การจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการลูกค้าของตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ทางวิศวกรรม ในภาคใต้ของประเทศไทย

Routing for Providing Customers Service of the Engineering Equipment Dealership in Southern Thailand

ชวันลักษณ์ สุวรรณรัศมี

Chawanluck Suwanrassamee

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Minor Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Industrial Management
Prince of Songkla University
2560

ชื่อสารนิพนธ์ การจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการลูกค้าของตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ทางวิศวกรรมในภาคใต้ของประเทศไทย
ผู้เขียน นางสาวชวันลักษณ์ สุวรรณรัศมี
สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....
(ดร.วนัฐณพงษ์ คงแก้ว)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภิสพร มีมงคล)

.....กรรมการ
(ดร.วนัฐณพงษ์ คงแก้ว)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กลางเดือน โพชนา)
ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

ชื่อสารนิพนธ์ การจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการลูกค้าของตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ทางวิศวกรรมในภาคใต้ของประเทศไทย

ผู้เขียน นางสาวชวันลักษณ์ สุวรรณรัศมี

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

การเดินทางของพนักงานขายในปัจจุบันไม่ได้คำนึงถึงเส้นทางที่ให้ระยะทางที่สั้นที่สุดและแผนการเดินทางเข้าพบลูกค้าไม่มีความแน่นอน ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายเกินกว่าที่บริษัทกำหนด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและจัดเส้นทางให้มีระยะทางที่สั้นที่สุด ตามเงื่อนไขที่กำหนดนั่นคือ การจัดทำแผนการเดินทางเป็นแบบรายเดือนของพนักงานขาย 1 คน มีลูกค้าที่ต้องให้บริการในพื้นที่ 4 จังหวัด ประกอบด้วย สุราษฎร์ธานี กระบี่ สงขลา และนครศรีธรรมราช ทั้งสิ้น 33 จุด มีสำนักงานของบริษัทตั้งอยู่ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการเดินทางเพื่อไปพบลูกค้าแต่ละรายพิจารณาความถี่ในการเข้าพบลูกค้าและระยะทางไปกลับเท่ากันในแต่ละคู่ของลูกค้าและระหว่างสำนักงานของบริษัทกับลูกค้า

งานวิจัยนี้ใช้วิธีเชิงวิวัฒนาการในเครื่องมือโซลเวอร์ ของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล เพื่อจัดเส้นทางของพนักงานขาย ซึ่งให้คำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดด้วยเวลาการประมวลผลอันรวดเร็ว วิธีการหาคำตอบเริ่มต้นจากการสร้างตารางเมตริกซ์ระยะทางโดยใช้ระยะทางระหว่างจุด 2 จุดใดๆ ตามความถี่ที่เกิดขึ้นจริงในการเดินทางไปพบลูกค้า แล้วทำการพัฒนาตัวแบบคำนวณบนโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซลเพื่อให้สอดคล้องกับตัวแบบของปัญหา กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับตัวแปรในการตัดสินใจและข้อจำกัดต่างๆแล้วทำการประมวลผลพบว่าวิธีการเชิงวิวัฒนาการจะให้เส้นทางที่มีระยะทางที่สั้นลงจากวิธีการวางแผนการเดินทางแบบเดิมจาก 33,698 กิโลเมตรต่อปี เป็น 16,109 กิโลเมตรต่อปี ลดลงเป็น 17,589 กิโลเมตร หรือลดลงคิดเป็น 48% ต่อปี และพบว่าค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงต่อเดือนนั้นต่ำกว่า 12,000 บาทต่อปี ตามเกณฑ์ที่บริษัทได้กำหนดไว้ ดังนั้น การจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการลูกค้าด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการ ทำให้ได้แผนการเดินทางที่จัดเป็นแบบรายเดือนและลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงของบริษัท

Minor Thesis Title Routing for Providing Customers of the Engineering Equipment Dealership in Southern Thailand
Author Miss Chawanluck Suwanrassamee
Major Program Industrial Management
Academic Year 2016

ABSTRACT

According to the current planning, the plan to visit customers is uncertain and a planner disregards to the shortest distance of the traveling route. These are the cause of over-expenditure of the company related to the fuel consumption. This research aims to reduce the fuel cost below a company's criterion and to determine the shortest traveling route for serving all existing customers. The monthly traveling plan will be set for a salesman to serve all 33 customers in 4 provinces of southern Thailand, including Surat Thani, Krabi, Songkhla, and Nakhon Si Thammarat. The head office is in Nakhon Si Thammarat and it is the beginning of traveling route (i.e., origin node). In addition, in the model, the same distance between any pairs of customer nodes (including the origin node) and the frequency of visiting each customer were considered.

In this research, an “Evolutionary” function embedded in Microsoft Excel Solver was used to find the traveling route due to its simplicity and the quality and efficiency of the solutions obtained. To find a (near) solution, the distance matrix was created based on the distance between any pairs of nodes and frequency of visits. Following that, the spreadsheet model for this problem (including all constraints and variables) was implemented on Microsoft Excel worksheet and it was solved by the evolutionary method. As a result, the evolutionary method found the traveling route that has less total distance than the route in current plan. The total distance of traveling route was decreased by 48%, from 33,698 kilometer per year to 16,109 kilometer per year. The fuel cost was also reduced below 12,000 Baht per year, setting as company's criterion. Thus, the evolutionary method can help the company to find the monthly traveling route during the year period and reduce its fuel cost.

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยการให้ความช่วยเหลือและแนะนำ พร้อมทั้งสนับสนุนจากหลายๆ ฝ่าย ทางผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ดร.วนัฐฌพงษ์ คงแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนวคิด ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีปัญหาการเดินทางของพนักงานขายและข้อเสนอแนะต่างๆ ให้งานสำเร็จลุล่วงด้วยดี รวมทั้งตรวจทานความผิดพลาดในงานวิจัยนี้ ด้วยดีเสมอมา

รศ.ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์ประธานกรรมการ และผศ.ดร.นภิสพร มีมงคล กรรมการสอบสารนิพนธ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำ หลักคิด แนวทางและวิธีการให้การทำงานสำหรับวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ผศ.ดร.รัญชนา สินธวาลัยกรรมการสอบโครงร่างสารนิพนธ์ให้แนวทางและวิธีการให้การทำงานสำหรับวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ผศ.ดร.กลางเดือน โพชนาผู้ให้แนวคิด เพื่อเลือกทำหัวข้อเกี่ยวกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่ใช้กับงานในปัจจุบัน

คณาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้มีความรู้ความสามารถเพื่อใช้เป็นแนวทางและจัดทำสารนิพนธ์

ครอบครัวที่ให้กำลังใจ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและทำสารนิพนธ์
เพื่อนร่วมรุ่นและรุ่นพี่ MIM ที่ให้คำปรึกษาและให้ข้อมูลเพื่อประกอบการทำสารนิพนธ์

ชวันลักษณ์ สุวรรณรัศมี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญรูปภาพ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	5
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.4 ขอบเขตการวิจัย	5
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.2 ทฤษฎีและหลักการ	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	23
3.1 ข้อมูลทั่วไป	23
3.2 ขั้นตอนการวิจัย	26
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	29
4.1 การสร้างเมตริกซ์ระหว่างจุดสองจุดใดๆ	29
4.2 ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายของบริษัท กรณีศึกษา	31
4.3 การแปลงตัวแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปเป็นตัวแบบแผ่นคำนวณในเอ็กเซล	31
4.4 การหาคำตอบของตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายด้วยไมโครซอฟท์ เอ็กเซลโซลเวอร์	35
4.5 การทดลองเพื่อหาระยะทางและแผนการเดินทางที่ให้ระยะทางของบริษัท กรณีศึกษาด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการ	40
4.6 การเปรียบเทียบระยะทางรวมในระหว่างวิธีการเดิมและวิธีการที่นำเสนอ	45
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	48
5.1 สรุปผลการวิจัย	48
5.2 ข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	50

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก 52

ภาคผนวก ก 53

ภาคผนวก ข 55

ภาคผนวก ค 57

ประวัติผู้เขียน 70

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ความถี่ในการเดินทางสำหรับลูกค้าในเดือนกุมภาพันธ์ปีพ.ศ.2559	4
2.1	ระยะทางระหว่างเมืองแต่ละเมืองหน่วยเป็นกิโลเมตร	16
2.2	ค่าส่วนกลับของระยะทางในตารางที่ 2.1	16
2.3	ความน่าจะเป็นสะสมสรุปของทุกเมือง	17
2.4	ความน่าจะเป็นสะสมสรุปของเมืองที่ 1, 2, 3 และ 4	17
2.5	ความน่าจะเป็นสะสมสรุปของเมืองที่ 1, 3 และ 4	17
3.1	ความถี่ในการเข้าพบลูกค้าในปี พ.ศ.2559	24
3.2	รายชื่อลูกค้าที่ไปพบในแต่ละจุดและสถานที่ตั้ง	25
4.1	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดใดๆ (หน่วยเป็นกิโลเมตร)	29
4.2	เมตริกซ์ระยะทางแบบแต่งเติมแบบย่อที่ใช้ในการจัดเส้นทางโดยเพิ่มความถี่ในการเดินทางของพนักงานขายของเดือนมกราคม	30
4.3	ผลการทดสอบการหาระยะทางที่สั้นที่สุดโดยใช้เครื่องมือโซลเวอร์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซล	40
4.4	แผนการเดินทางประจำเดือนที่ได้ระหว่างวิธีเดิมและวิธีเชิงวิวัฒนาการที่นำเสนอ	41
ก.1	แบบฟอร์มการวางแผนการเดินทางไปแต่ละสัปดาห์	54
ข.1	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่ง	56
ค.1	ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนมกราคม 2559	58
ค.2	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนกุมภาพันธ์ 2559	59
ค.3	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนมีนาคม 2559	60
ค.4	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนเมษายน 2559	61
ค.5	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนพฤษภาคม 2559	62
ค.6	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนมิถุนายน 2559	63
ค.7	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนกรกฎาคม 2559	64
ค.8	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนสิงหาคม 2559	65

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค.9	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนกันยายน 2559	66
ค.10	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนตุลาคม 2559	67
ค.11	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนพฤศจิกายน 2559	68
ค.12	เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนธันวาคม 2559	69

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ค่าใช้จ่ายต่อเดือนในแต่ละชนิดของปีพ.ศ.2559	2
1.2	การวางแผนการเดินทางโดยพนักงานขายเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2559 ซึ่งก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายมากที่สุด	3
2.1	วิธีการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย	13
2.2	โครโมโซมที่มีจำนวนเมือง 10 เมืองที่เมืองไม่ซ้ำกัน	15
2.3	การข้ามสายพันธุ์	18
2.4	การกลายพันธุ์	19
2.5	โครงสร้างทั่วไปของวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย	20
2.6	ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการในไมโครซอฟท์เอ็กเซล โซลเวอร์	21
3.1	ขั้นตอนการวิจัย	26
3.2	การเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดจากกูเกิ้ลแมพ	28
4.1	ตัวแบบบนแผ่นคำนวณ (SPREADSHEET) ของของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล	32
4.2	การอ้างอิงจากเมตริกซ์แต่งเติม เพื่อนำเมตริกซ์แต่งเติมมาประมวลผลหาระยะทางที่สั้นที่สุด	33
4.3	ข้อกำหนดปัญหาการเดินทางของพนักงานขายกับตัวแบบแผ่นคำนวณในเอ็กเซลเดือนมกราคม	34
4.4	การเข้าสู่เครื่องโซลเวอร์จากโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล	35
4.5	หน้าต่างพารามิเตอร์ของไมโครซอฟท์เอ็กเซล โซลเวอร์	36
4.6	การกำหนดสมการเป้าหมาย	37
4.7	การเลือกเซลล์ตัวแปรตัดสินใจ	38
4.8	การเพิ่มข้อจำกัดเพื่อแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายให้ทุกเส้นทางแตกต่างกัน	39
4.9	ตัวเลือกสำหรับฟังก์ชัน EVOLUTIONARY	40
4.10	การเปรียบเทียบระยะทางแผนการเดินทางแบบเดิมและแผนการจัดเส้นทางแบบใหม่ด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการ	46
4.11	การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงในระหว่างวิธีการเดิมและวิธีการที่นำเสนอ	47

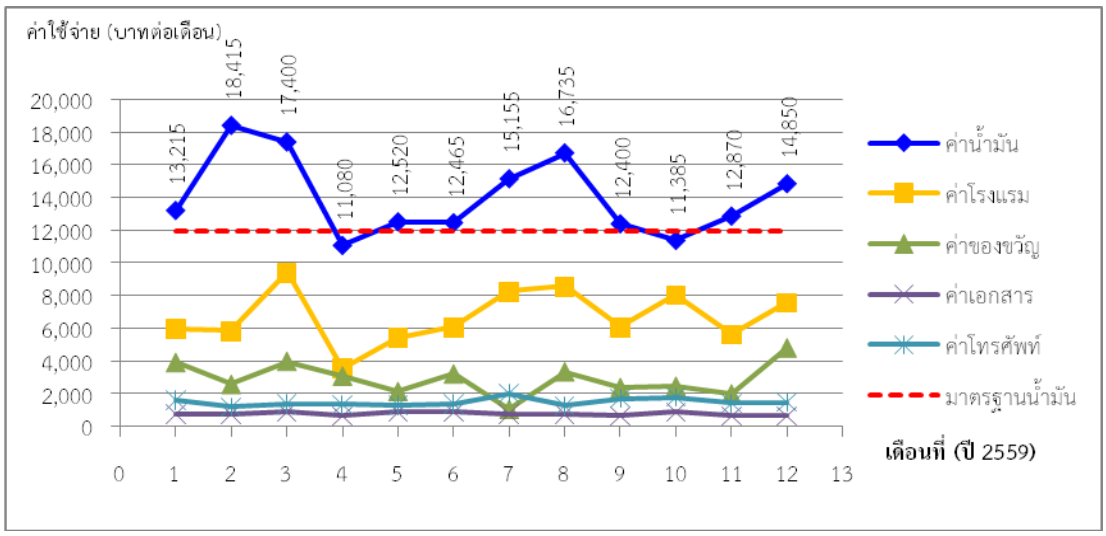
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เศรษฐกิจไทยโดยรวมในปัจจุบันมีสภาวะชะลอตัว อัตราเงินเฟ้อสูงขึ้น อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจโลกอย่างรวดเร็ว และปัจจุบันการเข้าถึงสื่อออนไลน์ทำได้ง่าย จึงสามารถออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อแข่งกันหลายยี่ห้อ เกิดการแข่งทางการค้าสูงขึ้น เหตุการณ์เหล่านี้ส่งผลให้บางบริษัทในภาคอุตสาหกรรม ประสบปัญหาขาดสภาพคล่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งในไตรมาสสุดท้ายของปี พ.ศ.2558 โดยมีการปลดพนักงานออก และส่งผลให้การผลิตภาคอุตสาหกรรมมีการขยายในระดับต่ำ [1] ดังนั้นแต่ละบริษัทจึงมีนโยบายการลดต้นทุนการผลิต เพื่อให้สามารถแข่งกันกับคู่แข่งได้ มีกำไรสุทธิเพิ่มสูงขึ้น สำหรับการเดินทางของพนักงานขายนั้นเป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่แต่ละบริษัทไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เนื่องจากพนักงานขายต้องมีการเดินทางเพื่อพบลูกค้าในกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ การแนะนำสินค้า การประสานงานขาย การติดตามการใช้งาน และการรับฟังปัญหาของลูกค้าเป็นต้น เพื่อให้เกิดการซื้อขายกันอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการเดินทางไปพบลูกค้าให้ครบด้วยระยะทางที่สั้นหรือเหมาะสมที่สุดนั้น จะสามารถทำให้เกิดต้นทุนการเดินทางต่ำลง

ปัจจุบันบริษัทเอเอเอเป็นตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ทางวิศวกรรม [2] ได้แก่ อุปกรณ์กันรั่วเชิงกล พอลิเมอร์โค้ทติ้ง และวาล์ว โดยรับสินค้าจากต่างประเทศและจัดจำหน่ายต่อให้กับโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย ซึ่งบริษัทได้รับมอบหมายให้ดูแลลูกค้าในเขตภาคใต้ จำนวน 4 จังหวัด ประกอบด้วย สุราษฎร์ธานี กระบี่ สงขลา และนครศรีธรรมราช โดยมีสำนักงานของบริษัทตั้งอยู่ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช และเป็นจุดเริ่มต้นในการเดินทางเพื่อไปพบลูกค้าแต่ละรายในพื้นที่ต่างๆ เพื่อนำเสนอสินค้า รับฟังปัญหาการใช้งาน แก้ไขปัญหาในกรณีต่างๆ รวมทั้งวางบิลสินค้าซึ่งการเดินทางแต่ละครั้งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง แบ่งเป็น 5 ชนิด ได้แก่ ค่าน้ำมัน ค่าโรงแรม ค่าของขวัญ ค่าเอกสารและค่าโทรศัพท์ เป็นต้น ซึ่งจัดเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน โดยค่าใช้จ่ายชนิดค่าโรงแรม ค่าของขวัญ ค่าเอกสารนั้นเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงมากนักทางบริษัทจึงไม่ได้มีนโยบายควบคุมค่าใช้จ่ายดังกล่าว แต่ค่าใช้จ่ายประเภทค่าน้ำมันเป็นค่าใช้จ่ายที่มากจึงมีความจำเป็นต้องควบคุมให้ไม่เกินกว่า 12,000 บาทต่อเดือน ซึ่งได้วางแผนไว้ตามงบประมาณ จากการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในแต่ละชนิดเป็นเวลาย้อนหลัง 12 เดือน แสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ค่าใช้จ่ายต่อเดือนในแต่ละชนิดของปี พ.ศ.2559

จากรูปที่ 1.1 พบว่าค่าใช้จ่ายประเภทค่าน้ำมันเป็นค่าใช้จ่ายที่มากที่สุดและเกินกว่าเกณฑ์ที่บริษัทกำหนดให้ไม่เกินกว่า 12,000 บาทต่อเดือน เมื่อพิจารณาจากกราฟพบว่าเดือนที่ 2 มีค่าน้ำมันมากที่สุดเป็น 18,415 บาท ค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นสูงเนื่องจากมีการเดินทางไปกลับนครศรีธรรมราชกับสงขลา 3 เที่ยวซึ่งอาจเกิดจากการวางแผนพบลูกค้าที่ไม่มีแผนที่แน่ชัด และเดือนที่ 4 ค่าน้ำมันต่ำเนื่องจากวันหยุดยาวและเดือนที่ 10 เป็นค่าน้ำมันที่ต่ำที่สุดนั้นเนื่องจากมีการฝึกอบรมที่สาขาระยองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ จึงเดินทางพบลูกค้าเพียง 3 สัปดาห์ เนื่องจากค่าใช้จ่ายประเภทน้ำมันนั้นเป็นค่าใช้จ่ายที่เกินเกณฑ์ที่บริษัทกำหนดและต้องควบคุมให้อยู่ภายใต้ค่าที่กำหนด จึงเลือกมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเดินทางสำหรับค่าโรงแรมนั้นอาจจะนำมาพิจารณาหากมีผลกระทบต่อค่าน้ำมัน เช่น เดินทางได้ระยะทางสั้นลง แต่ค่าโรงแรมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เป็นต้น สำหรับค่าน้ำมันนั้นบริษัทจะจ่ายตามอัตราเลขไมล์ (Mile rate) ดังนั้นการผันผวนของราคาน้ำมันนั้นจะไม่มีผลกระทบต่อค่าน้ำมันที่เกิดขึ้น

จากแผนการเดินทางไปพบลูกค้าในปัจจุบันโดยเฉลี่ยจะพบลูกค้าจำนวน 2 ลูกค้าต่อวันเนื่องด้วยข้อจำกัดของระยะทางและการทำงานเอกสารอื่นๆ เช่น ตอบอีเมล์ลูกค้า การเตรียมเอกสาร และการเตรียมตัวเพื่อนำเสนอลูกค้า เป็นต้น โดยเวลาที่ลูกค้าให้เข้าพบอยู่ในช่วงเวลา 10.00-15.00 น. เริ่มต้นออกเดินทางเร็วที่สุดเวลา 8.00 น. เวลาในการทำงานโดยเฉลี่ยใช้เวลาเป็น 1 ชั่วโมง 30 นาที ใช้ความเร็วในการเดินทางโดยเฉลี่ยเป็น 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับแผนการเดินทางในแต่ละสัปดาห์จะมีความแตกต่างกันโดยจัดทำการเดินทางไปพบลูกค้าแบบแบ่งโซนโดยใช้แผนที่และดูระยะทางจากกูเกิ้ลแมพ (Google Map) โดยเริ่มต้นจากนครศรีธรรมราชเดินทางขึ้นไปภาคใต้ตอนบน กลับมายังสำนักงานของบริษัท แล้วเดินทางต่อไปยังภาคใต้ตอนล่าง เช่น สัปดาห์แรกเดินทางไปยังสุราษฎร์ธานี กลับมายังสำนักงานของบริษัท สัปดาห์ที่ 2 เดินทางไปยังกระบี่ เดินทางกลับมายังสำนักงานของบริษัท และสัปดาห์ที่ 3 เดินทางไปยังโซนสงขลา แล้วเดินทางกลับมายังสำนักงานของบริษัท พบว่าการวางแผนเส้นทางไม่ได้มีการวางแผนที่ชัดเจนและคำนึงถึงระยะทางที่

สั้นที่สุดและเป็นการเดินทางที่ไม่มีประสิทธิภาพก่อให้เกิดปัญหาที่ทำให้ค่าน้ำมันเกินเกณฑ์ที่บริษัทกำหนดไว้

Expense Summary Mileage Report

Name: Chayanluck Suwanrassamee **Grand Total:** 18,415.00

Month: 1 - 29 February 2016

No.	Date (DD-MM-YY)	Customer (Plant, Province)	Mileage (End - Start) - (Km)		Remark
			Distance	Mile (THB)	
1	4/Feb/16	PTT Tank Terminal / Songkhla	230	1,150.00	
2	5/Feb/16	Egat Chana / Songkhla	333	1,665.00	
3	10/Feb/16	Ratchaprapa Dam / Suratthani	230	1,150.00	
4	10/Feb/16	PTT Surat / Suratthani	240	1,200.00	
5	11/Feb/16	PTT Khanom / Nakhon Si Thammarat	242	1,210.00	
6	12/Feb/16	TTM / Songkhla	345	1,725.00	
7	16/Feb/16	TTM / Songkhla	461	2,305.00	
8	17/Feb/16	PTT Khanom / Nakhon Si Thammarat	478	2,390.00	
9	19/Feb/16	Michelin / Songkhla	228	1,140.00	
10	20/Feb/16	Hat Yai Airport / Songkhla	238	1,190.00	
11	25/Feb/16	TTM / Songkhla	250	1,250.00	
12	26/Feb/16	TTM / Songkhla	125	625.00	
13	29/Feb/16	TTM / Songkhla	283	1,415.00	
			3,883	18,415.00	

รูปที่ 1.2 การวางแผนการเดินทางโดยพนักงานขายเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2559
ซึ่งก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายมากที่สุด

จากตัวอย่างการวางแผนการเดินทางในรูปที่ 1.2 พบว่าจะมีลักษณะการเดินทางไปพบลูกค้ามีความถี่ของลูกค้าขึ้นกับความสำคัญของลูกค้าและแบบแผนการเดินทางนั้นจะเป็นแบบแบ่งโซน ได้แก่ โซนสงขลาและนครศรีธรรมราช โดยไม่ได้คำนึงถึงแผนการเดินทางที่ให้ระยะทางที่สั้นที่สุด จากการวางแผนการเดินทางดังกล่าว พบว่าได้ระยะทางรวมเป็นมากที่สุดในปีพ.ศ.2559 เป็น 3,683 กิโลเมตร ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการวางแผนเส้นทางจากข้อมูลเดิมจากนั้นประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเพื่อจัดเส้นทางได้ระยะทางรวมที่สั้นที่สุด แล้วนำแผนการเดินทางที่ได้ใหม่ไปเปรียบเทียบกับแผนการเดินทางเดิม โดยใช้ตัวชี้วัดเป็นระยะทางรวมในการเดินทาง ซึ่งจะเป็นตัวแปรให้ค่าน้ำมันลดลงตามที่บริษัทต้องการ และยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานขาย นั้นคือ ได้แผนการเดินทางที่แน่นอน สามารถนัดลูกค้าและเตรียมข้อมูลได้อย่างแม่นยำ

ตารางที่ 1.1 ความถี่ในการเดินทางสำหรับลูกค้าในเดือนกุมภาพันธ์ปีพ.ศ.2559

ชนิดลูกค้า	**รายชื่อลูกค้า**	**จำนวนครั้งในการเข้าพบ (ครั้งต่อเดือน)**	**%การเข้าลูกค้า**
ชนิด A	ทีทีเอ็ม ปตท.ขนอม	6	50% (6/12*100)
ชนิด B	โรงไฟฟ้าจะนะ ปตท.สงขลา ปตท.สุราษฎ์ธานี มิชลิน	4	33% (4/12*100)
ชนิด C	อื่นๆ	2	17% (2/12*100)
รวมทั้งสิ้น		12	100%

เนื่องจากการเข้าพบลูกค้านั้นมีผลต่อการตัดสินใจในการซื้อของลูกค้า ดังนั้นบริษัทมีนโยบายกำหนดให้การเดินทางไปพบลูกค้าตามลำดับชนิดความสำคัญของลูกค้า โดยแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ลูกค้าชนิด A B และ C โดยที่จะต้องพบลูกค้าอย่างน้อย 50% 30% และ 10% ต่อการพบลูกค้าต่อเดือน ตามลำดับ ยกตัวอย่างเช่น ความถี่ในการเดินทางสำหรับลูกค้าในเดือนกุมภาพันธ์ชนิด A ชนิด B และชนิด C สามารถทำได้ตามเป้าหมายที่นโยบายบริษัทกำหนด ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ในงานวิจัยนี้มีจำนวนลูกค้าที่ให้บริการใน 4 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 5 ลูกค้า จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 4 ลูกค้า จังหวัดกระบี่ จำนวน 3 ลูกค้า และจังหวัดสงขลา จำนวน 21 ลูกค้า รวมทั้งสิ้นเป็นจำนวน 33 จุดลูกค้าที่ต้องไปเยี่ยมชม โดยไม่รวมสำนักงานของบริษัทที่เป็นจุดเริ่มต้นและลูกค้ามีจำนวนที่แน่นอนโดยจะแบ่งลูกค้าออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ชนิด A มีความสำคัญมาก ชนิด B มีความสำคัญปานกลางและ ชนิด C มีความสำคัญน้อย ขึ้นอยู่ชนิดและขนาดของอุตสาหกรรม ซึ่งมีการกำหนดความถี่ลูกค้าตามที่ได้ระบุข้างต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาเส้นทางในการให้บริการลูกค้าของพนักงานขายของบริษัทกรณีศึกษา ให้มีระยะทางที่สั้นที่สุดตามเงื่อนไขที่กำหนด
2. เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านค่าน้ำมันเชื้อเพลิงของบริษัทกรณีศึกษาให้อยู่ภายใต้เกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. แผนการเดินทางของพนักงานขายที่มีความเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน
2. ค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงของบริษัท มีค่าลดลง
3. สามารถประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมหรือบริษัทอื่นๆ ที่ต้องการวางแผนการเดินทางเพื่อขนส่งสินค้าหรือให้บริการลูกค้า

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. พิจารณาการจัดการของพนักงานขาย 1 คน และพิจารณาลูกค้าที่ต้องให้บริการในพื้นที่ 4 จังหวัด ประกอบด้วย สุราษฎร์ธานี กระบี่ สงขลา และนครศรีธรรมราช รวมทั้งสิ้น 33 จุด โดยไม่รวมสำนักงานของบริษัทตั้งอยู่ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการเดินทางเพื่อไปพบลูกค้าแต่ละรายในพื้นที่ต่างๆ
2. ไม่พิจารณาน้ำหนักบรรทุกสินค้า เนื่องจากไม่มีการบรรทุกสินค้า
3. ไม่พิจารณากรณีการแวะพักค้างคืน
4. ไม่พิจารณากรอบเวลาในการเดินทางให้บริการและเวลาให้บริการในแต่ละลูกค้า
5. ระยะทางไปกลับในแต่ละคู่ของลูกค้า และระหว่างสำนักงานของบริษัทกับลูกค้ามีค่าเท่ากัน

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้หาแนวทางเพื่อการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายตามเงื่อนไขที่เกิดขึ้นจริงกับผู้วิจัย และประยุกต์ใช้กับแผนการเดินทางในอนาคตเพื่อให้ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และประโยชน์ที่ได้รับ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่างานวิจัยเกี่ยวกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายได้ถูกประยุกต์ใช้กับปัญหาจริงมาเป็นระยะเวลาหลายปี [3] เพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุด ทำให้สามารถลดต้นทุนด้านเชื้อเพลิง โดยจากการเดินทางของพนักงานขายจะเริ่มต้นจากจุดเริ่มต้นที่กำหนด เช่น สำนักงานของบริษัท ไปยังลูกค้าต่างๆ จนครบ แล้วกลับมายังจุดเดิม พัชรลักษณ์ [4] ศึกษาปัญหาการเดินทางของพนักงานขายในภาคกลางได้แก่ อยุธยา สระบุรี ลพบุรีและปริมณฑล จำนวนลูกค้าเป็น 41 ราย สิ่งที่ผู้ทำการวิจัยให้ความสนใจคือ ระยะทางในการเข้าพบลูกค้าโดยจะทำการเก็บข้อมูลพื้นที่ตั้งของบริษัทลูกค้า หลักการเลือกเข้าพบลูกค้าโดยจำแนกตามวัตถุประสงค์การเข้าพบและการจัดลำดับเส้นทางในการเข้าพบลูกค้า กำหนดระยะทางไปกลับเท่ากันโดยได้เสนอการศึกษารูปแบบการจัดเส้นทางเพื่อทำการวางแผนการเดินทางของพนักงานขาย จากนั้นนำทฤษฎีปัญหาการเดินทางของพนักงานขายมาประยุกต์ เพื่อค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด เมื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับแผนการเดินทางแบบเดิมซึ่งกำหนดโดยผู้มีประสบการณ์และชำนาญในเส้นทางพบว่าผลที่ได้ทำให้ได้ระยะทางการเดินทางลดลงในภาคกลางลดลงรวมต่อเดือน เป็น 740.41 กิโลเมตร และปริมณฑลลดลงเป็น 940.57 กิโลเมตร ทั้งนี้ยังได้รูปแบบแผนการเดินทางที่ดีกว่าเดิมทำให้สามารถวางแผนการเดินทางได้อย่างแน่นอน ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ กระบวนการทำงานสามารถได้รวดเร็วและเป็นระบบ

ในการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายนั้นมีหลากหลายวิธี [5] ซึ่งวิธีที่เลือกใช้นั้นขึ้นอยู่ความซับซ้อนของแต่ละปัญหา โดยเสกสรร [6] ศึกษาปัญหาการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดของเส้นทางรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย ประกอบด้วยสถานที่ท่องเที่ยว 9 แห่ง แล้วประยุกต์ใช้ตัวแบบของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem, TSP) คือ การเริ่มต้นเดินทางจากจุดเริ่มต้นผ่านทุกๆ จุดที่กำหนด แล้วกลับมายังจุดเริ่มต้น โดยให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุด เริ่มต้นด้วยการนำเอาตัวแบบปัญหาวิธีสั้นที่สุดหาระยะทางระหว่างจุดท่องเที่ยวแต่ละแห่ง จากนั้นเอาตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเข้ามาหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยที่ผ่านจุดทุกจุด โดยมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเป็นจุดเดียวกัน โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นหาคำตอบ สำหรับรถรางนำเที่ยว เพื่อเป็นการเปรียบเทียบผล จึงได้นำเอาการจัดเส้นทางเดินรถโดยใช้ค่าประมาณมาหาเส้นทางของรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายด้วย โดยจะใช้วิธีเปรียบเทียบการประหยัดใน

การหาคำตอบของเส้นทางวิธีการที่ใช้โปรแกรมเชิงเส้นจะได้ระยะทางรวมเป็น 5,510 เมตร วิธีการเปรียบเทียบการประหยัด ได้ระยะทางรวม 5,850 เมตร ระยะทางรวมเดิมเป็น 6,060 เมตร ดังนั้นการหาคำตอบโดยโปรแกรมเชิงเส้น ให้ระยะทางรวมที่สั้นที่สุดในการนำเที่ยวของรถราง โดยสามารถวิ่งผ่านทุกจุดได้เหมือนเดิม สำหรับศุภสิริ [7] ต้องการลดการสูญเสียค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการขนส่งน้อยที่สุด ทำการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมีจุดส่งรถหรือคลังสินค้า โดยประยุกต์จากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย โดยมีจุดเริ่มต้นจากทางออกคลังสินค้าแห่งหนึ่ง และหลังจากส่งสินค้าให้ลูกค้าจนครบ ให้แวะส่งรถไปยังคลังสินค้าที่มีระยะทางสั้นที่สุด เลือกวิธีการแก้ปัญหาโดยการแตกกิ่งและการจำกัดขอบเขตมาปรับปรุงและประยุกต์ใช้ จากนั้นนำอัลกอริทึมที่ได้ทำการปรับปรุงมาแปลงเป็นรหัสคำสั่งในโปรแกรมแมทแลบเพื่อช่วยในการประมวลผล พบว่าซอฟแวร์สามารถทำนายเส้นทางที่มีระยะทางนั้นได้ จากนั้นนำเส้นทางที่ได้รับการวิเคราะห์มาจัดอันดับและเปรียบเทียบระยะทางกับเส้นทางอื่นที่เป็นไปได้ทุกกรณี ผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยและได้เส้นทางที่ได้รับการวิเคราะห์เป็นระยะทางที่สั้นและเข้าใกล้ค่าที่ดีที่สุดมาก การประมวลผลด้วยวิธีดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาการเดินทางแบบมีจุดส่งรถได้ทุกกรณีโดยไม่จำกัดขนาดของปัญหา

นอกจากนั้นยังสามารถกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมในปัญหาการเดินทางของพนักงานขายได้ เช่น ความถี่ในการเข้าพบลูกค้า การเข้าพบลูกค้าภายในระยะเวลาที่กำหนดเข้ามาพิจารณาร่วมด้วยซึ่งมีความใกล้เคียงกับปัญหาของผู้วิจัยที่กำลังศึกษาโดย Hamzadayi [3] ได้ศึกษาสิ่งที่ผันแปรในสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมีชื่อเรียกว่า ปัญหาการเดินทางแบบมีช่วงเวลา (Periodic Traveling Salesman Problem) และใช้ชื่อย่อปัญหาว่า “V_PTSP” จะเดินทางไปพบลูกค้าช่วงเวลาที่กำหนดเรียกว่า “m-day planning” โดยงานวิจัยนี้ใช้กับระบบการกระจายของผู้ค้าปลีก โกดังสินค้าถูกตั้งให้เหมาะสมกับแต่ละเขตที่มีผู้ค้าปลีกเป็นจำนวนมากและการส่งของจะถูกวางแผนตามแต่ความถี่ในการไปเยี่ยมของแต่ละผู้ค้าปลีก วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ได้กำหนดเกี่ยวกับเส้นทางเดินรถในแต่ละวันในช่วงเวลาที่กำหนดเชื่อมโยงกับความถี่ในการเยี่ยมชมเพื่อให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด ในขั้นต้น V_PTSP ถูกพัฒนาด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์แบบ Integer Programming Model แต่เนื่องจากตัวแบบดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาได้เฉพาะปัญหาที่มีขนาดเล็ก จึงใช้กระบวนการของ Nested Simulated Annealing มาพัฒนาวิธีการสำหรับแก้ปัญหาขนาดใหญ่ของ V_PTSPs การทดสอบทางคอมพิวเตอร์ถูกแสดงเพื่อประเมินผลประสิทธิภาพของกระบวนการของวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic) ในการแก้ปัญหาโดยผลที่ได้แสดงถึง การให้คำตอบที่ดีในระยะการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ที่สั้น Paletta [8] ได้นำเสนอวิธีฮิวริสติกส์ สำหรับปัญหาการเดินทางขายแบบมีช่วงเวลา ผลการคำนวณทางคอมพิวเตอร์พบว่าวิธีการที่ได้นำเสนอนั้นให้ผลที่ดีกว่าในเรื่องของความถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ ที่ใช้เปรียบเทียบ นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดนั้นลดลง ทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดที่ดีขึ้น Paletta and Triki [9] ก็ได้อธิบายเกี่ยวกับวิธีฮิวริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายแบบมีช่วงเวลาแบบไม่สมมาตรโดยให้แผนการเดินทางเป็นแบบ m-day โดยแต่ละเมืองที่ i ได้ถูกเดินทางไป r_i ครั้งภายใต้ช่วงเวลาที่กำหนด และในการเดินทางไปในแต่ละวันนั้นกำหนดให้รวมลูกค้าเป็นกลุ่มที่อยู่ในเส้นทางเดียวกันเพื่อให้มีระยะทางที่สั้นที่สุด ได้นำเสนอฮิวริสติกอัลกอริทึมเริ่มต้นด้วยการออกแบบเส้นทางที่เป็นไปได้ในแต่ละวันสำหรับช่วงเวลาที่กำหนดไว้ จากนั้นทำการปรับปรุงกระบวนเส้นทางย่อยโดยการรวมกลุ่มเพื่อปรับปรุงตัวเลือกเป้าหมายวิธีฮิวริสติกส์ที่นำเสนอผลการ

ทดสอบพบว่าจะให้ค่าที่เหมาะสม เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยยังคงมีเล็กน้อยและระยะเวลาในการดำเนินการยังคงอยู่ในขอบเขตที่ต้องการ จะพบว่าปัญหาการเดินทางของพนักงานแบบมีช่วงเวลานั้น สามารถใช้การหาคำตอบโดยฮิวริสติกส์ที่เป็นการหาคำตอบแบบประมาณค่า

การแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย โดยใช้เครื่องมือโซลเวอร์ในไมโครซอฟเอ็กเซลผ่านวิธีการเชิงวิวัฒนาการเป็นวิธีการหนึ่งของวิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) ซึ่งจะให้คำตอบที่เหมาะสม ซึ่งใช้งานได้กับปัญหาขนาดเล็ก ใช้งานง่ายและประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว นคร [10] ลดต้นทุนในการขนส่งของน้ำดื่ม ได้ศึกษารูปแบบปัญหาการเดินทางของเขตตำบลบ้านดู่ จังหวัดเชียงราย นำเรื่องน้ำหนักบรรทุกมาร่วมพิจารณา ไม่มีข้อจำกัดทางด้านเวลาในการขนส่ง และปริมาณความต้องการของลูกค้ามีค่าคงที่ มีจำนวนลูกค้าที่ต้องเดินทางไปทั้งหมด 85 จุด ทำการรวมจุดเพื่อช่วยให้การจัดเส้นทางง่ายขึ้น บางจุดอยู่ในซอยเดียวกันและหมู่บ้านเดียวกัน ทำให้จำนวนจุดที่ต้องเดินทางลดลงเป็น 36 จุด จากนั้นใช้เซฟวิ่งอัลกอลิทึมเพื่อจัดเส้นทางโดยเริ่มจากค่ามากที่สุดพิจารณาประกอบกับความสามารถในการบรรทุกได้ของรถคือ 1,600 กิโลกรัม แล้วนำแต่ละเส้นทางมาจัดใหม่โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง โดยใช้เครื่องมือโซลเวอร์ในไมโครซอฟเอ็กเซล ซึ่งจะให้ระยะทางที่สั้นที่สุดได้เส้นทาง 6 เส้นทางสามารถลดระยะทางจากเดิมได้ 1,727 เมตร และ ณัฐณิชาและคณะ [11] ศึกษาเพื่อจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอยภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เพื่อให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด โดยใช้วิธีการแบบประหยัด และฟังก์ชันวิธีการเชิงวิวัฒนาการเครื่องมือโซลเวอร์ในไมโครซอฟเอ็กเซล พิจารณาการเดินรถแบบ 1 เส้นทางและ 2 เส้นทาง ได้ระยะทางรวมที่สั้นที่สุดโดยวิธีเชิงวิวัฒนาการ แบบหนึ่งเส้นทางได้ระยะทางที่ลดลงจากเดิม 19.632 กิโลเมตรต่อวัน และแบบสองเส้นทางได้ระยะทางลดลง 5.942 กิโลเมตรต่อวัน

การเดินทางของพนักงานขาย เพื่อวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานได้แก่ นำเสนอสินค้า ติดตามการใช้สินค้า ต่อรองราคาสินค้า และวางบิลสินค้า เพื่อให้มีการซื้อขายกันอย่างต่อเนื่อง การเดินทางนั้นจะก่อให้เกิดต้นทุนการเดินทาง [12] การประหยัดต้นทุนการเดินทางก็จะทำให้ลดต้นทุนในการดำเนินงานได้เช่นกัน ซึ่งการจัดเส้นทางเพื่อไปพบลูกค้าทุกลูกค้า โดยมีระยะทางสั้นที่สุดมีความซับซ้อนในการแก้ปัญหาการเดินทางคือ การที่มีลูกค้าที่ต้องเข้าพบหลายรายและมีความกระจัดกระจาย ยกตัวอย่างบริษัทขนส่งกรณีศึกษาที่ใช้แนวทางการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งพบว่าเส้นทางที่กำหนดจำนวน 7 เส้นทาง หากใช้วิธีการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงาน (TSP) พบว่าต้นทุนของแต่ละเส้นทางจะสั้นลงแต่ยังคงใช้จำนวนเส้นทางเท่าเดิม

ดังนั้น งานวิจัยนี้จะศึกษาปัญหาการเดินทางแบบช่วงมีเวลา และใช้วิธีเชิงวิวัฒนาการโดยใช้เครื่องมือโซลเวอร์ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซลเพื่อใช้ในการประมวลผลหาเส้นทางที่ให้ระยะทางที่สั้นที่สุด ก่อให้เกิดลดต้นทุนการเดินทางที่ลดลงโดยเปรียบเทียบกับเส้นทางการเดินทางแบบเดิม ทั้งจัดทำแผนการเดินทางของพนักงานขายรายเดือน และศึกษาตัวแบบทางปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายแบบมีช่วงเวลา เชื่อมโยงกับโปรแกรมที่ช่วยคำนวณนั้นคือ ไมโครซอฟต์เอ็กเซล เครื่องมือโซลเวอร์

2.2 ทฤษฎีและหลักการ

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับทฤษฎีปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) ตัวแบบคณิตศาสตร์แบบดั้งเดิมสำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายแบบมีช่วงเวลา (Periodic Traveling Salesman Problem) (PTSP) วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล เครื่องมือโซลเวอร์และต้นทุนเกี่ยวกับการขนส่ง (Cost of Transportation) ดังต่อไปนี้

2.2.1 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem, TSP) [13] เป็นการแก้ปัญหาเพื่อใช้ในการตัดสินใจ เช่น ระยะทางที่สั้นหรือเหมาะสมที่สุด โดยมีเมืองหรือจำนวนจุดที่ต้องเดินทางเป็นจำนวน N เมือง หรือ N จุด เริ่มต้นจากเมืองใดเมืองหนึ่งตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น กำหนดให้เริ่มต้นจากเป็นแหล่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า หรือเริ่มต้นจากสำนักงานกลาง เป็นต้น จากนั้นพนักงานขายเดินทางต่อโดยจะผ่านเมืองทุกเมือง N เมือง แล้วจึงกลับมายังเมืองเริ่มต้น ยกตัวอย่างเช่น พนักงานขายต้องเดินทางไปพบลูกค้าเพื่อนำเสนอสินค้าทั้งหมด 9 ราย มีสำนักงานของบริษัท หลักอยู่ที่เมืองที่ 5 ลักษณะเส้นทางจะเป็น 5 – 2 – 8 – 3 – 9 – 7 – 1 – 4 – 6 – 5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเริ่มต้นจากเมืองที่กำหนดตามเงื่อนไขของการเดินทางเริ่มต้นจากสำนักงานของบริษัท แล้วเดินทางต่อไปยังเมืองที่ 2, 8, 3, 9, 7, 1, 4, 6 และวนกลับมายังเมืองเดิม คือ เมืองที่ 5

ตัวแบบคณิตศาสตร์แบบดั้งเดิมสำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย [13]

ประกอบด้วยดัชนี พารามิเตอร์ และตัวแปรตัดสินใจสามารถแสดงได้ ดังนี้

ดัชนี:

i, j หมายถึง ลูกค้ารายที่ i หรือ j โดยที่ i,j = 1...k

พารามิเตอร์

C_{ij} หมายถึง ต้นทุนในการเดินทางของลูกค้า i ไปลูกค้า j

k หมายถึง จำนวนลูกค้า

S หมายถึง จำนวนลูกค้าที่อยู่ในเส้นทาง

V หมายถึง จำนวนลูกค้าทั้งหมด

ตัวแปรตัดสินใจ

X_{ij}

- 1: เมื่อมีการเดินทางจาก i ไป j
- 0: เมื่อไม่มีการเดินทางจาก i ไป j

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับกรณีที่ไม่มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร

<u>สมการเป้าหมาย</u>

$$\sum_{i \neq j} C_{ij} X_{ij} \qquad (2.1)$$

<u>สมการขอบข่าย</u>

$$\sum_{j=1}^{k} X_{ij} = 1 \ \forall i = 1 \ldots k \tag{2.2}$$

$$\sum_{j=1}^{k} X_{ij} = 1 \quad j = 1 \ldots k \tag{2.3}$$

$$\sum_{i,j \in S}^{k} X_{ij} \leq |S| - 1 \qquad S \subset V, 2 \leq |S| \leq k - 2 \tag{2.4}$$

สมการที่ (2.1) แสดงต้นทุนการเดินทางจากเมือง i ไปเมือง j สมการที่ (2.2) แสดงการเดินทางออกจากเมือง i ใดๆ ต้องมีค่าเท่ากับ 1 (เมืองใดเมืองหนึ่งเดินทางออกได้เพียงครั้งเดียว) ในขณะที่สมการที่ (2.3) มีการเดินทางเข้าเมือง i ได้เพียงครั้งเดียว เมื่อ (2.4) เป็นสมการป้องกันการเกิดการเดินทางย่อย (Subtour) การเกิดการเดินทางย่อยหมายความว่า การเดินทางเริ่มต้นจากเมืองใดเมืองหนึ่งแต่เดินทางไม่ครบทำให้เกิดทัวร์ย่อยขึ้น เช่น 1-2-3-4-1 และ 5-6-7-8-5 ทุกเมืองเดินทางเข้าและออกอย่างละ 1 ครั้งตามสมการ (2.2) และ (2.3) เมื่อมีสมการ (2.4) จะสามารถป้องกันปัญหานี้ได้เมื่อในเส้นทางใดๆ ที่มีเมืองน้อยกว่าจำนวน n จะทำให้เกิดเส้นทางการเดินเท่ากับจำนวนเมืองที่มี ทำให้สมการ (2.4) ไม่เป็นจริง

2.2.2 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายแบบมีช่วงเวลา (Periodic Traveling Salesman Problem, PTSP) เป็นการพิจารณาเส้นทางกับช่วงเวลาใดๆ ตามความต้องการของลูกค้าที่มีลักษณะเป็นคาบเวลาในช่วงเวลาที่พิจารณา โดยกำหนดจำนวนของเวลาที่กำหนดให้เป็น “m-day planning period” ในเมืองนั้นไม่จำเป็นต้องเยี่ยมครั้งเดียวในแต่ละวัน แทนที่แต่ละเมืองถูกกำหนดโดยจัดลำดับของวันที่เยี่ยมและวันที่เยี่ยมได้ถูกมอบหมายไปยังเมืองโดยการเลือกหนึ่งเมืองของลำดับเมืองต่างๆ ปัญหาการเดินทางแบบมีช่วงเวลาสามารถถูกพิจารณาเป็นปัญหาของการตัดสินใจอย่างเลียนแบบของวันที่เดินทางไปแต่ละเมือง และออกแบบ “m tours” แต่ละการเชื่อมโยงของเมืองไปยังเมืองที่ได้ถูกเยี่ยมชมในวันนั้น จุดประสงค์เพื่อให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุดของพนักงานขายเพื่อทำให้ทุก “m tours”

Hamzadayi [3] ได้เสนอตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายของดังต่อไปนี้

<u>สมการเป้าหมาย</u>

$$Minimize \sum_{t=1}^{T} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^{N} d_{ij} X_{ij} \tag{2.5}$$

<u>สมการข้อจำกัด</u>

$$\sum_{\substack{i=1\\ i\neq j}}^{n} X_{tij} - \sum_{\substack{i=1\\ i\neq j}}^{n} X_{tji} = 0 \text{ for } t = 1,...,T \text{ and } j = 1,...,\ \mathrm{N} \quad (2.6)$$

$$\sum_{k\in C_j} a_{tk} - \sum_{\substack{i=1\\ i\neq j}}^{N} X_{tij} \geq 0 \text{ for } t = 1,...,T \text{ and } j = 2,...,\ \mathrm{N} \quad (2.7)$$

$$\sum_{k\in C_j} a_{tk} - nc_j^{*} \sum_{\substack{i=1\\ i\neq j}}^{N} X_{tij} \leq 0 \text{ for } t = 1,...,T \text{ and } j = 2,...,\ \mathrm{N} \quad (2.8)$$

$$visit_l \leq \sum_{k=1}^{K} a_{tk} \leq visit_h \quad \text{for } t = 1,...,T \text{ and } \mathrm{k} = 1,...,\ \mathrm{K} \quad (2.9)$$

$$\sum_{m=0}^{(\min_f - 1)} a_{t+m,k} \leq 1 \, for \quad f = 1,...,F \quad k \in CV_f, \quad t = 1,...,(T - Min_f + 1) \quad (2.10)$$

$$\sum_{m=0}^{(\max_f - 1)} a_{t+m,k} \geq 1 \, for \quad f = 1,...,F \quad k \in CV_f, \quad t = 1,...,(T - Max_f + 1) \quad (2.11)$$

$$\sum_{m=0}^{(fv_k - 1)} a_{t+m,k} \geq 1 \, for \quad k = 1,...,K \quad (2.12)$$

$$\sum_{\substack{i,j=1\\ i\neq j}}^{N} X_{tij} \leq |\mathrm{K}| - 1 \quad \text{for} \quad \mathrm{K} \subset \{2,...,n,\ |\mathrm{K}| > 2\} \quad (2.13)$$

<u>พารามิเตอร์:</u>

i, j หมายถึง ดัชนีแสดงจุดของลูกค้าแต่ละอำเภอ (i = 2, ..., N) และ i = 1 สำหรับคลังสินค้า

t หมายถึง ช่วงเวลาที่กำหนดเป็นแต่ละวัน (t=1, ..., T)

k หมายถึง จำนวนลูกค้าที่ต้องไปให้บริการในแต่ละจังหวัด (k=1,...,K)

f หมายถึง ชนิดความถี่ในการเดินทาง

C_j หมายถึง จำนวนลูกค้าในจังหวัดนั้นๆ ที่ต้องเดินทางไปเยี่ยมชม

CV_f หมายถึง กลุ่มของลูกค้าในแต่ละชนิดความถี่ในการเดินทาง

Min_f, Max_f หมายถึง ค่าต่ำที่สุดและค่าที่มากที่สุดของจำนวนวันที่ต้องเดินทางไปเยี่ยมอีกครั้ง

d_{ij} หมายถึง ระยะทางระหว่างลูกค้า i กับ ลูกค้า j

nc_j หมายถึง จำนวนลูกค้าทั้งหมดในจังหวัดนั้นๆ ที่ต้องเดินทางไปเยี่ยมชม

$|k|$ หมายถึง จำนวนเส้นเชื่อมภายในเส้นทางย่อย (Subtour) ที่เกิดขึ้น

$Visit_l, Visit_h$ หมายถึง ความถี่ต่ำที่สุดและมากที่สุดต้องการเดินทางไปเยี่ยมชมลูกค้า

ตัวแปรตัดสินใจ

X_{tij} 1: เมื่อมีการเดินทางจาก i ไป j ในเดือนที่ t
0: เมื่อไม่มีการเดินทางจาก i ไป j ในเดือนที่ t

a_{tk} 1 เมื่อเดินทางไปพบลูกค้า k ในเดือนที่ t
0 เมื่อไม่เดินทางไปพบลูกค้า k ในเดือน t

จากตัวแบบคณิตศาสตร์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้

สมการที่ 2.5 เป็นสมการเป้าหมายที่เป็นการหาระยะทางที่สั้นที่สุดที่ได้เดินทางในช่วงเวลานั้นคือระยะทางรวมในแต่วันและรวมกันเป็นช่วงเวลาที่กำหนด มีสมการข้อจำกัดดังนี้

สมการที่ 2.6 เป็นการแสดงให้เห็นว่ามีการเดินทางเข้า และ เดินทางออก คือ มีการเดินทางจากลูกค้า i ไปลูกค้า j และเดินทางออกจากลูกค้า j ไปยังจุดอื่น ในช่วงเวลาที่ t สมการที่ 2.7 และ สมการที่ 2.8 เป็นการแสดงถึงการเยี่ยมชมลูกค้าในช่วงเวลาที่กำหนดเป็นรายวัน ที่มีความถี่เข้ามาเกี่ยวข้อง

สมการที่ 2.9 เป็นการแสดงถึงความจุของยานพาหนะที่ถูกจัดเก็บที่มีค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดของลูกค้าที่ต้องเดินทางการให้เป็นตามข้อจำกัดในการเดินทางแต่ละวัน

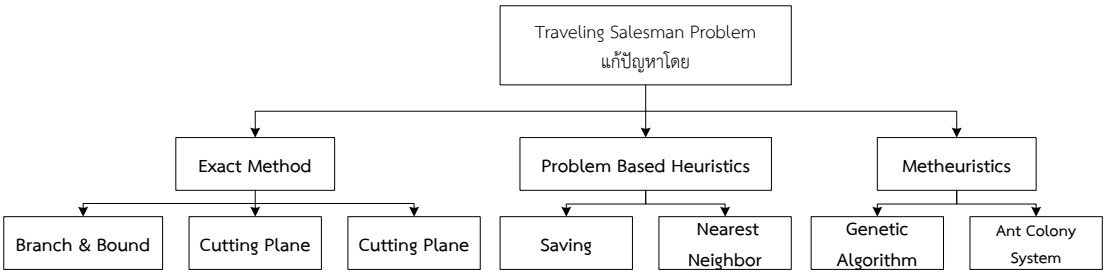
สมการที่ 2.10 เป็นการแสดงถึงจะไม่เดินทางไปพบลูกค้าก่อนถึงจำนวนวันที่น้อยที่สุดที่กำหนดนับจากวันที่เดินทางครั้งสุดท้าย

สมการที่ 2.11 เป็นการแสดงถึงจะไม่เดินทางไปพบลูกค้าเกินถึงจำนวนวันที่มากที่สุดที่กำหนดนับจากวันที่เดินทางครั้งสุดท้าย

สมการที่ 2.12 เป็นการอธิบายการเดินทางไปพบลูกค้าที่ k ครั้งแรกจะถูกเข้าพบภายในวันที่มากที่สุดที่กำหนด

สมการที่ 2.13 ใช้บังคับเพื่อป้องกันเส้นทางย่อยเกิดขึ้นในเส้นทางของพนักงานขาย เพื่อทำให้เส้นทางที่ได้เป็นเส้นทางเดียวกันทั้งหมดและเป็นไปตามหลักทฤษฎีของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย

ปัจจุบันปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ได้รับความสนใจแก่ผู้วิจัยเพื่อจำนวนมาก ซึ่งใช้วิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่แตกต่างออกไป ขึ้นกับอยู่เงื่อนไขต่างๆ ในแต่ละปัญหาและมีข้อดี ข้อเสีย แตกต่างกันไป [4,9] โดยการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย แบ่งเป็น 3 กลุ่ม [14] แสดงดังรูปที่ 2.1 อธิบายได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 วิธีการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย [15]

2.2.2.1 การหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Solution Algorithm) วิธีนี้จะไม่สามารถแก้ปัญหาที่ความซับซ้อนด้วยข้อจำกัดของในเรื่องขนาดหรือเวลาในการคำนวณเกิดเป็นคำตอบ จึงได้คำตอบที่มีความกว้างเกินไป ยกตัวอย่างดังต่อไปนี้

2.2.2.1.1 อัลกอริทึมการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch & Bound Algorithms) เป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ [10] ซึ่งต้องมีการผ่านจุดให้ครบทุกจุดโดยไม่สนใจลำดับในการผ่าน โดยอัลกอริทึมจะใช้การลดค่าเมตริกในการคำนวณหาขอบเขต (Bound) เมตริกที่มีค่าขอบเขตที่น้อยที่สุดจะทำการแตกกิ่ง (Branch) ซึ่งวิธีนี้จะสามารถหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด เหมาะสมกับปัญหาที่มีขนาดเล็กเนื่องจากต้องใช้หน่วยความจำและเวลาในการคำนวณมาก

2.2.2.1.2 วิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการตัดระนาบ (Cutting plane) [16] สามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดเมือง 49 เมืองและได้คำตอบที่ดีที่สุด

2.2.2.1.3 Column Generation เป็นการคำตอบด้วยวิธี Linear Programming โดยใช้วิธีการซิมเพล็กซ์ในการหาคำตอบ [13]

2.2.2.2 กลุ่มของวิธีการที่สามารถใช้แก้ปัญหาเฉพาะปัญหาเท่านั้น (Problem Based Heuristics) ได้แก่

2.2.2.2.1 Saving Heuristics จะเป็นวิธีทีทำให้ได้คำตอบที่ดีพอใช้ภายในระยะเวลาที่ไม่นานมาก

2.2.2.2.2 Nearest-neighbor Heuristic สามารถเริ่มต้นจาก Node ไหนก็ได้ จากนั้นเชื่อมต่อกับเมืองที่อยู่ใกล้ที่สุด จากนั้นก็เชื่อมจุดนั้นต่อไปยังที่ต่อไปที่อยู่ใกล้ที่สุด เชื่อมต่อแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนครบทุกเมือง และสุดท้ายวนมายังจุดเริ่มต้น ซึ่งวิธีการนี้จุดเริ่มต้นจะมีผลต่อคำตอบ [13]

2.2.2.3 เมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) เป็นการหาคำตอบโดยการประมาณ (Approximate Algorithm) เป็นวิธีการที่มีความรวดเร็วในการคำนวณ โดยส่วนมากจะให้คำตอบที่ดีกว่ากลุ่ม Problem Based Heuristic เพราะเป็นวิธีการเพิ่มเติมมาจากกลุ่มที่ 2 แต่วิธีการในกลุ่มนี้จะมีความซับซ้อนกว่าจึงให้คำตอบที่ดีกว่า [15] ตัวอย่างวิธีการในกลุ่มนี้ ได้แก่

2.2.2.3.1 อาณาจักรมด (Ant Colony Optimization) เป็นการได้รับแรงบันดาลใจมาจากพฤติกรรมของมด ผู้ออกแบบวิธีการจึงจำลองพฤติกรรมนี้ โดยในปัญหาการเดินทาง

ของพนักงานขาย (TSP) เริ่มต้นจากการเดินทางจากเมืองหนึ่งไปยังเมืองต่างๆ จนครบทุกเมือง จะได้ระยะทางรวมทั้งหมด หากระยะทางเดินทางนี้สั้น จะวางปริมาณฟีโรโมนไว้มาก หากระยะทางที่ได้ยาว จะวางฟีโรโมนไว้น้อย [15]

2.2.2.3.2 วิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการหาคำตอบโดยอาศัยรูปแบบกลไกการคัดสรรพันธุกรรมจากธรรมชาติ ซึ่งพันธุกรรมที่ดีเสมือนคำตอบที่ดี จะสามารถอยู่รอด และถูกถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูก รุ่นหลานต่อไปได้ [17]

2.2.3 วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) [15]

ปกติโครโมโซมในร่างกายของมนุษย์หรือสิ่งมีชีวิตทั้งหมาย จะมีวิวัฒนาการและมีการสืบทอดสายพันธุ์ตลอดเวลา ทำให้มีความแตกต่างของรูปร่างหน้าตา ผิวพรรณ และลักษณะนิสัย เป็นต้น เนื่องจากโครโมโซมของรุ่นพ่อ รุ่นแม่มาผสมกันเป็นโครโมโซมรุ่นลูก ประกอบด้วยยีนเด่น ยีนด้อย ที่จะถูกเก็บไว้หรือกำจัดทิ้งแล้วแต่วิธีการผสมทางพันธุกรรม เรียกว่า การคัดเลือกสายพันธุ์ สิ่งเหล่านี้เป็นวิธีการขั้นตอนทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

2.2.3.1 ความหมายของวิธีเชิงพันธุกรรม หมายถึง เป็นวิธีการมาจากกระบวนการทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจากการวิวัฒนาการ หรือ การอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต จึงได้นำวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้แนวทางเดียวกันมาช่วยหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดให้กับปัญหาโดยใช้กระบวนการทางพันธุศาสตร์เข้ามาช่วยในกระบวนการค้นหาคำตอบของปัญหา เช่น ระบบแขนกล หรือ ตรวจสอบระบบการทำงานต่าง ๆ เป็นต้น ปัญหาที่พบส่วนใหญ่เป็นปัญหาที่ไมเที่ยงตรงและมีความคลุมเครือ ซึ่งถ้าหากต้องการคำตอบที่เที่ยงตรงและมีความแน่นอนสูงมากก็ย่อมมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ดังนั้นวิธีที่สามารถแก้ปัญหาที่คลุมเครือ โดยได้คำตอบที่ใกล้เคียงสามารถยอมรับได้ใช้เวลาในการหาคำตอบไม่มากนัก และมีค่าใช้จ่ายพอประมาณ ยอมดีกว่าวิธีได้ความเที่ยงตรงสูงแต่มีค่าใช้จ่ายสูง

2.2.3.2 องค์ประกอบของวิธีเชิงพันธุกรรม

1) การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบ (Chromosome Encoding) การถอดรหัสหรือการได้มาซึ่งโครโมโซม คือปัญหาแรกที่จะเริ่มแก้ปัญหาโดยใช้ Genetic Algorithm ในการถอดรหัสนั้นจะขึ้นอยู่กับปัญหา และในปัจจุบันปัญหามีมากมายจึงทำให้รูปแบบของโครโมโซมมีความแตกต่างกันออกไปตามปัญหานั้นๆ มีหลายวิธีดังต่อไปนี้

1.1) การออกแบบโครโมโซมแบบไบนารี (Binary Encoding) เป็นรูปแบบโครโมโซมเริ่มแรกที่นำมาใช้แก้ปัญหาของวิธีเชิงพันธุกรรม จึงทำให้รูปแบบโครโมโซมแบบนี้เป็นเรื่องธรรมดาที่สุด ลักษณะของ Binary Encoding คือ ทุกตำแหน่งของยีนของโครโมโซมจะมีค่าเป็นบิต 0 หรือ 1 เช่น Chromosome A เป็น 101100101100101011100101, Chromosome B เป็น 111111100000110000011111 สำหรับในปัญหาการเดินทางของพนักงานจะเป็นลักษณะคือถ้าเดินทางจะมีค่าเป็น 1 และถ้าไม่เดินทางจะมีค่าเป็น 0 เป็นต้น

1.2) การออกแบบโครโมโซมแบบใช้ค่าเครื่องหมายจริง (Value Encoding) โดยทุกตำแหน่งของยีนบนโครโมโซมจะมีค่าบางค่า ที่สามารถเชื่อมโยงไปยังปัญหาได้ เช่น ตัวอักษร จำนวนจริง คำสั่ง หรืออื่นๆ รูปแบบโครโมโซมแบบนี้สามารถใช้ได้กับปัญหาที่ค่อนข้าง

ซับซ้อนค่าได้ เช่น Chromosome A เป็น 1.2324 5.3243 0.4556 2.3293 2.4545, Chromosome B เป็น ABDJEIFJDHDIERJFDLDFLFEGT และ Chromosome C เป็น (back), (back), (right), (forward), (left)

1.3) การออกแบบโครโมโซมแบบลำดับ (Permutation Encoding) เป็นการกระทำดับแรกก่อนที่จะเข้ากระบวนการของ Genetic Algorithm ประชากรที่เกิดจากการสุ่ม Random เพื่อนำประชากรเข้าไปในกระบวนการในการสุ่มจะต้องสุ่มให้ได้จำนวนเท่ากับขนาดของรุ่นที่ได้กำหนดไว้โดยที่ยังไม่มีการสนใจค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม B: 9 5 2 1 4 6 7 8 3 จะได้ Chromosome A 1 5 3 2 6 4 7 9 8 และ Chromosome B 8 5 6 7 2 3 1 4 9 สำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย จะใช้แบบอักษรผสมกับตัวเลข โดยยีนหนึ่งยีนแทนด้วย 1 เมือง นั้นคือความยาวของโครโมโซมขึ้นอยู่กับจำนวนที่ต้องไปเยี่ยมชมลูกค้าที่ต้องเดินทางความสำคัญคือจะต้องไม่มียีนที่ซ้ำกัน ดังตัวอย่างรูปที่ 2.2 โครโมโซมที่มีจำนวนเมือง 10 เมือง

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10

รูปที่ 2.2 โครโมโซมที่มีจำนวนเมือง 10 เมืองที่เมืองไม่ซ้ำกัน

2) การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial population) คือ การสุ่มเลือกเพื่อสร้างประชากรต้นแบบขึ้นมาเพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นของขั้นตอนการวิวัฒนาการขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนแรกที่เกิดขึ้นก่อนที่จะเริ่มเข้ากระบวนการของวิธีเชิงพันธุกรรม โดยประชากรกลุ่มแรกหรือประชากรต้นกำเนิด จะเกิดจากการสุ่มเลือกขึ้นมาจากกลุ่มของประชากรทั้งหมดที่มีอยู่ โดยในการสุ่มเลือกจะทำการสุ่มตามจำนวนของประชากรที่ได้กำหนดไว้เป็นพารามิเตอร์ของอัลกอริทึมวิธีการหาประชากรเริ่มต้นมีหลากหลายวิธี เช่น

2.1) การสุ่มแบบมีความน่าจะเป็นเท่ากันทุกกรณี (Random) คือทุกทางเลือกจะมีความน่าจะเป็นเท่ากัน

2.2) การสุ่มแบบมีความน่าจะเป็นไม่เท่ากัน (Greedy Random) คือแต่ละทางเลือกจะมีความน่าจะเป็นที่ไม่เท่ากันซึ่งกับตัวแปรบางตัวในปัญหานั้นๆ เช่น ในปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย พนักงานขายจะต้องเดินทางไปให้ครบทุกเมือง และย้อนกลับมายังเมืองเริ่มต้น สมมุติว่าพนักงานขายคนหนึ่งจะต้องเดินทางไปทั้งหมด 5 เมือง ระยะทางแต่ละเมืองแสดงตามเมตริกซ์ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระยะทางระหว่างเมืองแต่ละเมืองหน่วยเป็นกิโลเมตร

	1	2	3	4	5
1	0	10	15	8	4
2	10	0	12	5	8
3	15	12	0	14	20
4	8	5	14	0	15
5	4	8	20	15	0

จากตารางที่ 2.1 สามารถอธิบายได้ ดังนี้ เมืองที่ 1 มีระยะห่างจากเมืองที่ 2 เป็น 10 กิโลเมตร และห่างจากเมืองที่ 3 เป็น 15 กิโลเมตร ไปเรื่อยๆ ตามลำดับ ถ้าสมมุติให้วิธีการสุ่มแบบมีความน่าจะเป็นเท่ากัน สุ่มเลือกเมืองใดเมืองหนึ่งที่จะเริ่มเดินทางเป็นเมืองแรก ความน่าจะเป็นจะเป็นดังนี้

$$p_i = \frac{\sum_{j=1}^{N}(\frac{1}{d_{ij}})}{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}(\frac{1}{d_{ij}})} \qquad (2.14)$$

เมื่อ d_{ij} คือ ระยะทางระหว่างเมือง i กับ j และ N คือ จำนวนเมืองที่ต้องเดินทางทั้งหมดส่วนเมืองที่ต้องเดินทางเป็นลำดับถัดไปให้ใช้สมการดังนี้

$$p_i = \frac{\frac{1}{d_{ij}}}{\sum_{j\in S}(\frac{1}{d_{ij}})} \qquad (2.15)$$

เมื่อ S คือชุดของเมืองที่ยังไม่ถูกเลือก เพื่อให้เป็นไปตามสมการทั้งสอง ในการหาเมืองที่ใช้เป็นจุดเริ่มต้น โดยการหาส่วนกลับในตารางที่ 2.1 และผลรวมในแต่ละแถวของเมือง i แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าส่วนกลับของระยะทางในตารางที่ 2.1

	1	2	3	4	5	ผลรวม
1	0.00	0.10	0.07	0.13	0.25	0.54
2	0.10	0.00	0.08	0.20	0.13	0.51
3	0.07	0.08	0.00	0.07	0.05	0.27
4	0.13	0.20	0.07	0.00	0.07	0.46
5	0.25	0.13	0.05	0.07	0.00	0.49

ส่วนกลับของเมือง 1-1 หรือ 2-2 หรือคู่อื่นๆ ที่เป็นเมืองเดียวกันจะให้ค่าเป็น 0 เพราะไม่สามารถเดินทางได้ ผลรวมด้านแถวของแต่ละแถวได้ 0.54, 0.51, 0.27, 0.46 และ 0.49 ตามลำดับ และผลรวมทั้งหมดได้ 2.28 ความน่าจะเป็นของเมืองที่ 1 ตามสมการที่ 2.1 ได้ 0.54/2.28 = 0.24 ความน่าจะเป็นของเมืองที่ 2, 3, 4 และ 5 เป็น 0.22, 0.12, 0.20, 0.22 ตามลำดับ หากสุ่มตัวเลขแบบวงกลมรูเล็ต ทำได้โดยหาความน่าจะเป็นสะสมสรุปได้ดัง ตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความน่าจะเป็นสะสมสรุปของทุกเมือง

เมือง	1	2	3	4	5
ความน่าจะเป็นสะสม	0.237971	0.461297	0.580544	0.783996	1

สมมติตัวเลขสุ่มที่ได้คือ 0.951 เมืองที่จะต้องเริ่มต้นคือ เมืองที่ 5 เนื่องจากค่าที่สุ่มได้อยู่มากกว่า 0.78 และต่ำกว่า 1 หาเมืองที่ต้องเดินทางต่อจากเมืองที่ 5 โดยสมการที่ 2.2 ซึ่งเหลือเมืองที่ไม่ถูกเลือก คือ 1, 2, 3, 4 ตามลำดับ ดังนั้นความน่าจะเป็นของเมืองที่ 5 ที่จะเดินทางไปเมือง 1 คือ 0.25/0.49 = 0.51 ความน่าจะเป็นของการเดินทางจากเมือง 5 ไปเมือง 2, 3 และ 4 เป็น 0.25, 0.10 และ 0.14 ตามลำดับ และค่าความน่าจะเป็นสะสมได้ดังนี้

ตารางที่ 2.4 ความน่าจะเป็นสะสมสรุปของเมืองที่ 1, 2, 3 และ 4

เมือง	1	2	3	4
ความน่าจะเป็นสะสม	0.508475	0.762712	0.864407	1

สมมติตัวเลขสุ่มที่ได้คือ 0.63 เลือกเดินทางไปเมืองที่ 2 เป็นลำดับถัดไป จากเมืองที่ 2 ต้องเดินทางต่อไปยังเมือง คือ 1, 3, 4 ตามลำดับ ทำเช่นเดียวกับรอบที่ผ่านมา ได้ความน่าจะเป็นในการเดินทางไปยังเมืองที่ 2 ไปเมืองที่ 1 ดังนี้ 0.1(0.1+0.08+0.2) = 0.26 ความน่าจะเป็นของการเดินทางจากเมือง 2 ไปเมือง 3 และ 4 เป็น 0.21 และ 0.53 ตามลำดับ ดังนั้นความน่าจะเป็นสะสมคือ

ตารางที่ 2.5 ความน่าจะเป็นสะสมสรุปของเมืองที่ 1, 3 และ 4

เมือง	1	3	4
ความน่าจะเป็นสะสม	0.26	0.47	1.00

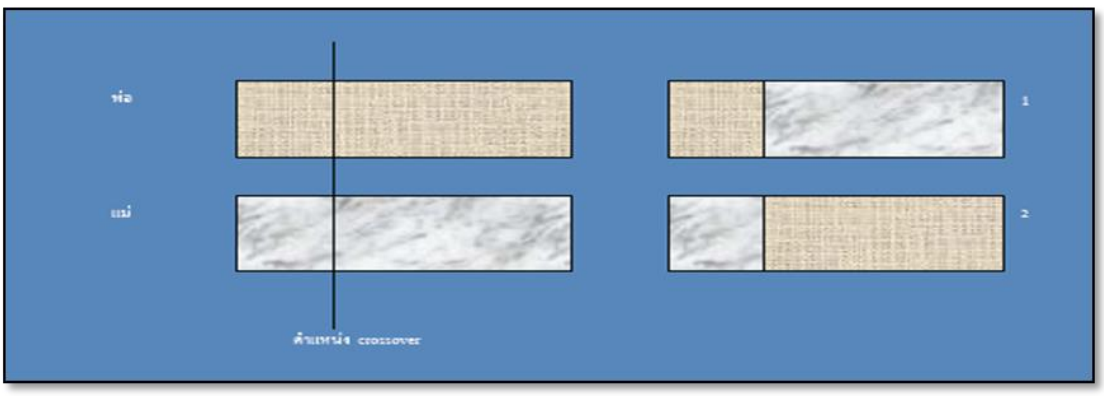
สมมุติตัวเลขสุ่มเป็น 0.91 ดังนั้นเลือกเดินทางไปเมือง 4 ลำดับถัดจากเมือง 3 จะกระทำเช่นเดียวกัน สมมุติได้โครโมโซมคำตอบทุกยีนดังนี้ 5-2-4-1-3-5 ซึ่งจะใช้วิธีการเดียวกันนี้สำหรับการหาโครโมโซมจนครบตามจำนวนประชากรที่ต้องการ

2.3) สมการแทนค่าคำตอบ (Fitness Function) เป็นวิธีการสำหรับประเมินค่าความเหมาะสม เพื่อให้คะแนนสำหรับคำตอบต่างๆ ที่เป็นไปได้ของปัญหาโครโมโซมทุกตัวจะมีค่าความเหมาะสมของตัวเองเพื่อใช้สำหรับพิจารณาว่า โครโมโซมตัวนั้น เหมาะหรือไม่ที่จะนำมาใช้สืบทอดพันธุกรรมสำหรับสร้างโครโมโซมรุ่นใหม่ เช่น กำหนดให้ค่าความเหมาะสม เท่ากับจำนวนของบิต 1 ทั้งหมดในโครโมโซม A: 100011100 ดังนั้นโครโมโซม A มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 4

3) ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operator) ซึ่งเป็นวิธีการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของข้อมูลทุกขั้นตอน Genetic Algorithm ซึ่งมีกระบวนการพื้นฐานที่สำคัญมี 3 ส่วน ดังนี้

3.1) การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection) เพื่อให้เกิดการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตนั้น โดยคัดเลือกมาเป็นโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ หรือที่เรียกว่า Parents ในการสืบสายพันธุ์ ทำให้เกิดปัญหาว่าจะทำอย่างไรให้เกิดจากคัดเลือกโครโมโซมที่น่าพอใจเพื่อที่จะเกิดการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตตามทฤษฎีของ Charles Darwin จึงทำให้เกิดรูปแบบมากมายในการเลือกโครโมโซมที่น่าพอใจที่สุดเพื่อนำไปสืบสายพันธุ์ทำให้เกิดรูปแบบการคัดเลือกมากมายเพื่อให้เกิดผลลัพธ์น่าพอใจที่สุด เช่น การคัดเลือกแบบ Roulette Wheel การคัดเลือกแบบ Ranking การคัดเลือกแบบ Tournament การคัดเลือกแบบ Elitist การคัดเลือกแบบ Steady-state และอื่นๆ มากมายหลายวิธีเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการคัดเลือกโครโมโซมที่ดี

3.2) การข้ามสายพันธุ์ (Crossover) เป็นกระบวนการที่สำคัญ Genetic Algorithm เมื่อเกิดการ Crossover ขึ้นในทางพันธุศาสตร์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตที่หลากหลาย ซึ่งการ Crossover จะต้องอาศัยวิวัฒนาการเป็นเวลานาน จึงสามารถเลือกคำตอบที่เหมาะสมกับความต้องการได้มากที่สุดและขั้นตอนในการ Crossover คือ นำ 2 โครโมโซม (Parent) มาผสมกันเพื่อให้ได้โครโมโซมใหม่ขึ้นมา จากนั้นใช้วิธีการที่ง่ายที่สุด คือ สุ่มตำแหน่ง Crossover และทำการคัดลอกทุกอย่างที่อยู่หน้าตำแหน่ง Crossover ของพ่อและคัดลอกทุกอย่างหลังตำแหน่ง Crossover ของแม่รวมกันจะได้ลูกตัวที่ 1 ออกมา จากนั้นทำการคัดลอกทุกอย่างที่อยู่หน้าตำแหน่ง Crossover ของแม่ และคัดลอกหลังตำแหน่ง Crossover ของพ่อรวมกันจะได้ลูกตัวที่ 2 ออกมา



รูปที่ 2.3 การข้ามสายพันธุ์ [18]

3.3) การกลายพันธุ์ (Mutation) เกิดขึ้นหลังจากการ Crossover เสร็จสิ้นจะทำการสุ่มประชากรเปลี่ยนแปลงผลที่ได้จากการ Crossover หมายความว่า รุ่นลูกที่เกิดจากผสมจากรุ่นพ่อแม่แล้วจึงนำรุ่นลูกมาดำเนินการ Mutation ต่อไป ซึ่งการ Mutation ทางพันธุศาสตร์จะทำให้ได้ลักษณะใหม่ๆ เกิดขึ้น ขั้นตอนในการ Mutation เมื่อได้ตำแหน่ง Mutation แล้วเปลี่ยนแปลงค่า ณ ตำแหน่งที่สุ่มนั้น ในตัวอย่างต่อไปนี้จะดำเนินการ Mutation กับรูปแบบโครโมโซมแบบ Binary จะสุ่มเลือกบิตเพียงเล็กน้อย จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าจาก 1 เป็น 0 หรือจาก 0 เป็น 1

Offspring 1	1101111000011110
Offspring 2	1101100100110110
Mutated Offspring 1	1100111000011110
Mutated Offspring 2	1101101100110110

รูปที่ 2.4 การกลายพันธุ์ [18]

3.4) Parameter เป็นวิธีการที่ใช้ในการสร้างจำนวนโครโมโซมรุ่นถัดไป ถ้ากำหนดให้จำนวนโครโมโซมในแต่ละรุ่นมากจะทำให้ Genetic Algorithm ประมวลผลได้ช้าลง เช่น ขนาดของประชากร Population size ความน่าจะเป็นของ Crossover หรือ Probability Crossover ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ที่ 60% -95% ความน่าจะเป็นของ Mutation หรือ Probability Mutation ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ที่ 0%-1% และจำนวนโครโมโซมที่ใช้ในการสร้างรุ่นถัดไป ถ้ากำหนดให้จำนวนโครโมโซมในแต่ละรุ่นมากจะทำให้ Genetic Algorithm ประมวลผลได้ช้าลง

2.2.3.3 ขั้นตอนการทำงาน Genetic Algorithm

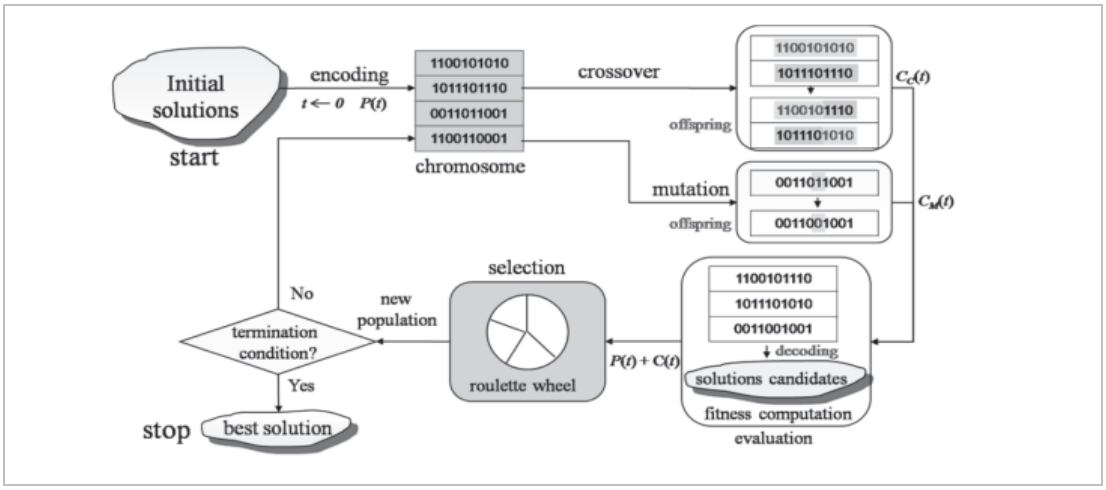
จากองค์ประกอบของ Genetic Algorithm ในหัวข้อที่ 2.2.3.2 นั้นสามารถนำมาอธิบายการทำงานได้ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1: เริ่มทำการค้นหาปัญหาที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 2: ถ้ายังไม่พบคำตอบ แต่ครบจำนวนรอบที่ได้กำหนดไว้ ก็จะหยุดทำการค้นหา

ขั้นตอนที่ 3: ทำการค้นหาจนพบเป้าหมายหรือคำตอบที่ต้องการ ก็จะหยุดทำการค้นหา

ขั้นตอนที่ 4: พบว่าคำตอบที่ได้เริ่มลู่เข้าสู่คำตอบที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุด เช่น คำตอบที่ได้จากประชากรแต่ละรุ่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือคงที่เป็นจำนวนที่ติดต่อกัน



รูปที่ 2.5 โครงสร้างทั่วไปของวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย [19]

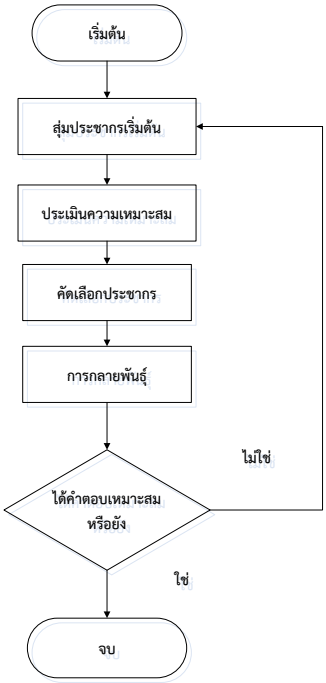
จากรูปที่ 2.5 สามารถอธิบายโครงสร้างทั่วไปของวิธีเชิงพันธุกรรมให้มองเห็นภาพอย่างง่าย แสดงให้เห็นทุกองค์ประกอบและการทำงานในแต่ละขั้นตอน ได้แก่ Chromosome Encoding, Initial Population, Fitness Function, Genetic Operator (Selection, Crossover and Mutation) และ Parameter

วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและให้คำตอบที่ใกล้เคียงค่าคำตอบที่ดีที่สุดในระยะเวลาที่รวดเร็วกว่าวิธีทางตรง เช่น วิธีแตกกิ่งและก้าน (Branch & Bound Method) วิธีการที่อาศัยโปรแกรมแบบจำนวนเต็ม (Integer Programming Methods) เป็นต้น จึงทำให้เป็นวิธีการที่มีความนิยม แต่ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันทำให้สามารถลดเวลาในการดำเนินการตามกระบวนการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมได้เป็นอย่างมากซึ่งสามารถใช้วิธีเชิงวิวัฒนาการไว้ในไมโครซอฟท์เอ็กเซล โซลเวอร์ สามารถเลือกจากตัวเลือกของฟังก์ชันเป็น Evolutionary เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม ซึ่งโปรแกรมนี้ได้พัฒนามาจาก วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) อธิบายได้ดังนี้วิธีเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Algorithm) เป็นการคำนวณเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic Optimization) มีจุดเด่นในด้านความทนทานต่อความผิดพลาดในการค้นหาคำตอบจากแหล่งข้อมูลที่มีความซับซ้อนและยากที่จะสร้างแบบจำลองด้วยสมการคณิตศาสตร์ ที่ทำตามอย่างการวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ อันได้แก่ การสืบพันธุ์ การแลกเปลี่ยนยีนการกลายพันธุ์ และการคัดเลือก ซึ่งขั้นตอนวิธีดังกล่าว สามารถนำไปใช้ได้กับปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดได้อย่างกว้างขวาง โดยขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการเครื่องมือโซลเวอร์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซล จะไม่ใช้การแลกเปลี่ยนยีนจะเหลือขั้นตอนที่สามารถอธิบายได้ ดังต่อไปนี้ [20]

ขั้นตอนที่ 1: ทำการสร้างประชากรกลุ่มแรกขึ้นมาด้วยการสุ่ม นั้นคือการสุ่มเมืองที่สร้างจากเมืองที่ต้องการไปเยี่ยมชม

ขั้นตอนที่ 2: ประเมินความเหมาะสมของแต่ละสมาชิกประชากร จะได้หลายๆ คำตอบออกมา

ขั้นตอนที่ 3: ทำซ้ำดำเนินการกระบวนการต่อไปนี้จนกว่าจะได้จะถึงจุดที่เหมาะสมหรือเข้าเงื่อนไขการหยุด ประกอบด้วยกระบวนการทำงานเริ่มต้นคัดเลือกประชากรขึ้นมาเป็นต้นกำเนิด นั้นคือ การแสดงค่า Population size มีค่าเริ่มต้น 100 ใน Evolutionary function จากนั้นทำการกลายพันธุ์สมาชิกที่เกิดขึ้นจากขั้นที่แล้ว มีค่า Mutation rate เริ่มต้นเป็น 0.075 แล้วประเมินความเหมาะสมของแต่ละสมาชิกประชากรใหม่นั้นคือ การหาค่า Objective function ของแต่ละคำตอบในประชากร ใน Solver parameter คัดเลือกสมาชิกที่จะเป็นประชากรรุ่นถัดไป ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการในไมโครซอฟท์เอ็กเซล โซลเวอร์

วิธีเชิงวิวัฒนาการนั้นมีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Simplex นั้น จะใช้งานได้ง่ายและใช้เวลาไม่นานในการประมวลผลซึ่งเป็นที่นิยมสำหรับปัญหาที่ไม่ได้ต้องการความแม่นยำมากนัก

2.2.4 โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล เครื่องมือโซลเวอร์ [17, 21]

โซลเวอร์เป็นส่วนหนึ่งของชุดคำสั่งในไมโครซอฟท์เอ็กเซล บางครั้งเรียกว่าการวิเคราะห์แบบ What-If ด้วยมือ กับ โซลเวอร์ซึ่งสามารถค้นหาที่ดีที่สุด (สูงสุดหรือต่ำสุด) ค่าความผิดสำหรับสูตร ในเซลล์หนึ่งซึ่งเรียกว่าเซลล์วัตถุประสงค์ซึ่งอยู่ภายใต้ข้อจำกัด หรือขีดจำกัดของตามค่าของเซลล์อื่นสูตรบนเวิร์กชีตได้ โซลเวอร์ทำงานกับกลุ่มของเซลล์ เรียกว่าตัวแปรการตัดสินใจหรือเพียงแค่เซลล์ตัวแปรการ ที่มีส่วนร่วมในการคำนวณสูตรในเซลล์วัตถุประสงค์และข้อจำกัด โซลเวอร์ปรับค่าในเซลล์ตัวแปรการตัดสินใจตรงกับขีดจำกัดในเซลล์ที่มีข้อจำกัด และสร้างผลลัพธ์สำหรับเซลล์วัตถุประสงค์ [21]

วิธีแก้ปัญหาที่ใช้โดย Solver สามารถเลือกอัลกอริธึมหรือวิธีแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่งจากสามวิธีต่อไปนี้ในกล่องโต้ตอบ Solver Parameters [22] คือ

1) Generalized Reduced Gradient (GRG) Nonlinear ใช้สำหรับปัญหาที่มีลักษณะเป็นเชิงเส้นแบบเรียบ
2) LP Simplex ใช้สำหรับปัญหาที่มีลักษณะเป็นเชิงเส้น
3) Evolutionary ใช้สำหรับปัญหาที่มีลักษณะไม่เรียบ

2.2.5 ต้นทุนของการขนส่ง (Cost of Transportation) [23] ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสามารถจำแนกออกเป็นหลายชนิด ตามลักษณะของกิจกรรมที่ เกิดส่งผลให้เกิดต้นทุน ดังนี้

2.2.5.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆตามการผลิต ไม่ว่าจะทำการผลิตหรือไม่ผลิตก็ตาม ต้นทุนนี้จะเกิดขึ้นเป็นจำนวนที่คงที่ ต้นทุนนี้ถึงแม้จะมีการผลิตเป็นจำนวนมากหรือจำนวนน้อยเพียงใด ก็จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในอัตราเท่าเดิมอยู่ตลอดเวลา เช่น ค่าเช่า ที่ดินอาคาร ค่าประกันภัย ค่าทะเบียนยานพาหนะ ค่าเสื่อมราคา เงินเดือนประจำ และค่าใบอนุญาตเช่าสถานที่ เป็นต้น ในบางครั้งต้นทุนชนิดนี้อาจเรียกชื่อได้อย่างอื่นอีก เช่น Constant Cost หรือ Overhead Cost ต้นทุนชนิดนี้แม้จะให้บริการมากน้อยเพียงใดหรือไม่ได้ให้บริการเลย ก็ต้องเสียเป็นจำนวนเท่ากัน เป็นต้น

2.2.5.2 ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการผลิต อาจเรียกชื่อเป็นอย่างอื่นได้อีก คือต้นทุนดำเนินงาน (Operation Cost) ถ้าให้บริการขนส่งมากต้นทุนชนิดนี้ก็มากด้วย ถ้าผลิตบริการขนส่งน้อยต้นทุนนี้ก็น้อย ถ้าไม่ได้ให้บริการเลยก็ไม่ต้องจ่ายต้นทุนนี้เลย ต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าน้ำมันหล่อลื่น และค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เป็นต้น

2.2.5.3 ต้นทุนรวม (Total Cost หรือ Joint Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ โดยรวมเอาต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรมารวมกัน ถือเป็นต้นทุนของการบริการทั้งหมด ในการขนส่งถือว่าเป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสำหรับการขนส่งสินค้า โดยไม่สามารถจะแยกออกได้ว่าต้นทุนของการขนส่งสินค้าหรือบริการแต่ละอย่างแต่ละชนิดนั้นเป็นเท่าใด เช่น การขนส่งทางรถไฟโดยรถขบวนหนึ่งอาจมีทั้งผู้โดยสาร สินค้าและบริการอยู่ในขบวนเดียวกัน ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจะเป็นต้นทุนร่วมกัน เพราะไม่สามารถจะแยกออกได้ว่าเป็นต้นทุนในการขนส่งผู้โดยสาร หรือเป็นต้นทุนสำหรับการขนส่งสินค้าและบริการ เป็นต้น ดังนั้นต้นทุนที่เกิดขึ้นในการขนส่งเที่ยวนั้น ก็ควรจะแบ่งสรรไปยังสินค้าแต่ละชนิดที่ขนส่งในเที่ยวนั้น การที่ต้องแบ่งสรรต้นทุนเช่นนี้ก็จะเป็นประโยชน์แก่ธุรกิจ เพื่อจะได้ทราบว่าสินค้าแต่ละชนิดที่ดำเนินการอยู่นั้นมีต้นทุนและให้กำไรเพียงใด ต้นทุนร่วมที่สามารถแยกแยะได้ชัดเจน เช่น ค่าน้ำมันซึ่งอาจคิดเฉลี่ยค่าน้ำมันแต่ละเที่ยวไปตามน้ำหนักบรรทุกสินค้า เป็นต้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ข้อมูลทั่วไป

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นเพื่อสร้างตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายของบริษัทกรณีศึกษา บริษัทเอเอเอ งานวิจัยนี้จะศึกษาโดยการพิจารณาการจัดการแผนการเดินทางของพนักงานขายเป็นแบบรายเดือน (1 month planning) มีจำนวนพนักงานขาย1 คน และพิจารณาลูกค้าที่ต้องให้บริการในพื้นที่ 4 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดสุราษฎร์ธานีจำนวน 5 ลูกค้า จังหวัดนครศรีธรรมราชจำนวน 4 ลูกค้า จังหวัดกระบี่จำนวน 3 ลูกค้า และจังหวัดสงขลาจำนวน 21 ลูกค้า รวมทั้งสิ้นเป็นจำนวน 33 จุดลูกค้าที่ต้องไปเยี่ยมชม โดยไม่รวมสำนักงานของบริษัทที่เป็นจุดเริ่มต้นและลูกค้ามีจำนวนที่แน่นอน โดยลูกค้าจะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามลำดับความสำคัญตามนโยบายของบริษัท ได้แก่ ชนิด A สำคัญมาก ต้องพบลูกค้าอย่างน้อย 5 ครั้งต่อเดือนชนิดสำคัญปานกลาง B ต้องพบลูกค้าอย่างน้อย 3 ครั้งต่อเดือน และชนิด C มีความสำคัญน้อย ต้องพบลูกค้าอย่างน้อย 1 ครั้งต่อเดือน การจัดลำดับความสำคัญนั้นขึ้นอยู่ชนิดและขนาดของอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้จะไม่พิจารณาน้ำหนักบรรทุกสินค้า เนื่องจากไม่มีการบรรทุกสินค้าไม่พิจารณากรอบเวลาในการเดินทางให้บริการและเวลาให้บริการในแต่ละลูกค้าและมีระยะทางไปกลับในแต่ละคู่ของลูกค้า และระหว่างสำนักงานของบริษัทกับลูกค้ามีค่าเท่ากัน

ปัจจุบันการวางแผนการเดินทางของพนักงานขายพิจารณาโดยการแบ่งโซนตามจังหวัด แบ่งเป็นการเดินทางไปแต่ละจังหวัด ได้แก่ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ และสงขลา โดยใช้สำนักงานของบริษัท จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นจุดศูนย์กลาง โดยการวางแผนการเดินทางจะตั้งเป้าการไปหาลูกค้าชนิด A เป็นอันดับแรก นั้นคือ ทีทีเอ็ม และ ปตท.ขนอม จากนั้นเลือกลูกค้าชนิด B ที่อยู่ในโซนใกล้เคียงกับลูกค้าระดับ A ก่อน แล้วจึงพิจารณาเลือกลูกค้าระดับ C โดยพิจารณาจากแผนที่รวมจากกูเกิ้ลแมพ ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงระยะทางที่สั้นที่สุด

ตารางที่ 3.1 ความถี่ในการเข้าพบลูกค้าในปี พ.ศ.2559

เดือนที่ (2559)	ความถี่ในการเข้าพบลูกค้าแต่ละชนิด					
	ชนิด A		ชนิด B		ชนิด C	
	จำนวน (ครั้ง)	%จำนวนของการเข้าพบทั้งหมดต่อเดือน (%)	จำนวน (ครั้ง)	%จำนวนของการเข้าพบทั้งหมดต่อเดือน (%)	จำนวน (ครั้ง)	%จำนวนของการเข้าพบทั้งหมดต่อเดือน (%)
1	6	50%	4	33%	2	17%
2	6	50%	4	33%	2	17%
3	7	50%	5	36%	2	14%
4	6	50%	4	33%	2	17%
5	6	50%	4	33%	2	17%
6	8	50%	5	31%	3	19%
7	7	50%	5	36%	2	14%
8	8	50%	5	31%	3	19%
9	7	54%	4	31%	2	15%
10	5	50%	3	30%	2	20%
11	7	50%	5	36%	2	14%
12	7	50%	5	36%	2	14%

จากตารางที่ 3.1 แสดงถึงความถี่ในการเข้าพบลูกค้าแต่ละชนิดในปี 2559 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พบว่าเป็นไปตาม Key Improvement Target (KIT) ของบริษัทที่กำหนดให้พบลูกค้าชนิด A B และ C มากกว่าหรือเท่ากับ 50% 30% และ 10% ของการพบลูกค้าทั้งหมดต่อเดือนตามลำดับ

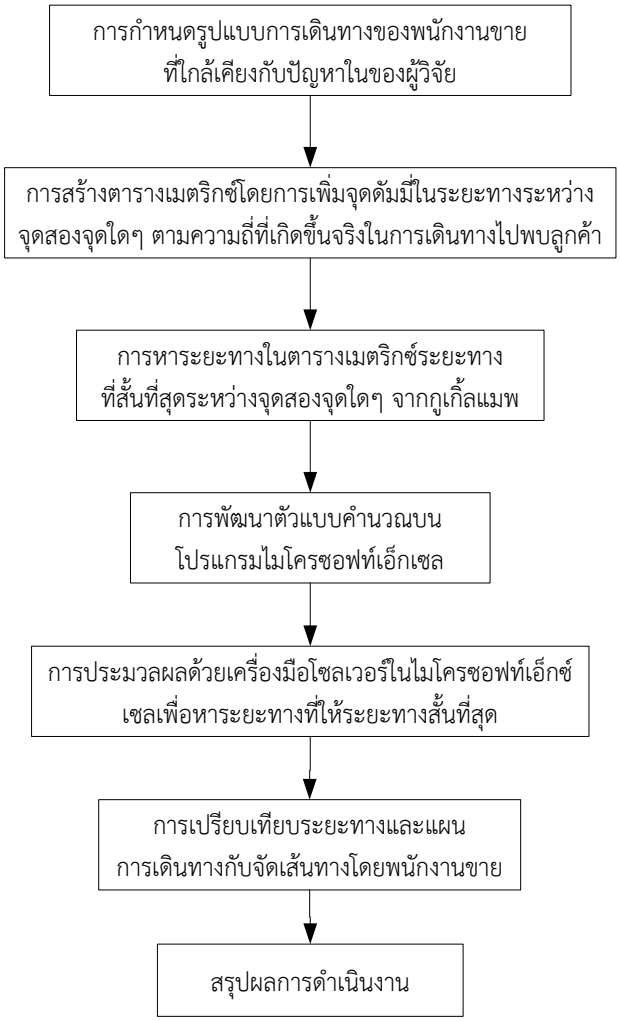
ตัวอย่างการเดินทางในเดือนมกราคม พ.ศ.2559 เลือกเข้าพบลูกค้าชนิด A ก่อนแล้วเลือกลูกค้าชนิด B ซึ่งจากตารางระยะทางของลูกค้าชนิด B อยู่ในโซนใกล้เคียงกับทีทีเอ็ม กล่าวคือระยะทางห่างกันไม่เกิน 40 กิโลเมตร จากนั้นเลือกชนิด C ตามลำดับ

ตารางที่ 3.2 รายชื่อลูกค้าที่ไปพบในแต่ละจุดและสถานที่ตั้ง

ลำดับ	รายชื่อลูกค้า	รหัสลูกค้า	สถานที่ตั้ง (อำเภอ, จังหวัด)	ลำดับ	รายชื่อลูกค้า	รหัสลูกค้า	สถานที่ตั้ง (อำเภอ, จังหวัด)
0	สำนักงานของบริษัท	O1	เมือง, นครศรีฯ	17	สยามไฟเบอร์บอร์ด	C9	หาดใหญ่, สงขลา
1	ทีทีเอ็ม	A1	จะนะ, สงขลา	18	สุราษฎร์ธานีเบเวอเรช	C10	พุนพิน, สุราษฎร์ธานี
2	ปตท.ขนอม	A2	ขนอม, นครศรีฯ	19	นิวไบโอดีเซล	C11	เมือง, สุราษฎร์ธานี
3	โรงไฟฟ้าจะนะ	B1	จะนะ, สงขลา	20	สยามปาล์มออยด์	C12	เมือง, กระบี่
4	โรงไฟฟ้ากระบี่	B2	เหนือคลอง, กระบี่	21	ยูนิวานิชอ่าวลึก	C13	อ่าวลึก, กระบี่
5	โรงไฟฟ้าขนอม	B3	ขนอม, นครศรีฯ	22	คิมเบอร์ลี่ย์-คล๊าค	C14	หาดใหญ่, สงขลา
6	มิชลิน	B4	หาดใหญ่, สงขลา	23	เวิร์คช้อปเชฟรอน	C15	เมือง, สงขลา
7	ปตท.สุราษฎร์ธานี	B5	เมือง, สุราษฎร์ธานี	24	นทีชัย	C16	พุนพิน, สุราษฎร์ธานี
8	ปตท.สงขลา	B6	สิงหนคร, สงขลา	25	พาเนลพลัส	C17	หาดใหญ่, สงขลา
9	เอสซีจีทุ่งสง	C1	ทุ่งสง, นครศรีฯ	26	ไอกะหาดใหญ่	C18	หาดใหญ่, สงขลา
10	ซีพีเอฟบ้านพรุ	C2	หาดใหญ่, สงขลา	27	โรงไฟฟ้าชีวมวลช้างแรก	C19	ทุ่งสง, นครศรีฯ
11	สนามบินหาดใหญ่	C3	หาดใหญ่, สงขลา	28	เอพีเคกรีน	C20	หาดใหญ่, สงขลา
12	โรงไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี	C4	พุนพิน, สุราษฎร์ธานี	29	จิเด็กซ์	C21	หาดใหญ่, สงขลา
13	เขื่อนรัชประภา	C5	บ้านตาขุน, สุราษฎร์ธานี	30	ซีแอลเอส	C22	สิงหนคร, สงขลา
14	เบทาโกรรัตภูมิ	C6	รัตภูมิ, สงขลา	31	เอ็นเนอร์จีดิลลิ่ง	C23	สิงหนคร, สงขลา
15	ซีพ็อก	C7	สิงหนคร, สงขลา	32	เบเกอร์ฮีล	C24	สิงหนคร, สงขลา
16	บริดสโตน	C8	สะเดา, สงขลา	33	คิงส์ฟิสเชอร์	C25	เมือง, สงขลา

3.2 ขั้นตอนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการหาแผนการเดินทางในแต่ละเดือนให้ครอบคลุมตามเงื่อนไขที่กำหนด คือไปพบลูกค้าตามความถี่ที่ขึ้นกับความสำคัญของลูกค้า ให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด เพื่อลดต้นทุนการเดินทางด้านเชื้อเพลิงไม่เกิน 12,000 ต่อเดือน โดยศึกษาหารูปแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายให้ใกล้เคียงกับปัญหาของผู้วิจัย จากนั้นศึกษาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับปัญหาการเดินทาง แล้วแก้ปัญหาด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการที่เป็นฟังก์ชันในเครื่องมือโซลเวอร์ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซลซึ่งจะทำให้ได้แผนการเดินทางของเดินทางที่มีระยะทางที่สั้นที่สุดโดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1: การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลในปี 2559

การศึกษาและการเก็บรวบรวมข้อมูลในปี 2559 ตั้งแต่เดือนมกราคมจนถึงธันวาคม รวมทั้งสิ้น 12 เดือนเพื่อกำหนดรูปแบบปัญหาและนำข้อมูลเหล่านี้ไว้วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน โดยเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

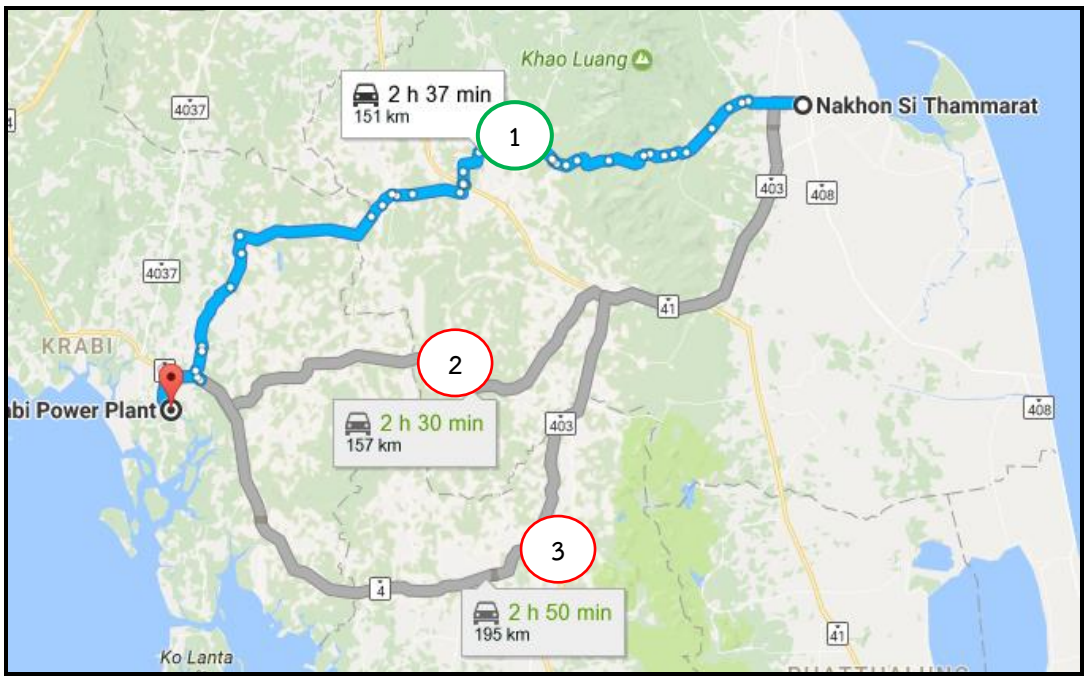
1. ระยะทางการเดินทางในการเดินทางไปพบลูกค้าในแต่ละลูกค้า
2. ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงของบริษัทกรณีศึกษา
3. ความถี่ในการเข้าพบลูกค้าชนิด A ชนิด B และชนิด C

ขั้นตอนที่ 2: การสร้างจุดดัมมี่ในตารางเมตริกซ์ของจุดสองจุดใดๆ

เนื่องจากเงื่อนไขการเดินทางไปพบลูกค้าขึ้นอยู่กับระดับความสำคัญแบ่งเป็นชนิด A B และ C ดังนั้นในชนิด A และ ชนิด B มักมีการเดินทางซ้ำที่เดิมในเดือนนั้นๆ เพื่อให้โปรแกรมไม่กลับมายังเลือกที่จุดเดิม จึงต้องจัดทำระยะทางแบบดัมมี่ เช่น การเดินทางจาก ทีทีเอ็มครั้งที่ 1 ของเดือน ไปยังทีทีเอ็มครั้งที่ 2 ของเดือนจะกำหนดให้โปรแกรมไม่เลือกระยะทางที่สั้นที่สุดซ้ำกัน คือการใส่ตัวเลขให้เป็นค่ามาก โดยใส่ให้ครบทั้ง 12 เดือนในปี 2559

ขั้นตอนที่ 3: การพิจารณาหาระยะทางจากจุด 2 จุดใดๆ ที่ให้ระยะทางที่สั้นที่สุด

การหาระยะทางจากการเดินทางจากจุด 2 จุดใดๆ ที่ทำให้ระยะทางที่สั้นที่สุดโดยใช้กูเกิ้ลแมพ จะปรากฏเส้นทางการเดินทางมากกว่า 1 เส้นทาง ให้ทำการเลือกเส้นทางที่มีระยะทางที่สั้นที่สุด ยกตัวอย่างจากรูปที่ 3.2 เป็นการเดินทางจากสำนักงานของบริษัทไปยังลูกค้าโรงไฟฟ้ากระบี่ กูเกิ้ลแมพจะปรากฏเส้นทางให้เลือกทั้งหมด 3 เส้นทางจากนั้นทำการเลือกเส้นทางที่มีระยะทางที่สั้นที่สุด คือ เส้นทางที่ 1แสดงระยะทางที่151 กิโลเมตรนอกจากนี้ยังพิจารณาความเป็นไปได้ของเส้นทางนั้นด้วยว่าสามารถเดินทางไปได้จริง ไม่มีอุปสรรคขัดขวาง เช่น ไม่เป็นถนนหรือที่ดินส่วนบุคคล เป็นต้นกำหนดให้การเดินทางไปกลับมีระยะทางที่เท่ากัน นั้นคือ การเดินทางจากโรงไฟฟ้ากระบี่ไปยังสำนักงานของบริษัทเป็น 151 กิโลเมตร เช่นกัน



รูปที่ 3.2 การเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดจากกูเกิ้ลแมพ

ขั้นตอนที่ 4: การพัฒนาตัวแบบเพื่อคำนวณในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล

การพัฒนาตัวแบบเพื่อคำนวณในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซลเพื่อให้สามารถโปรแกรมประมวลผลได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่เกิดขึ้นจริงของงานวิจัยนี้

ขั้นตอนที่ 5: การประมวลผลโดยใช้เครื่องมือโซลเวอร์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซล

การนำข้อมูลในขั้นตอนที่ 4 มาหาระยะทางที่สั้นที่สุดทั้ง 12 เดือนประมวลผลโดยไมโครซอฟท์เอ็กเซลเครื่องมือโซลเวอร์ ด้วยฟังก์ชันเชิงวิวัฒนาการผ่านการทดสอบ 5 รอบ เพื่อให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือและสอดคล้องตามทฤษฎี Genetic Algorithm

ขั้นตอนที่ 6: การเปรียบเทียบผลการเดินทางแบบเดิมกับการจัดเส้นทางแบบใหม่

1. เปรียบเทียบผลของระยะทางเป็นกิโลเมตรว่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร แล้วคำนวณออกมาเป็นค่าเชื้อเพลิง พร้อมทั้งวิเคราะห์ผล

2. เปรียบเทียบแผนการเดินทางแบบปัจจุบันและแบบใหม่ที่ใช้ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายมาเข้ามาปรับปรุง พร้อมทั้งวิเคราะห์ผล

ขั้นตอนที่ 7: การสรุปผลการดำเนินงาน

สรุปผลการดำเนินงานว่าปัญหาเป็นอย่างไร ใช้เครื่องมือหรือหลักการอะไรเข้ามาแก้ไขปัญหา และผลที่ได้จากการดำเนินงานวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ อย่างไร การนำไปใช้ประโยชน์สำหรับงานวิจัยนี้ ช่องว่างของงานวิจัย และข้อเสนอแนะให้กับผู้ที่สนใจทำงานวิจัยต่อไปในอนาคต

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การสร้างเมตริกซ์ระหว่างจุดสองจุดใดๆ

4.1.1 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดใดๆ

จากรูปที่ 2.5 ในขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการเครื่องมือโซลเวอร์ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซลจะต้องมีการสร้างกลุ่มประชากรเพื่อใช้ในการสุ่ม โดยปัญหาการเดินทางของพนักงานขายสำหรับงานวิจัยนี้มีลักษณะรูปแบบโครโมโซมเป็นระยะทางแสดงเป็นจำนวนจริงในหน่วยกิโลเมตรมีจุดเพื่อใช้ในการสร้างข้อมูลทั้งหมด 34 จุด (รวมจุดเริ่มต้น) จะมีข้อมูลจำนวนในตารางทั้งสิ้น 33x33 เท่ากับ1,089 ข้อมูลหรือเส้นทาง แต่เนื่องจากกำหนดให้ระยะทางไปกลับเท่ากันมีลักษณะสมมาตร จึงเหลือเส้นทางเป็น n(n-1) เส้นทางจะได้เป็น 33x32 เท่ากับ 1,056 ข้อมูลหรือเส้นทาง สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 และดูตารางที่สมบูรณ์ได้ในตารางภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.1 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดใดๆ (หน่วยเป็นกิโลเมตร)

จาก \ ไป	0	1	2	3	4	5	6	7	8	...	33
0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	210	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	111	320	0	-	-	-	-	-	-	-	-
3	196	23	311	0	-	-	-	-	-	-	-
4	151	312	232	296	0	-	-	-	-	-	-
5	110	317	2	309	230	0	-	-	-	-	-
6	188	64	293	48	258	291	0	-	-	-	-
7	145	353	77	345	173	75	316	0	-	-	-
8	154	56	270	43	269	267	47	302	0	-	-
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	_
33	174	40	289	32	290	287	40	322	21	214	0

4.1.2 เมตริกซ์ระยะทางแบบแต่งเติม

เนื่องจากการเดินทางของพนักงานขายมีความถี่ในการเดินทางเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายบริษัท นั้นคือ เยี่ยมชมชนิด A อย่างน้อย 50% ต่อเดือน เยี่ยมชมชนิด B อย่างน้อย 30% ต่อเดือน และเยี่ยมชมชนิด C อย่างน้อย 10% ต่อเดือนดังนั้นเพื่อให้เกิดการสุ่มประชากรที่สอดคล้องกับปัญหาการเดินทางแบบมีช่วงเวลา โดยการประมวลผลจากเครื่องมือโซลเวอร์ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล จะต้องปรับปรุงเมตริกซ์โดยการแต่งเติมเพิ่มจุดดัมมี่ในกรณีที่มีการเยี่ยมชมที่จุดเดิมเพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดข้างต้นตัวอย่างในเดือนมกราคมดังตารางที่ 4.2 และสามารถดูตารางที่สมบูรณ์ได้ในภาคผนวก ค1

ตารางที่ 4.2 เมตริกซ์ระยะทางแบบแต่งเติมแบบย่อที่ใช้ในการจัดเส้นทางโดยเพิ่มความถี่ในการเดินทางของพนักงานขายของเดือนมกราคม

ไป / จาก	0 (f=1)	A1 (f=1)	A1 (f=2)	A1 (f=3)	A1 (f=4)	A1 (f=5)	A1 (f=6)	A1 (f=1)	...	C20
0 (f=1)	0	210	210	210	210	210	210	196	-	-
A1 (f=1)	210	0	999999	999999	999999	999999	999999	23	-	-
A1 (f=2)	210	999999	0	999999	999999	999999	999999	23	-	-
A1 (f=3)	210	999999	999999	0	999999	999999	999999	23	-	-
A1 (f=4)	210	999999	999999	999999	0	999999	999999	23	-	-
A1 (f=5)	210	999999	999999	999999	999999	0	999999	23	-	-
A1 (f=6)	210	999999	999999	999999	999999	999999	0	23	-	-
B1	196	23	23	23	23	23	23	0	-	-
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	0	-
C20	193	193	193	193	193	60	60	60	...	0

หมายเหตุ f แทนความถี่ในการเดินทางไปพบลูกค้ารายนั้นๆ

จากตารางที่ 4.2 อธิบายได้ว่าการสร้างเมตริกซ์ระยะทางแบบแต่งเติมเพื่อให้สอดคล้องกับการเดินทางแบบมีความถี่เข้ามาเกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น จุดที่ A1 แสดงถึงลูกค้าทีทีเอ็ม มีการเดินทางไปพบมากกว่า 1 ครั้งในเดือนมกราคมแสดงเป็น จุดที่ A1 (f=1), จุดที่ A1 (f=2) และจุดที่ A1 (f=3) สังเกตว่าค่าที่ได้จากจุดสองจุดใดๆ ที่ซ้ำกันนั้นจะได้ค่าเป็น 999999 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในการเลือกค่าในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล เครื่องมือโซลเวอร์นั้นจะกำหนดเป็นระยะทางที่สั้นที่สุดเพื่อสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด ดังนั้นเมื่อโปรแกรมทำการเลือกจะไม่มีทางเลือกตัวเลข 9999999 ซึ่งเป็นค่ามาก โดยมีจุดประสงค์คือต้องการทำให้โปรแกรมไปคิดคำนวณระยะทางระหว่างจุดเดียวกันซึ่งโปรแกรมจะไม่มีทางเลือกค่าดังกล่าวมาคำนวณ ทำให้โปรแกรมคำนวณระยะทางจากจุดที่ไม่ซ้ำกันเท่านั้น

4.2 การกำหนดเงื่อนไขสำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายของบริษัทกรณีศึกษา

จากปัญหาการเดินทางของพนักงานขายของบริษัทกรณีศึกษา สามารถอธิบายเงื่อนไขได้ดังต่อไปนี้

4.2.1 การหาระยะทางที่สั้นที่สุดที่ได้เดินทางในช่วงเวลานั้น คือได้ระยะทางรวมในแต่ละเดือนและรวมกันได้เป็นระยะทางรวมทั้งหมดใน 1 ปี

4.2.2 มีการเดินทางเข้าและเดินทางออกจากจุดที่ไปเยี่ยมชมลูกค้ารายนั้นๆ ในแต่ละเดือน

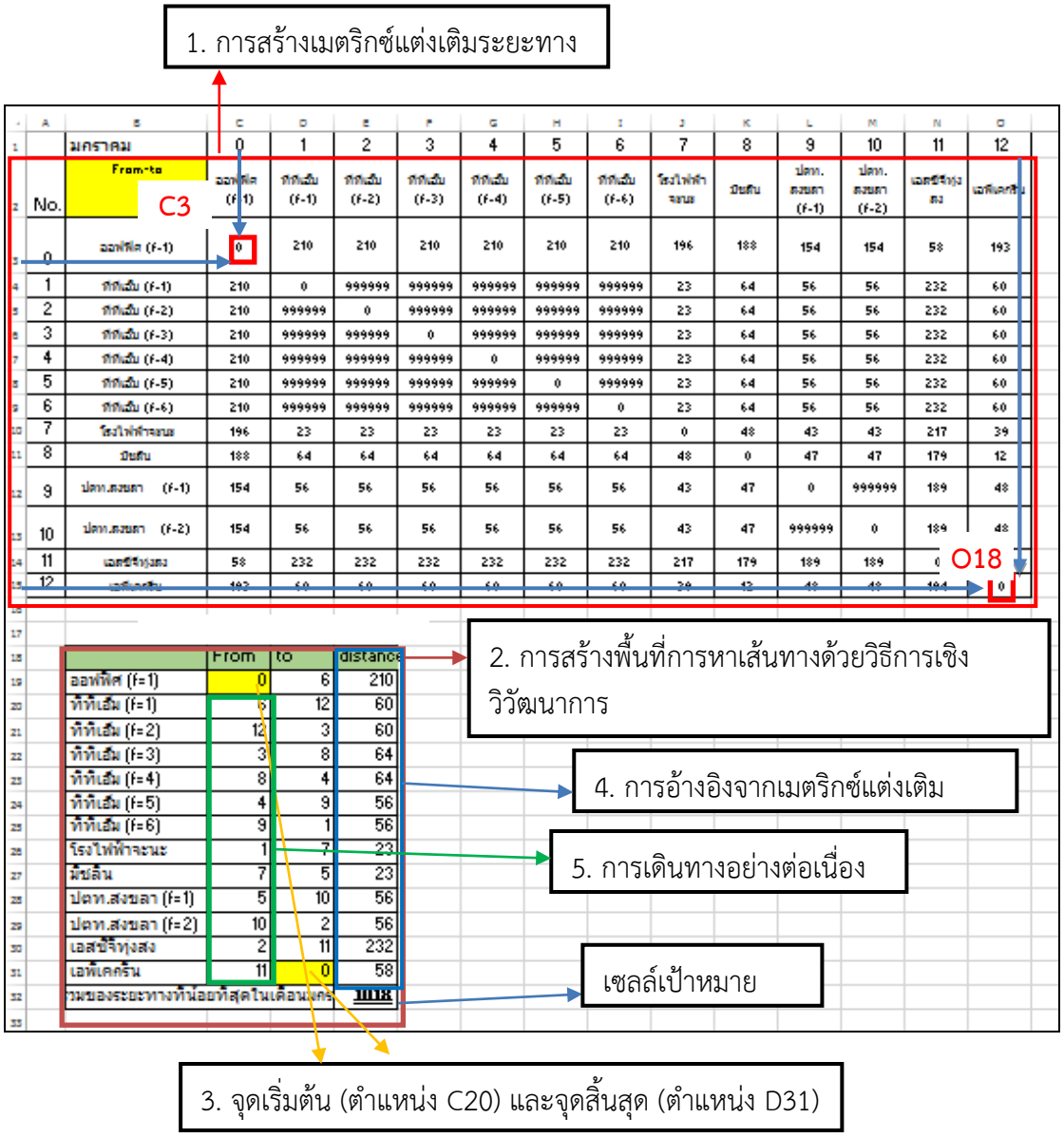
4.2.3 ในการเดินทางไปพบลูกค้าในแต่ละเดือน จะมีความถี่ในการเดินทางเข้ามาเกี่ยวข้องได้แก่ พบลูกค้าชนิด A อย่างน้อย 5 ครั้งต่อเดือน ลูกค้าชนิด B อย่างน้อย 3 ครั้งต่อเดือน และลูกค้าชนิด C อย่างน้อย 1 ครั้งต่อเดือน

4.2.4 แผนการเดินทางจะมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเป็นจุดเดียวกัน ไม่เกิดเป็นเส้นทางย่อยใดๆ

4.2.5 การเดินทางของพนักงานขายจะไม่ไปลูกค้าเดิมในวันถัดไป

4.3 การแปลงตัวแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปเป็นตัวแบบแผ่นคำนวณในไมโครซอฟท์เอ็กเซล

เนื่องจากปัญหาการเดินทางสำหรับงานวิจัยนี้เป็นปัญหาที่ไม่ซับซ้อน ไม่ได้ต้องการคำตอบที่ละเอียดมากและไม่ได้มีขนาดใหญ่ จึงเลือกการแก้ปัญหาการเดินทางโดยใช้โซลเวอร์ด้วยฟังก์ชันวิธีเชิงวิวัฒนาการที่ได้อธิบายให้บทที่ 2 โดยวิธีการนี้สามารถแก้ปัญหาได้เป็นค่าประมาณและได้คำตอบอย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้ดัดแปลงให้เหมาะสมกับปัญหากับตัวแบบแผ่นคำนวณในเอ็กเซล ยกตัวอย่างการหาเส้นทางเดือนมกราคม (t=1) ดังต่อไปนี้



	From	to	distance
ออฟฟิส (f=1)	0	6	210
ทีทีเอ็ม (f=1)	6	12	60
ทีทีเอ็ม (f=2)	12	3	60
ทีทีเอ็ม (f=3)	3	8	64
ทีทีเอ็ม (f=4)	8	4	64
ทีทีเอ็ม (f=5)	4	9	56
ทีทีเอ็ม (f=6)	9	1	56
โรงไฟฟ้าจะนะ	1	7	23
มิชลิน	7	5	23
ปตท.สงขลา (f=1)	5	10	56
ปตท.สงขลา (f=2)	10	2	56
เอสซีจีทุ่งสง	2	11	232
เอฟเคคริน	11	0	58
รวมของระยะทางที่น้อยที่สุดในเดือนมกร			1118

รูปที่ 4.1 ตัวแบบบนแผ่นคำนวณ (Spreadsheet) ของของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล ในเดือนมกราคม

4.3.1 การสร้างตัวแบบบนแผ่นคำนวณ (Spreadsheet) ของโปรแกรไมโครซอฟท์เอ็กเซล จากรูปที่ 4.1 มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1. การสร้างเมตริกซ์แต่งเติมระยะทาง ที่ได้จากตารางที่ 4.2 ส่วนนี้จะเป็นข้อมูลการเดินทางในแต่ละเดือน (t=1,2,...,12) ว่าไปพบลูกค้าที่ใดบ้างและในการเดินทางไปจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งใช้ระยะทางที่สั้นที่สุดเป็นเท่าไร รวมทั้งแต่งเติมให้การเดินทางที่ไป ณ จุดเดียว ให้มีค่าเป็นค่ามาก เพื่อไม่ให้โปรแกรมเลือกค่าซ้ำ

2. การสร้างพื้นที่การหาเส้นทางด้วยวิธีการเชิงวิวัฒนาการ เพื่อเตรียมข้อมูลก่อนประมวลผลเครื่องมือโซลเวอร์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซล ประกอบด้วย คอลัมน์ i เป็นจุด i, j ใดๆ ที่

จะทำการเดินทางไปในเดือนนั้นๆ คอลัมน์ ii เป็นการเดินทางออกไปจากจุด i, j ใดๆ คอลัมน์ iii เป็นจากเดินทางเข้าจากจุด i, j ใดๆ และคอลัมน์ iv. เป็นการหาระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดใดๆ ที่ได้เดินทางจาก i ไป j เช่น การเดินทางจากตำแหน่งที่ 0 (สำนักงานบริษัท) ไปยัง 6 (ทีทีเอ็ม) มีระยะทางที่สั้นที่สุดเป็น 210 กิโลเมตร

3. การตั้งจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดให้เป็นจุดเดียวกันเพื่อเป็นไปตามหลักการปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย โดยมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในการเดินทางแต่ละเดือนเป็นสำนักงานของบริษัท ดังรูปที่ 4.1

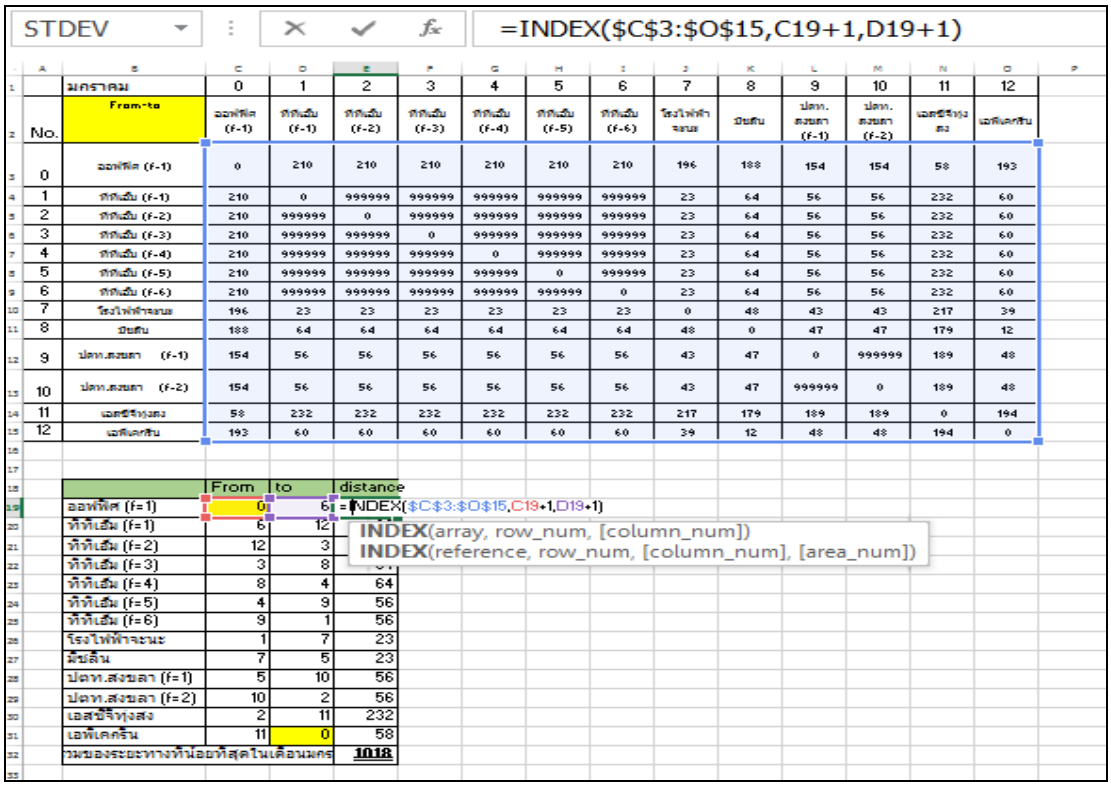
4. การอ้างอิงจากเมตริกซ์แต่งเติม เพื่อนำเมตริกซ์แต่งเติมมาประมวลผลหาระยะทางที่สั้นที่สุดสูตรที่ใช้สำหรับเซลล์ E19=INDEX(array, row_num, [column_num])

- Array จะเป็นช่วงของเซลล์ที่ต้องการในการใช้หาคำตอบจะเป็นจุด C3 จนถึงจุด O15

- Row_num ต้องระบุเลือกแถวในอาร์เรย์ที่จะส่งกลับค่า

- Column_num จะเลือกคอลัมน์นิในอาร์เรย์ที่จะส่งกลับค่า

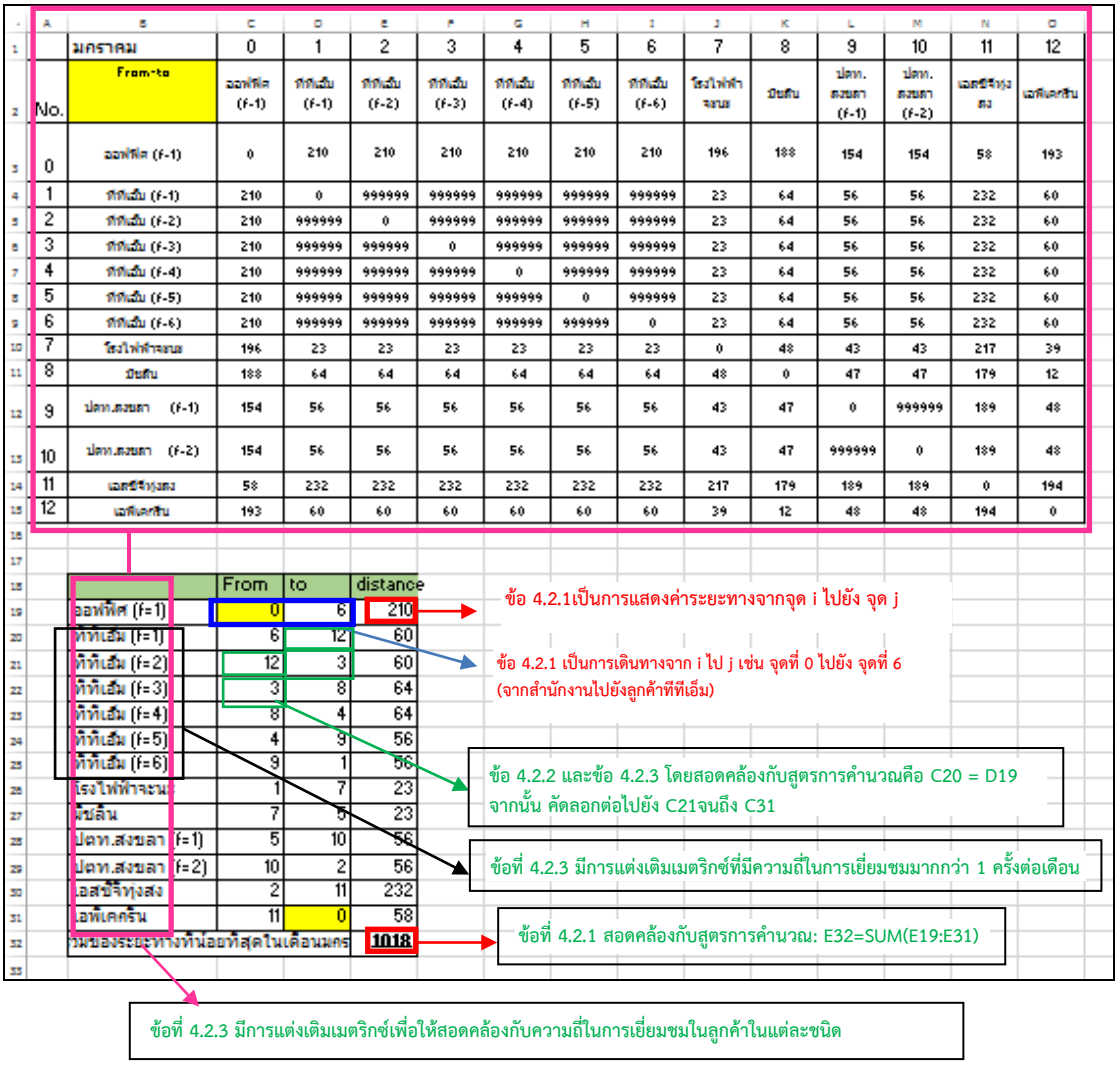
ดังนั้นจะได้เป็น E19 = Index($C$3:$O$15,C19+1,D19+1) = 210 แล้วทำการคัดลอกสูตรต่อไปยังเซลล์ E20 จนถึง E31



รูปที่ 4.2 การอ้างอิงจากเมตริกซ์แต่งเติม เพื่อนำเมตริกซ์แต่งเติมมาประมวลผลหาระยะทางที่สั้นที่สุด

5. การกำหนดให้เกิดการเดินทางไปยังสถานที่ต่อไปอย่างต่อเนื่อง กำหนดให้ C20=D19 และคัดลอกสูตรต่อไปจาก C21 จนถึง C31

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดปัญหาการเดินทางของพนักงานขายกับแผ่นคำนวณในเอ็กเซล



รูปที่ 4.3 ข้อกำหนดปัญหาการเดินทางของพนักงานขายกับตัวแบบแผ่นคำนวณในเอ็กเซลเดือนมกราคม

จากรูปที่ 4.3 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดการเดินทางของพนักงานขายกับแผ่นคำนวณในเอ็กเซล ได้ดังต่อไปนี้

เงื่อนไขที่กำหนดในหัวข้อ 4.2.1 เป็นการแสดงถึงการหาระยะทางที่น้อยที่สุดที่ได้จากการเดินทางในแต่ละเดือนสามารถอธิบายได้ว่าเป็นการแสดงระยะทางรวมทั้งเดือนของเดือนมกราคม โดยจะสอดคล้องกับแผ่นคำนวณในเอ็กเซลสอดคล้องกับสูตรการคำนวณคือ E32 = SUM(E19:E31) นั้นคือทุกการเดินทางจาก i ไป j ที่ซึ่งได้ระยะทางน้อยที่สุด

เงื่อนไขที่กำหนดในหัวข้อ 4.2.2 แสดงให้เห็นว่ามีการเดินทางเข้าจากจุดใดๆ และเดินทางออกจากจุดใดๆ อธิบายได้ว่า มีการเดินทางจาก i ไป j และเดินทางออกจาก j ไปยังจุดอื่น ในแต่ละเดือน สอดคล้องกับแผ่นคำนวณในเอ็กเซล คือ C20=D19, C21=D20, ...,C31=D30 นั้นคือทำให้มีการเดินทางเข้าจาก i ไป j และออกจาก j ไป i ทุกการเดินทางจะมีการเข้าและออก นั้นคือ จะถูกบังคับเพื่อป้องกันเส้นทางย่อยที่จะเกิดขึ้น

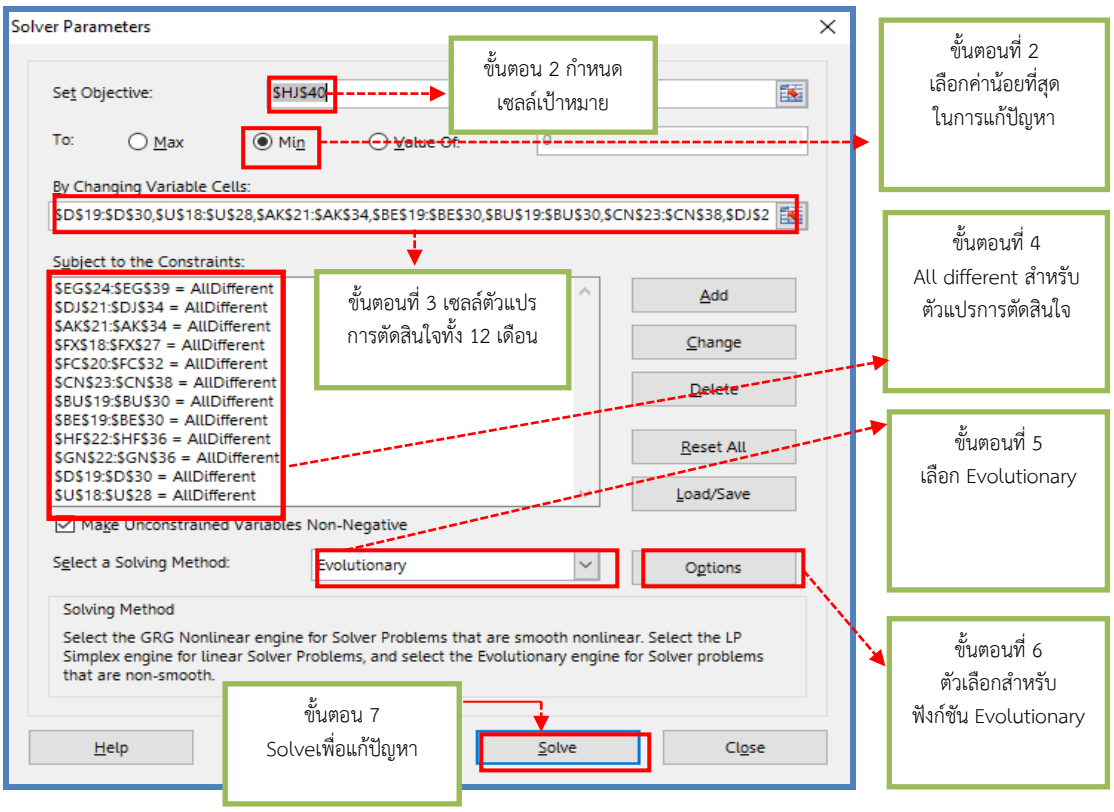
เงื่อนไขที่กำหนดในหัวข้อ 4.2.3 เป็นการแสดงถึงการเยี่ยมชมลูกค้าในช่วงเวลาที่กำหนดเป็นรายเดือนที่มีความถี่เข้ามาเกี่ยวข้องในแผนการเดินทางในช่วงเวลาแบบต่อเดือนดังแสดงในเมตริกซ์ระยะทางตั้งแต่แถวที่ 4 จนถึงแถวที่ 9 ในแผ่นการคำนวณของไมโครซอฟท์เอ็กเซล ยกตัวอย่างจากรูปที่ 4.3 ความถี่ในการเข้าพบลูกค้าในปี 2559 เดือนมกราคมไปเยี่ยมชมลูกค้าชนิด A คิดเป็น 50% นั้นคือ เยี่ยมชมบริษัททีทีเอ็ม 6 ครั้งใน 12 ครั้งของการเยี่ยมชมลูกค้าทั้งหมดของเดือนมกราคม มีความสัมพันธ์กับแผ่นคำนวณในเอ็กเซลคือ การเพิ่มจุดดัมมี่ให้กับลูกค้าที่มีความถี่ดังกล่าวจนครบเพื่อให้แผนการเดินทางยังคงมีความถี่การเยี่ยมชมตามนโยบายบริษัทที่กำหนด จากนั้นทำการคัดลอกมาใส่ในตารางด้านล่างเพื่อสร้างพื้นที่ในการเตรียมการประมวลผลโดยเครื่องมือโซลเวอร์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซล

4.4 การหาคำตอบของตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายด้วยไมโครซอฟท์เอ็กเซลโซลเวอร์

จากหัวข้อ 4.2 เมื่อได้เมตริกซ์ระยะทางแบบแต่งเติมของระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ สามารถดูตารางที่สมบูรณ์ได้จากภาคผนวก ค จากนั้นจะทำการแก้ตัวแบบปัญหาโดยใช้ไมโครซอฟท์เอ็กเซล โซลเวอร์ อธิบายได้ดังต่อไปนี้

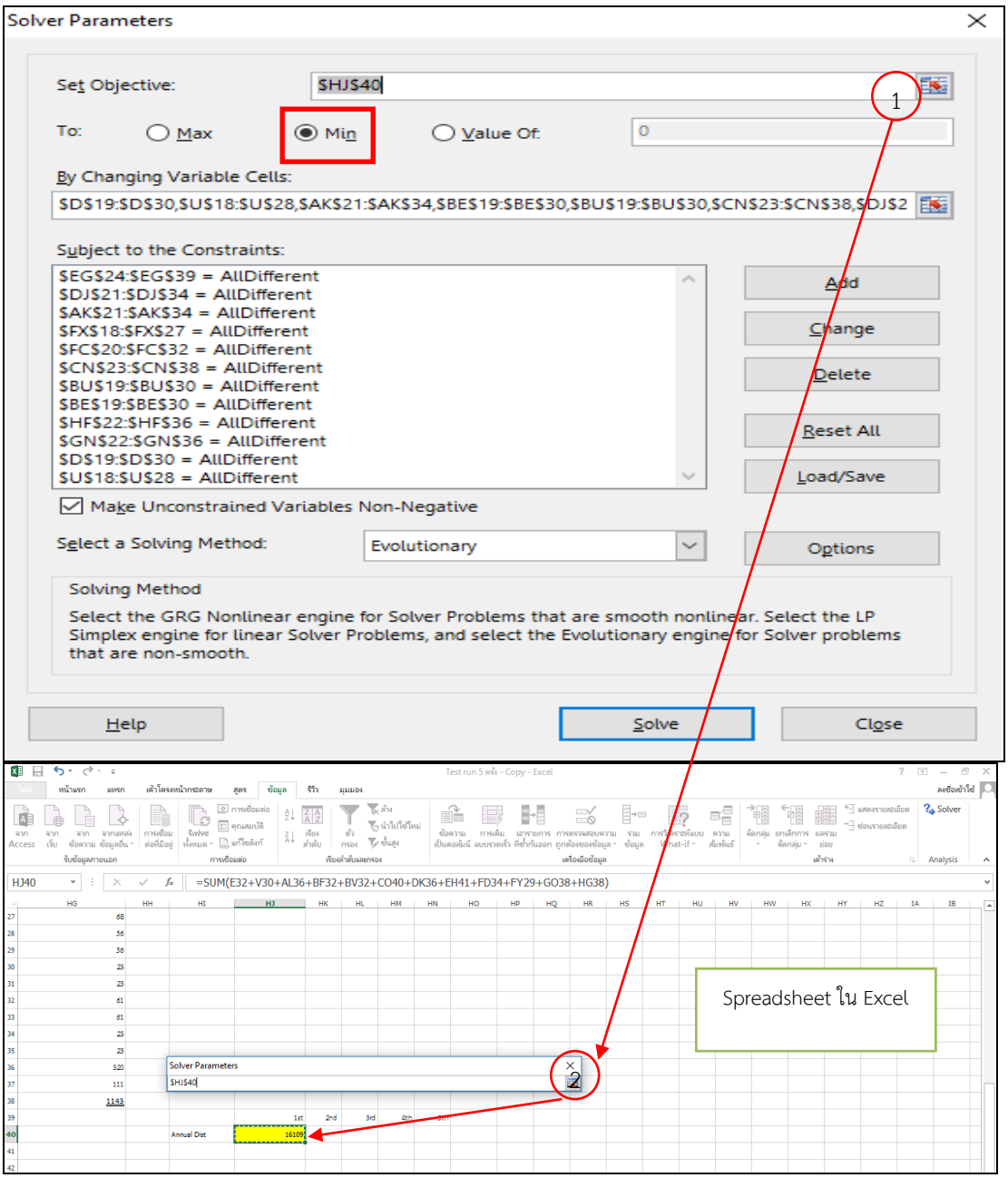
ขั้นตอนที่ 1 เลือกใช้เครื่องมือโซลเวอร์ โดยไปที่หน้าต่างข้อมูล (Data) แล้วเลือกเครื่องมือโซลเวอร์ ซึ่งอยู่ด้านขวาสุด ดังรูปที่ 4.4 และจะปรากฏหน้าต่างพารามิเตอร์ของไมโครซอฟท์เอ็กเซล โซลเวอร์ดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.4 การเข้าสู่เครื่องโซลเวอร์จากโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล



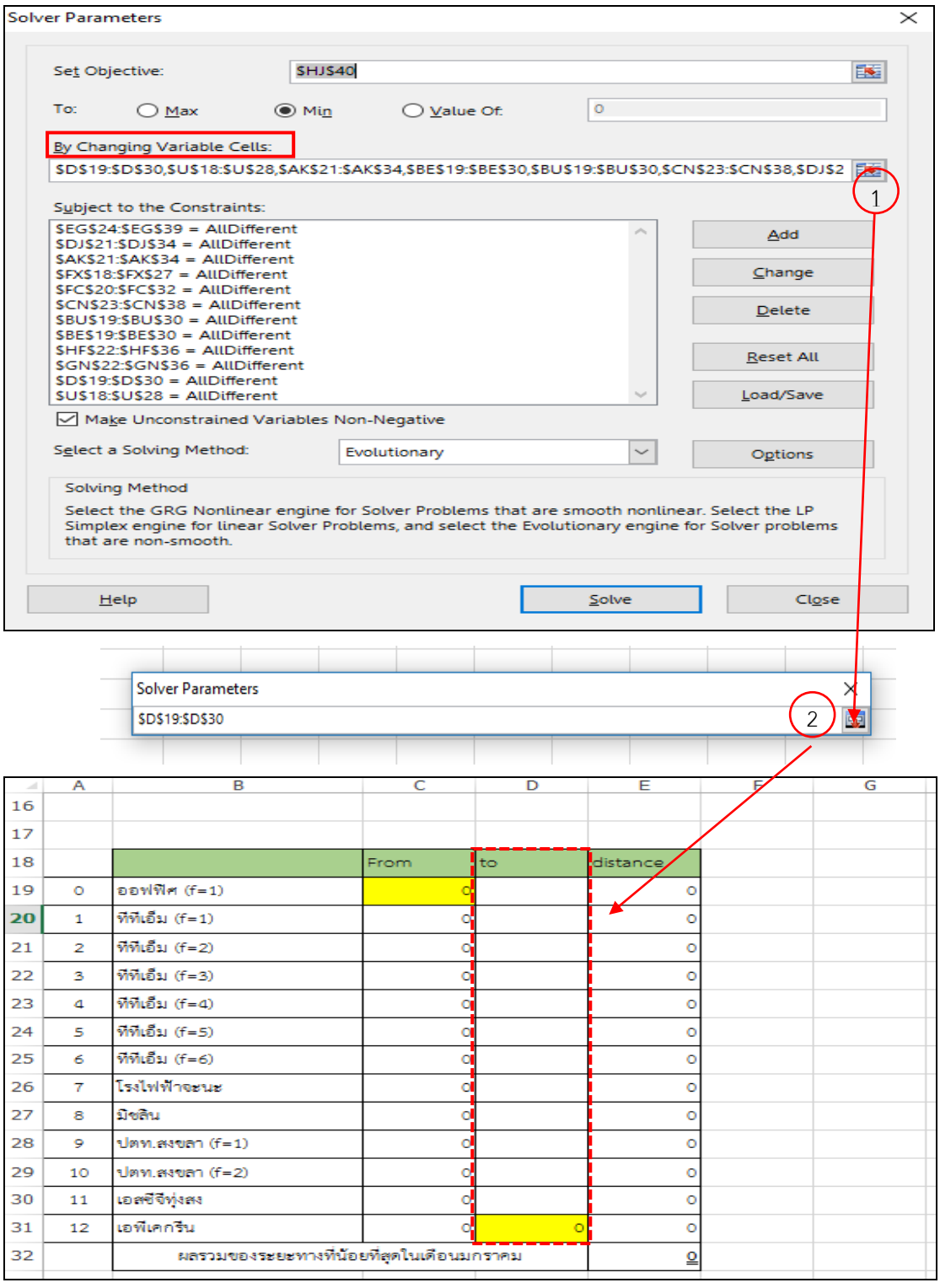
รูปที่ 4.5 หน้าต่างพารามิเตอร์ของไมโครซอฟท์เอ็กเซล โซลเวอร์

ขั้นตอนที่ 2 ตั้งสมการเป้าหมายและเลือกเซลล์ให้สอดคล้องกับปัญหากำหนดเซลล์เป้าหมายที่ต้องการเพื่อหาระยะทางรวมที่ นั้นคือ “$HJ$40” ดังรูปที่ 4.6 จากนั้นในช่อง “To”ให้เลือกเป็น “Min” เพื่อให้ได้ค่าน้อย ดังนั้นจะได้สมการเป้าหมาย คือ การแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายให้หาคำตอบระยะทางรวมที่มีค่าสั้นที่สุด



รูปที่ 4.6 การกำหนดสมการเป้าหมาย

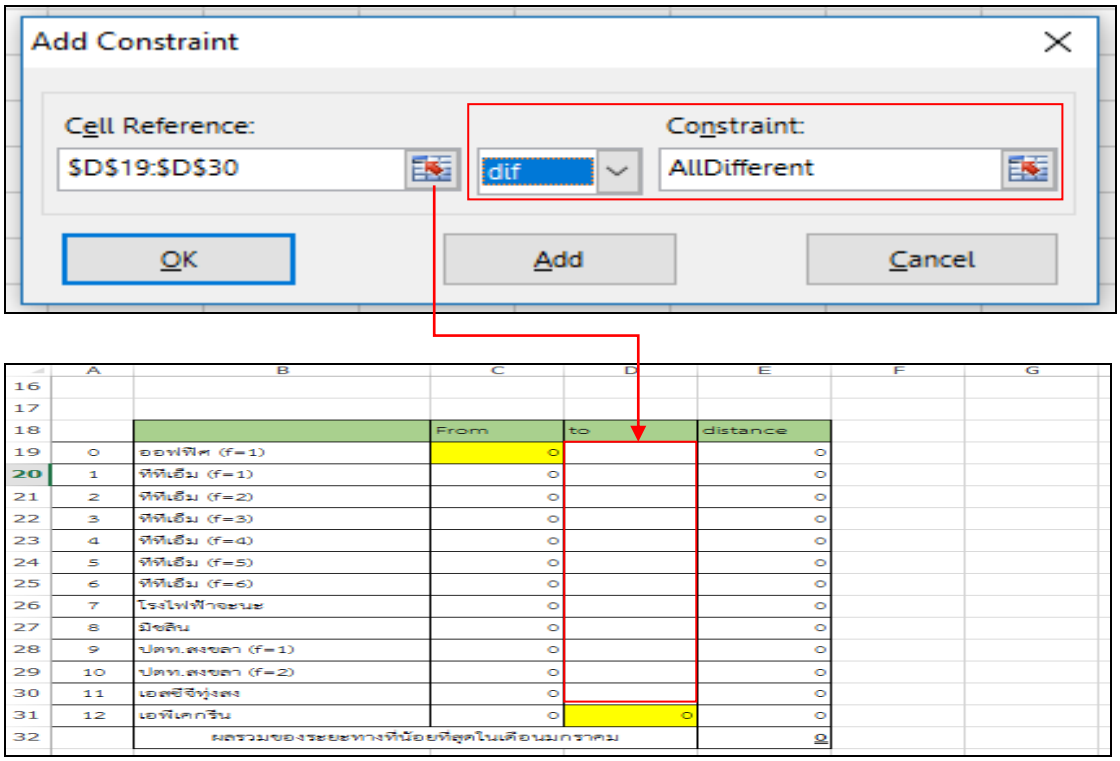
ขั้นตอนที่ 3 การเลือกเซลล์ตัวแปรตัดสินใจ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประมวลผลระยะทางที่สั้นที่สุดและจัดเส้นทางจากหัวข้อ “By Changing Variable Cells”กดและเลือกเซลที่ต้องการจัดเส้นทางซึ่งเป็นตัวแปรในการตัดสินใจ ตัวอย่างในเดือนมกราคมจะได้“$D$19:$D$30” ทำการเลือกจนครบทั้ง 12 เดือน (t=1,2,...,12) ดังรูปที่ 4.7



	A	B	C	D	E	F	G
16							
17							
18			From	to	distance		
19	0	ออฟฟิศ (f=1)	0		0		
20	1	ทีทีเอ็ม (f=1)	0		0		
21	2	ทีทีเอ็ม (f=2)	0		0		
22	3	ทีทีเอ็ม (f=3)	0		0		
23	4	ทีทีเอ็ม (f=4)	0		0		
24	5	ทีทีเอ็ม (f=5)	0		0		
25	6	ทีทีเอ็ม (f=6)	0		0		
26	7	โรงไฟฟ้าจะนะ	0		0		
27	8	มิชลิน	0		0		
28	9	ปตท.สงขลา (f=1)	0		0		
29	10	ปตท.สงขลา (f=2)	0		0		
30	11	เอสซีจีทุ่งสง	0		0		
31	12	เอพีเคกรีน	0	0	0		
32		ผลรวมของระยะทางที่น้อยที่สุดในเดือนมกราคม			0		

รูปที่ 4.7 การเลือกเซลล์ตัวแปรตัดสินใจ

ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดสมการข้อจำกัดสำหรับตัวแบบคำนวณเลือกหัวข้อ “Subject to the Constraint” ซึ่งเป็นสมการข้อจำกัดเพื่อให้ได้คำตอบตามข้อกำหนด สำหรับปัญหาการเดินทางนั้นจะต้องไม่มีทัวร์ย่อยโดยสามารถเลือกปุ่ม “Add” ยกตัวอย่างในเดือนมกราคมจะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 4.8 กำหนดค่าในแต่ละช่อง ประกอบด้วย “Cell Reference” เลือกเซลล์อ้างอิงที่ต้องการให้เส้นทางให้การจัดมีความแตกต่างกัน โดยสามารถเลือกเซลล์ตัวแปรตัดสินใจ “$D$19:$D$30” จากนั้นเลือก “dif” หมายถึง ให้ทุกเซลล์ที่ต้องการประมวลผลมีความแตกต่างกันจะทำให้ช่อง “Constraints” ปรากฏเป็น “All Different” โดยอัตโนมัติฟังก์ชันนี้จะประมวลผลไม่ให้เกิดการเดินทางซ้ำกับเส้นทางเดิม ซึ่งจะสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดในข้อ 4.2.5 คือ การเดินทางของพนักงานขายจะไม่ไปลูกค้าเดิมในวันถัดไปจากนั้นกดปุ่ม OK แล้วกด “Add” จนกระทั่งครบทั้ง 12 เดือน

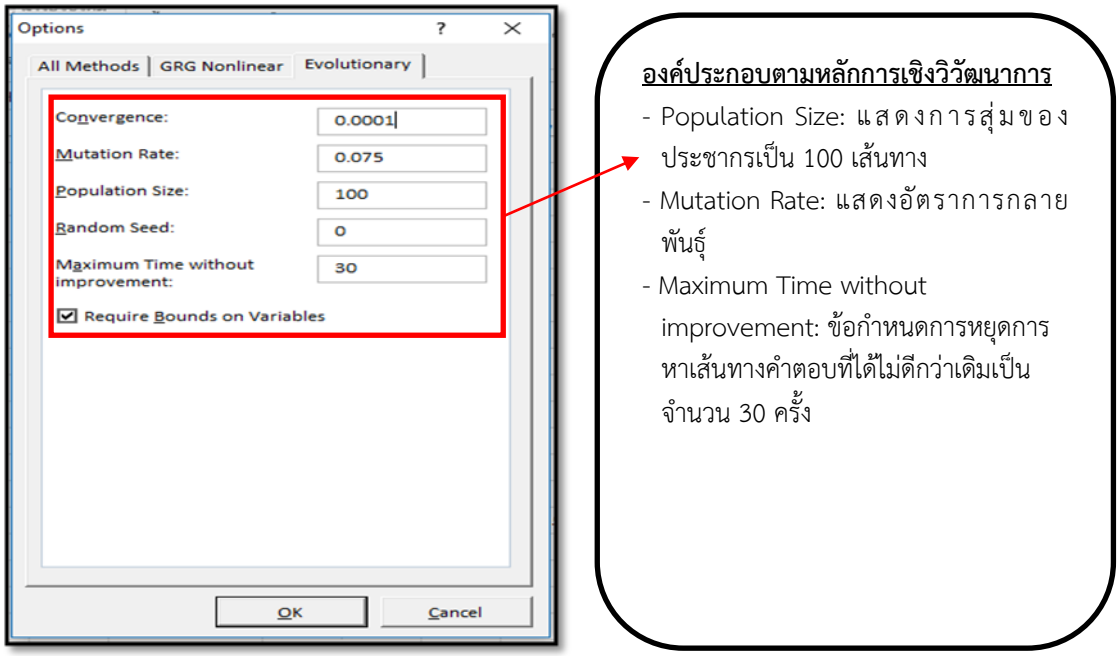


	A	B	C	D	E	F	G
16							
17							
18			From	to	distance		
19	0	ออฟฟิศ (f=1)	0		0		
20	1	ทีทีเอ็ม (f=1)	0		0		
21	2	ทีทีเอ็ม (f=2)	0		0		
22	3	ทีทีเอ็ม (f=3)	0		0		
23	4	ทีทีเอ็ม (f=4)	0		0		
24	5	ทีทีเอ็ม (f=5)	0		0		
25	6	ทีทีเอ็ม (f=6)	0		0		
26	7	โรงไฟฟ้าจะนะ	0		0		
27	8	มิชลิน	0		0		
28	9	ปตท.สงขลา (f=1)	0		0		
29	10	ปตท.สงขลา (f=2)	0		0		
30	11	เอสซีจีหุ่งสง	0		0		
31	12	เอฟเคเคริน	0	0	0		
32		ผลรวมของระยะทางที่น้อยที่สุดในเดือนมกราคม			0		

รูปที่ 4.8 การเพิ่มข้อจำกัดเพื่อแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายให้ทุกเส้นทางแตกต่างกัน

ขั้นตอน 5 การเลือกวิธีการแก้ปัญหาโดยเลือกฟังก์ชัน “Evolutionary” ซึ่งเป็นการหาค่าคำตอบโดยประมาณตามหลักการ Genetic Algorithm ที่ได้อธิบายในหัวข้อ 2.2 ให้เกิดการสุ่มประชากร การกลายพันธุ์ และประเมินความเหมาะสมของแต่ละสมาชิกประชากรใหม่

ขั้นตอน 6 การเลือกกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวิธี Evolutionary ให้ไปที่ “option” ในหน้าหลักของเครื่องมือโซลเวอร์ แล้วเลือก “Evolutionary” โดยในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ค่า “default” ของเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ตัวเลือกสำหรับฟังก์ชัน Evolutionary

ขั้นตอน 7 กดปุ่ม “Solve” เพื่อให้โปรแกรมหาคำตอบให้มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุด

4.5 การทดลองเพื่อหาระยะทางและแผนการเดินทางที่ให้ระยะทางของบริษัทกรณีศึกษาด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการ

การทดสอบผลโดยไมโครซอฟท์เอ็กเซลโซลเวอร์ ใช้ค่ามาตรฐาน (Default) เป็นค่าในการทดสอบ โดยในแต่ละรอบจะทำการเปลี่ยนค่าต้นกำเนิดการสุ่ม (Random Seed) เพื่อป้องกันวนซ้ำของชุดเลขสุ่มที่ใช้ในการคำนวณ โดยได้ระยะทางรวมที่สั้นที่สุดในแต่ละรอบการหาคำตอบแสดงดังตารางที่ 4.3

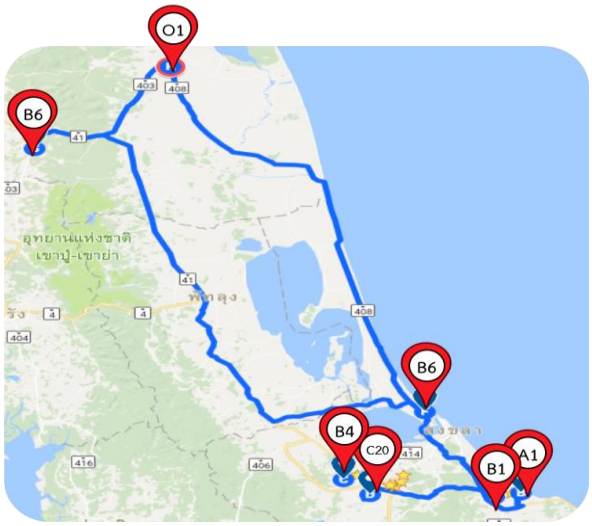
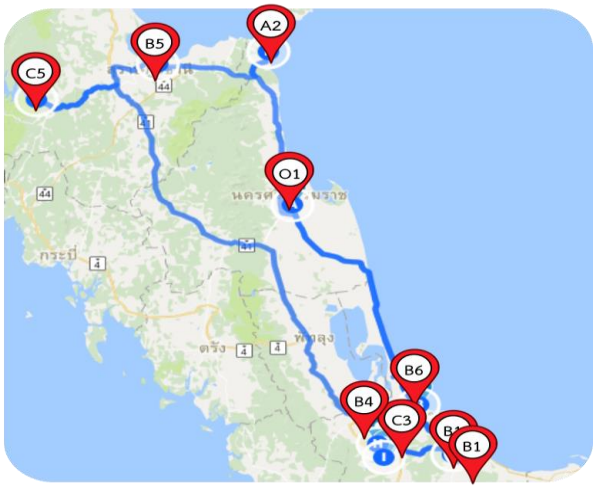
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการหาระยะทางที่สั้นที่สุดโดยใช้เครื่องมือโซลเวอร์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซล

การทดสอบ	**ระยะทาง (กิโลเมตร)**
ครั้งที่ 1	16,109
ครั้งที่ 2	16,360
ครั้งที่ 3	16,568
ครั้งที่ 4	16,187
ครั้งที่ 5	16,212
ค่าที่น้อยที่สุด	**16,109**

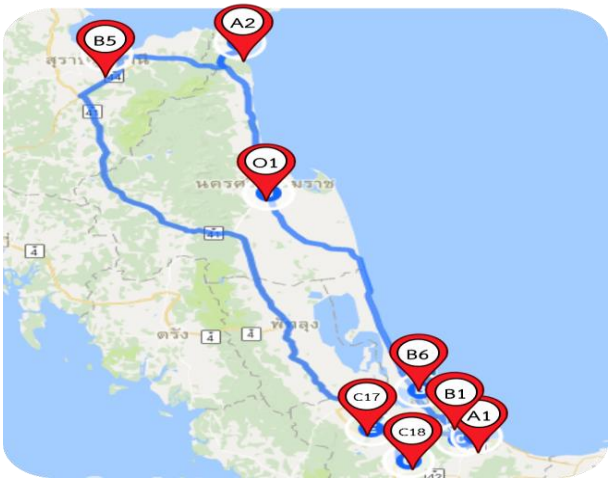
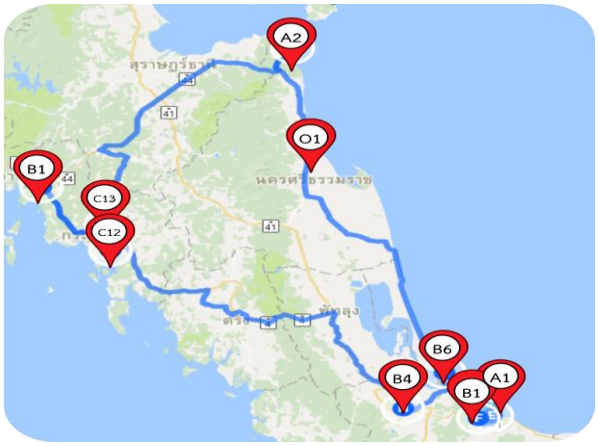
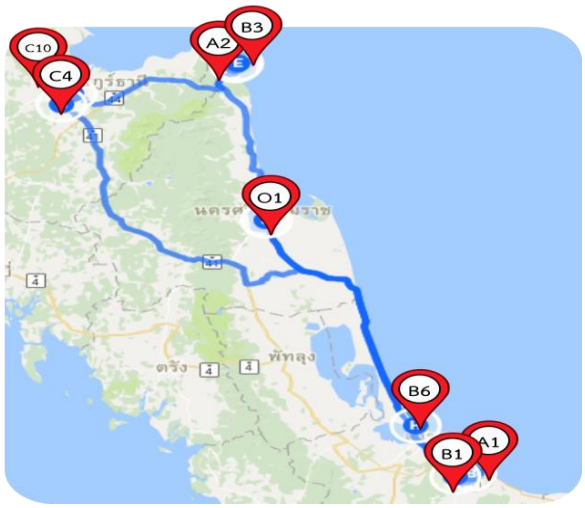
จากตารางที่ 4.3 หาระยะทางที่สั้นที่สุดคำนวณโดยใช้เครื่องมือโซลเวอร์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซล เนื่องจากเลือกใช้วิธีเชิงวิวัฒนาการซึ่งจะให้ค่าคำตอบเป็นค่าประมาณ จึงทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง พบว่าได้คำตอบค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยจะเลือกคำตอบครั้งที่ให้ค่าระยะทางน้อยที่สุดมาเป็นคำตอบ นั่นคือ เลือกค่าที่ได้ระยะทางรวมที่สั้นที่สุด เนื่องจากปัญหาของงานวิจัยนี้ได้กำหนดเป้าหมายเป็นการหาระยะทางที่สั้นที่สุด ทำการเลือกค่าที่ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด ซึ่งค่าที่ได้น้อยที่สุดเป็น 16,109 กิโลเมตร โดยระยะทางที่ลดลงเกิดจากลำดับในการจัดเส้นทาง การเลือกเส้นทางที่ให้ระยะทางที่สั้นที่สุด และการลดเส้นทางย่อยในการเดินทาง

สำหรับการเปรียบเทียบแผนการเดินทางประจำเดือนที่ได้ระหว่างวิธีเดิมและวิธีเชิงวิวัฒนาการที่นำเสนอ แสดงดังตารางที่ 4.4

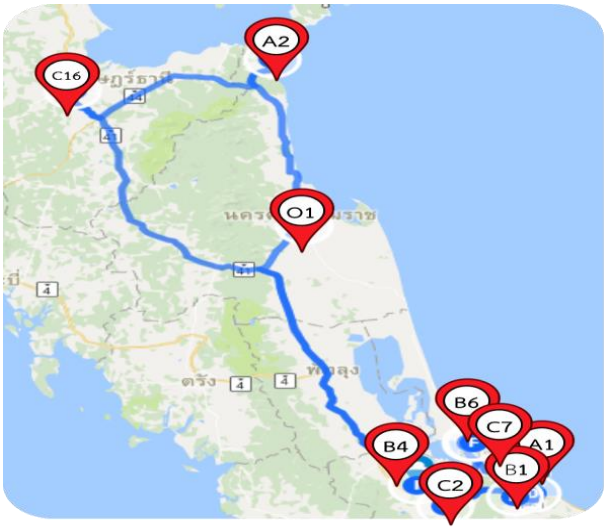
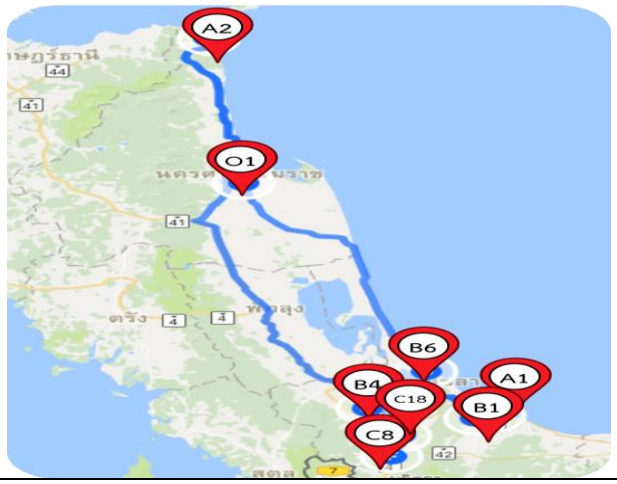
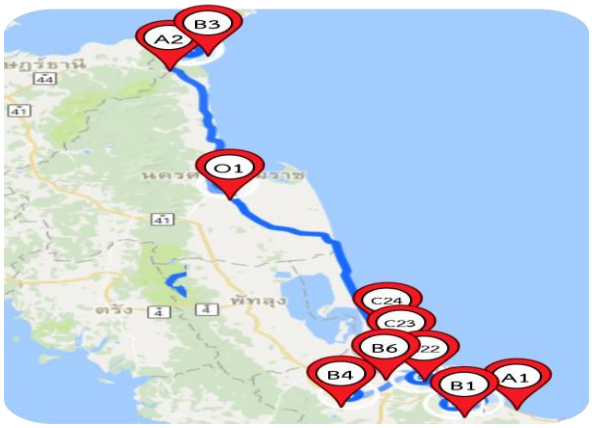
ตารางที่ 4.4 แผนการเดินทางประจำเดือนที่ได้ระหว่างวิธีเดิมและวิธีเชิงวิวัฒนาการที่นำเสนอ

เดือนที่	แผนผังการเดินทางและตำแหน่งลูกค้า	ลำดับเส้นทาง
1		แผนการเดินทางโดยพนักงานขาย: O1 → A1 → B4 → C20 →O1 → A1→ A1 → B1 → A1→ O1→ B6→ A1 → O1 → C1 → A1→ B6 → O1 แบบวิธีเชิงวิวัฒนาการ: O1 → A1 → C20 → A1 → B4 → A1→ B6→ A1 → B1→ B6 → A1 → C1 → → O1
2		โดยพนักงานขาย (ปีพ.ศ.2559) O1 → B6 → B1 → O1 →C5 → B5 → A2 → O1 → A1→ A1→ A2→ O1 → B4 → C3 → A1→ A1 → O1 แบบวิธีเชิงวิวัฒนาการ O1 → A2 → B5 → C5 →A1 → B1 → B4 → A1 → A2→ A1→ B6→A1 → O1

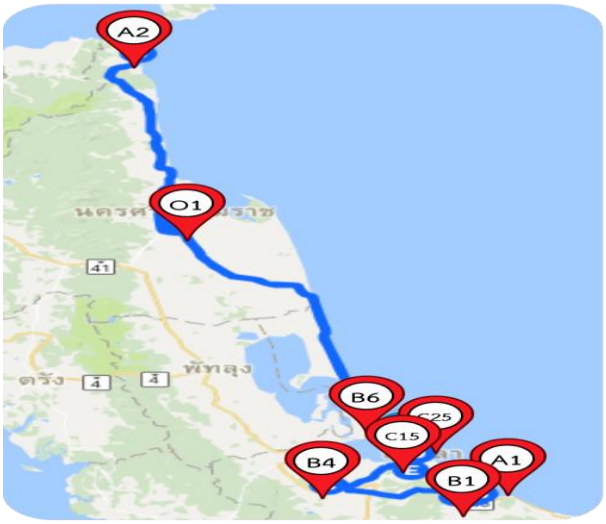
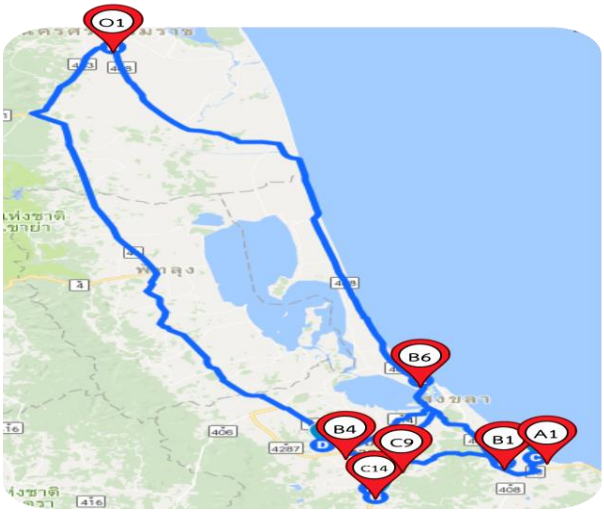
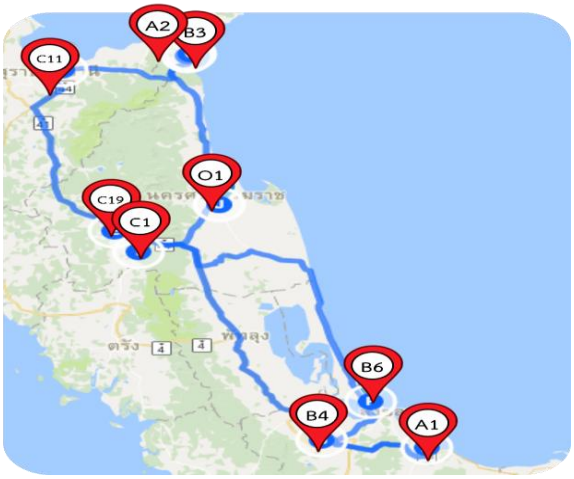
ตาราง 4.4 (ต่อ)

เดือนที่	แผนผังการเดินทางและตำแหน่งลูกค้า	ลำดับเส้นทาง
3		โดยพนักงานขาย (ปีพ.ศ.2559) O1 → B6 → B1 → A1 →O1 → B4 → A1 → A1 → A1→ C17→ C18→ A1 → B5 → A2 → O1→ A1 → B4 → O1 แบบวิธีเชิงวิวัฒนาการ O1 → B5 → A2 → A1 →B6 → A1 → B4 → A1 → B4→ B1→ C17→ C18 → A1 → O1
4		โดยพนักงานขาย (ปีพ.ศ.2559) O1 → B2 → C13 → C12 →A2 →O1 → A1 → B1 → B6→ A1→ O1→ B4 → A1 → A1→ A1 → O1 แบบวิธีเชิงวิวัฒนาการ O1 → A1 → B4 → A1 →B2 → C12 → C13 → A2 → A1→ B6→ A1→ B1 → A1 → O1
5		โดยพนักงานขาย (ปีพ.ศ.2559) O1 → A1 → A1 → A1 → B1 → A1 → O1 → B3 → A2→ C4→ C10→ O1 → B1 → A1→ O1 → B6 → O1 แบบวิธีเชิงวิวัฒนาการ O1 → A1 → B3 → A2 → C4 → C10 → A1 → B1 → A1→ B1→ A1→ B6 → A1 → O1

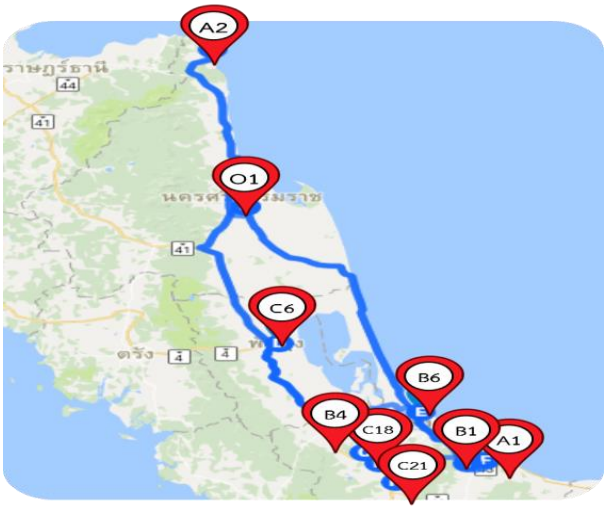
ตาราง 4.4 (ต่อ)

เดือนที่	แผนผังการเดินทางและตำแหน่งลูกค้า	ลำดับเส้นทาง
6		โดยพนักงานขาย (ปีพ.ศ.2559) O1 → A2 → A2 → C16 → O1 → A1 → A1 → B6 → C7→ O1→ C10→ B1→ B4 → A1 → O1 → A2 → B6 → B1 → A1 → A1 → O1 แบบวิธีเชิงวิวัฒนาการ O1 → A2 → A1 → B1 → A1 → B1 → A1 → C7 → B6→ A1→ C2→ B4→ A1 → B6 → A2 → C16 → A2 → O1
7		โดยพนักงานขาย (ปีพ.ศ.2559) O1 → A1 → A1 → B1 → B6 → O1 → B1 → A1 → B6→ A1→ C18→ C8→ B4 → O1 → A2 → O1 → A1 → A1 → O1 แบบวิธีเชิงวิวัฒนาการ O1 → A1 → B6 → A1 →B3 → A1 → B4 → C18 → C8→ A1→ B1→ A1→ B6 → A1 → A2 → O1
8		โดยพนักงานขาย (ปีพ.ศ.2559) O1 → A1 → B6 → B1 → A1 → A1 → O1 → A2 → B3→ C24→ C22→C23→ A1 → O1 → B4 → B1 → A1 → A1 → A1 → O1 แบบวิธีเชิงวิวัฒนาการ O1 → A2 → B3 → A1 →B6 → A1 → B4 → A1 → C24→ A1→ B1→ A1→ C23 → A1 → B1 → A1 → C22 → O1

ตาราง 4.4 (ต่อ)

เดือนที่	แผนผังการเดินทางและตำแหน่งลูกค้า	ลำดับเส้นทาง
9		โดยพนักงานขาย (ปีพ.ศ.2559) O1 → A1 → B4 → O1 → A1 → A1 → A1 → A1→ C25→ C15→ O1→ B6 → B4 → O1 → A2 → O1 → B1 → A1 → O1 แบบวิธีเชิงวิวัฒนาการ O1 → B6 → A1 → C25 → A1 → B4 → A1 → B4→ A1→ B1→ A1 → C15 → A1 → A2 → O1
10		โดยพนักงานขาย (ปีพ.ศ.2559) O1 → B1 → A1 → A1 → O1 → B4 → B6 → A1→ A1→ O1→ A1→ C9 → C14 → O1 แบบวิธีเชิงวิวัฒนาการ O1 → A1 → B6 → A1 → C9 → C14 → A1 → B4 → A1→ B1→ A1→ O1
11		โดยพนักงานขาย (ปีพ.ศ.2559) O1 → B3 → A2 → C11 →C19→ O1 → B6 → B4→ O1→ A1→ B6→ C1 → O1 → A1 → A1 → A1 → O1 แบบวิธีเชิงวิวัฒนาการ O1 → A1 → B6 → A1 →C1→ C19 → C11 → B3→ A2→ A1→ B4→ A1 → B6 → A1 → B6 → A1 → O1

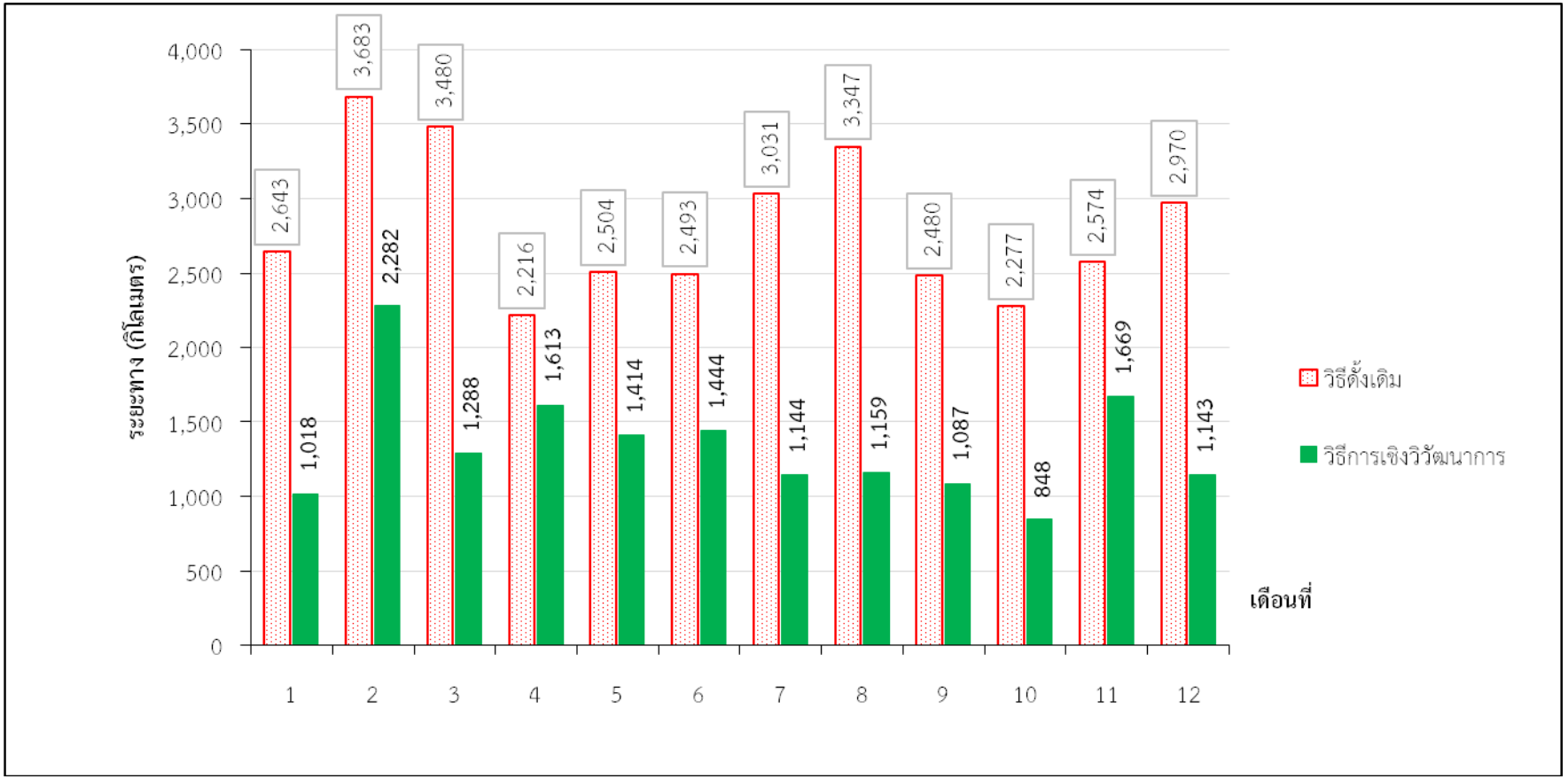
ตาราง 4.4 (ต่อ)

เดือนที่	แผนผังการเดินทางและตำแหน่งลูกค้า	ลำดับเส้นทาง
12		โดยพนักงานขาย (ปีพ.ศ.2559) O1 → C21 → B4 → C6 →O1 → B6 → A1→ B4→ O1→ A2 → A1 → A1→ O1 → A1 → B1 → C18 → O1→ B1 → A1 → A1 → O1 แบบวิธีเชิงวิวัฒนาการ O1 → A1 → B4 → C6 →B4 → C21 → A1→ B6 → A1→ B1→ A1 → C18 → A1→ B1 → A1 → A2 → O1

จากตารางที่ 4.4 พบว่าแผนการเดินทางแบบวิธีเชิงวิวัฒนาการมีความแตกต่างไปจากแผนการเดินทางโดยพนักงานงาน นั่นคือ จะสามารถกำจัดทัวร์ย่อยและการเดินทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ ให้ระยะทางที่สั้นที่สุด จึงทำให้การจัดเส้นทางแบบวิธีเชิงวิวัฒนาการสามารถให้ระยะทางที่ลดลงกว่าการจัดเส้นทางโดยพนักงานขาย

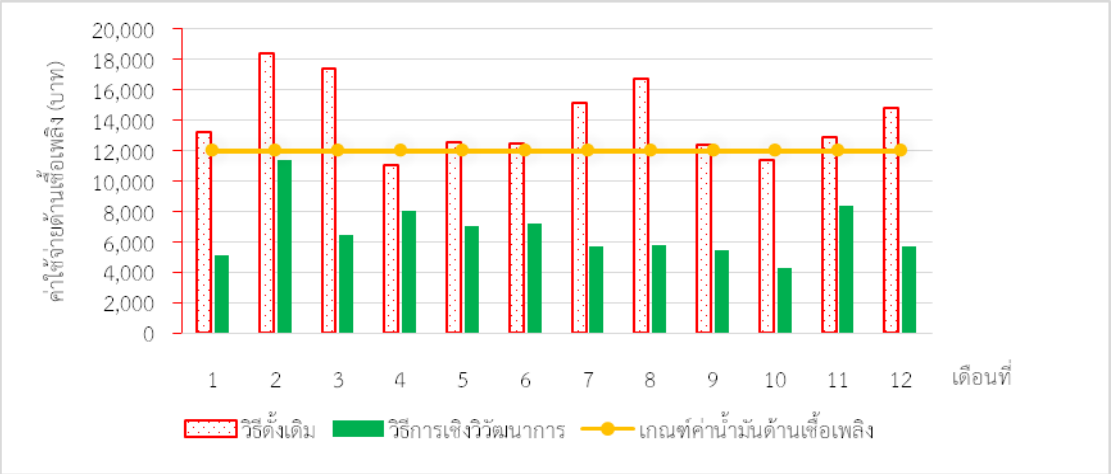
4.6 การเปรียบเทียบระยะทางรวมในระหว่างวิธีการเดิมและวิธีการที่นำเสนอ

จากการทดลองที่ได้ทดสอบในหัวข้อ 4.4 ด้วยการจัดเส้นทางโดยวิธีการชิงวิวัฒนาการ เพื่อให้เห็นความแตกต่างกับแผนการเดินทางเดิม จึงทำการเปรียบเทียบระยะทางรวมในแต่ละเดือนระหว่างวิธีการเดิมและวิธีการทำนำเสนอ แสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบระยะทางแผนการเดินทางแบบเดิมและแผนการจัดเส้นทางแบบใหม่ด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการ

จากรูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบระยะทางที่ได้จากแผนการเดินทางแบบเดิมและแผนการจัดเส้นทางแบบใหม่ด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการ พบว่าวิธีเชิงวิวัฒนาการให้ระยะทางรวมในแต่ละเดือนมีค่าน้อยกว่าในทุกเดือน และระยะทางรวมต่อปีลดลงเป็น 17,589 กิโลเมตรต่อปี จากแผนการเดินทางเดิม 33,698 กิโลเมตรต่อปี และแผนการเดินทางใหม่เป็น 16,109 กิโลเมตรต่อปีโดยระยะทางที่ลดลงนั้นเกิดจากการให้เดินทางจากจุดสองจุดใดๆ มีระยะทางที่สั้นที่สุด การจัดลำดับเส้นทาง และการกำจัดเส้นทางย่อย ซึ่งเมื่อนำระยะทางรวมต่อปีที่ลดลงไปคำนวณเป็นค่าน้ำมัน พบว่า มีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงคิดเป็น 87,945 บาทต่อปี เมื่อคิดจากอัตราค่าน้ำมัน 5 บาทต่อกิโลเมตรโดยการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงในระหว่างวิธีการเดิมและวิธีการที่นำเสนอ แสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงในระหว่างวิธีการเดิมและวิธีการที่นำเสนอ

จากรูปที่ 4.11 พบว่าค่าน้ำมันด้านเชื้อเพลิงต่ำกว่าเกณฑ์ที่บริษัทกำหนด คือ 12,000 บาทต่อเดือน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้สำหรับงานวิจัยนี้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่องการจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการลูกค้าของตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ทางวิศวกรรมในภาคใต้ของประเทศไทย กรณีศึกษา บริษัท เอเอเอ สามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่พิจารณาเงื่อนไขที่เกิดขึ้นจริงกับการทำงานในปัจจุบันโดยมีการพิจารณาการจัดการของพนักงานขาย 1 คน ลูกค้าที่ต้องให้บริการในพื้นที่ 4 จังหวัด ประกอบด้วย สุราษฎร์ธานี กระบี่ สงขลา และนครศรีธรรมราช รวมทั้งสิ้น 33 จุด ไม่รวมสำนักงานของบริษัทซึ่งตั้งอยู่ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นจุดเริ่มต้นในการเดินทางเพื่อไปพบลูกค้าแต่ละรายในพื้นที่ต่างๆ ไม่สนใจเรื่องน้ำหนักบรรทุก และงานวิจัยนี้ไม่สนใจการแวะพักค้าง และเนื่องจากนโยบายของบริษัทให้เข้าพบลูกค้าตามความสำคัญแบ่งเป็นชนิด A B และ C เป็นอย่างน้อย 50% 30% และ 10% ตามลำดับ

เนื่องจากไม่ได้เป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และต้องการคำตอบที่ไม่ได้มีความละเอียดมาก ผู้วิจัยเลือกวิธีแก้ปัญหาการเดินทางแบบประมาณค่าวิธีเชิงวิวัฒนาการจากเครื่องมือโซลเวอร์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซล นอกจากนี้วิธีการดังกล่าวยังสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว ใช้งานอย่างแพร่หลาย ผู้วิจัยได้ดัดแปลงสมการทางคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย แล้วพิสูจน์ให้เห็นว่าสอดคล้องกับพารามิเตอร์ในเครื่องมือโซลเวอร์ และสร้างแผ่นคำนวณในเอ็กเซล เพื่อให้ป้อนข้อมูลให้เครื่องมือโซลเวอร์ประมวลผล เนื่องจากเป็นการหาค่าโดยการประมาณจึงทำการประเมินผล 5 รอบ พบว่าได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน และเลือกค่าที่น้อยที่สุดตามข้อกำหนดของปัญหาคือหาระยะทางที่สั้นที่สุด ได้ระยะทางรวมทั้งปีเป็น 16,109 กิโลเมตรต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางเดิม 33,698 กิโลเมตรต่อปี นั้นคือลดลง 17,589 กิโลเมตรต่อปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง 87,945 บาทต่อปี และมีค่าน้ำมันต่อเดือนหลังจากการใช้วิธีเชิงวิวัฒนาการ ทำให้มีค่าลดลงอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐาน 12,000 บาทต่อเดือน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดให้ปรับปรุงเส้นทางในการให้บริการลูกค้าของพนักงานขาย เพื่อให้มีระยะทางที่สั้นที่สุด ตามเงื่อนไขที่กำหนด และลดค่าใช้จ่ายด้านค่าน้ำมันเชื้อเพลิงของบริษัทกรณีศึกษา

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่องการศึกษาการจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการลูกค้าของตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ทางวิศวกรรมในภาคใต้ของประเทศไทย กรณีศึกษา บริษัท เอเอเอ พบว่ามีข้อจำกัดบางประการ ซึ่งสามารถสรุปเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงงานวิจัยในอนาคตดังต่อไปนี้

5.2.1 ด้านการพักค้างแรม ควรพิจารณาโรงแรมรอบๆ หรือ โรงแรมที่พักเป็นประจำ

5.2.2 ด้านน้ำหนัก ในกรณีที่บริษัทนั้นๆมีน้ำหนักบรรทุกเข้ามาเกี่ยวข้อง

5.2.3 ด้านเวลาในการทำงาน พิจารณาเฉพาะชั่วโมงการทำงานตามสถานการณ์จริง

5.2.4 ด้านความเร็วในการขับรถ พิจารณาความเร็วในขับรถ

5.2.5 ด้านการเปลี่ยนแปลงลูกค้าในแต่ละปี

5.2.6 การเลือกใช้วิธีการเขียนโปรแกรม เช่น MATLAB หรือ มาโคร เพื่อสามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

5.2.7 จำนวนพนักงานขายที่อาจจะเพิ่มขึ้นในอนาคต

บรรณานุกรม

[1] ธนาคารแห่งประเทศไทย, “ภาวะเศรษฐกิจไทย 2558,” กรุงเทพมหานคร, 2558.

[2] The Perfect Seal&. services, “PSS Corporation,” The perfect seal & services Co.,Ltd., [Online]. Available: http://www.pss.co.th/. [ที่เข้าถึง 18 April 2016].

[3] A. Hamzadayi, “ Nested simulated annealing approach to periodic routing problem,” *Computers & Operations Research,*Vol.140, pp. 2893-2905, 2013.

[4] พัชรลักษณ์ รักธรรมจิรสุข, “การศึกษารูปแบบการจัดเส้นทางเพื่อทำการวางแผนการเดินทางของพนักงานขาย,” *การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติครั้งที่ 7,*หน้า 185-192, 2557.

[5] Wanatchapong Kongkaew และ Juta Pichitlamken, “ A Survey of Approximate Methods for the Traveling Salesman Problem,” *วิศวกรรมสาร มก.,*เล่มที่ 89, ฉบับที่ 127, หน้า 79-87, 2557.

[6] เสกสรรค์ วินยางค์กูล, “การประยุกต์ตัวแบบปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน กรณีศึกษาการจัดเส้นทางรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย,” *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง,*เล่มที่ 7, ฉบับที่ 12, หน้า 85-97, 2557.

[7] ศุภสิริ เต็งศุภกล, “การใช้อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบหลายคลังสินค้า,” ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[8] G. Paletta, “ The period traveling salesman problem: A new heuristic algorithm,” *Computers&Operations Research,*Vol. 29, pp. 1343-1352, 2002.

[9] G. PalettaandC. Triki, “ Solving the Asymmetric Traveling Salesman Problem with Periodic Constraints,” *NETWORKS,*pp. 31-37, 2004.

[10] นคร ไชยวงศ์ศักดา, “การจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอลิทึมและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม,” *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน,* เล่มที่ 3, ฉบับที่ 11, หน้า 51-60, 2558.

[11] ณัฐณิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล, อินทุอร ศรีสว่าง และ วนัฐณพงษ์ คงแก้ว, “การประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอย กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่,” *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน,*เล่มที่ 4, ฉบับที่ 12, หน้า 18-31, 2559.

[12] วรินทร์ เกียรตินุกูล, “มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร,” 2014 MAHANAKORN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY., [ออนไลน์]. Available: http://www.mut.ac.th/uploaded/%20Salesman%20กับการลดต้นทุนโลจิสติกส์.pdf. [ที่เข้าถึง 30 ธันวาคม 2559].

บรรณานุกรม (ต่อ)

[13] ระพีพันธ์ ปิตาคะโส, วิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างสำหรับแก้ปัญหาการขนส่งโลจิสติกส์, อุบลราชธานี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2559.

[14] อภิรักษ์ ขัดวิลาศ, “การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด,” *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร,*เล่มที่ 12, หน้า 154-163, 2554.

[15] ระพีพันธ์ ปิตาคะโส, วิธีการเมตาฮิวริสติกเพื่อแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์, กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2554.

[16] G. Dantzig , R. Fulkerson and S. Johnson, "Solution of a large-scale traveling-salesman problem," *Operation Research,* vol. 11, no. 6, pp. 972-989, 1954.

[17] D. Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimisation and Machine Learning, Massachusetts: Addison-Wesley, 1989.

[18] นุจรีย์ วิชัยวงษ์และคณะ, “Genetic Algorithm,” กรุงเทพมหานคร, 2551.

[19] M. Gen, R. Cheng และ L. Lin, Network Models and Optimization, Springer: Verlag London Limited, 2008.

[20] A. Eiben และ. J. Smith, Introduction to Evolutionary Computing, Springer, 2003.

[21] C. Ragsdale, Spreadsheet Modeling and Decision Analysis: A Practical Introduction to Business Analytics, 7thEd., Connecticut: Cengage Learning, 2015, pp. 402-411.

[22] “Microsoft office,” May 2017. [ออนไลน์]. Available: https://support.office.com. [ที่เข้าถึง 20 เมษายน 2559]

[23] บุศรินทร์ ศรีสตรียานนท และ มณิสรา บารมีชัย, “สำนักโลจิสติกส์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่,” [ออนไลน์]. Available: http://logistics.go.th/attachments/article/885/Content_32.pdf. [ที่เข้าถึง 31 ธันวาคม 2559].

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบฟอร์มการวางแผนการเดินทางไปแต่ละสัปดาห์

ตารางภาคผนวก ก.1 แบบฟอร์มการวางแผนการเดินทางไปแต่ละสัปดาห์

สัปดาห์ที่	วันที่	บริษัท	ชื่อ / ผู้ติดต่อ	หัวเรื่อง	ข้อเสนอแนะ
1	จันทร์				
	อังคาร				
	พุธ				
	พฤหัสบดี				
	ศุกร์				
2	จันทร์				
	อังคาร				
	พุธ				
	พฤหัสบดี				
	ศุกร์				
3	จันทร์				
	อังคาร				
	พุธ				
	พฤหัสบดี				
	ศุกร์				
4	จันทร์				
	อังคาร				
	พุธ				
	พฤหัสบดี				
	ศุกร์				

ภาคผนวก ข

เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่ง

ตารางภาคผนวก ข.1 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่ง

จาก / ไป	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	210	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	111	320	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	196	23	311	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	151	312	232	296	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	110	317	2	309	230	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	188	64	293	48	258	291	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	145	353	77	345	173	75	316	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	154	56	270	43	269	267	47	302	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	58	232	163	217	100	161	179	151	189	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	205	55	310	39	276	308	26	332	45	200	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	198	60	303	44	269	301	13	325	47	194	16	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	169	360	98	343	163	97	306	38	316	143	320	314	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	230	415	165	390	148	163	352	89	362	181	366	360	62	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	176	70	281	54	246	279	15	303	49	171	31	25	292	339	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	155	51	286	42	271	268	47	303	2	197	45	46	317	364	51	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	232	73	337	66	303	335	46	359	81	228	30	39	348	396	67	81	0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	210	60	315	44	281	313	30	337	50	205	7	19	326	373	45	50	19	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	163	360	107	332	151	105	294	40	304	205	309	303	13	60	278	306	330	314	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	143	368	75	343	172	73	315	6	297	152	329	323	23	87	299	299	350	334	38	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	138	320	175	306	25	206	268	151	240	103	283	239	108	126	214	278	303	288	132	150	0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	189	363	186	348	66	184	311	129	335	148	326	319	119	87	294	304	347	331	104	128	64	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	219	70	324	53	289	322	40	346	59	214	16	25	335	382	54	59	14	12	325	345	295	339	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	174	32	289	24	282	282	33	323	21	201	29	34	334	381	52	21	50	34	324	321	293	338	37	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	171	356	115	340	159	105	302	38	312	140	317	311	11	58	286	314	338	322	9	36	138	114	325	324	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	211	61	316	45	282	314	32	338	51	206	8	20	327	374	46	51	18	2	318	337	288	331	5	35	325	0	-	-	-	-	-	-	-	-
26	216	61	316	45	283	314	32	338	51	206	8	20	327	374	46	51	18	2	318	337	288	331	5	35	325	0	0	-	-	-	-	-	-	-
27	70	245	165	230	95	163	192	130	202	30	207	201	119	166	176	203	228	212	110	128	83	129	215	214	117	211	211	0	-	-	-	-	-	-
28	193	60	304	39	264	297	12	326	48	194	16	2	315	362	34	47	33	20	306	325	276	319	22	33	313	20	20	198	0	-	-	-	-	-
29	196	68	302	42	267	300	14	323	45	192	14	3	313	360	31	45	31	17	303	322	273	317	19	31	311	17	17	195	4	0	-	-	-	-
30	150	57	265	49	268	263	53	298	6	192	51	52	313	360	47	8	81	56	303	297	272	317	59	27	311	54	54	195	53	50	0	-	-	-
31	150	57	265	49	268	263	53	298	6	192	51	52	313	360	47	8	81	56	303	297	272	317	59	27	311	54	54	195	53	50	0	0	-	-
32	171	38	286	30	286	284	37	319	18	211	33	36	332	379	51	18	65	38	322	318	291	336	41	8	330	37	37	214	37	34	24	24	0	-
33	174	40	289	32	290	287	40	322	21	214	38	40	335	382	53	20	68	43	326	321	294	339	45	13	333	41	41	218	40	38	26	26	11	0

ภาคผนวก ค

การแต่งเติมเมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่ง

ตารางภาคผนวก ค.1 ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่ เดือนมกราคม 2559

จาก / ไป	สำนักงานของบริษัท (f=1)	สำนักงานของบริษัท (f=2)	สำนักงานของบริษัท (f=3)	สำนักงานของบริษัท (f=4)	สำนักงานของบริษัท (f=5)	ทีทีเอ็ม (f=1)	ทีทีเอ็ม (f=2)	ทีทีเอ็ม (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=5)	ทีทีเอ็ม (f=6)	โรงไฟฟ้าจะนะ	มิชลิน	ปตท.สงขลา (f=1)	ปตท.สงขลา (f=2)	Aสซีจีทุ่งสง	Aพีเคกรีน
สำนักงานของบริษัท (f=1)	0	999999	999999	999999	999999	210	210	210	210	210	210	196	188	154	154	58	193
สำนักงานของบริษัท (f=2)	999999	0	999999	999999	999999	210	210	210	210	210	210	196	188	154	154	58	193
สำนักงานของบริษัท (f=3)	999999	999999	0	999999	999999	210	210	210	210	210	210	196	188	154	154	58	193
สำนักงานของบริษัท (f=4)	999999	999999	999999	0	999999	210	210	210	210	210	210	196	188	154	154	58	193
สำนักงานของบริษัท (f=5)	999999	999999	999999	999999	0	210	210	210	210	210	210	196	188	154	154	58	193
ทีทีเอ็ม (f=1)	210	210	210	210	210	0	999999	999999	999999	999999	999999	23	64	56	56	232	60
ทีทีเอ็ม (f=2)	210	210	210	210	210	999999	0	999999	999999	999999	999999	23	64	56	56	232	60
ทีทีเอ็ม (f=3)	210	210	210	210	210	999999	999999	0	999999	999999	999999	23	64	56	56	232	60
ทีทีเอ็ม (f=4)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	0	999999	999999	23	64	56	56	232	60
ทีทีเอ็ม (f=5)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	999999	0	999999	23	64	56	56	232	60
ทีทีเอ็ม (f=6)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	999999	999999	0	23	64	56	56	232	60
โรงไฟฟ้าจะนะ	196	196	196	196	196	23	23	23	23	23	23	0	48	43	43	217	39
มิชลิน	188	188	188	188	188	64	64	64	64	64	64	48	0	47	47	179	12
ปตท.สงขลา (f=1)	154	154	154	154	154	56	56	56	56	56	56	43	47	0	999999	189	48
ปตท.สงขลา (f=2)	154	154	154	154	154	56	56	56	56	56	56	43	47	999999	0	189	48
Aสซีจีทุ่งสง	58	58	58	58	58	232	232	232	232	232	232	217	179	189	189	0	194
Aพีเคกรีน	193	193	193	193	193	60	60	60	60	60	60	39	12	48	48	194	0

ตารางภาคผนวก ค.2 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่ เดือนกุมภาพันธ์ 2559

จาก / ไป	สำนักงานของบริษัท (f=1)	สำนักงานของบริษัท (f=2)	สำนักงานของบริษัท (f=3)	สำนักงานของบริษัท (f=4)	สำนักงานของบริษัท (f=5)	ทีทีเอ็ม (f=1)	ทีทีเอ็ม (f=2)	ทีทีเอ็ม (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=4)	ปตท.ขนอม (f=1)	ปตท.ขนอม (f=2)	โรงไฟฟ้าจะนะ	ปตท.สุราษฎ์ธานี	มิชลิน	ปตท.สงขลา	เขื่อนรัชประภา
สำนักงานของบริษัท (f=1)	0	999999	999999	999999	999999	210	210	210	210	111	111	196	145	188	154	230
สำนักงานของบริษัท (f=2)	999999	0	999999	999999	999999	210	210	210	210	111	111	196	145	188	154	230
สำนักงานของบริษัท (f=3)	999999	999999	0	999999	999999	210	210	210	210	111	111	196	145	188	154	230
สำนักงานของบริษัท (f=4)	999999	999999	999999	0	999999	210	210	210	210	111	111	196	145	188	154	230
สำนักงานของบริษัท (f=5)	999999	999999	999999	999999	0	210	210	210	210	111	111	196	145	188	154	230
ทีทีเอ็ม (f=1)	210	210	210	210	210	0	999999	999999	999999	320	320	196	353	188	154	415
ทีทีเอ็ม (f=2)	210	210	210	210	210	999999	0	999999	999999	320	320	196	353	188	154	415
ทีทีเอ็ม (f=3)	210	210	210	210	210	999999	999999	0	999999	320	320	196	353	188	154	415
ทีทีเอ็ม (f=4)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	0	320	320	196	353	188	154	415
ปตท.ขนอม (f=1)	111	111	111	111	111	320	320	320	320	0	999999	311	77	293	270	165
ปตท.ขนอม (f=2)	111	111	111	111	111	320	320	320	320	999999	0	311	77	293	270	165
โรงไฟฟ้าจะนะ	196	196	196	196	196	196	196	196	196	311	311	0	345	48	43	390
ปตท.สุราษฎ์ธานี	145	145	145	145	145	353	353	353	353	77	77	345	0	316	302	89
มิชลิน	188	188	188	188	188	188	188	188	188	293	293	48	316	0	47	352
ปตท.สงขลา	154	154	154	154	154	154	154	154	154	270	270	43	302	47	0	362
เขื่อนรัชประภา	230	230	230	230	230	415	415	415	415	165	165	390	89	352	362	0

ตารางภาคผนวก ค.3 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่ เดือนมีนาคม 2559

จาก / ไป	สำนักงานของบริษัท (f=1)	สำนักงานของบริษัท (f=2)	สำนักงานของบริษัท (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=1)	ทีทีเอ็ม (f=2)	ทีทีเอ็ม (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=5)	ทีทีเอ็ม (f=6)	ปตท.ขนอม	โรงไฟฟ้าจะนะ	มิชลิน (f=1)	มิชลิน (f=2)	ปตท. สุราษฎ์ธานี	ปตท. สงขลา	ไอกะหาดใหญ่	พาเนลพลัส
สำนักงานของบริษัท (f=1)	0	999999	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	188	188	145	154	216	216
สำนักงานของบริษัท (f=2)	999999	0	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	188	188	145	154	216	216
สำนักงานของบริษัท (f=3)	999999	999999	0	210	210	210	210	210	210	111	196	188	188	145	154	216	216
ทีทีเอ็ม (f=1)	210	210	210	0	999999	999999	999999	999999	999999	320	23	64	64	353	56	61	61
ทีทีเอ็ม (f=2)	210	210	210	999999	0	999999	999999	999999	999999	320	23	64	64	353	56	61	61
ทีทีเอ็ม (f=3)	210	210	210	999999	999999	0	999999	999999	999999	320	23	64	64	353	56	61	61
ทีทีเอ็ม (f=4)	210	210	210	999999	999999	999999	0	999999	999999	320	23	64	64	353	56	61	61
ทีทีเอ็ม (f=5)	210	210	210	999999	999999	999999	999999	0	999999	320	23	64	64	353	56	61	61
ทีทีเอ็ม (f=6)	210	210	210	999999	999999	999999	999999	999999	0	320	23	64	64	353	56	61	61
ปตท.ขนอม	111	111	111	320	320	320	320	320	320	0	311	293	293	77	270	316	316
โรงไฟฟ้าจะนะ	196	196	196	23	23	23	23	23	23	311	0	48	48	345	43	45	45
มิชลิน (f=1)	188	188	188	64	64	64	64	64	64	293	48	0	999999	316	47	32	32
มิชลิน (f=2)	188	188	188	64	64	64	64	64	64	293	48	999999	0	316	47	32	32
ปตท.สุราษฎ์ธานี	145	145	145	353	353	353	353	353	353	77	345	316	316	0	302	338	338
ปตท.สงขลา	154	154	154	56	56	56	56	56	56	270	43	47	47	302	0	51	51
ไอกะหาดใหญ่	216	216	216	61	61	61	61	61	61	316	45	32	32	338	51	0	0
พาเนลพลัส	216	216	216	61	61	61	61	61	61	316	45	32	32	338	51	0	0

ตารางภาคผนวก ค.4 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่ เดือนเมษายน 2559

จาก / ไป	สำนักงานของบริษัท (f=1)	สำนักงานของบริษัท (f=2)	สำนักงานของบริษัท (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=1)	ทีทีเอ็ม (f=2)	ทีทีเอ็ม (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=5)	ปตท.ขนอม	โรงไฟฟ้าจะนะ	โรงไฟฟ้ากระบี่	ปตท.สงขลา	มิชลิน	ยูนิวานิชอ่าวลึก	สยามปาล์มออยด์
สำนักงานของบริษัท (f=1)	0	999999	999999	210	210	210	210	210	111	196	151	154	188	189	138
สำนักงานของบริษัท (f=2)	999999	0	999999	210	210	210	210	210	111	196	151	154	188	189	138
สำนักงานของบริษัท (f=3)	999999	999999	0	210	210	210	210	210	111	196	151	154	188	189	138
ทีทีเอ็ม (f=1)	210	210	210	0	999999	999999	999999	999999	320	23	312	56	64	363	320
ทีทีเอ็ม (f=2)	210	210	210	999999	0	999999	999999	999999	320	23	312	56	64	363	320
ทีทีเอ็ม (f=3)	210	210	210	999999	999999	0	999999	999999	320	23	312	56	64	363	320
ทีทีเอ็ม (f=4)	210	210	210	999999	999999	999999	0	999999	320	23	312	56	64	363	320
ทีทีเอ็ม (f=5)	210	210	210	999999	999999	999999	999999	0	320	23	312	56	64	363	320
ปตท.ขนอม	111	111	111	320	320	320	320	320	0	311	232	270	293	186	175
โรงไฟฟ้าจะนะ	196	196	196	23	23	23	23	23	311	0	296	43	48	348	306
โรงไฟฟ้ากระบี่	151	151	151	312	312	312	312	312	232	296	0	269	258	66	25
ปตท.สงขลา	154	154	154	56	56	56	56	56	270	43	269	0	47	335	240
มิชลิน	188	188	188	64	64	64	64	64	293	48	258	47	0	311	268
ยูนิวานิชอ่าวลึก	189	189	189	363	363	363	363	363	186	348	66	335	311	0	64
สยามปาล์มออยด์	138	138	138	320	320	320	320	320	175	306	25	240	268	64	0

ตารางภาคผนวก ค.5 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่ เดือนพฤษภาคม 2559

จาก / ไป	สำนักงานของบริษัท (f=1)	สำนักงานของบริษัท (f=2)	สำนักงานของบริษัท (f=3)	สำนักงานของบริษัท (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=1)	ทีทีเอ็ม (f=2)	ทีทีเอ็ม (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=5)	ปตท.ขนอม	โรงไฟฟ้าจะนะ (f=1)	โรงไฟฟ้าจะนะ (f=2)	โรงไฟฟ้าขนอม	ปตท. สงขลา	โรงไฟฟ้าสุราษฎ์ธานี	สุราษฎ์เบเวอเรช
สำนักงานของบริษัท (f=1)	0	999999	999999	999999	210	210	210	210	210	111	196	196	110	154	169	163
สำนักงานของบริษัท (f=2)	999999	0	999999	999999	210	210	210	210	210	111	196	196	110	154	169	163
สำนักงานของบริษัท (f=3)	999999	999999	0	999999	210	210	210	210	210	111	196	196	110	154	169	163
สำนักงานของบริษัท (f=4)	999999	999999	999999	0	210	210	210	210	210	111	196	196	110	154	169	163
ทีทีเอ็ม (f=1)	210	210	210	210	0	999999	999999	999999	999999	320	23	23	317	56	360	360
ทีทีเอ็ม (f=2)	210	210	210	210	999999	0	999999	999999	999999	320	23	23	317	56	360	360
ทีทีเอ็ม (f=3)	210	210	210	210	999999	999999	0	999999	999999	320	23	23	317	56	360	360
ทีทีเอ็ม (f=4)	210	210	210	210	999999	999999	999999	0	999999	320	23	23	317	56	360	360
ทีทีเอ็ม (f=5)	210	210	210	210	999999	999999	999999	999999	0	320	23	23	317	56	360	360
ปตท.ขนอม	111	111	111	111	320	320	320	320	320	0	311	311	2	270	98	107
โรงไฟฟ้าจะนะ (f=1)	196	196	196	196	23	23	23	23	23	311	0	999999	309	43	343	332
โรงไฟฟ้าจะนะ (f=2)	196	196	196	196	23	23	23	23	23	311	999999	0	309	43	343	332
โรงไฟฟ้าขนอม	110	110	110	110	317	317	317	317	317	2	309	309	0	267	97	105
ปตท.สงขลา	154	154	154	154	56	56	56	56	56	270	43	43	267	0	316	304
โรงไฟฟ้าสุราษฎ์ธานี	169	169	169	169	360	360	360	360	360	98	343	343	97	316	0	13
สุราษฎ์เบเวอเรช	163	163	163	163	360	360	360	360	360	107	332	332	105	304	13	0

ตารางภาคผนวก ค.6 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่ เดือนมิถุนายน 2559

จาก / ไป	สำนักงานของบริษัท (f=1)	สำนักงานของบริษัท (f=2)	สำนักงานของบริษัท (f=3)	สำนักงานของบริษัท (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=1)	ทีทีเอ็ม (f=2)	ทีทีเอ็ม (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=5)	ปตท.ขนอม (f=1)	ปตท.ขนอม (f=2)	ปตท.ขนอม (f=3)	โรงไฟฟ้าจะนะ (f=1)	โรงไฟฟ้าจะนะ (f=2)	มิชลิน	ปตท. สงขลา (f=1)	ปตท. สงขลา (f=2)	ซีพ็อก	นทีชัย	ซีพีAฟบ้านพรุ
สำนักงานของบริษัท (f=1)	0	999999	999999	999999	210	210	210	210	210	111	111	111	196	196	188	154	154	155	171	205
สำนักงานของบริษัท (f=2)	999999	0	999999	999999	210	210	210	210	210	111	111	111	196	196	188	154	154	155	171	205
สำนักงานของบริษัท (f=3)	999999	999999	0	999999	210	210	210	210	210	111	111	111	196	196	188	154	154	155	171	205
สำนักงานของบริษัท (f=4)	999999	999999	999999	0	210	210	210	210	210	111	111	111	196	196	188	154	154	155	171	205
ทีทีเอ็ม (f=1)	210	210	210	210	0	999999	999999	999999	999999	320	320	320	23	23	64	56	56	51	356	55
ทีทีเอ็ม (f=2)	210	210	210	210	999999	0	999999	999999	999999	320	320	320	23	23	64	56	56	51	356	55
ทีทีเอ็ม (f=3)	210	210	210	210	999999	999999	0	999999	999999	320	320	320	23	23	64	56	56	51	356	55
ทีทีเอ็ม (f=4)	210	210	210	210	999999	999999	999999	0	999999	320	320	320	23	23	64	56	56	51	356	55
ทีทีเอ็ม (f=5)	210	210	210	210	999999	999999	999999	999999	0	320	320	320	23	23	64	56	56	51	356	55
ปตท.ขนอม (f=1)	111	111	111	111	320	320	320	320	320	0	999999	999999	311	311	293	270	270	286	115	310
ปตท.ขนอม (f=2)	111	111	111	111	320	320	320	320	320	999999	0	999999	311	311	293	270	270	286	115	310
ปตท.ขนอม (f=3)	111	111	111	111	320	320	320	320	320	999999	999999	0	311	311	293	270	270	286	115	310
โรงไฟฟ้าจะนะ (f=1)	196	196	196	196	23	23	23	23	23	311	311	311	0	999999	0	43	43	47	340	39
โรงไฟฟ้าจะนะ (f=2)	196	196	196	196	23	23	23	23	23	311	311	311	999999	0	47	43	43	47	340	39
มิชลิน	188	188	188	188	64	64	64	64	64	293	293	293	0	47	0	49	49	47	302	26
ปตท.สงขลา (f=1)	154	154	154	154	56	56	56	56	56	270	270	270	43	43	49	0	999999	2	312	26
ปตท.สงขลา (f=2)	154	154	154	154	56	56	56	56	56	270	270	270	43	43	49	999999	0	2	312	26
ซีพ็อก	155	155	155	155	51	51	51	51	51	286	286	286	47	47	47	2	2	0	314	45
นทีชัย	171	171	171	171	356	356	356	356	356	115	115	115	340	340	302	312	312	314	0	317
ซีพีAฟบ้านพรุ	205	205	205	205	55	55	55	55	55	310	310	310	39	39	26	26	26	45	317	0

ตารางภาคผนวก ค.7 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนกรกฎาคม 2559

จาก / ไป	สำนักงานของบริษัท (f=1)	สำนักงานของบริษัท (f=2)	สำนักงานของบริษัท (f=3)	สำนักงานของบริษัท (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=1)	ทีทีเอ็ม (f=2)	ทีทีเอ็ม (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=5)	ทีทีเอ็ม (f=6)	ปตท. ขนอม	โรงไฟฟ้าจะนะ (f=1)	โรงไฟฟ้าจะนะ (f=2)	มิชลิน	ปตท. สงขลา (f=1)	ปตท. สงขลา (f=2)	ไอกะ หาดใหญ่	บริดสโตน
สำนักงานของบริษัท (f=1)	0	999999	999999	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	196	188	154	154	216	232
สำนักงานของบริษัท (f=2)	999999	0	999999	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	196	188	154	154	216	232
สำนักงานของบริษัท (f=3)	999999	999999	0	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	196	188	154	154	216	232
สำนักงานของบริษัท (f=4)	999999	999999	999999	0	210	210	210	210	210	210	111	196	196	188	154	154	216	232
ทีทีเอ็ม (f=1)	210	210	210	210	0	999999	999999	999999	999999	999999	320	23	23	64	56	56	61	73
ทีทีเอ็ม (f=2)	210	210	210	210	999999	0	999999	999999	999999	999999	320	23	23	64	56	56	61	73
ทีทีเอ็ม (f=3)	210	210	210	210	999999	999999	0	999999	999999	999999	320	23	23	64	56	56	61	73
ทีทีเอ็ม (f=4)	210	210	210	210	999999	999999	999999	0	999999	999999	320	23	23	64	56	56	61	73
ทีทีเอ็ม (f=5)	210	210	210	210	999999	999999	999999	999999	0	999999	320	23	23	64	56	56	61	73
ทีทีเอ็ม (f=6)	210	210	210	210	999999	999999	999999	999999	999999	0	320	23	23	64	56	56	61	73
ปตท.ขนอม	111	111	111	111	320	320	320	320	320	320	0	311	311	293	270	270	316	337
โรงไฟฟ้าจะนะ (f=1)	196	196	196	196	23	23	23	23	23	23	311	0	999999	48	43	43	45	66
โรงไฟฟ้าจะนะ (f=2)	196	196	196	196	23	23	23	23	23	23	311	999999	0	48	43	43	45	66
มิชลิน	188	188	188	188	64	64	64	64	64	64	293	48	48	0	47	47	32	46
ปตท.สงขลา (f=1)	154	154	154	154	56	56	56	56	56	56	270	43	43	47	0	999999	51	81
ปตท.สงขลา (f=2)	154	154	154	154	56	56	56	56	56	56	270	43	43	47	999999	0	51	81
ไอกะ หาดใหญ่	216	216	216	216	61	61	61	61	61	61	316	45	45	32	51	51	0	18
บริดสโตน	232	232	232	232	73	73	73	73	73	73	337	66	66	46	81	81	18	0

ตารางภาคผนวก ค.8 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่เดือนสิงหาคม 2559

จาก / ไป	สำนักงานของบริษัท (f=1)	สำนักงานของบริษัท (f=2)	สำนักงานของบริษัท (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=1)	ทีทีเอ็ม (f=2)	ทีทีเอ็ม (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=5)	ทีทีเอ็ม (f=6)	ทีทีเอ็ม (f=7)	ปตท.ขนอม	โรงไฟฟ้าจะนะ (f=1)	โรงไฟฟ้าจะนะ (f=2)	มิชลิน	โรงไฟฟ้าขนอม	ปตท.สงขลา	Baker Hudge	ซีแอลAส	เอ็นเนอร์จีดิลลิ่ง
สำนักงานของบริษัท (f=1)	0	999999	999999	210	210	210	210	210	210	210	111	196	196	188	110	154	171	150	150
สำนักงานของบริษัท (f=2)	999999	0	999999	210	210	210	210	210	210	210	111	196	196	188	110	154	171	150	150
สำนักงานของบริษัท (f=3)	999999	999999	0	210	210	210	210	210	210	210	111	196	196	188	110	154	171	150	150
ทีทีเอ็ม (f=1)	210	210	210	0	999999	999999	999999	999999	999999	999999	320	23	23	64	317	56	38	57	57
ทีทีเอ็ม (f=2)	210	210	210	999999	0	999999	999999	999999	999999	999999	320	23	23	64	317	56	38	57	57
ทีทีเอ็ม (f=3)	210	210	210	999999	999999	0	999999	999999	999999	999999	320	23	23	64	317	56	38	57	57
ทีทีเอ็ม (f=4)	210	210	210	999999	999999	999999	0	999999	999999	999999	320	23	23	64	317	56	38	57	57
ทีทีเอ็ม (f=5)	210	210	210	999999	999999	999999	999999	0	999999	999999	320	23	23	64	317	56	38	57	57
ทีทีเอ็ม (f=6)	210	210	210	999999	999999	999999	999999	999999	0	999999	320	23	23	64	317	56	38	57	57
ทีทีเอ็ม (f=7)	210	210	210	999999	999999	999999	999999	999999	999999	0	320	23	23	64	317	56	38	57	57
ปตท.ขนอม	111	111	111	320	320	320	320	320	320	320	0	311	311	293	2	270	286	265	265
โรงไฟฟ้าจะนะ (f=1)	196	196	196	23	23	23	23	23	23	23	311	0	999999	48	309	43	30	49	49
โรงไฟฟ้าจะนะ (f=2)	196	196	196	23	23	23	23	23	23	23	311	999999	0	48	309	43	30	49	49
มิชลิน	188	188	188	64	64	64	64	64	64	64	293	48	48	0	291	47	37	53	53
โรงไฟฟ้าขนอม	110	110	110	317	317	317	317	317	317	317	2	309	309	291	0	267	284	263	263
ปตท.สงขลา	154	154	154	56	56	56	56	56	56	56	270	43	43	47	267	0	18	6	6
Baker Hudge	171	171	171	38	38	38	38	38	38	38	286	30	30	37	284	18	0	24	24
ซีแอลAส	150	150	150	57	57	57	57	57	57	57	265	49	49	53	263	6	24	0	0
เอ็นเนอร์จีดิลลิ่ง	150	150	150	57	57	57	57	57	57	57	265	49	49	53	263	6	24	0	0

ตารางภาคผนวก ค.9 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่ เดือนกันยายน 2559

จาก / ไป	สำนักงานของบริษัท (f=1)	สำนักงานของบริษัท (f=2)	สำนักงานของบริษัท (f=3)	สำนักงานของบริษัท (f=4)	สำนักงานของบริษัท (f=5)	ทีทีเอ็ม (f=1)	ทีทีเอ็ม (f=2)	ทีทีเอ็ม (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=5)	ทีทีเอ็ม (f=6)	ปตท. ขนอม	โรงไฟฟ้าจะนะ	มิชลิน (f=1)	มิชลิน (f=2)	ปตท. สงขลา	คิงส์ฟิชเชอร์	เวิร์คช้อปเชฟรอน
สำนักงานของบริษัท (f=1)	0	999999	999999	999999	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	188	188	154	174	174
สำนักงานของบริษัท (f=2)	999999	0	999999	999999	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	188	188	154	174	174
สำนักงานของบริษัท (f=3)	999999	999999	0	999999	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	188	188	154	174	174
สำนักงานของบริษัท (f=4)	999999	999999	999999	0	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	188	188	154	174	174
สำนักงานของบริษัท (f=5)	999999	999999	999999	999999	0	210	210	210	210	210	210	111	196	188	188	154	174	174
ทีทีเอ็ม (f=1)	210	210	210	210	210	0	999999	999999	999999	999999	999999	320	23	64	64	56	40	32
ทีทีเอ็ม (f=2)	210	210	210	210	210	999999	0	999999	999999	999999	999999	320	23	64	64	56	40	32
ทีทีเอ็ม (f=3)	210	210	210	210	210	999999	999999	0	999999	999999	999999	320	23	64	64	56	40	32
ทีทีเอ็ม (f=4)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	0	999999	999999	320	23	64	64	56	40	32
ทีทีเอ็ม (f=5)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	999999	0	999999	320	23	64	64	56	40	32
ทีทีเอ็ม (f=6)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	999999	999999	0	320	23	64	64	56	40	32
ปตท.ขนอม	111	111	111	111	111	320	320	320	320	320	320	0	311	293	293	270	289	289
โรงไฟฟ้าจะนะ	196	196	196	196	196	23	23	23	23	23	23	311	0	48	48	43	32	24
มิชลิน (f=1)	188	188	188	188	188	64	64	64	64	64	64	293	48	0	999999	47	40	33
มิชลิน (f=2)	188	188	188	188	188	64	64	64	64	64	64	293	48	999999	0	47	40	33
ปตท.สงขลา	154	154	154	154	154	56	56	56	56	56	56	270	43	47	47	0	21	21
คิงส์ฟิชเชอร์	174	174	174	174	174	40	40	40	40	40	40	289	32	40	40	21	0	13
เวิร์คช้อปเชฟรอน	174	174	174	174	174	32	32	32	32	32	32	289	24	33	33	21	13	0

ตารางภาคผนวก ค.10 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่ เดือนตุลาคม 2559

จาก / ไป	สำนักงานของบริษัท (f=1)	สำนักงานของบริษัท (f=2)	สำนักงานของบริษัท (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=1)	ทีทีเอ็ม (f=2)	ทีทีเอ็ม (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=5)	โรงไฟฟ้าจะนะ	มิชลิน	ปตท. สงขลา	สยามไฟเบอร์บอร์ด	คิมเบอร์ลี่ย์-คล๊าค
สำนักงานของบริษัท (f=1)	0	999999	999999	210	210	210	210	210	196	188	154	210	219
สำนักงานของบริษัท (f=2)	999999	0	999999	210	210	210	210	210	196	188	154	210	219
สำนักงานของบริษัท (f=3)	999999	999999	0	210	210	210	210	210	196	188	154	210	219
ทีทีเอ็ม (f=1)	210	210	210	0	999999	999999	999999	999999	23	64	56	60	70
ทีทีเอ็ม (f=2)	210	210	210	999999	0	999999	999999	999999	23	64	56	60	70
ทีทีเอ็ม (f=3)	210	210	210	999999	999999	0	999999	999999	23	64	56	60	70
ทีทีเอ็ม (f=4)	210	210	210	999999	999999	999999	0	999999	23	64	56	60	70
ทีทีเอ็ม (f=5)	210	210	210	999999	999999	999999	999999	0	23	64	56	60	70
โรงไฟฟ้าจะนะ	196	196	196	23	23	23	23	23	0	48	43	44	53
มิชลิน	188	188	188	64	64	64	64	64	48	0	47	30	40
ปตท.สงขลา	154	154	154	56	56	56	56	56	43	47	0	50	59
สยามไฟเบอร์บอร์ด	210	210	210	60	60	60	60	60	44	30	50	0	12
คิมเบอร์ลี่ย์-คล๊าค	219	219	219	70	70	70	70	70	53	40	59	12	0

ตารางภาคผนวก ค.11 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่ เดือนพฤศจิกายน 2559

จาก / ไป	สำนักงานของบริษัท (f=1)	สำนักงานของบริษัท (f=2)	สำนักงานของบริษัท (f=3)	สำนักงานของบริษัท (f=4)	สำนักงานของบริษัท (f=5)	ทีทีเอ็ม (f=1)	ทีทีเอ็ม (f=2)	ทีทีเอ็ม (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=5)	ทีทีเอ็ม (f=6)	ปตท.ขนอม	โรงไฟฟ้าขนอม	มิชลิน	ปตท. สงขลา (f=1)	ปตท. สงขลา (f=2)	ปตท. สงขลา (f=3)	Aสซีจีทุ่งสง	นิวไบโอดีเซล	โรงไฟฟ้าช้างแรก
สำนักงานของบริษัท (f=1)	0	999999	999999	999999	999999	210	210	210	210	210	210	111	110	188	154	154	154	58	143	70
สำนักงานของบริษัท (f=2)	999999	0	999999	999999	999999	210	210	210	210	210	210	111	110	188	154	154	154	58	143	70
สำนักงานของบริษัท (f=3)	999999	999999	0	999999	999999	210	210	210	210	210	210	111	110	188	154	154	154	58	143	70
สำนักงานของบริษัท (f=4)	999999	999999	999999	0	999999	210	210	210	210	210	210	111	110	188	154	154	154	58	143	70
สำนักงานของบริษัท (f=5)	999999	999999	999999	999999	0	210	210	210	210	210	210	111	110	188	154	154	154	58	143	70
ทีทีเอ็ม (f=1)	210	210	210	210	210	0	999999	999999	999999	999999	999999	320	317	64	56	56	56	232	368	245
ทีทีเอ็ม (f=2)	210	210	210	210	210	999999	0	999999	999999	999999	999999	320	317	64	56	56	56	232	368	245
ทีทีเอ็ม (f=3)	210	210	210	210	210	999999	999999	0	999999	999999	999999	320	317	64	56	56	56	232	368	245
ทีทีเอ็ม (f=4)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	0	999999	999999	320	317	64	56	56	56	232	368	245
ทีทีเอ็ม (f=5)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	999999	0	999999	320	317	64	56	56	56	232	368	245
ทีทีเอ็ม (f=6)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	999999	999999	0	320	317	64	56	56	56	232	368	245
ปตท.ขนอม	111	111	111	111	111	320	320	320	320	320	320	0	2	293	270	270	270	163	75	165
โรงไฟฟ้าขนอม	110	110	110	110	110	317	317	317	317	317	317	2	0	291	267	267	267	161	73	163
มิชลิน	188	188	188	188	188	64	64	64	64	64	64	293	291	0	47	47	47	179	315	192
ปตท.สงขลา (f=1)	154	154	154	154	154	56	56	56	56	56	56	270	267	47	0	999999	999999	189	297	202
ปตท.สงขลา (f=2)	154	154	154	154	154	56	56	56	56	56	56	270	267	47	999999	0	999999	189	297	202
ปตท.สงขลา (f=3)	154	154	154	154	154	56	56	56	56	56	56	270	267	47	999999	999999	0	189	297	202
Aสซีจีทุ่งสง	58	58	58	58	58	232	232	232	232	232	232	163	161	179	189	189	189	0	152	30
นิวไบโอดีเซล	143	143	143	143	143	368	368	368	368	368	368	75	73	315	297	297	297	152	0	128
โรงไฟฟ้าช้างแรก	70	70	70	70	70	245	245	245	245	245	245	165	163	192	202	202	202	30	128	0

ตารางภาคผนวก ค.12 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดสองจุดใดๆ จากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งโดยการเพิ่มจุดดัมมี่ เดือนธันวาคม 2559

จาก / ไป	สำนักงานของบริษัท (f=1)	สำนักงานของบริษัท (f=2)	สำนักงานของบริษัท (f=3)	สำนักงานของบริษัท (f=4)	สำนักงานของบริษัท (f=5)	ทีทีเอ็ม (f=1)	ทีทีเอ็ม (f=2)	ทีทีเอ็ม (f=3)	ทีทีเอ็ม (f=4)	ทีทีเอ็ม (f=5)	ทีทีเอ็ม (f=6)	ปตท. ขนอม	โรงไฟฟ้าจะนะ (f=1)	โรงไฟฟ้าจะนะ (f=2)	มิชลิน (f=1)	มิชลิน (f=2)	ปตท. สงขลา	ไอกะหาดใหญ่	จิแด็ก	เบทราโกรัตภูมิ
สำนักงานของบริษัท (f=1)	0	999999	999999	999999	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	196	188	188	154	211	196	176
สำนักงานของบริษัท (f=2)	999999	0	999999	999999	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	196	188	188	154	211	196	176
สำนักงานของบริษัท (f=3)	999999	999999	0	999999	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	196	188	188	154	211	196	176
สำนักงานของบริษัท (f=4)	999999	999999	999999	0	999999	210	210	210	210	210	210	111	196	196	188	188	154	211	196	176
สำนักงานของบริษัท (f=5)	999999	999999	999999	999999	0	210	210	210	210	210	210	111	196	196	188	188	154	211	196	176
ทีทีเอ็ม (f=1)	210	210	210	210	210	0	999999	999999	999999	999999	999999	320	23	23	64	64	56	61	68	70
ทีทีเอ็ม (f=2)	210	210	210	210	210	999999	0	999999	999999	999999	999999	320	23	23	64	64	56	61	68	70
ทีทีเอ็ม (f=3)	210	210	210	210	210	999999	999999	0	999999	999999	999999	320	23	23	64	64	56	61	68	70
ทีทีเอ็ม (f=4)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	0	999999	999999	320	23	23	64	64	56	61	68	70
ทีทีเอ็ม (f=5)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	999999	0	999999	320	23	23	64	64	56	61	68	70
ทีทีเอ็ม (f=6)	210	210	210	210	210	999999	999999	999999	999999	999999	0	320	23	23	64	64	56	61	68	70
ปตท.ขนอม	111	111	111	111	111	320	320	320	320	320	320	0	311	311	293	293	270	316	302	281
โรงไฟฟ้าจะนะ (f=1)	196	196	196	196	196	23	23	23	23	23	23	311	0	999999	48	48	43	45	42	54
โรงไฟฟ้าจะนะ (f=2)	196	196	196	196	196	23	23	23	23	23	23	311	999999	0	48	48	43	45	42	54
มิชลิน (f=1)	188	188	188	188	188	64	64	64	64	64	64	293	48	48	0	999999	47	32	14	15
มิชลิน (f=2)	188	188	188	188	188	64	64	64	64	64	64	293	48	48	999999	0	47	32	14	15
ปตท.สงขลา	154	154	154	154	154	56	56	56	56	56	56	270	43	43	47	47	0	51	45	49
ไอกะหาดใหญ่	211	211	211	211	211	61	61	61	61	61	61	316	45	45	32	32	51	0	17	46
จิแด็ก	196	196	196	196	196	68	68	68	68	68	68	302	42	42	14	14	45	17	0	31
เบทราโกรัตภูมิ	176	176	176	176	176	70	70	70	70	70	70	281	54	54	15	15	49	46	31	0

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวชวันลักษณ์ สุวรรณรัศมี
รหัสประจำตัวนักศึกษา 5810121015
วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยศิลปากร	2552

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน (ถ้ามี)
วิศวกรฝ่ายขาย บริษัท เดอะเปอร์เฟคท์ซีลแอนด์เซอร์วิสเซส จำกัด

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน (ถ้ามี)