

การพัฒนาประสิทธิภาพของการบริหารระบบขนส่งด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์
กรณีศึกษา บริษัท สีสหายขนส่ง จำกัด

รวิช วงศ์สวัสดิ์

TNI

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการธุรกิจและอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2563

หัวข้อสารนิพนธ์

การพัฒนาประสิทธิภาพของการบริหารระบบขนส่งด้วยแบบ

โดย

จำลองคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา บริษัท สีสหายขนส่ง จำกัด
รวิช วงศ์สวัสดิ์

สาขาวิชา

นวัตกรรมการจัดการธุรกิจและอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักร ดิงศภักดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปาลีรัฐ เลขะวัฒนะ)

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักร ดิงศภักดิ์)

รวีช วงศ์สวัสดิ์ : การพัฒนาประสิทธิภาพของการบริหารระบบขนส่งด้วยแบบจำลอง
คณิตศาสตร์ กรณีศึกษา บริษัท สีสหายขนส่ง จำกัด. อาจารย์ที่ปรึกษา :
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักร ดิงศกัทธิย์, 53 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของการบริหารระบบขนส่งรถบรรทุก
ในปัจจุบันของศูนย์กระจายสินค้าสาขาจังหวัดสงขลาของบริษัท สีสหายขนส่ง จำกัด โดยใช้
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจำลองเส้นทาง (Vehicle Routing Problem : VRP)
ช่วยในการตัดสินใจเลือกเส้นทางรถบรรทุก และบริหารจัดการเส้นทางให้เกิด
ประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อลดต้นทุนของการขนส่ง และเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่ง รวมถึง
ปรับปรุงกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ผลการศึกษาพบว่า ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของรถบรรทุกขนส่งสินค้าตั้งแต่
เดือนมกราคม 2562 ถึงเดือนธันวาคม 2562 เป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่า จากระบบการ
ขนส่งแบบปัจจุบันที่ไม่ได้วางแผน จะมีการใช้รถบรรทุกทั้งหมด 2 คัน จำนวนเที่ยวของการ
ขนส่ง 56 เที่ยว ระยะทางในการขนส่ง 4,281.21 กิโลเมตร และต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมด
25,404.95 บาทต่อเดือน หลังจากการทดลองจัดเส้นทางเดินรถบรรทุกใหม่ด้วยกระบวนการ
คำตอบด้วยวิธีเมตาฮีริสติกส์ พร้อมปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีสลบจุด 2 จุด (2-Opt) ผ่านการ
ทำงานของโปรแกรม VRP Solver นั้น จะได้เส้นทางเดินรถจำนวนทั้งสิ้น 6 เส้นทาง ใช้
รถบรรทุกทั้งหมด 1 คัน จำนวนเที่ยวของการขนส่ง 32 เที่ยว ระยะทางในการขนส่ง 2,679.60
กิโลเมตร และต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมด 15,900.88 บาทต่อเดือน ลดลง 9,504.07 บาทต่อ
เดือน คิดเป็นร้อยละ 37.41

บัณฑิตวิทยาลัย
สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการธุรกิจ
และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อนักศึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

RAWICH WONGSAWAD : EFFICIENCY IMPROVEMENT FOR LOGISTICS SYSTEM WITH MATHEMATICS SIMULATION MODEL A CASE STUDY OF SISAHY TRANSPORT CO., LTD.. ADVISOR: ASST.PROF.CHARK TINGSAPHAT, (P.E.,DOCTOR OF MANAGEMENT.), 53 PP.

This research aimed to develop the efficiency of the current truck transportation management of the Songkhla branch distribution center of Sisahy Transport Co., Ltd. by using a mathematical model of the Vehicle Routing Problem (VRP). Deciding on the transport route and route management for maximum efficiency in order to reduce transportation costs and increase the efficiency of transportation including improving work processes to be more efficient.

The study found that the researcher collected data on freight trucks from January 2019 to December 2019 for a period of 12 months. There will be a total of 2 trucks, 56 transport trips, transport's distance of 4,281.21 kilometers, and a total transportation cost of 25,404.95 baht per month. After the trial of a new truck route by metaheuristics method and improving basic solution by using 2-Opt method (2-Opt) through VRP Solver program, there will be a total of 6 bus routes, using a total of 1 truck, a total of 32 transport trips, transport's distance of 2,679.60 kilometers and the total transportation costs of 15,900.88 baht per month, decreasing 9,504.07 baht per month, accounting for 37.41 percent.

Graduate School
Field of Innovation of Business and
Industrial Management
Academic Year 2020

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความสามารถจากท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักร
ติงศภัทิย์ ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ท่านได้ให้คำแนะนำ ทั้งกระบวนการคิด
วิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ ที่เป็นประโยชน์ต่อสารนิพนธ์ฉบับนี้ จึงกราบขอบพระคุณอย่างสูง
ไว้ ณ โอกาสนี้

ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำหลักสูตรบริหารธุรกิจ สาขาวิชานวัตกรรม
การจัดการธุรกิจและอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า อีกทั้ง
ขอขอบพระคุณคณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นในการสนับสนุนทุนการศึกษา
ของข้าพเจ้าโดยตลอดมา

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่
ดีมาโดยตลอด

รวิช วงศ์สวัสดิ์

TNI

THAI - JAPANESE INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผล และปัญหา.....	1
ความมุ่งหมายของการศึกษา.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
กรอบแนวคิดในการศึกษา.....	2
ขั้นตอนการศึกษา.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน.....	4
2 หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ความหมาย และรูปแบบของการขนส่ง.....	5
ลักษณะของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก.....	8
แนวคิดด้านการจัดการเส้นทาง (Vehicle Routing).....	8
ต้นทุนของการขนส่งสินค้า.....	11
ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ในประเทศไทย.....	12
ตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	14
โปรแกรม VRP Solver.....	16
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	วิธีดำเนินงานสารนิพนธ์.....	20
	ศึกษาสภาพทั่วไป และเก็บรวบรวมข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา.....	20
	คัดเลือกกลุ่มข้อมูลหรือกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา.....	21
	เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	22
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	22
4	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	24
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	24
	สรุปผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	40
	ข้อเสนอแนะ.....	43
	บรรณานุกรม.....	45
	ภาคผนวก.....	49
	ภาคผนวก ก. ข้อมูลและข้อมูลสารสนเทศของบริษัทและการวิเคราะห์.....	50
	ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์.....	54

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน.....	4
2	แสดงตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ของศูนย์กระจายสินค้าสาขา และอำเภอ ในจังหวัดสงขลา.....	25
3	แสดงระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าของสาขาและอำเภอในจังหวัดสงขลา.....	25
4	แสดงข้อมูลต้นทุนค่าซ่อมรถบรรทุก และต้นทุนค่าน้ำมันรถบรรทุก ของศูนย์กระจายสินค้าสาขาจังหวัดสงขลา ในแต่ละเดือนของปี 2562.....	26
5	แสดงข้อมูลปริมาณสินค้า และรอบการขนส่งสินค้าของแต่ละอำเภอ ในพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์กระจายสินค้าสาขาจังหวัดสงขลา.....	26
6	แสดงตัวอย่างการสร้างตารางแสดงค่าระยะทางประหยัดของแต่ละอำเภอ.....	28
7	การคำนวณเบื้องต้นสำหรับการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยวิธี Saving Algorithm.....	29
8	แสดงเส้นทางเดินรถบรรทุกแบบใหม่ และระยะทางในการขนส่งสินค้า.....	37
9	แสดงเปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพเพื่อวัดความแตกต่างของผลลัพธ์ ของการจัดเส้นทางเดินรถแบบเดิม และแบบใช้โปรแกรม VRP Solver.....	40
10	แสดงแผนเส้นทางใหม่ และต้นทุนการขนส่งรวม.....	41
11	การเขียนจำลองเหตุการณ์ (Scenario): ไม่มีปริมาณสินค้าจำนวน 1 อำเภอ.....	42

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการศึกษา.....	2
2	แนวโน้มและสัดส่วนปริมาณของการขนส่งสินค้าในประเทศ ประจำปี 2561.....	7
3	ภาพรวมของการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง.....	9
4	แสดงวิธีการรวมจุดส่งสินค้าโดยวิธี Saving: Clark and Wright saving.....	9
5	เทคนิคการสลับตำแหน่ง (Swap).....	10
6	เทคนิคการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธี 2 – OPT.....	10
7	เทคนิคการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธี 3 – OPT.....	11
8	เส้นทางทางหลวงเอเชีย.....	13
9	โปรแกรม VRP Solver สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล.....	16
10	แผนที่แสดงตำแหน่งของบริษัท สีสหายขนส่ง จำกัด (สำนักงานใหญ่).....	21
11	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	23
12	แสดงตำแหน่งของศูนย์กระจายสินค้าสาขาจังหวัดสงขลา และแต่ละอำเภอในจังหวัด.....	24
13	กรอกพิกัดทางภูมิศาสตร์ลงใน Notepad และโหลดเข้าโปรแกรม.....	30
14	การป้อนพารามิเตอร์เข้าในโปรแกรม VRP Solver.....	31
15	รูปแบบการจัดเส้นทางรถขนส่ง.....	31
16	ผลการจัดเรียงเส้นทางรถขนส่ง.....	32
17	ผลการจัดเรียงเส้นทางรถขนส่งในเส้นทางที่ 1.....	33
18	ผลการจัดเรียงเส้นทางรถขนส่งในเส้นทางที่ 2.....	34
19	ผลการจัดเรียงเส้นทางรถขนส่งในเส้นทางที่ 3.....	34
20	ผลการจัดเรียงเส้นทางรถขนส่งในเส้นทางที่ 4.....	35
21	ผลการจัดเรียงเส้นทางรถขนส่งในเส้นทางที่ 5.....	35
22	ผลการจัดเรียงเส้นทางรถขนส่งในเส้นทางที่ 6.....	36

บทที่ 1

บทนำ

สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผล และปัญหา

ในปัจจุบัน การจัดการโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน มีความสำคัญอย่างมากต่อความสามารถในการบริหารงานของผู้ประกอบการ เนื่องจากกิจกรรมโลจิสติกส์ครอบคลุมกระบวนการที่กว้างขวาง ตั้งแต่กระบวนการวางแผน การจัดการ การไหลของวัตถุดิบ การควบคุม สินค้าสำเร็จรูป การจัดเก็บรวบรวมไปถึงข้อมูลสารสนเทศต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าด้วยความถูกต้อง ทั้งเรื่องของเวลา คุณภาพ ปริมาณ สถานที่และสิ่งสำคัญที่สุดคือเรื่องต้นทุน ซึ่งเป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นว่า การบริหารจัดการโลจิสติกส์มีประสิทธิภาพและมีต้นทุนที่เหมาะสม จะเป็นรากฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาผู้ประกอบการ SME และด้านอุตสาหกรรมของไทย (ฉัฐพร โยเหลา. 2562)

การขนส่งสินค้าทางบกภายในประเทศ ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มักจะพบปัญหา 2 ลักษณะคือ ปริมาณคำสั่งจากลูกค้าไม่แน่นอนทำให้จัดการด้านกำลังพลไม่เพียงพอในช่วงเวลาที่ปริมาณงานสูงขึ้น หรือกำลังพลของสาขาอื่น ๆ ที่อยู่ในกลุ่มงานที่มีลักษณะงานแบบประเภทเดียวกันมีปริมาณงานน้อย รถบรรทุกและพนักงานขับรถจอดอยู่ที่สาขาโดยไม่มีการใช้งานในช่วงเวลา ส่งผลกระทบกับผลประกอบการและภาพรวมของบริษัทฯ ในการบริหารจัดการกำลังพลที่ยังไม่มีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ จนทำให้เกิดต้นทุนและความสูญเสียในระบบการขนส่ง

กรณีศึกษา บริษัท สีสหายขนส่ง (1988) จำกัด เป็นบริษัทที่ได้ดำเนินธุรกิจการให้บริการขนส่งสินค้าสู่จังหวัดภาคใต้ ปัจจุบันบริษัทมีสำนักงานบริการลูกค้าในพื้นที่บริการจำนวน 13 สาขาใน 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดชุมพร จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดกระบี่ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดตรัง จังหวัดพัทลุงและจังหวัดสงขลา โดยมีจุดกระจายสินค้าและจุดให้บริการลูกค้ากระจายอยู่ตามแต่ละอำเภอ บริษัทใช้พาหนะในการขนส่ง คือ รถสิบล้อ รถหกล้อ และรถกระบะตู้ทึบ จากการให้บริการการขนส่งที่ผ่านมา จำนวนของรถบรรทุกของบริษัทฯ ไม่ถูกใช้ให้เกิดประโยชน์เต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้บริษัทมีต้นทุนด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทานเพิ่มขึ้น

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการนำข้อมูลของบริษัท มาวิเคราะห์และสร้างโอกาสในการสร้างศักยภาพการให้บริการรถบรรทุกสำหรับการขนส่งสินค้า เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ใช้บริการของบริษัทฯ อย่างสูงสุดในทุกสถานการณ์ โดยการปรับปรุงการบริหารจัดการจำนวนของรถบรรทุกในแต่ละสาขาให้เกิดประสิทธิภาพ ภายใต้ต้นทุนที่ต่ำ และวางแผนรถบรรทุกจากสาขาที่มีปริมาณงานน้อยมาให้กับสาขาที่มีปริมาณงานมากเพื่อสามารถตอบสนองความต้องการลูกค้าทุกเวลาตามความต้องการโดยใช้รถบรรทุกที่มีอยู่ในแต่ละสาขาได้อย่างเหมาะสม

ความมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการทำงานและบริหารจัดการเส้นทางการเดินรถบรรทุกขนส่งสินค้า ด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทาง ผ่านโปรแกรม VRP Solver
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานรถบรรทุก เช่น ลดต้นทุนการขนส่ง ลดจำนวนการใช้รถบรรทุก และบริหารจัดการรถบรรทุกได้อย่างเหมาะสม

ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาการวางแผนงานการขนส่งโดยใช้ข้อมูลร่วมกันในการวางแผนงานทั้งกลุ่ม และการปรับจำนวนของรถบรรทุกให้เหมาะสมกับปริมาณงานเพื่อให้ต้นทุนในการดำเนินการต่ำที่สุดและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีข้อจำกัด ดังนี้

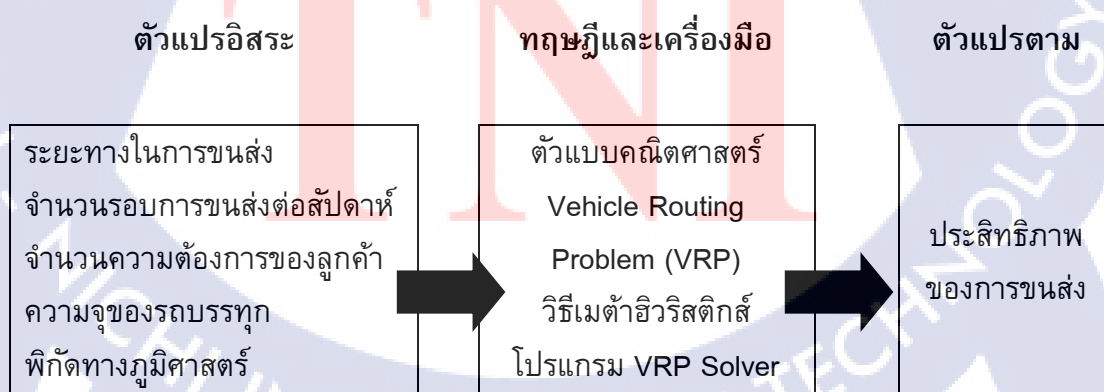
ขอบเขตด้านเนื้อหา

1. ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับค่าขนส่งของบริษัท สีสหายขนส่ง (1988) จำกัด ของสาขาจังหวัดสงขลา โดยจะพิจารณาลูกค้าที่มีการใช้บริการกับบริษัทแบบเหมาคัน
2. ทำการศึกษาค่าใช้จ่ายของรถบรรทุกขนส่งสินค้าเปรียบเทียบระหว่างการจัดเส้นทางด้วยวิธีปัจจุบัน กับการจัดเส้นทางด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทาง ผ่านโปรแกรม VRP Solver

ขอบเขตด้านเวลา

ดำเนินการศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนธันวาคม 2562 รวมทั้งสิ้น 12 เดือน

กรอบแนวคิดในการศึกษา



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาทฤษฎีและสำรวจงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดย

1.1 การศึกษาจากเอกสาร (Documentary Research) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหนังสือ วารสาร บทความ สิ่งตีพิมพ์ และเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับบริษัท สีสหายขนส่ง (1988) จำกัด

1.2 การศึกษาโดยการสัมภาษณ์ (Interviewing) เป็นการสัมภาษณ์จากพนักงานฝ่ายจัดการ ฝ่ายต่างๆ ของบริษัท สีสหายขนส่ง (1988) จำกัด เพื่อให้ได้ข้อมูลต่างๆ เช่น วิธีการดำเนินงานและขั้นตอนการดำเนินงาน

2. ศึกษากระบวนการดำเนินงานและเก็บรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งทางรถบรรทุกและรถกระบะของบริษัท การเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลทุติยภูมิ เก็บรวบรวมข้อมูลจากบริษัท สีสหายขนส่ง (1988) จำกัด โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยและวิเคราะห์ เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า ค่าใช้จ่ายที่บริหารจัดการในศูนย์กระจายสินค้า เป็นต้น

3. ศึกษาตัวแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ และวิธีการหาคำตอบด้วยวิธีเมตาฮีริสติกส์ (Metaheuristic Method)

4. ประยุกต์ใช้โปรแกรม VRP Solver กับบริษัทกรณีศึกษา

5. กำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ในโปรแกรม และวิเคราะห์ข้อมูล

6. นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า และประสิทธิภาพในการขนส่ง

7. สรุปผลการการศึกษา และขอเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ทำการศึกษาต่อไป

8. จัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถจำลองและจัดสรรเส้นทางการเดินรถบรรทุกจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าได้ โดยใช้โปรแกรม VRP Solver

2. สามารถลดต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก และลดจำนวนการใช้รถบรรทุก ซึ่งมีผลทำให้บริษัทมีกำไรมากขึ้นและบริหารจัดการรถบรรทุกได้อย่างเหมาะสม

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความหมายของคำต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

1. ผู้ให้บริการขนส่ง หมายถึง บริษัทรับจ้างขนส่งสินค้าโดยใช้รถบรรทุก

2. ผู้ว่าจ้างงาน หมายถึง ผู้ว่าจ้างให้ผู้บริการขนส่งสินค้าให้

3. รถบรรทุก หมายถึง ยานพาหนะที่มี 6 ล้อของบริษัท สีสหายขนส่ง (1988) จำกัด

4. ลูกค้า หมายถึง ลูกค้าที่มีการใช้บริการขนส่งสินค้าจากจังหวัดกรุงเทพฯไปจังหวัด นครศรีธรรมราชของบริษัท สีสหายขนส่ง (1988) จำกัด

5. ประสิทธิภาพของการขนส่งสินค้า (Efficiency) หมายถึง การขนส่งที่จะต้องประกอบด้วยคุณสมบัติดังนี้ รวดเร็ว (Speed) ประหยัด (Economy) ปลอดภัย (Safety) สะดวกสบาย (Convenient) แน่นนอน ตรงต่อเวลาเชื่อถือได้ (Certainty and Punctuality) ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึง ประหยัดในต้นทุนการขนส่งและประหยัดในราคาค่าบริการ กล่าวคือ ผู้ประกอบการกิจการขนส่งจะต้องพยายามให้ต้นทุนในการขนส่งต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งเมื่อต้นทุนในการขนส่งต่ำแล้วการเรียกเก็บอัตราค่าบริการก็จะลดลงด้วย จะทำให้ผู้ใช้บริการประหยัดค่าใช้จ่ายในอัตราค่าบริการโดยสารหรือค่าระวางด้วย

แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

[illegible]

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้นำแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยอื่น ๆ ที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกับงานวิจัยเรื่องนี้ มานำเสนอเพื่อที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาต่อไป โดยการ นำเสนอแบ่งออก ดังต่อไปนี้

1. ความหมาย และรูปแบบของการขนส่ง
2. ลักษณะของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก
3. แนวคิดด้านการจัดการเส้นทาง (Vehicle Routing)
4. ต้นทุนของการขนส่งสินค้า
5. ระบบฟิสิกส์ภูมิศาสตร์ในประเทศไทย
6. ตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
7. โปรแกรม VRP Solver
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายและรูปแบบของการขนส่ง

สมชาย ปฐมศิริ (2553) อธิบายว่า “การขนส่ง (Transportation)” หมายถึง การเคลื่อนย้ายคน (People) สินค้า (Goods) หรือบริการ (Services) จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งในกรณีของการเคลื่อนย้ายคนนั้นจะเป็นเรื่องของการขนส่งผู้โดยสารเสียเป็นส่วนใหญ่ ในบริบทของหลักสูตรการจัดการขนส่งนี้จะเน้นที่การขนส่งสินค้าหรือ บริการเป็นสำคัญ

แลมเบิร์ต เอ็ม ดักลาส; สตีล อาร์ เจมส์; และเอลแรม เอ็ม ลิซา (2546) อธิบายว่า การขนส่งเป็นการเคลื่อนย้าย สินค้าจากสถานที่ผลิตไปยังสถานที่บริโภคสินค้านั้น ซึ่งการเคลื่อนย้ายสินค้านี้ระหว่างสถานที่ ดังกล่าว ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่สินค้า ซึ่งมูลค่าเพิ่มนี้เรียกว่า รรถประโยชน์ด้านสถานที่ (Place Utility) นอกจากนี้การขนส่งยังก่อให้เกิดรรถประโยชน์ด้านเวลา (Time Utility) ซึ่งเกิดขึ้นจากการ เก็บ รักษาสินค้าไว้จนกระทั่งเกิดความต้องการในการบริโภคสินค้านั้น

ไชยยศ ไชยมั่นคง (2555) อธิบายว่า การขนส่งเป็นการเคลื่อนย้ายบุคคลหรือสิ่งของ ด้วยอุปกรณ์การขนส่งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งและกระบวนการนั้นก่อให้เกิดรรถประโยชน์ด้านสถานที่และเวลา

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การขนส่ง คือ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการเคลื่อนย้าย สินค้าทั้งสินค้าจากสถานที่หนึ่งไปยังสถานที่หนึ่ง เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยปัจจัย ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการขนส่งสินค้าจะประกอบด้วยเวลา สถานที่ และ

รูปแบบการขนส่งที่หลากหลายและสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การขนส่งโดยทั่วไป สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ การขนส่งทางบก การขนส่งทางน้ำและการขนส่งทางอากาศ ซึ่งแบ่งตามลักษณะของเส้นทางหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการขนส่ง เป็น 6 ลักษณะดังนี้

1. การขนส่งทางถนน หรือทางรถยนต์ (Road Transportation)

เป็นการขนส่งที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการขนส่งภายในประเทศ เป็นวิธีการขนส่งที่สะดวกที่สุด เพราะสามารถส่งถึงจุดหมายได้โดยไม่ต้องมีการขนถ่ายสินค้าจากการเปลี่ยนพาหนะ มีความยืดหยุ่นในด้านเวลาค่อนข้างสูงรวดเร็วและควบคุมเวลาได้ดี สามารถขนส่งสินค้าได้หลากหลายประเภท แต่มีข้อเสียคือถ้าปริมาณสินค้ามากหรือระยะทางไกลจะมีต้นทุนค่าขนส่งสูงกว่ารถไฟ

2. การขนส่งทางรถไฟ (Railroad Transportation)

การขนส่งทางรถไฟ เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเคลื่อนย้ายสิ่งของและบุคคลไปได้ไกลด้วยต้นทุนต่ำ และมีความปลอดภัยจากอุบัติเหตุสูงกว่าการขนส่งประเภทอื่น เพราะเครื่องที่อยู่ในเส้นทาง(ราง)ที่สร้างขึ้นโดยเฉพาะนั่นเองลักษณะเด่นของการขนส่งทางรถไฟคือ การที่ขบวนรถไฟแต่ละขบวนสามารถพ่วงตู้บรรทุกหรือตู้โดยสารได้คราวละมากๆจึงสามารถให้บริการโดยประหยัดเหมาะสมกับสินค้าที่มีน้ำหนักมาก ปริมาณมาก เป็นต้น เช่น ปูนซีเมนต์ ถ่านหิน น้ำมัน ตู้คอนเทนเนอร์

3. การขนส่งทางน้ำ (Water Transportation)

เป็นวิธีการขนส่งที่ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด มักใช้สินค้าที่ราคาต่อหน่วยไม่สูง มีปริมาณและน้ำหนักมาก เช่น ไม้ซุง ข้าว ถวาย เรือบรรทุกสินค้ามีระวางความสูงบรรทุกของได้มากเหมาะกับการขนส่งระยะไกล แต่มีความล่าช้า ต้องเป็นคลอง ทะเล แม่น้ำ หรือแหล่งน้ำเท่านั้น การขนส่งทางลำน้ำ ในประเทศไทยสมัยก่อนมีการขนส่งทางลำน้ำสำคัญที่สุดและเป็นการประหยัดมากที่สุด

4. การขนส่งทางอากาศ (Air Transportation)

การขนส่งทางอากาศเป็นการขนส่งที่ให้ความรวดเร็วกว่าการขนส่งประเภทอื่นๆ และการขนส่งสินค้าในระยะไกลๆ ได้อย่างรวดเร็ว เป็นวิธีการที่รวดเร็วที่สุด แต่ก็มีราคาแพงที่สุด จึงนิยมใช้กับการขนส่งที่มีข้อจำกัดทางด้านเวลา เช่น การสั่งซื้ออะไหล่ตัวพิเศษ การขนส่งผักผลไม้และดอกไม้ระหว่างประเทศการขนส่งไปรษณีย์ภัณฑ์ด่วน เช่น FEDEX, UPS, DHL ค่าขนส่งต่อหน่วยของน้ำหนักที่ค่อนข้างสูงทำให้การขนส่งทางอากาศใช้กับสินค้าที่มีน้ำหนักเบา การขนส่งทางอากาศมีกำหนดเวลาตามเที่ยวบินพาณิชย์ เพราะสินค้าที่บรรทุกเป็นเครื่องบิน (Air Cargo) จะเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องบินพาณิชย์ด้วย จึงทำให้มีเวลาขนส่งมีความแน่นอนสูง

5. การขนส่งทางท่อ (Pipeline Transportation)

การขนส่งต่อเนื่องทางท่อ ถูกใช้ในการขนส่งสินค้าจำพวกของเหลวหรือก๊าซ เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดิบ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี น้ำ เป็นต้น ระบบการขนส่งต่อเนื่องมีต้นทุนต่อหน่วยต่ำมาก ให้ระยะเวลาขนส่งที่แน่นอน ค่าใช้จ่ายคงที่เบื้องต้นที่สำคัญเกิดขึ้นจากการติดตั้งระบบท่อหรือสายพานลำเลียง และโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง พบว่าการขนส่งต่อเนื่องทางท่อหรือสายพานลำเลียงเหมาะกับงานที่ เกี่ยวข้องกับการไหลที่ค่อนข้างคงที่และมีจำนวนมาก

6. การขนส่งรูปแบบผสมผสาน (Combined Transportation)

เป็นการผสมผสานระหว่างการขนส่งรูปแบบต่างๆ แต่ได้รับความนิยมมาก คือ รูปแบบการผสมระหว่างรถบรรทุกกับรถไฟ (Truck-Rail) นอกจากนี้ยังมีการผสมผสานรูปแบบอื่นๆ เข้า ด้วยกันอีกเช่น Air-Sea, Air-Rail, Truck-Sea, Rail-Sea เป็นต้น ปัจจุบันพบว่า การขนส่งรูปแบบ ผสมผสานมีอัตราการเจริญเติบโตมากขึ้น เนื่องจากการนำคอนเทนเนอร์มาใช้ ซึ่งสามารถถ่ายโอน การขนส่งรูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่งได้ง่าย

การขนส่งสินค้าทางถนนเป็นรูปแบบหนึ่งของการขนส่งที่ได้รับความนิยมใช้ขนส่งสินค้าภายในประเทศมากที่สุด โดยข้อมูล ปี พ.ศ. 2561 ของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ พบว่า ปริมาณการขนส่งสินค้าในประเทศที่ใช้การขนส่งทางถนนคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 79.3 ของการขนส่งสินค้าในประเทศทั้งหมด เนื่องจากสามารถตอบสนองความต้องการขนส่งแบบถึงมือผู้รับ (Door-to-Door) ที่เพิ่มสูงขึ้น มีข้อได้เปรียบด้านโครงข่ายถนนที่เชื่อมต่อแต่ละภูมิภาคทั่วประเทศไทย ทำให้สามารถขนส่งสินค้าไปที่จุดหมายปลายทางได้ง่ายและสะดวก จัดการระบบขนส่งได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับ การขนส่งรูปแบบอื่นๆ



รูปที่ 2 แนวโน้มและสัดส่วนปริมาณของการขนส่งสินค้าในประเทศ ประจำปี 2561

ที่มา : สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). รายงาน
โลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี 2561. หน้า 3.

ลักษณะของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก

คมกฤษ วลีวงศ์ (2547) ได้อธิบายถึงลักษณะของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกจำแนกตามลักษณะของการบรรทุกสินค้า สามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะดังนี้

1. การขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถ (Full Truckload or FTL Freight) หมายถึง การขนส่งสินค้าที่ปริมาณสินค้าที่บรรทุกในรถแต่ละเที่ยวเต็มความจุที่กำหนดไว้ และมักมีการขนส่งสินค้าทั้งหมดไปยังจุดหมายเพียงจุดเดียว

2. การขนส่งสินค้าแบบไม่เต็มคันรถ (Less-Than-Truckload or LTL Freight) หมายถึง การขนส่งสินค้าที่มีการขนส่งในแต่ละเที่ยวรถไม่ถึงความจุของรถที่กำหนดไว้ ทำให้อัตราค่าขนส่งสูงกว่ารูปแบบการขนส่งแบบเต็มคันรถ

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถเป็นการขนส่งสินค้าที่ปริมาณสินค้าของลูกค้าเท่ากับความจุของปริมาณสินค้าที่รถบรรทุกสามารถรองรับสินค้าได้ และการขนส่งสินค้าแบบไม่เต็มคันรถ คือ เป็นการขนส่งสินค้าที่ปริมาณสินค้าของลูกค้าน้อยกว่าความจุของปริมาณสินค้าที่รถบรรทุกสามารถรองรับสินค้าได้

แนวคิดด้านการจัดการเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing)

1. การจัดเส้นทางรถ (Vehicle Routing)

การจัดเส้นทางรถ เป็นปัญหาที่พบบ่อยๆของบริษัทขนส่ง ในแต่ละวันบริษัทจะมีจำนวนลูกค้าไม่แน่นอน บริษัทจะต้องใช้รถขนส่งกี่คัน จะมีวิธีการจัดลำดับการส่งสินค้าอย่างไรให้เหมาะสม รถคันไหนควรไปส่งสินค้าให้แก่ลูกค้ารายใดบ้าง และจะจัดลำดับการส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละรายอย่างไร การจัดเส้นทางในการเดินทางที่ดีและมีประสิทธิภาพนั้น จะส่งผลให้สามารถลดระยะทางและจำนวนยานพาหนะในการขนส่งได้ ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มปัญหา VRP ตามวิธีการแก้ปัญหาได้ดังนี้ (ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. 2554)

1.1 วิธีการแม่นยำ (Exact Method) เป็นวิธีที่อยู่บนพื้นฐานของหลักการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นตรง การโปรแกรมจำนวนเต็ม หรือวิธีการอื่น ที่จะทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด เช่น วิธีการตัดแบบระนาบ (Cutting plane method) วิธีbranch and bound (Branch and Bound Method) เป็นต้น

1.2 วิธีการฮิวริสติกส์ (Heuristics) เป็นวิธีการที่เมื่อดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้วจะได้คำตอบที่ดี ไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด แต่จะใช้เวลาสั้นกว่าวิธีการแบบแม่นยำสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) วิธีการเจเนติกส์ (Genetic Algorithm) วิธีการระบบมด (Ant System Algorithm) วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization) และวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential Evolution: DE) เป็นต้น

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง สามารถแสดงภาพรวมของการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางได้ดังรูปที่ 2

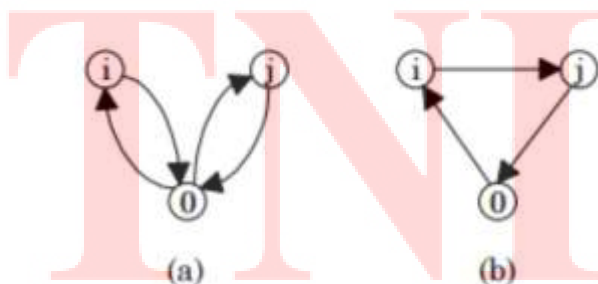


รูปที่ 3 แสดงภาพรวมของการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่ง

ที่มา : Networking and Emerging Optimization. (2013). **Vehicle Routing Problem.** Online.

2. การหาผลลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm)

วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) เป็นวิธีการรวมจุดส่งสินค้าจุดอื่นๆ เข้าไว้ในเส้นทางหลัก แทนที่การจัดส่งสินค้าเป็น 2 เส้นทาง ซึ่งส่งผลให้เกิดการประหยัดในการเดินทาง ค่าการประหยัด saving จากจุดส่งสินค้าจุดที่ 2 มารวมกับเส้นทางหลักของลูกค้าจุดที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3

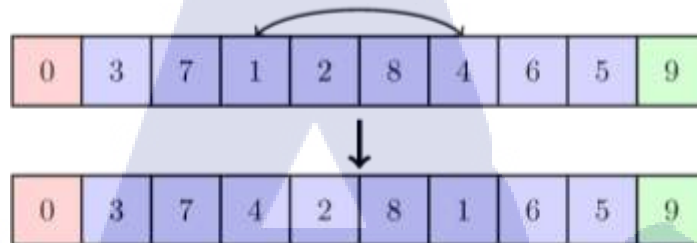


รูปที่ 4 แสดงวิธีการรวมจุดส่งสินค้าโดยวิธี Saving: Clark and Wright saving

ที่มา: Arezoo Samimi. (2016). **Optimizing Patrolling Routes Using Maximum Benefit k-Chinese Postman Problem.** Online.

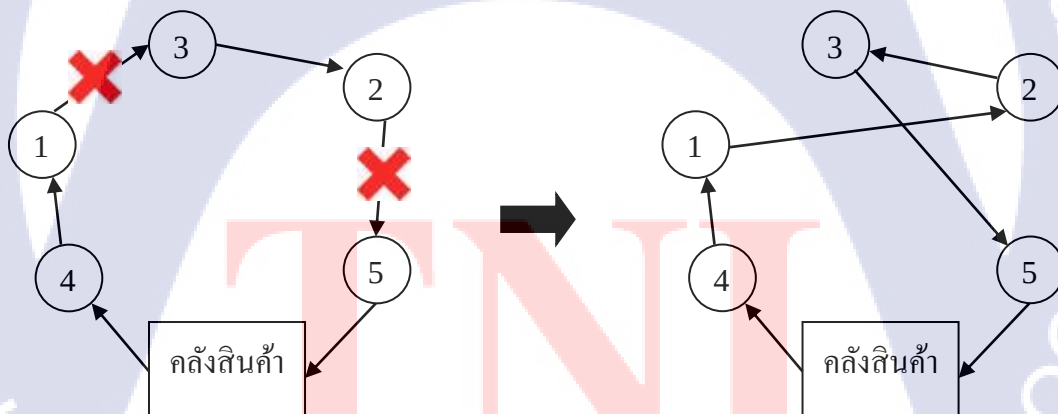
3. การปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristics)

3.1 เทคนิคการสลับตำแหน่ง (Swap) เป็นวิธีที่ใช้การสลับตำแหน่งระหว่างตำแหน่งสองตำแหน่ง แสดงดังรูปที่ 4



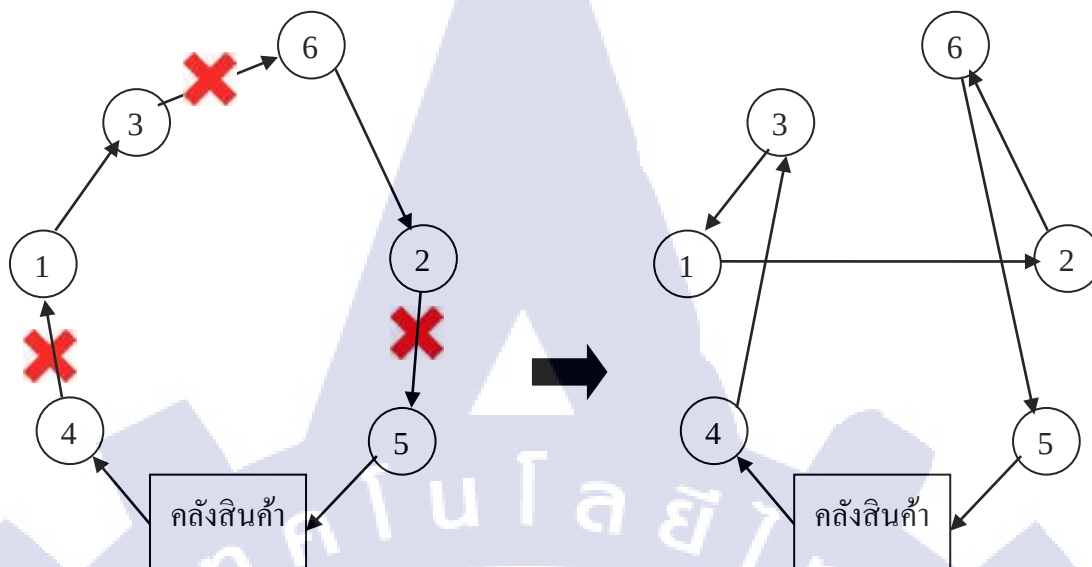
รูปที่ 5 เทคนิคการสลับตำแหน่ง (Swap)

3.2 เทคนิคการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธี 2 – OPT เป็นวิธีที่ใช้การสลับตำแหน่งของจุดส่งสินค้าภายในเส้นทางเดียวกันที่เป็นไปได้ โดยทำการเลือกคู่ของจุดส่งสินค้ามา 2 คู่ สลับกัน และมีกฎข้อห้ามคือ ห้ามให้แต่ละคู่ที่เลือกมานั้นมีเส้นทางเชื่อมถึงกันได้อีก แล้วทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์การจัดเส้นทางระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง เลือกเส้นทางที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ตัวอย่างของ 2-OPT สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 6 เทคนิคการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธี 2 – OPT

3.3 เทคนิคการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธี 3 – OPT เป็นเทคนิคการปรับปรุงเส้นทางเดียวที่มีหลักการเดียวกับเทคนิคการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธี 2 – OPT แต่เปลี่ยนการสลับตำแหน่งของจุดส่งสินค้านั้นเป็นการเลือกสลับครั้งละ 3 ตำแหน่ง เพื่อให้เกิดเส้นทางใหม่ที่ให้ผลลัพธ์ของการจัดเส้นทางที่ดีขึ้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 7 เทคนิคการปรับปรุงเส้นทางด้วยวิธี 3 – OPT

ต้นทุนของการขนส่งสินค้า

ฐานา บุญหล้า; และนางลักษณ์ นิมิตรภูวดล (2555) ได้อธิบายว่า ต้นทุนการขนส่งสินค้าแต่ละรูปแบบ เพื่อพิจารณาจะมีความสอดคล้องกับโครงสร้างต้นทุนการขนส่ง ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร และต้นทุนส่วนเพิ่ม โดยต้นทุนแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

1. ต้นทุนคงที่ (Fix Cost) หมายถึง ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ใดๆ ตามปริมาณการขนส่ง ไม่ว่าจะเป็นดำเนินการขนส่งหรือไม่ก็ตาม ต้นทุนชนิดนี้จะต้องเกิดขึ้นเป็นจำนวนที่คงที่ในอัตราเท่าเดิมอยู่ตลอดเวลา เช่น ค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุก ค่าต่อทะเบียนรถ ค่าประกันภัยรถ เงินเดือนพนักงานขับรถ หรือพนักงานขนถ่าย ค่า GPS ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ ค่าบริหารจัดการ ค่าเช่าสำนักงานและค่าใช้จ่ายอื่นๆ เป็นต้น

2. ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) หมายถึง ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนการให้บริการ กล่าวคือ ถ้าให้บริการขนส่งมาก ต้นทุนประเภทนี้ก็จะมากตามไปด้วย ถ้าให้บริการขนส่งน้อย ต้นทุนประเภทนี้ก็จะน้อยลงไปด้วยหรือถ้าไม่ได้ให้บริการเลย ต้นทุนมีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการใช้น้ำมันในการขนส่ง เช่น ค่าน้ำมัน ค่าซ่อมบำรุง เป็นต้น

3. ต้นทุนส่วนเพิ่ม (Marginal Cost) หมายถึง ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการดำเนินการ เช่น น้ำหนักของสินค้าที่ผลิตเพิ่มขึ้น ค่าขนส่งก็จะเพิ่มขึ้นตาม เป็นต้น

ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ในประเทศไทย

ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic coordinate systems) เป็นระบบพิกัดที่กำหนดตำแหน่งต่าง ๆ บนพื้นโลก ด้วยวิธีการอ้างอิงบอกตำแหน่งเป็นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) ตามระยะเชิงมุมที่ห่างจากศูนย์กำเนิดของละติจูดและลองจิจูดที่กำหนดขึ้นสำหรับศูนย์กำเนิดของละติจูด (Origin of latitude) นั้น กำหนดขึ้นจากแนวระดับที่ตัดผ่านศูนย์กลางของโลกและตั้งฉากกับแกนหมุน เรียกแนวระนาบศูนย์กำเนิดนั้นว่า เส้นระนาบศูนย์สูตรซึ่งแบ่งโลกออกเป็นซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ฉะนั้นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด จะเป็นค่าเชิงมุมที่เกิดจากมุมที่ศูนย์กลางของโลก กับแนวระดับฐานกำเนิดมุมที่เส้นระนาบศูนย์สูตร โดยวัดค่าของมุมออกไปทางซีกโลกเหนือและทางซีกโลกใต้ ค่าของมุมจะสิ้นสุดที่ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ มีค่าเชิงมุม 90 องศาพอดี ดังนั้นการใช้ค่าระยะเชิงมุมของละติจูดอ้างอิงบอกตำแหน่งต่าง ๆ นอกจากจะกำหนดเรียกค่าวัดเป็น องศา ลิปดา และฟิลิปดา โดยจะกำกับด้วยตัวอักษรบอกทิศทางเหนือหรือใต้เสมอ

ส่วนศูนย์กำเนิดของลองจิจูด (Origin of longitude) นั้น กำหนดขึ้นจากแนวระนาบทางตั้งที่ผ่านแกนหมุนของโลกตรงบริเวณตำแหน่งบนพื้นโลกที่ผ่านหอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์เมืองกรีนวิช (Greenwich) ประเทศอังกฤษ เรียกศูนย์กำเนิดนี้ว่า เส้นเมริเดียนแรก (Prime meridian) เป็นเส้นที่แบ่งโลกออกเป็นซีกโลกตะวันตกและซีกโลกตะวันออกค่าระยะเชิงมุมของลองจิจูดเป็นค่าที่วัดมุมออกไปทางตะวันตก และตะวันออกของเส้นเมริเดียนแรกวัดจากศูนย์กลางของโลกตามแนวระนาบที่มีเส้นเมริเดียนแรกเป็นฐานกำเนิดมุม ค่าของมุมจะสิ้นสุดที่เส้นเมริเดียนตรงข้ามกับเส้นเมริเดียนแรกซึ่งมีค่าของมุมซีกโลกละ 180 องศา การใช้ค่าอ้างอิงบอกตำแหน่งใช้เรียกกำหนดเช่นเดียวกับละติจูด แต่ต่างกันที่ต้องบอกเป็นซีกโลกตะวันตก หรือซีกโลกตะวันออกแทน เช่น ลองจิจูดที่ 90 องศา 20 ลิปดา 45 ฟิลิปดาตะวันตก

1. พิกัดภูมิศาสตร์ในประเทศไทย ในจังหวัดสงขลา

จังหวัดสงขลา ตั้งอยู่ฝั่งตะวันออกของภาคใต้ตอนล่างระหว่างละติจูดที่ 617-756 เหนือ ลองจิจูด 100 01-101 06 ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลโดยเฉลี่ย 4 เมตร อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร ตามเส้นทาง รถไฟ 947 กิโลเมตร และทางหลวงแผ่นดิน 950 กิโลเมตร จังหวัดสงขลา มีขนาดพื้นที่ 7,393,889 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 4,853,249 ไร่ มีขนาดใหญ่ เป็นอันดับที่ 27 ของประเทศ และมีอาณาเขตติดต่อกับ จังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดพัทลุง
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับอ่าวไทย
ทิศใต้	ติดต่อกับจังหวัดยะลา จังหวัดปัตตานี รัฐเคดาห์ และรัฐเปอร์ลิสของ ประเทศมาเลเซีย
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับจังหวัดพัทลุง และจังหวัดสตูล

2. แผนที่ทางหลวงสายเอเชีย

ประเทศไทยได้ให้ความร่วมมือในการพัฒนาทางหลวงเอเชียอย่างเข้มแข็งมาโดยตลอด ความก้าวหน้าในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา การดำเนินงานได้สัมฤทธิ์ผลทั้งในด้านการวางโครงข่ายทางหลวงเอเชีย การกำหนดมาตรฐานทางหลวงเอเชีย และการติดตั้งป้ายหมายเลขทางหลวงเอเชีย ประเทศไทยโดยกรมทางหลวงได้ดำเนินงานในเรื่องต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นอย่างสอดคล้องกับความตกลงระหว่างรัฐบาลว่าด้วยโครงข่ายทางหลวงเอเชีย ซึ่งได้มีการลงนามในปี 2547 แล้วกรมทางหลวงได้เสนอทางหลวงในประเทศให้รวมอยู่ในโครงข่ายทางหลวงเอเชียโดยใช้หลักเกณฑ์การคัดเลือกเส้นทางภายใต้โครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางบกแห่งภูมิภาคเอเชีย เช่น เส้นทางเชื่อมโยงระหว่างเมืองหลวง หรือเมืองท่า เป็นต้น

ทางหลวงเอเชียในประเทศไทย แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ทางหลวงเอเชียสายหลัก ได้แก่ AH 1, AH 2 และ AH 3 และทางหลวงเอเชียสายรอง ได้แก่ AH 12, AH 13, AH 15, AH 16, AH 18 และ AH 19 รวมระยะทางทั้งสิ้นประมาณ 5,129 กิโลเมตร (ไม่รวมช่วงของสาย AH 1 และ AH 2 ที่ทับกันช่วงจังหวัดตาก ถึงแยกบางปะอิน ระยะทาง 370 กิโลเมตร) ซึ่งสามารถแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 8 เส้นทางทางหลวงเอเชีย

ที่มา : กรมทางหลวง. (2554). โครงการพัฒนาทางหลวงเอเชีย. ออนไลน์.

ตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2554) ได้อธิบายว่า เป็นการนำเอาปัญหาที่เกิดขึ้นจริง มาสร้างเป็นสมการแบบจำลองขึ้น โดยจะมีการสร้างแบบจำลองในส่วนที่เป็นสมการวัตถุประสงค์ และส่วนที่เป็นข้อจำกัดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งสามารถใช้คนหรือคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาก็ได้ แต่ในการใช้กรณีที่ปัญหาที่มีตัวแปรมากอาจจะทำให้ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีได้ ดังนั้น การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยนั้นจะทำให้สามารถรองรับปัญหาที่ใหญ่ได้และใช้เวลาในการหาคำตอบเร็วกว่าการใช้คน อย่างไรก็ตามการหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางคอมพิวเตอร์จะได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับ คำตอบที่เหมาะสมที่สุดแต่ยังใช้เวลาในการหาคำตอบที่นานถ้าตัวแปรเยอะมากเวลาในการหาคำตอบจะทวีคูณขึ้นไป ตัวอย่างของวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการจำลองเส้นทาง (Vehicle Routing Problem : VRP) ดังนี้

ดัชนี

i, j แทนลูกค้ารายที่ i หรือ j โดยที่ $i, j = 1, 2, \dots, N$
 k แทนยานพาหนะ คันที่ $k = 1, 2, \dots, K$

พารามิเตอร์

d_{ij} แทนต้นทุนในการเดินทางจากลูกค้า i ไปลูกค้า j
 q_i แทนความต้องการสินค้า ณ จุด i
 a_k แทนความจุของยานพาหนะที่ k

ตัวแปรตัดสินใจ

X_{ij}^k แทนค่าเท่ากับ 1 เมื่อยานพาหนะ k มีการเดินทางจาก i ไป j และเท่ากับ 0 เมื่อยานพาหนะ k ไม่มีการเดินทางจาก i ไป j
 U_i^k แทนค่าตัวแปรตัดสินใจเพื่อกำจัดเส้นทางเดินวนรอบไม่ครบ
 Y_i^k แทนค่าเท่ากับ 1 เมื่อลูกค้ารายที่ i ถูกเดินทางผ่านโดยยานพาหนะ k และเท่ากับ 0 เมื่อลูกค้ารายที่ i ไม่ถูกเดินทางผ่านโดยยานพาหนะ k

สมการเป้าหมาย

$$\sum_{k=0}^K \sum_{j=0}^N \sum_{i=0}^N d_{ij} X_{ij}^k$$

แทนต้นทุนการเดินทางจากเมือง i ไปเมือง j โดยยานพาหนะ k

สมการขอบข่าย

$$\sum_{j=1}^N X_{oj}^k \leq 1 \quad ; k=1,2,..K \quad (1)$$

$$\sum_{i=0}^N X_{ip}^k - \sum_{j=0}^N X_{pj}^k = 0 \quad ; p=1,...,N \text{ และ } k=1,...,K \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K Y_i^k = 1 \quad ; i=1,2,..N \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^N q_i Y_i^k \leq a_k \quad ; k=1,2,..K \quad (4)$$

$$Y_i^k \leq \sum_{j=0}^N X_{ji}^k \quad ; i=1,2,..N \text{ และ } k=1,2,..K \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N x_{ij}^k \geq 1 \quad ; j=1,2,..N \quad (6)$$

$$U_i^k \geq U_j^k + q_i - a_k + a_k (X_{ij}^k + X_{ji}^k) - X_{ij}^k (q_i + q_j) \quad (7)$$

; $i=1,2,..N, k=1,2,..K$ และ $j=1,2,..N$ เมื่อ $i \neq j$

$$U_i^k \leq a_k - X_{oi}^k (a_k - q_i) \quad ; i=1,2,..N \text{ และ } k=1,2,..K$$

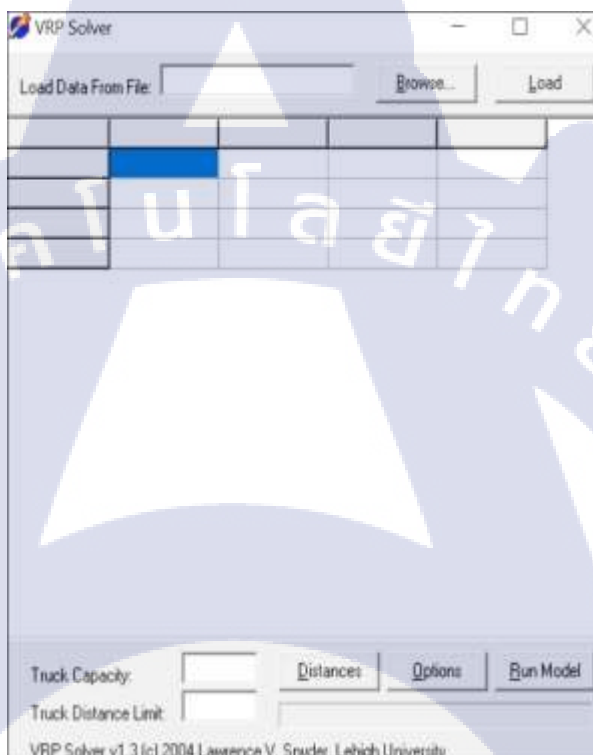
$$U_i^k \leq q_i + \sum_{j=1}^N q_j X_{ji}^k \quad ; i=1,2,..N \text{ และ } k=1,2,..K$$

ซึ่งสามารถอธิบายความหมายได้ดังนี้

สมการที่ (1) หมายถึง ยานพาหนะ k จะเดินทางออกจากศูนย์กระจายสินค้า 0 และเดินทางไปยังลูกค้า j อย่างน้อย 1 ราย สมการที่ (2) หมายถึง ลูกค้ารายหนึ่งๆ จะเดินทางเข้าและออกเท่านั้น(1 ครั้ง) สมการที่ (3) หมายถึง จะได้รับการเดินทางผ่านจากยานพาหนะอย่างน้อย 1 คัน สมการที่ (4) หมายถึง ยานพาหนะใด ๆ จะขนส่งสินค้าไปส่งให้กับลูกค้าไม่เกินจำนวนที่สามารถบรรทุกได้ สมการที่ (5) หมายถึง การเดินทางเข้าเมือง i ได้ ก็ต่อเมื่อ ยานพาหนะ k เดินทางผ่านเมือง i จากเส้นทางของเมือง j เมืองใดเมืองหนึ่งเท่านั้น สมการ (6) หมายถึง เมือง j ใด ๆ จะได้รับการเดินทางผ่านโดยยานพาหนะใด ๆ อย่างน้อย 1 ครั้งโดยใช้ เส้นทางที่ผ่านมาจากเมือง i ใด ๆ และสมการที่ (7) ถึง (9) หมายถึง สมการเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดทัวร์ย่อย (sub tour)

โปรแกรม VRP Solver

VRP Solver คือ โปรแกรมช่วยในการคำนวณหาระยะทางที่สั้นที่สุดเพื่อใช้ในการขนส่งสินค้า หรือเส้นทางเดินรถโดยใช้วิธีคิดคำนวณจากความกว้างของมุม ซึ่งต้องทำการเก็บข้อมูลพิกัดของที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า และที่ตั้งของลูกค้า จาก <https://www.google.co.th/maps> เพื่อนำมาวิเคราะห์และจัดเรียงเส้นทางการเดินรถใหม่ แสดงรูปโปรแกรมดังรูปที่ 8



รูปที่ 9 แสดงโปรแกรม VRP Solver สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการปัญหาการขนส่งไว้ดังนี้

กวีร์วรรธน์ วิพัฒน์กิจไพศาล (2558) ได้ศึกษาแนวทางในการลดต้นทุนการขนส่งสินค้าของบริษัท รวมทั้งการจัดตารางและเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่ให้มีความแน่นอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตอบสนองความต้องการของลูกค้า ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องต้นทุนการขนส่งต่อกิโลเมตร ข้อมูลปริมาณบรรทุกและระยะเวลาที่ใช้รถขนส่ง แล้วนำวิธีการจัดการการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง หรือ Vehicle Routing Problem : VRP ด้วยเทคนิค Nearest Neighborhood Algorithm และ Saving Algorithm ทำการจัดเส้นทางและ

ตารางเดินรถใหม่ จากการศึกษาพบว่า สามารถช่วยลดต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยเดือนละ 13,034.83 บาท ซึ่งลดลงร้อยละ 16.30 จากต้นทุนก่อนปรับปรุง รวมทั้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรขนส่งสินค้า โดยปริมาตรสินค้าที่บรรทุกเฉลี่ยต่อรอบเพิ่มขึ้นร้อยละ 23.85 และอัตราเวลาการใช้ประโยชน์รถเฉลี่ยต่อรอบเพิ่มขึ้นจากข้อมูลก่อนปรับปรุงร้อยละ 17.09

กาญจนา ลิ้มวัฒนากุล (2558) ได้ศึกษาเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าและการจัดการพื้นที่รถบรรทุก 4 ล้อในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลโดยประยุกต์การใช้วิธีเมตาฮิวริสติกส์แบบการค้นหา ต้องห้าม ผ่านโปรแกรมสำเร็จรูป Excel Solver และฟังก์ชัน Evolutionary เพื่อลดความเสี่ยงของการสูญเสียน้ำหนักและหาระยะทางรวมต่ำที่สุดและเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการขนส่ง ทำการเปรียบเทียบระยะทางและค่าใช้จ่ายจากวิธีขนส่งปัจจุบันที่ให้ผู้เชี่ยวชาญการจัดเส้นทางขนส่งเป็นผู้กำหนดเส้นทางและพื้นที่จัดส่ง กับการใช้การจัดการเส้นทางด้วยวิธีการเมตาฮิวริสติกส์แบบวงกลมรูปเล็ด การสลับที่และการค้นหาต้องห้าม จากการศึกษาพบว่าในกรณีที่สินค้าเต็มคัน และส่งสินค้าให้กับลูกค้าไม่เกิน 2 ราย ทั้งสองวิธีให้ผลลัพธ์ไม่แตกต่างกัน กรณีที่มีลูกค้ามากกว่า 3 รายขึ้นไปวิธีการเมตาฮิวริสติกส์จะให้ผลลัพธ์ในการหาระยะทางที่สั้นที่สุดได้ดีกว่าและประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้มากกว่าวิธีปัจจุบัน โดยวิธีเมตาฮิวริสติกส์สามารถลดค่าใช้จ่ายจาก 62,766.00 บาท เป็นค่าใช้จ่าย 56,729.20 บาท ลดลงร้อยละ 9.62 วิธีปัจจุบัน

สุสิทธิ์ ชนะสิทธิ์ และ สรวิชญ์ เยาวสุวรรณไชย (2556) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อลดระยะทางในการเดินรถขนส่งสินค้า โดยมีการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Google map) ในการหาตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มลูกค้าภายในพื้นที่รับผิดชอบต่างๆ และใช้แนวคิดการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem : VRP) ผ่านโปรแกรม VBA จากการศึกษาพบว่า โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นและปรับปรุงด้วยวิธี 2-Opt และ 3-Opt สามารถลดระยะทางในการจัดเส้นทางขนส่งได้คิดเป็น 1,240.4 กิโลเมตร และ 1,166.1 กิโลเมตรตาม ลำดับ ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดระยะทางจากการเส้นทางรถขนส่งสินค้าได้

ณัฏพร ไชยเสนา (2561) ได้ศึกษาการจัดเส้นทางรถขนส่งด้วยวิธีเมตาฮิวริสติกส์และสร้างแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งด้วยวิธีการสลับจุด 3 จุด (3-Opt) ประยุกต์กับโปรแกรมจัดเส้นทางที่เขียนชุดคำสั่งบนโปรแกรม Visual Basic for Application (VBA) และโปรแกรม Microsoft Excel จากการศึกษาพบว่า โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถลดระยะทางขนส่งรวมของรถบรรทุกประเภท 6 ล้อกลาง จากเดิม 5,005.93 กิโลเมตร เหลือเพียง 4,512.11 กิโลเมตร โดยสามารถลดระยะทางจากเดิมลง 493.82 กิโลเมตร และสามารถลดต้นทุนค่าน้ำมัน

เชื้อเพลิงลง 12,389.94 บาทต่อสัปดาห์ ตลอดจนสามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

น้ำหวาน พลากานตง; และ สมบัติ สินธุเชาวน์ (2561) ได้ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งผลิตภัณฑ์นมโฟร์โมส เพื่อให้ระยะทางรวมในการขนส่งต่ำที่สุด ภายใต้เงื่อนไขของความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายไม่แน่นอน และความจุของยานพาหนะมีจำนวนจำกัด โดยที่ผู้ทำการวิจัยทำการทดสอบกับลูกค้าของบริษัท 30 ราย ใช้รถกระบะบรรทุกสำหรับขนส่งน้ำจำนวน 2 คัน และกำหนดให้ควาจุในการบรรทุกของรถแต่ละคันมีค่าสูงสุด ด้วยวิธีประหยัด (Saving Algorithms) ของ Clarke และ Wright เพื่อหาคำตอบเริ่มต้นของปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง และปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีย้ายหนึ่งตำแหน่ง (One Move) วิธีสลับเปลี่ยนตำแหน่ง(Exchange) และวิธีการสลับสองตำแหน่ง (2-Opt) จากการศึกษาพบว่าสามารถลดระยะทางจาก 972.91 กิโลเมตร เหลือ 434.56 กิโลเมตร ซึ่งลดลง 538.35 กิโลเมตร หรือลดลงร้อยละ 55.33 จากวิธีปัจจุบัน ซึ่งทำให้ลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้าของบริษัทได้

นิรันดร์ สมมุติ; และ สมบัติ สินธุเชาวน์ (2562) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle routing problem) กรณีศึกษา โรงงานน้ำดื่มธารทิพย์ โดยประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติก เพื่อให้ระยะทางรวมในการขนส่งสินค้าต่ำสุด ซึ่งมีจำนวนลูกค้าที่จะต้องจัดส่งทั้งหมด 73 ราย ภายใต้เงื่อนไขความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายไม่แน่นอน และความจุของยานพาหนะมีจำนวนจำกัด และการปรับปรุงคุณภาพคำตอบโดยวิธี 2-opt , Swap operator and Move exchanges จากการศึกษาพบว่า สามารถลดระยะทางรวมจากเดิม 154.8 กิโลเมตรต่อวัน ลดลงเหลือ 120.5 กิโลเมตรต่อวัน มีสายส่งเกิดขึ้น 7 เส้นทาง ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าโทษเกิดขึ้นจำนวน 15.26 บาท สามารถลดค่าใช้จ่ายจากค่าน้ำมันเชื้อเพลิง เหลือ 424.96 บาทต่อวัน ซึ่งลดลงจำนวน 101.36 บาทต่อวัน ถ้าหากคิดเป็นเดือนจะมีค่าใช้จ่ายจากค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจากเดิม 15,789.60 บาทต่อเดือน เหลือ 12,748.80 บาทต่อเดือนลดลง 3,040.80 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 19.25

พลอยไพลิน ภูมิโคกรักษ์ (2560) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง เพื่อหาวิธีการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสมและลดระยะทางการขนส่งสินค้า โดยการเลือกบริษัทตัวแทน 54 แห่ง และการประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving algorithms) และปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม VBA จากการศึกษาพบว่า วิธีการเชิงพันธุกรรมสามารถพัฒนาปรับปรุงคำตอบได้ส่งผลให้ระยะทางการขนส่งสินค้าลดลงจากคำตอบของวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving algorithms) เพิ่มขึ้น สามารถลดระยะทางรวมในการขนส่งสินค้าได้จาก 2,042 กิโลเมตรเหลือเพียง 1,970 กิโลเมตร ลดลงร้อยละ 3.53 และเมื่อเปรียบเทียบแต่ละกรณี จะพบว่า กรณีที่มีจำนวนจุดส่งสินค้าน้อย วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดจะมีประสิทธิภาพ

มากกว่า แต่กรณีที่มีจำนวนจุดสิ่งส่งสินค้าตั้งแต่ 10 จุดขึ้นไป วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดนั้นจะมีประสิทธิภาพลดลง

พิชญ์ พันธุ์พิพัฒน์; และ เปรมพร เขมาวุฒย์ (2562) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งของรถบรรทุกขนาดใหญ่สำหรับสินค้าประเภทเทกองและกระสอบ ด้วยวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic) พบว่า วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Algorithm) และวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving algorithms) จากการศึกษพบว่า การปรับเส้นทางรถขนส่งใหม่สามารถลดระยะทางในการขนส่งจากเหลือเพียง 3,722.9 กิโลเมตร และ 4,008.1 กิโลเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการขนส่งแบบเดิม วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดให้ผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินรถที่ดีที่สุด เกิดการเสียเปล่าในการเดินรถหรือระยะทางที่ไม่มีการบรรทุกสินค้าน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดเหมาะสมกับข้อมูลที่มีทางเลือกจำนวนน้อย นอกจากนี้ยังพบว่ารูปแบบการขนส่งสินค้าไป-กลับหรือการขนส่งสินค้าแบบเทกอง วิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด 4 ช่วง นั้นดีกว่าวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด 3 ช่วง

อกนิษฐ์ สันธินา; และ ศิรวดี อรัญนารถ (2562) ได้ศึกษาการจัดเส้นทางรถขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งมีรถขนส่งบรรทุกสินค้าหลายขนาดและปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าบางรายมีมากกว่าความสามารถบรรทุกสินค้าของรถขนาดใหญ่สุด ทำให้ไม่สามารถส่งสินค้าได้ครบด้วยรถบรรทุกเพียงคันเดียว จึงต้องแบ่งส่งสินค้าให้ลูกค้าด้วยรถขนส่งมากกว่าหนึ่งคัน จากการศึกษพบว่า การหาคำตอบจากตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง ซึ่งเป็นวิธีการหาคำตอบแบบเมต้าฮิวริสติกส์ สามารถลดต้นทุนการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษาลงจากเดิมร้อยละ 10.66 และสามารถลดเวลาในการจัดเส้นทางรถขนส่งได้ ร้อยละ 97.92 จึงถือเป็นวิธีที่สามารถให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพในการวางแผนการขนส่งได้

อัศรพล ชุณหเกียรติ์สกุล (2559) ได้ศึกษาปัญหาการเลือกเส้นทางรถขนส่ง (Vehicle Routing Problem หรือ VRP) และทดลองใช้โปรแกรมค้นหาเส้นทางที่พัฒนาขึ้นมากับตัวอย่างการขนส่งจริงของบริษัทกรณีศึกษา จากการศึกษพบว่า เมื่อนำโปรแกรมที่ได้พัฒนาไปใช้งานจริงกับรถขนส่งของศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดเพชรบุรี จะสามารถลดต้นทุนแปรผันในการขนส่งได้ร้อยละ 23.08 สำหรับการกระจายสินค้า 1 เที่ยวรถบรรทุกเข้า สามารถนำไปสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันระยะยาว และช่วยจัดสรรทรัพยากรด้านอื่นๆ ได้ดีขึ้น เช่น การใช้เวลาที่คุ้มค่ามากขึ้น ภาระหน้าที่ของพนักงานลดลง เป็นต้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานสารนิพนธ์

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาตามขั้นตอนโดยมีการประยุกต์ตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการหาคำตอบด้วยวิธีเมตาฮีริสติกส์ เพื่อให้สามารถจัดเส้นทางการขนส่งแล้วเกิดประสิทธิภาพการขนส่งได้ผลตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยมีการแบ่งขั้นตอนการศึกษาเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาสภาพทั่วไป และเก็บรวบรวมข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา
2. คัดเลือกกลุ่มข้อมูลหรือกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา
3. เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ศึกษาสภาพทั่วไป และเก็บรวบรวมข้อมูลการขนส่งปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้บริษัท สีสหายขนส่ง จำกัด ซึ่งมีศูนย์กระจายสินค้าจำนวน 13 ศูนย์ ใน 8 จังหวัด ลูกค้านั้นที่เป็นบริษัทรายหลักและรายย่อยทั้งหมดจำนวนรายหมื่นราย ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดชุมพร จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดกระบี่ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดตรัง จังหวัดพัทลุง และจังหวัดสงขลา โดยมีจุดกระจายสินค้าและจุดให้บริการลูกค้ากระจายอยู่ตามแต่ละอำเภอ บริษัทใช้พาหนะในการขนส่ง คือ รถสิบล้อ รถหกล้อ และรถกระบะตู้ทึบ บริษัทมีลักษณะรูปแบบการให้บริการ 3 แบบดังนี้

1.1 บริการขนส่งสินค้าทั่วไป

บริการรับ-ส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ทั่วไป ได้แก่สินค้าอุปโภคบริโภค ของใช้ในบ้าน วัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง อุปกรณ์การเกษตร ฯลฯ นำสินค้ามาส่งได้ที่จุดรับสินค้าสำนักงานกรุงเทพฯและสำนักสาขาทุกสาขา สินค้าจะถูกจัดส่งไปยังที่อยู่ปลายทางในพื้นที่บริการ

1.2 บริการขนส่งสินค้าแบบเหมาคัน

ให้บริการขนส่งสินค้าจำนวนมากประเภทเหมาคัน โดยรถบรรทุกสิบล้อ รถพ่วง รถเทรเลอร์ บริการรับสินค้าถึงที่และจัดส่งสินค้าถึงปลายทางทั่วประเทศ ติดต่อขอใช้บริการได้ที่สำนักงานกรุงเทพฯ ถนนสะแกงามและสาขาทุกสาขา

1.3 บริการขนส่งสินค้าด่วน

บริการรับส่งสินค้าด่วน Sisahy Express ระยะเวลาจัดส่งสินค้าถึงปลายทางภายใน 2 วันทำการ โดยรถกระบะตู้ทึบ บริการรับสินค้าถึงที่และจัดส่งถึงปลายทางตามพื้นที่บริการ ติดต่อขอรับบริการได้ที่สำนักงานกรุงเทพฯ ถนนสะแกงามและสำนักงานสาขาทุกสาขา

บริษัท สีสหายขนส่ง จำกัด มีสำนักงานใหญ่ ตั้งอยู่ที่ 103/1 ถ.สะแกงาม แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน กทม. 10150 ซึ่งเป็นจุดรับสินค้าจากลูกค้าต้นทางในพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล เพื่อส่งสินค้าไปยังพื้นที่บริการปลายทางตามสำนักงานสาขาต่างๆ นอกจากนี้ยังเป็นจุดรับสินค้าที่ส่งมาจากสำนักงานสาขาต่างๆ ด้วย



รูปที่ 10 แผนที่แสดงตำแหน่งของบริษัท สีสหายขนส่ง จำกัด (สำนักงานใหญ่)

คัดเลือกกลุ่มข้อมูลหรือกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา

ผู้ศึกษาได้ทำการเลือกตัวอย่างเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยให้เหตุผลตามหลักความสำคัญของลูกค้าและจำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่มีหลายแห่งในจังหวัดเดียวกัน ซึ่งตัวอย่างที่เลือกทำการศึกษาคั้งนี้เป็นศูนย์กระจายสินค้าในจังหวัดสงขลา ให้บริการลูกค้ารายหลักจำนวน 249 ราย (เฉพาะลูกค้าที่มียอดการใช้บริการมากกว่า 10,000 บาทต่อปี) ในอำเภอหาดใหญ่ อำเภอสิงหนคร อำเภอสะเดา อำเภอสทิงพระ อำเภอรัตนบุรี อำเภอเมืองสงขลา อำเภอปากพะยูน อำเภอบางกล่ำ อำเภอนาหม่อม อำเภอนาทวี อำเภอจะนะ และอำเภอควนเนียง โดยจะใช้การหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถบรรทุกด้วยวิธีเมตาฮิวริสติกเพื่อให้บริษัทมีต้นทุนการขนส่งรวมต่ำที่สุด และจัดสรรทรัพยากรต่างๆให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลของบริษัทได้ทำระบบข้อมูล พิจารณาค่าขนส่งในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนธันวาคม 2562 รวมทั้งสิ้น 12 เดือน และข้อมูลจากแหล่งอิเล็กทรอนิกส์ออนไลน์ ดังนี้

1. ข้อมูลพิกัดของศูนย์กระจายสินค้าสาขาจังหวัดสงขลา และอำเภอต่างๆในจังหวัด
2. ข้อมูลระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าสาขาจังหวัดสงขลา กับอำเภอต่างๆในจังหวัด
3. ข้อมูลค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าซ่อมบำรุงของรถบรรทุก (บาทต่อเดือน) ของศูนย์กระจายสินค้าของสาขาจังหวัดสงขลา
4. ปริมาตรสินค้าของลูกค้า และรอบการขนส่งของแต่ละอำเภอที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์กระจายสินค้าของสาขาจังหวัดสงขลา

การวิเคราะห์ข้อมูล

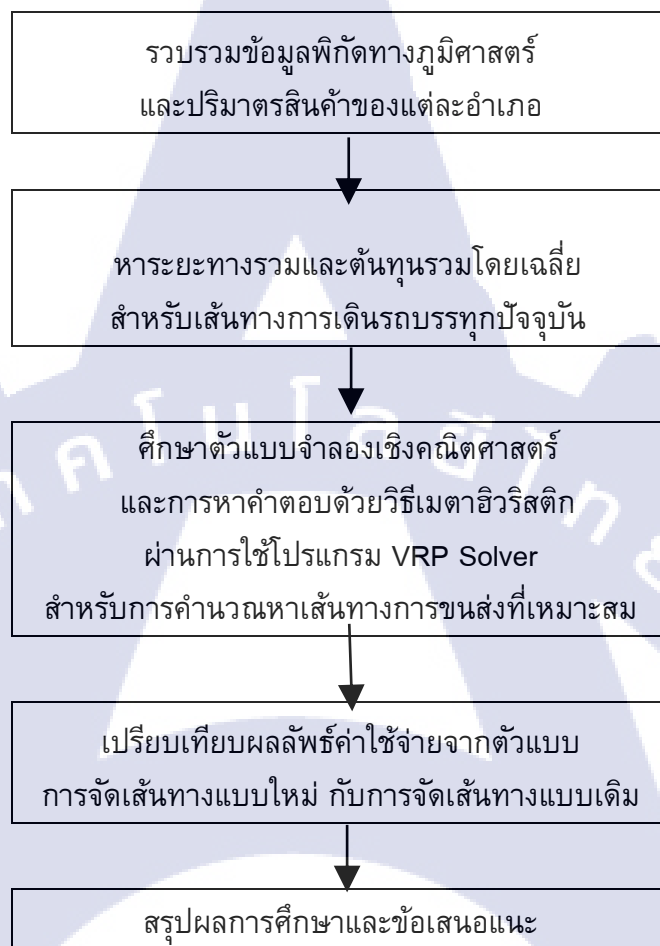
ใช้รูปแบบการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลตัวเลขที่ได้จากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. การวิเคราะห์เส้นทางเดินรถแบบเดิม
2. การวิเคราะห์การเดินรถแบบใหม่ด้วยการใช้โปรแกรมจัดเรียงเส้นทาง (VRP)

เป็นการกำหนดเกณฑ์บางประการขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาได้รวดเร็วและสามารถใช้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ แม้ผลลัพธ์ที่ได้จะไม่ใช่ว่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุด แต่ก็ยังเป็นผลลัพธ์ที่มีค่าเฉลี่ยที่เหมาะสม ในการจัดเส้นทางรถเดินรถในแต่ละวันนั้น จะมีลูกค้าจำนวนหนึ่งมากหรือน้อยในแต่ละวันที่ต้องการให้ทางบริษัท สีสหายขนส่ง จำกัด ไปส่งให้ ซึ่งมีจำนวนของลูกค้าในแต่ละวันที่ไม่เท่ากัน จึงเกิดคำถามที่ว่า จะต้องใช้รถขนส่งกี่คัน และควรจัดเส้นทางในการขนส่งสินค้าอย่างไร รถบรรทุกคันไหนควรไปส่งสินค้าให้แก่ ลูกค้ารายใดบ้าง และจะจัดลำดับของการส่งสินค้าอย่างไร เป็นต้น โดยในที่ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม VRP Solver ในการช่วยคำนวณโดยที่ภายในโปรแกรม VRP Solver ต้องเก็บข้อมูลเพื่อใส่ตัวแปรหรือตัวพารามิเตอร์ ที่เพื่อคำนวณหาคำตอบ ดังนี้

1. ข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ของศูนย์กระจายสินค้า และอำเภอต่างๆของลูกค้า
2. ปริมาตรสินค้าของลูกค้าในแต่ละอำเภอ (ลูกบาศก์เมตรต่อสัปดาห์)
3. ปริมาณความจุสูงสุดของรถบรรทุกในการขนส่ง (ลูกบาศก์เมตร)
4. ระยะทางสูงสุดที่รถบรรทุกคันหนึ่งสามารถวิ่งได้ (กิโลเมตร)
5. วิธีการหาคำตอบแบบเมตาดิวริสติกส์ และการปรับปรุงคำตอบวิธีต่างๆจากการทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 11 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

สรุปผลการศึกษาและเสนอแนะ

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบตัวชี้วัดต่างๆ เช่น จำนวนรถบรรทุกที่ใช้วิ่ง จำนวนเที่ยวของการขนส่ง ระยะทางในการขนส่ง ต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมด เป็นต้น ของการจัดเส้นทางแบบใหม่ กับการจัดเส้นทางแบบเดิมแล้วนำเสนอข้อเสนอแนะในลำดับถัดไป

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

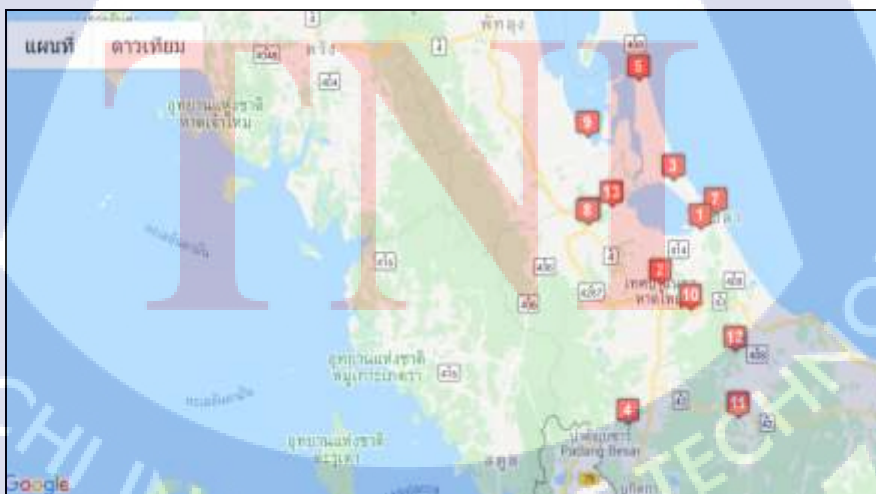
ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผลสรุป และข้อเสนอแนะงานวิจัยได้นำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
 - 1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน
 - 1.2 การจัดเส้นทางด้วยวิธี Saving Algorithm
 - 1.3 การจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม VRP Solver
 - 1.4 การเปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพ
2. สรุปผลการวิจัย และอภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ
 - 3.1 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย
 - 3.2 ข้อเสนอแนะงานวิจัยครั้งต่อไป

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

1.1 ข้อมูลพิกัดของศูนย์กระจายสินค้าสาขาจังหวัดสงขลา และแต่ละอำเภอในจังหวัด
ผู้วิจัยแปลงพิกัดเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ทางภูมิศาสตร์โดยใช้โปรแกรม Google Map
พิกัดของศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทสาขาจังหวัดสงขลา ดังแสดงในรูปที่ 11 และตารางที่ 2



รูปที่ 12 แสดงตำแหน่งของศูนย์กระจายสินค้าสาขาจังหวัดสงขลา และแต่ละอำเภอในจังหวัด

ตารางที่ 2 ตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ของศูนย์กระจายสินค้าสาขาและอำเภอในจังหวัดสงขลา

หมายเลข	ตำแหน่งที่ตั้ง	พิกัดละติจูด	พิกัดลองจิจูด
1	ศูนย์กระจายสินค้า	7.14203619	100.5770458
2	หาดใหญ่	7.016930152	100.4756841
3	สิงหนคร	7.253968635	100.5072492
4	สะเดา	6.698304648	100.3943673
5	สทิงพระ	7.48050203	100.4197376
6	รัตภูมิ	7.154608583	100.2929211
7	เมืองสงขลา	7.176911539	100.61436
8	ปากพะยูน	7.151970055	100.2910844
9	บางกล่ำ	7.352444678	100.2928138
10	นาหม่อม	6.959257354	100.5524408
11	นาทวี	6.712781429	100.6722002
12	จะนะ	6.863096407	100.6647255
13	ควนเนียง	7.193372249	100.3531789

1.2 ข้อมูลระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าสาขาไปยังอำเภอในจังหวัดสงขลา ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าของสาขาและอำเภอในจังหวัดสงขลา

NO.	ที่ตั้ง	ละติจูด	ลองจิจูด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	ศูนย์	7.14204	100.577	0.00	23.90	19.40	62.20	46.60	49.80	7.00	55.50	32.20	26.10	63.80	48.60	36.80
2	หาดใหญ่	7.01693	100.476	23.90	0.00	40.60	44.70	66.50	31.30	26.30	58.40	16.00	14.80	69.50	54.30	28.40
3	สิงหนคร	7.25397	100.507	19.40	40.60	0.00	80.20	30.20	35.90	25.90	35.60	42.80	54.10	81.80	66.60	26.20
4	สะเดา	6.6983	100.394	62.20	44.70	80.20	0.00	116.00	70.10	78.00	97.20	59.80	43.60	49.40	62.70	75.20
5	สทิงพระ	7.4805	100.42	46.60	66.50	30.20	116.00	0.00	50.40	53.50	42.30	57.30	70.30	109.00	94.20	40.70
6	รัตภูมิ	7.15461	100.293	49.80	31.30	35.90	70.10	50.40	0.00	51.90	28.80	20.00	38.80	94.40	79.20	10.80
7	เมืองสงขลา	7.17691	100.614	7.00	26.30	25.90	78.00	53.50	51.90	0.00	62.20	37.20	39.60	63.20	48.00	41.80
8	ปากพะยูน	7.15197	100.291	55.50	58.40	35.60	97.20	42.30	28.80	62.20	0.00	47.10	65.80	121.00	106.00	26.00
9	บางกล่ำ	7.35244	100.293	32.20	16.00	42.80	59.80	57.30	20.00	37.20	47.10	0.00	30.00	85.60	70.40	19.70
10	นาหม่อม	6.95926	100.552	26.10	14.80	54.10	43.60	70.30	38.80	39.60	65.80	30.00	0.00	56.70	41.50	45.50
11	นาทวี	6.71278	100.672	63.80	69.50	81.80	49.40	109.00	94.40	63.20	121.00	85.60	56.70	0.00	28.70	101.00
12	จะนะ	6.8631	100.665	48.60	54.30	66.60	62.70	94.20	79.20	48.00	106.00	70.40	41.50	28.70	0.00	85.40
13	ควนเนียง	7.19337	100.353	36.80	28.40	26.20	75.20	40.70	10.80	41.80	26.00	19.70	45.50	101.00	85.40	0.00

1.3 ข้อมูลค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าซ่อมบำรุงของรถบรรทุก (บาทต่อเดือน) ของศูนย์กระจายสินค้าของสาขาจังหวัดสงขลา ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลต้นทุนค่าซ่อมรถบรรทุก และต้นทุนค่าน้ำมันรถบรรทุกของศูนย์กระจายสินค้าสาขาจังหวัดสงขลา ในแต่ละเดือนของปี 2562

ค่าใช้จ่าย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ค่าซ่อมรถบรรทุก	550	1,900	3,399	3,530	7,441	4,520	550	3,360	1,910	3,950	1,250	3,399
ค่าน้ำมันรถบรรทุก	22,400	23,500	23,600	22,400	21,500	23,600	20,900	23,500	20,100	22,400	23,600	21,600
รวม	22,950	25,400	26,999	25,930	28,941	28,120	21,450	26,860	22,010	26,350	24,850	24,999

1.4 ปริมาตรสินค้าของลูกค้า และรอบการขนส่งแต่ละอำเภอที่อยู่ในพื้นที่ความรับผิดชอบของศูนย์กระจายสินค้าสาขาจังหวัดสงขลา ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ข้อมูลปริมาตรสินค้า และรอบการขนส่งสินค้าของแต่ละอำเภอในพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์กระจายสินค้าสาขาจังหวัดสงขลา

หมายเลข	ตำแหน่งที่ตั้ง	ปริมาตรสินค้า	รอบการขนส่ง
		(ลบ.ม.ต่อสัปดาห์)	(เที่ยวต่อสัปดาห์)
1	ศูนย์กระจายสินค้า	-	-
2	หาดใหญ่	13	2
3	สิงหนคร	7	1
4	สะเดา	2	1
5	สติงพระ	3	1
6	รัตภูมิ	1	1
7	เมืองสงขลา	9	2
8	ปากพะยูน	1	1
9	บางกล่ำ	1	1
10	นาหม่อม	1	1
11	นาทวี	2	1
12	จะนะ	6	1
13	ควนเนียง	1	1
รวม		47	14

ตอนที่ 2 การจัดเส้นทางด้วยวิธี Saving Algorithm

ขั้นตอนของวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดมีขั้นตอนดังนี้

2.1 ทำการสร้างตารางแสดงระยะทางระหว่างแต่ละอำเภอ

2.2 นำระยะทางระหว่างแต่ละอำเภอมาคำนวณค่าระยะทางประหยัดและสร้าง

เมตริกซ์ค่าระยะทางประหยัดของแต่ละอำเภอ โดยคำนวณค่าระยะทางประหยัดจากสูตร ดังนี้

$$S_{i,j} = D_{1,i} + D_{j,1} - D_{i,j} \quad ; i \neq j$$

โดยที่

$S_{i,j}$ คือ ระยะการเดินทางที่ประหยัดที่สุดเมื่อวิ่งรถรอบเดียว

$D_{i,j}$ คือ ระยะทางระหว่างอำเภอ i กับอำเภอ j

1 คือ สัญลักษณ์แทน Depot

2.3 ทำการวางแผนเส้นทางการขนส่งที่จะทำให้เกิดค่าระยะทางประหยัดมากที่สุด กระบวนการจะเริ่มต้นด้วยการกำหนดให้อำเภออยู่ในเส้นทางแยกจากกัน และจะรวมสองเส้นทางใดๆ เข้าด้วยกันเป็นเส้นเดียวกันเท่าที่จะเป็นไปได้ ถ้าปริมาตรสินค้าของอำเภอทั้งสองตำแหน่งไม่เกินความจุของรถบรรทุก 8 ลูกบาศก์เมตร

2.4 จัดลำดับลูกค้าในเส้นทาง

2.4.1 เรียงลำดับค่าระยะทางประหยัด ($S_{i,j}$) จากมากไปน้อย

2.4.2 รวมเส้นทางของลูกค้า i และลูกค้า j ให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

2.4.3 ทำซ้ำจนสามารถจัดเส้นทางของรถบรรทุกได้ครอบคลุมลูกค้าทั้งหมด โดยมีเงื่อนไขข้อจำกัดการเดินทางต้องมีปริมาตรสินค้าไม่เกินความจุของรถบรรทุก 8 ลูกบาศก์เมตร

จากตารางที่ 3 และ 5 ผู้วิจัยสามารถนำมาใช้คำนวณหาระยะทางประหยัดจากตำแหน่งของแต่ละอำเภอ ตัวอย่างเช่น การคำนวณการขนส่งลูกค้าในอำเภอที่ 4 ไปตำแหน่งของลูกค้าในอำเภอที่ 6 สามารถหาค่าระยะทางประหยัดได้ดังนี้

$$\begin{aligned} S_{i,j} &= 62.20 \text{ (ระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้า ไปตำแหน่งลูกค้าในอำเภอที่ 4)} \\ &+ 49.80 \text{ (ระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้า ไปตำแหน่งของลูกค้าในอำเภอที่ 6)} \\ &- 70.10 \text{ (ระยะทาง จากตำแหน่งของลูกค้าในอำเภอที่ 4 ไปอำเภอที่ 6)} \\ &= 41.90 \text{ กิโลเมตร} \end{aligned}$$

ตารางที่ 6 แสดงตัวอย่างการสร้างตารางแสดงค่าระยะทางประหยัดของแต่ละอำเภอ

NO.	ที่ตั้ง	ละติจูด	ลองจิจูด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	ศูนย์	7.14204	100.58	0.00	23.90	19.40	62.20	46.60	49.80	7.00	55.50	32.20	26.10	63.80	48.60	36.80
2	หาดใหญ่	7.01693	100.48		0.00	2.70	41.40	4.00	42.40	4.60	21.00	40.10	35.20	18.20	18.20	32.30
3	สิงหนคร	7.25397	100.51			0.00	1.40	35.80	33.30	0.50	39.30	8.80	-8.60	1.40	1.40	30.00
4	สะเตา	6.6983	100.39				0.00	-7.20	41.90	-8.80	20.50	34.60	44.70	76.60	48.10	23.80
5	สติงพระ	7.4805	100.42					0.00	46.00	0.10	59.80	21.50	2.40	1.40	1.00	42.70
6	รัตภูมิ	7.15461	100.29						0.00	4.90	76.50	62.00	37.10	19.20	19.20	75.80
7	เมืองสงขลา	7.17691	100.61							0.00	0.30	2.00	-6.50	7.60	7.60	2.00
8	ปากพะยูน	7.15197	100.29								0.00	40.60	15.80	-1.70	-1.90	66.30
9	บางกล่ำ	7.35244	100.29									0.00	28.30	10.40	10.40	49.30
10	นาหม่อม	6.95926	100.55										0.00	33.20	33.20	17.40
11	นาทวี	6.71278	100.67											0.00	83.70	-0.40
12	จะนะ	6.8631	100.66												0.00	0.00
13	ควนเนียง	7.19337	100.35													0.00

พิจารณาค่าระยะทางประหยัดของแต่ละจุดการขนส่ง และนำมาเรียงลำดับใหม่ ดังนี้

ลำดับ 1	คู่ตำแหน่งอำเภอ 11,12	ค่าประหยัด 83.70
ลำดับ 2	คู่ตำแหน่งอำเภอ 11,4	ค่าประหยัด 76.60
ลำดับ 3	คู่ตำแหน่งอำเภอ 6,8	ค่าประหยัด 76.50
ลำดับ 4	คู่ตำแหน่งอำเภอ 6,13	ค่าประหยัด 75.80
ลำดับ 5	คู่ตำแหน่งอำเภอ 8,13	ค่าประหยัด 66.30
ลำดับ 6	คู่ตำแหน่งอำเภอ 6,9	ค่าประหยัด 62.00
ลำดับ 7	คู่ตำแหน่งอำเภอ 5,8	ค่าประหยัด 59.80
ลำดับ 8	คู่ตำแหน่งอำเภอ 9,13	ค่าประหยัด 49.30
ลำดับ 9	คู่ตำแหน่งอำเภอ 4,12	ค่าประหยัด 48.10
ลำดับ 10	คู่ตำแหน่งอำเภอ 5,6	ค่าประหยัด 46.00
ลำดับ 11	คู่ตำแหน่งอำเภอ 4,10	ค่าประหยัด 44.70
ลำดับ 12	คู่ตำแหน่งอำเภอ 5,13	ค่าประหยัด 42.70
ลำดับ 13	คู่ตำแหน่งอำเภอ 4,6	ค่าประหยัด 41.90
ลำดับ 14	คู่ตำแหน่งอำเภอ 8,9	ค่าประหยัด 40.60
ลำดับ 15	คู่ตำแหน่งอำเภอ 3,8	ค่าประหยัด 39.30
ลำดับ 16	คู่ตำแหน่งอำเภอ 6,10	ค่าประหยัด 37.10
ลำดับ 17	คู่ตำแหน่งอำเภอ 3,5	ค่าประหยัด 35.80
ลำดับ 18	คู่ตำแหน่งอำเภอ 4,9	ค่าประหยัด 34.60
ลำดับ 19	คู่ตำแหน่งอำเภอ 3,6	ค่าประหยัด 33.30
ลำดับ 20	คู่ตำแหน่งอำเภอ 10,11	ค่าประหยัด 33.20

จากตารางที่ 6 อำเภอหาดใหญ่ และอำเภอเมืองสงขลา ไม่สามารถจัดเส้นทางให้เชื่อมกับอำเภออื่นได้ เนื่องจากจะทำให้เงื่อนไขปริมาณสินค้าของลูกค้าของทั้งสองตำแหน่งเกินความจุของรถบรรทุก 8 ลูกบาศก์เมตร จึงสามารถจัดเส้นทางได้ดังนี้

เส้นทางที่ 1 หาดใหญ่ ระยะทาง $(23.9+23.9) \times 2 = 95.60$ กิโลเมตร
เส้นทางที่ 2 สงขลา ระยะทาง $(7+7) \times 2 = 28.00$ กิโลเมตร

เมื่อพิจารณาโดยรวมคู่ตำแหน่งของอำเภอที่มีค่าประหยัดมากที่สุดก่อน หลังจากนั้นจึงจะพิจารณาคู่จุดส่งสินค้าที่มีค่าประหยัดรองลงมาต่อไป ทั้งนี้ในการเลือกคู่ตำแหน่งของอำเภอดังกล่าวจะต้องพิจารณาใหม่ทุกครั้งเมื่อมีการเพิ่มคู่ตำแหน่งของอำเภอใหม่เข้ามาเพื่อไม่ให้เกินความจุของยานพาหนะ 8 ลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การคำนวณเบื้องต้นสำหรับการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยวิธี Saving Algorithm

เส้นทาง	ปริมาณของ สินค้า (ลูกบาศก์เมตร ต่อสัปดาห์)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	หมายเหตุ
1-4-11-1	4	$62.2+49.4+63.8 = 175.40$	
1-12-4-11-1	10		เกินความจุพาหนะ
1-10-4-11-1	5	$63.8+49.4+43.6+26.1 = 182.90$	
1-6-8-1	2	$49.8+28.8+55.5 = 134.10$	
1-13-6-8-1	3	$36.8+10.8+28.8+55.5 = 131.90$	
1-13-6-8-9-1	4	$36.8+10.8+28.8+47.1+32.2 = 155.70$	
1-13-6-8-9-5-1	7	$36.8+10.8+28.8+47.1+57.3+46.6 = 227.40$	
1-3-1	7	$19.40+19.40 = 38.80$	
1-12-1	6	$48.60+48.60 = 97.20$	
1-3-12-1	13		เกินความจุพาหนะ

สามารถสรุปผลลัพธ์จากตารางที่ 7 ได้ดังนี้

เส้นทางที่ 3 นาทวี > สะเดา > นาหม่อม ระยะทาง $63.80+49.40+43.60+26.10 = 182.90$ กิโลเมตร

เส้นทางที่ 4 สทิงพระ > บางกล่ำ > ปากพะยูน > รัตภูมิ > ควนเนียง ระยะทาง
 $46.60 + 57.30 + 47.10 + 28.80 + 10.80 + 36.80 = 227.40$ กิโลเมตร

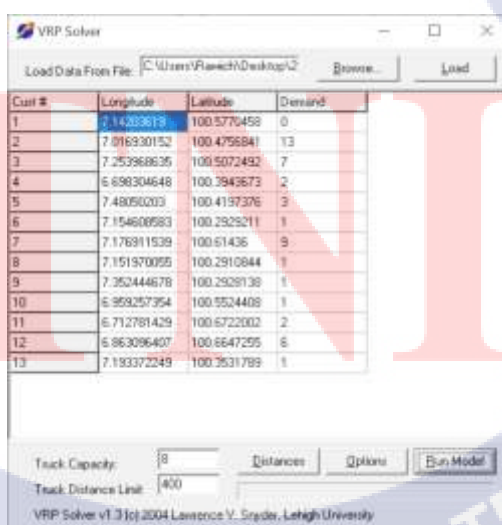
เส้นทางที่ 5 สิงหนคร ระยะทาง $19.40 + 19.40 = 38.80$ กิโลเมตร

เส้นทางที่ 6 จะนะ ระยะทาง $48.60 + 48.60 = 97.20$ กิโลเมตร

ตอนที่ 3 การจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม VRP Solver

3.1 เมื่อได้พิกัดทางภูมิศาสตร์ จะนำเอาพิกัดและข้อมูลทั้งหมดกรอกใส่ลงใน Notepad
 ดังแสดงในรูปที่ 12

File	Edit	Format	View	Help
7.14203619	100.5770458			
7.016930152	100.4756841	13		
7.253968635	100.5072492	7		
6.698304648	100.3943673	2		
7.48050203	100.4197376	3		
7.154608583	100.2929211	1		
7.176911539	100.61436	9		
7.151970055	100.2910844	1		
7.352444678	100.2928138	1		
6.959257354	100.5524408	1		
6.712781429	100.6722002	2		
6.863096407	100.6647255	6		
7.193372249	100.3531789	1		



รูปที่ 13 กรอกพิกัดทางภูมิศาสตร์ลงใน Notepad และโหลดเข้าโปรแกรม

3.2 ป้อนตัวเลขพารามิเตอร์ลงในช่อง Truck capacity มีค่าเท่ากับ 8 ลูกบาศก์เมตร และช่อง Truck Distance Limit มีค่าเท่ากับ 400 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 13

Cust #	Longitude	Latitude	Demand
1	7.14200619	100.5770458	0
2	7.016930152	100.4756841	13
3	7.253968635	100.5072492	7
4	6.698304648	100.3943673	2
5	7.48050203	100.4197376	3
6	7.154608583	100.2929211	1
7	7.176911539	100.61436	9
8	7.151970055	100.2910844	1
9	7.352444678	100.2928138	1
10	6.959257354	100.5524408	1
11	6.712781429	100.6722002	2
12	6.863096407	100.6647255	6
13	7.193372249	100.3531789	1

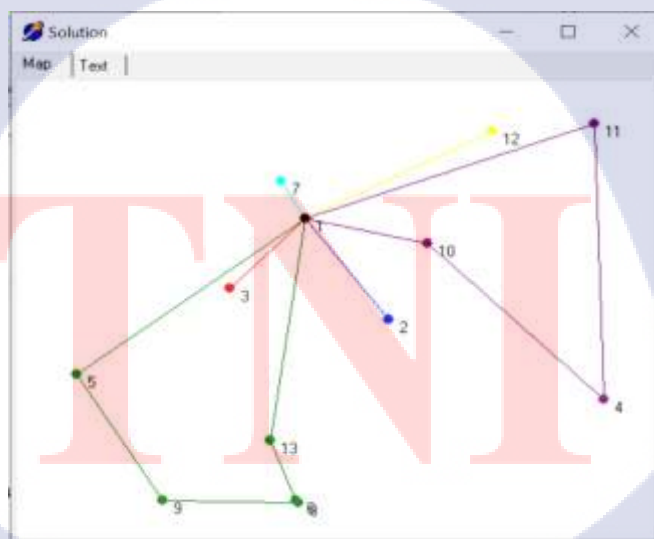
Truck Capacity: Distances Options Run Model

Truck Distance Limit:

VRP Solver v1.3 (c) 2004 Lawrence V. Snyder, Lehigh University

รูปที่ 14 การป้อนพารามิเตอร์เข้าในโปรแกรม VRP Solver

3.3 โปรแกรมจะแสดงผลแผนภาพจัดกลุ่มเส้นทางได้ทั้งหมด 6 เส้นทาง แสดงดังรูปที่ 14



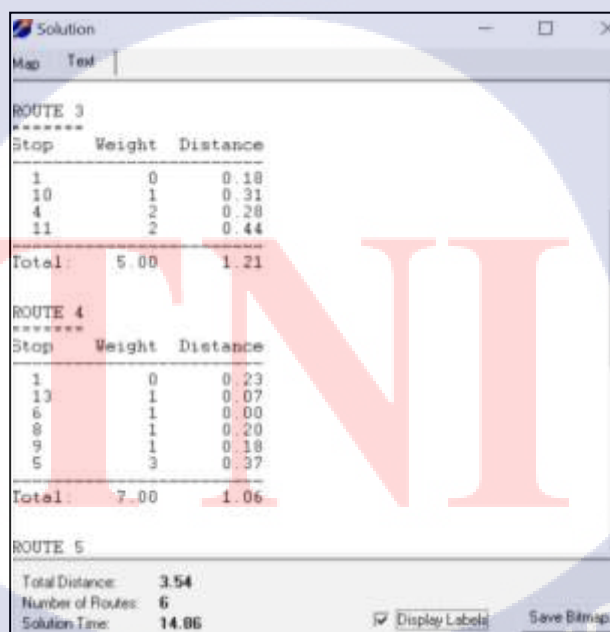
รูปที่ 15 รูปแบบการจัดเส้นทางรถบรรทุก

3.4 โปรแกรมจะแสดงผลสรุปและจัดกลุ่มของอำเภอต่างๆที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบของ
 สาขาจังหวัดสงขลา โดยที่แต่ละกลุ่มไม่ต้องรับภาระเกินปริมาณที่ได้กำหนดไว้ แสดงดังรูปที่ 15



Stop	Weight	Distance
ROUTE 1		
1	0	0.16
2	13	0.16
Total:	13.00	0.32
ROUTE 2		
1	0	0.13
3	7	0.13
Total:	7.00	0.26
ROUTE 3		
1	0	0.18
10	1	0.31
4	2	0.28
11	2	0.44
Total:	5.00	1.21
Total Distance:	3.54	
Number of Routes:	6	
Solution Time:	14.86	

รูปที่ 16 ผลการจัดเรียงเส้นทางการเดินรถบรรทุก



Stop	Weight	Distance
ROUTE 3		
1	0	0.18
10	1	0.31
4	2	0.28
11	2	0.44
Total:	5.00	1.21
ROUTE 4		
1	0	0.23
13	1	0.07
6	1	0.00
8	1	0.20
9	1	0.18
5	3	0.37
Total:	7.00	1.06
ROUTE 5		
Total Distance:	3.54	
Number of Routes:	6	
Solution Time:	14.86	

รูปที่ 16 ผลการจัดเรียงเส้นทางการเดินรถบรรทุก (ต่อ)

Solution		
Map	Text	
Stop	Weight	Distance
1	0	0.23
13	1	0.07
6	1	0.00
8	1	0.20
9	1	0.18
5	3	0.37
Total:	7.00	1.06
ROUTE 5		

Stop	Weight	Distance
1	0	0.05
7	9	0.05
Total:	9.00	0.10
ROUTE 6		

Stop	Weight	Distance
1	0	0.29
13	6	0.24
Total Distance:	3.54	
Number of Routes:	6	
Solution Time:	14.86	
		☒ Display Labels
		Save Bitmap...

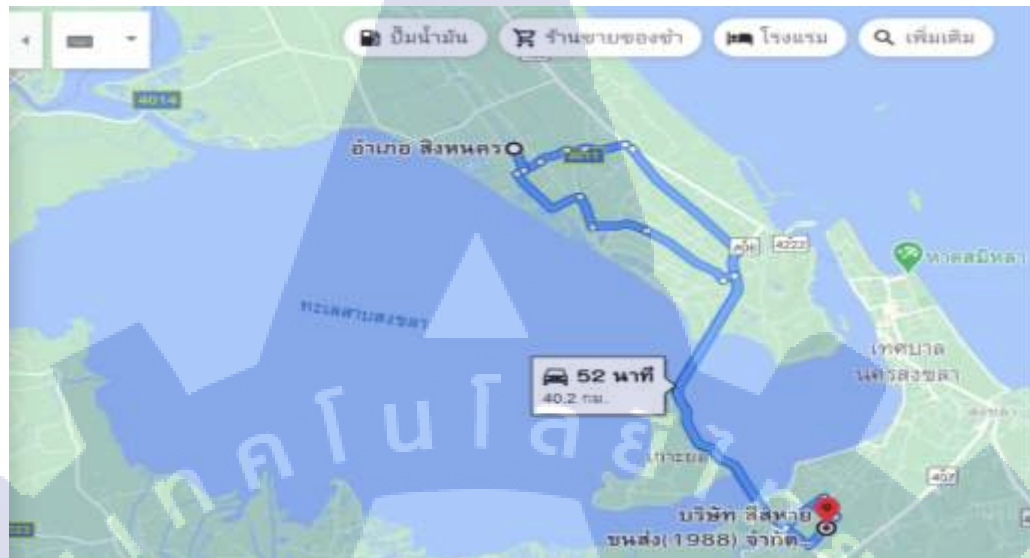
รูปที่ 16 ผลการจัดเรียงเส้นทางการเดินรถบรรทุก (ต่อ)

เส้นทางที่ 1 มีทั้งหมด 1 อำเภอ ได้แก่ หาดใหญ่



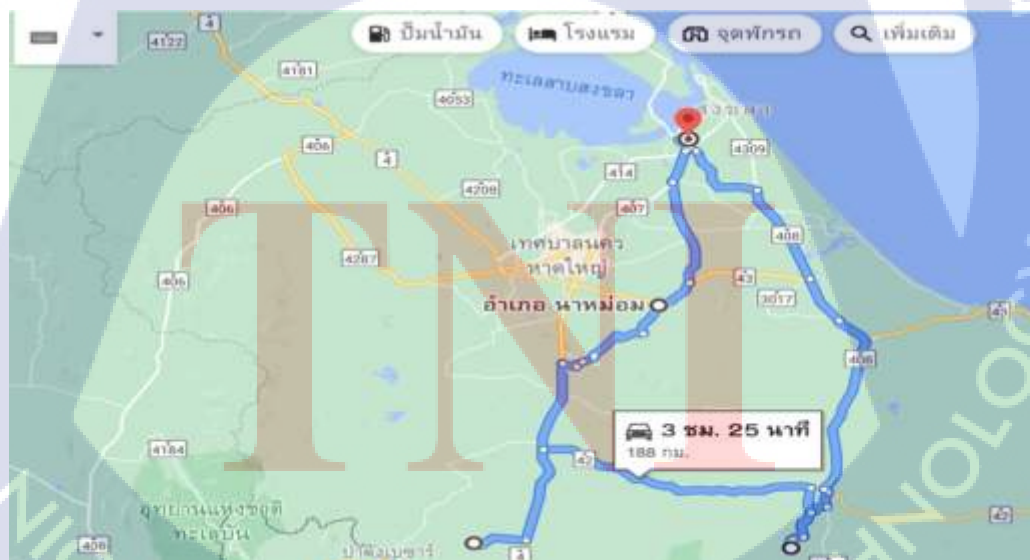
รูปที่ 17 ผลการจัดเรียงเส้นทางการเดินรถบรรทุกในเส้นทางที่ 1

เส้นทางที่ 2 มีทั้งหมด 1 อำเภอ ได้แก่ สิงหนคร



รูปที่ 18 ผลการจัดเรียงเส้นทางการเดินรถบรรทุกในเส้นทางที่ 2

เส้นทางที่ 3 มีทั้งหมด 3 อำเภอ ได้แก่ นาทวี สะเตา และนาหม่อม



รูปที่ 19 ผลการจัดเรียงเส้นทางการเดินรถบรรทุกในเส้นทางที่ 3

เส้นทางที่ 4 มีทั้งหมด 5 อำเภอ ได้แก่ สทิงพระ บางกล่ำ ปากพะยูน รัตภูมิ และควนเนียง



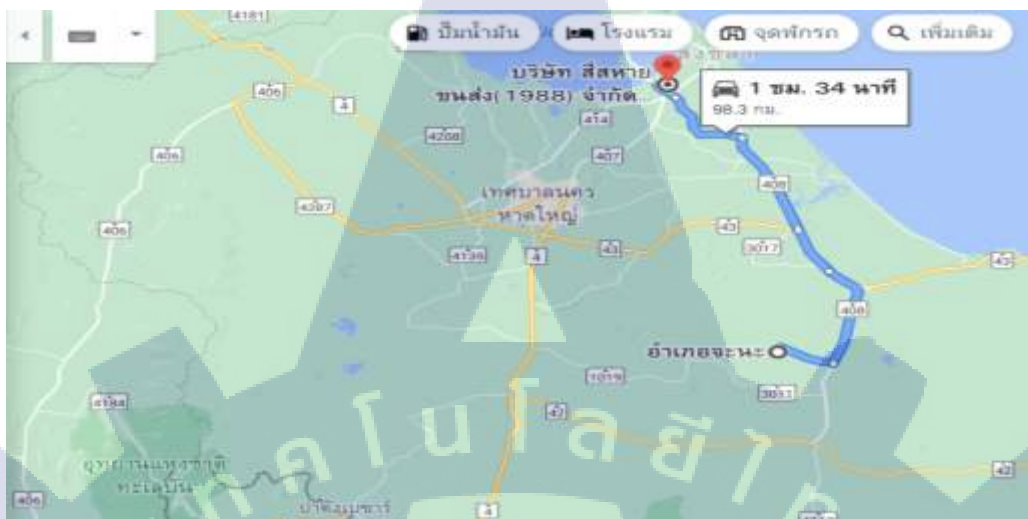
รูปที่ 20 ผลการจัดเรียงเส้นทางการเดินรถบรรทุกในเส้นทางที่ 4

เส้นทางที่ 5 มีทั้งหมด 1 อำเภอ ได้แก่ เมืองสงขลา



รูปที่ 21 ผลการจัดเรียงเส้นทางการเดินรถบรรทุกในเส้นทางที่ 5

เส้นทางที่ 6 มีทั้งหมด 1 อำเภอ ได้แก่ จะนะ



รูปที่ 22 ผลการจัดเรียงเส้นทางการเดินรถบรรทุกในเส้นทางที่ 6

เมื่อพิจารณาการหาผลลัพธ์ด้วยวิธี Saving Algorithm และวิธีโปรแกรม VRP Solver พบว่า ทั้งสองวิธีจะให้ผลลัพธ์ของการจัดเส้นทางเดินรถเหมือนกัน แต่การใช้โปรแกรม VRP Solver จะใช้เวลาในการประมวลผลเพียง 14.86 วินาที ซึ่งน้อยกว่าวิธี Saving Algorithm

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

4.1 ระยะทางในการขนส่งสินค้า

นำผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินรถของโปรแกรม VRP Solver มาเทียบกับระยะทางจากตารางที่ 3 สามารถคำนวณระยะทางของแต่ละเส้นทางได้ดังนี้

เส้นทางที่ 1 หาดใหญ่ ระยะทาง $(23.90+23.90) \times 2 = 95.60$ กิโลเมตร

เส้นทางที่ 2 สิงหนคร ระยะทาง $19.40+19.40 = 38.80$ กิโลเมตร

เส้นทางที่ 3 นาทวี > สะเดา > นาหม่อม ระยะทาง $63.80+49.40+43.60+26.10 = 182.90$ กิโลเมตร

เส้นทางที่ 4 สทิงพระ > บางกล่ำ > ปากพะยูน > รัตภูมิ > ควนเนียง ระยะทาง $46.60+57.30+47.10+28.80 +10.80+36.80 = 227.40$ กิโลเมตร

เส้นทางที่ 5 เมืองสงขลา ระยะทาง $(7+7) \times 2 = 28.00$ กิโลเมตร

เส้นทางที่ 6 จะนะ ระยะทาง $48.60+48.60 = 97.20$ กิโลเมตร

ซึ่งสามารถนำมาสรุปผลลัพธ์เป็นตารางที่ 8 ได้ดังนี้

ตารางที่ 8 เส้นทางการเดินทางรถบรรทุกแบบใหม่ และระยะทางในการขนส่งสินค้า

เส้นทางที่	เส้นทาง	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ม.ต่อ สัปดาห์)	รอบการขนส่ง (เที่ยวต่อ สัปดาห์)	ระยะทาง (กม. ต่อ สัปดาห์)
1	หาดใหญ่	13	2	95.60
2	สิงนคร	7	1	38.80
3	นาทวี > สะเดา > นาทม่อม	5	1	182.90
4	สติงพระ > บางกล่ำ > ปาก พะยูง > รัตภูมิ > ควนเนียง	7	1	227.40
5	เมืองสงขลา	9	2	28.00
6	จะนะ	6	1	97.20
รวม		47	8	669.90

วิธีโปรแกรม VRP

$$\begin{aligned} \text{ระยะทางในการขนส่ง} &= 669.90 \times 4 \\ &= 2,679.60 \text{ กิโลเมตรต่อเดือน} \end{aligned}$$

วิธีปัจจุบัน

$$\text{ระยะทางในการขนส่งโดยเฉลี่ย} = 4,281.21 \text{ กิโลเมตรต่อเดือน}$$

ดังนั้น การจัดเส้นทางรถบรรทุกของโปรแกรม VRP Solver (Saving algorithm และปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี 2-Opt) สามารถลดระยะทางในการขนส่งลงได้ 1,601.61 กิโลเมตรต่อเดือน เมื่อเทียบกับวิธีปัจจุบัน

4.2 ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง

จากตารางที่ 4 และ 8 สามารถนำมาคำนวณต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดังนี้
 ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง = (อัตราการใช้) x (ราคาน้ำมัน ต่อลิตร)

วิธีโปรแกรม VRP

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง} &= 669.90 \div 5 \\ &= 133.98 \text{ ลิตรต่อสัปดาห์} \\ \text{ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง} &= 133.98 \times 26.19 \\ &= 3,508.94 \text{ บาทต่อสัปดาห์} \\ &= 14,035.74 \text{ บาทต่อเดือน} \end{aligned}$$

วิธีปัจจุบัน

$$\text{ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเฉลี่ย} = 22,425.00 \text{ บาทต่อเดือน}$$

ดังนั้น การจัดเส้นทางการเดินรถของโปรแกรม VRP Solver (Saving algorithm และ ปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี 2-Opt) สามารถลดต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้ 8,389.26 บาทต่อเดือน เมื่อเทียบกับวิธีปัจจุบัน

4.3 ต้นทุนค่าซ่อมบำรุง

จากตารางที่ 4 และ 8 สามารถคำนวณต้นทุนค่าซ่อมบำรุงได้ดังนี้
 ต้นทุนค่าซ่อมบำรุง = (ระยะทางการวิ่งต่อเดือน) x (ค่าใช้จ่ายของการซ่อมบำรุงต่อกิโลเมตร)

วิธีโปรแกรม VRP

$$\begin{aligned} \text{ระยะทางในการขนส่ง} &= 669.9 \times 4 \\ &= 2,679.6 \text{ กิโลเมตรต่อเดือน} \\ \text{ค่าซ่อมบำรุง} &= 2,679.6 \times (2,979.95 \div 4,281.21) \\ &= 1,865.14 \text{ บาทต่อเดือน} \end{aligned}$$

วิธีปัจจุบัน

$$\text{ค่าซ่อมบำรุงโดยเฉลี่ย} = 2,979.95 \text{ บาทต่อเดือน}$$

ดังนั้น การจัดเส้นทางการเดินรถของโปรแกรม VRP Solver (Saving algorithm และ ปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี 2-Opt) สามารถลดค่าซ่อมบำรุงลงได้ 1,114.81 บาทต่อเดือน เมื่อเทียบกับวิธีปัจจุบัน

4.4 จำนวนเที่ยวของการขนส่ง

จากการสอบถามข้อมูลของบริษัท จะพบว่า รถบรรทุก 6 ล้อ 1 คันจะมีปริมาตรความจุ (Truck Capacity) ประมาณ 8 ลูกบาศก์เมตร

วิธีโปรแกรม VRP

จากตารางที่ 8

$$\begin{aligned}\text{จำนวนเที่ยวของการขนส่ง} &= 8 \times 4 \\ &= 32 \text{ เที่ยวต่อเดือน}\end{aligned}$$

วิธีปัจจุบัน

จากตารางที่ 5

$$\begin{aligned}\text{จำนวนเที่ยวของการขนส่ง} &= 14 \times 4 \\ &= 56 \text{ เที่ยวต่อเดือน}\end{aligned}$$

ดังนั้น การจัดเส้นทางเดินรถของโปรแกรม VRP Solver (Saving algorithm และ ปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี 2-Opt) สามารถลดจำนวนเที่ยวของการขนส่งสินค้าลงได้ 24 เที่ยวต่อเดือน เมื่อเทียบกับวิธีปัจจุบัน

TNI

TAHITI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สรุปผลการวิจัย

ในบทนี้ผู้วิจัยได้เสนอผลการปรับปรุงและผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากขั้นตอนวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น โดยการทดลองการวางแผนการจัดเส้นทางใหม่ด้วยวิธีเมต้าฮิวริสติกส์ และปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีสลับจุด 2 จุด (2-Opt) ผ่านการใช้โปรแกรม VRP Solver เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานรถบรรทุก ด้านการลดต้นทุนของการขนส่ง ลดจำนวนการใช้รถบรรทุก และบริหารจัดการรถบรรทุกของบริษัทกรณีศึกษาได้อย่างเหมาะสม

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลของรถบรรทุกขนส่งสินค้าตั้งแต่เดือนมกราคม 2562 ถึงเดือนธันวาคม 2562 เป็นเวลา 12 เดือน พบว่า การจัดเส้นทางเดินรถแบบปัจจุบันใช้รถบรรทุกทั้งหมด 2 คัน โดยเฉลี่ยในแต่ละเดือนจะมีจำนวนเที่ยวการขนส่ง 56 เที่ยว ระยะทางในการขนส่ง 4,281.21 กิโลเมตร และต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมด 25,404.95 บาท หลังจากนำข้อมูลเดียวกันมาทดลองปรับการจัดเส้นทางใหม่ จะใช้รถบรรทุกทั้งหมด 1 คัน จำนวนเที่ยวของการขนส่ง 32 เที่ยว ระยะทางในการขนส่ง 2,679.60 กิโลเมตร และต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมด 15,900.88 บาท ลดค่าใช้จ่ายลง 9,504.07 บาท สามารถสรุปการเปรียบเทียบได้ดังนี้

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพเพื่อวัดความแตกต่างของผลลัพธ์ของการจัดเส้นทางเดินรถแบบปัจจุบัน และแบบใช้โปรแกรม VRP Solver

ตัวชี้วัด	วิธีปัจจุบัน	วิธีโปรแกรม VRP	ความแตกต่าง
จำนวนรถบรรทุกที่ใช้ (คัน)	2	1	ลดลง 1 คัน หรือลดลงร้อยละ 50
จำนวนเที่ยวของการขนส่ง (เที่ยวต่อเดือน)	56	32	ลดลง 24 เที่ยว หรือลดลงร้อยละ 42.86
ระยะทางในการขนส่ง (กิโลเมตรต่อเดือน)	4,281.21	2,679.60	ลดลง 1,601.61 กิโลเมตร หรือลดลงร้อยละ 37.41
ต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมด (บาทต่อเดือน)	25,404.95	15,900.88	ลดลง 9,504.07 บาท หรือลดลงร้อยละ 37.41

นอกจากนี้การใช้โปรแกรม VRP Solver ยังได้ผลลัพธ์เดียวกันกับวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) แต่ใช้เวลาการคำนวณผลลัพธ์สั้นกว่า ซึ่งเหมาะสมกับการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาแนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพของการบริหารระบบขนส่ง กรณีศึกษา กรณีศึกษาบริษัท สีสหายขนส่ง จำกัด ผู้วิจัยจะทำการอภิปรายตามวัตถุประสงค์ในการวิจัย ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาการทำงานและบริหารจัดการเส้นทางการเดินรถบรรทุกขนส่งสินค้าด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทาง ผ่านโปรแกรม VRP Solver ผลของงานวิจัยพบว่า การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการจำลองเส้นทาง (Vehicle Routing : VRP) และหาคำตอบด้วยวิธีเมตาฮีริสติกส์ พร้อมปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีสลับจุด 2 จุด (2-Opt) ผ่านโปรแกรม VRP Solver นั้น จะได้จำนวนเส้นทางใหม่สำหรับการเดินรถบรรทุกขนส่งสินค้าจำนวนทั้งสิ้น 6 เส้นทาง การวางแผนและบริหารจัดการเส้นทางอย่างเป็นระบบด้วยวิธีนี้จะช่วยลดต้นทุนการขนส่งจากแบบปัจจุบันที่ไม่มีการวางแผน 25,404.95 บาทต่อเดือน เหลือ 15,900.88 บาทต่อเดือน ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แผนเส้นทางใหม่ และต้นทุนการขนส่งรวม

แผนเส้นทางใหม่	ต้นทุนการขนส่งรวม (บาท ต่อเดือน)
ศูนย์ – หาดใหญ่ – ศูนย์	2,269.18
ศูนย์ – สิงนคร – ศูนย์	920.97
ศูนย์ – นาทวี – สะเดา – นาหม่อม – ศูนย์	4,341.35
ศูนย์ – สทิงพระ – บางกล่ำ – ปากพะยูน – รัตภูมิ – ควนเนียง – ศูนย์	5,397.61
ศูนย์ – เมืองสงขลา – ศูนย์	664.61
ศูนย์ – จะนะ – ศูนย์	2,307.16
รวม	15,900.88

สอดคล้องงานวิจัยของน้ำหวาน พลาก้านตง และสมบัติ สินธุเชาวน์ (2562). ที่พบว่า การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถบรรทุกด้วยวิธีประหยัด (Saving Algorithms) เพื่อหาคำตอบเริ่มต้นของปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง และปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีย้ายหนึ่งตำแหน่ง (One Move) วิธีสลับเปลี่ยนตำแหน่ง (Exchange) และวิธีการสลับสองตำแหน่ง (2-Opt) สามารถลดระยะทางการขนส่งสินค้าได้ 538.35 กิโลเมตร หรือลดลงร้อยละ 55.33 ซึ่งส่งผลต่อการลดต้นทุนการขนส่ง และเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้าของบริษัท และสอดคล้องกับงานวิจัยของอัศรพล ชุณหเกียรติ์สกุล (2559) ที่พบว่า สามารถใช้โปรแกรมค้นหาเส้นทางเพื่อ

แก้ปัญหาการเลือกเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem หรือ VRP) กับตัวอย่างการขนส่งจริงของบริษัทการศึกษา สามารถลดต้นทุนผันแปรในการขนส่งของศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดเพชรบุรี และสามารถทำให้บริษัทจัดสรรทรัพยากรได้ดีขึ้นด้วย

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานรถบรรทุก เช่น ลดต้นทุนการขนส่ง ลดจำนวนการใช้รถบรรทุก และบริหารจัดการรถบรรทุกได้อย่างเหมาะสม ผลการวิจัยพบว่า การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการจำลองเส้นทาง (Vehicle Routing : VRP) พร้อมการหาคำตอบด้วยวิธีเมต้าฮิวริสติกส์และปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี 2-opt ผ่านโปรแกรม VRP Solver นั้น สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในประเด็นต่างๆ ของบริษัท เช่น ลดจำนวนการใช้รถบรรทุกที่วิ่ง ลดระยะทางในการขนส่งสินค้า และลดต้นทุนการขนส่งรวมที่คิดจากผลรวมของต้นทุนค่าใช้จ่าน้ำมันเชื้อเพลิงกับต้นทุนค่าซ่อมบำรุง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนิรันดร์ สมมุติ และสมบัติ สินธุเชาวน์ (2562) ที่พบว่า การประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์ในการหาคำตอบของปัญหาเรื่องการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle routing problem) และการปรับปรุงคุณภาพคำตอบเบื้องต้นโดยวิธี 2-opt , Swap operator และ Move exchanges จะทำให้ระยะทางรวมในการขนส่งสินค้าต่ำสุด มีผลต่อการลดระยะทางรวมและลดค่าใช้จ่าน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้

อย่างไรก็ตาม สำหรับบางเส้นทางซึ่งรถบรรทุกของบริษัทต้องไปส่งสินค้าหลายอำเภอ อาจเกิดเหตุการณ์ที่อำเภอนั้นๆ ไม่มีปริมาณสินค้าได้ ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างและแนะนำให้ปรับแผนการจัดเส้นทาง โดยคำนึงถึงปริมาณสินค้าและรอบการขนส่ง ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การเขียนจำลองเหตุการณ์ (Scenario) : ไม่มีปริมาณสินค้าจำนวน 1 อำเภอ

ตัวอย่างของเส้นทาง : นาทวี > สะเดา > นาหม่อม				
Scenario		ปริมาณสินค้า (ลบ.ม.ต่อสัปดาห์)	รอบการขนส่ง (เที่ยวต่อสัปดาห์)	ระยะทาง (กม. ต่อสัปดาห์)
<u>แบบ 1</u>	นาทวี > สะเดา	4	1	175.40
<u>แบบ 2</u>	นาทวี > นาหม่อม	3	1	146.60
<u>แบบ 3</u>	สะเดา > นาหม่อม	3	1	131.90

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

1. ในการพัฒนาประสิทธิภาพของการบริหารระบบขนส่ง จำเป็นต้องมีข้อมูลอีกในหลายๆด้านเพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์และพัฒนา เช่น ประเภท ขนาด และการจัดวางของสินค้าในรถบรรทุกมาพิจารณาด้วย หากสามารถนำปัจจัยเหล่านี้มาใช้เพิ่มเติมในการวิเคราะห์ได้ จะทำให้ผลลัพธ์หรือคำตอบมีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น

2. การเก็บข้อมูลเส้นทางในการวิจัยนี้ มีการใช้ระยะทางด้วยการยึดตามพิกัดทางภูมิศาสตร์ จากโปรแกรม Google Map แต่ในการคำนวณต้นทุนที่แท้จริงควรคิดจากระยะทางที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง ซึ่งอาจเกิดเหตุการณ์หรือมีปัจจัยอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้องได้ในระหว่างเดินทาง เช่น เส้นทางรถทางเดียว (one-way) การจราจรติดขัดบนท้องถนน อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเส้นทาง หรือไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ในบางช่วงเวลา การปิดซ่อมเส้นทาง เป็นต้น

3. วิธีการจัดเส้นทางรถบรรทุกด้วยวิธีเมตาฮิวริสติกส์ แบบสลับจุด 2 จุด (2-Opt) ผ่านการใช้โปรแกรม VRP Solver มีข้อดีก็คือ สามารถใช้งานได้สะดวกและเข้าใจได้ง่าย แต่ข้อเสียคือต้องใช้เวลาในการเตรียมข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลความต้องการของลูกค้า เป็นต้น ทั้งนี้ผู้เลือกใช้ต้องพิจารณาจากประโยชน์ที่ต้องการ และเงื่อนไขของแต่ละงานประกอบด้วย เพื่อให้ผลลัพธ์สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการที่ตั้งไว้

ข้อเสนอแนะงานวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการลดต้นทุนเกี่ยวกับการขนส่งทั้งระบบโลจิสติกส์เพื่อให้สามารถลดต้นทุนได้มากที่สุด และครอบคลุมทั้งระบบ

2. ใช้วิธีฮิวริสติกส์อื่นๆ สำหรับการจัดเส้นทางรถบรรทุก เช่น วิธี Ant Colony วิธี Genetic algorithm เป็นต้น

3. การศึกษาและกำหนดตำแหน่งทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมควรวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในด้านเศรษฐศาสตร์ วิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น การวิเคราะห์ด้านการเงินลงทุนของโครงการทางเศรษฐศาสตร์ และการใช้การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เพื่อนำมาช่วยในการตัดสินใจที่ดียิ่งขึ้น

ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก

ข้อมูลและข้อมูลสารสนเทศของบริษัทและการวิเคราะห์

TNI

ราคาของน้ำมันดีเซล ในปี 2562 (บาทต่อลิตร)



หน้าหลัก

เกี่ยวกับเรา

บริการขนส่งสินค้า

ผลิตภัณฑ์ของเรา

โครงการส่งเสริม

การดำเนินงาน

ข่าวสาร

ติดต่อเรา

TH

ราคาน้ำมัน

ราคาน้ำมันขายปลีกทุกประเภท

เลือกประเภทน้ำมัน

เลือกสถานที่

เลือกปี

เลือกวัน

ค้นหา

การขึ้นและลงราคาน้ำมัน

ราคาขายปลีก กทม. และปริมณฑล ประจำปี พ.ศ. 2562

ดูรายละเอียดเพิ่มเติม

วันที่ - ปี

Diesel

Diesel B7

Diesel B20

เบนซิน

Gasohol 95

Gasohol 91

E20

E85

25-12-2562 08.00	30.34	28.49	34.49	23.49	33.68	26.25	25.98	23.24	18.00
24-12-2562 08.00	31.34	27.49	33.49	24.49	34.00	27.25	26.08	24.24	19.00
23-12-2562 08.00	30.84	26.98	34.98	23.98	33.70	26.85	26.58	23.84	19.00
18-12-2562 05.00	30.44	26.59	34.59	23.59	34.20	26.85	26.58	23.84	19.00
15-12-2562 00.01	29.34	26.09	34.09	23.09	34.20	26.85	26.58	23.84	19.00
14-12-2562 08.00	29.34	26.09	34.09	23.09	34.20	26.85	26.58	23.84	19.00
13-12-2562 08.00	30.34	26.98	34.98	23.98	34.70	27.35	27.08	24.34	19.00
07-12-2562 03.00	29.84	25.98	33.98	22.98	34.30	26.85	26.60	23.84	19.70
05-12-2562 05.00	29.34	25.98	33.98	22.98	34.30	26.35	26.08	23.84	19.70
30-11-2562 05.00	29.84	25.98	33.98	22.98	34.30	26.85	26.60	23.84	19.70
29-11-2562 08.00	29.84	25.98	33.98	22.98	34.00	27.25	26.98	24.34	19.94
21-11-2562 08.00	29.34	25.64	33.64	22.64	34.00	27.25	26.98	24.34	19.94
20-11-2562 08.00	29.34	25.64	33.64	22.64	34.00	27.25	26.98	24.34	19.00

วัน/เดือน/ปี	ดีเซล	วัน/เดือน/ปี	ดีเซล	วัน/เดือน/ปี	ดีเซล	วัน/เดือน/ปี	ดีเซล
18 พ.ค. 2562 05:00	28.19	19 ก.ค. 2562 05:00	26.69	01 ต.ค. 2562 05:00	25.99	28 พ.ย. 2562 05:00	25.99
25 พ.ค. 2562 05:00	27.69	25 ก.ค. 2562 05:00	26.39	04 ต.ค. 2562 05:00	25.69	30 พ.ย. 2562 05:00	25.99
29 พ.ค. 2562 05:00	27.39	06 ส.ค. 2562 05:00	25.99	09 ต.ค. 2562 05:00	25.69	05 ธ.ค. 2562 05:00	25.69
01 มิ.ย. 2562 05:00	27.09	09 ส.ค. 2562 05:00	25.99	16 ต.ค. 2562 00:01	25.69	07 ธ.ค. 2562 05:00	25.99
05 มิ.ย. 2562 05:00	26.49	10 ส.ค. 2562 05:00	25.59	19 ต.ค. 2562 05:00	25.69	10 ธ.ค. 2562 05:00	26.39
07 มิ.ย. 2562 05:00	26.09	16 ส.ค. 2562 00:01	25.59	25 ต.ค. 2562 05:00	25.39	14 ธ.ค. 2562 05:00	26.09
13 มิ.ย. 2562 05:00	25.79	16 ส.ค. 2562 05:00	26.09	30 ต.ค. 2562 05:00	25.89	16 ธ.ค. 2562 00:01	26.09
16 มิ.ย. 2562 00:01	25.79	21 ส.ค. 2562 05:00	25.79	01 พ.ย. 2562 05:00	25.59	18 ธ.ค. 2562 05:00	26.59
22 มิ.ย. 2562 05:00	26.19	05 ก.ย. 2562 05:00	25.39	07 พ.ย. 2562 05:00	25.89	20 ธ.ค. 2562 05:00	26.99
28 มิ.ย. 2562 05:00	26.59	07 ก.ย. 2562 05:00	25.79	12 พ.ย. 2562 05:00	25.59	24 ธ.ค. 2562 05:00	27.49
06 ก.ค. 2562 05:00	26.29	11 ก.ย. 2562 05:00	26.09	15 พ.ย. 2562 05:00	25.59	26 ธ.ค. 2562 05:00	26.49
10 ก.ค. 2562 05:00	26.59	16 ก.ย. 2562 00:01	26.09	16 พ.ย. 2562 00:01	25.59	ราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย 26.19 บาทต่อลิตร	
13 ก.ค. 2562 05:00	27.09	21 ก.ย. 2562 05:00	26.39	20 พ.ย. 2562 05:00	25.99		
16 ก.ค. 2562 00:01	27.09	27 ก.ย. 2562 05:00	25.99	21 พ.ย. 2562 05:00	25.69		

ที่มา : บริษัท ปตท. น้ำมันและการค้าปลีก จำกัด (มหาชน). (2562). ราคาขายปลีก
กทผ. และปริมาณทล ประจำปี พ.ศ. 2562. ออนไลน์.

ข้อมูลค่าใช้จ่ายในส่วนของต้นทุนการขนส่งและค่าใช้จ่ายของสำนักงาน

ค่าใช้จ่าย	Jan-62	Feb-62	Mar-62	Apr-62	May-62	Jun-62	Jul-62	Aug-62	Sep-62	Oct-62	Nov-62	Dec-62
ต้นทุนทางตรง :												
ค่าจัดขึ้น-ลงสินค้า (เบ็ดเตล็ด)												
ค่าจัดขึ้น-ลงสินค้า (เหมาคัน)												
ค่าพิเศษ-พนักงานขับรถ	5,600.00	5,600.00	4,900.00	5,600.00	7,300.00	5,600.00	5,600.00	4,900.00	4,900.00	6,300.00	3,500.00	2,100.00
ค่าสินค้าเสียหาย				1,200.00	1,124.00	1,000.00	1,500.00	3,850.00	1,402.00			1,000.00
ค่าซ่อมรถบรรทุก	550.00	1,900.00	3,399.00	3,530.00	7,441.40	4,520.00	550.00	3,360.00	1,910.00	3,950.00	1,250.00	3,399.00
ค่าน้ำมันรถบรรทุก	22,400.00	23,500.00	23,600.00	22,400.00	21,500.00	23,600.00	20,900.00	23,500.00	20,100.00	22,400.00	23,600.00	21,600.00
รวมค่าใช้จ่ายบริการ	28,550.00	31,000.00	31,899.00	32,730.00	37,365.40	34,720.00	28,550.00	35,610.00	28,312.00	32,650.00	28,350.00	28,099.00
ต้นทุนเกี่ยวกับพนักงานฝ่ายบริการ :												
เงินเดือน-ฝ่ายบริการ	16,243.00	16,243.00	16,243.00	16,243.00	16,243.00	16,243.00	16,243.00	16,243.00	16,243.00	16,243.00	16,243.00	16,243.00
ค่าแรง-ฝ่ายบริการ												
ค่าล่วงเวลา-ฝ่ายบริการ						84.60						
เบี้ยเลี้ยง-ฝ่ายบริการ	9,130.00	9,940.00	9,220.00	7,680.00	8,700.00	8,720.00	9,450.00	9,220.00	9,140.00	9,940.00	9,130.00	8,560.00
เงินพิเศษ-ฝ่ายบริการ								200.00				
ค่าสวัสดิการพนักงาน-ฝ่ายบริการ												
รวมค่าใช้จ่ายบริการ	25,373.00	26,183.00	25,463.00	23,923.00	24,943.00	25,047.60	25,693.00	25,463.00	25,583.00	26,183.00	25,373.00	24,803.00
ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับฝ่ายบริหาร :												
เงินเดือน-ฝ่ายบริหาร	38,238.00	38,238.00	38,238.00	38,238.00	23,787.00	38,238.00	38,238.00	38,238.00	38,238.00	38,238.00	38,238.00	38,238.00
ค่าแรง+ค่าล่วงเวลา-ฝ่ายบริหาร												
ค่าสวัสดิการพนักงาน-ฝ่ายบริหาร	1,225.26	975.53	1,315.00	1,315.00	795.00	1,210.90	1,225.26	975.53	1,323.11	825.00	825.00	1,225.26
ค่าเบี้ยเลี้ยง-ฝ่ายบริหาร												
ค่าภาษีและค่าธรรมเนียม												
ค่าน้ำค่าไฟ	2,214.60	2,304.60	2,019.13	2,087.23	2,483.44	2,399.28	2,363.65	2,276.14	2,167.03	2,454.60	2,091.84	2,110.26
ค่าโทรศัพท์และสื่อสาร	989.22	1,020.58	990.82	987.61	995.64	1,060.52	990.82	984.94	1,070.64	1,036.57	988.85	989.22
ค่าเช่าสำนักงาน	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00
ค่าน้ำมันรถออฟฟิศ+ค่าเดินทาง												
ค่าซ่อมแซมอาคารและสำนักงาน												
ค่าซ่อมแซมรถออฟฟิศ					65.00							
ค่าวัสดุสำนักงาน	542.00				602.00	484.00			1,132.00	1,241.00	446.00	
ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์สำนักงาน												
ค่าประกันสังคม	4,278.00	5,210.00		4,548.00	5,043.00	4,923.00	4,998.00	5,208.00		9,441.00	4,278.00	4,008.00
ค่าซ่อมคอมพิวเตอร์												
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	1,540.00	1,540.00	1,540.00	1,540.00	1,540.00	1,540.00	1,540.00	1,540.00	1,540.00	1,540.00	1,540.00	1,540.00
ค่าประกันภัยและอุบัติเหตุ											1,056.00	5,308.00
ค่าซ่อมอาคารและโครงสร้าง												
ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด+ส่วนเกินการบัญชี	105.27	0.40	1.95	200.85	0.84	400.72	0.40	1,301.54	1,000.27	1.72	300.55	2,001.26
รวมค่าใช้จ่ายบริหาร	64,132.35	64,289.11	59,104.90	63,916.69	50,311.92	65,256.42	64,356.13	65,524.15	61,471.05	69,777.89	64,764.24	70,420.40
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	118,055.35	121,472.11	116,466.90	120,569.69	112,620.32	125,024.02	118,599.13	126,597.15	115,366.05	128,610.89	118,487.24	123,322.00

ที่มา : ข้อมูลจากพนักงานของบริษัท สีสหายขนส่ง จำกัด

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- กรมทางหลวง. (2554). **โครงการพัฒนาทางหลวงเอเชีย**. สืบค้นเมื่อ 24 ธันวาคม 2562, จาก <http://archive.li/7WBJm>
- กฤษฎา วิทธีรานนท์. (2549). **Supply Chain & Logistics : ทฤษฎีและตัวอย่างจริง**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).
- กวีร์วรรณ วิวัฒน์กิจไพศาล. (2558). **การเพิ่มประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ กรณีศึกษา บริษัท XSquare จำกัด**. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการโลจิสติกส์). กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- กาญจนา ลิ้มวัฒนากุล. (2558). **การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าและการจัดการพื้นที่รถบรรทุก 4 ล้อสำหรับขนส่งน้ำมันหล่อลื่น**. สารนิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีสารสนเทศ). กรุงเทพฯ : คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- คมกฤษ วลีวงศ์. (2547). **ปัญหาการสร้างความร่วมมือในการประกอบการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก**. วิทยานิพนธ์ วศ.บ. (วิศวกรรมขนส่ง). กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2551). **การจัดการขนส่ง TRANSPORT MANAGEMENT**. กรุงเทพฯ : ซี.วาย. ซีชเทม พรินติ้ง.
- ณัฐพร โยเหลา. **โลจิสติกส์(Logistics) และโซ่อุปทาน(Supply Chain) คืออะไร**. อุตสาหกรรมสาร. 2562(61) : 7.
- ชุลีกร ชนะสิทธิ์; และ สรวิษฐ์ เยาวสุวรรณไชย. (2556). **การพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาบริษัทผู้ให้บริการด้านธุรกิจขนส่งสินค้า**. สารนิพนธ์ วท.ม. (การจัดการเทคโนโลยีนวัตกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ไชยยศ ไชยมั่นคง. (2555). **การจัดการงานขนส่งสินค้า**. พิมพ์ครั้งที่ 14. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ฐาปนา บุญหล้า; และ นงลักษณ์ นิมิตรภูวดล. (2555). **การจัดการโลจิสติกส์ : มิติซัพพลายเชน**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ณัฏพร ไชยเสนา. (2561, มิถุนายน – กันยายน). **การจัดเส้นทางรถขนส่งด้วยวิธีเมตาฮิวริสติกส์: กรณีศึกษา บริษัทผู้ให้บริการขนส่ง**. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์. 4 (2) : 87-112.

- น้ำหวาน พลาก้านตง; และ สมบัติ สินธุเชาวน์. (2561, กรกฎาคม). อีวริสติกสำหรับการจัด
เส้นทางการขนส่งผลิตภัณฑ์นมพรีโมส กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด บ้านแพ้วกรุ๊ป
จังหวัดอุบลราชธานี. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี
พ.ศ. 2561. หน้า 1457-1463. 23 – 26 กรกฎาคม 2561. อุบลราชธานี : โรงแรมสุโขทัย
แกรนด์ โฮเทล แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์
- นิรันดร์ สมมุติ; และ สมบัติ สินธุเชาวน์. (2562). วิธีอีวริสติก GRASP สำหรับปัญหาการ
จัดเส้นทางยานพาหนะ. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ :
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- บริษัท แผนที่ไทยจีพีเอส จำกัด. (2556). แผนที่จังหวัดสงขลา. สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์
2563, จาก <https://www.panteethai.com/จังหวัดสงขลา>
- บริษัท ปตท. น้ำมันและการค้าปลีก จำกัด (มหาชน). (2562). ราคาขายปลีก กทม. และ
ปริมณฑล ประจำปี พ.ศ. 2562. สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2563, จาก
<https://www.pttor.com/oilprice-capital.aspx>
- พลอยไพลิน ภูมิโคกรักษ์. (2560). การพัฒนาระบบการจัดเส้นทางเดินรถขนส่ง
สินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม).
กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- พิชญ์ พันธุ์พิพัฒน์; และ เปรม พรหมมาวุฒ. (2562, มกราคม – เมษายน). การจัดเส้นทาง
การขนส่งของรถบรรทุกขนาดใหญ่สำหรับสินค้าประเภทเทกองและกระสอบ กรณี
ศึกษา บริษัทผู้ให้บริการขนส่ง. **Kasem Bundit Engineering Journal**. 9 (1) : 136-
151.
- ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. (2554). วิธีการเมตาอีวริสติกเพื่อแก้ปัญหาการวางแผนการผลิต
และการจัดการโลจิสติกส์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ สสท.
- แลมเบิร์ต เอ็ม ดักลาส; สต็อค อาร์ เจมส์; และ เอลแรม เอ็ม ลิซา. (2546). การจัดการโซ่
อุปทาน และโลจิสติกส์ : **Supply Chain Logistics Management**. แปลโดย กมล
ชนก สุทธิวาทนภพภูมิ. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิลล์.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). รายงานโลจิสติกส์ของ
ประเทศไทยประจำปี 2561 **THAILAND'S LOGISTICS REPORT 2018**. กรุงเทพฯ :
คณะทำงานต้นทุนโลจิสติกส์.
- สมชาย ปฐมศิริ. (2553). บทความความหมายของการขนส่งสินค้า. มหาวิทยาลัย
ธรรมศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2562, จาก http://www.logisticscorner.com/index.php?option=com_content&view=article.

อกนิษฐ์ สันธินาค; และ ศิรวดี อรัญนารถ. (2562, เมษายน – มิถุนายน). การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบแบ่งส่งสินค้าและรถหลายขนาดด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง : กรณีศึกษาบริษัทขนส่งเครื่องดื่ม. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 42 (2) : 145-159.

อัศรพล ชุณหะเกียรติสกุล. (2559). การลดต้นทุนการขนส่งของบริษัทขนส่ง กรณีศึกษา ศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดเพชรบุรี. สารนิพนธ์ บธ.ม. (บริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ : คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Arezoo Samimi. (2016). **Optimizing patrolling routes using Maximum Benefit k-Chinese Postman Problem**. Retrieved December 24, 2020, from

https://www.researchgate.net/figure/Saving-Algorithm-method-Lysgaard-1997_fig1_306886788

Jay Heizer; Barry Render; and Chuck Munson. (2017). **Operation Management ; sustainability and supply chain management**. Texas : Pearson Education, Inc.

Networking and Emerging Optimization. (2013). **Vehicle Routing Problem**.

Retrieved December 24, 2020, from <https://neo.lcc.uma.es/vrp/vehicle-routing-problem>

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY