DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

การจัดเส้นทางเดินรถเติมสินค้าของตู้เต่าบินในเขตจังหวัดนนทบุรี

ทศพล ผเด็จพล

การศึกษารายบุคคลนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
วิทยาลัยบริหารธุรกิจนวัตกรรมและการบัญชี
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ปีการศึกษา 2565

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

VEHICLE ROUTING PROBLEM FOR REFILLING STOCK OF TAO BIN IN THE NONTHABURI AREAS

THODSAPON PHADETPON

An Individual Study Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of Master of Business Administration
College of Innovative Business and Accountancy,
Dhurakij Pundit University
Academic Year 2022

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ใบรับรองการศึกษารายบุคคล

วิทยาลัยบริหารธุรกิจนวัตกรรมและการบัญชี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต

หัวข้อการศึกษารายบุคคล การจัดเส้นทางเดินรถเติมสินค้าของตู้เต่าบินในเขตจังหวัดนนทบุรี

เสนอโดย ทศพล ผเด็จพล

สาขาวิชา การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานในยุคดิจิทัล

อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล ดร.วริศ ลิ้มลาวัลย์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบการศึกษารายบุคคลแล้ว

..... ประธานกรรมการ

(ดร.รชฎ ขำบุญ)

..... กรรมการที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล

(ดร.วริศ ลิ้มลาวัลย์)

..... กรรมการ

(ดร.คุณากร วิวัฒนากรวงศ์)

วิทยาลัยบริหารธุรกิจนวัตกรรมและการบัญชี รับรองแล้ว

..... คณบดีวิทยาลัยบริหารธุรกิจนวัตกรรมและการบัญชี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช คำสุพรหม)

วันที่ 3 มีนาคม พ.ศ.2566

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

หัวข้อการศึกษารายบุคคล	การจัดเส้นทางเดินรถเติมสินค้าของตู้เต่าบินในเขตจังหวัดนนทบุรี
ชื่อผู้เขียน	ทศพล ผเด็จพล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. วริศ ลิ้มลาวัลย์
หลักสูตร	บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

ตู้เต่าบินเป็นผลิตภัณฑ์ภายใต้บริษัท ฟอร์ท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ซึ่งให้บริการขายเครื่องดื่มหลากหลายชนิดด้วยเครื่องอัตโนมัติที่ชื่อว่า เต่าบิน และด้วยการทำธุรกิจเครื่องดื่มนี้ทำให้วัตถุดิบนั้นมีความสำคัญมาก เพราะต้องมีการเติมสินค้าไม่ให้ขาดและต้องมีการจัดการด้วยระบบ FIFO ซึ่งเนื่องจากเต่าบินต้องมีการเติมสินค้าในตู้ทุกวันทำให้การจัดเส้นทางให้มีระยะทางโดยรวมสั้นที่สุดในการเติมวัตถุดิบในตู้เต่าบินมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากจะเป็นการประหยัดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ ซึ่งถือเป็นการลดต้นทุนในการดำเนินงานของตู้เต่าบินลงไปได้อีก กล่าวอีกนัยคือ นี่ถือเป็นการช่วยเพิ่มกำไรของบริษัท ฟอร์ท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ด้วยเช่นกัน

Google OR Tool เป็นเครื่องมือเสรีที่ใช้ในการหาค่าที่มีความเหมาะสมที่สุดเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ทางด้านการวิจัยดำเนินงานโดยเป็นลักษณะของโค้ดที่สามารถถูกรันได้ด้วยโปรแกรมต่าง ๆ เช่น Python C++ Java และ C# โดย Google OR Tool ถูกพัฒนาโดยทีม Google โดยมีคุณลอเรนต์ เพอร์รอนเป็นผู้บุกเบิก ซึ่งในปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเติมสินค้าของตู้เต่าบินในเขตจังหวัดนนทบุรีนี้ เราจะแบ่งเป็น 4 เขตตามเขตอำเภอได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอบางใหญ่ อำเภอบางบัวทอง และอำเภอปากเกร็ด โดยมีจุดเติมสินค้าทั้งหมด 15 6 7 และ 11 จุดตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองจัดเส้นทางด้วย Google OR Tool และวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด พบว่า เส้นทางใหม่ที่ได้จากการจัดด้วย Google OR Tool นั้นให้ลำดับการเดินทางที่ให้ระยะทางโดยรวมสั้นที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการเดินทางแบบเดิมและวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด และเมื่อมีการรวมอำเภอบางใหญ่และบางบัวทองเข้าด้วยกันและใช้ Google OR Tool พบว่าสามารถลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงรวมได้ถึงร้อยละ 26 และยังช่วยลดจำนวนพาหนะขนส่งลง 1 คัน ซึ่งถือเป็นการช่วยเพิ่มผลกำไรจากการดำเนินการของบริษัท ฟอร์ท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ, การหาค่าที่มีความเหมาะสมที่สุด, Google OR Tool

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

An Individual Study Title	VEHICLE ROUTING PROBLEM FOR REFILLING STOCK OF TAO BIN IN THE NONTHABURI AREAS
Author	Thodsapon Phadetpon
Individual Study Advisor	Varis Limlawan, D.Eng
Program	Master of Business Administration
Academic Year	2022

ABSTRACT

Tao bin is a product under the Forth Corporation PCL. which provides a wide range of beverages using a smart automatic vending machine called “Tao Bin”. With this beverage business, the raw materials are crucial because refilling of products without shortage must occur and must be managed with the FIFO system. Since Tao Bin needs to refill its stocks every day, it is essential to design the overall shortest route for replenishment. Saving on fuel costs is considered a further reduction in operating costs for Tao Bin, alternatively, this contributes towards increasing the profits of Forth Corporation PCL.

Google’s OR Tool is a free tool for optimization, especially for solving operations research problems in terms of coding that can be run with programs such as Python, C++, Java and C#. Google OR Tool was developed by the Google Team led by Laurent Perron, who was the pioneer. According to this research problem of organizing the routing for refilling stocks of Tao Bin in Nonthaburi, Nonthaburi province will be divided into 4 areas according to its district boundaries which consist of: Muang District, Bang Yai District, Bang Bua Thong District and Pak Kret District. The number of each district refilling points are 15, 6, 7 and 11 respectively. The results of using Google OR Tool as the experimental route arrangement and Nearest Neighbor method reveals that new routes organized with the Google OR Tool can provide better solutions; it yields the shortest overall distance compared to the old routes and Nearest Neighbor method. Furthermore, when Bang Yai and Bang Bua Thong districts were merged together and Google OR Tool was used, it was found that the total cost of fuel can be reduced by 26 percent and the number of transportation vehicles reduced by 1, which is likely to increase profits of Forth Corporation Public Company Limited.

Keywords: Vehicle Routing Problem, Optimization, Google OR Tool

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษารายบุคคลฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เพราะความกรุณาช่วยเหลือของอาจารย์ ดร. วริศ ลิ้มลาวัลย์ ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล ซึ่งได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และแนวทางในการดำเนินการวิจัยตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขการศึกษารายบุคคลฉบับนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบการศึกษารายบุคคลทุกท่านที่ได้ช่วยแนะนำจนทำให้การศึกษารายบุคคลเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนรอบตัวที่คอยช่วยแนะนำเทคนิคและความรู้เพิ่มเติมในระหว่างการค้นคว้าออนไลน์และการค้นหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด รวมถึงการให้กำลังใจในการทำการศึกษารายบุคคลอย่างต่อเนื่อง

ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจและคอยสนับสนุนด้านการศึกษาแก่ผู้ทำวิจัยเสมอมา ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนทำให้ข้าพเจ้าสามารถสำเร็จการศึกษาและทำการศึกษารายบุคคลเล่มนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี

ทศพล ผเด็จพล

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1. บทนำ..... 1
   - 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1
   - 1.2 คำถามการวิจัย..... 2
   - 1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย..... 2
   - 1.4 ขอบเขตการวิจัย..... 2
   - 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2
   - 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 3
2. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
   - 2.1 โลจิสติกส์..... 4
   - 2.2 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย Traveling Salesman Problem..... 6
   - 2.3 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ หรือ Vehicle Routing Problem (VRP)... 8
   - 2.4 แผนภูมิอาณาจักรมด (Ant Colony Diagram)..... 11
   - 2.5 วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor method)..... 13
   - 2.6 Google Operations Research Tool (Google OR Tool)..... 14
   - 2.7 สรุปผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 15
   - 2.8 สรุปวิธีการที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา..... 17
3. ระเบียบวิธีวิจัย..... 18
   - 3.1 การรวบรวมข้อมูลตำแหน่งตู้เต่าบินในแต่ละเขตอำเภอและจุดกระจายสินค้า..... 20
   - 3.2 การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทาง..... 33
   - 3.3 การหาวิธีการเดินทางที่มีระยะทางสั้นที่สุด โดยใช้ Google OR Tool 33
     และวิธี Nearest Neighbor
   - 3.4 การเปรียบเทียบระยะทางที่ได้จากทั้ง 2 วิธีกับวิธีการเดินทางเดิม..... 35
   - 3.5 การรวมโหนดของอำเภอบางใหญ่และบางบัวทองเข้าด้วยกัน..... 36

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

3.6 การคำนวณต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการเดินทางจากวิธีการเดินทางที่ดีที่สุด..... 39
แต่ละอำเภอ

3.7 การนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้งานจริง..... 39

4. ผลการดำเนินงานวิจัย..... 40

4.1 คำตอบที่ได้จากวิธี Google OR Tool..... 40

4.2 คำตอบที่ได้จากวิธี Nearest Neighbor..... 41

4.3 การเปรียบเทียบระยะทางที่ได้จากทั้ง 2 วิธีกับวิธีการเดินทางเดิม..... 42

4.4 การรวมโหนดของอำเภอบางใหญ่และบางบัวทองเข้าด้วยกัน..... 44

4.5 การคำนวณต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการเดินทางจากวิธีการเดินทางที่ดีที่สุด..... 46
แต่ละอำเภอ

4.6 การนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้งานจริง..... 46

5. สรุปผลการงานวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 47

5.1 อธิปรายผลการทดลอง..... 47

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยเพิ่มเติม..... 48

บรรณานุกรม..... 49

ประวัติผู้เขียน..... 54

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 รูปแบบปัญหาของ VRP..... 9
2.2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 15
2.3 สรุปวิธีการที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา..... 17
3.1 ข้อมูลสถานที่ตั้งของตู้เต่าบินและจุดกระจายสินค้าเขตอำเภอเมืองนนทบุรี..... 21
3.2 เมทริกซ์แสดงระยะทางจากจุดกระจายสินค้าไปยังเส้นทางต่าง ๆ ตามเขตอำเภอเมือง..... 24
3.3 ข้อมูลสถานที่ตั้งของตู้เต่าบินและจุดกระจายสินค้าเขตอำเภอบางใหญ่..... 25
3.4 เมทริกซ์แสดงระยะทางจากจุดกระจายสินค้าไปยังเส้นทางต่างๆ ตามเขตอำเภอบางใหญ่. 27
3.5 ข้อมูลสถานที่ตั้งของตู้เต่าบินและจุดกระจายสินค้าเขตอำเภอบางบัวทอง..... 28
3.6 เมทริกซ์แสดงระยะทางจากจุดกระจายสินค้าไปยังเส้นทางต่างๆ ตามเขตอำเภอ..... 29
บางบัวทอง
3.7 ข้อมูลสถานที่ตั้งของตู้เต่าบินและจุดกระจายสินค้าเขตอำเภอบางบัวทอง..... 30
3.8 เมทริกซ์แสดงระยะทางจากจุดกระจายสินค้าไปยังเส้นทางต่างๆ ตามเขตอำเภอปากเกร็ด 32
3.9 ข้อมูลสถานที่ตั้งของตู้เต่าบินและจุดกระจายสินค้าเขตอำเภอบางใหญ่และ..... 36
อำเภอบางบัวทอง
3.10 เมทริกซ์แสดงระยะทางจากจุดกระจายสินค้าไปยังเส้นทางต่างๆ ตามเขตอำเภอ 38
บางใหญ่และบางบัวทอง
4.1 การเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีการ Google OR Tool และ Nearest Neighbo..... 42
4.2 การแสดงต้นทุนค่าน้ำมันของแต่ละวิธีแบ่งตามเขตอำเภอ..... 46
5.1 ตารางเปรียบเทียบผลของความประหยัดที่เกิดขึ้น..... 47

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 รูปแบบการจัดลำดับการเดินทางของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย..... 6
2.2 รูปแบบการจัดลำดับการเดินทางของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ..... 11
2.3 ลักษณะพฤติกรรมการเลือกเส้นทางของมดเมื่อมีอุปสรรคกั้นระหว่างทางไปหาอาหาร..... 12
2.4 ตัวอย่างของการหาระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean Distance)..... 13
2.5 ตัวอย่างของการใช้ K=3 ในการจับกลุ่มข้อมูลด้วยวิธี K-Nearest Neighbor..... 13
2.6 ตัวอย่างโค้ด Python ที่ใช้แก้ปัญหา TSP ใน Google OR Tool..... 14
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 19
3.2 รถยนต์ที่เต่าบินใช้ในการบรรทุกขนส่งวัตถุดิบ..... 20
3.3 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดกระจายสินค้าและตำแหน่งตู้เต่าบินในเขตอำเภอเมืองนนทบุรี 23
3.4 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดกระจายสินค้าและตำแหน่งตู้เต่าบินในเขตอำเภอบางใหญ่..... 26
3.5 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดกระจายสินค้าและตำแหน่งตู้เต่าบินในเขตอำเภอบางบัวทอง.... 29
3.6 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดกระจายสินค้าและตำแหน่งตู้เต่าบินในเขตอำเภอปากเกร็ด..... 31
3.7 Google OR Tool ที่มีโค้ดสำหรับแก้ปัญหา TSP with distance matrix..... 33
3.8 ตัวอย่างโค้ด Python สำหรับ TSP with distance Matrix..... 34
3.9 ตัวอย่างการนำ Distance Matrix เข้าไปในโค้ดของ Python..... 34
3.10 ตัวอย่างผลลัพธ์เป็นค่าระยะทางสั้นที่สุดที่โปรแกรมหาได้และลำดับการเดินทาง..... 35
3.11 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดกระจายสินค้าและตำแหน่งตู้เต่าบินในเขตอำเภอบางใหญ่ และบางบัวทอง 37
4.1 ผลลัพธ์ที่ได้จาก OR Tool สำหรับอำเภอเมือง..... 40
4.2 ผลลัพธ์ที่ได้จาก OR Tool สำหรับอำเภอบางใหญ่..... 40
4.3 ผลลัพธ์ที่ได้จาก OR Tool สำหรับอำเภอบางบัวทอง..... 40
4.4 ผลลัพธ์ที่ได้จาก OR Tool สำหรับอำเภอปากเกร็ด..... 41
4.5 ภาพแสดงลักษณะเส้นทางการเดินตามลำดับที่ได้จาก OR Tool ของอำเภอเมือง..... 42
4.6 ภาพแสดงลักษณะเส้นทางการเดินตามลำดับที่ได้จาก OR Tool ของอำเภอบางใหญ่..... 43
4.7 ภาพแสดงลักษณะเส้นทางการเดินตามลำดับที่ได้จาก OR Tool ของอำเภอบางบัวทอง... 43
4.8 ภาพแสดงลักษณะเส้นทางการเดินตามลำดับที่ได้จาก OR Tool ของอำเภอปากเกร็ด..... 44
4.9 ผลลัพธ์ที่ได้จาก Google OR Tool สำหรับเขตอำเภอบางใหญ่และบางบัวทอง..... 44
4.10 ภาพแสดงลักษณะเส้นทางการเดินตามลำดับที่ได้จาก OR Tool ของอำเภอบางใหญ่ และบางบัวทอง 45

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีมีการเติบโตแบบก้าวกระโดด ธุรกิจมุ่งเน้นความพึงพอใจของผู้บริโภคมากขึ้นและผู้บริโภคต้องการการบริการที่รวดเร็ว ทันใจ สะดวกและง่าย ทำให้ธุรกิจต้องมีการปรับตัวเข้าหาพฤติกรรมในการบริโภคของคนยุคปัจจุบันมากขึ้น ประกอบกับการเข้ามาอย่างรวดเร็วของอินเทอร์เน็ตที่ทำให้ทุกธุรกรรมเป็นเรื่องง่ายและสะดวกในการจับจ่ายใช้สอยทำให้ตลาดการซื้อขายสินค้าออนไลน์นั้นเติบโตขึ้นเป็นอย่างมาก และสิ่งที่จะสนับสนุนการเติบโตของตลาดการขนส่งสินค้าออนไลน์นั่นคือ ระบบการขนส่งที่มีประสิทธิภาพสูง คือ มีความรวดเร็ว ประหยัดและตรงเวลา สามารถตรวจสอบสถานะได้ ซึ่งการขนส่งนี้ถือเป็นหัวใจสำคัญสำหรับธุรกิจการขายสินค้าออนไลน์แบบอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะการขนส่งวัตถุดิบสำหรับการขายอาหาร หรือเครื่องดื่มที่ต้องมีความสดใหม่อยู่เสมอ เพื่อจุดประสงค์ในการสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้บริการ

ตู้เต่าบินเป็นตู้ผลิตเครื่องดื่มอัตโนมัติที่ได้รับการกล่าวถึงและเป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางในปัจจุบันด้วยความสามารถในการทำเมนูที่แตกต่างกันได้มากกว่า 170 เมนูและกำลังเป็นที่นิยมอย่างมากในกลุ่มพนักงานองค์กรต่าง ๆ ด้วยความสามารถในการทำเมนูเครื่องดื่มร้อน เย็น หรือปั่นภายในตู้ที่มีขนาดเพียงประมาณ 1 ตารางเมตร และด้วยการมีระบบการให้บริการและหน้าจอสำหรับผู้ใช้งาน (User Interface) ที่สวยงาม ใช้งานง่าย ทำให้เต่าบินมีการเติบโตทางการตลาดที่สูงมากนับตั้งแต่ปี 2564 เป็นต้นมา

ตู้เต่าบินเป็นผลิตภัณฑ์ภายใต้บริษัท ฟอร์ท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่รู้จักในคนไทยคือ ตู้บุญเติม ตู้เต่าบินเปิดตัวครั้งแรกในปี 2020 ซึ่งปัจจุบันตู้เต่าบินมีจำนวนทั้งหมดประมาณ 818 ตู้ทั่วประเทศ ส่วนใหญ่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (ข้อมูล ณ เดือนมีนาคม ปี 2565) และจำนวนตู้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ด้วยการเติบโตทางธุรกิจที่เป็นไปแบบก้าวกระโดดแบบนี้เอง ทำให้เต่าบินต้องรับมือกับการวางแผนระบบในการเติมสินค้าที่ตู้เต่าบิน เพื่อให้ได้ระดับการบริการ (Service Level) ที่ดีและวัตถุดิบไม่หมดอายุไปเสียก่อนทำให้ระบบ FIFO (First In, First Out) มีความสำคัญมากกับการขายสินค้าของตู้เต่าบิน และเนื่องจากตู้เต่าบินมีจำนวนตู้ที่เยอะมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน ทำให้ทางผู้ให้บริการและผู้ดูแลจำนวนและระดับของวัตถุดิบในตู้เต่าบินมีความท้าทายในการต้องจัดเส้นทางในการเติมสินค้าภายในตู้เต่าบิน ซึ่งการเติมสินค้านั้น ทางผู้ให้บริการจะต้องไปรับสินค้าจากจุดกระจายสินค้าในเขตจังหวัดนนทบุรีก่อน แล้วจึงนำวัตถุดิบไปเติมสินค้าตามตู้ต่าง ๆ ที่วัตถุดิบกำลังจะหมด โดย ณ วันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 ตู้เต่าบินทั้งหมดในเขตจังหวัดนนทบุรีมี 39 จุด และมีรถให้บริการเติมสินค้าทั้งหมด 4 คัน โดยแต่ละคันจะวิ่งไปรับวัตถุดิบจากศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) ที่เดียวกัน คือ 71/23 ม.1 ถ.ราชพฤกษ์ ต.ท่าอิฐ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120 โดยแต่ละครั้งที่รถไปเติมวัตถุดิบนั้น จำนวนวัตถุดิบที่บรรทุกได้จะเพียงพอกับการ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

เติมตู้เต่าบินทุกตู้ในเขตอำเภอนั้น ๆ แล้วหลังจากนั้นรถทั้ง 4 คันจะเดินทางไปตามเส้นทางตามเขตอำเภอที่รับผิดชอบ ซึ่งเส้นทางนี้จะขึ้นกับผู้ขับขี่ว่าเห็นสมควรจะไปทางเส้นทางไหนก่อน-หลัง ไม่มีเส้นทางการเดินรถประจำ อาจกล่าวได้ว่าขึ้นกับวิจารณาญาณของตัวผู้ขับรถเอง แต่เนื่องด้วยปัจจุบันที่ค่าเชื้อเพลิงในการเติมน้ำมันนั้นมีแนวโน้มราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจากสถานการณ์ของตลาดโลก ทำให้ผู้ให้บริการสนใจที่จะทำการจัดลำดับเส้นทางในการเดินรถเติมสินค้าก่อน-หลัง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการให้บริการเติมสินค้าให้กับตู้เต่าบินโดยใช้ระยะทางน้อยที่สุด เพื่อให้ประหยัดต่อค่าใช้จ่ายในการเดินรถเติมวัตถุดิบ

จากปัญหาข้างต้นทำให้ผู้ทำวิจัยมองเห็นโอกาสในการพัฒนาเส้นทางของรถในการเติมสินค้า โดยใช้ระยะทางระหว่างจุดเติมสินค้าต่าง ๆ (Nodes) มาพิจารณาหารูปแบบการเดินทางเชื่อมจากจุดต่าง ๆ เพื่อให้ได้ระยะทางรวมที่ใช้ในการเดินทางของรถแต่ละสายทั้ง 4 สายน้อยที่สุด เพื่อให้เกิดความประหยัดในด้านเชื้อเพลิง คือ น้ำมันรถที่ต้องใช้ในการเดินทางและเพื่อให้การเติมสินค้าเป็นไปอย่างราบรื่นอันเป็นสาเหตุให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจในบริการของเต่าบิน

1.2 คำถามการวิจัย (Research questions)

การศึกษานี้ ผู้วิจัยได้กำหนดคำถามการวิจัย ดังนี้

1) ปัจจุบันเต่าบินมีการเลือกเส้นทางในการเดินรถเพื่อเติมสินค้าอย่างไร

2)เส้นทางในการเดินรถที่แตกต่างกันส่งผลต่อระยะทางรวมและต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเติมสินค้า 1 รอบหรือไม่

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย (Research objectives)

การศึกษานี้ ผู้วิจัยกำหนดวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) เพื่อศึกษาการเดินทางเติมสินค้าของตู้เต่าบินในเขตจังหวัดนนทบุรี

2) เพื่อปรับปรุงการวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งวัตถุดิบและลดต้นทุนการขนส่งของตู้เต่าบิน

1.4 ขอบเขตการวิจัย (Research scope)

1) วางแผนการจัดเส้นทางการเดินรถเพื่อเติมวัตดุดิบให้ตู้เต่าบินในเขตจังหวัดนนทบุรีเท่านั้น

2) ข้อมูลจุดเติมสินค้าต่าง ๆ อ้างอิง ณ ข้อมูลวันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 ซึ่งมีทั้งหมด 39 จุด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษานี้ ผู้วิจัยคาดว่าจะมีประโยชน์ในเชิงวิชาการ เชิงการบริหารจัดการ หรือเชิงนโยบายด้านต่างๆ ของผู้ให้บริการตู้เต่าบินดังนี้

1) สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ไปปรับปรุงประสิทธิภาพในการเดินรถเติมสินค้าของตู้เต่าบินในเขตจังหวัดนนทบุรี เพื่อลดระยะทางรวมและต้นทุนค่าเดินทางในการเติมสินค้าของตู้เต่าบิน

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2) สำหรับนักศึกษา หรือนักวิจัยที่สนใจ สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ (Definition of terms)

การศึกษานี้ ผู้วิจัยได้กำหนดคำนิยามศัพท์เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย มีดังนี้

วัตถุดิบของตู้เต่าบิน ได้แก่ แก้วแบบต่างๆ ฝา หลอด ของที่ใช้ทำเครื่องดื่มต่าง ๆ น้ำ แก๊ส นม ผงรูปแบบต่าง ๆ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โลจิสติกส์

โลจิสติกส์ (Logistics) เป็นระบบในการจัดการการขนส่งสินค้า ข้อมูลหรือทรัพยากรอย่างใด จากจุดเริ่มต้นทางไปจุดบริโภคปลายทางตามความต้องการของผู้บริโภคหรือลูกค้า ซึ่งโลจิสติกส์นั้น มีความครอบคลุมตั้งแต่การขนส่ง การบริการสินค้าคงคลัง การบรรจุสินค้าลงในบรรจุภัณฑ์ โดย Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) ได้ให้ความหมายของคำว่า การจัดการโลจิสติกส์ (Logistics Management) ไว้ว่า “การจัดการการโลจิสติกส์เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งรวมถึงการวางแผน การนำไปใช้ การควบคุมประสิทธิภาพของกระบวนการไหลของกระบวนการ โลจิสติกส์ย้อนกลับ การจัดเก็บสินค้า บริการและข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากจุดเริ่มต้นของผู้บริโภคไปจนสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้” ซึ่งในด้านของการจัดการโลจิสติกส์ถือว่า เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการโซ่อุปทาน ตั้งแต่การวางแผนการดำเนินการ การขนส่งสินค้าทั้งไปและกลับ การจัดเก็บ ที่มีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล รวมถึงการบริการและข้อมูลที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงจุดบริโภค เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งการทำกิจกรรมต่างๆ นี้ มีเพื่อสร้างความพึงพอใจของผู้ใช้บริการหรือลูกค้าด้วยต้นทุนที่น้อยที่สุด หากอิงตามรายงานผลการศึกษาโดย Grant et. al., (2006) จะสามารถสรุปเป็นกิจกรรมหลักด้านของโลจิสติกส์ได้ถึง 9 กิจกรรม ดังต่อไปนี้

1) การให้บริการแก่ลูกค้าและกิจกรรมสนับสนุน (Customer Service and Support) ซึ่งหมายถึงการมุ่งเน้นให้ความสำคัญกับลูกค้า ซึ่งได้ประสานและบริหารการมีปฏิสัมพันธ์กับลูกค้าด้วยการผสมผสานต้นทุนและบริการอย่างสมดุล โดยเป้าหมายของระบบโลจิสติกส์ที่สำคัญคือการส่งมอบสินค้าไปยังลูกค้าตามเวลา สถานที่ที่ได้กำหนดตกลงไว้

2) การวางแผนหรือการคาดการณ์ความต้องการของลูกค้า (Demand Forecasting and Planning) โดยโลจิสติกส์จะเกี่ยวข้องกับพยากรณ์ในด้านการบริหารสินค้าคงคลังจากการสั่งซื้อสินค้าจะผู้ผลิตหรือจัดส่งสินค้าหรือวัตถุดิบ โดยใช้ในการวางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดความลื่นไหลทางการผลิต และการส่งมอบอย่างไร้รอยต่อ

3) การจัดซื้อจัดหา (Purchasing and Procurement) เป็นกระบวนการเสาะหาแหล่งที่ผลิตวัตถุดิบที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการผลิตของสินค้า โดยเฉพาะหากเป็นองค์กรภายนอกจะต้องมีการรับรองการปฏิบัติงาน สินค้า กระบวนการพิเศษต่าง ๆ ก่อนที่จะสามารถมาเป็นผู้ค้าให้กับโรงงานผลิตสินค้า ซึ่งสิ่งนี้ทำให้เกิดการคัดเลือกผู้จัดส่งวัตถุดิบหรือสินค้า การเจรจาต่อรองราคา เงื่อนไขต่าง ๆ ของการสั่งซื้อสินค้า เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งสินค้านับตั้งแต่ได้รับคำสั่งซื้อ (Lead Time) ปริมาณการสั่งซื้อขั้นต่ำ (Minimum Order Quantity)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

4) การบริหารสินค้าคงคลัง (Inventory Management) เป็นสาขาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงระดับสินค้าคงคลังเพื่อให้การดำเนินงานประสบความสำเร็จและสามารถให้บริการลูกค้าได้ โดยมีต้นทุนที่สำคัญคือ ต้นทุนค่าสินค้าคงคลัง ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้า ความเสื่อมสภาพของสินค้า เป็นต้น

5) การสื่อสารด้านโลจิสติกส์และกระบวนการสั่งซื้อ (Logistics Communication and Order Processing) เนื่องจากงานโลจิสติกส์เป็นงานที่ต้องมีการเกี่ยวข้องกับหลายหน่วยงานและองค์กรทั้งภายในและภายนอกองค์กร ซึ่งเริ่มตั้งแต่การรับความต้องการจากลูกค้ามายังกระบวนการเตรียมการ จัดซื้อ กระบวนการผลิต ฝ่ายขาย ฝ่ายส่งมอบสินค้า เป็นต้น

6) การจัดการวัสดุ และบรรจุภัณฑ์ (Materials Handling and Packaging) วัสดุที่ใช้ในการผลิตและบรรจุภัณฑ์ของโลจิสติกส์ถือว่ามีความสำคัญเพราะเป็นทั้งคุณภาพและภาพลักษณ์ที่แสดงออกไปให้ผู้บริโภคเห็นและทราบข้อมูลสำคัญที่องค์กรต้องการสื่อสารไป รวมถึงสร้างความสวยงามซึ่งเป็นตัวดึงดูดความสนใจของลูกค้าได้ดีทั้งนี้ยังสามารถสร้างความสะดวกสบายในการขนย้าย ซึ่งจะสัมพันธ์กับลักษณะการจัดเก็บที่เหมาะสมของแต่ละบรรจุภัณฑ์อีกด้วย

7) การขนส่ง (Transportation) เป็นกิจกรรมที่สำคัญมากๆในระบบโลจิสติกส์ทั้งวัตถุดิบและสินค้าจากจุดเริ่มต้นไปยังผู้บริโภค หรือแม้แต่จุดทำลายเช่นกัน การขนส่งมีความเกี่ยวเนื่องตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการขนย้ายงานระหว่างการผลิต (Work In Process) งานสำเร็จรูป (Finished Goods) โดยปกติแล้วการขนส่งจะมีต้นทุนที่สูงระดับหนึ่งจากต้นทุนในการผลิต

8) การเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานและการจัดการคลังสินค้า (Facilities Site Selection, Warehousing, and Storage) นับว่าเป็นการตัดสินใจที่สำคัญมาก เนื่องจากเป็นต้นทุนจมที่ต้องใช้เวลานานในการฟื้นฟูและยังไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายในอนาคต การเลือกทำเลหรือสถานที่ตั้งของโรงงาน คลังสินค้า จึงมีความสำคัญมาก เพราะจะส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนการขนส่งสินค้า ต้นทุนค่าแรงในแต่ละเขตพื้นที่และความรวดเร็วในการส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้าอีกด้วย

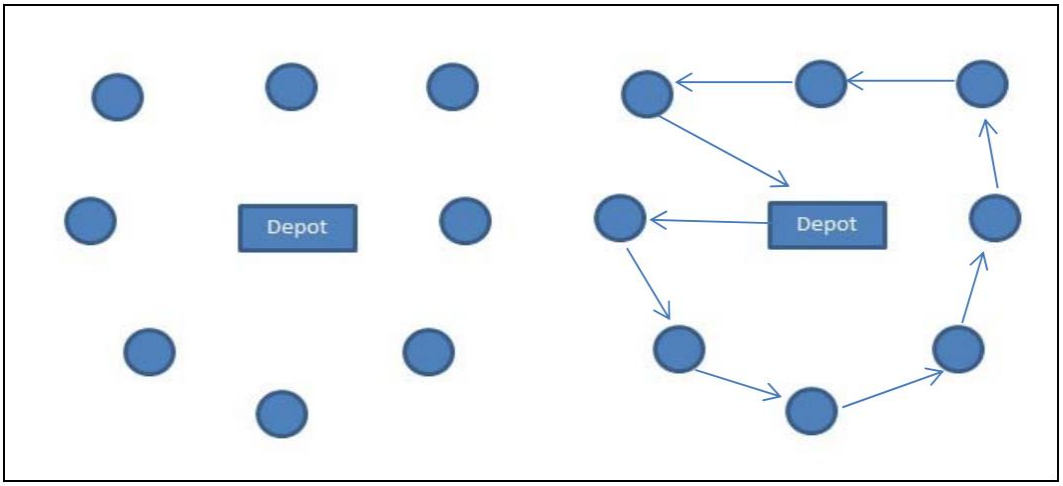
9) โลจิสติกส์ย้อนกลับ (Reverse Logistics) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการขนย้ายหรือทำลายขยะที่เกิดจากกระบวนการผลิต การจัดส่งหรือการบรรจุ โดยอาจมีการจัดเก็บไว้เพียงชั่วคราว เพื่อรอการขนส่งไปยังสถานที่สำหรับทำลาย การนำกลับมาผ่านกระบวนการใหม่หรือรีไซเคิล ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการช่วยลดขยะและมลพิษลง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.2 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย Traveling Salesman Problem

Traveling Salesman Problem หรือ TSP เป็นปัญหาในรูปแบบของการหาระยะเดินทางสั้นที่สุด (Shortest Path) ที่เชื่อมทุกจุด (Nodes) เข้าด้วยกัน โดยมีเงื่อนไขว่า แต่ละจุดนั้นจะสามารถเข้าและออกได้เพียง 1 ครั้งเท่านั้น และจะต้องเดินทางเชื่อมจุดไปให้ครบทุกจุดภายใน 1 รอบการเดินทางโดยที่ระยะทางโดยรวมในการเดินทางจะต้องมีค่าน้อยที่สุด

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายถือเป็นหนึ่งในปัญหาที่ถูกนำศึกษาอย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการวางแผนจัดลำดับเส้นทางในการเดินทาง รวมถึงถูกใช้เป็นเกณฑ์ในการใช้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจัดเส้นทาง และปัญหานี้จะมีความยากมากขึ้นตามข้อจำกัดที่ตามแต่ละปัญหา ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้งาน TSP อย่างหลากหลาย เช่น การวางแผน โลจิสติกส์ รวมถึงการผลิต TSP ยังปรากฏในดาราศาสตร์ด้วยเนื่องจากนักดาราศาสตร์ที่สังเกตแหล่งข้อมูลหลายแห่งต้องการลดเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนกล้องโทรทรรศน์ระหว่างแหล่งต่างๆให้เหลือน้อยที่สุด ในปัญหาดังกล่าว TSP สามารถช่วยแก้ปัญหาในการหาระยะทางที่สั้นที่สุด โดยปัญญวัฒน์ จันทร์ชัยภักดิ์ (2561) ได้เสริมว่า TSP นั้นเป็นปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย เป็นปัญหาหนึ่งในการขนส่ง มีรูปแบบคือ เป็นการเดินทางของพนักงานขายคนหนึ่ง โดยมีเงื่อนไข คือ พนักงานขายจะต้องเดินทางผ่านให้ครบทุกเมืองซึ่งเดินทางผ่านในแต่ละเมืองได้เพียงหนึ่งครั้งและกลับมายังจุดเริ่มต้น โดยระยะทางรวมต้องสั้นที่สุด ซึ่งปัญหาประเภทนี้จะไม่พิจารณาเกี่ยวกับความจุโดยจะพิจารณาการเดินทางไปยังเมืองต่าง ๆ ก่อนและหลัง เพื่อให้ได้ระยะทางรวมในการเดินทางต่ำที่สุด แสดงในรูปที่ 1



ภาพที่ 2.1 แบบการจัดลำดับการเดินทางของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

รูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางของพนักงานขาย ปัญหา TSP จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้ 1. คือ มีเส้นทางไปกลับแบบสมมาตร (Symmetric) คือมีระยะทางไปกลับเท่ากัน 2. คือ มีเส้นทางไปกลับไม่สมมาตร (Asymmetric) คือ มีระยะทางไปและกลับไม่เท่ากัน โดยเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและหาคำตอบได้ค่อนข้างยาก ซึ่งจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้จะเพิ่มขึ้นแบบเอ็กซ์โปเนลเชียลตามจำนวนเมืองที่เพิ่มขึ้น โดยในปีค.ศ. 1930 ได้มีการศึกษารูปแบบทั่วไปของปัญหา TSP เป็นครั้งแรก โดย **Karl** et al. **(2015)** สามารถเขียนแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ดัชนี (Indices)

i ลำดับของเมืองที่ i โดยที่ i = 1, 2, ..., n

j ลำดับของเมืองที่ j โดยที่ j = 1, 2, ..., n

V เซตของเมืองทั้งหมดที่พิจารณา โดยที่ V = {1, 2, ..., n }

S สับเซตใดๆ ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของเซต $V: S \in V$ โดยที่ $S \neq \emptyset, S \neq V$

$|S|$ จำนวนสมาชิกของเซต S

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameter)

C_{ij} = ระยะทางระหว่างเมืองที่ i ไปยังเมืองที่ j

ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision Variables)

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ ในกรณีที่มีการเลือกเดินทางจาก } i \text{ ไป } j \\ 0 \text{ ในกรณีที่ไม่มีการเลือกเดินทางจาก } i \text{ ไป } j \end{cases}$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$Min = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} C_{ij} X_{ij} \quad (2.1)$$

สมการข้อจำกัด(Constraints)

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ij} = 1 \qquad \forall i = (1, 2, 3, ..., n) \quad (2.2)$$

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij} = 1 \qquad \forall j = (1, 2, 3, ..., n) \quad (2.3)$$

$$\sum_{i \epsilon S} \sum_{j \epsilon S} X_{ij} \leq |S| - 1 \qquad \forall_s \subset V \quad (2.4)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\} \qquad \forall i = (1, 2, 3, ..., n), j = (1, 2, 3, ..., n) \quad (2.5)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (2.1) ต้องการหาเส้นทางการเดินทางที่มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุดในการเดินทาง สมการข้อจำกัดที่ (2.2) และ (2.3) กำหนดให้พนักงานขายเดินทางให้ครบทุกเมืองและสามารถเข้าออกแต่ละเมืองได้เพียงครั้งเดียว สมการข้อจำกัดที่ (2.4) สมการป้องกันการเกิดเส้นทางย่อย (Subtour elimination

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

constraint) สมการข้อจำกัดที่ (2.5) คือ การกำหนดให้ตัวแปรการตัดสินใจ X_{ij} เป็นตัวแปรแบบไบนารี่ ซึ่งมีค่าที่เป็นได้สองค่า ได้แก่ 0 และ 1

2.3 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ หรือ Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem ปัญหาที่ต้องหาเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมจากจำนวนของเส้นทางเดินรถที่เป็นไปได้ทั้งหมด เป็นวิธีที่ผู้ทำงานด้านโลจิสติกส์ใช้เพื่อลดต้นทุนในการขนส่งและลดระยะเวลาในการขนส่งสินค้า สามารถหาเส้นทางที่สั้นลงโดยผลเฉลยที่ได้จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ (Objective) และข้อจำกัดในการแก้ปัญหา (Constraint) ที่เกิดขึ้น และเนื่องจากสภาพการณ์ของการปฏิบัติงานจริงนั้นสามารถหาเส้นทางการเดินรถที่ขนส่งสินค้าเพื่อไปยังลูกค้าแต่ละรายย่อยตามปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า ภายใต้ข้อกำหนดในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด หรือหาเวลาที่ใช้ในการเดินทางที่น้อยที่สุด โดยจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้นทางการเดินรถจะต้องอยู่ที่คลังสินค้าเสมอ การจัดเส้นทางในการเดินรถที่ดีและมีประสิทธิภาพนั้นจะช่วยให้สามารถลดระยะทางในการขนส่งได้ และในบางครั้งยังสามารถลดจำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งได้อีกด้วย และยังทำให้ต้นทุนในการขนส่งของบริษัทลดลงอีกด้วย ในส่วนของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ โดยมีเงื่อนไขเรื่องของกรอบเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง (VRP with Time Window: VRPTW) โดยที่รถบรรทุกแต่ละคันมีข้อจำกัดเรื่องความสามารถในการบรรทุกสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าแต่ละรายที่กระจายตัวออกไปตามพื้นที่ให้บริการ ซึ่งลูกค้าแต่ละรายจะกำหนดช่วงเวลารับสินค้า (Time Window) ไว้ ซึ่งมีทั้งแบบเคร่งครัดในการกำหนดเวลา (Hard Time Window: HTW) แบบเคร่งครัดนี้จะไม่สามารถ ฝ่าฝืนข้อจำกัดได้ส่วนแบบไม่เคร่งครัด (Soft Time Window: STW) นั้นจะสามารถฝ่าฝืนได้ แต่หากฝ่าฝืน แล้วจะมีค่าปรับเกิดขึ้น

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) ได้มีผู้คิดค้นคนแรก คือ Dantzig and Ramser (1959) เป็นปัญหาทางโลจิสติกส์ (Logistics) โดยเป็นปัญหาการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดในการวางแผนการจัดลำดับและเส้นทางการขนส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อตอบสนองความต้องการและความพึงพอใจของลูกค้า ปัญหา VRP จึงได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก และได้มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการวิจัยต่อกันมารวมเป็นระยะเวลา มากกว่าห้าสิบปีโดยในงานวิจัยของ Toth and Vigo (2002) ได้แบ่งประเภทของปัญหา VRP ไว้ดังนี้

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 2.1 รูปแบบปัญหาของ VRP

รูปแบบปัญหา	ชื่อย่อ	ความหมาย
Capacitated VRP	CVRP	ปัญหา VRP แบบมีข้อจำกัดเรื่องความจุของรถยานพาหนะ
VRP with Time Windows	VRPTW	ปัญหา VRP แบบมีกรอบเวลาในการจัดส่ง
VRP with Backhaul	VRPB	ปัญหา VRP แบบมีการส่งกลับมายังคลังเดิม
VRP with Pickup and Delivery	VRPPD	ปัญหา VRP แบบมีการรับ-ส่งสินค้า
VRPPD with Time Windows	VRPPDTW	ปัญหา VRP แบบมีการรับ-ส่งสินค้าและมีกรอบเวลา
VRP with Multiple Depots	MDVRP	ปัญหา VRP แบบมีหลายคลังสินค้า
Periodic VRP	PVRP	ปัญหา VRP แบบมีช่วงเวลา
Split Delivery VRP	SDVRP	ปัญหา VRP แบบมีการแยกสินค้าออกส่งเป็นส่วน ๆ
Stochastic VRP	SVRP	ปัญหา VRP แบบมีความไม่แน่นอน

โดยในงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่าปัญหา VRP สามารถแสดงด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาตรฐานได้ดังนี้

ดัชนี (indices)

i = ลำดับสินค้าที่ i โดยที่ i = 1, 2, ..., n (2.6)

j = ลำดับสินค้าที่ j โดยที่ j = 1, 2, ..., n (2.7)

k = ยานพาหนะในการขนส่งสินค้าที่ k = 1, 2, ..., n (2.8)

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameter)

D_i = ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ i (2.9)

C_{ij} = ระยะทางระหว่างลูกค้าที่ i ไปยังลูกค้าที่ j (2.10)

Q_k = ความสามารถในการขนส่งสินค้าของยานพาหนะขนส่งที่ k (2.11)

ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision Variables)

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้ารถขนส่ง } k \text{ มีการจัดส่งสินค้าจากลูกค้า } i \text{ ไป } j \\ 0 & \text{ในกรณีอื่น ๆ} \end{cases} \quad (2.12)$$

U_i = ตัวแปร (Auxiliary variable) ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 (2.13)

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$Min = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{k} C_{ij} X_{ij}^{k} \quad (2.14)$$

สมการข้อจำกัด (Constraint)

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{k} X_{ij}^{k} = 1 \qquad \forall j = (2, \ldots, n) \quad (2.15)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{k} X_{jk}^{k} = 1 \qquad \forall i = (2, \ldots, n) \quad (2.16)$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ip}^{k} - \sum_{j=1}^{k} X_{pj}^{k} = 0 \qquad \forall k\ (1, 2, \ldots, k),\ p = (1, 2, \ldots, n) \quad (2.17)$$

$$\sum_{i=1}^{n} D_i \left(\sum_{j=1}^{n} X_{ij}^{k}\right) \leq Q_k \qquad \forall k (1, \ldots, k) \quad (2.18)$$

$$\sum_{j=2}^{n} X_{1j}^{k} \leq 1 \qquad \forall k = (1, \ldots, k) \quad (2.19)$$

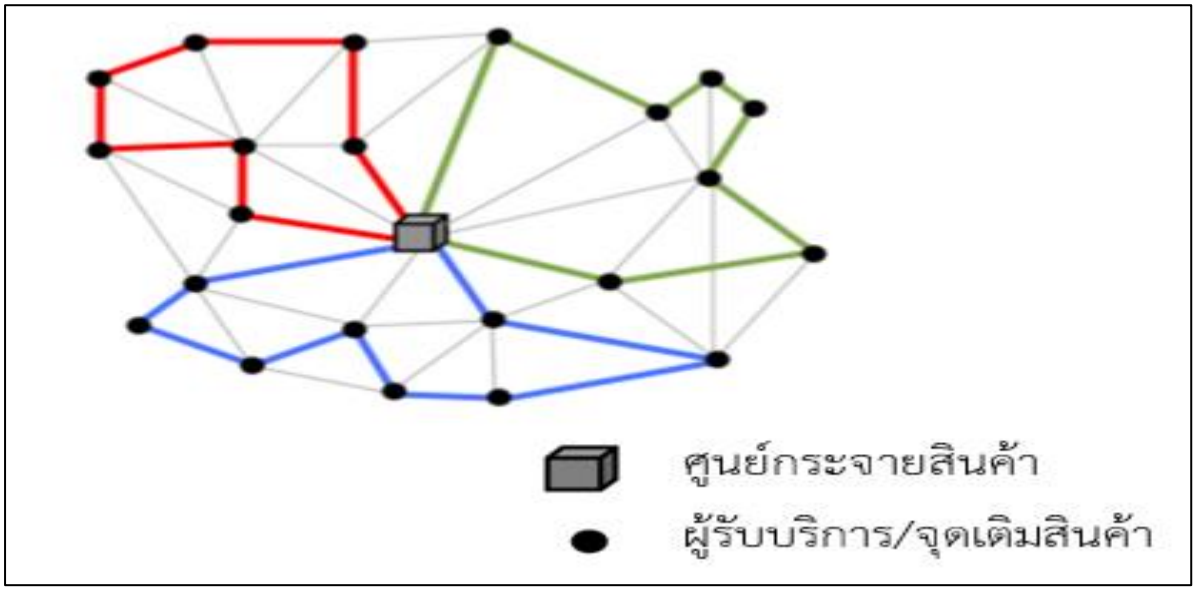
$$\sum_{i=2}^{n} X_{i1}^{k} \leq 1 \qquad \forall k = (1, \ldots, k) \quad (2.20)$$

$$U_i - U_j + N \sum_{k=1}^{k} X_{ij}^{k} \leq N - 1 \qquad \forall i, j = (2, \ldots, n) \text{ and } i \neq j \quad (2.21)$$

$$X_{ij}^{k} \in \{0,1\} \qquad \forall i, j \quad (2.22)$$

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

เกียรติกุลไชย จิตต์เอื้อ (2560) ได้กล่าวไว้ว่า ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ เป็นปัญหาที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในวงการวิจัยดำเนินงาน (Operations Research) โดยเป็นปัญหาด้านโลจิสติกส์ที่มีลักษณะของปัญหาเป็นการจัดเส้นทางการขนส่ง เพื่อให้ผู้ขนส่งสามารถออกแบบเส้นทางการส่งสินค้าให้ลูกค้า โดยปัญหานี้มีความยาก คือ หากจำนวนผู้รับบริการมีจำนวนมาก ผู้ขนส่งจะต้องคำนวณหาคำตอบ จำนวนพาหนะที่เหมาะที่ต้องใช้ในการขนส่ง และการจัดลำดับเส้นทางการส่งสินค้าของพาหนะแต่ละคัน รวมถึงวิธีการส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้าหรือผู้รับบริการ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ต้นทุนค่าขนส่งนี้ต่ำที่สุด และสามารถให้บริการครบตามความต้องการทั้งหมดภายใต้ข้อจำกัดบางประการ ดังรูปที่ 2



ภาพที่ 1.2 รูปแบบการจัดลำดับการเดินทางของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ

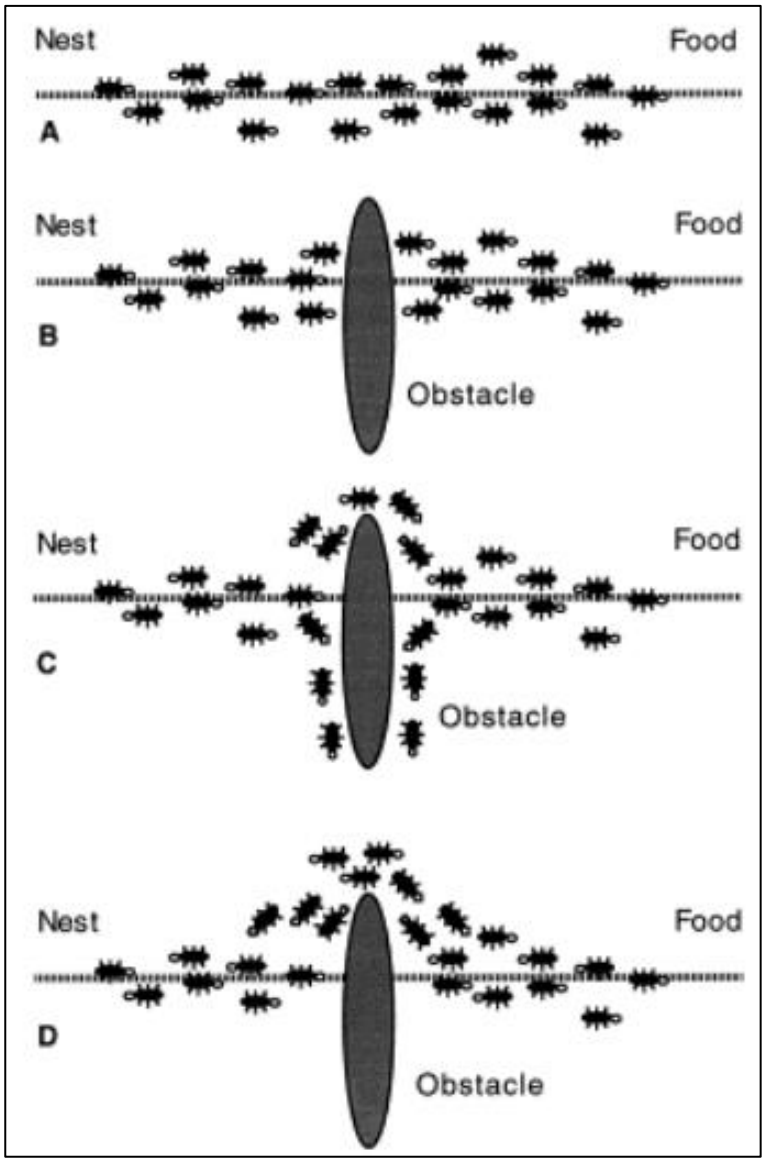
2.4 แผนภูมิอาณาจักรมด (Ant Colony Diagram)

แผนภูมิอาณาจักรมด เป็นการนำพฤติกรรมการหาอาหารของมดมาประยุกต์ใช้ มดมีพฤติกรรมการสุ่มทางในรังมด เมื่อมดหาอาหารเจอ มดจะเดินทางกลับมายังรังโดยทิ้งฟีโรโมน (Pheromone) ไว้ตามทางที่เดินมา ซึ่งฟีโรโมนเป็นสารเคมีที่มดตัวอื่นสามารถได้กลิ่นเฉพาะนี้ ซึ่งภายในรังนั้น มดสามารถมีเส้นทางการเดินที่มากมายหลายรูปแบบ เพราะรังมดนั้นมีความซับซ้อนมาก ซึ่งทุกเส้นทางจะมีมดที่เดินทางเข้าและออก แต่จากการสังเกตพบว่า มดจะใช้เส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางจากแหล่งอาหารมายังรังเมื่อเวลาผ่านไป เพราะกลิ่นฟีโรโมนของเส้นทางที่สั้นนี้จะมีกลิ่นที่เข้มข้นกว่าเส้นทางอื่นที่มีระยะทางไกลกว่า จึงสามารถกล่าวได้ว่ามดนั้นจะเลือกเส้นทางที่มีกลิ่นฟีโรโมนเข้มข้นที่สุดในการเดินทางหาอาหาร ซึ่งทำให้มดใช้เวลาในการออกไปหาอาหารและกลับมาจากการหาอาหารใช้เวลาน้อยที่สุด ซึ่งในขณะที่มดตัวอื่น ๆ นั้นยังเดินทางอยู่ มดที่อยู่ในเส้นทางที่สั้นที่สุดจะกลับมาถึงรังก่อนแล้วสามารถออกไปหาอาหารใหม่ได้อีกรอบ เพราะมดเหล่านี้ใช้เส้นทาง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ที่สั้นกว่าในการเดินทาง และยังเป็นการทำให้กลิ่นฟีโรโมนยังคงเข้มข้นในเส้นทางหลักที่สั้นที่สุดนั้นอยู่ เมื่อเวลาผ่านไปมดส่วนใหญ่จะใช้เส้นทางที่มีกลิ่นฟีโรโมนเข้มข้นที่สุดหรือระยะทางสั้นที่สุดในขณะนั้น มดส่วนน้อยจะยังคงใช้เส้นทางอื่น ๆ ในการหาอาหาร ซึ่งพฤติกรรมของมดส่วนน้อยเหล่านี้มีความสำคัญมาก เพราะมีความเป็นไปได้ที่อาจจะนำไปสู่การเจอเส้นทางการเดินทางใหม่ที่สั้นกว่าเส้นทางเดิม ซึ่งไม่ถูกพิจารณาใช้ในการเดินทางในตอนแรก ซึ่งตัวเลือกในการเดินทางของมดนั้นจะเป็นแบบสุ่มตามความน่าจะเป็น

Rizzoli et al.(2004) พฤติกรรมในการหาอาหารของมดเหล่านี้ถูกนำมาเพื่อใช้พัฒนาเป็นวิธีการที่เรียกว่า Ant Colony Optimization หรือ ACO ซึ่งเป็นวิธีแบบเมตา-ฮิวริสติกส์ที่ (Metaheuristic) มีความซับซ้อนในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ในการหาคำตอบภายใต้เลขสุ่มเพื่อให้เกิดการหาพื้นที่คำตอบ (Feasible Region) ให้กว้างที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งวิธีการ Ant Colony Optimization นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะได้อีกด้วย



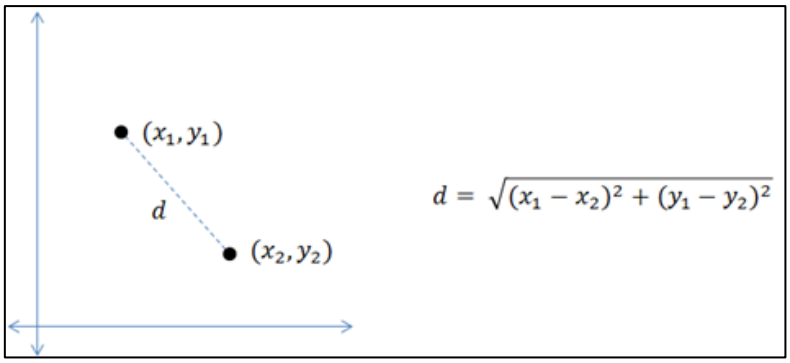
ภาพที่ 2.2 ลักษณะพฤติกรรมการเลือกเส้นทางของมดเมื่อมีอุปสรรคกั้นระหว่างทางไปหาอาหาร

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

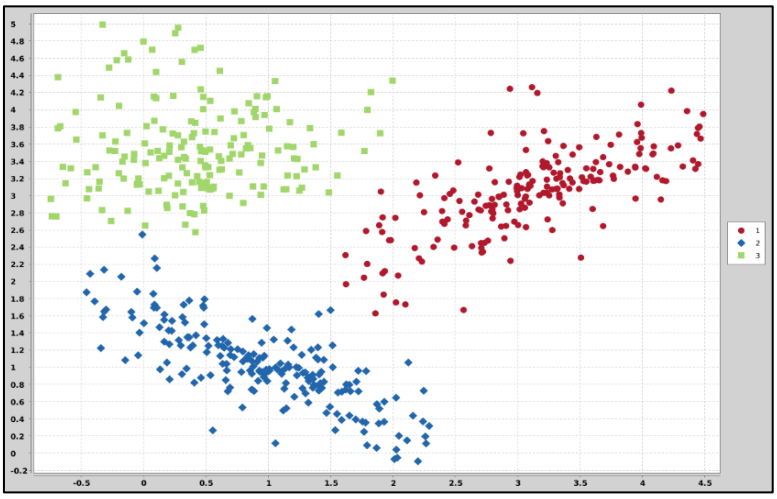
2.5 วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor method)

วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดเป็นวิธีในการหาเส้นทางที่ง่ายโดยการหาระยะทางจากจุดต่าง ๆ ไปยังจุดที่เหลือทั้งหมดโดยใช้วิธีการหาระยะทางด้วยสูตรยูคลิด (Euclidean Distance) จากนั้นจากจุดเริ่มต้นจะทำการเลือกจุดถัดไปโดยเลือกจุดที่มีระยะทางที่น้อยที่สุดหรือใกล้กับกับจุดก่อนหน้ามากที่สุด แล้วทำแบบนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จนวนกลับมาที่จุดเริ่มต้น โดยวิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่เรียบง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถเข้าใจได้ง่ายและยังมีประสิทธิภาพ

Shin et al. (2010) โดยวิธีการนี้ถูกดัดแปลงมาจากวิธี K-Nearest Neighbor ซึ่งเป็นวิธีการแบ่งกลุ่มของข้อมูลตามความคล้ายกัน (Similarity) พิจารณาจากข้อมูลว่ามีความคล้ายคลึงหรืออยู่ใกล้กับข้อมูลใดมากที่สุดใน k ตัว เพราะความคล้ายคลึงกันสามารถแสดงให้เห็นได้จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่น้อย ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่าข้อมูลที่อยู่ใกล้กันมีความใกล้เคียงกันหรือคล้ายคลึงกันมากกว่าข้อมูลที่อยู่ไกลกว่า จากนั้นจะทำการตัดสินใจว่าตัวอย่างข้อมูลที่สนใจนั้นสมควรจะอยู่ในกลุ่มใดของข้อมูลรวม



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างของการหาระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean Distance)



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างของการใช้ K=3 ในการจับกลุ่มข้อมูลด้วยวิธี K-Nearest Neighbor

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.6 Google Operations Research Tool (Google OR Tool)

Google OR Tool เป็นเครื่องมือเสรีที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบันมีลักษณะเป็นโค้ด (Codes) ที่สามารถนำไปรันได้ในโปรแกรมหลายภาษา ได้แก่ Java Python C++ และ C# โดย Google OR Tool หรือเรียกโดยย่อว่า OR Tool ถูกพัฒนาโดยทีม Google โดยมีคุณลอเรนต์ เพอร์รอนเป็นผู้บุกเบิกในการริเริ่ม (Perron, 2006) ซึ่งลักษณะของเครื่องมือนี้จะเป็นอัลกอริทึม (Algorithm) โดยวัชรพัฒน์ ศรีคำเวียง (2563) ได้ให้ความหมายของกัลกอริทึมไว้ว่า “แนวคิดอย่างมีเหตุผลที่ผู้เขียนโปรแกรมใช้ในการอธิบายวิธีการอย่างเป็นขั้นตอนตามลำดับในการที่จะพัฒนาโปรแกรมนั้น ๆ เพื่อตรวจสอบขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำงานและความถูกต้องในแต่ละขั้นตอน” ปัญหาที่นิยมนำมาใช้กับ OR Tool นั้นจะเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน มีคำตอบที่เป็นไปได้หลายชุด มีข้อจำกัดเยอะ และเนื่องจากการที่มีคำตอบที่เป็นไปได้หลายทาง OR Tool ถูกพัฒนาให้สามารถลดพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Region) ลงทำให้สามารถค้นหาค่าคำตอบที่เป็นค่าที่ดีที่สุดได้รวดเร็ว และง่ายยิ่งขึ้น โดยมีอัลกอริทึมที่เรียกว่า GLOP หรือ Google Linear Optimization Package ซึ่งถูกเขียนครั้งแรกด้วยภาษา C++ และปล่อยใช้งานในปี 2557 ลักษณะเด่นของ OR Tool คือ การที่ผู้ใช้งานสามารถช่วยพัฒนาคำสั่งเพื่อแก้ไขช่องโหว่ หรือปัญหาทางโปรแกรมมิ่ง (Bug) ที่อาจพบได้กับทีมพัฒนา OR Tool โดยตรง ทำให้อัลกอริทึมนี้มีความน่าเชื่อถือ เพราะมีการทบทวนและแก้ไขโค้ดอย่างต่อเนื่องเพื่อให้รองรับปัญหาที่ยากและซับซ้อนมากขึ้นในปัจจุบัน

```
def create_data_model():
    """Stores the data for the problem."""
    data = {}
    data['distance_matrix'] = [
        [0, 2451, 713, 1018, 1631, 1374, 2408, 213, 2571, 875, 1420, 2145, 1972],
        [2451, 0, 1745, 1524, 831, 1240, 959, 2596, 403, 1589, 1374, 357, 579],
        [713, 1745, 0, 355, 920, 803, 1737, 851, 1858, 262, 940, 1453, 1260],
        [1018, 1524, 355, 0, 700, 862, 1395, 1123, 1584, 466, 1056, 1280, 987],
        [1631, 831, 920, 700, 0, 663, 1021, 1769, 949, 796, 879, 586, 371],
        [1374, 1240, 803, 862, 663, 0, 1681, 1551, 1765, 547, 225, 887, 999],
        [2408, 959, 1737, 1395, 1021, 1681, 0, 2493, 678, 1724, 1891, 1114, 701],
        [213, 2596, 851, 1123, 1769, 1551, 2493, 0, 2699, 1038, 1605, 2300, 2099],
        [2571, 403, 1858, 1584, 949, 1765, 678, 2699, 0, 1744, 1645, 653, 600],
        [875, 1589, 262, 466, 796, 547, 1724, 1038, 1744, 0, 679, 1272, 1162],
        [1420, 1374, 940, 1056, 879, 225, 1891, 1605, 1645, 679, 0, 1017, 1200],
        [2145, 357, 1453, 1280, 586, 887, 1114, 2300, 653, 1272, 1017, 0, 504],
        [1972, 579, 1260, 987, 371, 999, 701, 2099, 600, 1162, 1200, 504, 0],
    ]  # yapf: disable
    data['num_vehicles'] = 1
    data['depot'] = 0
    return data
```

ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างโค้ด Python ที่ใช้แก้ปัญหา TSP ใน Google OR Tool

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.7 สรุปผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องตามแนวคิดและทฤษฎีข้างต้น สามารถสรุปรายละเอียดเพิ่มเติมได้ ในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย (ปีที่เผยแพร่)	เรื่อง (Research title)	วิธีการดำเนินงาน (Method)	ข้อค้นพบ (Findings)
สุเมธ ศรีสัมพันธ์ (2560)	การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าสำหรับบริษัทจำหน่ายชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษา บริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทริคแอนด์ดีไซน์ จำกัด	เปรียบเทียบผลจากการหลายโปรแกรมในการหาคำตอบ ได้แก่ Optimap, Vehicle Routing Manager (Turtle) และ Deluxe TSP Tools	การใช้โปรแกรม Optimap เป็นวิธีที่ช่วยหา Route การเดินทางที่ทำให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด โดยสามารถช่วยลดต้นทุนค่าเดินทางรวมไปได้ 9.86% เทียบกับวิธีการเดินทางแบบเดิม
นคร ไชยวงศ์ศักดา ประเวช อนันเอื้อ นิเวศ จีนะบุญเรือง เสกสรร วินยางค์กูล ขวัญเรือน สินณรงค์ ธนากร จักรแก้ว วุฒิชัย ใจบาล และณัฐวุฒิ ศรีสว่าง (2558)	การจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึมและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม	การใช้การแก้ปัญหา TSP โดยใช้ Solver ใน Microsoft Excel เพื่อหาระยะทางการเดินทางที่สั้น (ประหยัด) ที่สุด	สามารถลดระยะทางเดินทางโดยรวมได้ 1,727 เมตร หรือคิดเป็น 4.16% (จากระยะทางรวม 41,537 เมตร เหลือ 39,810 เมตร)
เสกสรรค์ วินยางค์กูล นิเวศน์ จีนะบุญเรือง ประเวช อนันเอื้อ นคร ไชยวงศ์ศักดา พรวิไล กันทะวงค์ ณัฐพล หมวกเครือ และธีระพงศ์ จันทาพูน (2557)	การประยุกต์ตัวแบบปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน กรณีศึกษาการจัดเส้นทางรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย	ประยุกต์ใช้ TSP กับการแก้ปัญหาเพื่อหาเส้นทางในการเดินรถรางนำเที่ยวของเทศบาลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel (Solver)	ได้ระยะทางสั้นที่สุดที่เชื่อมทุกจุดเข้าด้วยกัน คือ 5,510 เมตร ซึ่งเส้นรูปแบบการเดินทางแบบเดิมมีระยะทาง 6,060 เมตร

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ผู้วิจัย (ปีที่เผยแพร่)	เรื่อง (Research title)	วิธีการดำเนินงาน (Method)	ข้อค้นพบ (Findings)
ปัญญวัฒน์ จันทร์ชัยภักดิ์ (2561)	การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียน: กรณีศึกษาโรงเรียนประสิทธิ์ศึกษาสงเคราะห์	ใช้วิธีหลากหลายในการแก้ปัญหา - Saving Heuristic - Sweep Heuristic - Nearest Neighbor Heuristic - Farthest Nearest-Neighbor Heuristic	ได้ระยะทางสั้นที่สุดจากวิธี Saving Heuristic ที่เชื่อมทุกจุดเข้าด้วยกัน คือ 733 กิโลเมตร
ปวิธ ไกรสรนุเคราะห์ (2562)	การปรับปรุงวิธีอาณาจักรมดสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบมีขอบเขตเวลาและแบ่งส่งสินค้า	ประยุกต์ใช้วิธีอาณาจักรมดกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง	วิธีอาณาจักรมดมีจำนวนผลคำตอบกว่า 50% ของผลการทดลองทั้งหมด และมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยของระยะทางรวมไม่เกิน 5%
ชวันลักษณ์ สุวรรณรัศมี (2560)	การจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการลูกค้าของตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ทางวิศวกรรมในภาคใต้ของประเทศไทย	ใช้ Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อใช้แก้ปัญหา TSP	สามารถลดระยะทางเดินทางรวมต่อปีได้ถึง 16,109 กิโลเมตรและลดต้นทุนค่าเชื้อเพลงในการเดินทางได้ถึง 80,545 บาทต่อปี

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.8 สรุปวิธีการที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา

จากวิธีการแก้ปัญหาที่อ้างอิงมาตามทฤษฎีต่าง ๆนั้น สามารถสรุปรายละเอียดเพิ่มเติมได้ ในตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 2.3 สรุปวิธีการที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา

ชื่อวิธีการ	ลักษณะปัญหาที่เหมาะสม
Traveling Salesman Problem	ปัญหาการเดินทางเชื่อมจุดต่าง ๆ โดยใช้พาหนะ 1 คันแบบไม่ซับซ้อนและไม่มีข้อจำกัดด้านพาหนะ
Vehicle Routing Problem	ปัญหาการเดินทางเชื่อมจุดต่าง ๆ โดยมีพาหนะหลายคันและมีข้อจำกัดด้านพาหนะทั้งน้ำหนัก ชนิดของสินค้าที่บรรจุได้
Ant Colony Optimization	การแก้ปัญหาการเดินทางโดยอาศัยความน่าจะเป็นและการปรับปรุงคำตอบเดิม สิ่งที่ยากคือจำนวนชุดของคำตอบที่มีเยอะมากทำให้เกิดความเป็นไปได้ของคำตอบมากมายตามเส้นทางที่มีอยู่
Nearest Neighbor	การแก้ปัญหาโดยใช้เมทริกซ์แสดงระยะทางโดยเลือกจากจุดที่ใกล้ที่สุดก่อนเสมอ ไม่พิจารณาข้อจำกัดอื่น มีจุดเด่นที่ง่ายแต่คำตอบที่ได้มักจะไม่เป็นคำตอบที่ดีที่สุด

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการวิจัย

งานวิจัย เรื่อง การจัดเส้นทางเดินรถเติมสินค้าของตู้เต่าบินในเขตจังหวัดนนทบุรี มีระเบียบการวิจัย ดังนี้ เริ่มจากการเก็บข้อมูลตำแหน่งตู้เต่าบินในเขตจังหวัดนนทบุรีตามเขตอำเภอเมือง อำเภอบางใหญ่ อำเภอบางบัวทอง อำเภอปากเกร็ด และจุดกระจายสินค้า ตามด้วยการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทาง แล้วจึงหาเส้นทางและลำดับการเดินทางจากจุดกระจายสินค้าไปยังตู้เต่าบินตามจุดต่าง ๆ โดยต้องแต่ละจุดจะเข้าและออกไปเพียง 1 ครั้งต่อรอบเดินรถ และจะต้องนำรถกลับไปยังจุดกระจายสินค้าเหมือนเดิมทุกรอบ จากนั้นจึงอธิปรายผลโดยเทียบราคาค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อการขับรถเติมสินค้า 1 รอบ โดยคิดเป็นอัตราสิ้นเปลืองตามที่รถยนต์ยี่ห้อและรุ่นนั้นได้ทำการอ้างอิงไว้ โดยขั้นตอนของการทำวิจัยนี้ ดังรูปที่ 7

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.1 การรวบรวมข้อมูลตำแหน่งตู้เต่าบินในแต่ละเขตอำเภอและจุดกระจายสินค้า

โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลตำแหน่งตู้เต่าบินในแต่ละเขตอำเภอและจุดกระจายสินค้า โดยจำนวนของตู้เต่าบินทั้งหมดในเขตจังหวัดนนทบุรี ณ วันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 มีทั้งหมด 39 ตู้ โดยแบ่งตามเขตอำเภอ และมีรถยนต์ที่ใช้ในการขนส่งวัตดุดิบจำนวนทั้งสิ้น 4 คัน โดยใช้เขตอำเภอละ 1 คัน โดยปริมาณวัตดุดิบที่สามารถบรรทุกได้บนรถ 1 รอบนั้น เพียงพอต่อการเติมวัตดุดิบให้กับทุกตู้ในเขตที่รถคันนั้นดูแล และข้อมูลที่ได้รับมาเป็นข้อมูลที่ได้รับโดยตรงจากผู้ดูแลตู้เต่าบินในเขตจังหวัดนนทบุรี พบว่าข้อมูลระยะทางดังกล่าวเป็นแบบไม่สมมาตร (Asymmetric Distance Matrix) คือระยะทางขาไปและขากลับระหว่างจุด 2 จุดไม่เท่ากัน โดยได้ข้อมูลมาดังนี้

ภาพที่ 3.2 รถยนต์ที่เต่าบินใช้ในการบรรทุกขนส่งวัตถุดิบ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานที่ตั้งของตู้เต่าบินและจุดกระจายสินค้าเขตอำเภอเมืองนนทบุรี

โดยมีลำดับการเดินทางแบบเดิมคือ H-A10-A7-A3-A8-A11-A13-A14-A5-A2-A1-A12-A6-A4-A9-A15-H รวมระยะทางทั้งสิ้น 72.67 กิโลเมตร

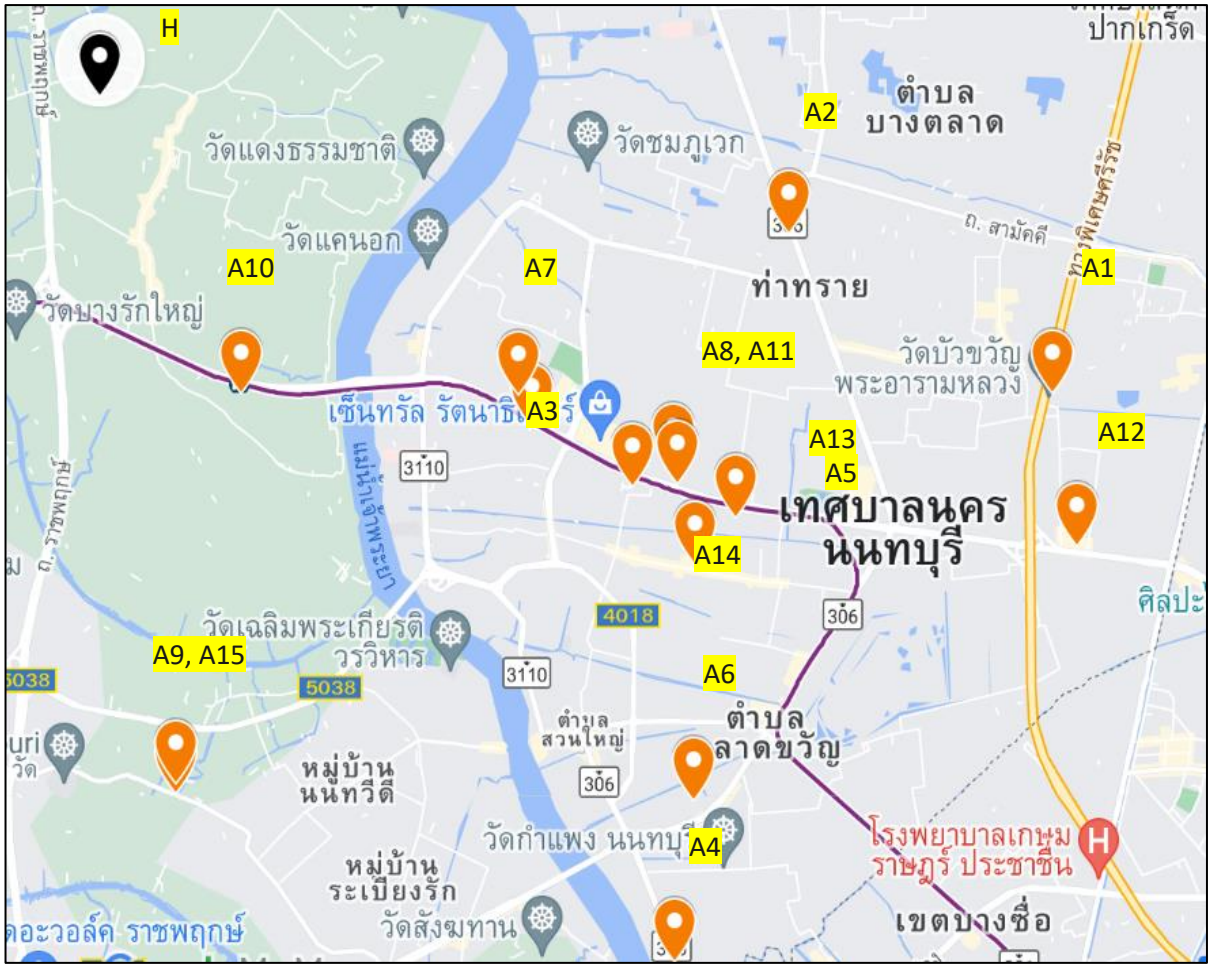
ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ตัวย่อ	เขตอำเภอ	ละติจูด, ลองติจูด
1	จุดกระจายสินค้าเต่าบิน	H	ปากเกร็ด	13.893159290376728, 100.45460946198214
2	วัดบัวขวัญ	A1	เมืองนนทบุรี	13.869739100211927, 100.53481683322588
3	บริษัท ไทยโตชิบา อุตสาหกรรม จำกัด	A2	เมืองนนทบุรี	13.88230496128482, 100.51279818297351
4	คอนโด Sky Line	A3	เมืองนนทบุรี	13.867129758383951, 100.49109709646723
5	ลุมพินีพิบูลสงคราม	A4	เมืองนนทบุรี	13.82506779645199, 100.50302707739836
6	ศุภาลัย เวอเรนด้า รัตนาธิเบศร์	A5	เมืองนนทบุรี	13.862396484607427, 100.49945393879649
7	คอนโดลุมพินี นครอินทร์	A6	เมืองนนทบุรี	13.8376655491199, 100.5046087118084
8	แอสปาย รัตนาธิเบศร์1	A7	เมืองนนทบุรี	13.869590574996066, 100.4898190406441
9	ลุมพินีพาร์ค รัตนาธิเบศน์ตึก D	A8	เมืองนนทบุรี	13.86391957885607, 100.50288702530257
10	บริษัท ฟาสโก้ มอเตอร์ส (โชนออฟฟิศ)	A9	เมืองนนทบุรี	13.838267538966855, 100.46108054064375
11	ดี คอนโด รัตนาธิเบศร์	A10	เมืองนนทบุรี	13.869771342747526, 100.46646884064404

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ตัวย่อ	เขตอำเภอ	ละติจูด, ลองติจูด
12	บริษัท โตโยต้านนทบุรี จำกัด	A11	เมืองนนทบุรี	13.862613532024898, 100.50324363594395
13	ห้างพันธุ์ทิพย์ พลาซ่า งามวงศ์วาน	A12	เมืองนนทบุรี	13.857785464143902, 100.53696870002625
14	แอสปาย รัตนาธิเบศร์ 2	A13	เมืองนนทบุรี	13.859847224867313, 100.50816800623714
15	จัมโบ้คลีนวอช เรวดี 53	A14	เมืองนนทบุรี	13.85617770626695, 100.50474312530245
16	บริษัท ฟาสโก้ มอเตอร์ โซนโรงงาน (R1)	A15	เมืองนนทบุรี	13.839162030014245, 100.46100274945204

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 3.3 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดกระจายสินค้าและตำแหน่งตู้เต่าบินในเขตอำเภอเมืองนนทบุรี

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.2 เมทริกซ์แสดงระยะทางจากจุดกระจายสินค้าไปยังเส้นทางต่าง ๆ ตามเขตอำเภอเมือง โดยทุกระยะทางมีหน่วยเป็นกิโลเมตรรวมทั้งเป็นการเดินทางโดยไม่มีค่าผ่านทาง (No Tolls) และเลือกเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุดในบรรดาทางเลือกทั้งหมด

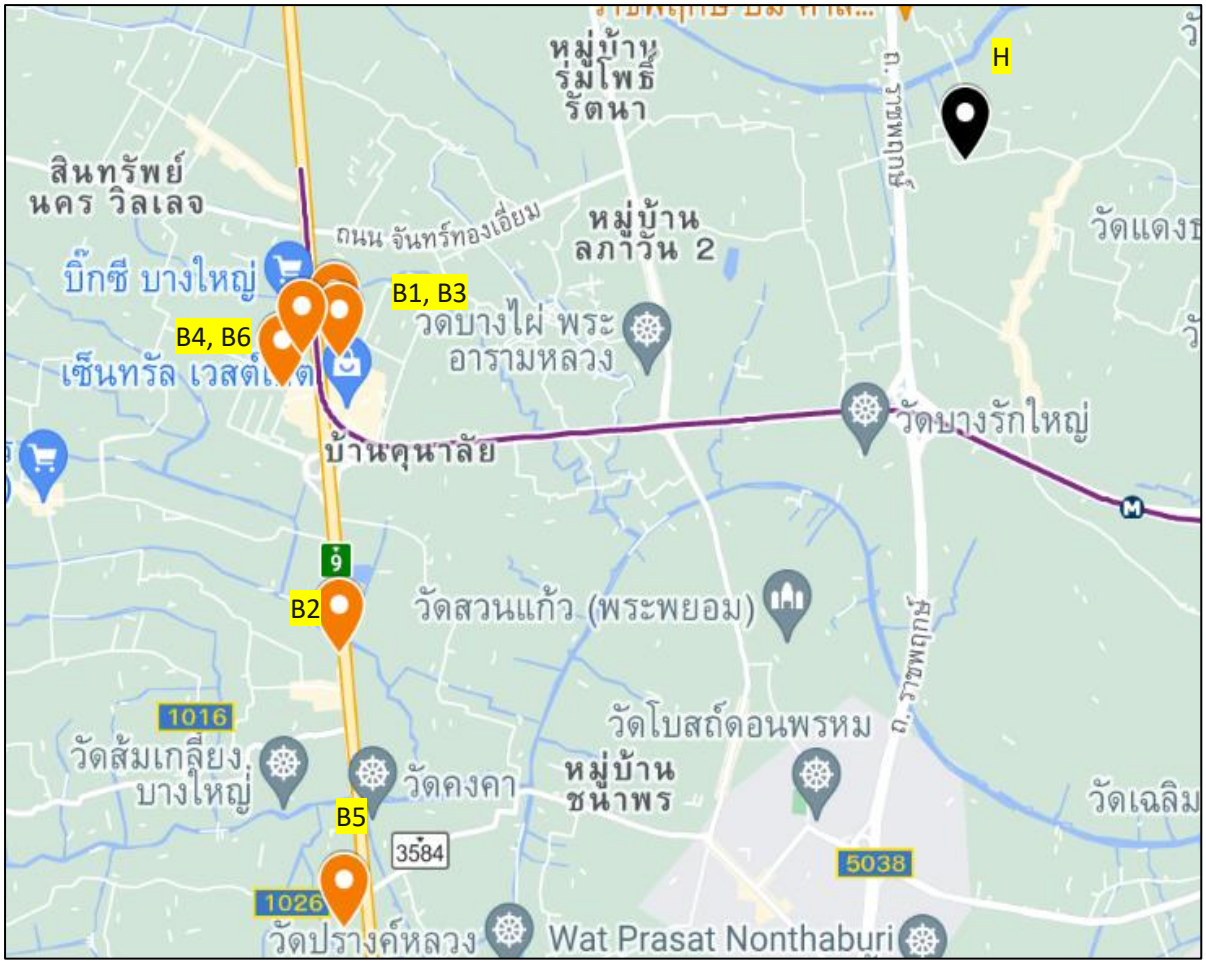
Distance	H	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
H	-	13	11	11.1	16.3	10.1	14.9	6.8	8.5	8.2	6.1	8.4	12.1	11.7	11.4	8.4
A1	14.5	-	4.3	6.4	8.8	5.4	7.4	9.3	8.4	11.9	9.2	8.2	1.6	4.5	5.4	15.2
A2	13.3	6.2	-	8.1	11.1	7.7	9.7	7.3	6.7	14.2	11.2	5	6.8	6.7	7.7	15.8
A3	7	9.1	7.1	-	8.4	6.3	7	3	4.7	9.6	2.9	4.5	8.2	7.6	5.7	9.8
A4	15.4	7.7	7.8	6.2	-	6.1	2.1	9.7	8.8	6.5	9.6	8.6	6.7	5.8	5.8	9.8
A5	8.1	7.5	6.2	1.1	6.9	-	5.5	4	3.1	9.5	4	2.9	6.6	6.2	2.9	9.7
A6	14.8	5.9	6	6.4	4.7	5	-	9	8.7	7.9	8.9	8.5	5	4	4.1	11.1
A7	11.5	6.5	5.2	4.6	9.1	3.6	8.4	-	2	12.9	7.4	1.9	5.6	5.2	4.9	13.1
A8	10	4.9	4.4	3	7.5	2.1	6.1	5.9	-	11.3	5.8	0.29	4	3.6	3.3	11.5
A9	11.2	11.5	11.7	7.8	7.3	8.3	6	8.6	9.8	-	8.5	9.6	12.6	9.7	7.9	0.18
A10	4.4	10.6	8.5	8.7	13.2	7.7	11.8	4.4	6.1	7.4	-	6	9.6	9.3	9	7.6
A11	9.7	4.7	3.5	2.8	7.3	1.8	5.9	5.7	4.4	11.1	5.6	-	3.7	3.4	3.1	11.3
A12	13.5	2	5.9	6.6	9	5.7	7.6	9.5	8.6	12.1	9.5	8.3	-	4.7	5.6	15.4
A13	9.1	8.5	7.2	2.1	6.6	1.2	6.9	5	4.1	10.5	5	4	7.6	-	2.4	10.7
A14	9.7	4.8	4.9	2.8	5.7	1.8	4.3	5.7	4.8	7.8	5.6	4.6	3.9	1.9	-	9.5
A15	12	11.7	11.8	7.9	7.5	8.4	6.1	8.7	9.9	0.18	8.6	9.7	10.7	9.8	8.1	-

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลสถานที่ตั้งของตู้เต่าบินและจุดกระจายสินค้าเขตอำเภอบางใหญ่
โดยมีลำดับการเดินทางแบบเดิมคือ H-B1-B3-B5-B2-B4-B6-H รวมระยะทางทั้งสิ้น 34.4 กิโลเมตร

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ตัวย่อ	เขตอำเภอ	ละติจูด, ลองติจูด
1	จุดกระจายสินค้าเต่าบิน	H	ปากเกร็ด	13.893159290376728, 100.45460946198214
2	โรงพยาบาลเกษมราษฎร์ อินเตอร์เนชั่นแนล	B1	บางใหญ่	13.881565842313531, 100.41030065713711
3	อีซูซุ สยามซิตตี้ สาขาบางใหญ่	B2	บางใหญ่	13.860909716158256, 100.41050749682005
4	โฮมโปร รัตนาธิเบศร์	B3	บางใหญ่	13.880225352528292, 100.41054799089767
5	ตลาดบางใหญ่	B4	บางใหญ่	13.878189919900628, 100.40661136327105
6	บริษัท อักษรโลจิสติกส์ จำกัด	B5	บางใหญ่	13.842938646131852, 100.4109547485647
7	ดีแคทลอน บางใหญ่	B6	บางใหญ่	13.8804924273063, 100.40806038720434

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 3.4 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดกระจายสินค้าและตำแหน่งตู้เต่าบินในเขตอำเภอบางใหญ่

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

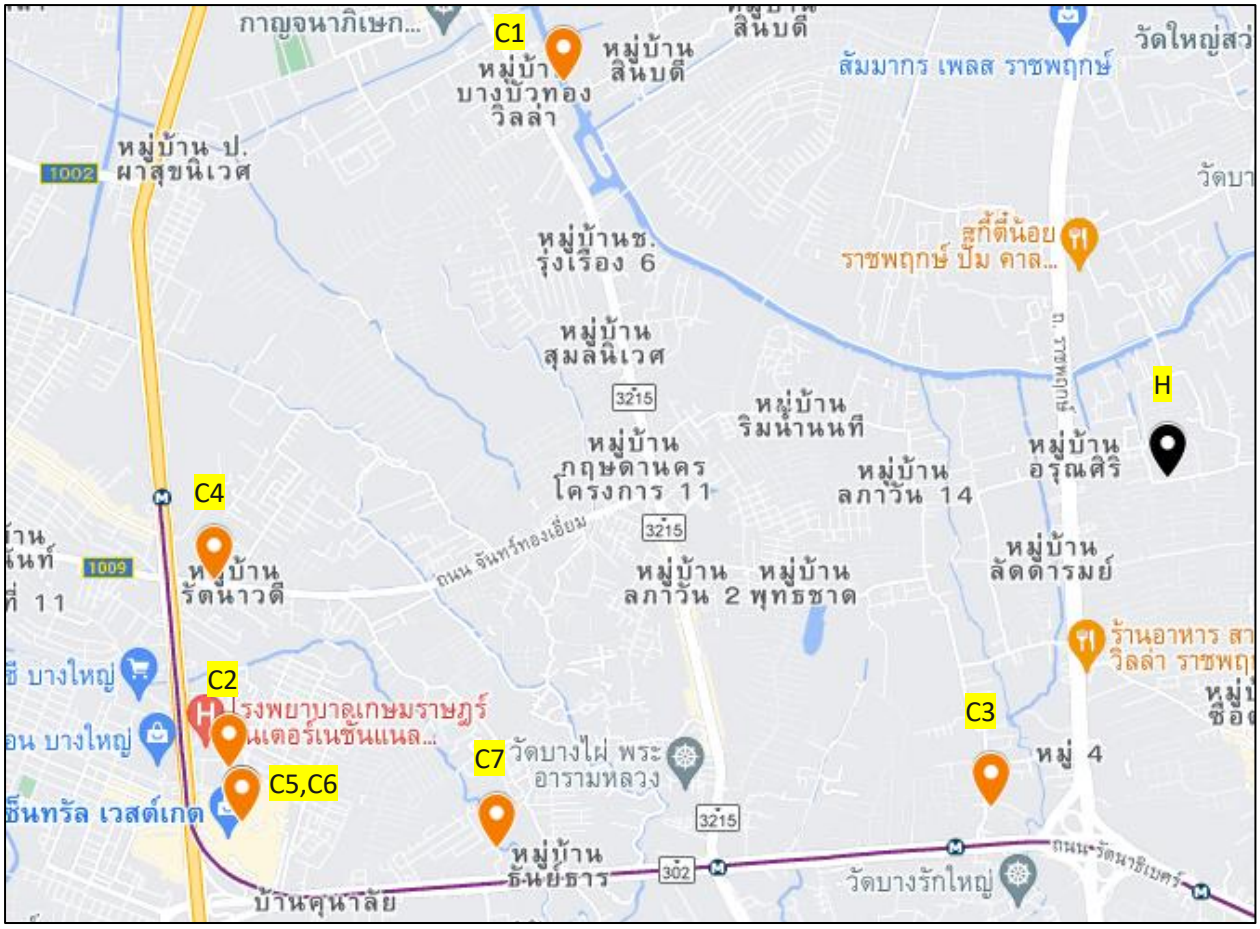
ตารางที่ 3.4 เมทริกซ์แสดงระยะทางจากจุดกระจายสินค้าไปยังเส้นทางต่างๆ ตามเขตอำเภอบางใหญ่ โดยทุกระยะทางมีหน่วยเป็นกิโลเมตรรวมทั้งเป็นการเดินทางโดยไม่มีค่าผ่านทาง (No Tolls) และเลือกเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุดในบรรดาทางเลือกทั้งหมด

Distance	H	B1	B2	B3	B4	B5	B6
H	-	10.4	14.7	10.7	10.1	13	10.1
B1	8.5	-	7.2	0.45	5.7	5.5	5.7
B2	9.2	6.4	-	6.6	2.4	9.3	2.3
B3	2.8	2.8	7.4	-	5.9	5.7	5.8
B4	12.9	4.8	6.9	4.9	-	9.9	0.65
B5	11.4	8.6	2.2	8.7	4.5	-	4.5
B6	12.6	4.4	9.1	4.6	4.4	9.6	-

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลสถานที่ตั้งของตู้เต่าบินและจุดกระจายสินค้าเขตอำเภอบางบัวทอง
โดยมีลำดับการเดินทางแบบเดิมคือ H-C3-C1-C4-C2-C5-C6-H รวมระยะทางทั้งสิ้น 25.65 กิโลเมตร

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ตัวย่อ	เขตอำเภอ	ละติจูด, ลองติจูด
1	จุดกระจายสินค้าเต่าบิน	H	ปากเกร็ด	13.893159290376728, 100.45460946198214
2	โรงพยาบาลชลลดา	C1	บางบัวทอง	13.910867159658356, 100.42671628982585
3	บิ๊กซี รัตนาธิเบศร์ 1	C2	บางบัวทอง	13.88015431257265, 100.4112991332269
4	เอส 9 คอนโดมิเนียม บางรักใหญ่	C3	บางบัวทอง	13.878392543660524, 100.4464399498783
5	ไอริส เวสท์เกต	C4	บางบัวทอง	13.88853813937418, 100.4106092253028
6	เซ็นทรัลฟู้ด ทางเข้าทำงาน	C5	บางบัวทอง	13.877727437628252, 100.41185890256617
7	เซ็นทรัลฟู้ด โรงอาหาร	C6	บางบัวทอง	13.877727437628252, 100.41185890256617
8	โรงพยาบาลเกษมราษฎร์ รัตนาธิเบศร์	C7	บางบัวทอง	13.876610291267419, 100.42359093911404



ภาพที่ 3.5 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดกระจายสินค้าและตำแหน่งตู้เต่าบินในเขตอำเภอบางบัวทอง

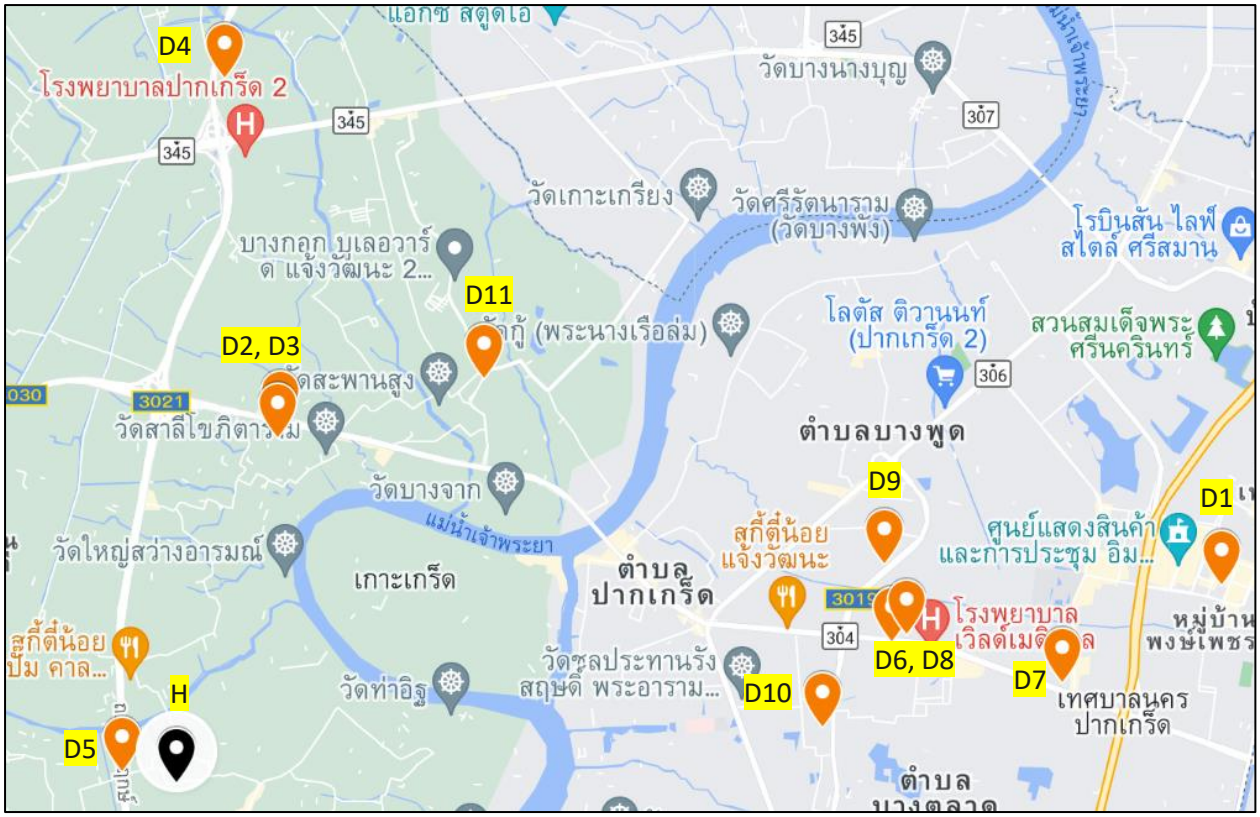
ตารางที่ 3.6 เมทริกซ์แสดงระยะทางจากจุดกระจายสินค้าไปยังเส้นทางต่าง ๆ ตามเขตอำเภอบางบัวทอง โดยทุกระยะทางมีหน่วยเป็นกิโลเมตรรวมทั้งเป็นการเดินทางโดยไม่มีค่าผ่านทาง (No Tolls) และเลือกเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุดในบรรดาทางเลือกทั้งหมด

Distance	H	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
H	-	9.6	11.1	4.5	9.8	9.9	9.9	10.4
C1	7.2	-	6.4	5.5	5.1	6.7	6.7	8.3
C2	8.6	7.6	-	5.1	5.5	1	1	2.7
C3	3.7	5.6	7	-	5.7	5.8	5.8	6.3
C4	8.4	4.4	1.3	4.9	-	1.6	1.6	3.4
C5	7.7	6.7	2.3	4.2	4.6	-	0.05	1.8
C6	7.7	6.7	2.3	4.2	4.6	0.05	-	1.8
C7	6.3	5.3	4.2	2.8	3.2	3.2	3.2	-

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลสถานที่ตั้งของตู้เต่าบินและจุดกระจายสินค้าเขตอำเภอบางบัวทอง โดยมีลำดับการเดินทางแบบเดิมคือ H-D5-D4-D2-D3-D11-D9-D10-D6-D8-D7-D1-H รวมระยะทางทั้งสิ้น 77.23 กิโลเมตร

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ตัวย่อ	เขตอำเภอ	ละติจูด, ลองติจูด
1	จุดกระจายสินค้าเต่าบิน	H	ปากเกร็ด	13.893159290376728, 100.45460946198214
2	KBTG ชั้น 8	D1	ปากเกร็ด	13.91082541630165, 100.55154154064458
3	กาแฟ MONO29 (ด้านนอก)	D2	ปากเกร็ด	13.925230127984317, 100.46433972005433
4	กาแฟ2 MONO29	D3	ปากเกร็ด	13.92414661159178, 100.4641382785214
5	บริษัท คอมโพสิท ครีเอชั่น จำกัด	D4	ปากเกร็ด	13.95636464161758, 100.45923796033308
6	บ.แอทต้า ออโต้เฮ้าส์ โชวร์รูมเบนซ์	D5	ปากเกร็ด	13.89412481866148, 100.44964488112608
7	โมโน 29	D6	ปากเกร็ด	13.905762608067691, 100.52101175210741
8	บริษัท เนชั่นแนล ไอทีเอ็มเอ็กซ์ จำกัด	D7	ปากเกร็ด	13.902128165036837, 100.5367267387969
9	บริษัท อินฟิเนียน เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด	D8	ปากเกร็ด	13.906398154123325, 100.52225174305715
10	บริษัทจำกัด พรีไซซ ซิสเท็ม แอนด์ โปรเจ็ค	D9	ปากเกร็ด	13.912671072096446, 100.52019988297384
11	บริษัท เธียรสุรัตน์ จำกัด มหาชน	D10	ปากเกร็ด	13.898057188551782, 100.51457545413835
12	เคอรี่ คลองพระอุดม	D11	ปากเกร็ด	13.929428089296199, 100.48319216099097



ภาพที่ 3.6 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดกระจายสินค้าและตำแหน่งตู้เต่าบินในเขตอำเภอปากเกร็ด

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.8 เมทริกซ์แสดงระยะทางจากจุดกระจายสินค้าไปยังเส้นทางต่างๆ ตามเขตอำเภอปากเกร็ด โดยทุกระยะทางมีหน่วยเป็นกิโลเมตรรวมทั้งเป็นการเดินทางโดยไม่มีค่าผ่านทาง (No Tolls) และเลือกเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุดในบรรดาทางเลือกทั้งหมด

Distance	H	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
H	-	19.4	7.7	7.8	15.1	5.2	18.8	16.5	14.7	15	14.4	10.7
D1	19	-	13.6	13.7	18.2	20	6.5	9.3	7.6	8.2	8.7	12.7
D2	5.4	17.4	-	0.13	9.6	9.9	17.2	14.2	12.4	12.7	13.6	8.3
D3	5.6	17.5	0.13	-	9.7	10.1	17.3	14.3	12.6	12.8	13.7	8.4
D4	12.4	15.2	12.3	12.4	-	18	18.6	14.2	12.5	12.7	13.7	7.3
D5	1.4	17.3	8.2	8.3	11.1	-	17.1	14.1	12.4	12.6	13.5	8.3
D6	12.2	6	6.8	6.9	15.5	16.5	-	2.8	1.1	3.5	2.2	5.9
D7	16.1	3	10.7	10.8	17.5	19.7	3.9	-	5	7.4	6.1	9.8
D8	17.7	5	13.9	14	20.3	21.3	7.1	1.8	-	9	9.3	13
D9	14	7.1	8	8.2	17	17.6	4.7	4.2	2.4	-	5.2	7.1
D10	13.3	8.9	7.3	7.5	16	15.9	3.7	5.8	4.1	2	-	6.4
D11	11.8	11	4.7	4.9	7.1	17.3	10.8	7.8	6	6.3	7.2	-

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

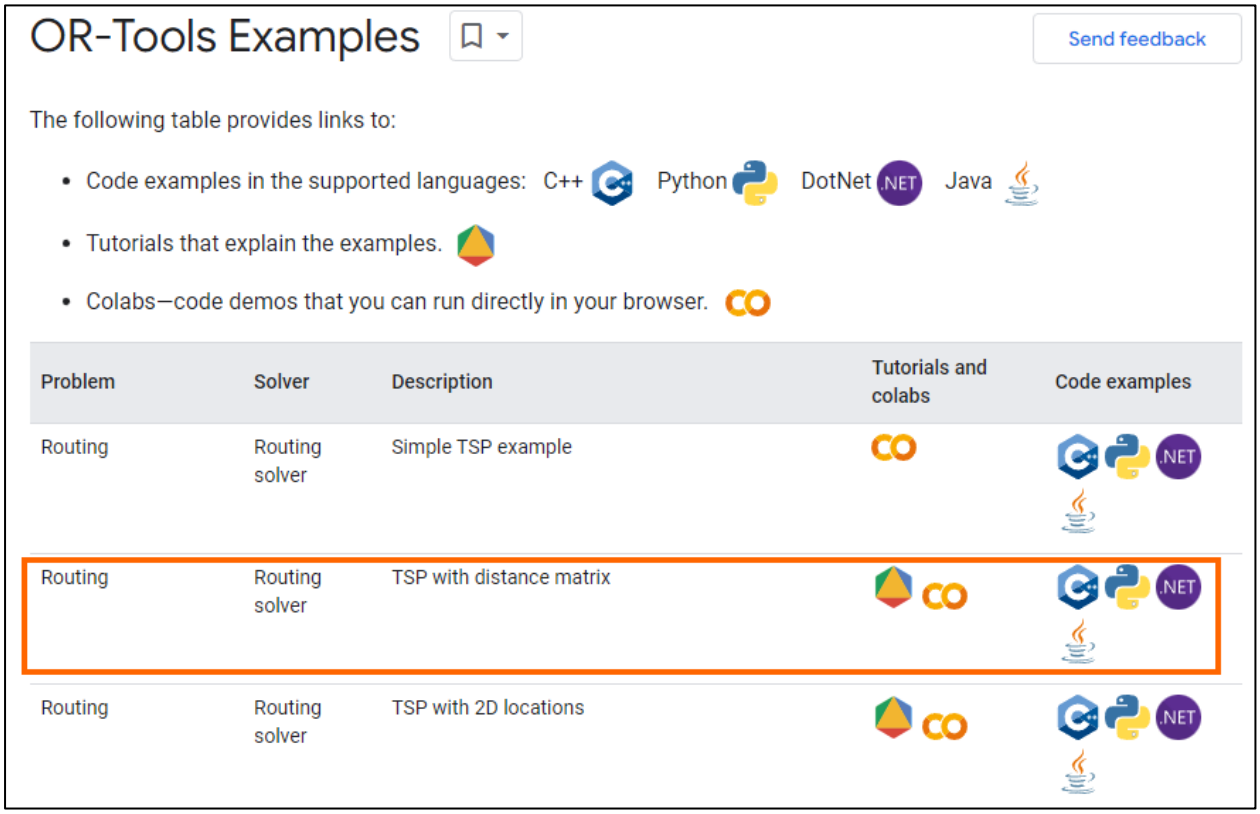
3.2 การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทาง

สำหรับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องจะอ้างอิงจากบทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำวิธี Google OR Tool และ Nearest Neighbor มาใช้เปรียบเทียบกับวิธีการเดินทางแบบเดิมของผู้ให้บริการเช่าบิน โดยใช้ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งและระยะทางหน่วยเป็นกิโลเมตรเป็นข้อมูลที่ใช้ประกอบการพิจารณา

3.3 การหาวิธีการเดินทางที่มีระยะทางสั้นที่สุด โดยใช้ Google OR Tool และวิธี Nearest Neighbor

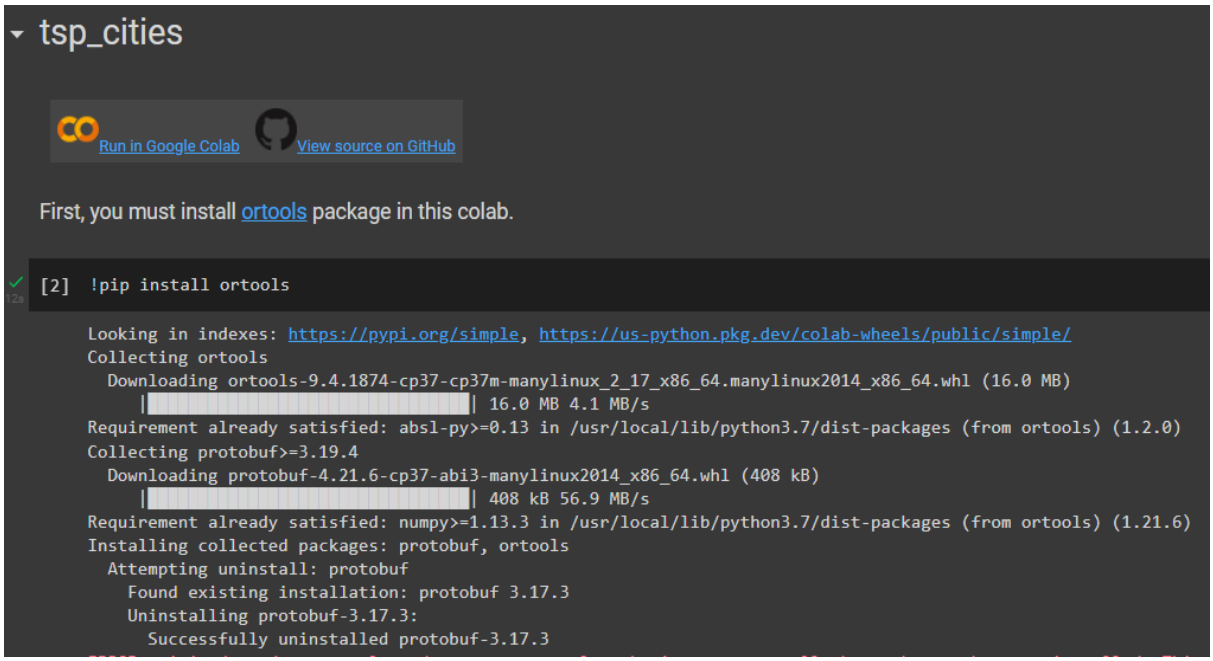
3.3.1 วิธี Google OR Tool

1) ใช้ Google OR Tool ที่มีโค้ดสำเร็จรูปเพื่อแก้ปัญหา TSP การส่งขนส่งวัตถุดิบของตู้เช่าบินทาง website: https://developers.google.com/optimization



ภาพที่ 3.7 Google OR Tool ที่มีโค้ดสำหรับแก้ปัญหา TSP with distance matrix

2) Run Code Python โดยใช้ Colab.research.google



ภาพที่ 3.8 ตัวอย่างโค้ด Python สำหรับ TSP with distance Matrix

3) นำ Distance Matrix ของแต่ละเขตอำเภอเข้าไปในโปรแกรมรวมถึงจำนวนจุด (nodes) ที่มี

```
def create_data_model():
    """Stores the data for the problem."""
    data = {}
    data['distance_matrix'] = [
        [0, 2451, 713, 1018, 1631, 1374, 2408, 213, 2571, 875, 1420, 2145, 1972],
        [2451, 0, 1745, 1524, 831, 1240, 959, 2596, 403, 1589, 1374, 357, 579],
        [713, 1745, 0, 355, 920, 803, 1737, 851, 1858, 262, 940, 1453, 1260],
        [1018, 1524, 355, 0, 700, 862, 1395, 1123, 1584, 466, 1056, 1280, 987],
        [1631, 831, 920, 700, 0, 663, 1021, 1769, 949, 796, 879, 586, 371],
        [1374, 1240, 803, 862, 663, 0, 1681, 1551, 1765, 547, 225, 887, 999],
        [2408, 959, 1737, 1395, 1021, 1681, 0, 2493, 678, 1724, 1891, 1114, 701],
        [213, 2596, 851, 1123, 1769, 1551, 2493, 0, 2699, 1038, 1605, 2300, 2099],
        [2571, 403, 1858, 1584, 949, 1765, 678, 2699, 0, 1744, 1645, 653, 600],
        [875, 1589, 262, 466, 796, 547, 1724, 1038, 1744, 0, 679, 1272, 1162],
        [1420, 1374, 940, 1056, 879, 225, 1891, 1605, 1645, 679, 0, 1017, 1200],
        [2145, 357, 1453, 1280, 586, 887, 1114, 2300, 653, 1272, 1017, 0, 504],
        [1972, 579, 1260, 987, 371, 999, 701, 2099, 600, 1162, 1200, 504, 0],
    ]  # yapf: disable
    data['num_vehicles'] = 1
    data['depot'] = 0
    return data
```

ภาพที่ 3.9 ตัวอย่างการนำ Distance Matrix เข้าไปในโค้ดของ Python

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

4) Run โปรแกรมเพื่อให้ได้คำตอบมาและต้องตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ รวมถึงระยะทางสั้นที่สุดที่โปรแกรมหามาได้และทำแบบนี้กับทุกเส้นทางตามแต่ละอำเภอ

```
Route for vehicle 0:
 0 -> 7 -> 2 -> 3 -> 4 -> 12 -> 6 -> 8 -> 1 -> 11 -> 10 -> 5 -> 9 -> 0
```

ภาพที่ 3.10 ตัวอย่างผลลัพธ์เป็นค่าระยะทางสั้นที่สุดที่โปรแกรมหาได้และลำดับการเดินทาง

3.3.2 วิธี Nearest Neighbor

โดยพิจารณาลำดับจากตาราง Distance Matrix ของแต่ละเขตอำเภอ โดยการเลือกเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่มีระยะทางใกล้ที่สุดก่อนแล้วไล่ไปยังจุดที่ใกล้ที่สุดถัดไปเรื่อย ๆ จนกลับมาที่จุดเริ่มต้น และจะต้องทำให้ครบทุกอำเภอ ซึ่งได้แก่

- อำเภอเมือง
- อำเภอบางใหญ่
- อำเภอบางบัวทอง
- อำเภอปากเกร็ด

3.4 การเปรียบเทียบระยะทางที่ได้จากทั้ง 2 วิธีกับวิธีการเดินทางเดิม

การนำการเดินทางจากวิธีทั้งแบบเดิมที่เต่าบินใช้ในปัจจุบัน การเดินทางจากวิธี Google OR Tool และจากเดินทางจากวิธี Nearest Neighbor มาเปรียบเทียบระยะทางรวมหน่วยเป็นกิโลเมตรที่ใช้ในการเติมสินค้า 1 รอบของแต่ละเขตอำเภอ เพื่อหาวิธีการที่ให้ระยะทางรวมสั้นที่สุด

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.5 การรวมโหนดของอำเภอบางใหญ่และบางบัวทองเข้าด้วยกัน

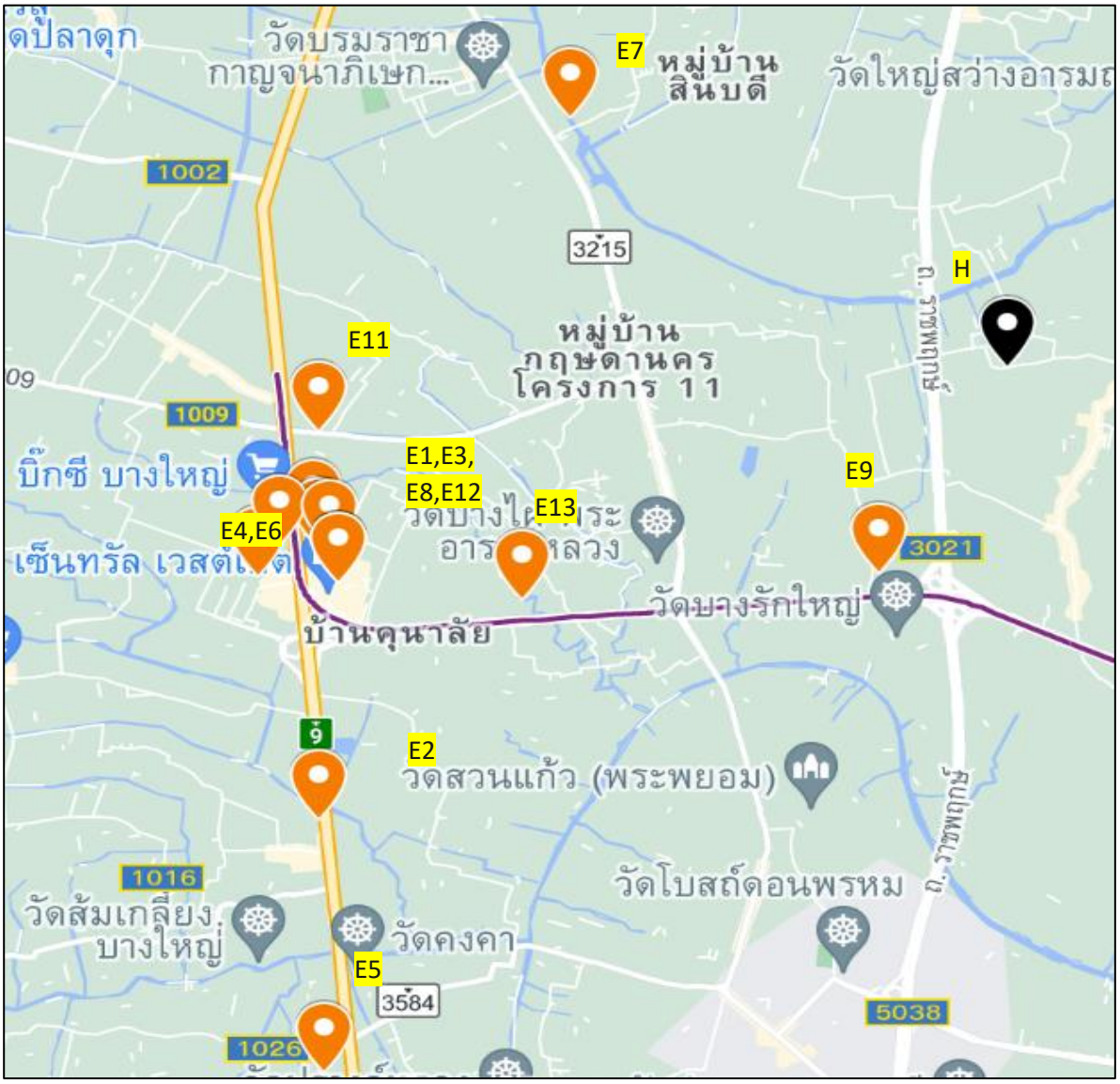
การรวมเส้นทางของเขตอำเภอบางใหญ่และอำเภอบางบัวทองเข้าด้วยกัน เนื่องจากพิจารณาจากทำเลที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แล้วมีความใกล้เคียงกันและยังช่วยลดจำนวนรถยนต์ที่ใช้จากทั้งหมด 4 คัน เหลือเพียง 3 คันต่อรอบต่อวัน อีกทั้งปริมาณวัตถุดิบที่สามารถบรรทุกไปนั้นสามารถเพิ่มให้เพียงพอต่อการเติมสินค้าในตู้เต่าบินถึงแม้จะมีการรวมเส้นทาง ผู้ทำวิจัยจึงได้รวมจุดเติมสินค้าต่าง ๆ ของอำเภอบางใหญ่และอำเภอบางบัวทองเข้าด้วยกันดังที่แสดงได้ตามตารางที่ 12

ตารางที่ 3.9 ข้อมูลสถานที่ตั้งของตู้เต่าบินและจุดกระจายสินค้าเขตอำเภอบางใหญ่และอำเภอบางบัวทอง

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ตัวย่อ	เขตอำเภอ	ละติจูด, ลองติจูด
1	จุดกระจายสินค้าเต่าบิน	H	ปากเกร็ด	13.893159290376728, 100.45460946198214
2	รพ.เกษมราษฎร์ อินเตอร์	E1	บางใหญ่	13.881565842313531, 100.41030065713711
3	อีซูซุ สยามซิตตี้ สาขาบางใหญ่	E2	บางใหญ่	13.860909716158256, 100.41050749682005
4	โฮมโปร รัตนาธิเบศร์	E3	บางใหญ่	13.880225352528292, 100.41054799089767
5	ตลาดบางใหญ่	E4	บางใหญ่	13.878189919900628, 100.40661136327105
6	บริษัท อักษรโลจิสติกส์ จำกัด	E5	บางใหญ่	13.842938646131852, 100.4109547485647
7	ดีแคทลอน บางใหญ่	E6	บางใหญ่	13.8804924273063, 100.40806038720434
8	รพ.ชลลดา	E7	บางบัวทอง	13.910867159658356, 100.42671628982585
9	บิ๊กซี รัตนาธิเบศร์ 1	E8	บางบัวทอง	13.88015431257265, 100.4112991332269
10	เอส 9 คอนโดมิเนียม บางรักใหญ่	E9	บางบัวทอง	13.878392543660524, 100.4464399498783
11	ไอริส เวสท์เกต	E10	บางบัวทอง	13.88853813937418, 100.4106092253028

ตารางที่ 3.9 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสถานที่	ตัวย่อ	เขตอำเภอ	ละติจูด, ลองติจูด
12	เซ็นทรัลฟู้ด ทางเข้าทำงาน	E11	บางบัวทอง	13.877727437628252, 100.41185890256617
13	เซ็นทรัลฟู้ด โรงอาหาร	E12	บางบัวทอง	13.877727437628252, 100.41185890256617
14	รพ.เกษมราษฎร์ รัตนาธิเบศร์	E13	บางบัวทอง	13.876610291267419, 100.42359093911404



ภาพที่ 3.11 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดกระจายสินค้าและตำแหน่งตู้เต่าบินในเขตอำเภอบางใหญ่และบางบัวทอง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 3.10 เมทริกซ์แสดงระยะทางจากจุดกระจายสินค้าไปยังเส้นทางต่างๆ ตามเขตอำเภอบางใหญ่และบางบัวทอง

โดยทุกระยะทางมีหน่วยเป็นกิโลเมตรรวมทั้งเป็นการเดินทางโดยไม่มีค่าผ่านทาง (No Tolls) และเลือกเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุดในบรรดาทางเลือกทั้งหมด

Distance	H	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
H	-	10.4	14.7	10.7	10.1	13	10.1	9.6	11.1	4.5	9.8	9.9	9.9	10.4
E1	8.5	-	7.2	0.45	5.7	5.5	5.7	7.5	0.55	5.1	5.5	1	1	2.7
E2	9.2	6.4	-	6.6	2.4	9.3	2.3	8.2	6.7	5.8	5.7	2.7	2.7	3.4
E3	2.8	2.8	7.4	-	5.9	5.7	5.8	7.6	0.11	5.2	5.6	1	1	2.8
E4	12.9	4.8	6.9	4.9	-	9.9	0.65	7.3	5	9.4	4.1	5.3	5.3	7
E5	11.4	8.6	2.2	8.7	4.5	-	4.5	10.4	8.8	7.9	7.9	4.8	4.8	5.5
E6	12.6	4.4	9.1	4.6	4.4	9.6	-	7	4.7	9.1	3.7	4.9	4.9	6.7
E7	7.2	6.2	12.6	6.3	8.1	10.9	8	-	6.4	5.5	5.1	6.7	6.7	8.3
E8	8.6	2.8	7.4	0.11	4.5	5.6	4.5	7.6	-	5.1	5.5	1	1	2.7
E9	3.7	6.7	10.6	6.6	6	8.9	6	6.1	6.7	-	5.7	5.8	5.8	6.3
E10	8.4	1.3	8	1.2	5.1	6.3	5.1	4	1.3	4.9	-	5.8	5.8	6.3
E11	7.7	2.3	6.9	2.2	4.1	5.2	4	6.7	2.3	4.2	4.2	-	0.05	1.8
E12	7.7	2.3	6.9	2.2	4.1	5.2	4	6.7	2.3	4.2	4.2	0.05	-	1.8
E13	6.3	4.5	9.7	4.4	5.2	7.4	5.1	5.3	4.5	2.8	2.8	4.7	4.7	-

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.6 การคำนวณต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการเดินทางจากวิธีการเดินทางที่ดีที่สุดแต่ละอำเภอ

รถยนต์ที่ใช้ในการขนส่งคือ Isuzu D-Max 2 Door Spark 1.9 Ddi B MT ปี 2020 ใช้น้ำมันดีเซล โดยมีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานที่อ้างอิงตามข้อมูลจำเพาะ (specification) คือ 6.7 ลิตรต่อ100 กิโลเมตร แล้วจึงนำไปคำนวณกับระยะทางรวมที่ได้จากหัวข้อ 3.2 เพื่อหาจำนวนเงินที่ต้องใช้ในการเดินทางเติมสินค้าในแต่ละรอบของแต่ละเขตอำเภอ โดยอ้างอิงราคาน้ำมันดีเซลตามวันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2565 คือ 34.94 บาทต่อลิตร ซึ่งเท่ากับมีต้นทุนค่าน้ำมัน 2.34 บาทต่อกิโลเมตร

3.7 การนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้งานจริง

นำวิธีการเดินทางตามลำดับที่ได้มาไปทดลองใช้จริง โดยทีมงานเต่าบินที่ดูแลในจังหวัดนนทบุรี เพื่อให้ทีมงานเต่าบินประหยัดต้นทุนค่าเดินทางในเรื่องน้ำมันเชื้อเพลิงลงไป และใช้เวลาเดินทางโดยรวมน้อยลงด้วย

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 คำตอบที่ได้จากวิธี Google OR Tool

หลังจากการรันคำสั่งใน OR Tool โดยนำ Distance Matrix แต่ละอำเภอเข้าไปแล้วรันชุดคำสั่งจะได้คำตอบออกมา ซึ่งในการวิจัยนี้ทำการรันบน Colab.research.google จากโค้ดหรือชุดคำสั่ง Python ที่ได้จาก OR Tool

4.1.1 อำเภอเมือง

ได้ลำดับการเดินคือ H-15-9-4-6-1-12-2-7-8-11-5-14-13-3-10-H และระยะทางรวม 56.97 กิโลเมตร

```
Route for vehicle 0:
 0 -> 15 -> 9 -> 4 -> 6 -> 1 -> 12 -> 2 -> 7 -> 8 -> 11 -> 5 -> 14 -> 13 -> 3 -> 10 -> 0
```

ภาพที่ 4.1 ผลลัพธ์ที่ได้จาก OR Tool สำหรับอำเภอเมือง

4.1.2 อำเภอบางใหญ่

ได้ลำดับการเดินคือ H-5-2-4-6-1-3-H และระยะทางรวม 25.9 กิโลเมตร

```
Route for vehicle 0:
 0 -> 5 -> 2 -> 4 -> 6 -> 1 -> 3 -> 0
```

ภาพที่ 4.2 ผลลัพธ์ที่ได้จาก OR Tool สำหรับอำเภอบางใหญ่

4.1.3 อำเภอบางบัวทอง

ได้ลำดับการเดินคือ H-1-4-2-6-5-7-3-H และระยะทางรวม 25.35 กิโลเมตร

```
Route for vehicle 0:
 0 -> 1 -> 4 -> 2 -> 6 -> 5 -> 7 -> 3 -> 0
```

ภาพที่ 4.3 ผลลัพธ์ที่ได้จาก OR Tool สำหรับอำเภอบางบัวทอง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

4.1.4 อำเภอปากเกร็ด

ได้ลำดับการเดินคือ H-5-4-11-9-8-7-1-6-10-2-3-H และระยะทางรวม 58.83 กิโลเมตร

```
Route for vehicle 0:
 0 -> 5 -> 4 -> 11 -> 9 -> 8 -> 7 -> 1 -> 6 -> 10 -> 2 -> 3 -> 0
```

ภาพที่ 4.4 ผลลัพธ์ที่ได้จาก OR Tool สำหรับอำเภอปากเกร็ด

4.2 คำตอบที่ได้จากวิธี Nearest Neighbor

โดยพิจารณาลำดับจากตาราง Distance Matrix ของแต่ละเขตอำเภอ

4.2.1 อำเภอเมือง

จะได้ลำดับการเดินดังนี้ H-A10-A7-A11-A5-A3-A8-A14-A13-A4-A6-A12-A1-A2-A9-A15-H และได้ระยะทางรวมเท่ากับ 71.58 กิโลเมตรกิโลเมตร

4.2.2 อำเภอบางใหญ่

จะได้ลำดับการเดินดังนี้ H-B4-B6-B1-B3-B5-B2-H และได้ระยะทางรวม 32.7 กิโลเมตร

4.2.3 อำเภอบางบัวทอง

จะได้ลำดับการเดินดังนี้ H-C3-C1-C4-C2-C5-C6-C7-H และได้ระยะทางรวม 25.65 กิโลเมตร

4.2.4 อำเภอปากเกร็ด

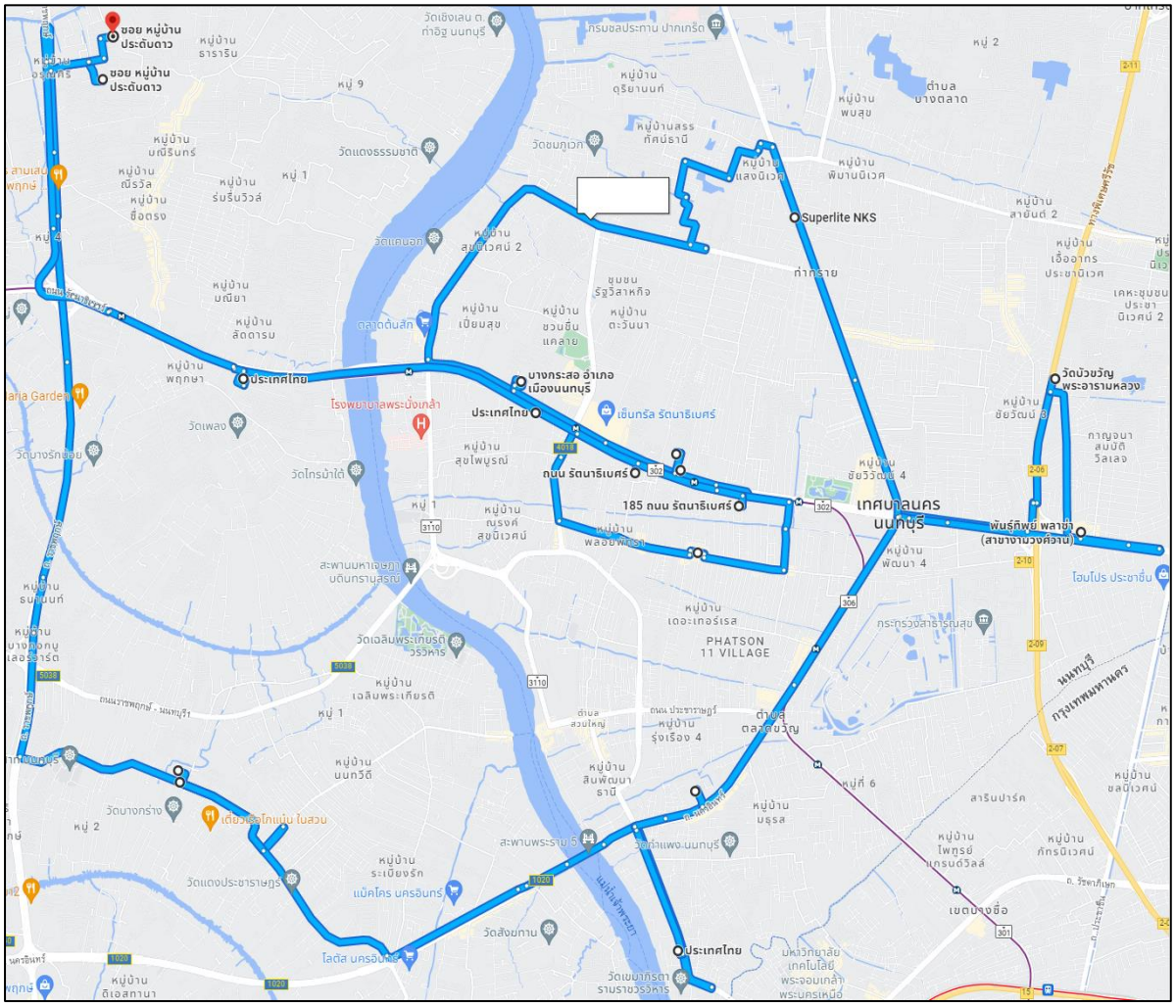
จะได้ลำดับการเดินดังนี้ H-D5-D2-D3-D11-D8-D1-D6-D10-D9-D7-D4-H และได้ระยะทางรวม 77.73 กิโลเมตร

4.3 การเปรียบเทียบระยะทางที่ได้จากทั้ง 2 วิธีกับวิธีการเดินทางเดิม

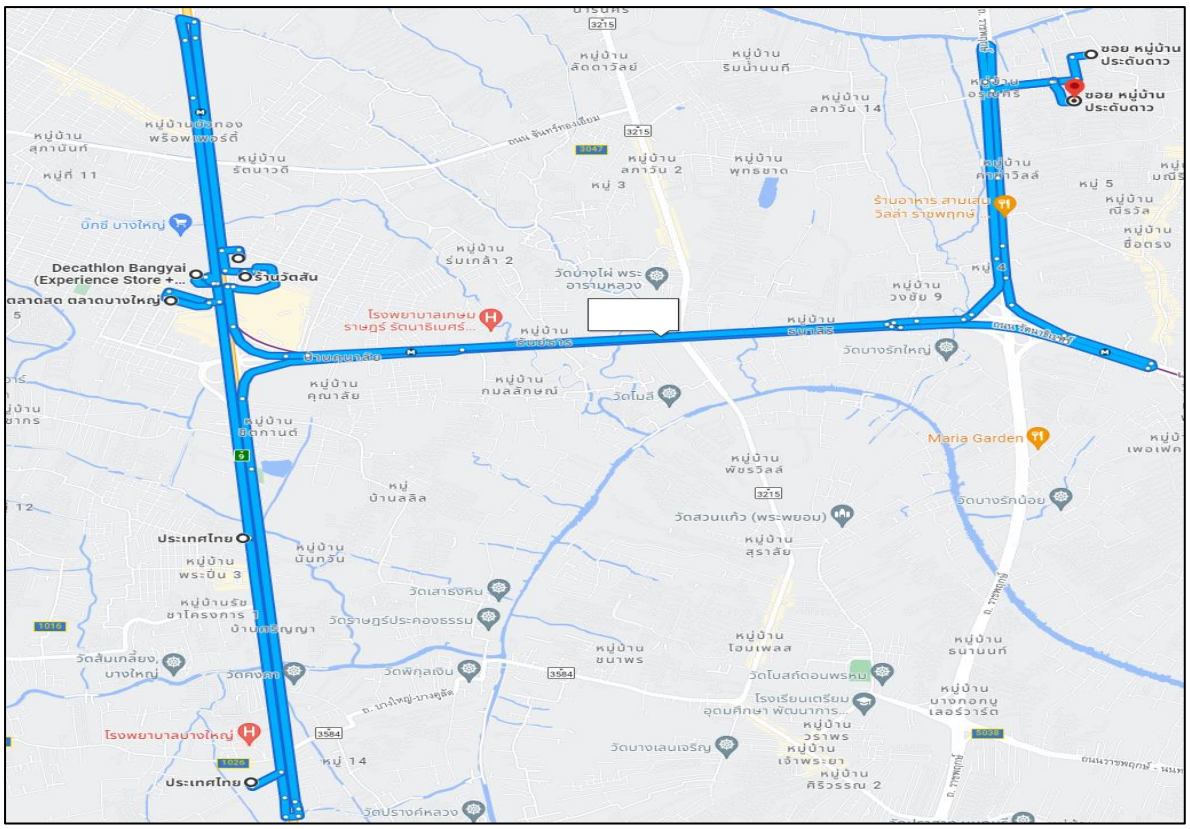
สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการเดิม Google OR Tool และ Nearest Neighbor ได้จากตารางที่ 14

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีการ Google OR Tool และ Nearest Neighbor

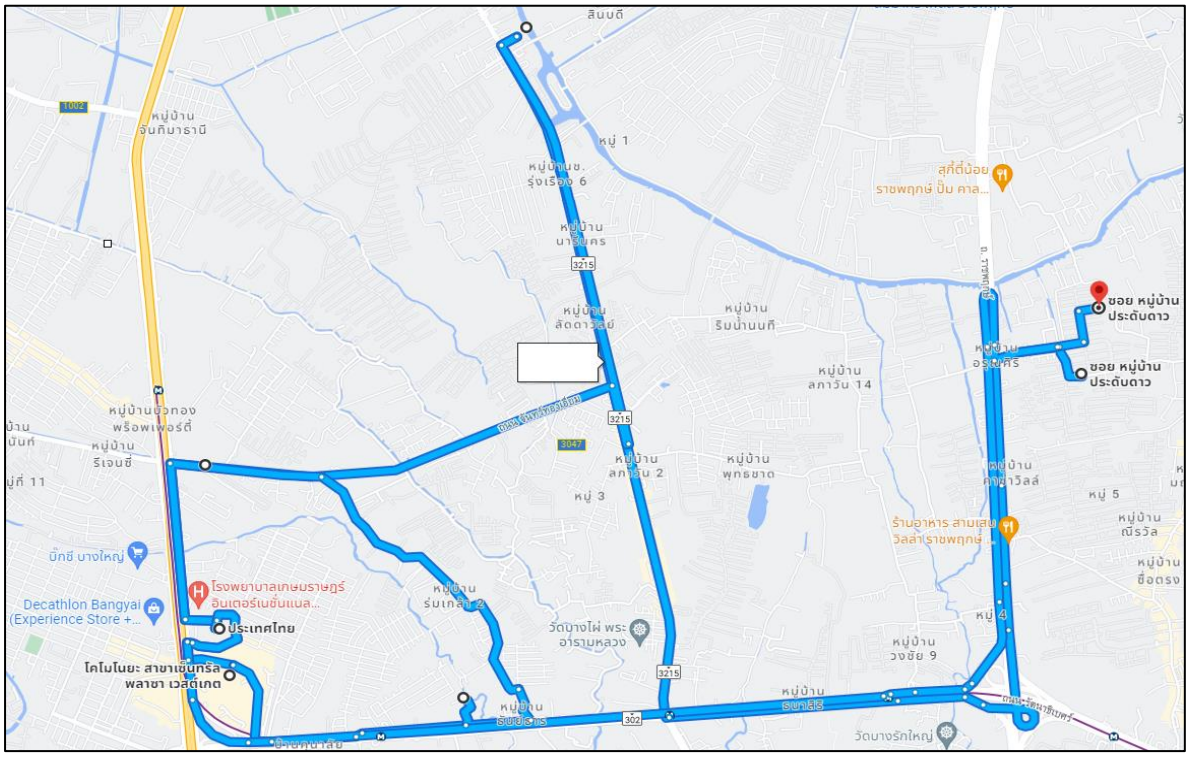
อำเภอ	ระยะทางกิโลเมตรจากการเดินทางด้วยวิธีเดิม	ระยะทางกิโลเมตรที่ได้จาก Google OR Tool	ระยะทางกิโลเมตรที่ได้จากNearest Neighbor
เมือง	72.67	56.97	71.58
บางใหญ่	34.4	25.9	32.7
บางบัวทอง	25.65	25.35	25.65
ปากเกร็ด	77.23	58.83	77.73



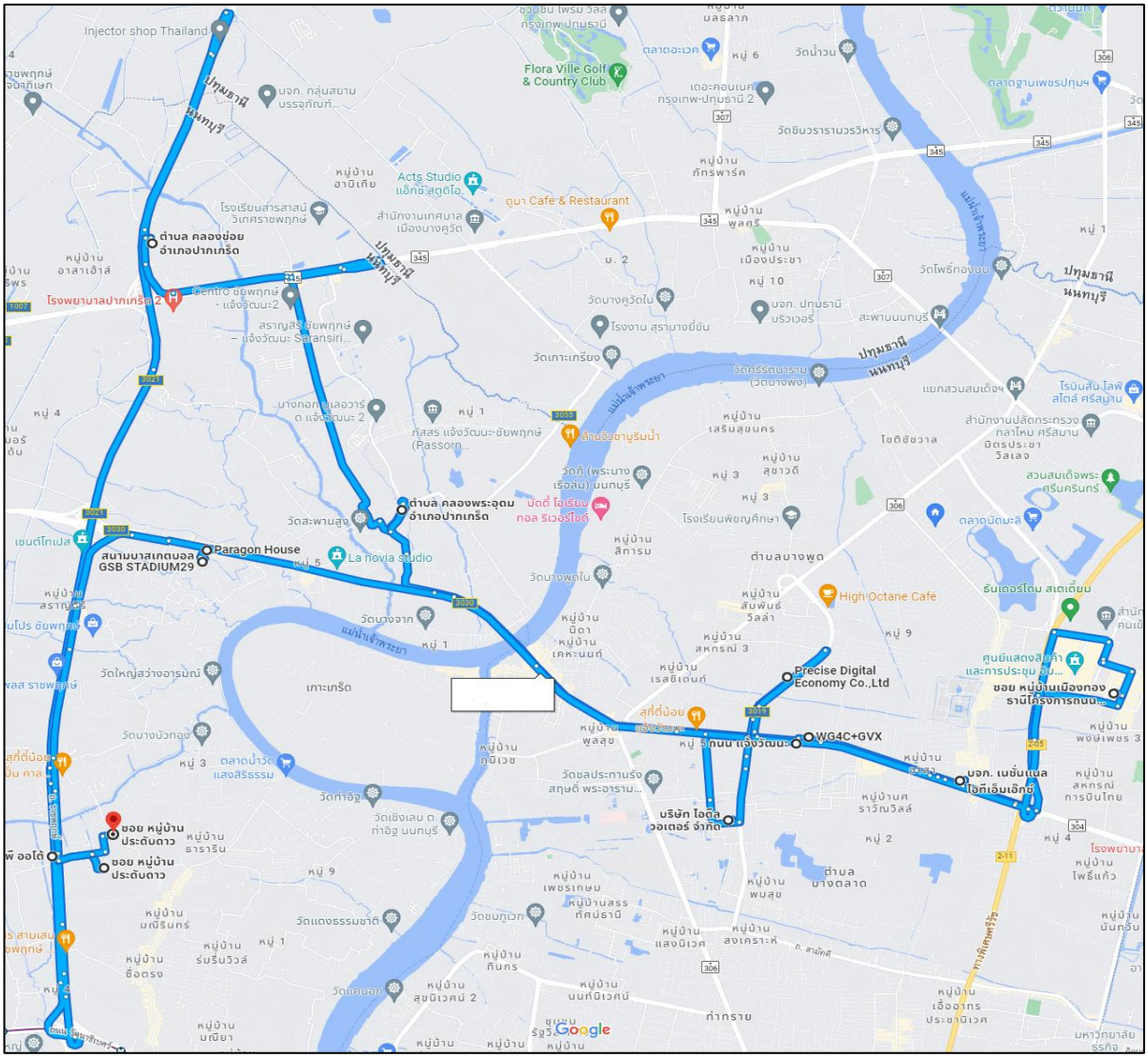
ภาพที่ 4.5 ภาพแสดงลักษณะเส้นทางการเดินตามลำดับที่ได้จาก OR Tool ของอำเภอเมือง



ภาพที่ 4.6 ภาพแสดงลักษณะเส้นทางการเดินตามลำดับที่ได้จาก OR Tool ของอำเภอบางใหญ่



ภาพที่ 4.7 ภาพแสดงลักษณะเส้นทางการเดินตามลำดับที่ได้จาก OR Tool ของอำเภอบางบัวทอง



ภาพที่ 4.8 ภาพแสดงลักษณะเส้นทางการเดินตามลำดับที่ได้จาก OR Tool ของอำเภอปากเกร็ด

4.4 การรวมโหนดของอำเภอบางใหญ่และบางบัวทองเข้าด้วยกัน

เมื่อทดลองหาวิธีการเดินทางที่สั้นที่สุดโดยใช้ Google OR Tool จะได้เส้นทาง H-9-5-2-4-6-10-1-3-8-12-11-13-7-0 และได้ระยะทางรวม 39.56 กิโลเมตร

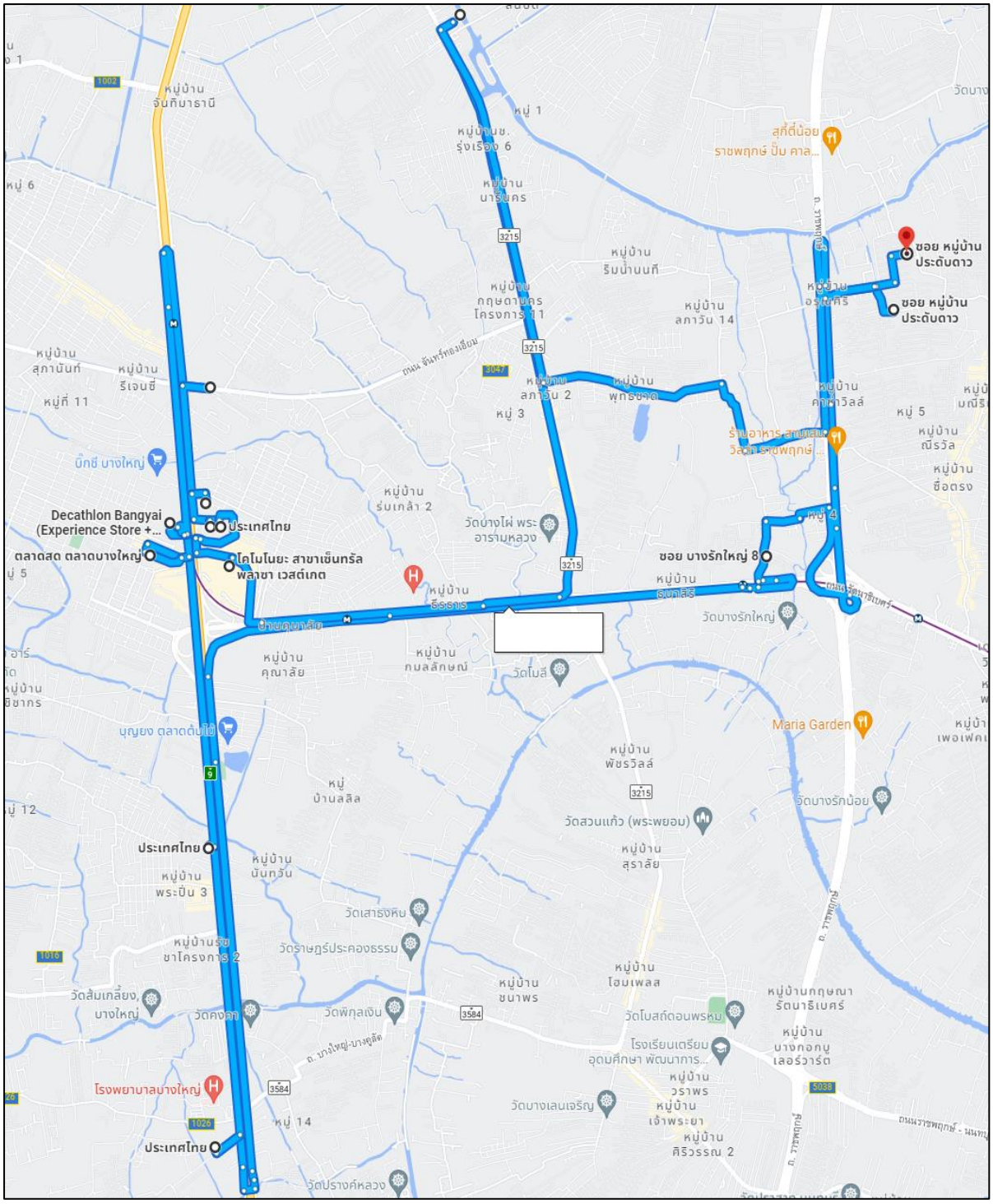
```
Route for vehicle 0:
 0 -> 9 -> 5 -> 2 -> 4 -> 6 -> 10 -> 1 -> 3 -> 8 -> 12 -> 11 -> 13 -> 7 -> 0
```

ภาพที่ 4.9 ผลลัพธ์ที่ได้จาก Google OR Tool สำหรับเขตอำเภอบางใหญ่และบางบัวทอง

เมื่อทดลองหาวิธีการเดินทางที่สั้นที่สุดโดยใช้วิธี Nearest Neighbor จะได้เส้นทาง H-E9-E10-E3-E8-E11-E12-E13-E1-E5-E2-E6-E4-E7-H ได้ระยะทางรวม 47.76 กิโลเมตร

จากผลลัพธ์จะสังเกตได้ว่า Google OR Tool ยังคงให้คำตอบที่ดีกว่าคือ ระยะทางรวม 39.56 กิโลเมตร

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



ภาพที่ 4.10 ภาพแสดงลักษณะเส้นทางการเดินตามลำดับที่ได้จาก OR Tool ของอำเภอบางใหญ่และบางบัวทอง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

4.5 การคำนวณต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการเดินทางจากวิธีการเดินทางที่ดีที่สุดแต่ละอำเภอ

จากหัวข้อ 3.5) จะได้ต้นทุนค่าน้ำมัน 2.34 บาทต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร ซึ่งค่าต้นทุนน้ำมันที่ใช้ในการเดินทางแต่ละอำเภอจะแสดงให้เห็นในตารางที่ 15

ตารางที่ 4.2 การแสดงต้นทุนค่าน้ำมันของแต่ละวิธีแบ่งตามเขตอำเภอ

อำเภอ	ต้นทุนในการเดินทาง 1 รอบ (บาท)			ต้นทุนในการเดินทาง 1 รอบของการรวมเส้นทาง (บาท)	
	การเดินทางด้วยเส้นทางจากวิธีเดิม	การเดินทางด้วยเส้นทางจาก Google OR Tool	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง*	การเดินทางด้วยเส้นทางจาก Google OR Tool	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง*
เมือง	170.05	133.31	21.61%	133.31	21.61%
บางใหญ่	80.5	60.61	24.71%	92.57	34.12%
บางบัวทอง	60.02	59.32	1.17%		
ปากเกร็ด	180.72	137.66	23.83%	137.66	23.83%
ต้นทุนรวม (บาท)	491.29	390.9	20.43%	363.54	26%

โดย % ความแตกต่าง = $\frac{X_{old}-X_i}{X_{old}} \times 100$

โดย X_i คือ ค่าต้นทุนที่ได้จากวิธี Google OR Tool

X_{old} คือ ค่าต้นทุนเดิมที่ใช้จากวิธีการเดิม

4.6 การนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้งานจริง

หลังจากนำผลลัพธ์ที่ได้ไปแจ้งให้ผู้ดูแลตู้เต่าบินในเขตจังหวัดนนทบุรีได้ใช้งาน พบว่า ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางเพื่อเติมสินค้าเกิดการประหยัดน้ำมันขึ้นจริง ซึ่งช่วยให้ธุรกิจสามารถช่วยลดต้นทุนของการดำเนินงานลงไปได้อีกพอสมควร และยังช่วยประหยัดเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมลงอีกด้วย

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 5
สรุปผลการงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากจุดประสงค์หลักของงานวิจัยในครั้งนี้คือการวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งวัตถุดิบของตู้เต่าบินให้มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุด ซึ่งพบว่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยกล่าวคือ การจัดเส้นทางการเดินรถเติมสินค้าของตู้เต่าบินในเขตจังหวัดนนทบุรี โดยใช้ Google OR Tool มาช่วยในการจัดลำดับเส้นทางและรวมเส้นทางขนส่งของอำเภอบางใหญ่และอำเภอบางบัวทองเข้าด้วยกัน สามารถช่วยให้ลดต้นทุนของการเดินทางได้มากสูงสุดถึงร้อยละ 26

5.1 อธิปรายผลการทดลอง

การนำลำดับการเดินทางตามที่ Google OR Tool ให้ได้คำตอบนั้นจะทำให้ได้ผลของความประหยัดดังตารางที่ 16

ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบผลของความประหยัดที่เกิดขึ้น

อำเภอ	ระยะทางในการเดินทาง (กิโลเมตร)		ต้นทุนในการเดินทาง 1 รอบ (บาท)			ต้นทุนของการรวมเส้นทาง (บาท)	
	การเดินทางด้วยเส้นทางจากวิธีเดิม	การเดินทางด้วยเส้นทางจาก OR Tool	การเดินทางด้วยเส้นทางจากวิธีเดิม	การเดินทางด้วยเส้นทางจาก OR Tool	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง*	การเดินทางด้วยเส้นทางจาก OR Tool	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง*
เมือง	72.67	56.97	170.05	133.31	21.61%	133.31	21.60%
บางใหญ่	34.4	25.9	80.50	60.61	24.71%	92.57	34.12%
บางบัวทอง	25.65	25.35	60.02	59.32	1.17%		
ปากเกร็ด	77.23	58.83	180.72	137.66	23.83%	137.66	23.82%
ต้นทุนรวม (บาท)	-		491.29	390.9	20.43%	363.54	26%

จากตารางที่ 16 จะพบว่า การจัดเส้นทางโดยใช้วิธีการเดิมของทีมงานเต่าบินให้ระยะทางรวมมากที่สุดทำให้มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสูงที่สุดและการจัดเส้นทางโดยใช้ Google OR Tool ให้ระยะทางรวมน้อยที่สุดทำให้มีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลงต่ำที่สุด การรวมเส้นทางของอำเภอบางใหญ่และอำเภอบางบัวทอ งยังให้ระยะทางรวมที่น้อยกว่าเดิมด้วย ซึ่งเป็นผลให้ค่าต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าน้อยลงไปมากกว่าเดิม โดยจากการพิจารณาต้นทุนรวมที่ใช้ในการเดินทางเติมสินค้าทุกจุด 1 รอบให้ครบทั้ง 4 เขตอำเภอพบว่า การจัด

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

เส้นทางโดยรวมอำเภอบางใหญ่และอำเภอบางบัวทองเข้าด้วยกันแล้วใช้ Google OR Tool หาเส้นทางที่สั้นที่สุดนั้นสามารถช่วยประหยัดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงไปได้ถึงร้อยละ 26 และที่สำคัญยังสามารถลดปริมาณรถยนต์ที่ต้องใช้ในการเดินทางเติมสินค้า 1 รอบจาก 4 คันเหลือเพียง 3 คันเท่านั้น ซึ่งยังส่งผลทำให้ลดจำนวนคนงานที่ต้องใช้ลงได้ด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยเพิ่มเติม

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้ทำวิจัยได้พบข้อจำกัดและโอกาสในการพัฒนางานวิจัยให้ดียิ่งขึ้นได้แก่

1) เนื่องจากการทำวิจัยในครั้งนี้นั้นมีการอิงอัตราสิ้นเปลืองพลังงานของรถขนส่งไว้ตามข้อมูลจำเพาะตามที่ได้มีการอิงไว้ในรถยนต์รุ่น Isuzu D-Max 2 Door Spark 1.9 Ddi B MT ปี 2020 ซึ่งอ้างอิงไว้ว่า มีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันคือ 6.7 ลิตรต่อ 100 กิโลเมตร โดยไม่ได้มีการพิจารณาการสิ้นเปลืองน้ำมันที่อาจเปลี่ยนแปลงไปหากรถยนต์มีการเสื่อมสภาพตามกาลเวลา ซึ่งผู้ที่สนใจนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาต่อสามารถนำเรื่องของอัตราสิ้นเปลืองที่อาจเปลี่ยนแปลงไปตามความเสื่อมของรถเข้ามาเกี่ยวข้องกับแบบจำลองในอนาคต

2) ข้อมูลตำแหน่งของตู้เต่าบินที่ทำในวิจัยนี้อ้างอิงตามข้อมูล ณ วันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 ซึ่งมีทั้งหมด 39 จุดในเขตจังหวัดนนทบุรี ได้แก่ อำเภอเมืองจำนวน 15 จุด อำเภอบางใหญ่จำนวน 6 จุด อำเภอบางบัวทองจำนวน 7 จุด และอำเภอปากเกร็ดจำนวน 11 จุดและมีรถให้บริการเติมสินค้าทั้งหมด 4 คัน แต่ตำแหน่งของตู้เต่าบินนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด เพราะหากจุดไหนมียอดขายสินค้าสูง อาจพิจารณาเพิ่มตู้ในบริเวณใกล้เคียง และหากจุดไหนมียอดขายสินค้าต่ำ อาจพิจารณาย้ายตู้ไปติดตั้งตำแหน่งอื่นแทน เพราะต้นทุนในการผลิตตู้เต่าบินนั้นสูงพอสมควร หากต้องการพัฒนาเพื่อการนำไปใช้อย่างต่อเนื่องจะต้องมีการเก็บข้อมูลและทำการแก้ปัญหาโดยใช้เครื่องมือ Google OR Tool ให้ถี่ยิ่งขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งานในปัจจุบันของผู้ให้บริการเต่าบินมากที่สุด

3) งานวิจัยนี้ไม่มีการพิจารณาเรื่องราคาของวัตถุดิบหรือสินค้าที่ใช้ในการเติมให้กับตู้เต่าบิน เนื่องจากจุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นไปที่ต้นทุนของการขนส่งเท่านั้น ไม่ใช่ต้นทุนรวมของธุรกิจทั้งหมด ผู้ที่สนใจสามารถเพิ่มข้อจำกัดในเรื่องของราคาสินค้าเข้ามาให้กับแบบจำลองนี้ได้ เพื่อเพิ่มความซับซ้อนให้กับงานวิจัย

4) ในการทดลองของงานวิจัยนี้ ไม่ได้มีการกำหนดความเร็วของรถยนต์ที่ใช้ในการเติมสินค้า กล่าวคือการทำการทดลองนี้ พิจารณาจากระยะทางที่สั้นที่สุดที่เชื่อมระหว่างจุดแต่ละจุด โดยอ้างอิงข้อมูลจาก Google Map ณ วันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2565 โดยไม่เลือกใช้เส้นทางด่วนใด ๆ ทั้งสิ้น และความเร็วของรถไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาเพื่อคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทาง รวมถึงการติดสัญญาณไฟจราจรและเหตุการณ์อื่นใดที่ทำให้รถยนต์ต้องหยุดเคลื่อนที่ ผู้ที่สนใจสามารถนำเรื่องนี้ไปเพิ่มความซับซ้อนสำหรับงานวิจัยในอนาคตได้อีก

5) ในการทดลองวิจัยครั้งนี้ไม่มีการพิจารณาปริมาณงานที่พนักงานแต่ละเส้นทางต้องรับผิดชอบในการเดินสินค้าแต่ละจุดหรือรอบ ผู้สนใจสามารถนำเรื่องภาระปริมาณงานของพนักงานในแต่ละเส้นทางมาช่วยประกอบมาพิจารณาในการทำงานวิจัยต่อไปได้

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม

เกียรติกุลไชย จิตต์เอื้อ. (2560). ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งภายใต้ความไม่แน่นอนของอุปสงค์. *วารสารวิชาการนายเรืออากาศ, 13*(13), 19-24. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/nkrafa-sct/article/download/141988/105127/

จิระศักดิ์ ชาบาง และ สวัสดิ์ ภาระราช. (2559). การประยุกต์ใช้วิธีอาณาจักรมดกับการจัดลำดับการผลิตแบบไหลลื่นที่มีเวลาการผลิตไม่แน่นอน. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต, 2*(6), 18-32. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/kbej/article/view/90023

เจดับเบิ้ลยูดี. (2565, 11 ธันวาคม). จุดกำเนิดและความเป็นมาของโลจิสติกส์ ที่คุณไม่เคยรู้ !.เจดับเบิ้ลยูดี. https://jwd-group.com/th/knowledge_bases/aboutlogistics/

ชวันลักษณ์ สุวรรณรัศมี. (2560.) *การจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการลูกค้าของตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ทางวิศวกรรมในภาคใต้ของประเทศไทย.* [สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์] มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. PSU Knowledge Bank. https://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2016/11034

ธนา สาตรา, กมลนัทธ์ ชวลิตธิติกร, ณัฐวดี ชนประเสริฐ และ วิธิดา วีรินทร. (2555). การประยุกต์ใช้วิธีอาณานิคม มดกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโดยมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาและพิจารณาระดับการบริการ. *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555* (น. 15-22). http://www.dms.eng.su.ac.th/filebox/FileData/OR003.pdf

นคร ไชยวงศ์ศักดา, ประเวช อนันเอื้อ, นิเวศ จีนะบุญเรือง, เสกสรร วินยางค์กูล, ขวัญเรือน สินณรงค์, ธนากร จักรแก้ว, วุฒิชัย ใจบาล และณัฐกุล ศรีสว่าง. (2558). การจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึมและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม. *วารสารไทยวิจัยดำเนินงาน, 3*(1), 51-61. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/TJOR/article/view/35641

ปัญญวัฒน์ จันทร์ชัยภักดิ์. (2561). *การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียน: กรณีศึกษาโรงเรียนประสิทธิ์ศึกษาสงเคราะห์.* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี]. สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. https://www.oar.ubu.ac.th/old/images/docs/techno/paper/i8-63.pdf

ปวิธ ไกรสรนุเคราะห์. (2562). *การปรับปรุงวิธีอาณาจักรมดสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบมีขอบเขตเวลาและแบ่งส่งสินค้า.* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. https://opacj.bsru.ac.th/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=25019

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม (ต่อ)

ปวิธ ไกรสรนุเคราะห์. (2563). การปรับปรุงวิธีอาณาจักรมดสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบมีขอบเขตเวลาและแบ่งส่งสินค้า. *วารสารวิชาการของคณะวิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมสารธรรมศาสตร์) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*, *6*(1), 46-53.

ฤทัย สำประเสริฐ และ สรวิชญ์ เยาวสุวรรณไช. (2559). การจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งที่เวลาในการเดินทางขึ้นอยู่กับช่วงเวลา สำหรับคลังสินค้ารูปแบบครอสด็อก. *วารสารวิศวกรรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,* 29(96), 53-64. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/kuengj/article/view/79015

วัชรพัฒน์ ศรีคำเวียง. (2563, 3 มีนาคม). *อัลกอริทึมและผังงานเบื้องต้น.* คลังความรู้ SciMath. https://www.scimath.org/lesson-technology/item/8809-2018-09-21-02-51-34

เสกสรรค์ วินยางค์กูล, นิเวศน์ จีนะบุญเรือง, ประเวช อนันเอื้อ, นคร ไชยวงศ์ศักดา, พรวิไล กันทะวงค์, ณัฐพล หมวกเครือ และธีระพงศ์ จันทาพูน. (2557). การประยุกต์ตัวแบบปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน กรณีศึกษาการจัดเส้นทางรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, *7*(2), 85-97. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/ltech/article/view/29228/25393

สุเมธ ศรีสัมพันธ์. (2560). *การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าสำหรับบริษัทจำหน่ายชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษาบริษัทเอโอเอฟ อิเล็กทริคแอนด์ดีไซน์ จำกัด*. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์]. ศูนย์เรียนรู้และหอสมุด มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. http://libdoc.dpu.ac.th/thesis/Sumate.Sri.pdf

Bungbungjk. (2562, 21 สิงหาคม). *โลจิสติกส์.* Minimore. https://minimore.com/b/yMrvm/1

Rattanatat. (2562, 12 กุมภาพันธ์). *“โลจิสติกส์” นิยามและความหมาย.* กรมส่งเสริมอุตสาหกรรรม กองโลจิสติกส์. https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2019-07-21-16-50-25

Wikipedia. (2564, 8 พฤษภาคม). *โลจิสติกส์.* Wikipedia. https://convergent-interfreight.com/WP/wordpress/index.php/th/logistic/

Convergent Interfreight. (2022, 10 Octorber). *Logistics.* Convergent Interfreight. https://convergent-interfreight.com/WP/wordpress/index.php/th/logistic/

Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem.*Management science*, *6*(1), 80-91.

Data Doodlers. (2019, 24 February). *Google OR Tools – A Guide*. Data Doodlers. https://medium.com/google-or-tools/google-or-tools-a-guide-39f439a5cd0f

Google OR Tool Team. (2023, 9 January). *About OR-Tools*. https://developers.google.com/optimization

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม (ต่อ)

Google OR Tool Team. (2023, 16 January). *Traveling Salesperson Problem.* https://developers.google.com/optimization/routing/tsp?fbclid=IwAR3RCcmsaTZXfzMCzDtwYW2LieE0rrCZn1FQA8E-nrbRgmk-leANOuPfMZs

Google OR Tool Team. (2023, 16 January). *Vehicle Routing*. https://developers.google.com/optimization/routing?fbclid=IwAR0VN3upw3HgyYNB6HOXtb5R0SAlc05yw7CmTar1awNAR-bEw07WLwqOB1A

Google OR Tool Team. (2023, 16 January). *Vehicle Routing Problem*. https://developers.google.com/optimization/routing/vrp

Grent, T., Böcker, K. B., & Kenemans, J. L. (2006). Electrocortical correlates of control of selective attention to spatial frequency. *Brain research*, *1105*(1), 46-60.

Karl, M., Reintinger, C., & Schmude, J. (2015). Reject or select: Mapping destination choice. *Annals of Tourism Research*, *54*, 48-64. https://doi.org/10.1016/j.annals.2015.06.003

Mccormick, C. (2013, 15 August). The Gaussian Kernel. https://mccormickml.com/2013/08/15/the-gaussian-kernel/

Perron, P. (2006). Dealing with structural breaks. *Palgrave handbook of econometrics*, *1*(2), 278-352.

Rizzoli, A. E., Oliverio, F., Montemanni, R., & Gambardella, L. M. (2004). Ant Colony Optimisation for vehicle routing problems: from theory to applications. *Galleria Rassegna Bimestrale Di Cultura, 9*(1), 1-50. https://www.researchgate.net/publication/200058853_Ant_Colony_Optimisation_for_vehicle_routing_problems_from_theory_to_applications

Shin, S. H., Lee, S. C., Kim, S. W., Lee, J., & Im, E. G. (2010, March). Efficient shortest path finding of k-nearest neighbor objects in road network databases. In *Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing* (pp. 1661-1665).

TheMarcusProjects. (2021, 12 June). *Travelling Salesman Problem - FULL PYTHON CODING TUTORIA*L. TheMarcusProjects. https://www.youtube.com/watch?v=frHYJ_Bg4S0&ab_channel=TheMarcusProjects

Toth, P., & Vigo, D. (Eds.). (2002). *The vehicle routing problem*. Society for Industrial and Applied Mathematics.

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม (ต่อ)

Wikipedia. (2022, 26 October). GLOP.
https://en.wikipedia.org/wiki/GLOP#:~:text=GLOP%20(the%20Google%20Linear%20Optimization,by%20Google's%20Operations%20Research%20Team

Wikipedia. (2023, 1 January). *Vehicle Routing Problem*.
https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle_routing_problem

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล ทศพล ผเด็จพล

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2565 ปริญญาโท บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานในยุคดิจิทัล มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2561 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ. 2565 Senior Production Line Planning and Operations Excellence Supervisor
บริษัท อินฟิเนียน เทคโนโลยี ประเทศไทย จำกัด

พ.ศ. 2564 Advanced Planning and Scheduling Excellence Supervisor
บริษัท แพนโดรา โพรดักชัน จำกัด

พ.ศ. 2563 Industrial Progress Engineer
บริษัท สยามมิชลิน จำกัด

พ.ศ. 2562 Assistance Supervisor
บริษัท อาซาฮี อินเทค ไทยแลนด์ จำกัด

พ.ศ. 2561 Process Engineer
บริษัท ซัมมิท โอโตซีท อินดัสตรี จำกัด