การศึกษาหาตำแหน่งสถานีสลับแบตเตอรี่ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

วิชา โครงงานทางวิศวกรรมโยธา

The Study of Positioning of Battery Swapping of Electric Motorcycles Using Mathematical Models

the Civil Engineering Project

นายภูริวิชช์ พวงขาว[1] , นายมังกร ธรรมมาสถิตย์กุล[2] อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร. มาโนช โลหเตปานนท์[3]

[1,2,3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันที่โลกกำลังประสบปัญหาภาวะโลกร้อนที่มีความรุนแรงมากขึ้นในทุก ๆ ปี จึงทำให้การหันมาใช้ยานพาหนะไฟฟ้าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้มีการหันมาใช้ยานพาหนะไฟฟ้ามากขึ้น เพื่อเป็นการรองรับการเติบโตของผู้ใช้ยานพาหนะไฟฟ้าที่มากขึ้นเรื่อย ๆ สำหรับโครงงานนี้ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งสถานีสลับแบตเตอรี่สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อตอบสนองต่อความต้องการเพื่อให้ครอบคลุมกรุงเทพมหานคร ใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมผสาน โดยโครงงานนี้จะสามารถวิเคราะห์หาตำแหน่งตั้งสถานีสลับแบตเตอรี่ที่เหมาะสมจากตำแหน่งที่เราสนใจทั้งหมด 46 ตำแหน่ง เพื่อรองรับความต้องการใช้จากเขตทั้งหมดในกรุงเทพมหานคร จำนวน 50 เขต เพื่อให้ครอบคลุมความต้องการภายในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้เป็นข้อมูลจากผู้ใช้งานรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าของบริษัท ETRAN(Thailand) จำกัด เบื้องต้นพบว่าต้องตั้งสถานีเพิ่ม 4 แห่งเพื่อให้ครอบคลุมกรุงเทพมหานครและหากยิ่งมีผู้ใช้จักรยานยนต์ไฟฟ้าก็จำเป็นต้องตั้งสถานีเพิ่มขึ้นตาม โมเดลนี้สามารถให้คำแนะนำแก่ผู้ที่สนใจที่จะตั้งสถานีชาร์จแบตเตอรี่แบบสลับเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ประหยัดที่สุดเพื่อตอบสนองความต้องการใช้รถจักรยานยนต์ที่มากขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ:สถานีสลับแบตเตอรี่, รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า, แบบจำลองคณิตศาสตร์, แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมผสาน

Abstract

As the world is currently facing increasingly severe global warming issues each year, turning to electric vehicles has become an alternative to reduce the environmental impact. This has led to a growing adoption of electric vehicles to accommodate the increasing number of users. For this project, we have studied and analyzed the location of battery swapping stations for electric motorcycles to meet the demands in each district within Bangkok, using mathematical modeling by employing mixed integer programing. This project will enable us to identify the most suitable location and for battery swapping stations from the 57 positions we are interested in, to support the needs of all 50 districts in Bangkok and cover the entire area. The data used for this analysis comes from the electric motorcycle users of ETRAN Co., Ltd. Initially, it is found that four additional charging stations are needed to cover the entire Bangkok, and if there are more electric motorcycle users, it is necessary to increase the number of charging stations accordingly. This model can provide recommendations for those interested in setting up alternating battery charging stations to achieve the most cost-effective solution to meet the growing demand for motorcycle usage in the future.

Keywords: Battery swapping station, Electric motorcycle, Mathematical modeling, Mixed integer programing

1. บทนำ

1.1 บทนำที่มาและความสำคัญ

ในยุคปัจจุบันที่โลกกำลังเผชิญกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและภาวะโลกร้อนที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมของโลก การหันมาใช้ยานพาหนะที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง จากข้อมูลของกรมการขนส่งทางบก พบว่า การจดทะเบียนรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี โดยเฉพาะในปีพ.ศ. 2562 ที่เพิ่มขึ้นถึง 6 เท่าจากปีก่อนหน้า

ด้วยความตั้งใจในการส่งเสริมการใช้ยานพาหนะไฟฟ้า โครงงานนี้จึงมีเป้าหมายในการศึกษาและสำรวจตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการตั้งสถานีสลับแบตเตอรี่และสถานีชาร์จไฟฟ้าสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในกรุงเทพมหานคร การสำรวจและวางแผนที่เหมาะสมนี้จะช่วยให้ผู้ใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าสามารถเติมพลังงานอย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ ทั้งยังสามารถส่งเสริมให้มีผู้เลือกใช้ยานพาหนะไฟฟ้ามากขึ้น

เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว โครงงานนี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการศึกษาและค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการตั้งสถานีสลับแบตเตอรี่และสถานีชาร์จไฟฟ้าสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในกรุงเทพมหานคร โดยคำนึงถึงความสำคัญในการให้บริการที่รองรับความต้องการของผู้ใช้ยานพาหนะ พร้อมทั้งคำนึงถึงค่าใช้จ่ายและข้อจำกัดต่าง ๆ

ผลของโครงงานนี้จะช่วยให้นักวิจัย ผู้ดูแลระบบ และผู้สนับสนุนมีข้อมูลเพิ่มเติมในการวางแผนและพัฒนาสถานีบริการที่มีประสิทธิภาพสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า นอกจากนี้ ผลลัพธ์ที่ได้จากโครงงานนี้ยังสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาเทคนิคการวางแผนตำแหน่งสถานีบริการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับยานพาหนะไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับสถานีสลับแบตเตอรี่ไฟฟ้าสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในกรุงเทพมหานคร โดยพิจารณาข้อจำกัดและปัจจัยที่สำคัญต่าง ๆ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. โครงงานนี้เป็นการวิเคราะห์การหาจุดติดตั้งสถานีสลับแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในแต่ละเขตภายในกรุงเทพหานครโดยให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดและครอบคลุมทุกเขตของกรุงเทพมหานคร

2. มุ่งเน้นศึกษาในกลุ่มของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าของบริษัท ETRAN(Thailand) จำกัด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ทราบถึงตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งสถานีสลับแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในกรุงเทพมหานคร

2.เพื่อให้นักวิจัย, นักพัฒนาสถานีบริการไฟฟ้า, หรือผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาสถานีบริการ

2. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำโครงงานในการหาตำแหน่งจัดตั้งสถานีสลับแบตเตอรี่ไฟฟ้าสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าภายในกรุงเทพ ฯ เพื่อตอบสนองความต้องการเติมพลังงานของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในอนาคตโดยให้เสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งน้อยที่สุดและครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานคร เนื่องจากเราได้เล็งเห็นว่าผู้ขับขี่รถจักรยานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปีโดยดูจากอัตราการจดทะเบียนและคาดว่าคนจะหันมาใช้มากขึ้นในอนาคตโดยผู้จัดทำโครงงานได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลงานวิจัย วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและนำเสนอสาระสำคัญจากเอกสารตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 Designing an Optimize Electric Vehicle Charging Station Infrastructure for Urban Area: A Case study from Indonesia

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการหาตำแหน่งจัดตั้งสถานีชาร์จแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าและจักรยานยนต์ไฟฟ้าในพื้นที่เมือง Surabaya ประเทศอินโดนีเซีย โดยใช้ mixed-integer programming ในการหาตำแหน่งจุดติดตั้งที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ซึ่งมีความคล้ายกับโครงงานนี้

2.2 Optimal location of charging stations for electric vehicle in a neighborhood in Lisbon, Portugal

กำหนดการเชิงเส้นเป็นเทคนิคหนึ่งเพื่อใช้ในการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้กับปัญหาที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) และเงื่อนไขจำกัด โดยข้อจำกัดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะอยู่ในรูปสมการหรืออสมการก็ได้ แต่จะต้องเป็นสมการหรืออสมการเชิงเส้น

2.3 กำหนดการเชิงเส้น(Linear programing)

กำหนดการเชิงเส้นเป็นเทคนิคหนึ่งเพื่อใช้ในการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้กับปัญหาที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) และเงื่อนไขจำกัด โดยข้อจำกัดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะอยู่ในรูปสมการหรืออสมการก็ได้ แต่จะต้องเป็นสมการหรืออสมการเชิงเส้น

2.4 กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม(Integer programing)

2.4.1 Pure Integer Programing

ตัวแปรทุกตัวจะต้องเป็นจำนวนเต็ม

2.4.2 Binary Intger Programing

ตัวแปรทุกตัวจะต้องมีค่าเป็น 0 หรือ 1

2.4.3 Mixed-Integer Programing

เป็นการรวมหัวข้อที่ 2.4.1 และ 2.4.2 เข้าด้วยกัน

2.5 Haversine formula

Haversine formula เป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณระยะห่างระหว่างจุดสองจุดที่อยู่บนพื้นผิวทรงกลมโดยใช้พิกัดละติจูดและ

ลองจิจูดของทั้งสองจุดที่สนใจ โดยสามารถอธิบายขั้นตอนในการคำนวณในแต่ละขั้นตอนของ Haversine formula ได้ดังนี้

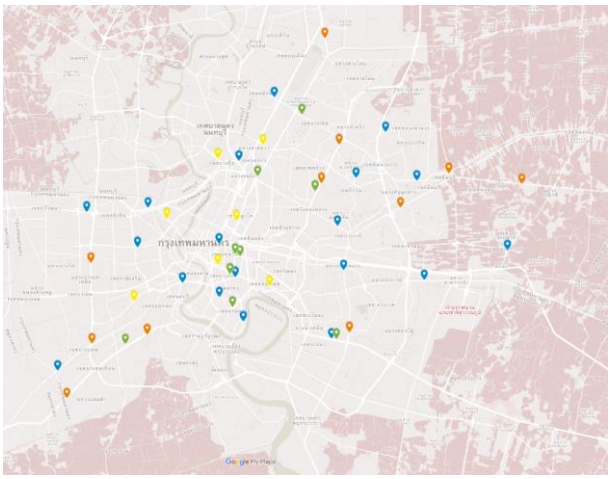
3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การคัดเลือกตำแหน่งที่สนใจ

ในขั้นตอนนี้เราได้ทำการศึกษาค้นคว้าหาตำแหน่งที่สามารถจัดตั้งสถานีสลับแบตเตอรี่ โดยมีวิธีการเลือกในเบื้องต้นคือเลือกสถานที่ที่สามารถพบเจอได้ง่าย เช่น สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงหรือปั๊มน้ำมัน ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น

เราได้สอบถามข้อมูลจากทางบริษัท ETRAN(Thailand) จำกัด เกี่ยวกับพาร์ทเนอร์ที่เป็นองค์กรของบริษัท ซึ่งได้แก่ PTTRM, Caltex และ ห้างสรรพสินค้าในเครือ Central รวมถึงสถานีสลับแบตเตอรี่ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกตำแหน่งที่น่าสนใจในการติดตั้งสถานีชาร์จรวมตำแหน่งสถานีที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นจำนวน 46 แห่งโดยแบ่งเป็นสถานีที่มีอยู่ในปัจจุบัน 7 แห่ง และ สถานีที่น่าสนใจ 39 แห่ง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สถานีที่มีอยู่(หมุดสีเหลือง)และสถานที่ที่น่าสนใจในการติดตั้งของ PTTRM(หมุดสีส้ม), Caltex(หมุดสีฟ้า) และ ห้างสรรพสินค้าในเครือ Central(หมุดสีเขียว)

3.2 การคำนวณหาระยะห่างระหว่างตำแหน่งที่คัดเลือกกับเขตในกรุงเทพมหานคร

สำหรับการคำนวณระยะห่างระหว่างตำแหน่งสองตำแหน่งสามารถคำนวณได้จาก Haversine formula ที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.5 โดยใช้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Python ที่ใช้คำนวนหาค่าระยะทางจากโปรแกรม ดังรูปที่ 2

Distance(1).py 1/5/2566 BE 15:33

```python
import pandas as pd
import math
import csv
import numpy as np

def distance(lat1, lon1, lat2, lon2):
    R = 6371 # radius of the earth in kilometers
    phi1 = math.radians(lat1)
    phi2 = math.radians(lat2)
    delta_phi = math.radians(lat2 - lat1)
    delta_lambda = math.radians(lon2 - lon1)
    a = math.sin(delta_phi / 2)**2 + math.cos(phi1) * math.cos(phi2) *
math.sin(delta_lambda / 2)**2
    c = 2 * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1 - a))
    d = R * c
    return d

# read the data from the CSV files
df_lat1 = pd.read_csv('Latitudes1.csv')
df_lon1 = pd.read_csv('Longitudes1.csv')
df_lat2 = pd.read_csv('Latitudes2.csv')
df_lon2 = pd.read_csv('Longitudes2.csv')

# convert the data frame to a series
s_lat1 = df_lat1.iloc[:,0]
s_lon1 = df_lon1.iloc[:,0]

# Output file path and name
output_file = "Distance(2).csv"

# Write the header row for the output file
with open(output_file, 'w', newline='') as outfile:
    writer = csv.writer(outfile)
    writer.writerow([""] + list(range(len(df_lat2)+1)))  # column headers
    for i in range(len(s_lat1)):
        row = [i]  # row header
        # get the latitude and longitude of the fixed point
        lat1 = s_lat1.iloc[i]
        lon1 = s_lon1.iloc[i]

        # get the distances from the fixed point to all other points
        distances = []
        for j in range(len(df_lat2)):
            # get the latitude and longitude of the other point
            lat2 = df_lat2.iloc[j]['Latitudes']
            lon2 = df_lon2.iloc[j]['Longitudes']

            # calculate the distance between the two points
            dist = distance(lat1, lon1, lat2, lon2)

            # append the distance to the distances list
            distances.append(dist)
            row.append(dist)

        # write the row to the output file
        writer.writerow(row)

        # print the distances for the current fixed point
        print(f"Distances from fixed point {i}: {distances}")
```

file:///Users/puriwit/Library/Thonny/temp/thonny_a_sqmqif.html Page 1 of 2

รูปที่ 2 โปรมแกรม Python ที่ใช้คำณวนหาค่าระยะทางขอบเขตงานวิจัย

โดยจะทำการคัดระยะทางที่มากกว่า 10 กิโลเมตรออกเนื่องจจากตัวสถานีทางบริษัท ETRAN(Thailand) จำกัดกำหนดให้ service area อยู่ที่ 10 กิโลเมตร

3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ตัวแปร e คือ ความจุแบตเตอรี่ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าบริษัท ETRAN (Thailand) จำกัด, m_j คือ ค่าใช้จ่ายรายวันของสถานี j, r_j คือ ค่าไฟฟ้าของสถานี j, w_i คือ ความต้องการใช้บริการสถานีชาร์จแบตเตอรี่สลับเขต i , x_j คือ สถานี j, y_{ij} คือ รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจากเขต i ที่ได้รับการให้บริการจากสถานี j, z_{ij} คือ จำนวนรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจากเขต i ที่ได้รับการให้บริการจากสถานี j, M คือ big m constant

Decision variable

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{ถ้าสถานี } j \text{ ถูกเลือก} \\ 0, & \text{ถ้าสถานี } j \text{ ไม่ถูกเลือก} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ถ้ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเขต } i \text{ ได้บริการจากสถานี } j \\ 0, & \text{ถ้ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเขต } i \text{ ไม่ได้บริการจากสถานี } j \end{cases}$$

Objective function เป็นการ Minimize cost ของค่าใช้จ่ายภายใน 1 วัน โดยเป็นผลรวมค่าไฟสถานี j กับ ค่าใช้จ่ายภายในสถานี j ดังสมการที่ 1

$$\sum_i \sum_j r_j e z_{ij} + \sum_j m_j x_j \qquad (1)$$

Objective function ขึ้นอยู่กับ constraints ต่อไปนี้

เงื่อนไขที่มีความหมายว่าทุกความต้องการในเขต i จะถูกให้บริการทั้งหมดจากสถานี j ดังสมการที่ 2

$$\sum_j z_{ij} = w_i \quad (2)$$

เงื่อนไขที่มีความหมายว่าสถานี j สามารถให้บริการได้เฉพาะกรณีที่ได้รับมอบหมาย ดังสมการที่ 3

$$z_{ij} \leq y_{ij} M \quad (3)$$

เงื่อนไขที่มีความหมายว่าทำให้แน่ใจว่าความต้องการจะถูกให้บริการโดยสถานีที่เปิดอยู่เท่านั้นดังสมการที่ 4

$$\sum_i y_{ij} \leq w_i \quad (4)$$

เงื่อนไขที่มีความหมายว่าจำนวนจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะใช้บริการได้ไม่เกินจำนวนให้บริการในแต่ละวันของสถานี j ดังสมการที่ 5

$$\sum_i z_{ij} \leq u_j \quad (5)$$

เงื่อนไขที่มีความหมายว่าสถานีตั้งแต่ 0,1,2,3,4,5,6 เป็นสถานีที่มีอยู่แล้ว ดังสมการที่ 6

$$x_i = 1 \ ; (\ i = 0,1,2,3,4,5,6) \quad (6)$$

Variable type constraints

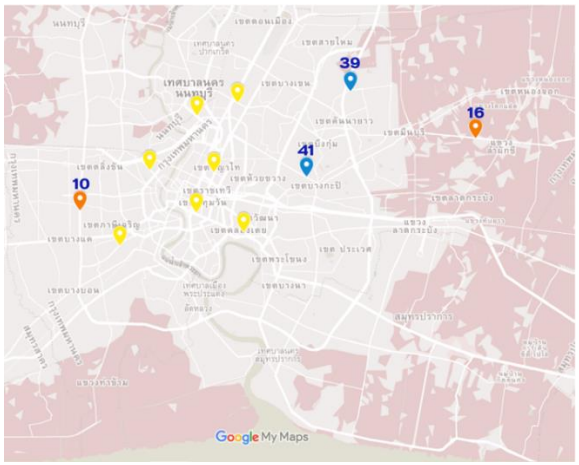
$$x_j = \{0,1\}$$
$$y_{ij} = \{0,1\}$$
$$u_j = \{0,1,2,3,\ldots,80\}$$
$$z_{ij} = \{0,1,2,3,\ldots\}$$

3.4 การคาดการณ์จำนวนผู้ใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในอนาคต

เนื่องจากทางบริษัท ETRAN(Thailand) จำกัดตั้งเป้าหมายให้ในปี 2023 จะมีผู้ใช้เพิ่มจากปี 2022 เป็นจำนวน 160 คนงานวิจัยนี้จึงทำการคาดการณ์จำนวนใช้งานรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในอีก 5 ปีข้างหน้าแบบ Linear regression ทั้งหมด 5 กรณีดังนี้ เพิ่มขึ้นปีละ 80 คน, เพิ่มขึ้นปีละ 120 คน, เพิ่มขึ้นปีละ 160 คน, เพิ่มขึ้นปีละ 240 คน และ เพิ่มขึ้นปีละ 320 คน โดยจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนผู้ใช้งานรถจักรยานยนต์ในแต่ละเขตภายในกรุงเทพมหานครในปี 2022

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากผลที่ได้จากการคาดการณ์จำนวนผู้ใช้รถจักรยานยนต์บริษัท ETRAN(Thailand) จำกัดทั้ง 5 กรณีเบื้องต้นพบว่าจะมีสถานีที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ผลลัพธ์ออกมาเหมือนเดิมอยู่ทั้งหมด 4 สถานี คือ 1. PTT บางแค (วงแหวน), 2. PTT สุวินทวงศ์ กม. 36 (ขาเข้า), 3. Caltex กวินออยล์ และ 4. Caltex ปาณิศพาณนท์ จึงคิดว่าสถานีดังกล่าวจะสามารถเป็นตัวเลือกแรกที่จะทำการติดตั้งสถานีก่อน และ สถานีดังกล่าวยังครอบคลุมความต้องการใช้สถานีภายในกรุงเทพมหานครตามการคาดการณ์ในกรณีที่ 1 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตำแหน่งที่ควรพิจารณาเป็นอันดับแรก

5. สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิเคราะห์หาตำแหน่งในการจัดตั้งสถานีสลับแบตเตอรี่สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อให้ครอบคลุมความต้องการใช้จากทุกเขตของกรุงเทพมหานครโดยให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด จากการสอบถามข้อมูลจากบริษัท ETRAN(Thailand) จำกัด เพื่อให้ได้ข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นแก่การวิเคราะห์หาคำตอบ โดยพิจารณาความต้องการจากพื้นที่ทั้งหมด 50 เขตกับตำแหน่งที่สามารถจัดตั้งสถานีได้ จำนวน 39 ตำแหน่ง โดยได้ตำแหน่งที่จะจะจัดตั้งสถานีสลับแบตเตอรี่ออกมาทั้งหมด 5 กรณี ตามการพยากรณ์การเพิ่มของจำนวนรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า 5 แบบ จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ พบว่า มีตำแหน่งที่เป็นตัวเลือกซ้ำที่พบได้ในหลายกรณีของคำตอบทั้งหมด 4 ตำแหน่ง โดยคำตอบที่ได้จากโมเดลนี้ยังไม่ได้พิจารณาค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่น ค่าเช่าพื้นที่ โดยคำตอบดังกล่าวจึงเป็นตัวเลือกพิจารณาในอันดับแรกหากจะมีการเปิดสถานีสลับแบตเตอรี่ขึ้น สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์และผลการวิจัยที่ได้จัดทำขึ้นนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้อง เป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้าให้เติบโตขึ้น รวมถึงเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในอนาคตแก่ผู้ที่สนใจ

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานทางวิศวกรรมโยธาเรื่อง การศึกษาหาตำแหน่งสถานีสลับแบตเตอรี่ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อหาตำแหน่งจัดตั้งสถานีสลับแบตเตอรี่ภายในกรุงเทพสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างสูงจาก รศ. ดร. มาโนจ โลหเตปานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ที่คอยให้คำความช่วยเหลือคอยตอบคำถามและให้คำปรึกษาแก่ผู้วิจัย รวมทั้งผลักดันให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณบริษัท ETRAN(Thailand) จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลจำนวนผู้ใช้รถจักรยานยนต์ในเขตกรุงเทพมหานครและตำแหน่งสถานีที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อใช้เป็นข้อมูลตัวอย่างในการสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

กัณวัตม์ ไชยารัศมี และดร. ชัชชัย คุณบัว. 2553. ระบบติดตาม และระบุตำแหน่งของวัตถุในพื้นที่โล่ง โดยใช้เครือข่ายตรวจจับไร้สาย. จาก https://gsbooks.gs.kku.ac.th/53/grc11/files/pmp4.pdf

กรมการขนส่งทางบก, กองแผนงาน, กลุ่มสถิติการขนส่ง. จำนวนรถจดทะเบียน (สะสม) จำแนกชนิดเชื้อเพลิง ณ วันที่. จาก https://web.dlt.go.th/statistics/

ปตท.บริหารธุรกิจค้าปลีก จำกัด. Map. จาก https://www.pttrm.com/front/Contactus/MapBranch.aspx

เชฟรอน (ไทย) จำกัด. ค้นหาสถานีบริการน้ำมัน. จาก https://www.caltex.com/th/find-us.html

เซ็นทรัลพัฒนา จำกัด (มหาชน). ที่ตั้งและเวลาเปิด/ปิด. จาก https://www.centralpattana.co.th/th/our-business/shopping-center

Inês et al. 2011. Optimal Location of Charging Stations for Electric Vehicles in a Neighborhood in Lisbon, Portugal.

Nissa et al. 2022. Designing an Optimized Electric Vehicle Charging Station Infrastructure for Urban Area: A Case study from Indonesia.

Manoj Lohatepanont. 2017. 2101558 Transportation & Logistics Optimization:Linear Programming.

Manoj Lohatepanont. 2017. Integer Programming.