การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจัดทำระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่

A Feasibility Study of a School Bus System Project in Hatyai Municipality

วลักษ์กมล คงยัง

Waluckkamon Kongyoung

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Industrial and Systems Engineering
Prince of Songkla University
2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจัดทำระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่

ผู้เขียน นางสาววลักษ์กมล คงยัง

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภิสพร มีมงคล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เสรี เศวตเศรนี)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจัดทำระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่
ผู้เขียน นางสาววลักษ์กมล คงยัง
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ
ปีการศึกษา 2554

บทคัดย่อ

ปัจจุบันหาดใหญ่กำลังประสบปัญหาการจราจรมากยิ่งขึ้น อันเนื่องมาจากการเจริญอย่างรวดเร็วทางสังคมและการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลที่มีมากขึ้น ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการเดินทางของนักเรียน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดทำระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาดในสถานการณ์ปัจจุบันและความต้องการการใช้บริการรถโรงเรียน ด้านเทคนิค ทำการจัดเส้นทางการเดินรถให้โรงเรียน 9 โรงเรียน ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรก เป็นการจัดเส้นทางการเดินรถโดยใช้เทคนิค Routing ของโปรแกรม ArcGIS Network Analyst และจำลองสถานการณ์ด้วยตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model) โดยใช้ ProModel® Version 7.0 และด้านเศรษฐศาสตร์ ทำการหาต้นทุนในการดำเนินการ ผลการศึกษาด้านการตลาดพบว่าผู้ปกครองมีความต้องการใช้บริการรถโรงเรียนโดยรวม 53.8 เปอร์เซ็นต์ โดยเป็นระดับชั้นประถมมากที่สุด นักเรียนใช้ระยะเวลาในการเดินทางไป-กลับโดยใช้รถส่วนตัวโดยเฉลี่ยต่อคนต่อวันคนละ 58 นาที และใช้ระยะทางในการเดินทางโดยเฉลี่ยต่อคนต่อวัน 24.56 กิโลเมตร ส่วนในด้านเทคนิคได้จัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่งนักเรียนจำนวน 9 โรงเรียน ซึ่งเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Window: VRPTW) มาช่วยในการหาคำตอบ ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรก เป็นการจัดเส้นทางการเดินรถโดยใช้โปรแกรม ArcGIS Network Analyst สามารถจัดเส้นทาง 9 เส้นทาง โดยมีระยะทางเฉลี่ยเส้นละ 14.07 กิโลเมตรต่อเส้นทาง และขั้นตอนที่ 2 คือ จำลองสถานการณ์โดยใช้ ProModel® พบว่า ในช่วงเช้าสามารถรับส่งนักเรียนได้ 2 เที่ยวต่อคัน และในช่วงเย็นสามารถรับส่งนักเรียนได้ 5 เที่ยวต่อคัน สามารถให้บริการนักเรียนทั้งระบบ 344,220 คน และด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า อัตราการบริการสำหรับรถมินิบัสประเภทรถพลังงานไฟฟ้า ดีเซลและดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี คือ 20 บาท 26 บาท และ 23 บาท ตามลำดับ แต่ถ้าเป็นการบริการสาธารณะ พบว่า ภาครัฐมีค่าใช้จ่ายในการบริการรถโรงเรียน 54,518,275 บาทตลอดระยะเวลา 10 ปี

Thesis Title	A Feasibility Study of A School Bus System Project in Hatyai Municipality
Author	Ms. Waluckkamon Kongyoung
Major Program	Industrial and Systems Engineering
Academic Year	2011

ABSTRACT

Hatyai has been suffering from traffic congestion caused by substantial growth in population and number of vehicle. The student transportation is a major factor to this severe problem. The main aim of the research was to examine the feasibility of implementing school bus system project in Hatyai municipality. The study investigated the present situation of school bus system and attitudes of people toward a proper school bus system. The simulation of school bus route was carried out for 9 selected schools in Hatyai by two steps: the ArcGIS Network Analyst and the ProModel simulation software version 7.0. Operating costs and financial analysis were investigated. The results found that approximately 54% of respondents prefer the proposed school bus system. The average total travel time by private car was 58 minutes/day and the average total distance was 24.46 kilometers/day. With respect to the technical analysis, the school bus system was considered as one type of vehicle routing with time window (VRTW). By using the ArcGIS Network analyst, 9 routes of the school bus were suggested. The result showed that the average distance was 14.07 kilometers/trip. The results from the simulation model indicated that the appropriate vehicle was microbus (30 seats). School bus could serves 344,220 person/year, with two morning trips and five afternoon trips. In relation to the financial analysis, the fare was recommended at 20 baths/day, 26 baths/day and 23 baths/day for electric bus, diesel bus and NGV bus, respectively. Moreover, the government should subsidy around 54,518,275 baths for the public service case.

สารบัญ

		หน้า
สารบัญ		(6)
รายการตาราง		(8)
รายการภาพประกอบ		(11)
บทที่		
1	บทนำ	1
	ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	8
	ขอบเขตการวิจัย	8
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	8
2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	9
	รถโรงเรียน	9
	การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ	10
	การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง	12
	ลักษณะสัญญาณไฟจราจร	13
	ปัญหาการขนส่งและการจัดเส้นทาง	17
	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	19
	การจำลองแบบปัญหา (Simulation Model)	22
3	วิธีดำเนินการวิจัย	29
	การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด	29
	การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค	34
	การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์	46
4	การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย	51
	การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด	51
	การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค	55
	การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์	72
5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	103
	สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	103
	ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย	108
บรรณานุกรม		109

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	114
ภาคผนวก ก แบบสอบถาม	115
ภาคผนวก ข ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟ จังหวะและรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติ	120
ภาคผนวก ค การใช้โปรแกรม ArcGIS Desktop	141
ภาคผนวก ง เส้นทางการเดินรถ	149
ภาคผนวก จ จำนวนนักเรียน 9 โรงเรียน ที่จุดหยุดรับ-ส่ง	152
ประวัติผู้เขียน	155

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ปัญหา VRP รูปแบบต่างๆ	18
3.1	จำนวนตัวอย่างของโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	33
3.2	จังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติของแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และแยกวัดโคกนาว	36
3.3	อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ วันที่ 28 มกราคม 2555	47
4.1	การวิเคราะห์ความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ	52
4.2	ปริมาณความต้องการใช้บริการรถโรงเรียน	53
4.3	ข้อมูลเบื้องต้นการใช้บริการรถโรงเรียน	53
4.4	โรงเรียนที่ทราบข้อมูลที่อยู่นักเรียน	55
4.5	เขตการเดินรถโรงเรียนและความต้องการการใช้บริการรถโรงเรียน	57
4.6	ผลการวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดจากการปรับปรุงคำตอบในการจัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่ง นักเรียนเขตพื้นที่ 1 และ 2	60
4.7	ระยะเวลาในการเดินทางในรอบเช้าทั้ง 9 เส้นทาง กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน	63
4.8	สัญญาณไฟจราจรที่มีการติดไฟแดงในรอบเช้าทั้ง 9 เส้นทาง กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน	64
4.9	จำนวนนักเรียนที่ได้รับบริการในรอบเช้าในแต่ละโรงเรียนกรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน	64
4.10	ระยะเวลาในการเดินทางในรอบเย็นทั้ง 9 เส้นทาง กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน	65
4.11	สัญญาณไฟจราจรที่มีการติดไฟแดงในรอบเย็นทั้ง 9 เส้นทาง กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน	67
4.12	จำนวนนักเรียนที่ได้รับบริการในรอบเย็นในแต่ละโรงเรียน กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน	68
4.13	จำนวนนักเรียนที่ได้รับบริการทั้งรอบเช้าและเย็น กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน	69
4.14	อรรถประโยชน์ของรถแต่ละเส้นทางทั้งรอบเช้าและเย็น กรณีรถ 1 คัน 1 โรงเรียน	70
4.15	จำนวนนักเรียนที่ได้รับบริการทั้งรอบเช้าและเย็น กรณีรถ 1 คัน 1 โรงเรียน	71
4.16	ประเภทรถมินิบัสที่ใช้ในการทำการศึกษาความเป็นไปได้	73
4.17	ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงการ	74
4.18	ค่าแรงงานด้านการบริหารและด้านการขนส่ง	74

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
4.19	การชำระคืนเงินกู้ของโครงการประเภทรถยนต์ดีเซล	75
4.20	การชำระคืนเงินกู้ของโครงการประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี	75
4.21	การชำระคืนเงินกู้ของโครงการประเภทรถพลังงานไฟฟ้า	76
4.22	ต้นทุนคงที่ของโครงการจัดระบบรถโรงเรียนทั้งระบบ ในปีที่ 1	77
4.23	ต้นทุนผันแปรในการดำเนินการและการบำรุงรักษา	77
4.24	ต้นทุนค่าบริการโครงการจัดระบบรถโรงเรียนทั้งระบบ	78
4.25	การประมาณงบกำไร-ขาดทุนโครงการประเภทรถยนต์ดีเซล กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ	79
4.26	การประมาณงบกำไร-ขาดทุนประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ	80
4.27	การประมาณงบกำไร-ขาดทุนประเภทรถพลังงานไฟฟ้า กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ	81
4.28	การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสด ประเภทรถยนต์ดีเซล กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ	82
4.29	การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสด ประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ	83
4.30	การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสด ประเภทรถพลังงานไฟฟ้า กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ	84
4.31	การวิเคราะห์การลงทุน กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ	86
4.32	ต้นทุนการเช่ารถรับ-ส่งนักเรียน	86
4.33	การประมาณงบกำไร-ขาดทุนประเภทรถยนต์ดีเซล กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ	88
4.34	การประมาณงบกำไร-ขาดทุนประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ	89
4.35	การประมาณงบกำไร-ขาดทุนประเภทรถพลังงานไฟฟ้า กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ	90
4.36	การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสดประเภทรถยนต์ดีเซล กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ	91
4.37	การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสดประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ	92
4.38	การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสดประเภทรถพลังงานไฟฟ้า กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ	93

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
4.39	การวิเคราะห์การลงทุน กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ	94
4.40	การประมาณงบกำไร-ขาดทุน ประเภทรถยนต์ดีเซล กรณีเป็นการบริการสาธารณะ	96
4.41	การประมาณงบกำไร-ขาดทุน ประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี กรณีเป็นการบริการสาธารณะ	97
4.42	การประมาณงบกำไร-ขาดทุน ประเภทรถพลังงานไฟฟ้า กรณีเป็นการบริการสาธารณะ	98
4.43	การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสด ประเภทรถยนต์ดีเซล กรณีเป็นการบริการสาธารณะ	99
4.44	การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสดประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี กรณีเป็นการบริการสาธารณะ	100
4.45	การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสดของประเภทรถพลังงานไฟฟ้า กรณีเป็นการบริการสาธารณะ	101

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.1	จำนวนนักเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2548-2551	2
1.2	จำนวนผู้ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุการขนส่งใน อ.หาดใหญ่ ตั้งแต่ปีพ.ศ.2548-2550	3
2.1	ตัวอย่างการจัดจังหวะสัญญาณไฟและทิศทางการเคลื่อนที่	14
2.2	ลำดับการปล่อยรถแบบปล่อยที่ละ 2 ช่องทางสวนกัน	15
2.3	ลำดับการปล่อยรถแบบปล่อยที่ละช่องทาง	15
2.4	ตัวอย่างของ Intergreen Periods ของระบบสัญญาณไฟ	16
3.1	แผนภาพขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย	30
3.2	เครื่อง GPS รุ่น Garmin GPS III Plus	35
3.3	(1) แยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และ (2) แยกวัดโคกนาว	35
3.4	สภาพผังเมืองของเทศบาลนครหาดใหญ่	37
3.5	การจัดทำฐานข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในโปรแกรม ArcView 3.2	38
3.6	องค์ประกอบการวิเคราะห์โครงข่าย	39
3.7	การเรียกใช้คำสั่งข้อมูลทั่วไปของโปรแกรม ProModel® Version 7.0	41
3.8	ภาพพื้นหลังที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบของระบบรถโรงเรียน	41
3.9	การกำหนดตำแหน่งการทำงานในโปรแกรม ProModel® Version 7.0	42
3.10	การกำหนดกระบวนการใน โปรแกรม ProModel® Version 7.0	43
3.11	คำสั่งที่ใช้ทำงานร่วมกับกระบวนการการทำงานในโปรแกรม ProModel® Version 7.0	43
3.12	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมระบบรถโรงเรียน	45
3.13	การทวนสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบจำลองระบบ	46
4.1	รถโรงเรียน	55
4.2	ป้ายรถรับ-ส่งนักเรียนและโรงเรียน 9 โรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	56
4.3	การกระจายตัวของโรงเรียนทั้ง 9 โรงเรียนและสภาพผังเมืองของเทศบาลนครหาดใหญ่	57
4.4	การหาเส้นทางการเดินรถของเขตพื้นที่ที่ 1 (เขตตัวเมือง)	59
4.5	การหาเส้นทางการเดินรถของเขตพื้นที่ที่ 2 (เขตหาดใหญ่ใน)	59
4.6	การสร้างตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบการจัดเส้นทางการเดินรถในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	61
4.7	การตรวจสอบข้อมูลนำเข้าในการสร้างตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบการจัดเส้นทางการเดินรถในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	61

บทที่ 1

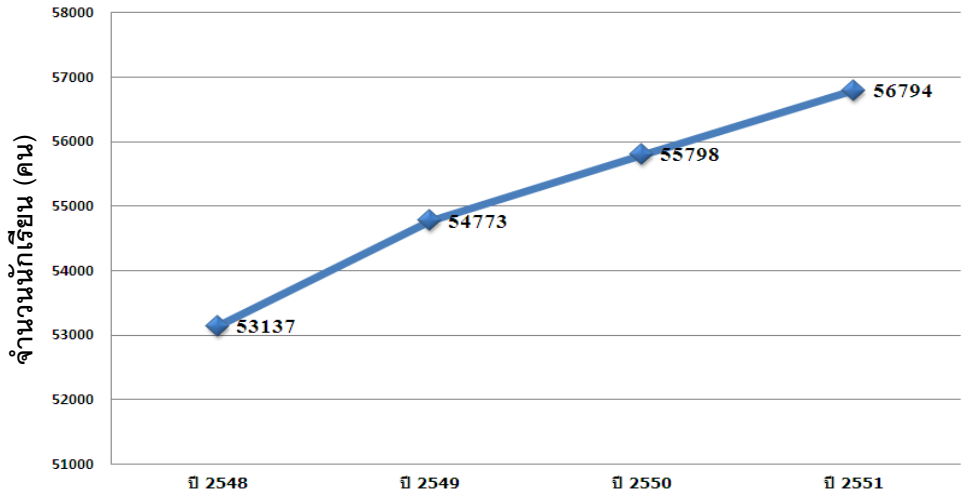
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

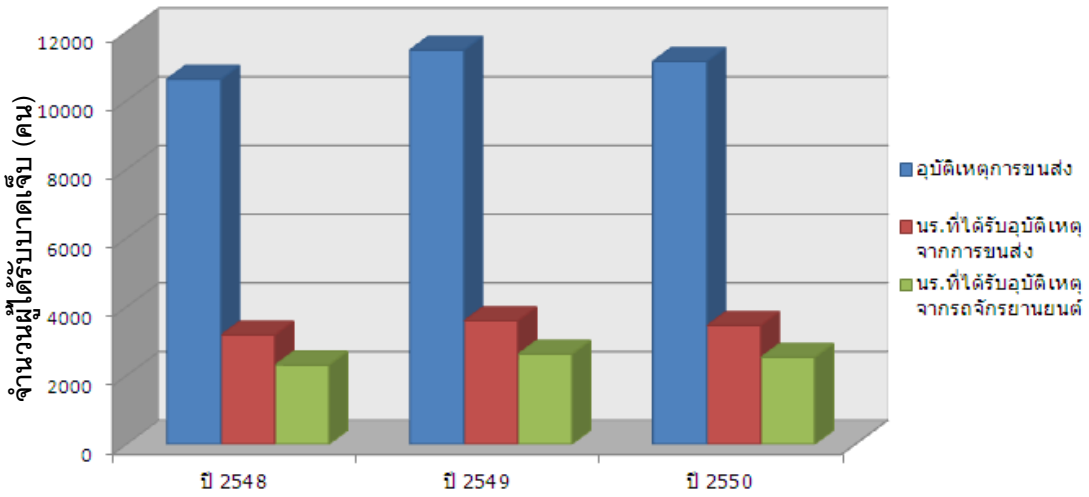
ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาการจราจรและมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการเดินทางของนักเรียน ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการจัดการเกี่ยวกับระบบรถโรงเรียนครั้งแรกในปี ค.ศ. 1930 ซึ่งในทุก ๆ ปีจะมีรถโรงเรียนประมาณ 440,000 คัน ที่มีการเดินทางมากกว่า 4 พันล้านไมล์ และในทุก ๆ วันมีการให้บริการรับส่งในการเดินทางไปกลับโรงเรียน รวมไปถึงการเดินทางไปทำกิจกรรมของนักเรียนทั่วประเทศ 25 ล้านคน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 54 เปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่มีการใช้บริการรถโรงเรียน ในขณะที่ประเทศไทย จากผลการศึกษาการจัดแนวเส้นทางปลอดภัยและดัชนีชี้วัดความปลอดภัยสำหรับเส้นทางรถนักเรียนเมื่อเดือนเมษายน 2547 [1] ซึ่งทำการสำรวจข้อมูลจากนักเรียน ผู้ปกครอง ผู้บริหารโรงเรียน และผู้ประกอบการจำนวน 2,521 คน จาก 12 โรงเรียนที่ตั้งอยู่บนถนนสามเสน ซึ่งมีการจราจรติดขัดมาก พบว่า มีการใช้รถยนต์ส่วนตัวในการรับส่งนักเรียนมากถึงร้อยละ 59.6 และใช้รถโรงเรียนเพียงร้อยละ 17.7 เท่านั้น จากการศึกษาค่าใช้จ่ายในการเดินทางของผู้ปกครองนักเรียนเกิดจาก 2 ปัจจัยหลัก คือ มูลค่าของเวลาที่ใช้ในการเดินทางเฉลี่ย (Value of Time : VOT) และค่าใช้จ่ายในการใช้รถ (Vehicle Operating Cost : VOC) พบว่า การเดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคลมีค่าใช้จ่ายต่อคนต่อวันอยู่ที่ 93.29 บาท รถแท็กซี่ 53.78 บาท หากเป็นรถประจำทางไม่เกิน 20 ที่นั่งจะตกอยู่ที่ 18.88 บาท และสำหรับรถรับส่งนักเรียนจะมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 20.06 บาทต่อคนต่อวัน (การคำนวณนี้มาจากค่าเฉลี่ยที่รถยนต์ส่วนบุคคลมีผู้นั่งเฉลี่ย 1.4 คนต่อคัน รถตู้ 10 คนต่อคัน รถแท็กซี่ 2.3 คนต่อคัน และรถโดยสารประจำทาง 20 คนต่อคัน) จะเห็นว่า การเดินทางโดยใช้รถรับส่งนักเรียนมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลประมาณ 4 เท่าหรือน้อยกว่ารถแท็กซี่ 2.5 เท่า

จากความเจริญทางด้านเศรษฐกิจ และสังคมอย่างรวดเร็วของอำเภอหาดใหญ่ประกอบกับหาดใหญ่เป็นศูนย์กลางทางการศึกษา จึงทำให้มีโรงเรียนเป็นจำนวนมาก จากรายงานพบว่า ในเขตอำเภอหาดใหญ่มีจำนวนโรงเรียน 110 แห่ง ซึ่งมากที่สุดในจังหวัดสงขลา โดยตั้งอยู่ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่จำนวน 42 แห่ง แบ่งเป็นโรงเรียนของรัฐ 9 แห่ง และโรงเรียนเอกชน 33 แห่ง ในปี พ.ศ. 2548-2551 มีจำนวนนักเรียน 53,137 คน 54,773 คน 55,798 คน และ 56,794 คน ตามลำดับ ดังภาพที่ 1.1 [2,3] อีกทั้งอำเภอหาดใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีอัตราการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลสูง จากรายงานของสำนักงานขนส่งด้านข้อมูลการจดทะเบียนยานยนต์ตามพระราชบัญญัติในปีพ.ศ. 2549-2553 [4] พบว่า มีปริมาณรถจดทะเบียนภายในจังหวัดสงขลาโดยรวมตั้งแต่ปีพ.ศ. 2549-2553 จำนวน 372,588 คัน โดยเป็นรถจักรยานยนต์ถึง 266,106 คัน รถยนต์ส่วนบุคคล 105,203 คัน และรถประเภทอื่นอีก 1,279 คัน ส่งผลให้การจราจรเกิดการติดขัดในเขตตัวเมือง โดยเฉพาะบริเวณ

สถานศึกษาและย่านธุรกิจ และรายงานผู้ป่วยอุบัติเหตุของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์และโรงพยาบาลหาดใหญ่ประจำปีพ.ศ. 2548-2550 พบว่า ผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตมากเป็นอันดับหนึ่งเกิดจากอุบัติเหตุเนื่องมาจากการขนส่งถึง 10,621 ราย (ร้อยละ 41.60 ของการบาดเจ็บทั้งหมด) 11,470 ราย (ร้อยละ 41.19 ของการบาดเจ็บทั้งหมด) และ 11,140 ราย (ร้อยละ 41.02 ของการบาดเจ็บทั้งหมด) ตามลำดับ โดยเป็นนักเรียน นักศึกษา 3,181 ราย (ร้อยละ 29.95) 3,592 ราย (ร้อยละ 31.31) และ 3,456 ราย (ร้อยละ 31.02) ในปี พ.ศ. 2548 พ.ศ. 2549 และพ.ศ. 2550 ตามลำดับ ดังภาพที่ 1.2 [5,6] และพบว่า อุบัติเหตุที่เกิดกับนักเรียน นักศึกษามักจะเป็นช่วงเย็น คือ ระหว่างเวลา 15:00-18:00น. ถึงร้อยละ 82.14 ส่วนช่วงเช้า (06:00-08:00น.) ร้อยละ 17.86 ซึ่งในการประสบอุบัติเหตุของนักเรียน นักศึกษาส่วนใหญ่เกิดจากการใช้รถจักรยานยนต์ถึง 2,306 ราย (ร้อยละ 72.49) 2,623 ราย (ร้อยละ 73.02) และ 2,530 ราย (ร้อยละ 73.21) ในปี พ.ศ. 2548 พ.ศ. 2549 และพ.ศ. 2550 ตามลำดับ อันเนื่องมาจากตัวนักเรียนเป็นผู้ขับขี่เอง หรือจากการขับขี่ของผู้ปกครองแต่ไม่มีการสวมหมวกนิรภัยให้กับเด็ก



ภาพที่ 1.1 จำนวนนักเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2548-2551
(ที่มา: สำนักเขตพื้นที่การศึกษาสงขลา เขต 2 และสำนักงานการศึกษาเทศบาลนครหาดใหญ่ 2551)



ภาพที่ 1.2 จำนวนผู้ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุการขนส่งใน อ.หาดใหญ่ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2548-2550 (ที่มา: เวชสถิติโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ และโรงพยาบาลหาดใหญ่)

จากแนวโน้มและอัตราการเพิ่มของนักเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2551 ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง คาดว่า จำนวนนักเรียนที่ต้องมีการเดินทางเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งปริมาณการใช้รถส่วนบุคคลที่มีจำนวนมาก จึงเป็นเหตุให้เกิดปัญหาการจราจรที่ติดขัดและมีความเสี่ยงต่อการประสบอุบัติเหตุจากการขนส่ง โดยเฉพาะจากการใช้รถจักรยานยนต์อาจเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดจำนวนผู้ขับขี่หรือจำนวนการขับขี่พาหนะส่วนตัว ดังนั้นระบบขนส่งสาธารณะในรูปแบบของรถโรงเรียนจึงเป็นแนวทางอีกอย่างหนึ่งในการลดอัตราการใช้รถส่วนบุคคล และบรรเทาความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุของนักเรียน อีกทั้งยังเป็นนโยบายที่เกี่ยวโยงกับการสร้างเสริมสุขภาวะและคุณภาพชีวิตของประชาชนที่จัดเป็นสวัสดิการสังคมที่น่าสนใจ อย่างไรก็ตาม ความเป็นไปได้ในการจัดทำโครงการระบบรถโรงเรียนนี้ยังเป็นคำถามที่สำคัญสำหรับผู้บริหารองค์กรปกครองท้องถิ่น (อปท.) ที่ต้องการหาคำตอบ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ของโครงการจัดทำระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยเฉพาะในส่วนการให้บริการรับ-ส่งนักเรียน เช่น เส้นทางในการให้บริการ การจัดตารางการให้บริการ อันจะเป็นการพัฒนาและส่งเสริมการจัดการระบบรถโรงเรียนที่ได้มาตรฐานและความปลอดภัย เพื่อเป็นมาตรฐานคุณภาพการดำรงชีวิตของพลเมืองหาดใหญ่ต่อไป

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการวิจัยเบื้องต้นของการศึกษาเรื่องความปลอดภัยด้วยการเดินทางไปกลับโรงเรียนด้วยรถรับส่งนักเรียนในกรุงเทพมหานคร ในระยะที่ 1 ที่ทำการเก็บข้อมูลจากนักเรียน กลุ่มตัวอย่างประมาณ 9,000 คนในกรุงเทพมหานคร โดยวิธีการสุ่มแบบมีชั้นภูมิ พบว่า จำนวนนักเรียนที่เดินทางด้วยรถรับส่งนักเรียนมีเพียงประมาณร้อยละ 8 ของนักเรียนทั้งหมด จากการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการประสบอุบัติเหตุโดยวิธีการเดินทาง ระยะเวลาในการเดินทาง และระดับชั้นเรียนมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดประสบอุบัติเหตุ โดยนักเรียนที่เดินทางไปกลับโรงเรียนด้วย

รถจักรยานรถจักรยานยนต์ รถโดยสารประจำทาง รถจักรยานยนต์รับจ้าง และรถยนต์ส่วนบุคคล มีโอกาสที่จะประสบอุบัติเหตุในระหว่างการเดินทางไปกลับโรงเรียนสูงกว่าการเดินทางไปกลับด้วยรถรับส่งนักเรียน ซึ่งมีค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ เท่ากับ 4.36 เท่า 4.17 เท่า 3.36 เท่า 2.99 เท่า และ 2.26 เท่า ตามลำดับ [7] จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูลการบาดเจ็บ (Injury Surveillance) ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับรถรับส่งนักเรียนของโรงพยาบาล 28 แห่งทั่วประเทศ ระหว่างปี พ.ศ. 2542-2546 มีเด็กนักเรียนที่ได้รับบาดเจ็บ 2,817 ราย และเสียชีวิตถึง 156 ราย พบว่าอุบัติเหตุที่เกิดกับรถรับส่งนักเรียนนั้นมักจะเป็นช่วงเย็น คือ ระหว่างเวลา 15:00-17:00น. ถึงร้อยละ 76 ส่วนช่วงเช้า (06:00-08:00น.) ร้อยละ 24 โดยกลุ่มอายุของผู้ได้รับบาดเจ็บ แบ่งได้เป็น ระดับประถมศึกษา (อายุระหว่าง 6-12 ปี) ร้อยละ 71 ส่วนระดับมัธยมศึกษา (อายุระหว่าง 13-18 ปี) ร้อยละ 29 ลักษณะการบาดเจ็บส่วนมาก เป็นการบาดเจ็บบริเวณศีรษะ ร้อยละ 43 บริเวณเข่าและปลายขา ร้อยละ 12 บริเวณศอกและปลายแขน ร้อยละ 10 โดยยานพาหนะที่ประสบเหตุ ตั้งแต่รถบรรทุกขนาดเล็ก (Pickup) ร้อยละ 34 รถบรรทุกหรือสองแถวใหญ่ ร้อยละ 23 รถโดยสารขนาดเล็ก ร้อยละ 23 รถโดยสาร ร้อยละ 19 (ทั้งนี้ไม่นับว่า รถจักรยานยนต์เป็นรถรับส่งนักเรียน) [8]

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียน (School Bus Routing Problem: SBRP) พบว่า เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งใน และต่างประเทศ ปัญหา SBRP ได้ถูกศึกษาและนำเสนอไว้เป็นครั้งแรกในปีค.ศ.1969 โดย Newton และ Thomas [9] ซึ่งทำการศึกษาการออกแบบเส้นทางการเดินรถของโรงเรียนเพียงหนึ่งโรงเรียนเพื่อหาเส้นทางและตารางการเดินรถที่เหมาะสมสำหรับโรงเรียน และได้พัฒนาออกแบบเส้นทางการเดินรถของโรงเรียนให้ระบบรถโรงเรียนสำหรับหลายโรงเรียนในปีค.ศ.1974 [10]

ปัญหา SBRP จัดเป็นปัญหาเอ็นพี ฮาร์ด (NP-Hard) [11] คือ ปัญหาที่มีความยุ่งยากสลับซับซ้อนที่ประกอบด้วยปัญหาย่อยอีกหลายปัญหา เช่น การเตรียมข้อมูล การเลือกป้ายรถรับส่ง เวลาเข้าเรียนของแต่ละโรงเรียน การสร้างเส้นทางการเดินรถ และตารางการเดินรถ ดังแสดงในงานวิจัยการสำรวจปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนของ Park และ Kim ในปีค.ศ. 2010 [12] อย่างไรก็ตาม ปัญหา SBRP ยังมีเงื่อนไขเกี่ยวกับการพิจารณากรอบเวลาหรือระยะเวลาการเข้าที่โรงเรียนกำหนด หรือเรียกว่า ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Window; VRPTW) ปัญหาลักษณะนี้เป็นปัญหาเชิงการจัด (Combinatorial Problem) ซึ่งปัญหาจะเพิ่มความยุ่งยากและซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในปีค.ศ.2001 Spasovic et al. [13] ได้ทำการแก้ปัญหา VRPTW โดยทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการเดินรถโรงเรียนในนิวเจอร์ซี 3 วิธี คือ วิธี Time Savings Heuristic Algorithm วิธี The ROUTER Computer Program และวิธี Sweep Method โดยมีข้อกำหนด คือ แต่ละเส้นทางจะใช้ระยะเวลาไม่เกิน 30 นาที และรถจะต้องถึงโรงเรียนก่อนเวลาเข้าเรียน โดยค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการเดินรถรวมถึง ความเร็วของรถ ระยะห่างระหว่างจุดรับ-ส่ง จำนวนจุดหยุดรับ-ส่ง ระยะเวลาในการรอของนักเรียน และขนาดของรถ พบว่า ค่าใช้จ่ายโดยรวมโดยใช้วิธี The ROUTER Computer Program มีค่าน้อยที่สุด รองลงมา คือ วิธี Time Savings Heuristic Algorithm และวิธี Sweep Method

ตามลำดับ หลังจากนั้นในปีค.ศ. 2009 Fügenschuh [14] ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดตารางการเดินรถโรงเรียนของนักเรียนที่อยู่ในเขตพื้นที่ชนบทในประเทศเยอรมัน เพื่อใช้ในการจัดการบริการการเดินรถระหว่างเวลาที่โรงเรียนเปิดเรียน โดยเริ่มต้นด้วยสมการเชิงเส้น (Linear Programming) ร่วมกับตัวแบบรีฟอร์-มูเลชั่นด้วย Big-M และตัดระนาบ (Cutting Planes) ร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์แบบการแตกกิ่งและตัดส่วน (Branch and Cut Algorithm) และทฤษฎีปัญหา VRPTW ผลจากการคำนวณ พบว่า ถ้าต้องการให้รถสาธารณะที่มีอยู่จำนวนน้อยแต่เพียงพอต่อการบริการได้ โรงเรียนต้องเปิดเรียนในเวลาที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกันกับ Ledesma และ Gonzáles [15] ทำการศึกษาการจัดเส้นทางรถโรงเรียนที่มียานพาหนะที่หลากหลายในปีค.ศ.2012 โดยใช้วิธีแบบการแตกกิ่งและตัดส่วน (Branch and Cut Algorithm) ร่วมกับการตัดระนาบ (Cutting Planes) โดยอยู่บนหลักพื้นฐาน Location-Allocation-Routing และ Allocation-Routing-Location จากการสร้างโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ โดยเริ่มจากวิธี Mixed Integer Programming ในการหาเส้นทางเบื้องต้น แล้วใช้ Linear Programming Relaxation แสดงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับการจัดเส้นทางเดินรถ และทำการพัฒนาโดยใช้วิธีแบบการแตกกิ่งและตัดส่วน (Branch and Cut Algorithm) ร่วมกับการตัดระนาบ (Cutting Planes) เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับปัญหา VRPTW เสนอโดย Ombuki Ross และ Hanshar [16] แก้ปัญหา VRPTW แบบมีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Problem) โดยต้องการหาจำนวนรถขนส่งน้อยที่สุด และผลรวมต้นทุนในการเดินทางขนส่งหรือระยะทางสั้นที่สุด โดยใช้เจเนติคอัลกอริทึมและเทคนิคการเรียงลำดับพาเรโต้ (Pareto Ranking) ซึ่งสามารถใช้แก้ปัญหาดังกล่าวได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ

การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่เป็นจริงที่มีเงื่อนไข สมมติฐานและการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันไป โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์อีกหลายวิธี เช่น Location Based Heuristic ใช้แก้ปัญหาการเลือกตำแหน่งและการจัดเส้นทาง (Location-Routing Problem) โดย Bowerman Hall และ Calamai ในปีค.ศ.1995 [17] ทำการศึกษาการจัดเส้นทางการเดินรถโรงเรียนแบบมีหลายวัตถุประสงค์ โดยใช้ 2 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหา คือ Location-Allocation-Routing และ Allocation-Routing-Location บนพื้นฐาน Location Based Heuristic เพื่อหาจำนวนเส้นทางที่น้อยที่สุด ระยะทางการเดินระหว่างบ้านและจุดหยุดรับ-ส่งน้อยที่สุด ระยะทางโดยรวมที่น้อยที่สุดและปริมาณนักเรียนที่ได้รับบริการมากที่สุด พบว่า ระยะทางการเดินระหว่างบ้านและจุดหยุดรับ-ส่งของนักเรียนน้อยลง แต่ระยะทางโดยรวมเพิ่มขึ้น ดังนั้น Braca et al. ในปีค.ศ. 1997 [18] ได้ปรับปรุงการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนในแมตฮัตตัน โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) เก็บข้อมูลเบื้องต้น และแก้ปัญหาบนพื้นฐาน Location Based Heuristic ร่วมกับทฤษฎี Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP เพื่อให้เกิดเส้นทางและตารางการเดินรถที่เหมาะสมและต้นทุนลดลง พบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วรถจากปกติรถวิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ย 8 ไมล์ต่อชั่วโมง เป็น 12 ไมล์ต่อชั่วโมง ทำให้จำนวนรถที่ใช้ในการรับส่งลดลงประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากการลดปริมาณรถที่ใช้ในการบริการรับ-ส่งนักเรียนแล้ว ระยะเวลาที่นักเรียนต้องอยู่ภายในรถก็มีความสำคัญเช่นกัน ดังนั้น ในปี ค.ศ. 2010 Souza และ Siquerira [19] ได้ปรับปรุงการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียน โดยมีข้อจำกัด คือ ความสามารถของรถ ระยะทางที่มากที่สุดในแต่ละเส้นทาง และระยะเวลาการหยุดที่น้อยที่สุด เพื่อลดระยะเวลาที่นักเรียน

ต้องอยู่ภายในรถ โดยใช้วิธีการฮิวริสติกส์พื้นฐาน Location Based Heuristic ปรับปรุงเป็น Adapted Location Based Heuristic พบว่า ระยะทางที่ยาวที่สุดน้อยกว่า 20 กิโลเมตร และมีค่าบริหารจัดการลดลง 8.8-58.8 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละเมืองของประเทศบราซิล การนำวิธี Saving Algorithm โดย ฉัตรชัย ไม้อุดม ในปี พ.ศ. 2551 [20] ศึกษาการจัดเส้นทางเดินรถรับ-ส่งพนักงาน ซึ่งมีปัญหาลักษณะเดียวกันกับการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียน โดยใช้ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการประยุกต์ใช้วิธี Saving Algorithm หาเส้นทางเดินรถตู้แต่ละคันและจำนวนพนักงานที่ต้องรับ-ส่ง ขั้นตอนที่สอง เป็นการปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยการประยุกต์ใช้ Local Search แบบ λ - Interchange Local Search Decent พบว่า สามารถลดต้นทุนรวมของการจัดเส้นทางรถรับ-ส่งพนักงานได้ 60 เปอร์เซ็นต์ วิธีการแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and Bound Algorithm) โดย นิติศักดิ์ เจริญธูป รุ่งโรจน์ นิลทอง และอนันต์ อึ้งวาณิชย์พันธ์ ในปี พ.ศ. 2552 [21] โดยจำลองปัญหาการออกแบบเส้นทางการให้บริการในรูปคณิตศาสตร์ เพื่อให้ระยะเวลาในการให้บริการต่อรอบน้อยที่สุด โดยทำการประยุกต์การแตกกิ่งและจำกัดเขตในการหาคำตอบร่วมกับโปรแกรม MATLAB และ GLPK วิธีโปรแกรมจำนวนเต็มเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับรถโรงเรียน โดย Schittekat Sevaux และ Sörensen ในปี ค.ศ. 2006 [22] หาจำนวนจุดหยุดรับ-ส่ง ระยะทางที่นักเรียนต้องเดินจากที่พักถึงจุดหยุดรับ-ส่ง และเส้นทางในการเดินทาง เพื่อให้ได้ระยะทางโดยรวมน้อยที่สุด และวิธีอัลกอริทึมแบบผสมผสาน (Mix Load Algorithm) โดย Park Tae และ Kim ในปีค.ศ. 2012 [23] ที่ทำการศึกษาแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนให้กับโรงเรียนหลายโรงเรียนเพื่อหาจำนวนการใช้ยานพาหนะที่น้อยที่สุด โดยมีข้อกำหนดว่า นักเรียนต่างโรงเรียน ต่างระดับชั้น สามารถใช้รถคันเดียวกันได้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบจำนวนรถที่มีอยู่ในปัจจุบัน พบว่า วิธีอัลกอริทึมแบบผสมผสานสามารถลดจำนวนรถได้ 22 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ยังมีเทคนิคเมตาฮิวริสติกส์ ที่มีการพัฒนามาจากเทคนิคฮิวริสติกส์ดั้งเดิมเพื่อใช้ในการค้นหาคำตอบสำหรับปัญหา VRP เช่น เจเนติคอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) โดย ทัศนวรรณ กังฮา ในปีพ.ศ. 2548 [24] ใช้เจเนติคอัลกอริทึมจัดเส้นทางเดินรถรับ-ส่งนักเรียน เพื่อแก้ปัญหาการใช้เวลาในการเดินทางนานและค่าใช้จ่ายสูง พบว่า เวลาเดินทางรวมของรถโดยวิธีเจเนติคอัลกอริทึมแตกต่างกับผลลัพธ์โดยวิธีการจัดกลุ่มแบบคณิตศาสตร์ 3.5 เปอร์เซ็นต์ วิธีการค้นหาคำตอบด้วยวิธีทาบู (Tabu Search) โดยนิศาชล วิจารณ์วงศ์ ในปีพ.ศ. 2551 [25] พัฒนาระบบจัดเส้นทางการขนส่งนมพาสเจอร์ไรส์ในโครงการอาหารเสริม (นม) ของสหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด โดยเปรียบเทียบวิธี The Saving Algorithm และ Tabu Search พบว่า วิธี Tabu Search มีประสิทธิภาพในด้านระยะทางโดยมีความแตกต่าง 26.5% กับระบบเดิมแต่มีประสิทธิภาพในด้านของระยะทางที่ดีกว่าระบบที่พัฒนาจาก The Saving Algorithm ซึ่งลดลง 19.68% ทั้งนี้ระบบที่พัฒนาจากหลักการของ The Saving Algorithm สามารถลดจำนวนรถขนส่งสินค้าได้จำนวน 4 คันจากทั้งหมด 9 คันทำให้ลดค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งลงได้ ดังนั้นเมื่อนำ Tabu Search มาประยุกต์ใช้กับหลักการของ The Saving Algorithm ทำให้ผลที่ได้นั้นมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเดิมในด้านของค่าใช้จ่ายในการขนส่งทั้งหมด โดยลดลงถึง 28.2% จากระบบเดิม วิธี Ant Colony โดย Euchi และ Mraihi ในปี ค.ศ. 2012 [26] ทำการศึกษาการจัดเส้นทางรถโรงเรียนโดยใช้เทคนิค Artificial Ant Colony และวิธีการหาตำตอบแบบเนเบอร์ฮูด (Neighborhood Search) ภายใต้ข้อกำหนด จำนวน

ป้ายหยุดรับ-ส่ง ระยะทางจากบ้านถึงป้าย และเส้นทางการเดินรถ เพื่อหาระยะทางโดยรวมที่สั้นที่สุด ซึ่งสามารถใช้ได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้วิธีการวิเคราะห์โครงข่ายในโปรแกรม ArcGIS (ArcGIS Network Analyst) ยังจัดเป็นเทคนิคเมตาฮิวริสติกส์ [27] ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งในโปรแกรม ArcGIS ที่สามารถทำงานในรูปแบบสถานการณ์ที่เป็นจริงแบบพลวัต ประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานของโครงข่าย และผู้ใช้งานสามารถใช้งานโดยใช้ข้อจำกัดทั้งระยะเวลา ความเร็ว ลักษณะการจราจร เพื่อหาต้นทุนในการจัดการที่ต่ำที่สุดได้ ดังนั้นในปี ค.ศ.2008 Karadimas et al. [28] ได้ทำการวางแผนจัดเก็บขยะด้วยเทคนิคเมตาฮิวริสติกส์ 2 วิธี คือ Ant Colony System และ ArcGIS Network Analyst พบว่า เทคนิค Ant Colony System และ ArcGIS Network Analyst สามารถปรับปรุงเส้นทางโดยรวมได้ 25.6 เปอร์เซ็นต์ และ 23.9 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขยะมูลฝอยในจังหวัดชลบุรี [29] และเทศบาลตำบลบ้านพรุ [30] ดังนั้น ArcGIS Network Analyst จึงถูกนำมาใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ด้านการขนส่งได้อย่างหลากหาย เช่น การประยุกต์ใช้ GIS กับปัญหาการจัดการที่เหมาะสมสำหรับแห่งงานไฟเบอร์ [31] การออกแบบและพัฒนาการวางแผนการเดินทางภายใต้ระบบข้อมูลการขนส่ง [32] เป็นต้น

นอกจากการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ซึ่งเป็นการหาคำตอบของเส้นทาง และเพื่อเป็นการจำลองสถานการณ์ที่เสมือนจริง การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ยังเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถจำลองสถานการณ์ได้โดยไม่ต้องสร้างระบบจริง เช่น การใช้ ProModel® โดย Lu และ Wong ในปี ค.ศ. 2007 [33] ได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองขั้นตอนในการทำงานของระบบงานก่อสร้างระหว่าง ProModel® และ Simplified Discrete - Event Simulation Approach (SDESA) พบว่า อัตราการทำงานของคนงานภาคสนาม ด้วยการจำลอง ProModel® สูงถึง 63.72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมากกับ SDESA ที่มีอัตราการทำงานของคนงานภาคสนามเพียง 19.90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนด้านอื่นๆ แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังมีการนำ ProModel® ไปจำลองในการหาผลผลิตของสายงานการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ [34] การสร้างตัวแบบเครือข่ายโซ่อุปทานของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน [35] และการศึกษาระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับของขยะคอมพิวเตอร์ [36] เป็นต้น

จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่า ปัญหาการจัดเส้นทางรถโรงเรียนเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจโดยเฉพาะในต่างประเทศที่มีระบบรถโรงเรียนที่มาตรฐานแต่ยังมีการพัฒนา แก้ปัญหาในการจัดเส้นทางการเดินรถและตารางเวลาในการเดินรถเพื่อให้เหมาะกับปริมาณรถที่มีให้บริการ โดยใช้เทคนิคด้านต่าง ๆ เพื่อเป็นการลดต้นทุนและใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในขณะที่ประเทศไทย การจัดการระบบรถโรงเรียนยังไม่ได้รับการดูแลให้มีมาตรฐานที่ดีอย่างจริงจัง ทั้งที่การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา ได้แสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์จากการใช้บริการรถโรงเรียนทั้งเรื่องค่าใช้จ่าย การลดปริมาณการใช้รถส่วนบุคคลและการลดอุบัติเหตุที่เกิดกับนักเรียน แต่ยังไม่ได้รับความนิยมในการนำไปใช้สำหรับการให้บริการ ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้ได้พิจารณาถึงการจัดทำระบบรถโรงเรียนที่มีมาตรฐานสำหรับเทศบาลนครหาดใหญ่โดยศึกษาความเป็นไปในด้านการตลาด เทคนิค และเศรษฐศาสตร์ โดยในด้านเทคนิคได้ทำการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์โครงข่ายในโปรแกรม ArcGIS (ArcGIS Network Analyst) ในการจัดเส้นทางการเดินรถร่วมกับการสร้างตัวแบบจำลอง

คอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม ProModel® เพื่อประเมินการดำเนินการให้สอดคล้องกับสถานการณ์ความเป็นจริงและประเมินต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบ เพื่อเป็นแนวทางที่เหมาะสมกับเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ในการจัดการระบบรถโรงเรียน ช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุกับนักเรียนและลดอัตราการใช้รถส่วนบุคคลเป็นระบบรถสาธารณะเพื่อเป็นการกระตุ้นความนิยมในการใช้บริการรถโรงเรียนต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดทำโครงการระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการระบบรถโรงเรียนและความเป็นไปได้ในการจัดทำระบบรถ โรงเรียนสำหรับเทศบาลนครหาดใหญ่

1.4.2 ได้เป็นแนวทางให้กับองค์กรอื่นนำไปประยุกต์ใช้

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดการระบบรถโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ มีขอบเขตการวิจัยโดยพิจารณากิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ ด้านการตลาด เทคนิค และเศรษฐศาสตร์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เท่านั้น โดยเริ่มพิจารณาจากความต้องการการใช้บริการรถโรงเรียน เส้นทางการเดินทาง จำนวนนักเรียน จำนวนโรงเรียน โดยพิจารณาทั้งขาไปและขากลับ

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ยังไม่มีระบบรถโรงเรียนที่เป็นมาตรฐาน มีเพียงบริการให้กับโรงเรียนที่อยู่นอกเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ดังนั้น ขอบเขตของการวิจัยจึงรวมถึงการสร้างตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้พิจารณาระบบรถโรงเรียนที่จะเกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ที่เป็นจริงในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

งานวิจัยการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจัดทำระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการขนส่งและการบริหารจัดการ ซึ่งในบทนี้ได้รวบรวมรายละเอียดแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความหมายและความสำคัญของรถโรงเรียน การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะสัญญาณไฟจราจร ปัญหาการขนส่งและการจัดเส้นทาง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการจำลองแบบปัญหา

2.1 รถโรงเรียน [7]

ประเทศไทยมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องจะใช้คำว่ารถโรงเรียน ได้แก่ พระราชบัญญัติจราจรทางบก และพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก นอกจากนี้ยังมีระเบียบกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยการควบคุมดูแลการใช้รถโรงเรียน ซึ่งประกาศใช้ตั้งแต่ พ.ศ.2536 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ พระราชบัญญัติการจราจรทางบก พ.ศ.2522 อาศัยตามความในมาตรา 7 มาตรา 36 และมาตรา 102(4) กฎหมายฉบับนี้ให้นิยามของรถโรงเรียน หมายถึง รถบรรทุกคนโดยสารที่โรงเรียนใช้รับส่งนักเรียน ในขณะที่ใช้รถโรงเรียนรับส่งนักเรียน เจ้าของรถหรือผู้ขับขี่รถโรงเรียนต้องจัดให้มีข้อความ “รถโรงเรียน” ขนาดสูงของตัวอักษรไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตรติดอยู่ด้านหน้าและด้านหลังของรถ ถ้ารถโรงเรียนมีไฟสัญญาณสีแดงเปิดปิดเป็นระยะติดไว้ด้านหน้า และด้านหลังของรถเพื่อให้รถที่สวนมาหรือตามหลังเห็นได้ชัดเจน เมื่อนำรถนั้นไปใช้บนถนนโดยไม่ได้ใช้รับ ส่งนักเรียน ให้งดใช้ไฟสัญญาณสีแดง และต้องปิดคลุมข้อความว่า “รถโรงเรียน” ส่วนพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก และระเบียบกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยการควบคุมดูแลการใช้รถโรงเรียน จะกำหนดรายละเอียดไว้ดังนี้

1. สีของรถโรงเรียนเป็นสีเหลืองคาดดำตามแบบของกรมขนส่งทางบก
2. จัดให้มีเครื่องหมายเป็นแผ่นป้ายพื้นสีส้มสะท้อนแสง ขนาดกว้างอย่างน้อย 35 เซนติเมตร และยาวอย่างน้อย 85 เซนติเมตร ติดอยู่ที่ด้านหน้าและด้านท้ายของตัวรถ ให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนในระยะไม่น้อยกว่า 50 เมตร และมีชื่อโรงเรียนติดอยู่ด้านข้างทั้ง 2 ข้างของตัวรถพร้อมทั้งหมายเลขโทรศัพท์ (ถ้ามี)
3. จัดให้มีไฟสัญญาณสีเหลืองอำพันปิดเปิดเป็นระยะ (กะพริบ) ในขณะที่ใช้รับส่งนักเรียน ติดไว้ที่ด้านหน้าและด้านท้ายของตัวรถ เพื่อให้ผู้ขับรถที่สวนทางมาหรือขับตามหลังสามารถมองเห็นได้ชัดเจนในระยะห่างไม่น้อยกว่า 150 เมตร เมื่อไม่ได้ใช้รถนั้นเป็นรถโรงเรียนให้งดใช้สัญญาณไฟสีเหลืองอำพันดังกล่าว
4. จัดให้มีเครื่องมือเครื่องใช้ที่จำเป็นเพื่อช่วยเหลือนักเรียน เมื่อมีอุบัติเหตุ หรือมีเหตุฉุกเฉินเกิดขึ้น ได้แก่ เครื่องดับเพลิง ซึ่งต้องติดตั้งไว้ภายในรถในที่เหมาะสมพร้อมที่จะใช้การได้ทุกขณะ ค้อนทุบกระจก 1 อัน และเหล็กชะแลง 1 อัน

5. จัดให้มีเครื่องมือเครื่องใช้ที่จำเป็นเพื่อช่วยเหลือนักเรียน เมื่อมีอุบัติเหตุ หรือมีเหตุฉุกเฉินเกิดขึ้น ได้แก่ เครื่องดับเพลิง ซึ่งต้องติดตั้งไว้ภายในรถในที่เหมาะสมพร้อมที่จะใช้การได้ทุกขณะ ค้อนทุบกระจก 1 อัน และเหล็กชะแลง 1 อัน

6. จัดให้มีแผ่นป้ายแสดงข้อความเตือนเรื่องความปลอดภัยในการโดยสารตามที่กรมการขนส่งทางบกประกาศกำหนด

7. จัดให้มีเครื่องมือปฐมพยาบาลประจำรถโรงเรียนทุกคัน นอกจากนี้ยังมีการกำหนดคุณสมบัติของพนักงานขับรถ และผู้ควบคุมดูแลนักเรียน ต้องมีการจัดทำทะเบียนนักเรียนและส่งข้อมูลให้กระทรวงศึกษาธิการอย่างสม่ำเสมอ

2.2 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ [37,38]

โครงการ หมายถึง กิจกรรมหรืองานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์และแผนงานภายในระยะเวลาที่กำหนด กิจกรรมหรืองานจะต้องเป็นอิสระที่สามารถทำการวิเคราะห์วางแผน และนำไปปฏิบัติอย่างชัดแจนจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุด

การศึกษาความเป็นไปได้ หมายถึง การศึกษาเพื่อต้องการทราบผลที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินตามโครงการนั้น เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจของผู้ที่คิดจะลงทุนในโครงการนั้นๆ

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเป็นเพียงขั้นตอนในระยะก่อนการลงทุนของวงจรพัฒนาโครงการ (Project Development Cycle) ซึ่งเป็นวงจรที่บอกขั้นตอนดำเนินงานต่างๆ ในการบริหารโครงการเป็นลำดับขั้น โดยขั้นตอนต่าง ๆ ในวงจรพัฒนาโครงการ แบ่งออกเป็นดังนี้

1. ระยะก่อนการลงทุน (Pre-investment Phase) ได้แก่ การศึกษาสถานการณ์ทั่วไปเพื่อดูว่าโครงการใดควรลงทุน เมื่อเลือกโครงการได้แล้วจึงทำการศึกษาความเป็นไปได้ หลังจากนั้นจึงประเมินผลโครงการและตัดสินใจลงทุนต่อไป

2. ระยะลงทุน (Investment Phase) ได้แก่ การออกแบบทางด้านวิศวกรรมต่างๆ การติดต่อทำสัญญา การก่อสร้าง การรับสมัครพนักงาน เป็นต้น

3. ระยะดำเนินการ (Operational Phase) เป็นระยะสุดท้ายหลังจากที่ผู้ริเริ่มโครงการได้ทำการลงทุนไปในโครงการแล้ว หลังจากนี้ผู้ริเริ่มโครงการมีหน้าที่ดำเนินการให้เป็นไปตามแผนและติดตามผลงาน

แนวทางเบื้องต้นเกี่ยวกับทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ โดยทั่วไปศึกษา 3 ประการ ดังนี้

1. ความเป็นไปได้ด้านการตลาด (Market Feasibility) การศึกษาด้านการตลาดเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยกลั่นกรองความคิดริเริ่มและประเมินความเป็นไปได้ของโครงการในด้านตลาด ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษารายละเอียดของข้อมูลที่นำไปกำหนดเป้าหมายของตลาด คุณลักษณะและภาวะของตลาด ตลอดจนระบุถึงขนาดของตลาดโดยทั่วไป

2. ความเปนไปไดดานเทคนิค (Technical Feasibility) การศึกษาด้านเทคนิคเป็นพื้นฐานในการคาดคะเนต้นทุนของโครงการ นอกจากนี้ยังช่วยในการพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากทางเลือกทางด้านเทคนิคต่าง ๆ ในแง่การว่าจ้างแรงงาน อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อมวลมนุษย์ ความต้องการด้านเงินทุน การมีส่วนได้รับการสนับสนุนจากอุตสาหกรรมอื่น เป็นต้น

3. ความเปนไปไดดานการเงิน (Financial Feasibility) เน้นหนักการตระเตรียมงบการเงินล่วงหน้า เพื่อนำมาประเมินโครงการเชิงเศรษฐกิจและการกำหนดขนาดลงทุนที่ต้องการ โดยต้องนำข้อมูลจากการศึกษาด้านการตลาดและด้านเทคนิคมาประกอบการคาดคะเนรายรับและต้นทุนตลอดจนผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับ เพื่อกระทำการตัดสินใจ

การศึกษาทั้ง 3 ประการนี้อาจเกี่ยวข้องกับการศึกษาด้านอื่น ๆ อีก เช่น ด้านการบริหาร การจัดองค์กรและบุคลากร ด้านภาษีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ นอกจากนี้แล้วยังจะต้องวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสังคมโดยรวมด้วยว่าเป็นอย่างไร ดังนั้นจึงอาจสรุปการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ ได้ดังนี้

1. การศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้แก่

1.1 การศึกษาด้านการตลาด โดยเป็นการศึกษาความสามารถในการขายผลิตภัณฑ์ได้ในราคาที่กำหนดไว้ ซึ่งพิจารณาถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์ ลักษณะของตลาด การเข้าสู่ตลาด ขนาดของตลาด ความต้องการผลิตภัณฑ์ ต้นทุนการขายและการจัดจำหน่าย

1.2 การศึกษาด้านเทคนิค โดยเป็นการศึกษาความสามารถในการผลิตตามต้องการโดยใช้เทคโนโลยีในการผลิตอย่างเหมาะสม ซึ่งพิจารณาถึงรายละเอียดของคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต ความชำนาญพิเศษที่ต้องการ แรงงานและทักษะที่ต้องการ ขนาดของโรงงานโดยพิจารณาจากขนาดของตลาด และ การถ่ายทอดเทคโนโลยี

1.3 การศึกษาด้านการบริหารและการจัดการองค์กร โดยเป็นการศึกษาความสามารถในการดำเนินการให้ประสบผลความสำเร็จตามที่ต้องการ ซึ่งพิจารณาถึงลักษณะโครงสร้างขององค์กร เจ้าของโครงการ ลิขสิทธิ์ต่างๆ ข้อตกลงอื่นๆ ฝ่ายบริหารที่ต้องการ ฝ่ายบริหารโครงการ

1.4 การศึกษาด้านเงินทุน เป็นการศึกษาความสามารถในการคืนทุนให้กับผู้ลงทุนในระดับที่ต้องการ

1.5 การศึกษาผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม เป็นการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและแผนป้องกัน ประเมินค่าและพิจารณาทางเลือกของโครงการ และเตรียมแผนงานตรวจสอบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. การศึกษาวิเคราะห์ ได้แก่

2.1 การศึกษาและวิเคราะห์ด้านการเงิน ซึ่งพิจารณาถึงเงินลงทุนที่คงที่ เงินทุนหมุนเวียนที่ต้องการ โครงสร้างด้านการลงทุน กระแสเงินสด ระยะเวลาการคืนทุน ผลตอบแทนการลงทุน

2.2 การศึกษาและวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งพิจารณาถึงความสามารถในการให้ผลกำไรต่อสังคมโดยรวม ทั้งมูลค่าเพิ่ม อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ผลจากเงินเฟ้อ อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เป็นต้น

2.3 การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง [39]

การกำหนดตัวอย่างมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บข้อมูลกับประชากรทุกหน่วยอาจเสียเวลาและค่าใช้จ่ายที่สูงมากและบางครั้งเป็นเรื่องที่ต้องตัดสินใจภายในเวลาจำกัด การเลือกศึกษาเฉพาะบางส่วนของประชากรจึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็น เพื่อให้มีความเข้าใจในการเลือกตัวอย่าง

2.3.1 ความหมายของคำที่เกี่ยวข้อง

ประชากร (Population) หมายถึง สมาชิกทุกหน่วยของสิ่งที่สนใจศึกษา ซึ่งไม่ได้หมายถึงคนเพียงอย่างเดียว ประชากรอาจเป็นสิ่งของ เวลา สถานที่

กลุ่มตัวอย่าง (Sample) หมายถึง ส่วนหนึ่งของประชากรที่นำมาศึกษาซึ่งเป็นตัวแทนของประชากร การที่กลุ่มตัวอย่างจะเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรเพื่อการอ้างอิงไปยังประชากรอย่างน่าเชื่อถือได้นั้นจะต้องมีการเลือกตัวอย่างและขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องอาศัยสถิติเข้ามาช่วยในการสุ่มตัวอย่างและการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) หมายถึง กระบวนการที่ได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่มีความเป็นตัวแทนที่ดีของประชากร

2.3.2 วิธีการสุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างที่เลือกหรือสุ่มได้นั้น จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาผลลัพธ์ไปใช้หรืออ้างอิงเกี่ยวกับประชากร หรือการสร้างโมเดลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการสุ่มตัวอย่างเป็น 2 วิธี ได้แก่

1. การสุ่มแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Nonprobability Sampling)

เป็นการสุ่มหน่วยตัวอย่างที่บางครั้งอาจไม่ทราบจำนวนประชากรที่แท้จริง ทำให้ไม่สามารถใช้การสุ่มแบบอาศัยความน่าจะเป็นได้ และการสุ่มแต่ละครั้งนั้น ทุก ๆ หน่วยของประชากรมีโอกาสถูกสุ่มมาเป็นกลุ่มตัวอย่างไม่เท่าเทียมกัน การสุ่มแบบนี้มีหลายวิธี คือ การเลือกตัวอย่างแบบสะดวกสบาย (Convenience หรือ Accidental Sampling) การเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive หรือ Judgmental Sampling) การเลือกตัวอย่างแบบโควต้า (Quota Sampling) การเลือกตัวอย่างแบบลูกโซ่ (Snowball Sampling)

2. การสุ่มแบบอาศัยความน่าจะเป็น (Probability Sampling)

เป็นการสุ่มหน่วยตัวอย่างจากประชากร โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- รู้จำนวนประชากรทั้งหมด
- ประชากรทั้งหมดมีโอกาสที่จะถูกสุ่มมาเป็นกลุ่มตัวอย่างเท่าเทียมกัน
- ใช้วิธีการสุ่มที่เหมาะสม เพื่อให้หน่วยตัวอย่างมีโอกาสถูกสุ่มเท่าเทียมกัน
- ใช้วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

การสุ่มแบบอาศัยความน่าจะเป็น เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก เพราะมีความน่าเชื่อถือ ได้แก่

2.1 การสุ่มอย่างง่าย (Sample Random Sampling) การสุ่มอย่างง่ายเป็นวิธีที่ประชากรแต่ละหน่วยมีโอกาสถูกสุ่มมาเป็นกลุ่มตัวอย่างเท่า ๆ กัน ประชากรจะต้องกำหนดเฉพาะลงไปว่าเป็นกลุ่มใด อาจมีบัญชีรายชื่อของประชากรทุกหน่วยแล้วทำการจับสลากหรือใช้ตารางเลขสุ่ม (Random Number Table) หรือใช้คอมพิวเตอร์สร้างเลขสุ่มจนได้กลุ่มตัวอย่างประชากรครบตามต้องการ

2.2 การสุ่มอย่างเป็นระบบ (Systematic Random Sampling) วิธีนี้เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการอ่านข้ามทีละ n คน โดยจะต้องสุ่มเลขเริ่มต้นให้ได้เสียก่อน ซึ่งวิธีนี้จะคล้ายกับการสุ่มอย่างง่ายโดยจะกำหนดระบบหรือเงื่อนไขการสุ่มก่อนว่าจะทำอย่างไร และปฏิบัติตามนั้น โดยทั่วไปจะกำหนดหมายเลขให้กับหน่วยประชากรก่อน

2.3 การสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) เป็นวิธีที่ผู้วิจัยสามารถแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ได้แน่นอน เช่น ในการวิจัยกับเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในเขตอำเภอหนึ่ง โดยจะศึกษาผลของการใช้หลักสูตรใหม่ ว่าจะช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนดีขึ้นหรือไม่ และผู้วิจัยมีความเชื่อว่า เพศ เป็นตัวแปรสำคัญที่จะมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การสุ่มแบบแบ่งชั้นมีประโยชน์ช่วยให้ผู้วิจัยมีความมั่นใจว่าคุณลักษณะหรือตัวแปรที่สนใจศึกษาที่อยู่ในประชากรนั้น ก็มีอยู่ในกลุ่มตัวอย่างในสัดส่วนที่เท่ากัน

2.4 การสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster (Area) Random Sampling) เป็นวิธีที่ผู้วิจัยใช้ในการแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มตามเขตพื้นที่ (Area) ซึ่งในแต่ละเขตพื้นที่จะมีประชากรที่มีคุณลักษณะที่ต้องการกระจายกันอยู่อย่างเท่าเทียมกัน แล้วสุ่มกลุ่มมาจำนวนหนึ่งด้วยวิธีการสุ่มที่เหมาะสม

2.5 การสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi - Stage Sampling) การสุ่มแบบนี้เป็นการสุ่มกลุ่มตัวอย่างที่ใช้หลายๆ วิธีผสมกัน เช่น ประชากรคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในเขตการศึกษา 10 ใช้การสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม แบ่งออกเป็น 7 จังหวัด สุ่มได้มา 3 จังหวัด ในทั้ง 3 จังหวัด มี 45 โรงเรียน ใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้น โดยแบ่งตามขนาดของโรงเรียน คือโรงเรียนขนาดใหญ่ 10 โรงเรียน ขนาดกลาง 12 โรงเรียน และขนาดเล็ก 23 โรงเรียน สุ่มได้โรงเรียนขนาดใหญ่ 2 โรงเรียน ขนาดกลาง 3 โรงเรียน และขนาดเล็ก 5 โรงเรียน ใน 10 โรงเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 10,000 คน ใช้การสุ่มอย่างง่ายมา 20% จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด ได้นักเรียนมาเป็นกลุ่มตัวอย่าง 2,000 คน

2.4 ลักษณะสัญญาณไฟจราจร [40]

สัญญาณไฟจราจรโดยทั่วไปประกอบด้วยสัญญาณไฟสามสี ติดตั้งตามทางแยกต่างเพื่อควบคุมการจราจรตามทางแยก โดยทั้งสามสี ได้แก่ สีแดงให้รถหยุด สีเหลืองให้รถระวังและเตรียมหยุด และสีเขียว คือ ให้รถไปได้ สำหรับสัญญาณไฟจราจรพิเศษอาจมีสีเหลืองเพียงสีเดียวจะกระพริบอยู่ ใช้สำหรับทางแยกที่ไม่พลุกพล่าน หมายถึง ให้ระมัดระวังว่ามีทางแยก และดูความเหมาะสมในการออกรถได้เอง หรือ สัญญาณไฟจราจรสำหรับการข้ามถนน หรือ สัญญาณไฟจราจรไว้สำหรับเปลี่ยนเลน เป็นต้น

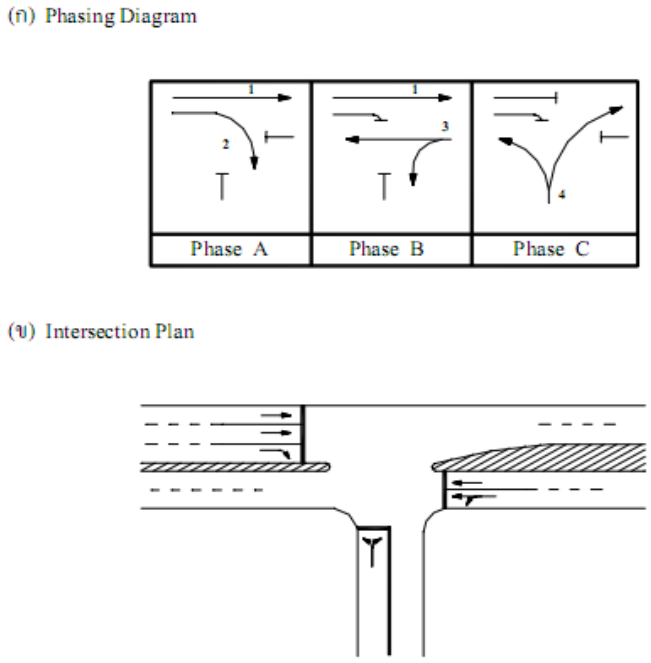
2.4.1 จังหวะสัญญาณไฟ (Signal Phase)

จังหวะสัญญาณไฟ (Signal Phase) คือ ช่วงเวลาที่จัดไว้เป็นจังหวะ ๆ ในหนึ่งรอบเวลาสัญญาณไฟ เพื่อให้การจราจรทิศทางใดทิศทางหนึ่ง หรือหลายทิศทางได้รับสิทธิเคลื่อนที่ผ่านทางแยกในระหว่างหนึ่งหรือหลายช่วงเวลา

รอบเวลาสัญญาณไฟ (Cycle Length) คือ ระยะเวลารวมทั้งหมดที่จังหวะสัญญาณไฟเปลี่ยนไปครบทุกจังหวะ

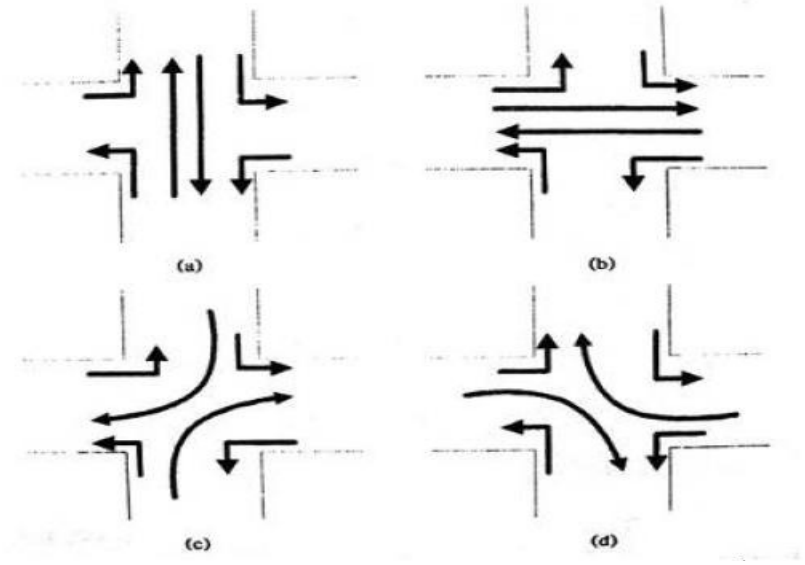
ในการควบคุมการจราจรที่ทางแยก ปัญหาการรบกวน (Conflicts) ระหว่างกระแสจราจรในทิศทางต่าง ๆ ป้องกันได้โดยการแบ่งเวลาให้กับการจราจรในแต่ละทิศทาง วิธีการนี้เรียกว่า Phasing ดังแสดงในภาพที่ 2.1 [41]

การหาจำนวนและระยะเวลาของจังหวะสัญญาณไฟจราจร ต้องพิจารณาถึงการตัดกันที่สำคัญของกระแสจราจรที่จะมีขึ้นที่ทางแยกนั้นและคำนึงถึงปริมาณจราจรเป็นหลัก โดยทั่วไปแล้วควรให้มีจำนวนจังหวะสัญญาณไฟน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากจังหวะที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะเวลาไฟเขียวต่อชั่วโมงลดลง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความล่าช้าเพิ่มขึ้นเพราะเวลาที่สูญเสียไปอันเกิดจากการเริ่มเคลื่อนที่ของรถ ระยะเวลาไฟเหลือง และนอกจากนี้ยังส่งผลให้รอบเวลาสัญญาณไฟเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อคำนึงถึงความปลอดภัย และความจุของถนนเพิ่มขึ้น จังหวะสัญญาณไฟจึงจำเป็นต้องมีหลายจังหวะ โดยเฉพาะจังหวะสำหรับให้รถเลี้ยวขวาเป็นที่นิยมปฏิบัติกันมาก

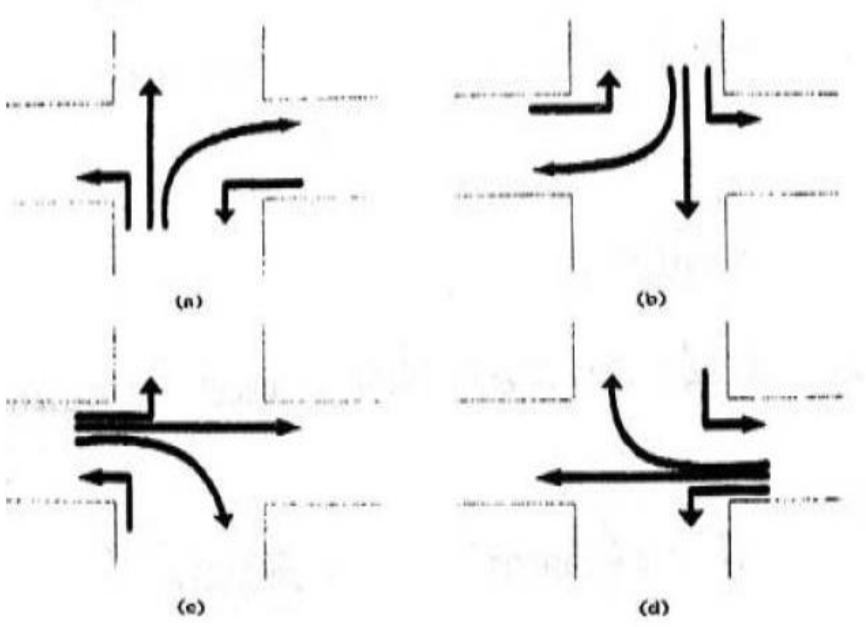


ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างการจัดจังหวะสัญญาณไฟและทิศทางการเคลื่อนที่ (ที่มา: Akcelik.1981)

ในที่นี้มีสัญญาณจราจรในการปล่อยรถมี 2 แบบคือ แบบปล่อยทีละ 2 ช่องทางสวนทางกันดังภาพที่ 2.2 และปล่อยทีละช่องทางดังภาพที่ 2.3 [42]



ภาพที่ 2.2 ลำดับการปล่อยรถแบบปล่อยทีละ 2 ช่องทางสวนกัน (ที่มา:Shimizu.1995)



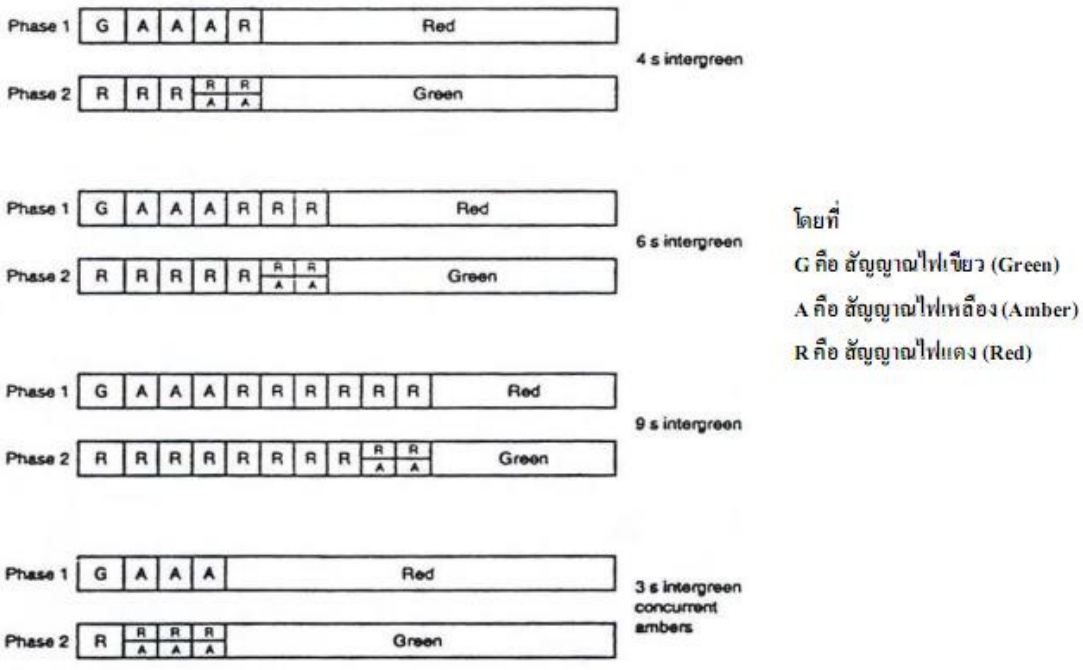
ภาพที่ 2.3 ลำดับการปล่อยรถแบบปล่อยทีละช่องทาง (ที่มา:Shimizu.1995)

2.4.2 ไฟสัญญาณและระยะเวลา Intergreen (Signal Aspects and the Intergreen Period)

Signal Aspect คือ สีของไฟสัญญาณ โดยปกติแล้วลำดับของ Signal Aspect คือ แดง เขียว และเหลือง ระยะเวลาของไฟเหลืองมาตรฐาน คือ 3 วินาที

ระยะเวลาระหว่างที่ Phase หนึ่งสูญสิ้นสิทธิ์ไปจนถึงเวลาที่อีก Phase หนึ่งได้สิทธิ์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ระยะเวลาจากการสิ้นสุดสัญญาณไฟเขียวของ Phase หนึ่งไปจนถึงเวลาที่สัญญาณไฟเขียวของอีก Phase หนึ่งเริ่มขึ้น เรียกว่า Intergreen Period

สำหรับเครื่องควบคุมระบบสัญญาณไฟปัจจุบัน (Modern Controllers) Intergreen Period ที่สั้นที่สุด คือ 4 วินาที ในกรณีที่โอกาสที่รถเลี้ยวขวาจะไปติดตรงกลางทางแยกมีมากในระหว่าง Intergreen Period อาจจะเพิ่มระยะเวลาของ Intergreen Period ออกไป หรือในกรณีที่รถที่เข้าสู่ทางแยกมีความเร็วสูงและหยุดไม่ทัน ทำให้ต้องข้ามทางแยกตอนช่วงแรกของสัญญาณไฟแดงนั้น Intergreen Period ที่ยาวจะช่วยเพิ่มความปลอดภัย ตัวอย่างของ Intergreen Periods ของระบบสัญญาณไฟ ดังภาพที่ 2.4 [43]



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างของ Intergreen Periods ของระบบสัญญาณไฟ
(ที่มา: Salter and Hounsell .1996)

ตามปกติแล้วจะตั้งให้ Intergreen Period สั้นที่สุดเท่าที่จะไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ ทั้งนี้เนื่องจากว่าในทุก ๆ Intergreen Period จะมีช่วงเวลาหนึ่งซึ่งรถทุกทิศทางจะต้องหยุดหมด เช่น จากภาพที่ 2.4 จะเห็นได้ว่า เมื่อ Intergreen Period เป็น 4 วินาที จะมีอยู่ 1 วินาที ที่เป็นช่วงเวลาสัญญาณไฟแดงทุกด้าน และรถจากทุกทิศทางจะต้องหยุดหมด ซึ่งช่วงเวลานี้เรียกว่า เวลาที่สูญเสียไป

ระหว่าง Intergreen Period (Lost Time during Intergreen Period) ซึ่งจะยาวขึ้นตาม Intrgreen Period ดังนั้นถ้า Intergreen Period ยิ่งยาว ความล่าช้าของทั้งระบบก็จะยิ่งเพิ่มขึ้น แต่ความปลอดภัยก็จะมีมากขึ้นด้วย

2.5 ปัญหาการขนส่งและการจัดเส้นทาง [44]

ปัญหาการจัดการการขนส่งเป็นปัญหาการตัดสินใจที่มีความสลับซับซ้อน ซึ่งต้องการคำตอบของการตัดสินใจที่ดีที่สุด ที่หมายถึง การมีประสิทธิภาพสูงสุด ผลกำไรสูงสุด หรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินการน้อยที่สุด เป็นต้น ปัญหาการตัดสินใจทางธุรกิจการขนส่งสามารถจำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ปัญหาการตัดสินใจเชิงปฏิบัติการ (Operation Decision Problem) เป็นปัญหาที่ต้องการคำตอบเพื่อใช้ในการทำงานซึ่งอาจเป็นการตัดสินใจที่ต้องการคำตอบที่มีความแม่นยำและถูกต้องมาก

2. ปัญหาการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ (Strategic Decision Problem) เป็นปัญหาที่เกิดในขั้นตอนการวางแผนหรือการทดสอบนโยบายการดำเนินงาน การลงทุนเกี่ยวกับอุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการขนส่ง ซึ่งเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงเส้นทางและตารางเวลาการขนส่งเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ทันเวลาและประหยัดต้นทุน

ปัญหาในการขนส่งส่วนใหญ่ จะเป็นปัญหาการตัดสินใจแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีความยากและความซับซ้อนมากทั้งในส่วนการสร้างแบบจำลองการตัดสินใจและการหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยปัญหาการจัดส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแบ่งระดับการวางแผนการจัดการได้เป็น 3 ระดับ คือ

1. การวางแผนเชิงกลยุทธ์ (Strategic Planning) เป็นส่วนของการวางแผนเกี่ยวกับนโยบาย หรือทิศทางการบริหาร และการดำเนินงาน เช่น การออกแบบและกำหนดที่ตั้งของโรงรถ ขอบเขตของพื้นที่การให้บริการ ส่วนแบ่งทางการตลาด เป็นต้น

2. การวางแผนเชิงควบคุม (Tactical Planning) เป็นส่วนการตัดสินใจของหน่วยงานที่จะซื้อยานพาหนะจำนวนกี่คัน เป็นรถประเภทใด ซึ่งจำนวนยานพาหนะที่เพียงพอต่อความต้องการของระยะขนส่งมักจะต้องมีการจัดการให้มีประสิทธิภาพ ประหยัด และสามารถประเมินได้โดยทั่วไปจำนวนรถในการขนส่งมากขึ้นก็ยิ่งเพิ่มความซับซ้อนในการจัดการ

3. การวางแผนเชิงปฏิบัติการ (Operational Planning) คือ การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะเพื่อให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะเป็นที่รู้จักกันดีใน Integer Programming Problem ซึ่งอยู่ในส่วนของปัญหาที่ยากของ NP-Hard โดย ทั่วไปแล้วปัญหาประเภทนี้จะสามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้ Various Heuristic Method โดยการแก้ปัญหาการหาเส้นทางมีขั้นตอนพื้นฐาน คือ กำหนดตำแหน่ง (Nodes) และเส้นทางการวิ่งของรถ (Route) โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด เส้นทางเดินรถที่สั้นที่สุด รวมถึงความเป็นไปได้ในการวิ่งของรถแต่ละคัน เส้นทางการเดินรถถูกกำหนดเป็นลำดับของสถานที่ตั้ง ซึ่งรถจะต้องแวะเพื่อให้ได้งานตามที่ถูกกำหนด ซึ่งได้แบ่งปัญหาเส้นทางการเดินรถโดยแบ่งตามความแตกต่างของลักษณะได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปัญหา VRP รูปแบบต่างๆ [45]

รูปแบบปัญหา	ชื่อย่อ	ความหมาย
VRP with Capacity Restriction	CVRP	VRP แบบมีข้อจำกัดของการบรรจุ
VRP with Time Window	VRPTW	VRP แบบมีกรอบเวลา
VRP with Backhaul	VRPB	VRP แบบมีการขนส่งกลับมายังคลังเดิม
Pickup and Delivery	VRPPD	VRP แบบมีการรับและส่งสินค้า
VRPPD with Time Window	VRPPDTW	VRPPD แบบมีกรอบเวลา
VRP with Multiple Depots	MDVRP	VRP แบบมีหลายคลังสินค้า
Periodic VRP	PVRP	VRP แบบมีช่วงเวลา
Periodic VRPTW	PVRPTW	VRP แบบมีช่วงเวลาและกรอบเวลา
Stochastic VRP	SVRP	VRP แบบมีความไม่แน่นอน

วิธีแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะมี ดังนี้

1. เทคนิคการหาคำตอบด้วยวิธีการหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Method) เป็นวิธีในการวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดทั้งนี้ปัญหาของการจัดเส้นทางเป็นปัญหา Integer Programming เนื่องจากคำตอบที่เป็นไปได้จะประกอบด้วยค่า 0 หรือ 1 เท่านั้น ซึ่งเทคนิคที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาลักษณะนี้มีหลายวิธี เช่น การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming :LP) เทคนิคการแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and Bound) เป็นต้น แต่มีข้อจำกัด คือ ใช้ได้เฉพาะกับปัญหาที่เป็นแบบมีโครงสร้าง คือ ต้องทราบข้อมูลเข้า ผลลัพธ์ที่ต้องการ และทราบความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ระหว่างตัวแปรเข้าและตัวแปรผลลัพธ์ที่แน่นอน และวิธีในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดมักประสบปัญหาเนื่องจากต้องใช้ศักยภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลสูง และใช้เวลาในการวิเคราะห์นานมากจึงไม่สามารถแก้ปัญหา ซึ่งมีความสลับซับซ้อนในเวลาที่จำกัด

2. เทคนิคการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic Method) เป็นวิธีที่ทำการทดลองค้นคว้าหากฎด้วยตัวเอง (ใช้ดุจพินิจ วิจารญาณ) ในการเลือก ตัดสินใจโดยไม่มีทฤษฎีใดๆ มาช่วย โดยกฎที่ได้นี้อาจได้จากการใช้ผู้เชี่ยวชาญ หรือได้จากการใช้วิธีลองผิดลองถูก เป็นวิธีที่อาศัยการกำหนดกฎเกณฑ์บางประการขึ้นมาเพื่อหาคำตอบที่ดี และเหมาะสมในระดับหนึ่ง ซึ่งสามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และสลับซับซ้อนมากหรือตัวแบบไม่สามารถกำหนดได้อย่างชัดเจน ถึงแม้จะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด แต่จะเป็นคำตอบที่เป็นไปได้ที่สามารถหาได้ในช่วงเวลาจำกัดสำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนและยุ่งยาก เป็นเพียงทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และ "ดีเพียงพอ" โดย คำว่า "ดีเพียงพอ" มักจะอยู่ในช่วง 90-99.9% ของทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมจริงๆและช่วยแก้ปัญหาที่ไม่สามารถกำหนดรูปแบบได้ชัดเจน สามารถแบ่งประเภทวิธีฮิวริสติกส์ออกเป็น 2 ประเภท คือ วิธี Constructive และวิธีการหาคำตอบแบบเนเบอร์ฮูด (Neighborhood Search หรือ Local Improvement) วิธีฮิวริสติกส์เป็นวิธีที่เหมาะสมในการหาคำตอบของการตัดสินใจที่มีลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

- ปัญหาการตัดสินใจที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ คือ ข้อมูลของปัญหาไม่สามารถเขียนออกมาในรูปแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมได้
- แบบจำลองที่เขียนออกมาไม่ครอบคลุมคำตอบที่สอดคล้องเงื่อนไขทั้งหมด

- ไม่มีอัลกอริทึมใด ๆ ที่จะสามารถหาตำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาได้
- ข้อมูลเข้าไม่แน่นอน ใช้เวลาในการคำนวณหาทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดมากเกินไป
- มีการเกี่ยวข้องกับขบวนการทางสัญลักษณ์ (Symbolic) มากกว่าทางตัวเลข (Numerical)

3. วิธีการค้นหาคำตอบแบบเมตาฮิวริสติกส์ (Meta-Heuristic Method) คำว่า เมตา (Meta) เป็นภาษากรีก แปลว่า สูงกว่า เหนือกว่า ในวิธีเมตาฮิวริสติกส์ พัฒนามาจากวิธีฮิวริสติกส์ ซึ่งเป็นวิธีฮิวริสติกส์มาตรฐานที่สามารถแก้ปัญหาโดยเน้นคำตอบเชิงลึกและเชิงกว้างพร้อมกัน เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหาที่ไม่เป็นโพลีโนเมียล (NP-Problem) เช่น ปัญหาการกำหนดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุก (Vehicle Routing Problem) หรือปัญหาการจัดตารางการผลิต (Production Scheduling) ซึ่งเป็นการยากที่จะหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปัญหานั้นมีขนาดใหญ่ (NP-hard) การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดอาจจะใช้เวลาในการคำนวณนานมากหรือเป็นไปไม่ได้ที่จะคำนวณหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด วิธีการเมตาฮิวริสติกส์จึงถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเพราะใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่ามาก อีกทั้งคำตอบที่ได้ก็สามารถยอมรับได้ในการใช้งานจริง โดยเฉพาะการจัดการปัญหาขนาดใหญ่ ซึ่งวิธีที่เป็นที่รู้จัก ได้แก่

- Genetic Algorithm
- Simulation Annealing
- Tabu Search
- Deterministic Annealing
- Ant Colony Algorithm
- Neural Nets Algorithm
- Hopfield Neural Nets Algorithm

2.6 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems : GIS) [29,46]

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ที่ใช้ในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลกราฟิก (Graphic Data) หรือข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) ให้อยู่ในระบบฐานข้อมูลเชิงเลข (Digital Database) และมีคุณลักษณะในการวางซ้อน (Overlay) ข้อมูลแผนที่ เพื่อวิเคราะห์และแสดงผลออกมาทั้งในรูปของแผนที่กราฟิกและข้อมูลประกอบต่าง ๆ อาจกล่าวได้ว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีปริมาณมากที่รวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ โดยการเชื่อมโยงและผสมผสานข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งสามารถดัดแปลง แก้ไขและวิเคราะห์ แสดงผลการวิเคราะห์และการนำเสนอข้อมูลตามความต้องการของผู้ใช้ ทำให้เห็นมิติและความสัมพันธ์ด้านพื้นที่ของข้อมูล ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดความเข้าใจปัญหาและประกอบการตัดสินใจ

ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ประกอบด้วยข้อมูลกราฟิก และข้อมูลตามลักษณะถูกจัดรวบรวมไว้ในลักษณะฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic Database) ซึ่งฐานข้อมูลนี้เป็นแหล่งเก็บข้อมูลเชิงตำแหน่ง ทำหน้าที่เป็นแบบจำลองแห่งความจริง (Model of Reality)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะเกี่ยวข้องกับข้อมูลทางภูมิศาสตร์ 3 ชนิดด้วยกัน คือ

- ข้อมูลจุด (Point) ประกอบด้วยค่าพิกัด (X,Y) หนึ่งคู่ นับได้ว่าเป็นรูปแบบของข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ไม่มีมิติ (Zero Dimensional Objects) มีเพียงตำแหน่งในพื้นที่แต่ไม่มีระยะทางหรือความยาว เช่น จุดจอดรถรับ-ส่งนักเรียน
- ข้อมูลเส้น (Line) ประกอบด้วยค่าพิกัด (X,Y) ของจุดเริ่มต้นและค่าพิกัด (X,Y) ของจุดสิ้นสุด เป็นการเชื่อมต่อจุดอย่างน้อย 2 จุดขึ้นไป ใช้เส้นแสดงวัตถุที่มีเพียงหนึ่งมิติ (One Dimension) คือ มีตำแหน่งในพื้นที่ ความยาวแต่ไม่มีความกว้าง เช่น ถนน
- ข้อมูลพื้นที่ (Area or Polygon) ประกอบด้วยค่าพิกัด (X,Y) ชุดหนึ่ง ซึ่งจุดเริ่มต้นจะเป็นจุดเดียว กับจุดสิ้นสุด ใช้แสดงแทนวัตถุที่มีสองมิติ (Two - Dimensional Spatial Objects) คือ มีทั้งตำแหน่ง ความยาวและความกว้าง เช่น พื้นที่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่

2.6.1 การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงข่ายการขนส่งที่เรียกว่า Transportation GIS หรือ GIS-T โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis)

โปรแกรมโครงข่าย เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการบริหารจัดการการไหลเวียนของทรัพยากรในระบบโครงข่ายชนิดต่าง ๆ ซึ่งสามารถใช้โปรแกรมโครงข่ายเพื่อสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ ภายในโครงข่ายได้ภายใต้เงื่อนไขที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ใช้เวลาน้อยที่สุดหรือสูญเสียระหว่างทางน้อยที่สุดและหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายที่กำหนดให้ได้ ข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรมโครงข่าย เช่น เวลา ระยะทาง เมื่อมีการใส่ข้อมูลเหล่านี้จะสามารถจำลองการเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขที่ต่างกันได้ เช่น การขนส่งหรือการเดินทางในช่วงเวลาที่การจราจรติดขัด หรือเบาบาง เพื่อหาเส้นทางที่สามารถเดินทางได้เร็วที่สุดสำหรับแต่ละสถานการณ์

การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำเอาองค์ประกอบของโครงข่ายที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่จริงมาใช้ในการสร้างแบบจำลองโครงข่าย (Network Model) เช่น แบบจำลองการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนเส้นทางคมนาคม ซึ่งเมื่อสร้างแผนที่โครงข่ายและฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องแล้ว จะสามารถใช้โปรแกรมโครงข่ายในการวิเคราะห์การขนย้ายทรัพยากรหรือกลุ่มคน เพื่อกำหนดพื้นที่หรือขอบเขตการบริการ (Allocate) ของศูนย์กลาง (Center) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ การประมาณการปริมาณวัตถุที่ขนย้าย การจัดสรรทรัพยากรและการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด

การวิเคราะห์โครงข่ายอาศัยหลักการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักในทฤษฎี Operation Research โดยวิเคราะห์หา Optimization หรือค่าที่เหมาะสมที่สุดในการเดินทาง ซึ่งอาศัยโครงสร้างของโครงข่าย (network) ซึ่งประกอบไปด้วย โหนด (Node) และเส้นโครงข่าย (Arc) โดยนำโครงข่าย คือ โหนด (Node) ในที่นี้กำหนดเป็นจุด (Point) แทนตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่จะไปถึงและอาศัยเส้นโครงข่าย (Arc/Line) มาใช้แทน เช่น ถนน ทางรถไฟฟ้า ทางรถไฟ และมีการกำหนดค่าน้ำหนักในโปรแกรม คือ Cost มาใช้แทน เช่น ค่านาทีในการเดินทาง ค่าระยะทางในการเดินทาง เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดส่งสินค้า หรือการเคลื่อนที่ของทรัพยากรมนุษย์ ซึ่งมีแนวทางการประยุกต์ได้ 4 ประเด็น ดังนี้

1. การหาเส้นทาง (Routing)
2. การหาสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด (Closet Facility)
3. การหาพื้นที่ในการให้บริการ (Service Area)
4. การหาค่าเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใดๆ (Origin-Destination Cost Matrix)

ในที่นี้ใช้เทคนิคด้านการหาเส้นทาง (Routing) ซึ่งผู้ศึกษาสามารถกำหนดการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดอื่น ๆ ได้โดยสามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Cost) เป็นระยะทางที่สั้นที่สุด หรือเป็นระยะเวลาที่น้อยที่สุด ไปยังจุดที่กำหนดต่าง ๆ ได้แก่ จุดพิกัดคลังสินค้า จุดพิกัดบ้านของนักเรียน จุดพิกัดโรงเรียนที่ต้องเดินทางโดยรถยนต์ไปยังจุดหมายเหล่านั้น ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ได้ ดังนี้

- วิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุด ในรูปแบบการเคลื่อนที่แต่ละครั้ง
- วิเคราะห์หาเส้นทางที่ดีที่สุดโดยพิจารณาถึงช่วงเวลาและระยะเวลาที่ต้องไปยังจุดหมายต่างๆได้
- วิเคราะห์เส้นทางจากจุดหนึ่งไปยังจุดต่าง ๆ และสามารถหาผลลัพธ์ได้หลายเส้นทาง
- วิเคราะห์ระยะเวลาในการเดินทาง พร้อมหน้าต่างแสดงทิศทางการเดินทางที่มีรายละเอียดแสดงค่าระยะทางและเวลา ทิศทางในการเดินทางที่เป็นแผนที่สามารถปรับมาตราส่วนแผนที่แบบไดนามิก
- วางแผนการเดินทางโดยการจัดลำดับในการเดินทางไปยังปลายทางต่าง ๆ โดยกำหนดเวลาในการออกเดินทาง และเวลาในการแวะพักแต่ละจุด แล้วคำนวณระยะเวลาในการเดินทางรวม

การหาเส้นทางที่เหมาะสมด้วยโปรแกรมการวิเคราะห์โครงข่ายใช้หลักการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ด้วยขั้นตอนวิธี (Algorithm) พื้นฐานของ E.W.Dijkstra (Dijkstra's Algorithm) [47] เพื่อเป็นการหาระยะทางสั้นสุด (Shortest-Path-Tree) โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกเป็นการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดและขั้นที่สองเป็นการแก้เส้นทางแบบลำดับชั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้รวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการนำเอาทฤษฎีกราฟมาใช้และจำลองแผนที่โดยใช้กราฟ หรือแปลงแผนที่เป็นกราฟเชิงเดี่ยวไม่ขาดตอนที่ระบุทิศทาง และสามารถระบุสถานภาพความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุลงไปในกราฟ ในกรณีของการกำหนดเส้นทางเดินรถ จะกำหนดให้จุดต่อ (Nodes) แทนตำแหน่งป้ายรับ-ส่งและเส้น (Arcs) แทนถนนที่เชื่อมระหว่างจุดแต่ละจุด โดยกำหนดระยะทางระหว่างจุดต่อเป็นตัวเลขลงไปในเส้นกราฟ และเรียกกราฟที่มีลักษณะดังกล่าวว่า กราฟที่กำหนดน้ำหนัก (Weighted Graph) โดยทั่วไปค่าที่กำหนดให้กับเส้นในกราฟอาจแทนค่าใช้จ่าย ระยะทาง หรือเวลา ซึ่งเป็นจำนวนจริงที่ไม่เป็นลบ

จากสูตร โครงข่าย G = {V,E}
เมื่อ V(G) คือ เซตของจุดต่อ (Nodes) ในกราฟ G
และ E(G) คือ เซตของเส้น (Arcs) ในกราฟ G
d_{uv} ใช้แทนความยาวของเส้น $(u,v) \in E$

ขั้นตอนวิธีของ Dijkstra จะใช้กับเส้นกราฟไม่ขาดตอนที่ระบุทิศทาง โดยที่น้ำหนักของทุกเส้นจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0 นั้นคือ w (u,v) > 0 ทุกๆ $(u,v) \in E(G)$ ดังนั้น กำหนดให้

S เป็นเซตของจุดยอดโดยมีค่าเริ่มต้นเป็นเซตว่าง

d_v เป็นค่าของระยะทางจากจุดเริ่มต้นถึงจุดยอด v

Q เป็นเซตของจุดยอด (Vertex) ที่ยังไม่เข้าวนซ้ำ (Loop) โดยมีค่าเริ่มต้นเป็น V(G)

การเลือกจุด u ที่จะเข้าวนซ้ำ จะเลือกจากจุดที่อยู่ใน Q ซึ่งมีค่า d_u ต่ำที่สุด เมื่อเลือกแล้วจะลบจุดนี้ออกจาก Q และนำค่าไปใส่ใน S แทน

ตรวจสอบทุกจุด v ที่มีเส้นจาก u ไปถึงจุด v ว่า ถ้า $d_v > d_u +$ w (u,v) แล้วจะต้องเปลี่ยน $d_v = d_u +$ w(u,v) และแก้ตัวชี้ว่าจุดยอด v ต้องมาจากจุด u

วนซ้ำจนกระทั่ง Q เป็นเซตว่าง จะได้เส้นทางที่สั้นที่สุด ตามต้องการ

การวิเคราะห์เลือกเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการเคลื่อนที่ของทรัพยากรในโครงข่ายระหว่างจุดสองจุดหรือมากกว่าด้วย Network Analysis สามารถทำได้โดยกำหนดจุดเริ่มต้น จุดหยุดตลอดเส้นทางและจุดหมายปลายทางให้เป็นไปตามลำดับ โดยโปรแกรมจะทำการค้นหาเส้นทางที่มีผลรวมของค่าอุปสรรคน้อยที่สุด เส้นทางที่ดีที่สุดสามารถทราบได้จากผลรวมต่ำที่สุดของค่าอุปสรรค ซึ่งค่าอุปสรรคที่นำมาใช้อาจเป็นระยะทางในการเดินทางหรือเกณฑ์อื่น ๆ ที่ผู้ใช้กำหนดก็ได้

2.7 การจำลองแบบปัญหา (Simulation Model) [48]

การจำลอง (Simulation) เป็นการดำเนินการบนตัวแบบที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนระบบจริงในช่วงหนึ่งๆ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบ และนำผลที่ได้จากตัวแบบไปใช้ในการพยากรณ์พฤติกรรมของระบบงานที่แท้จริง ในการจำลองเหตุการณ์จะใช้ข้อมูลเก่าหรือข้อมูลที่วางแผนไว้ก็ได้ โดยตัวแบบที่ใช้สามารถแสดงผลลัพธ์การคำนวณต่างๆ ได้ เช่น กำไรรวม (หรือขาดทุนรวม) เปอร์เซ็นต์ของลูกค้าที่ไม่พอใจ และจำนวนสินค้าที่เหลือ เป็นต้น คุณลักษณะหลักของการจำลองเหตุการณ์ มีหลายประการดังนี้

- เป็นการจำลองระบบในความเป็นจริง ซึ่งมีการทำงานกับความเป็นจริงที่ง่ายกว่าแบบจำลองอื่นๆ
- เป็นวิธีการสำหรับนำไปสู่การทดลอง ดังนั้นการจำลองเหตุการณ์จะเกี่ยวข้องกับการทดสอบค่าที่กำหนดไว้ ในการตัดสินใจหรือตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ในแบบจำลอง
- เป็นเครื่องมือแบบเชิงบรรยาย จึงสามารถอธิบาย และ/หรือคาดเดาคุณลักษณะของระบบที่กำหนดภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ได้
- การจำลองเหตุการณ์มักจะประกอบด้วยการทำการทดลองหลายๆ ครั้งเพื่อประมาณผลกระทบที่จะเกิดจากการกระทำนั้นๆ
- มักจะใช้กับปัญหาที่มีความยุ่งยากเกินกว่าที่จะใช้วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเช่น การโปรแกรมเชิงเส้นได้

ข้อจำกัดของการจำลองเหตุการณ์ คือ

- แต่ละทางเลือกต้องถูกทดลองอย่างสมบูรณ์
- ไม่สามารถรับประกันได้ว่าการแก้ปัญหานั้นเหมาะสมที่สุดจริงๆ อาจเป็นเพียงทางเลือกที่ดีที่สุดในจำนวนที่ทำการทดลองเท่านั้น
- ต้องการผู้เชี่ยวชาญมาช่วยในการออกแบบการจำลองเหตุการณ์ และการโปรแกรมลงไปในคอมพิวเตอร์ และแปลผลลัพธ์ทางสถิติ
- ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างและทดสอบอาจค่อนข้างสูง
- การสร้างตัวแบบในการจำลองเหตุการณ์มักจะใช้เวลานาน
- การแก้ปัญหาโดยการศึกษาจากการจำลองเหตุการณ์ มักจะไม่สามารถนำไปใช้กับปัญหาอื่นๆ ได้ (เพราะมีการใช้ปัจจัยเฉพาะกับปัญหานั้นๆ เลย)

2.7.1 การประยุกต์ใช้แบบจำลองกับระบบงานจริง (Areas of Application) [36]

ตัวแบบจำลองปัญหา สามารถนำไปแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้หลายระบบงาน ซึ่งสามารถแสดงในตัวอย่างเช่น

- การจำลองระบบงานด้านอุตสาหกรรม เช่น ระบบสินค้าคงคลัง ระบบแถวคอย ระบบการสื่อสาร ระบบการรับ-จ่ายสินค้า
- การจำลองระบบงานด้านบริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ เช่น ศึกษาภาวะการตลาด ภาวะเงินเฟ้อพฤติกรรมของผู้บริโภค
- การจำลองสถานการณ์ในการรบ
- การจำลองปัญหาด้านการจราจร ระยะเวลา การเปิดสัญญาณไฟ
- การจำลองปัญหาด้านการจัดการคมนาคมทางอากาศ การกำหนดระดับการบินให้กับเครื่องบินลำต่าง ๆ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุเครื่องบินชนกัน
- การจำลองการแข่งขันด้านธุรกิจ ด้วยการทดลองใช้แผนธุรกิจรูปแบบต่างๆ
- การจำลองเกี่ยวกับระบบการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม
- การจำลองผลกระทบทางเศรษฐกิจ ในการใช้นโยบายเศรษฐกิจทางด้านต่าง ๆ

2.7.2 โครงสร้างของแบบจำลอง (Structure of Simulation Models)

สามารถเขียนในรูปแบบฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการ (2.1)

$$E = f(x_i, y_i) \qquad (2.1)$$

โดยที่ $E =$ ผลของการปฏิบัติการของระบบ

$x_i =$ ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่สามารถควบคุมได้

$y_i =$ ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่ไม่สามารถควบคุมได้

$f =$ ความสัมพันธ์ระหว่าง x_i และ y_i ที่ทำให้เกิด E

จากรูปแบบของฟังก์ชันข้างต้น โครงสร้างของแบบจำลองจะประกอบไปด้วย

2.7.2.1 องค์ประกอบ (Components) ทุกระบบจะต้องประกอบไปด้วยองค์ ประกอบต่าง ๆ ในแบบจำลองที่ใช้แทนระบบจริง จะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบ

2.7.2.2 ตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables & Parameters)

ก) ตัวแปร เป็นค่าที่ผันแปร มีได้หลายค่าตามสภาวะจริงของการใช้งาน แยกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ตัวแปรภายนอก (Exogeneous Variables) มีลักษณะเป็นตัวแปรนำเข้า (Input Variables) ซึ่งหมายถึง ตัวแปรจากภายนอกระบบที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบ หรือเป็นตัวแปรซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยภายนอกระบบ และตัวแปรภายใน (Endogeneous Variables) ตัวแปรที่เกิดขึ้น ภายในระบบ อาจมีลักษณะเป็นตัวแปรสถานภาพ (Status Variables) ตัวแปรที่ใช้บอกสภาพหรือเงื่อนไขของระบบหรืออยู่ในลักษณะตัวแปรนำออก (Output Variables) ผลที่ได้จากการใช้งานระบบในเชิงสถิติตัวแปรจากภายนอกจะเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรภายในจะเป็นตัวแปรตาม (Dependent Variables)

ข) พารามิเตอร์ เป็นค่าคงที่ซึ่งผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนด อาจเป็นค่าที่กำหนดขึ้นเองเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากค่าของพารามิเตอร์นั้น หรือเป็นค่าที่วัดหรือประเมินได้จากข้อมูล

2.7.2.3 ฟังก์ชันความสัมพันธ์ (Functional Relationships) ฟังก์ชันที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์ซึ่งมีได้ 2 ลักษณะ คือ

ก) แน่นอนตายตัว (Deterministic) เมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าจะสามารถหาผลลัพธ์ที่แน่นอนได้

ข) ไม่แน่นอน (Stochastic) เมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าให้กับฟังก์ชัน จะไม่สามารถระบุผลลัพธ์ที่แน่นอนได้รูปแบบของฟังก์ชันจะอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งฟังก์ชันความสัมพันธ์เหล่านี้อาจหามาได้จากสมมติฐานหรือประเมินจากข้อมูลร่วมกับวิธีการทางสถิติหรือทางคณิตศาสตร์

2.7.2.4 ข้อจำกัด (Constraints) ข้อจำกัดของค่าของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ผู้ใช้กำหนดขึ้น เช่นปริมาณทรัพยากรในระบบ ปริมาณที่ผลิตได้ต่อวัน หรืออาจเป็นข้อจำกัดของระบบจริงโดยธรรมชาติ เช่น การขายสินค้าจะไม่สามารถขายได้มากกว่าปริมาณที่ผลิต

2.7.2.5 ฟังก์ชันเป้าหมาย (Criterion Functions) ข้อความ (Statement) ที่บอกเป้าหมาย (Goals) หรือวัตถุประสงค์ (Objectives) ของระบบงาน และวิธีประเมินผลตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ของระบบงานอาจแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ การคงสภาพของระบบงาน (Retentive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถคงสภาพการใช้ทรัพยากร เช่น เวลา พลังงาน ความชำนาญ ฯลฯ หรือคงสถานะภาพของระบบ เช่น ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย ฯลฯ และวัตถุประสงค์ของการแสวงหา (Acquisitive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถเพิ่มทรัพยากรต่างๆ เช่น กำไร ลูกค้า ฯลฯ หรือเปลี่ยนสถานะภาพของระบบ เช่น ได้ส่วนแบ่งของตลาดเพิ่มขึ้น

2.7.3 การจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) [49]

การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ คือ การสร้างแนวทางในการตัดสินใจระบบเพื่อเป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยพิจารณาและวิเคราะห์งานก่อนที่จะนำไปใช้กับระบบงานจริงและเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลอง ตัวแบบที่สร้างขึ้นมาสามารถเป็นตัวแทนของระบบที่เกิดขึ้นตามสถานการณ์จริงได้หรือสอดคล้องกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในการจัดการด้านการตลาดที่มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Dynamic) และอาจมีความไม่แน่นอน (Uncertainly) เกิดขึ้นได้ในตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจ ทำให้การสร้างแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของสิ่งที่สนใจได้

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เป็นแบบจำลองปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนจึงต้องอาศัยคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยคำนวณหาข้อมูลต่างๆที่ต้องการสำหรับการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหาขั้นตอนต่างๆต่อไปนี้เป็นข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการจำลองแบบปัญหาที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ

1. การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ การกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆ และวิธีการวัดผลของระบบงาน โดยเริ่มตั้งแต่ผู้มีอำนาจการตัดสินใจให้ข้อมูลแก่นักวิเคราะห์ นักวิเคราะห์จะตั้งปัญหาขึ้นในใจ และพิจารณาวิธีที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหานี้ ความสามารถในการตั้งปัญหา (เช่นปัญหาแถวคอย) เกิดจากการฝึกฝน และประสบการณ์ ซึ่งต้องกำหนดให้ชัดเจน อาจใช้การจำลองแบบสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เพื่อศึกษาถึงสภาพ และสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา

2. พัฒนาตัวแบบจำลองของระบบ (Model Formulation) ขั้นตอนนี้เริ่มตั้งแต่การกำหนดคำจำกัดความของระบบ และกำหนดวัตถุประสงค์ของการจำลอง พิจารณาองค์ประกอบของระบบ และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านั้น สร้างตัวแบบและความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องหรือมีอิทธิพลต่อวัตถุประสงค์ขึ้น โดยความสัมพันธ์จะต้องแสดงถึงสถานภาพที่แท้จริงของปัญหา จากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษาเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา และแปลงแบบจำลองไปอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3. เก็บรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล (Data Preparation) เมื่อสร้างรูปแบบแทนระบบของปัญหาแล้ว จะต้องพิจารณาว่าควรจะใช้ข้อมูลอะไรบ้างในการวิเคราะห์ระบบของปัญหา รวมทั้งการจัดเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลให้อยู่ในลักษณะที่สามารถนำไปใช้ในรูปแบบปัญหาได้ โดยต้องศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลดิบต่างๆ ที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์จริงที่แม่นยำและถูกต้อง แล้วหารูปแบบการแจกแจงที่เหมาะสม และประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงสำหรับข้อมูลที่เก็บได้ และทดสอบรูปแบบการแจกแจงและค่าพารามิเตอร์ที่หาได้ เพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูลที่เก็บมาในเชิงสถิติ

4. ตรวจสอบและทดสอบตัวแบบจำลองแทนระบบ (Test and Validate Model) ขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างความมั่นใจให้กับผู้สร้าง และผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้แบบจำลองว่าผลที่ได้จาก

แบบจำลองนั้นมีความถูกต้องสามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองไม่มีวิธีการกำหนดไว้ตายตัว ความถูกต้องของแบบจำลองจะวัดได้จากความมั่นใจในแบบจำลอง ความเข้าใจในระบบงาน ความละเอียดถี่ถ้วนในการตรวจความเหมาะสมขององค์ประกอบ พฤติกรรมของแต่ละองค์ประกอบของระบบ และค่าเชิงปริมาณที่ใช้แทนองค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น โดยทั่วไปวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องมีอยู่ 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

ก) การทวนสอบ (Verification) เป็นการทำให้แน่ใจว่าแบบจำลองมีพฤติกรรมเช่นเดียวกับระบบทำงานจริง วิธีการที่ใช้ในขั้นตอนนี้ ได้แก่ การถามความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ที่มีความรู้เข้าใจในระบบการทำงานจะสามารถแนะนำหรือพยากรณ์พฤติกรรมของระบบได้เป็นอย่างดี การทวนสอบความถูกต้องของกลไกภายในแบบจำลอง เป็นการทดสอบองค์ประกอบในแบบจำลองโดยการใส่เงื่อนไขเข้าไปแล้วดูผลที่ได้จากแบบจำลองว่ามีความแปรปรวนมากเพียงใดหากมีความแปรปรวนมากก็ควรที่จะมีการปรับปรุงแบบจำลองนั้น และการทวนสอบความถูกต้องของตัวแปรและพารามิเตอร์ เป็นการทดสอบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปร และพารามิเตอร์ว่ามีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากองค์ประกอบในแบบจำลองอย่างไร ถ้าตัวแปรใดมีความไวมากการสร้างแบบจำลองก็จะต้องระมัดระวังตัวแปรนั้นเป็นพิเศษด้วย

ข) การรับรองความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง (Validation) เป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของแบบจำลองกับระบบงานจริง ทั้งนี้ทำได้โดยนำมาเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่เก็บได้จากการสำรวจระบบงานจริงภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดเดียวกัน การวิเคราะห์ทำได้โดยอาศัยเทคนิคทางสถิติ คือ การทดสอบสมมติฐานในการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองกับระบบงานจริง และการทดสอบสมมติฐานของลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นของข้อมูลจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับระบบงานจริง

5. การทดลองและหารูปแบบที่ดีที่สุดของตัวแบบจำลองระบบ (Optimization Model) เมื่อสร้างรูปแบบแทนระบบของปัญหา และเก็บรวบรวมข้อมูลได้แล้ว ทำการทดลองรูปแบบที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้น แล้วนำข้อมูลที่เก็บรวบรวม และข้อมูลที่สุ่มได้เข้าระบบเพื่อหาผลลัพธ์ โดยต้องออกแบบการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขของการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่ต้องการ และวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผลเพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) ซึ่งจะต้องดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขของการทดลองจนกว่าจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้ แล้วทำการจำลองรูปแบบแทนระบบตามเวลาที่กำหนด และนำผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบมาช่วยในการตัดสินใจ โดยเปรียบเทียบตัวแบบหรือประเมินทางเลือก (Scenarios) ที่แตกต่างกันเพื่อหาตัวแบบที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

6. การออกแบบทดลองแบบจำลองสถานการณ์ (Experimental Design) เมื่อได้แบบจำลองสถานการณ์ที่ผ่านการทดสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือเป็นที่เรียบร้อยต้องมีการออกแบบระบบ หรือวิธีการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมแล้ว และข้อมูลที่สุ่มได้เข้าระบบเพื่อหาผลลัพธ์ โดยต้องออกแบบการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขของการทดลองและดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขของการทดลองจนกว่าจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม และมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้ แล้วทำการจำลองรูปแบบแทนระบบตามเวลาที่กำหนด และนำผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบมาช่วยในการตัดสินใจ

7. การนำผลลัพธ์ของการจำลองตัวแบบของระบบไปใช้งาน (Implementation) การนำผลลัพธ์ของการจำลองตัวแบบของระบบไปใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบตัวแบบต่างๆ และได้วิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริงแล้ว นำวิธีการนั้นไปวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติด้วยปัจจัยต่างๆ เช่น ข้อจำกัดของหน่วยงานค่าใช้จ่ายในการประยุกต์ใช้จริง เป็นต้น แล้วจัดทำเป็นเอกสารการทำงาน เพื่อบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้งาน และผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งาน และเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ

8. การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ (Analyze Results) การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ รวบรวมผลกระทบที่เกิดขึ้น นำไปแปลความหมายและรายงานต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการดำเนินงาน

2.7.3.1 เหตุผลของการใช้แบบจำลองแทนระบบงานจริง เนื่องจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ นั้นเป็นเครื่องมือซึ่งใช้บอกผลต่างๆอันจะเกิดจากระบบงานภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ผลที่จะได้จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ นั้นอาจนำไปใช้งานได้โดยตรงหรืออาจจะต้องนำไปวิเคราะห์ต่อ แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้นเป็นวิธีการหนึ่งในหลายๆวิธีที่อาจใช้ช่วยแก้ปัญหาในการดำเนินงานของระบบงานได้ ดังนั้น เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นจึงต้องวิเคราะห์ปัญหานั้นๆเสียก่อนว่าควรจะใช้เครื่องมือใดเข้าไปช่วยแก้ปัญหา เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่า แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้นๆเหมาะสมเพียงใดในการนำไปใช้แก้ปัญหา อาจสรุปได้ดังนี้

1. การทดลองกับระบบงานจริงอาจก่อให้เกิดความขัดข้องในการดำเนินงานตามปกติ

2. ในการทดลองกับระบบงานจริงในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลของสมรรถนะของคน อาจได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อน อันเนื่องมาจากความสามารถในการปรับสมรรถนะของตนเอง จึงทำให้ได้ข้อมูลที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าความเป็นจริง

3. การทดลองกับระบบงานจริงนั้นเป็นการยากที่จะควบคุมเงื่อนไขต่างๆของการทดลองให้คงที่ ทำให้ผลการทดลองที่ได้แต่ละครั้งของการทดลองอาจไม่ใช่ผลที่เกิดขึ้นภายใต้ เงื่อนไขกลุ่มเดียวกัน

4. การทดลองกับระบบงานจริงอาจต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก จึงจะได้ข้อมูลเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์

5. การทดลองกับระบบงานจริง อาจจะเป็นไปไม่ได้ที่จะทดลองกับเงื่อนไขทุกรูปแบบที่ต้องการ

2.7.3.2 เงื่อนไขของการใช้แบบจำลองแทนระบบจริงจากอุปสรรคที่เกิดขึ้น ทำให้ไม่สามารถทำการทดลองกับระบบงานจริงได้ จึงคิดที่จะใช้การจำลองแบบปัญหาในการช่วยแก้ไขปัญหา โดยสรุปจะมีการพิจารณาใช้การจำลองแบบปัญหาเมื่อเงื่อนไขข้อหนึ่งข้อใดต่อไปนี้เกิดขึ้น

1. กรณีที่ไม่มีวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีทางคณิตศาสตร์

2. กรณีที่มีวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีทางคณิตศาสตร์ แต่การคำนวณและขั้นตอนการวิเคราะห์ยุ่งยากทำให้เสียเวลาและแรงงานมาก และการจำลองแบบปัญหาเป็นวิธีแก้ปัญหาที่ง่ายกว่า

3. กรณีที่การจำลองแบบปัญหาเป็นวิธีเดียวที่จะสามารถนำไปใช้ได้เนื่องจากไม่อาจทำการทดลองและวัดผลในสภาพจริง

4. กรณีที่มีวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีทางคณิตศาสตร์ไม่ยุ่งยากมากนัก แต่เกินขีดความสามารถของบุคลากรที่มีอยู่ และค่าใช้จ่ายในการใช้การจำลองแบบปัญหาถูกกว่าการจ้างผู้เชี่ยวชาญในวิธีการทางคณิตศาสตร์นั้นมาแก้ปัญหา

5. กรณีที่มีความจำเป็นในการสร้างสถานการณ์ในอดีตหรืออนาคตเพื่อศึกษาหรือประเมินค่าพารามิเตอร์ เนื่องจากแบบจำลองคอมพิวเตอร์สามารถใช้ในการกำหนดทางเลือกในการทำงานของระบบ เพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้วิธีการการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์และลักษณะของระบบ และ การรันโปรแกรมหลาย ๆ ครั้งเมื่อกำหนดลักษณะระบบที่แตกต่างกัน โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบจะเป็นทางเลือกให้ผู้สร้างเลือกทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

6. กรณีที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระบบงานในช่วงระยะเวลาการใช้ งานระบบนานๆ เช่น การศึกษาปัญหาเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมเป็นพิษ

7. กรณีที่ระบบงานจริงมีความซับซ้อน และค่าใช้จ่ายในระบบงานสูง

8. กรณีที่ระบบงานมีการใช้เวลานานเกินกว่าที่จะรอคอยคำตอบได้

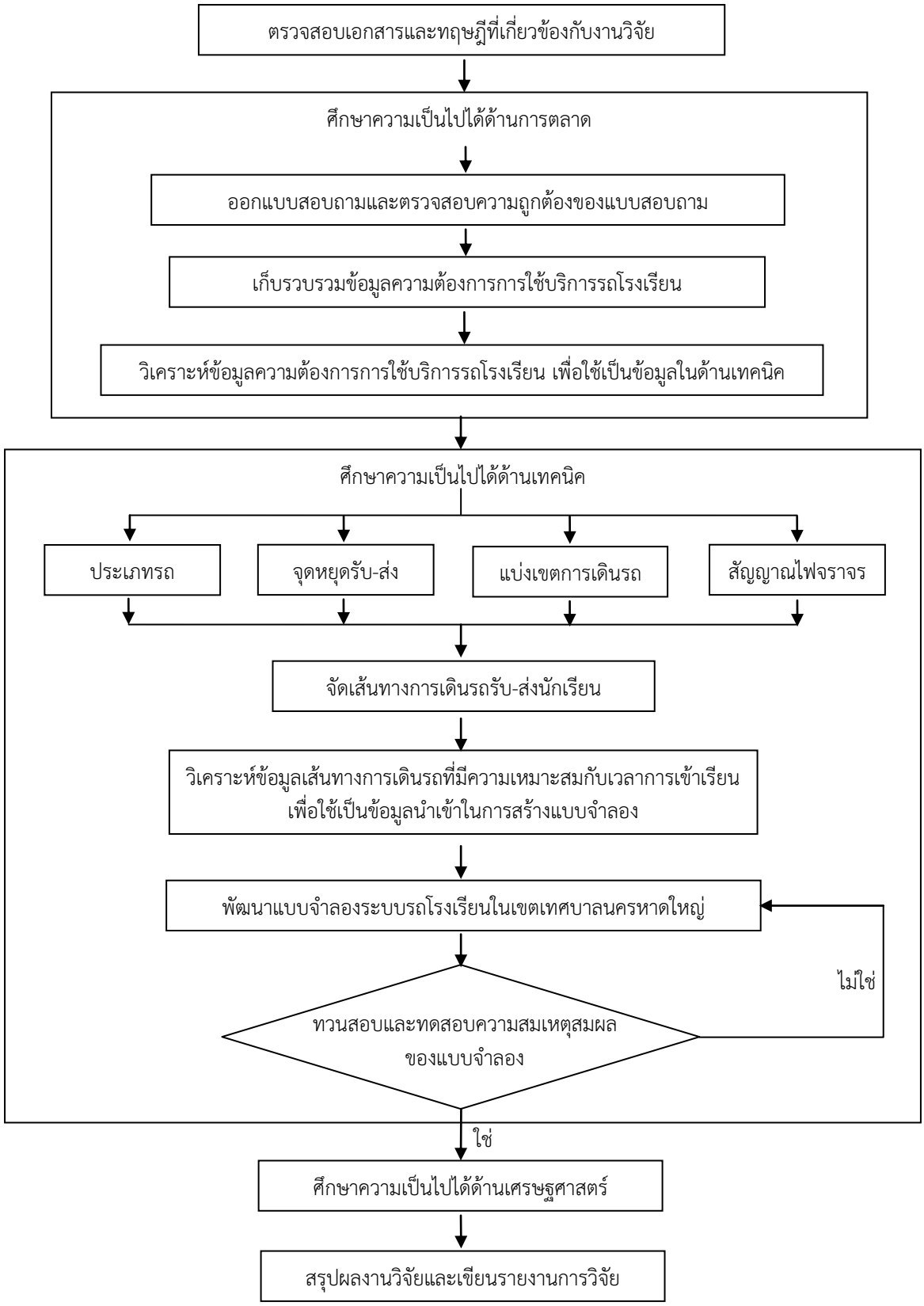
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

จากการสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยสนใจที่ใช้วิธีการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการมาเป็นเครื่องมือในการศึกษาการจัดทำระบบรถโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งสามารถสรุปวิธีการดำเนินงานได้ดังภาพที่ 3.1 ในส่วนของการตรวจสอบเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้นำเสนอในบทที่ 1 และ 2 ดังนั้นในบทที่ 3 จะอธิบายในส่วนของ การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด ด้านเทคนิค และเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านทางด้านการตลาด

การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเริ่มจากการศึกษา “สภาพปัจจุบัน” ของการให้บริการรถโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยในขั้นตอนแรกเป็นการลงพื้นที่สัมภาษณ์เบื้องต้นแบบไม่เป็นทางการโดยไม่ใช้แบบสอบถาม ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่เข้าไปสัมภาษณ์ประกอบด้วย ผู้ปกครอง นักเรียน และพนักงานขับรถรับ-ส่งนักเรียน โดยข้อมูลพื้นฐานที่ได้จะนำมาใช้ในการออกแบบสอบถาม ข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวประกอบด้วย ข้อมูลการเดินทางของนักเรียนในสภาวะปัจจุบัน การจัดเส้นทางและการให้บริการในการจัดทำรถโรงเรียน ปริมาณความต้องการในการใช้รถโรงเรียน และข้อมูลด้านต้นทุนที่เกี่ยวข้อง โดยในการศึกษาข้อมูลด้านต่าง ๆ ได้ทำการพัฒนาร่วมกับการใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการสืบค้น เพื่อใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ต่อไป โครงสร้างหลักของแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 ข้อมูลการเดินทางของนักเรียนในสภาวะปัจจุบัน ส่วนที่ 3 ข้อมูลความต้องการทางตลาด และส่วนที่ 4 ข้อมูลในการจัดเส้นทางและการบริการในการจัดทำรถโรงเรียน เพื่อทำการสอบถามผู้ปกครองของนักเรียน ส่วนแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ที่ใช้ในการศึกษาโครงการแสดงไว้ในภาคผนวก ก



ภาพที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1.1 การตรวจสอบความถูกต้องและความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

หลังจากสร้างแบบสอบถามแล้ว จะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม ก่อนที่จะนำไปใช้จริง โดยใช้การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม 2 ชนิด ดังนี้

3.1.1.1 การตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content Validity)

ก่อนที่จะนำแบบสอบถามไปใช้เพื่อแสดงว่าแบบสอบถามมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) จะต้องมีการตรวจสอบโดยการหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) ระหว่างแบบสอบถามกับจุดประสงค์ ดังนี้

1. นำแบบสอบถามวัดผลสัมฤทธิ์โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบสอบถามกับจุดประสงค์โดยการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน คือ ศ.ดร.พิชัย ธานีรณานนท์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สาขาการขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์ อ.สุนันทา เหมทานนท์ ภาควิชาบริหารธุรกิจ สาขาการตลาด คณะวิทยาการจัดการ และอ.จริยภัทร รัตโณภาส ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยใช้สูตรการหาดัชนีความสอดคล้องดังสมการ 3.1 [50]

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \qquad 3.1$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อของแบบสอบถามกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ

การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละคนให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิแน่ใจว่าแบบสอบถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์

ให้คะแนน 0 เมื่อผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิไม่แน่ใจว่าแบบสอบถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์

ให้คะแนน -1 เมื่อผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิแน่ใจว่าแบบสอบถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

2. เลือกแบบสอบถามที่มีดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อของแบบสอบถามกับจุดประสงค์ 0.5 ขึ้นไปไว้ ถ้าไม่พอให้นำข้อของแบบสอบถามที่มีดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 มาปรับปรุงแก้ไข และให้ผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบใหม่ให้ได้แบบสอบถามตามที่กำหนด

3.1.1.2 การทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (Reliability) เมื่อผ่านการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำแบบสอบถามมาหาค่าความเชื่อมั่น โดยทดสอบกับผู้ปกครอง จำนวน 30 คน เป็นจำนวน Pre Test เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้วัดความน่าเชื่อถือด้วยวิธีของ Cronbach คือ การหาสัมประสิทธ์ Cronbach’s Alpha ดังสมการ

3.2 ซึ่งพิจารณาจากค่าความสอดคล้องภายในคำตอบระหว่างคำถามในแต่ละข้อของแบบสอบถาม [51] โดยใช้โปรแกรม SPSS 15.0 มาช่วยในการวิเคราะห์

$$\text{Cronbach's Alpha} = \frac{k\bar{r}}{1 2 /k 4 1 0 \cdot} \qquad 3.2$$

เมื่อ k = จำนวนคำถาม

$\bar{r}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคำถามต่าง ๆ

เกณฑ์การแปลผล ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมืออยู่ระหว่าง 0.00 – 1.00 ยิ่งใกล้ 1.00 ยิ่งมีความเชื่อมั่นสูง เกณฑ์การแปลผลความเชื่อมั่นมีดังนี้

0.00 - 0.20	ความเชื่อมั่นต่ำมาก/ไม่มีเลย
0.21 - 0.40	ความเชื่อมั่นต่ำ
0.41 - 0.70	ความเชื่อมั่นปานกลาง
0.71 - 1.00	ความเชื่อมั่นสูง

3.1.2 วิธีการเก็บข้อมูล

เมื่อดำเนินการในส่วนการสร้างแบบสอบถามจากข้อมูลพื้นฐานของโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จากนั้นจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ โรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ทั้ง 35 โรงเรียน เนื่องจากโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่บางโรงเรียนมีระดับชั้นการศึกษาอนุบาล ประถมและมัธยมรวมกันในหนึ่งโรงเรียน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมพฤติกรรมการเดินทางไป-กลับของนักเรียนจึงแบ่งข้อมูลที่ต้องการตามกลุ่มประชากรเป็น 3 กลุ่มที่มีอิสระต่อกัน คือ กลุ่มนักเรียนอนุบาล นักเรียนประถม นักเรียนมัธยม (รวมทั้งนักเรียน ปวช.) แล้วทำการหาขนาดตัวอย่างแต่ละกลุ่ม และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบใช้หลักความน่าจะเป็น (Probability Sampling) โดยใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) และคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยสูตร Yamane ดังสมการ 3.3 ซึ่งได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างนักเรียนอนุบาล 400 ตัวอย่าง กลุ่มนักเรียนประถม 420 ตัวอย่าง และกลุ่มนักเรียนมัธยม 420 ตัวอย่าง

$$n = \frac{N}{(1 + Ne^2)} \qquad 3.3$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่าง

N = จำนวนประชากร

e = ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ 5 % หรือ 0.05

ผลที่ได้จากการคำนวณจำนวนตัวอย่างที่จะใช้เป็นผู้ตอบแบบสอบถามในงานวิจัยนี้ดังกล่าวข้างต้น สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 จำนวนตัวอย่างของโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

ลำดับ	โรงเรียน	นักเรียน ปี 2551 (คน)	จำนวนแบบสอบถามตามระดับชั้น (ชุด)			
			อนุบาล	ประถม	มัธยม	รวม
1	กอบกาญจน์ศึกษามูลนิธิ	1,754	15	14	14	43
2	กิตติวิทย์	785	11	9	-	20
3	คุณธรรมวิทยา	259	8	1	-	9
4	ทิพรัตน์วิทยาคาร	366	6	4	-	10
5	เทพอำนวยหาดใหญ่	223	5	2	-	7
6	ธิดานุเคราะห์	2,750	32	21	15	68
7	บุญเลิศอนุสรณ์	922	10	14	-	24
8	พลวิทยา	4,624	54	65	-	119
9	พัฒนศึกษา	603	9	6	-	15
10	วรพัฒน์	384	7	4	-	11
11	วิริยะเธียรวิทยา	402	4	6	-	10
12	ศรีนครมูลนิธิ	2,994	21	25	25	71
13	ศรีสว่างวงศ์	1,329	23	15	-	38
14	สมัยศึกษา	222	8	1	20	29
15	สมานคุณวิทยาทาน	2,290	12	17	15	44
16	สหศาสตร์วิทยาคาร	3,225	43	30	-	73
17	อนุบาลสุวรรณวงศ์	3,471	59	38	-	97
18	แสงทองวิทยา	2,728	-	25	20	45
19	หาดใหญ่อำนวยวิทย์	1,232	1	5	-	6
20	อนุบาลกุลจินต์	58	3	-	-	3
21	อนุบาลนครหาดใหญ่	358	14	3	-	17
22	อนุบาลบุญเลิศอนุสรณ์	109	5	-	-	5
23	วัดโคกสมานคุณ	517	5	10		15
24	หาดใหญ่วิทยาลัย	4,223	-	-	75	75
25	หาดใหญ่สมบูรณ์กุลกันยา	3,025	-	-	55	55
26	เทศบาล 1	2,551	10	35	13	58
27	เทศบาล 2	1,745	10	25	-	35
28	เทศบาล 3	1,243	10	15	-	25
29	เทศบาล 4	1,288	10	15	-	25
30	เทศบาล 5	821	5	15	-	20
31	ช่างกลภาคใต้เทคโนโลยี	261	-	-	6	6
32	พาณิชยการหาดใหญ่	4,259	-	-	74	74
33	หาดใหญ่บริหารธุรกิจสากล	630	-	-	15	15
34	หาดใหญ่อำนวยวิทย์พาณิชการ	1,901	-	-	35	35
35	อุดมศึกษาพาณิชยการ	1,961	-	-	38	38
รวม		**55,523**	**400**	**420**	**420**	**1,240**

3.2 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค

เมื่อทราบถึงข้อมูลประมาณการความต้องการของผู้ใช้บริการ (Market Volume) จึงนำข้อมูลข้างต้นมาวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค การจัดเส้นทางและการบริการในการจัดทำรถโรงเรียน ดังต่อไปนี้

3.2.1 ประเภทรถที่ใช้บริการ

เนื่องจากสถานีตำรวจจราจร อำเภอหาดใหญ่ มีกฎหมายกำหนดห้ามรถบรรทุกขนาด 6 ล้อขึ้นไป เดินรถในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ดังนั้น การเลือกประเภทรถที่ใช้ในการให้บริการต้องถูกต้องตามพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 และสอดคล้องกับข้อกำหนดของสำนักงานตำรวจจราจร อำเภอหาดใหญ่ โดยคำนึงถึงความสามารถในการให้บริการต้นทุนในการจัดการของระบบและความปลอดภัยในการให้บริการ

3.2.2 จุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียน

ในการวางแผนเกี่ยวกับจุดหยุดรับส่งผู้โดยสารของรถโดยสาร ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเลือกตำแหน่งของจุดหยุดรถ ดังนี้ [52]

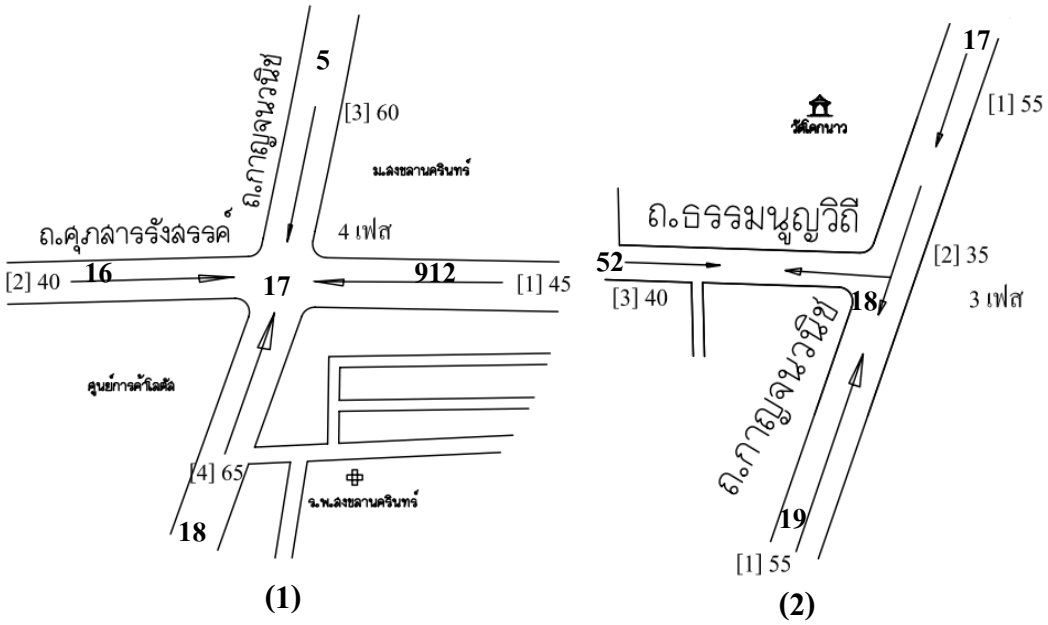
1. ความสัมพันธ์ของสัญญาณจราจร
2. การเข้าถึงของผู้โดยสาร
3. สภาพการจราจรที่บริเวณทางแยก
4. ลักษณะการเลี้ยวของรถโดยสารที่บริเวณทางแยก

ระยะห่างโดยเฉลี่ยของจุดหยุดรถควรมีค่าประมาณ 400-600 เมตร ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตามระยะห่างระหว่างจุดหยุดไม่ควรมีค่าต่ำกว่า 300 เมตร ถ้ามีระยะห่างสั้นจะทำให้ผู้โดยสารเข้าถึงได้ง่าย แต่จะใช้เวลาในการเดินทางบนรถโดยสารมากขึ้นและทำให้คุณภาพการบริการลดลง ระยะห่างที่ไกลที่สุดมีค่าประมาณ 800 เมตร ซึ่งมีผลให้มีระยะทางเดินเท้าโดยเฉลี่ยประมาณ 200 เมตร และยังต้องเชื่อมโยงกับความหนาแน่นของประชากรนักเรียนย่านต่าง ๆ ในชุมชน ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ ผังถนน สภาพการจราจร และความสามารถในการเข้า-ออกพื้นที่ [53] โดยใช้ข้อมูลที่อยู่ของนักเรียนโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ทั้ง 35 โรงเรียน ในการหาความหนาแน่นเพื่อการกำหนดจุดรับ-ส่งนักเรียนและตำแหน่งที่ตั้งโรงเรียนโดยการเก็บข้อมูลด้วยการอ่านค่าพิกัดทางราบจากระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) ด้วยเครื่อง GPS รุ่น Garmin GPS III Plus ดังภาพที่ 3.2 ในการระบุพิกัดของตำแหน่งจุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียน โดยตำแหน่งจุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียนจะอยู่บนถนนเส้นหลักในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เท่านั้น และนำข้อมูลด้านตำแหน่งใช้ร่วมกับโปรแกรม Arcview และ ArcGIS

ภาพที่ 3.2 เครื่อง GPS รุ่น Garmin GPS III Plus

3.2.3 สัญญาณไฟจราจร

เนื่องจากระบบการทำงานจริงของการจัดเส้นทางการเดินรถต้องเกี่ยวข้องกับสัญญาณไฟจราจร จึงต้องมีข้อมูลของจังหวะสัญญาณไฟและรอบเวลาสัญญาณไฟที่ครอบคลุมและเชื่อมโยงทั้งเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ตัวอย่างเช่น จังหวะสัญญาณไฟและรอบเวลาสัญญาณไฟบริเวณแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และแยกวัดโคกนาว ดังภาพที่ 3.3 [54]



ภาพที่ 3.3 (1) แยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และ (2) แยกวัดโคกนาว
(ที่มา: สำนักการจราจรและขนส่งเทศบาลนครหาดใหญ่ .2554)

โดยมีรายละเอียดของจังหวะสัญญาณไฟจราจรของแยกมหาวิทยาลัยสงขลา - นครินทร์และแยกวัดโคกนาวดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3. 2 จังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติของแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และแยกวัดโคกนาว

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (17)	1	912	16	0	45	3	2
	1	912	5	0	45	3	2
	2	16	912	50	40	3	2
	2	16	18	50	40	3	2
	3	5	18	95	60	3	2
	3	5	16	95	60	3	2
	4	18	5	160	65	3	2
	4	18	912	160	65	3	2
	91	912	18	-	0	0	0
	91	16	5	-	0	0	0
	91	5	912	-	0	0	0
	91	18	16	-	0	0	0
รอบเวลาสัญญาณไฟ = 230 วินาที							
วัดโคกนาว (18)	1	19	17	0	55	3	2
	1	17	19	0	55	3	2
	2	17	19	60	35	3	2
	2	17	52	60	35	3	2
	3	52	19	100	40	3	2
	91	19	52	-	0	0	0
	91	52	17	-	0	0	0
รอบเวลาสัญญาณไฟ = 145 วินาที							

หมายเหตุ : 5 คือ แยกคอหงส์ 16 คือ แยกบ้านสวน 2 17 คือ แยกมอ.
18 คือ แยกวัดโคกนาว 19 คือ แยกปุณณกัณฑ์ 52 คือ แยกนายหนัง
912 คือ แยกวงเวียนมอ. และจังหวะที่ 91 คือ เลี้ยวซ้ายหรือขวาเมื่อปลอดภัย

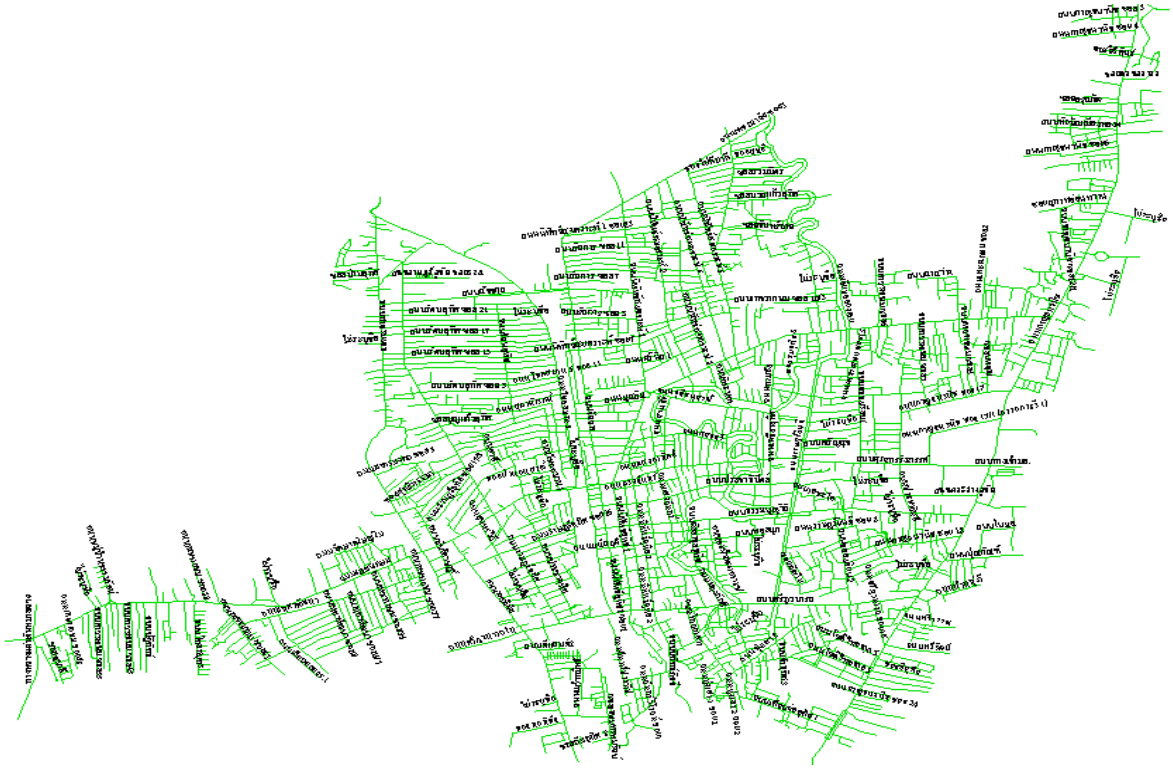
ส่วนตารางความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟ จังหวะและรอบเวลาสัญญาณไฟฉบับสมบูรณ์ที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าแสดงไว้ในภาคผนวก ข

3.2.4 การจัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่งนักเรียน

เนื่องจากอำเภอหาดใหญ่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วประกอบกับการเป็นศูนย์กลางทางการศึกษา และอัตราการเพิ่มขึ้นของนักเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่อย่างต่อเนื่อง ทำให้จำนวนนักเรียนที่ต้องมีการเดินทางเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน การใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะในรูปแบบของรถโรงเรียนจึงเป็นอีกแนวทางในการจัดการการเดินทางของนักเรียน โดยการกำหนดเส้นทางให้เหมาะสม เป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยให้รถโรงเรียนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.4.1 การแบ่งเขตการเดินรถ

เนื่องจากในการจัดเส้นทางการเดินรถต้องทราบที่อยู่ของผู้ใช้บริการในการจัดเส้นทาง ร่วมกับสภาพผังเมืองของเทศบาลนครหาดใหญ่ที่มีลักษณะคล้ายผีเสื้อดังภาพที่ 3.4 [55] เพื่อใช้ในการแบ่งเขตในการหาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม



ภาพที่ 3.4 สภาพผังเมืองของเทศบาลนครหาดใหญ่
(ที่มา: ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคใต้) .2553)

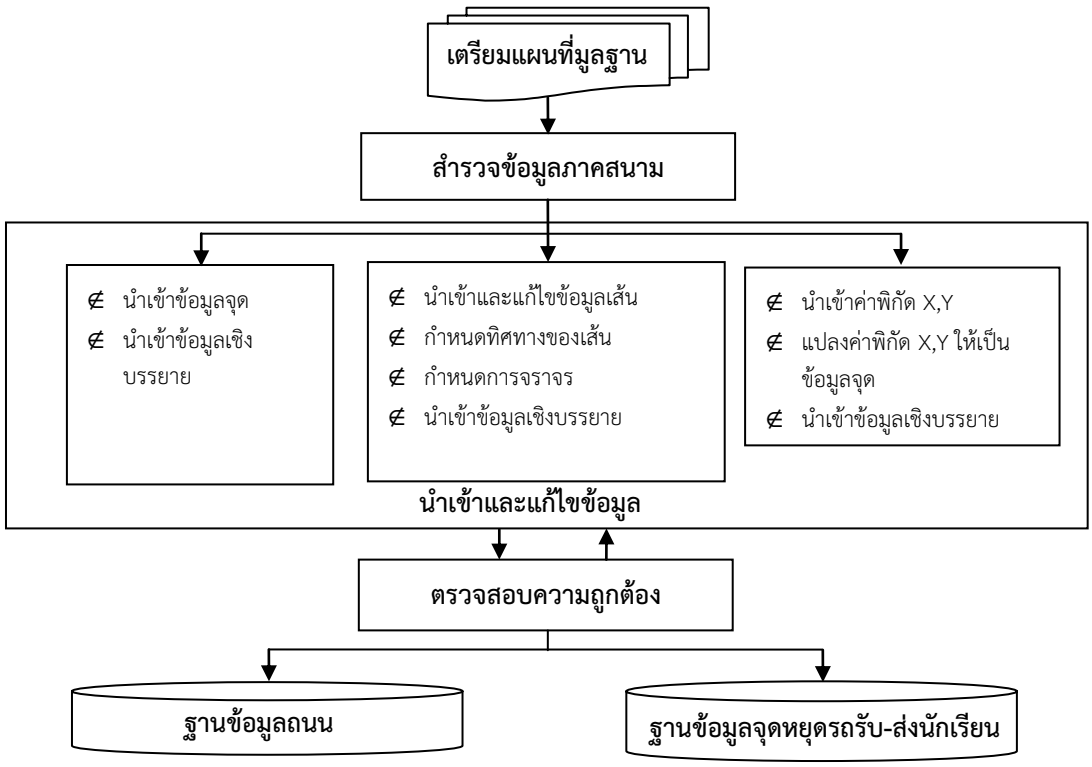
3.2.4.2 การจัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่ง

ปัจจุบันระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) มีความสำคัญกับงานด้านต่างๆ มากมาย รวมทั้งงานด้านการวางแผนการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียน

ขั้นตอนในการกำหนดเส้นทางการเดินรถ มีดังนี้ คือ

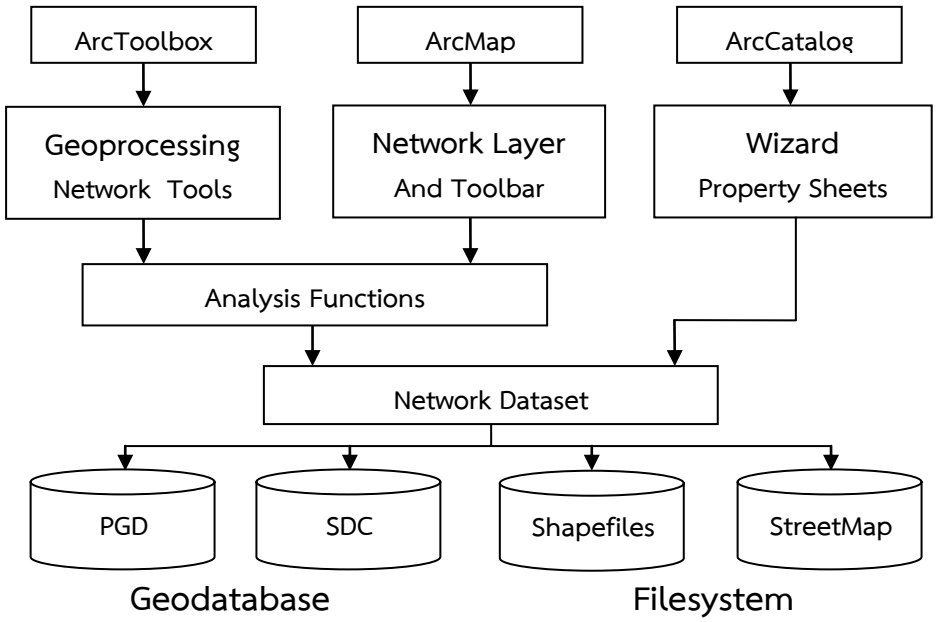
1. จัดเตรียมแผนที่ข้อมูลของบริเวณที่เป็นจุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียน และข้อมูลสัญญาณไฟจราจร
2. ทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อกำหนดจำนวนเส้นทาง
3. กำหนดเส้นทางขั้นต้นลงบนแผนที่
4. ทำการปรับปรุงเส้นทางรับ-ส่งนักเรียนให้ครอบคลุมและเหมาะสมที่สุด

ในขั้นตอนนี้ได้ดำเนินการพร้อมกับการเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิด้านโครงข่ายถนนภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งฐานข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นที่รวบรวมข้อมูลกราฟิก และข้อมูลตามลักษณะ และใช้ข้อมูลกราฟิกที่มีโครงสร้างแบบจำลองเวกเตอร์ (Vector Model) คือ ข้อมูลจุด เส้น และพื้นที่ มีความถูกต้องด้านกราฟิกและสามารถใช้ในการวิเคราะห์โครงข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยขั้นตอนในการจัดทำฐานข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์โดยสรุปได้แสดงไว้ในภาพที่ 3.5 ส่วนทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงข่ายเป็นขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณหาระยะทางที่สั้นที่สุดจากปัจจัยต่างๆ ที่สามารถกำหนดเป็นค่าตัวเลขได้ เช่น ระยะทาง เวลาที่ใช้ในการเดินทางการจราจร ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 โดยการวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรม ArcView 3.2 ร่วมกับโปรแกรม ArcGIS Network Analyst 9.2 ของบริษัท ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc.) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นำเอาขั้นตอนวิธีของ Dijkstra (Dijkstra's Algorithm) มาใช้ในการวิเคราะห์โครงข่าย



ภาพที่ 3. 5 การจัดทำฐานข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในโปรแกรม ArcView 3.2

ก่อนการวิเคราะห์โครงข่ายจำเป็นต้องสร้าง Network Dataset ซึ่งใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์โครงข่าย ได้แก่ ชั้นข้อมูลเส้นทางคมนาคม คือ ถนน นอกจากนี้ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) ซึ่งเป็นค่าตารางของชั้นข้อมูลเส้นทางคมนาคมในการวิเคราะห์โครงข่าย เช่น ชื่อเส้นทางคมนาคม ค่าความยาวเส้นทางคมนาคม ระยะเวลาในการเดินทาง ความเร็ว หรือกฎจราจรที่บ่งบอกทิศทางการเดินรถ (Oneway) เป็นต้น โดยการวิเคราะห์โครงข่ายมีองค์ประกอบดังภาพที่ 3.6 ดังนี้



ภาพที่ 3. 6 องค์ประกอบการวิเคราะห์โครงข่าย

ข้อกำหนดในการจัดเส้นทางเดินรถที่ใช้ร่วมกับการวิเคราะห์โครงข่ายในโปรแกรม ArcGIS Network Analyst 9.2 คือ

1. แบ่งเขตพื้นที่การเดินรถเป็น 2 เขตตามสภาพผังเมืองของเทศบาลนครหาดใหญ่และการกระจายตัวของโรงเรียนที่ทราบข้อมูลที่อยู่ของนักเรียน
2. กำหนดให้จุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียนทั้ง 9 โรงเรียนใช้ร่วมกัน
3. กำหนดให้โรงเรียนที่เป็นจุดศูนย์กลางในการรับส่งในแต่ละเขตพื้นที่เป็นจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดในการรับ-ส่งนักเรียน คือ โรงเรียนพลวิทยาและโรงเรียนอนุบาลสุวรรณวงศ์ และกำหนดให้โรงเรียนแสงทองและสุวรรณวงศ์เป็นจุดรับส่งที่เดียวกัน เนื่องจากมีสถานที่ตั้งใกล้กัน เช่นเดียวกับโรงเรียนพลวิทยาและเทศบาล 2
4. กำหนดให้เส้นทางในการเดินรถด้วยรัศมีวงละ 500 เมตร โดยระยะ 500 เมตรแรก ไม่มีการบริการรับส่งเนื่องจากการสำรวจ พบว่า ผู้ปกครองที่มีระยะทางห่างระหว่างบ้านและโรงเรียนไม่เกิน 500 เมตร จะนิยมมารับ-ส่งนักเรียนด้วยตนเอง
5. กำหนดให้รถวิ่งบนถนนที่มีความกว้างมากกว่า 6 เมตร

6. กำหนดกรอบระยะเวลาในการเดินทางช่วงเช้าตั้งแต่ 6:30 น. - 7:50 น. โดยรถโรงเรียนต้องถึงโรงเรียนสุดท้ายก่อนโรงเรียนเข้าเรียนอย่างน้อย 5 นาที และช่วงเย็นตั้งแต่ 15:30 -19:00 น.

7. กำหนดให้เส้นทางในการเดินรถแต่ละเส้นทางมีจำนวนจุดรับ-ส่ง ตั้งแต่ 1-15 จุด และจำนวนสัญญาณไฟจราจรไม่เกิน 25 สัญญาณ โดยมีรอบสัญญาณไฟมากกว่า 180 วินาที ไม่เกิน 5 สัญญาณ และรอบสัญญาณไฟมากกว่า 120 วินาที ไม่เกิน 5 สัญญาณ

8. กำหนดให้ใช้ค่าระยะทางในการเดินทาง รวมกับกรอบเวลาในการเข้าเรียนแต่ละโรงเรียน เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด โดยมีขั้นตอนการใช้โปรแกรมแสดงไว้ในภาคผนวก ค

ข้อมูลนำเข้าในการจัดเส้นทางเดินรถที่ใช้ร่วมกับการวิเคราะห์โครงข่ายในโปรแกรม ArcGIS Network Analyst 9.2 คือ

1. จุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียนทั้ง 53 จุด
2. โรงเรียน 9 โรงเรียน
3. สัญญาณไฟจราจรทั้ง 64 จุด
4. ระยะเวลาในการเดินทางตั้งแต่ 6:30 น. - 7:50 น.

3.2.5 การจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model)

การจำลองปัญหา (Simulation) เป็นกระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองเพื่อให้เรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริง ภายใต้ข้อกำหนดต่างๆ ที่วางไว้ เพื่อประเมินผลการทำงานของระบบ การสร้างแบบจำลองสถานการณ์จึงเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งถูกนำมาใช้แก้ปัญหากระบวนการต่างๆ ปัจจุบันการออกแบบและพัฒนาระบบงานส่วนใหญ่ อาศัยแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญช่วยในการพิจารณา และวิเคราะห์งานก่อนที่จะนำไปใช้กับระบบงานจริง และเพื่อหาแนวทางในการพิจารณาดำเนินงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ทางคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการจำลองระบบงานมากขึ้น โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลักการที่ใช้ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ คือ การสร้างแนวทางในการตัดสินใจให้ระบบ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ ปัญหาให้ระบบ หรือปรับปรุงระบบงานเดิมที่มีอยู่ให้ดียิ่งขึ้นโดยปราศจากการรบกวนงานในระบบจริง

ในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบรถโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การตั้งปัญหาและให้คำจำกัดความของระบบงาน

การสร้างตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของรถโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ เป็นการศึกษาถึงงานของรถโรงเรียน โดยการศึกษาจะเริ่มตั้งแต่ในส่วนของการจัดเส้นทางการเดินรถ ไปจนถึงการนำสภาพการจราจรในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เข้ามาจำลองในระบบเพื่อให้เกิดแนวทางในการตัดสินใจของระบบรถโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

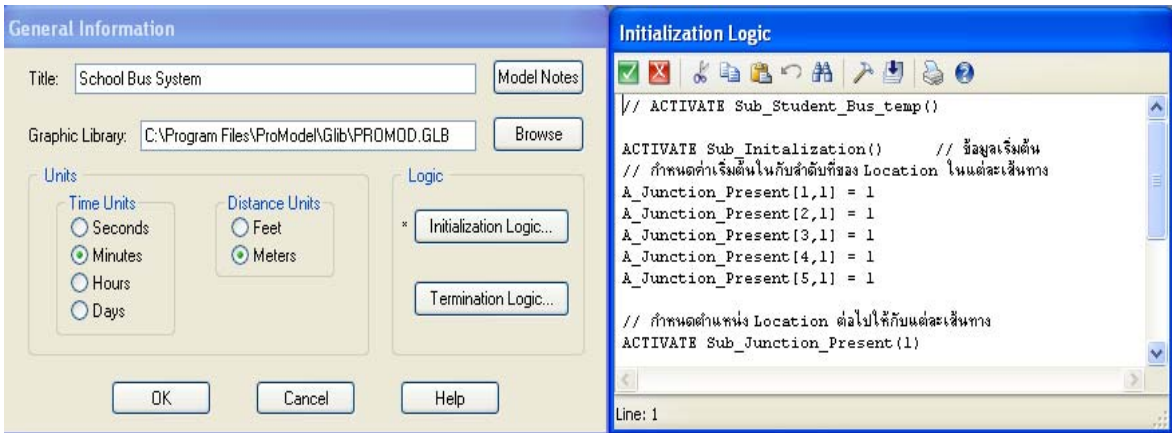
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า

การสร้างตัวแบบจำลองของระบบ ข้อมูลต่างๆที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการสร้างตัวแบบจำลองมีการกำหนดลงในโปรแกรม Microsoft Excel 2003 จากนั้นจึงใช้หลักการทำงานของโปรแกรม ProModel® ในการดึงข้อมูลจาก โปรแกรม Microsoft Excel 2003 เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อหาคำตอบที่ต้องการ และเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานเนื่องจากสามารถแก้ไขหรือปรับปรุงข้อมูลบนโปรแกรม Microsoft Excel 2003 ได้ง่ายกว่าการแก้ไขจากโปรแกรม ProModel®

3. การพัฒนาตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

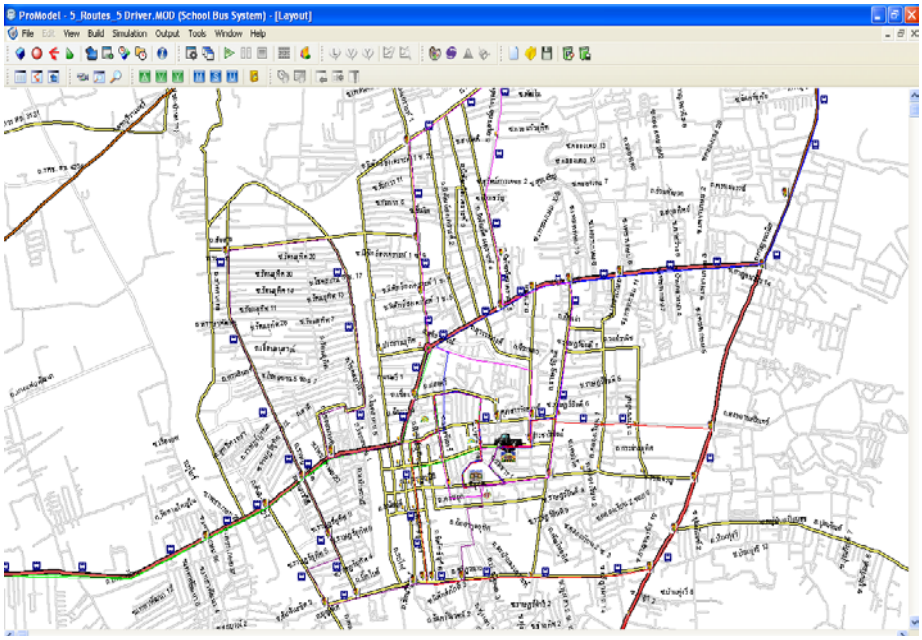
ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่สำคัญด้วยกัน 8 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ข้อมูลทั่วไป (General Information) เป็นตัวกำหนดคุณลักษณะพื้นฐานต่างๆ ในการทำงานของตัวโปรแกรม เช่น กำหนดหน่วยมาตรฐานการวัด กำหนดค่ามาตรฐานในหน่วยระยะทาง เวลา และ Graphic Library และสามารถกำหนดจุดเริ่มต้น (Initialization Logic) และจุดสิ้นสุด (Termination Logic) ของการทำงานต่าง ๆ ของโปรแกรม ดังภาพที่ 3.7



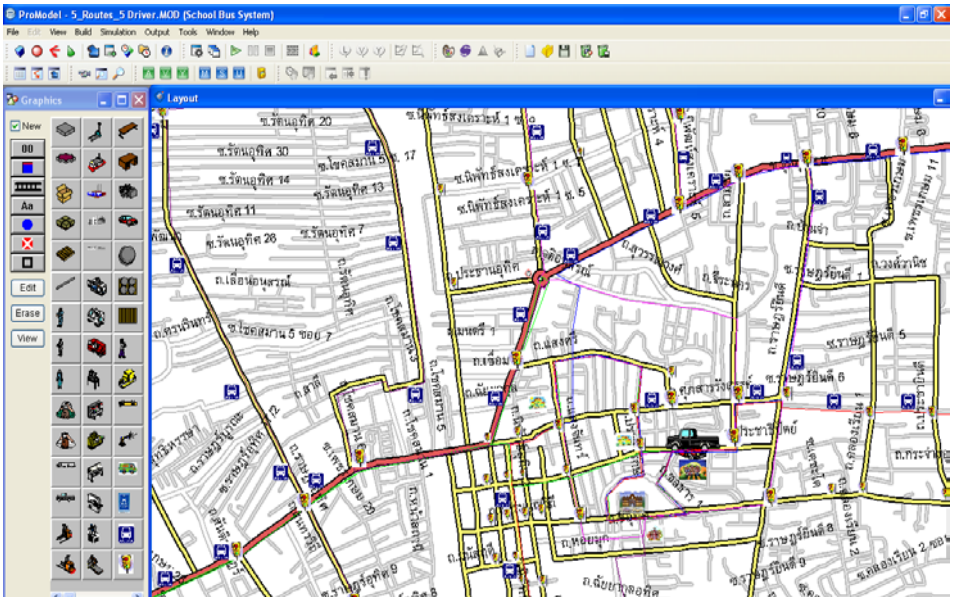
ภาพที่ 3.7 การเรียกใช้คำสั่งข้อมูลทั่วไปของโปรแกรม ProModel® Version 7.0

3.2 ภาพพื้นหลัง (Background Graphic) โปรแกรม ProModel® Version 7.0 สามารถที่จะอำนวยความสะดวกในการสร้างรูปภาพต่าง ๆ ในแบบจำลองเพื่อให้เกิดความสวยงามและความเข้าใจในการนำเสนอ โดยนำพื้นจากรูปภาพในรูปแบบต่างๆ เข้ามาใช้ในตัวโปรแกรม ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ภาพพื้นหลังที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบของระบบรถโรงเรียน

3.3 ตำแหน่ง/ที่ตั้ง (Locations) ในการตรึงจุดต่างๆที่เกี่ยวข้องในระบบตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทางที่สนใจ (Entities) และเส้นทางการเคลื่อนที่ (Routing) โดยในระบบรถโรงเรียน ประกอบด้วย ตำแหน่งของจุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียน ตำแหน่งโรงเรียน และตำแหน่งของสัญญาณไฟจราจร ดังภาพที่ 3.9

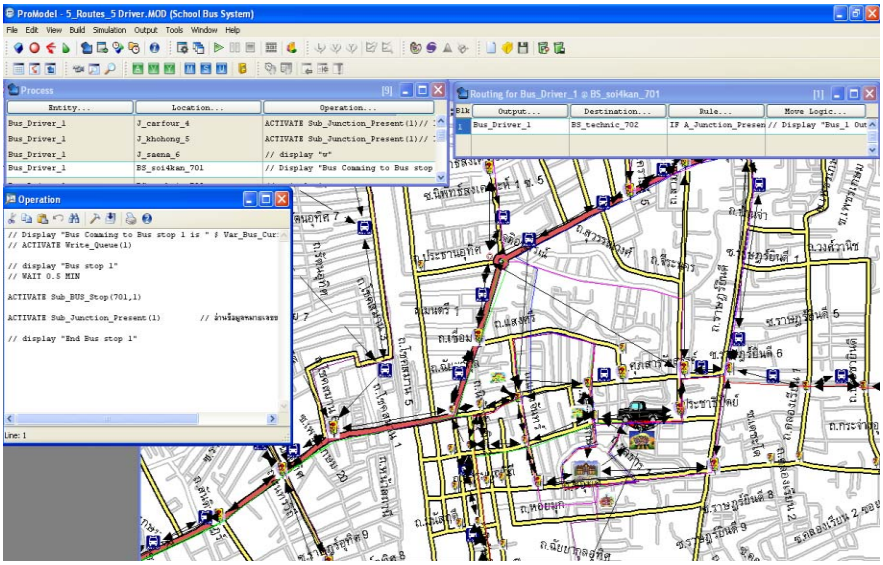


ภาพที่ 3.9 การกำหนดตำแหน่งการทำงานในโปรแกรม ProModel® Version 7.0

3.4 สิ่งที่สนใจ (Entities) เป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาภายในระบบเพื่อให้เป็นตัวแทนของการทำงานโดยกำหนดให้มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาจะสิ้นสุดลงเมื่อมีการออกจากระบบ โดยในการพัฒนาตัวแบบได้กำหนดให้นักเรียนเป็นสิ่งที่สนใจ

3.5 อัตราการมาของสิ่งที่สนใจ (Arrivals) เป็นสภาพที่เกิดขึ้นทำให้ทราบถึงสถานการณ์ของระบบที่เป็นอยู่ในปัจจุบันว่ามีการดำเนินการอย่างไร โดยเป็นอัตราการการเคลื่อนที่ของสิ่งที่สนใจ

3.6 กระบวนการทำงาน (Processing) ในส่วนกระบวนการทำงานนั้นจะเป็นตัวกำหนดเส้นทางต่าง ๆ ในการเคลื่อนที่ของสิ่งที่สนใจ และควบคุมการทำงานในแต่ละสถานี โดยสิ่งที่สนใจที่มีการเข้ามาในระบบเป็นการกำหนดการเข้ามา และตัวกระบวนการทำงานจะเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานที่เกิดขึ้นทั้งหมดจนกระทั่งออกจากระบบ ซึ่งการใส่คำสั่งในช่องกระบวนการ (Process) เป็นการกำหนดที่ตั้งเริ่มต้นและการทำงานของสิ่งที่สนใจในแต่ละตำแหน่ง จากนั้นสามารถระบุเส้นทางของสิ่งที่สนใจที่สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆต่อไปเมื่อเสร็จสิ้นเงื่อนไขโดยใส่คำสั่งในช่องเส้นทาง (Routing) ดังแสดงภาพที่ 3.10

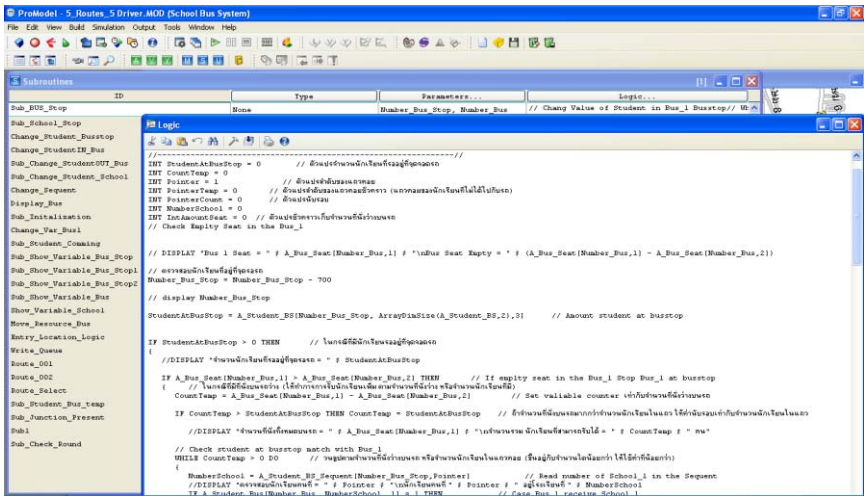


ภาพที่ 3.10 การกำหนดกระบวนการใน โปรแกรม ProModel® Version 7.0

3.7 ทรัพยากร (Resource) และ เครือข่ายเส้นทาง (Path Network) ทรัพยากร คือ สิ่งที่ถูกกำหนดขึ้นให้เป็นหน่วยของการรับการบริการ อาจจะเป็น คน อุปกรณ์ หรือ ยานพาหนะ เป็นต้น ในการพัฒนาตัวแบบได้กำหนดให้รถโรงเรียนเป็นทรัพยากรระหว่าง ตำแหน่งของจุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียน และตำแหน่งโรงเรียน โดยทรัพยากรจะถูกนำมาใช้ในการขนส่งนักเรียนบนเครือข่ายเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้ระหว่างตำแหน่งต่างๆในระบบ จากนั้นทรัพยากรจะถูกปล่อยเมื่อเสร็จสิ้นการทำงานแล้ว

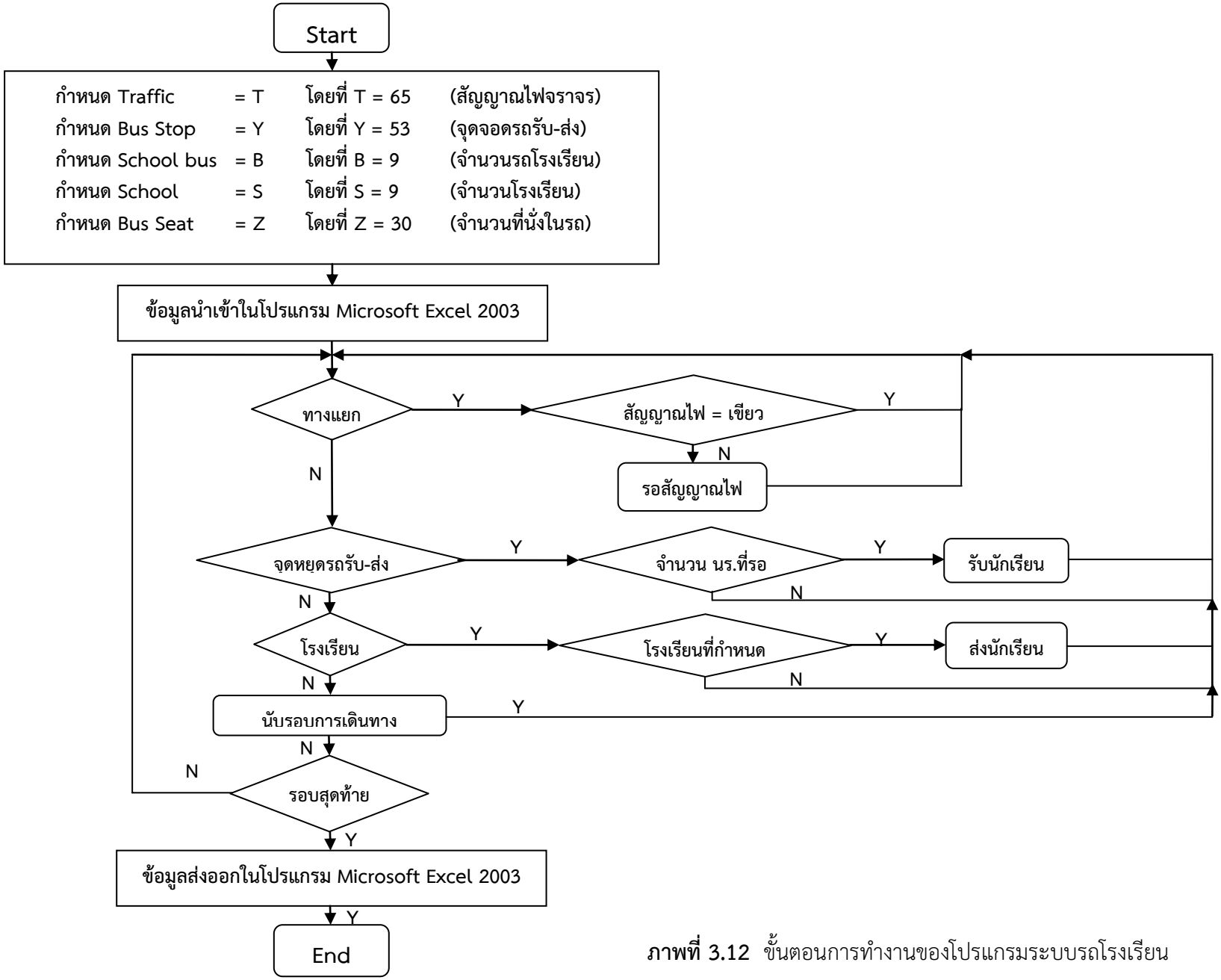
3.8 คำสั่งที่ใช้ทำงานร่วมกับกระบวนการการทำงาน (Subroutines) เป็นการเขียนคำสั่งที่สามารถใช้เครื่องมือหลายขั้นตอนในคำสั่งเพียงคำสั่งเดียว เพื่อสะดวกใช้กับกระบวนการ

การทำงานที่มีกระบวนการทำงานที่เหมือนแต่มีหลายขั้นตอนโดยใช้ร่วมกับกระบวนการทำงาน (Processing) ดังแสดงภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 คำสั่งที่ใช้ทำงานร่วมกับกระบวนการการทำงานในโปรแกรม ProModel® Version 7.0

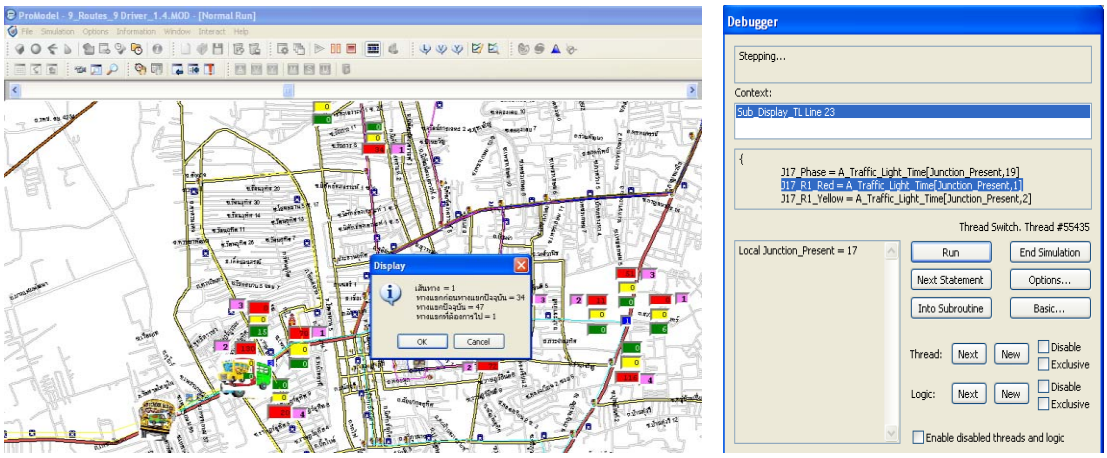
การสร้างตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบรถโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่โดยใช้ ProModel® Version 7.0 มีกระบวนการทำงานของโปรแกรมโดยนำข้อมูลต่างๆที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้ากำหนดลงในโปรแกรม Microsoft Excel 2003 จากนั้นจึงใช้หลักการทำงานของโปรแกรม ProModel® ในการดึงข้อมูลจาก โปรแกรม Microsoft Excel 2003 เป็นข้อมูลนำเข้า ซึ่งในที่นี้ คือ ข้อมูลนักเรียนทั้ง 9 โรงเรียน ที่จุดหยุดรับ-ส่ง ข้อมูลสัญญาณไฟจราจร ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข และข้อมูลเส้นทางการเดินรถ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง ซึ่งการทำงานของโปรแกรม ProModel® เริ่มต้นจากการกำหนดข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของโรงเรียน จุดหยุดรถรับ-ส่ง และสัญญาณไฟจราจร ร่วมกับจำนวนรถโรงเรียน และเส้นทางที่ใช้ในการให้บริการ จากนั้นเขียนกระบวนการการทำงานให้สอดคล้องกับการทำงานจริงที่เกิดขึ้นในระบบ คือ เมื่อออกจากจุดเริ่มต้นและโปรแกรม ProModel® ดึงข้อมูลจากโปรแกรม Microsoft Excel 2003 เป็นข้อมูลนำเข้าแล้วทำการตรวจสอบที่ทางแยกว่าเป็นสัญญาณไฟจราจรหรือไม่ ถ้าใช่ให้ตรวจสอบว่าเป็นสัญญาณไฟเขียวหรือไม่ ถ้าไม่ใช่ให้รอสัญญาณไฟ และถ้าตรวจสอบแล้วไม่ใช่สัญญาณไฟจราจรให้ดำเนินการกลับไปตรวจสอบทางแยกอีกครั้งเพื่อตรวจสอบจุดถัดไปว่าเป็นจุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียนหรือไม่ ถ้าใช่ให้ตรวจสอบว่ามีนักเรียนจำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณที่นั่งที่ว่างอยู่ในรถหรือไม่ ถ้าใช่ให้รับนักเรียนตามที่กำหนด ถ้าไม่ใช่ให้ไปตรวจสอบทางแยกอีกครั้งเพื่อตรวจสอบจุดถัดไปว่าเป็นโรงเรียนหรือไม่ ถ้าใช่ให้ตรวจสอบว่าเป็นโรงเรียนที่กำหนดหรือไม่ ถ้าใช่ให้ส่งนักเรียนตามที่กำหนด ถ้าไม่ใช่ให้กลับไปตรวจสอบทางแยกอีกครั้ง แล้วนับรอบการเดินทางแล้วตรวจสอบว่าเป็นรอบสุดท้ายที่กำหนดเดินรถหรือไม่ ถ้าใช่ก็ส่งข้อมูลออกในโปรแกรม Microsoft Excel 2003 และจบกระบวนการการทำงาน ถ้าไม่ใช่ให้กลับไปวนลูปที่ทางแยกอีกครั้ง แสดงดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมระบบรถโรงเรียน

4. การทวนสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบจำลองระบบ

การทวนสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อให้มั่นใจว่าตัวแบบที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้อง ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทวนสอบโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรม การใช้แผนภาพสายงานช่วยในการทวนสอบ เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการตรวจสอบผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอน โดยในการตรวจสอบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมระหว่างที่มีการจำลองระบบสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง “Trace” ซึ่งจะแสดงขั้นตอนการทำงานแต่ละขั้นเมื่อมีการคลิกเมาส์ในแต่ละครั้งโดยเป็นการแสดงขั้นตอนในแต่ละช่วงเวลาที่ระบบมีการทำงาน หรือการใช้คำสั่ง “Debugger” ในการดูคำสั่งขั้นตอนขั้นต่อไปเมื่อคลิกที่ “Next statement” ร่วมกับคำสั่ง “Display” ใน Subroutines นอกจากนี้การแสดงภาพเคลื่อนไหวบนหน้าจอโปรแกรมก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการทวนสอบได้ ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 การทวนสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบจำลองระบบ

5. การทดสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์

การทดสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปเป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของตัวแบบที่พัฒนาขึ้นกับพฤติกรรมของระบบจริงโดยอาศัยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากตัวแบบที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลในอดีตของระบบจริง โดยที่เงื่อนไขการดำเนินการต่างๆ เหมือนกัน สำหรับงานวิจัยนี้ การสร้างตัวแบบจำลองของระบบรถโรงเรียน เป็นการจำลองแบบเพื่อศึกษาถึงระบบที่ยังไม่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน ดังนั้น การทดสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบไม่สามารถใช้วิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบเปรียบเทียบกับค่าข้อมูลจากระบบจริงได้ จึงใช้วิธีการทดสอบโดยการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง

3.3 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการประเมินและเตรียมงบประมาณล่วงหน้า เพื่อนำมาประเมินโครงการในเชิงเศรษฐศาสตร์และกำหนดขนาดของเงินลงทุนที่ต้องการ การจัดทำงบประมาณล่วงหน้า จำเป็นต้องนำเอาข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้านต่างๆ มาประกอบการคาดคะเนรายรับและต้นทุนเพื่อการตัดสินใจในการลงทุน

เมื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด และด้านเทคนิค ทำให้ทราบข้อมูลรายได้และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการดำเนินการในส่วนต่างๆ นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ โดยแบ่งกรณีการศึกษาออกเป็น 3 กรณี คือ

1. กรณีที่เป็นไปตามการดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ โดยกำหนดกำไรร้อยละ 50 จากต้นทุนการบริการ
2. กรณีจากผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด คือ สามารถจ่ายค่าบริการได้คนละ 16 บาทต่อเที่ยวต่อวัน (1 เที่ยว หมายถึง ขาไปหรือขากลับ)
3. กรณีที่จัดให้เป็นการบริการสาธารณะโดยไม่มีการเก็บค่าบริการกับผู้ที่ใช้บริการ เพื่อประกอบการตัดสินใจในการจัดทำโครงการ ดังต่อไปนี้

3.3.1 การประมาณการลงทุนของโครงการ [56]

จากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อเป็นการประกอบการตัดสินใจลงทุน มีข้อกำหนดที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์ ดังนี้

1. ระยะเวลาในการวิเคราะห์โครงการ 10 ปี
2. ระยะเวลาในการดำเนินงานเพื่อคิดอัตราค่าบริการรถโรงเรียนคิดเป็นระยะเวลา 9 เดือนต่อปี เดือนละ 22 วัน เนื่องจากโรงเรียนมีการปิดภาคเรียนประจำปี คือ เดือนตุลาคม มีนาคม และเมษายน และจำนวนรถที่ใช้ในโครงการมีจำนวน 9 คัน
3. ค่าเสื่อมราคา ให้คิดเป็นเส้นตรง (Straight-Line Depreciation) ดังสมการ 3.4 โดยค่ายานพาหนะ คิดที่ 10 ปี โดยมีมูลค่าซากยานพาหนะคิดเป็นร้อยละ 10 ของราคาซื้อ [57]

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{\text{ราคาต้นทุนทรัพย์สิน} - \text{ราคาขายทรัพย์สินเมื่อหมดอายุการใช้งาน}}{\text{จำนวนปีของอายุการใช้งาน}} \qquad 3.4$$

4. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของโครงการ คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้าชั้นดีเฉลี่ยของ 4 ธนาคาร ได้แก่ ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) และ ธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน) ใช้อัตราดอกเบี้ย MLR (Minimum Loan Rate) ร้อยละ 7.219 ต่อปี ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ วันที่ 28 มกราคม 2555

ธนาคาร	**อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ขั้นต่ำ (Minimum Loan Rate: MLR)**
กรุงเทพ	7.250
กรุงไทย	7.125
ไทยพาณิชย์	7.250
กสิกรไทย	7.250
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	**7.219**

ในการศึกษาความเป็นได้ด้านเศรษฐศาสตร์ ได้คำนวณค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในการประเมินต้นทุนในการลงทุนของโครงการ ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนหรือเงินลงทุนทั้งหมดของโครงการ คือ เงินลงทุนถาวร ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน และเงินลงทุนหมุนเวียน
2. ต้นทุนคงที่เป็นต้นทุนที่ไม่แปรผลตามจำนวนผลผลิตหรือกิจกรรมและจะมีจำนวนคงที่ในช่วงที่พิจารณา นอกจากนี้ต้นทุนคงที่ยังแบ่งออกได้เป็นต้นทุนคงที่ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าโดยฝ่ายบริหาร เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าภาษี ค่าประกัน ดอกเบี้ยเงินกู้
3. ต้นทุนผันแปร คือ ต้นทุนที่ผันแปรตรงกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลผลิต ซึ่งในที่นี้คือ ต้นทุนด้านเชื้อเพลิง และการบำรุงรักษา

3.3.2 แหล่งเงินทุน

เงินทุนถือปัจจัยที่สำคัญมากปัจจัยหนึ่ง การแสวงหาเงินทุนเพื่อใช้ในการดำเนินโครงการจะมีแหล่งที่มาจากแหล่งเงินทุนภายใน ได้แก่ เงินทุนที่ได้จากเจ้าของโครงการ และแหล่งเงินทุนภายนอกกิจการ คือ เงินทุนที่มาจากการกู้ยืมจากบุคคลหรือแหล่งเงินทุนต่างๆ โดยมีภาระผูกพันทั้งเงินต้นและดอกเบี้ย การลงทุนสำหรับโครงการนี้ มีการระดมเงินทุนเพื่อการลงทุนจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 จากผู้ลงทุน

ส่วนที่ 2 จากเงินกู้โดยพิจารณาขอเงินกู้จากสถาบันการเงินต่างๆ ซึ่งกำหนดให้โครงการได้รับเงินกู้จากธนาคารพาณิชย์แห่งหนึ่ง โดยมีนโยบายและวงเงินกู้ไว้ว่า ปริมาณเงินกู้และปริมาณเงินของผู้ถือหุ้น ควรจะเท่ากัน หมายความว่าวงเงินกู้ของธนาคารแห่งนี้ให้กู้เพียงครึ่งของการลงทุน โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- ระยะปลอดหนี้ตลอดปีของการลงทุนในระยะเริ่มก่อตั้งโครงการ
- การชำระเงินกู้ให้ชำระทุกปี เป็นระยะเวลา 5 ปีๆ ละเท่าๆ กัน
- อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 7.219 ต่อปี

3.3.3 การประมาณงบกำไร-ขาดทุน

งบกำไรขาดทุน หมายถึง งบที่แสดงผลการดำเนินงานของกิจการในรอบระยะเวลาบัญชีที่กำหนดแต่จะต้องไม่เกิน 1 ปี เพื่อวัดผลการดำเนินงานของธุรกิจว่ามีรายได้และค่าใช้จ่ายในรอบระยะเวลานั้นเท่าใด และเมื่อนำรายได้หักด้วยค่าใช้จ่ายแล้ว จะเป็นกำไรสุทธิ (Net Income หรือ Net Profit) หรือขาดทุนสุทธิ (Net Loss) การประมาณการงบกำไรขาดทุน ได้ตั้งสมมติฐานว่านักเรียนต้องการรับบริการรถโรงเรียนจากโครงการตลอดทั้งโครงการแล้วนำมาสรุปงบกำไร-ขาดทุน

3.3.4 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสด

กระแสเงินสดเป็นทรัพย์สินที่มีความสำคัญต่อการดำเนินงานของโครงการ โดยสามารถนำไปใช้จ่ายได้ทันที กระแสเงินสดที่รับและจ่ายออกจะทราบได้ในตอนปลายปี ว่ามีปริมาณเงินสดคงเหลือแต่ละปีเป็นเท่าไร

3.3.5 การวิเคราะห์การลงทุน

จุดประสงค์สำคัญของการลงทุน เพื่อศึกษาว่าโครงการมีความเหมาะสมทางการเงินหรือไม่ โดยพิจารณาผลตอบแทนการลงทุนว่าเป็นอย่างไร มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่าไร และผลการดำเนินงานสามารถคืนทุนภายในระยะเวลากี่ปี สำหรับโครงการนี้จะทำการวิเคราะห์การลงทุน 3 ประการคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนในการลงทุน และระยะเวลาคืนทุนของโครงการ โดยกำหนดให้ปีที่ 0 เป็นปีที่เริ่มลงทุน เริ่มดำเนินการบริการรถโรงเรียนในปีที่ 1-10 ดังนี้

3.3.5.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB)

ระยะคืนทุน หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสดรับสุทธิจากโครงการสามารถชดเชยกระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี โดยนำกระแสเงินสดรับสุทธิที่ได้ในแต่ละปีมาเปรียบเทียบกับเงินสดจ่ายในการลงทุนเมื่อเริ่มโครงการ ว่าโครงการใช้เวลานานเท่าใดจึงจะคุ้มกับเงินลงทุนตอนเริ่มโครงการ แสดงสูตรในการหาระยะเวลาคืนทุนดังสมการ 3.5

$$\text{ระยะเวลาการคืนทุน} = \text{จำนวนปีก่อนคืนทุน} + \frac{\text{กระแสเงินสดส่วนที่เหลือ}}{\text{กระแสเงินสดส่วนทั้งปี}} \qquad 3.5$$

3.3.5.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ หมายถึง ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี แสดงดังสมการ 3.6

$$NPV \quad \left| \frac{\sum_{t|0}^{n} (B_t 4 C_t)}{(1 2 r)^t} \right. \qquad 3.6$$

โดยที่ NPV หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

B_t หมายถึง กระแสเงินสดรับสุทธิรับปีที่ t

C_t หมายถึง กระแสเงินสดจ่ายสุทธิจ่ายปีที่ t

r หมายถึง อัตราลดค่า

t หมายถึง ปีของการลงทุนโดยเริ่มจากปีที่ 0 ถึง n กำหนดปีที่ 0 คือ ปีที่ทรัพย์สินทุนได้ถูกซื้อหรือสร้าง และติดตั้งเรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะดำเนินงาน ส่วนปีที่ 1 ถึงปีที่ n เป็นปีดำเนินการ

n หมายถึง อายุของการลงทุน คือ ระยะเวลาหน่วยเป็นปีซึ่งคาดว่าการลงทุนนั้นสิ้นสุดลง

เกณฑ์การตัดสินใจเลือกโครงการมีดังนี้

1. ถ้ามีโครงการเดียว NPV มีค่าลบ จะปฏิเสธโครงการนั้น ถ้า NPV มีค่าบวกจะยอมรับโครงการนั้น
2. ถ้ามีหลายโครงการ และเป็นโครงการที่ทดแทนกันได้ จะเลือกโครงการที่ NPV มีค่าบวกมากที่สุด
3. ถ้ามีหลายโครงการ และเป็นโครงการที่อิสระต่อกันได้ จะรับโครงการ NPV มีค่าบวก (กรณีมีเงินทุนไม่จำกัด)

3.3.5.3 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return)

อัตราผลตอบแทนลดค่า หมายถึง อัตราดอกเบี้ยในกระบวนการคิดลดที่ทำให้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ ในที่นี้ใช้วิธีแบบลองผิดลองถูก (Trial and Error) มีสูตรการคำนวณ ดังสมการที่ 3.7

$$NPV \quad \left| \frac{n \quad \left(B_t - C_t \right)}{t \left| 0 \right. \left(1 + IRR \right)^t} \right| \quad 0 \qquad 3.7$$

โดยที่ IRR หมายถึง อัตราผลตอบแทนการลงทุน

B_t หมายถึง กระแสเงินสดรับสุทธิรับปีที่ t

C_t หมายถึง กระแสเงินสดจ่ายสุทธิจ่ายปีที่ t

t หมายถึง ปีของการลงทุนที่เริ่มจาก 0 ถึง n

n หมายถึง อายุของการลงทุน

หลักเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพการใช้ทุนของโครงการมีดังนี้

1. ถ้าค่า IRR มากกว่าหรือเท่ากับ MARR ยอมรับโครงการนั้น
2. ถ้าค่า IRR น้อยกว่า MARR จะปฏิเสธโครงการนั้น
3. ถ้ามีหลายโครงการ และทุกโครงการมีค่า IRR มากกว่า MARR แต่กิจการต้องเลือกเพียงโครงการเดียว จะเลือกโครงการ IRR มากที่สุด

อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ธุรกิจจะยอมรับการลงทุน (The Minimum Attractive Rate of Return : MARR) มีเกณฑ์การตัดสินใจ เมื่ออัตราการตอบแทนผลกำไรสูงสุด มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ MARR การกำหนดค่า MARR นั้นขึ้นอยู่กับนโยบายของผู้บริหารระดับสูงของกิจการหรือผู้ลงทุนไม่ควรตั้งไว้ต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่กู้ยืมมา

บทที่ 4

การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาการจัดทำระบบรถโรงเรียนสำหรับเทศบาลนครหาดใหญ่ ผู้วิจัยสนใจที่ใช้วิธีการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการมาเป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยอาศัยหลักการที่ได้นำเสนอในบทที่ 2 และบทที่ 3 สำหรับเนื้อหาที่จะกล่าวถึงในบทนี้ คือ การวิเคราะห์ และอภิปรายผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด ด้านเทคนิค และด้านเศรษฐศาสตร์ ร่วมกับสภาพปัจจุบันของรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งสามารถแบ่งผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

4.1 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด

4.1.1 การตรวจสอบความถูกต้องและความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

หลังจากสร้างแบบสอบถามเพื่อใช้สำรวจความต้องการการใช้รถของนักเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่แล้ว จะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องและความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม พบว่า แบบสอบถามมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) ระหว่างแบบสอบถามกับจุดประสงค์ 17 ข้อและไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ 1 ข้อ คือ ข้อที่ 2 ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.33 น้อยกว่า 0.5 จึงตัดข้อที่ 2 ดังนั้นแบบสอบถามที่ใช้สำรวจความต้องการการใช้รถของนักเรียนของโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่มี 17 ข้อ ดังตารางที่ 4.1 และเมื่อนำมาทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (Reliability) โดยทดสอบกับผู้ปกครอง จำนวน 30 คน เป็นการ Pre Test เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยใช้โปรแกรม SPSS 15.0 มาช่วยในการวิเคราะห์ พบว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามเท่ากับ 0.8324 ซึ่งอยู่ในระดับความเชื่อมั่นสูงทำให้ทราบว่าแบบสอบถามมีความเชื่อถือได้

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ

จุดประสงค์	แบบสอบถามข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			$\overline{R}$	IOC	ผล
		ศ.ดร.พิชัย	อ.สุนันทา	อ.จริยภัทร			
1.เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของผู้ปกครอง	1	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	2	0	+1	0	+1	0.33	ใช้ไม่ได้
	3	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
2.เพื่อเป็นข้อมูลในการเดินทางของนักเรียน	5	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	6	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	7	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	8	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	9	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	10	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	11	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
3.เพื่อเป็นการสำรวจความต้องการทางตลาด	12	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
4.เพื่อเป็นการสำรวจข้อมูลในการจัดเส้นทางและการบริการในการจัดทำรถโรงเรียน	13	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	14	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	15	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	16	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	17	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้
	18	+1	+1	+1	+3	1	ใช้ได้

4.1.2 วิธีการเก็บข้อมูล

เมื่อดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องและความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม จากนั้นจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ โรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ทั้ง 35 โรงเรียน เนื่องจากโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่บางโรงเรียนมีชั้นการศึกษาระดับอนุบาล ประถมและมัธยมรวมกันในหนึ่งโรงเรียน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมพฤติกรรมการเดินทางไป-กลับของนักเรียนจึงแบ่งข้อมูลที่ต้องการตามกลุ่มประชากรเป็น 3 กลุ่มที่มีอิสระต่อกัน คือ กลุ่มนักเรียนอนุบาล นักเรียนประถม นักเรียนมัธยม (รวมทั้งนักเรียน ปวช.) แล้วทำการหาขนาดตัวอย่างแต่ละกลุ่ม และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบใช้หลักความน่าจะเป็น (Probability Sampling) โดยใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) และคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยสูตร Yamane ซึ่งได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนอนุบาล 400 ตัวอย่าง ประถม 420 ตัวอย่าง และมัธยม 420 ตัวอย่าง โดยส่งแบบสอบถามจริงจำนวน 1,480 ชุด ได้รับคืน 1,400 ชุด คิดเป็นร้อยละ 94.60 เมื่อนำแบบสอบถามมาหาค่าทางสถิติเพื่อเป็นข้อมูลของการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาดโดยใช้โปรแกรม SPSS 15.0 พบว่า มีปริมาณความต้องการใช้บริการรถโรงเรียนดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความต้องการใช้บริการรถโรงเรียน

รายการ	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
ความต้องการใช้บริการรถโรงเรียน	
ใช้บริการ	53.8
ไม่ใช้บริการ	16.5
ไม่แน่ใจ	29.7
ความต้องการใช้บริการรถโรงเรียนตามระดับชั้น	
อนุบาล	36.8
ประถมศึกษา	42.3
มัธยมศึกษา	20.9

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ปริมาณความต้องการใช้บริการรถโรงเรียนโดยรวม 53.8 % และเมื่อนำมาคิดแยกตามกลุ่มการแจกแบบสอบถามกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มที่มีอิสระต่อกัน พบว่า ปริมาณความต้องการใช้บริการรถโรงเรียนมากที่สุด คือ ผู้ปกครองนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา 42.3 % ซึ่งนักเรียนระดับชั้นอนุบาลผู้ปกครองมีความต้องการในการใช้บริการรถนักเรียนในระดับปานกลาง โดยต้องมีผู้ดูแลนักเรียนอย่างใกล้ชิดและต้องการความปลอดภัยสูง ส่วนในระดับชั้นประถมมีความต้องการในการใช้บริการรถนักเรียนในระดับสูง เนื่องจากผู้ปกครองส่วนใหญ่มีความเห็นว่าการใช้บริการรถโรงเรียนทำให้มีความสะดวกในการรับ-ส่งนักเรียนของผู้ปกครองมากขึ้น และในระดับชั้นมัธยมผู้ปกครองมีความต้องการในการใช้บริการรถนักเรียนน้อย เนื่องจากนักเรียนสามารถดูแลตนเองได้จึงนิยมให้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางซึ่งมีราคาประหยัดมากกว่า ส่วนข้อมูลเบื้องต้นที่ผู้ปกครองให้ความสำคัญในการใช้บริการรถโรงเรียนแสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเบื้องต้นการใช้บริการรถโรงเรียน

รายการ	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
ปัจจัยการตัดสินใจใช้บริการรถโรงเรียน	(ระดับความสำคัญโดยเฉลี่ย)
ความสะดวกสบาย	3.15
ความปลอดภัย	4.56
ระยะเวลาในการเดินทาง	3.63
ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง	3.02
ผู้ดูแลรับผิดชอบในการจัดการรถโรงเรียน	
โรงเรียน	42.4
ภาครัฐ	19.5
โรงเรียนและภาครัฐ	21.3
บริษัทเอกชนที่รับบริการรถโรงเรียน	10.1
โรงเรียนและบริษัทเอกชน	6.7
ประเภทรถใช้รับ-ส่งนักเรียน	
รถตู้ขนาด 10 ที่นั่ง	38.7
รถมินิบัสขนาด 30 ที่นั่ง	52.5
รถบัสขนาด 50 ที่นั่ง	8.8

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเบื้องต้นการใช้บริการรถโรงเรียน (ต่อ)

รายการ	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
ค่าบริการรถโรงเรียน	
500-700 บาท/เดือน	67.3
700-900 บาท/เดือน	16.8
900-1,100 บาท/เดือน	15.9
ระยะเวลาเดินรถโรงเรียน	
30-45 นาที	78.8
45-60 นาที	15.9
60-80 นาที	5.3
เวลาในการเดินทาง	
เช้า 6:00-6:30 น.	16.7
6:30-7:00 น.	25.8
7:00-7:30 น.	57.5
เย็น 15:30-16:00 น.	17.5
16:00-16:30 น.	28.7
16:30-17:00 น.	53.8

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ผู้ปกครองนักเรียนให้ความสำคัญโดยเฉลี่ยด้านความปลอดภัยมากที่สุด คือ 4.56 ส่วนผู้ดูแลรับผิดชอบในการจัดการรถโรงเรียนที่ผู้ปกครองเห็นว่าเหมาะสมมากที่สุด คือ โรงเรียน 42.4 % ประเภทรถที่เหมาะสมในการนำมาใช้บริการรับ-ส่งนักเรียน คือ รถมินิบัส คิดเป็น 52.5 % ค่าโดยสารที่เหมาะสม 500-700 บาท/เดือน คิดเป็น 67.3 % ระยะเวลาที่ควรอยู่ในรถโรงเรียนใน 30-45 นาที คิดเป็น 78.8 % เวลาที่เหมาะสมและสะดวกในการรับ-ส่งของรถโรงเรียน ช่วงเช้า เวลา 7:00-7:30 น. คิดเป็น 57.5 % ช่วงเย็น เวลา 16:30-17:00 น. คิดเป็น 53.8 % และจากแบบสอบถาม พบว่า นักเรียนใช้ระยะเวลาในการเดินทางไป-กลับ โดยเฉลี่ยต่อคนต่อวัน 58 นาที และใช้ระยะทางโดยเฉลี่ยต่อคนต่อวัน 24.56 กิโลเมตร

จากการสำรวจที่อยู่ของนักเรียนทั้งหมด 35 โรงเรียน พบว่า นักเรียนที่เข้ารับการศึกษาในโรงเรียนที่อยู่ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ไม่ได้อาศัยอยู่ในเขตอำเภอหาดใหญ่เพียงอย่างเดียว โดยมีนักเรียนจากอำเภอ และจังหวัดอื่นเข้ามาศึกษาด้วย ดังนั้น เพื่อให้ตรงกับขอบเขตงานวิจัยที่ต้องการศึกษานักเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จึงแบ่งประเภทนักเรียนที่มีที่พักอาศัยอยู่ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ แต่ได้รับข้อมูลที่อยู่ของนักเรียนเพียง 9 โรงเรียน เนื่องจากบางโรงเรียนไม่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับที่อยู่ได้เพราะเป็นความลับของทางโรงเรียน และจากตารางที่ 4.2 พบว่าผู้ปกครองของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาให้ความสนใจในการใช้บริการรถโรงเรียนมากที่สุด คือ 42.3 % ดังนั้น จึงเลือกจัดเส้นทางให้นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา 9 โรงเรียน เป็นจำนวน 12,254 คน จึงแบ่งจำนวนนักเรียนได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 โรงเรียนที่ทราบข้อมูลที่อยู่นักเรียน

ลำดับ	โรงเรียน	จำนวนนักเรียนระดับชั้นประถมปี 2551 (คน)				
		จังหวัดอื่น ๆ	อำเภออื่น ๆ	ตำบลอื่น ๆ	ตำบลหาดใหญ่	รวม
1	กิตติวิทย์	12	28	96	390	526
2	พลวิทยา	104	398	603	2,311	3,416
3	วิริยะเธียรวิทยา	-	-	54	257	311
4	ศรีนครมูลนิธิ	54	139	321	787	1,301
5	สมานคุณวิทยาทาน	-	54	298	577	929
6	อนุบาลสุวรรณวงศ์	103	131	571	1,331	2,136
7	แสงทองวิทยา	15	112	498	783	1,408
8	เทศบาล 2	9	93	214	1,211	1,527
9	เทศบาล 5	-	59	104	537	700
	รวม	**297**	**1,014**	**2,759**	**8,184**	**12,254**

4.2 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค

4.2.1 ประเภทรถที่ใช้บริการ

ประเภทรถที่ใช้บริการ เนื่องจากผลการสำรวจความต้องการในการใช้บริการรถนักเรียนในระดับชั้นประถม เลือกใช้รถมินิบัสในการให้บริการมากที่สุด อีกทั้งยังสามารถให้บริการได้จำนวนมากกว่ารถตู้และมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า ดังนั้นจึงเลือกรถที่ใช้ในการบริการเป็นรถมินิบัสขนาด 31 ที่นั่ง (รวมคนขับ) โดยในที่นี้เลือกรุ่น NQR 75RB52G เครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ กำลังแรงม้าไม่น้อยกว่า 175 แรงม้า (129 กิโลวัตต์) ที่ 2,600 รอบ/นาที ระบบพวงมาลัยแบบลูกปืนหมุนเวียนรอบตัวมีเพาเวอร์ช่วย ดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 รถโรงเรียน (ที่มา: วิกิจศิลป์. 2553)

4.2.2 จุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียน

เนื่องจากประเภทรถที่ใช้ในการบริการเป็นรถมินิบัส จึงกำหนดให้เดินรถเฉพาะถนนสายหลักและรองเท่านั้นเพื่อให้ถูกต้องตามพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 ดังนั้นจุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียนจึงกำหนดให้อยู่บนถนนเส้นหลักของเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยใช้ข้อมูลที่อยู่ของนักเรียนโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ในการหาความหนาแน่นเพื่อการกำหนดจุดรับ-ส่งนักเรียนด้วยการเก็บข้อมูลโดยการอ่านค่าพิกัดทางราบจากระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) ด้วยเครื่อง GPS รุ่น Garmin GPS III Plus ซึ่งมีป้ายรถรับ-ส่งนักเรียนที่ครอบคลุมทั้งเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวน 53 ป้าย ดังภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.2 ป้ายรถรับ-ส่งนักเรียนและโรงเรียน 9 โรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ (ตำแหน่งที่ตั้งของโรงเรียนทั้ง 9 โรงเรียน และ ตำแหน่งป้ายรถรับ-ส่งนักเรียน)

4.2.3 สัญญาณไฟจราจร

เนื่องจากระบบการทำงานจริงของการจัดเส้นทางการเดินรถต้องเกี่ยวข้องกับสัญญาณไฟจราจร จึงต้องมีข้อมูลของจังหวะสัญญาณไฟและรอบเวลาสัญญาณไฟที่ครอบคลุมและเชื่อมโยงทั้งเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยตารางความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟ จังหวะและรอบเวลาของสัญญาณไฟจราจรฉบับสมบูรณ์ที่ใช้เป็นข้อมูล แสดงไว้ในภาคผนวก ข

4.2.4 การจัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่งนักเรียน

4.2.4.1 การแบ่งเขตการเดินรถ

จากการกระจายตัวของโรงเรียนทั้ง 9 โรงเรียนและสภาพผังเมืองของเทศบาลนครหาดใหญ่ดังภาพที่ 4.3 ทำให้สามารถแบ่งเขตการเดินรถได้เป็น 2 พื้นที่ คือ เขตพื้นที่ที่ 1 (เขตตัวเมือง) ประกอบด้วย โรงเรียนกิตติวิทย์ วิริยะเธียรวิทยา อนุบาลสุวรรณวงศ์ ศรีนครมูลนิธิ และแสงทองวิทยา ส่วนเขตพื้นที่ที่ 2 (เขตหาดใหญ่ใน) ประกอบด้วย โรงเรียนพลวิทยา สมานคุณวิทยาทาน เทศบาล 2 และเทศบาล 5 ดังตารางที่ 4.5

ภาพที่ 4.3 การกระจายตัวของโรงเรียนทั้ง 9 โรงเรียนและสภาพผังเมืองของเทศบาลนครหาดใหญ่

ตารางที่ 4.5 เขตการเดินรถโรงเรียนและความต้องการการใช้บริการรถโรงเรียน

เขตที่	โรงเรียน	ความต้องการใช้บริการรถโรงเรียน	จำนวนนักเรียนที่ต้องการใช้บริการรถโรงเรียน (คน)
1	กิตติวิทย์	66.67 %	260
	วิริยะเธียรวิทยา	60.00 %	154
	แสงทองวิทยา	83.33 %	652
	อนุบาลสุวรรณวงศ์	87.50 %	1,165
	ศรีนครมูลนิธิ	66.67 %	525
2	พลวิทยา	88.57 %	2,047
	สมานคุณวิทยาทาน	45.00 %	260
	เทศบาล 2	43.33 %	525
	เทศบาล 5	46.67 %	251

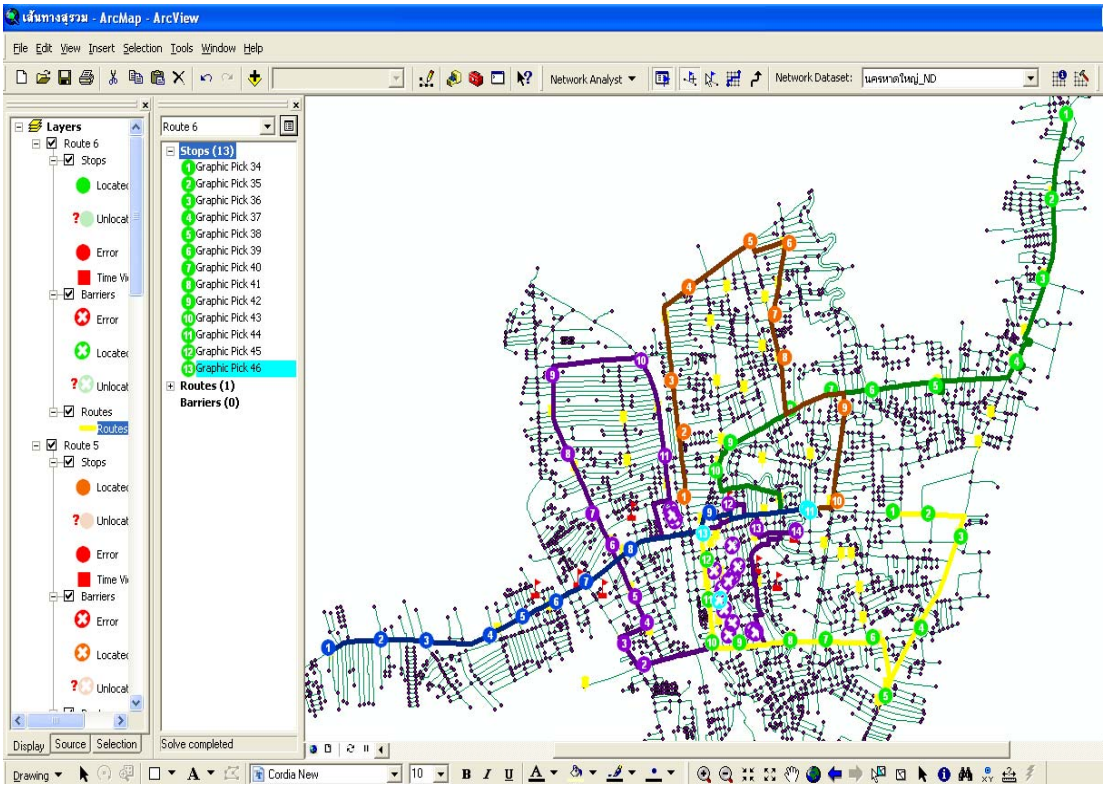
จากตารางที่ 4.5 พบว่า เขตพื้นที่ที่ 1 โรงเรียนที่มีความต้องการการใช้บริการรถโรงเรียนมากที่สุดถึง 87.50% คือ โรงเรียนอนุบาลสุวรรณวงศ์ จึงกำหนดให้โรงเรียนอนุบาลสุวรรณวงศ์เป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในการรับส่งนักเรียน โดยมีจำนวนนักเรียนต้องการใช้บริการรถโรงเรียน 1,165 คนจากนักเรียนระดับชั้นประถมที่อยู่ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ของโรงเรียนอนุบาลสุวรรณวงศ์ และเขตพื้นที่ที่ 2 โรงเรียนที่มีความต้องการการใช้บริการรถโรงเรียนมากที่สุด คือ โรงเรียนพลวิทยา 88.57% จึงกำหนดให้โรงเรียนพลวิทยาเป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในการรับส่งนักเรียน โดยมีจำนวนนักเรียนต้องการใช้บริการรถโรงเรียน 2,047 คนจากนักเรียนระดับชั้นประถมที่อยู่ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ของโรงเรียนพลวิทยา

4.2.4.2 การจัดเส้นทางการเดินรถ

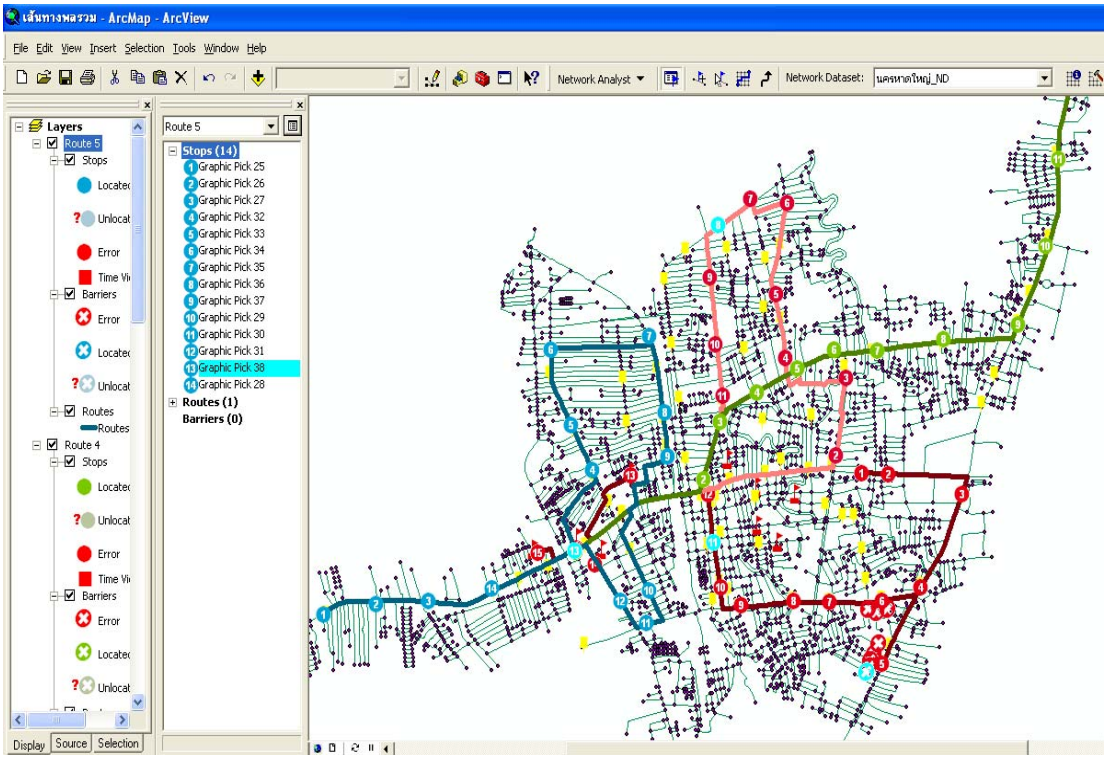
จากการแบ่งเขตการเดินรถออกเป็น 2 พื้นที่ เพื่อให้ครอบคลุมความต้องการการใช้บริการรถโรงเรียนจึงทำการจัดเส้นทางโดยมีข้อกำหนดในการจัดเส้นทางเดินรถที่ใช้ร่วมกับการวิเคราะห์โครงข่ายในโปรแกรม ArcGIS Network Analyst 9.2 คือ

1. แบ่งเขตพื้นที่การเดินรถเป็น 2 เขต โดยมีโรงเรียนที่เป็นจุดศูนย์กลางในการรับ-ส่งในแต่ละเขตพื้นที่เป็นจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดในการรับ-ส่งนักเรียน คือ โรงเรียนพลวิทยาและโรงเรียนอนุบาลสุวรรณวงศ์ดังที่กล่าวไว้เบื้องต้น และกำหนดให้โรงเรียนแสงทองและสุวรรณวงศ์เป็นจุดรับส่งที่เดียวกัน เนื่องจากมีสถานที่ตั้งใกล้กัน เช่นเดียวกับโรงเรียนพลวิทยาและเทศบาล 2
2. กำหนดให้เส้นทางในการเดินรถด้วยรัศมีวงละ 500 เมตร โดยที่ระยะ 500 เมตรแรก ไม่มีการบริการรับส่งเนื่องจากตามพฤติกรรมจากผลการสำรวจ พบว่า ผู้ปกครองที่มีระยะทางห่างจากบ้านและโรงเรียนไม่เกิน 500 เมตร จะนิยมมารับ-ส่งนักเรียนด้วยตนเอง
3. กำหนดกรอบระยะเวลาการเดินทางตั้งแต่ 6:30 - 7:50 น. โดยรถโรงเรียนต้องถึงโรงเรียนสุดท้ายก่อนโรงเรียนเข้าเรียนอย่างน้อย 5 นาที และช่วงเย็นตั้งแต่ 15:30 -19:00 น.
4. กำหนดให้เส้นทางในการเดินรถแต่ละเส้นทางมีจำนวนจุดรับ-ส่ง ตั้งแต่ 1-15 จุด และจำนวนสัญญาณไฟจราจรไม่เกิน 25 สัญญาณ โดยมีรอบสัญญาณไฟมากกว่า 180 วินาที ไม่เกิน 5 สัญญาณ และรอบสัญญาณไฟมากกว่า 120 วินาที ไม่เกิน 5 สัญญาณ
5. กำหนดให้จุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียนทั้ง 9 โรงเรียนใช้ร่วมกัน
6. กำหนดให้รถวิ่งบนถนนที่มีความกว้างมากกว่า 6 เมตร
7. กำหนดให้ใช้ค่าระยะทางในการเดินทาง รวมกับกรอบเวลาในการเข้าเรียนแต่ละโรงเรียน เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนการกำหนดเส้นทางเดินรถได้นำเอาฐานข้อมูลถนน จุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียน ตำแหน่งของสถานที่ของจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเข้าสู่โปรแกรม ArcGIS Network Analyst โดยกำหนดหน่วยวัดระยะทางเป็นเมตร (Meter) แล้วทำการวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมภายใต้ข้อกำหนดที่กล่าวไว้เบื้องต้นด้วยโปรแกรม ArcGIS โดยเปิดโปรแกรมย่อย Network Analyst และเรียกใช้ฟังก์ชั่น Route ซึ่งสามารถหาเส้นทางการเดินรถของเขตพื้นที่ที่ 1 (เขตตัวเมือง) ที่มีโรงเรียนอนุบาลสุวรรณวงศ์เป็นศูนย์กลาง โดยมีเส้นทางในการเดินรถ 5 เส้นทาง ดังภาพที่ 4.4 และเขตพื้นที่ที่ 2 (เขตหาดใหญ่ใน) ที่มีโรงเรียนพลวิทยาเป็นศูนย์กลาง โดยมีเส้นทางในการเดินรถ 4 เส้นทาง ดังภาพที่ 4.5 และตารางที่ 4.6



ภาพที่ 4.4 การหาเส้นทางการเดินรถของเขตพื้นที่ที่ 1 (เขตตัวเมือง)



ภาพที่ 4.5 การหาเส้นทางการเดินรถของเขตพื้นที่ที่ 2 (เขตหาดใหญ่ใน)

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดจากการปรับปรุงคำตอบในการจัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่ง นักเรียนเขตพื้นที่ 1 และ 2

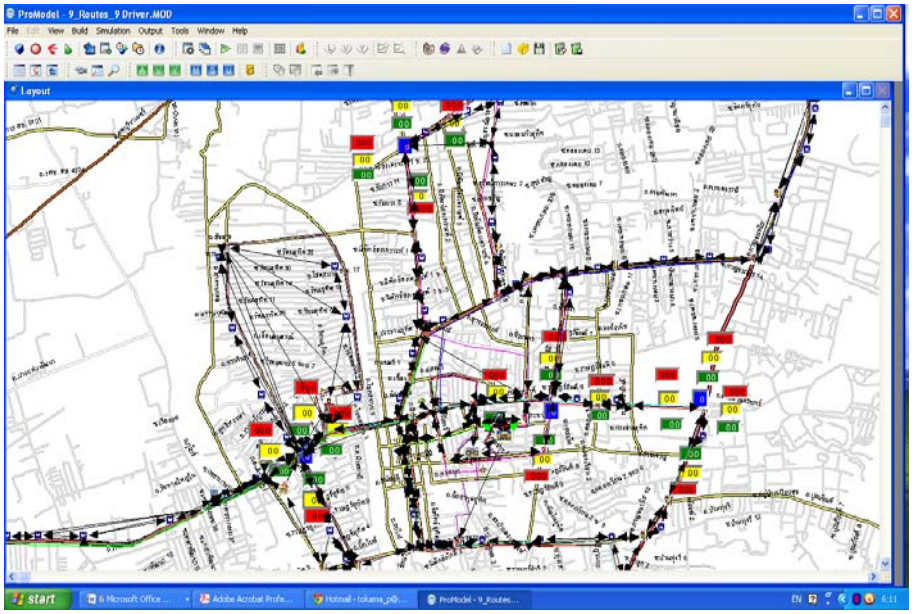
เขตพื้นที่	ยานพาหนะ	เส้นทาง	จำนวนสัญญาณไฟจราจร (จุด)	ระยะทาง (km)
1 (สุวรรณวงศ์)	1 (รับ)	1-2-3-4-5-6-7-8-9-11	11	14.987
	1 (ส่ง)	11-9-8-7-6-5-4-3-2-1	11	14.987
	2 (รับ)	20-19-18-17-16-15-14-13-12	13	15.305
	2 (ส่ง)	12-13-14-15-16-17-18-19-20	13	15.305
	3 (รับ)	21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31	17	15.199
	3 (ส่ง)	31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21	17	15.199
	4 (รับ)	32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42	23	10.280
	4 (ส่ง)	42-41-40-39-38-37-36-35-34-33-32	23	10.280
	5 (รับ)	47-48-49-50-51-52-53-46-45-43	15	13.034
	5 (ส่ง)	43-45-46-47-48-49-50-51-52-53	15	13.034
2 (พลวิทยา)	1 (รับ)	1-2-3-4-5-6-7-8-9-11-12-13	8	16.717
	1 (ส่ง)	13-12-11-9-8-7-6-5-4-3-2-1	8	16.717
	2 (รับ)	54-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42	12	12.449
	2 (ส่ง)	42-41-40-39-38-37-36-35-34-33-32-54	12	12.449
	3 (รับ)	21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-55	18	12.510
	3 (ส่ง)	55-31-30-29-28-27-26-25-24-23-22-21	18	12.510
	4 (รับ)	20-19-18-17-43-45-49-50-51-52	11	15.926
	4 (ส่ง)	52-51-50-49-45-43-17-18-19-20	11	15.926

หมายเหตุ เส้นทางสุวรรณวงศ์ไม่มีการให้บริการจุดรับส่งที่ 54 และ 55
เส้นทางพลวิทยาไม่มีการให้บริการจุดรับส่งที่ 14,15,16,46,47,48 และ 53

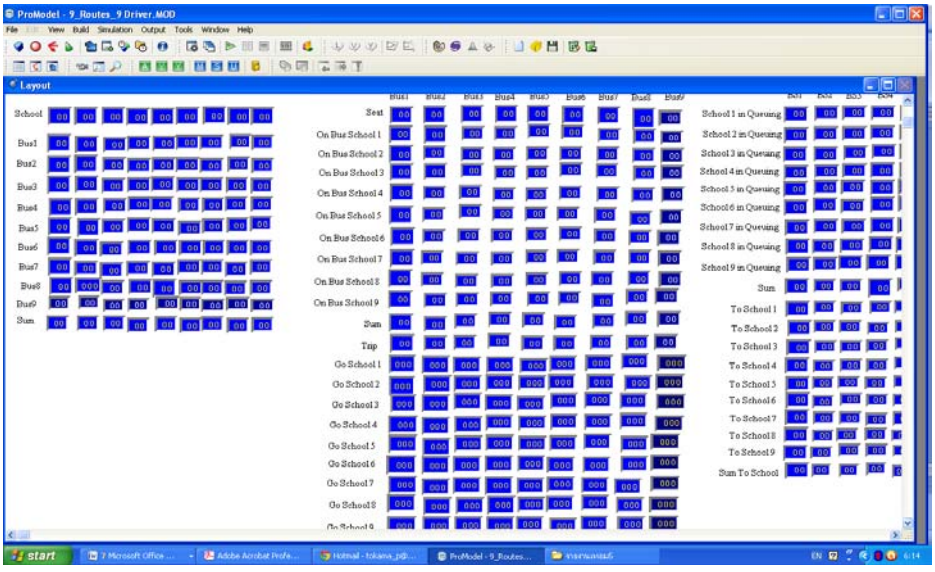
จากตารางที่ 4.6 วิธีการปรับปรุงคำตอบของเขตทั้งสองมีการจัดเส้นทางการเดินรถที่ได้เส้นทางไม่เท่ากัน เนื่องจากลักษณะแผนที่ของเทศบาลนครหาดใหญ่คล้ายผีเสื้อที่มีหางยาว 2 ด้าน และเขตโรงเรียนพลวิทยาอยู่ใกล้กับหางยาวด้านฝั่งหาดใหญ่ใน ในขณะที่เขตโรงเรียนสุวรรณวงศ์อยู่กึ่งกลางเทศบาลซึ่งอยู่ห่างจากหางทั้ง 2 ด้าน จึงมีการจัดเส้นทางให้เหมาะกับข้อกำหนดที่กำหนดไว้ คือ จำนวนป้ายรถรับ-ส่ง จำนวนสัญญาณไฟจราจร ระยะเวลาการเดินทางร่วมกับลักษณะของแผนที่ ถนนเส้นหลัก และถนนเส้นรองเพื่อความเหมาะสมในการเดินรถ โดยโรงเรียนสุวรรณวงศ์จัดได้ 5 เส้นทาง ซึ่งมีระยะทาง 14.987 15.305 15.199 10.280 และ 13.034 กิโลเมตร และโรงเรียนพลวิทยาจัดได้ 4 เส้นทาง ซึ่งมีระยะทาง 16.717 12.449 12.510 และ 15.926 กิโลเมตร

4.2.5 ตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model)

เมื่อทำการออกแบบเส้นทางการเดินรถของเขตพื้นที่ที่ 1 (เขตตัวเมือง) และเขตพื้นที่ที่ 2 (เขตหาดใหญ่ใน) จากการวิเคราะห์โครงข่ายในโปรแกรม ArcGIS Network Analyst 9.2 ต่อไปเป็นการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม ProModel® เป็นเครื่องมือในการพัฒนาแบบจำลองแทนระบบแสดงดังภาพที่ 4.6 - 4.7



ภาพที่ 4.6 การสร้างตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบการจัดเส้นทางการเดินรถในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่



ภาพที่ 4.7 การตรวจสอบข้อมูลนำเข้าในการสร้างตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบการจัดเส้นทางการเดินรถในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

ในการทดสอบเพื่อประเมินผลโปรแกรมและการเปรียบเทียบผลลัพธ์นั้น ก่อนที่จะประมวลผลโปรแกรมผู้วิจัยได้กำหนดข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดในการจำลองระบบการเดินรถโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เป็นข้อมูลนำเข้าในการประมวลผลของโปรแกรม โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

1. ข้อมูลสัญญาณไฟจราจร ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข
2. ข้อมูลเส้นทางการเดินรถ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง
3. ข้อมูลนักเรียนทั้ง 9 โรงเรียน ที่จุดหยุดรับ-ส่ง โดยแบ่งตามความหนาแน่นของนักเรียนที่อยู่บริเวณต่างๆ ทั่วทั้งเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก จ

เมื่อนำข้อมูลนำเข้าทั้ง 3 ข้อมูลร่วมกับหลักการทำงานของโปรแกรม ProModel® และทำการพัฒนาตัวแบบจำลองเรียบร้อยแล้ว ก่อนจะนำตัวแบบจำลองไปใช้ต้องมั่นใจได้ว่าตัวแบบจำลองที่สร้างขึ้นบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง จึงต้องทำการทวนสอบแบบจำลองก่อน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทวนสอบตัวแบบจำลองโดย

1. การสอบถามผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นวิธีตรวจสอบความถูกต้องโดยการถามผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่ทำงานและมีความคุ้นเคยกับการจัดเส้นทางการเดินรถ แล้วปรับปรุงค่าหรือตัวแปรต่างๆจนกว่าผู้เชี่ยวชาญจะยอมรับในตัวแบบจำลองว่าสามารถเชื่อถือได้จริง
2. การกำหนดค่า เป็นการกำหนดค่าค่าหนึ่งให้เป็นค่า Input ของแบบจำลอง จากนั้นจึงคำนวณผลที่น่าจะเกิดขึ้นโดยใช้ความเป็นเหตุเป็นผลแล้วนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่า Output ของแบบจำลองถ้าค่าที่ได้ตรงกันจะถือว่าแบบจำลองนั้นมีความถูกต้อง
3. การทดสอบสภาวะที่ผิดปกติ เป็นการกำหนด Input ในระบบให้เป็นค่าที่มีค่ามากหรือน้อยผิดปกติ โดยผลของการจำลองแบบควรให้ค่าที่มีการแปรผันอย่างสอดคล้องกับค่า Input ที่ผิดปกตินั้น
4. ทวนสอบความถูกต้องของผลการจำลองระหว่างการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้คำสั่ง “Trace” ของโปรแกรม ProModel® หรือการใช้คำสั่ง“Debugger” ในการดูคำสั่งขั้นตอนขั้นต่อไปเมื่อคลิกที่ “Next statement” ร่วมกับคำสั่ง “Display” ใน Subroutines โดยใช้การจำลองแบบภาพเคลื่อนไหว (Animation Graphic) ช่วยในการทวนสอบ

เมื่อทวนสอบตัวแบบที่สร้างขึ้นบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้ทราบถึงผลการวิจัย คือ ระยะเวลาในการเดินรถของแต่ละเส้นทาง จำนวนเที่ยวในการเดินรถตามระยะเวลาที่กำหนดและจำนวนนักเรียนที่ได้รับบริการในแต่ละเที่ยวของระบบรถโรงเรียน และนอกจากนี้ ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบจำลองคอมพิวเตอร์ทำให้ทราบถึงสถานีของสัญญาณไฟจราจรที่มีการติดสัญญาณไฟแดงซึ่งเป็นองค์ประกอบในการคำนวณระยะเวลาในการเดินรถของแต่ละเส้นทาง

การศึกษาทางเลือกแบ่งเป็น 2 ทางเลือก คือ

1. รถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนมากกว่า 1 โรงเรียน คือ รถโรงเรียนในเขตพื้นที่ที่ 1 มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนทั้ง 5 โรงเรียนต่อรถ 1 คัน และรถโรงเรียนในเขตพื้นที่ที่ 2 มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนทั้ง 4 โรงเรียนต่อรถ 1 คัน โดยใช้รถ 1 คันต่อ 1 เส้นทาง
2. รถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนเพียง 1 โรงเรียน คือ รถโรงเรียนในเขตพื้นที่ที่ 1 และ 2 มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนรถ 1 คัน ต่อ 1 โรงเรียน) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.2.5.1 รถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนมากกว่า 1 โรงเรียน

ผลการดำเนินการจากตัวแบบจำลองกรณีรถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนมากกว่า 1 โรงเรียน โดยรถโรงเรียนในเขตพื้นที่ที่ 1 มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนทั้ง 5 โรงเรียนต่อรถ 1 คัน และรถโรงเรียนในเขตพื้นที่ที่ 2 มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนทั้ง 4 โรงเรียนต่อรถ 1 คัน โดยใช้รถ 1 คันต่อ 1 เส้นทาง พบว่า ในช่วงเช้ามีระยะเวลาในการเดินทางโดยเฉลี่ยเที่ยวละ 31.05 นาที ซึ่งสามารถให้บริการรับนักเรียนได้ 2 เที่ยวตั้งแต่ 6:30-7:50 น. ส่วนเส้นทางที่มีการติดสัญญาณไฟแดงมากที่สุด คือ เส้นทางที่ 6 ดังตารางที่ 4.7-4.8

ตารางที่ 4.7 ระยะเวลาในการเดินทางในรอบเช้าทั้ง 9 เส้นทาง กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน

เขตที่	เส้นทางที่/คันที่	เที่ยว	ระยะเวลา (นาที)	เวลาที่ถึงโรงเรียน (นาฬิกา)				
				กิตติวิทย์	วิริยะฯ	แสงทอง	ศรีนคร	สุวรรณฯ
1	1	1	35.96	7:02:01	7:03:22	7:04:32	7:04:32	7:05:57
		2	29.08	7:30:33	7:32:06	7:33:24	7:33:24	7:35:02
	2	1	29.12	6:54:48	6:56:29	6:57:49	6:57:49	6:59:13
		2	32.67	7:27:33	7:29:00	7:30:09	7:30:09	7:31:53
	3 *	1	25.71	6:53:11	6:54:32	6:49:20	6:49:20	6:55:42
		2	26.23	7:19:14	7:21:04	7:14:52	7:14:52	7:21:56
	4	1	30.74	6:56:35	6:58:06	6:59:25	6:59:25	7:00:44
		2	24.14	7:19:53	7:21:50	7:23:15	7:23:15	7:24:52
	5	1	25.75	6:51:02	6:52:55	6:54:18	6:54:18	6:55:45
		2	29.33	7:19:47	7:21:49	7:23:13	7:23:13	7:25:04

เขตที่	เส้นทางที่/คันที่	เที่ยว	ระยะเวลา (นาที)	เวลาที่ถึงโรงเรียน (นาฬิกา)			
				สมานคุณ	ทท.2	ทท.5	พลวิทยา
2	6	1	34.20	7:00:10	7:01:36	7:03:22	7:04:12
		2	39.64	7:36:07	7:37:21	7:43:00	7:43:50
	7	1	33.91	6:57:01	6:58:15	7:02:57	7:03:54
		2	35.34	7:33:41	7:34:54	7:38:07	7:39:15
	8	1	29.41	6:53:39	6:54:51	6:58:03	6:59:24
		2	32.95	7:26:52	7:28:01	7:30:33	7:32:21
	9	1	30.07	6:55:15	6:57:03	6:59:01	7:00:04
		2	34.70	7:26:57	7:28:55	7:33:31	7:34:46

หมายเหตุ * เส้นทางที่ 3 ส่งโรงเรียนแสงทอง ศรีนคร กิตติวิทย์ วิริยะเธียร และสุวรรณวงศ์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 สัญญาณไฟจราจรที่มีการติดไฟแดงในรอบเช้าทั้ง 9 เส้นทาง กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน

เขตที่	เส้นทางที่/คันที่	เที่ยว	สัญญาณไฟจราจร	รวม (ครั้ง)	ระยะเวลา (วินาที)
1	1	1	1,3,6,5,7	5	355
		2	2,5,13,14,16	5	259
	2	1	34,32,40,40,9	5	199
		2	32,38,40,40,38,9,11,12,12	9	280
	3	1	1,44,2,33,12,13	6	333
		2	1,43,44,7,2,12,13	7	386
	4	1	1,2,16,16,18,22,25,11	8	466
		2	1,2,16,16,20,64,25,29,17,12,13	11	354
	5	1	26,27,35,37,39,9,9	6	131
		2	26,27,35,9,12,3	7	444
2	6	1	39,38,9,8,3,4,6,5,3,7,10,40,41	14	485
		2	9,8,7,3,4,6,5,4,3,10,38,40,41	13	641
	7	1	12,13,14,1,2,16,16,18,20,64,22,25,29,40,41	15	420
		2	14,1,2,16,16,18,64,22,25,40	10	586
	8	1	39,38,9,43,44,12,10,10,38,40,	10	358
		2	9,43,44,7,2,1,12,10,10,38,45	11	478
	9	1	40,41,41,37,39	5	137
		2	41,41,37,40,41	5	322

จากผลการดำเนินการจากตัวแบบจำลองกรณีรถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนมากกว่า 1 โรงเรียน พบว่า เส้นทางที่มีจำนวนนักเรียนต้องการใช้บริการรถโรงเรียนมากที่สุดสำหรับเขตพื้นที่ที่ 1 คือ เส้นทางที่ 4 โดยมีจำนวนนักเรียนถึง 631 คน และเขตพื้นที่ที่ 2 คือ เส้นทางที่ 9 โดยมีจำนวนนักเรียนถึง 821 คน แต่การบริการรถนักเรียนในช่วงเช้าสามารถให้บริการได้เพียง 2 เที่ยวต่อเส้นทาง เที่ยวละ 30 คน ดังนั้นจึงสามารถบริการนักเรียนในเส้นทางที่ 4 ได้เพียงร้อยละ 9.51 และเส้นทางที่ 9 ร้อยละ 7.31 ซึ่งสามารถให้บริการนักเรียนในเขตพื้นที่ที่ 1 เฉลี่ยร้อยละ 10.89 และเขตพื้นที่ที่ 2 เฉลี่ยร้อยละ 9.27 โดยสามารถให้บริการนักเรียนทั้ง 9 เส้นทางเฉลี่ยร้อยละ 10.10 และให้บริการนักเรียนแต่ละโรงเรียนดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 จำนวนนักเรียนที่ได้รับบริการในรอบเช้าในแต่ละโรงเรียนกรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน

เขตที่	เส้นทาง	จน.นร.ที่ต้องการบริการ (คน)	จน.นักเรียนแต่ละโรงเรียนที่ได้รับบริการ (คน)						ร้อยละการได้รับบริการ
			1	2	3	4	5	รวม	
1	1	558	7	1	13	32	7	60	10.75
	2	427	7	3	7	28	15	60	14.05

ตารางที่ 4.9 จำนวนนักเรียนที่ได้รับบริการในรอบเช้าในแต่ละโรงเรียนกรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน (ต่อ)

เขตที่	เส้นทาง	จน.นร.ที่ต้องการใช้บริการ (คน)	จน.นักเรียนแต่ละโรงเรียนที่ได้รับบริการ (คน)						ร้อยละการได้รับบริการ
			1	2	3	4	5	รวม	
1	3	595	9	7	14	11	19	60	10.08
	4	631	9	7	18	18	8	60	9.51
	5	545	11	6	17	10	16	60	11.01
2	6	353	36	7	15	2	-	60	17.00
	7	787	23	9	17	11	-	60	7.62
	8	627	25	9	15	11	-	60	9.57
	9	821	27	10	18	5	-	60	7.31
รวม		5,344						**540**	**10.10**

ส่วนในช่วงเย็น จากผลการดำเนินการจากตัวแบบจำลองกรณีรถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนมากกว่า 1 โรงเรียน พบว่า สามารถให้บริการรับนักเรียนได้ 5 เที่ยวตั้งแต่ 15:30-19:00 น. โดยใช้ระยะเวลาในการเดินทางเฉลี่ยเที่ยวละ 35.45 นาที ส่วนเส้นทางที่มีการติดสัญญาณไฟแดงมากที่สุด คือ เส้นทางที่ 6 เช่นเดียวกับช่วงเช้าดังตารางที่ 4.10-4.11

ตารางที่ 4.10 ระยะเวลาในการเดินทางในรอบเย็นทั้ง 9 เส้นทาง กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน

เขตที่	เส้นทางที่/คันที่	เที่ยว	เวลาเดินทาง		ระยะเวลา(นาที)
			ออก	ถึง	
1	1	1	15:30:51	16:06:09	35.28
		2	16:06:10	16:36:15	35.05
		3	16:37:16	17:22:59	45.43
		4	17:23:00	18:08:08	45.08
		5	18:08:08	18:58:22	50.13
	2	1	15:30:51	16:31:37	30.33
		2	16:32:10	17:04:03	34.03
		3	17:04:04	17:34:12	35.05
		4	17:34:13	18:06:37	34.33
		5	18:07:09	18:36:53	39.23
	3	1	15:30:51	15:58:57	28.06
		2	15:58:58	16:29:43	30.45
		3	16:29:44	17:05:05	35.21
		4	17:05:06	17:39:39	34.33
		5	17:39:40	18:16:05	36.25

ตารางที่ 4.10 ระยะเวลาในการเดินทางในรอบเย็นทั้ง 9 เส้นทาง กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน (ต่อ)

เขตที่	เส้นทางที่/คันที่	เที่ยว	เวลาเดินทาง		ระยะเวลา (นาที)
			ออก	ถึง	
1	4	1	15:30:18	15:56:32	26.14
		2	15:56:33	16:27:16	30.43
		3	16:27:17	17:02:59	35.42
		4	17:03:00	17:38:43	35.43
		5	17:38:39	18:17:02	38.23
	5	1	15:30:51	15:56:37	25.36
		2	15:56:38	16:26:08	29.30
		3	16:26:09	16:56:33	30.24
		4	16:56:34	17:25:59	32.25
		5	17:30:00	18:03:24	33.24
2	6	1	15:30:51	16:06:32	35.41
		2	16:06:33	16:43:34	36.51
		3	16:43:34	17:34:53	40.55
		4	17:34:54	18:15:57	41.03
		5	18:15:58	18:46:30	40.32
	7	1	15:30:51	16:07:39	36.38
		2	16:07:40	16:46:05	38.25
		3	16:46:06	17:23:29	40.23
		4	17:23:30	18:06:15	42.45
		5	18:06:16	18:46:52	40.36
	8	1	15:30:51	16:01:16	30.25
		2	16:01:17	16:34:14	32.57
		3	16:34:15	17:07:16	33.01
		4	17:07:17	17:44:11	36.54
		5	17:44:12	18:23:25	38.43
	9	1	15:30:51	16:01:38	30.47
		2	16:01:39	16:34:51	33.12
		3	16:34:52	17:20:05	35.53
		4	17:20:05	17:55:28	35.23
		5	17:55:29	18:25:14	39.45

ตารางที่ 4.11 สัญญาณไฟจราจรที่มีการติดไฟแดงในรอบเย็นทั้ง 9 เส้นทาง กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน

เขตที่	เส้นทาง/คันที่	เที่ยว	สัญญาณไฟจราจร	รวม (ครั้ง)	ระยะเวลา (วินาที)
1	1	1	3,5,4,3,6	5	197
		2	34,13,12,8,7,3,4,6,5,4,2	11	102
		3	34,12,7,3,4,5,6,67,4,3	10	109
		4	34,13,12,8,7,3,4,5,4,3,2	11	288
		5	34,13,12,7,3,4,5,5,4,3	10	256
	2	1	11,9,49,10,68,39,38,69	8	381
		2	9,40,41,40,39,16,10,69	8	447
		3	9,40,41,40,39,38,10,69	8	310
		4	11,9,49,10,39,68,39,38,10,69	10	446
		5	11,9,49,10,40,38	6	319
	3	1	60	1	49
		2	34,8,46,47	4	315
		3	34,8,46,47	4	287
		4	34,13,71	3	132
		5	34,8,46	3	201
	4	1	11,24,64,20,19,17,15,2,1	9	453
		2	34,13,24,66,64,19,18,15,2,1	10	354
		3	34,13,24,66,64,18,2,1	7	317
		4	34,13,11,64,19,18,17,2,1	9	361
		5	13,22,64,18,17,15,2,1	8	395
	5	1	11,9,49,10,37,35,26	7	343
		2	9,10,38,37,26,25	6	260
		3	9,10,38,37,35	5	112
		4	11,49,10,38,37,35,26,25	8	401
		5	49,10,37,35,26	5	395
2	6	1	40,39,38,10,49,7,4,5,4,3,7,8,49,10,38	15	575
		2	40,41,40,39,38,49,7,3,5,67,4,3,8,10	14	783
		3	40,41,39,38,49,7,3,4,5,5,4,7,49,10,38	15	862
		4	40,40,38,10,49,3,5,4,3,7,8,49,10	13	726
		5	40,40,38,10,49,7,4,5,67,3,7,8,49,10,38	15	888
	7	1	10,69,64,18,17,15,1,13,12,11,38	11	438
		2	40,69,64,20,19,15,2,1,14,12,11,38	12	414
		3	40,10,69,64,19,18,17,15,2,1,14,13,38,39	14	724
		4	40,10,64,19,18,2,1,13,12,11,39	11	551
		5	40,69,64,18,17,15,1,14,12,11,39	11	440

ตารางที่ 4.11 สัญญาณไฟจราจรที่มีการติดไฟแดงในรอบเย็นทั้ง 9 เส้นทาง กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน (ต่อ)

เขตที่	เส้นทาง/คันที่	เที่ยว	สัญญาณไฟจราจร	รวม (ครั้ง)	ระยะเวลา (วินาที)
2	8	1	10,69,13,14,1,8,46,43,49,10,39	11	453
		2	40,69,1,2,46,43,49,38	8	472
		3	40,69,2,46,60,43,49,10,38	9	633
		4	40,10,1,2,8,46,60,43,49,10,38,39	12	640
		5	40,10,69,13,14,2,8,60,49,10,38,39	12	626
	9	1	40,38,35,36,68	5	246
		2	40,40,36	3	59
		3	40,39,38,35,36,40,68	7	348
		4	40,40,39,38,40	5	271
		5	40,40,38,35,36	5	129

จากผลการดำเนินการจากตัวแบบจำลองกรณีรถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนมากกว่า 1 โรงเรียน พบว่า ในช่วงเย็นสามารถให้บริการได้ 5 เที่ยวต่อเส้นทาง เที่ยวละ 30 คน ดังนั้นจึงสามารถบริการนักเรียนในแต่ละเส้นทางโดยรวม 150 คน ซึ่งสามารถให้บริการนักเรียนในเขตพื้นที่ที่ 1 เฉลี่ยร้อยละ 27.21 และเขตพื้นที่ที่ 2 เฉลี่ยร้อยละ 23.18 โดยสามารถให้บริการนักเรียนทั้ง 9 เส้นทางเฉลี่ยร้อยละ 25.26 และให้บริการนักเรียนแต่ละโรงเรียนดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 จำนวนนักเรียนที่ได้รับบริการในรอบเย็นในแต่ละโรงเรียนกรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน

เขตที่	เส้นทาง	จน.นร.ที่ต้องการใช้บริการ (คน)	จน.นักเรียนแต่ละโรงเรียนที่ได้รับบริการ (คน)						ร้อยละการได้รับบริการ
			1	2	3	4	5	รวม	
1	1	558	18	14	38	43	37	150	26.88
	2	427	23	20	41	46	20	150	35.13
	3	595	23	26	34	41	26	150	25.21
	4	631	19	12	29	58	32	150	23.77
	5	545	28	22	42	34	24	150	27.52
2	6	353	94	22	21	13	-	150	42.49
	7	787	72	15	38	25	-	150	19.06
	8	627	85	20	24	21	-	150	23.92
	9	821	78	27	32	13	-	150	18.27
รวม		5,344						**1,350**	25.26

ตารางที่ 4.13 จำนวนนักเรียนที่ได้รับบริการทั้งรอบเช้าและเย็น กรณีรถ 1 คันบริการมากกว่า 1 โรงเรียน

เขตที่	คันที่	จำนวนนักเรียนแต่ละโรงเรียน (คน)										อรรถประโยชน์	การว่างงานของรถ
		1		2		3		4		5			
นร.ที่ต้องการใช้บริการ		260		154		652		1,165		525			
รอบการบริการ		เช้า	เย็น	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น		
1	1	7	18	1	14	13	38	32	43	7	37	75.50	24.50
	2	7	23	3	20	7	41	28	46	15	20	79.67	20.33
	3	9	23	7	26	14	34	11	41	19	26	70.24	29.76
	4	9	19	7	12	18	29	18	58	8	32	70.35	29.65
	5	11	28	6	22	17	42	10	34	16	24	73.47	26.53
รวม		**43**	**111**	**24**	**94**	**69**	**181**	**99**	**222**	**65**	**139**		
ร้อยละการให้บริการ		16.54	42.69	15.58	61.04	10.58	28.22	8.50	11.93	12.38	42.29		
นร.ที่ต้องการใช้บริการ		**2,047**		**260**		**525**		**251**		**-**			
รอบการบริการ		**เช้า**	**เย็น**	**เช้า**	**เย็น**	**เช้า**	**เย็น**	**เช้า**	**เย็น**				
2	6	36	94	7	22	15	21	2	13	-		91.28	8.72
	7	23	72	9	15	17	38	11	25	-		80.22	19.78
	8	25	85	9	20	15	24	11	21	-		79.82	20.18
	9	27	78	10	27	18	32	5	13	-		80.92	19.08
รวม		**111**	**329**	**35**	**84**	**65**	**115**	**29**	**72**				
ร้อยละการให้บริการ		5.42	16.07	13.46	32.31	12.38	21.90	11.55	28.69				

<u>หมายเหตุ</u> เขตพื้นที่ที่ 1 โรงเรียนที่ 1 กิตติวิทย์ โรงเรียนที่ 2 วิริยะเธียรวิทยา โรงเรียนที่ 3 แสงทองวิทยา โรงเรียนที่ 4 อนุบาลสุวรรณวงศ์ และโรงเรียนที่ 5 ศรีนครมูลนิธิ

เขตพื้นที่ที่ 2 โรงเรียนที่ 1 พลวิทยา โรงเรียนที่ 2 สมานคุณวิทยาทาน โรงเรียนที่ 3 เทศบาล 2 และโรงเรียนที่ 4 เทศบาล

จากตารางที่ 4.13 ได้แสดงให้เห็นถึงผลตัวแบบจำลองกรณีรถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนมากกว่า 1 โรงเรียน โดยรถโรงเรียนในเขตพื้นที่ที่ 1 ในช่วงเช้าและเย็นที่มีการเดินทาง 2 เที่ยวและ 5 เที่ยว เมื่อคิดอัตราการได้รับบริการของนักเรียนแต่ละโรงเรียน พบว่านักเรียนในเขตพื้นที่ที่ 1 ที่ได้รับบริการในช่วงเช้ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 16.54 คือ โรงเรียนกิตติวิทย์ แต่ในช่วงเย็น คือ โรงเรียนวิริยะเธียร คิดเป็นร้อยละ 61.04 และนักเรียนในเขตพื้นที่ที่ 2 ที่ได้รับบริการในช่วงเช้ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 13.46 และเย็น 32.31 คือ โรงเรียนสมานคุณวิทยาทาน ในขณะที่อรรถประโยชน์ของรถในกรณีรถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนมากกว่า 1 โรงเรียน พบว่า ในเขตพื้นที่ที่ 1 รถคันที่ 2 มีการใช้อรรถประโยชน์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79.67 และในเขตพื้นที่ที่ 2 รถคันที่ 6 มีการใช้อรรถประโยชน์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 91.28 แสดงว่าเส้นทางที่ 2 ใช้ระยะเวลาในการเดินทางมากที่สุดในเขตพื้นที่ที่ 1 และเส้นทางที่ 6 ใช้ระยะเวลาในการเดินทางมากที่สุดในเขตพื้นที่ที่ 2 เช่นกัน

4.2.5.2 รถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนเพียง 1 โรงเรียน

ผลการดำเนินการจากตัวแบบจำลองกรณีรถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนเพียง 1 โรงเรียน โดยรถโรงเรียนในเขตพื้นที่ที่ 1 และ 2 มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนรถ 1 คันต่อ 1 โรงเรียนต่อ 1 เส้นทางและใช้เส้นทางเดียวกันกับรถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนมากกว่า 1 โรงเรียน โดยใช้รถจำนวน 9 คัน สำหรับ 9 โรงเรียน เนื่องจากรถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนเพียง 1 โรงเรียน จึงต้องเลือกเส้นทางที่มีอรรถประโยชน์ของรถแต่ละเส้นทางน้อยที่สุด และมีอัตราการว่างงานของรถมากที่สุด เนื่องจากการใช้อรรถประโยชน์ของรถน้อยแสดงว่าใช้ระยะเวลาในการเดินทางน้อยจึงถึงโรงเรียนและจุดรับ-ส่งนักเรียนได้เร็ว ดังนั้น ในเขตพื้นที่ที่ 1 โรงเรียนที่ 1 กิตติวิทย์ เลือกใช้เส้นทางที่ 3 เช่นเดียวกันกับโรงเรียนที่ 2 วิริยะเธียรวิทยา ส่วนโรงเรียนที่ 3 แสงทองวิทยา เลือกใช้เส้นทางที่ 5 เช่นเดียวกันกับโรงเรียนที่ 4 อนุบาลสุวรรณวงศ์ และโรงเรียนที่ 5 ศรีนครมูลนิธิ และเขตพื้นที่ที่ 2 โรงเรียนที่ 6 พลวิทยา และโรงเรียนที่ 8 เทศบาล 2 เลือกใช้เส้นทางที่ 3 ส่วนโรงเรียนที่ 7 สมานคุณวิทยาทาน และโรงเรียนที่ 9 เทศบาล 5 เลือกใช้เส้นทางที่ 2 ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 อรรถประโยชน์ของรถแต่ละเส้นทางทั้งรอบเช้าและเย็น กรณีรถ 1 คัน 1 โรงเรียน

โรงเรียน	เส้นทาง	อรรถประโยชน์	การว่างงานของรถ	จำนวนรอบการบริการ (รอบ)		
				เช้า	เย็น	รวม
1	1	80.22	19.78	2	5	7
	2	78.06	21.94	2	5	7
	3	74.50	25.50	3	5	8
	4	74.75	25.25	3	5	8
	5	84.65	15.35	3	5	8
2	1	69.47	30.53	2	5	7
	2	67.12	32.88	2	5	7
	3	64.49	35.51	3	5	8
	4	65.41	34.59	3	5	8
	5	74.20	25.80	3	5	8
3	1	81.45	18.55	2	5	7
	2	86.99	13.01	2	5	7
	3	78.69	21.31	3	5	8
	4	76.69	23.31	3	5	8
	5	75.61	24.39	3	5	8
4	1	87.32	12.68	3	5	7
	2	62.84	37.16	2	5	7
	3	82.17	17.83	3	5	8
	4	55.41	44.59	3	5	8
	5	75.12	24.88	3	5	8

ตารางที่ 4.14 อรรถประโยชน์ของรถแต่ละเส้นทางทั้งรอบเช้าและเย็น กรณีรถ 1 คัน 1 โรงเรียน (ต่อ)

โรงเรียน	เส้นทาง	อรรถประโยชน์	การรอคอย	จำนวนรอบการบริการ (รอบ)		
				เช้า	เย็น	รวม
5	1	96.89	3.11	3	5	7
	2	75.43	24.57	2	5	7
	3	85.86	24.14	3	5	8
	4	86.54	13.46	3	5	8
	5	72.86	27.14	3	5	8
6	1	97.74	2.26	2	5	7
	2	83.66	16.34	2	5	7
	3	83.21	16.79	2	5	7
	4	85.86	14.14	2	5	7
7	1	81.51	18.49	2	5	7
	2	72.72	27.28	2	5	7
	3	74.63	25.37	2	5	7
	4	74.48	25.52	2	5	7
8	1	95.57	4.43	2	5	7
	2	87.50	12.50	2	5	7
	3	85.26	14.74	2	5	7
	4	87.33	12.67	2	5	7
9	1	94.34	5.61	2	5	7
	2	65.8	34.2	2	5	7
	3	89.9	10.52	2	5	7
	4	71.71	28.29	2	5	7

ตารางที่ 4.15 จำนวนนักเรียนที่ได้รับบริการทั้งรอบเช้าและเย็น กรณีรถ 1 คัน 1 โรงเรียน

โรงเรียน	จำนวนนักเรียนที่ต้องการใช้บริการ (คน)	จำนวน นร.ที่ได้รับบริการ (คน)		ร้อยละการได้รับบริการ	
		เช้า	เย็น	เช้า	เย็น
1	260	90	150	34.62	57.69
2	154	90	150	58.44	97.40
3	652	90	150	13.80	23.01
4	1,165	90	150	7.73	12.88
5	525	90	150	17.14	28.57
6	2,047	60	150	2.93	7.33
7	260	60	150	23.08	57.69
8	525	60	150	11.43	28.57
9	251	60	150	23.90	59.76

เมื่อเลือกเส้นทางที่เหมาะสมจากตารางที่ 4.14 และพิจารณาอัตราการให้บริการจากตารางที่ 4.15 พบว่า โรงเรียนที่นักเรียนได้รับบริการในช่วงเช้าและเย็นมากที่สุด คือโรงเรียนวิริยะเธียร คิดเป็นร้อยละ 58.44 และ 97.40 เนื่องจากนักเรียนที่ต้องการใช้บริการรถโรงเรียนมีจำนวนน้อย จึงทำให้สามารถบริการได้มากกว่าโรงเรียนที่มีนักเรียนที่ต้องการใช้บริการรถโรงเรียนที่มากกว่า

4.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการประเมินและเตรียมงบประมาณด้านการเงินล่วงหน้า และกำหนดขนาดของเงินลงทุนที่ต้องการ การจัดทำงบประมาณล่วงหน้า จำเป็นต้องนำเอาข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้านต่างๆ มาประกอบการคาดคะเนรายรับและต้นทุนเพื่อประกอบการตัดสินใจในการลงทุน

การศึกษาด้านการเศรษฐศาสตร์มีความสำคัญต่อความสำเร็จของโครงการ ทำให้โครงการมีการจัดการทางการเงินอย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้านการตลาด และด้านเทคนิค มาพิจารณาเชิงปริมาณต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ รายละเอียดของค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการดำเนินงานของโครงการ การกำหนดราคาขายที่เหมาะสมสำหรับการตลาด การศึกษาค่าใช้จ่ายในการลงทุนตามโครงการว่าจะต้องใช้เงินในด้านใดบ้าง เป็นจำนวนเงินเท่าไร และโครงการนี้มีความเป็นไปได้ทางการเงินหรือไม่อย่างไร เพื่อประกอบในการวิเคราะห์ และการประเมินโครงการให้มีประสิทธิภาพและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เมื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด และด้านเทคนิค ซึ่งทำการวิเคราะห์ในกรณีที่ใช้รถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนมากกว่า 1 โรงเรียน ทำให้ทราบข้อมูลรายได้และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการดำเนินการในส่วนต่างๆ นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ด้านการเศรษฐศาสตร์ โดยแบ่งกรณีการศึกษาออกเป็น 3 กรณี คือ

4.3.1 กรณีที่เป็นไปตามการดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ โดยกำหนดกำไรร้อยละ 50 จากต้นทุนการบริการ

4.3.2 กรณีที่ผู้ใช้บริการสามารถจ่ายค่าบริการได้โดยอ้างอิงจากผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด คือ สามารถจ่ายค่าบริการได้คนละ 16 บาทต่อเที่ยวต่อวัน (1 เที่ยว หมายถึงขาไปหรือขากลับ)

4.3.3 กรณีที่จัดให้เป็นการบริการสาธารณะโดยไม่มีการเก็บค่าบริการกับผู้ที่ใช้บริการ

เพื่อประกอบการตัดสินใจในการจัดทำโครงการ ดังต่อไปนี้ โดยมีข้อกำหนดที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์ ดังนี้

1. ระยะเวลาในการวิเคราะห์โครงการ 10 ปี
2. ระยะเวลาในการดำเนินงานเพื่อคิดอัตราค่าบริการรถโรงเรียนคิดเป็นระยะเวลา 9 เดือนต่อปี เดือนละ 22 วัน เนื่องจากโรงเรียนมีการปิดภาคเรียนประจำปี คือ เดือนตุลาคม มีนาคม และเมษายน

3. จำนวนรถที่ใช้ในโครงการมีจำนวน 9 คัน ตามเส้นทางการเดินรถทั้ง 9 เส้นทาง

4. ค่าเสื่อมราคา ให้คิดเป็นเส้นตรง โดยค่ายานพาหนะ คิดที่ 10 ปี โดยมีมูลค่าซากยานพาหนะคิดเป็นร้อยละ 10 ของราคาซื้อ [57]

5. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของโครงการ คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้าชั้นดีเฉลี่ยของ 4 ธนาคาร ได้แก่ ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) และธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน) ใช้อัตราดอกเบี้ย MLR (Minimum Loan Rate) ร้อยละ 7.219 ต่อปี (อ้างอิง ณ วันที่ 28 มกราคม 2555)

6. รายได้จากการบริการในการจัดทำรถโรงเรียนกำหนดให้เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ต่อปีทุกปี

7. กำหนดให้ปรับเงินเดือนของบุคลากรเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ต่อปีทุกปี และปรับอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำมันดีเซล แก๊สเอ็นจีวี และค่า ft เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ต่อปีทุกปี

4.3.1 กรณีที่เป็นไปตามการดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ

4.3.1.1 การประมาณการลงทุนของโครงการ

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนหรือเงินลงทุนทั้งหมดของโครงการ คือ เงินลงทุนถาวร ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน และเงินลงทุนหมุนเวียน

(1) เงินลงทุนถาวร (Fixed Cost) สำหรับโครงการระบบรถโรงเรียน คือ ต้นทุนด้านยานพาหนะ จากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิคได้เลือกประเภทรถเป็นมินิบัสขนาด 30 ที่นั่ง โดยในที่นี้ได้เสนอทางเลือกประเภทของรถมินิบัสเป็น 3 ประเภท คือ รถยนต์ดีเซล รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถพลังงานไฟฟ้า ได้ประเมินไว้เป็นเงินคันละ 2,420,000 บาท 2,620,000 บาท และ 2,000,000 บาท ตามลำดับ [58] รายละเอียดดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ประเภทรถมินิบัสที่ใช้ในการทำการศึกษาความเป็นไปได้

รายการ	รถยนต์ดีเซล	รถยนต์ดีเซล ติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี	พลังงานไฟฟ้า
รุ่น	ISUZU NQR 75RB52G	ISUZU NQR 75RB52G	ISUZU NQR 75RB52G
ราคา (บาท/คัน) ,2555	2,420,000	2,620,000	2,000,000
จำนวนที่นั่ง (ที่นั่ง)	30	30	30
อายุการใช้งาน (ปี)	10	10	10
จำนวนรถที่ใช้งาน (คัน)	9	9	9
ราคารวมจำนวนรถที่ใช้งานในโครงการ (บาท)	**21,780,000**	**23,580,000**	**18,000,000**

ที่มา: วิกิจศิลป์.2555

(2) ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน (Pre-Operating Expenses) ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการติดต่องานต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงการ ได้ประเมินไว้เป็นเงินทั้งสิ้นเป็นเงิน 25,000 บาท

(3) เงินทุนหมุนเวียน (Working Capital) เป็นจำนวนเงินส่วนที่ต้องการเพื่อใช้ในการจัดหาทรัพย์สินหมุนเวียนที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงาน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของค่าใช้จ่ายการลงทุนเริ่มแรกของโครงการ โดยในที่นี้ คือ ค่าเชื้อเพลิง ได้ประเมินไว้สำหรับการดำเนินงาน 5 วันโดยใช้ระยะทาง 4,424.35 กิโลเมตร รถยนต์ดีเซลเป็นเงิน 35,571.77 บาท รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี 10,662.68 บาท และรถพลังงานไฟฟ้า 4,601.32 บาท ดังนั้น สามารถกล่าวได้ว่า ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงการต้องใช้ลงทุนทั้งสิ้นดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4. 17 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงการ

รายการ	**รถยนต์ดีเซล**	**รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี**	**พลังงานไฟฟ้า**
เงินลงทุนถาวร	21,780,000	23,580,000	18,000,000
ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน	25,000	25,000	25,000
เงินทุนหมุนเวียน	35,571.77	10,662.68	4,601.32
รวม (บาท)	**21,840,571.77**	**23,615,662.68**	**18,029,601.32**

4.3.1.2 ต้นทุนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ สามารถจำแนกตามลักษณะพฤติกรรมของต้นทุนได้ดังนี้

(1) ต้นทุนคงที่เป็นต้นทุนที่ไม่แปรผันตามจำนวนผลผลิตหรือกิจกรรมและจะมีจำนวนคงที่ในช่วงที่พิจารณา นอกจากนี้ต้นทุนคงที่ยังแบ่งออกได้เป็นต้นทุนคงที่ ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าโดยฝ่ายบริหาร เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าภาษี ค่าประกัน ซึ่งสามารถแสดงต้นทุนคงที่ได้ดังนี้

∉ ค่าแรงงานสำหรับโครงการระบบรถโรงเรียน ได้จัดโครงสร้างเงินเดือนและจำนวนบุคคลากรในการดำเนินกิจการ ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ด้านบริหาร คือ พนักงานบัญชีและธุรการ และด้านการขนส่ง คือ พนักงานขับรถและผู้ช่วยพนักงานขับรถ แสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.18 ในที่นี้แสดงไว้เฉพาะปีที่ 1 เท่านั้น และกำหนดให้ปรับเงินเดือน เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ต่อปีทุกปีตั้งแต่ปีที่ 2 เป็นต้นไป

ตารางที่ 4.18 ค่าแรงงานด้านการบริหารและด้านการขนส่ง

รายการ	**อัตราค่าจ้าง (บาท/คน/เดือน)**	**จำนวน (คน)**	**ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)**
พนักงานบัญชีและธุรการ	7,000	1	84,000
พนักงานขับรถ	8,500	9	918,000
ผู้ช่วยพนักงานขับรถ	6,000	9	648,000
รวม			**1,650,000**

∉ ดอกเบี้ยเงินกู้จ่ายสามารถคำนวณได้โดยแบ่งจ่ายเป็นงวดๆ ละเท่าๆกันทุกปี เป็นเวลา 5 ปี โดยมีอัตราดอกเบี้ย ซึ่งคิดจากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ระยะยาว เท่ากับร้อยละ 7.219 ต่อปี จากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิคได้เลือกเป็นรถมินิบัส ขนาด 31 ที่นั่ง (รวมคนขับ) โดยในที่นี้ได้เสนอทางเลือกประเภทของรถมินิบัสเป็น 3 ประเภท คือ รถยนต์ดีเซล รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถพลังงานไฟฟ้า ดังนั้น ดอกเบี้ยที่ต้องชำระให้กับธนาคารสำหรับโครงการนี้ จึงแบ่งเป็น 3 ประเภท ตามประเภทรถ ดังนี้

1. รถยนต์ดีเซล

การลงทุนสำหรับโครงการระบบรถโรงเรียน ได้ประมาณเงินก้อนแรกในการลงทุนไว้ทั้งสิ้นเป็นเงิน 21,840,572 บาท สำหรับโครงการนี้สามารถกู้เงินได้ไม่เกิน 10,920,286 บาท เพื่อความสะดวกในการคำนวณเพื่อเป็นการปฏิบัติตามนโยบายและหลักเกณฑ์ของธนาคาร จึงกำหนดการกู้ยืมเงิน เป็นเงิน 10,000,000 บาท ดังนั้นโครงการต้องชำระดอกเบี้ยคืนแก่ธนาคาร ปีละ 721,900 บาท โดยมีรายละเอียดการชำระ ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 การชำระคืนเงินกู้ของโครงการประเภทรถยนต์ดีเซล

หน่วย : บาท

ปี	เงินต้น	เงินชำระ	เงินต้นชำระ	ดอกเบี้ยชำระ	เงินกู้คงเหลือ
0					10,000,000
1	10,000,000	2,453,225	1,731,325	721,900	8,268,675
2	8,268,675	2,453,225	1,856,310	596,916	6,412,365
3	6,412,365	2,453,225	1,990,317	462,909	4,422,048
4	4,422,048	2,453,225	2,133,998	319,228	2,288,051
5	2,288,051	2,453,225	2,288,051	165,174	0

2. รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี

การลงทุนสำหรับโครงการระบบรถโรงเรียน ได้ประมาณเงินก้อนแรกในการลงทุนไว้ทั้งสิ้นเป็นเงิน 23,615,663 บาท สำหรับโครงการนี้สามารถกู้เงินได้ไม่เกิน 11,807,832 บาท เพื่อความสะดวกในการคำนวณเพื่อเป็นการปฏิบัติตามนโยบายและหลักเกณฑ์ของธนาคาร จึงกำหนดการกู้ยืมเงิน เป็นเงิน 11,000,000 บาท ดังนั้นโครงการต้องชำระดอกเบี้ยคืนแก่ธนาคาร ปีละ 2,698,530 บาท โดยมีรายละเอียดการชำระ ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 การชำระคืนเงินกู้ของโครงการประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี

หน่วย : บาท

ปี	เงินต้น	เงินชำระ	เงินต้นชำระ	ดอกเบี้ยชำระ	เงินกู้คงเหลือ
0					11,000,000
1	11,000,000	2,698,548	1,904,458	794,090	9,095,542
2	9,095,542	2,698,548	2,041,941	656,607	7,053,602
3	7,053,602	2,698,548	2,189,348	509,199	4,864,253
4	4,864,253	2,698,548	2,347,397	351,150	2,516,856
5	2,516,856	2,698,548	2,516,856	181,692	0

3. รถพลังงานไฟฟ้า

การลงทุนสำหรับโครงการระบบรถโรงเรียน ได้ประมาณเงินก้อนแรกในการลงทุนไว้ทั้งสิ้นเป็นเงิน 18,029,602 บาท สำหรับโครงการนี้สามารถกู้เงินได้ไม่เกิน 9,014,801 บาท เพื่อความสะดวกในการคำนวณเพื่อเป็นการปฏิบัติตามนโยบายและหลักเกณฑ์ของธนาคาร จึงกำหนดการกู้ยืมเงิน เป็นเงิน 9,000,000 บาท ดังนั้นโครงการต้องชำระดอกเบี้ยคืนแก่ธนาคาร ปีละ 2,207,903 บาท โดยมีรายละเอียดการชำระ ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 การชำระคืนเงินกู้ของโครงการประเภทรถพลังงานไฟฟ้า

หน่วย : บาท

ปี	เงินต้น	เงินชำระ	เงินต้นชำระ	ดอกเบี้ยชำระ	เงินกู้คงเหลือ
0					9,000,000
1	9,000,000	2,207,903	1,558,193	649,710	7,441,807
2	7,441,807	2,207,903	1,670,679	537,224	5,771,129
3	5,771,129	2,207,903	1,791,285	416,618	3,979,844
4	3,979,844	2,207,903	1,920,598	287,305	2,059,246
5	2,059,246	2,207,903	2,059,246	148,657	0

∉ ค่าประกันภัย เนื่องจากเป็นรถโดยสารไม่ประจำทางจึงใช้ค่าเบี้ยประกันภัยสำหรับรถโดยสาร ประเภท 3 ราคา 29,237 บาท/ปี และภาษี พ.ร.บ. ราคา 4,093 บาท/ปี คิดเป็น 33,000 บาทต่อปี โดยรถยนต์ดีเซลทั้ง 9 คันต้องเสียค่าประกันภัย 299,970 บาทต่อปี แต่ในกรณีรถที่ใช้พลังงานทดแทนตามพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก (ฉบับที่ 11) พ.ศ. 2550 โดยรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวีให้จ่ายภาษี พ.ร.บ. เป็นอัตราสามในสี่ของอัตราที่กำหนดไว้ คือ 3,070 บาท/ปี คิดเป็น 32,307 บาทต่อปี โดยรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวีทั้ง 9 คันต้องเสียค่าประกันภัย 290,763 บาทต่อปี และรถพลังงานไฟฟ้าให้จ่ายภาษี พ.ร.บ. เป็นกึ่งหนึ่งของอัตราที่กำหนดไว้ คือ 2,047 บาท/ปี คิดเป็น 31,284 บาทต่อปี โดยพลังงานไฟฟ้าทั้ง 9 คันต้องเสียค่าประกันภัย 281,552 บาทต่อปี

∉ ค่าเสื่อมราคา จากอายุการใช้งานของรถมินิบัสทั้ง 3 ประเภท มีอายุการใช้งานเท่ากัน คือ 10 ปี โดยมีมูลค่าซากยานพาหนะคิดเป็นร้อยละ 10 ของราคาซื้อ ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง ดังนั้น ค่าเสื่อมราคารถยนต์ดีเซลปีละ 217,800 บาท รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี 235,800 บาท และรถพลังงานไฟฟ้า 180,000 บาท โดยค่าเสื่อมราคาของรถทั้ง 3 ประเภท ประเภทละ 9 คัน คือ รถยนต์ดีเซลปีละ 1,960,200 บาท รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี 2,122,200 บาท และรถพลังงานไฟฟ้า 1,620,000 บาท

∉ ค่าใช้จ่ายในการบริหารงานและอื่นๆ ที่เป็นเงินสดโดยในที่นี้ คือ ค่าติดต่อประสานงานเดือนละ 3,000 บาท โดยมีรายละเอียดต้นทุนคงที่ของโครงการจัดระบบรถโรงเรียนได้ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ต้นทุนคงที่ของโครงการจัดระบบรถโรงเรียนทั้งระบบ ในปีที่ 1

หน่วย : บาท/ปี/9 คัน

รายการต้นทุนคงที่	รถยนต์ดีเซล	รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี	พลังงานไฟฟ้า
ค่าจ้างแรงงาน	1,650,000	1,650,000	1,650,000
ดอกเบี้ยเงินกู้จ่าย	721,900	794,090	649,710
ค่าประกันภัย	299,970	290,763	281,552
ค่าเสื่อมราคา	1,960,200	2,122,200	1,620,000
ค่าติดต่อประสานงาน	36,000	36,000	36,000
รวม	**4,668,070**	**4,893,053**	**4,237,262**

(2) ต้นทุนผันแปร คือ ต้นทุนที่ผันแปรไปกับการเปลี่ยนแปลงระยะทางการเดินรถของรถโรงเรียน ในที่นี้คือ ต้นทุนด้านพลังงาน และการบำรุงรักษาดังตารางที่ 4.23 ซึ่งต้นทุนน้ำมันดีเซล ลิตรละ 30.83 บาท แก๊สเอ็นจีวี กิโลกรัมละ 9 บาท และค่ากระแสไฟฟ้า ยูนิตละ 3.25 บาท ค่า Ft ยูนิตละ 0.06 บาท (อ้างอิง ณ วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2555) โดยกำหนดให้ปรับอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำมันดีเซล แก๊สเอ็นจีวี และค่า ft เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ต่อปีทุกปี แต่ค่ากระแสไฟฟ้าคงที่และจากการประกาศนโยบายของกรมพลังงานที่ราคาแก๊สเอ็นจีวีจะมีราคาไม่เกิน 50 % น้ำมันดีเซล ในที่นี้แสดงไว้เฉพาะปีที่ 1 เท่านั้น

ตารางที่ 4.23 ต้นทุนผันแปรในการดำเนินการและการบำรุงรักษา

รายการ	รถยนต์ดีเซล	รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี	พลังงานไฟฟ้า
ชนิด	ดีเซล	ดีเซล+แก๊ส NGV	ไฟฟ้า
ต้นทุนเชื้อเพลิง (บาท/กม.)	8.04	2.41	1.10
ต้นทุนการบำรุงรักษา (บาท/กม.)	1.91	1.91	0.39
รวม (บาท/กม.)	9.95	4.32	1.49

ที่มา: ยานยนต์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.2553 [59]

รถโรงเรียนสามารถให้บริการนักเรียนจำนวน 30 คนต่อเที่ยว โดยสามารถให้บริการในช่วงเช้า 2 เที่ยว และช่วงเย็น 5 เที่ยว ทำให้สามารถบริการนักเรียนได้ 210 คนต่อคัน และ 1,890 คนต่อวัน เนื่องจากระยะเวลาในการดำเนินงาน คือ 9 เดือนต่อปี เดือนละ 22 วัน ซึ่งสามารถให้บริการนักเรียนได้ 374,220 คนต่อปี โดยใช้ระยะทางในการเดินทางทั้งหมด 175,204.26 กิโลเมตรต่อปี และจากตารางที่ 4.23 พบว่า ต้นทุนค่าพลังงานและบำรุงรักษาของรถยนต์ดีเซลคิดเป็น 9.95 บาทต่อกิโลเมตร หรือปีละ 1,743,282 บาทต่อปี รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี 4.32 บาทต่อกิโลเมตร หรือปีละ 756,882 บาทต่อปี และรถพลังงานไฟฟ้า 1.49 บาทต่อกิโลเมตร หรือปีละ 599,199 บาท และเมื่อคิดต้นทุนการให้บริการทั้งหมด พบว่า ต้นทุนค่าบริการของรถยนต์ดีเซลคิด

เป็น 36.59 บาทต่อกิโลเมตร รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี 32.25 บาทต่อกิโลเมตร และรถพลังงานไฟฟ้า 27.62 บาทต่อกิโลเมตร ซึ่งต้นทุนการให้บริการของรถยนต์ดีเซลสูงที่สุด รองลงมา คือ รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในการดำเนินการ ดังนั้นต้นทุนค่าบริการโครงการระบบรถโรงเรียนสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ต้นทุนค่าบริการโครงการจัดระบบรถโรงเรียนทั้งระบบ

หน่วย : บาท/ปี

รายการ	รถยนต์ดีเซล	รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี	พลังงานไฟฟ้า
ค่าจ้างแรงงาน	1,650,000	1,650,000	1,650,000
ค่าพลังงาน	1,408,642	422,242	185,560
ค่าบำรุงรักษา	334,640.	334,640	416,986
ค่าประกันภัย	299,970	290,763	281,552
ดอกเบี้ยเงินกู้จ่าย	721,900	794,090	649,710
ค่าเสื่อมราคา	1,960,200	2,122,200	1,620,000
ค่าติดต่อประสานงาน	36,000	36,000	36,000
รวม	**6,411,352**	**5,649,933**	**4,839,808**
ต้นทุนค่าบริการ (บาท/กิโลเมตร)	**36.59**	**32.25**	**27.62**
จำนวนนักเรียนที่ได้รับบริการ (คน)	374,220	374,220	374,220
ต้นทุนค่าบริการเฉลี่ย (บาท/คน/เที่ยว)	**17.13**	**15.10**	**12.93**

การกำหนดค่าบริการ โดยทำการพิจารณาจากต้นทุนการผลิตเป็นหลักแล้วบวกผลกำไรที่ต้องการ จากการคำนวณต้นทุนค่าบริการโครงการจัดระบบรถโรงเรียนโดยเฉลี่ยต่อคน คือ รถยนต์ดีเซล 17.13 บาทต่อเที่ยว รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี 15.10 บาทต่อเที่ยว และรถพลังงานไฟฟ้า 12.93 บาทต่อเที่ยว ดังนั้น การกำหนดค่าบริการสำหรับการดำเนินงานตามโครงการนี้ มีความต้องการส่วนผลกำไรร้อยละ 50 เพราะฉะนั้นค่าบริการนักเรียนต่อคนต่อเที่ยว สำหรับรถยนต์ดีเซลจะต้องมีราคาไม่ต่ำกว่า 25.70 หรือประมาณ 26 บาทต่อเที่ยวรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี 22.65 หรือประมาณ 23 บาทต่อเที่ยว และรถพลังงานไฟฟ้า 19.40 หรือประมาณ 20 บาทต่อเที่ยว แต่กำหนดค่าบริการเป็นค่าเฉลี่ยของรถทั้ง 3 ประเภท คือ 23 บาทต่อเที่ยว เป็นค่าบริการของโครงการ

4.3.1.3 การประมาณงบกำไร-ขาดทุน

การประมาณการงบกำไรขาดทุน ได้ตั้งสมมติฐานว่า นักเรียนต้องการรับบริการรถโรงเรียนจากโครงการตลอดทั้งโครงการแล้วนำมาสามารถสรุปงบกำไร-ขาดทุนสำหรับรถยนต์ดีเซลและรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.25 - 4.27

4.3.1.4 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสด

กระแสเงินสดเป็นทรัพย์สินที่มีความสำคัญต่อการดำเนินงานของโครงการ โดยสามารถนำไปใช้จ่ายได้ทันที กระแสเงินสดที่รับและจ่ายออกจะทราบได้ในตอนปลายปี ว่ามีปริมาณเงินสดคงเหลือแต่ละปีเป็นเท่าไร แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.28 - 4.30

ตารางที่ 4.25 การประมาณงบกำไร-ขาดทุนโครงการประเภทรถยนต์ดีเซล กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ

หน่วย : บาท

รายการ (ดีเซล)	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
รายได้จากการบริการ	8,607,060	8,981,280	9,355,500	9,729,720	10,103,940	10,478,160	10,852,380	11,226,600	11,600,820	11,975,040
ค่าจ้างแรงงาน	1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
ค่าน้ำมันดีเซล	1,408,642	1,479,074	1,553,028	1,630,679	1,712,213	1,797,824	1,887,715	1,982,101	2,081,206	2,185,266
ค่าบำรุงรักษา	334,640	501,960	573,000	669,280	764,000	859,500	1,003,920	1,171,240	1,673,201	2,342,481
ค่าเบี้ยประกันรถ	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970
ค่าเสื่อมราคา	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200
ค่าติดต่อประสานงาน	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
รวมต้นทุนค่าบริการ	5,689,452	5,976,705	6,172,683	6,399,129	6,629,473	6,866,296	7,157,992	7,478,803	8,140,747	8,976,793
กำไรเบื้องต้นในการบริการ	2,917,608	3,004,575	3,182,817	3,330,591	3,474,467	3,611,864	3,694,388	3,747,797	3,460,073	2,998,247
ดอกเบี้ยจ่าย	721,900	596,916	462,909	319,228	165,174	-	-	-	-	-
กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	2,195,708	2,407,660	2,719,908	3,011,363	3,309,293	3,611,864	3,694,388	3,747,797	3,460,073	2,998,247
ภาษีเงินได้นิติบุคคล (30%)	658,712	722,298	815,972	903,409	992,788	1,083,559	1,108,316	1,124,339	1,038,022	899,474
กำไรสุทธิ	1,536,995	1,685,362	1,903,936	2,107,954	2,316,505	2,528,305	2,586,072	2,623,458	2,422,051	2,098,773

ตารางที่ 4.26 การประมาณงบกำไร-ขาดทุนประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ

หน่วย : บาท

รายการ (NGV)	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
รายได้จากการบริการ	8,607,060	8,981,280	9,355,500	9,729,720	10,103,940	10,478,160	10,852,380	11,226,600	11,600,820	11,975,040
ค่าจ้างแรงงาน	1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
ค่าแก๊ส NGV	422,242	443,354	465,522	488,798	513,238	538,900	565,845	594,137	623,844	655,036
ค่าบำรุงรักษา	334,640	501,960	573,000	669,280	764,000	859,500	1,003,920	1,171,240	1,673,201	2,342,481
ค่าเบี้ยประกันรถ	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761
ค่าเสื่อมราคา	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200
ค่าติดต่อประสานงาน	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
รวมต้นทุนการบริการ	4,855,843	5,093,775	5,237,968	5,410,039	5,583,288	5,760,163	5,988,912	6,243,630	6,836,176	7,599,354
กำไรเบื้องต้นในการบริการ	3,751,217	3,887,505	4,117,532	4,319,681	4,520,652	4,717,997	4,863,468	4,982,970	4,764,644	4,375,686
ดอกเบี้ยจ่าย	794,090	656,607	509,199	351,150	181,692	-	-	-	-	-
กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	2,957,127	3,230,897	3,608,333	3,968,531	4,338,960	4,717,997	4,863,468	4,982,970	4,764,644	4,375,686
ภาษีเงินได้นิติบุคคล (30%)	887,138	969,269	1,082,500	1,190,559	1,301,688	1,415,399	1,459,040	1,494,891	1,429,393	1,312,706
กำไรสุทธิ	2,069,989	2,261,628	2,525,833	2,777,972	3,037,272	3,302,598	3,404,427	3,488,079	3,335,251	3,062,980

ตารางที่ 4.27 การประมาณงบกำไร-ขาดทุนประเภทรถพลังงานไฟฟ้า กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ

หน่วย : บาท

รายการ (พลังงานไฟฟ้า)	**ปีที่ 1**	**ปีที่ 2**	**ปีที่ 3**	**ปีที่ 4**	**ปีที่ 5**	**ปีที่ 6**	**ปีที่ 7**	**ปีที่ 8**	**ปีที่ 9**	**ปีที่ 10**
รายได้จากการบริการ	8,607,060	8,981,280	9,355,500	9,729,720	10,103,940	10,478,160	10,852,380	11,226,600	11,600,820	11,975,040
ค่าจ้างแรงงาน	1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
ค่าไฟฟ้า	185,560	185,728	185,903	186,088	182,212	186,485	186,699	186,923	187,159	187,406
ค่าบำรุงรักษา	416,986	625,479	714,000	833,972	952,000	1,071,000	1,250,958	1,459,451	2,084,931	2,918,903
ค่าเบี้ยประกันรถ	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552
ค่าเสื่อมราคา	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000
ค่าติดต่อประสานงาน	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
รวมต้นทุนการบริการ	4,190,098	4,448,258	4,587,940	4,760,611	4,928,853	5,107,839	5,345,395	5,613,218	6,299,812	7,196,736
กำไรเบื้องต้นในการบริการ	4,416,962	4,533,022	4,767,560	4,969,109	5,175,087	5,370,321	5,506,985	5,613,382	5,301,008	4,778,304
ดอกเบี้ยจ่าย	649,710	537,224	416,618	287,305	148,657	-	-	-	-	-
กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	3,767,252	3,995,798	4,350,942	4,681,804	5,026,430	5,370,321	5,506,985	5,613,382	5,301,008	4,778,304
ภาษีเงินได้นิติบุคคล (30%)	1,130,176	1,198,739	1,305,283	1,404,541	1,507,929	1,611,096	1,652,095	1,684,015	1,590,303	1,433,491
กำไรสุทธิ	2,637,076	2,797,058	3,045,660	3,277,263	3,518,501	3,759,225	3,854,889	3,929,367	3,710,706	3,344,813

ตารางที่ 4.28 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสด ประเภทรถยนต์ดีเซล กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ

หน่วย : บาท

	รายการ (ดีเซล)	ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
กระแสเงินสดรับ	รายได้การบริการ		8,607,060	8,981,280	9,355,500	9,729,720	10,103,940	10,478,160	10,852,380	11,226,600	11,600,820	11,975,040
	รวมกระแสเงินสดรับ		8,607,060	8,981,280	9,355,500	9,729,720	10,103,940	10,478,160	10,852,380	11,226,600	11,600,820	11,975,040
กระแสเงินสดจ่าย	ค่ายานพาหนะ	21,780,000										
	ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน	25,000										
	เงินทุนหมุนเวียน		35,572									
	ค่าจ้างแรงงาน		1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
	ค่าน้ำมันดีเซล		1,408,642	1,479,074	1,553,028	1,630,679	1,712,213	1,797,824	1,887,715	1,982,101	2,081,206	2,185,266
	ค่าบำรุงรักษา		334,640	501,960	573,000	669,280	764,000	859,500	1,003,920	1,171,240	1,673,201	2,342,481
	ค่าประกันภัย		299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970
	ค่าติดต่อประสานงาน		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	ภาษีเงินได้นิติบุคคล (30%)		658,712	722,298	815,972	903,409	992,788	1,083,559	1,108,316	1,124,339	1,038,022	899,474
	การชำระเงินต้นและดอกเบี้ย		2,453,225	2,453,225	2,453,225	2,453,225	2,453,225	-	-	-	-	-
	รวมกระแสเงินสดจ่าย	21,805,000	6,876,762	7,192,028	7,481,681	7,795,563	8,115,286	5,989,655	6,306,108	6,642,942	7,218,569	7,916,067
	กระแสเงินสดสุทธิ	-21,805,000	1,730,298	1,789,252	1,873,819	1,934,157	1,988,654	4,488,505	4,546,272	4,583,658	4,382,251	4,058,973

ตารางที่ 4.29 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสด ประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ

หน่วย : บาท

รายการ (NGV)		ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
กระแสเงินสดรับ	รายได้การบริการ		8,607,060	8,981,280	9,355,500	9,729,720	10,103,940	10,478,160	10,852,380	11,226,600	11,600,820	11,975,040
	รวมกระแสเงินสดรับ		8,607,060	8,981,280	9,355,500	9,729,720	10,103,940	10,478,160	10,852,380	11,226,600	11,600,820	11,975,040
กระแสเงินสดจ่าย	ค่ายานพาหนะ	23,580,000										
	ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน	25,000										
	เงินทุนหมุนเวียน		10,663									
	ค่าจ้างแรงงาน		1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
	ค่าแก๊ส NGV		422,242	443,354	465,522	488,798	513,238	538,900	565,845	594,137	623,844	655,036
	ค่าบำรุงรักษา		334,640	501,960	573,000	669,280	764,000	859,500	1,003,920	1,171,240	1,673,201	2,342,481
	ค่าประกันภัย		290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761
	ค่าติดต่อประสานงาน		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	ภาษีเงินได้นิติบุคคล (30%)		887,138	969,269	1,082,500	1,190,559	1,301,688	1,415,399	1,459,040	1,494,891	1,429,393	1,312,706
	การชำระเงินต้นและดอกเบี้ย		2,698,548	2,698,548	2,698,548	2,698,548	2,698,548	-	-	-	-	-
	รวมกระแสเงินสดจ่าย	23,605,000	6,639,392	6,896,815	7,176,946	7,461,324	5,053,362	5,325,753	5,616,321	6,143,369	6,789,860	6,639,392
กระแสเงินสดสุทธิ		-23,605,000	2,341,888	2,458,685	2,552,774	2,642,616	5,424,798	5,526,627	5,610,279	5,457,451	5,185,180	2,341,888

ตารางที่ 4.30 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสด ประเภทรถพลังงานไฟฟ้า กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ

หน่วย : บาท

รายการ (พลังงานไฟฟ้า)		ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
กระแสเงินสดรับ	รายได้การบริการ		8,607,060	8,981,280	9,355,500	9,729,720	10,103,940	10,478,160	10,852,380	11,226,600	11,600,820	11,975,040
	รวมกระแสเงินสดรับ		8,607,060	8,981,280	9,355,500	9,729,720	10,103,940	10,478,160	10,852,380	11,226,600	11,600,820	11,975,040
กระแสเงินสดจ่าย	ค่ายานพาหนะ	18,000,000										
	ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน	25,000										
	เงินทุนหมุนเวียน		4,601									
	ค่าจ้างแรงงาน		1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
	ค่าไฟฟ้า		185,560	185,728	185,903	186,088	186,282	186,485	186,699	186,923	187,159	187,406
	ค่าบำรุงรักษา		416,986	625,479	714,000	833,972	952,000	1,071,000	1,250,958	1,459,451	2,084,931	2,918,903
	ค่าประกันภัย		290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761
	ค่าติดต่อประสานงาน		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	ภาษีเงินได้นิติบุคคล (30%)		1,130,176	1,198,739	1,305,283	1,404,541	1,507,929	1,611,096	1,652,095	1,684,015	1,590,303	1,433,491
	การชำระเงินต้นและดอกเบี้ย		2,698,548	2,698,548	2,698,548	2,698,548	2,698,548	-	-	-	-	-
	รวมกระแสเงินสดจ่าย	18,025,000	6,412,632	6,734,755	6,980,980	7,252,909	7,528,609	5,108,145	5,386,700	5,686,442	6,279,323	7,019,437
กระแสเงินสดสุทธิ		-18,025,000	2,194,428	2,246,525	2,374,520	2,476,811	2,575,331	5,370,015	5,465,680	5,540,158	5,321,497	4,955,603

4.3.1.4 การวิเคราะห์การลงทุน

จุดประสงค์สำคัญของการวิเคราะห์การลงทุน เพื่อศึกษาว่าโครงการมีความเหมาะสมทางด้านการเงินอย่างไร โดยพิจารณาจากผลตอบแทนการลงทุนว่าเป็นอย่างไร มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่าไร และผลการดำเนินงานสามารถคืนทุนภายในระยะเวลากี่ปี สำหรับโครงการการจัดการระบบรถโรงเรียน จะทำการวิเคราะห์การลงทุน 3 ประการ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนในการลงทุน และระยะเวลาคืนทุนของโครง

∉ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value;NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ เป็นตัวเลขที่แสดงผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิของโครงการ กับเงินสดลงทุนเริ่มแรก ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนของการลงทุนของโครงการ จากผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการเงินข้างต้นนำมาวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการสามารถทำการวิเคราะห์โดยใช้ ฟังก์ชั่นทางการเงิน โปรแกรม Microsoft Excel 2007 ช่วยในการคำนวณ หาค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) โดยใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 10 พบว่า ค่า NPV ตลอดโครงการประเภทรถยนต์ดีเซล มีค่าเท่ากับ -4,361278 บาท รถยนต์ดีเซลติดตั้งเอ็นจีวี -1,538,781 บาท ซึ่งมีค่าเป็นลบ แสดงว่าไม่ยอมรับโครงการ และรถพลังงานไฟฟ้า 3,489,303 บาท ซึ่งมีค่าเป็นบวก แสดงว่ายอมรับโครงการ

∉ อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return;IRR)

ผลตอบแทนการลงทุน เป็นตัวเลขที่แสดงอัตราการคิดลด (Discount Rate) ของโครงการ ที่มีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่ได้รับในอนาคต เท่ากับเงินลงทุนที่จ่ายไปในปัจจุบัน การคำนวณหาค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุน ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ฟังก์ชั่นทางการเงินช่วยในการคำนวณ พบว่า อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) ณ สิ้นปีที่ 10 ของโครงการรถยนต์ดีเซลมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 5.95 รถยนต์ดีเซลติดตั้งเอ็นจีวี ร้อยละ 8.73 และรถพลังงานไฟฟ้า ร้อยละ 13.51 จากรถทั้ง 3 ประเภท พบว่า รถพลังงานไฟฟ้ามีค่า IRR สูงที่สุด

∉ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุนเป็นผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินกิจการมีค่าเท่ากับค่าเงินลงทุนของโครงการ หากได้รับผลตอบแทนคุ้มกับจำนวนเงินที่ลงทุนไปได้รวดเร็วก็จะยิ่งดีมากขึ้น เพราะความเสี่ยงต่อการขาดทุนที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตก็จะมีน้อยลง แต่เนื่องจากโครงการการจัดระบบรถโรงเรียนอยู่ในรูปแบบบริการสาธารณะ อีกทั้งมีรายได้เพียง 9 เดือนต่อปี ดังนั้นสำหรับรถยนต์ดีเซลมีระยะเวลาคืนทุนของโครงการเมื่อ 9 ปี 11 เดือน 27 วันหรือปีที่ 10 ส่วนรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวีเมื่อ 8 ปี 2 เดือน 18 วันหรือ 8 ปี 3 เดือน และรถพลังงานไฟฟ้า เมื่อ 5 ปี 8 เดือน 24 วันหรือ 5 ปี 9 เดือน เมื่อพิจารณาค่า NPV และ IRR เปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าพอใจ (The Minimum Attractive Rate of Return : MARR) ซึ่งเท่ากับร้อยละ 20.75 (คิดที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 7.22 + อัตราเงินเฟ้อร้อยละ 3.53 + อัตราความเสี่ยงร้อยละ 10) เมื่อเทียบแล้วพบว่าค่า IRR ของรถทั้งสามประเภทมีค่าน้อยกว่า MARR แสดงว่า เป็นโครงการที่ไม่น่าลงทุนเช่นกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบประเภทรถทั้ง 3 ชนิด พบว่า รถพลังงานไฟฟ้ามีค่า NPV และค่า IRR มากกว่ารถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถยนต์ดีเซล อีกทั้งยังเป็นการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 การวิเคราะห์การลงทุน กรณีดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ

รายการ	ประเภทรถ		
	รถยนต์ดีเซล	รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี	รถพลังงานไฟฟ้า
NPV	-4,361,278	-1,538,781	3,489,303
IRR	5.95	8.73	13.51
เงินสะสมตลอด 10 ปี	21,809,409	29,266,028	33,874,558

ในขณะที่การลงทุนในโครงการนอกจากการซื้อยานพาหนะแล้ว ยังมีทางเลือกอีก คือ การเช่ายานพาหนะ ซึ่งมีต้นทุนในการลงทุนโครงการเพียงการเช่ารถรายเดือน คือ เดือนละ 120,000 บาทต่อเดือน หรือปีละ 1,440,000 บาทต่อปี โดยทำสัญญาเช่ารถจำนวน 9 คัน มีข้อกำหนดตกลงทำสัญญาเช่าเป็นรายปี [60] ดังนั้นราคาต้นทุนในการลงทุนดังแสดงในตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 ต้นทุนการเช่ารถรับ-ส่งนักเรียน

รายการ	ราคา
ค่าเช่า (บาท/ปี/9 คัน)	12,960,000
จำนวนนักเรียนที่ได้รับบริการ (คน)	374,220
ต้นทุนค่าบริการเฉลี่ย (คน/เที่ยว/วัน)	34.63

การกำหนดค่าบริการ โดยทำการพิจารณาจากต้นทุนการเช่ารถเป็นหลักแล้วบวกผลกำไรที่ต้องการ จากการคำนวณต้นทุนค่าบริการโครงการจัดระบบรถโรงเรียนโดยเฉลี่ยต่อคน คือ 34.63 บาทต่อเที่ยว ดังนั้น การกำหนดค่าบริการสำหรับการดำเนินงานตามโครงการนี้ มีความต้องการส่วนผลกำไรอย่างน้อยร้อยละ 50 เพราะฉะนั้นค่าบริการนักเรียนต่อคนต่อวัน จะต้องมีราคาไม่ต่ำกว่า 51.95 หรือประมาณ 52 บาทต่อเที่ยว เป็นค่าบริการของโครงการ ซึ่งมีอัตราค่าบริการมากกว่าการซื้อยานพาหนะเอง ดังนั้นจึงการลงทุนซื้อยานพาหนะเองโดยเป็นรถพลังงานไฟฟ้า

4.3.2 กรณีที่ผู้ใช้บริการสามารถจ่ายค่าบริการได้โดยอ้างอิงจากผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด คือ สามารถจ่ายค่าบริการได้คนละ 16 บาทต่อเที่ยว (1 เที่ยว หมายถึง ขาไปหรือขากลับ)

4.3.2.1 การประมาณการลงทุนของโครงการ

จากการศึกษาการประมาณการลงทุนของโครงการใช้การประมาณการลงทุนเหมือนกับกรณีที่เป็นไปตามการดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ แต่มีกำหนดราคาค่าบริการโดยอ้างอิงจากผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด คือ สามารถจ่ายค่าบริการได้คนละ 16 บาทต่อเที่ยว

4.3.2.2 การประมาณงบกำไร-ขาดทุน

การประมาณการงบกำไรขาดทุน ได้ตั้งสมมติฐานว่า นักเรียนต้องการรับบริการรถโรงเรียนจากโครงการตลอดทั้งโครงการแล้วนำมาสามารถสรุปงบกำไร-ขาดทุนสำหรับรถยนต์ดีเซลและรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.33 - 4.35

4.3.2.3 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสด

กระแสเงินสดเป็นทรัพย์สินที่มีความสำคัญต่อการดำเนินงานของโครงการ โดยสามารถนำไปใช้จ่ายได้ทันที กระแสเงินสดที่รับและจ่ายออกจะทราบได้ในตอนปลายปี ว่ามีปริมาณเงินสดคงเหลือแต่ละปีเป็นเท่าไร แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.36 - 4.38

ตารางที่ 4.33 การประมาณงบกำไร-ขาดทุนประเภทรถยนต์ดีเซล กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ

หน่วย : บาท

รายการ (ดีเซล)	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
รายได้จากการบริการ	5,987,520	6,361,740	6,735,960	7,110,180	7,484,400	7,858,620	8,232,840	8,607,060	8,981,280	9,355,500
ค่าจ้างแรงงาน	1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
ค่าน้ำมันดีเซล	1,408,642	1,479,074	1,553,028	1,630,679	1,712,213	1,797,824	1,887,715	1,982,101	2,081,206	2,185,266
ค่าบำรุงรักษา	334,640	501,960	573,000	669,280	764,000	859,500	1,003,920	1,171,240	1,673,201	2,342,481
ค่าเบี้ยประกันรถ	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970
ค่าเสื่อมราคา	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200
ค่าติดต่อประสานงาน	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
รวมต้นทุนค่าบริการ	5,689,452	5,976,705	6,172,683	6,399,129	6,629,473	6,866,296	7,157,992	7,478,803	8,140,747	8,976,793
กำไรเบื้องต้นในการบริการ	298,068	385,035	563,277	711,051	854,927	992,324	1,074,848	1,128,257	840,533	378,707
ดอกเบี้ยจ่าย	721,900	596,916	462,909	319,228	165,174					
กำไร-ขาดทุนสุทธิก่อนหักภาษี	- 423,832	- 211,880	100,368	391,823	689,753	992,324	1,074,848	1,128,257	840,533	378,707
ภาษีเงินได้นิติบุคคล (30%)	-	-	30,110	117,547	206,926	297,697	322,454	338,477	252,160	113,612
กำไร-ขาดทุนสุทธิ	- 423,832	- 211,880	70,258	274,276	482,827	694,627	752,394	789,780	588,373	265,095

ตารางที่ 4.34 การประมาณงบกำไร-ขาดทุนประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ

หน่วย : บาท

รายการ (NGV)	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
รายได้จากการบริการ	5,987,520	6,361,740	6,735,960	7,110,180	7,484,400	7,858,620	8,232,840	8,607,060	8,981,280	9,355,500
ค่าจ้างแรงงาน	1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
ค่าแก๊ส NGV	422,242	443,354	465,522	488,798	513,238	538,900	565,845	594,137	623,844	655,036
ค่าบำรุงรักษา	334,640	501,960	573,000	669,280	764,000	859,500	1,003,920	1,171,240	1,673,201	2,342,481
ค่าเบี้ยประกันรถ	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761
ค่าเสื่อมราคา	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200
ค่าติดต่อประสานงาน	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
รวมต้นทุนการบริการ	4,855,843	5,093,775	5,237,968	5,410,039	5,583,288	5,760,163	5,988,912	6,243,630	6,836,176	7,599,354
กำไรเบื้องต้นในการบริการ	1,131,677	1,267,965	1,497,992	1,700,141	1,901,112	2,098,457	2,243,928	2,363,430	2,145,104	1,756,146
ดอกเบี้ยจ่าย	794,090	656,607	509,199	351,150	181,692					
กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	337,587	611,357	988,793	1,348,991	1,719,420	2,098,457	2,243,928	2,363,430	2,145,104	1,756,146
ภาษีเงินได้นิติบุคคล (30%)	101,276	183,407	296,638	404,697	515,826	629,537	673,178	709,029	643,531	526,844
กำไรสุทธิ	236,311	427,950	692,155	944,294	1,203,594	1,468,920	1,570,749	1,654,401	1,501,573	1,229,302

ตารางที่ 4.35 การประมาณงบกำไร-ขาดทุนประเภทรถพลังงานไฟฟ้า กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ

หน่วย : บาท

รายการ (ไฟฟ้า)	**ปีที่ 1**	**ปีที่ 2**	**ปีที่ 3**	**ปีที่ 4**	**ปีที่ 5**	**ปีที่ 6**	**ปีที่ 7**	**ปีที่ 8**	**ปีที่ 9**	**ปีที่ 10**
รายได้จากการบริการ	5,987,520	6,361,740	6,735,960	7,110,180	7,484,400	7,858,620	8,232,840	8,607,060	8,981,280	9,355,500
ค่าจ้างแรงงาน	1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
ค่าไฟฟ้า	185,560	185,728	185,903	186,088	182,212	186,485	186,699	186,923	187,159	187,406
ค่าบำรุงรักษา	416,986	625,479	714,000	833,972	952,000	1,071,000	1,250,958	1,459,451	2,084,931	2,918,903
ค่าเบี้ยประกันรถ	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552
ค่าเสื่อมราคา	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000
ค่าติดต่อประสานงาน	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
รวมต้นทุนการบริการ	4,190,098	4,448,258	4,587,940	4,760,611	4,928,853	5,107,839	5,345,395	5,613,218	6,299,812	7,196,736
กำไรเบื้องต้นในการบริการ	1,797,422	1,913,482	2,148,020	2,349,569	2,555,547	2,750,781	2,887,445	2,993,842	2,681,468	2,158,764
ดอกเบี้ยจ่าย	649,710	537,224	416,618	287,305	148,657					
กำไรสุทธิก่อนหักภาษี	1,147,712	1,376,258	1,731,402	2,062,264	2,406,890	2,750,781	2,887,445	2,993,842	2,681,468	2,158,764
ภาษีเงินได้นิติบุคคล (30%)	344,314	412,877	519,421	618,679	722,067	825,234	866,233	898,153	804,441	647,629
กำไรสุทธิ	803,398	963,380	1,211,982	1,443,585	1,684,823	1,925,547	2,021,211	2,095,689	1,877,028	1,511,135

ตารางที่ 4.36 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสดประเภทรถยนต์ดีเซล กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ

หน่วย : บาท

รายการ (ดีเซล)		ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
กระแสเงินสดรับ	รายได้การบริการ		5,987,520	6,361,740	6,735,960	7,110,180	7,484,400	7,858,620	8,232,840	8,607,060	8,981,280	9,355,500
	รวมกระแสเงินสดรับ		5,987,520	6,361,740	6,735,960	7,110,180	7,484,400	7,858,620	8,232,840	8,607,060	8,981,280	9,355,500
กระแสเงินสดจ่าย	ค่ายานพาหนะ	21,780,000										
	ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน	25,000										
	เงินทุนหมุนเวียน		35,572									
	ค่าจ้างแรงงาน		1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
	ค่าน้ำมันดีเซล		1,408,642	1,479,074	1,553,028	1,630,679	1,712,213	1,797,824	1,887,715	1,982,101	2,081,206	2,185,266
	ค่าบำรุงรักษา		334,640	501,960	573,000	669,280	764,000	859,500	1,003,920	1,171,240	1,673,201	2,342,481
	ค่าประกันภัย		299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970
	ค่าติดต่อประสานงาน		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	ภาษีเงินได้นิติบุคคล (30%)		-	-	30,110	117,547	206,926	297,697	322,454	338,477	252,160	113,612
	การชำระเงินต้นและดอกเบี้ย		2,453,225	2,453,225	2,453,225	2,453,225	2,453,225					
	รวมกระแสเงินสดจ่าย	21,805,000	6,218,049	6,469,730	6,695,819	7,009,701	7,329,424	5,203,793	5,520,246	5,857,080	6,432,707	7,130,205
กระแสเงินสดสุทธิ		-21,805,000	-230,529	-107,990	40,141	100,479	154,976	2,654,827	2,712,594	2,749,980	2,548,573	2,225,295

ตารางที่ 4.37 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสดประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ

หน่วย : บาท

รายการ (NGV)		ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
กระแสเงินสดรับ	รายได้การบริการ		5,987,520	6,361,740	6,735,960	7,110,180	7,484,400	7,858,620	8,232,840	8,607,060	8,981,280	9,355,500
	รวมกระแสเงินสดรับ		5,987,520	6,361,740	6,735,960	7,110,180	7,484,400	7,858,620	8,232,840	8,607,060	8,981,280	9,355,500
กระแสเงินสดจ่าย	ค่ายานพาหนะ	23,580,000										
	ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน	25,000										
	เงินทุนหมุนเวียน		10,663									
	ค่าจ้างแรงงาน		1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
	ค่าแก๊ส NGV		422,242	443,354	465,522	488,798	513,238	538,900	565,845	594,137	623,844	655,036
	ค่าบำรุงรักษา		334,640	501,960	573,000	669,280	764,000	859,500	1,003,920	1,171,240	1,673,201	2,342,481
	ค่าประกันภัย		290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761
	ค่าติดต่อประสานงาน		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	ภาษีเงินได้นิติบุคคล (30%)		101,276	183,407	296,638	404,697	515,826	629,537	673,178	709,029	643,531	526,844
	การชำระเงินต้นและดอกเบี้ย		2,698,548	2,698,548	2,698,548	2,698,548	2,698,548					
	รวมกระแสเงินสดจ่าย	23,605,000	5,544,130	5,853,530	6,110,953	6,391,084	6,675,462	4,267,500	4,539,891	4,830,459	5,357,507	6,003,998
กระแสเงินสดสุทธิ		-23,605,000	443,390	508,210	625,007	719,096	808,938	3,591,120	3,692,949	3,776,601	3,623,773	3,351,502

ตารางที่ 4.38 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสดประเภทรถพลังงานไฟฟ้า กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ

หน่วย : บาท

รายการ (พลังงานไฟฟ้า)		ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
กระแสเงินสดรับ	รายได้การบริการ		5,987,520	6,361,740	6,735,960	7,110,180	7,484,400	7,858,620	8,232,840	8,607,060	8,981,280	9,355,500
	รวมกระแสเงินสดรับ		5,987,520	6,361,740	6,735,960	7,110,180	7,484,400	7,858,620	8,232,840	8,607,060	8,981,280	9,355,500
กระแสเงินสดจ่าย	ค่ายานพาหนะ	18,000,000										
	ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน	25,000										
	เงินทุนหมุนเวียน		4,601									
	ค่าจ้างแรงงาน		1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
	ค่าไฟฟ้า		185,560	185,728	185,903	186,088	186,282	186,485	186,699	186,923	187,159	187,406
	ค่าบำรุงรักษา		416,986	625,479	714,000	833,972	952,000	1,071,000	1,250,958	1,459,451	2,084,931	2,918,903
	ค่าประกันภัย		290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761
	ค่าติดต่อประสานงาน		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	ภาษีเงินได้นิติบุคคล (30%)		344,314	412,877	519,421	618,679	722,067	825,234	866,233	898,153	804,441	647,629
	การชำระเงินต้นและดอกเบี้ย		2,698,548	2,698,548	2,698,548	2,698,548	2,698,548					
	รวมกระแสเงินสดจ่าย	18,025,000	5,626,770	5,948,893	6,195,118	6,467,047	6,742,747	4,322,283	4,600,838	4,900,580	5,493,461	6,233,575
กระแสเงินสดสุทธิ		-18,025,000	360,750	412,847	540,842	643,133	741,653	3,536,337	3,632,002	3,706,480	3,487,819	3,121,925

4.3.2.4 การวิเคราะห์การลงทุน

∉ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) โดยใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 10 พบว่า ค่า NPV ตลอดโครงการประเภทรถยนต์ดีเซล มีค่าเท่ากับ -15,796,559 บาท รถยนต์ดีเซลติดตั้งเอ็นจีวี มีค่าเท่ากับ -12,805,939 บาท และรถพลังงานไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ -7,777,855 บาท ซึ่งมีค่าเป็นลบเช่นกัน แสดงว่าไม่ยอมรับโครงการ

∉ อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return)

ผลตอบแทนการลงทุน พบว่า อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) ณ สิ้นปีที่ 10 ของโครงการประเภทรถยนต์ดีเซลมีค่าเท่ากับ ร้อยละ -6.36 รถยนต์ดีเซลติดตั้งเอ็นจีวี ร้อยละ -1.50 ซึ่งมีค่าเป็นลบเช่นเดียวกันกับค่า NPV แสดงว่าไม่ยอมรับโครงการ แต่รถพลังงานไฟฟ้า ร้อยละ 1.56 ซึ่งมีค่าเป็นบวกเพียงประเภทเดียว

∉ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

เนื่องจากรายได้ที่ได้จากค่าบริการมีอัตราที่ใกล้เคียงกับต้นทุน ดังนั้นจึงไม่มีระยะเวลาคืนทุนของโครงการสำหรับยนต์ทั้งสามประเภท เมื่อพิจารณาถึงเงินสะสม พบว่า รถยนต์ดีเซลมีรายได้จากการบริการสะสม ณ ปีที่ 10 คือ 3,281,915 บาท รถยนต์ติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี 10,929,248 บาท และรถพลังงานไฟฟ้า 15,537,778 บาท แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.39

เมื่อเปรียบเทียบประเภทรถทั้ง 3 ประเภท พบว่า รถพลังงานไฟฟ้าเป็นรถประเภทเดียวที่มีรายรับสูงสุด เนื่องจากราคาที่กำหนดโดยผู้ใช้บริการสูงกว่าต้นทุนในการบริการ 3.07 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 23.74 ในขณะที่รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวีราคาที่กำหนดแตกต่างจากต้นทุน 0.90 บาทและรถยนต์ดีเซล -1.13 บาท และเนื่องจากค่า NPV และค่า IRR มีค่าเป็นลบ แสดงว่าไม่ยอมรับโครงการ

ตารางที่ 4.39 การวิเคราะห์การลงทุน กรณีกำหนดค่าบริการจากผู้ได้รับการบริการ

รายการ	**ประเภทรถ**		
	รถยนต์ดีเซล	**รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี**	**รถพลังงานไฟฟ้า**
N PV	-15,796,559	-12,805,939	-7,777,855
IRR	-6.36	-1.50	1.56
เงินสะสมตลอด 10 ปี	3,281,915	10,929,248	15,537,778

4.3.3 กรณีที่จัดให้เป็นการบริการสาธารณะโดยไม่มีการเก็บค่าบริการกับผู้ที่ใช้บริการ

4.3.3.1 การประมาณการลงทุนของโครงการ

จากการศึกษาการประมาณการลงทุนของโครงการใช้การประมาณการลงทุนเหมือนกับกรณีที่เป็นไปตามการดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ แต่ไม่มีเก็บค่าบริการกับผู้ใช้บริการโดยเป็นในรูปแบบการบริการสาธารณะ

4.3.3.2 การประมาณงบกำไร-ขาดทุน

การประมาณการงบกำไรขาดทุน ได้ตั้งสมมติฐานว่า นักเรียนต้องการรับบริการรถโรงเรียนจากโครงการตลอดทั้งโครงการแล้วนำมาสามารถสรุปงบกำไร-ขาดทุนสำหรับรถยนต์ดีเซลและรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.40 - 4.42

4.3.3.3 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสด

กระแสเงินสดเป็นทรัพย์สินที่มีความสำคัญต่อการดำเนินงานของโครงการ โดยสามารถนำไปใช้จ่ายได้ทันที กระแสเงินสดที่รับและจ่ายออกจะทราบได้ในตอนปลายปี ว่ามีปริมาณเงินสดคงเหลือแต่ละปีเป็นเท่าไร แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.43 - 4.45

ตารางที่ 4.40 การประมาณงบกำไร-ขาดทุน ประเภทรถยนต์ดีเซล กรณีเป็นการบริการสาธารณะ

หน่วย : บาท

รายการ (ดีเซล)	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
รายได้จากการบริการ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ค่าจ้างแรงงาน	1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
ค่าน้ำมันดีเซล	1,408,642	1,479,074	1,553,028	1,630,679	1,712,213	1,797,824	1,887,715	1,982,101	2,081,206	2,185,266
ค่าบำรุงรักษา	334,640	501,960	573,000	669,280	764,000	859,500	1,003,920	1,171,240	1,673,201	2,342,481
ค่าเบี้ยประกันรถ	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970
ค่าเสื่อมราคา	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200	1,960,200
ค่าติดต่อประสานงาน	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
รวมต้นทุนค่าบริการ	5,689,452	5,976,705	6,172,683	6,399,129	6,629,473	6,866,296	7,157,992	7,478,803	8,140,747	8,976,793
รายจ่ายเบื้องต้นในการบริการ	- 5,689,452	- 5,976,705	- 6,172,683	- 6,399,129	- 6,629,473	- 6,866,296	- 7,157,992	- 7,478,803	- 8,140,747	- 8,976,793
ดอกเบี้ยจ่าย	721,900	596,916	462,909	319,228	165,174					
รายจ่ายสุทธิ	- 6,411,352	- 6,573,620	- 6,635,592	- 6,718,357	- 6,794,647	- 6,866,296	- 7,157,992	- 7,478,803	- 8,140,747	- 8,976,793
รายจ่ายสะสม	- 6,411,352	-12,984,973	19,620,564	-26,338,921	-33,133,569	-39,999,865	-47,157,857	-54,636,661	-62,777,408	-71,754,201

ตารางที่ 4.41 การประมาณงบกำไร-ขาดทุน ประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี กรณีเป็นการบริการสาธารณะ

หน่วย : บาท

รายการ (NGV)	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
รายได้จากการบริการ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ค่าจ้างแรงงาน	1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
ค่าแก๊ส NGV	422,242	443,354	465,522	488,798	513,238	538,900	565,845	594,137	623,844	655,036
ค่าบำรุงรักษา	334,640	501,960	573,000	669,280	764,000	859,500	1,003,920	1,171,240	1,673,201	2,342,481
ค่าเบี้ยประกันรถ	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761
ค่าเสื่อมราคา	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200	2,122,200
ค่าติดต่อประสานงาน	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
รวมต้นทุนการบริการ	4,855,843	5,093,775	5,237,968	5,410,039	5,583,288	5,760,163	5,988,912	6,243,630	6,836,176	7,599,354
รายจ่ายเบื้องต้นในการบริการ	- 4,855,843	- 5,093,775	- 5,237,968	- 5,410,039	- 5,583,288	- 5,760,163	- 5,988,912	- 6,243,630	- 6,836,176	- 7,599,354
ดอกเบี้ยจ่าย	794,090	656,607	509,199	351,150	181,692					
รายจ่ายสุทธิ	- 5,649,933	- 5,750,383	- 5,747,167	- 5,761,189	- 5,764,980	- 5,760,163	- 5,988,912	- 6,243,630	- 6,836,176	- 7,599,354
รายจ่ายสะสม	- 5,649,933	-11,400,316	-17,147,483	-22,908,672	-28,673,652	-34,433,815	-40,422,728	-46,666,358	-53,502,535	-61,101,888

ตารางที่ 4.42 การประมาณงบกำไร-ขาดทุน ประเภทรถพลังงานไฟฟ้า กรณีเป็นการบริการสาธารณะ

หน่วย : บาท

รายการ (ไฟฟ้า)	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
รายได้จากการบริการ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ค่าจ้างแรงงาน	1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
ค่าไฟฟ้า	185,560	185,728	185,903	186,088	182,212	186,485	186,699	186,923	187,159	187,406
ค่าบำรุงรักษา	416,986	625,479	714,000	833,972	952,000	1,071,000	1,250,958	1,459,451	2,084,931	2,918,903
ค่าเบี้ยประกันรถ	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552	281,552
ค่าเสื่อมราคา	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000	1,620,000
ค่าติดต่อประสานงาน	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
รวมต้นทุนการบริการ	4,190,098	4,448,258	4,587,940	4,760,611	4,928,853	5,107,839	5,345,395	5,613,218	6,299,812	7,196,736
รายจ่ายเบื้องต้นในการบริการ	- 4,190,098	- 4,448,258	- 4,587,940	- 4,760,611	- 4,928,853	- 5,107,839	- 5,345,395	- 5,613,218	- 6,299,812	- 7,196,736
ดอกเบี้ยจ่าย	649,710	537,224	416,618	287,305	148,657					
รายจ่ายสุทธิ	- 4,839,808	- 4,985,482	- 5,004,558	- 5,047,916	- 5,077,510	- 5,107,839	- 5,345,395	- 5,613,218	- 6,299,812	- 7,196,736
รายจ่ายสะสม	- 4,839,808	- 9,825,290	-14,829,848	-19,877,764	-24,955,275	-30,063,114	-35,408,509	-41,021,727	-47,321,538	-54,518,275

ตารางที่ 4.43 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสด ประเภทรถยนต์ดีเซล กรณีเป็นการบริการสาธารณะ

หน่วย : บาท

รายการ (ดีเซล)		ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
กระแสเงินสดรับ	รายได้การบริการ		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รวมกระแสเงินสดรับ		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กระแสเงินสดจ่าย	ค่ายานพาหนะ	21,780,000										
	ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน	25,000										
	เงินทุนหมุนเวียน		35,572									
	ค่าจ้างแรงงาน		1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
	ค่าน้ำมันดีเซล		1,408,642	1,479,074	1,553,028	1,630,679	1,712,213	1,797,824	1,887,715	1,982,101	2,081,206	2,185,266
	ค่าบำรุงรักษา		334,640	501,960	573,000	669,280	764,000	859,500	1,003,920	1,171,240	1,673,201	2,342,481
	ค่าประกันภัย		299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970	299,970
	ค่าติดต่อประสานงาน		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	การชำระเงินต้นและดอกเบี้ย		2,453,225	2,453,225	2,453,225	2,453,225	2,453,225					
	รวมกระแสเงินสดจ่าย	21,805,000	6,218,049	6,469,730	6,665,708	6,892,155	7,122,498	4,906,096	5,197,792	5,518,603	6,180,547	7,016,593
กระแสเงินสดสุทธิ		-21,805,000	- 6,218,049	- 6,469,730	- 6,665,708	- 6,892,155	- 7,122,498	- 4,906,096	- 5,197,792	- 5,518,603	- 6,180,547	- 7,016,593

ตารางที่ 4.44 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสดของโครงการประเภทรถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี กรณีเป็นการบริการสาธารณะ

หน่วย : บาท

รายการ (NGV)		ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
กระแสเงินสดรับ	รายได้การบริการ		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รวมกระแสเงินสดรับ		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กระแสเงินสดจ่าย	ค่ายานพาหนะ	23,580,000										
	ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน	25,000										
	เงินทุนหมุนเวียน		10,663									
	ค่าจ้างแรงงาน		1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
	ค่าแก๊ส NGV		422,242	443,354	465,522	488,798	513,238	538,900	565,845	594,137	623,844	655,036
	ค่าบำรุงรักษา		334,640	501,960	573,000	669,280	764,000	859,500	1,003,920	1,171,240	1,673,201	2,342,481
	ค่าประกันภัย		290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761
	ค่าติดต่อประสานงาน		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	การชำระเงินต้นและดอกเบี้ย		2,698,548	2,698,548	2,698,548	2,698,548	2,698,548					
	รวมกระแสเงินสดจ่าย	23,605,000	5,442,854	5,670,123	5,814,316	5,986,387	6,159,636	3,637,963	3,866,712	4,121,430	4,713,976	5,477,154
กระแสเงินสดสุทธิ		-23,605,000	- 5,442,854	- 5,670,123	- 5,814,316	- 5,986,387	- 6,159,636	- 3,637,963	- 3,866,712	- 4,121,430	- 4,713,976	- 5,477,154

ตารางที่ 4.45 การประมาณการงบการเคลื่อนไหวของกระแสเงินสดของประเภทรถพลังงานไฟฟ้า กรณีเป็นการบริการสาธารณะ

หน่วย : บาท

รายการ (พลังงานไฟฟ้า)		ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
กระแสเงินสดรับ	รายได้การบริการ		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	รวมกระแสเงินสดรับ		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กระแสเงินสดจ่าย	ค่ายานพาหนะ	18,000,000										
	ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน	25,000										
	เงินทุนหมุนเวียน		4,601									
	ค่าจ้างแรงงาน		1,650,000	1,699,500	1,750,485	1,803,000	1,857,090	1,912,802	1,970,186	2,029,292	2,090,171	2,152,876
	ค่าไฟฟ้า		185,560	185,728	185,903	186,088	186,282	186,485	186,699	186,923	187,159	187,406
	ค่าบำรุงรักษา		416,986	625,479	714,000	833,972	952,000	1,071,000	1,250,958	1,459,451	2,084,931	2,918,903
	ค่าประกันภัย		290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761	290,761
	ค่าติดต่อประสานงาน		36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
	การชำระเงินต้นและดอกเบี้ย		2,698,548	2,698,548	2,698,548	2,698,548	2,698,548					
	รวมกระแสเงินสดจ่าย	18,025,000	5,282,456	5,536,015	5,675,697	5,848,368	6,020,680	3,497,048	3,734,604	4,002,427	4,689,021	5,585,946
กระแสเงินสดสุทธิ		-18,025,000	- 5,282,456	- 5,536,015	- 5,675,697	- 5,848,368	- 6,020,680	- 3,497,048	- 3,734,604	- 4,002,427	- 4,689,021	- 5,585,946

4.3.3.4 การวิเคราะห์การลงทุน

สำหรับโครงการการจัดการระบบรถโรงเรียนในกรณีนี้ถือเป็นการบริการสาธารณะที่ไม่หวังผลกำไร โดยหน่วยงานและเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการมีหน้าที่ในการส่งต่อการบริการให้แก่ผู้รับบริการ จากตารางที่ 4.40-4.42 การประมาณงบกำไร-ขาดทุนของโครงการประเภทรถยนต์ดีเซล รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถพลังงานไฟฟ้า พบว่า ภาครัฐมีค่าใช้จ่ายในการบริการรถโรงเรียนสะสมตลอดระยะเวลา 10 ปี ถึง 71,754,201 บาท 61,101,888 บาท และ 54,518,275 บาท ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม การให้บริการรถโรงเรียนสามารถช่วยเหลือผู้ปกครองในการลดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของนักเรียนได้ จากแบบสอบถามที่ได้จากการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด พบว่า นักเรียนใช้ระยะเวลาในการเดินทางไป-กลับโดยใช้รถส่วนตัวโดยเฉลี่ยต่อคนต่อวันคนละ 58 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการบริการรถโรงเรียนจะสามารถประหยัดเวลาผู้ปกครองในการรับ-ส่งนักเรียนโดยเฉลี่ยต่อคนต่อวันคนละ 58 นาที เช่นกัน และใช้ระยะทางในการเดินทางโดยเฉลี่ยต่อคนต่อวัน 24.56 กิโลเมตร ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงการใช้รถยนต์ส่วนตัว 61.40 บาท หรือ 12,157.2 บาทต่อปี และรถจักรยานยนต์ 14.25 บาท หรือ 2,821.5 บาทต่อปี

จากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด ด้านเทคนิค และด้านเศรษฐศาสตร์ภายใต้สมมติฐานในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการระบบโรงเรียน โดยรถที่ใช้ทำการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ รถยนต์ดีเซล รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถพลังงานไฟฟ้า พบว่า รถพลังงานไฟฟ้ามีค่าใช้ในการโดยรวมน้อยที่สุด รองลงมา คือ รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถยนต์ดีเซล ดังนั้นในการศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดทำโครงการระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่ จึงเลือกใช้รถพลังงานไฟฟ้า แต่อาจมีข้อจำกัดด้านศักยภาพของรถที่สามารถวิ่งได้ระยะทางเพียง 80 กิโลเมตร ต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง (ครั้งละ 8 ชั่วโมง) ดังนั้นอาจต้องมีการปรับรูปแบบของแบตเตอรี่ในการรับพลังงานเพิ่มเติม เพื่อยืดระยะทางในการเดินทางเพิ่มมากขึ้น ด้านรายได้ พบว่า โครงการสามารถก่อให้เกิดรายได้ที่ไม่มากพอกับการลงทุน แต่เนื่องจากเป็นการจัดทำเพื่อการบริการสาธารณะที่ส่งผลประโยชน์ต่อบุคคลส่วนมาก โดยสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงการใช้รถยนต์ส่วนตัวประมาร 12,157.20 บาทต่อปีต่อคน และรถจักรยานยนต์ประมาณ 2,821.5 บาทต่อปีต่อคน อีกทั้งเป็นการประหยัดเวลาผู้ปกครองในการรับ-ส่งนักเรียนคนละ 58 นาที ตลอดจนเป็นการลดปริมาณจราจรลง อีกทั้งยังเป็นการสร้างเสริมสุขภาวะและคุณภาพชีวิตของประชาชน ดังนั้นโครงการนี้จึงควรลงทุนเพื่อเป็นพื้นฐานด้านสวัสดิการสังคมของประชาชนเทศบาลนครหาดใหญ่

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดทำโครงการระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่ มีขอบเขตการวิจัย โดยพิจารณากิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบด้านการตลาด เทคนิค และเศรษฐศาสตร์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เท่านั้น โดยเริ่มพิจารณาจากความต้องการการใช้บริการรถโรงเรียน เส้นทางการเดินทาง จำนวนนักเรียน จำนวนโรงเรียน โดยพิจารณาทั้งขาไปและขากลับ และนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้านการตลาด และด้านเทคนิค มาวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ รายละเอียดของค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการดำเนินงานของโครงการ การกำหนดราคาขายที่เหมาะสมสำหรับการตลาด การศึกษาค่าใช้จ่ายในการลงทุนตามโครงการว่าจะต้องใช้เงินในด้านใดบ้าง เป็นจำนวนเงินเท่าไร และโครงการนี้มีความเป็นไปได้ทางการเงินหรือไม่อย่างไร เพื่อประกอบในการวิเคราะห์ และการประเมินโครงการให้มีประสิทธิภาพและถูกต้องมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ยังไม่มีระบบรถโรงเรียนที่เป็นมาตรฐาน มีเพียงบริการให้กับโรงเรียนที่อยู่นอกเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เท่านั้น ดังนั้นจึงได้ขยายขอบเขตของการวิจัยโดยรวมไปถึงการสร้างตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อใช้พิจารณาระบบรถโรงเรียนที่จะเกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ที่เป็นจริงในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

5.1.1 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านทางด้านการตลาด

กลุ่มตัวอย่างของการศึกษา คือ โรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ทั้ง 35 โรงเรียน โดยแบ่งกลุ่มประชากรเป็น 3 กลุ่มที่มีอิสระต่อกัน คือ กลุ่มนักเรียนอนุบาล นักเรียนประถม และนักเรียนมัธยม (รวมทั้งนักเรียน ปวช.) แล้วทำการสุ่มหาขนาดตัวอย่างแต่ละกลุ่ม โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบใช้หลักความน่าจะเป็น (Probability Sampling) และใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) รวมทั้งคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยสูตร Yamane ซึ่งได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างนักเรียนอนุบาล 400 ตัวอย่าง กลุ่มนักเรียนประถม 420 ตัวอย่าง และกลุ่มนักเรียนมัธยม 420 ตัวอย่างจาก 35 โรงเรียน โดยส่งแบบสอบถามจริงจำนวน 1,480 ชุด ได้รับ 1,400 ชุด เมื่อนำแบบสอบถามมาหาค่าทางสถิติเพื่อเป็นข้อมูลของการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาดโดยใช้โปรแกรม SPSS 15.0 พบว่า ปริมาณความต้องการใช้บริการรถโรงเรียนโดยรวม 53.8 % ไม่แน่ใจที่จะใช้บริการ 27.9 % และไม่ใช้บริการ 16.5 % แต่เมื่อนำมาคิดแยกตามกลุ่มการแจกแบบสอบถามกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มที่มีอิสระต่อกัน พบว่า ปริมาณความต้องการใช้บริการรถโรงเรียนแตกต่างกัน คือ 36.8% 42.3% และ 20.9% ตามลำดับ โดยนักเรียนระดับชั้นอนุบาลผู้ปกครองมีความต้องการใน

การใช้บริการรถนักเรียนในระดับปานกลาง โดยต้องมีผู้ดูแลนักเรียนอย่างใกล้ชิดและต้องการความปลอดภัย ส่วนในระดับชั้นประถมมีความต้องการในการใช้บริการรถนักเรียนในระดับสูงเนื่องจากเด็กนักเรียนสามารถดูแลตัวเองได้ และเพื่อความสะดวกในการรับ-ส่ง และการทำงานของผู้ปกครอง และในระดับชั้นมัธยมผู้ปกครองมีความต้องการในการใช้บริการรถนักเรียนน้อยเนื่องจากส่วนใหญ่นักเรียนนำรถจักรยานยนต์มาใช้ และการนั่งรถโดยสารประจำทางเนื่องจากมีราคาประหยัดมากกว่า ปัจจัยที่ผู้ปกครองให้ความสำคัญมากที่สุดในการใช้บริการรถโรงเรียน คือ ความปลอดภัย โดยให้ความสำคัญเฉลี่ย 4.56 จาก 5 คะแนน ส่วนผู้ดูแลรับผิดชอบในการจัดการรถโรงเรียน ที่ผู้ปกครองเห็นว่าเหมาะสมมากที่สุด คือ โรงเรียน 42.4% ประเภทรถที่เหมาะสมในการนำมาใช้บริการรับ-ส่งนักเรียน คือ รถมินิบัส ขนาด 30 ที่นั่ง คิดเป็น 52.5 % ค่าโดยสารที่เหมาะสม 500-700บาท/เดือน คิดเป็น 67.3 % เวลาที่ควรอยู่ในรถโรงเรียนใน 30-45 นาที คิดเป็น 78.8 % เวลาที่เหมาะสมและสะดวกในการรับส่งของรถโรงเรียน ช่วงเช้า เวลา 7:00-7:30น. คิดเป็น 57.5 % ช่วงเย็น เวลา 16:30-17:00 น. คิดเป็น 53.8 % ซึ่งนักเรียนระดับชั้นประถมมีความต้องการใช้บริการรถโรงเรียนมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกจัดรถโรงเรียนให้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา จำนวน 23 แห่ง

จากการสำรวจแบบสอบถามและการขอที่อยู่ของนักเรียนทั้งหมด 35 แห่ง ได้รับที่อยู่เพียง 9 แห่ง เนื่องจากบ้างโรงเรียนไม่สามารถให้ที่อยู่นักเรียนได้เนื่องจากเป็นความลับทางโรงเรียน ดังนั้นจึงเลือกจัดเส้นทางให้กับนักเรียนระดับชั้นประถมจำนวน 9 แห่ง

5.1.2 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านทางด้านการเทคนิค

จากข้อมูลด้านที่อยู่ที่มีเพียง 9 โรงเรียน ดังนั้นจึงเลือกจัดเส้นทางให้กับนักเรียนระดับชั้นประถมจำนวน 9 โรงเรียน การกระจายตัวของโรงเรียนทั้ง 9 โรงเรียนและสภาพผังเมืองของเทศบาลนครหาดใหญ่ ทำให้สามารถแบ่งเขตการเดินรถได้เป็น 2 พื้นที่ คือ เขตพื้นที่ที่ 1 (เขตตัวเมือง) ประกอบด้วย โรงเรียนกิตติวิทย์ วิริยะเธียรวิทยา อนุบาลสุวรรณวงศ์ ศรีนครมูลนิธิและแสงทองวิทยา ส่วนเขตพื้นที่ที่ 2 (เขตหาดใหญ่ใน) ประกอบด้วย โรงเรียนพลวิทยา สมานคุณวิทยาทาน เทศบาล 2 และเทศบาล 5

ประเภทรถที่ใช้บริการ เนื่องจากผลการตอบแบบสอบถามความต้องการในการใช้บริการรถนักเรียนในระดับชั้นประถม เลือกใช้รถมินิบัส จึงเลือกรถที่ใช้ในการบริการเป็นรถมินิบัส ขนาด 31 ที่นั่ง (รวมคนขับ) โดยสามารถให้บริการได้จำนวนมากกว่ารถตู้และมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า

จุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียน โดยใช้ข้อมูลที่อยู่ของนักเรียนโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ในการหาความหนาแน่นเพื่อการกำหนดจุดรับ-ส่งนักเรียน โดยการเก็บข้อมูลด้วยการอ่านค่าพิกัดทางราบจากระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) ด้วยเครื่อง GPS รุ่น Garmin GPS III Plus และเนื่องจากรถที่ใช้บริการเป็นรถมินิบัส จึงกำหนดให้เดินรถเฉพาะถนนสายหลักและรองเท่านั้น โดยมีป้ายรถรับ-ส่งนักเรียนที่ครอบคลุมทั้งเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวน 53 ป้าย

เมื่อได้ข้อมูลพื้นฐานในการจัดเส้นทางการเดินรถจึงนำมาจัดเส้นทางการเดินรถโดยใช้ร่วมกับการวิเคราะห์ Network Analyst ในโปรแกรม ArcGIS Network Analyst 9.2 พบว่าคำตอบของเขตทั้งสองมีการจัดเส้นทางการเดินรถไม่เท่ากัน เนื่องจากลักษณะแผนที่ของเทศบาลนคร

หาดใหญ่คล้ายผีเสื้อที่มีหางยาว 2 ด้าน และเขตโรงเรียนพลวิทยาอยู่ใกล้กับหางยาวด้านฝั่งหาดใหญ่ใน ในขณะที่เขตโรงเรียนสุวรรณวงศ์อยู่กึ่งกลางเทศบาลซึ่งอยู่ห่างจากหางทั้ง 2 ด้าน จึงมีการจัดเส้นทางให้เหมาะกับลักษณะของแผนที่ จำนวนป้ายรถรับส่ง จำนวนสัญญาณไฟจราจร ถนนเส้นหลักและถนนเส้นรองเพื่อสะดวกและเหมาะสมในการเดินรถ โดยโรงเรียนสุวรรณวงศ์จัดได้ 5 เส้นทาง ซึ่งมีระยะทาง 14.987 15.305 15.199 10.280 และ 13.034 กิโลเมตร และโรงเรียนพลวิทยาจัดได้ 4 เส้นทาง ซึ่งมีระยะทาง 16.717 12.449 12.510 และ 15.926 กิโลเมตร โดยใช้รถบริการในระบบจำนวน 9 คัน รถโรงเรียนสามารถให้บริการนักเรียนจำนวน 30 คนต่อเที่ยว โดยสามารถให้บริการในช่วงเช้า 2 เที่ยว และช่วงเย็น 5 เที่ยว ทำให้สามารถบริการนักเรียนได้ 210 คนต่อคัน และ 344,220 คนต่อปี และเมื่อนำมาจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม ProModel® โดยการศึกษาทางเลือกแบ่งเป็น 2 ทางเลือก คือ

1. รถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนมากกว่า 1 โรงเรียน (รถโรงเรียนในเขตพื้นที่ที่ 1 มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนทั้ง 5 โรงเรียนต่อรถ 1 คัน และรถโรงเรียนในเขตพื้นที่ที่ 2 มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนทั้ง 4 โรงเรียนต่อรถ 1 คัน โดยใช้รถ 1 คันต่อ 1 เส้นทาง) พบว่า ในช่วงเช้ามีระยะเวลาในการเดินทางโดยเฉลี่ยเที่ยวละ 31.05 นาที ซึ่งสามารถให้บริการรับนักเรียนได้ 2 เที่ยวๆ ละ 30 คน ตั้งแต่ 6:30-7:50 น. ส่วนเส้นทางที่มีการติดสัญญาณไฟแดงมากที่สุด คือ เส้นทางที่ 6 และสามารถให้บริการนักเรียนในเขตพื้นที่ที่ 1 เฉลี่ยร้อยละ 10.89 และเขตพื้นที่ที่ 2 เฉลี่ยร้อยละ 9.27 โดยสามารถให้บริการนักเรียนทั้ง 9 เส้นทางเฉลี่ยร้อยละ 10.10 ส่วนในช่วงเย็นมีระยะเวลาในการเดินทางโดยเฉลี่ยเที่ยวละ 35.45 นาที ส่วนเส้นทางที่มีการติดสัญญาณไฟแดงมากที่สุด คือ เส้นทางที่ 6 ซึ่งสามารถให้บริการรับนักเรียนได้ 5 เที่ยวๆ ละ 30 คนเช่นกัน โดยให้บริการตั้งแต่ 15:30-19:00 น. ดังนั้นจึงสามารถบริการนักเรียนในแต่ละเส้นทางโดยรวม 150 คน ซึ่งสามารถให้บริการนักเรียนในเขตพื้นที่ที่ 1 เฉลี่ยร้อยละ 27.21 และเขตพื้นที่ที่ 2 เฉลี่ยร้อยละ 23.18 โดยสามารถให้บริการนักเรียนทั้ง 9 เส้นทางเฉลี่ยร้อยละ 25.26 และเมื่อคิดอัตราการได้รับบริการของนักเรียนแต่ละโรงเรียน พบว่านักเรียนเขตพื้นที่ที่ 1 ที่ได้รับบริการในช่วงเช้ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 16.54 คือ โรงเรียนกิตติวิทย์ แต่ในช่วงเย็น คือ โรงเรียนวิริยะเธียร คิดเป็นร้อยละ 61.04 และนักเรียนในเขตพื้นที่ที่ 2 ที่ได้รับบริการในช่วงเช้ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 13.46 และเย็น 32.31 คือ โรงเรียนสมานคุณวิทยาทาน ในขณะที่อรรถประโยชน์ของรถในกรณีรถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนมากกว่า 1 โรงเรียน พบว่า เขตพื้นที่ที่ 1 รถคันที่ 2 มีการใช้อรรถประโยชน์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 79.67 และในเขตพื้นที่ที่ 2 รถคันที่ 6 มีการใช้อรรถประโยชน์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 91.28 แสดงว่าเส้นทางที่ 2 ใช้ระยะเวลาในการเดินทางมากที่สุดในเขตพื้นที่ที่ 1 และเส้นทางที่ 6 ใช้ระยะเวลาในการเดินทางมากที่สุดในเขตพื้นที่ที่ 2 เช่นกัน

2. รถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนเพียง 1 โรงเรียน (รถโรงเรียนในเขตพื้นที่ที่ 1 และ 2 มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนรถ 1 คัน ต่อ 1 โรงเรียน) โดยใช้รถจำนวน 9 คันสำหรับ 9 โรงเรียน เนื่องจากรถโรงเรียน 1 คัน มีการบริการรับ-ส่งนักเรียนเพียง 1 โรงเรียน จึงต้องเลือกเส้นทางที่มีอรรถประโยชน์ของรถแต่ละเส้นทางน้อยที่สุด และมีอัตราการว่างงานของรถมากที่สุด เนื่องจากการใช้อรรถประโยชน์ของรถน้อยแสดงว่าใช้ระยะเวลาในการเดินทางน้อยจึงถึงโรงเรียนและจุดรับ-ส่งนักเรียนได้เร็ว ดังนั้น ในเขตพื้นที่ที่ 1 โรงเรียนที่ 1 กิตติวิทย์ เลือกใช้เส้นทางที่

3 เช่นเดียวกันกับโรงเรียนที่ 2 วิริยะเธียรวิทยา ส่วนโรงเรียนที่ 3 แสงทองวิทยา เลือกใช้เส้นทางที่ 5 เช่นเดียวกันกับโรงเรียนที่ 4 อนุบาลสุวรรณวงศ์ และโรงเรียนที่ 5 ศรีนครมูลนิธิ และเขตพื้นที่ที่ 2 โรงเรียนที่ 6 พลวิทยา และโรงเรียนที่ 8 เทศบาล 2 เลือกใช้เส้นทางที่ 3 ส่วนโรงเรียนที่ 7 สมานคุณวิทยาทาน และโรงเรียนที่ 9 เทศบาล 5 เลือกใช้เส้นทางที่ 2 เมื่อเลือกเส้นทางที่เหมาะสม และพิจารณาอัตราการให้บริการ พบว่า โรงเรียนที่นักเรียนได้รับบริการในช่วงเช้าและเย็นมากที่สุด คือ โรงเรียนวิริยะเธียร คิดเป็นร้อยละ 58.44 และ 97.40 เนื่องจากนักเรียนที่ต้องการใช้บริการรถโรงเรียนมีจำนวนน้อย จึงทำให้สามารถบริการได้มากกว่าโรงเรียนที่มีนักเรียนที่ต้องการใช้บริการรถโรงเรียนที่มากกว่า

5.1.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการประเมินและเตรียมงบประมาณด้านการเงินล่วงหน้า เพื่อนำมาประเมินโครงการในเชิงเศรษฐศาสตร์และกำหนดขนาดของเงินลงทุนที่ต้องการ การจัดทำงบประมาณล่วงหน้า จำเป็นต้องนำเอาข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้านต่างๆ มาประกอบการคาดคะเนรายรับและต้นทุนเพื่อการตัดสินใจในการลงทุน เศรษฐศาสตร์ โดยแบ่งกรณีการศึกษาออกเป็น 3 กรณี คือ

1. กรณีที่เป็นไปตามการดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ โดยกำหนดกำไรร้อยละ 50 จากต้นทุนการบริการ
2. กรณีที่ผู้ใช้บริการสามารถจ่ายค่าบริการได้โดยอ้างอิงจากผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด คือ สามารถจ่ายค่าบริการได้คนละ 16 บาทต่อเที่ยวต่อวัน (1 เที่ยว หมายถึงขาไปหรือขากลับ)
3. กรณีที่จัดให้เป็นการบริการสาธารณะโดยไม่มีการเก็บค่าบริการกับผู้ที่ใช้บริการ

จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการในระยะเวลา 10 ปี พบว่าในกรณีที่เป็นไปตามการดำเนินการในรูปแบบธุรกิจ โดยในที่นี้ได้เสนอทางเลือกประเภทของรถมินิบัสเป็น 3 ประเภท คือ รถยนต์ดีเซล รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถพลังงานไฟฟ้า ได้ประเมินไว้เป็นเงินคันละ 2,420,000 บาท 2,620,000 บาท และ 2,000,000 บาท ตามลำดับ จากการคำนวณต้นทุนค่าบริการโครงการจัดระบบรถโรงเรียนโดยเฉลี่ยต่อคน คือ รถยนต์ดีเซล 17.13 บาทต่อเที่ยว รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี 15.10 บาทต่อเที่ยว และรถพลังงานไฟฟ้า 12.93 บาทต่อเที่ยว ดังนั้น การกำหนดค่าบริการสำหรับการดำเนินงานตามโครงการนี้ มีความต้องการส่วนผลกำไรร้อยละ 50 เพราะฉะนั้นค่าบริการนักเรียนต่อคนต่อเที่ยว สำหรับรถยนต์ดีเซลจะต้องมีราคาประมาณ 26 บาทต่อเที่ยว รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีประมาณ 23 บาทต่อเที่ยว และรถพลังงานไฟฟ้าประมาณ 20 บาทต่อเที่ยว แต่กำหนดค่าบริการเป็นค่าเฉลี่ยของรถทั้ง 3 ประเภท คือ 23 บาทต่อเที่ยว เป็นค่าบริการของโครงการ และเมื่อคิดต้นทุนการให้บริการทั้งหมด พบว่า ต้นทุนค่าบริการของรถยนต์ดีเซลคิดเป็น 36.59 บาทต่อกิโลเมตร รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี 32.25 บาทต่อกิโลเมตร และรถพลังงานไฟฟ้า 27.62 บาทต่อกิโลเมตร ซึ่งต้นทุนการให้บริการของรถยนต์ดีเซลสูงที่สุด รองลงมา คือ รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในการดำเนินการ จากโครงการ พบว่า

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ตลอดโครงการประเภทรถยนต์ดีเซล มีค่าเท่ากับ -4,361278 บาท รถยนต์ดีเซลติดตั้งเอ็นจีวี -1,538,781 บาท ซึ่งมีค่าเป็นลบ แสดงว่าไม่ยอมรับโครงการ แต่รถพลังงานไฟฟ้า 3,489,303 บาท ซึ่งมีค่าเป็นบวก แสดงว่ายอมรับโครงการ อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) ณ สิ้นปีที่ 10 ของโครงการรถยนต์ดีเซลมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 5.95 รถยนต์ดีเซลติดตั้งเอ็นจีวี ร้อยละ 8.73 และรถพลังงานไฟฟ้า ร้อยละ 13.51 จากรถทั้ง 3 ประเภท พบว่า รถพลังงานไฟฟ้ามีค่า IRR สูงที่สุด เนื่องจากโครงการการจัดระบบรถโรงเรียนอยู่ในรูปแบบบริการสาธารณะ อีกทั้งหารายได้เพียง 9 เดือนต่อปี ดังนั้นสำหรับรถยนต์ดีเซลมีระยะเวลาคืนทุนของโครงการเมื่อปีที่ 10 รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวีเมื่อ 8 ปี 3 เดือน และรถพลังงานไฟฟ้าเมื่อ 5 ปี 9 เดือน เมื่อพิจารณาค่า NPV และ IRR เปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าพอใจ (The Minimum Attractive Rate of Return : MARR) ซึ่งเท่ากับร้อยละ 20.75 เมื่อเทียบแล้วพบว่าค่า IRR ของรถทั้งสามประเภทมีค่าน้อยกว่า MARR แสดงว่า เป็นโครงการที่ไม่น่าลงทุนเช่นกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบประเภทรถทั้ง 3 ชนิด พบว่า รถพลังงานไฟฟ้ามีค่า NPV และค่า IRR มากกว่ารถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถยนต์ดีเซล อีกทั้งยังเป็นการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง

ส่วนในกรณีที่ให้ผู้ใช้บริการจ่ายค่าบริการ 16 บาทต่อเที่ยว พบว่า ค่า NPV รถยนต์ดีเซล มีค่าเท่ากับ -15,796,559 บาท รถยนต์ดีเซลติดตั้งเอ็นจีวี มีค่าเท่ากับ -12,805,939 บาท และรถพลังงานไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ -7,777,855 บาท ซึ่งมีค่าเป็นลบเช่นกัน แสดงว่าไม่ยอมรับโครงการ ค่า IRR ณ สิ้นปีที่ 10 ของโครงการรถยนต์ดีเซลมีค่าเท่ากับ ร้อยละ -6.36 รถยนต์ดีเซลติดตั้งเอ็นจีวี ร้อยละ -1.50 ซึ่งมีค่าเป็นลบเช่นเดียวกันกับค่า NPV แต่รถพลังงานไฟฟ้า ร้อยละ 1.56 ซึ่งมีค่าเป็นบวกเพียงประเภทเดียว เมื่อพิจารณาถึงเงินสะสม พบว่า รถยนต์ดีเซลมีรายได้จากการบริการสะสม ณ ปีที่ 10 จำนวน 3,281,915 บาท รถยนต์ติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี 10,929,248 บาท และรถพลังงานไฟฟ้า 15,537,778 บาท และเมื่อเปรียบเทียบประเภทรถทั้ง 3 ประเภท พบว่า รถพลังงานไฟฟ้าที่มีรายรับสูงสุด เนื่องจากราคาที่กำหนดโดยผู้ใช้บริการสูงกว่าต้นทุนในการบริการ 3.07 บาทหรือคิดเป็นร้อยละ 23.74 ในขณะที่รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวีราคาที่กำหนดแตกต่างจากต้นทุน 0.90 บาทและรถยนต์ดีเซล -1.13 บาท อีกทั้งค่า NPV และค่า IRR มีค่าเป็นลบ แสดงว่าไม่ยอมรับโครงการ

และกรณีที่จัดให้เป็นการบริการสาธารณะ ภาครัฐมีค่าใช้จ่ายในการบริการรถโรงเรียนสะสมตลอดระยะเวลา 10 ปี สำหรับรถยนต์ดีเซล รถยนต์ติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถพลังงานไฟฟ้า ถึง 71,754,201 บาท 61,101,888 บาท และ 54,518,275 บาท ตามลำดับ แต่ถ้าต้องการลงทุนควรเลือกใช้รถมินิบัสประเภทรถไฟฟ้าเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและพลังงานเชื้อเพลิง อย่างไรก็ตาม รถโรงเรียนสามารถช่วยเหลือผู้ปกครองจากค่าเดินทางของนักเรียนได้ จากแบบสอบถามที่ได้จากการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด พบว่า นักเรียนใช้ระยะเวลาในการเดินทางไป-กลับโดยใช้รถส่วนตัวโดยเฉลี่ยต่อคนต่อวันคนละ 58 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการบริการรถโรงเรียนจะสามารถประหยัดเวลาผู้ปกครองในการรับ-ส่งนักเรียนโดยเฉลี่ยต่อคนต่อวันคนละ 58 นาทีเช่นกัน และใช้ระยะทางในการเดินทางโดยเฉลี่ยต่อคนต่อวัน 24.56 กิโลเมตร ซึ่งมีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงการใช้รถยนต์ส่วนตัว 12,157.2 บาทต่อปีและรถจักรยานยนต์ 2,821.5 บาทต่อปี

จากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด ด้านเทคนิค และด้านเศรษฐศาสตร์ภายใต้สมมติฐานในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการระบบโรงเรียน โดยรถที่ใช้ทำการศึกษาแบ่ง

ออกเป็น 3 ประเภท คือ รถยนต์ดีเซล รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถพลังงานไฟฟ้า พบว่า รถพลังงานไฟฟ้ามีค่าใช้ในการโดยรวมน้อยที่สุด รองลงมา คือ รถยนต์ดีเซลติดตั้งแก๊สเอ็นจีวี และรถยนต์ดีเซล ดังนั้นในดำเนินการจัดทำโครงการระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่ จึงสมควรเลือกใช้รถพลังงานไฟฟ้า แต่อาจมีข้อจำกัดด้านศักยภาพของรถที่สามารถวิ่งได้ระยะทางเพียง 80 กิโลเมตรต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง (ครั้งละ 8 ชั่วโมง) ดังนั้นอาจต้องมีการปรับรูปแบบของแบตเตอรี่ในการรับพลังงานเพิ่มเติม เพื่อยืดระยะทางในการเดินทางเพิ่มมากขึ้น ด้านรายได้ พบว่าโครงการสามารถก่อให้เกิดรายได้ที่ไม่มากพอกับการลงทุน แต่เนื่องจากเป็นการจัดทำเพื่อการบริการสาธารณะที่ส่งผลประโยชน์ต่อบุคคลส่วนมาก โดยสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงการใช้รถยนต์ส่วนตัวสำหรับผู้ปกครองและนักเรียน อีกทั้งเป็นการประหยัดเวลาผู้ปกครองในการรับ-ส่งนักเรียน ตลอดจนเป็นการลดปริมาณจราจรและการเกิดอุบัติเหตุลง อีกทั้งยังเป็นการสร้างเสริมสุขภาวะและคุณภาพชีวิตของประชาชน ดังนั้นโครงการนี้จึงควรลงทุนเพื่อเป็นพื้นฐานด้านสวัสดิการสังคมของประชาชนเทศบาลนครหาดใหญ่

5.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย

5.2.1 ควรนำเส้นถนนของเขตเทศบาลที่อยู่ใกล้เคียงกับเทศบาลนครหาดใหญ่มาเชื่อมต่อ เนื่องจากในโปรแกรมได้ใช้ข้อมูลถนนเฉพาะเทศบาลนครหาดใหญ่ ทำให้ไม่มีช่วงเชื่อมต่อในถนนบางเส้น ซึ่งอาจทำให้หาเส้นทางที่เหมาะสมได้ดียิ่งขึ้น

5.2.2 ข้อมูลทางด้านการจราจร ผู้วิจัยไม่มีข้อมูลความสัมพันธ์ของแต่สัญญาณจราจร ซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาการเดินทางเช่นกัน เพื่อให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงของระบบควรมีข้อมูลความสัมพันธ์จราจร

5.2.3 เนื่องจากในแบบจำลองคอมพิวเตอร์ได้กำหนดให้รับเฉพาะโรงเรียนที่มีข้อมูลที่อยู่นักเรียนเพียง 9 โรงเรียน แต่ควรรับนักเรียนที่นอกเหนือจาก 9 โรงเรียนที่มีโรงเรียนอยู่ภายในเส้นทางการเดินทาง และควรรับนักเรียนตั้งแต่พบจุดรับ-ส่งแรก

5.2.4 เนื่องจากรถโรงเรียนมีเวลาการใช้งานเพียงช่วงเช้าและเย็น เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้ลงทุนสนใจลงทุนควรมีการแสวงหารายได้ในตอนกลางวันหรือช่วงปิดภาคเรียน

บรรณานุกรม

[1] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร.2548.การศึกษาการจัดแนวเส้นทางปลอดภัย และดัชนีชี้วัดความปลอดภัยสำหรับเส้นทางรถนักเรียน (ออนไลน์). ศูนย์วิชาการเพื่อความปลอดภัยทางถนน สืบค้นจาก http://www.roadsafetythai.org (1 กุมภาพันธ์ 2552)

[2] ฝ่ายสารสนเทศAOC.2551.รายงานข้อมูลพื้นฐานการศึกษาปี 2548-2551(ออนไลน์).ศูนย์ปฏิบัติการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสงขลา เขต 2. สืบค้นจาก http://www.skz2.go.th (18 มกราคม 2552)

[3] สำนักงานการศึกษา.2552.ข้อมูลนักเรียนโรงเรียนในสังกัดเทศบาลนครหาดใหญ่ปีการศึกษา 2548-2551(ออนไลน์).เทศบาลนครหาดใหญ่ สืบค้นจาก http://www.hatyaicity.go.th/index.php (18 มกราคม 2552)

[4] สำนักงานขนส่งจังหวัดสงขลา. 2555.ข้อมูลการจดทะเบียนยานยนต์ตามพระราชบัญญัติในปี 2549-2553(ออนไลน์).สืบค้นจาก http://songkhla.dlt.go.th/stat2011/3_1.html (20 กุมภาพันธ์ 2555)

[5] เวชสถิติ 1720 และศูนย์ HA3261.2551.รายงานข้อมูลเฝ้าระวังการบาดเจ็บ 2548-2551. สงขลา: โรงพยาบาลหาดใหญ่.

[6] เวชสถิติ.2551.รายงานผู้ป่วยอุบัติเหตุ 2548-2551.สงขลา:โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[7] เปรมวดี คฤหเดชและคณะ.2547.โครงการความปลอดภัยในการเดินทางไปกลับโรงเรียนด้วยรถรับส่งนักเรียนในกรุงเทพมหานคร (ออนไลน์).ชุดโครงการถนนปลอดภัย เครือข่ายวิจัยสุขภาพ สกว. มูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ. สืบค้นจาก http://hrn.thainhf.org (3 มีนาคม 2552)

[8] กัณวีร์ กนิษฐ์พงศ์และคณะ.2548.โครงการศึกษาสาเหตุ และแนวทางป้องกันอุบัติเหตุรถรับส่งนักเรียนและการถอดบทเรียนรูปแบบการจัดบริการรถรับส่งนักเรียน.กรุงเทพมหานคร: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย.

[9] R. M. Newton and W. H. Thomas.“Design of school bus routes by computer.” *Socio-Economic Planning Sciences*, vol.3, pp.75–85, 1969.

[10] R. M. Newton and W. H. Thomas.“Bus routing in a multi-school system.” *Computer & Operational Research* ,vol.1, pp.213-222, 1974.

[11] A. Bock, et al.“The school bus problem on trees.”in *International Symposium on Algorithms and Computation*, 2011, pp.10-19.

[12] J. Park and B. Kim. “The school bus routing problem: A review.” *European Journal of Operational Research*, vol.202, pp.311-319, 2010.

[13] L. Spasovir, et al. “A methodology for evaluating of school bus routing - A case study of Riverdale, New Jersey.” *Transportation Research Board*, vol.01-2088, pp.1-10, 2001.

[14] A. Fügenschuh. “Solving a school bus scheduling problem with integer programming.” *European Journal of Operational Research*, vol.193, pp.867-884, 2009.

[15] J. R. Ledesma and J. S. Gonzáles. “Solving school bus routing using the multiple vehicle traveling purchaser problem: A branch-and-cut approach.” *Computer & Operational Research*, vol.39, pp.391-404, 2012.

[16] B. Ombuki, B. J. Ross and F. Hanshar. “Multi-Objective Genetic Algorithms for Vehicle Routing Problem with Time Windows.” *Applied Intelligence*, vol.24, pp.17-30, 2006.

[17] R. Bowerman, B. Hall and P. Calamai.“A multi-objective optimization approach to urban school bus routing: Formulation and solution method.” *Transportation Research*, vol.2, pp.107-123, 1995.

[18] J. Braca, et al. “A computerized approach to the New York City school bus routing problem.” *Institute of International Education Transactions*, vol.29, pp.693-702, 1997.

[19] L. V. Souza and P. H. Siqueira. “Heuristic methods applied to the optimization school bus transportation routes: A real case.” *International Energy Agency/Advanced Motor Fuels*, vol.2, pp.247-256, 2010.

[20] ฉัตรชัย ไม้อุดม. “การจัดเส้นทางเดินรถรับ-ส่งพนักงาน.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2551.

[21] นิติศักดิ์ เจริญธูป รุ่งโรจน์ นิลทอง และอนันต์ อึ้งวาณิชย์พันธ์. “การออกแบบเส้นทางรถรับส่งนักเรียนโดยวิธีการแตกกิ่งและจำกัดเขต.” นำเสนอ 35th Congress on Science and Technology of Thailand, 2552.

[22] P. Schittekat, M. Sevaux and K. Sörensen. “A mathematical formulation for a school bus routing problem.” *Institute of Electrical and Electronic Enginee*, vol.0451, 2006.

[23] J. Park, H. Tae and B. Kim. “A post-improvement procedure for the mixed load school bus routing problem.” *European Journal of Operational Research*, vol.217, pp.204-213, 2012.

[24] ทัศนวรรณ กังฮา. “การจัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่งนักเรียนโดยการใช้อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม.”นำเสนอการประชุมวิชาการการวิจัยดำเนินการประจำปี 2548, 2548, pp.49-58.

[25] นิศาชล วิจารณ์วงศ์. “การพัฒนาระบบจัดเส้นทางการขนส่งนมพาสเจอร์ไรส์ในโครงการอาหารเสริม(นม) ของสหกรณ์โคนมหนองโพราชบุรี จำกัด.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551.

[26] J. Euchi and R. Mraihi. “The urban bus routing problem in the Tunisian case by the hybrid artificial ant colony algorithm.” *Swarm and Evolutionary Computation*, vol.2, pp.15-24, 2012.

[27] M. Rice. *ArcGIS Desktop - Extension -Network Analyst forum*, 2006.

[28] N. V. Karadimas, et al. “Routing Optimization Heuristics Algorithms for Urban Solid Waste Transportation Management.” *WSEAS Transaction on Computers*, vol.7, pp.2022-2031, 2008.

[29] วนิดา ร่มรื่น. “การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบลแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี.”วิทยานิพนธ์อักษรศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

[30] รุจ ศุภวิไลและคณะ. “การวางแผนจัดเก็บและขนส่งขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบลบ้านพรุโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.”รายงานการวิจัยสำนักวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2541.

[31] B. Cao, M. Sun and C. Macleod. “Applying GIS and Combinatorial Optimization to Fiber Deployment Plans.” *Journal of Heuristics*, vol.5, pp.385-402, 1999.

[32] Z. Peng and R. Huang. “Design and development of interactive trip planning for web-based transit information systems.” *Transportation Research Part C*, vol.8, pp.409-42, 2000.

[33] M. Lu and L. Wong. “Comparison Comparison of two simulation methodologies in modeling construction systems: Manufacturing-oriented ProModel vs. construction-oriented SDESA.” *Automation in Construction*, vol. 16, pp.86-95, 2007.

[34] Q. Yu. “Productivity simulation with ProModel for an automotive assembly workstation involving a lift assist device.” *Institute of Electrical and Electronic* Engineer, vol.0501, pp.1935-1939, 2006.

[35] วิชุตา สองเมือง. “การสร้างตัวแบบเครือข่ายโซ่อุปทานของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2552.

[36] โสภิดา ส่งแสง. “การศึกษาระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับของขยะคอมพิวเตอร์ในภาคใต้ของประเทศไทย.”วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2553.

[37] จันทนา จันทโรและศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. *การศึกษาความเป็นไปได้โครงการด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม*.กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

[38] ชัยยศ สันติวงษ์. *การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ*. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, 2536.

[39] ศิริชัย กาญจนวาสี. *สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย (Applied Statistics to Behavioral Research).* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

[40] นันทนา บัวคง."การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการไหลอิ่มตัว ณ ทางแยกสัญญาณไฟจราจรในกรุงเทพมหานคร." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.

[41] R. Akcelik. "Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis." *Australian Road Research Board Research Report ARR*, vol. 123, 1981.

[42] H. Shimizu, M. Kobayashi and Y. YoneZawa . "A Route Guidance System of a Traffic Network." in *Proceeding of the SICE Annual Conference*, International Session Papers, pp.1549-1552, 1995.

[43] Y. Salter and N. B. Hounsell. *Highway Traffic Analysis and Design*.Third Edition. Macmillan Press Ltd., London, 1996.

[44] ณกร อินทร์พยุง.*การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและโลจิสติกส์*. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548.

[45] ธรินี มณีศรี. "การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีหลายคลังสินค้าและไม่มีความแน่นอนภายใต้กรอบเวลา." วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551.

[46] สุเพชร จิรขจรกุล.*เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Destop 9.3.1*. นนทบุรี : บริษัท เอส.อาร์ พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด, 2552.

[47] ESRI.2010. ArcGIS Help Library (ออนไลน์). สืบค้นจาก http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//004700000053000000.htm (10 กันยายน 2553)

[48] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ.*การจำลองแบบปัญหา*.กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

[49] กัลยา วานิชย์บัญชา. *การวิจัยขั้นดำเนินงาน: การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

[50] ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2552. การหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (ออนไลน์). สืบค้นจาก: www.school.obec.go.th (20 เมษายน 2552)

[51] บุญชม ศรีสะอาด. *การวิจัยเบื้องต้น.* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สิวิริยาสาสน์, 2545.

[52] วัชรินทร์ วิทยนุกูล.*หลักวิศวกรมขนส่งเบื้องต้น*.กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2539.

[53] วิศิษฎ์ ประทุมสุวรรณ . *วิศวกรรมการทางและการวิเคราะห์การจราจร*.กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.

[54] สำนักงานการจราจรและขนส่ง .2554.ข้อมูลสัญญาณไฟจราจรในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่. สงขลา: เทศบาลนครหาดใหญ่.

[55] ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคใต้) .2553. ข้อมูลแผนที่และโรงเรียนภายในเทศบาลนครหาดใหญ่.สงขลา: ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคใต้) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[56] อัมพร เที่ยงตระกูล.*เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม*.กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สิวีริยาสาสน์, 2545.

[57] truck2hand.2555. ราคารถโดยสารมือสอง (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.truck2hand.com/index.php?module=InnoForum&func=list&ctrl=topics&category_id=1(20 มีนาคม 2555)

[58] วิกิจศิลป์.2555.ใบเสนอราคารถพลังงานไฟฟ้า รถยนต์ และรถยนต์ติตั้งแก๊สเอ็นจีวี.ราชบุรี: วิกิจศิลป์.

[59] ยานยนต์.2554.รายงานสถิติการให้บริการรถขนส่งภายในวิทยาเขตหาดใหญ่ประจำปีการศึกษา 2553-2554.สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[60] สงขลาทัวร์.2555.ใบเสนอราคาเช่ารถบัส.สงขลา:สงขลาทัวร์.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสอบถาม

แบบสอบถาม
เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจัดทำระบบรถโรงเรียน
ในเทศบาลนครหาดใหญ่

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูล ใช้ประกอบการทำวิจัยวิทยานิพนธ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจัดทำระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่ ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยและพัฒนาส่งเสริมการจัดการระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่ ผู้วิจัยจึงขอ กราบขอบพระคุณอย่างสูงในความอนุเคราะห์ของท่านในครั้งนี้

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่อง ( ) และเติมข้อความที่ตรงกับข้อมูลหรือความคิดของท่านมากที่สุด

1. อาชีพของท่าน คือ
   ( ) 1. รับราชการ ( ) 2. พนักงานบริษัทเอกชน
   ( ) 3. ธุรกิจส่วนตัว ( ) 4. พ่อบ้าน,แม่บ้าน
   ( ) 5. อื่น ๆ .....

2. ครอบครัวของท่านมีรถส่วนตัวหรือไม่ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
   ( ) 1. ไม่มี (*<u>ถ้าไม่มีให้ข้ามไปตอบข้อ 7</u>*) ( ) 2. มีรถจักรยานยนต์ 1 คัน
   ( ) 3. รถจักรยานยนต์ 2 คัน ( ) 4. รถจักรยานยนต์ 3 คัน
   ( ) 5. รถจักรยานยนต์มากกว่า 3 คัน ( ) 6. รถยนต์ 1 คัน
   ( ) 7. รถยนต์ 2 คัน ( ) 8. รถยนต์ 3 คัน
   ( ) 9. รถยนต์มากกว่า 3 คัน

3. ครอบครัวของท่านมีเด็กนักเรียนในปกครองที่ต้องเป็น**<u>ภาระรับ/ส่งในการเดินทางไปโรงเรียน</u>** จำนวน
   ( ) 1. ไม่มี *<u>(ถ้าไม่มีให้ข้ามไปตอบข้อ 7)</u>* ( ) 2. 1 คน
   ( ) 3. 2 คน ( ) 4. 3 คน
   ( ) 5. มากกว่า 3 คน

4. สำหรับท่านที่ใช้รถส่วนตัวรับ-ส่งนักเรียน เส้นทางที่ท่านใช้
   ( ) 1. เป็นทางผ่านระหว่างบ้านและที่ทำงานอยู่แล้ว
   ( ) 2. นอกเส้นทางระหว่างบ้านและที่ทำงานแต่เสียเวลาไม่มากในการรับ-ส่งนักเรียน
   ( ) 3. นอกเส้นทางระหว่างบ้านและที่ทำงานต้องเสียเวลาเพิ่มมากขึ้นในการรับ-ส่งนักเรียน
5. ในกรณีที่ท่านมีเด็กนักเรียนในปกครองที่ต้องเป็น**<u>ภาระรับ/ส่งไปโรงเรียน มากกว่า 1 คน</u>**
   ( ) 1. เด็กนักเรียนในปกครองของท่านเรียนที่เดียวกัน
   ( ) 2. เด็กนักเรียนในปกครองของท่านเรียนอยู่คนละโรงเรียนแต่ใกล้กัน
   ( ) 3. เด็กนักเรียนในปกครองของท่านเรียนอยู่คนละโรงเรียน และค่อนข้างไกลกัน

6. การเดินทางไป-กลับโรงเรียนของเด็กนักเรียนในปกครองของท่านในกรณีที่มี**<u>ภาระรับ/ส่งไปโรงเรียนตั้งแต่ 1 คน</u>** ตามปกติ

วิธีการเดินทาง	คนที่ 1		คนที่ 2		คนที่ 3		มากกว่า3 คน	
	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น	เช้า	เย็น
1.ผู้ปกครองขับรถจักรยานยนต์ไปรับ/ส่ง								
2.ผู้ปกครองขับรถยนต์ส่วนตัวไปรับ/ส่ง								
3.ไป/กลับโรงเรียนเองโดยรถประจำทาง								
4.เดินไป/กลับโรงเรียน								
5.ใช้บริการรถโรงเรียน								
6.นักเรียนขับรถจักรยานยนต์ไปเอง								
7.ญาติขับรถส่วนตัวไปรับ/ส่ง								
8.อื่นๆ								

7. การเดินทางไป-กลับโรงเรียนของเด็กนักเรียนในปกครองของท่านตามปกติ **(สำหรับท่านที่ตอบข้อ 2 และ 3 ว่าไม่มี)**

เช้า	เย็น
( ) 1.	( ) 2. ไป/กลับโรงเรียนเองโดยรถประจำทาง
( ) 1.	( ) 2. เดินไป/กลับโรงเรียน
( ) 1.	( ) 2. ใช้บริการรถรับ-ส่งนักเรียน คนละ.....บาท/เดือน
( ) 1.	( ) 2. นักเรียนขับรถจักรยานยนต์ไปเอง
( ) 1.	( ) 2. ญาติขับรถส่วนตัวไปรับ/ส่ง
( ) 1.	( ) 2. อื่นๆ(เช้า.....เย็น.....)

8. ระยะทางระหว่างบ้านของท่านกับโรงเรียนประมาณ.....กิโลเมตร

9. เวลาที่เด็กนักเรียนในปกครองของท่านใช้ในการเดินทางไปโรงเรียนตามปกติ

เช้า จากบ้านถึงโรงเรียนใช้เวลาประมาณ.....นาที
ออกจากบ้านประมาณ.....น.
ถึงโรงเรียนประมาณ.....น.

เย็น จากโรงเรียนถึงบ้านใช้เวลาประมาณ.....นาที
ออกจากโรงเรียนประมาณ.....น.
ถึงบ้านประมาณ.....น.

10. สาเหตุที่เลือกใช้วิธีการเดินทางไป-กลับโรงเรียนของเด็กนักเรียนที่เลือกในข้อ 6 หรือ 7

ด้านต่าง ๆ	ช่วงเช้า			ช่วงเย็น		
	มาก	ปานกลาง	น้อย	มาก	ปานกลาง	น้อย
10.1 ความสะดวกสบาย						
10.2 ความปลอดภัย						
10.3 ระยะเวลาในการเดินทาง						
10.4 ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง						
10.5 อื่น ๆ.....						

11. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ถ้าโรงเรียนที่นักเรียนในปกครองของท่านจะจัดบริการรับส่งนักเรียนระหว่างบ้านและโรงเรียน
    ( ) 1. ใช้บริการ
    ( ) 2. ไม่แน่ใจ
    ( ) 3. ไม่ใช้บริการ

12. กรณีที่ท่านต้องการใช้รถโรงเรียนที่บริการรับ-ส่งนักเรียนระหว่างบ้านและโรงเรียน ข้อใดเป็นเหตุผลในการตัดสินใจเลือกใช้บริการรถโรงเรียน

ปัจจัยด้านต่าง ๆ	ระดับความสำคัญ				
	(5) มากที่สุด	(4) มาก	(3) ปานกลาง	(2) น้อย	(1) น้อยที่สุด
12.1 ความสะดวกสบาย					
12.2 ความปลอดภัย					
12.3 ระยะเวลาในการเดินทาง					
12.4 ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง					
12.5 อื่น ๆ.....					

13. ท่านคิดว่ารถโรงเรียนที่บริการรับ-ส่งนักเรียนควรอยู่ในการดำเนินการดูแลรับผิดชอบของหน่วยงานใด
    ( ) 1. โรงเรียน ( ) 2. ภาครัฐ
    ( ) 3. บริษัทเอกชนที่รับบริการรถโรงเรียน ( ) 4. โรงเรียนและภาครัฐ
    ( ) 5. โรงเรียนและบริษัทเอกชน ( ) 6. อื่น ๆ .....

14. ท่านคิดว่ารถโรงเรียนประเภทใดที่เหมาะสมในการนำมาใช้รับ-ส่งนักเรียน
    ( ) 1. รถตู้ขนาด 10 ที่นั่ง
    ( ) 2. รถมินิบัสขนาด 30 ที่นั่ง
    ( ) 3. รถบัสขนาด 50 ที่นั่ง

15. ท่านคิดว่าค่าโดยสารที่เหมาะสมและยินดีจ่ายสำหรับรถโรงเรียน
    ( ) 1. 500-700 บาท/เดือน
    ( ) 2. 700-900 บาท/เดือน
    ( ) 3. 900-1,100 บาท/เดือน
    ( ) 4 อื่น ๆ.....

16. ท่านคิดว่าเวลาที่นักเรียนควรอยู่ในรถโรงเรียนในการรับ-ส่ง คือ
    ( ) 1. 30-45 นาที ( ) 3. 60-80 นาที
    ( ) 2. 45-60 นาที ( ) 4 อื่น ๆ.....

17. ท่านคิดว่าเวลาที่เหมาะสมและสะดวกในการรับ-ส่ง ที่บ้านของรถโรงเรียน ควรเป็นช่วงเวลา

เช้า	( ) 1. 6.00-6.30 น.	**เย็น** ( ) 1. 15.30-16.00 น.
	( ) 2. 6.30-7.00 น.	( ) 2. 16.00-16.30 น.
	( ) 3. 7.00-7.30 น.	( ) 3. 16.30-17.00 น.
	( ) 4. อื่นๆ	( ) 4. อื่นๆ .....

ภาคผนวก ข
ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟ จังหวะและรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติ

ตาราง ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณไฟ

ลำดับ	ทางแยก		ชื่อแยก	ชนิด	ลำดับความสัมพันธ์			
					1	2	3	4
1	ถ.ศุภสารรังสรรค์	ถ.สามชัย	ฟูจิ	1	70	2	47	14
2	ถ.ศุภสารรังสรรค์	ถ.ราษฎร์ยินดี	Kiss Chanel	1	3	15	23	1
3	ถ.เพชรเกษม	ถ.ราษฎร์ยินดี	My House	1	901	4	2	7
4	ถ.เพชรเกษม	ซ. 6 เพชรเกษม	Carrefour	2	902	5	0	3
5	ถ.กาญจนวนิช	ถ.กาญจนวนิช	คอหงส์	2	6	0	17	4
6	ถ.กาญจนวนิช	ประตูค่ายเสนาณรงค์	หน้าค่ายฯ	2	67	920	5	0
7	ถ.กาญจนวนิช	ถ.สามชัย	สามชัย	2	0	3	1	8
8	ถ.กาญจนวนิช	ถ.นิพัทธ์สงเคราะห์ 5	ธนาคารชาติ	1	46	7	904	49
9	ถ.กาญจนวนิช	ถ.แสงศรี	แสงศรี	1	49	50	10	905
10	ถ.กาญจนวนิช	ถ.ศุภสารรังสรรค์	สะพานลอย	1	9	69	51	38
11	ถ.กาญจนวนิช	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 3	ไดอาน่า(เก่า)	1	906	12	32	69
12	ถ.กาญจนวนิช	ถ.แสงจันทร์	ฉื่อฉาง	1	907	13	33	11
13	ถ.กาญจนวนิช	ถ.ประชาธิปัตย์ 1	Crosstisfever	1	908	14	34	12
14	ถ.กาญจนวนิช	ซ.3 แสงศรี	เซี่ยงตึ๊ง	1	50	1	909	13
15	ถ.กาญจนวนิช	ถ.คลองเรียน 1	ช่องเขา	1	910	16	53	2
16	ถ.กาญจนวนิช	ถ.ประชายินดี	บ้านสวน 2	1	911	17	52	15
17	ถ.กาญจนวนิช	ถ.ศุภสารรังสรรค์	ม.อ.	1	5	912	18	16
18	ถ.กาญจนวนิช	ถ.ธรรมนูญวิถี	วัดโคกนาว	2	17	0	19	52
19	ถ.กาญจนวนิช	ถ.ปุณณกัณฑ์	ปุณณกัณฑ์	2	18	913	20	0
20	ถ.กาญจนวนิช	ถ.ศรีภูวนารถ	คลองเรียน	2	19	0	64	66
21	ถ.กาญจนวนิช	ถ.โชติวิริยะกุล 2	สถานีขนส่ง	2	64	0	914	915
22	ถ.ศรีภูวนารถ	ถ.ราษฎร์ยินดี	ไดอาน่า(ใหม่)	1	23	66	916	24
23	ถ.ธรรมนูญวิถี	ถ.ราษฎร์ยินดี	โนรา	1	2	54	22	48
24	ถ.ศรีภูวนารถ	ถ.ไทยอาคาร	ตลาดใหม่	1	917	22	918	25
25	ถ.ศรีภูวนารถ	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 3	ฟลอริดา	1	63	24	919	26
26	ถ.ศรีภูวนารถ	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 2	สาย 2	2	28	25	0	27
27	ถ.ศรีภูวนารถ	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 1	สาย 1	1	62	26	921	35

ลำดับ	ทางแยก		ชื่อแยก	ชนิด	ลำดับความสัมพันธ์			
					1	2	3	4
28	ถ.นิยมรัฐ	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 2	เวียนนา	1	29	63	26	922
29	ถ.มนัสฤดี	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 2	ธนาคารธนชาติ	1	30	923	28	62
30	ถ.ธรรมนูญวิถี	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 2	แหลมทอง	1	31	56	29	57
31	ถ.กาญจนวนิช	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 2	รร สยาม	1	69	32	30	51
32	ถ.กาญจนวนิช	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 3	Central	1	11	33	56	31
33	ถ.กาญจนวนิช	ถ.แสงจันทร์	รร.นิวซีซัน	1	12	34	48	32
34	ถ.กาญจนวนิช	ถ.ประชาธิปัตย์ 1	ตลาดโก้งโค้ง	1	13	47	926	33
35	ถ.ศรีภูวนารถ	ถ.ราษฎร์อุทิศ	ด่านกักสัตว์	2	37	27	0	36
36	ถ.ศรีภูวนารถ	ถ.พลพิชัย	ศรีภูวนาถใน	1	40	35	928	929
37	ถ.ราษฎร์อุทิศ	ซ. 10 ราษฎร์อุทิศ	ยรรยง	1	39	930	35	931
38	ถ.เพชรเกษม	ถ.เพชรเกษม	สถานีตำรวจ	3	0	10	0	39
39	ถ.เพชรเกษม	ถ.ราษฎร์อุทิศ	ราษฎร์อุทิศ	1	42	38	37	40
40	ถ.เพชรเกษม	ถ.พลพิชัย	ญ.ส.	1	0	39	36	41
41	ถ.เพชรเกษม	ซ. 33 เพชรเกษม	scb 33	2	0	40	934	68
42	ถ.ราษฎร์อุทิศ	ถ.สัจจกุล	รัชมังคลา	1	936	44	39	937
43	ถ.นิพัทธ์สงเคราะห์ 1	ซ.4 นิพัทธ์ฯ 1	NBT (ช่อง 11)	1	44	61	49	58
44	ถ.นิพัทธ์สงเคราะห์ 1	ถ.สัจจกุล	สนามกีฬา	2	45	0	43	42
45	ถ.นิพัทธ์สงเคราะห์ 1	ถ.รัถการ	โรงปูน	1	938	71	44	939
46	ซ.4 นิพัทธ์ฯ 1	ถ.นิพัทธ์สงเคราะห์ 5	กอบกาญจน์	2	60	0	8	61
47	ถ.กาญจนวนิช	ถ.สามชัย	สุวรรณวงศ์	1	1	941	942	34
48	ถ.ธรรมนูญวิถี	ถ.แสงจันทร์	แตงโม	1	33	23	55	943
49	วงเวียน	วงเวียน	วงเวียน	0	43	8	9	59
50	ถ.แสงศรี	ซ.3 แสงศรี	เพชรสยาม	2	945	0	14	9
51	ถ.ประชาธิปัตย์	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 1	หมอสมโภชน์	1	10	31	57	946
52	ถ.ธรรมนูญวิถี	ถ.คลองเรียน 1	นายหนัง	1	16	18	947	53
53	ถ.ธรรมนูญวิถี	ถ.ประชายินดี	อุดมศึกษา	2	15	52	0	54
54	ถ.ธรรมนูญวิถี	ถ.คลองเรียน 2	คอนเนอร์	2	0	53	948	23
55	ถ.ธรรมนูญวิถี	ถ.เสน่หานุสรณ์	โรงแรมอินทรา	1	949	48	65	56
56	ถ.ธรรมนูญวิถี	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 3	นายยาว	1	32	55	923	30

ลำดับ	ทางแยก		ชื่อแยก	ชนิด	ลำดับความสัมพันธ์			
					1	2	3	4
57	ถ.ธรรมนูญวิถี	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 1	นครหลวง	1	51	30	62	951
58	ถ.รัถการ	ซ. 7 นิพัทธ์ฯ 1	ร.พ.หาดใหญ่	1	952	43	59	953
59	ถ.รัถการ	ถ.ประธานอุทิศ	ตลาดสด	2	58	49	954	905
60	ถ.อนุสรณ์	ซ.นวลแก้วอุทิศ	นวลแก้ว	1	71	957	46	956
61	ซ.4 นิพัทธ์ฯ 1	ถ.นิพัทธ์สงเคราะห์ 2	บังเลาะ	1	958	46	959	43
62	ถ.มนัสฤดี	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 1	โรบินสัน	1	57	29	27	950
63	ถ.นิยมรัฐ	ถ.นิพัทธ์อุทิศ 3	ซากุระ	1	923	944	25	28
64	ถ.กาญจนวนิช	ถ.กาญจนวนิช	หลวงประธาน	1	20	932	21	66
65	ถ.ชีอุทิศ	ถ.เสน่หานุสรณ์	ชีอุทิศ	1	55	943	925	927

<u>หมายเหตุ</u> ประเภทชนิด 0 คือ วงเวียน 1 คือ สี่แยก 2 คือ สามแยก

ลำดับความสัมพันธ์ของสัญญาณไฟจราจร

1 = ทิศเหนือ 2 = ทิศตะวันออก 3 = ทิศใต้ 4 = ทิศตะวันตก

ตาราง ข. 2 จังหวะและรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติ

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
1	1	14	2	0	40	3	2
	1	14	47	0	40	3	2
	2	2	14	45	45	3	2
	2	2	70	45	45	3	2
	3	70	47	95	45	3	2
	3	70	14	95	45	3	2
	3	47	70	95	45	3	2
	3	47	2	95	45	3	2
	91	14	70	0	0	0	0
	91	70	2	0	0	0	0
	91	2	47	0	0	0	0
	91	47	14	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 145 วินาที						
2	1	3	23	0	40	3	2
	1	3	1	0	40	3	2
	2	23	3	45	40	3	2
	2	23	15	45	40	3	2
	3	15	1	90	45	3	2
	3	15	3	90	45	3	2
	4	1	15	140	45	3	2
	4	1	23	140	45	3	2
	91	1	3	0	0	0	0
	91	3	15	0	0	0	0
	91	23	1	0	0	0	0
	91	15	23	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 190วินาที						
3	1	7	4	0	85	3	2
	1	7	2	0	85	3	2
	2	4	7	90	65	3	2
	2	4	901	90	65	3	2
	3	2	901	160	40	3	2
	3	2	4	160	40	3	2
	4	901	7	205	20	3	2
	4	4	7	205	20	3	2
	91	7	901	0	0	0	0
	91	4	2	0	0	0	0
	91	2	7	0	0	0	0
	91	901	4	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 230วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
4	1	3	5	0	60	3	2
	2	5	3	65	60	3	2
	2	5	902	65	60	3	2
	3	902	3	130	45	3	2
	91	3	902	0	0	0	0
	91	902	5	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ =180 วินาที						
5	1	17	6	0	45	3	2
	1	6	17	0	45	3	2
	2	6	4	50	35	3	2
	2	6	17	50	35	3	2
	3	4	17	90	40	3	2
	91	4	6	0	0	0	0
	91	17	4	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 135 วินาที						
6	1	5	67	0	120	3	2
	1	67	5	0	120	3	2
	2	5	67	125	20	3	2
	2	5	920	125	20	3	2
	3	920	67	150	15	3	2
	91	67	920	0	0	0	0
	91	920	5	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 170 วินาที						
7	1	8	3	0	55	3	2
	1	3	8	0	55	3	2
	2	8	3	125	20	3	2
	2	8	1	125	20	3	2
	3	1	3	150	20	3	2
	91	3	1	0	0	0	0
	91	1	8	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 170 วินาที						
8	1	49	7	0	50	3	2
	1	49	904	0	50	3	2
	2	7	49	55	50	3	2
	2	7	12	55	20	3	2
	3	7	46	80	20	3	2
	3	7	49	80	40	3	2
	4	46	904	125	40	3	2
	4	46	49	125	40	3	2
	4	904	46	125	40	3	2

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
8 (ต่อ)	4	904	7	125	0	0	0
	91	49	46	0	0	0	0
	91	46	7	0	0	0	0
	91	904	49	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 170 วินาที						
9	1	49	10	0	60	3	2
	2	10	49	65	70	3	2
	2	10	50	65	70	3	2
	3	50	49	140	40	3	2
	3	905	10	140	40	3	2
	3	50	10	140	40	3	2
	4	905	10	185	15	3	2
	4	905	50	185	15	3	2
	91	49	50	0	0	0	0
	91	905	49	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 205 วินาที						
10	1	9	51	0	50	3	2
	1	9	38	0	50	3	2
	2	69	38	55	35	3	2
	2	38	69	55	35	3	2
	3	38	51	95	25	3	2
	3	69	9	95	25	3	2
	91	9	69	0	0	0	0
	91	69	51	0	0	0	0
	91	38	9	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ =125 วินาที						
11	1	69	12	0	60	3	2
	2	906	32	65	50	3	2
	91	906	12	0	0	0	0
	91	12	32	0	0	0	0
	91	69	32	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 120 วินาที						
12	1	13	11	0	40	3	2
	1	13	907	0	40	3	2
	1	11	13	0	40	3	2
	2	33	907	45	35	3	2
	2	33	13	45	35	3	2
	91	33	11	0	0	0	0
	91	11	907	0	0	0	0
	91	8	13	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 85 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
13	1	14	12	0	40	3	2
	1	14	908	0	40	3	2
	1	12	14	0	40	3	2
	1	12	34	0	40	3	2
	2	908	34	45	35	3	2
	2	908	12	45	35	3	2
	2	34	908	45	35	3	2
	2	34	14	45	35	3	2
	91	908	14	0	0	0	0
	91	34	12	0	0	0	0
	91	14	34	0	0	0	0
	91	12	908	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 85 วินาที						
14	1	13	1	0	40	3	2
	2	1	13	45	40	3	2
	2	1	50	45	40	3	2
	3	50	13	90	35	3	2
	4	909	50	130	30	3	2
	4	909	1	130	30	3	2
	91	909	13	0	0	0	0
	91	13	50	0	0	0	0
	91	50	1	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 165 วินาที						
15	1	2	16	0	45	3	2
	1	2	53	0	45	3	2
	2	16	2	50	40	3	2
	2	16	910	50	40	3	2
	3	910	53	95	35	3	2
	3	910	2	95	35	3	2
	4	53	910	135	30	3	2
	4	53	16	135	30	3	2
	91	2	910	0	0	0	0
	91	16	53	0	0	0	0
	91	910	16	0	0	0	0
	91	53	2	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 170 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
16	1	17	15	0	40	3	2
	1	17	911	0	40	3	2
	2	15	17	45	35	3	2
	2	15	52	45	35	3	2
	3	52	911	85	35	3	2
	3	52	17	85	35	3	2
	3	911	52	85	35	3	2
	3	911	15	85	35	3	2
	91	17	52	0	0	0	0
	91	15	911	0	0	0	0
	91	52	15	0	0	0	0
	91	911	17	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 125 วินาที						
17	1	912	16	0	45	3	2
	1	912	5	0	45	3	2
	2	16	912	50	40	3	2
	2	16	18	50	40	3	2
	3	5	18	95	60	3	2
	3	5	16	95	60	3	2
	4	18	5	160	65	3	2
	4	18	912	160	65	3	2
	91	912	18	0	0	0	0
	91	16	5	0	0	0	0
	91	5	912	0	0	0	0
	91	18	16	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 230 วินาที						
18	1	19	17	0	55	3	2
	1	17	19	0	55	3	2
	2	17	19	60	35	3	2
	2	17	52	60	35	3	2
	3	52	19	100	40	3	2
	91	19	52	0	0	0	0
	91	52	17	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 145 วินาที						
19	1	20	18	0	50	3	2
	1	18	20	0	50	3	2
	2	20	18	65	35	3	2
	2	20	913	65	35	3	2
	3	913	18	105	40	3	2
	91	18	913	0	0	0	0
	91	913	20	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 140 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
20	1	64	19	0	60	3	2
	1	19	64	0	60	3	2
	2	19	64	65	35	3	2
	2	19	66	65	35	3	2
	3	66	64	105	40	3	2
	91	64	66	0	0	0	0
	91	66	19	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 150 วินาที						
21	1	64	914	0	55	3	2
	1	914	64	0	55	3	2
	2	64	914	60	35	3	2
	2	64	915	60	35	3	2
	2	64	64	60	35	3	2
	3	915	914	100	35	3	2
	91	914	915	0	0	0	0
	91	915	64	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 140 วินาที						
22	1	24	66	0	50	3	2
	1	24	916	0	50	3	2
	2	66	24	55	60	3	2
	2	66	23	55	60	3	2
	3	23	24	120	40	3	2
	3	23	916	120	40	3	2
	4	916	23	165	15	3	2
	4	916	66	165	15	3	2
	91	24	23	0	0	0	0
	91	66	916	0	0	0	0
	91	23	66	0	0	0	0
	91	916	24	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 185 วินาที						
23	1	2	22	0	40	3	2
	1	2	48	0	40	3	2
	2	22	2	45	45	3	2
	2	22	54	45	45	3	2
	3	48	54	95	45	3	2
	3	48	22	95	45	3	2
	4	54	48	145	40	3	2
	4	54	2	145	40	3	2
	91	2	54	0	0	0	0
	91	22	48	0	0	0	0
	91	48	2	0	0	0	0
	91	54	22	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 190 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
24	1	917	918	0	35	3	2
	1	917	25	0	35	3	2
	1	918	917	0	35	3	2
	1	918	22	0	35	3	2
	2	22	25	40	60	3	2
	2	25	22	40	60	3	2
	3	22	917	105	15	3	2
	3	25	918	105	15	3	2
	91	917	22	0	0	0	0
	91	918	25	0	0	0	0
	91	22	918	0	0	0	0
	91	25	917	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 125 วินาที						
25	1	63	24	0	35	3	2
	1	63	26	0	35	3	2
	1	63	919	0	35	3	2
	1	919	24	0	35	3	2
	2	26	24	40	60	3	2
	2	24	26	40	60	3	2
	3	26	919	105	15	3	2
	91	24	919	0	0	0	0
	91	919	26	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 125 วินาที						
26	1	25	27	0	60	3	2
	1	27	25	0	60	3	2
	2	25	27	65	50	3	2
	2	25	28	65	50	3	2
	91	27	28	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 120 วินาที						
27	1	62	921	0	35	3	2
	1	62	26	0	35	3	2
	1	62	35	0	35	3	2
	1	921	26	0	35	3	2
	2	26	35	40	60	3	2
	2	35	26	40	60	3	2
	3	35	921	105	15	3	2
	91	26	921	0	0	0	0
	91	921	35	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 125 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
28	1	26	29	0	40	3	2
	2	63	922	45	40	3	2
	91	26	922	0	0	0	0
	91	63	29	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 90 วินาที						
29	1	28	30	0	40	3	2
	2	923	62	45	40	3	2
	91	28	62	0	0	0	0
	91	923	30	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 90 วินาที						
30	1	29	31	0	40	3	2
	2	57	56	45	45	3	2
	91	29	56	0	0	0	0
	91	57	31	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 95 วินาที						
31	1	30	69	0	40	3	2
	2	32	51	45	45	3	2
	91	30	51	0	0	0	0
	91	32	69	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 95 วินาที						
32	1	11	56	0	40	3	2
	2	33	31	45	45	3	2
	91	11	31	0	0	0	0
	91	33	56	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 95 วินาที						
33	1	34	32	0	35	3	2
	1	34	12	0	35	3	2
	2	48	12	40	40	3	2
	2	48	34	40	40	3	2
	91	48	32	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 85 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
34	1	47	33	0	35	3	2
	1	47	13	0	35	3	2
	1	33	47	0	35	3	2
	1	33	926	0	35	3	2
	2	926	13	40	30	3	2
	2	926	47	40	30	3	2
	2	13	926	40	30	3	2
	2	13	33	40	30	3	2
	91	47	926	0	0	0	0
	91	33	13	0	0	0	0
	91	926	33	0	0	0	0
	91	13	47	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 75 วินาที						
35	1	27	36	0	40	3	2
	1	36	27	0	40	3	2
	2	27	36	45	30	3	2
	2	27	37	45	30	3	2
	3	37	36	80	30	3	2
	91	36	37	0	0	0	0
	91	37	27	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 115 วินาที						
36	1	35	929	0	45	3	2
	1	35	40	0	45	3	2
	2	929	35	50	40	3	2
	2	929	928	50	40	3	2
	3	40	928	95	40	3	2
	3	40	929	95	40	3	2
	4	928	40	140	45	3	2
	4	928	35	140	45	3	2
	91	35	928	0	0	0	0
	91	929	40	0	0	0	0
	91	40	35	0	0	0	0
	91	928	929	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 190 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
37	1	39	35	0	40	3	2
	1	39	931	0	40	3	2
	2	35	39	45	40	3	2
	2	35	930	45	40	3	2
	3	930	931	90	20	3	2
	3	930	39	90	20	3	2
	4	931	930	115	15	3	2
	4	931	35	115	15	3	2
	91	39	930	0	0	0	0
	91	35	931	0	0	0	0
	91	930	35	0	0	0	0
	91	931	39	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 135 วินาที						
38	1	10	39	0	45	3	2
	1	10	10	0	45	3	2
	2	39	10	50	30	3	2
	2	39	39	50	30	3	2
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 85 วินาที						
39	1	38	40	0	55	3	2
	1	38	42	0	55	3	2
	2	40	38	60	55	3	2
	2	40	37	60	55	3	2
	3	42	37	120	50	3	2
	3	42	40	120	50	3	2
	4	37	42	175	45	3	2
	4	37	38	175	45	3	2
	91	38	37	0	0	0	0
	91	40	42	0	0	0	0
	91	42	38	0	0	0	0
	91	37	40	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 225 วินาที						
40	1	39	41	0	45	3	2
	1	41	39	0	45	3	2
	2	41	39	50	35	3	2
	2	41	36	50	35	3	2
	3	36	39	90	30	3	2
	91	39	36	0	0	0	0
	91	36	41	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 125 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
41	1	40	68	0	45	3	2
	1	68	40	0	45	3	2
	2	40	40	50	30	3	2
	2	68	68	50	30	3	2
	3	934	40	85	20	3	2
	91	934	68	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 115 วินาที						
42	1	44	937	0	35	3	2
	1	44	936	0	35	3	2
	2	937	44	40	35	3	2
	2	937	39	40	35	3	2
	3	39	936	80	45	3	2
	3	39	44	809	45	3	2
	4	936	39	130	10	3	2
	4	936	937	130	10	3	2
	91	44	39	0	0	0	0
	91	937	936	0	0	0	0
	91	39	937	0	0	0	0
	91	936	44	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 145 วินาที						
43	1	49	44	0	45	3	2
	1	49	61	0	45	3	2
	2	44	49	50	40	3	2
	2	44	58	50	40	3	2
	3	61	58	95	35	3	2
	3	61	44	95	35	3	2
	4	58	61	135	25	3	2
	4	58	49	135	25	3	2
	91	49	58	0	0	0	0
	91	44	61	0	0	0	0
	91	61	49	0	0	0	0
	91	58	44	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 165 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
44	1	43	45	0	45	3	2
	1	45	43	0	45	3	2
	2	45	43	50	35	3	2
	2	45	43	50	35	3	2
	3	42	43	90	35	3	2
	91	43	42	0	0	0	0
	91	42	45	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 130 วินาที						
45	1	44	938	0	50	3	2
	1	44	940	0	50	3	2
	2	938	44	55	55	3	2
	2	938	939	55	55	3	2
	3	940	939	115	40	3	2
	3	940	938	115	40	3	2
	4	939	940	160	20	3	2
	4	939	44	160	20	3	2
	91	44	939	0	0	0	0
	91	938	940	0	0	0	0
	91	940	44	0	0	0	0
	91	939	938	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 185 วินาที						
46	1	8	60	0	45	3	2
	1	60	8	0	45	3	2
	2	60	8	50	30	3	2
	2	60	61	50	30	3	2
	3	61	8	85	35	3	2
	91	8	61	0	0	0	0
	91	61	60	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 125 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
47	1	34	941	0	40	3	2
	1	34	942	0	40	3	2
	2	941	34	45	45	3	2
	2	941	1	45	45	3	2
	3	942	1	95	45	3	2
	3	942	941	95	45	3	2
	3	1	942	95	45	3	2
	3	1	34	95	45	3	2
	91	34	1	0	0	0	0
	91	941	942	0	0	0	0
	91	942	34	0	0	0	0
	91	1	941	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 145 วินาที						
48	1	55	23	0	40	3	2
	2	943	33	45	30	3	2
	91	55	33	0	0	0	0
	91	943	23	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 80 วินาที						
49	91	59	43	0	0	0	0
	91	59	8	0	0	0	0
	91	59	9	0	0	0	0
	91	43	8	0	0	0	0
	91	43	9	0	0	0	0
	91	43	59	0	0	0	0
	91	8	9	0	0	0	0
	91	8	59	0	0	0	0
	91	8	43	0	0	0	0
	91	9	59	0	0	0	0
	91	9	43	0	0	0	0
	91	9	8	0	0	0	0
	91	70	9	0	0	0	0
	91	70	43	0	0	0	0
	91	70	8	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 0 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
50	1	14	945	0	40	3	2
	1	945	14	0	40	3	2
	1	945	9	0	40	3	2
	2	9	14	45	30	3	2
	91	14	9	0	0	0	0
	91	9	945	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 80 วินาที						
51	1	10	57	0	40	3	2
	2	31	946	45	45	3	2
	91	10	946	0	0	0	0
	91	31	57	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 95 วินาที						
52	1	18	53	0	30	3	2
	1	53	18	0	30	3	2
	2	53	947	35	25	3	2
	2	18	16	35	25	3	2
	3	16	947	65	30	3	2
	3	16	53	65	30	3	2
	3	947	16	65	30	3	2
	3	947	18	65	30	3	2
	91	18	947	0	0	0	0
	91	53	16	0	0	0	0
	91	16	18	0	0	0	0
	91	947	53	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 100 วินาที						
53	1	52	54	0	35	3	2
	1	54	52	0	35	3	2
	2	52	54	40	25	3	2
	2	52	15	40	25	3	2
	3	15	54	70	25	3	2
	91	54	15	0	0	0	0
	91	15	52	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 100 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
54	1	23	53	0	35	3	2
	1	53	23	0	35	3	2
	2	23	53	40	25	3	2
	2	23	948	40	25	3	2
	3	948	53	70	30	3	2
	91	948	23	0	0	0	0
	91	53	948	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 105 วินาที						
55	1	65	949	0	40	3	2
	1	65	48	0	40	3	2
	2	56	48	45	45	3	2
	91	56	949	0	56	3	2
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 95 วินาที						
56	1	32	923	0	40	3	2
	2	30	55	45	45	3	2
	2	30	923	45	45	3	2
	91	32	55	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 95 วินาที						
57	1	51	62	0	40	3	2
	2	951	30	45	45	3	2
	2	951	62	45	45	3	2
	91	51	30	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 95 วินาที						
58	1	59	952	0	35	3	2
	1	59	43	0	35	3	2
	2	952	59	40	35	3	2
	2	952	953	40	35	3	2
	3	43	953	80	35	3	2
	3	43	952	80	35	3	2
	3	953	43	80	35	3	2
	3	953	59	80	35	3	2
	91	59	953	0	0	0	0
	91	952	43	0	0	0	0
	91	43	59	0	0	0	0
	91	953	952	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 120 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
59	1	905	58	0	35	3	2
	1	905	49	0	35	3	2
	1	58	905	0	35	3	2
	1	58	954	0	35	3	2
	2	49	954	40	25	3	2
	2	49	58	40	25	3	2
	2	954	49	40	25	3	2
	2	954	905	40	25	3	2
	91	905	954	0	0	0	0
	91	58	49	0	0	0	0
	91	49	905	0	0	0	0
	91	954	58	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 70 วินาที						
60	1	71	46	0	40	3	2
	1	71	956	0	40	3	2
	1	46	71	0	40	3	2
	1	46	957	0	40	3	2
	2	957	956	35	30	3	2
	2	957	71	35	30	3	2
	2	956	957	35	30	3	2
	2	956	46	35	30	3	2
	91	957	46	0	0	0	0
	91	955	957	0	0	0	0
	91	956	955	0	0	0	0
	91	46	956	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 80 วินาที						
61	1	959	958	0	30	3	2
	1	959	46	0	30	3	2
	1	958	959	0	30	3	2
	1	958	43	0	30	3	2
	2	43	46	35	40	3	2
	2	43	959	35	40	3	2
	2	46	43	35	40	3	2
	2	46	958	35	40	3	2
	91	959	43	0	0	0	0
	91	958	46	0	0	0	0
	91	46	959	0	0	0	0
	91	43	958	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 80 วินาที						

ชื่อแยก	จังหวะสัญญาณไฟที่	แยกเริ่มต้น	แยกสิ้นสุด	เวลาเริ่มวินาทีที่ (วินาที)	ไฟเขียว (วินาที)	ไฟเหลือง (วินาที)	ไฟแดง (วินาที)
62	1	57	27	0	40	3	2
	2	29	950	45	40	3	2
	91	57	950	0	0	0	0
	91	29	27	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 90 วินาที						
63	1	923	25	0	40	3	2
	2	944	28	45	40	3	2
	91	923	28	0	0	0	0
	91	944	25	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 90 วินาที						
64	1	20	21	0	100	3	2
	1	21	20	0	100	3	2
	2	21	932	105	20	3	2
	2	20	66	105	20	3	2
	3	932	66	130	15	3	2
	3	932	20	130	15	3	2
	91	932	21	0	0	0	0
	91	21	66	0	0	0	0
	91	20	932	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 150 วินาที						
65	1	943	927	0	35	3	2
	1	927	943	0	35	3	2
	2	943	927	40	20	3	2
	2	943	55	40	20	3	2
	3	925	55	65	35	3	2
	3	925	943	65	35	3	2
	91	925	927	0	0	0	0
	91	927	55	0	0	0	0
	รอบเวลาสัญญาณไฟ = 105 วินาที						

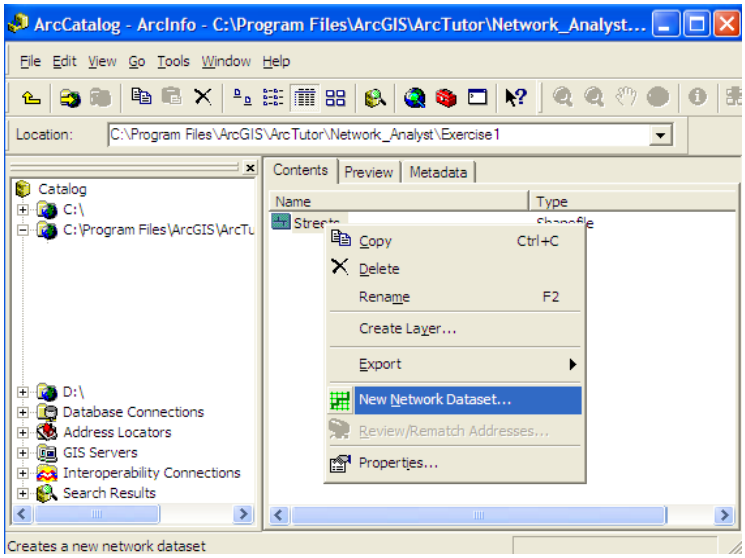
<u>หมายเหตุ</u> จังหวะสัญญาณไฟที่ 1 คือ การปล่อยสัญญาณไฟเป็นลำดับที่ 1
จังหวะสัญญาณไฟที่ 2 คือ การปล่อยสัญญาณไฟเป็นลำดับที่ 2
จังหวะสัญญาณไฟที่ 3 คือ การปล่อยสัญญาณไฟเป็นลำดับที่ 3
จังหวะสัญญาณไฟที่ 4 คือ การปล่อยสัญญาณไฟเป็นลำดับที่ 4
จังหวะสัญญาณไฟที่ 91 คือ เลี้ยวซ้ายหรือขวาเมื่อปลอดภัย

ภาคผนวก ค
การใช้โปรแกรม ArcGIS Desktop

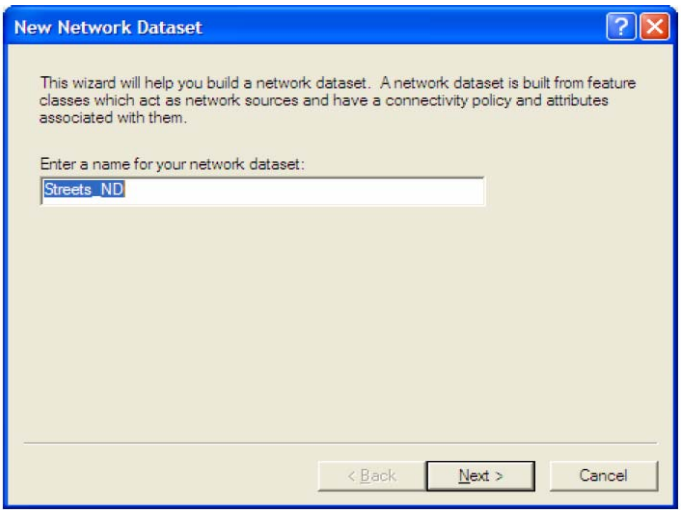
ขั้นตอนการใช้โปรแกรม ArcGIS Desktop

1. เปิดโปรแกรม ArcCatalog และคลิกเมนู Tool > Extension ในหน้าต่าง “Extension” ให้เลือก Network Analyst เพื่อเปิดการใช้ Extension และทำการสร้างข้อมูลโครงข่าย หรือ Network Dataset ใน Network Analyst Extension ของ ArcGIS Desktop นั้นสามารถสร้างผ่านทางโหมดวิซาร์ด (Wizard Mode) ที่อยู่ใน ArcCatalog โดยอาศัยข้อมูลถนนทั้งที่อยู่ในรูปแบบของ Shapefile หรือ Geodatabase ในการสร้าง

2. คลิกขวาที่ Shapefile หรือ Geodatabase จะปรากฏเมนู “New Network Dataset” ดังภาพที่ ค.1 คลิกที่คำสั่งนี้จะเข้าสู่โหมดวิซาร์ดการสร้าง Network Dataset เพื่อเป็นการตั้งชื่อ Network Dataset ดังภาพที่ ค.2

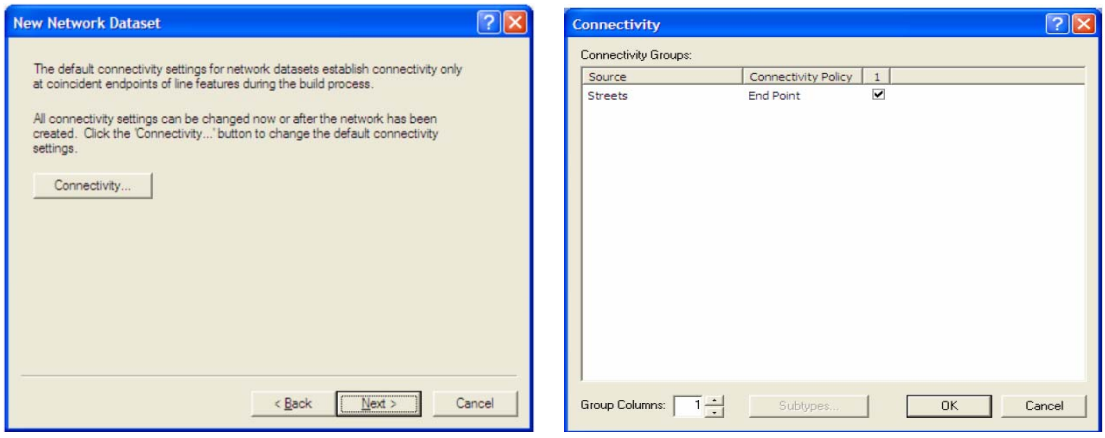


ภาพที่ ค.1 การสร้าง Network Dataset ของโปรแกรม ArcCatalog



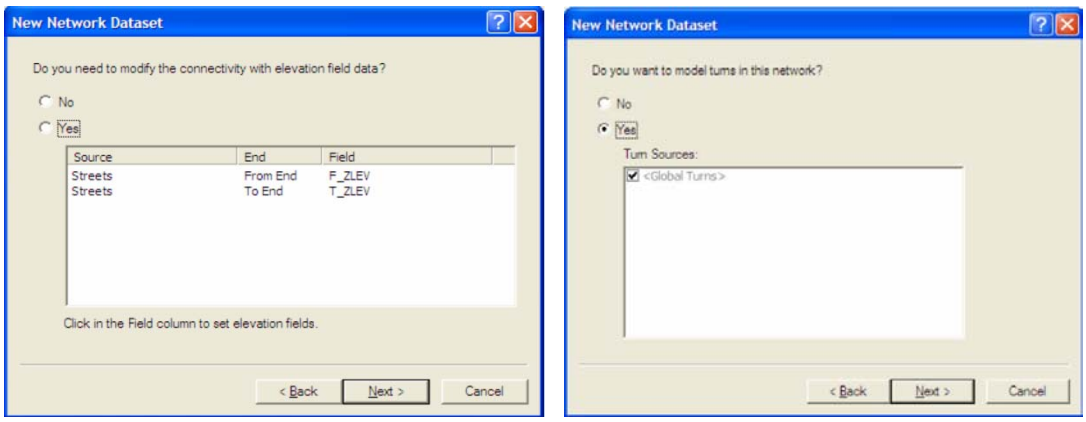
ภาพที่ ค.2 การตั้งชื่อ Network Dataset ของโปรแกรม ArcCatalog

3. คลิก Next จะเป็นการกำหนด Connectivity ของ Network Dataset คลิกปุ่ม Connectivity เพื่อกำหนดการเชื่อมต่อข้อมูลปลายถนนให้เลือกเป็น End Point คลิกปุ่ม OK และคลิก Next ดังภาพที่ ค.3



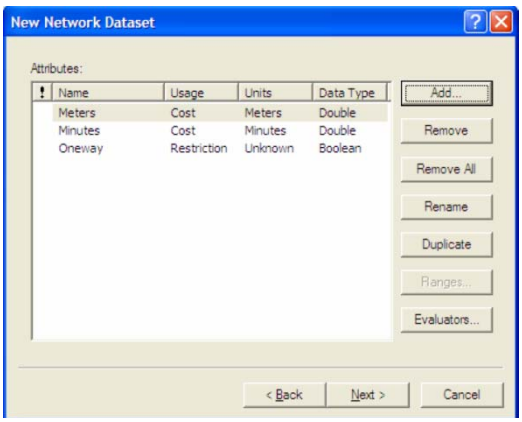
ภาพที่ ค.3 การกำหนด Connectivity ของ Network Dataset

4. ข้อมูลที่ไม่มีการเก็บค่าระดับความสูงให้กำหนดเป็น No และคลิก Next และเพื่อกำหนดการเลี้ยวของเส้นทาง คลิก Next ให้กำหนดเป็น Yes ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อต้องการใช้ความสามารถนี้จะมีการใช้ Global Turn โดยปริยาย ทั้งนี้จะสามารถกำหนดการเลี้ยวแบบต่างๆ ได้เพิ่มเติมโดยอาศัย Turn Feature Class ซึ่งสามารถ Migrate ได้จาก ArcView 3.2 จะปรากฏหน้าต่างดังภาพที่ ค.4



ภาพที่ ค.4 การกำหนดการเลี้ยวของเส้นทางของโปรแกรม ArcCatalog

5. คลิก Next เพื่อกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของ Network Dataset ดังภาพที่ ค.5



ภาพที่ ค.5 การกำหนดคุณสมบัติต่างๆของ Network Dataset

คุณสมบัติของ Network Dataset แบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้

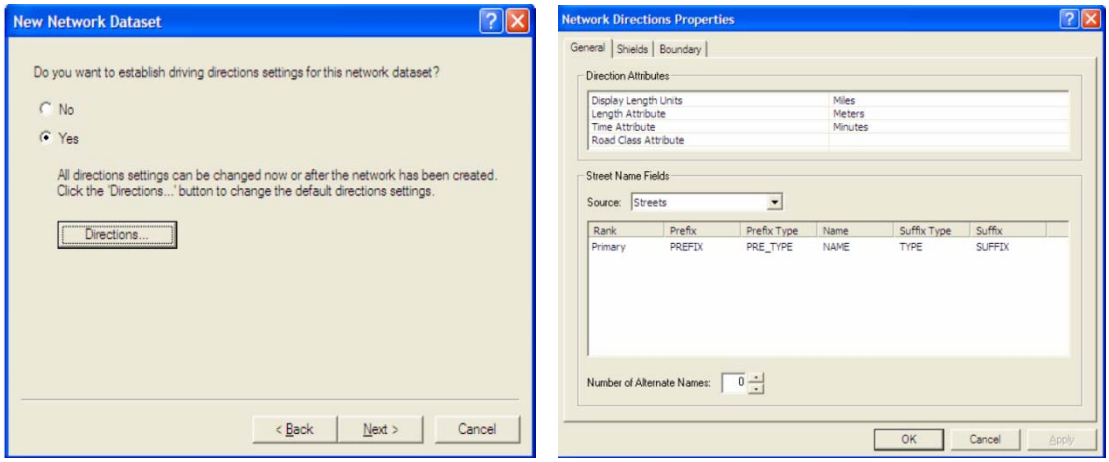
Cost เป็นข้อมูลกำหนด Impedances ของเส้นทาง เช่น เวลา หรือระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง ซึ่งจะใช้ในการคำนวณเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด หรือเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทาง โดยค่าที่กำหนดเป็น Cost นั้นจะแปรผันตรงกับความยาวของเส้นทางที่ใช้ในการเดินทาง

Descriptors เป็นข้อมูลกำหนดคุณสมบัติของเส้นทาง เช่น จำนวนช่องทางเดินรถ หรือ ข้อจำกัดความเร็วในแต่ละเส้นทาง ซึ่งสามารถใช้ในการอธิบายเวลาในการเดินทางของเส้นทางที่หาได้

Restrictions เป็นข้อมูลกำหนดข้อจำกัดของเส้นทาง เช่น เส้นทางเดินรถทางเดียว ข้อกำหนดในการเลี้ยว หรือเส้นทางที่ใช้ได้เฉพาะรถยนต์ ซึ่งสามารถใช้ในการคำนวณเส้นทางได้

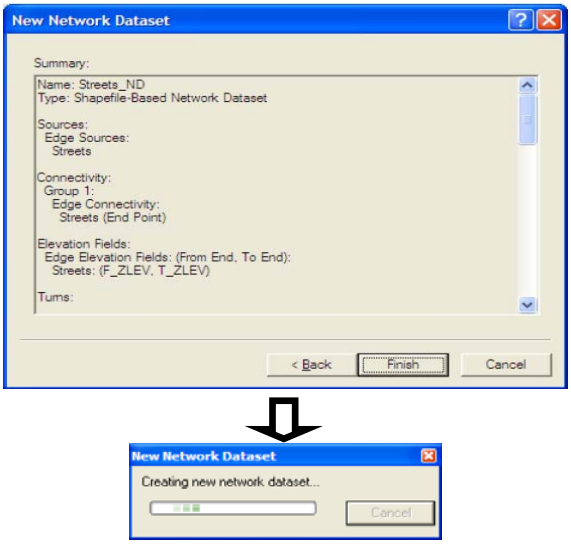
Hierarchy เป็นข้อมูลกำหนดระดับชั้นของเส้นทาง เช่น ถนนหลวง ทางด่วน ถนนหลัก หรือซอย ซึ่งสามารถใช้ในการคำนวณเส้นทางได้ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการหาเส้นทางโดยไม่ต้องการใช้ทางด่วน ทั้งนี้ใน Network Analyst จะแบ่งระดับชั้นของถนนออกเป็น 3 ระดับคือ Primary Roads, Secondary Roads, และ Local Roads ซึ่งในการกำหนดคุณสมบัติต่างๆของ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

6. กำหนดการแสดงทิศทางการขับรถ เมื่อคลิกที่ Directions จะปรากฏหน้าต่างคุณสมบัติแสดงทิศทางของเส้นทางดังภาพที่ ค.6 จากภาพที่ ค.6 ในส่วน General จะสามารถกำหนดหน่วยของการแสดงผล และชื่อของถนนได้ ส่วนในแถบ Shield นั้นจะสามารถกำหนดสัญลักษณ์ตามลักษณะของถนน เช่น ทางหลวง และทางด่วน นอกจากนี้ในแถบ Boundary จะกำหนดการแสดงขอบเขตในทิศทางการขับรถ



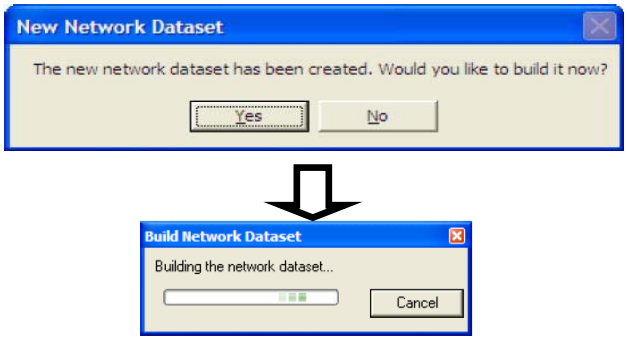
ภาพที่ ค.6 การกำหนดทิศทางการขับรถ

7. เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ในการสร้าง Network Dataset ในโหมดวิซาร์ดเสร็จแล้ว จะแสดงหน้าต่างสรุปค่าต่างๆ ไว้ดังภาพที่ ค.7 ก่อนการสร้าง Network Datasetเมื่อการกำหนดค่าต่างๆ เสร็จสิ้นแล้ว คลิก Finish เพื่อสั่งให้โปรแกรมสร้าง Network Dataset ขึ้นมา



ภาพที่ ค.7 หน้าต่างสรุปค่าต่างๆ ของNetwork Dataset

8. เมื่อทำการสร้าง Network Dataset เสร็จแล้วจะมีหน้าต่างปรากฏขึ้นมาดังภาพที่ ค.8 ตอบ Yes ที่หน้าต่างนี้โปรแกรมจะทำการ Build Network Dataset



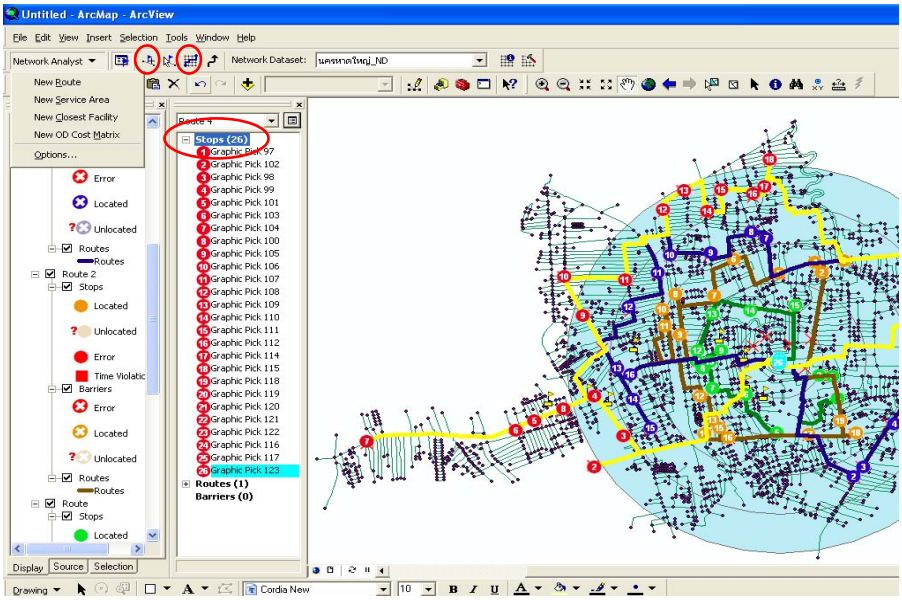
ภาพที่ ค.8 การ Build Network Dataset

โดย Network Dataset ที่สร้างใหม่ปรากฏขึ้นโดยมี Icons เป็น และจะมี Point Feature เพิ่มขึ้นมาเพื่อแสดงการเชื่อมต่อ (Junction) ของแต่ละเส้นทาง

9. ทำการวิเคราะห์โครงข่ายด้วยโปรแกรม ArcMap โดยเปิดการใช้งาน Enable Network Analyst Extension ก่อน จากแถบ Tools->Extension จากนั้นคลิกขวาที่แถบเครื่องด้านบนแล้วเลือก Network Analyst จะปรากฏแถบเครื่องมือ Network Analyst ดังภาพที่ ค.9 ทั้งนี้การระบุตำแหน่งที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงข่าย และการกำหนดคุณสมบัติในการวิเคราะห์จะกระทำผ่านหน้าต่าง Network Analyst ซึ่งสามารถเปิดได้โดยการคลิกที่ปุ่ม

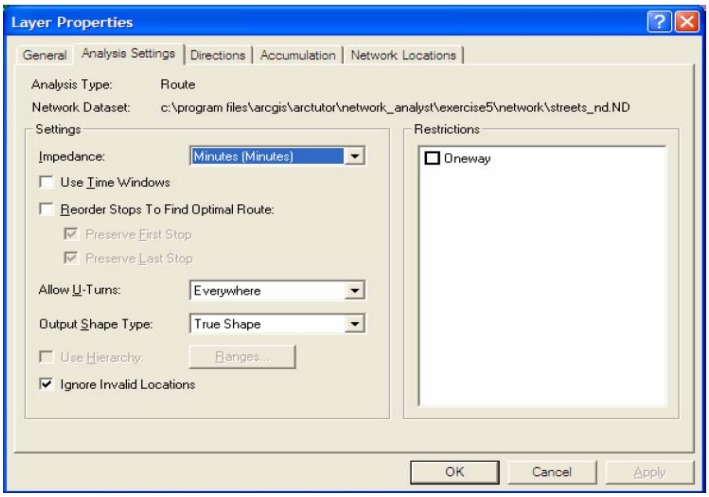
ภาพที่ ค.9 หน้าต่าง Network Analyst ใน โปรแกรม ArcMap

10. ไปที่เครื่องมือ Network Analyst แล้วเลือก New Route เพื่อทำการวิเคราะห์หาเส้นทาง แล้วเลือกที่ Stops ให้เป็นสีน้ำเงินและคลิกที่ Create Network Location ที่ใช้ในการระบุตำแหน่งในการวิเคราะห์ ระบุตำแหน่งแยกเริ่มต้น และปลายทางที่ต้องการวิเคราะห์เส้นทาง ซึ่งปลายทางนั้นอาจจะมีมากกว่า 1 ตำแหน่งก็ได้ โดยจะเป็นการวิเคราะห์เส้นทางจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2, 3 ดังภาพที่ ค.10



ภาพที่ ค.10 การใช้เครื่องมือในหน้าต่าง Network Analyst ของโปรแกรม ArcMap

11. คลิกที่ปุ่ม เพื่อเปิดหน้าต่างคุณสมบัติของ Route Layer แล้วเลือกที่แถบ Analysis Settings เพื่อกำหนดคุณสมบัติของการวิเคราะห์ ดังภาพที่ ค.11



ภาพที่ ค.11 หน้าต่างคุณสมบัติของ Route Layer

โดยจะสามารถกำหนดค่าต่างๆ ได้ดังนี้

Impedance คือ Cost ที่กำหนดไว้ใน Network Dataset ซึ่งอาจจะเป็นระยะทางหรือเวลาที่ใช้ในการเดินทาง

Time Windows คือ การกำหนดให้การวิเคราะห์พิจารณาเวลาที่จะสามารถไปยังปลายทางต่างๆ ได้

Reorder Stops To Find Optimal Route คือ การเรียงลำดับของปลายทางใหม่ในกรณีที่มีอยู่หลายปลายทางเพื่อให้สามารถหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้สามารถกำหนดจุดแยกเริ่มต้น และปลายทางสุดท้ายได้

Allow U-Turns คือ การกำหนดลักษณะของการยูเทิร์นที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

a. Everywhere: สามารถทำการยูเทิร์นได้ทุกๆที่บนเส้นทาง

b. Nowhere: ไม่สามารถทำการยูเทิร์นได้

c. Only At Dead Ends: สามารถทำการยูเทิร์นได้เฉพาะทางตันเท่านั้น

Output Shape Type คือ การกำหนดลักษณะการแสดงผลลัพธ์ ซึ่งสามารถแสดงได้ 3 ลักษณะคือ

a. None: ไม่มีการแสดงผลลัพธ์

b. Straight Line: แสดงผลลัพธ์เป็นเส้นตรงระหว่างจุดแยกเริ่มต้นและปลายทางต่างๆ

c. True Shape: แสดงผลลัพธ์ตามเส้นโครงข่ายระหว่างจุดแยกเริ่มต้นและปลายทางต่าง ๆ

โดยไม่ว่าจะเป็นการแสดงผลลัพธ์แบบใด ผลลัพธ์ก็จะเหมือนกันและเป็นการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลโครงข่าย

Use Hierarchy คือ การกำหนดระดับชั้นของเส้นทางที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อจำลองลักษณะการเดินทางจริง การเดินทางระหว่างจังหวัดจะใช้ทางด่วนหรือถนนหลวงมากกว่า และการเดินทางภายในจังหวัดจะใช้ถนนเส้นรอง หรือซอยมากกว่า

Ignore Invalid Locations คือ การกำหนดให้ละเลยตำแหน่งที่ไม่สามารถระบุได้ในการวิเคราะห์

Restrictions คือ การระบุข้อจำกัดต่างๆ ในการวิเคราะห์ เช่น เส้นทางเดินรถทางเดียว หรือการห้ามเลี้ยวที่ชื่อแยกต่างๆ

เมื่อกำหนดคุณสมบัติในการวิเคราะห์แล้ว คลิกที่ปุ่ม เพื่อหาผลลัพธ์ของการวิเคราะห์

ภาคผนวก ง
เส้นทางการเดินรถ

เส้นทาง	เที่ยว	เส้นทาง
1	ไป	804-47-1-2-3-4-5-6-67-701-702-703-6-704-5-705-706-4-707-3-708-7-709-8-711-12-801-13-802-34-803-804
	กลับ	804-803-34-802-13-12-801-50-49-711-8-709-7-708-3-707-4-706-705-5-704-6-703-702-701-67-6-5-4-3-2-1-47-804
2	ไป	804-34-33-32-31-69-10-38-39-40-41-68-720-719-718-717-41-716-715-40-39-714-38-10-713-9-712-49-9-10-69-11-12-801-13-802-34-803-804
	กลับ	804-803-34-802-13-12-9-801-50-40-712-9-713-10-38-714-39-40-715-716-41-718-719-720-68-41-40-39-38-10-69-11-12-13-34-804
3	ไป	804-47-1-70-49-721-43-722-44-723-45-724-725-71-726-60-727-728-46-729-8-7-3-730-731-2-23-803-48-33-12-801-13-802-34-804
	กลับ	804-803-34-802-13-12-801-50-14-1-2-731-731-3-7-8-729-26-728-727-60-726-71-725-724-45-723-44-722-43-721-70-1-47-804
4	ไป	804-47-1-2-15-732-16-17-733-18-19-734-20-64-21-735-64-66-736-737-22-738-24-739-25-26-740-28-741-29-30-742-31-69-11-12-801-13-802-34-803-804
	กลับ	801-803-34-802-13-12-801-11-32-742-56-741-740-63-25-739-27-738-22-737-736-66-20-64-735-21-64-20-734-19-18-733-17-16-732-15-2-47-804
5	ไป	804-24-25-26-27-35-743-745-37-746-39-747-748-749-750-42-751-752-753-38-10-9-49-9-10-69-11-12-801-13-802-34-803-804
	กลับ	804-803-34-802-13-12-801-11-32-742-56-63-25-26-27-35-743-745-37-746-39-747-748-749-750-42-751-752-753-38-10-11-12-13-34-804
6	ไป	806-39-38-10-9-49-8-7-3-4-5-6-67-701-702-703-6-704-5-705-706-4-707-3-708-7-709-8-711-49-712-9-713-10-38-807-39-808-40-41-809-40-806
	กลับ	806-40-41-809-40-39-807-38-10-713-9-712-49-711-8-709-7-708-3-707-4-706-705-5-704-6-703-702-701-67-1-2-3-4-5-6-7-8-49-9-10-38-39-806
7	ไป	806-39-38-10-69-11-12-13-14-1-2-754—15-732-16-17-733-18-19-734-20-64-21-735-64-66-736-737-22-738-24-739-25-26-740-28-741-29-30-742-31-69-10-38-807-39-808-40-41-809-40-806
	กลับ	806-40-41-809-40-39-807-38-10-11-12-12-13-14-1-1-2-754-15-732-16-17-733-18-19-734-20-64-21-735-64-736-737-22-738-24-739-25-26-740-28-741-29-30-742-31-69-10-38-39-806
8	ไป	806-39-38-10-9-49-721-43-722-44-723-45-724-725-726-60-727-728-46-729-8-7-3-730-731-2-1-14-755-13-12-11-32-31-69-10-38-807-39-808-40-41-809-40-806
	กลับ	806-40-41-809-40-39-807-38-10-9-49-722-44-723-45-724-725-726-60-727-728-46-729-7-3-730-731-2-1-14-55-13-12-11-10-38-39-806
9	ไป	806-40-41-68-720-719-718-717-809-40-808-36-35-743-745-37-39-749-750-42-751-752-807-38-39-808-40-41-809-40-806
	กลับ	806-40-41-809-40-39-808-38-38-807-752-751-42-750-749-39-37-745-743-35-36-40-717-718-719-720-48-41-40-806

<u>หมายเหตุ</u>	1-71	คือ	สัญญาณจราจร
	701-756	คือ	จุดหยุดรถรับ-ส่งนักเรียน
	801-809	คือ	โรงเรียน

ภาคผนวก จ
จำนวนนักเรียน 9 โรงเรียน ที่จุดหยุดรับ-ส่ง

จำนวนนักเรียนที่จุดหยุดรถรับ-ส่ง (คน)										
จุดหยุดรถรับ-ส่ง	โรงเรียน									
	กิตติวิทย์	วิริยะเธียร	แสงทอง	สุวรรณวงศ์	ศรีนคร	พลวิทยา	สมานคุณ	ท. 2	ท.5	รวม
BS1	4	0	14	28	2	12	1	3	0	64
BS2	5	0	6	30	3	10	2	4	0	60
BS3	3	0	9	19	8	18	2	3	0	62
BS4	3	3	11	15	5	9	1	4	0	51
BS5	4	3	17	20	12	14	3	8	2	83
BS6	8	4	18	35	10	16	3	8	2	104
BS7	8	5	15	36	9	20	3	5	3	104
BS8	5	2	13	15	22	24	4	4	1	90
BS9	8	3	12	14	24	24	5	8	3	101
BS11	9	5	19	15	20	25	5	9	5	112
BS12	4	5	12	18	14	28	3	2	4	90
BS13	2	6	15	19	8	30	4	6	3	93
BS14	8	2	12	14	10	0	0	0	0	46
BS15	7	3	10	20	7	0	0	0	0	47
BS16	3	2	14	22	12	0	0	0	0	53
BS17	4	1	13	23	8	78	8	24	5	164
BS18	2	2	5	23	8	54	7	23	4	128
BS19	4	2	4	25	10	45	3	15	5	113
BS20	3	1	2	26	12	67	4	14	6	135
BS21	10	2	8	26	12	43	2	8	5	116
BS22	5	3	9	28	12	24	4	9	6	100
BS23	6	3	10	16	8	23	6	4	6	82
BS24	7	4	8	19	9	17	3	3	5	75
BS25	3	3	17	20	22	25	4	5	7	106
BS26	5	5	14	17	24	24	5	3	3	100
BS27	3	3	15	18	9	23	4	2	4	81
BS28	2	2	11	19	10	42	4	5	3	98
BS29	6	5	13	26	8	45	5	6	6	120
BS30	5	6	12	23	6	45	6	8	6	117
BS31	7	8	15	20	8	47	8	5	8	126
BS32	6	5	20	25	6	48	4	10	5	129
BS33	7	4	19	26	8	56	8	10	4	142
BS34	6	2	14	26	9	60	8	6	2	133
BS35	3	5	19	28	7	53	5	8	5	133
BS36	4	3	14	29	6	76	4	5	3	144
BS37	5	2	14	29	13	53	8	6	4	134
BS38	4	4	13	18	12	40	5	8	5	109

จำนวนนักเรียนที่จุดหยุดรถรับ-ส่ง (คน)										
จุดหยุดรถรับ-ส่ง	โรงเรียน									
	กิตติวิทย์	วิริยะเธียร	แสงทอง	สุวรรณวงศ์	ศรีนคร	พลวิทยา	สมานคุณ	ท. 2	ท.5	รวม
BS39	4	3	20	22	14	48	4	5	2	122
BS40	5	4	10	21	13	56	2	8	2	121
BS41	4	5	13	19	8	20	3	9	1	82
BS42	5	3	15	22	6	20	2	10	1	84
BS43	6	2	12	23	8	19	4	10	1	85
BS45	11	5	18	20	15	20	7	15	5	116
BS46	6	2	16	21	16	0	0	0	0	61
BS47	5	1	14	25	12	0	0	0	0	57
BS48	7	1	13	26	13	0	0	0	0	60
BS49	3	1	12	27	4	40	8	12	7	114
BS50	4	1	11	28	5	55	12	15	6	137
BS51	3	1	9	29	6	65	11	10	7	141
BS52	6	3	10	29	6	78	4	35	13	184
BS53	3	4	13	23	6	0	0	0	0	49
BS54	0	0	0	0	0	45	5	23	12	85
BS55	0	0	0	0	0	64	4	17	16	101
รวม	260	154	652	1,165	525	1,748	217	420	203	5,344

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาววลักษ์กมล คงยัง
รหัสประจำตัวนักศึกษา 5110120041
วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนยกเว้นค่าเล่าเรียน จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ทุนผู้ช่วยสอน จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

วลักษ์กมล คงยัง , นิกร ศิริวงศ์ไพศาล, เสกสรร สุธรรมานนท์ และพัลลภัช เพ็ญจำรัส. 2553. การจัดเส้นทางการเดินรถของโครงการศึกษาความเป็นไปได้การจัดทำระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่. การจัดการการขนส่งและการกระจายสินค้า.การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการทางด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ครั้งที่ 10,11 -12 พฤศจิกายน 2553. กระบี่, ประเทศไทย.

วลักษ์กมล คงยัง , นิกร ศิริวงศ์ไพศาล, เสกสรร สุธรรมานนท์ และพัลลภัช เพ็ญจำรัส. 2554. การจำลองสถานการณ์ในการจัดเส้นทางการเดินรถของโครงการศึกษาความเป็นไปได้การจัดทำระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่. การจัดการการขนส่งและการกระจายสินค้า.การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการทางด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ครั้งที่ 11,12-13 มกราคม 2555. ชลบุรี, ประเทศไทย.