



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

โดย

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.จิรัชัย พุทธกุลสมศิริ

และ

นักศึกษาผู้วิจัย นางสาวฐาปณีก์ สุนทรสารทูล

22 มิถุนายน 2554

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

ผู้วิจัย

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.จิรัช พุทธกุลสมศิริ
นักศึกษาผู้วิจัย นางสาวฐาปณีก์ สุนทรสารทูล

สังกัด

ภาควิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และระบบโซ่อุปทาน
คณะสถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานเป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

ปัญหาการจัดเส้นทางรถที่พิจารณาในโครงการนี้ มีลักษณะคือศูนย์กระจายสินค้าและลูกค้า(หรือสาขาร้านค้าปลีก) อยู่ภายในเครือข่ายเดียวกัน มีรถบรรทุกที่มีความจุจำกัดสำหรับรับและส่งสินค้าระหว่างสาขา (Capacitated Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery of Inter-Branch Demand; CVRP_PDIBD) ซึ่งความต้องการ การรับและส่งสินค้าระหว่างสาขาเป็นการขนส่งเพิ่มเติมจากการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า ไปยังสาขา โดยรถบรรทุกต้องรับสินค้าจาก สาขาบางแห่งเพื่อมาส่งยัง สาขา อีกแห่งภายในเส้นทางรถเดียวกัน เพื่อตอบสนองความต้องการของ สาขา อันเนื่องมาจากการที่ ศูนย์กระจายสินค้าไม่สามารถตอบสนองความต้องการของสาขาผู้รับได้ สาเหตุอาจมาจากกรณีที่สินค้าบางชนิดมีลักษณะเป็นฤดูกาลหรือมีวงจรชีวิตสั้น ดังนั้นการสั่งซื้อสินค้าประเภทนี้จากซัพพลายเออร์หรือผู้ผลิต จะมีการสั่งซื้อเพียงครั้งเดียว โดยหลังจากที่สินค้าถูกวางขายไปแล้ว ช่วงหนึ่งศูนย์กระจายสินค้า อาจส่งสินค้าทั้งหมดไปยังร้านค้าปลีก ต่างๆและ ไม่มีสินค้าสำรองไว้ที่ศูนย์กระจายสินค้า หรือสินค้าขาย หมดในร้านค้าปลีกบางสาขา ในขณะที่บางร้าน ยังมีสินค้าเหลืออยู่จำนวนหนึ่ง ดังนั้นเมื่อเกิดความต้องการสินค้าในสาขาที่สินค้าหมด การจัดเส้นทางรถจึงควร พิจารณาให้รถบรรทุกไปรับสินค้าจากสาขาที่มีสินค้ามาส่งยังสาขาที่มี ความต้องการสินค้าชนิดนี้ โดยคำนึงถึงความต้องการการขนส่งปกติที่รถบรรทุกจะต้องขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าเป็นหลัก วัตถุประสงค์คือเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ลด ระยะเวลาในการขนส่งสินค้าและ ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว ยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วย เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนา ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System; DSS) สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางรถที่พิจารณา โดย DSS มีลักษณะเป็น Spreadsheet โดยใช้ชุดพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ ภาษา Visual Basic for Applications (VBA) ใน Microsoft Excel ซึ่งใช้งานง่าย เหมาะสำหรับการ ทำงานจริง ระบบสนับสนุนการตัดสินใจได้รับการทดสอบโดยปัญหามาตรฐานที่นิยมใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้ และทดสอบกับข้อมูลจริงจากผู้ใช้ภาคอุตสาหกรรม ผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	หน้า
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ	5
2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับและส่งสินค้าแบบจำกัดความจุรถบรรทุก	6
2.3 วิธีการทางสถิติแบบสุ่มตัวอย่างสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ	9
2.4 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ	10
บทที่ 3 ขั้นตอนการวิจัย	
3.1 การสำรวจและเก็บข้อมูล	16
3.2 ข้อกำหนด	17
3.3 ขั้นตอนวิธีวิฤตติศาสตร์ที่ใช้เพื่อจัดเส้นทางเดินรถ	20
3.4 การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ	27
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	
4.1 การทดสอบระบบสนับสนุนการตัดสินใจ	30
4.2 จัดอบรมการใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้ประกอบการ	35
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	36
บรรณานุกรม	38

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ระดับการวางแผนด้านการขนส่ง	5
3-1 ลักษณะทางกายภาพของรถขนส่งสินค้าชนิดมาตรฐาน	18
3-2 ข้อมูลระยะทางของศูนย์กระจายสินค้าและลูกค้าในแต่ละสาขา	21
3-3 ค่า Savings ของลูกค้าในแต่ละสาขา	22
3-4 ขั้นตอนการคิดเส้นทางด้วยวิธี Parallel Savings	22
3-5 ผลการคำนวณค่าความน่าจะเป็นด้วยวิธี Regret-Based Random Sampling	25
3-6 ขั้นตอนการสร้างเส้นทางเดินรถด้วยวิธี Regret-Based Random Sampling	25
4-1 ค่าเฉลี่ยจุด ลองจุดของแต่ละสาขาและศูนย์กระจายสินค้า	32
4-2 ข้อมูลสมมติต่างๆในการขนส่ง	33
4-3 ผลการคำนวณปัญหาที่ใช้ในงานวิจัย	34

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 วิธี Savings	8
3-1 ลักษณะของรถขนส่งสินค้าชนิดมาตรฐาน	18
3-2 ตำแหน่งของสาขาที่ทำการขนส่ง	19
3-3 ตัวอย่างค่าละติจูด ลองติจูดจากโปรแกรม Google earth	19
3-4 ตำแหน่งและอุปสงค์ของลูกค้าแต่ละสาขา	21
3-5 เส้นทางเดินรถจากวิธี Parallel Savings	23
3-6 ผลลัพธ์จากการคำนวณเส้นทางเดินรถด้วยวิธี RBRS	26
3-8 แผนตารางสำหรับป้อนข้อมูล	28
3-9 แผนตารางผลการคำนวณค่าใช้จ่าย	29
3-10 แผนตารางเวลาการเดินรถ	29
4-1 เปอร์เซ็นต์ของอุปสงค์ระหว่างสาขาเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	34
4-2 เปอร์เซ็นต์ของอุปสงค์ระหว่างสาขาที่ตอบสนองได้กับอุปสงค์ระหว่างสาขา	35

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem; VRP) สำหรับศูนย์กระจายสินค้า เป็นปัญหาการจัดการโลจิสติกส์ที่สำคัญที่สุดปัญหาหนึ่ง เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ ศูนย์กระจายสินค้ามากกว่า 50% เป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (ที่มา: จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ ภาคอุตสาหกรรม) ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทย (2552) ที่ระบุว่าค่าใช้จ่าย โลจิสติกส์ของประเทศไทยเฉพาะเรื่องการขนส่งสินค้าที่ไม่รวมการขนส่งผู้โดยสาร คิดเป็นร้อยละ 8.3 ของ GDP ของประเทศไทยหรือประมาณ 746.5 พันล้านบาท โดยประมาณร้อยละ 52.38 ของค่าใช้จ่ายในการขนส่งเป็นการขนส่งทางถนน หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อ ค่าใช้จ่ายในการจัดส่งสินค้าคือ ประสิทธิภาพ ในการจัดการตารางเดินรถให้มีค่าใช้จ่ายต่ำ ในขณะที่สามารถตอบสนองความต้องการการขนส่งสินค้าได้ ภายใต้อุปสรรคต่างๆ เช่น ความจุของรถบรรทุก สถานีรับและขนส่งสินค้า เป็นต้น โดยผู้ประกอบการ ภาคอุตสาหกรรมส่วนหนึ่งของประเทศไทยต้องทำการจัดการตารางเดินรถเอง คือผู้ประกอบการที่มี ปริมาณ อุปสงค์จากลูกค้ามากและค่อนข้างคงที่ พอที่จะมีกองยานพาหนะเป็นของตนเอง ซึ่งในกรณีนี้ถ้า ผู้ประกอบการไม่ มีกองยานพาหนะเป็นของตนเองจะทำการว่าจ้างผู้รับจ้างขนส่ง หรือ Third Party Logistics Provider (3PL) สำหรับผู้ประกอบการที่เป็นบริษัทขนาดใหญ่อาจลงทุนระบบการจัดการ ตารางเดินรถด้วยซอฟต์แวร์ที่มีราคาแพง ซึ่งมีระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System; DSS) ที่สามารถจัดเส้นทางเดินรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ยังมีผู้ประกอบการอีกเป็นจำนวนมากที่ไม่มีการใช้ซอฟต์แวร์ที่มีระบบสนับสนุนการตัดสินใจดังกล่าว แต่ดำเนินการจัดการตารางเดินรถ โดยใช้ประสบการณ์และการคำนวณอย่างง่าย ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลหลายประการ เช่น พนักงาน ผู้รับผิดชอบการจัดเส้นทางเดินรถขาดความรู้เรื่องการจัดเส้นทางเดินรถที่ใช้การคำนวณเป็น ระบบตามขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่เหมาะสม ซอฟต์แวร์มีราคาแพง ซอฟต์แวร์ใช้งานยากหรือไม่ ยืดหยุ่นพอสำหรับผู้ใช้งานภาคอุตสาหกรรม ของไทย หรือผู้ประกอบการอาจไม่มีคว ามพร้อม เช่น ไม่มี ข้อมูลที่จะใช้เป็นข้อมูลนำเข้า (Input) ของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เป็นต้น

โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การพัฒนา ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เพื่อตอบสนองความต้องการ ลด ค่าใช้จ่ายทางด้านโลจิสติกส์บางส่วนของภาคอุตสาหกรรม นั่นคือ การลดต้นทุนที่เกิดจากการจัดเส้นทาง การเดินรถจากศูนย์กระจายสินค้า โดยลูกค้าแต่ละรายมีความต้องการการขนส่งที่แตกต่างกันไป ได้แก่ ความต้องการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าและความต้องการขนส่งสินค้านี้ระหว่างสาขา (Transshipment) ที่ต้องมีการรับและการส่งมอบ (Pickup and Delivery) ลักษณะเฉพาะของปัญหาการจัด เส้นทางเดินรถที่พิจารณาในโครงการนี้มาจาก ความต้องการของลูกค้า ที่ศูนย์กระจายสินค้าไม่

สามารถตอบสนองได้ ในกรณีที่สินค้าถูกผลิตในปริมาณที่จำกัด และถูกกระจายไปยังสาขาย่อยลูกค้า (สาขาร้านค้าปลีก) ต่างๆ ทำให้ไม่มีสินค้าสำรอง ที่ศูนย์กระจายสินค้า ในขณะที่สินค้ายังมีอยู่ในสาขาย่อยบางแห่ง ซึ่งสามารถนำมาตอบสนองความต้องการนี้ได้ ทั้งนี้ การวางแผนการจัดเส้นทางเดินรถอาจพิจารณาให้รถวิ่งไปรับสินค้าจากสาขาที่มีสินค้าชนิดนี้อยู่ หลังจากนั้นจึงขนส่งมายังสาขาที่มีความต้องการสินค้าชนิดนี้โดยพยายามให้การขนส่งระหว่างสาขาเกิดขึ้นในเส้นทางเดียวกับการขนส่งปกติจากศูนย์กระจายสินค้า เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าเพิ่มเติม โดยให้เกิดค่าใช้จ่ายและเวลานานในการขนส่งที่ลดลง ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมุ่งพัฒนาระบบ DSS โดยพัฒนาขึ้นในรูปแบบ Spreadsheet-Based ซึ่งเป็นลักษณะของ Software ที่ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ใช้งานเป็นประจำอยู่แล้ว นอกจากนี้ ระบบ DSS จะพัฒนาขึ้นในระบบที่ทำงานได้ในระบบเดี่ยว (Stand-Alone System) ที่ผู้ประกอบการสามารถ Download ไปใช้ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีแบบฮิวริสติกส์สำหรับการจัดเส้นทางเดินรถที่มีการคำนวณที่ไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพคือสามารถสร้างตารางการเดินรถที่ดี (ประหยัดค่าใช้จ่าย ระยะทาง หรือ เวลาการเดินทาง) และมีประสิทธิภาพคือสามารถให้ผลการคำนวณในเวลาสั้นหรือที่ยอมรับได้

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบ DSS ในลักษณะ Spreadsheet-Based ซึ่งเป็นโปรแกรมต้นแบบที่ใช้งานง่าย และนำเอาขั้นตอนวิธีฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นมาใช้ เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับช่วยให้ผู้ประกอบการ ที่มีกองยานพาหนะเป็นของตนเอง และยังไม่มีการจัดเส้นทางเดินรถอย่างเป็นระบบ สามารถจัด เส้นทางเดินรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ ที่พิจารณาถึงลักษณะคือมีการรวมการขนส่งระหว่างสาขา (ลูกค้า) เพิ่มเติมจากการขนส่งปกติจากศูนย์กระจายสินค้า รับและส่งสินค้าระหว่างสาขา ซึ่งทำโดยรถบรรทุกที่มีความจุจำกัด นั่นคือ ความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้นในแต่ละสาขาโดยแบ่งความต้องการของลูกค้าออกเป็น 2 ประเภทคือ อุปสงค์ปกติที่ศูนย์กระจายสินค้าต้องส่งสินค้าไปยังสาขาย่อยต่างๆ และอุปสงค์ระหว่างสาขาซึ่งเกิดจากศูนย์กระจายสินค้าไม่สามารถตอบสนองความต้องการของสาขาบางสาขาได้ ในขณะที่มีสาขาอื่น บางสาขามีสินค้าชนิดนี้อยู่ วัตถุประสงค์ของ โครงการ วิจัยนี้ คือ สร้างขั้นตอนวิธี (Algorithm) เพื่อหาเส้นทางเดินรถที่ดี สำหรับการขนส่งสินค้าเพื่อตอบสนองอุปสงค์ปกติ ในขณะที่เดียวกันก็สามารถตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาได้ในเส้นทางเดินรถเดียวกัน เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ต่ำ โดยปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อรับและส่งสินค้าระหว่างสาขาสำหรับรถบรรทุกที่มีความจุจำกัดมีลักษณะของปัญหาดังต่อไปนี้

1.3.1 ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) หรือคลังสินค้า (Warehouse) มีจำนวน 1 แห่ง

1.3.2 ทราบตำแหน่งและเส้นทางของจุดกำเนิดของความต้องการ ระหว่างสาขา (Delivery Location) และจุดที่

สามารถตอบสนองความต้องการได้ (Potential Pickup Location)

1.3.3 กำหนดจำนวนยานพาหนะที่มีไว้ในครอบครอง

1.3.4 ประเภทของยานพาหนะเป็นชนิดเดียวกันและความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ (Vehicle Capacity) เท่ากันทั้งหมด

1.3.5 ทราบปริมาณอุปสงค์ที่แน่นอนของสาขาปลายทาง (Delivery Location) โดยปริมาณอุปสงค์นั้นต้องไม่มากกว่าความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ

1.3.6 ในแต่ละสาขาย่อย (Retail Branch) มีความต้องการด้านการบริการขนส่ง 3 ประเภท

- ขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังสาขาร้านค้าปลีก (Delivery Location)

- รับสินค้าจากจุดที่สามารถตอบสนองความต้องการ ระหว่างสาขา ได้ (Potential Pickup Location)

- ขนส่งสินค้าจากไปยังสาขาปลายทาง (Delivery Location) เพื่อตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขา

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและศึกษาการพัฒนา DSS สำหรับการจัดเส้นทางเดินรถ และศึกษาขั้นตอนวิธีต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถ ว่ามีขั้นตอนการทำงานอย่างไรและเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีแต่ละแบบเพื่อเลือกนำไปพัฒนาต่อ

1.4.2 รวบรวมข้อมูล สำหรับปัญหาวิจัย โดยรวบรวมจากผู้ประกอบการซึ่งจะร่วมโครงการในฐานะผู้ใช้งานภาคอุตสาหกรรมเบื้องต้น โดยการเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า ข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินการขนส่ง และข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

1.4.3 สร้างขั้นตอนวิธีเพื่อจัดเส้นทางเดินรถ โดยพัฒนาจากขั้นตอนวิธีที่มีการศึกษามาก่อนแล้วในงานวิจัยต่างๆ และจะพัฒนาขั้นตอนวิธีใหม่เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Meta-Heuristic และเพิ่มเติมข้อจำกัดต่างๆ ในทางปฏิบัติที่งานวิจัยในอดีตไม่ได้พิจารณา โดยจะทำการสร้าง ทดสอบ และเลือกขั้นตอนวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อพัฒนาเป็น DSS ในขั้นตอนต่อไป

1.4.4 พัฒนา DSS สำหรับการจัดเส้นทางเดินรถ โดยจะพัฒนาเป็น Spreadsheet-Based (พร้อมคู่มือการใช้) เพื่อให้ใช้งานง่าย เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีการใช้ Spreadsheet ในการทำงานอยู่แล้ว ซึ่งระบบ DSS จะประกอบด้วย (1) ส่วนรับข้อมูลนำเข้า (2) ส่วนประมวลผลตามขั้นตอนวิธี และ (3) ส่วนแสดงผล

1.4.5 ทดสอบความสมเหตุสมผล (Validation) และประสิทธิภาพของ DSS ที่สร้างขึ้น โดยใช้ข้อมูลอุปสงค์ในอดีตของผู้ใช้ภาคอุตสาหกรรม และเปรียบเทียบผลการจัดเส้นทางเดินรถ

1.4.6 สรุปผลการวิจัย นำเสนอ และจัดอบรมการใช้ DSS สำหรับผู้ประกอบการที่สนใจ และ เขียนบทความวิชาการเพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ และ DSS เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการอื่นที่สนใจ นำไปใช้งานต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ประโยชน์ในเชิงความรู้พื้นฐานคือได้ขั้นตอนวิธีวิธีสถิติที่พัฒนาขึ้นใหม่ใน โครงการวิจัยนี้

1.5.2 ประโยชน์ในเชิงสาธารณะ ได้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดเส้นทางเดิน รถที่มีประสิทธิภาพ ใช้งานง่าย และเหมาะสำหรับผู้ประกอบการไทย ซึ่งโครงการวิจัยจะจัดให้มี ช่องทาง ให้ผู้ประกอบการสามารถมา Download ไปใช้ได้

1.5.3 ประโยชน์ในเชิงวิชาการ คือได้บทความวิจัยที่มีคุณภาพ เพื่อส่งเข้ารับการพิจารณาตีพิมพ์ และเผยแพร่ในประชุมวิชาการและวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

บทที่ 2

เอกสารทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem; VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem; VRP) คือชื่อเรียกทั่วไปของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางของยานพาหนะซึ่งอ้างอิงกับ ศูนย์กระจายสินค้า หรือหลาย ๆ ศูนย์กระจายสินค้า สินค้า ที่ต้องพิจารณาลักษณะการกระจายตัว ของลูกค้า (Customers) จุดประสงค์ของ การแก้ปัญหา VRP คือการจัดเส้นทางเพื่อขนส่งสินค้าให้ลูกค้าโดยต้องมีการใช้ยานพาหนะในเส้นทางขนส่งที่ต่ำที่สุด และสร้าง ตารางการ เวลาการเดินทาง เพื่ออัตราการใช้ประโยชน์จากยานพาหนะ ระดับการวางแผนการจัดการขนส่งสินค้าสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ

2.1.1 การวางแผนเชิงกลยุทธ์ (Strategic Planning)

การวางแผนเชิงกลยุทธ์เป็นส่วนของการวางแผนที่เกี่ยวข้องกับนโยบาย หรือทิศทางในการบริหาร และการดำเนินการของบริษัท เช่น การออกแบบ และการกำหนดที่ตั้งของโรงรถ (Depot) หรือศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center; DC) ขอบเขตของพื้นที่การให้บริการ ส่วนแบ่งการตลาด เป็นต้น

2.1.2 การวางแผนเชิงควบคุม (Tactical Planning)

การวางแผนเชิงควบคุมเป็นส่วนของการตัดสินใจของภาคอุตสาหกรรม ที่จะตัดสินใจซื้อรถบรรทุกหรือยานพาหนะจำนวนกี่คัน รถประเภทใด เป็นรถบรรทุก 10 ล้อ, รถบรรทุก 6 ล้อ หรือรถพ่วงเป็นจำนวนกี่คัน เป็นต้น

2.1.3 การวางแผนเชิงปฏิบัติการ (Operational Planning)

การวางแผนเชิงปฏิบัติการเป็นส่วนของการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะนั้นคือ บริษัทจะต้องจัดการขนส่งสินค้า หรือการกระจายสินค้าอย่างไร และจะกำหนดเส้นทางของยานพาหนะ ที่ใช้ในการขนส่งอย่างไรเพื่อให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด

ตารางที่ 2-1 แสดงระดับการวางแผนด้านการขนส่ง (ชวลิต, 2007)

	การวางแผนการขนส่งสินค้า	การจัดเส้นทางเดินรถ
ระดับกลยุทธ์	การวางแผนโครงข่ายการขนส่ง การกำหนดรูปแบบรถที่ใช้ขนส่ง การกำหนดรูปแบบการขนส่ง	
ระดับวางแผนควบคุม	การเลือกที่ตั้งคลังสินค้า การเลือกขนาดของรถที่ใช้	การแบ่งเขตการจัดส่งสินค้า
ระดับปฏิบัติการ	ปริมาณสินค้าที่จะทำการจัดส่ง	การจัดกำหนดการเดินทาง การจัดตารางการปล่อยรถ

จะเห็นได้ว่าการจัดเส้นทางและตารางการเดินรถ เป็นปัญหาที่ต้องทำการวางแผนในระดับปฏิบัติการแบบวันต่อวัน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการ แก้ปัญหาให้น้อยที่สุด เนื่องจากระยะเวลาในการตัดสินใจมีอย่างจำกัด

2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางรถแบบรับและส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกที่มีความจุจำกัด (Capacitated Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery; CVRP_PD)

ปัญหาการจัดเส้นทางรถที่มีการรับและส่งสินค้า แบบจำกัดความจุรถบรรทุก กล่าวคือ เมื่อรถบรรทุกทำการรับสินค้าจากจุดรับหนึ่งแล้ว รถบรรทุกคันดังกล่าวจะต้องไปส่งสินค้ายังจุดส่งอันเป็นที่หมายของสินค้าที่กำลังบรรทุกอยู่ก่อนที่จะไปรับสินค้าที่จุดรับอื่นได้ โดยกำหนดความสามารถในการบรรทุกสินค้าเพื่อให้ปัญหามีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น โดยที่คำสั่งส่งสินค้าหนึ่ง นอกจากจะระบุถึงจุดรับและจุดส่งสินค้า จำนวนเที่ยวในการรับและส่งสินค้าแล้ว อาจระบุเวลาในการรับและส่งสินค้าด้วย ซึ่งปัญหารูปแบบนี้ผู้วางแผนการจัดส่งต้องตัดสินใจว่าจะทำการจัดส่งแต่ละคำสั่งส่งสินค้าอย่างไร ใช้รถบรรทุกที่ประจำอยู่ที่จุดจอดรถบรรทุกใด และมีลำดับในการไปรับและส่งสินค้าต่างๆ ใดๆ ให้สามารถจัดส่งสินค้าทั้งหมดได้ ภายในกรอบเวลาของคำสั่งส่งสินค้านั้น และไม่ละเมิดข้อจำกัดในเรื่องความสามารถในการบรรทุก และระยะทางสูงสุดในการจัดส่งของรถบรรทุกแต่ละเส้นทาง เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายรวมในการจัดส่งสินค้าต่ำที่สุด โดยในรายละเอียดของปัญหาที่พิจารณานั้นจะกำหนดให้จุดรับสินค้าแต่ละจุดเป็น ที่จอดของ รถบรรทุกที่มีจำนวนรถบรรทุกจำกัดด้วย และในหนึ่งเส้นทางการจัดส่งสินค้ารถบรรทุกที่ถูกใช้ในการจัดส่งจะต้องกลับมาจอดยังจุดจอดรถเดิมของรถบรรทุกคันนั้นๆ ซึ่งรถบรรทุกแต่ละคันจะมีความสามารถในการบรรทุกได้เท่ากัน และคำสั่งส่งสินค้าแต่ละคำสั่งจะถูกส่งโดยรถบรรทุกคันใดก็ได้ ในส่วนของปัญหาการจัดเส้นทางรถที่มีการรับและส่งสินค้าสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่

2.2.1 ดำเนินการส่งสินค้าแล้วจึงรับสินค้า (Delivery First, Pickup Second) คือ รถบรรทุกจะสามารถรับสินค้าได้ก็ต่อเมื่อทำการส่งสินค้าทั้งหมดจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังจุดส่งสินค้าแล้วเท่านั้น

Yazgi et al. (2009) พิจารณาปัญหาการจัดเส้นทางรถเมื่อลูกค้าต้องการการบริการด้านการรับและส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว โดยเริ่มต้นจากการส่งสินค้าไปยังตำแหน่งที่มีความต้องการสินค้านั้น หลังจากนั้นจึงรับสินค้าในพื้นที่ที่กำหนดไว้ โดยวัตถุประสงค์ของการดำเนินการส่งสินค้าแล้วจึงรับสินค้า คือค้นหาเส้นทางเดินรถที่ดีที่สุด ซึ่งวัดจากค่าใช้จ่ายโดยรวมของระยะทาง การขนส่งน้อยที่สุด ทั้งนี้มีการกำหนดความจุของรถบรรทุก จำกัดระยะทางเดินรถ และที่สำคัญคือรถบรรทุกแต่ละคันจะสามารถรับสินค้าได้ก็ต่อเมื่อส่งสินค้าให้ลูกค้าทั้งหมดเรียบร้อยแล้วเท่านั้น นอกจากนี้ Goetschalckx and Jacobs (1993) ได้เสนอกระบวนการทูเฟส (Two-Phase) คือ การแบ่งประเภทเส้นทางออกเป็นกลุ่มๆ ในปัญหาการจัดเส้นทางรถแบบดำเนินการส่งสินค้าแล้วจึงรับสินค้า โดยพิจารณาจาก

ค่าระยะทางแบบยูคลิดีียน (Euclidean) ทั้งนี้มีเงื่อนไขกำหนดว่าไม่ให้รับสินค้าใดๆ จนกว่าจะส่งสินค้าเสร็จ ซึ่งวิธีการนี้ได้นำไปทดสอบกับลูกค้าจำนวน 25-150 คน โดยมีจำนวนลูกค้าที่ต้องการให้รับสินค้ากลับไป 25-50% จากจำนวนลูกค้าทั้งหมด และจากผลการทดสอบ ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยของพวกเขามีค่าการทดสอบดีกว่างานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต

2.2.2 การผสมผสานระหว่างการรับและส่งสินค้า (Mixed Pickup and Delivery) คือรถบรรทุกสามารถรับและส่งสินค้าไปพร้อมๆ กันในทุกเส้นทางการเดินทาง

Nagy and Salhi (2005) ได้พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาเส้นทางการเดินทางแบบการผสมผสาน ระหว่างการรับและส่งสินค้า โดยทำการแทรกเส้นทางที่ลูกค้าต้องการให้รับสินค้าในการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้า วิธีการแทรกเส้นทางเข้า ไป ทำให้จำนวนลูกค้าที่ต้องการส่งสินค้าลดลงเป็นผลให้ระยะทางการขนส่งสินค้าลดลงด้วย ในส่วนของ Wade and Salhi (2002) ก็ได้ทำการพิจารณาเปรียบเทียบระยะทางโดยรวมของวิธีการจัดเส้นทางเดินทางแบบ ส่งสินค้า แล้วจึงรับสินค้า กับวิธีการจัดเส้นทางเดินทางแบบ ผสมผสานระหว่างรับและส่งสินค้า พบว่า วิธีการจัดเส้นทางเดินทางแบบ ผสมผสานระหว่างการรับและส่งสินค้าจะช่วยลดค่าใช้จ่ายโดยรวมในการขนส่งได้มากกว่าแบบส่งสินค้าก่อนแล้วจึงรับสินค้า นอกจากนี้ Salhi and Nagy (1999) ได้นำเสนอวิธีการแทรกเส้นทางการรับสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้าเข้าไปในปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางแบบ ผสมผสานระหว่างการรับและส่งสินค้า โดยเริ่มแรกพวกเขาได้ทำการค้นหาเส้นทางด้วยวิธีการ Savings Algorithm ของ Clarke and Wright (1964) จากนั้นทำการกำหนดให้บางเส้นทางการขนส่งให้รถบรรทุกสามารถส่งสินค้าได้หลังจากรับสินค้าแล้ว ซึ่งวิธีการนี้สามารถแทรกลูกค้าที่ต้องไปรับสินค้าเข้าไประหว่างการขนส่งได้ จากผลงานวิจัยของเขาช่วยลดระยะทางการเดินทางได้

Clarke and Wright (1964) พิจารณาเกี่ยวกับเส้นทางของยานพาหนะที่เหมาะสม ที่สุดสำหรับการขนส่งสินค้าที่มีความสามารถในการบรรทุกต่างๆ กัน ในการขนส่ง หากศูนย์กระจายสินค้าไปยังที่ต่าง ๆ งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขั้นตอนให้สามารถเลือกเส้นทางของยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด และผลที่ได้จากการแก้ปัญหาขึ้นคือ ทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะ ที่ใช้ในการขนส่ง และปริมาณสินค้าที่ขนโดยยานพาหนะแต่ละคัน โดย Savings Algorithm ของ Clarke and Wright (1964) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) สร้างคำตอบเริ่มต้น โดยการกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทางมีลูกค้าเพียงจำนวน 1 รายเท่านั้น ดังนั้นขั้นตอนนี้จะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนลูกค้าทั้งหมด

2) คำนวณค่าความประหยัดของระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Savings Cost) ระหว่างลูกค้า 2 ราย นั่นคือ ลูกค้า i และ j ดังสมการต่อไปนี้

$$S_{i-j} = C_{i-DC} + C_{DC-j} - C_{i-j}$$

โดยที่ S_{i-j} = ค่าความประหยัดของระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่ง สินค้า (Savings Cost) ระหว่างลูกค้า 2 ราย นั่นคือ ลูกค้า i และลูกค้า j

C_{i-DC} = ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และศูนย์กระจายสินค้า (DC)

C_{DC-j} = ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า และลูกค้า j

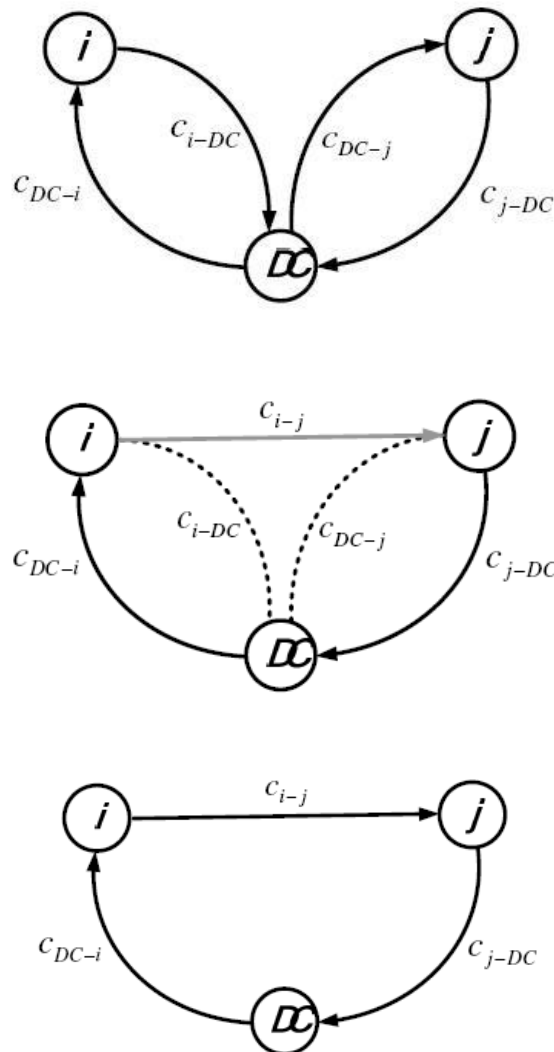
C_{i-j} = ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และลูกค้า j

3) เรียงลำดับค่าความประหยัด (S_{i-j}) จากมากไปหาน้อย

4) เลือกรวมเส้นทางของลูกค้า i ลูกค้า j ให้อยู่ในเส้นทางเดียว โดยเริ่มจากค่า S_{i-j} สูงสุดก่อน

5) ทำซ้ำจนกระทั่งจัดเส้นทางยานพาหนะได้ครอบคลุมลูกค้าทั้งหมด โดยมีเงื่อนไข

ข้อจำกัดในการเดินทางแต่ละยานพาหนะจะต้องมีสินค้าไม่เกินความจุของยานพาหนะ หรือต้องใช้เวลาการเดินทางไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด



ภาพที่ 2-1 แสดงวิธี Savings

Savings Algorithm ของ Clarke and Wright (1964) ใช้สมมติฐานว่า $C_{DC-i} = C_{i-DC}$ นั่นคือ ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้าและลูกค้า i เท่ากับ ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และศูนย์กระจายสินค้า

แต่ในสถานการณ์ขนส่งสินค้าจริงนั้น ค่า C_{DC-i} อาจไม่เท่ากับ C_{i-DC} เนื่องจากเส้นทางการขนส่งสินค้าขาไปและจากกลับนั้นอาจไม่เหมือนกัน หรือมีสภาพจราจรที่แตกต่างกัน การบรรทุกสินค้าที่แตกต่างกันของสินค้าขาไปและจากกลับ ทำให้ระยะทางแตกต่าง กันหรือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางไม่เท่ากัน ซึ่งส่งผลโดยตรงกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าในขาไปและจากกลับ ดังนั้นค่าความประหยัดของระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Savings Cost) ระหว่างลูกค้า i และลูกค้า j จะมีค่าดังสมการ $S_{i-j} = C_{i-DC} + C_{DC-j} - C_{i-j}$

2.2.3 การรับและส่งสินค้าอย่างต่อเนื่อง (Simultaneous Pickup and Delivery) คือ รถบรรทุกดำเนินการส่งสินค้าไปยังลูกค้าและรับสินค้าจากลูกค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้า ยกตัวอย่างในกรณีของน้ำอัดลม รถบรรทุกจะทำการส่งน้ำอัดลมบรรจุขวดไปยังลูกค้าและรับขวดเปล่ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้าเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

Bulent Catay (2010) อธิบายเกี่ยวกับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางแบบการรับและส่งสินค้าอย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดให้มีศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียวเพื่อ ให้บริการลูกค้า ลูกค้าแต่ละรายต้องการการบริการ ทั้งการขนส่งและรับสินค้า เช่น การขนส่งน้ำดื่มบรรจุขวด สารเคมี แก๊สปิโตรเลียม เป็นต้น กรณีน้ำดื่มบรรจุขวด น้ำที่บรรจุขวดเสร็จแล้วจะถูกส่งไปยังลูกค้าและ ขวดเปล่าจะถูก นำกลับมายังศูนย์กระจายสินค้าเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ หรือในกรณีของสารเคมี วัตถุที่บรรจุสารเคมีอันตราย การทำลายต้องได้รับการควบคุมอย่างระมัดระวังเพื่อความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและการควบคุมตามกฎหมาย

Dell'Amico (2006) ได้พัฒนาวิธีการค้นหาตำแหน่งของลูกค้าอย่างแม่นยำสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางแบบการรับและส่งสินค้าอย่างต่อเนื่อง วัตถุประสงค์เพื่อสร้างสมการที่ช่วยลดระยะเวลาการคำนวณการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถแก้ไขปัญหที่ประกอบด้วยลูกค้า 40 แห่ง และ รถบรรทุก 22 คัน ได้ในระยะเวลาเพียง 1 ชั่วโมง นอกจากนี้ Alshamrani (2007) ได้พิจารณากลยุทธ์การวางแผนเส้นทางรับและขนส่งเลือด โดยมีเป้าหมายเพื่อนำเทคนิคฮิวริสติกส์ที่ได้มาวางแผนเส้นทางการให้บริการลูกค้าทั้งหมดโดยให้มีระยะทางสั้นที่สุด

2.3 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางที่พิจารณาความไม่แน่นอนของข้อมูล (Stochastic Vehicle Routing Problems; SVRPs)

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางที่พิจารณาความไม่แน่นอนของข้อมูลคือ การพัฒนาผลลัพธ์ที่ได้จากปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางแบบเดิม โดยเพิ่มเติม การสุ่มค่าพารามิเตอร์ ซึ่งถูกใช้ในปัญหา

ประเภทที่ อุปสงค์ของลูกค้า มีความ ไม่แน่นอน หรือการสุ่มเวลาการเดินทางหรือเวลาในการบริการ Bertsimas (1989) ได้ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางเดิน รถที่พิจารณาความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยวิเคราะห์ปัญหาจาก แบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ Ben et al. (2008) ได้ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางเดิน รถที่พิจารณาความไม่แน่นอนของข้อมูล ที่อุปสงค์ของลูกค้า มีความไม่แน่นอน เมื่อรถบรรทุกแต่ละคันมีความจุจำกัด โดยใช้แบบจำลอง Flexible Milk-Runs มาใช้ในการคำนวณ ผลลัพธ์ที่ได้ นั้นสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้ามากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ Tatarakis and Minis (2008) ได้ทำการศึกษาการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้าหลากหลายชนิดภายใต้การสุ่มของอุปสงค์ของลูกค้าโดยใช้ Dynamic Program เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายจากความผิดพลาดในการคาดเดาน้อยที่สุดและ พัฒนาทฤษฎีที่เหมาะสมสำหรับปัญหามาตรฐานใหญ่ และ Zhihong et al. (2009) ได้พิจารณาการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับอุปสงค์ของลูกค้าที่ไม่แน่นอน โดยดัดแปลงพารามิเตอร์ของอุปสงค์และเวลาในการขนส่ง และสุ่มพารามิเตอร์ของการกระจายสินค้าในแต่ละแห่งเพื่อนำมาใช้กับวิธีทาบิวริสติกส์ (Tabu) ในการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยผลลัพธ์ที่ได้ นั้นจะแสดงการสร้างเส้นทางเดินรถที่มีคุณภาพ

2.4 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System; DSS)

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System; DSS) เป็นระบบที่จะช่วยผู้บริหารในเรื่องการตัดสินใจในเหตุการณ์หรือกิจกรรมทางธุรกิจระบบสนับสนุนการตัดสินใจอาจจะใช้กับบุคคลเดียว หรือ ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเป็นกลุ่ม นอกจากนี้ยังมีระบบสนับสนุนผู้บริหารเพื่อช่วยผู้บริหารในการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเป็นซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการ การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล นอกจากนั้น DSS ยังเป็นการประสานการทำงานระหว่างบุคลากรกับเทคโนโลยีทางด้านซอฟต์แวร์ โดยเป็นการกระทำโต้ตอบกันเพื่อแก้ปัญหาแบบไม่มีโครงสร้าง และอยู่ภายใต้การควบคุมของผู้ใช้ตั้งแต่ เริ่มต้นถึงสิ้นสุดขั้นตอนหรืออาจกล่าวได้ว่าระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เป็นระบบที่ได้ตอบกันระหว่างผู้ใช้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อหาคำตอบที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว ดังนั้นระบบการสนับสนุนการตัดสินใจ จึงประกอบด้วยชุดเครื่องมือ ข้อมูล จำลองแบบ (Model) และทรัพยากรอื่นๆ ที่ผู้ใช้หรือนักวิเคราะห์นำมาใช้ในการประเมินผลและแก้ไขปัญหา ดังนั้นหลักการของ DSS จึงเป็นการให้เครื่องมือที่จำเป็นแก่ผู้บริหาร ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีรูปแบบที่ซับซ้อน แต่มีวิธีการปฏิบัติที่ยืดหยุ่น DSS จึงถูกออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ไม่เพียงแต่การตอบสนองในเรื่องความต้องการของข้อมูลเท่านั้น

2.4.1 ส่วนประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ สามารถจำแนกออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

2.4.1.1 อุปกรณ์ เป็นส่วนประกอบแรกและเป็นโครงสร้างพื้นฐานของ DSS โดยอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ด้วยกันคือ

- อุปกรณ์ประมวลผล ประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งปัจจุบันองค์กรส่วนมากหันมาใช้ระบบเครือข่ายของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) แทนเนื่องจากมีราคาถูก มีประสิทธิภาพดี และสะดวกต่อการใช้งาน ตลอดจนผู้มีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในงานสารสนเทศสูงขึ้น

- อุปกรณ์สื่อสาร ประกอบด้วยระบบสื่อสารต่างๆ เช่น ระบบเครือข่ายเฉพาะพื้นที่ (LAN) ได้ถูกนำมาประยุกต์เพื่อทำการสื่อสารข้อมูลและสารสนเทศของ DSS โดยในบางครั้ง อาจจะใช้การประชุมโดยอาศัยสื่อวิดีโอ (Video Conference) หรือการประชุมทางไกล (Teleconference) ประกอบ เนื่องจากผู้มีหน้าที่ตัดสินใจอาจอยู่กันคนละพื้นที่

- อุปกรณ์แสดงผล DSS ที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีอุปกรณ์แสดงผลเช่น จอภาพที่มีความละเอียดสูง เครื่องพิมพ์ และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เพื่อช่วยถ่ายทอดข้อมูลสารสนเทศ ตลอดจนสร้างความเข้าใจในสารสนเทศให้แก่ผู้ใช้ และช่วยให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพ

2.4.1.2 ระบบการทำงาน เป็นส่วนประกอบหลักของ DSS เพราะถือว่าเป็นส่วนประกอบสำคัญ ที่ทำให้ DSS ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์และความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งระบบการทำงานจะประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ

- ฐานข้อมูล (Database) DSS จะไม่มีหน้าที่สร้าง ค้นหา หรือปรับปรุงข้อมูลในฐานข้อมูลขององค์กร เนื่องจากระบบข้อมูลขององค์กรเป็นระบบขนาดใหญ่มีข้อมูลหลากหลาย และเกี่ยวข้องกับข้อมูลหลายประเภท แต่ DSS จะมีฐานข้อมูลของตัวเอง ซึ่งจะมีหน้าที่รวบรวมข้อมูลที่สำคัญจากอดีตถึงปัจจุบันและนำมาจัดเก็บ เพื่อให้ง่ายต่อการค้นหา

- แบบจำลอง (Model Base) มีหน้าที่รวบรวมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และแบบจำลองในการวิเคราะห์ปัญหาที่สำคัญ เพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ DSS จะถูกพัฒนาขึ้นมาตามจุดประสงค์เฉพาะอย่าง ดังนั้น DSS จะประกอบด้วยแบบจำลองที่ต่างกันตามวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้

- ระบบซอฟต์แวร์ของ DSS (DSS Software System) เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้งานกับฐานข้อมูลและแบบจำลอง โดยระบบชุดคำสั่งของ DSS จะมีหน้าที่จัดการ ควบคุมการพัฒนา จัดเก็บ และเรียกใช้แบบจำลองต่างๆ เพื่อนำมาประมวลผลกับข้อมูลจากฐานข้อมูล นอกจากนี้ระบบชุดคำสั่งยังมีส่วนที่ให้ความช่วยเหลือผู้ใช้งาน การโต้ตอบกับ DSS โดยที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนคือผู้ใช้ แบบจำลองและฐานข้อมูล

2.4.1.3 ข้อมูล เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกส่วนของ DSS ไม่ว่า DSS จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ทันสมัยและได้รับการออกแบบการทำงานให้สอดคล้องกัน และเหมาะสมกับการใช้งานมากเพียงใด ถ้าข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมวลผลไม่มีคุณภาพเพียงพอแล้วก็จะไม่สามารถช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม และยังสามารถสร้างปัญหาความผิดพลาดในการตัดสินใจขึ้นได้ ข้อมูลที่จะ

นำมาใช้กับ DSS จะแตกต่างจากข้อมูลในระบบสารสนเทศอื่น โดยข้อมูล DSS ที่เหมาะสมควรมีลักษณะต่อไปนี้

- มีปริมาณพอเหมาะแก่การนำไปใช้งาน
- มีความถูกต้องและทันสมัยในระดับที่เหมาะสมกับความต้องการ
- สามารถนำมาใช้ได้สะดวก รวดเร็ว และครบถ้วน
- มีความยืดหยุ่นและสามารถนำมาจัดรูปแบบ เพื่อการวิเคราะห์ได้อย่างเหมาะสม

2.4.1.4 บุคลากร เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เนื่องจาก บุคคลจะเกี่ยวข้องกับ DSS ตั้งแต่ การกำหนดเป้าหมายและความต้องการ การพัฒนาออกแบบ และการใช้ DSS ซึ่งสามารถแบ่งบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับ DSS ออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

- ผู้ใช้ (End-user) เป็นผู้ใช้งานโดยตรงของ DSS ได้แก่ ผู้บริหารในระดับต่างๆ ตลอดจน นักวิเคราะห์และผู้เชี่ยวชาญทางด้านธุรกิจที่ต้องการ ข้อมูลสำหรับประกอบการตัดสินใจ ในปัญหาที่เกิดขึ้น

- ผู้สนับสนุน DSS ได้แก่ ผู้ควบคุมดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ผู้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ผู้จัดการข้อมูลและที่ปรึกษาเกี่ยวกับระบบ เพื่อให้ DSS มีความสมบูรณ์ และสามารถดำเนินงานอย่างเต็มประสิทธิภาพและตรงตามความต้องการของผู้ใช้ หัวใจสำคัญของ DSS ที่ดีจำเป็นต้องมีบุคลากรที่มีความสามารถเหมาะสมที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับระบบ มีความคิดสร้างสรรค์ และสามารถทำงานได้อย่างสอดคล้องกัน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามความต้องการขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล

2.4.2 คุณสมบัติของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

พัฒนาการของเทคโนโลยีสารสนเทศในปัจจุบันทำให้ DSS สามารถช่วยผู้บริหารในการตัดสินใจแก้ปัญหา โดยนำข้อมูลที่จำเป็น แบบจำลองในการตัดสินใจที่สำคัญและชุดคำสั่งที่ง่ายต่อการใช้งานรวมเข้าเป็นระบบเดียว เพื่อสะดวกต่อการใช้งานของผู้ใช้ โดย DSS ที่ดีควรมีคุณลักษณะดังนี้

2.4.2.1 ง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากผู้ใช้อาจมีทักษะทางสารสนเทศที่จำกัดตลอดจน ความเร่งด่วนในการใช้งานและความต้องการของปัญหา ทำให้ DSS ต้องมีความสะดวกต่อผู้ใช้

2.4.2.2 สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยที่ DSS ที่ดีต้องสามารถสื่อสารกับผู้ใช้อย่างฉับพลัน โดยตอบสนองความต้องการและโต้ตอบกับผู้ใช้ได้ทันเวลา โดยเฉพาะในสถานการณ์ปัจจุบัน ที่ต้องการความรวดเร็วในการแก้ปัญหา

2.4.2.3 มีข้อมูลและแบบจำลองสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจที่เหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะของปัญหา

2.4.2.4 มีความยืดหยุ่นที่จะสนองความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปของผู้ใช้ เนื่องจากลักษณะของปัญหาที่มีความไม่แน่นอน และเปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์ จึงต้องการระบบสารสนเทศที่ช่วยจัดรูปข้อมูลที่ไม่ซับซ้อน และง่ายต่อการตัดสินใจ คุณสมบัติของ DSS สร้างความเป็นเอกลักษณ์ในการทำงานของระบบ ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของธุรกิจปัจจุบัน ดังจะเห็นได้จากหลายองค์การสนับสนุนให้มีการพัฒนาหรือซื้อระบบสารสนเทศที่ช่วยให้การตัดสินใจของผู้บริหารมีประสิทธิภาพขึ้น

Keenan (1995) กล่าวว่า การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถในอดีตใช้เพียงแผนที่กระดาษเพื่อให้มองเห็นภาพที่จะใช้ในการเดินทางเท่านั้น ต่อมาเมื่อระบบคอมพิวเตอร์มีการพัฒนามากขึ้นจึงเริ่มนำเทคนิคทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธีที่นิยมคือวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบฮิวริสติกส์ เส้นทางที่ได้จากวิธีนี้มักเป็นเส้นทางที่ซับซ้อน จำเป็นต้องมีการปรับปรุงและแก้ไขเส้นทางโดยผู้ออกแบบเส้นทางเพื่อให้เป็นที่ยอมรับได้ทั้งผู้ออก แบบเส้นทางและพนักงานขับรถ ทำให้ผู้ออกแบบเส้นทางมีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการสร้างเส้นทาง สามารถทำการปรับปรุงคุณภาพเส้นทางที่สร้างออกมาจากแบบจำลองได้ ซึ่งถือเป็นแนวทางทำให้เกิดระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถในช่วงเวลาต่อมา และเพื่อ ให้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นสามารถแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงเริ่มมีการใช้แผนที่เพื่อแสดงผลและนำเสนอข้อมูลจากแผนที่มาช่วยในการตัดสินใจ

สรวรรณ (2008) ได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับวิเคราะห์กำหนดการในการขนส่งสินค้า เพื่อหาจำนวนรถขนส่งที่เหมาะสมที่สุดในการขนส่งสินค้าตามหมายกำหนดการเพื่อช่วยในการตัดสินใจ โดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้น เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างกระบวนการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยแบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วนย่อย ส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์กำหนดการในการขนส่งสินค้า ด้วยวิธีการแก้ปัญหาแบบ ฮิวริสติกส์ โดยคำนึงถึงจำนวนรถขนส่ง ที่มีจำกัด ความสามารถในการบรรทุกสินค้าของรถขนส่ง ปริมาณสินค้าที่ลูกค้าสั่งซื้อ และกรอบเวลาที่ลูกค้ากำหนดในการรับสินค้าเป็นสำคัญ ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการขนส่งสินค้าตาม กำหนดการโดยเทคนิคของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Google Maps) จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้น กับผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าระบบเดิม พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากระบบสนับสนุนการตัดสินใจสอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริง และดีกว่าการจัดการขนส่งสินค้าด้วยวิธีการเดิม

จากผลงานการวิจัยที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ถูกนำมาประยุกต์ใช้ เพื่อการแก้ปัญหาเส้นทางเดินรถ อีกทั้งยังมีการพัฒนานำวิธีการใหม่ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถมาใช้อย่างต่อเนื่อง โดยเปลี่ยนเงื่อนไข หรือข้อกำหนดเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ เช่น ความจุของรถบรรทุก กรอบเวลา จำนวนรถบรรทุก เป็นต้น นอกจากนี้ได้มีการพัฒนานำ ระบบ

สารสนเทศทาง ภูมิศาสตร์มาใช้ร่วมกับแบบจำลองการแก้ไขปัญหาด้านการเดินทางที่มีความซับซ้อนได้ เป็นอย่างดี ดังนั้นโครงการ วิจัย นี้จึงมุ่งเน้นการ สร้าง ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ โดยใช้ระบบ สารสนเทศทาง ภูมิศาสตร์ ร่วมกับแบบจำลองที่สร้างขึ้นตามเงื่อนไขที่กำหนดคือ ตอบสนอง ความ ต้องการของลูกค้าได้ในกรณีที่ ศูนย์กระจายสินค้าไม่มีสินค้าเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า แต่ สาขาอื่นมีสินค้าชนิดนี้ การจัดเส้นทางการเดินทาง จึงต้องวางแผน ให้รถวิ่งไปรับสินค้าจากสาขาที่มีสินค้า ชนิดนี้อยู่ หลังจากนั้นจึงขนส่งมายังสาขาที่เกิดความต้องการสินค้า ชนิดนี้เพื่อตอบสนองความต้องการ ของลูกค้าในเส้นทางเดียวกัน โดยจำกัดความจุของรถบรรทุก เพื่อค้นหาเส้นทางเดินทางที่มีประสิทธิภาพ ที่สุด ในระยะเวลาสั้นที่สุด

โครงการวิจัยนี้พิจารณาปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางรับและส่งสินค้าระหว่างสาขาสำหรับ รถบรรทุกที่มีความจุจำกัด (Capacitated Vehicle Routing Problems with Pickup and Delivery of Inter-Branch Demand; CVRP_PDIBD) ซึ่งเป็นปัญหาใหม่ที่ไม่เคยมีงานวิจัยใดศึกษามาก่อน ปัญหาดังกล่าว เกิดจากลูกค้าบางสาขามีความต้องการสินค้าชนิดหนึ่งเนื่องจากสินค้าชนิดนั้นถูกขายจนหมดจึงต้องการ สินค้าเพิ่มจากศูนย์กระจายสินค้า แต่ศูนย์กระจายสินค้าไม่มีสินค้าชนิดนี้สำรองไว้ในคลังสินค้าในขณะที่ สาขาอื่นยังคงมีสินค้าชนิดนี้อยู่ ยกตัวอย่างเช่นสินค้าประเภทเสื้อผ้าแฟชั่น โทรศัพท์มือถือ สินค้า อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นสินค้าที่มีวงจรชีวิตสั้นและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ตามฤดูกาล ดังนั้นศูนย์กระจาย สินค้าจะทำการส่งสินค้าเพียงครั้งเดียวและกระจายสินค้าไปยังสาขาต่างๆ ทั้งหมดก่อนที่จะเริ่มผลิตสินค้า ใหม่ในช่วงเวลาถัดไป ดังนั้นการตอบสนองอุปสงค์ชนิดนี้ในรูปแบบเดิมนั้นจะมีขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังนี้

- 1) รถบรรทุกต้องรับสินค้าจากสาขา ที่ยังคงมีสินค้าชนิดนี้อยู่โดยผ่านเส้นทางของการส่งสินค้าตาม อุปสงค์ปกติของลูกค้า
- 2) รถบรรทุกจะนำสินค้าชนิดนั้นกลับมายังศูนย์กระจายสินค้าเพื่อรอขนส่งในวันถัดไป
- 3) ในการเดินทางขนส่งสินค้าเที่ยวต่อไปส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในวันถัดไปนั้น สินค้าดังกล่าวจะถูก นำไปส่งยัง สาขาที่มีความต้องการนี้หรือเรียกว่าอุปสงค์ระหว่างสาขา ผลเสียจากการขนส่ง รูปแบบนี้คือการขนส่งสินค้าจะมีความล่าช้าหนึ่งเที่ยวการวิ่งรถหรือหนึ่งวันในกรณีที่รถบรรทุก ไม่วิ่งไปสาขาที่เกิดอุปสงค์ระหว่างสาขาในทุกวัน

ทางเลือกที่ดีในการวางแผนการจัดเส้นทางเดินทางของปัญหาดังกล่าวนี้คือให้รถบรรทุกรับสินค้า ดังกล่าวหรืออุปสงค์ระหว่างสาขาจากจุดรับสินค้า (Pickup Branch) หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมขนส่งสินค้าที่ เกิดจากอุปสงค์ปกติในสาขานั้น หลังจากนั้น ในการขนส่งสินค้าเที่ยวเดิมก็จะทำการส่งสินค้าทั้งอุปสงค์ ปกติจากศูนย์กระจายสินค้าและ อุปสงค์ระหว่างสาขาที่เพิ่งรับมาลงยังสาขาที่มีความต้องการสินค้าชนิด

นั้น (Delivery Branch) ประโยชน์ที่ได้จากการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาภายในเพื่อการเดินรถ
เดียวนั้นคือ ช่วยลดเวลานำในการขนส่งสินค้าที่เป็นอุปสงค์ระหว่างสาขาซึ่งนำไปสู่การบริการที่ดีที่ทำให้
ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ และช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า โดยจะอธิบายในบทต่อไป

บทที่ 3

ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ส่วนคือการสำรวจและเก็บข้อมูล ข้อกำหนดหรือขอบเขตของปัญหา ขั้นตอนวิธีการอิวิริสติกส์ ที่นำมาใช้เพื่อจัดเส้นทางเดินรถ ขั้นตอนการทำงาน และการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การสำรวจและเก็บข้อมูล

3.1.1 พื้นที่การศึกษา

ศูนย์กระจายสินค้า ภูมิศึกษา (Distribution Center) ตั้งอยู่ในเขตปริมณฑล โดยคลังสินค้าดังกล่าวประกอบด้วยหน่วยงานด้านการจัดขนส่งสินค้าที่เป็นแบบ Cross Docking และคลังสินค้า

3.1.2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ในการที่พัฒนาแบบจำลอง ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ให้มีประสิทธิภาพ ต้องอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่มีคุณภาพที่จะเป็นตัวแทนของรูปแบบการขนส่งได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รถขนส่งสินค้า (Vehicle)

ข้อมูลขนาดของรถขนส่งสินค้าที่เกี่ยวข้องได้แก่ ขนาดตู้สินค้า จำนวนรถขนส่งสินค้า ความสูงของรถเทียบเท่ากับพื้นถนน ความยาวของตัวรถ ความกว้างของรถสินค้า ระดับพื้นรถเทียบพื้นถนน ความยาวของตู้สินค้า ความจุของตู้สินค้า (น้ำหนัก ปริมาตร จำนวน Pallet) น้ำหนักของตัวรถ เป็นต้น

- เวลาการนำส่งสินค้า (Time Window)

ศูนย์กระจายสินค้าแห่งนี้จะมีการจัดทำตารางนำส่งสินค้า (Master Schedule) คือ ช่วงเวลาการนำส่งสินค้าของแต่ละสาขา โดยให้มีความสอดคล้องกันระหว่างคลังสินค้า และสาขา เพื่อความเหมาะสมในการจัดส่ง โดยมีเงื่อนไขด้านเวลา (เช่น ช่วงเวลา Truck Ban ช่วงเวลาการปิดเปิดสาขา) สถานที่ (เช่น การขออนุญาตให้รถขนส่งสินค้าเข้าพื้นที่) นครณที่ที่เป็นสาขาที่เข้าพื้นที่) บุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้อง (เช่น เจ้าหน้าที่รับสินค้า) ตารางเวลาการนำส่งสินค้า (Master Schedule)

- ระยะทาง (Distance)

ระยะทาง (Distance) ที่นำมาพิจารณาคือ ระยะจริงที่ใช้ในการเดินทางขนส่งสินค้าระหว่างสาขา และระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (หน่วยเป็นกิโลเมตร)

- ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า (Traveling Time)

ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งสินค้า (Traveling Time) จะพิจารณาตั้งแต่รถขนส่งสินค้าออกจากศูนย์กระจายสินค้า จนกระทั่งกลับมายังศูนย์กระจายสินค้าของแต่ละสาขา มีหน่วยเป็นชั่วโมง

- ความเร็วเฉลี่ย (Average Speed)

ในแต่ละเส้นทางการส่งสินค้า จะถูกแบ่งกลุ่มการขนส่งสินค้าออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ (ความเร็วเฉลี่ย 60 กิโลเมตร / ชั่วโมง)

- 1) กรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยลูกค้าทั้งหมดมีจำนวนทั้งหมด 19 ราย (ความเร็วเฉลี่ย 50 กิโลเมตร / ชั่วโมง)
- 2) ต่างจังหวัดใกล้ พิจารณาจากระยะทางไป- กลับ ไม่เกิน 400 กิโลเมตร โดยลูกค้าทั้งหมดมีจำนวนทั้งหมด 7 ราย
- 3) ต่างจังหวัดไกล พิจารณาจากระยะทางไป- กลับเกินกว่า 400 กิโลเมตร โดยมีลูกค้าที่ต้องไปส่งทั้งหมด 14 ราย กระจายตำแหน่งที่ตั้งอยู่ทั่วประเทศ (ความเร็วโดยเฉลี่ย 80 กิโลเมตร / ชั่วโมง)

- เส้นทางการจัดส่งสินค้า (Route)

ในแต่ละเส้นทางการขนส่งสินค้า จะถูกแบ่งกลุ่มการขนส่งสินค้าด้วยเงื่อนไขเวลาออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- 1) กรุงเทพฯและเขตปริมณฑลวิ่งไป-กลับเกินกว่า 6 ชั่วโมง (โดยประมาณ)
- 2) ต่างจังหวัดใกล้วิ่งไป-กลับมากกว่า 6 ชั่วโมงแต่ไม่เกินกว่า 12 ชั่วโมง
- 3) ต่างจังหวัดไกลวิ่งไป-กลับเกินกว่า 12 ชั่วโมง (โดยประมาณ)

ทั้งนี้ในการพิจารณาปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถนั้น ผู้วิจัยได้พิจารณาปัญหาการขนส่งภายในเขต กรุงเทพฯ และปริมณฑล ซึ่งมีความซับซ้อนในการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าเนื่องจากเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนมากกว่าสาขาดังจังหวัด

3.2 ข้อกำหนด

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ได้มี การพิจารณาเงื่อนไขข้อจำกัด และสมมติฐานต่างๆ เพื่อนำมาออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดเส้นทางรถเดินรถดังต่อไปนี้

3.2.1 ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) มีอยู่แห่งเดียว และเป็นจุดเริ่มต้นและปลายทางของการเดินทางของรถขนส่งทุกคัน

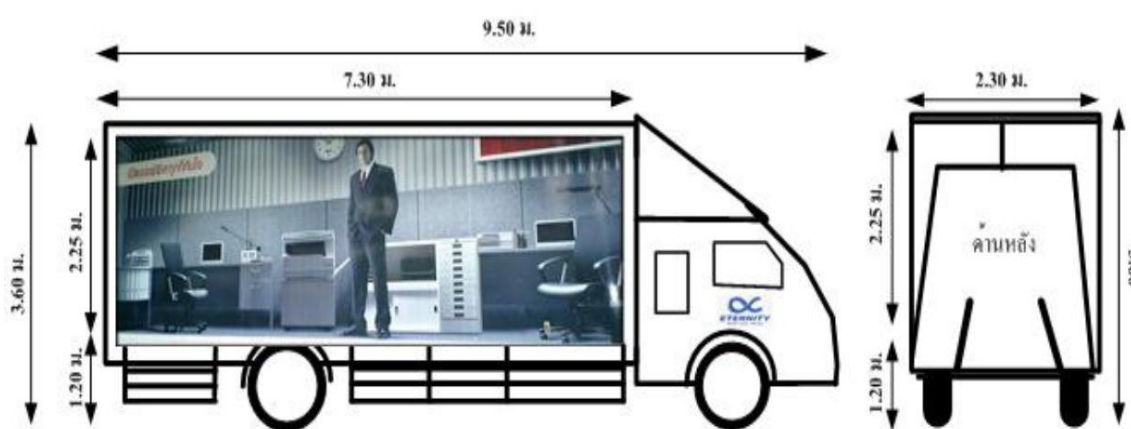
3.2.2 จำนวนสาขาที่จัดส่งสินค้า

3.2.3 ขนาดของรถขนส่งสินค้า ในปัจจุบันรถขนส่งสินค้าของศูนย์กระจายสินค้าแห่งนี้มีขนาดตู้บรรทุกสินค้าอยู่ทั้งหมด 3 ขนาด คือ ตู้บรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ ตู้บรรทุกสินค้าขนาดกลาง และตู้บรรทุกสินค้าขนาดเล็ก โดยตู้บรรทุกสินค้าขนาดใหญ่เป็นขนาดมาตรฐานที่ใช้ในการขนส่งสินค้าไปยังแต่ละสาขาดังนั้นสำหรับโครงการวิจัยนี้ จะพิจารณาเฉพาะรถบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่เนื่องจากถูกนำมาใช้ประโยชน์

ในการขนส่งสินค้ามากที่สุด ลักษณะของรถบรรทุกที่ทำการศึกษาสำหรับ บงานวิจัยนี้แสดงในตาราง ที่ 3-1 และ ภาพที่ 3-1 แสดงภาพตัวอย่างของรถขนส่งสินค้า

ตารางที่ 3-1 แสดงลักษณะทางกายภาพของรถขนส่งสินค้าชนิดมาตรฐาน

รถมาตรฐาน	กว้าง (เมตร)	ยาว (เมตร)	สูง (เมตร)
ขนาดตู้ด้านใน (เมตร)	2.38	7.35	2.46
ขนาดตู้ด้านนอก (เมตร)	2.48	7.43	2.6
ขนาดรวม	2.35	10	3.8

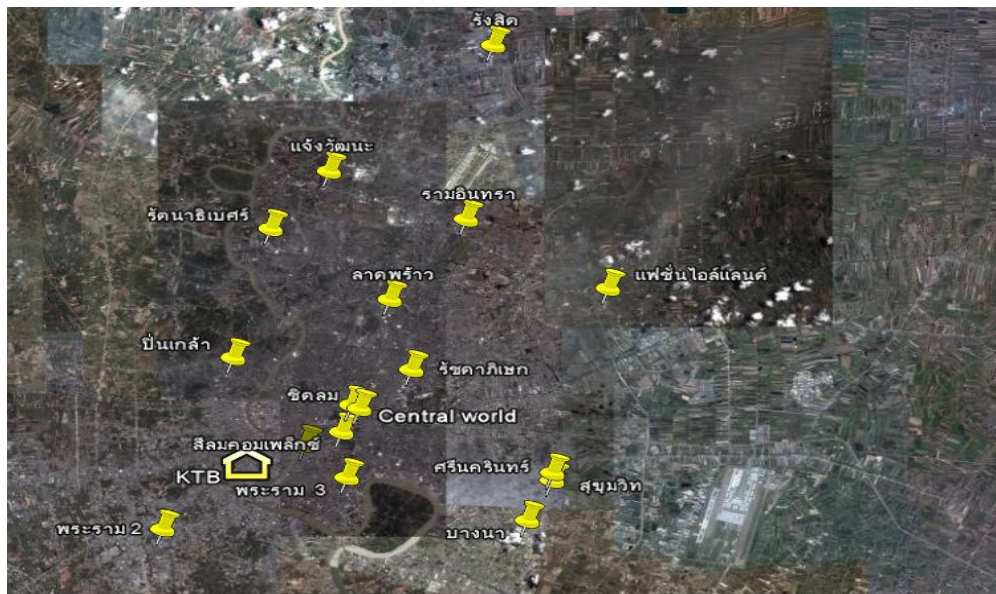


ภาพที่ 3-1 แสดงลักษณะของรถขนส่งสินค้าชนิดมาตรฐาน

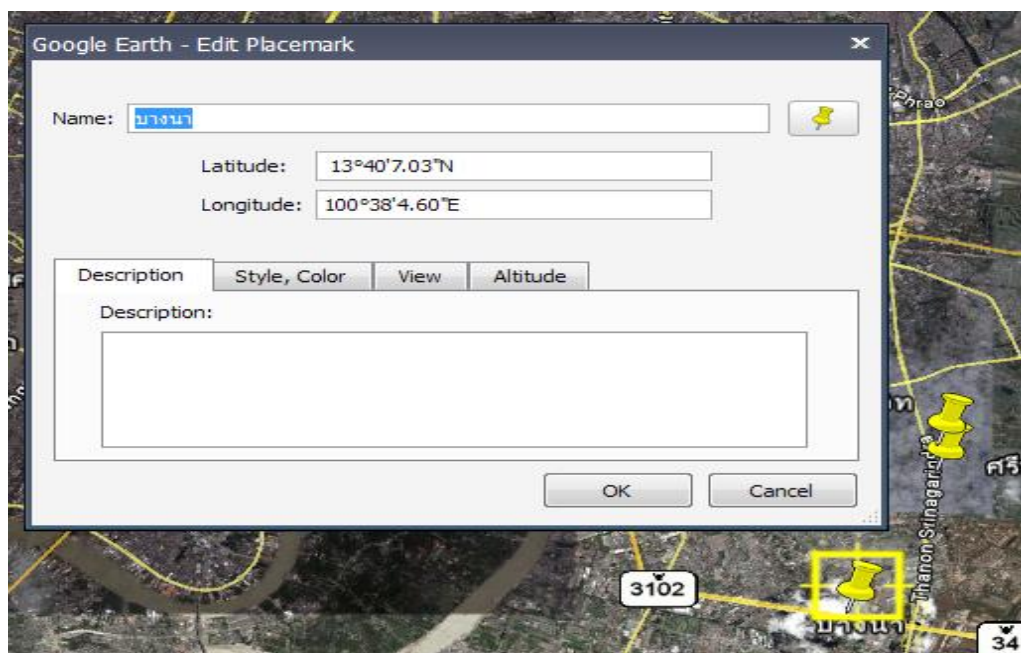
3.2.4 การขนส่งสินค้า

- การขนส่งสินค้าต้องใช้เวลาการเดินทางไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด
- การเดินทางในเส้นทางเดียวกันสามารถจัดส่งสินค้าและรับสินค้าเพื่อนำมาส่งยังสาขาอื่นได้มากกว่า 1 สาขา แต่ต้องไม่เกินช่วงเวลาที่กำหนด
- เงื่อนไขทางด้านเวลาในการขนส่งสินค้า (Time Window) ได้ถูกกำหนดตามเงื่อนไขของกฎหมาย
- ปริมาณการขนส่งสินค้าในแต่ละเที่ยวจะสามารถขนส่งได้ไม่เกิน 12 พาเลท
- ต้นทุนการขนส่ง ใช้ระยะทางเป็นตัวแปรหลักในการหาค่าขนส่งสินค้า (หน่วยเป็น บาท/กิโลเมตร) สำหรับรถบรรทุกที่เป็นของบริษัท (Base Fleet) ส่วนค่าใช้จ่าย ของรถรับจ้างจากบริษัทอื่น (Subcontract) ใช้เหมาเป็นเที่ยว (Trip) (หน่วยเป็น บาท/เที่ยว) เนื่องจากงานวิจัยนี้กำหนดระยะทางไป – กลับเท่านั้น ซึ่งคำนวณจากระยะทางที่รถบรรทุกวิ่งขนส่งสินค้าตามจริง เพื่อใช้ในการกำหนดเส้น ทางหลักในการขนส่งในแต่ละสาขา ประกอบ กับการพิจารณาการ ประมาณระยะทาง การขนส่งสินค้า โดยใช้โปรแกรม Google Earth โดยเปรียบเทียบกับ ระยะทางหลักในการขนส่งสินค้าซึ่งเป็นข้อมูลจริงที่เก็บจาก

การปฏิบัติงาน (จากผู้ใช้ภาคอุตสาหกรรม) ดังแสดงในภาพที่ 3-2 และ 3-3 เพื่อช่วยในการหาระยะทางขนส่งสินค้าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงต่อไป



ภาพที่ 3-2 แสดงตำแหน่งของสาขาที่ทำการขนส่ง



ภาพที่ 3-3 แสดงตัวอย่างค่าละติจูด ลองจิจูดจากโปรแกรม Google Earth

3.2.5 กรณีศึกษาของโครงการวิจัยนี้ได้ พิจารณาปัญหาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังสาขาต่างๆ และกำหนดเส้นทางเดินรถเพื่อรับและส่ง สินค้าระหว่างสาขาให้ได้เส้นทางเดินรถที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

3.3 ขั้นตอนวิธีวิธิตกส์ที่ใช้เพื่อจัดเส้นทางเดินรถ

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับและส่งสินค้าระหว่างสาขาสำหรับรถบรรทุกที่มีความจุจำกัด (CVRP_PDIBD) ได้พัฒนาวิธีวิธิตกส์ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวิธี Stochastic Savings Algorithm ซึ่งจะทำได้เส้นทางเดินรถหลากหลายเส้นทาง สำหรับปัญหาเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาเส้นทางเดินรถที่ดีที่สุด ซึ่งขั้นตอนวิธี Parallel Savings Algorithm และขั้นตอนการเลือกแบบสุ่มด้วยวิธี Stochastic สามารถอธิบายดังนี้

3.3.1 วิธีการคำนวณแบบ Parallel Savings Algorithm

วิธีการ Parallel Savings Algorithm ได้ถูกพัฒนาโดย Ganish and Altinkemer ในปี 1991 ซึ่งพัฒนามาจากวิธีการ Savings Algorithm ของ Clarke and Wright ในวิธีการ Parallel Savings Algorithm จะสร้างเส้นทางเดินรถที่เชื่อมต่อกันโดยการพิจารณาค่า Savings ที่คำนวณได้ เพื่อให้ได้เส้นทางเดินรถที่ดีที่สุด ตัวแปรที่กำหนดใน Algorithm มีดังต่อไปนี้

c_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายสินค้าจากสาขา i ไปยังสาขา j เมื่อ $i, j = \{0, 1, \dots, n\}$ และ $i \neq j$.

โดยสมมติให้สัดส่วนค่าใช้จ่ายเป็น ($c_{ij} = c_{ji}$) และ $c_{ij} = \infty$ สำหรับ i .

s_{ij} คือ ค่า Savings จากการเชื่อมต่อสาขา i เข้ากับสาขา j ภายในเส้นทางเดียวกัน ด้วยสูตร

$s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$ เมื่อ 0 คือ ศูนย์กระจายสินค้า

r คือ Index ของเส้นทางรถขนส่งสินค้าตามเส้นทางเดินรถไปยังลูกค้าแต่ละสาขา

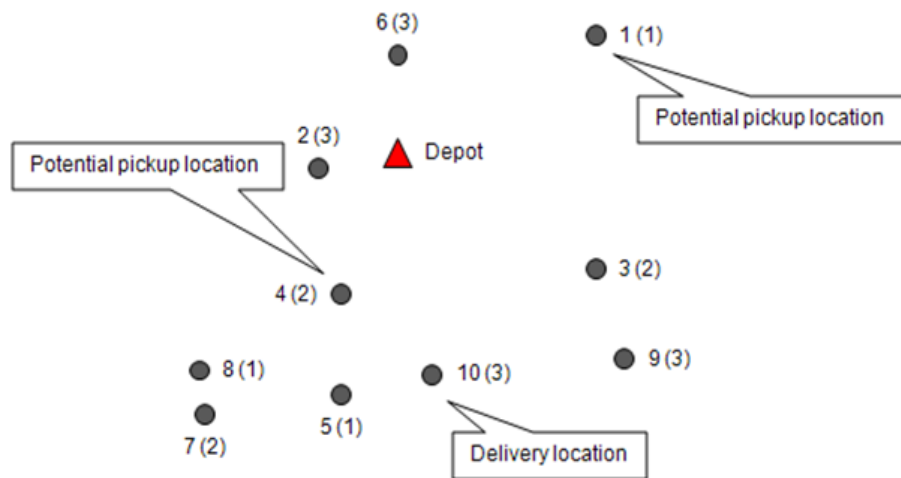
วิธี Parallel Savings Algorithm มีขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 (หาค่า Savings): สามารถคำนวณหาค่า Savings ได้จากสูตร $s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$ เมื่อ $i, j = \{1, \dots, n\}$ และ $i \neq j$ ซึ่งจะได้อันดับค่า Savings ที่แตกต่างกันในแต่ละสาขา

ขั้นตอนที่ 2 (การสร้างเส้นทาง): พิจารณาเส้นทาง $r = (0, i, \dots, j, 0)$ และลำดับค่า Savings ที่คำนวณได้จากขั้นตอนแรก โดยเรียงจากค่า Savings ที่ดีที่สุดจากนั้นระบุค่า s_{ki} หรือ s_{jl} ที่ $k, l \notin r$ ที่เป็นไปได้เพื่อเชื่อมต่อเส้นทาง โดยสิ้นสุดที่ $(k, 0)$ หรือเริ่มด้วย $(0, l)$ และเชื่อมต่อเส้นทางตามขั้นตอนดังกล่าวซ้ำจนกระทั่งไม่มีเส้นทางใดที่สามารถเชื่อมต่อได้อีก

ตัวอย่าง ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับและส่งสินค้าระหว่างสาขาสำหรับรถบรรทุกที่มีความจุจำกัด ที่ใช้ Algorithm ดังกล่าวสามารถแสดงโดยใช้ตัวอย่างต่อไปนี้พิจารณาลูกค้า (ร้านค้าปลีก) ทั้งหมด 10 สาขา และมีศูนย์กระจายสินค้า 1 แห่ง ซึ่งตำแหน่งที่ตั้ง และอุปสงค์ของแต่ละสาขา (อุปสงค์ปกติและอุปสงค์ระหว่างสาขา) แสดงในภาพที่ 3-4 โดยอุปสงค์ปกติถูกแสดงอยู่ในวงเล็บ ส่วนหมายเลขสาขาของลูกค้าถูกแสดงอยู่ด้านนอกวงเล็บ นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวยังมีอุปสงค์ระหว่างสาขาเพียงแห่งเดียวซึ่งเกิดขึ้นที่สาขาที่ 10 มีปริมาณอุปสงค์ 1 พาเลท โดยมีสาขาที่สามารถตอบสนองอุปสงค์ดังกล่าวได้ คือ สาขาที่ 1 และสาขาที่ 4 ได้กำหนดความจุของรถบรรทุกไว้ที่ 12 พาเลทต่อกัน ดังนั้นอุปสงค์ระหว่าง

สาขาที่เกิดขึ้นคิดเป็น 8.33% ของความจุรถบรรทุกเต็มคันรถ และกำหนดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า 20 บาทต่อกิโลเมตร



ภาพที่ 3-4 ตำแหน่งและอุปสงค์ของลูกค้าแต่ละสาขา

ข้อมูลระยะทาง และค่า Savings ทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 3-2 และตารางที่ 3-3 ส่วนในตารางที่ 3-4 แสดงขั้นตอนการหาเส้นทางด้วยวิธี Parallel Savings ซึ่งจะเห็นว่าบางขั้นตอนไม่ถูกนำมาพิจารณาเนื่องจากอุปสงค์ที่นำมารวมกันเกินความจุรถบรรทุกหรือบางเส้นทางถูกเชื่อมต่อกับเส้นทางเดินรถอื่นแล้ว

ตารางที่ 3-2 แสดงข้อมูลระยะทางของศูนย์กระจายสินค้าและลูกค้าในแต่ละสาขา

ไปยัง

จาก		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	-	45	15	45	36	61	24	73	64	65	55
	1		-	59	58	78	100	35	117	109	80	89
	2			-	55	31	56	31	64	54	72	55
	3				-	45	55	64	78	74	23	39
	4					-	25	60	38	31	53	26
	5						-	85	25	26	51	17
	6							-	95	85	85	79
	7								-	11	75	41
	8									-	75	41
	9										-	34
10											-	

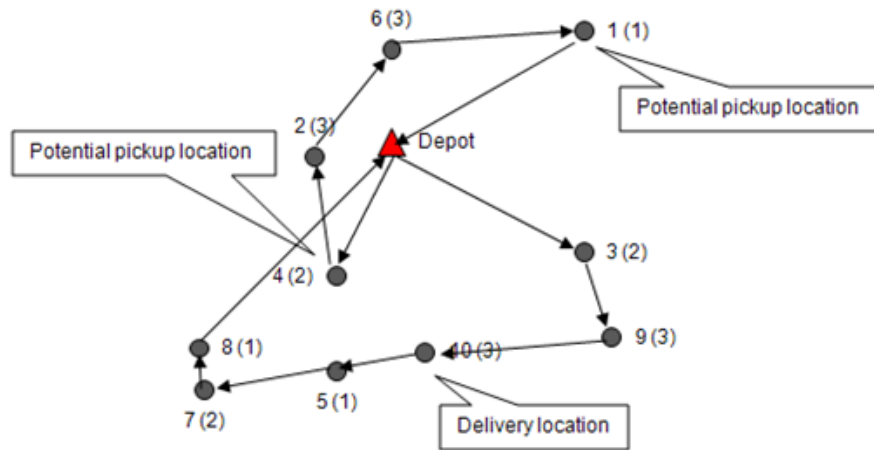
ตารางที่ 3-3 แสดงค่า Savings ของลูกค้าในแต่ละสาขา

ลำดับ	i,j	ระยะทาง	ลำดับ	i,j	ระยะทาง	ลำดับ	i,j	ระยะทาง
1	7,8	127	16	8,9	54	31	2,9	8
2	5,7	110	17	3,5	52	32	2,6	7
3	5,8	100	18	4,9	49	33	1,5	7
4	5,10	100	19	3,7	41	34	3,6	6
5	3,9	88	20	3,4	36	35	2,3	5
6	7,10	87	21	3,8	35	36	6,9	4
7	9,10	86	22	1,6	34	37	1,4	4
8	8,10	79	23	1,3	33	38	6,8	3
9	5,9	75	24	1,9	30	39	1,7	2
10	4,5	72	25	2,8	25	40	6,7	2
11	4,7	71	26	2,7	24	41	1,8	1
12	4,8	69	27	2,4	20	42	1,2	1
13	4,10	66	28	2,5	19	43	4,6	1
14	7,9	63	29	2,10	15	44	5,6	0
15	3,10	62	30	1,10	12	45	6,10	0

ตารางที่ 3-4 แสดงขั้นตอนการคิดเส้นทางด้วยวิธี Parallel Savings

ขั้นตอน	$S_{i,j}$	เส้นทางที่ 1	เส้นทางที่ 2	เชื่อมต่อเส้นทาง	หมายเหตุ
1	$S_{7,8}$	(0,7,0)	(0,8,0)	(0,7,8,0)	เริ่มเส้นทางที่ 1 โดยเชื่อมสาขาที่ 7 และ 8
2	$S_{5,7}$	(0,7,8,0)	(0,5,0)	(0,5,7,8,0)	เชื่อมต่อสาขาที่ 5 ไปยังเส้นทางที่ 1
3	$S_{5,8}$	(0,5,7,8,0)	(0,8,0)	เชื่อมต่อแล้ว	
4	$S_{5,10}$	(0,5,7,8,0)	(0,10,0)	(0,10,5,7,8,0)	เชื่อมต่อสาขาที่ 10 ไปยังเส้นทางที่ 1
5	$S_{3,9}$	(0,3,0)	(0,9,0)	(0,3,9,0)	เริ่มเส้นทางที่ 2 โดยเชื่อมสาขาที่ 3 และ 9
6	$S_{7,10}$	(0,10,5,7,8,0)	(0,7,0)	เชื่อมต่อแล้ว	
7	$S_{9,10}$	(0,10,5,7,8,0)	(0,3,9,0)	(0,3,9,10,5,7,8,0)	เชื่อมต่อเส้นทางที่ 2 เข้ากับเส้นทางที่ 1
8	$S_{8,10}$	(0,3,9,10,5,7,8,0)	(0,8,10,0)	เชื่อมต่อแล้ว	
9	$S_{5,9}$	(0,3,9,10,5,7,8,0)	(0,5,9,0)	เชื่อมต่อแล้ว	
10	$S_{4,5}$	(0,3,9,10,5,7,8,0)	(0,4,5,0)	เชื่อมต่อแล้ว	
11	$S_{4,7}$	(0,3,9,10,5,7,8,0)	(0,4,7,0)	เชื่อมต่อแล้ว	
12	$S_{4,8}$	(0,3,9,10,5,7,8,0)	(0,4,8,0)	เกินความจุรถบรรทุก	
13	$S_{4,10}$	(0,3,9,10,5,7,8,0)	(0,4,10,0)	เชื่อมต่อแล้ว	
14	$S_{7,9}$	(0,3,9,10,5,7,8,0)	(0,7,9,0)	เชื่อมต่อแล้ว	
15	$S_{1,6}$	(0,1,0)	(0,6,0)	(0,1,6,0)	เริ่มเส้นทางที่ 2 โดยเชื่อมสาขาที่ 1 และ 6
16	$S_{1,3}$	(0,3,9,10,5,7,8,0)	(0,1,6,0)	เกินความจุรถบรรทุก	
17	$S_{2,4}$	(0,2,0)	(0,4,0)	(0,2,4,0)	เริ่มเส้นทางที่ 3 โดยเชื่อมสาขาที่ 2 และ 4
18	$S_{2,6}$	(0,1,6,0)	(0,2,4,0)	(0,1,6,2,4,0)	เชื่อมต่อเส้นทางที่ 3 เข้ากับเส้นทางที่ 2

ผลลัพธ์ของเส้นทางเดินรถที่ได้จากวิธี Parallel Savings แสดงในรูปภาพที่ 3.2 ซึ่งประกอบด้วยสองเส้นทาง คือ เส้นทางที่ 1 = 0-4-2-6-1-0 และเส้นทางที่ 2 = 0-3-9-10-5-7-8-0 โดยระยะทางทั้งหมดคือ 478 กิโลเมตร หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าเท่ากับ 9,560 บาท จากเส้นทางเดินรถดังกล่าวจะเห็นว่าไม่สามารถตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาได้ เนื่องจากรถบรรทุกไม่วิ่งผ่านสาขาที่สามารถตอบสนองอุปสงค์ดังกล่าวคือสาขาที่ 1 หรือสาขาที่ 4 ก่อนที่จะมาที่สาขาที่มีอุปสงค์ระหว่างสาขาคือสาขาที่ 1



ภาพที่ 3-5 แสดงเส้นทางเดินรถจากวิธี Parallel Savings

3.3.2 วิธีการ Savings แบบพิจารณาความไม่แน่นอนของข้อมูล (Stochastic Savings Algorithm)

สำหรับรูปแบบวิธีการ Stochastic Savings ถูกนำมาใช้ในการสุ่มเลือกสาขาที่จะนำมาเชื่อมต่อเข้าเป็นเส้นทางเดินรถ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดเส้นทาง การเดินรถที่แตกต่างกันหลายเส้นทาง เมื่อ Algorithm ทำซ้ำกับ ปัญหา เดิม เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ของเส้นทางเดินรถที่ อาจจะดีขึ้น ดีที่สุด วิธี Stochastic Savings ที่นำมาใช้นี้จะพิจารณาร่วมกับค่า Regret ที่คำนวณจากความน่าจะเป็นในการเลือกสาขาที่จะทำการเชื่อมต่อ เรียกว่า Regret Based Random Sampling (RBRS) ซึ่งการคำนวณเลือกความน่าจะเป็นโดยใช้ Regret Function ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการ กำหนดค่าความน่าจะเป็นในการเชื่อมต่อเส้นทางเดินรถแต่ละสาขา k' ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (1) ดังต่อไปนี้

$$p_{0k'} = \frac{s_{k'}}{\sum_{k=1}^K s_k} \quad (1)$$

เมื่อ $p_{0k'}$ คือ ค่าความน่าจะเป็นแรกเริ่มในการ ถูกเลือกเพื่อเชื่อมต่อเส้นทางของสาขา k' และ $s_{k'}$ คือ ค่า Savings จากการเชื่อมต่อ สาขา k' และ K คือ จำนวนสาขาที่เหมาะสมที่พิจารณาในการเลือกเพื่อ การเชื่อมต่อเส้นทาง

ขั้นตอนต่อไปของวิธี Regret Based Random Sampling (RBRS) คือ การคำนวณหาค่าความเสียใจ (Regret Value) ในการเลือกสาขาเพื่อเชื่อมต่อเส้นทางเดินรถ โดยใช้สมการที่ (2) และค่าความน่าจะเป็นที่ถูกเลือกในลำดับสุดท้ายจะถูกคำนวณโดยใช้ค่า Regret Value ที่ได้จากสมการที่ (2) มาคำนวณตามสมการที่ (3)

$$r_{k'} = p_{0k'} - \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right) \times \min_{k=1 \text{ to } K} (p_{0k'}) \quad (2)$$

$$p_{k'} = \frac{r_{k'}}{\sum_{k=1}^K r_k} \quad (3)$$

เมื่อ $r_{k'}$ คือ ค่าความเสียใจ (Regret-Based Value) ในการเลือกสาขาเพื่อเชื่อมต่อเส้นทางเดินรถ k' และ β คือ ค่าพารามิเตอร์ของ Regret Function ที่เหมาะสมที่สุด สำหรับปัญหาดังกล่าว

วิธี RBRS Stochastic Savings Algorithm มีขั้นตอนการคำนวณเส้นทางเดินรถดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 (กำหนดค่าพารามิเตอร์) กำหนดค่า K และ β สำหรับ RBRS Stochastic Savings

Algorithm

ขั้นตอนที่ 2 (หาค่า Savings) ใช้วิธีการคำนวณเดียวกับ *Parallel Savings Algorithm* ข้างต้น

ขั้นตอนที่ 3 (การสร้างเส้นทาง) สามารถพิจารณาเส้นทาง $r = (0, i, \dots, j, 0)$ และนำค่า Savings ที่ดีที่สุด K ค่าเพื่อใช้ในการพิจารณาเชื่อมเส้นทาง

- คำนวณค่า $p_{0k'}$, $r_{k'}$ และ $p_{k'}$ โดยใช้สมการที่ (1-3) ตามลำดับ
- คำนวณค่าความน่าจะเป็นสะสมจาก $p_{k'}$.
- สุ่มค่าจากการกระจายต่อแบบ Uniform (0,1) แล้วเลือกสาขาที่จะเชื่อมต่อจากค่าความน่าจะเป็นสะสม
- ถ้าสาขาที่ได้รับการเลือกให้เชื่อมต่อเข้าไปในเส้นทางเดินรถนั้นไม่เกินความจุของรถบรรทุก และเวลาเดินทางเป็นเวลาที่ยอมรับได้ให้เชื่อมต่อเส้นทางเดินรถนั้นได้ ในขณะเดียวกันหากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขดังกล่าวให้กำจัดการเชื่อมต่อระหว่างสาขานั้นจากเส้นทางเดินรถ

ทำทั้งหมดซ้ำจนกระทั่งไม่สามารถเชื่อมต่อเส้นทางใดได้อีก และ อุปสงค์ปกติทั้งหมดถูกตอบสนอง

ตัวอย่างการคำนวณเส้นทางเดินรถด้วยวิธี RBRS Stochastic Savings ดังแสดงจากตัวอย่างก่อนหน้าเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบความสามารถของ Algorithm ที่ใช้ได้ง่ายยิ่งขึ้น ทั้งนี้กำหนดให้จำนวนค่า K เหมาะสมในการเชื่อมต่อเส้นทางเดินรถคือ 4 (ดูตัวอย่างในตารางที่ 3-5) และ ค่าพารามิเตอร์ของค่า

ความเสียใจ (β) เท่ากับ 15 (ค่าที่เหมาะสมสำหรับปัญหานี้) ตัวอย่างการคำนวณตามวิธี RBRS แสดงในตารางที่ 3-5 และผลลัพธ์ของเส้นทางเดินรถที่ได้จะแสดงไว้ในภาพที่ 3-6

ตารางที่ 3-5 แสดงผลการคำนวณค่าความน่าจะเป็นด้วยวิธี Regret-Based Random Sampling

ลำดับ	$S_{i,j}$	ค่า savings $S_{k'}$	ค่าความน่าจะเป็นแรกเริ่ม $P_{ok'}$	ค่าความเสียใจ $r_{k'}$	ค่าความน่าจะเป็นสุดท้าย $P_{k'}$	ค่าความน่าจะเป็น สะสม
1	$S_{7,8}$	127	$127/437 = 0.291$	0.078	$0.078/0.148 = 0.528$	0.528
2	$S_{5,7}$	110	$110/437 = 0.252$	0.039	$0.078/0.148 = 0.264$	0.792
3	$S_{5,8}$	100	$100/437 = 0.229$	0.015	$0.078/0.148 = 0.105$	0.897
4	$S_{5,10}$	100	$100/437 = 0.228$	0.015	$0.078/0.148 = 0.103$	1.0
	Total	437	1.0	0.148		

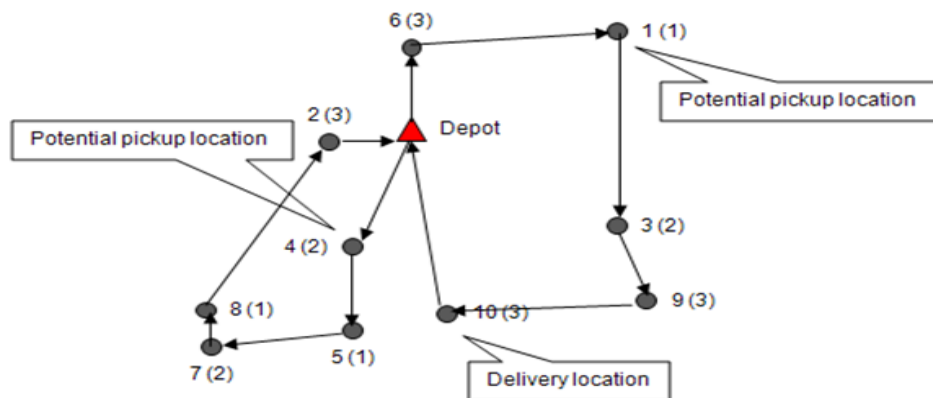
ตัวอย่างการคำนวณด้วยวิธี RBRS Stochastic Savings ถูกแสดงในตารางที่ 3.4 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ คอลัมน์ที่ 1 แสดงค่า Savings ทั้งหมด 4 ลำดับเรียงจากค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะใช้ในการเชื่อมต่อเส้นทางเดินรถ คือ (7, 8), (5, 7), (5, 8) หรือ (5, 10) โดยค่า Savings จะแสดงในคอลัมน์ที่ 3 และค่าความน่าจะเป็นที่ถูกเลือกเริ่มแรกที่ได้จากสมการที่ (1) นั้นแสดงในคอลัมน์ที่ 4 ส่วนค่าความเสียใจที่คำนวณจากสมการที่ (2) ถูกแสดงไว้ในคอลัมน์ที่ 5 และค่าความน่าจะเป็นลำดับสุดท้ายแสดงไว้ในคอลัมน์ที่ 6 นอกจากนี้ขั้นตอนการสร้างเส้นทางเดินรถด้วยวิธี RBRS Stochastic Savings แสดงไว้ในตารางที่ 3-6 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3-6 แสดงขั้นตอนการสร้างเส้นทางเดินรถด้วยวิธี Regret-Based Random Sampling Stochastic Savings Algorithm

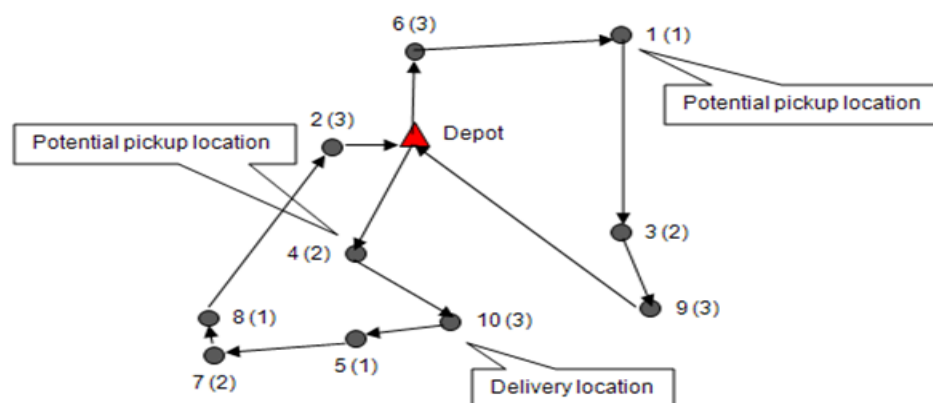
ขั้นตอน	การเชื่อมต่อที่เหมาะสม	ความน่าจะเป็นสะสม	ความน่าจะเป็นสะสม	สาขาที่ถูกเลือก	เส้นทางเดินรถ	หมายเหตุ
1	($S_{7,8}, S_{5,7}, S_{5,8}, S_{5,10}$)	(0.53, 0.79, 0.90, 1)	0.62	$S_{5,7}$	(0,5,7,0)	เริ่มเส้นทางที่ 1
2	($S_{7,8}, S_{5,8}, S_{5,10}, S_{3,9}$)	(0.52, 0.73, 0.93, 1)	0.48	$S_{7,8}$	(0,5,7,8,0)	เชื่อมต่อสาขาที่ 8 ไปเส้นทางที่ 1
3	($S_{5,8}, S_{5,10}, S_{3,9}, S_{7,10}$)	(0.38, 0.75, 0.88, 1)	0.49	$S_{5,10}$	(0,10,5,7,8,0)	เชื่อมต่อสาขาที่ 10 ไปเส้นทางที่ 1
4	($S_{3,9}, S_{9,10}, S_{4,8}, S_{4,10}$)	(0.42, 0.81, 0.93, 1)	0.40	$S_{3,9}$	(0,3,9,0)	เริ่มเส้นทางที่ 2
5	($S_{9,10}, S_{4,8}, S_{4,10}, S_{3,10}$)	(0.54, 0.76, 0.92, 1)	0.84	$S_{4,10}$	(0,4,10,5,7,8,0)	เชื่อมต่อสาขาที่ 4 ไปเส้นทางที่ 1
6	($S_{8,9}, S_{4,9}, S_{3,4}, S_{3,8}$)	(0.50, 0.86, 0.94, 1)	0.46	$S_{8,9}$	(0,4,10,5,7,8,9,3,0)	เกินความจุรถบรรทุก
7	($S_{4,9}, S_{3,4}, S_{3,8}, S_{1,6}$)	(0.62, 0.78, 0.92, 1)	0.59	$S_{4,9}$	(0,9,4,10,5,7,8,0)	เกินความจุรถบรรทุก
8	($S_{3,4}, S_{3,8}, S_{1,6}, S_{1,3}$)	(0.36, 0.65, 0.86, 1)	0.61	$S_{3,8}$	(0,4,10,5,7,8,3,9,0)	เกินความจุรถบรรทุก
9	($S_{3,4}, S_{1,6}, S_{1,3}, S_{1,9}$)	(0.39, 0.68, 0.91, 1)	0.54	$S_{1,6}$	(0,1,6,0)	เริ่มเส้นทางที่ 3
10	($S_{9,10}, S_{4,8}, S_{4,10}, S_{3,10}$)	(0.42, 0.73, 0.95, 1)	0.72	$S_{4,8}$	(0,9,3,4,10,5,7,8,0)	เกินความจุรถบรรทุก
11	($S_{1,3}, S_{1,9}, S_{2,8}, S_{2,4}$)	(0.43, 0.78, 0.96, 1)	0.31	$S_{1,3}$	(0,6,1,3,9,0)	เชื่อมเส้นทางที่ 3 เข้ากับเส้นทางที่ 2
12	($S_{2,8}, S_{2,4}, S_{2,9}, S_{2,6}$)	(0.55, 0.95, 0.99, 1)	0.48	$S_{2,8}$	(0,4,10,5,7,8,2,0)	เชื่อมสาขาที่ 2 กับเส้นทางที่ 1

จากตารางที่ 3-6 จะเห็นได้ว่าแถวที่ 1 แสดงตัวเลือกในการเชื่อมต่อเส้นทาง 4 ตัวเลือก เพื่อการสร้างเส้นทางโดยเลือกจากค่าความน่าจะเป็นจากการสุ่มตัวเลข โดยตามตัวอย่างในตารางค่าที่ถูเลือกคือ $S_{5,7}$ (แทนที่ควรจะเป็นค่า $S_{7,8}$ ซึ่งมีค่า Savings ที่ดีที่สุดเนื่องจากค่าสุ่มที่ได้เท่ากับ 0.62 ซึ่งตกอยู่ในช่วงความน่าจะเป็นสะสมของ $S_{5,7}$) ดังนั้นผลลัพธ์จากการเชื่อมต่อเส้นทางทำให้ได้มาซึ่งเส้นทางเดินรถ คือ 0-5-7-0 และวิธีการดังกล่าวจะถูกกระทำซ้ำจนกระทั่งอุปสงค์ปกติของลูกค้าทั้งหมดถูกตอบสนอง นอกจากนี้จะเห็นว่าถ้าเส้นทางใดเกินความจุรถบรรทุก เส้นทางนั้นจะไม่นำมาพิจารณาในการเชื่อมต่อเส้นทางเดินรถต่อไป

เมื่อผลการคำนวณเส้นทางเดินรถ 2 ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการ Stochastic Savings แสดงในรูปภาพที่ 3.3(a) และรูปภาพที่ 3.3(b) ซึ่งผลลัพธ์ที่ 1 ประกอบด้วยเส้นทางเดินรถสองเส้นทางคือ เส้นทางที่ 1 = 0-6-1-3-9-10-0, และเส้นทางที่ 2 = 0-4-5-7-8-2-0 ระยะทางทั้งหมดเท่ากับ 475 กิโลเมตร และ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งเท่ากับ 9,500 บาท ในส่วนของผลลัพธ์ที่ 2 ประกอบด้วยเส้นทางเดินรถสองเส้นทางคือ เส้นทางที่ 1 = 0-4-10-5-7-8-2-0, และเส้นทางที่ 2 = 0-6-1-3-9-0 ระยะทางทั้งหมดเท่ากับ 466 กิโลเมตร และ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งเท่ากับ 9,320 บาท



(a) ผลลัพธ์ที่ 1



(b) ผลลัพธ์ที่ 2

ภาพที่ 3-6 แสดงผลลัพธ์จากการคำนวณเส้นทางเดินรถด้วยวิธี RBRS Stochastic Savings Algorithm

จากผลการคำนวณดังกล่าวจะเห็นได้ว่า (1) วิธี RBRS Stochastic Algorithm สามารถสร้างเส้นทางเดินรถที่ดีกว่าวิธี Parallel Savings เช่นจากผลลัพธ์ที่แสดงข้างต้นช่วยประหยัด 60 บาท หรือ 0.63% และประหยัด 240 บาท หรือ 2.51% จากผลการคำนวณด้วยวิธี Parallel Savings ดังผลลัพธ์ที่ 1 และที่ 2 ตามลำดับ (2) การสร้างเส้นทางเดินรถจำนวนมากด้วยวิธี RBRS Stochastic Algorithm ทำให้มีโอกาสในการได้มาซึ่งผลคำตอบที่ดีขึ้น (3) ผลคำตอบที่ได้มาจากวิธี RBRS stochastic algorithm ทั้ง 2 ผลลัพธ์นั้น สามารถตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาได้ เช่น อุปสงค์ระหว่างสาขาที่เกิดขึ้นที่สาขา 10 สามารถตอบสนองความต้องการโดยรับสินค้าจากสาขาที่ 1 สำหรับผลลัพธ์ที่ 1 และสาขาที่ 4 สำหรับผลลัพธ์ที่ 2 และจากการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาได้นั้น ทำให้สามารถลดระยะเวลานำ ในการขนส่งสินค้าได้ 1 วัน หรือ 1 รอบของการวิ่งรถบรรทุก

3.3.3 ประโยชน์ที่ได้จากการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขา

ประโยชน์ที่ได้จากการที่เส้นทางเดินรถสามารถตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาได้มี 2 ประการ คือ ช่วยเวลานำของอุปสงค์ระหว่างสาขา และช่วยลดค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้า ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความสำคัญและทำได้ยาก ในโครงการ วิจัยนี้ค่าใช้จ่ายที่ลดลงนั้นเกิดขึ้นจากการแก้ปัญหาอุปสงค์ที่เกิดขึ้นในหลายๆ วันต่อกัน โดยแต่ละปัญหาประกอบด้วยเงื่อนไข 2 ประการคือ (1)ในกรณีที่อุปสงค์ระหว่างสาขาไม่สามารถ ถูกตอบสนองได้ภายในเส้นทางเดินรถ เดียวกัน ให้นำอุปสงค์ระหว่างสาขา กลับมาที่ศูนย์กระจายสินค้า และรอคอยการขนส่งในรอบหรือวันต่อไป เช่น อุปสงค์ระหว่างสาขาของวันที่ 1 ถูกนำไปคิดเป็นอุปสงค์ปกติของวันที่ 2 (2)อุปสงค์ระหว่างสาขาที่พิจารณาว่าสามารถตอบสนองได้นั้น ต้องอยู่ในเส้นทางเดินรถเดียวกันและเกิดขึ้นภายในวันเดียวกันเท่านั้น

3.4 การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจของ โครงการ วิจัยนี้ได้พัฒนา โดยวิธีการ สร้างเส้นทางแบบ RBRS Stochastic Algorithm ในลักษณะ Spreadsheet ซึ่งเป็นพื้นฐานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ การสร้าง ระบบดังกล่าวทำ โดยใช้ชุดพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้วยภาษา Visual Basic for Applications (VBA) ใน Microsoft Excel โปรแกรมที่ได้สามารถสร้างเส้นทางเดินรถขนส่งที่ดี และช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ข้อมูลนำเข้า สำหรับ การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ประกอบด้วย ความจุรถบรรทุก อุปสงค์ของลูกค้า (อุปสงค์ปกติและอุปสงค์ระหว่างสาขา) พิกัดของลูกค้า ระยะทางจากตำแหน่งของลูกค้าถึงศูนย์กระจายสินค้า เวลาในการเดินทางและความเร็ว กรอบเวลาในการขนส่งสินค้า เวลาเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าขึ้นและลงจากรถขนส่ง และ Circuitry Factor

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ จะสร้างเส้นทางและตารางการจัดส่งรถบรรทุก สำหรับยานพาหนะเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ในแต่ละวัน ภายใต้ข้อจำกัด ความจุของรถบรรทุก และ กรอบเวลาการจัดส่ง ซึ่งระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ได้ทำการพัฒนานี้ ยังสามารถวัดประสิทธิภาพของระบบโดยแสดงผลการ

คำนวณระยะทางรวมของการเดินทาง และค่าใช้จ่ายรวมของการขนส่ง โดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นจะถูกนำไปทดสอบกับข้อมูลจริงต่อไป

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ที่ได้พัฒนาขึ้นมาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) แผ่นตารางสำหรับป้อนข้อมูล นำเข้า ประกอบด้วย จำนวนลูกค้า (สาขาร้านค้าปลีก) ตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าและลูกค้า ความจุรถบรรทุก ความต้องการของลูกค้า เวลาในการเดินทางและความเร็ว กรอบเวลาในขนส่งสินค้า ค่าใช้จ่าย ต่อระยะทางในการขนส่ง เวลาเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าขึ้นและลงจากรถขนส่ง สาขาที่มีอุปสงค์ระหว่างสาขาเพิ่มเติม และสาขาที่สามารถตอบสนองความต้องการนี้ได้ แสดงในภาพที่ 3-8

DECISION SUPPORT SYSTEM(DSS) FOR VEHICLE ROUTING PROBLEM

Branch (branch) 19 Truck Capacity (pallet) 12 Loading time (min/pallet) 3 Base fleet cost (baht/km) 20

Base fleet (truck) 8 Time window (hr) 9 Circuitry factor 1.2 Subby cost (baht/km) 40

Branch	Name	Demand	Location		Unloading time (min)	Departure time
			Latitude	Longitude		
0	DC	0	0	0	6	14/12/2010 21:00
1	Branch1	1	13.6008	100.7824	6	14/12/2010 21:00
2	Branch2	3	13.7451	100.5555	6	14/12/2010 21:00
3	Branch3	2	13.7283	100.5361	6	14/12/2010 21:00
4	Branch4	5	13.8176	100.5715	6	14/12/2010 21:00
5	Branch5	1	13.8718	100.6037	6	14/12/2010 21:00
6	Branch6	1	13.9891	100.6329	6	14/12/2010 21:00
7	Branch7	2	13.7784	100.4861	6	14/12/2010 21:00
8	Branch8	4	13.6686	100.6659	6	14/12/2010 21:00
9	Branch9	1	13.6975	100.5418	6	14/12/2010 21:00
10	Branch10	3	13.6427	100.4433	6	14/12/2010 21:00
11	Branch11	2	13.9042	100.5396	6	14/12/2010 21:00
12	Branch12	1	13.7965	100.5168	6	14/12/2010 21:00
13	Branch13	2	13.7283	100.5961	6	14/12/2010 21:00
14	Branch14	4	13.7699	100.5576	6	14/12/2010 21:00
15	Branch15	1	13.714	100.6222	6	15/12/2010 21:00
16	Branch16	3	13.7397	100.5805	6	14/12/2010 21:00

compute

ภาพที่ 3-8 แสดงแผ่นตารางทำการสำหรับป้อนข้อมูล

2) แผ่นตารางแสดงผลการคำนวณ ประกอบด้วย เส้นทางการเดินทาง ระยะทางเดินทางโดยรวม ค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการตอบสนองอุปสงค์ ระหว่างสาขาได้ภายในเส้นทางเดินทางเดียวกัน ค่าใช้จ่ายโดยรวมจากการจัดเส้นทางเดินทางดังแสดงในภาพที่ 3-9

A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
No.		Total Distance (km)	Total Cost	Delivery Routes		Delivery of Inter-Branch				Reduce Distance				Total Savings Cost	Total Cost - Savings Cost
1	1	2438	4884	DC->12->5->19->18->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	58492
2			4884	DC->1->15->17->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
3			4878	DC->6->11->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
4			4877	DC->8->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
5			4874	DC->3->13->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
6			4873	DC->7->16->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
7			4873	DC->4->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
8			4873	DC->2->9->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
9			9744	DC->14->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
10			9732	DC->10->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
11	2	2194	4890	DC->1->19->18->6->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	48745
12			4877	DC->8->15->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
13			4877	DC->2->5->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
14			4875	DC->3->17->9->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
15			4874	DC->13->16->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
16			4874	DC->7->11->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
17			4873	DC->4->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
18			4873	DC->12->14->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
19			9732	DC->10->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
20	3	2194	4884	DC->6->5->19->11->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	48748
21			4883	DC->16->18->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
22			4883	DC->1->8->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
23			4876	DC->13->15->17->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
24			4873	DC->4->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
25			4873	DC->12->14->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
26			4872	DC->7->3->9->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
27			4872	DC->2->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
28			9732	DC->10->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	
29	4	2194	4888	DC->9->15->1->11->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	48746
30			4883	DC->5->19->18->6->DC	N	N	N	N	0	0	0	0	0	0	

ภาพที่ 3-9 แสดงแผนตารางแสดงผลการคำนวณค่าใช้จ่าย

3) แผนตารางแสดงตารางเวลาโดยประมาณการเดินทางประกอบด้วยจำนวนรถบรรทุกที่ใช้เวลาที่รถวิ่งออกจากศูนย์กระจายสินค้า ระยะทางที่รถบรรทุกไปถึงสาขาต่างๆ ระยะเวลาของขึ้นและลงจากรถบรรทุก เวลาที่รถบรรทุกกลับมายังศูนย์กระจายสินค้า รวมทั้งเวลาขนส่งสินค้าลงเพื่อตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาด้วยแสดงในภาพที่3-10

<

ภาพที่ 3-10 แสดงแผนตารางแสดงตารางเวลาการเดินทาง

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การทดสอบระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

เนื่องจากลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ ที่ผู้วิจัยได้ทำการพิจารณา เป็นปัญหาเฉพาะที่เกิดขึ้นจริงในอุตสาหกรรมและเพิ่มเติมเงื่อนไขของปัญหาการขนส่งสินค้าระหว่างสาขาขึ้น โดยมีลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ ดังนี้ เนื่องจากปัญหาการจราจรในกรุงเทพฯ มีกรอบเวลา (ระหว่าง 6 โมงเช้าถึง 9 โมงเช้า และ ระหว่าง 4 โมงเย็นถึง 2 ทุ่ม) ที่กฎหมาย และ ข้อบังคับกำหนด ให้รถบรรทุกขนาดใหญ่ไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าเมือง นอกจากนี้สาขาต่างๆ ในกรุงเทพฯ และ ปริมณฑล โดยปกติแล้ว ไม่สะดวกในการรับสินค้า ในระหว่างชั่วโมงการปฏิบัติงาน เมื่อ สาขาเปิด ดังนั้นบริษัท ผู้ใช้ภาคอุตสาหกรรม จึงกำหนดข้อจำกัดเวลาขนส่งกับสาขาย่อย ให้การขนส่งทั้งหมดต้องถูกทำระหว่าง 3 ทุ่ม ถึง 6 โมงเช้าของวันถัดไป นั่นคือเวลาเริ่มต้นจากศูนย์กระจายสินค้า เวลาขนส่งไปที่สาขาต่างๆ และ เวลาที่รถบรรทุกต้องกลับไปถึงศูนย์กระจายสินค้า ต้องสอดคล้องกับกรอบเวลานี้

จากสาขาทั้งหมดจะพิจารณาเพียง 19 สาขา เนื่องจากเป็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ สาขาที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพฯ และ ปริมณฑล ส่วนสาขาอื่นๆ ในภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้ และภาคใต้ ไม่ถูกพิจารณาเพราะเส้นทางขนส่ง และ ตารางการขนส่งเรียบง่าย ดาวยตัวและใช้เวลา มาก ซึ่งการขนส่งปกติจะส่งไปยังสาขาไม่มากไปกว่า 2 สาขาต่อเที่ยว และไม่มากไปกว่า 1 เที่ยวต่อรถบรรทุกหนึ่งคันต่อวัน สำหรับสาขาที่ถูกพิจารณา 19 สาขา แต่ละแห่งมีอุปสงค์ดังแสดงในตารางที่ 4-1 คือ อุปสงค์ปกติ (Primary Demand) เกิดขึ้นทุกวันต่อสัปดาห์ ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันเสาร์ ส่วนอุปสงค์ระหว่างสาขา (Inter-Branch Demand) ถูกกำหนดให้มีห้าวันต่อสัปดาห์คือตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ จำนวน 1 พาเลท โดยทำการสุ่มสร้างอุปสงค์ขึ้นมา (เพื่อใช้ในการทดสอบ) ดังนั้นอุปสงค์ปกติจากศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมดทุกวันจะมีจำนวนพาเลทเท่ากับ 519 พาเลท และอุปสงค์ระหว่างสาขากำหนดให้เกิดตั้งแต่ 1 ถึง 10 พาเลทต่อวัน ในส่วนของสาขาที่สามารถตอบสนอง อุปสงค์ระหว่างสาขาได้นั้น กำหนดให้มี 2 สาขา โดยทำการสุ่ม ซึ่งมีเงื่อนไขว่าหากอุปสงค์ระหว่างสาขาไม่ถูกตอบสนองแล้วให้นำอุปสงค์นั้นไปรวมกับอุปสงค์ปกติของวันถัดไป ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ประหยัดจากการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขา สามารถคำนวณได้จาก ความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายรวม เมื่อยอมให้มีการขนส่งของอุปสงค์ระหว่างสาขากับเมื่อไม่ยอมให้มีการขนส่งดังกล่าว นอกจากนี้ศูนย์กระจายสินค้า ยังทำหน้าที่เป็นจุดเก็บรถบรรทุก ดังนั้นการขนส่งทุกเที่ยวต้องเริ่มต้นและจบที่ศูนย์กระจายสินค้า

กองรถบรรทุกปัจจุบันที่ ผู้ใช้ภาคอุตสาหกรรมเป็นเจ้าของ ประกอบไปด้วยรถบรรทุก 24 คัน (ค่าสมมติ) รถบรรทุกขนส่งทุกคันเป็นรุ่นเดียวกัน และมีกำลังการบรรทุกเท่ากัน (12 พาเลทต่อคัน) การ

จัดลำดับความสำคัญถูกกำหนดให้ การเดินทางไปยังสาขานอกกรุงเทพ และปริมณฑล ก่อน รถบรรทุก 8 คันที่เหลือจึงถูกใช้เพื่อขนส่งไปยังสาขา 19 แห่งในเขตกรุงเทพมหานคร ที่ซึ่งรถบรรทุกหนึ่งคันอาจจะขนส่งไปยังสาขามากกว่า 1 แห่งในหนึ่งเที่ยว ถ้ากำลังการบรรทุกและข้อจำกัดรอบเวลาไม่เป็นไปได้ ในระหว่างช่วงเวลาที่มีความต้องการสูง เมื่อรถบรรทุกที่เหลืออยู่ไม่เพียงพอ จะมีการจ้างรถบรรทุกรับเหมาgrbj.g9b,

ต้นทุนการขนส่ง ประมาณ จากระยะทางที่เดินทางในแต่ละเที่ยว ใน กรุงเทพและปริมณฑล อัตราค่าขนส่งจะคิดตามระยะทางประกอบด้วย ค่าเชื้อเพลิง และค่าเสื่อมราคา สำหรับรถบรรทุกพื้นฐาน และสำหรับรถบรรทุกรับจ้างเหมาอัตราค่าขนส่งจะคิดเหมาต่อเที่ยว (ซึ่งในที่นี้ไม่สามารถเปิดเผยได้) ระยะทางแต่ละคู่ของสาขาถูกสมมติเป็นระยะทาง Euclidean โดยมีปัจจัย Circuity Factor ที่เหมาะสมต่อการปรับระยะทางที่ 1.2 ตารางที่ 4-1 แสดงพิกัด (Latitude, Longitude) สำหรับที่ตั้งสาขา ศูนย์กระจายสินค้า และอุปสงค์ของลูกค้า ถูกกำหนดเป็นจุดเริ่มต้น

ตารางที่ 4-1 แสดงพิกัด (Latitude, Longitude) สำหรับที่ตั้งสาขา ศูนย์กระจายสินค้า และอุปสงค์ของลูกค้า

ลำดับ	พื้นที่ศึกษา	ตำแหน่ง *		อุปสงค์ปกติ (พาเลท)						อุปสงค์ระหว่างสาขา (พาเลท)									
										M		T		W		R		F	
		Latitude	Longitude	M	T	W	R	F	Sa	D*	P*	D*	P*	D*	P*	D*	P*	D*	P*
0	ศูนย์กระจายสินค้า	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	สาขาที่ 1	13.6008	100.7824	5	5	2	4	1	3	-	-	-	-	-	√	-	-	-	-
2	สาขาที่ 2	13.7441	100.5555	3	3	6	3	5	2	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-
3	สาขาที่ 3	13.7283	100.5361	3	2	2	7	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	สาขาที่ 4	13.8176	100.5715	3	2	4	8	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	สาขาที่ 5	13.8718	100.6037	6	3	8	6	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	สาขาที่ 6	13.9891	100.6329	5	4	8	2	7	3	-	√	-	-	-	√	-	-	-	-
7	สาขาที่ 7	13.7784	100.4861	3	4	3	2	4	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	สาขาที่ 8	13.6686	100.6359	8	4	8	2	2	8	-	-	-	√	1	-	-	-	-	-
9	สาขาที่ 9	13.6975	100.5418	7	2	7	8	1	2	-	√	-	-	-	-	-	-	-	√
10	สาขาที่ 10	13.6627	100.4433	7	5	4	4	8	7	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-
11	สาขาที่ 11	13.9042	100.5396	7	1	5	5	6	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
12	สาขาที่ 12	13.7465	100.5468	7	5	7	7	7	5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
13	สาขาที่ 13	13.7283	100.5361	8	6	8	8	7	1	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-
14	สาขาที่ 14	13.7699	100.5776	3	4	3	3	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	สาขาที่ 15	13.714	100.6022	6	8	6	5	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	สาขาที่ 16	13.7197	100.5305	3	3	3	4	6	4	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
17	สาขาที่ 17	13.6957	100.6627	6	2	5	8	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	สาขาที่ 18	13.9891	100.6329	6	7	6	4	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√
19	สาขาที่ 19	13.8248	100.6866	8	5	5	7	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* ตำแหน่ง X-Y คือสถานที่ตั้งของสาขา และ ศูนย์กระจายสินค้าที่ได้จาก Google earth

* D คือ สาขาที่มีอุปสงค์ระหว่างสาขา

* P คือ สาขาที่สามารถตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาได้

ข้อมูลการปฏิบัติงานของรถบรรทุกมีดังต่อไปนี้ 1) ความเร็วของรถบรรทุกโดยเฉลี่ย คือ 30 กม / ชั่วโมง (ค่าสมมติ) 2) ระยะเวลาในการขนสินค้าขึ้นรถโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งพาเลทที่ศูนย์กระจายสินค้า คือ 3 นาที 3) เวลาที่ยกของลงโดยเฉลี่ยที่ร้านค้าปลีกโดยประมาณ คือ 6 นาทีต่อหนึ่งพาเลท ข้อมูลของปัญหาที่นำมาทดสอบระบบ DSS มีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 แสดงข้อมูลสมมติต่างๆ ในการขนส่ง

ความจุของรถหนึ่งคัน	12 พาเลท
ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง	
- รถของศูนย์กระจายสินค้า	20 บาท/กม.
- รถของ Subcontractor	40 บาท/กม.
ความเร็วในการขนส่ง	
- กรุงเทพฯ ฯ	30 กม./ชั่วโมง
เวลาขนของขึ้น	3 นาที/พาเลท
เวลาขนของลง	6 นาที/พาเลท
ช่วงเวลาการขนส่ง	21:00 - 06:00 น. 9 ชั่วโมง

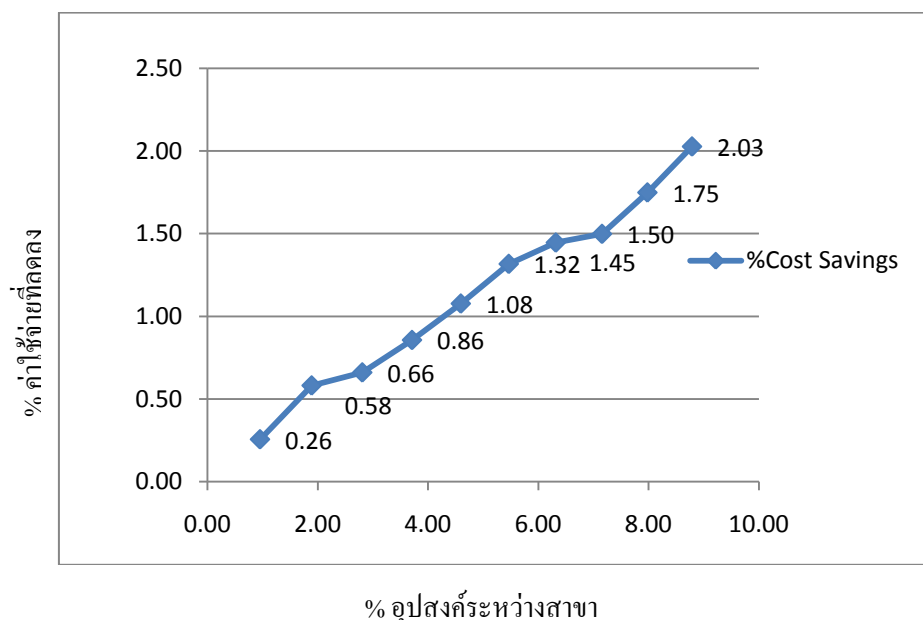
ประโยชน์จากการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาได้ภายในเส้นทางเดินรถเดียวกันนั้น จะถูกพิจารณาใน 2 กรณีดังนี้ กรณีแรกเมื่อไม่ยอมให้มีการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขา (อุปสงค์ระหว่างสาขาที่เกิดขึ้นทั้งหมดถูกนำไปรวมกับอุปสงค์ปกติของวันถัดไป) และ กรณีที่สอง เมื่อ ยอมให้มีอุปสงค์ระหว่างสาขาถูกตอบสนอง ความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายทั้ง สองค่าจะถูกเปรียบเทียบ เพื่อแสดงค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการพิจารณาอุปสงค์ระหว่างสาขา สำหรับปัญหาที่ใช้ในการทดสอบนี้ การคำนวณในแต่ละปัญหาจะถูกกำหนดให้ทำซ้ำ 10,000 ครั้ง จากปัญหาทั้งหมด 10 ปัญหาด้วยกัน ซึ่งได้แสดงผลจากการคำนวณทั้งหมดไว้ในตารางที่ 4-3

จากตัวอย่างในตารางที่ 4-3 แถวที่ 1 แสดงผลเมื่อมีอุปสงค์ระหว่างสาขา 5 พาเลท ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากการจัดเส้นทางเดินรถสามารถตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาได้ 4 พาเลท มีค่าใช้จ่ายโดยรวมเท่ากับ 97,499 บาท ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาภายในเส้นทางเดินรถเดียวกันกับอุปสงค์ปกติคิดเป็น $250/97,749$ หรือ 0.26% และลดระยะเวลานำคิดเป็น 80% จากระยะเวลานำปกติ (หรือ 4 วัน จาก 5 วัน) ซึ่งจากผลการคำนวณแสดงให้เห็นประโยชน์ที่ได้รับจากการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาทั้งในด้านค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งและระยะเวลานำ

ตารางที่ 4-3 แสดงผลการคำนวณปัญหาที่ใช้ในงานวิจัย

อุปสงค์			อุปสงค์ระหว่างสาขาที่สามารถตอบสนองได้ (สาขา)	ค่าใช้จ่าย			
อุปสงค์ระหว่างสาขา	อุปสงค์ทั้งหมด	% ของอุปสงค์		ไม่ให้มีการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขา	ให้มีการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาในวันเดียว	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	% ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้
5	524	0.95	4	97,749	97,499	250	0.26
10	529	1.89	8	97,822	97,254	568	0.58
15	534	2.81	10	98,531	97,881	650	0.66
20	539	3.71	13	98,758	97,913	845	0.86
25	544	4.60	16	98,464	97,404	1,060	1.08
30	549	5.46	19	99,014	97,710	1,304	1.32
35	554	6.32	20	101,285	99,821	1,464	1.45
40	559	7.16	23	101,984	100,456	1,528	1.49
45	564	7.98	28	102,373	100,583	1,790	1.75
50	569	8.79	32	102,828	100,743	2,085	2.03

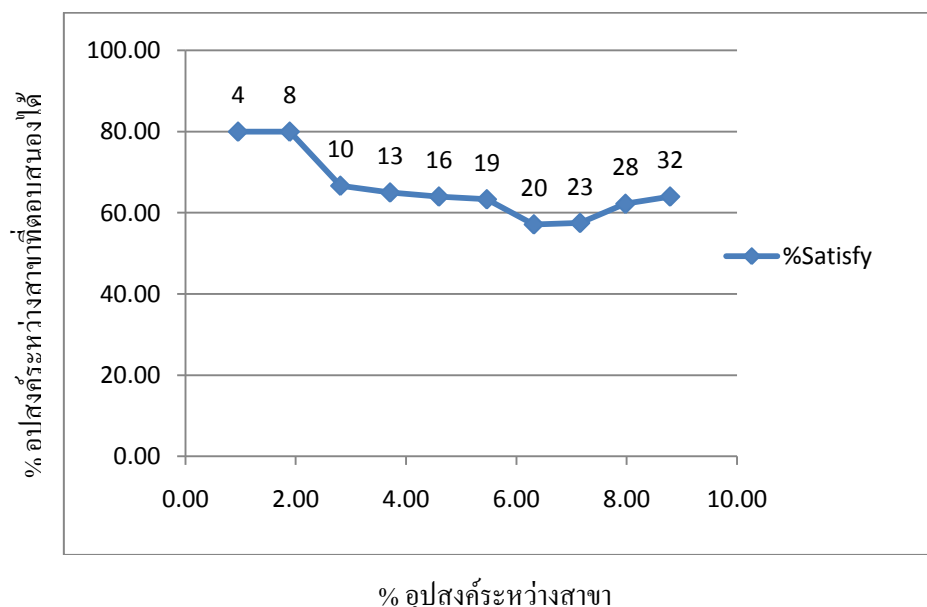
ในภาพที่ 4-1 แสดงแนวโน้มเปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้เมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของอุปสงค์ระหว่างสาขา ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์จากค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้มีค่าแปรผันตรงกับเปอร์เซ็นต์ของอุปสงค์ระหว่างสาขา



ภาพที่ 4-1 แสดงเปอร์เซ็นต์ของอุปสงค์ระหว่างสาขาเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

ในภาพที่ 4-2 แสดงถึงประสิทธิภาพของ Algorithm ในการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขา โดยเปรียบเทียบระหว่าง เปอร์เซ็นต์ของอุปสงค์ระหว่างสาขา ที่สามารถตอบสนองได้กับ เปอร์เซ็นต์ของอุปสงค์

ระหว่างสาขาที่เกิดขึ้นทั้งหมด ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่า Algorithm มีประสิทธิภาพสูงในการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขา โดยแสดงออกมาในรูปของเปอร์เซ็นต์การตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาที่ ยอมรับได้นำมาสู่การลดระยะเวลาในการขนส่งสินค้าระหว่างสาขาอีกด้วย



ภาพที่ 4-2 แสดงเปอร์เซ็นต์ของอุปสงค์ระหว่างสาขาที่สามารถตอบสนองได้กับเปอร์เซ็นต์ของอุปสงค์ระหว่างสาขาที่เกิดขึ้นทั้งหมด

4.2 การจัดอบรมและสาธิตการใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้ประกอบการ

ผู้วิจัยได้ทำการจัดอบรมความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางรถ และนำเสนอระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ที่ได้จัดทำขึ้นในโครงการนี้ให้แก่ผู้ประกอบการที่สนใจในวันที่ 19 พฤษภาคม 2554 เวลา 13.00 – 16.00 น. ณ ห้องประชุม Board Room 3 สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ ซึ่งการจัดอบรมนี้ได้รับความเอื้อเพื่อให้เป็นส่วนหนึ่งของการฝึกอบรมผู้ประกอบการที่จัดโดยสถาบันวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมอุตสาหกรรมการผลิต (Small and Medium Industry Institute; SMI) ภายใต้สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (The Federation of Thai Industry; FTI) ในการฝึกอบรมนี้ ได้มีผู้ประกอบการที่สนใจเข้าร่วม 17 คน จาก 7 บริษัท โดยผู้ประกอบการบางรายเป็นผู้ประกอบการที่มียานพาหนะที่ใช้ในการดำเนินการขนส่งสินค้าเป็นของตนเอง ทั้งนี้หนึ่งในผู้ประกอบการที่เข้าร่วมคือบริษัท บิส โอเชียน โลจิสติกส์ จำกัด ได้มีความสนใจที่จะนำระบบนี้ไปใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการดำเนินการจัดเส้นทางรถของบริษัท อย่างไรก็ตาม DSS ที่จัดทำขึ้นต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้นำไปใช้งานได้ เนื่องจากระบบการทำงานของบริษัท บิส โอเชียน โลจิสติกส์ จำกัด มีบางส่วนของลักษณะปัญหาที่แตกต่างจาก DSS ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนระบบ DSS ให้เหมาะสมกับลักษณะปัญหาของบริษัทต่อไป

บทที่ 5

ผลการดำเนินงานวิจัย

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงการวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System; DSS) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถในรูปแบบที่ยังไม่มีงานวิจัยใดศึกษามาก่อน ซึ่งเป็นปัญหาเกี่ยวกับการจัดเส้นทางเดินรถรับและส่งสินค้าระหว่างสาขาแบบจำกัดความจุรถบรรทุก โดยพิจารณาการตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขาภายในเส้นทางเดินรถเดียวกันกับการตอบสนองอุปสงค์ปกติจากศูนย์กระจายสินค้า โดยลักษณะของปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากมีสินค้าบางชนิดที่ศูนย์กระจายสินค้าไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าในบางสาขาได้อาจเนื่องด้วยสินค้าชนิดดังกล่าวถูกกระจายไปยังสาขาต่างๆทั้งหมดโดยไม่มีสินค้าคงคลังสำรอง ในขณะที่สินค้าดังกล่าวยังคงเหลืออยู่ในบางสาขาด้วยเหตุนี้รถบรรทุกสินค้าจึงต้องวิ่งไปรับสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้าเพื่อทำการขนส่งในวันต่อไป แต่วิธีที่ดีกว่าคือ หากสามารถจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าให้ไปรับสินค้าจากจุดที่มีสินค้าเพื่อไปส่งยังสาขาที่เกิดความต้องการสินค้าชนิดนั้นได้ภายในเส้นทางเดินรถเดียวกันก็จะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าและลดระยะเวลาได้ด้วย เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการจัดส่งสินค้าของภาคอุตสาหกรรมตัวอย่างการศึกษานี้จึงเห็นควรให้ มีการสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อ ใช้ช่วยในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า ให้กับรถขนส่งสินค้า ตลอดจนจัด กำหนดการในการเดินทาง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าอย่างถูกต้อง ตรงเวลา และเกิดประโยชน์ในการปฏิบัติงานสูงสุด

จากการทบทวนแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องตลอดจนงานวิจัยที่ผ่านมา สามารถสรุปเพื่อ ใช้แนวทางในการศึกษาได้ว่าการจัดเส้นทางเดินรถรับและส่งสินค้าระหว่างสาขาแบบจำกัดความจุรถบรรทุกเป็นปัญหาที่ต้องดำเนินการแบบวันต่อวัน และมีข้อจำกัดต่างๆ ในการปฏิบัติงานมาก ทำให้ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ ในทางปฏิบัติ จึงควรใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ ซึ่งเป็นการหาคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด และมีความยืดหยุ่นสามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง การจัดเส้นทางด้วยวิธีฮิวริสติกส์ มีหลายวิธีการซึ่งสามารถ ใช้ผสมผสานกันใด เพื่อให้ได้คำตอบที่ ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดได้ ในที่นี้เราเลือกใช้ วิธี Stochastic Parallel Savings Algorithm ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการพัฒนาเส้นทางแบบ ฮิวริสติกส์ เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความหลากหลายในการสร้างเส้นทางเดินรถ สำหรับ ปัญหาเดียว ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จะมีโอกาส ได้เส้นทางเดินรถที่สามารถตอบสนองอุปสงค์ระหว่างสาขา

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยขั้นตอนการวิเคราะห์ สองส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์ รูปแบบการในการขนส่ง สินค้า โดยใช้ฮิวริสติกส์ใน การสร้างเส้นทางที่ประกอบด้วย กลุ่มลูกค้าที่ส่งสินค้าให้ มีจำนวนเพียงพอกับความสามารถในการบรรทุกของรถขนส่งสินค้าแต่ ละคัน โดยคำนึงถึงเงื่อนไข และข้อจำกัดใด แก จำนวนรถขนส่ง ความสามารถของรถบรรทุกในการบรรทุกสินค้า ๑

ปริมาณสินค้าที่ลูกค้าสั่งซื้อ (อุปสงค์ปกติและอุปสงค์ระหว่างสาขา) กรอบเวลาที่ลูกค้ากำหนดในการรับสินค้า ตำแหน่งที่ตั้งลูกค้า และเวลาในการขนถ่ายสินค้า ผลลัพธ์ที่ได้คือ ลำดับการขนส่งสินค้า ให้กับลูกค้าในแต่ละสาขาสำหรับรถบรรทุกแต่ละคัน โดยพิจารณาทั้งอุปสงค์ปกติและอุปสงค์ระหว่างสาขาไปพร้อมๆ กัน ลำดับงานสำหรับรถบรรทุกแต่ละคันคือลำดับการส่งสินค้าให้กับลูกค้าก่อนหลังตามช่วงเวลาที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งผลของลำดับงานจะเป็นข้อมูลให้การวิเคราะห์ ในส่วนที่ สองของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ นั่นคือ การค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมระหว่างจุดลูกค้าที่อยู่ ในลำดับการส่งสินค้าของรถแต่ละคัน ซึ่งเป็นการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหรือรอบวิ่งรถที่ดีที่สุดที่สามารถตอบสนองอุปสงค์ปกติและอุปสงค์ระหว่างสาขาภายในเส้นทางเดินรถเดียวกัน ประโยชน์ที่ได้รับ คือช่วยลดระยะ ทางในการเดินทางขนส่งสินค้าไปสู่แต่ละที่หมาย แผนที่และทิศทางในการเดินทางซึ่งช่วยในการอำนวยความสะดวก พนักงานขับรถ และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและระยะเวลานำของ ผู้ใช้ภาคอุตสาหกรรมได้ เป็นอย่างดี นอกจากนี้การใช้เวลาในการวิเคราะห์กำหนดการและจัดเส้นทางโดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่สร้างขึ้นใช้เวลาสั้นกว่าการวิเคราะห์โดย พนักงานจัดเส้นทาง ซึ่งถือเป็นการลดภาระหน้าที่ในการปฏิบัติงานลง ทั้งนี้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนั้น อาจมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงผลลัพธ์ที่ได้บางส่วนเพื่อให้เข้ากับระบบงานจริงของผู้ใช้ภาคอุตสาหกรรมที่นำไปใช้ในแต่ละแห่ง

บรรณานุกรม

- ชวลิตร์ พันธุ์ชมพู. “การขนส่งผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2550.
- สรวรรณ รัศมีโสรัจ. “การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อหาจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการขนส่งสินค้า กรณีศึกษา บริษัท ซีพีเอฟ เทรดดิ้ง จำกัด ,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการโลจิสติกส์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2551.
- Angelelli E., Mansini R. “**The Vehicle Routing Problem with time windows and simultaneous pickup and delivery,**” In Quantitative approaches to distribution logistics and supply chain management series. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 2002, pp. 249–267.
- Ben P., Willem H., Sham K. “**Flexible milk-runs for stochastic vehicle routing,**” University of Chicago, 2008, pp.168–175.
- Bertsimas J., Dimitris, Garrett R. “**A stochastic and dynamic vehicle routing problem in the Euclidean plane,**” Massachusetts Institute of Technology, 1990, pp.138–156.
- Bodin L., et al. “**Routing and scheduling of vehicles and crews,**” The state of art. Computer and Operations Research 10, 1982, pp. 63-121.
- Bulent Catay. “**A new saving-based ant algorithm for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery,**” Expert Systems with Applications, Vol.37, 2010, pp. 6809–6817.
- Clarke G., Wright J.V. “**Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points,**” Operational Research Vol. 12, 1964, pp.568–581.
- Dell’Amico M., Righini G., Salani M. “**A branch-and-price approach to the Vehicle Routing Problem with simultaneous distribution and collection,**” Transportation Science Vol.40, 2006, pp.235–247.
- Goetschalckx M., Jacobs C. “**The Vehicle Routing Problem with backhauls: properties and solution algorithms,**” European Journal of Operational Research Vol.42, 1993, pp.39–51.
- Keenan P. “**Spatial Decision Support Systems for Vehicle Routing,**” Working Paper MIS 95/10, Graduate School of Business, University College Dublin, 1995.
- Nagy G., Salhi S. “**Heuristic algorithms for single and multiple depot vehicle routing problems with pickups and deliveries,**” European Journal of Operational Research Vol.162, 2005, pp. 126–141.

- Salhi, S., Nagy G. **“A cluster insertion heuristic for single and multiple depot vehicle routing problems with backhauling,”** Journal of the Operational Research Society Vol.50, 1999, pp.1034– 1042.
- Tatarakis A., Minis. **“Stochastic single vehicle routing with a predefined customer sequence and multiple depot returns,”** [European Journal of Operational Research](#) Vol. 197, issue 2, 2009, pp.557-571.
- Wade A., Salhi S. **“An investigation into a new class of vehicle routing problem with backhauls,”** Omega Vol.30, 2002, pp.479–487.
- Yazgı Tutuncu G., Carlos A.C. Carreto., Barrie M. Baker. **“A visual interactive approach to classical and mixed vehicle routing problems with backhauls,”** Omega Vol.37, 2009, pp.138–154.
- Zhihong S., Fernando O., and Maged M. **“The stochastic vehicle routing problem for minimum unmet demand,”** Industrial and Systems Engineering, University of Southern California, 2008, pp.551-560.