายเหตุ : 1) อัตราการใช้พลังงานจะแปรเปลี่ยนตามพฤติกรรมการขับและสภาพการจราจรในแต่ละเส้นทาง 2) สำหรับเครื่องยนต์ไฮบริดละการพิจารณาพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากไม่สามารถเก็บข้อมูลได้

ก) เส้นทางการเดินรถปอ.พ สาย 1



ข) เส้นทางการเดินรถปอ.พ สาย 2

ค) เส้นทางการเดินรถปอ.พ สาย 3

ง) เส้นทางการเดินรถปอ.พ สาย 4

รูปที่ 4.6 เส้นทางการเดินรถปอ.พ สายต่าง ๆ

ที่มา : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ออนไลน์, 2557,

http://www.chula.ac.th/about/map-and-direction/cu-shuttle-bus/

หมายเหตุ : ระยะทางในกรอบสีเหลืองคือระยะทางในขอบเขตของการศึกษา

4.2.2 ข้อมูลรถน้ำและรถเก็บขยะ

เนื่องด้วยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นสถานศึกษาที่มีพื้นที่เป็นบริเวณกว้างและมีต้นไม้อยู่ทั่วพื้นที่จึงต้องมีการให้บริการรถน้ำเพื่อรดน้ำต้นไม้และรถเก็บขยะเพื่อคอยดูแลความสะอาดของพื้นที่ โดยรถทั้งสองชนิดนี้จะวิ่งทั่วพื้นที่มหาวิทยาลัยตามภารกิจที่ได้รับมอบหมาย

4.2.2.1 ระยะทาง ความถี่และข้อมูลยานพาหนะการให้บริการของรถน้ำและรถเก็บขยะ

หัวข้อนี้จะแสดงข้อมูลประเภทของยานพาหนะ ระยะทางการวิ่ง ความถี่ในการให้บริการและประเภทของเชื้อเพลิงของรถน้ำและรถเก็บขยะที่ให้บริการในมหาวิทยาลัย แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ระยะทางการวิ่ง ความถี่และข้อมูลยานพาหนะในการให้บริการของรถน้ำและรถเก็บขยะภายในมหาวิทยาลัย

พื้นที่การศึกษา	ชนิดของรถตามภารกิจ	ประเภทรถ	ความถี่ในการให้บริการต่อวัน	ระยะทางในการให้บริการ (กม.)	ประเภทของเชื้อเพลิง
1	รถน้ำ	รถบรรทุก 6ล้อ	2	4.143	น้ำมันดีเซล
	รถเก็บขยะ	รถกระบะ 4ล้อ	2	3.187	น้ำมันดีเซล
2	รถน้ำ	รถบรรทุก 6ล้อ	1	3.229	น้ำมันดีเซล
	รถเก็บขยะ	รถกระบะ 4ล้อ	2	2.573	น้ำมันดีเซล

ที่มา : สำนักบริหารระบบกายภาพ ฝ่ายปฏิบัติการอาคารสถานที่ งานภูมิทัศน์ (2013)

4.3 การเลือกใช้ค่า Emission Factor และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะ

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้ค่า Emission Factor และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะ จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ได้รวบรวมข้อมูลต่างๆ รวมถึงค่าตัวคูณที่ใช้ในการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยที่ได้รับการยอมรับจากทางภาครัฐและเอกชน โดยจะมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.10 - 4.12

ตารางที่ 4.10 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) แบ่งตามประเภทเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
Motor Gasoline - uncontrolled	litre	2.2376	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
Gas/ Diesel Oil	litre	2.7446	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, PTT
Compressed Natural Gas	kg	2.2472	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
Liquified Petroleum Gas	litre	1.5362	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
Liquified Petroleum Gas	kg	2.8449	LPG 1 litre = 0.54 kg (DEDE)
Thailand Grid Mix Electricity	kWh	0.5813	Thailand Grid Mix Electricity LCIDatabase 2552 (2009)

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2013)

ตารางที่ 4.11 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) แบ่งตามประเภทยานพาหนะ

ประเภทยานพาหนะ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตันวิ่งปกติ 75% Loading	t-km	0.0870	Thai national database
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตันวิ่งแบบปกติ 50% Loading	t-km	0.2681	Thai national database

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2013)

ตารางที่ 4.12 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการเดินทางด้วยรถประเภทต่างๆ

ประเภทยานพาหนะ	เชื้อเพลิง	หน่วย	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
รถยนต์ขนาดเล็ก (1500 cc)	เบนซิน	km/L	14.70	สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.), 2555
รถยนต์ขนาดกลาง (1600 cc)	เบนซิน	km/L	11.50	
รถยนต์ขนาดกลาง (1800 cc)	เบนซิน	km/L	10.90	
รถยนต์ขนาดใหญ่ (2000 cc)	เบนซิน	km/L	9.24	
รถกระบะส่วนบุคคลขนาด 1 ตัน	ดีเซล	km/L	6.37	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2013)
รถตู้โดยสาร	ดีเซล	km/L	10.20	
รถ LPG	LPG	km/L	8.93	
รถ NGV	CNG	km/kg	11.91	

ที่มา : 1) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2013)
2) สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข) (2555)

หมายเหตุ : 1) ผู้วิจัยเลือกใช้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถยนต์ของรถยนต์ Toyota Vios เป็นตัวแทนเครื่องยนต์ขนาด 1500 cc
2) ผู้วิจัยเลือกใช้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถยนต์ของรถยนต์ Toyota Altis เป็นตัวแทนเครื่องยนต์ขนาด 1600 cc
3) ผู้วิจัยเลือกใช้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถยนต์ของรถยนต์ Honda Civic เป็นตัวแทนเครื่องยนต์ขนาด 1800 cc
4) ผู้วิจัยเลือกใช้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถยนต์ของรถยนต์ Toyota Camry เป็นตัวแทนเครื่องยนต์ขนาด 2000 cc
5) ผู้วิจัยเลือกใช้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถยนต์ดีเซลขนาดตั้งแต่ 2000 cc ขึ้นไปเท่ากับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเบนซินขนาดเครื่อง 2000 cc

4.4 ผลสำรวจจากข้อมูลปฐมภูมิเพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจข้อมูลบุคลากรเพื่อนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางโดยจะมีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 ข้อมูลสถานะบุคลากร

จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นจากหน่วยงานที่รวบข้อมูลบุคลากรของมหาวิทยาลัยพบว่ามีจำนวนบุคลากรทั้งสิ้น 45,590 คนซึ่งจะประกอบไปด้วย นิสิตปริญญาตรีจำนวน 25,075 คน นิสิตปริญญาโทจำนวน 9,958คน นิสิตปริญญาเอกจำนวน 2,385 คน และอาจารย์/เจ้าหน้าที่จำนวน 8,093 คน (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2556)

ทางผู้วิจัยจึงได้ใช้จำนวนบุคลากรทั้งหมดเป็นประชากร และหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้เป็นตัวแทนของประชากรโดยใช้วิธี Yamane (1976) คำนวณหาจำนวนตัวอย่าง โดยจะพิจารณาสูตรคำนวณภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ค่าความคาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่างร้อยละ 5 และมีขนาดของประชากรคือจำนวนบุคลากรทั้งหมดประมาณ 45,590 คน โดยจะต้องใช้จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง 397 ตัวอย่าง ซึ่งสามารถแสดงการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างได้จากสมการที่ 4.4

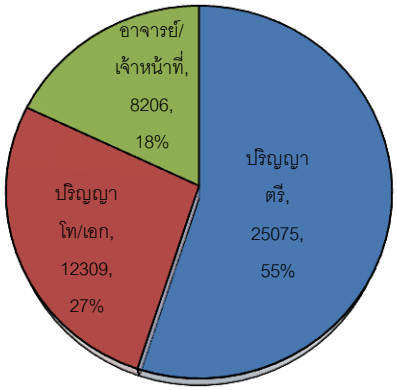
$$n=\frac{N}{1+Ne^2}=\frac{45,590}{1+(45,590*0.05^2)}=397 \quad (4.4)$$

โดยที่ n = ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้

N = จำนวนประชากรที่ทราบค่า ณ ที่นี้คือ จำนวนบุคลากรทั้งหมดประมาณ 45,590 คน

e = ค่าความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง

จากการคำนวณดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยเลือกที่จะทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวนทั้งสิ้น 400 ตัวอย่างโดยจะแบ่งการเก็บข้อมูลพื้นที่การศึกษาละ 200 ตัวอย่าง ทางผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะพฤติกรรมการเดินทางมาเข้าเรียนและทำงานของกลุ่มประชากรได้แก่ กลุ่มของนิสิตปริญญาตรี กลุ่มของนิสิตปริญญาโท/เอก และกลุ่มของอาจารย์/เจ้าหน้าที่โดยสัดส่วนดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 สัดส่วนกลุ่มตัวอย่างที่พิจารณาจากพฤติกรรมของกลุ่มประชากร

4.4.2 ข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของบุคลากร

จากข้อมูลในหัวข้อ 4.4.1 และการเก็บข้อมูลแบบสุ่มโดยการสัมภาษณ์ให้ได้ตามสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้จึงได้ข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของกลุ่มตัวอย่างดังนี้

4.4.2.1 จำนวนวันที่เดินทางมายังมหาวิทยาลัยต่อสัปดาห์

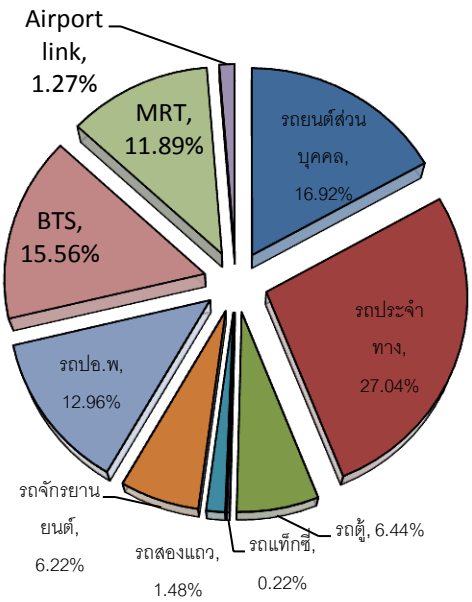
ทางผู้วิจัยได้วางสมมุติฐานการเดินทางของกลุ่มตัวอย่างใน 1 วันดังนี้ มีการเดินทางทั้งไปและกลับโดยใช้รูปแบบการเดินทางรูปแบบเดียวกัน พบว่าอาจารย์/เจ้าหน้าที่มีจำนวนเที่ยวการเดินทางใน 1 สัปดาห์มากที่สุดเท่ากับ 10.14 เที่ยวการเดินทางดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจำนวนวันและเที่ยวการเดินทางต่อสัปดาห์

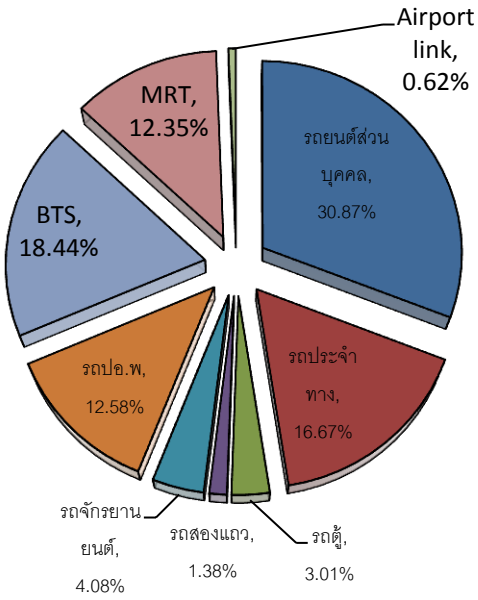
สถานะ	จำนวนวันที่เดินทางมามหาวิทยาลัย (วัน/สัปดาห์)		จำนวนเที่ยวการเดินทาง (เที่ยวการเดินทาง/สัปดาห์)	
ปริญญาตรี	4.91	(0.35)	9.82	(0.70)
ปริญญาโท/เอก	3.88	(1.14)	7.76	(2.28)
อาจารย์/เจ้าหน้าที่	5.07	(0.48)	10.14	(0.96)

4.4.2.2 สัดส่วนการเลือกใช้รูปแบบการเดินทางประเภทต่างๆ ของบุคลากร

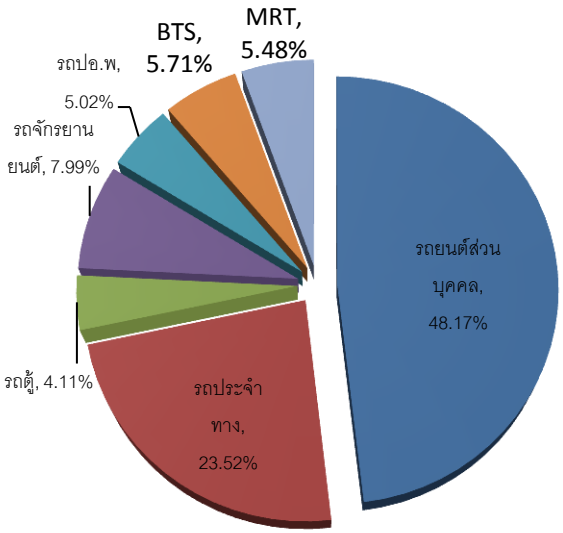
หัวข้อนี้จะเป็นการแสดงการเลือกรูปการเดินทางของกลุ่มตัวอย่าง โดยรูปแบบการเดินทางที่กลุ่มตัวอย่างเลือกใช้เป็นรูปแบบการเดินทางหลักที่ใช้อยู่เป็นประจำประกอบไปด้วย รถยนต์ส่วนบุคคล รถประจำทาง รถตู้ รถแท็กซี่ รถสองแถว รถจักรยานยนต์ รถโดยสารภายในจุฬาฯ (ปอ.พ) รถไฟฟ้า (BTS) รถไฟใต้ดิน (MRT) รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (Airport Link) โดยจะแสดงสัดส่วนดังรูปที่ 4.8



ก) นิสิตปริญญาตรี



ข) นิสิตปริญญาโท/เอก



ค) อาจารย์/เจ้าหน้าที่

รูปที่ 4.8 สัดส่วนการเลือกรูปแบบการเดินทางของกลุ่มตัวอย่าง

4.4.2.3 ระยะทางการเดินทางเฉลี่ยแบ่งตามรูปแบบการเดินทางและสถานะบุคลากร

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าระยะทางการเดินทางเฉลี่ยสำหรับแต่ละรูปแบบการเดินทางของกลุ่มปริญญาตรี 3 อันดับแรกได้แก่ รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน รถยนต์ส่วนบุคคลและรถตู้ตามลำดับ กลุ่มปริญญาโท/เอก 3 อันดับแรกได้แก่ รถตู้ รถยนต์ส่วนบุคคลและรถไฟใต้ดินตามลำดับ กลุ่มอาจารย์/เจ้าหน้าที่ 3 อันดับแรกได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล รถตู้และรถจักรยานยนต์ตามลำดับ โดยรูปแบบการเดินทางที่มีระยะทางเฉลี่ยมากที่สุดสำหรับบุคลากรคือ การเดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคลของอาจารย์/เจ้าหน้าที่ มีระยะทางเฉลี่ยคือ 20.68 กิโลเมตร โดยระยะทางสำหรับแต่ละรูปแบบการเดินทางแบ่งแยกตามสถานะของบุคลากรแสดงตามตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ระยะทางการเดินทางเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับแต่ละรูปแบบการเดินทางแบ่งตามสถานะบุคลากร หน่วย:กิโลเมตร

รูปแบบการเดินทาง	ปริญญาตรี	ปริญญาโท/เอก	อาจารย์/เจ้าหน้าที่
รถยนต์ส่วนบุคคล	11.85 (9.71)	14.61 (8.98)	20.68 (8.91)
รถประจำทาง	4.76 (2.95)	3.70 (2.15)	7.02 (4.21)
รถตู้	11.44 (5.56)	16.86 (8.14)	13.75 (3.86)
รถแท็กซี่	6.00 (0)	-	-
รถสองแถว	3.88 (1.25)	2.83 (1.04)	-
รถจักรยานยนต์	2.00 (1.70)	3.37 (2.85)	11.00 (12.56)
รถโดยสารภายในจุฬาฯ	2.57 (0)	2.57 (0)	2.57 (0)
รถไฟฟ้า (BTS)	5.94 (3.38)	6.05 (3.36)	6.85 (3.76)
รถไฟใต้ดิน (MRT)	7.82 (3.50)	8.54 (3.94)	9.51 (3.22)
รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (Airport link)	14.47 (5.64)	8.30 (1.27)	-

4.4.3 ข้อมูลยานพาหนะ

หัวข้อนี้จะแสดงข้อมูลของรถยนต์ส่วนบุคคลและรถจักรยานยนต์ที่ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจ

4.4.3.1 ข้อมูลรถยนต์ส่วนบุคคล

จากการสำรวจข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงพบว่านิสิตปริญญาตรีใช้เชื้อเพลิงเบนซินมากที่สุดร้อยละ 69.6 รองลงมาคือก๊าซ NGV ร้อยละ 19.6 นิสิตปริญญาโท/เอกใช้เชื้อเพลิงเบนซินมากที่สุดร้อยละ 63.2 รองลงมาคือก๊าซ NGV ร้อยละ 15.8 อาจารย์/เจ้าหน้าที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซินมากที่สุดร้อยละ 67.6 รองลงมาคือก๊าซ NGV และ LPG ร้อยละ 13.5 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแสดงตามตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแบ่งตามสถานะบุคลากร หน่วย : ร้อยละ

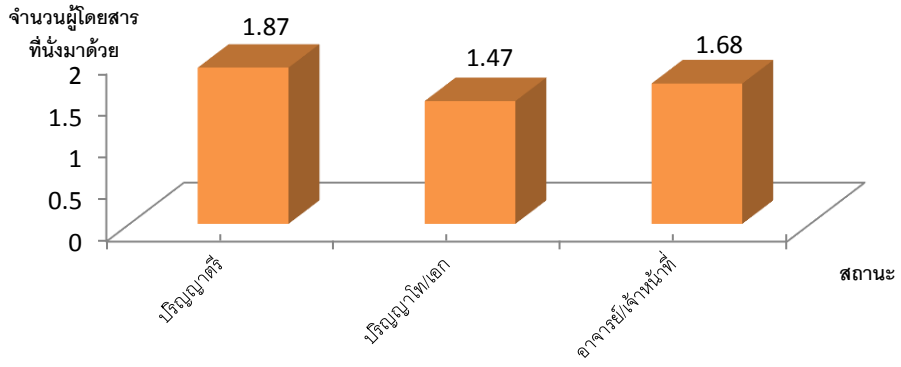
ประเภทเชื้อเพลิง	ปริญญาตรี	ปริญญาโท/เอก	อาจารย์/เจ้าหน้าที่
เบนซิน	69.6	63.2	67.6
ดีเซล	4.3	7.8	5.4
NGV	19.6	15.8	13.5
LPG	6.5	13.2	13.4

จากการสำรวจข้อมูลขนาดความจุเครื่องยนต์พบว่านิสิตปริญญาตรีใช้เครื่องยนต์ขนาด 1.5 L.มากที่สุดร้อยละ 28 รองลงมาคือเครื่องยนต์ขนาด 1.6 L. และ 1.8 L. ร้อยละ 24 นิสิตปริญญาโท/เอกใช้เครื่องยนต์ขนาด 1.8 L. มากที่สุดร้อยละ 37 รองลงมาคือเครื่องยนต์ขนาด 2.0 L. ร้อยละ 26 อาจารย์/เจ้าหน้าที่ใช้เครื่องยนต์ขนาด 2.0 L. มากที่สุดร้อยละ 33 รองลงมาคือเครื่องยนต์ขนาด 1.5 L. ร้อยละ 28 สัดส่วนขนาดเครื่องยนต์แบ่งตามสถานะบุคลากร แสดงตามตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 สัดส่วนขนาดเครื่องยนต์แบ่งตามสถานะบุคลากร หน่วย : ร้อยละ

ขนาดความจุเครื่องยนต์	ปริญญาตรี	ปริญญาโท/เอก	อาจารย์/เจ้าหน้าที่
1.2 L.	2	5	-
1.5 L.	28	11	28
1.6 L.	24	21	22
1.8 L.	24	37	17
2.0 L.	22	26	33

ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารแบ่งตามสถานะบุคลากรที่ใช้รถยนต์ส่วนบุคคลในการเดินทางพบว่ากลุ่มบุคลากรที่มีผู้โดยสารมากที่สุดคือ ปริญญาตรี รองลงมาคือ อาจารย์/เจ้าหน้าที่ ปริญญาโท ตามลำดับโดยแสดงรายละเอียดจำนวนผู้โดยสารดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 จำนวนผู้โดยสารที่เดินทางโดยใช้รถยนต์

4.5 ผลสำรวจจากข้อมูลทุติยภูมิเพื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสำรวจข้อมูลทุติยภูมิจะใช้การสำรวจรวบรวมข้อมูลจากผู้ให้บริการและหน่วยงานที่ทำหน้าที่ให้บริการการเดินทางรูปแบบนั้นๆ ประกอบไปด้วยรูปแบบการเดินทางดังนี้ รถยนต์ส่วนบุคคล รถประจำทาง รถตู้ รถแท็กซี่ รถสองแถว รถจักรยานยนต์ รถโดยสารภายในจุฬาฯ (ปอ.พ) รถไฟฟ้า (BTS) รถไฟใต้ดิน (MRT) และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (Airport Link)

4.5.1 รถยนต์ส่วนบุคคล

ข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและค่า Emission Factor ใช้ค่าเดียวกันกับหัวข้อที่ 4.3

4.5.2 รถประจำทาง

จากการรวบรวมข้อมูลที่องค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพ ได้ทำการบันทึกข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับรถประจำทางในความดูแลของหน่วยงาน สามารถแสดงข้อมูลจำนวนและประเภทของรถประจำทาง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและความจุผู้โดยสารของรถประจำทางดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 จำนวนและประเภทของรถประจำทาง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและความจุผู้โดยสารของรถประจำทาง

ประเภทเชื้อเพลิง	ดีเซล	NGV
จำนวนคัน	2663	348
สัดส่วนจำนวนรถ (%)	88.50	11.50
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม./หน่วยพลังงาน)	2.62	1.60
จำนวนผู้โดยสาร(คน)	60	

ที่มา : องค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพ (2558)

4.5.3 รถตู้ รถแท็กซี่ รถสองแถวและรถจักรยานยนต์

ประเภทของเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรูปแบบการเดินทางในกลุ่มนี้จะใช้ค่าเดียวกับหัวข้อ 4.3 และจำนวนผู้โดยสารใช้ตามสมมติฐานของผู้วิจัยดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ประเภทของเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและจำนวนผู้โดยสารของรถตู้ รถแท็กซี่ รถสองแถวและรถจักรยานยนต์

รูปแบบการเดินทาง	เชื้อเพลิง	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม./หน่วยพลังงาน)	จำนวนผู้โดยสาร(คน)
รถตู้	NGV	8*	15
รถแท็กซี่	NGV	11.91	-
รถสองแถว	ดีเซล	11.11	15
รถจักรยานยนต์	เบนซิน	30*	-

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2013)

*หมายเหตุ : อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถตู้เชื้อเพลิงNGV และรถจักรยานยนต์เป็นค่าเฉลี่ยซึ่งได้มาจากการสัมภาษณ์ผู้ให้บริการ

4.5.4 รถโดยสารภายในจุฬาฯ (ปอ.พ)

เนื่องจากพฤติกรรมของกลุ่มคนที่ใช้รถโดยสารภายในจุฬาฯ (ปอ.พ) ส่วนใหญ่ได้ใช้รูปแบบการเดินทางนี้เพื่อเป็นรูปแบบการเดินทางเพื่อเข้า-ออกจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยไปสู่รูปแบบการเดินทางอื่น ในการศึกษาส่วนนี้ทางผู้วิจัยจึงได้พิจารณาเฉพาะเส้นทางรถโดยสารภายในจุฬาฯ ที่มีการเดินทางไปยังพื้นที่ที่มีจุดเชื่อมต่อการเดินทางอื่นๆ เช่น รถไฟฟ้า (BTS) รถประจำทาง เป็นต้น จึงพิจารณาในเส้นทางการเดินรถสาย 1 และสาย 4 ในหัวข้อนี้จึงจะแสดงสัดส่วนของจำนวนรถแบ่งตามประเภทเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและจำนวนผู้โดยสารดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 สัดส่วนของจำนวนรถแบ่งตามประเภทเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและจำนวนผู้โดยสาร

ประเภทเชื้อเพลิง	Hybrid-Diesel	Hybrid-LPG
จำนวนเที่ยวการให้บริการ	70	115
สัดส่วนจำนวนการให้บริการ (%)	38	62
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม./หน่วยพลังงาน)	2.41	1.31
จำนวนผู้โดยสาร (คน)	45.68*	

ที่มา : บริษัท พลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม จำกัด (2556)

หมายเหตุ : อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและจำนวนผู้โดยสารมาจากการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในเส้นทางสาย 1 และ 4

4.5.5 รถไฟฟ้า (BTS) รถไฟใต้ดิน (MRT) และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (Airport Link)

จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการ ความถี่ในการให้บริการและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถไฟฟ้า (BTS) รถไฟใต้ดิน (MRT) และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (Airport Link) แสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการ BTS MRT และ Airport Link ความถี่ในการให้บริการและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

รูปแบบการเดินทาง	BTS	MRT	Airport Link[4]
ผู้โดยสารใน 1 วัน (คน)	392,167[1]	177,846[1]	46,300
จำนวนเที่ยวการให้บริการต่อวัน	415[2]	424[3]	149
จำนวนผู้โดยสารต่อขบวนรถต่อวัน	945	419	311
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม./หน่วยพลังงาน)	0.088*	0.118[3]	0.037

หมายเหตุ : อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถไฟฟ้า (BTS) พิจารณาจากรถไฟใต้ดิน (MRT) โดยแปลงสัดส่วนตามจำนวนตู้รถโดยสารใน 1 ขบวนรถ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[1] กองนโยบายและแผนงาน สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร (2555)

[2] บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) (2558)

[3] บริษัท รถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) (2558)

[4] บริษัท รถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. จำกัด (มหาชน) (2557)

บทที่ 5
การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งทั้งในส่วนของบุคลากรที่เดินทางมายังมหาวิทยาลัยและกิจกรรมที่เกิดจากการบริการของมหาวิทยาลัยเองเช่น การให้บริการโดยสารภายในมหาวิทยาลัย การให้บริการรถน้ำต้นไม้ของมหาวิทยาลัยรวมถึงการให้บริการรถเก็บขยะเพื่อความสะอาดของมหาวิทยาลัย เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากสถานศึกษาโดยจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ ส่วนที่1 การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ส่วนที่2 การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การวิเคราะห์ในครั้งนี้เพื่อพิจารณาถึงผลรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการกิจกรรมการเดินและขนส่งของมหาวิทยาลัยทั้งในด้านพื้นที่และตัวบุคลากรของมหาวิทยาลัย

5.1 การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การศึกษา ว่าในแต่ละพื้นที่การศึกษามีวิธีในการวิเคราะห์และผลลัพธ์ของการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากกิจกรรมและยานพาหนะประเภทใดและมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากน้อยเพียงใด

5.2 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดในพื้นที่จากข้อมูลปฐมภูมิ

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้จะมุ่งเน้นไปที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งของบุคลากรที่เดินมายังมหาวิทยาลัยโดยการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะมีหลักการเบื้องต้นและสมมติฐานสำหรับการวิเคราะห์ดังสมการที่ 2.1

$$\text{Total } CO_2 = \text{Activity/Consumption data} * \text{Emission factor}$$

โดยที่ Total CO_2 คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นที่แสดงในรูปของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า มีหน่วยเป็น ตัน

Activity/Consumption data คือ ข้อมูลการทำกิจกรรม หรือข้อมูลการบริโภคพลังงานซึ่งหน่วยของข้อมูลนี้ขึ้นอยู่กับค่า Emission factor ที่เรานำมาใช้ ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ Activity/Consumption data ได้จากการแปลงระยะทางที่ยานพาหนะวิ่งให้อยู่ในรูปของปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยใช้อัตราการการสิ้นเปลือง

น้ำมันเชื้อเพลิงของแต่ละประเภทที่ได้จากกรมควบคุมมลพิษ (2551) ซึ่งเป็นหน่วยงานภาครัฐที่ได้รับการยอมรับดังสมการที่ 3.5

Activity data = ระยะทางของรถแต่ละประเภท * อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิงแต่ละประเภท

Emission factor คือ ค่า factor ที่ใช้คูณเพื่อแปลงข้อมูลที่มีอยู่ให้ออกมาอยู่ในรูปของปริมาณก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยปกติค่า Emission factor นั้นจะเลือกใช้ค่าที่ได้รับการยอมรับจากองค์กร หน่วยงาน หรือส่วนราชการในพื้นที่นั้นๆ

สมมติฐานสำหรับการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในพื้นที่การศึกษา

ทางผู้วิจัยสร้างสมมติฐานของการเดินทางและการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของยานพาหนะของสถานศึกษาใน 1 วัน เพื่อเป็นตัวแทนของปริมาณการเดินทางและการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของยานพาหนะที่เกิดขึ้นใน 1 ปี โดยจะมีสมมติฐานเบื้องต้นดังนี้

- จำนวนวันที่ใช้จะพิจารณาจากจำนวนวันที่มหาวิทยาลัยเปิดทำการใน 1 ปี โดยใน 1 สัปดาห์มหาวิทยาลัยจะเปิดทำการ 6 วันต่อสัปดาห์ แล้วหักลบด้วยจำนวนวันหยุดนักขัตฤกษ์ตามประกาศทางราชการ
- พิจารณาระยะทางของการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่การศึกษาเท่านั้น
- ระยะของการเดินทางที่เกิดขึ้นนั้นเป็นระยะทางที่สั้นที่สุดสำหรับแต่ละเที่ยวการเดินทาง (Shortest Path)

5.2.1 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับข้อมูลปฐมภูมิ

ในหัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น Activity/Consumption data สำหรับหัวข้อนี้คือปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นในพื้นที่การศึกษา ผลลัพธ์ที่ผู้วิจัยต้องการคือปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินทางภายในพื้นที่จากต้นทาง i ไปยังปลายทาง j ต้นทาง-ปลายทางในที่นี้หมายถึงประตูทางเข้าออกหมายเลขต่างๆ พิจารณารวมกับข้อมูลยานพาหนะ k ดังสมการที่ 5.1–5.12
ในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก

สำหรับเชื้อเพลิงเบนซิน

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{6}\sum_{k=1}^{6}\left(N_{ij} * F_{Benzene} * SEB_k * \frac{Dis_{ij}}{Con_k} \right) \quad (5.1)$$

สำหรับเชื้อเพลิงดีเซล จะสามารถแบ่งสมการตามประเภทรถยนต์เพื่อให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

- ประเภทรถเก๋ง

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{6}\sum_{k=1}^{2}\left(N_{ij} * F_{Diesel} * Type_{car} * SED_{k} * \frac{Dis_{ij}}{Con_{k}} \right) \quad (5.2)$$

- ประเภทรถกระบะ

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{6}\left(N_{ij} * F_{Diesel} * Type_{pick\text{-}up} * \frac{Dis_{ij}}{Con_{pick\text{-}up}} \right) \quad (5.3)$$

- ประเภทรถตู้

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{6}\left(N_{ij} * F_{Diesel} * Type_{van} * \frac{Dis_{ij}}{Con_{van}} \right) \quad (5.4)$$

สำหรับเชื้อเพลิง เอ็นจีวี

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{6}\left(N_{ij} * F_{NGV} * \frac{Dis_{ij}}{Con_{NGV}} \right) \quad (5.5)$$

สำหรับเชื้อเพลิง แอลพีจี

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{6}\left(N_{ij} * F_{LPG} * \frac{Dis_{ij}}{Con_{LPG}} \right) \quad (5.6)$$

ในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก

สำหรับเชื้อเพลิงเบนซิน

$$\text{Activity data} = \sum_{i=7}^{13}\sum_{j=7}^{13}\sum_{k=1}^{6}\left(N_{ij} * F_{Benzene} * SEB_{k} * \frac{Dis_{ij}}{Con_{k}} \right) \quad (5.7)$$

สำหรับเชื้อเพลิงดีเซล จะสามารถแบ่งสมการตามประเภทรถยนต์เพื่อให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

- ประเภทรถเก๋ง

$$\text{Activity data} = \sum_{i=7}^{13}\sum_{j=7}^{13}\sum_{k=1}^{2}\left(N_{ij} * F_{Diesel} * Type_{car} * SED_{k} * \frac{Dis_{ij}}{Con_{k}} \right) \quad (5.8)$$

- ประเภทรถกระบะ

$$\text{Activity data} = \sum_{i=7}^{13}\sum_{j=7}^{13}\left(N_{ij} * F_{Diesel} * Type_{pick\text{-}up} * \frac{Dis_{ij}}{Con_{pick\text{-}up}} \right) \quad (5.9)$$

- ประเภทรถตู้

$$\text{Activity data} = \sum_{i=7}^{13}\sum_{j=7}^{13}\left(N_{ij} * F_{Diesel} * Type_{van} * \frac{Dis_{ij}}{Con_{van}} \right) \quad (5.10)$$

สำหรับเชื้อเพลิง เอ็นจีวี

$$\text{Activity data} = \sum_{i=7}^{13}\sum_{j=7}^{13}\left(N_{ij} * F_{NGV} * \frac{Dis_{ij}}{Con_{NGV}} \right) \quad (5.11)$$

สำหรับเชื้อเพลิง แอลพีจี

$$\text{Activity data} = \sum_{i=7}^{13}\sum_{j=7}^{13}\left(N_{ij} * F_{LPG} * \frac{Dis_{ij}}{Con_{LPG}} \right) \quad (5.12)$$

โดยที่แต่ละตัวแปรมีความหมายดังต่อไปนี้ (ค่าที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละพื้นที่การศึกษาจะมีความแตกต่างกันเนื่องจากค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ได้มาจากการสำรวจข้อมูลการใช้ยานพาหนะในแต่ละพื้นที่การศึกษา)

N_{ij} คือ ปริมาณการเดินทางจากจุดหมาย i ไปยังปลายทาง j (คัน)

Dis_{ij} คือ ระยะทางการเดินทางจากจุดหมาย i ไปยังปลายทาง j (กม.)

F คือ ตัวคูณแบ่งประเภทเชื้อเพลิงสำหรับเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตัวคูณแบ่งประเภทเชื้อเพลิงสำหรับเชื้อเพลิง

ตัวแปร	คำอธิบาย	พื้นที่ฝั่งตะวันออก	พื้นที่ฝั่งตะวันตก
$F_{Benzene}$	ตัวคูณแบ่งประเภทเชื้อเพลิงสำหรับเชื้อเพลิงเบนซิน	0.75	0.9
F_{Diesel}	ตัวคูณแบ่งประเภทเชื้อเพลิงสำหรับเชื้อเพลิงดีเซล	0.125	0.055
F_{NGV}	ตัวคูณแบ่งประเภทเชื้อเพลิงสำหรับเชื้อเพลิงเอ็นจีวี	0.075	0.04
F_{LPG}	ตัวคูณแบ่งประเภทเชื้อเพลิงสำหรับเชื้อเพลิงแอลพีจี	0.05	0.005

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SEB_k คือ ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆ สำหรับเครื่องยนต์เบนซินแสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน

ตัวแปร	คำอธิบาย	พื้นที่ฝั่งตะวันออก	พื้นที่ฝั่งตะวันตก
SEB_1	ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุน้อยกว่า 1500 ซีซี	0.06	0.045
SEB_2	ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุ 1500 ซีซี	0.33	0.289
SEB_3	ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุ 1600 ซีซี	0.24	0.294
SEB_4	ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุ 1800 ซีซี	0.17	0.21
SEB_5	ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุ 2000 ซีซี	0.08	0.106
SEB_6	ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุมากกว่า 2000 ซีซี	0.12	0.056

SED_k คือ ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลแสดงดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล

ตัวแปร	คำอธิบาย	พื้นที่ฝั่งตะวันออก	พื้นที่ฝั่งตะวันตก
SED_1	ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุ 2000 ซีซี	0.385	0.75
SED_2	ตัวคูณแบ่งเครื่องยนต์ขนาดความจุมากกว่า 2000 ซีซี	0.615	0.25

Type คือ ตัวคูณแบ่งประเภทรถสำหรับเชื้อเพลิงดีเซลแสดงดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ตัวคูณแบ่งประเภทรถสำหรับเชื้อเพลิงดีเซล

ตัวแปร	คำอธิบาย	พื้นที่ฝั่งตะวันออก	พื้นที่ฝั่งตะวันตก
$Type_{car}$	ตัวคูณแบ่งประเภทรถเก๋งสำหรับเชื้อเพลิงดีเซล	0.52	0.364
$Type_{pick\text{-}up}$	ตัวคูณแบ่งประเภทรถกระบะสำหรับเชื้อเพลิงดีเซล	0.48	0.545
$Type_{van}$	ตัวคูณแบ่งประเภทรถตู้สำหรับเชื้อเพลิงดีเซล	0	0.091

Con_k คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆ

ตัวแปร	คำอธิบาย	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม.ต่อลิตร)
Con_1	ตัวคูณแบ่งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์น้อยกว่า 1500 ซีซี	20
Con_2	ตัวคูณแบ่งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ 1500 ซีซี	14.70
Con_3	ตัวคูณแบ่งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ 1600 ซีซี	11.50
Con_4	ตัวคูณแบ่งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ 1800 ซีซี	10.90
Con_5	ตัวคูณแบ่งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ 2000 ซีซี	9.24
Con_6	ตัวคูณแบ่งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์มากกว่า2000 ซีซี	9.24
$Con_{pick\text{-}up}$	ตัวคูณแบ่งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถกระบะ	6.369
Con_{van}	ตัวคูณแบ่งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถตู้	10.204
Con_{NGV}	ตัวคูณแบ่งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถที่ใช้เชื้อเพลิงNGV	11.91 *
Con_{LPG}	ตัวคูณแบ่งอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถที่ใช้เชื้อเพลิงLPG	8.93

* หมายเหตุ : อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม.ต่อกิโลกรัม)

จากการวิเคราะห์ผลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่การศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ฝั่งตะวันออกมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1,440.83 $kgCO_2eq$ ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงเบนซินมากที่สุดเท่ากับ 917.39 $kgCO_2eq$ รองลงมาได้แก่ ดีเซล NGV และLPG ตามลำดับแสดงดังตารางที่ 5.6 พื้นที่ฝั่งตะวันตกมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1,662.27 $kgCO_2eq$ ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงเบนซินมากที่สุดเท่ากับ 1,381.16 $kgCO_2eq$ รองลงมาได้แก่ ดีเซล NGV และLPG ตามลำดับแสดงดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.6 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ฝั่งตะวันออก

พื้นที่การศึกษา	เชื้อเพลิง	ปริมาณเชื้อเพลิง	Emission Factor (kgCO2eq/หน่วย)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก	เบนซิน	409.99	2.2376	917.39
	ดีเซล	122.15	2.7446	335.25
	NGV *	52.09	2.2472	117.06
	LPG	46.30	1.5362	71.13
	รวม			1,440.83

* หมายเหตุ : หน่วยของเชื้อเพลิงคือกิโลกรัม

ตารางที่ 5.7 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ฝั่งตะวันตก

พื้นที่การศึกษา	เชื้อเพลิง	ปริมาณเชื้อเพลิง	Emission Factor (kgCO2eq/หน่วย)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก	เบนซิน	617.25	2.2376	1,381.16
	ดีเซล	70.76	2.7446	194.20
	NGV *	34.72	2.2472	78.02
	LPG	5.79	1.5362	8.89
	รวม			1,662.27

* หมายเหตุ : หน่วยของเชื้อเพลิงคือกิโลกรัม

5.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากข้อมูลทุติยภูมิ

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้จะมุ่งเน้นไปที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการให้บริการของมหาวิทยาลัยเช่น การให้บริการรถโดยภายสารภายในมหาวิทยาลัย การให้บริการรถน้ำและการให้บริการรถขยะโดยผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ในครั้งนี้จะแสดงออกมาในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

5.3.1 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับข้อมูลทุติยภูมิ

5.3.1.1 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย

รถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยจะสามารถแบ่งประเภทของยานพาหนะตามประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินทางได้อย่างหลากหลาย ทางผู้วิจัยจึงจะแบ่งสมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแต่ละประเภทของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้โดยจะมีรายละเอียดดังสมการที่ 5.13-5.15

- สำหรับเชื้อเพลิงดีเซล

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{2}\left(N_i * Fr_i * \frac{Dis_i}{Con_i} \right) \quad (5.13)$$

- สำหรับเชื้อเพลิงแอลพีจี

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{2}\left(N_i * Fr_i * \frac{Dis_i}{Con_i} \right) \quad (5.14)$$

- สำหรับพลังงานไฟฟ้า

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{2}\left(N_i * Fr_i * \frac{Dis_i}{Con_i} \right) \quad (5.15)$$

โดยที่แต่ละตัวแปรมีความหมายดังต่อไปนี้ (ค่าที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละพื้นที่การศึกษาจะมีความแตกต่างกันเนื่องจากค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ได้มาจากการสำรวจข้อมูลการใช้ยานพาหนะในแต่ละพื้นที่การศึกษา)

N_i คือ จำนวนรถในเส้นทางการเดินทาง (คัน)

Dis_i คือ ระยะทางการเดินทางในขอบเขตการศึกษา (กม.)

Fr_i คือ ความถี่ของรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย (รอบต่อวัน)

Con_i คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม.ต่อหนึ่งหน่วยพลังงาน)

จะใช้ค่าต่างๆ ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ค่าตัวแปรในสมการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย

เชื้อเพลิง	i	N_i	Fr_i	Dis_i	Con_i
ดีเซล	1	2	20	1.20	10.67
	2	2	15	1.91	10.89
แอลพีจี	1	5	20	1.20	18.75
	2	1	15	1.91	19.06
ไฟฟ้า	1	7	13	4.24	42.36
	2	3	22	2.56	55.70

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากเชื้อเพลิงดีเซลมากที่สุดเท่ากับ 59.07 $kgCO_2eq$ รองลงมาคือ LPGและพลังงานไฟฟ้าแสดงดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางด้วยรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย

เชื้อเพลิง	ปริมาณเชื้อเพลิง	Emission Factor (kgCO2eq/หน่วย)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
ดีเซล	21.56	2.74	59.07
LPG	37.81	1.54	58.23
ไฟฟ้า *	98.06	0.58	56.87
รวม			174.17

* หมายเหตุ : หน่วยของเชื้อเพลิงคือกิโลวัตต์-ชั่วโมง

5.3.1.2 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถน้ำและรถเก็บขยะ

สำหรับการวิเคราะห์ในส่วนนี้จะเป็นการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถน้ำและรถเก็บขยะ โดยที่ Activity/Consumption data สำหรับหัวข้อนี้คือระยะทางการเดินทางที่เกิดขึ้นในพื้นที่การศึกษา จากนั้นจึงจะไปวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วย Emission Factor ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับประเภทของยานพาหนะดังสมการที่ 5.16-5.17

- สำหรับรถน้ำ

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{2}\left(N_i * Fr_i * Dis_i\right) \qquad (5.16)$$

โดยที่แต่ละตัวแปรมีความหมายดังต่อไปนี้ (ค่าที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละพื้นที่การศึกษาจะมีความแตกต่างกันเนื่องจากค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ได้มาจากการสำรวจข้อมูลการใช้ยานพาหนะในแต่ละพื้นที่การศึกษา)

N_i คือ จำนวนรถในเส้นทางการเดินทาง (คัน)

Dis_i คือ ระยะทางการเดินทางในขอบเขตการศึกษา (กม.)

Fr_i คือ ความถี่ในการให้บริการของรถน้ำภายใน 1 วัน (รอบต่อวัน)

จะใช้ค่าต่างๆ ดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ค่าสำหรับตัวแปรในสมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถน้ำ

พื้นที่การศึกษา	i	N_i	Fr_i	Dis_i
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก	1	1	2	4.143
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก	2	1	1	3.229

จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการให้บริการรถน้ำของมหาวิทยาลัยในพื้นที่ฝั่งตะวันออกมีค่าเท่ากับ 0.721 $kgCO_2eq$ พื้นที่ฝั่งตะวันตกมีค่าเท่ากับ 0.281 $kgCO_2eq$ แสดงดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเดินทางด้วยรถน้ำ

พื้นที่การศึกษา	ระยะทางการเดินทาง	Emission Factor * (kgCO2eq/หน่วย)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก	8.286	0.087	0.721
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก	6.458	0.087	0.281
รวม			1.002

* หมายเหตุ : หน่วยของ Emission Factor คือ ตัน-กิโลเมตร

- สำหรับรถเก็บขยะ

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{2}\left(N_i * Fr_i * Dis_i\right) \qquad (5.17)$$

โดยที่แต่ละตัวแปรมีความหมายดังต่อไปนี้ (ค่าที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละพื้นที่การศึกษาจะมีความแตกต่างกันเนื่องจากค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ได้มาจากการสำรวจข้อมูลการใช้ยานพาหนะในแต่ละพื้นที่การศึกษา)

N_i คือ จำนวนรถในเส้นทางการเดินทาง (คัน)

Dis_i คือ ระยะทางการเดินทางในขอบเขตการศึกษา (กม.)

Fr_i คือ ความถี่ในการให้บริการของรถเก็บขยะภายใน 1 วัน (รอบต่อวัน)

จะใช้ค่าต่างๆ ดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ค่าสำหรับตัวแปรในสมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถขยะ

พื้นที่การศึกษา	i	N_i	Fr_i	Dis_i
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก	1	1	2	3.187
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก	2	1	2	2.573

จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการให้บริการรถขยะของมหาวิทยาลัยในพื้นที่ฝั่งตะวันออกมีค่าเท่ากับ 1.709 $kgCO_2eq$ พื้นที่ฝั่งตะวันตกมีค่าเท่ากับ 1.379 $kgCO_2eq$ แสดงดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเดินทางด้วยรถขยะ

พื้นที่การศึกษา	ระยะทางการเดินทาง	Emission Factor * (kgCO2eq/หน่วย)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก	6.374	0.268	1.709
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก	5.146	0.268	1.379
รวม			3.088

* หมายเหตุ : หน่วยของ Emission Factor คือ ตัน-กิโลเมตร

5.4 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่การศึกษา

5.4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การศึกษาในช่วงเวลา 1 วัน

จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.2 และ 5.3 พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางในพื้นที่ในช่วงเวลา 1 วันมีปริมาณเท่ากับ 3,281.36 $kgCO_2eq$ ประกอบด้วยการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัวมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3,103.10 $kgCO_2eq$ แบ่งเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่ฝั่งตะวันออกเท่ากับ 1,440.83 $kgCO_2eq$ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่ฝั่งตะวันตกเท่ากับ 1,662.27 $kgCO_2eq$ และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการให้บริการของมหาวิทยาลัยแบ่งตามประเภทการให้บริการได้ดังนี้ รถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย 174.17 $kgCO_2eq$ รถน้ำ 1.00 $kgCO_2eq$ และรถขยะ 3.09 $kgCO_2eq$ แสดงดังตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.14 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การศึกษาในช่วงเวลา 1 วัน

กิจกรรมการเดินทางด้วยยานพาหนะส่วนบุคคล	**ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)**
พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันออก	1440.83
พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝั่งตะวันตก	1662.27
รวม	3103.10
กิจกรรมการเดินทางด้วยยานพาหนะของมหาวิทยาลัย	**ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)**
รถโดยภายสารภายในมหาวิทยาลัย	174.17
รถน้ำ	1.00
รถขยะ	3.09
รวม	178.26
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในช่วงเวลา 1 วัน ($kgCO_2eq$)	**3,281.36**

5.4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การศึกษาในช่วงเวลา 1 ปี

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้จะใช้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในเวลา 1 วันเพื่อเป็นตัวแทนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วนำมาคูณกับจำนวนวันตามสมมุติฐาน จำนวนวันที่ผู้วิจัยได้เลือกใช้นั้นจะพิจารณาจากจำนวนวันที่มหาวิทยาลัยเปิดทำการใน 1 ปี โดยใน 1 สัปดาห์มหาวิทยาลัยจะเปิดทำการ 6 วันต่อสัปดาห์ แล้วหักลบด้วยจำนวนวันหยุดนักขัตฤกษ์ตามประกาศทางราชการ สามารถหาผลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลา 1 ปี ได้ดังสมการที่ 5.18

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลา 1 ปี = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลา 1 วัน * จำนวนวันตามสมมุติฐาน (5.18)

= 3,281.36 * 300

= 984,408 $kgCO_2eq$ /ปี

= 984.41 $TonsCO_2eq$/ปี

5.5 การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน

กระจกมากน้อยเพียงใดและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นมีสัดส่วนที่เกิดจากกลุ่มบุคลากรรูปแบบการเดินทางในแต่ละส่วนเท่าไหร่ การวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นการวิเคราะห์ภายใต้สมมุติฐาน

5.6 สมมติฐานสำหรับการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทางผู้วิจัยสร้างสมมติฐานของพฤติกรรมการเดินทางของบุคลากรใน 1 สัปดาห์เพื่อเป็นตัวแทนพฤติกรรมการเดินทางของบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยใน 1 ปี เนื่องจากการเก็บข้อมูลของการศึกษาในครั้งนี้ทางผู้วิจัยพบว่าพฤติกรรมการเดินทางของกลุ่มบุคลากรในแต่ละสถานะมีพฤติกรรมและจำนวนวันที่เดินทางมายังสถานศึกษาต่อสัปดาห์ต่างกันเพื่อให้ผลของการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับพฤติกรรมการเดินทางของบุคลากรจึงใช้การวิเคราะห์ใน 1 สัปดาห์เป็นตัวแทนพฤติกรรม โดยจะมีสมมติฐานเบื้องต้นดังนี้

- ในการเดินทาง 1 วันจะมีการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและสถานศึกษา 2 เที่ยวการเดินทาง และรูปแบบการเดินทางเหมือนกันทั้งขาไปและขากลับ
- จำนวนสัปดาห์ที่ใช้จะพิจารณาจากจำนวนสัปดาห์ที่มหาวิทยาลัยเปิดทำการใน 1 ปี โดยอ้างอิงจากสมมุติฐานจากการวิเคราะห์ในส่วนที่ 1

5.7 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้จะมุ่งเน้นไปที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ในครั้งนี้จะแสดงออกมาในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

5.7.1 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการเดินทางของบุคลากร

หัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์พฤติกรรมและรูปแบบการเดินทางของกลุ่มตัวอย่างเพื่อแปลงผลมาเป็น Activity/Consumption data และจะนำข้อมูลในส่วนนี้ไปวิเคราะห์ผ่านหลักการดังที่กล่าวไว้หัวข้อ 5.1เพื่อหาผลลัพธ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ตามรูปแบบการเดินทางที่กลุ่มตัวอย่างเลือกใช้

5.7.1.1 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถยนต์ส่วนบุคคล

สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลจะพิจารณาแบ่งตามประเภทการใช้เชื้อเพลิงดังสมการที่ 5.19-5.22

สำหรับเชื้อเพลิงเบนซิน

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{5}\left(\text{Pop}*\text{Status}_i*\text{Trip}_i*\text{Car}_i*\frac{1}{\text{Pax}_i}*\text{FB}_i*\text{SEB}_j*\frac{\text{Disc}_i}{\text{Con}_j} \right) \quad (5.19)$$

สำหรับเชื้อเพลิงดีเซล

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\left(\text{Pop}*\text{Status}_i*\text{Trip}_i*\text{Car}_i*\frac{1}{\text{Pax}_i}*\text{FD}_i*\frac{\text{Disc}_i}{\text{Con}_{\text{Diesel}}} \right) \quad (5.20)$$

สำหรับเชื้อเพลิง เอ็นจีวี

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\left(\text{Pop}*\text{Status}_i*\text{Trip}_i*\text{Car}_i*\frac{1}{\text{Pax}_i}*\text{FN}_i*\frac{\text{Disc}_i}{\text{Con}_{\text{NGV}}} \right) \quad (5.21)$$

สำหรับเชื้อเพลิง แอลพีจี

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\left(\text{Pop}*\text{Status}_i*\text{Trip}_i*\text{Car}_i*\frac{1}{\text{Pax}_i}*\text{FL}_i*\frac{\text{Disc}_i}{\text{Con}_{\text{LPG}}} \right) \quad (5.22)$$

โดยที่แต่ละตัวแปรมีความหมายดังต่อไปนี้

Pop คือ จำนวนบุคลากรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีจำนวน 45,590 คน

$Status_i$ คือ สัดส่วนของสถานะบุคลากร i

$Trip_i$ คือ จำนวนเที่ยวการเดินทางของบุคลากรแบ่งตามสถานะบุคลากรต่อสัปดาห์ (เที่ยวการเดินทางต่อสัปดาห์)

Car_i คือ สัดส่วนการใช้รถยนต์แบ่งตามสถานะบุคลากร

Pax_i คือ จำนวนผู้โดยสารแบ่งตามสถานะบุคลากร (คน)

$Disc_i$ คือ ระยะทางการเดินทางโดยใช้รถยนต์แบ่งตามสถานะบุคลากร (กม.)

FB_i คือ สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงเบนซินสำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลแบ่งตามสถานะบุคลากร

FD_i คือ สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงดีเซลสำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลแบ่งตามสถานะบุคลากร

FN_i คือ สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง NGV สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลแบ่งตามสถานะบุคลากร

FL_i คือ สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง LPG สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลแบ่งตามสถานะบุคลากร

หมายเหตุ : ตัวแปร Pop/$Status_i$/$Trip_i$ ใช้ค่าเดียวกันสำหรับทุกสมการการวิเคราะห์

ค่าต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ใช้ค่าดังตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 ค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถยนต์ส่วนบุคคล

i	$Status_i$		Car_i	Pax_i	FB_i	FD_i	FN_i	FL_i
1	นิสิต ป.ตรี	0.55	0.1692	1.87	0.696	0.043	0.065	0.196
2	นิสิต ป.โท/เอก	0.27	0.3087	1.47	0.632	0.078	0.158	0.132
3	อาจารย์/จนท.	0.18	0.4817	1.68	0.676	0.054	0.135	0.135

SEB_j คือ สัดส่วนเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆ สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน แสดงดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 สัดส่วนการใช้เครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน

SEB_j	คำอธิบาย	i=1	i=2	i=3
SEB_1	เครื่องยนต์ขนาดความจุน้อยกว่า 1500 ซีซี	0.03	0.08	-
SEB_2	เครื่องยนต์ขนาดความจุ 1500 ซีซี	0.34	0.13	0.32
SEB_3	เครื่องยนต์ขนาดความจุ 1600 ซีซี	0.13	0.25	0.2
SEB_4	เครื่องยนต์ขนาดความจุ 1800 ซีซี	0.25	0.46	0.2
SEB_5	เครื่องยนต์ขนาดความจุ 2000 ซีซี	0.25	0.08	0.28

หมายเหตุ : เครื่องยนต์ที่มีขนาดความจุมากกว่า 2,000 ซีซีจะรวมอยู่ในขนาดความจุ 2000 ซีซี

Con_j คือ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ขนาดความจุต่างๆ

Con_j	คำอธิบาย	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม.ต่อลิตร)
Con_1	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์น้อยกว่า 1500 ซีซี	20
Con_2	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ 1500 ซีซี	14.70
Con_3	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ 1600 ซีซี	11.50
Con_4	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ 1800 ซีซี	10.90
Con_5	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ 2000 ซีซี	9.24
Con_{NGV}	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถที่ใช้เชื้อเพลิง NGV	11.91 *
Con_{LPG}	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถที่ใช้เชื้อเพลิง LPG	8.93

* หมายเหตุ : อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กม.ต่อกิโลกรัม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.7.1.2 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถประจำทาง

สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถประจำทางจะพิจารณาแบ่งตามประเภทการใช้เชื้อเพลิงดังสมการที่ 5.23

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{2}\left(\text{Pop}*\text{Status}_i*\text{Trip}_i*\text{Bus}_i*\frac{1}{\text{Paxb}}*\text{F}_j*\frac{\text{Disb}_i}{\text{Con}_j} \right) \quad (5.23)$$

โดยที่แต่ละตัวแปรมีความหมายดังต่อไปนี้

Pop คือ จำนวนบุคลากรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีจำนวน 45,590 คน

$Status_i$ คือ สัดส่วนของสถานะบุคลากร i

$Trip_i$ คือ จำนวนเที่ยวการเดินทางของบุคลากรแบ่งตามสถานะบุคลากรต่อสัปดาห์ (เที่ยวการเดินทางต่อสัปดาห์)

Bus_i คือ สัดส่วนการใช้รถประจำทางแบ่งตามสถานะบุคลากร

Paxb คือ จำนวนผู้โดยสารรถประจำทางตามสมมติฐาน จำนวน 60 คน

$Disb_i$ คือ ระยะทางการเดินทางโดยใช้รถประจำทางแบ่งตามสถานะบุคลากร (กม.)

จะใช้ค่าต่างๆ ดังตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 ค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถประจำทาง

i	Bus_i
1	0.27
2	0.16
3	0.23

F_j คือ สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงสำหรับรถประจำทาง

Con_j คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ประเภทต่างๆ (กม./หน่วยพลังงาน)

จะใช้ค่าต่างๆ ดังตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถประจำทาง

J	F_j		Con_j
1	Diesel	0.885	2.62
2	NGV	0.115	1.6

5.7.1.3 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถตู้ รถแท็กซี่ รถสองแถว รถจักรยานยนต์

สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถตู้ รถแท็กซี่ รถสองแถว รถจักรยานยนต์จะพิจารณาดังสมการที่ 5.24-5.27

สำหรับรถตู้ (NGV)

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\left(\text{Pop}*\text{Status}_i*\text{Trip}_i*\text{Van}_i*\frac{1}{\text{Paxv}}*\frac{\text{Disv}_i}{\text{Con}_{\text{Vanngv}}} \right) \quad (5.24)$$

สำหรับรถแท็กซี่ (NGV)

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\left(\text{Pop}*\text{Status}_i*\text{Trip}_i*\text{Taxi}_i*\frac{\text{Dist}_i}{\text{Con}_{\text{Taxi}}} \right) \quad (5.25)$$

สำหรับรถสองแถว (ดีเซล)

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\left(\text{Pop}*\text{Status}_i*\text{Trip}_i*\text{Row}_i*\frac{1}{\text{Paxr}}*\frac{\text{Disr}_i}{\text{Con}_{\text{Row}}} \right) \quad (5.26)$$

สำหรับรถจักรยานยนต์ (เบนซิน)

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\left(\text{Pop}*\text{Status}_i*\text{Trip}_i*\text{Mc}_i*\frac{\text{Dismc}_i}{\text{Con}_{\text{Mc}}} \right) \quad (5.27)$$

โดยที่แต่ละตัวแปรมีความหมายดังต่อไปนี้

Pop คือ จำนวนบุคลากรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีจำนวน 45,590 คน

$Status_i$ คือ สัดส่วนของสถานะบุคลากร i

$Trip_i$ คือ จำนวนเที่ยวการเดินทางของบุคลากรแบ่งตามสถานะบุคลากรต่อสัปดาห์ (เที่ยวการเดินทางต่อสัปดาห์)

Van_i คือ สัดส่วนการใช้รถตู้แบ่งตามสถานะบุคลากร

Paxv คือ จำนวนผู้โดยสารรถตู้ตามสมมติฐาน จำนวน 15 คน

$Disv_i$ คือ ระยะทางการเดินทางโดยใช้รถตู้แบ่งตามสถานะบุคลากร (กม.)

$Taxi_i$ คือ สัดส่วนการใช้รถแท็กซี่แบ่งตามสถานะบุคลากร

$Dist_i$ คือ ระยะทางการเดินทางโดยใช้รถแท็กซี่แบ่งตามสถานะบุคลากร (กม.)

Row_i คือ สัดส่วนการใช้รถสองแถวแบ่งตามสถานะบุคลากร

Paxr คือ จำนวนผู้โดยสารรถสองแถวตามสมมติฐาน จำนวน 15 คน

$Disr_i$ คือ ระยะทางการเดินทางโดยใช้รถสองแถวแบ่งตามสถานะบุคลากร (กม.)

Mc_i คือ สัดส่วนการใช้รถจักรยานยนต์แบ่งตามสถานะบุคลากร

$Dismc_i$ คือ ระยะทางการเดินทางโดยใช้รถจักรยานยนต์แบ่งตามสถานะบุคลากร (กม.)

จะใช้ค่าต่างๆ ดังตารางที่ 5.20

ตารางที่ 5.20 ค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถตู้ รถแท็กซี่ รถสองแถว รถจักรยานยนต์

i	Van_i	$Taxi_i$	Row_i	MC_i
1	0.0644	0.0022	0.0148	0.0622
2	0.0301	-	0.0138	0.0408
3	0.0411	-	-	0.0799

Con_{Vanngv} คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV เท่ากับ 8 กม./กก.

Con_{Taxi} คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถแท็กซี่เท่ากับ 11.95 กม./กก.

Con_{Row} คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถสองแถวเท่ากับ 11.11 กม./ลิตร

Con_{Mc} คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถจักรยานยนต์เท่ากับ 30 กม./ลิตร

5.7.1.4 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย

สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยจะพิจารณาแบ่งตามประเภทการใช้เชื้อเพลิงดังสมการที่ 5.28

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{2}\left(Pop*Status_i*Trip_i*Popcar_i*\frac{1}{Paxpop}*F_j*\frac{Dispop}{Con_j} \right) \quad (5.28)$$

โดยที่แต่ละตัวแปรมีความหมายดังต่อไปนี้

Pop คือ จำนวนบุคลากรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีจำนวน 45,590 คน

$Status_i$ คือ สัดส่วนของสถานะบุคลากร i

$Trip_i$ คือ จำนวนเที่ยวการเดินทางของบุคลากรแบ่งตามสถานะบุคลากรต่อสัปดาห์ (เที่ยวการเดินทางต่อสัปดาห์)

$Popcar_i$ คือ สัดส่วนการใช้รถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยแบ่งตามสถานะบุคลากร

Paxpop คือ จำนวนผู้โดยสารรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยตามสมมติฐานจำนวน45.68 คน

Dispop คือ ระยะทางการเดินทางโดยใช้รถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยตามสมมติฐาน ระยะทาง 2.57 กม.

จะใช้ค่าต่างๆ ดังตารางที่ 5.21

ตารางที่ 5.21 ค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย

i	$Popcar_i$
1	0.1296
2	0.1258
3	0.0502

F_j คือ สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงสำหรับรถประจำทาง

Con_j คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ประเภทต่างๆ (กม./หน่วยพลังงาน)

จะใช้ค่าต่างๆ ดังตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.22 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถประจำทาง

j	F_j		Con_j
1	Diesel	0.38	2.41
2	LPG	0.62	1.31

5.7.1.5 สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถไฟฟ้า (BTS) รถไฟใต้ดิน (MRT) รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (Airport Link)

สมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรถไฟฟ้า (BTS) รถไฟใต้ดิน (MRT) รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (Airport Link) จะพิจารณาแบ่งตามประเภท ดังสมการที่ 5.29-5.31

สำหรับรถไฟฟ้า (BTS)

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\left(\text{Pop}*\text{Status}_i*\text{Trip}_i*\text{BTS}_i*\frac{1}{\text{Paxbts}}*\frac{\text{Disbts}_i}{\text{Con}_{\text{BTS}}} \right) \quad (5.29)$$

สำหรับรถไฟใต้ดิน (MRT)

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\left(\text{Pop}*\text{Status}_i*\text{Trip}_i*\text{MRT}_i*\frac{1}{\text{Paxmrt}}*\frac{\text{Dismrt}_i}{\text{Con}_{\text{MRT}}} \right) \quad (5.30)$$

สำหรับรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (Airport Link)

$$\text{Activity data} = \sum_{i=1}^{3}\left(\text{Pop}*\text{Status}_i*\text{Trip}_i*\text{APL}_i*\frac{1}{\text{Paxapl}}*\frac{\text{Disapl}_i}{\text{Con}_{\text{APL}}} \right) \quad (5.31)$$

โดยที่แต่ละตัวแปรมีความหมายดังต่อไปนี้

Pop คือ จำนวนบุคลากรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีจำนวน 45,590 คน

$Status_i$ คือ สัดส่วนของสถานะบุคลากร i

$Trip_i$ คือ จำนวนเที่ยวการเดินทางของบุคลากรแบ่งตามสถานะบุคลากรต่อสัปดาห์ (เที่ยวการเดินทางต่อสัปดาห์)

BTS_i คือ สัดส่วนการใช้รถไฟฟ้าแบ่งตามสถานะบุคลากร

Paxbts คือ จำนวนผู้โดยสารรถไฟฟ้าตามสมมติฐานจำนวน 944.98 คน

$Disbts_i$ คือ ระยะทางการเดินทางโดยใช้รถไฟฟ้าแบ่งตามสถานะบุคลากร (กม.)

MRT_i คือ สัดส่วนการใช้รถไฟใต้ดินแบ่งตามสถานะบุคลากร

Paxmrt คือ จำนวนผู้โดยสารรถไฟใต้ดินตามสมมติฐานจำนวน 419.44 คน

$Dismrt_i$ คือ ระยะทางการเดินทางโดยใช้รถไฟใต้ดินแบ่งตามสถานะบุคลากร (กม.)

APL_i คือ สัดส่วนการใช้รถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแบ่งตามสถานะบุคลากร

Paxapl คือ จำนวนผู้โดยสารรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนตามสมมติฐานจำนวน 310.73 คน

$Disapl_i$ คือ ระยะทางการเดินทางโดยใช้รถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแบ่งตามสถานะบุคลากร (กม.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Con_{BTS} คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถไฟฟ้าเท่ากับ 0.088 กม./กิโลวัตต์-ชม.

Con_{MRT} คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถไฟใต้ดินเท่ากับ 0.118 กม./กิโลวัตต์-ชม.

Con_{APL} คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนเท่ากับ 0.037 กม./กิโลวัตต์-ชม.

ตารางที่ 5.23 ค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถไฟฟ้า (BTS) รถไฟใต้ดิน (MRT) รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (Airport Link)

i	BTS_i	MRT_i	APL_i
1	0.1556	0.1189	0.0127
2	0.1844	0.1235	0.0062
3	0.0571	0.0548	-

5.8 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.8.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วง 1 สัปดาห์

เมื่อนำข้อมูลที่เก็บได้จากบทที่ 4 มาใส่ในสมการการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหัวข้อที่ 5.7 แล้วแปลงค่าด้วย Emission Factor จากหัวข้อที่ 4.3 สำหรับแต่ละประเภทเชื้อเพลิงจะได้ผลลัพธ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วง 1 สัปดาห์สำหรับแต่ละกลุ่มตัวอย่างและรูปแบบการเดินทางดังนี้

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรใน 1 สัปดาห์มีปริมาณเท่ากับ 230,730 $kgCO_2eq$ เมื่อแบ่งตามประเภทกลุ่มตัวอย่างพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากกลุ่มอาจารย์/เจ้าหน้าที่มากที่สุดเท่ากับ 107,533 $kgCO_2eq$ รองลงมาได้แก่กลุ่มนิสิตปริญญาตรีเท่ากับ 72,387 $kgCO_2eq$ กลุ่มปริญญาโท/เอกเท่ากับ 50,810 $kgCO_2eq$ ซึ่งมีแนวโน้มใกล้เคียงกับพฤติกรรมการเดินทางทั้งจำนวนบุคลากรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวนเที่ยวการเดินทางและการเลือกรูปแบบการเดินทางที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละประเภทกลุ่มตัวอย่าง เมื่อแบ่งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางสำหรับแต่ละประเภทกลุ่มตัวอย่างจะได้ผลดังนี้

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางของกลุ่มนิสิตปริญญาตรี 3 อันดับแรกได้แก่ การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลมีปริมาณเท่ากับ 51,446 $kgCO_2eq$ การเดินทางด้วยรถประจำทางเท่ากับ 5,742 $kgCO_2eq$ การเดินทางด้วยรถตู้เท่ากับ 3,397 $kgCO_2eq$ ตามลำดับ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางของกลุ่มนิสิตปริญญาโท/เอก 3 อันดับแรกได้แก่ การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลมีปริมาณเท่ากับ 44,834 $kgCO_2eq$ การเดินทางด้วยรถไฟใต้ดินเท่ากับ 1,183 $kgCO_2eq$ การเดินทางด้วยรถประจำทางเท่ากับ 1,068 $kgCO_2eq$ ตามลำดับ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางของกลุ่มกลุ่มอาจารย์/เจ้าหน้าที่ 3 อันดับแรกได้แก่ การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลมีปริมาณเท่ากับ 97,697 $kgCO_2eq$ การเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์เท่ากับ 5,455 $kgCO_2eq$ การเดินทางด้วยรถประจำทางเท่ากับ 2,492 $kgCO_2eq$ ตามลำดับ

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากที่สุดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรสำหรับทุกรูปแบบการเดินทาง 5 อันดับแรกได้แก่ การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลของกลุ่มอาจารย์/เจ้าหน้าที่เท่ากับ 97,697 $kgCO_2eq$ การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลของนิสิตปริญญาตรีเท่ากับ 51,446 $kgCO_2eq$ การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลของนิสิตปริญญาโท/เอกเท่ากับ 44,834 $kgCO_2eq$ การเดินทางด้วยรถประจำทางของกลุ่มนิสิตปริญญาตรีเท่ากับ 5,742 $kgCO_2eq$ และการเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์ของกลุ่มอาจารย์/เจ้าหน้าที่เท่ากับ 5,455 $kgCO_2eq$ ดังตารางที่ 5.24

ตารางที่ 5.24 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละรูปแบบการเดินทางแยกตามสถานะบุคลากร

สถานะ	นิสิตปริญญาตรี	นิสิตปริญญาโท/เอก	อาจารย์/เจ้าหน้าที่	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
รถยนต์ส่วนบุคคล	51,466	44,834	97,697	**193,997**
รถประจำทาง	5,742	1,068	2,492	**9,301**
รถตู้	3,397	908	881	**5,186**
รถแท็กซี่	614	-	-	**614**
รถสองแถว	234	61	-	**296**
รถจักรยานยนต์	2,285	978	5,455	**8,718**
รถโดยสารภายในจุฬาฯ	2,082	784	273	**3,139**
รถไฟฟ้า	1,590	744	228	**2,562**
รถไฟใต้ดิน	2,689	1,183	510	**4,381**
รถไฟขนส่งมวลชน	2,288	249	-	**2,537**
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO2eq)	**72,387**	**50,810**	**107,533**	**230,730**

เมื่อพิจารณาถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางในส่วนของจำนวนเที่ยวการเดินทางและระยะการเดินทางสำหรับทุกรูปแบบการเดินทางพบว่าช่วงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางของบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วง 1 สัปดาห์มีค่าอยู่ในช่วง 74,333-355,019 $kgCO_2eq$ พบว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลของกลุ่มอาจารย์/เจ้าหน้าที่มีค่าอยู่ในช่วง 41,898-127,362 $kgCO_2eq$ รองลงมาได้แก่การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลของกลุ่มนิสิตปริญญาตรีมีค่าอยู่ในช่วง 7,323-84,048 $kgCO_2eq$ การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลของกลุ่มนิสิตปริญญาโท/เอกมีค่าอยู่ในช่วง 10,281-78,924 $kgCO_2eq$ แสดงดังตารางที่ 5.25

ตารางที่ 5.25 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละรูปแบบการเดินทางแยกตามสถานะบุคลากร

สถานะ / รูปแบบการเดินทาง	นิสิตปริญญาตรี	นิสิตปริญญาโท/เอก	อาจารย์/เจ้าหน้าที่	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_2eq$)
รถยนต์ส่วนบุคคล	7,323-84,048	10,281-78,924	41,898-127,362	**59,411-290,335**
รถประจำทาง	2,028-9,967	316-2,184	902-4,361	**3,247-16,512**
รถตู้	1,622-5,408	332-1,742	573-1,235	**2,527-8,384**
รถแท็กซี่	570-657	-	-	**570-657**
รถสองแถว	148-332	27-109	-	**175-441**
รถจักรยานยนต์	318-4,528	107-2,339	700-12,789	**1,125-19,657**
รถโดยสารภายในจุฬาฯ	1,934-2,231	554-1,015	247-298	**2,734-3,544**
รถไฟฟ้า	637-2,674	234-1,499	93-386	**964-4,559**
รถไฟใต้ดิน	1,380-4,170	450-2,237	305-746	**2,135-7,153**
รถไฟขนส่งมวลชน	1,297-3,406	149-371	-	**1,445-3,777**
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO2eq)	**17,165-117,442**	**12,449-90,420**	**12,449-90,420**	**74,333-355,019**

5.8.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงเวลา 1 ปี

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้จะใช้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในเวลา 1 สัปดาห์เพื่อเป็นตัวแทนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วนำมาคูณกับจำนวนสัปดาห์ตามสมมุติฐาน จำนวนสัปดาห์ที่ใช้จะพิจารณาจากจำนวนสัปดาห์ที่มหาวิทยาลัยเปิดทำการใน 1 ปี โดยอ้างอิงจากสมมุติฐานจากการวิเคราะห์ในส่วนที่ 1 สามารถหาผลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลา 1 ปี ได้ดังสมการที่ 5.32

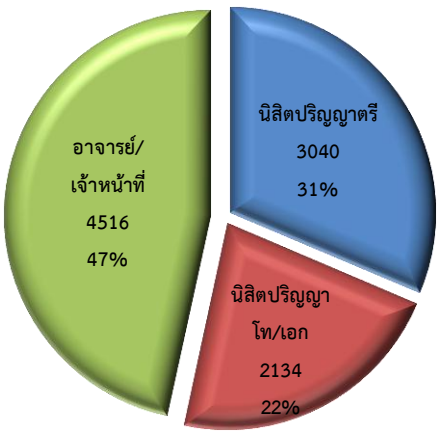
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลา 1 ปี

= ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลา 1 สัปดาห์ * จำนวนสัปดาห์ตามสมมติฐาน (5.32)

= **230,730** * 42

= 9,690,672 kgCO_2eq /ปี หรือ 9,691 TonsCO_2eq/ปี

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรในช่วงเวลา 1 ปีแบ่งตามประเภทบุคลากรพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากกลุ่มอาจารย์/เจ้าหน้าที่มากที่สุดเท่ากับ 4,516 TonsCO_2eq/ปี คิดเป็น 47 % ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมการเดินทางมายังมหาวิทยาลัยที่มีจำนวนเที่ยวการเดินทางใน 1 สัปดาห์สูงที่สุดในจำนวนกลุ่มตัวอย่างและการเลือกรูปแบบการเดินทางที่มีสัดส่วนการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลมากที่สุด รองลงมาได้แก่ กลุ่มนิสิตปริญญาตรี 3,040 TonsCO_2eq/ปี คิดเป็น 31 % นิสิตปริญญาโท/เอก 2,134 TonsCO_2eq/ปี คิดเป็น 22 % แสดงผลดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงเวลา 1 ปี หน่วย : TonsCO_2eq

เมื่อพิจารณาผลของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของบุคลากร พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและมหาวิทยาลัยของบุคลากรในช่วงเวลา 1 ปีแบ่งตามสถานะของกลุ่มตัวอย่างมีค่าดังตารางที่ 5.26

ตารางที่ 5.26 ช่วงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงเวลา 1 ปี

สถานะบุคลากร	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($TonsCO_2eq$)
นิสิตปริญญาตรี	780-5,613
นิสิตปริญญาโท/เอก	604-4,418
อาจารย์/เจ้าหน้าที่	2,233-7,260
ปริมาณรวม	3,616-17,292

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงเวลา 1 ปีแบ่งตามรูปแบบการเดินทางพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลมากที่สุดมีปริมาณเท่ากับ 8,148 $TonsCO_2eq$ คิดเป็น 84.08 % ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รองลงมาได้แก่ รถประจำทางมีปริมาณเท่ากับ 394 $TonsCO_2eq$ คิดเป็น 4.03 % รถจักรยานยนต์มีปริมาณเท่ากับ 366 $TonsCO_2eq$ คิดเป็น 3.78 % รถตู้มีปริมาณเท่ากับ 218 $TonsCO_2eq$ คิดเป็น 2.25 % รถไฟใต้ดินมีปริมาณเท่ากับ 184 $TonsCO_2eq$ คิดเป็น 1.90 % แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5.27

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งตามรูปแบบการเดินทางข้างต้นมีแนวโน้มที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการเลือกใช้รูปแบบการเดินทางของกลุ่มตัวอย่างและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรูปแบบการเดินทางนั้นๆ พบว่าการเดินทางของกลุ่มบุคลากรส่วนใหญ่เดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลจึงส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากรถยนต์ส่วนบุคคลมีปริมาณมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.27 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงเวลา 1 ปีแบ่งตามรูปแบบการเดินทาง

รูปแบบการเดินทาง	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($TonsCO_2eq$)	สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (%)
รถยนต์ส่วนบุคคล	8,148	84.08
รถประจำทาง	391	4.03
รถตู้	218	2.25
รถแท็กซี่	26	0.27
รถสองแถว	12	0.13
รถจักรยานยนต์	366	3.78
รถโดยสารภายในจุฬาฯ	132	1.36
รถไฟฟ้า	108	1.11
รถไฟใต้ดิน	184	1.90
รถไฟขนส่งมวลชน	107	1.10
ผลรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	9,691	100.00

5.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบกับพื้นที่การศึกษาอื่นๆ

ในหัวข้อนี้จะทำการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่วิเคราะห์ได้เทียบกับพื้นที่การศึกษาอื่นๆ ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

จากการเปรียบเทียบพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและสถานศึกษาในช่วงเวลา 1 ปีของมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนียมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4,500 $TonsCO_2eq$ มีจำนวนบุคลากรทั้งสิ้น 40,017 คนสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อจำนวนบุคลากรเท่ากับ 0.11 $TonsCO_2eq$ /คน/ปีแสดงดังตารางที่ 5.28

จากการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงเวลา 1 ปีมีปริมาณ 9,691 $TonsCO_2eq$ /ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีจำนวนบุคลากรทั้งสิ้น 45,590 คนสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อจำนวนบุคลากรเท่ากับ 0.21 $TonsCO_2eq$ /คน/ปี

ตารางที่ 5.28 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและสถานศึกษาในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับพื้นที่การศึกษาอื่นๆ

พื้นที่การศึกษา	จำนวนบุคลากร (คน)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (TonsCO_2eq/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (TonsCO_2eq/คน/ปี)	แหล่งที่มา
University of Pennsylvania	40,017	4500	0.11	Jaime Lee และคณะ (2007)
University of Maryland, College Park	42,078	48,881	1.16	Tilley และคณะ (2009)
DeMontfort University, Leicester	25,580	9,477	0.37	Ozawa – Meida และคณะ (2011)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

เนื้อหาในบทนี้เป็นการสรุปผลของการศึกษาการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยจะแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ส่วนที่ 2 คือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1 สรุปผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 การวิเคราะห์สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาวิจัยในส่วนนี้ได้ใช้พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นกรณีศึกษาเนื่องจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีที่ตั้งอยู่บริเวณใจกลางเมืองและมีพื้นที่เป็นบริเวณกว้างเชื่อมสองฝั่งถนนพญาไทและถนนอังรีดูนังต์ทำให้มีปริมาณการเดินทางเกิดขึ้นภายในพื้นที่เป็นจำนวนมาก การวิจัยในครั้งนี้ได้มีการคิดสมการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยสมการดังกล่าวจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมเพื่อหาปริมาณการทำกิจกรรมโดยจะได้ผลลัพธ์ในรูปของปริมาณเชื้อเพลิง จากนั้นจึงได้ทำการแปลงค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่คำนวณได้จากข้อมูลกิจกรรม โดยใช้ค่า Emission Factor จากองค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก องค์กรนี้เป็นองค์กรที่ได้รับการยอมรับจากหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ในการทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจก จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ภายใต้สมมุติฐานดังนี้

สมมติฐานสำหรับการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในพื้นที่การศึกษา

- จำนวนวันที่ใช้จะพิจารณาจากจำนวนวันที่มหาวิทยาลัยเปิดทำการใน 1 ปี
- พิจารณาระยะทางของการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่การศึกษาเท่านั้น

- ระยะของการเดินทางที่เกิดขึ้นนั้นเป็นระยะทางที่สั้นที่สุดสำหรับแต่ละเที่ยวการเดินทาง (Shortest Path)

จากการเก็บข้อมูลภาคสนามทั้งการนับปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นในพื้นที่และการสัมภาษณ์ข้อมูลพื้นฐานของบุคคลและยานพาหนะที่ใช้ เป็นต้น ผู้วิจัยจะสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ได้ดังนี้ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นใน 1 วันมีปริมาณเท่ากับ 3,281.36 $kgCO_2eq$ โดยจะแบ่งเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางโดยใช้รถยนต์ส่วนตัวเท่ากับ 3,103.10 $kgCO_2eq$ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากยานพาหนะส่วนกลางของมหาวิทยาลัยเท่ากับ 178.26 $kgCO_2eq$ เมื่อนำผลรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การศึกษาในช่วงเวลา 1 วัน มาคูณกับจำนวนวันตามสมมุติฐาน สามารถหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลา 1 ปีตามข้อจำกัดของขอบเขตงานวิจัยและสมมุติฐานของงานวิจัยได้เท่ากับ 984,408 $kgCO_2eq$ หรือเท่ากับ 984.4 Tonnes-CO_2eq

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยในส่วนนี้ได้ใช้บุคลากรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นประชากรซึ่งประกอบไปด้วย นิสิตปริญญาตรี นิสิตปริญญาโท นิสิตปริญญาเอก อาจารย์และเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัย โดยได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะพฤติกรรมการเดินทางมายังมหาวิทยาลัยคือ กลุ่มนิสิตปริญญาตรี กลุ่มนิสิตปริญญาโท/เอกและกลุ่มอาจารย์/เจ้าหน้าที่ จากนั้นจึงได้นำข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางและข้อมูลรูปแบบการเดินทางที่ได้ทำการสำรวจมาวิเคราะห์ในสมการการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยสมการดังกล่าวจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลการเดินทางสำหรับแต่ละรูปแบบการเดินทางแบ่งตามสถานะของกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้ผลของข้อมูลกิจกรรมใกล้เคียงกับพฤติกรรมการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง จากนั้นจึงได้ทำการแปลงค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่คำนวณได้จากข้อมูลกิจกรรม โดยใช้ค่า Emission Factor จากองค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก การวิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมดังที่กล่าวมาเป็นวิเคราะห์ภายใต้สมมุติฐานดังนี้

สมมติฐานสำหรับการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ในการเดินทาง 1 วันจะมีการเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและสถานศึกษา 2 เที่ยวการเดินทาง และรูปแบบการเดินทางเหมือนกันทั้งขาไปและขากลับ
- จำนวนสัปดาห์ที่ใช้จะพิจารณาจากจำนวนสัปดาห์ที่มหาวิทยาลัยเปิดทำการใน 1 ปี

จากการเก็บข้อมูลและสมมติฐานดังกล่าว ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรในช่วงเวลา 1 สัปดาห์ได้ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 230,730 kgCO_2eq เมื่อนำผลรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางของบุคลากรในช่วงเวลา 1 สัปดาห์ มาคูณกับจำนวนสัปดาห์ตามสมมติฐาน สามารถหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลา 1 ปีตามข้อจำกัดของขอบเขตงานวิจัยและสมมติฐานของงานวิจัยได้เท่ากับ 9,691 Tons-CO_2eq โดยจะแบ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกลุ่มนิสิตปริญญาตรีเท่ากับ 3,040 Tons-CO_2eq คิดเป็น 31% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากร กลุ่มนิสิตปริญญาโท/เอกเท่ากับ 2,134 Tons-CO_2eq คิดเป็น 22% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากร กลุ่มอาจารย์/เจ้าหน้าที่เท่ากับ 4,516 Tons-CO_2eq คิดเป็น 47% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากร สำหรับรูปแบบการเดินทางที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 84.08% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากร รองลงมาได้แก่ รถประจำทาง 4.03% รถจักรยานยนต์ 3.78% รถตู้ 2.25% และรถไฟใต้ดิน 1.90% ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพฤติกรรมพบว่าช่วงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไป-กลับของบุคลากรระหว่างที่พักและสถานศึกษาจะอยู่ในช่วง 3,616-17,292 Tons-CO_2eq/ปี

จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการเดินทางและขนส่งที่ใช้จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นกรณีศึกษามีปริมาณเท่ากับ 10,675 Tons-CO_2eq สามารถแบ่งประเภทผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน 1 ปีดังนี้ ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct Greenhouse Gas Emission) มีค่าเท่ากับ 53.48 Tons-CO_2eq คิดเป็น 0.51% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Indirect Greenhouse Gas Emission) มีค่าเท่ากับ 10,621.52 Tons-CO_2eq คิดเป็น 99.49% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

เมื่อสรุปผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลา 1 ปีพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่จะเกิดจากการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักและสถานศึกษาของบุคลากรเมื่อพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งตามสถานะบุคลากรพบว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากกลุ่มอาจารย์เจ้าหน้าที่ 0.56 Tons-CO_2eq/คน/ปีรองลงมาได้แก่กลุ่มนิสิตปริญญาตรี 0.18 Tons-CO_2eq/คน/ปี กลุ่มนิสิตปริญญาโท/เอก 0.17 Tons-CO_2eq/คน/ปี

ตามลำดับสำหรับรูปแบบการเดินทางที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดได้แก่การเดินทางโดยใช้รถยนต์ส่วนบุคคล

6.2 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

จากผลการศึกษาในงานวิจัยในครั้งนี้ทางผู้วิจัยได้เสนอแนะแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางของบุคลากรดังนี้

- สนับสนุนให้บุคลากรของมหาวิทยาลัยใช้ระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้นเนื่องจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ที่มีระบบขนส่งสาธารณะเข้าถึงอย่างหลากหลายเช่น รถไฟฟ้า รถไฟใต้ดิน เป็นต้นโดยการขอความร่วมมือจากผู้ให้บริการระบบขนส่งต่างๆ เช่นขอสิทธิส่วนลดค่าโดยสารการเดินทางสำหรับนิสิตเป็นกรณีพิเศษ โดยที่จะได้ประโยชน์ทั้งมหาวิทยาลัยในส่วนของการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอการเดินทางของบุคลากร และระบบการขนส่งนั้นๆจะได้จำนวนผู้โดยสารเพิ่มขึ้น
- มีการจัดสรรที่พักอาศัยสำหรับอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยเพื่อเป็นสวัสดิการพนักงานของมหาวิทยาลัยนอกจากลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางยังส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของบุคลากรเนื่องจากลดการสิ้นเปลืองเวลาในการเดินทางจากการจราจรที่ติดขัดของกรุงเทพมหานคร
- เพิ่มการจัดเก็บค่าธรรมเนียมที่จอดรถสำหรับนิสิตและบุคคลโดยทั่วไปเพื่อนำรายได้มาสนับสนุนระบบการขนส่งและสิ่งแวดล้อมในมหาวิทยาลัยเช่นเพิ่มจำนวนการให้บริการจักรยานและจุดจอดจักรยานภายในมหาวิทยาลัย เพิ่มจำนวนเส้นทางและขยายระยะทางการให้บริการของรถโดยสารสำหรับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นต้น

6.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

จากการทำงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พบเห็นถึงปัญหาและข้อจำกัดของการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

- เนื่องจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นมหาวิทยาลัยเปิดและตั้งอยู่ใจกลางเมือง ทำให้มีปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยเป็นจำนวนมากทั้งที่เกิดจากการเดินทางของบุคลากรที่เดินทางมาติดต่อกับมหาวิทยาลัย และบุคคลทั่วไปที่ใช้มหาวิทยาลัยเป็นทางผ่านเพื่อหลีกเลี่ยงการจราจรที่ติดขัด ทำให้ปริมาณการเดินทางที่สำรวจได้อาจมีความคลาดเคลื่อนจากเหตุดังกล่าว

- จำนวนกลุ่มตัวอย่างสำหรับการสำรวจข้อมูลส่วนบุคคลเกิดจากการสำรวจปริมาณการเดินทาง จากหัวข้อข้างต้นดังนั้นการคำนวณหาค่าตัวคูณเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก อาจมีความคลาดเคลื่อนจากเหตุดังกล่าวได้
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเดินทางของผู้ที่มาติดต่อกับทางมหาวิทยาลัยมีการพิจารณาเฉพาะการเดินทางที่เกิดขึ้นในพื้นที่การศึกษาเท่านั้น เนื่องจากไม่สามารถเก็บข้อมูลการเดินทางตั้งแต่ที่พักอาศัยถึงจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้

6.4 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยในอนาคต

จากกรณีตัวอย่างในการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสถานศึกษา ซึ่งพบปัญหาจากการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ และมีแนวทางในการแก้ไขสำหรับงานวิจัยในอนาคต ดังนี้

- เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณการเดินทางที่เกิดจากสำรวจข้อมูลปฐมภูมิ อาจจะมีการใช้เทคโนโลยีเพื่อบันทึกการเข้า-ออก ของยานพาหนะที่เดินทางมายังมหาวิทยาลัย โดยใช้การกำหนดช่วงเวลาของขอบเขตการเก็บข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณการเดินทางของยานพาหนะที่เดินทางมายังมหาวิทยาลัยให้แม่นยำมากขึ้น
- ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลส่วนบุคคลในพื้นที่การศึกษาและข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของบุคลากรเพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้น อาจจะเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 500 ตัวอย่างในแต่ละพื้นที่การศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Braham, W., Malkawi, A., Martin, M., Jaime, L., Williams, S., Bernstein, E., & Gabrielian, A. (2007). University of Pennsylvania: Carbon Footprint (pp. 1-49).

Fahrni, L., Rydin, Y., Tunesi, S., & Maslin, M. (2008). TRAVEL RELATED CARBON FOOTPRINT: a case study using the UCL Environment Institute (pp. 1-18): UCL Environment Institute & Urban Buzz.

Godard, R. D., & Latty, E. (2007). The Carbon Footprint of Hollins University 2003-2007 (pp. 1-11): Hollins University.

Klein-Banai, C. (2007). Greenhouse Gas Inventory for the University of Illinois at Chicago, (pp. 1-14).

Ozawa-Meida, L., Brockway, P., Letten, K., Davies, J., & Fleming, P. (2011). Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint : De Montfort University case study. *Journal of Cleaner Production*, 1-14.

Tilley, D., Serour, R., Ruth, M., Ross, K., Horin, C., & Ness, L. (2009). Carbon Footprint of the University of Maryland,College Park: An Inventory of Greenhouse Gas Emissions, 2002-2008 (pp. 1-41): The Center for Integrative Environmental Research (CIER).

Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A Definition of 'Carbon Footprint' (pp. 1-11). Ecological Economics Research Trends, ISAUK Research Report 07-01, USA.

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2556). ภาวะเรือนกระจก. Retrieved 12 พฤษภาคม, 2556, from http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=20

กองนโยบายและแผนงาน สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร. (2555). รายงานการศึกษาข้อมูลผู้ใช้บริการระบบขนส่งมวลชนทางบกบนราง (รถไฟ รถไฟฟ้าบีทีเอส และรถไฟฟ้ามหานคร).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2556). ข้อมูลและสถิติ. Retrieved 28 สิงหาคม, 2556, from http://www.chula.ac.th/about/fact/index/html

บริษัท พลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม จำกัด. (2556). ข้อมูลรถโดยสารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ปอ.พ).

บริษัท รถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. จำกัด (มหาชน). (2557). ข้อมูลจำนวนเที่ยวการให้บริการ จำนวนผู้โดยสาร และอัตราการใช้พลังงานรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน.

บริษัท รถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน). (2558). ข้อมูลจำนวนเที่ยวการให้บริการและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรถไฟใต้ดิน.

บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน). (2558). ตารางการให้บริการรถไฟฟ้า. Retrieved 30 มีนาคม 2558, from http://www.bts.co.th/customer/th/pdf/ServiceTimetable.pdf

สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข). (2555). โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนแม่บทในการพัฒนาระบบการขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.

องค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพ. (2558). ข้อมูลจำนวน ประเภทและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถประจำทาง

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2555). ช่วยโลกคลายร้อน@องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (Vol. 1): บริษัท พีทู ดีไซน์ แอนด์ พริ้นท์ จำกัด.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ยุคันต์ทิวัตถ์ กมลาสน์กุล เกิดวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2533 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อปีการศึกษา 2550 จากโรงเรียนวัดสุทธิวราราม จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา เมื่อปีการศึกษา 2554 จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา เมื่อปีการศึกษา 2557 จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University