



ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. ด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การพัฒนาระบบบริหารจัดการรถบรรทุกสำหรับการจัดส่งสินค้าด้วย GIS:

กรณีศึกษา TOPS Supermarket

Development of Truck Fleet Management System using GIS:

A Case Study of TOPs Supermarket

สัญญาเลขที่ MLSC515007

โดย

นายกวี ศรีเมือง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.เทอดศักดิ์ รongviriyapanich

วันพฤหัสบดี ที่ 24 ธันวาคม 2552

โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

ปัญหาการขนส่งทางถนนที่พบบากก็คือการบริหารจัดการรถบรรทุกที่ทำโดยใช้ดุลยพินิจของคนนั้น ไม่มีประสิทธิภาพส่งผลให้เกิดเที่ยววิ่งสูญเปล่าอันเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเส้นทางของรถบรรทุกไปยังจุดส่งสินค้าที่มีหลายจุดโดยอาศัยดุลยพินิจของคนไม่ได้ผลลัพธ์เป็นเส้นทางที่ดีที่สุด การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อกระจายสินค้าโดยรถบรรทุกจากศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียวไปยังจุดต่างๆ โดยวิธี Saving Algorithm โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ประหยัดต้นทุนการขนส่ง ซึ่งการพัฒนาระบบประกอบด้วยงาน 3 ส่วนหลักได้แก่ การรวบรวมข้อมูลการกระจายสินค้าจากบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา พัฒนาวีธีการจัดเส้นทางเดินรถด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และพัฒนาระบบช่วยสนับสนุนการตัดสินใจที่ให้ผู้ใช้งานมีส่วนร่วมในการจัดเส้นทาง ผลการทดสอบพบว่า เมื่อทำการทดสอบกับข้อมูลปฏิบัติงานจริง แบบจำลองที่พัฒนาให้ผลการจัดเส้นทางดีกว่าการจัดเส้นทางด้วยพนักงานเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับในด้านระยะทาง และระยะเวลาในการขนส่ง

Problem of road transport is the most common management truck made by the discretion of the person. Inefficiencies resulting rush to see as wasteful energy consumption. Because the routing of trucks to the point of delivery to multiple points of discretion based on people not returning the best path. This study develops a computerized program for routing vehicles from distribution center to multiple delivery points. The study applies saving algorithm to determine the optimal routing with the objective to minimize total transportation cost. The development of this system is comprised 3 major tasks. The first task involves data collection of the goods distribution from a case study. The next task develops the algorithm for determining vehicles with certain application of the GIS. The final task concerns the development of interface facilitating user interaction with the system. In testing against the actual operational data, the results significantly show better performance than existing manual system when used in the comparison distance and time.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 วิธีการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 โลจิสติกส์ (Logistics)	3
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโลจิสติกส์ การขนส่งสินค้า และการตลาด	5
2.3 การจัดเส้นทาง (Routing)	6
2.4 การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ	12
2.5 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS)	15
2.6 การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis)	19
2.7 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System)	24
2.8 การเขียนโปรแกรมภาษา Visual Basic	28
2.9 การทบทวนผลงานที่ผ่านมา	29
บทที่ 3 วิธีทำการวิจัย	35
3.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานขนส่งสินค้าของ ท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต	36
3.2 สมมติฐาน และข้อกำหนด	37
3.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์	39
3.4 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	40
3.5 การทดสอบประสิทธิภาพ	41
บทที่ 4 โครงสร้างและกระบวนการของโปรแกรม	43
4.1 โครงสร้างฐานข้อมูล	43
4.2 กระบวนการเตรียมข้อมูล	50
4.3 กระบวนการวิเคราะห์ผล	62
4.4 กระบวนการนำเสนอ	63
4.5 ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน	65

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์ผล	68
5.1 ผลการวิเคราะห์การจัดเส้นทางในปัจจุบัน	68
5.2 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม	70
5.3 วิจัยวิจารณ์ผลการวิเคราะห์	72
บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	73
6.1การทบทวนทฤษฎีการจัดเส้นทาง	73
6.2การสำรวจและรวบรวมข้อมูล	74
6.3การพัฒนาโปรแกรม	74
6.4การวิเคราะห์ผลและนำเสนอผล	75
6.5การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรม	75
6.6ข้อเสนอแนะ	76
เอกสารอ้างอิง	77

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและความสำคัญของปัญหา

การขนส่งนับเป็นกิจกรรมที่มีการใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูงที่สุดของประเทศ หากเปรียบเทียบกับประเทศที่พัฒนาแล้วจะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีการใช้พลังงานในภาคการขนส่งที่ด้อยประสิทธิภาพกว่ามาก โดยสะท้อนจากต้นทุนด้านโลจิสติกส์ต่อ GDP ของไทยที่สูงถึงร้อยละ 18.9 ในปี พ.ศ. 2550 โดยราวครึ่งหนึ่งเป็นต้นทุนการขนส่ง สาเหตุหลักของปัญหาดังกล่าวเกิดจากการพึ่งพิงการขนส่งทางถนนซึ่งสิ้นเปลืองพลังงานกว่าการขนส่งทางน้ำหรือระบบราง และเมื่อเทียบกับต้นทุนด้านโลจิสติกส์ต่อ GDP ของประเทศพัฒนาแล้วซึ่งอยู่ในระดับร้อยละ 10 ก็ยิ่งสะท้อนให้เห็นถึงความด้อยประสิทธิภาพของระบบโลจิสติกส์ไทย ดังนั้นการแก้ปัญหาในระยะยาวจึงจำเป็นต้องพัฒนาระบบขนส่งทางน้ำและรางให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดปริมาณการขนส่งทางถนน อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาในแนวทางดังกล่าวจำเป็นต้องใช้งบประมาณลงทุนมหาศาลจากภาครัฐ ซึ่งอาจต้องใช้ระยะเวลาอีก 10-20 ปีข้างหน้า

การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นที่จะเสนอแนวทางการลดใช้พลังงานในภาคขนส่งที่สามารถปฏิบัติได้ในระยะเร่งด่วน โดยอาศัยการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าที่สุด ทั้งนี้การขนส่งสินค้าในประเทศกว่าร้อยละ 90 เป็นการขนส่งทางถนน ปัญหาการขนส่งทางถนนที่พบบ่อยก็คือการบริหารจัดการรถบรรทุกที่ทำได้โดยการใช้ดุลยพินิจของคน (Expert Judgment) นั้น ไม่มีประสิทธิภาพส่งผลให้เกิดเที่ยววิ่งสูญเปล่าอันเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเส้นทางของรถบรรทุกไปยังจุดส่งสินค้าที่มีหลายจุดโดยอาศัยดุลยพินิจของคนไม่ได้ผลลัพธ์เป็นเส้นทางที่ดีที่สุด (Sub-optimal Solution)

ดังนั้นผู้วิจัยจะเสนอแนะระบบบริหารจัดการรถบรรทุกสำหรับการขนส่งสินค้าด้วย GIS โดยผนวกเอาความสามารถในการแสดงผลและความง่ายในการใช้งานระบบ GIS เข้ากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการรถบรรทุกที่จะพัฒนาขึ้นในโครงการนี้ เพื่อช่วยลดต้นทุน (พลังงาน) ในการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการ และได้พิจารณาเลือกการขนส่งสินค้าของ Tops Supermarket เป็นกรณีศึกษา เพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นในการใช้งานจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อเสนอแนะระบบการบริหารจัดการรถบรรทุกสำหรับการจัดส่งสินค้าด้วย GIS
- 1.2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาในการลดใช้พลังงาน โดยใช้การขนส่งสินค้าของ Tops Supermarket เป็นกรณีศึกษา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการเดินทางของรถขนส่งทุกครั้ง มีอยู่แห่งเดียว
- 1.3.2 จำนวนสาขาที่จัดส่งสินค้ามี 87 สาขาทั่วประเทศ (ข้อมูลเดือนมิถุนายน 2550)

1.4 วิธีการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นที่จะประยุกต์ใช้ความสามารถของระบบ GIS ผสานกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อช่วยในการบริหารจัดการรถบรรทุกสินค้าให้มีประสิทธิภาพกว่าในปัจจุบันที่จัดการโดยคน ขั้นตอนการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

- รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลบน GIS
- พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการบริหารจัดการรถบรรทุกสินค้าด้วยโปรแกรม VB
- เชื่อมต่อระบบ GIS กับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น
- ทดสอบประสิทธิภาพของระบบทั้งในด้านความง่ายของการใช้งานและการประหยัดพลังงาน
- สรุปผลการศึกษา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถพัฒนาระบบบริหารจัดการรถบรรทุกสินค้าด้วย GIS เพื่อใช้สำหรับผู้ประกอบการขนส่งสินค้าที่มีรถบรรทุกจำนวนมาก และมีจุดส่งสินค้าหลายแห่ง
- 1.5.2 สามารถแสดงถึงประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น โดยใช้กรณีศึกษาของ Tops Supermarket

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี แนวคิด และผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโลจิสติกส์ (Logistics) ความสัมพันธ์ระหว่างโลจิสติกส์ การขนส่ง และการค้าปลีก การจัดเส้นทาง (Routing) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) การศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support Systems) รวมทั้งทบทวนเกี่ยวกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

2.1 โลจิสติกส์ (Logistics)

Lambert ได้กล่าวถึงการให้ความหมายการจัดการโลจิสติกส์โดยอ้างถึง The Council of Logistics Management (CLM) ซึ่งเป็นองค์กรทางวิชาชีพทางด้านโลจิสติกส์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำจำกัดความของการจัดการด้านโลจิสติกส์ คือ “กระบวนการในการวางแผน ดำเนินการ และควบคุมประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการเคลื่อนย้าย การจัดเก็บสินค้า บริการ และสารสนเทศจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่มีการใช้งาน โดยมีเป้าหมายที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค” โลจิสติกส์เป็นการเพิ่มอรรถประโยชน์ (Utility) 4 ประเภท ได้แก่

- อรรถประโยชน์ด้านรูปลักษณะ (Form Utility) คือ กระบวนการในการเพิ่มลักษณะของสินค้าหรือบริการ หรือการจัดรูปร่างลักษณะของสินค้าหรือบริการให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้
- อรรถประโยชน์ด้านความเป็นเจ้าของ (Possession Utility) คือ คุณค่าที่เพิ่มเข้าไปในสินค้า หรือบริการเพื่อให้ลูกค้าสามารถที่จะมีความเป็นเจ้าของได้
- อรรถประโยชน์ด้านเวลา (Time Utility) คือ คุณค่าที่เพิ่มให้กับสินค้าเมื่อสินค้านั้นได้รับความต้องการจากลูกค้าในเวลาที่คุณค่าต้องการ
- อรรถประโยชน์ด้านสถานที่ (Place Utility) คือ การมีสินค้าหรือบริการในสถานที่ที่ลูกค้าต้องการ

Logistics คือ กระบวนการของการวางแผน การส่งเสริม และการควบคุมประสิทธิภาพทั้งในด้านของค่าใช้จ่ายประสิทธิผลของการเคลื่อนที่และการเก็บรักษาวัตถุดิบ (Cost-Effective Flow and Storage of Raw Materials) ในด้านของขั้นตอนการดำเนินการ และด้านการจัดการกับผลผลิต รวมทั้งข้อมูลที่สัมพันธ์กันจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่เกิดการบริโภค เพื่อให้ตรงตามความต้องการของลูกค้า (Ballou, 1992) หรืออาจกล่าวได้อย่างง่ายว่า Logistics คือ

การศึกษาเพื่อที่จะจัดการให้สินค้าสามารถเอาชนะเวลาและระยะทาง ในกระบวนการตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตจนถึงการบริโภค (Daskin, 1985)

ภาพรวมของ Logistics ในส่วนของการขนส่ง มีหลักการสำคัญๆ ดังต่อไปนี้คือ สินค้าถูกต้อง (Right Product) ทั้งจำนวน และความสมบูรณ์ของสินค้า, ถูกเวลา (Right Time), ถูกสถานที่ (Right Place), ถูกต้องตามข้อกำหนดการขนส่ง (Right Condition), ถูก (Right Cost) ; อาจหมายถึงราคาที่เหมาะสมที่สุด แต่ไม่จำเป็นต้องถูกที่สุด) และถ้าจะกล่าวถึงระบบการขนส่ง ส่วนหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าก็คือ ระบบการบริหารคลังสินค้า (Warehouse Management System, WMS) ซึ่งทั้งสองอย่างล้วนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในสายธารแห่งโลจิสติกส์ (Logistics Stream) โดยทั่วไปแล้วคลังสินค้า (Warehouse, W/H) จะมีกิจกรรมหลัก ได้แก่ รับ-จัดเก็บ-หยิบเลือก-ส่ง ส่วนศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center, DC) นั้นเป็นรูปแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจากคลังสินค้า โดยมีกิจกรรมหลัก ได้แก่ รับ-ส่ง ส่วนใหญ่แล้ว DC จะใช้ระบบการส่งสินค้าผ่านคลัง (Cross-Dock System) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนถ่ายสินค้าเพื่อลดเวลาในการเก็บของไว้ในคลัง เมื่อสินค้ามาเป็นจำนวนมากๆ ก็จะถูกแยกทันทีให้เป็นส่วนย่อย (Break Bulk) แล้วส่งไปยังลูกค้าตามความต้องการ ในทางปฏิบัติแล้วสินค้าไม่ได้เข้าไปเก็บในคลังเลย (Zero Stock หรือ Zero Inventory) ดังนั้นจึงเปรียบเสมือนการเปลี่ยนถ่ายสินค้านี้ระหว่างยานพาหนะขนส่ง (Transfer) หรือรูปแบบการขนส่ง (Intermodal) เท่านั้น

การบริการลูกค้าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการจัดการโลจิสติกส์ การขนส่งนับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโลจิสติกส์ และมีผลกระทบต่อความสามารถในการให้บริการลูกค้าในด้านต่างๆ เช่น ความเชื่อถือในบริการขนส่ง ระยะเวลาในการเดินทาง ขนาดขอบเขตตลาด ความยืดหยุ่นในการให้บริการขนส่งแก่ผลิตภัณฑ์หลายประเภท สถิติสินค้าสูญหายและเสียหาย และความสามารถของผู้ขนส่งที่การให้บริการขนส่งแก่ผลิตภัณฑ์หลายประเภท เช่น ให้บริการเสริมด้านการตลาด บรรจุภัณฑ์ และเก็บรักษาสินค้า เป็นต้น (Lambert, Stock. and Ellram, 1998)

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโลจิสติกส์ การขนส่งสินค้า และการตลาด

การขนส่งช่วยอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายสินค้าระหว่างสถานที่ที่อยู่ห่างไกลกัน และสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ลูกค้าเมื่อสินค้านั้นมาถึงจุดหมายตรงเวลา และสินค้ามีปริมาณ และคุณภาพตรงตามที่กำหนด ดังนั้นการขนส่งจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่สร้างความพึงพอใจให้ลูกค้า และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญหนึ่งในแนวคิดการดำเนินธุรกิจสมัยใหม่

Hirohito และคณะ (1990) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการขนส่ง โลจิสติกส์ และการตลาดว่าการขนส่งเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการโลจิสติกส์ อำนาจประโยชน์ในการเคลื่อนย้ายสินค้าและสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ลูกค้าเมื่อสินค้านั้นมาถึงจุดหมายตรงเวลา และสินค้ามีปริมาณและคุณภาพตรงตามที่กำหนด ดังนั้นการขนส่งจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่สร้างความพึงพอใจให้ลูกค้าและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญหนึ่งในแนวคิดการตลาด นอกจากนี้การสร้างอรรถประโยชน์ด้านสถานที่และเวลาถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจ ปริมาณการขนส่งและต้นทุนค่าขนส่งจึงมีผลต่อการตัดสินใจทางธุรกิจในด้านขอบเขตและความสามารถในการแข่งขันทางการตลาดและทำเลที่ตั้งของโรงงาน เป็นต้น การขนส่งยังเป็นหนึ่งในต้นทุนโลจิสติกส์และเป็นสัดส่วนที่มีความสำคัญต่อการกำหนดราคาสินค้า โดยทั่วไปการจัดการขนส่งที่มีประสิทธิภาพจะส่งผลต่อต้นทุนที่สำคัญของการขนส่งสินค้า

ต้นทุนค่าขนส่งเป็นหนึ่งในต้นทุนโลจิสติกส์ และเป็นสัดส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการกำหนดราคาสินค้าบางประเภทโดยเฉพาะสินค้ามูลค่าต่ำ เช่น วัสดุก่อสร้าง ทราย และถ่านหิน เป็นต้น ในขณะที่สินค้ามูลค่าสูงเช่น เครื่องจักร อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อัญมณี ฯลฯ ก็อาจมีสัดส่วนของต้นทุนค่าขนส่งต่อราคาขายน้อย โดยทั่วไปการจัดการขนส่งที่มีประสิทธิภาพจะมีความสำคัญมากสำหรับกิจการเนื่องจากการขนส่งขาเข้า และขาออกจากกิจการล้วนเป็นต้นทุนที่สำคัญของสินค้า (Lambert, Stock. and Ellram, 1998)

2.3 การจัดเส้นทาง (Routing)

ปัญหาการจัดการการขนส่ง และโลจิสติกส์เป็นปัญหาการตัดสินใจที่มีความสลับซับซ้อน เราต้องการคำตอบของการตัดสินใจที่ดีที่สุด ซึ่งอาจหมายถึง การมีประสิทธิภาพสูงสุด ผลกำไรสูงสุด หรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินการน้อยที่สุด เป็นต้น โดยทั่วไป เราอาจจำแนกปัญหาการตัดสินใจในธุรกิจการขนส่ง และโลจิสติกส์ออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. ปัญหาการตัดสินใจเชิงปฏิบัติการ (Operational Decision Problem)
เป็นปัญหาการตัดสินใจที่ต้องการคำตอบเพื่อใช้ในการทำงาน ซึ่งอาจจะเป็นปัญหาการตัดสินใจที่ต้องการคำตอบที่มีความแม่นยำ และถูกต้องอย่างมาก
2. ปัญหาการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ (Strategic Decision Problem)
เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการวางแผน หรือการทดสอบนโยบายในการดำเนินการของบริษัท

การลงทุนในเครื่องมืออุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการขนส่งถือเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นผู้บริหารการขนส่งจำเป็นต้องตระหนักถึงเส้นทางและตารางเวลาการขนส่งสินค้า เพื่อตอบสนองกับความต้องการของลูกค้าให้ทันเวลา และมีต้นทุนที่ประหยัด

ผู้ประกอบการขนส่งสามารถใช้ประโยชน์จากการกำหนดตารางเวลา และเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น กำหนดตารางการให้บริการการขนส่งสินค้าล่วงหน้าในบางเส้นทาง ลดความถี่การให้บริการในเส้นทางที่มีปริมาณการขนส่งไม่มากนัก เพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์จากยานพาหนะ ใช้ยานพาหนะที่เหมาะสมกับปริมาณสินค้า กำหนดเส้นทางประจำ ปรับเปลี่ยนตารางเวลาการขนส่งตามสภาพการจราจร และปริมาณความหนาแน่นของสินค้า เป็นต้น

ประโยชน์ที่ผู้ประกอบการขนส่งได้รับจากการปรับตารางเวลา และเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม ได้แก่ อัตราการใช้ประโยชน์จากยานพาหนะที่สูงขึ้น ระดับการให้บริการลูกค้าที่สูงขึ้น ต้นทุนการขนส่งที่ลดลง ลดขนาดการลงทุนในเครื่องมืออุปกรณ์การขนส่ง เป็นต้น

ส่วนประโยชน์ที่ผู้ใช้บริการการขนส่งได้รับจากการปรับตารางเวลา และเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม ได้แก่ ต้นทุนค่าขนส่งที่ลดลง และบริการขนส่งที่ดีขึ้น เป็นต้น (Lambert, Stock, and Ellram, 1998)

2.3.1 การแก้ปัญหาทางการขนส่ง และ โลจิสติกส์

(Discrete Optimization in Transport and Logistics)

ปัญหาในอุตสาหกรรมการขนส่ง และ โลจิสติกส์ส่วนใหญ่เป็นปัญหาการตัดสินใจแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Decision Problem) ซึ่งมีความยาก และความซับซ้อนมากทั้งในส่วนของ การสร้างแบบจำลองการตัดสินใจ และการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Ghani, G., Laporte, G. and Musmanno, R., 2004) ในการศึกษาเรื่องนี้ผู้วิจัยจะมุ่งเน้นศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะเป็นหลัก

2.3.2 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ

(The Vehicle Routing Problem, VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ หรือ VRP เป็นปัญหาของการจัดการเพื่อหาจำนวนเส้นทางและลำดับของการเดินทางที่มีความเหมาะสมไปยังลูกค้า (Customers) ต่างๆ ในแต่ละเส้นทางให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายทางธุรกิจ ซึ่งในทางปฏิบัติจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่สำคัญต่อการจัดเส้นทางเดินทางรถ (Hall และ Partyka, 1997) ได้แก่

1. ข้อจำกัดในเส้นทาง (Route Capacities) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงขนาดของรถหรือเงื่อนไขของเวลาในการขับขีรถบรรทุกที่กฎหมายอนุญาต
2. กรอบของเวลา (Time Window) เป็นการกำหนดช่วงเวลาของวันที่จะลงสินค้าในแต่ละร้านโดยข้อกำหนดนี้อาจเป็นได้ทั้งข้อกำหนดที่เข้มงวด คือหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Hard time window) และข้อกำหนดที่ไม่เข้มงวด (Soft time window) คือผ่อนปรนได้บ้าง แต่อาจมีบทปรับหรือลงโทษ

VRP เป็นที่รู้จักกันดีใน Integer Programming Problem ซึ่งจัดอยู่ในจำพวกของปัญหาที่ยากของปัญหา NP-hard ซึ่งหมายถึงความต้องการในการคำนวณเพื่อแก้ปัญหาการเพิ่มขึ้นแบบ Exponential ตามขนาดของปัญหา ปัญหาเหล่านี้บ่อยครั้งที่จะถูกพิจารณาแบบวิธีการประมาณ (Heuristic Methods) เพื่อความรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพในการคำนวณ (ณกร, 2548)

ตารางที่ 2 - 1 ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (1)

ลักษณะของปัญหา	ทางเลือก
1. จำนวนของยานพาหนะ (Fleet)	- จำนวน 1 คัน - จำนวนหลายคัน
2. ประเภทของยานพาหนะ (Vehicle Type)	- ประเภทเดียวกันหมด - หลากๆ ประเภท
3. โรงจอดรถ (Depot) หรือคลังสินค้า (Warehouse)	- จำนวน 1 ที่ - จำนวนหลายๆ ที่
4. ความต้องการในการขนส่ง (Transport Demand)	- ความต้องการที่แน่นอน (Deterministic) - ความต้องการไม่แน่นอน (Stochastic)
5. จุดกำเนิดของความต้องการ (Demand Location)	- ที่ตำแหน่ง (Node หรือ Point) - ที่เส้นทาง (Arc หรือ Route) - ที่ตำแหน่ง และเส้นทาง (Mix)
6. ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ (Vehicle Capacity)	- เท่ากันหมด - ไม่เท่ากัน
7. เวลาในการขนส่งที่ยอมให้มากที่สุด (Maximum Route Time)	- เท่ากันหมด - ไม่เท่ากัน
8. ข้อจำกัดทางด้านเวลาในการขนส่ง (Time Windows)	- แบบด้านเดียว (Single-Sided) - ไม่เท่ากัน (Double-Sided)

ที่มา : ฌนกร อินทร์พยุ้ง. การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมขนส่งและลอจิสติกส์ (Discrete Optimization in Transport and Logistics), หน่วยวิจัย และปฏิบัติการลอจิสติกส์ (BAL-Labs.com) วิทยาลัยการขนส่ง และลอจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา, กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน). 2548.

Bodin และคณะ (1983) ได้เน้นที่ Node Routing Problem โดยการแก้ปัญหาการหาเส้นทางมีขั้นตอนพื้นฐาน คือ กำหนดตำแหน่ง (Nodes) และเส้นทาง (Route) การวิ่งของรถ โดยที่ปัญหาคำนึงถึงเรื่องค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด เส้นทางเดินรถที่สั้นที่สุด รวมถึงความเป็นไปได้ในการวิ่งของรถแต่ละคัน เส้นทางเดินรถถูกกำหนดเป็นลำดับของสถานที่ตั้ง ซึ่งรถจะต้องแวะเพื่อให้ได้งานตามที่ถูกกำหนด ซึ่งได้แบ่งปัญหาเส้นทางวิ่งโดยแบ่งตามความแตกต่างของลักษณะได้

ตารางที่ 2 - 2 ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (2)

ลักษณะของปัญหา	ทางเลือก
1. จำนวนของยานพาหนะ (Fleet)	- จำนวน 1 คัน - จำนวนหลายคัน
2. ประเภทของยานพาหนะ (Vehicle Type)	- ประเภทเดียวกันหมด - หลากๆ ประเภท - ใช้รถชนิดพิเศษ
3. โรงจอดรถ (Depot) หรือคลังสินค้า (Warehouse)	- จำนวน 1 ที่ - จำนวนหลายๆ ที่
4. ความต้องการในการขนส่ง (Transport Demand)	- ความต้องการที่แน่นอน (Deterministic) - ความต้องการไม่แน่นอน (Stochastic) - ความต้องการจัดส่งเพียงบางส่วนได้
5. จุดกำเนิดของความต้องการ (Demand Location)	- ที่ตำแหน่ง (Node หรือ Point) - ที่เส้นทาง (Arc หรือ Route) - ที่ตำแหน่ง และเส้นทาง (Mix)
6. ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ (Vehicle Capacity)	- เท่ากันหมด - ไม่เท่ากัน - ไม่จำกัด
7. เวลาในการขนส่งที่ยอมให้มากที่สุด (Maximum Route Time)	- เท่ากันหมด - ไม่เท่ากัน - ไม่จำกัด
8. เส้นทางเครือข่าย	- ไม่มีทิศทาง - มีทิศทาง - แบบผสม - แบบเรขาคณิต
9. การดำเนินงานของยานพาหนะ	- รับอย่างเดียว - ส่งอย่างเดียว - รับ และ ส่ง - รับ หรือ ส่ง
10. ต้นทุน	- ต้นทุนแปรผัน - จำกัดต้นทุนของรถแต่ละคัน - ต้นทุนคงที่
11. วัตถุประสงค์	- ค่าใช้จ่ายของเส้นทางรวมน้อยที่สุด - ต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผันรวมกันน้อยที่สุด - จำนวนรถที่ต้องการน้อยที่สุด - ใช้ประโยชน์ของทรัพยากรที่มีอยู่ให้มากที่สุด

ลักษณะของปัญหา	ทางเลือก
	- สามารถรองรับความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด

ที่มา : Bodin, L.D., B.L. Golden and A.A. Assad, (1983). Routing and scheduling of vehicles and crews. Computer and Operation Research Vol. 10 (2) : 63 – 211.

ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem, VRP) เป็นปัญหาที่สำคัญในการจัดการด้านโลจิสติกส์อย่างหนึ่ง ซึ่งอาจจะหมายถึง การขนส่งวัตถุดิบจากผู้ผลิต (Supplier or Vender) ไปยังโรงงานที่ผลิตสินค้า (Factory Plant) หรือการขนส่งสินค้าไปยังคลังเก็บสินค้า (Warehouse) หรือลูกค้า (Customer) หรือศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center, DC) บริษัทต้องการหาวิธีการขนส่งสินค้าและการกระจายสินค้าที่มีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการบริษัท การลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานนั้นอาจจะประกอบไปด้วย การใช้ยานพาหนะที่มีจำนวนน้อยลง การใช้ระยะทางในการขนส่งที่น้อยลง การลดระยะเวลาความล่าช้าในการขนส่งสินค้า และการเพิ่มระดับการให้บริการในการขนส่ง เป็นต้น

ต่อไปนี้จะเป็นการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem, VRP) ดังแสดงรายการข้างล่าง นอกจากนี้ยังมีวิธีการแก้ปัญหาอื่นๆ อีกที่สามารถแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะได้ ดังมีดังต่อไปนี้

2.3.2.1 วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Approaches)

เป็นวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด และไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขทุกเงื่อนไขที่กำหนด แต่อาจใช้เวลานานเมื่อมีเงื่อนไขเพิ่มขึ้น หรือมีเงื่อนไขมาก, มีตัวแปรที่เพิ่มขึ้น หรือมีตัวแปรที่มาก ซึ่งวิธีที่นิยมใช้มีดังต่อไปนี้

- Branch and bound (up to 100 nodes) (Fisher 1994) ตัวอย่างที่นำไปใช้ เช่น ปัญหาการเลือกเส้นทางของบุรุษไปรษณีย์ (Traveling Postman/Salesman Problem, TSP)
- Branch and cut

2.3.2.2 วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics)

วิธีฮิวริสติกส์เป็นการแก้ปัญหาคำตอบที่ดีที่สุด ในภายในระยะเวลาที่กำหนด และไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขทุกเงื่อนไขที่กำหนด วิธีที่นิยมใช้มีดังต่อไปนี้

ก. วิธีคอนสตรัคทีฟ (Constructive Methods)

วิธีคอนสตรัคทีฟเป็นวิธีฮิวริสติกส์ชนิดหนึ่ง ดังนั้นวิธีคอนสตรัคทีฟจึงไม่สามารถประกันการหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ ซึ่งวิธีคอนสตรัคทีฟเป็นการที่ให้ความสำคัญเรื่องค่าใช้จ่ายเป็นหลัก (Saving Cost) ซึ่งวิธีที่นิยมใช้มีดังต่อไปนี้

- Savings: Clark and Wright (1964)
- Matching Based
- Multi-route Improvement Heuristics

ข. Two-Phase Algorithm

ปัญหาจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

- Clustering of vertices into feasible routes
- Actual route construction

โดย 2 ส่วนนี้อาจพิจารณาแก้ปัญหาส่วนไหนก่อนก็ได้ ดังนั้นจึงมี 2 แนวทางในการแก้ปัญหาคือ

- Cluster-First, Route-Second Algorithms
- Route-First, Cluster-Second Algorithms

2.3.2.3 วิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Meta-Heuristics)

คำว่า เมตา (Meta) เป็นภาษากรีก แปลว่าสูงกว่า เหนือกว่า (Beyond หรือ Higher Level) ในวิธีวิธีเมตาฮิวริสติกส์ พัฒนามาจากวิธีฮิวริสติกส์ ซึ่งเป็นวิธีฮิวริสติกส์มาตรฐานที่สามารถแก้ปัญหาโดยเน้นการหาคำตอบในเชิงลึก และเชิงกว้าง พร้อมกัน ซึ่งจะมีคุณภาพมากกว่าวิธีฮิวริสติกส์

- Constraint Programming
- Deterministic Annealing
- Genetic Algorithms
- Simulated Annealing
- Tabu Search

2.4 การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะวิธีที่นิยมใช้มีดังต่อไปนี้

2.4.1 Saving Algorithm

Clarke and Wright (1964) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขนส่งของรถขนส่งสินค้าที่มีความสามารถในการบรรทุกต่างๆ กัน ในการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังที่ต่างๆ งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขั้นตอนให้สามารถเลือกเส้นทางของยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด และผลที่ได้จากการแก้ปัญหา คือ ทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะที่จะใช้ในการขนส่ง และปริมาตรสินค้าที่ขนโดยยานพาหนะแต่ละคัน โดย Saving Algorithm ของ Clarke and Wright (1964) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

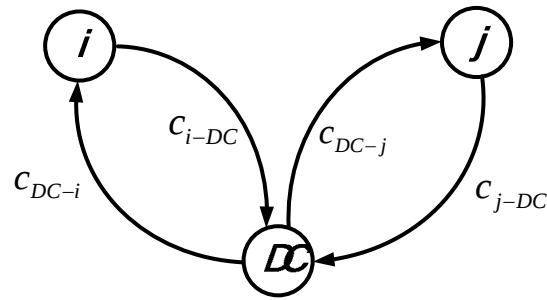
1. สร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) โดยการกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทางมีลูกค้าเพียงจำนวน 1 คนเท่านั้น ดังนั้นเราจะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนลูกค้าทั้งหมด
2. คำนวณค่าความประหยัดของระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Saving Cost) ระหว่างลูกค้า 2 คน นั่นคือ ลูกค้า i และลูกค้า j ดังมีสมการที่ 2 – 3 ดังต่อไปนี้

$$S_{i-j} = C_{i-DC} + C_{DC-j} - C_{i-j} \quad (2 - 3)$$

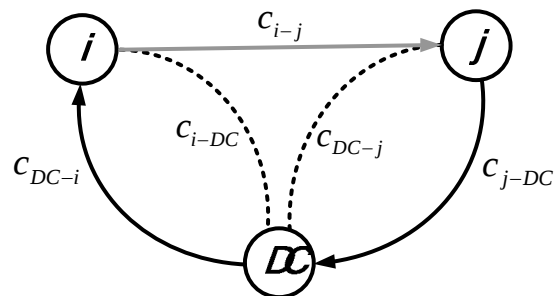
โดยที่

S_{i-j}	=	ค่าความประหยัดของระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Saving Cost) ระหว่างลูกค้า 2 คน นั่นคือ ลูกค้า i และลูกค้า j
C_{i-DC}	=	ระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และ ศูนย์กระจายสินค้า (DC)
C_{DC-j}	=	ระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC) และลูกค้า j
C_{i-j}	=	ระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และลูกค้า j

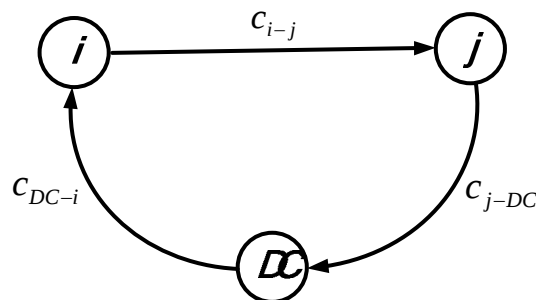
3. เรียงลำดับค่าความประหยัด (S_{i-j}) จากมากไปหาน้อย
4. รวมเส้นทางของลูกค้า i และลูกค้า j ให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน
5. ทำซ้ำจนกระทั่งจัดเส้นทางยานพาหนะได้ครอบคลุมลูกค้าทั้งหมด โดยที่มีเงื่อนไขข้อจำกัดในการเดินทางแต่ละยานพาหนะจะต้องมีสินค้าไม่เกินความจุของยานพาหนะ และ/หรือต้องใช้เวลาการเดินทางไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด



รูปที่ 2-1 แสดงวิธี Saving ระยะขั้นต้น (Initial)



รูปที่ 2-2 แสดงวิธี Saving ระยะขั้นกลาง (Intermediate)



รูปที่ 2-3 แสดงวิธี Saving ในขั้นตอนสุดท้าย (Final)

จากสมการ Saving Algorithm ของ Clarke and Wright (1964) ตั้งอยู่ในสมมติฐานที่ว่า $c_{DC-i} = c_{i-DC}$ นั่นคือระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC) และลูกค้า i เท่ากับ ระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และศูนย์กระจายสินค้า (DC) และ $c_{DC-j} = c_{j-DC}$ นั่นคือ ระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC)

และลูกค้า j เท่ากับ ระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า j และศูนย์กระจายสินค้า (DC)

แต่ในสภาวะการณ์การขนส่งสินค้าจริงนั้นค่า $C_{DC-i} \neq C_{i-DC}$ และค่า $C_{DC-j} \neq C_{j-DC}$ เนื่องจากเส้นทางการขนส่งสินค้าในขาไป และขากลับนั้นอาจไม่เหมือนกัน หรือมีสภาพจราจรที่แตกต่างกัน การบรรทุกสินค้าที่แตกต่างกันของการขนส่งสินค้าขาไป และขากลับ ทำให้ระยะทางที่แตกต่างกัน ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางที่ไม่เท่ากัน ซึ่งส่งผลโดยตรงกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าในขาไป และขากลับที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นค่าความประหยัดของระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Saving Cost) ระหว่างลูกค้า ลูกค้า i และลูกค้า j (s_{i-j}) นั้นจะมีค่าดังสมการที่ 2-3 (คือการนำค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้าในรูปที่ 2-1 ลบด้วยค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้าในรูปที่ 2-3 นั้นเอง)

2.4.2 Branch and Bound

Land and Doig (1960) ได้นำเสนอวิธีการ Branch and Bound ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานในการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการหาคำตอบของแต่ละปัญหา วิธี Branch and Bound ตั้งอยู่บนสมมติฐานของการสังเกตว่า คำตอบของค่าตัวแปรการตัดสินใจนั้นมีลักษณะเป็นแผนภูมิต้นไม้ (Decision Tree) ซึ่งวิธี Branch and Bound นี้ไม่ได้สร้างค่าของตัวแปรทั้งหมดในทุกๆ ทางเลือก แต่จะสร้างค่าของตัวแปรในลักษณะเป็นลำดับขั้นของการตัดสินใจ (Decision Stage) ทั้งนี้ วิธี Branch and Bound จะสร้างค่าของตัวแปรหลัก (Node) ที่มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปสู่คำตอบที่ดีที่สุดในทุกๆ ลำดับขั้นของการตัดสินใจ (ขั้นของต้นไม้) ซึ่งจะกำหนดว่าค่าของตัวแปรหลัก (Node) ใดควรจะถูกเลือกในการสร้างค่าตัวแปรรอง (Child Node) โดยการเปรียบเทียบค่าขีดจำกัดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (ค่า Bounding Function) กับค่าของคำตอบที่ไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขซึ่งมีค่าที่ดีที่สุดขณะนั้น (ค่า Incumbent Solution) วิธีดังกล่าวนี้จะช่วยลดขนาดแผนภูมิการตัดสินใจแบบต้นไม้ได้เป็นอย่างมาก สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งของวิธี Branch and Bound นั้นคือวิธีการตัด ค่าของตัวแปรหลัก (Node) หรือที่เรียกว่าการตัดแต่งกิ่งก้านต้นไม้ (Pruning) วิธี Branch and Bound จะทำการตัดค่าของตัวแปรหลัก (Node) ออกไปอย่างถาวร เมื่อทราบว่าค่าตัวแปรรอง (Child Node) ที่กำลังจะแตกออกมาจากค่าของตัวแปรหลัก (Node) นั้นจะให้คำตอบที่ขัดแย้งกับเงื่อนไข (Infeasible Solution) หรือไม่มีความเป็นไปได้ที่จะให้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal

Solution) การตัดแต่งกิ่งก้านต้นไม้ (Pruning) นี่เป็นเทคนิคที่มีความสำคัญต่อวิธี Branch and Bound เป็นอย่างมากด้วยเช่นกัน เพราะว่าการตัดแต่งกิ่งก้านต้นไม้ (Pruning) ที่ดีจะช่วยลดขนาดของแผนการตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree) ได้เป็นอย่างมาก ตัวอย่างการใช้ Branch and Bound ซึ่งเป็นวิธีแบบ NP-hard (Nondeterministic Polynomial-time hard) เช่น

- Integer programming
- Nonlinear programming (see this for non-convex programming)
- Traveling salesman problem (TSP)
- Quadratic assignment problem (QAP)
- Maximum satisfiability problem (MAX-SAT)

2.4.3 Clustering Algorithm

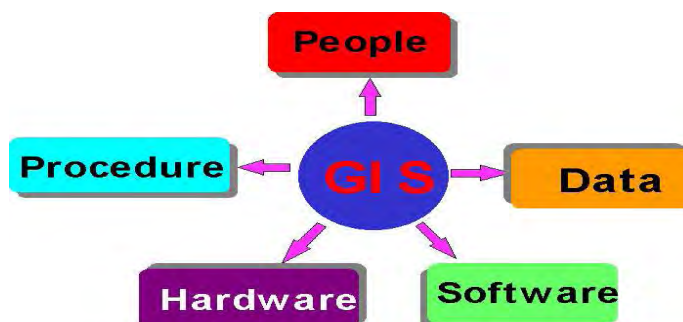
Dondo and Cerda (2006) ได้ทำการศึกษาถึงการแบ่งกลุ่มคลังสินค้าเพื่อทำการขนส่ง เนื่องจากมีคลังสินค้าจำนวนมาก ทำการแก้ปัญหาด้วย VRP ใช้เวลานาน จึงมีการพัฒนาขั้นตอนในการแบ่งกลุ่มในการคำนวณ ซึ่งจะคำนวณภายในกลุ่มที่ถูกแบ่งก่อนแล้วค่อยนำผลที่ได้มาคำนวณรวมกันอีกที โดยจะให้ผลที่รวดเร็วกว่า จากการศึกษาได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

1. เป้าหมายในขั้นแรกจะทำการแบ่งกลุ่มที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง โดยคำนึงระยะทางและระยะเวลาในการเดินทาง
2. เป็นการจัดเส้นทางเดินรถไปยังกลุ่มต่างๆ ที่ได้แบ่งกลุ่มเอาไว้ ซึ่งจะทำการแก้ปัญหาเพื่อหาลำดับในการเดินทาง
3. จะทำการหาลำดับในการให้บริการภายในกลุ่ม โดยดูจากเวลาที่ให้บริการในแต่ละที่

2.5 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS)

จารุณี ดีเลิศ (2543) ได้ทำการศึกษาและกล่าวว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) คือ ระบบที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมคำสั่ง ฐานข้อมูลและบุคลากร ซึ่งทำงานร่วมกันในการนำเข้า เก็บข้อมูล จัดการ วิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลสารสนเทศปฎิภูมิเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการแก้ปัญหาและการจัดการ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 5 ส่วน คือ ข้อมูล/สารสนเทศ (Data/Information), เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆ (Hardware), โปรแกรม (Software), และบุคลากร (User/People), และขั้นตอนการทำงาน (Procedure)



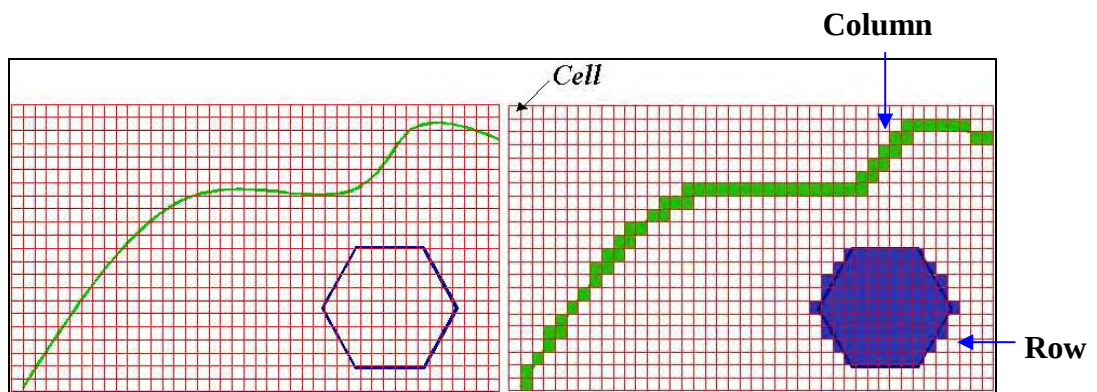
รูปที่ 2-4 องค์ประกอบที่สำคัญของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

2.5.1 ข้อมูล (Data/Information)

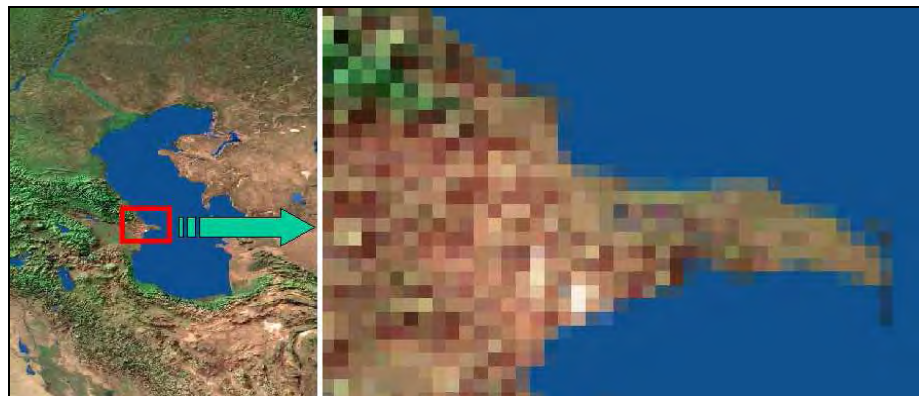
ข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ควรเป็นข้อมูลที่เน้นเฉพาะเรื่อง (Theme) และเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการตอบคำถามต่างๆ ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ เป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ และเป็นปัจจุบันมากที่สุด โดยข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลอธิบาย (non-Spatial Data or Attribute Data)

ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เป็นข้อมูลที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ (Geo-Reference Data) ของรูปลักษณะของพื้นที่ (Graphic Feature) ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ ข้อมูลที่แสดงทิศทาง (Vector Data) และข้อมูลที่แสดงเป็นตารางกริด (Raster Data)

ข้อมูลประเภทแรสเตอร์ (Raster Data) จะเป็นลักษณะตารางที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็กๆ (Grid Cell or Pixel) เท่ากันและต่อเนื่องกัน ซึ่งสามารถอ้างอิงค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้ ขนาดของตารางกริดหรือความละเอียด (Resolution) ในการเก็บข้อมูลจะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับการจัดแบ่งจำนวนแถว (Row) และจำนวนคอลัมน์ (Column) ตัวอย่างข้อมูลที่จัดเก็บโดยใช้ตารางกริด เช่น ภาพดาวเทียม หรือข้อมูลระดับค่าความสูง (Digital Elevation Model: DEM) เป็นต้น



รูปที่ 2-5 ลักษณะของข้อมูลประเภทราสเตอร์ (Raster)



รูปที่ 2-6 ภาพดาวเทียม (Remote Sensing) เป็นข้อมูลประเภทราสเตอร์ (Raster)

2.5.2 เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ

เครื่องคอมพิวเตอร์ รวมกันเรียกว่า ระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) จะประกอบด้วย คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์การนำเข้า เช่น Digitizer, Scanner, Global Positioning System (GPS), อุปกรณ์อ่านข้อมูล เก็บรักษาข้อมูล และแสดงผลข้อมูล เช่น Printer Plotter เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดจะมีหน้าที่และคุณภาพแตกต่างกันออกไป



รูปที่ 2-7 เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ของ GIS

2.5.3 โปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ (Software)

Software หมายถึง โปรแกรมที่ใช้ในการจัดการระบบ และสิ่งงานต่างๆ เพื่อให้ระบบฮาร์ดแวร์ทำงาน หรือเรียกใช้ข้อมูล ที่จัดเก็บในระบบฐานข้อมูลมาทำงานตามวัตถุประสงค์ โดยทั่วไปชุดคำสั่งหรือโปรแกรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะประกอบด้วย หน่วยนำเข้าข้อมูล หน่วยเก็บข้อมูลและการจัดการข้อมูล หน่วยวิเคราะห์ หน่วยแปลงข้อมูล หน่วยแสดงผลและหน่วยตอบโต้กับผู้ใช้ (User Interface) โดยโปรแกรมที่ได้รับความนิยมคือ ArcGIS ซึ่งสามารถสร้าง ArcObject เพื่อช่วยในการหาค่าต่างๆ ที่โปรแกรมไม่ได้อรองรับในการทำงานได้

2.5.4 บุคลากร (Human Resource)

บุคลากร จะประกอบด้วยนักวิเคราะห์หรือสร้างระบบ (Analyst) และผู้ใช้สารสนเทศ (User) โดยผู้ใช้ระบบหรือผู้ชำนาญการ GIS จะต้องมีความชำนาญในหน้าที่ และได้รับการฝึกฝนมาแล้วเป็นอย่างดี พร้อมทั้งจะทำงานได้เต็มความสามารถ โดยทั่วไปผู้ใช้ระบบจะเป็นผู้เลือกระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ และสนองตอบความต้องการของหน่วยงาน ส่วนผู้ใช้สารสนเทศ (User) คือนักวางแผน หรือผู้มีอำนาจตัดสินใจ (Decision-maker) เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ

2.5.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน (Procedure)

ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ความถูกต้องของข้อมูลเป็นสิ่งสำคัญที่สุด เพราะการวิเคราะห์และตัดสินใจจากข้อมูลที่ผิดพลาดสามารถจะทำให้เกิดผลเสียอย่างใหญ่หลวง ทั้งแรงงาน ความพยายาม และค่าใช้จ่ายทุกอย่างที่ลงทุนไปจะกลายเป็นความสูญเปล่า ในการสร้างฐานข้อมูลที่ดีจึงต้องมีขั้นตอนการทำงานที่ละเอียดถูกต้อง เพื่อให้เป็นการประหยัด ฐานข้อมูลควรได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึงเป้าหมายให้สามารถใช้ร่วมกันได้ในกิจกรรมหลากหลาย

2.6 การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis)

Network Analysis ใน ArcGIS นั้นประกอบด้วยหลายส่วนประกอบซึ่งใช้ในการสร้างและวิเคราะห์ข้อมูลโครงข่าย (Network Dataset) ไม่ว่าจะเป็นการทำงานในโหมดวิวาร์ดในการสร้าง Network Dataset ใน ArcCatalog, Network Analyst Windows และ Toolbox ใน ArcMap รวมทั้งยังมีเครื่องมือในการทำ Geoprocessing ทางด้านโครงข่ายอีกหลายเครื่องมือใน ArcToolbox

ArcGIS Network Analysis สามารถวิเคราะห์ข้อมูลโครงข่ายใน ArcMap ไม่ว่าจะเป็นการหาเส้นทาง (Routing) การหาสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด (Closest Facility) การหาพื้นที่การให้บริการ (Service Area) การหาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางใดๆ (Origin-Destination Cost Matrix) และการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem)

- การหาเส้นทาง (Routing) สามารถหาเส้นทางที่ดีที่สุดจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง หรือจากสถานที่หนึ่งไปยังหลายสถานที่ ซึ่งเส้นทางที่ดีที่สุดอาจมีความแตกต่างกันตามสถานการณ์ของผู้เลือกใช้งาน โดยการเลือกเส้นทางอาจคำนึงถึงการใช้เวลาน้อยที่สุดหรือมีระยะทางที่สั้นที่สุดตามแต่ละเลือกใช้งาน
- การหาสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด (Closest Facility) เป็นการวิเคราะห์หาสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด ยกตัวอย่างเช่น การหาโรงพยาบาลที่อยู่ใกล้กับจุดเกิดเหตุมากที่สุด เพื่อขนส่งผู้บาดเจ็บไปรักษา ทั้งนี้ในการค้นหาจะสามารถจำกัดขอบเขตการค้นหาได้ และผลที่ได้จะแสดงเป็นเส้นทางจากจุดเกิดเหตุไปยังโรงพยาบาลที่อยู่ที่สุด
- การหาพื้นที่การให้บริการ (Service Area) เป็นการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่สามารถเข้าถึงได้โดยโครงข่าย เช่น การหาจำนวนลูกค้าที่อยู่ในบริเวณที่สามารถเดินมายังร้านค้าสะดวกซื้อภายใน 10 นาที ซึ่งจะหาได้จากพื้นที่ที่สามารถเข้าถึงได้โดย

โครงข่าย และห่างจากร้านสะดวกซื้อเป็นระยะเวลาในการเดิน 10 นาที แล้วนำคำนวณร่วมกับข้อมูลเชิงบรรยายของจำนวนคนในพื้นที่นั้นๆ

- การหาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางใดๆ (Origin-Destination Cost Matrix) ใน ArcGIS สามารถหาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายในการเดินทางจากจุดเริ่มต้นหลายๆ จุด ไปยังปลายทางใดๆ รวมทั้งมีการจัดลำดับในการเดินทางไปยังปลายทางต่างๆ โดยผลที่ออกมาจะแสดงเป็นเส้นทางตรงซึ่งเชื่อมต่อกับข้อมูลไปยังตารางข้อมูลเชิงบรรยาย
- การจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem) เป็นการจัดการจำนวนของยานพาหนะในการจัดเส้นทางเดินรถโดยคำนึงถึงจำนวนยานพาหนะ ลำดับในการเดินทาง และตารางเวลาที่จะไปถึง โดยเป้าหมายของการจัดเส้นทางเดินรถ (VRP) เพื่อให้มีระดับการให้บริการของลูกค้าที่ดีและสามารถตอบสนองกับตารางการปฏิบัติงานของแต่ละที่ได้

ในการวิเคราะห์โครงข่ายของ ArcGIS มีกระบวนการทำงานที่ใช้ในการวิเคราะห์เหมือนกันโดยสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ 4 ขั้นตอน คือ

1. การสร้างระดับชั้นในการวิเคราะห์ (Creating the analysis layer) เมื่อต้องการสร้าง Analysis layer สามารถเลือกวิธีการที่ต้องการทำการวิเคราะห์ได้จากแถบเครื่องมือของ Network Analyst ใน ArcGIS โดยชนิดของ Network Analysis layer จะขึ้นกับวิธีการในการวิเคราะห์โครงข่ายที่เลือกขึ้นมา
2. การเพิ่มตำแหน่งที่ตั้งในโครงข่าย (Adding network location) จะสามารถเพิ่มได้ 2 วิธี คือ
 - Create Network location tool เป็นการสร้างจุดขึ้นมาใหม่โดยใช้เครื่องมือดังกล่าว โดยต้องคำนึงถึง Search Tolerance และ Snapping Environment ด้วย
 - Load Location tool เป็นเครื่องมือในการนำเข้าข้อมูลที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของโครงข่าย
3. การตั้งค่าคุณสมบัติต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์ (Setting analysis properties) การกำหนดค่าคุณสมบัติใน Network Analysis ประกอบด้วย การเลือกวัตถุประสงค์ในการใช้งาน การกำหนดการตอบสนอง การกำหนด U-turn รูปแบบผลลัพธ์ของข้อมูล ลักษณะของการเพิ่มข้อมูลและคุณสมบัติสำหรับการหาตำแหน่งที่ตั้งของโครงข่าย นอกจากนี้แล้วการตั้งค่าคุณสมบัติจะขึ้นอยู่กับชนิดของ Analysis layer อีกด้วย

4. การวิเคราะห์และการแสดงผล (Performing the analysis and displaying the result) สามารถทำได้โดยเลือกปุ่ม Solve Analysis ภายหลังจากทำขั้นตอนทั้ง 3 ที่กล่าวมาแล้ว โดยที่ผลที่ออกมาจะแปรเปลี่ยนตามการเลือกวิธีการวิเคราะห์

2.6.1 การหาเส้นทาง (Routing)

การหาเส้นทางอาจมีความหมายถึงการหาเส้นทางที่เร็วที่สุด เส้นทางที่สั้นที่สุด หรือ เส้นทางที่สวยงามที่สุด โดยทั้งหมดขึ้นอยู่กับว่าจะเลือกเป้าหมายเป็นอะไร เช่น ถ้าเป้าหมายคือเรื่องของเวลา เส้นทางที่ดีที่สุดก็คือเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด เพราะฉะนั้นแล้วจะอธิบายได้ว่าผู้ใช้สามารถเลือกเป้าหมายของการหาเส้นทางที่ดีที่สุดได้ด้วยตนเอง โดยในสารบัญข้อมูล (Table of Content) ประกอบด้วย 3 อย่าง คือ

- Stops เป็นการลำดับขั้นของตำแหน่งที่ตั้งโครงข่ายที่ใช้ในการหยุดเพื่อวิเคราะห์หาเส้นทาง
- Barriers ถูกใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นทางเพื่อแสดงถึงว่าจุดนั้นรถไม่สามารถผ่านไปได้
- Route เป็นการแสดงผลลัพธ์ของเส้นทางที่วิเคราะห์หาค่าเรียบร้อยแล้ว

เพื่อให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีความแม่นยำ จึงควรมีการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ให้มีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยสามารถกำหนดค่าต่างๆ ได้ดังนี้

- Impedance คือ ค่าใช้จ่ายที่กำหนดไว้ใน Network Dataset ซึ่งอาจจะเป็นระยะทางหรือเวลาที่ใช้ในการเดินทาง
- Time Windows คือ การกำหนดให้การวิเคราะห์พิจารณาเวลาที่จะสามารถไปยังปลายทางต่างๆ ได้
- Reorder Stops To Find Optimal Route คือ การเรียงลำดับของปลายทางใหม่ในกรณีที่มีอยู่หลายปลายทางเพื่อให้สามารถหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด
- Allow U-Turn คือ การกำหนดลักษณะของการยูเทิร์นที่ใช้ในการวิเคราะห์
- Output Shape Type คือ การกำหนดลักษณะการแสดงผลลัพธ์
- Use Hierarchy คือ การกำหนดระดับขั้นของเส้นทางที่ใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อจำลองลักษณะการเดินทางจริง ที่เดินทางระหว่างจังหวัดจะใช้ทางด่วนหรือถนนหลวงมากกว่า และการเดินทางภายในจังหวัดจะใช้ถนน หรือซอยมากกว่า
- Ignore Invalid Locations คือ การกำหนดให้ละเลยตำแหน่งที่ไม่สามารถระบุได้ในการวิเคราะห์

- Restrictions คือ การระบุข้อจำกัดต่างๆ ในการวิเคราะห์ เช่น เส้นทางเดินรถทางเดียว หรือการห้ามเลี้ยวที่แยกต่างๆ

2.6.2 การหาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางใด ๆ (OD Cost Matrix)

ชั้นข้อมูลของค่าใช้จ่ายระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางจะรวบรวมข้อมูลที่นำเข้ามาทั้งหมด ตัวแปรต่างๆ และผลของการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง ซึ่งมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- Origins เป็นชั้นข้อมูลที่เก็บตำแหน่งที่ตั้งของจุดที่ใช้เป็นจุดเริ่มต้น
- Destinations เป็นชั้นข้อมูลที่เก็บตำแหน่งที่ตั้งของจุดที่ใช้เป็นจุดปลายทาง โดยใน ArcMap Destination จะปฏิบัติตัวเหมือน Origins ด้วย
- Barriers ใช้ในการวิเคราะห์หาสิ่งอำนวยความสะดวกที่อยู่ใกล้ เพื่อแสดงว่าจุดนั้นไม่สามารถผ่านได้
- Lines เป็นการแสดงผลของการวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง โดยจะแสดงออกมาเป็นเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง ไม่มีการแสดงตัวเลขที่เป็นผลลัพธ์ ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวจะอยู่ในตารางแสดงข้อมูลแทน

การจะทำการวิเคราะห์สามารถกำหนดค่าคุณสมบัติต่างๆ ได้คล้ายการวิเคราะห์หาเส้นทาง แต่จะมีที่แตกต่างกัน คือ

- Default Cutoff Value คือ การกำหนดขอบเขตในการสร้าง OD Cost Matrix ถ้าปลายทางมีค่าใช้จ่ายที่วิเคราะห์มากกว่าค่าที่กำหนด จะไม่ถูกนำมาแสดงใน OD Cost Matrix
- Destinations To Find คือ การกำหนดจำนวนของปลายทางต่อจุดเริ่มต้นหนึ่งจุด ซึ่งจะแสดงจากค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด แล้วไล่ไปตามจำนวนของปลายทางที่กำหนดไว้

2.6.3 การจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem)

การแก้ไขปัญหาของการจัดเส้นทางเดินรถมีด้วยกับหลายปัญหาไม่ว่าจะเป็นเรื่องของจำนวนของรถที่ต้องใช้ เรื่องลำดับในการเดินทาง และเรื่องของตารางเวลาในการทำงาน โดยในการวิเคราะห์จะประกอบด้วย

- Orders เป็นคำสั่งในการนำสินค้าไปส่งลูกค้า การขนส่งสินค้ากลับมา หรือการทำงานชนิดอื่น ซึ่ง Order มีขนาดหรือปริมาณ โดยใน Order จะเกี่ยวกับเวลาใน

การบริการด้วยว่าจะเสร็จเร็วหรือช้าเวลาเท่าใด ซึ่งในบาง Order อาจมีตารางเวลาในการทำงานมากกว่าหนึ่งช่วงเวลา

- Depots เป็นตำแหน่งที่รถจะออกเมื่อเริ่มทำงาน แล้วจะมาเมื่อหมดเวลาทำงาน ซึ่งจะเปิดและปิดตามตารางทำงานอย่างเคร่งครัด โดยที่รถไม่สามารถกลับมานอกเวลาทำงานได้
- Routes เป็นเส้นทางที่รถจะเดินทางระหว่าง Depots, Orders และ Breaks ใน ArcGIS เส้นทาง (Route) กับรถ (Vehicle) คือตัวเดียวกัน ซึ่งในการจัดเส้นทางต้องคำนึงถึงถึงความสามารถในการบรรทุก ระยะทางที่ขับได้ในแต่ละวัน และจำนวนชั่วโมงในการขับแต่ละวัน
- Depot Visits เป็นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของ Depot ว่าจะเป็นจุดเริ่มต้น จุดสุดท้าย หรือจุดที่เริ่มใหม่ ซึ่งจะบอกปริมาณสินค้าที่จะขนถ่ายขึ้น-ลงที่ Depot
- Breaks เป็นช่วงเวลาพักในการทำงาน โดยเป็นข้อมูลในรูปแบบของตาราง
- Route Zones เป็นการกำหนดขอบเขตของเส้นทางในการเดินทาง ถ้าเลือกใช้ Route Zones ก็จะไม่สามารถเลือกใช้ Route Seed Points ได้
- Route Seed Points เป็นการกำหนดจุดขึ้นมาเพื่อแยกเส้นทางในการเดินทางออกเป็นกลุ่มๆ โดย Route Seed Points อาจกำหนดก่อนได้เส้นทาง หรือได้จากการคำนวณโดยใช้ VRP Solver
- Route Renewals เป็นตารางที่ใช้กำหนดว่าเส้นทางไหนสามารถประยุกต์เป็นเส้นทางใหม่ได้และ Depot เป็นตำแหน่งที่เริ่มใหม่ได้
- Specialties เป็นการกำหนดความต้องการที่พิเศษของ Order และความพิเศษที่เกี่ยวข้องกับรถ เช่น ความพิเศษในการบรรทุกสินค้าของรถ
- OrderPairs ในบางครั้งการวิเคราะห์การจัดเส้นทางอาจมีความต้องการ 2 อย่างขึ้นพร้อมกันจึงเป็นตารางบอกลำดับการสั่งงาน
- Barriers เป็นตัวที่แสดงถึงสถานที่นั้นไม่สามารถผ่านไปได้

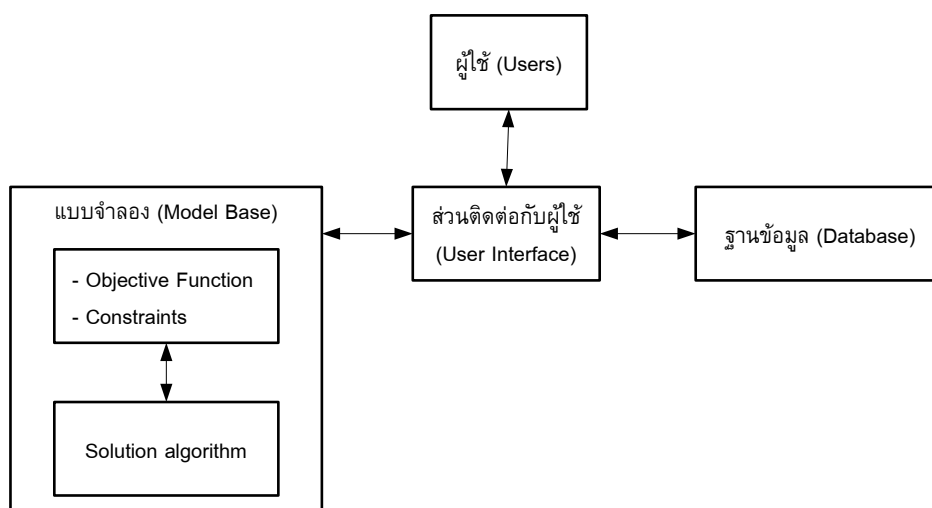
การตั้งค่าคุณสมบัติที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางรถ สามารถตั้งค่าคุณสมบัติต่างๆ ได้ดังนี้

- Time Attribute คือ การกำหนดค่าใช้จ่ายในด้านเวลา ซึ่งมีความจำเป็นมากสำหรับ VRP Solver
- Distance Attribute คือ การกำหนดค่าใช้จ่ายในด้านระยะทาง ซึ่งเป็นทางเลือกของ VRP Solver
- Default Date คือ การกำหนดวันที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงข่าย

- Capacity Count คือ ตัวเลขความสัมพันธ์ระหว่างความจุที่ต้องการกับความจุที่บังคับของรถ
- Time Field Units คือ ตัวกำหนดหน่วยของเวลา
- Distance Field Units คือ ตัวกำหนดหน่วยของระยะทาง

2.7 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System)

Marakas (1999) ได้ให้นิยามของระบบสนับสนุนการตัดสินใจว่า เป็นระบบที่ช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องต่อการตัดสินใจสามารถตัดสินใจปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว โดยระบบไม่ได้ทำหน้าที่ตัดสินใจแทนผู้ที่เกี่ยวข้อง แต่ผู้ที่เกี่ยวข้องจะทำการติดต่อและโต้ตอบผ่านส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) เพื่อเปลี่ยนแปลงปัจจัยหรือกำหนดสถานการณ์เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 2-8 ระบบช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ

2.7.1 ข้อมูลป้อนเข้าสู่ระบบและฐานข้อมูล

จากการศึกษาผลงานที่ผ่านมาพบว่าข้อมูลที่จำเป็นต่อกระบวนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าจะประกอบด้วยข้อมูลภายในบริษัท และข้อมูลภายนอกบริษัท โดยอาจจำแนกได้ 2 ประเภทคือ

1. ข้อมูลหลัก (Master files)

- ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของรถขนส่งสินค้าที่มีอยู่และพนักงานขับเพื่อให้ทราบถึงความสามารถของรถ เช่น น้ำหนัก ปริมาตร จำนวนรถ และจำนวนพนักงานที่มีอยู่ เป็นต้น

- ข้อมูลลักษณะสินค้า ซึ่งให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะของสินค้าที่มีผลต่อการจัดเส้นทาง เช่น ปริมาตร และน้ำหนัก
- ข้อมูลรายชื่อและลักษณะลูกค้า เพื่อให้ทราบรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะลูกค้าแต่ละราย
- ข้อมูลทางกายภาพของถนน และข้อมูลตำแหน่งพิกัดลูกค้า เพื่อให้ทราบรายละเอียดเส้นทางของโครงข่ายการขนส่งระหว่างศูนย์กระจายสินค้ากับลูกค้า

2. ข้อมูลธุรกรรม ซึ่งแสดงข้อมูลที่ใช้ติดต่อระหว่างลูกค้ากับบริษัท ได้แก่ รายการการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้า เป็นต้น

2.7.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นเป้าหมายขององค์กรที่ถูกจำลองขึ้นเพื่อเป็นกรอบในการดำเนินงาน โดยแต่ละองค์กรอาจมีเป้าหมายที่แตกต่างกันตามนโยบายขององค์กร เช่น ต้องการให้เกิดต้นทุนในการดำเนินงานต่ำสุด หรือเสียเวลาในการขนส่งสินค้าต่ำสุด เป็นต้น

โดยทั่วไปธุรกิจมักมุ่งให้เกิดผลกำไรสูงสุด หรือต้นทุนในการดำเนินงานต่ำสุด โดยสามารถแยกประเภทต้นทุนออกเป็น 2 ส่วนคือ ต้นทุนคงที่ (fixed Cost) ซึ่งเป็นต้นทุนที่ไม่แปรเปลี่ยนตลอดช่วงการทำงาน เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าประกันภัย ค่าเช่า เป็นต้น ซึ่งจะมีค่าคงที่ แม้ว่าจะมีการขนส่งเปลี่ยนไป และต้นทุนผันแปร (variable cost) ซึ่งเป็นต้นทุนที่ผันแปรไปตามอัตราส่วนของกิจกรรมในการขนส่งสินค้า (Sawdy, 1972) ได้แก่

- ต้นทุนในการนำสินค้าขึ้นรถ จะขึ้นกับวิธีการนำสินค้าขึ้นรถ วิธีการบริหาร ลักษณะของศูนย์กระจายสินค้า ลักษณะของยานพาหนะที่ใช้ เป็นต้น
- ต้นทุนในการเดินทาง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดต้นทุนมากที่สุด เนื่องจากใช้เวลามากกว่ากิจกรรมอื่น โดยต้นทุนนี้จะแปรผันตามความเร็วที่ใช้ ระยะทาง และสภาพการจราจร
- ต้นทุนในการนำสินค้าลงจากรถ ซึ่งต้นทุนนี้จะแปรผันตามวิธีการนำสินค้าลงจากรถและลักษณะสินค้า

2.7.3 ข้อกำหนดการให้บริการ

ข้อกำหนดในการให้บริการเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อความยากง่ายในการวิเคราะห์การจัดเส้นทางเดินรถขนส่ง โดยข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งได้แก่

1. ข้อจำกัดของรถบรรทุก ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบรรทุกสินค้า เช่น ความจุของยวดยาน จำนวนของยวดยานที่มีอยู่ เป็นต้น
2. ข้อจำกัดด้านเวลา ได้แก่ เวลาในการทำงาน และกำหนดเวลาในการเข้าออกในบางพื้นที่ เงื่อนไขนี้เป็นเงื่อนไขที่ส่งผลกระทบต่อการจัดจำนวนรถและประเภทรถส่งสินค้า
3. เงื่อนไขด้านสินค้า ได้แก่ ประเภทและขนาดของสินค้า ซึ่งเงื่อนไขนี้มีผลต่อความจุของสินค้าเนื่องจากสินค้าแต่ละชนิดมีน้ำหนักและปริมาตรที่แตกต่างกัน
4. เงื่อนไขด้านสถานที่ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการเลือกประเภทของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้าในแต่ละจุดส่ง เช่น ในพื้นที่คับแคบจะไม่สามารถใช้รถใหญ่ในการขนส่งสินค้า เป็นต้น

ทั้งนี้หากมีข้อจำกัดมากเกินไป อาจเป็นผลทำให้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวทางการวิเคราะห์หาคำตอบอาจทำได้โดยค่อยๆ เพิ่มข้อกำหนดและตรวจสอบเงื่อนไขให้สอดคล้องกับลักษณะปัญหา เช่น Bell และคณะ (1983) ได้ใช้เทคนิคในการแก้ไขปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบโดยประมาณก่อน หลังจากนั้นจึงค่อยนำข้อกำหนดด้านเวลามาพิจารณา จะเห็นได้ว่าวิธีการดังกล่าวจะเป็นการช่วยลดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ได้มากด้วยการแบ่งข้อกำหนดออกเป็น 2 ประเภทคือ ข้อกำหนดที่เข้มงวด (Hard Constraints) คือ หลีกเลี่ยงไม่ได้ และข้อกำหนดที่ไม่เข้มงวด (Soft Constraints) คือ ผ่อนปรนได้บ้าง เช่น เงื่อนไขเวลาในการทำงาน เป็นต้น

2.7.4 แนวทางการติดต่อกับส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)

ระบบการจัดเส้นทางเดินรถจำเป็นต้องมีกลไกในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้ระบบ โดยการติดต่อที่ดีควรสนับสนุนให้ผู้ใช้สามารถติดต่อกับระบบได้ง่ายและช่วยตัดสินใจปัญหาได้ถูกต้องและรวดเร็ว ตัวอย่างของการติดต่อระหว่างระบบและผู้ใช้ในการจัดเส้นทาง เช่น

- ผู้ใช้ระบบเป็นผู้ที่กำหนดลักษณะและขอบเขตของปัญหา
- คอมพิวเตอร์ช่วยเลือกข้อมูลที่เป็นไปตามลักษณะปัญหาและวิเคราะห์ปัญหา

- ผู้ใช้ระบบเปรียบเทียบแนวทางของคอมพิวเตอร์และประสบการณ์ของพนักงาน แล้วจึงรวบรวมแนวทางทั้งสองเข้าด้วยกัน
- ผู้ใช้ระบบให้คอมพิวเตอร์ช่วยทบทวนและศึกษาปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความชัดเจนสำหรับการวิเคราะห์ปัญหา
- ผู้ใช้ระบบอาจปรับปรุงผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองด้วยการใช้ประสบการณ์ของตนเองเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสม

จะเห็นได้ว่าผู้ใช้ระบบและคอมพิวเตอร์จะต้องมีการประสานและทำงานร่วมกันตลอดเวลา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการประสานที่ดีพอเพื่อให้เกิดผลงานที่ดีที่สุด ทั้งนี้ Krolok Felts และ Marble (1971) กล่าวว่า การให้พนักงานและคอมพิวเตอร์มีการโต้ตอบหรือประสานกันจะช่วยลดระยะเวลาในการแก้ปัญหา โดยเฉพาะกับปัญหาที่มีความซับซ้อนและหลากหลาย ทำให้พนักงานสามารถให้ความสนใจกับปัญหาได้มากขึ้น หรือสามารถกำหนดลักษณะและขอบเขตของปัญหาได้ถูกต้องขึ้น

ปัจจุบันแนวทางในการโต้ตอบและประสานกันระหว่างผู้ใช้ระบบและคอมพิวเตอร์มีได้หลายวิธี เช่น การให้พนักงานช่วยในการแก้ไขปัญหานั้นเริ่มต้น หรือการจัดสรรเส้นทางโดยพนักงานและคอมพิวเตอร์พร้อมๆ กัน แนวทางที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันคือแนวทางที่เสนอโดย Krolok และคณะ ซึ่งแบ่งลำดับขั้นตอนในการทำงานดังนี้

- การใช้แนวทางแบบฮิวริสติกเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเบื้องต้น
- ใช้แนวทางติดต่อระหว่างผู้ใช้กับคอมพิวเตอร์เพื่อโต้ตอบ โดยให้พนักงานกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาเพิ่มเติม และแก้ไขหรือปรับปรุงเส้นทางในภายหลัง เช่น ผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางที่ดีไม่ควรมีการขนส่งที่ข้ามทับเส้นทางกัน เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าแนวทางดังกล่าวจะเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางในการเดินรถได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก เช่น ลดเวลาในการแก้ปัญหา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดข้อด้อยของวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกได้อย่างดี และช่วยให้ผู้ใช้เกิดความมั่นใจในระบบมากขึ้น

2.8 การเขียนโปรแกรมภาษา Visual Basic

Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ได้รับความนิยมมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมบน Windows เนื่องจาก เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้เทคโนโลยีในลักษณะ Visualize ซึ่งเพียงแค่เลือก Control ที่เหมาะสม แล้ววางลงใน Form ก็สามารถสร้างจอภาพที่ใช้สำหรับติดต่อกับผู้ใช้ รวมทั้งการใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมแบบ Event-driven ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดขั้นตอนการทำงานให้กับ Control ต่างๆ ที่สร้างขึ้นตามเหตุการณ์ (Event) ต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น การเลื่อนเมาส์ หรือการรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด ฯลฯ เป็นต้น ประกอบกับภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม เป็นภาษา BASIC ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ ที่ผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลส่วนใหญ่คุ้นเคย จึงส่งผลให้การพัฒนาโปรแกรมบน Windows ด้วย Visual Basic มีขั้นตอนน้อย กระทำได้ง่าย และสะดวกต่อการใช้งาน จึงทำให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ได้ภายในระยะเวลาไม่นาน ก็สามารถพัฒนาโปรแกรมได้

Visual Basic นี้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาใช้งาน ที่ใช้ได้ตั้งแต่ผู้ใช้ระดับต้น เพื่อใช้สร้างโปรแกรมนำง่าย ๆ บน Windows หรือโปรแกรมเมอร์ระดับกลาง ที่จะเรียกใช้ฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ของ Visual Basic ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนโปรแกรมเมอร์ในระดับมืออาชีพ ที่จะพัฒนาโปรแกรมในระดับสูง โดยการใช้ Object Linking and Embedding (OLE) และ Application Programming Interface (API) ของ Windows มาประกอบการเขียนโปรแกรม

การพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา Visual Basic มีขั้นตอนในการพัฒนาที่หลายขั้นตอน แต่สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนหลักๆ ได้ 2 ขั้นตอน คือ

1. สร้างจอภาพของโปรแกรม ในขั้นตอนนี้จะนำ Form มาออกแบบเพื่อติดต่อกับผู้ใช้ หรือที่เรียกว่า การออกแบบ User Interface ในการพัฒนาโปรแกรมแบบเดิม ขั้นตอนนี้จะใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากจะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างจอภาพต่างๆ จากนั้นต้อง Compile โปรแกรมนั้นแล้ว Run จึงจะเห็นจอภาพที่จัดทำขึ้น แต่สำหรับ Visual Basic ปัญหาในลักษณะนี้ได้ถูกแก้ไขจึงทำได้ง่ายขึ้น เพียงแต่นำเอา Control ต่างๆ ใน Toolbox ที่ต้องการใช้มาวางบน Form ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาและสามารถเห็นลักษณะจอภาพที่ออกแบบได้เลย
2. เขียนโปรแกรม เมื่อวาง Control ต่างๆ ลงบน Form เป็นที่เรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อมา ได้แก่ การเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดการทำงานให้กับแต่ละ Object ภายใต้เหตุการณ์ต่างๆ (Event) ที่จะเกิดขึ้นกับจอภาพนั้นๆ

2.9 การทบทวนผลงานที่ผ่านมา

จากผลงานการทบทวนทฤษฎีพบว่า การจัดเส้นทางเดินรถภายใต้ข้อจำกัดของความจุของรถหรือเวลาที่ใช้ในการขนส่ง เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่าย เวลา หรือระยะทางในการขนส่งที่ต่ำที่สุด เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับหลายธุรกิจ เช่น งานให้บริการซ่อมสินค้า การจัดบริการรถโดยสาร และการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าสรุปได้ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2 – 3 ผลงานการจัดเส้นทางขนส่งที่ผ่านมา

ผู้ดำเนินการวิจัย / ที่มา	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
กวี ศรีเมือง (2550)	ศึกษาหาจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการขนส่งสินค้าในธุรกิจค้าปลีก	การศึกษาใช้วิธี Branch-and-bound และวิธี Saving Algorithm ของ Clarke and Wright ในการแก้ปัญหาเส้นทางของสินค้าที่ต้องพ่วงกันไป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอัตราการบรรทุกในเชิงปริมาตร และ/หรือเชิงน้ำหนัก และจัดทำโปรแกรมช่วยจัดรูปแบบแผนการขนส่งสินค้า ด้วย Visual Basic for Application (VBA)
ร.อ.สุทธิพงษ์ มีโย (2549)	ศึกษาการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อกระจายสินค้าโดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อการกระจายสินค้าโดยตรงจากศูนย์การกระจายสินค้าแห่งเดียวไปยังจุดส่งต่างๆ โดยวิธีฮิวริสติกภายใต้ข้อจำกัดด้านความจุ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ประหยัดต้นทุนการขนส่ง
ยุทธชาติ บรรพพรรณ (2546)	สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดเส้นทางเดินรถที่มีระยะทางสั้นที่สุด โดยมีศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียว และมีรถเพียงคันเดียว หรือเรียกว่าปัญหา Traveling salesman problem	การศึกษาใช้เทคนิค 1) 1-Tree Lagrangean Relaxation 2) Artificial Neural Networks และ 3) Genetic Algorithms เปรียบเทียบกันเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุด
ธเนศ ทักษิณวรารจารย์ (2543)	สร้างแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อกระจายสินค้า โดยมีศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียว มีรถหลายขนาด สินค้าไปสู่ลูกค้าโดยใช้ระยะทางน้อยที่สุด	เทคนิคที่ผู้วิจัยใช้ในการวิเคราะห์คือ วิธี Clarke-Wright Saving Method มาจัดเส้นทางเบื้องต้นก่อน แล้วทำการปรับปรุงเส้นทางเดินรถด้วยเทคนิคการสลับเส้นทาง และสามารถปรับลำดับการส่งสินค้าได้โดยพนักงาน

ตารางที่ 2 – 3 (ต่อ) ผลงานการจัดเส้นทางขนส่งที่ผ่านมา

ผู้ดำเนินการวิจัย / ที่มา	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
สุธี ศรีเพชรดานนท์ (2536)	ศึกษาการสร้างแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้าประเภทผงซักฟอก และสินค้าที่ใช้ในห้องน้ำ โดยมีคลังสินค้าเพียงแห่งเดียวที่จะกระจายสินค้าไปสู่ร้านต่างๆ โดยต้องการใช้เวลาในการเดินทางน้อยที่สุด	เทคนิคที่ผู้วิจัยใช้ในการวิเคราะห์คือ วิธี Clarke-Wright โดยแบ่งกลุ่มลูกค้าตามพื้นที่ต่างๆ แล้วเก็บเวลาในการเดินทางจริงในการเดินทางภายใต้สมมติฐานที่สำคัญ คือสภาพการจราจรที่เป็นปกติ และประมาณเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้าโดยพิจารณาตามขนาดเป็นสำคัญ
Clarke, G., และ Wright, J. (1964)	เป็นการจัดเส้นทางรถที่มีหลายขนาด โดยส่งสินค้าออกจากศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว	ใช้วิธีการฮิวริสติก เพื่อการจัดเรียงลำดับของค่าประหยัดได้ (Saving) และเชื่อมเส้นทางต่างๆ เข้าด้วยกัน ทำให้ทราบจำนวนรถบรรทุกที่ต้องใช้และปริมาณสินค้าแต่ละคัน
Christophides, N., และ Eilon, S. (1976)	เสนอวิธีปรับปรุงภายในเส้นทาง ภายหลังจากได้เส้นทางเบื้องต้น	เสนอการปรับปรุงเส้นทางด้วยการแลกเปลี่ยนเส้นทางเพื่อให้ได้ระยะทางใหม่ที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยกว่าเดิม โดยวิธีการเริ่มต้นจากการสมมติเส้นทางเริ่มต้นขึ้นมาแล้วค่อยปรับปรุงจนกระทั่งได้เส้นทางที่ดีที่สุด
Bartholdi และคณะ (1983)	กล่าวถึงการจัดเส้นทางและลำดับการส่งอาหารแก่ผู้สูงอายุในมลรัฐจอร์เจีย ซึ่งมีรถขนส่งประมาณ 4 คัน และต้องส่งอาหารให้แก่ผู้สูงอายุจำนวน 200 ราย ในช่วงเวลา 10.00-14.00 น. ให้ครบทุกราย	ใช้เทคนิค Traveling Salesman Problem โดยกำหนดพิกัด (x,y) เพื่อหาระยะทางที่ห่างกันของแต่ละจุด และใช้เทคนิคการสร้างกราฟที่เรียกว่า Spacefilling-Curve เพื่อศึกษารายละเอียดต่างๆ ของลูกค้าแล้วจึงแบ่งเส้นทางออกเป็นสาย แต่วิธีการดังกล่าวไม่สามารถแก้ปัญหาได้รวดเร็วเมื่อมีข้อมูลและข้อจำกัดจำนวนมากได้

ตารางที่ 2 – 3 (ต่อ) ผลงานการจัดเส้นทางขนส่งที่ผ่านมา

ผู้ดำเนินการวิจัย / ที่มา	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
Bell และคณะ (1983)	กล่าวถึงการขนส่งสินค้าประเภทก๊าซและเคมีภัณฑ์ให้กับลูกค้าต่างๆ ซึ่งจะต้องมีการคาดคะเนระดับของสินค้าของลูกค้าต่างๆ และกำหนดเวลาในการส่ง	แบ่งปัญหาออกเป็น 2 ส่วนคือ - การวิเคราะห์ปริมาณสินค้าที่จะต้องเติมให้ลูกค้าแต่ละราย - การวิเคราะห์เส้นทางเพื่อให้ต้นทุนในการขนส่งต่ำที่สุด รวมทั้งมีจำนวนการใช้ยานพาหนะให้น้อยที่สุด Bell และคณะได้เลือกใช้วิธีการ Set Covering ในการวิเคราะห์ปัญหาเนื่องจากลูกค้าสามารถให้รถมากกว่า 1 คันมาส่งสินค้า และระยะเวลาในการปฏิบัติงานยาวนานกว่า ประมาณ 5 วัน ดังนั้นลูกค้าสามารถเลื่อนส่งสินค้าได้ โดยแบ่งลำดับขั้นตอนในการทำงานเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1. Route Generator เป็นขั้นตอนการเลือกเส้นทางที่เป็นไปได้ในแต่ละเส้นทางก่อน โดยมีการระบุลูกค้าต่างๆ พร้อมแสดงต้นทุนและค่าใช้จ่าย 2. Route Optimizer เป็นขั้นตอนการเลือกเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อให้ต้นทุนต่ำสุด โดยเส้นทางที่เลือกต้องสอดคล้องกับความต้องการและเงื่อนไข การวิเคราะห์ปัญหานี้มีความซับซ้อนมาก เพราะมีจำนวนลูกค้ามาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีการกำหนดเวลาในการส่งสินค้า
Savelbergh, M.W.P. (1985)	เสนอวิธีการกระจายสินค้าแบบใหม่โดยพิจารณาทั้งข้อจำกัดของระยะทางและข้อจำกัดด้านเวลาในการเดินทาง	แก้ปัญหาการจัดเส้นทางของการเดินทางและกรอบของเวลาไปพร้อมกัน โดยในเบื้องต้นจะสร้างเส้นทางมาก่อนแล้วจึงปรับปรุงด้วยวิธี k-interchange

ตารางที่ 2 – 3 (ต่อ) ผลงานการจัดเส้นทางขนส่งที่ผ่านมา

ผู้ดำเนินการวิจัย / ที่มา	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
Balardo, S., Duchessi, P., และ Seagle J.P. (1985)	กล่าวถึงแนวทางในการจัดเส้นทางขนส่งโดยรถบรรทุกไปยังร้านสะดวกซื้อของบริษัท Southland Corporation	ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System, DSS) แสดงข้อมูลเส้นทางในการเดินทางด้วยภาพกราฟิก รวมทั้งข้อมูลในเชิงโต้ตอบเพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องสามารถวิเคราะห์เส้นทางเพื่อให้ได้ข้อมูลลำดับการส่งไปยังลูกค้าต่างๆ
Evans, S.R., และ Norback, J.P. (1985)	กล่าวถึงการจัดเส้นทางรถโดยสารของสินค้าอุปโภคของบริษัท Kraft ซึ่งมีเงื่อนไขของเวลาในการจัดส่ง เนื่องจากลักษณะการส่งสินค้าไม่คงที่ ระยะเวลาในการส่งสินค้าน้อยกว่า 1 วัน และมีข้อจำกัดของน้ำหนักและปริมาตรของรถส่งสินค้า และเวลาในการทำงาน	ใช้แนวทางของ DSS แสดงผลลัพธ์ผ่านทางกราฟิกและการโต้ตอบและสร้างฐานข้อมูลของน้ำหนัก ปริมาตร ลูกค้า โดยใช้วิธีการจัดเส้นทางที่เรียกว่า Largest Angle Method และใช้ระยะทางโดยประมาณจากวิธีเส้นตรง (Euclidean Distance) ซึ่งผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ประมาณร้อยละ 10.7
Nag, B., Golden, B.L., และ Assad, A.A. (1988)	เสนอการจัดเส้นทางโดยมีการใช้รถหลายขนาด และมีเงื่อนไขของเขตการส่งที่มีผลต่อการเลือกใช้ประเภทรถ	ใช้วิธีการสร้างเส้นทางจาก First-Cut Algorithm เพื่อเลือกรถที่เหมาะสมในช่วงแรก หลังจากนั้นจึงใช้เทคนิคการจัดเส้นทางแบบ Sweep และปรับปรุงเส้นทางด้วย 2-opt
Barbarosoglu, G., และ Ozgur, D. (1999)	เสนอการออกแบบจัดเส้นทางด้วยวิธีฮิวริสติกแบบใหม่ (Modern Heuristics) ในประเทศตุรกี	เสนอการจัดเส้นทางด้วยวิธี Tabu Search โดยกำหนดให้ออกจากศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว โดยเริ่มต้นสร้างเส้นทางที่เรียกว่า Non-Tabu แล้วจึงปรับปรุงเส้นทางระหว่างกัน ซึ่งผลการศึกษาช่วยให้ประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางในแต่ละวันดีขึ้น

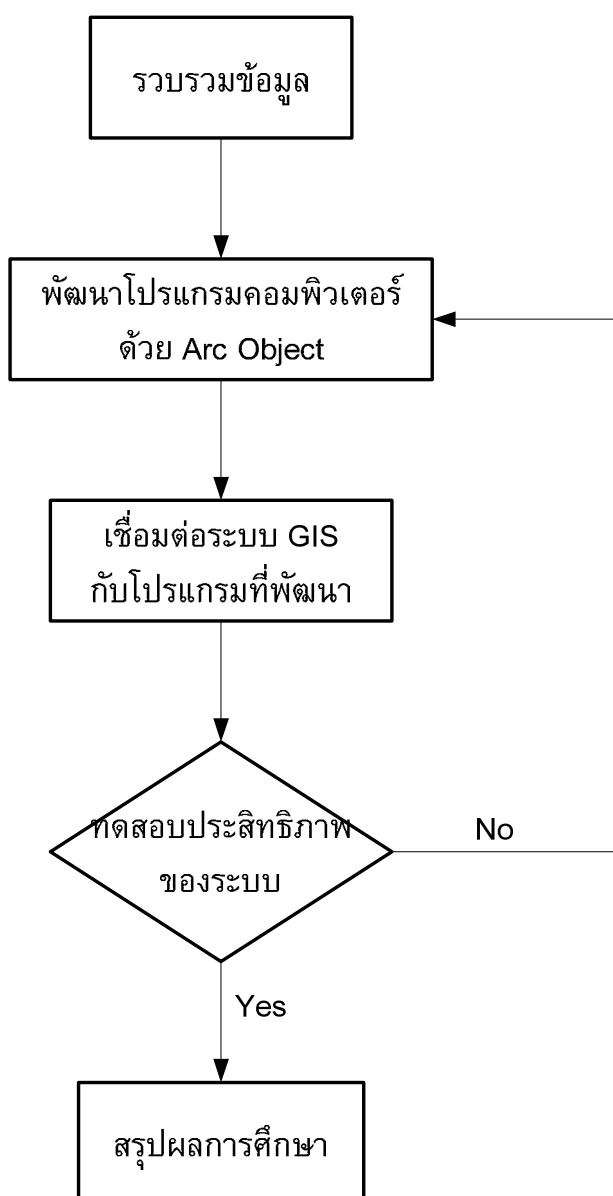
ตารางที่ 2 – 3 (ต่อ) ผลงานการจัดเส้นทางขนส่งที่ผ่านมา

ผู้ดำเนินการวิจัย / ที่มา	ลักษณะของปัญหา	วิธีการและข้อสรุป
Lee, T.-R., และ Ueng, J.-H., (1999)	เสนอวิธีการจัดเส้นทางของศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียวด้วยการคำนึงถึงระยะทางในการเดินทางที่สั้นที่สุด และการจัดสรรปริมาณสินค้าให้รถขนส่งอย่างยุติธรรม	เสนอการจัดสรรเส้นทางด้วยการหาค่าประหยัดพร้อมใช้ ค่าพารามิเตอร์ปรับแก้ค่าการประหยัดในแบบจำลองเพื่อจัดสรรสินค้า โดยให้ความสำคัญต่อความยุติธรรมในการจัดสรรผลงานให้พนักงาน
Weigel, D., และ Cao, B. (1999)	กล่าวถึงบริษัท Sears Logistics Services (SLS) ซึ่งเป็นบริษัทขนส่งสินค้าส่งถึงบ้าน เช่น สินค้าเฟอร์นิเจอร์ และเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยต้องการให้ระบบการจัดเส้นทางสามารถส่งสินค้าถึงมือลูกค้าในเวลาที่เหมาะสม ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า และช่วยให้พนักงานขับรถพึงพอใจกับงาน	ออกแบบระบบสำหรับปัญหาการเดินทางภายใต้ข้อจำกัดของเวลาและความจุของรถ โดยใช้เวลาซึ่งประกอบด้วยเวลาในการเดินทาง เวลาคอย และเวลาที่ล่าช้า เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยใช้ GIS Arcinfo ของ บริษัท ESRI ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของถนนสายต่างๆ และสร้างอัลกอริทึมแบบ Cluster-First Route-Second และหา OD Matrix ซึ่งให้ผู้ใช้งานส่งผ่านข้อมูลทางระบบ WAN ทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าลดลงปีละ 42 ล้านดอลลาร์
Laporte, G., Gendreau, M., Potvin, J.-Y., และ Semet, F. (2000)	เสนอบทความในการจัดเส้นทางด้วยวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกในแบบต่างๆ	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางแบบคลาสสิก (Classical Heuristics) โดยได้ข้อสรุปวิธีการที่เหมาะสมในการจัดเส้นทางคือการหาค่าการประหยัด พร้อมทั้งแนะนำวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางด้วย Metaheuristic เช่น Tabu Search

บทที่ 3

วิธีการทำวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นที่จะประยุกต์ใช้ความสามารถของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผสมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมา เพื่อช่วยในการบริหารจัดการรถบรรทุกสินค้าให้มีประสิทธิภาพกว่าในปัจจุบันที่จัดการโดยคน ขั้นตอนการศึกษาสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการศึกษา

3.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานขนส่งสินค้าของท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต

ในการที่จะพัฒนาแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพนั้น ต้องอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่มีคุณภาพพอที่จะเป็นตัวแทนของรูปแบบการขนส่งได้ ซึ่งในการวิจัยนี้จะมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องจะได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามทุกสาขา รายวัน ซึ่งค่าเฉลี่ยในรอบ 1 ปี ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2549 - มิถุนายน 2550 ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 น้ำหนักของสินค้า (Weight)

เป็นน้ำหนักรวมของสินค้า (Total Weight) ที่จัดส่งของทุกสาขา รายวัน ของ ท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต มีหน่วยเป็น ตัน (ton)

3.1.2 ปริมาตรของสินค้า (Volume)

เป็นปริมาตรรวมของสินค้า (Total Volume) ที่จัดส่งของทุกสาขา รายวัน ของ ท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร (m^3)

3.1.3 เวลาการนำส่งสินค้า (Timetable)

ศูนย์กระจายสินค้าแห่งนี้จะมีการจัดทำตารางเวลานำส่งสินค้า (Master Schedule) คือ ช่วงเวลาการนำส่งสินค้าของแต่ละสาขา โดยให้มีความสอดคล้องกันระหว่างคลังสินค้าและสาขา เพื่อความเหมาะสมในการจัดส่ง โดยมีเงื่อนไขทางด้านเวลา, สถานที่, บุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องของท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต

3.1.4 ระยะทาง (Distance)

ระยะทาง (Distance) ที่นำมาพิจารณาคือ ระยะทางจริงที่ใช้ในการเดินทางขนส่งสินค้าระหว่างสาขา และระหว่างศูนย์กระจายสินค้ากับสาขาของ ท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต หน่วยเป็น กิโลเมตร

3.1.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งสินค้า (Time Traveling)

ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งสินค้า (Time Traveling) จะพิจารณาเวลาตั้งแต่รถขนส่งสินค้าออกจากศูนย์กระจายสินค้า จนกระทั่งกลับมายังศูนย์กระจายสินค้าของแต่ละสาขา มีหน่วยเป็น ชั่วโมง (hr.) โดยมีข้อจำกัดทางด้านเวลาโดยประมาณอยู่ 3 กลุ่ม

- กรุงเทพฯ และเขตปริมณฑลวิ่งไป-กลับเกินกว่า 6 ชั่วโมง
- ต่างจังหวัดไกลวิ่งไป-กลับมากกว่า 6 ชั่วโมงแต่ไม่เกินกว่า 12 ชั่วโมง
- ต่างจังหวัดไกลวิ่งไป-กลับเกินกว่า 12 ชั่วโมง

3.1.6 ความเร็วเฉลี่ย (Average Velocity)

ในแต่ละเส้นทางการขนส่งสินค้าของท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต จะถูกแบ่งกลุ่มการขนส่งสินค้าด้วยเงื่อนไขด้านระยะทางออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ (ความเร็วโดยเฉลี่ย 57.83 กม./ชม.)

- กรุงเทพฯ และเขตปริมณฑล (ความเร็วโดยเฉลี่ย 56.32 กม./ชม.)
- ต่างจังหวัดใกล้ ระยะทางไป-กลับไม่เกินกว่า 400 กม. (ความเร็วโดยเฉลี่ย 64.77 กม./ชม.)
- ต่างจังหวัดไกล ระยะทางไป-กลับเกินกว่า 400 กม. (ความเร็วโดยเฉลี่ย 75.18 กม./ชม.)

3.2 สมมติฐาน และข้อกำหนด

ในขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง ได้มีการศึกษากระบวนการทำงานของหน่วยงาน ซึ่งประกอบด้วย การพิจารณาเงื่อนไข ข้อจำกัด ข้อยกเว้น สมมติฐานต่างๆ เพื่อนำมาออกแบบสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1. ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) มีอยู่แห่งเดียว และเป็นจุดเริ่มต้นและปลายทางของการเดินทางของรถขนส่งทุกคัน
2. จำนวนสาขาที่จัดส่งสินค้า จำนวนสาขาที่จัดส่งสินค้าที่จัดส่งสินค้าเท่ากับ 87 สาขาทั่วประเทศ
3. ขนาดของรถขนส่งสินค้า
ในปัจจุบันรถขนส่งสินค้าของศูนย์กระจายแห่งนี้มีขนาดตู้บรรทุกสินค้าอยู่ทั้งหมด 3 ขนาด คือ ตู้บรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ ตู้บรรทุกสินค้าขนาดกลาง และตู้บรรทุกสินค้าขนาดเล็ก
4. ความจุของรถขนส่งสินค้า
การบรรทุกสินค้าในทางปฏิบัติ จะไม่สามารถบรรทุกได้เต็มปริมาตรของตู้สินค้าได้ เนื่องจากจากสินค้ามีรูปร่างที่ไม่สามารถจัดเรียงกันได้สนิทพอดี และบางประเภทซ้อนสูงเกินกำหนดไม่ได้ ดังนั้นจึงกำหนดให้ปริมาตรในทางปฏิบัติน้อยกว่าปริมาตรจริงของรถร้อยละ 20 (ข้อมูลเชิงปฏิบัติ)
5. น้ำหนัก หรือปริมาตรของสินค้า
เนื่องจากปัจจุบันในการจัดทำแผนการขนส่งสินค้า (Load Plan) นั้น ยังคงใช้ความชำนาญของคนในการประมาณการอยู่ ซึ่งข้อดีก็คือ มีความยืดหยุ่นสูงสามารถปรับเปลี่ยนตามสภาพการณ์ ตามความเหมาะสม แต่มีข้อเสียคือ อาจต้องใช้รถขนส่งสินค้าที่

มากกว่าความเป็นจริง หรืออาจส่งผลให้รถขนส่งสินค้ามีอัตราการบรรทุกที่ต่ำ และเพื่อให้แบบจำลองมีการจัดทำแผนการขนส่งสินค้า (Load Plan) ให้ได้ใกล้เคียงกับการจัดทำโดยคนมากที่สุด จึงกำหนดให้น้ำหนัก หรือปริมาตรของสินค้าต้องไม่เกินความจุของรถขนส่งสินค้า โดยที่รถขนส่งสินค้า 1 คัน อนุญาตให้บรรทุกน้ำหนัก หรือปริมาตรมีค่าเกินกว่า/น้อยกว่า ที่กำหนดได้ 20%

6. การขนส่งสินค้า

6.1 การขนส่งสินค้าต้องใช้เวลาการเดินทางไม่เกินระยะเวลาที่กำหนดไว้ใน

6.2 เงื่อนไขทางด้านเวลาในการขนส่ง (Time Window) ได้ถูกกำหนดตามเงื่อนไขของตารางเวลาจัดส่งสินค้า (Master Schedule) ของท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต เนื่องจากสาขาของท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ตแต่ละสาขานั้นมีความสะดวกในการรับสินค้าในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลจาก ไม่มีเจ้าหน้าที่รับสินค้า ไม่มีความสะดวกในการขนถ่ายสินค้า/การเข้าถึง เสีย กระบวนการคลังสินค้า กฎหมาย เป็นต้น

6.3 เงื่อนไขทางด้านการพลังงาน ต้องพ่วงภายในสาขาที่ถูกกำหนดในตารางเวลาจัดส่งสินค้า (Master Schedule) ของท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต ซึ่งเป็นผลมาจากข้อ 6.4 เนื่องจากภายหลังจากกำหนดช่วงเวลาการส่งสินค้าแล้ว ทางผู้ดำเนินการขนส่งสินค้าก็จะสามารถกำหนดการพ่วงงาน (Combined) ได้ (ซึ่งถ้ามีการพ่วงงานในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ที่มีระยะทางเกินกว่า 30 กิโลเมตร จะทำสิ้นเปลืองค่าขนส่งมาก ดังนั้นในหัวข้อนี้จะถูกกำหนดให้ระยะทางระหว่าง 2 สาขาต้องห่างกันไม่เกิน 30 กิโลเมตร)

6.4 ช่วงเวลาการส่งสินค้าในสาขาเดียวกันระหว่างคัน (Headway) ห่างกัน 30 นาทีทุกสาขา (ข้อกำหนดการส่งสินค้าของท็อปส์ ซูเปอร์มาร์เก็ต) เนื่องจากต้องเว้นช่วงเวลาให้รถขนส่งสินค้าคนก่อนหน้านี้นำสินค้าให้เสร็จก่อน เพราะถ้าออกส่งสินค้าพร้อมๆ กันทุกคันจะส่งผลทำให้ไม่มีที่จอดลงสินค้า และมีผลกระทบต่อการหมุนเวียนรถขนส่งสินค้าด้วย

6.5 เวลาที่ใช้ในการลงสินค้า จอด ปัญหาด้านการจราจร หรือเวลาที่สูญเสียโดยไม่ก่อประโยชน์ (Idle Time) เท่ากับ 1.50 ชั่วโมง (1 ชั่วโมง 30 นาที) ทุกสาขา ทุกคัน (เนื่องในการขึ้น-ลงสินค้า ขน-เก็บอุปกรณ์จะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง/คัน และได้ป้องกันปัญหาจากการจราจร หรืออุบัติเหตุต่างๆ อีกประมาณ 30 นาที)

7. งานคลังสินค้า

การเลือกหยิบสินค้า (Picking) ต้องเลือกหยิบสินค้าตามลำดับการออกของรถขนส่งสินค้า โดยสมมติว่าการเลือกหยิบสินค้าสามารถเลือกหยิบได้ตรงตามเวลาที่กำหนดคือก่อนเวลาออกส่งสินค้า 30 นาที (ตามข้อกำหนดการบริหารงานคลังสินค้าของบริษัท DHL Exel Supply Chain Co., Ltd. ปี 2550)

3.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจัดเส้นทางในการขนส่งสินค้า จะถูกพัฒนาจากโปรแกรมภาษา Visual Basic (VB) เพื่อให้การจัดการเดินรถให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ผู้วิจัยได้เลือกพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยอาศัยหลักการ Insertion heuristics ที่เสนอโดย Campbell and Savelsbergh (2004) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. สร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) โดยการกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทางมีสาขาเพียง 1 สาขาเท่านั้น ดังนั้นเราจะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนสาขาทั้งหมดที่จัดส่งสินค้า
2. ตรวจสอบความเป็นไปได้ในการรวมเส้นทางของสาขา i และ j เข้าด้วยกันโดยพิจารณา Time Window ของการจัดส่งสินค้าที่สาขา j แสดงค่าสมการที่ 3.1

$$e_j = \max(E_j, e_{i-1} + T_{i-1,j}) \quad (3.1)$$

$$l_j = \min(L_j l_i - T_{j,i}) \quad \text{และ}$$

$$e_j \leq l_j$$

โดยที่

e_j = เวลาที่เร็วที่สุดในการทำการส่งสินค้าที่ตำแหน่ง j

l_j = เวลาที่ช้าที่สุดในการทำการส่งสินค้าที่ตำแหน่ง j

3. คำนวณค่าความประหยัดของระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Saving Cost) ระหว่างลูกค้า 2 คน นั่นคือ ลูกค้า i และลูกค้า j ดังมีสมการที่ 3.2 ดังต่อไปนี้

$$s_{i-j} = c_{i-DC} + c_{DC-j} - c_{i-j} \quad (3.2)$$

โดยที่

s_{i-j} = ค่าความประหยัดของระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Saving Cost) ระหว่างลูกค้า 2 คน คือ ลูกค้า i และลูกค้า j

c_{i-DC} = ระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และ ศูนย์กระจายสินค้า (DC)

c_{DC-j} = ระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC) และลูกค้า j

c_{i-j} = ระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และลูกค้า j

4. เรียงลำดับค่าความประหยัด (s_{i-j}) จากมากไปหาน้อย
5. รวมเส้นทางของลูกค้า i และลูกค้า j ให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

6. ทำกระบวนการข้างบนกระทั่งจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าได้ครบทุกสาขา และสามารถจัดส่งสินค้าได้หมดตามที่กำหนด โดยมีเงื่อนไขข้อจำกัด สมมติฐาน และข้อกำหนดดังที่กล่าวข้างต้น

3.4 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการรถบรรทุกสำหรับการขนส่งสินค้า โดยจะเลือกใช้โปรแกรม ArcGIS Desktop 9.2 เนื่องจากความสามารถในการแสดงผลและความง่ายในการใช้งานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการรถบรรทุกที่จะพัฒนาขึ้นในโครงการนี้ เพื่อช่วยลดต้นทุน (พลังงาน) ในการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการ

การประยุกต์ใช้ ArcGIS ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการใช้งานของผู้ใช้ และการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของ ArcGIS ซึ่งอาจทำได้โดยการเขียนโปรแกรมขึ้นมาหรือการจัดเรียงลำดับขั้นตอนของเอกสาร ซึ่งหนึ่งในการประยุกต์ใช้ ArcGIS ก็คือ Visual Basic of Applications (VBA) เพราะ VBA เป็นการเขียนที่ต้องอาศัยโปรแกรมอื่นเป็นพื้นฐานในการดำเนินงานซึ่งจะใช้ได้กับโปรแกรม ArcGIS ทั้งหมด (ArcMap, ArcCatalog, ArcGlobe และ ArcScene) โดยการพัฒนาโปรแกรมสามารถเขียนได้จากภาษาต่างๆ เช่น COM-based language, Visual Basic 6, Visual Basic.Net, Visual C#, หรือ Visual C++

3.4.1 การพัฒนาโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมขึ้นมาประยุกต์ใช้ใน ArcGIS เริ่มด้วยการกำหนดชื่อขั้นตอนในการปฏิบัติการต่างๆ ลงในโปรแกรม เพื่อที่จะนำขั้นตอนต่างๆ มาใส่รหัส (Code) ที่จะนำมาใช้ใน VBA เมื่อเขียนโปรแกรมขึ้นมาใหม่จะมีการสร้างกล่องเพื่อรับข้อมูลที่จะป้อนเข้าสู่โปรแกรม แต่สิ่งที่สำคัญกว่าการกำหนดชื่อขั้นตอนคือ การเขียนชุดคำสั่งต่างๆ ที่จะใช้ในการประมวลผลข้อมูลที่ส่งมา ณ กล่องรับข้อมูล การที่ใช้ชุดคำสั่งจะทำให้ง่ายสำหรับนำเอารหัส (Code) ของ VB ไปใช้ในส่วนอื่น โดยที่สามารถนำเอาเอกสารออกได้โดยการบันทึกในรูปแบบของ .bas

3.4.2 การสร้างปุ่มคำสั่ง

สามารถสร้างโดยการเพิ่มปุ่ม เครื่องมือ หรือกล่องขึ้นมา หลังจากนั้นจึงแทรกรหัส (Code) เข้าไปโดยการเขียนเพื่อใช้ควบคุมเหตุการณ์ต่างๆ ที่จะเกิดกระบวนการใดขึ้น

หลังจากกดปุ่มนั้นแล้วหลังจากสร้างปุ่มควบคุมแล้วสามารถเลื่อนปุ่มคำสั่งที่สร้างขึ้นเข้าไปไว้ที่แถบเครื่องมือได้

3.4.3 การเพิ่มปุ่มคำสั่ง จาก .dll

ในบางกรณีไม่อาจเขียนปุ่มคำสั่งและแถบเครื่องมือได้จากภาษา VB ได้ ซึ่งต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาอื่นที่ Microsoft Component Object Model (COM) รองรับได้ โดยที่ปุ่มคำสั่งและแถบเครื่องมือสามารถบันทึกในรูปแบบ .dlls และการที่จะเพิ่มปุ่มคำสั่งและแถบเครื่องมือเข้าไปใช้ใน ArcMap หรือ ArcCatalog ก็จะมีวิธีการที่ไม่สลับซับซ้อน

3.4.4 การปรับปรุงชุดคำสั่งของ ArcID

โครงการโดยทั่วไปใน ArcMap ArcCatalog ArcGlobe และ ArcScene จะประกอบด้วยชุดคำสั่งของ ArcID โดยที่ชุดคำสั่งจะบอกถึงคุณสมบัติของแต่ละคำสั่งซึ่งจะมีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวในแต่ละคำสั่ง โดยคำสั่งต่างๆ อาจถูกสร้างขึ้นหรืออ้างอิงจากชุดคำสั่งที่สร้างขึ้นมา การปรับปรุงชุดคำสั่งของ ArcID สามารถที่จะเก็บโครงการก่อนที่จะทำการปรับปรุงคำสั่งหรือแถบเครื่องมือต่างๆ เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการดำเนินการได้

3.5 การทดสอบประสิทธิภาพ

ก่อนที่จะนำระบบที่พัฒนาไปประยุกต์ใช้งาน จะต้องทำการทดสอบระบบที่ได้พัฒนาขึ้น โดยวิธีการทดสอบนั้นมีอยู่ 2 วิธี (Pressman, 1997) คือ

- การทดสอบภายในระบบ (White-box Testing) เป็นการทดสอบเพื่อตรวจสอบกระบวนการต่างๆ ที่อยู่ภายในโปรแกรม อาทิ ชุดคำสั่งที่กำลังพิจารณา กลุ่มของชุดคำสั่งที่กำลังพิจารณา และระบบสารสนเทศ เป็นการทดสอบที่มุ่งเน้นโครงสร้างของโปรแกรมเป็นหลัก
- การทดสอบภายนอกกระบวน (Black-box Testing) เป็นการทดสอบที่ต้องการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเข้าและผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยไม่พิจารณาการทำงานภายในโปรแกรม หรือไม่มุ่งเน้นสิ่งที่อยู่ภายในระบบที่ทำการทดสอบ

3.5.1 การทดสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง

การทดสอบความถูกต้องในขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบแต่ละส่วนย่อยของระบบ โดยการนำชุดคำสั่งแต่ละชุดคำสั่งมาทำการทดสอบหาข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการทำงานของชุดคำสั่งดังกล่าว การทดสอบในขั้นตอนนี้ ประกอบด้วย การทดสอบความถูกต้องของข้อมูลและการนำข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง และความถูกต้องในการทำงานของแต่ละขั้นตอนในแบบจำลอง

3.5.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง

เป็นการนำแต่ละขั้นตอนที่มีความสัมพันธ์กันมาเชื่อมต่อกันและทำการทดสอบอีกทีหนึ่ง เพื่อหาข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการรวมกันดังกล่าว โดยการทดสอบที่จะใช้ในการศึกษานี้จะทดสอบจากข้อมูลการปฏิบัติงานจริงของกรณีศึกษา ซึ่งเป็นการทดสอบผลลัพธ์ของการจัดเส้นทางด้วยแบบจำลองเทียบกับวิธีการที่ใช้ในปัจจุบัน โดยเปรียบเทียบจากระยะทางที่ใช้ในการขนส่งด้วยรถบรรทุก และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม

บทที่ 4

โครงสร้างและกระบวนการของโปรแกรม

ในบทต่อไปนี้เป็น การออกแบบโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์การจัดเส้นทางให้สอดคล้องกับแนวคิดในการวิเคราะห์เส้นทางที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยการศึกษาได้แบ่งการออกแบบโปรแกรมเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

- โครงสร้างฐานข้อมูล
- กระบวนการเตรียมข้อมูล
- กระบวนการวิเคราะห์ผล
- กระบวนการนำเสนอ
- ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

4.1 โครงสร้างฐานข้อมูล

โครงการนี้ได้พัฒนาข้อมูลเบื้องต้นในส่วนที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์การจัดเส้นทาง โดยได้ออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนหลัก ซึ่งจะถูกรวบรวมแล้วเก็บข้อมูลอยู่ในรูปแบบ .shp โดยส่วนแรกเป็นฐานข้อมูลหลัก (Master Files) ประกอบด้วย โครงข่ายถนน (Road Network) ที่ใช้สำหรับการเดินทางในพื้นที่ศึกษา และตำแหน่งที่ตั้งของทิวปัสชูเปอร์มาร์เก็ต ส่วนที่สองจะเป็นรายการธุรกรรม (Transaction Files) ซึ่งจะบอกถึงรายการความต้องการสินค้าของแต่ละสาขาของทิวปัสชูเปอร์มาร์เก็ต โดยจะเป็นค่าน้ำหนักของสินค้า (Weight) และปริมาตรของสินค้า (Volume) ส่วนสุดท้ายจะเป็นข้อมูลอื่นๆ เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทาง เช่น กรอบเวลาในการทำงาน (Time Table) ประสิทธิภาพการทำงานของรถบรรทุก จากที่กล่าวมาสามารถอธิบายได้ว่าข้อมูลที่จะใช้ในโปรแกรมประกอบด้วย 2 รูปแบบ คือ รูปแบบ .shp และรูปแบบตาราง

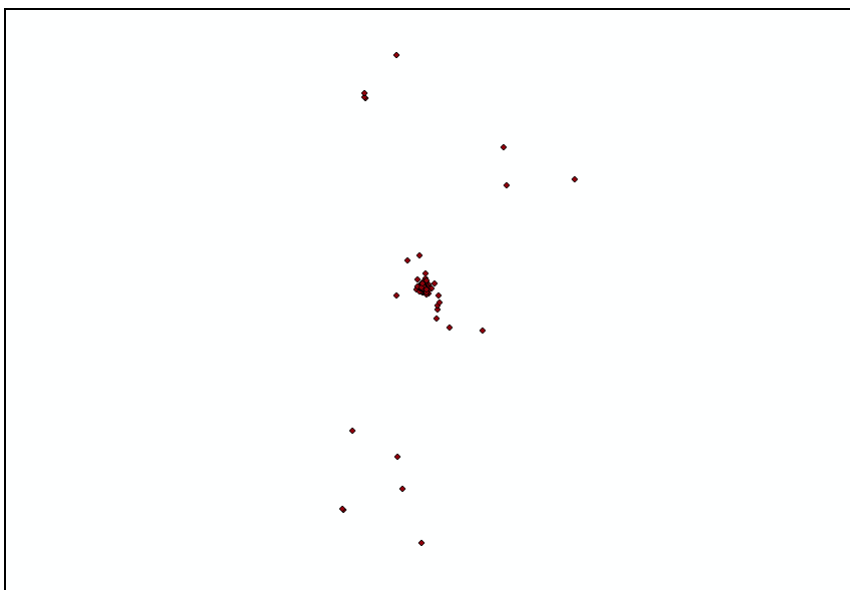
4.1.1 ข้อมูลรูปแบบ .shp

ในข้อมูลที่แสดงในรูปแบบของ .shp จะถูกสร้างขึ้นจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งในที่นี้จะใช้โปรแกรม ArcGIS เป็นโปรแกรมที่ใช้สร้างข้อมูลรูปแบบ .shp ขึ้นมา โดยข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นประกอบด้วย ตำแหน่งที่ตั้งของทิวปัสชูเปอร์มาร์เก็ต โครงข่ายถนน และจุดตัดของถนน

1. ตำแหน่งที่ตั้งของของท็อปปัสชูเปอร์มาร์เก็ต

ในข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของของท็อปปัสชูเปอร์มาร์เก็ต จะถูกเก็บในรูปแบบของจุด (Node) โดยแต่ละจุดจะหมายถึงสาขาของท็อปปัสชูเปอร์มาร์เก็ตแต่ละสาขา โดยเมื่อสร้างเสร็จจะทำการใส่ข้อมูลของแต่ละสาขาของท็อปปัสชูเปอร์มาร์เก็ต ซึ่งข้อมูลที่ใส่เพิ่มเข้าไปประกอบด้วย

- ชื่อสาขา
- ชื่อย่อของสาขา
- ตำแหน่งที่ตั้งตามแนวแกน x
- ตำแหน่งที่ตั้งตามแนวแกน y
- ระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังสาขา
- เวลาของการเปิดรับสินค้า
- เวลาของการปิดรับสินค้า



รูปที่ 4-1 ตำแหน่งที่ตั้งสาขาของท็อปปัสชูเปอร์มาร์เก็ต

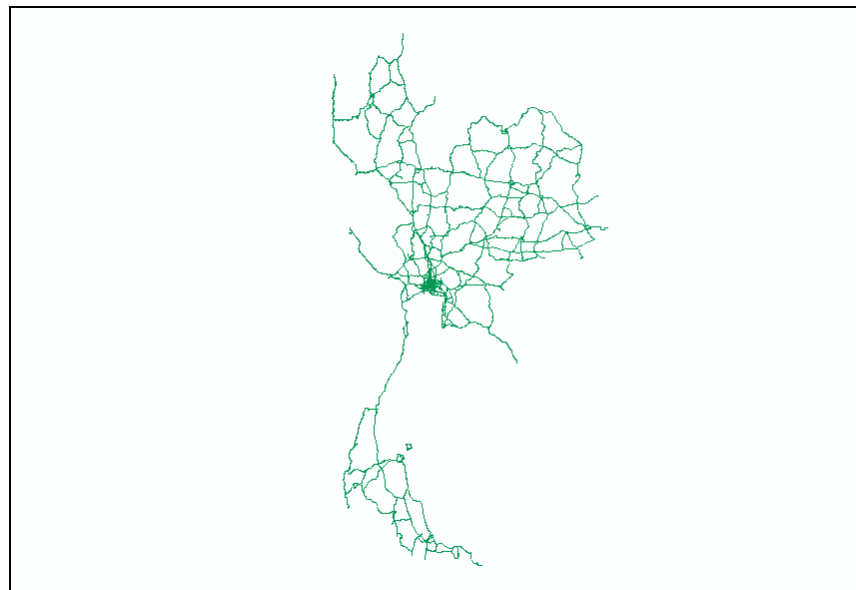
POI	Shape	Id	Store_Name	Store_Id	Test_Code	X	Y	Lat	Long	Distance	A_Video	Time_Start	Time_End	DialLOD
0	Point	0	สี่แยกถนนพหลโยธิน	AP	003	487955.85858	2079168.4002	18.78507	99.876508	118	89	18:30	17:00	870432
1	Point	1	สี่แยกถนนพหลโยธิน	KS	871	486682.88687	2078758.0848	18.80036	99.867872	110	88	18:00	17:30	874877
2	Point	2	สี่แยกพหลโยธิน	CU	811	484418.38847	2080887.1184	18.81018	99.848888	1842	88	18:00	18:30	884728
3	Point	3	สี่แยกพหลโยธิน	CS	810	487956.77981	2200781.3388	18.80132	99.840108	2000	217	12:30	14:00	784631
4	Point	4	ถนนพหลโยธิน	RU	087	481111.34078	1102807.8788	8.973838	99.848183	4818	37	0:00	1:30	888424
5	Point	5	ถนนพหลโยธิน	IS	804	808788.88004	832822.88888	8.438838	99.870171	8088	282	14:00	18:30	813807
6	Point	6	สี่แยกพหลโยธิน	PS	808	433148.828	870740.4378	7.878827	99.88388	1888	18	12:30	14:00	884031
7	Point	7	สี่แยกพหลโยธิน	PM	087	430481.08378	872446.78	7.882324	99.888087	372	18	13:00	14:30	882807
8	Point	8	สี่แยกพหลโยธิน	MY	701	882888.28	774828	7.007448	100.48881	188	830	12:30	14:00	881087
9	Point	9	ถนนพหลโยธิน	RY	088	744088.14822	1403137.8882	12.88008	101.24783	3082	1802	2:30	4:00	210814
10	Point	10	สี่แยกพหลโยธิน	RU	084	708888.82824	1428041.8822	12.81881	100.88788	8438	1848	2:00	3:30	188048
11	Point	11	สี่แยกพหลโยธิน	RT	043	708418.88880	1431038.8100	12.80783	100.80288	3883	1848	2:30	4:00	188873
12	Point	12	สี่แยกพหลโยธิน	SR	028	708888.72887	1488807.8188	13.18880	100.83187	2031	1881	1:30	3:00	138878
13	Point	13	สี่แยกพหลโยธิน	SD	084	708028.84078	1488833.1828	13.18273	100.80848	2201	1881	3:30	8:00	140387
14	Point	14	สี่แยกพหลโยธิน	SS	088	708818.378	1488882.128	13.28421	100.83787	8481	1882	4:00	8:30	128228
15	Point	15	สี่แยกพหลโยธิน	OD	808	718810.13881	1478434.0888	13.38881	100.88088	883	847	8:00	8:30	118814
16	Point	16	BPO ถนนพหลโยธิน 42	BP	082	712231.88041	1488184.8872	13.84443	100.88113	210	1882	8:00	10:30	82802
17	Point	17	ถนนพหลโยธิน	LC	088	882882.8	1811881.28	13.72181	100.78000	0	1871	22:30	0:00	882233
18	Point	18	ถนนพหลโยธิน	NC	088	701802.4378	1822888.8	13.88802	100.88447	188	1820	22:00	23:30	84003
19	Point	19	ถนนพหลโยธิน	PL	007	881404.41481	1828818.0000	13.82328	100.87832	881	1447	8:00	10:30	41828
20	Point	20	ถนนพหลโยธิน 3	SK	047	880438.88882	1823411.0000	13.77448	100.88802	2038	1888	2:00	3:30	48808
21	Point	21	ถนนพหลโยธิน	SP	812	883888.378	1804878	13.80404	100.88872	0	1482	8:30	10:00	88188
22	Point	22	ถนนพหลโยธิน	RM	078	882100.8878	1811880.878	13.88844	100.88388	371	1487	8:00	10:30	80888
23	Point	23	ถนนพหลโยธิน	RV	082	874128	1810881.028	13.88701	100.81008	1044	1888	21:00	22:30	48888
24	Point	24	ถนนพหลโยธิน	SN	881	878812.0828	1811882.8	13.88788	100.88478	888	1413	20:00	21:30	84070
25	Point	25	ถนนพหลโยธิน	SV	070	888333.22802	1808848.8177	13.82381	100.83782	202	882	8:30	10:00	48884
26	Point	26	ถนนพหลโยธิน	UP	037	884188.81883	1810878.0488	13.88214	100.81784	488	810	8:00	10:30	43788

รูปที่ 4-2 ตารางคุณสมบัติแต่ละสาขาของท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต

2. โครงข่ายถนน

ข้อมูลโครงข่ายถนนจะถูกแก้ไขจากข้อมูลที่ได้มาจากสำนักนโยบายและการขนส่งและจราจร (สนข.) ซึ่งข้อมูลจะเก็บในรูปแบบเส้น (Link) โดยทำการแก้ไขข้อมูลด้วยวิธีการตัดเส้นทางที่ไม่ใช่ถนนสายหลัก และถนนที่ไม่ใช้ในการขนส่งสินค้าออกไป เพื่อให้มีความรวดเร็วในการประมวลผล ซึ่งข้อมูลที่ประกอบอยู่ภายในเส้นทางจะประกอบไปด้วย

- ชื่อถนนภาษาไทย
- ชื่อถนนภาษาอังกฤษ
- หมายเลขทางหลวง
- จำนวนช่องจราจร
- ระยะทางของถนน
- ความเร็วเฉลี่ยบนถนน
- หมายเลขของจุดต้นทาง
- หมายเลขของจุดปลายทาง



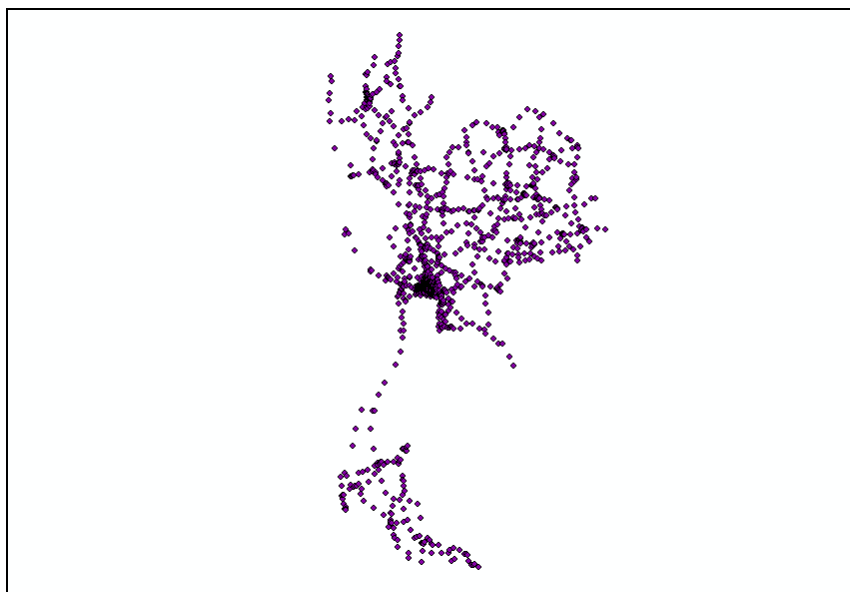
รูปที่ 4-3 โครงข่ายถนนในประเทศไทย

Attributes of Road_Link										
RID	Shape	NAME_T	NAME_E	ROUTE_NO	CLASS	LANE	LENGTH	Speed	A	B
0	Polyline	ถนนเพชรโพธิ์เงิน	Phahonyothin Rd.	1	1	4	15116.30	80	24	24
1	Polyline	ถนนเพชรโพธิ์เงิน	Phahonyothin Rd.	1	1	4	20038.28	80	23	24
2	Polyline	ถนนเพชรโพธิ์เงิน	Phahonyothin Rd.	1	1	4	19818.64	80	23	23
3	Polyline	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 118	National Highway 118	118	3	2	11528.89	80	18	20
4	Polyline	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 118	National Highway 118	118	3	2	15214.95	80	16	18
5	Polyline	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 107	National Highway 107	107	3	2	26308.55	80	11	12
6	Polyline	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 109	National Highway 109	109	3	2	55252.43	80	12	16
7	Polyline	ถนนเพชรโพธิ์เงิน	Phahonyothin Rd.	1	1	4	20694.96	80	20	20
8	Polyline	ถนนเพชรโพธิ์เงิน	Phahonyothin Rd.	1	1	4	14731.23	80	20	20
9	Polyline	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 107	National Highway 107	107	3	2	7733.216	80	52	55
10	Polyline	ถนนเพชรโพธิ์เงิน	Phahonyothin Rd.	1	1	4	21968.12	80	20	23
11	Polyline	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 118	National Highway 118	118	3	2	40482.13	80	16	16
12	Polyline	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 118	National Highway 118	118	3	2	12699.03	80	16	16
13	Polyline	ถนนเพชรโพธิ์เงิน	Phahonyothin Rd.	1	1	4	21922.34	80	23	25
14	Polyline	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 120	National Highway 120	120	3	2	15104.08	80	16	17
15	Polyline	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 107	National Highway 107	107	3	2	34626.88	80	53	55
16	Polyline	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 120	National Highway 120	120	3	2	4075.667	80	24	25
17	Polyline	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 120	National Highway 120	120	3	2	40817.55	80	17	24
18	Polyline	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 118	National Highway 118	118	3	2	14980.07	80	16	16

รูปที่ 4-4 ตารางคุณสมบัติแต่ละถนนในประเทศไทย

3. จุดตัดของถนน

ข้อมูลจุดตัดของถนนจะถูกเก็บในรูปแบบของจุด (Node) โดยจุดตัดของถนนจะเกิดขึ้นเมื่อมีเส้นทางของถนนมีการตัดผ่านกัน ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะไม่มีค่าอะไร นอกจากจะบอกถึงหมายเลขของจุดตัดเท่านั้น



รูปที่ 4-5 จุดตัดของถนนในประเทศไทย

4.1.2 ข้อมูลรูปแบบตาราง

ข้อมูลในรูปแบบของตารางจะเป็นข้อมูลที่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ เพื่อใช้สำหรับการจัดเส้นทางขนส่ง ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลสินค้าที่จะทำการจัดส่งในแต่ละวัน โดยข้อมูลในรูปแบบตารางมีอยู่ 3 ประเภท คือ ข้อมูลคำสั่งสินค้า (Order) ข้อมูลรถบรรทุกสินค้า (Fleet) และข้อมูลค่าใช้จ่ายที่ลดได้หากมีการพ่วงสาขาที่ทำการขนส่ง (Saving)

1. ข้อมูลคำสั่งสินค้า (Order)

ข้อมูลคำสั่งสินค้าเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทราบ เนื่องจากปริมาณการขนส่งจะไม่เท่ากันของแต่ละสาขาในแต่ละวัน โดยในตารางข้อมูลคำสั่งสินค้าจะประกอบด้วย

- ชื่อของสาขา
- ชื่อย่อของสาขา
- หมายเลขของสาขา
- ข้อมูลคำสั่งสินค้าในหน่วยน้ำหนัก
- ข้อมูลคำสั่งสินค้าในหน่วยปริมาตร

	A	B	C	D	E	F	G
1	ID	STORE_NAME	STORE_ID_A	TOP_CODE_A	ORDER_WEIG	ORDER_VOLU	ASSIGNED_V
2	1	เชียงใหม่ แอร์พอร์ต	AP	503.00000	0.00000	0.00000	
3	2	อล ชี ชันส์	AS	52.00000	5.20440	14.74500	1
4	3	เดลี อ่างทอง	AT	507.00000	0.00000	0.00000	
5	4	BFC บางปะกง กม 42	BF	62.00000	8.00490	32.61400	2,3
6	5	พุทธมณฑล	BM	64.00000	7.92426	22.01000	4,5
7	6	บางนา	BN	581.00000	4.31882	53.65900	20,21
8	7	บางพลี	BP	513.00000	2.74494	7.72100	6
9	8	บางแสน	BS	86.00000	5.66551	18.61700	7,8
10	9	จันทบุรี	CB	34.00000	10.09279	30.80800	9,10
11	10	เดลี เอคิสัน เชียงราย	CE	510.00000	0.00000	0.00000	
12	11	เจริญกรุง	CK	68.00000	8.38051	17.79800	11,12
13	12	ชิดลม	CL	81.00000	6.89632	23.35100	13,14
14	13	เดลี แมริม	CM	511.00000	0.00000	0.00000	
15	14	Petchkasem (Daily)	CP	515.00000	5.35247	2.97700	15
16	15	เซ็นจูรี	CT	95.00000	4.35156	15.08900	16
17	16	เกษตร	CW	31.00000	0.00000	0.00000	
18	17	DC Tops	DC	0.00000	0.00000	0.00000	
19	18	Dindang	DD	517.00000	0.00000	0.00000	
20	19	Esplanade	EP	516.00000	19.31704	15.25300	17,18,19,22
21	20	แฟชันไอส์แลนด์	FL	7.00000	12.96764	30.27400	23,24,25
22	21	หาดใหญ่ ซีดีเอส	HY	701.00000	37.24630	10.27200	26,27,28,29,30,31,32
23	22	อิสราฟ	IP	73.00000	0.00000	0.00000	

รูปที่ 4-6 ตารางข้อมูลคำสั่งสินค้า

2. ข้อมูลรถบรรทุกสินค้า (Fleet)

ตารางข้อมูลรถบรรทุกสินค้า จะทำให้ทราบถึงจำนวนรถบรรทุกสินค้าที่มีอยู่ พร้อมกับคุณสมบัติของรถบรรทุกสินค้า เพื่อที่จะสามารถนำเอาข้อมูลในส่วนนี้มาใช้ในการกำหนดว่ารถบรรทุกสินค้าแต่ละคันต้องทำการขนส่งไปที่ใดบ้าง โดยข้อมูลในตารางประกอบด้วย

- หมายเลขของรถบรรทุกสินค้า
- ประเภทของรถบรรทุกสินค้า
- ความสามารถในการบรรทุกในหน่วยของน้ำหนัก
- ความสามารถในการบรรทุกในหน่วยของปริมาตร
- ชื่อย่อสาขาที่ทำการขนส่ง
- สถานะในการขนส่ง
- ข้อมูลน้ำหนักที่ทำการขนส่ง
- ข้อมูลปริมาตรที่ทำการขนส่ง

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ID	VEH_TYPE	VOLUME_CAP	WEIGHT_CAP	STORE_ID	STATUS	VOLUME	WEIGHT
2	1	1	24.00000	5.50000	AS	1	14.745	5.2044
3	2	1	24.00000	5.50000	BF	1	16.489899936289	5.5
4	3	2	31.50000	5.50000			0	0
5	4	2	31.50000	5.50000	BM	1	15.2765053140609	5.5
6	5	2	31.50000	5.50000			0	0
7	6	2	31.50000	5.50000			0	0
8	7	2	31.50000	5.50000	BS	1	18.0731302212863	5.5
9	8	2	31.50000	5.50000	BS,SR	2	28	3.2
10	9	2	31.50000	5.50000	CB	1	16.7886184097757	5.5
11	10	2	31.50000	5.50000			0	0
12	11	2	31.50000	5.50000	CK	1	11.6805540474267	5.5
13	12	2	31.50000	5.50000	CK	1	6.11744595257329	2.88051
14	13	2	31.50000	5.50000	CL	1	18.6230482344207	5.5
15	14	2	31.50000	5.50000			0	0
16	15	2	31.50000	5.50000	CP	1	2.977	5.35247
17	16	2	31.50000	5.50000	CT,SK	1	20.6	4.8
18	17	2	31.50000	5.50000	EP	1	4.34287551301856	5.5
19	18	2	31.50000	5.50000	EP	1	4.34287551301856	5.5
20	19	2	31.50000	5.50000	EP	1	4.34287551301856	5.5
21	20	3	33.12000	5.50000	BN	2	33.12	2.66570972996142
22	21	3	33.12000	5.50000			0	0
23	22	3	33.12000	5.50000			0	0

รูปที่ 4-7 ตารางข้อมูลรถบรรทุกสินค้า

3. ข้อมูลส่วนลดค่าใช้จ่าย (Saving)

ข้อมูลส่วนลดค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นจากการฟ่งสาขาของรถบรรทุกสินค้า เมื่อฟ่งสาขาแล้วจะทำรถบรรทุกสามารถลดระยะทางในการขนส่งสินค้าได้ ซึ่งระยะทางที่ลดลงเมื่อนำมาคิดค่าใช้จ่ายจะทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงด้วย การคำนวณจะทำการคำนวณจากทุกสาขาไปยังแต่ละสาขาเพื่อให้ได้ค่าระยะทางที่ลดลงไป โดยในตารางประกอบด้วย

- หมายเลขของสาขาปลายทาง
- ชื่อย่อของสาขาต้นทาง
- ชื่อย่อของสาขาปลายทาง
- ค่าระยะทางที่ลดลง

	A	B	C	D
1	OBJECTID	STORE_A	STORE_B	SAVING
2	87.00000	AP	YR	1341.28905
3	26.00000	AP	KS	31.82164
4	13.00000	AP	CM	31.92473
5	10.00000	AP	CE	71.09692
6	82.00000	AP	UM	8.70290
7	22.00000	AP	IP	31.82164
8	30.00000	AP	MH	28.88589
9	3.00000	AP	AT	1336.88601
10	65.00000	AP	SB	26.20177
11	34.00000	AP	NA	31.18058
12	61.00000	AP	RS	24.41808
13	68.00000	AP	SI	19.36706

รูปที่ 4-8 ตารางข้อมูลส่วนลดค่าใช้จ่าย

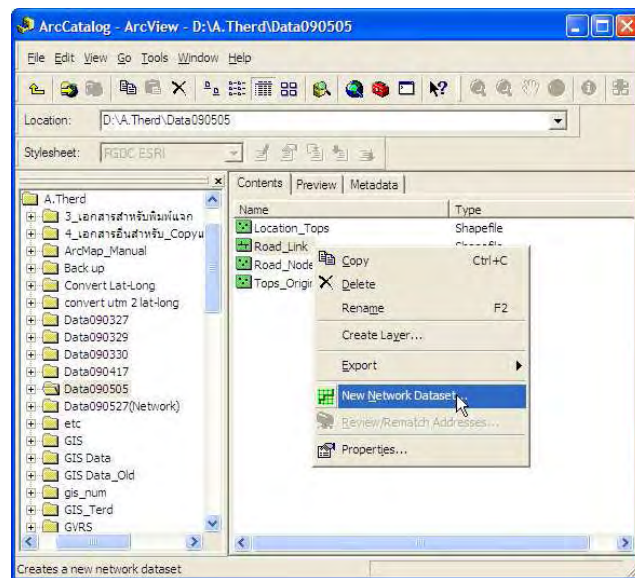
4.2 กระบวนการเตรียมข้อมูล

ในการเตรียมข้อมูลในการศึกษาจะเป็นส่วนช่วยให้การทำงานในกระบวนการต่างๆ เกิดประสิทธิภาพที่ดีได้จะต้องมีการเตรียมข้อมูลที่ดี โดยข้อมูลที่จะต้องเตรียมเป็นส่วนข้อมูลพื้นฐานที่จะใช้สำหรับกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งในส่วนแรกจะเป็นการเตรียมข้อมูลเกี่ยวกับโครงข่ายถนน (Road Network) ที่สำหรับการเดินทางขนส่งในพื้นที่ศึกษา หลังจากนั้นจะนำข้อมูลโครงข่ายถนน (Road Network) ที่ได้เสร็จเรียบร้อยแล้วมาใช้ในการเตรียมข้อมูลระยะทาง โดยในส่วนข้อมูลระยะทางที่ได้จะใช้สำหรับการวิเคราะห์หาเส้นทางในการขนส่งสินค้าต่อไป

4.2.1 การเตรียมโครงข่ายถนน (Road Network)

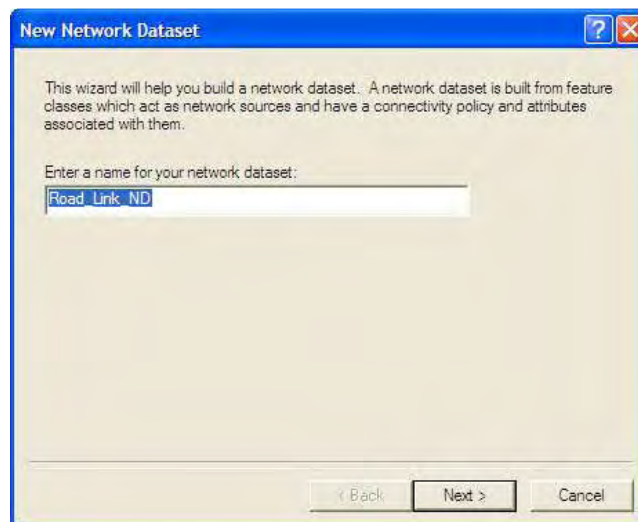
การเตรียมข้อมูลในส่วนโครงข่ายถนน (Road Network) จะนำข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) มาทำการปรับปรุงและทำการสร้าง Network Dataset จากโหนดวิซาร์ดใน ArcCatalog โดยวิธีการสร้างนั้นจะมีวิธีการดังนี้

1. คลิกขวาที่ Shapefile หรือ Geodatabase จะปรากฏเมนู “New Network Dataset” ดังรูป



รูปที่ 4-9 การสร้าง New Network Dataset

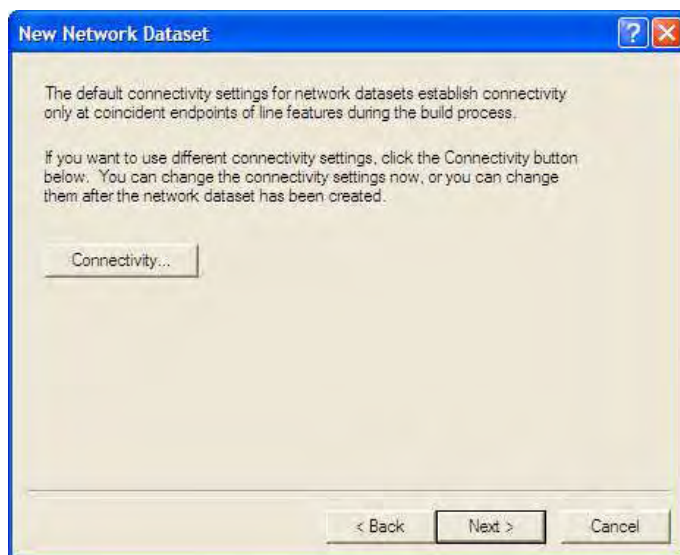
2. คลิกที่คำสั่งนี้จะเข้าสู่โหมดวิศวกรรมการสร้าง Network Dataset ดังรูป



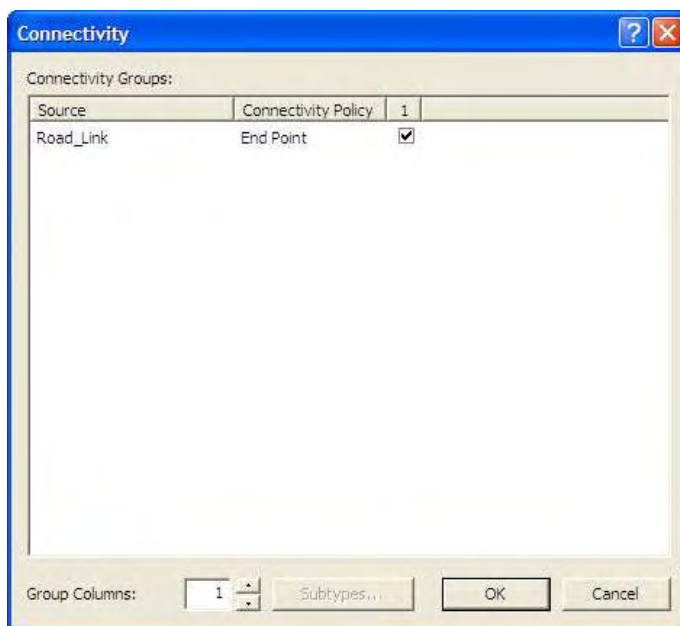
รูปที่ 4-10 การตั้งชื่อใน New Network Dataset

โดยในหน้าต่างโต้ตอบแรกของวิศวกรจะเป็นการตั้งชื่อ Network Dataset

3. คลิก Next จะเป็นการกำหนด Connectivity ของ Network Dataset ใหม่

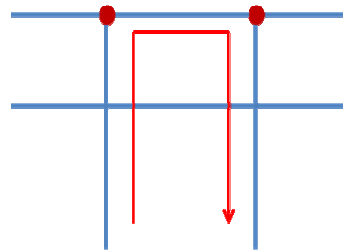


รูปที่ 4-11 การกำหนดคุณสมบัติ



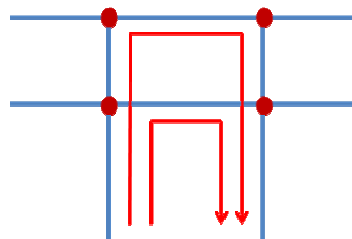
รูปที่ 4-12 การตั้งค่า Connectivity

ซึ่ง Connectivity ใน Network Dataset สามารถที่จะกำหนดได้สองลักษณะคือ แบบ End Point ซึ่งจะทำการสร้าง Node สำหรับการเชื่อมต่อเฉพาะที่จุดปลายของแต่ละเส้น ดังรูป



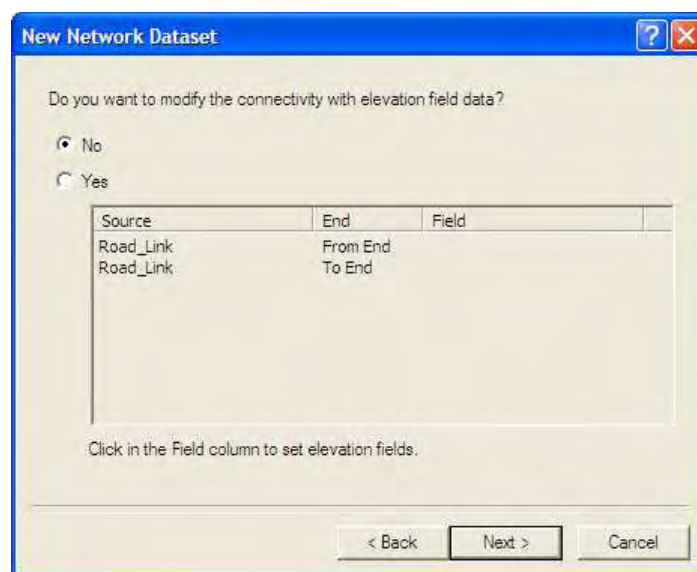
รูปที่ 4-13 แบบ End Point

รูปแบบ Any Vertex ซึ่งจะทำให้การสร้าง Node สำหรับการเชื่อมต่อที่จุดตัดทุกๆ จุดของแต่ละเส้นดังรูป



รูปที่ 4-14 แบบ Any Vertex

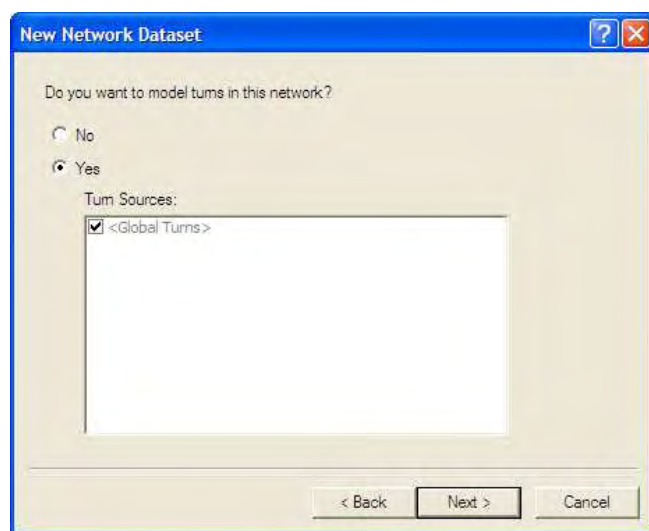
4. คลิก OK และ Next จะปรากฏหน้าต่างดังรูป เพื่อกำหนดระดับความสูงของเส้นทาง ยกตัวอย่างเช่น สะพาน หรือทางด่วน ที่อาจจะตัดกับถนนจะไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้ ทั้งนี้ในการสร้างจากวิซาร์ดจะใช้ค่าในฟิลด์สองฟิลด์เป็นตัวกำหนดระดับความสูงของ Node ที่จุดเริ่มและจุดปลายของแต่ละเส้นทาง



รูปที่ 4-15 การกำหนดระดับความสูงของเส้นทาง

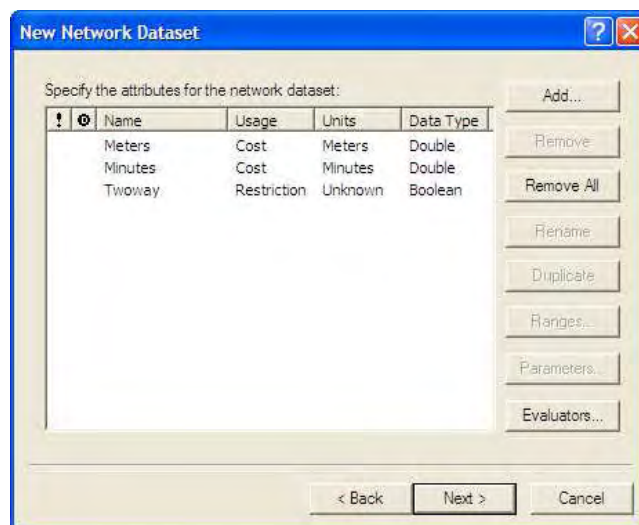
จากรูปจะเห็นว่าค่าระดับความสูงของแต่ละ Node จะถูกกำหนดโดยฟิลด์ F_ZLEV และ T_ZLEV ซึ่งหมายความว่าที่จุดเชื่อมของเส้นทางใดๆ ถ้ามีค่า F_ZLEV หรือ T_ZLEV ตรงกันแล้ว จะมีระดับความสูงเหมือนกัน

5. คลิก Next จะปรากฏหน้าต่างเพื่อกำหนดการเลี้ยวของเส้นทางดังรูป ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อต้องการใช้ความสามารถนี้จะมีการใช้ Global Turn โดยปริยาย ทั้งนี้จะสามารถกำหนดการเลี้ยวแบบต่างๆ ได้เพิ่มเติมโดยอาศัย Turn Feature Class ซึ่งสามารถ Migrate ได้จาก ArcView 3.x



รูปที่ 4-16 การกำหนดเลี้ยวของเส้นทาง

6. คลิก Next เพื่อกำหนดคุณสมบัติต่างๆของ Network Dataset ดังรูป



รูปที่ 4-17 การกำหนดคุณสมบัติต่างๆของ Network Dataset

ซึ่งแบ่งเป็น 4 ประเภทดังนี้

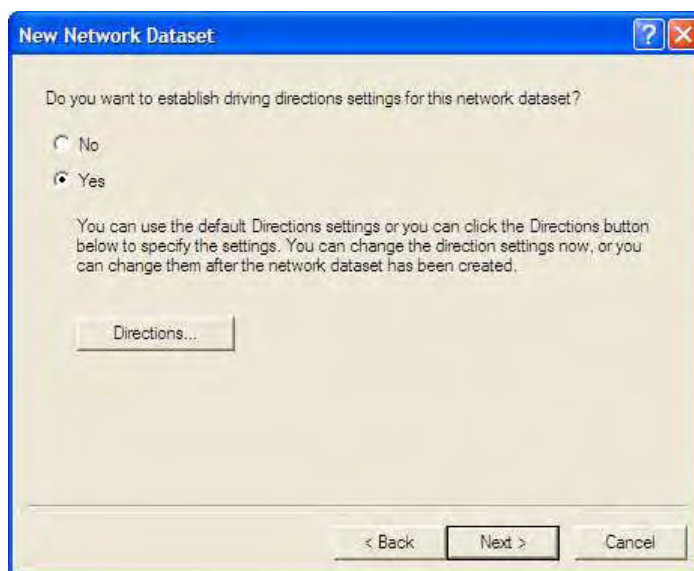
Cost เป็นข้อมูลกำหนด Impedances ของเส้นทาง ยกตัวอย่างเช่น เวลา หรือ ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง ซึ่งจะใช้ในการคำนวณเส้นทางที่ใช้เวลาที่ใช้น้อยที่สุด หรือเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทาง โดยค่าที่กำหนดเป็น Cost นั้นจะแปรผันตรงกับความยาวของเส้นทางที่ใช้ในการเดินทาง

Descriptors เป็นข้อมูลกำหนดคุณสมบัติของเส้นทาง เช่น จำนวนช่องทางเดินรถ หรือข้อจำกัดความเร็วในแต่ละเส้นทาง ซึ่งสามารถใช้ในการอธิบายเวลาในการเดินทางของเส้นทางที่ทำได้

Restrictions เป็นข้อมูลกำหนดข้อจำกัดของเส้นทาง เช่น เส้นทางเดินรถทางเดียว ข้อจำกัดในการเลี้ยว หรือเส้นทางที่ใช้ได้เฉพาะรถยนต์ ซึ่งสามารถใช้ในการคำนวณเส้นทางได้

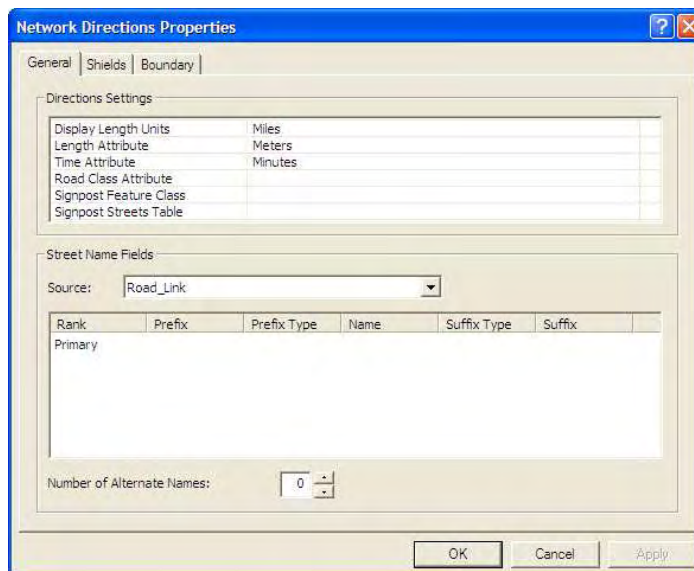
Hierarchy เป็นข้อมูลกำหนดระดับชั้นของเส้นทาง เช่น ถนนหลวง ทางด่วน ถนนหลัก หรือซอย ซึ่งสามารถใช้ในการคำนวณเส้นทางได้ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการหาเส้นทางโดยไม่ต้องการใช้ทางด่วน ทั้งนี้ใน Network Analyst จะแบ่งระดับชั้นของถนนออกเป็น 3 ระดับคือ Primary Roads, Secondary Roads, และ Local Roads

7. เมื่อตกลงจะเข้าสู่หน้าต่างที่ใช้กำหนดการแสดงทิศทางการขับรถดังรูป



รูปที่ 4-18 การกำหนดการแสดงทิศทางการขับรถ

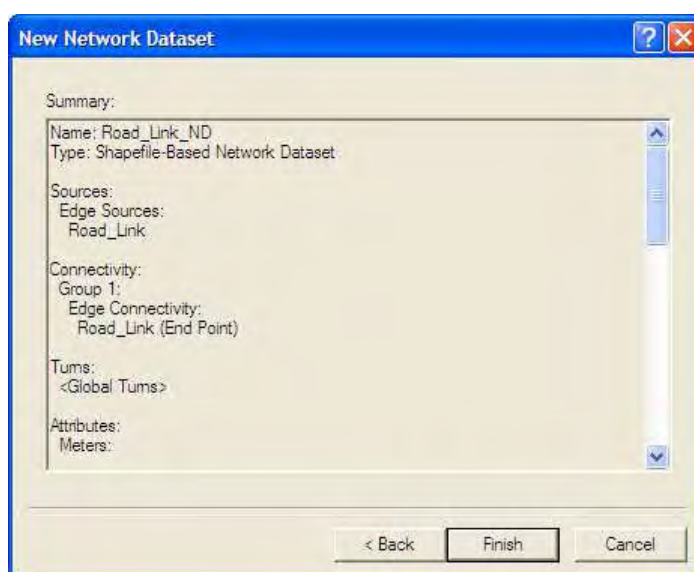
เมื่อคลิกที่ Directions จะปรากฏหน้าต่างคุณสมบัติแสดงทิศทางของเส้นทางดังรูป



รูปที่ 4-19 คุณสมบัติแสดงทิศทางของเส้นทาง

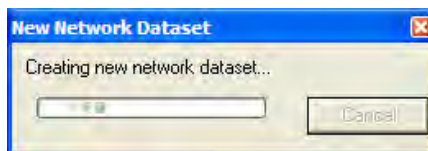
จากรูปในส่วน General จะสามารถกำหนดหน่วยของการแสดงผล และชื่อของถนนได้ ส่วนในแถบ Shield นั้นจะสามารถกำหนดสัญลักษณ์เพื่อตามลักษณะของถนนได้ เช่น ทางหลวง และทางด่วน นอกจากนี้ในแถบ Boundary จะกำหนดการแสดงผลขอบเขตในทิศทางการขับรถ เช่น ออกจากจังหวัดกรุงเทพมหานคร และกำลังเข้าสู่จังหวัดนนทบุรี เป็นต้น

8. เมื่อกำหนดค่าต่าง ๆ ในการสร้าง Network Dataset ในโหมดเวิร์กสเปซเสร็จแล้วจะแสดงหน้าต่างสรุปค่าต่าง ๆ ไว้ดังรูปก่อนการสร้าง Network Dataset



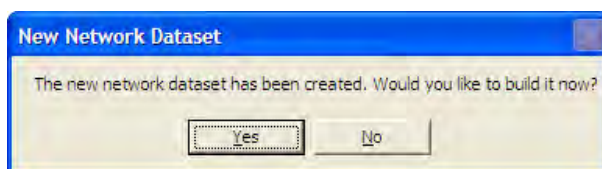
รูปที่ 4-20 แสดงหน้าต่างสรุปค่าต่าง ๆ

9. เมื่อการกำหนดค่าต่างๆ เสร็จสิ้นแล้ว คลิก Finish เพื่อสั่งให้โปรแกรมสร้าง Network Dataset ขึ้นมา



รูปที่ 4-21 แสดงหน้าต่างการประมวลผล

เมื่อทำการสร้าง Network Dataset เสร็จแล้วจะมีหน้าต่างปรากฏขึ้นมาดังรูป



รูปที่ 4-22 การตอบรับการสร้าง Network Dataset

ตอบ Yes ที่หน้าต่างนี้โปรแกรมจะทำการ Build Network Dataset เพื่อสร้าง Network

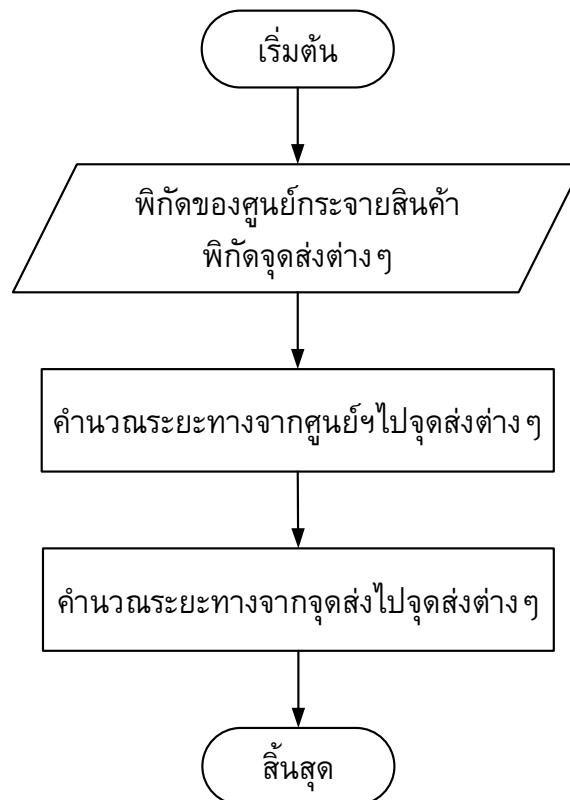


รูปที่ 4-23 การ Build Network Dataset

โดย Network Dataset ที่สร้างใหม่จะมีปรากฏขึ้นโดยมี Icons ขึ้นมา และจะมี Point Feature เพิ่มขึ้นมาเพื่อแสดงการเชื่อมต่อ (Junction) ของแต่ละเส้นทาง

4.2.2 การเตรียมข้อมูลระยะทาง

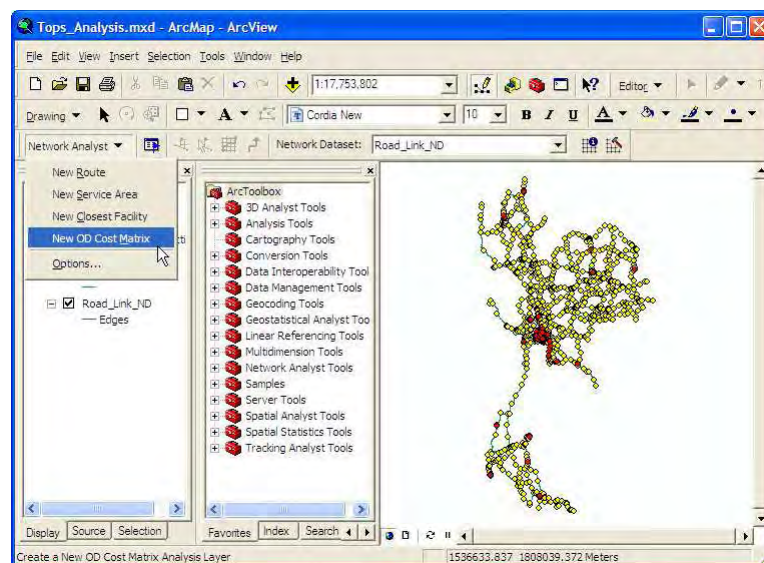
เป็นการหาค่าระยะทางโดยเป็นการประยุกต์วิธีการหาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใดๆ (Origin-Destination Cost Matrix) ซึ่งจะทำให้สามารถรู้ค่าระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังสาขาต่างๆ ของท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต และจากสาขาของท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต ไปยังสาขาด้วยกัน เพื่อที่จะนำข้อมูลระยะทางที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งสินค้า โดยกระบวนการในการหาค่าระยะทางสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4-24 กระบวนการในการหาค่าระยะทาง

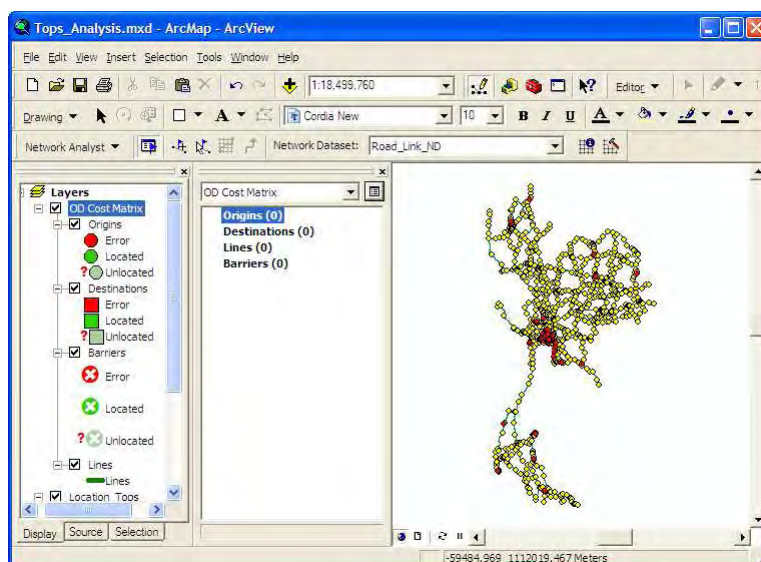
โดยขั้นตอนต่างๆ สามารถที่จะทำได้ใน ArcMap ดังตัวอย่างต่อไปนี้ ที่แสดง OD Matrix จากศูนย์กระจายสินค้าไปยังร้านค้าต่างๆ

1. ไปที่เครื่องมือ Network Analyst แล้วเลือก New OD Cost Matrix ดังรูป



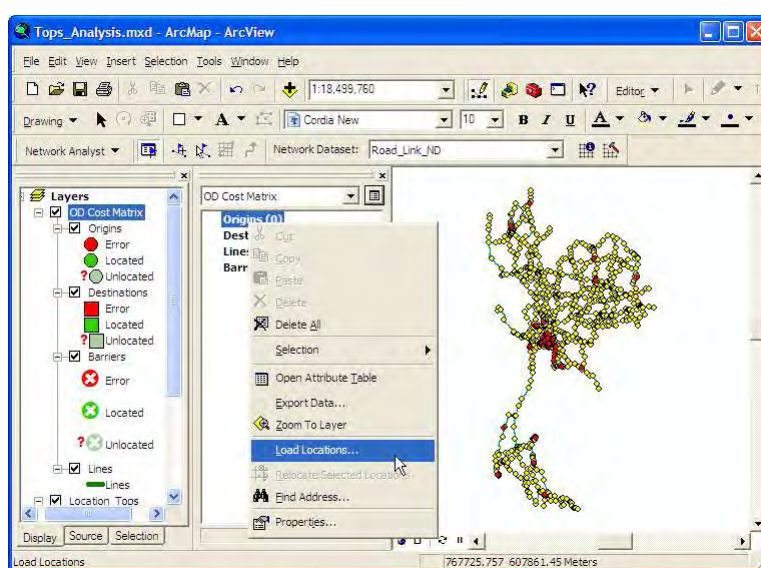
รูปที่ 4-25 การสร้าง New OD Cost Matrix

2. OD Cost Matrix Layer จะปรากฏขึ้นมาใน TOC จากนั้นทำการเปิด Network Analyst ขึ้นมาดังรูป



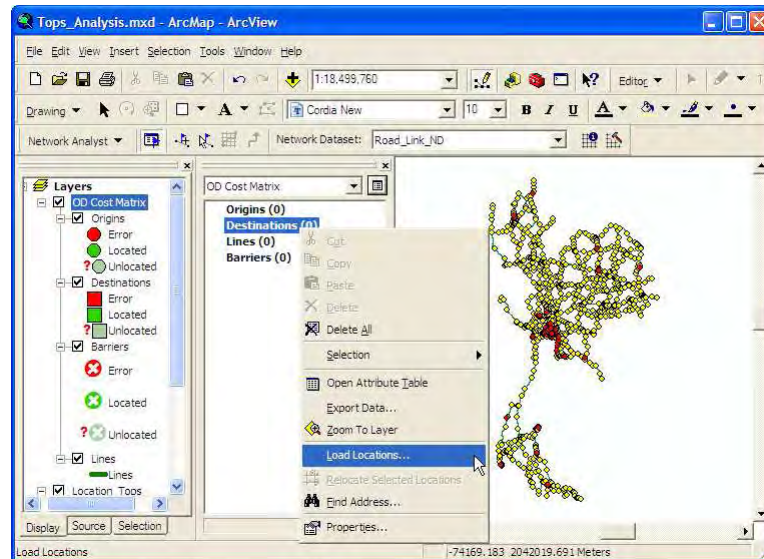
รูปที่ 4-26 แสดงหน้าต่างของ Network Analyst

3. ระบุตำแหน่งของจุดเริ่มต้น (Origin) โดยคลิกขวาไปที่ Origins ใน Network Analyst Window แล้วเลือก Load Locations และชั้นข้อมูลของโกดังสินค้า เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในแบบที่แล้ว กราฟิกแสดงจุดเริ่มต้นจะปรากฏขึ้นมาบนแผนที่ ดังรูป



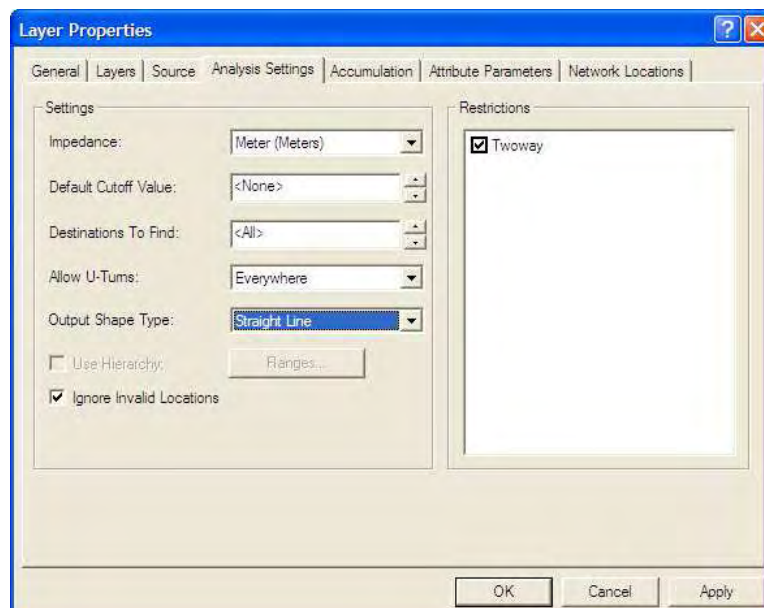
รูปที่ 4-27 แสดงระบุตำแหน่งของจุดเริ่มต้น

4. ระบุตำแหน่งของปลายทาง (Destination) โดยคลิกขวาไปที่ Destinations ใน Network Analyst Window แล้วเลือก Load Locations และชั้นข้อมูลของร้านค้า กราฟแสดงปลายทางจะปรากฏขึ้นมาบนแผนที่ ดังรูป



รูปที่ 4-28 แสดงระบุตำแหน่งของจุดปลายทาง

5. คลิกที่ปุ่ม  เพื่อเปิดหน้าต่างคุณสมบัติของ Service Area Layer แล้วเลือกที่แถบ Analysis Settings เพื่อกำหนดคุณสมบัติของการวิเคราะห์ ดังรูป



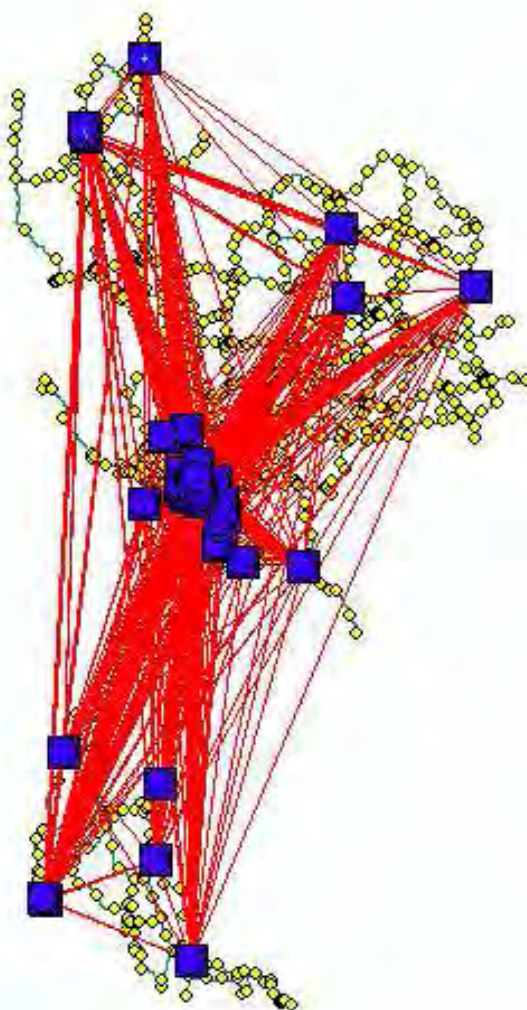
รูปที่ 4-29 การกำหนดคุณสมบัติของการวิเคราะห์

โดยจะสามารถกำหนดค่าต่างๆ ได้คล้ายกับการวิเคราะห์หาเส้นทาง และการกำหนดคุณสมบัติอื่นๆ ดังนี้

Default Cutoff Value คือการกำหนดขอบเขตในการสร้าง OD Cost Matrix ถ้าปลายทางมี Cost ที่วิเคราะห์มากกว่าค่าที่กำหนดไว้ จะไม่ถูกนำมาแสดงใน OD Cost Matrix

Destinations To Find คือการกำหนดจำนวนของปลายทางต่อจุดเริ่มต้นหนึ่งจุด ซึ่งจะแสดงจาก Cost ที่ต่ำที่สุด แล้วไล่ไปตามจำนวนของปลายทางที่กำหนดไว้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้ากำหนดให้จำนวนของปลายทางต่อจุดเริ่มต้นเท่ากับ 3 OD Cost Matrix จะแสดงเฉพาะปลายทางสามแห่งที่มี Cost ต่ำที่สุด

6. คลิปปุ่ม  เพื่อหาผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ ซึ่งจะมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 4-30 ผลการวิเคราะห์ OD cost matrix

4.3 กระบวนการวิเคราะห์ผล

การพัฒนากระบวนการสำหรับการวิเคราะห์เพื่อจัดเส้นทางเดินรถนี้ได้ออกแบบให้พนักงานสามารถแก้ไขข้อมูลได้ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ โดยโปรแกรมจะทำการประมวลผลหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการขนส่งสินค้า จากเงื่อนไขต่างๆ ที่พนักงานเป็นผู้ใส่ลงไปในโปรแกรม โดยที่โปรแกรมจะมีกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อที่จะได้ผลลัพธ์ออกมา ซึ่งจะใช้สมการ Saving Algorithm ของ Clarke and Wright โดยมีกระบวนการดังต่อไปนี้

1. สร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) โดยการกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทางมีลูกค้าเพียงจำนวน 1 สาขาเท่านั้น ดังนั้นเราจะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนสาขาของของท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ตทั้งหมด
2. คำนวณค่าความประหยัดของระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Saving Cost) ระหว่างสาขา 2 สาขา นั่นคือ สาขา i และสาขา j ดังมีสมการที่ 4.1

$$S_{i-j} = C_{i-DC} + C_{DC-j} - C_{i-j} \quad (4.1)$$

3. เรียงลำดับค่าความประหยัด (s_{i-j}) จากมากไปหาน้อย
4. รวมเส้นทางของสาขา i และสาขา j ให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน
5. ทำซ้ำจนกระทั่งจัดเส้นทางยานพาหนะได้ครอบคลุมลูกค้าทั้งหมด โดยที่มีเงื่อนไขข้อจำกัดในการเดินทางแต่ละยานพาหนะจะต้องมีสินค้าไม่เกินความจุของยานพาหนะ

โดยผลการคำนวณจากสมการ Saving Algorithm จะถูกนำไปเก็บไว้ในตาราง ซึ่งค่าความประหยัดของระยะทางจากทุกสาขาดันทางไปยังแต่ละสาขาปลายทางจะแสดงค่าดังกล่าวในตารางดังรูป

	A	B	C	D
1	OBJECTID	STORE_A	STORE_B	SAVING
2	87.00000	AP	YR	1341.28905
3	26.00000	AP	KS	31.82164
4	13.00000	AP	CM	31.92473
5	10.00000	AP	CE	71.09692
6	82.00000	AP	UM	8.70290
7	22.00000	AP	IP	31.82164
8	30.00000	AP	MH	28.88589
9	3.00000	AP	AT	1336.88601
10	65.00000	AP	SB	26.20177
11	34.00000	AP	NA	31.18058
12	61.00000	AP	RS	24.41808
13	68.00000	AP	SI	19.36706

รูปที่ 4-31 ตารางการวิเคราะห์ความประหยัดระยะทาง

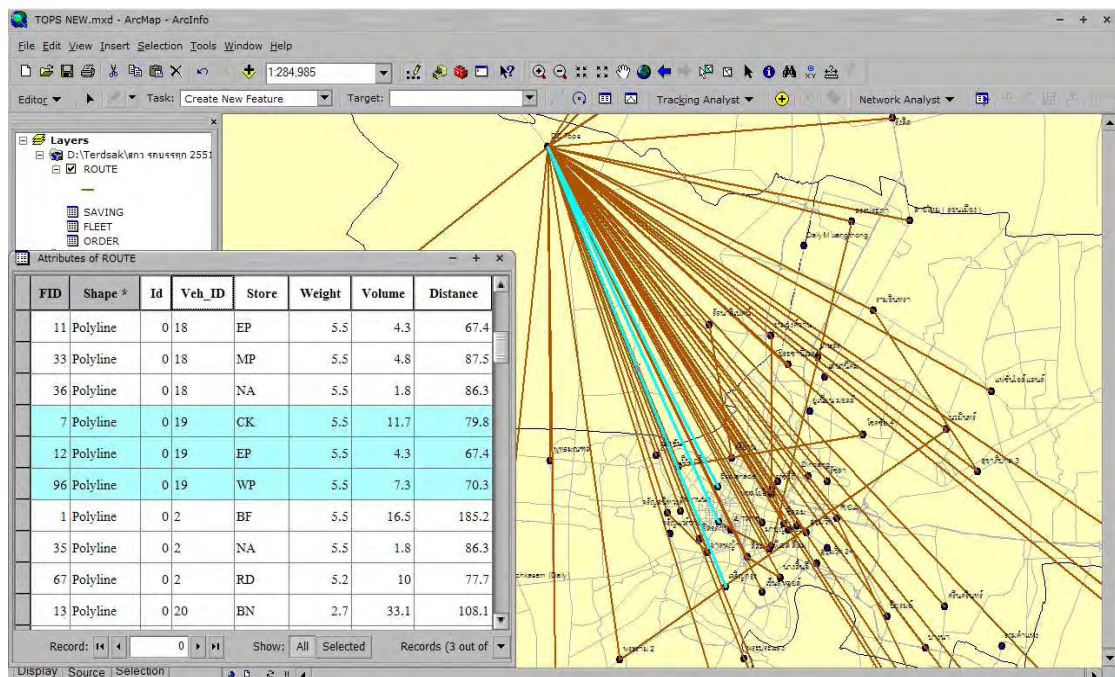
กระบวนการการวิเคราะห์เส้นทางการขนส่งสินค้าจะถูกพัฒนาบนโปรแกรม ArcGIS เพื่อให้ง่ายแก่กระบวนการนำเสนอผลงาน โดยในส่วนการพัฒนาระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้มีการออกแบบให้พนักงานสามารถแก้ไขข้อมูลได้ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ เช่น การกำหนดขนาดของรถบรรทุก เวลาในการขนย้ายสินค้า โดยลักษณะของโปรแกรมจะถูกแสดงดังรูป ซึ่งได้มีการกำหนดให้สามารถกำหนดประสิทธิภาพของรถบรรทุกสินค้าได้ถึง 3 ประเภท

Constraint	Truck Type 1	Truck Type 2	Truck Type 3
Weight	5.5 ton/vehicle	5.5 ton/vehicle	5.5 ton/vehicle
Volume	24.00 m3/vehicle	31.50 m3/vehicle	33.12 m3/vehicle
Load Time	30 min	30 min	30 min

รูปที่ 4-32 หน้าจอแสดงการวิเคราะห์การจัดเส้นทาง

4.4 กระบวนการนำเสนอ

การแสดงผลของโปรแกรมจะถูกแสดงออกมาในรูปแบบของเส้นทางที่ทำการขนส่ง โดยเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดที่ทำการขนส่งสินค้าจะถูกแสดงขึ้นบนหน้าจอแสดงผลของ ArcGIS พร้อมทั้งข้อมูลเส้นในการขนส่งสินค้าไปยังแต่ละสถานที่ในรูปแบบของตารางที่สามารถเรียกดูได้จาก ArcGIS โดยเส้นทางจะถูกนำเสนอหลังจากผ่านกระบวนการวิเคราะห์



รูปที่ 4-33 แสดงเส้นทางการเดินรถ

	A	E	F	G	H	I	J
1	ID	STORE_ID	STATUS	VOLUME	WEIGHT	START	END
2	1	RB,BP	1	9.8	4	1:00	10:15
3	1	PK,LC	2	32.3	5.1	17:30	0:45
4	2	RA	1	10.8	5.5	13:15	17:30
5	2	CL	1	18.6	5.5	19:00	0:45
6	2	BF	1	16.5	5.5	5:45	12:00
7	3	AS	3	14.7	5.2	19:00	0:45
8	3	CP	3	3	5.4	2:15	7:30
9	4	BM	1	15.3	5.5	17:30	22:15
10	4	RM	1	19.2	5.5	22:15	3:45
11	4	RC	1	18	5.5	5:15	11:30
12	6	SR	2	33.1	3	21:30	5:15
13	7	BS	1	18.1	5.5	0:15	7:30
14	7	SL	1	5.1	5.5	16:00	21:45
15	7	PN	1	7	5.5	8:15	13:30
16	8	SR,BS	2	28	3.3	21:45	7:00
17	8	VM	3	14.7	5.1	7:15	12:30
18	9	SK	2	33.1	4.7	0:15	6:30
19	9	CB	1	16.8	5.5	11:45	0:00
20	9	PN	1	7	5.5	8:45	13:00
21	10	RT	1	5.4	5.5	17:15	22:30
22	10	UT,KK	2	24.4	2.3	8:00	7:15
23	11	CB	3	14	4.6	8:30	6:15

รูปที่ 4-34 ตารางแสดงการจัดเส้นทาง

โดยข้อมูลในตารางจะแสดงให้เห็นเส้นทางการขนส่งสินค้า ว่ารถบรรทุกแต่ละคันจะต้องเดินทางไปไหนบ้าง รวมทั้งยังบอกถึงประเภทรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้า เพื่อให้พนักงานผู้ใช้โปรแกรมสามารถจัดรถขนส่งสินค้าได้

4.5 ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าได้คำนึงถึงการใช้งานของพนักงานที่จะใช้โปรแกรมนี้อย่างยิ่ง จึงได้ออกแบบหน้าต่างที่ใช้สำหรับติดต่อผู้ใช้งานของโปรแกรมให้มีความสะดวกในการทำงาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดในการใช้งาน โดยได้แบ่งส่วนติดต่อผู้ใช้งานออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนนำเข้าข้อมูล (Input) ส่วนควบคุมคุณสมบัติของรถบรรทุก (Configuration) และส่วนสุดท้ายเป็นส่วนวิเคราะห์ผล (Analysis) ซึ่งจะอธิบายการใช้ส่วนต่างต่อไป

4.5.1 ส่วนนำเข้าข้อมูล

การนำเข้าข้อมูลของโปรแกรมการจัดเส้นทางจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ข้อมูลในรูปแบบของ .shp และข้อมูลในรูปแบบของตาราง .dbf โดยผู้ใช้สามารถกดปุ่มเพื่อทำการเลือกไฟล์ที่ต้องการใช้ได้โดยตรง



รูปที่ 4-35 หน้าต่างการนำเข้าข้อมูล

4.5.2 ส่วนควบคุมคุณสมบัติ

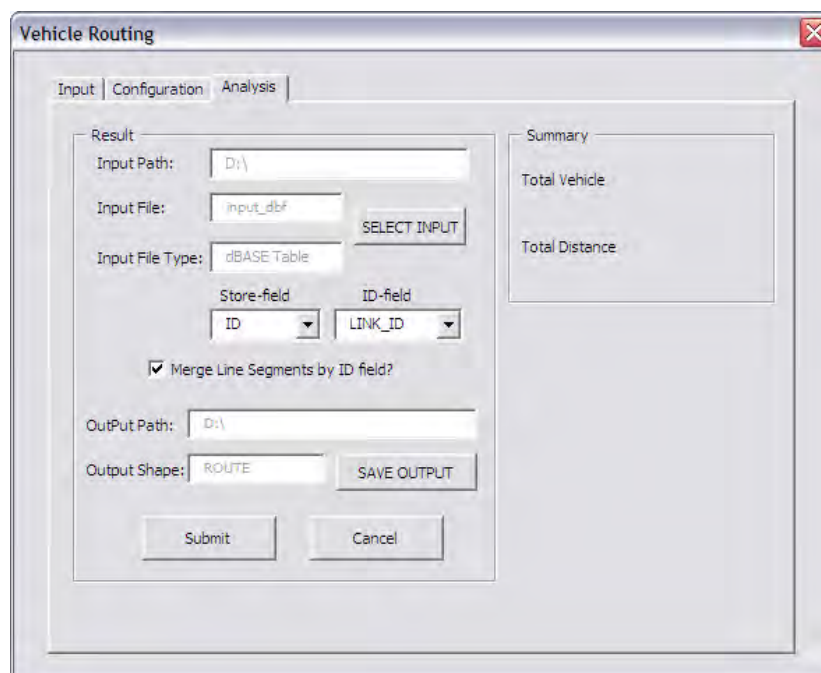
เนื่องจากรถบรรทุกสินค้านี้มีหลายประเภททางผู้วิจัยจึงสร้างหน้าต่างให้ผู้ใช้สามารถกำหนดคุณสมบัติของรถบรรทุกได้ 3 ประเภท โดยในแต่ละประเภทจะสามารถกำหนดถึงน้ำหนักในการบรรทุกสินค้า ปริมาตรในการบรรทุกสินค้า และเวลาที่ใช้ในการยกสินค้าขึ้นลงจากรถบรรทุกสินค้า

	Truck Type 1	Truck Type 2	Truck Type 3
Weight	5.5 ton/vehicle	5.5 ton/vehicle	5.5 ton/vehicle
Volume	24.00 m3/vehicle	31.50 m3/vehicle	33.12 m3/vehicle
Load Time	30 min	30 min	30 min

รูปที่ 4-36 หน้าต่างการกำหนดคุณสมบัติ

4.5.3 ส่วนวิเคราะห์ผล

ส่วนนี้จะเป็นการนำเข้าข้อมูลที่ถูกประมวลผลแล้วมาทำการสร้างเส้นทาง ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดได้ว่าจะบันทึกผลที่ได้จากการประมวลผลแล้วไปอยู่ที่ใด เพื่อให้ง่ายต่อการเรียกออกมาแสดงต่อไป



The image shows a 'Vehicle Routing' dialog box with three tabs: 'Input', 'Configuration', and 'Analysis'. The 'Input' tab is active. It contains a 'Result' section with fields for 'Input Path' (D:\), 'Input File' (input_dbf), and 'Input File Type' (dBASE Table). There are 'SELECT INPUT' and 'SAVE OUTPUT' buttons. Below these are dropdowns for 'Store-field' (ID) and 'ID-field' (LINK_ID), and a checked checkbox for 'Merge Line Segments by ID field?'. The 'Output Path' is D:\ and the 'Output Shape' is ROUTE. At the bottom are 'Submit' and 'Cancel' buttons. A 'Summary' section on the right shows 'Total Vehicle' and 'Total Distance'.

Vehicle Routing

Input | Configuration | Analysis

Result

Input Path: D:\

Input File: input_dbf

Input File Type: dBASE Table

SELECT INPUT

Store-field: ID

ID-field: LINK_ID

☒ Merge Line Segments by ID field?

Output Path: D:\

Output Shape: ROUTE

SAVE OUTPUT

Submit Cancel

Summary

Total Vehicle

Total Distance

รูปที่ 4-36 หน้าต่างการวิเคราะห์ผล

บทที่ 5

ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์ผล

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมของการวิจัยนี้ได้นำมาเปรียบเทียบการจัดทางเส้นทางการขนส่งที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นหลังจากได้มีการพัฒนาโปรแกรม โดยแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วนดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์การจัดเส้นทางในปัจจุบัน
2. ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม

5.1 ผลการวิเคราะห์การจัดเส้นทางในปัจจุบัน

ได้ทำการสำรวจข้อมูลในการจัดเส้นทางของการขนส่งสินค้าหนึ่งวันของทางของท๊อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต ซึ่งเมื่อทำการสำรวจข้อมูลพบว่าในวันที่ทำการสำรวจท๊อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ตใช้รถในการขนส่งสินค้าทั้งหมด 66 คัน รวมระยะทางทั้งสิ้น 29,750.90 กิโลเมตร โดยสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการจัดเส้นทางในปัจจุบัน

คันที่	สาขา	สาขา	สาขา	ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที)
1	NN	BP	SL	288.76	559
2	NN	BF	SL	343.59	614
3	SV	BF	SL	345.26	615
4	SV	PA	SL	286.99	557
5	SV	NV	TC	220.59	491
6	RD	NV	TC	215.77	486
7	RD	PE	WP	212.97	483
8	SO	RA	WP	394.49	664
9	SO	RA	WP	394.49	664
10	SK	RC	JW	251.35	521
11	SK	RC	CB	753.20	1,023
12	RB	CK	CB	866.29	1,136
13	RB	FL	BM	350.54	621
14	RB	FL	BM	350.54	621

คันที่	สาขา	สาขา	สาขา	ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที)
15	BS	RA	BN	403.96	674
16	BS	RS	NL	405.69	676
17	PP	RI	RT	189.25	459
18	PP	RI	RT	189.25	459
19	RM	SW	RT	249.13	519
20	RM	SW	SA	224.90	495
21	SN	SY	SI	234.85	505
22	SN	SY	AS	255.51	526
23	NA	TP	CT	277.47	547
24	NA	TP	LY	275.57	546
25	NA	VM	LY	231.98	502
26	CP	CK	NL	234.32	504
27	OC	RS	NL	384.26	654
28	OC	PU		323.27	503
29	MH			1,327.29	1,417
30	UT			1,114.62	1,205
31	KK			873.83	964
32	KK			873.83	964
33	HY			1,902.19	1,992
34	HY			1,902.19	1,992
35	HY			1,902.19	1,992
36	HY			1,902.19	1,992
37	HY			1,902.19	1,992
38	HY			1,902.19	1,992
39	HY			1,902.19	1,992
40	FL	BN		191.79	372
41	MP	MK		163.98	344
42	MP	MK		163.98	344
43	PN	NL		147.49	327
44	PN	PK		122.55	303
45	PN	PK		122.55	303

คันที่	สาขา	สาขา	สาขา	ระยะทาง (กม.)	เวลา(นาที)
46	PK			59.99	150
47	PY			98.79	189
48	PY			98.79	189
49	SC			80.13	170
50	SC			80.13	170
51	LC			75.13	165
52	PS			79.35	169
53	PS			79.35	169
54	LK			124.47	214
55	LK			124.47	214
56	LK			124.47	214
57	CL			79.05	169
58	CL			79.05	169
59	SR			279.15	369
60	SR			279.15	369
61	SS			84.22	174
62	SS			84.22	174
63	EP			67.38	157
64	EP			67.38	157
65	EP			67.38	157
66	EP			67.38	157
รวม				29,750.90	41,181

5.2 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม

การประมวลผลจากโปรแกรมได้เลือกวันเดียวกับวันที่ได้ไปสำรวจข้อมูล เพื่อให้มีปริมาณการขนส่งที่เท่ากัน โดยเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาประยุกต์เข้ากับโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นพบว่าจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด 50 คัน ระยะทางทั้งสิ้น 26,604.85 กิโลเมตร โดยสามารถแสดงผลการคำนวณของโปรแกรมได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม

คันที่	สาขา	สาขา	สาขา	สาขา	สาขา	ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที)
1	RB	BP	PK	LC		388.22	748
2	RA	CL	BF			307.61	578
3	AS	CP				150.05	330
4	BM	RM	RC			215.80	486
5	SR					279.15	369
6	BS	SL	PN			392.59	663
7	SR	BS	VM			352.30	622
8	SK	CB	PN			725.64	996
9	RT	UT	KK			1,193.63	1,464
10	CB					566.67	657
11	SC					80.13	170
12	NA	EP	MP			241.24	511
13	EP	CK				147.17	327
14	BN	SS	SY			260.24	530
15	KK					873.83	964
16	LK					124.47	214
17	WP	FL				153.98	334
18	LK	FL				208.12	388
19	HY					1,902.19	1,992
20	NA	HY	PE			2,053.49	2,323
21	RS	NA	PY			189.89	460
22	HY					1,902.19	1,992
23	HY					1,902.19	1,992
24	HY					1,902.19	1,992
25	HY					1,902.19	1,992
26	HY					1,902.19	1,992
27	RS	JW	LY	OC	BF	372.71	823
28	SL	LK	SO	SW		455.82	816
29	LY	EP	RI			203.67	474
30	MH					1,327.29	1,417

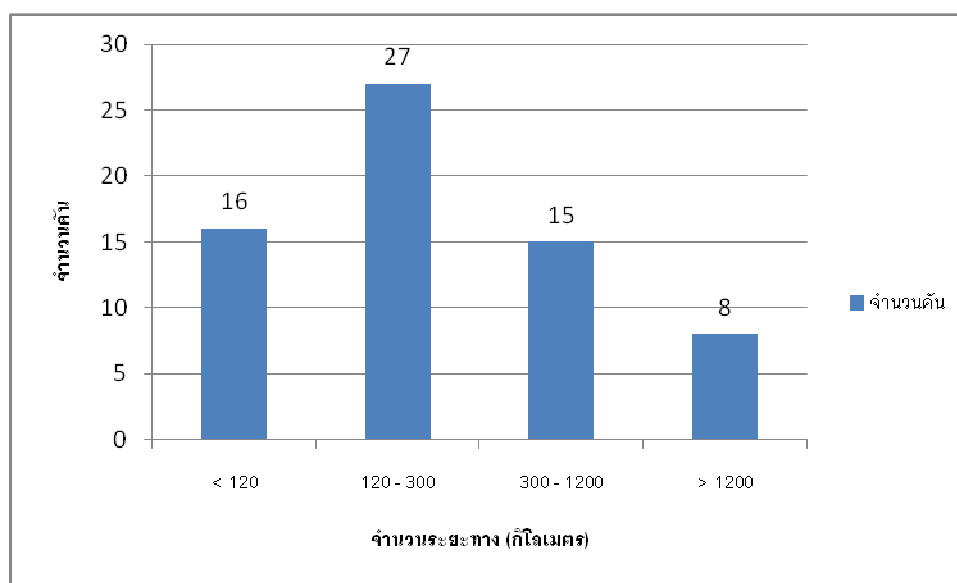
คันที่	สาขา	สาขา	สาขา	สาขา	สาขา	ระยะทาง (กม.)	ระยะทาง (กม.)
31	SN	PS				186.52	367
32	SL	NL	SW	MP		182.29	542
33	NL	NN				165.74	346
34	NL	RB				304.77	485
35	NL	RB				304.77	485
36	OC	SA	PS			320.58	591
37	WP					70.33	160
38	PK	NN	RC	TP		264.11	624
39	PK	RD	TP			254.39	524
40	WP	SC				80.26	260
41	RT	SO				354.13	534
42	TC	PN				118.55	299
43	PP	SV	SY	RA		204.13	564
44	RD	PP	CT			153.33	423
45	PU					92.24	182
46	SK	RI	PY			195.20	465
47	RA	MK				119.81	300
48	RM	NV	RT	CL		198.88	559
49	TC	SV				138.47	318
50	SI	SL	NV			219.47	489
รวมระยะทาง						26,604.85	37,135

5.3 วิเคราะห์ผลการวิเคราะห์

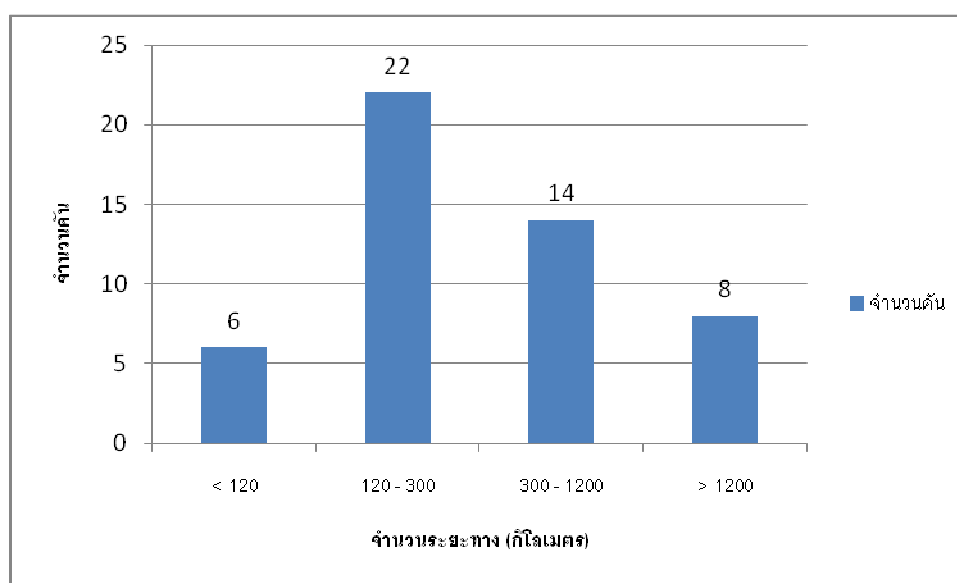
เมื่อนำผลการวิเคราะห์การจัดเส้นทางในปัจจุบันมาเปรียบเทียบกับผลของการจัดเส้นทางโดยใช้โปรแกรมจะพบว่าจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งของการจัดเส้นทางโดยโปรแกรมใช้รถจำนวน 50 คัน ซึ่งน้อยกว่าการจัดเส้นทางในปัจจุบัน 16 คัน หรือถ้าคิดเป็นร้อยละ สามารถลดจำนวนการใช้รถได้ถึงร้อยละ 24 จากการใช้รถขนส่งในปัจจุบัน ในส่วนระยะทางโดยรวมที่ทำการขนส่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบ จะพบว่าการจัดเส้นทางโดยใช้โปรแกรมมีระยะทางรวม 26,604.85 กิโลเมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางในปัจจุบันสามารถลดระยะทางได้ทั้งสิ้น 3,146.05 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 11 จากการขนส่งในปัจจุบัน ในส่วนการเปรียบเทียบด้านเวลาของการทำงานโดยรวมของการจัดเส้นทางโดย

โปรแกรมมีเวลารวมอยู่ที่ 619 ชั่วโมง กับเวลาในการจัดเส้นทางในปัจจุบันสามารถลดระยะเวลาในการทำงานได้ 67 ชั่วโมง หรือประมาณร้อยละ 9 จากการจัดเส้นทางที่มีอยู่ในปัจจุบัน

โดยสามารถสรุปจำนวนการใช้รถตามระยะทางของการจัดเส้นทางในปัจจุบัน และการจัดเส้นทางโดยใช้โปรแกรมได้ดังรูปที่ 5.1- 5.2



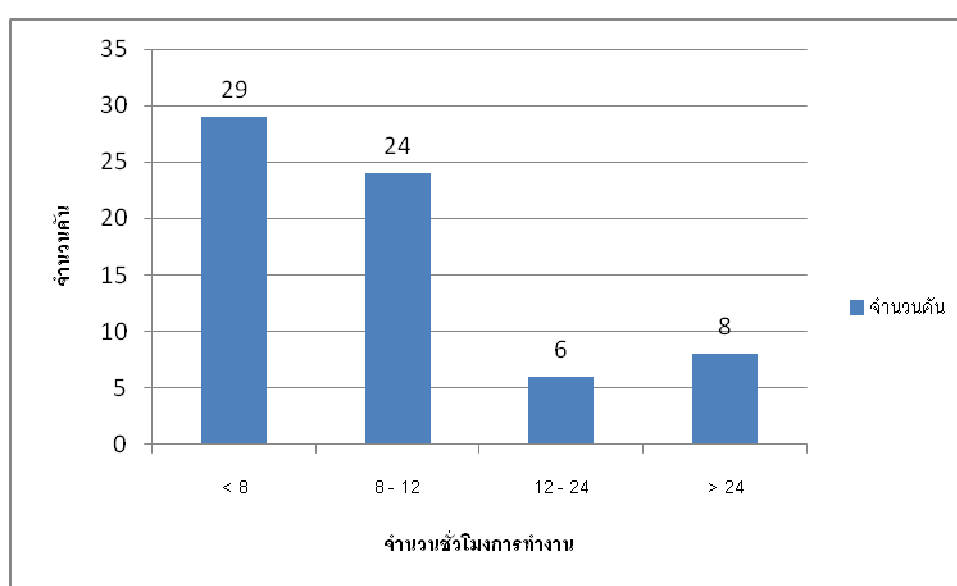
รูปที่ 5.1 จำนวนการใช้รถในแต่ละระยะทางในปัจจุบัน



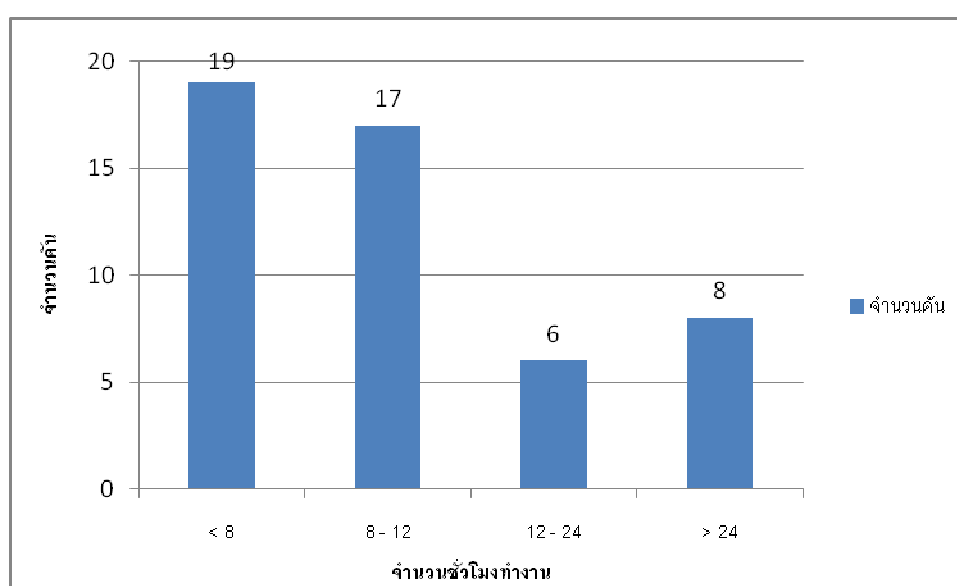
รูปที่ 5.2 จำนวนการใช้รถในแต่ละระยะทางโดยโปรแกรม

เมื่อดูถึงร้อยละโดยเฉลี่ยแล้วจะพบว่าการจัดเส้นทางโดยโปรแกรมมีระยะทางอยู่ในช่วง 120 – 1,200 กิโลเมตร ถึงร้อยละ 72 ผิดกับการจัดเส้นทางในปัจจุบันที่มีอยู่เพียงร้อยละ 63 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดเส้นทางโดยการใช้โปรแกรมทำให้สามารถใช้รถได้คุ้มค่างว่าการจัดเส้นทางในปัจจุบัน

ในส่วนผลของจำนวนรถเมื่อเทียบกับเวลา สามารถสรุปได้ในรูปที่ 5.3 – 5.4 ซึ่งจะแบ่งเป็นการจัดเส้นทางในปัจจุบันกับการจัดเส้นทางโดยการใช้โปรแกรม



รูปที่ 5.3 จำนวนการใช้รถในแต่ละเวลาในปัจจุบัน



รูปที่ 5.4 จำนวนการใช้รถในแต่ละเวลาโดยโปรแกรม

จากจำนวนการใช้รถในแต่ละช่วงเวลาจะพบว่าจำนวนรถของการจัดเส้นทางโดยโปรแกรมในช่วงเวลาที่มากกว่า 12 ชั่วโมง จะเท่ากับการจัดเส้นทางในปัจจุบัน แต่จะลดลงในช่วงเวลาที่ไม่ถึง 12 ชั่วโมงจะลดลง โดยในส่วนรถที่ทำงานเกิน 24 ชั่วโมง เมื่อสังเกตจะพบว่าเป็นในส่วนของรถที่เดินทางไปยังจังหวัดสงขลา จึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการเดินทางมาก การจัดการในส่วนนี้จะถือว่าการใช้รถ 2 วัน ซึ่งจะไม่นำรถที่กล่าวมามาใช้ในวันต่อไป

โดยเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ซึ่งค่าใช้จ่ายในการขนส่งของรถแต่ละคันมีค่าเท่ากับ 8,481.06 บาท/คัน/วัน (กวี, 2549) จะพบว่าค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางในปัจจุบันมีค่าเท่ากับ 559,749.96 บาท/วัน และในส่วนผลของการจัดเส้นทางโดยโปรแกรมมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 424,053 บาท/วัน โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้ถึงวันละ 135,696.96 บาท/วัน

บทที่ 6

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการนี้ได้ประยุกต์ใช้ความสามารถของระบบ GIS ผสมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อช่วยในการบริหารจัดการรถบรรทุกสินค้าให้มีประสิทธิภาพกว่าในปัจจุบันที่จัดการโดยคน โดยมีวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานอยู่ 2 ประการคือ

- เพื่อเสนอแนะระบบการบริหารจัดการรถบรรทุกสำหรับการจัดส่งสินค้าด้วย GIS
- เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาในการลดการใช้พลังงานและต้นทุนการขนส่งสินค้า โดยใช้การขนส่งสินค้าของ Tops Supermarket เป็นกรณีศึกษา

โดยกำหนดขอบเขตการศึกษาเฉพาะการจัดการเส้นทางขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียวไปยังสาขาต่างๆ ของท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต โดยแบ่งการดำเนินงานเป็นดังนี้

1. การทบทวนทฤษฎีการจัดการเส้นทาง
2. การสำรวจและรวบรวมข้อมูล
3. การออกแบบโปรแกรม
4. การวิเคราะห์ผลและนำเสนอผล

6.1 การทบทวนทฤษฎีการจัดการเส้นทาง

หลังจากได้ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการจัดการเส้นทาง ได้เลือกใช้สมการ Saving Algorithm ของ Clarke and Wright (1964) มาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมขึ้นบนโปรแกรมของ ArcGIS โดยสามารถอธิบายตัวแปรต่างๆ ได้ดังนี้

$$S_{i-j} = C_{i-DC} + C_{DC-j} - C_{i-j} \quad (2.3)$$

โดยที่

- | | | |
|------------|---|--|
| S_{i-j} | = | ค่าความประหยัดของ ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Saving Cost) ระหว่างสาขา 2 สาขา นั่นคือ สาขา i และสาขา j |
| C_{i-DC} | = | ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างสาขา i และ ศูนย์กระจายสินค้า (DC) |
| C_{DC-j} | = | ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC) และสาขา j |
| C_{i-j} | = | ระยะทางหรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างสาขา i และสาขา j |

6.2 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ได้มีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลของในการที่จะพัฒนาแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพนั้น ต้องอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่มีคุณภาพพอที่จะเป็นตัวแทนของรูปแบบการขนส่งได้ ซึ่งในการวิจัยนี้จะมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องจะได้อาจจากการเก็บข้อมูลของของท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ตทุกสาขา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ที่ตั้งของของท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ต (Location)
- ปริมาณสินค้า แสดงในหน่วยน้ำหนัก (Weight) และปริมาตร (Volume)
- เวลาการนำส่งสินค้า (Timetable)
- ระยะทาง (Distance)
- ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งสินค้า (Time Traveling)
- ความเร็วเฉลี่ย (Average Velocity)

นอกจากข้อมูลของท็อปส์ซูเปอร์มาร์เก็ตแล้ว ยังต้องมีข้อมูลโครงข่ายถนน (Road Network) ซึ่งได้จากสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) โดยจะใช้ข้อมูลดังกล่าวเป็นฐานข้อมูลที่จะใช้ในการพัฒนาโปรแกรมต่อไป

6.3 การพัฒนาโปรแกรม

ในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพ โดยการศึกษาได้แบ่งขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

- โครงสร้างฐานข้อมูล
- กระบวนการเตรียมข้อมูล
- กระบวนการวิเคราะห์ผล
- กระบวนการนำเสนอ

โครงสร้างฐานข้อมูลจะถูกรวบรวมแล้วเก็บข้อมูลอยู่ในรูปแบบ .shp กระบวนการเตรียมข้อมูลจะนำข้อมูลโครงข่ายถนน (Road Network) มาทำการตั้งค่าคุณสมบัติเพื่อที่จะใช้วิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) เพื่อที่จะได้ค่าระยะทางจากวิธีการหาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใดๆ (Origin-Destination Cost Matrix) โดยกระบวนการวิเคราะห์ผลจะนำค่าระยะทางที่ได้จากกระบวนการเตรียมข้อมูลมาใส่ในสมการ Saving Algorithm แล้วกำหนดคุณสมบัติของรถบรรทุกสินค้า และกรอบเวลาในการทำงาน ซึ่งผลที่ได้จะถูกนำเสนอในรูปแบบเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการขนส่งสินค้า

โดยพนักงานสามารถเรียกดูข้อมูลในการขนส่งสินค้าของรถบรรทุกแต่ละคันได้จากตารางเส้นทางที่ถูกบันทึกอยู่ในโปรแกรม

6.4 การวิเคราะห์ผลและนำเสนอผล

การวิเคราะห์เส้นทางการขนส่งโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาบนระบบ GIS โดยการพัฒนาระบบได้ออกแบบให้พนักงานสามารถแก้ไขข้อมูลได้ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ เช่น การกำหนดขนาดของรถบรรทุก เวลาการส่งสินค้า โดยเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดที่ทำการขนส่งสินค้าจะถูกแสดงขึ้นบนหน้าจอแสดงผลของ ArcGIS พร้อมทั้งข้อมูลเส้นในการขนส่งสินค้าไปยังแต่ละสถานที่ในรูปแบบของตารางที่สามารถเรียกดูได้จาก ArcGIS โดยสามารถแสดงได้ทั้งแบบตาราง และในแบบเส้นทางบนแผนที่

6.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรม

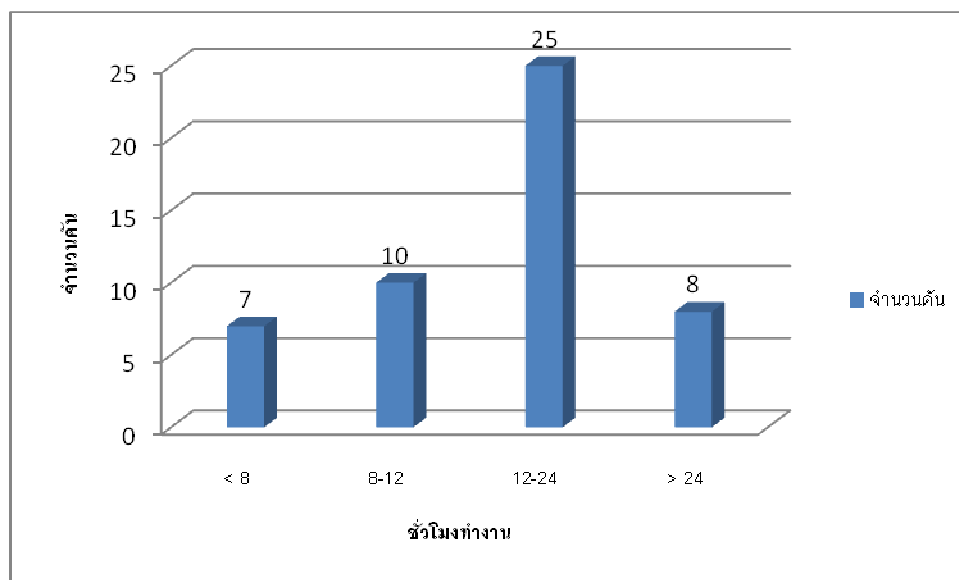
ผลจากการวิเคราะห์การจัดเส้นทางด้วยโปรแกรมเมื่อนำเอามาเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางโดยคนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน พบว่าผลของการจัดเส้นทางโดยใช้คนใช้รถขนส่งสินค้าจำนวน 66 คัน ระยะทางทั้งหมด 29,751 กิโลเมตร ส่วนผลจากโปรแกรมใช้รถในการขนส่งสินค้าจำนวน 50 คัน เป็นระยะทางทั้งสิ้น 26,605 กิโลเมตร โดยเฉลี่ยรถ 1 คัน วิ่งด้วยระยะทางประมาณ 532 กิโลเมตร คิดเป็นการลดจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งได้ร้อยละ 21 และเป็นการลดระยะทางในการวิ่งรถได้ร้อยละ 11 เมื่อเปรียบเทียบด้านเวลาที่ใช้ในการจัดเส้นทางจะทำให้เห็นว่าเวลาที่ใช้ประมวลผลของโปรแกรมใช้เวลาเพียง 5 นาที ในขณะที่การจัดเส้นทางโดยใช้คนจะกินเวลาถึง 2 ชั่วโมง 15 นาที โดยสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 6.1 ตารางเปรียบเทียบการทำงาน

	รูปแบบในการจัดเส้นทาง	
	โดยคน	โดยโปรแกรม
จำนวนรถ (คัน)	66	50
ระยะทาง (กิโลเมตร)	29,751	26,605
เวลาในการประมวล (นาที)	135	5

นอกจากผลของจำนวนรถและระยะทางในการเดินทางแล้ว ยังสามารถวิเคราะห์ให้เห็นว่ารถบรรทุกสินค้าในแต่ละคันมีชั่วโมงการทำงานเป็นยังงั้ โดยเมื่อนำมาสรุปแล้วจะเห็นว่ามรถบรรทุกอยู่ 7 คัน ที่ทำงานน้อยกว่า 8 ชั่วโมง และมีรถบรรทุก 8 คัน ที่ทำงานเกิน 24

ชั่วโมง ซึ่งสามารถสรุปค่าการทำงานของรถบรรทุกและจำนวนรถบรรทุกที่ทำงานได้ดังรูปต่อไปนี



รูปที่ 6.1 แสดงจำนวนชั่วโมงการทำงานของรถบรรทุก

6.6 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยการจัดเส้นทางเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์ในอนาคต ควรพิจารณาให้ดำเนินการตามแนวทาง ดังนี้

- ในขั้นตอนการศึกษานี้ ได้กำหนดระยะทางไป-กลับเท่ากัน ซึ่งความเป็นจริงนั้นเที่ยวไป และเที่ยวกลับอาจใช้เส้นทางที่ขนส่งที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจมีผลจากการถูกกำหนดด้วยเงื่อนไขของเวลา หรือเขตห้ามรถบรรทุกเข้า-ออกตามกฎหมาย ดังนั้นในงานวิจัยในอนาคตอาจมีการพิจารณาระยะทางเที่ยวไป-เที่ยวกลับที่แตกต่างกัน และคำนึงถึงการเข้าถึงพื้นที่ตามกฎหมายกำหนดด้วย
- ควรพิจารณาเรื่องการจัดสรรปริมาณสินค้าให้ใกล้เคียงกัน เพื่อให้เกิดความเท่าเทียมกันระหว่างพนักงานกับรถ
- พัฒนาโปรแกรมบนโปรแกรมภูมิศาสตร์สารสนเทศที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย (freeware) แทนที่โปรแกรม ArcGIS เพื่อที่จะได้ใช้กันอย่างทั่วถึง

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- กวี ศรีเมือง. 2550. การหาจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการขนส่งสินค้าในธุรกิจค้าปลีก กรณีศึกษาที่อปสซูปเปอร์มาร์เก็ต. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาบริหารธุรกิจ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- จารุณี ดีเลิศ. 2543. โครงการกรณีศึกษาสิ่งแวดล้อมเพื่อการวางแผน กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี. เอกสารประกอบการอบรมโปรแกรม ArcGIS และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เบื้องต้น.
- ณกร อินทร์พยุ. 2548. การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมขนส่งและลอจิสติกส์ (Discrete Optimization in Transport and Logistics), หน่วยวิจัย และปฏิบัติการลอจิสติกส์ (BAL-Labs.com) วิทยาลัยการขนส่ง และลอจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา, กรุงเทพมหานคร, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- ธเนศ ทักษิณวราร. 2543. การจัดเส้นทางเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อการกระจายสินค้า. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาบริหารธุรกิจ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ยุทธชาติ บรรพปกรณ. 2546. โปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดเส้นทางเดินรถที่มีระยะทางที่สั้นที่สุดโดยใช้แบบจำลอง TSP. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาบริหารธุรกิจ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ร้อยเอก สุทธิพงษ์ มีใย. 2549. การจัดเส้นทางเดินรถเพื่อกระจายสินค้าโดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุธี ศรีเพชรตานนท์. 2536. แบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาบริหารธุรกิจ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Ballou, Ronald H. 2004. Planning, organizing and controlling the supply chain. Business logistics/supply chain management 5th ed. Upper Saddle River, N.J. : Pearson/Prentice Hall, pp.247-248.
- Barbarosoglu, G., and Ozgur, D. 1999. A tabu search algorithm for the vehicle routing problem. Computer and Operation Research, 26: 255-270

- Barthodi, J.J. , Plazman, L.K. , Collins, R.L. , and Warden, W.H. 1983. A minimal technology routing system for meals on wheels. Interface, 13(3):1-8
- Belardo, S., Duchessi, P., and Seagle, J.P. 1985. Microcomputer graphics in support of vehicle fleet routing. Interface, 15(6): 84-92.
- Bell, W.I., Dalberto, L.M., Fisher, M.L., Greenfield, A.J., Jaikumar, R., KEDIA, P., Mark, R.G., and Prutzman, P.J. 1983. Improving the distribution of industrial gases with an on-line computerized routing and scheduling optimizer. Interface, 20(1):26-42.
- Bodin, L.D., B.L. Golden and A.A. Assad. 1983. Routing and scheduling of vehicles and crews. Computer and Operation Research, Vol. 10, No. 2: 63 – 211.
- Chirstofides, N. , Eilon, S. 1969. An algorithm for the vehicle dispatching problem. Computers and Operation Research, 20(3): 309.
- Clarke, G. and Wright, J. 1964. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. Operations Research, Vol. 12, No. 4: 568-581.
- Daskin, M.S., 1985. Logistics: An Overview of the State of the Art and Perspective on the future research, Transportation Research Part A, Vol.19A, No.5, pp.383-398.
- Evans,S.R. , and Norback, J.P. 1985. The impact of a decision-support system for vehicle routing in a foodservice supply situation. Journal of Operational Research Society, 36(6): 467-472.
- Fisher, M.L., and Jaikumar, R. 1984. The localdelivery problem: Algorithm and application. In M. Florian (ed.). Transportation planning models, pp.419-437. Elsevier Science Publishers B.V.
- Ghiani, G., Laporte, G. and Musmanno, R. 2004. Introduction to Logistics Systems Planning and Control. John Wiley & Sons Ltd., Chicester, UK, pp.201-207
- Hall, R.W., and Partyka, J.KG. 1997. On the road to efficiency. OR/MS Today, 24(3)
- Hirohito, K., Jun T.C., Yoji, T., 1995. The role of Information System in Establishing the Just in time (JIT) Type Transportation, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.1, No.3, pp.877-891.
- Krolok, P., Felts, W., and Marble, G. 1971. A man-machine approach toward solving the traveling salesman problem. Communication of the ACM, 14(May):327-334.
- Lambert, D.M., Stock, J.R. and Ellram, L.M. 1998. Fundamentals of Logistics Management. Singapore, McGraw-Hill.

- Larporte, G., Gendreau, M., Potvin, J.-Y., and Semet, F. 2000. Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem. Intl. Trans. In Op. Res., 7:285-300
- Lee, T.-R., and Ueng, J.-H. 1999. A study of vehicle routing problems with load-balancing. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 29(10): 646-658
- Marakas, G. M. 1999. Decision support systems in the 21st century, 1st ed.:Prentice Hall
- Nag, P. , Golden, B. L. and Assad, A. A. 1988. Vehicle routing with site dependencies. In B. L. Golden; and A. A. Assad (eds.). Vehicle routing: Method and studies, pp 149-160. Elsevier Science Publishers B.V.
- Savelbergh, M. W. P. 1985. Local search in routing problems with time windows. Annals of Operation Research, 4: 285-305
- Sawdy, L.W.C. 1972. The economics of distribution: Managers'guide to trade-off and cost control in physical distribution. London: Gower Press.
- Weigel, D., and Cao, B. 1999. Applying GIS and OR techniques to solve Sears technician-dispatching and home-delivery problem. Interface, 29(1): 112-130.