การจัดเส้นทางการเดินรถของโครงการศึกษาความเป็นไปได้การจัดทำระบบรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่

วลักษ์กมล คงยัง [1*],เสกสรร สุธรรมานนท์ [1],นิกร ศิริวงศ์ไพศาล [1]และพัลลภัช เพ็ญจำรัส [2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112 โทร.074-287025 -6 โทรสาร 074-558829

E-mail: tokama_p@hotmail.com*,(sakesun.s,nikorn.s)@psu.ac.th

[2]ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

โทร 074-287932 โทรสาร 074-287890 E-mail: pallapat.p@psu.ac.th

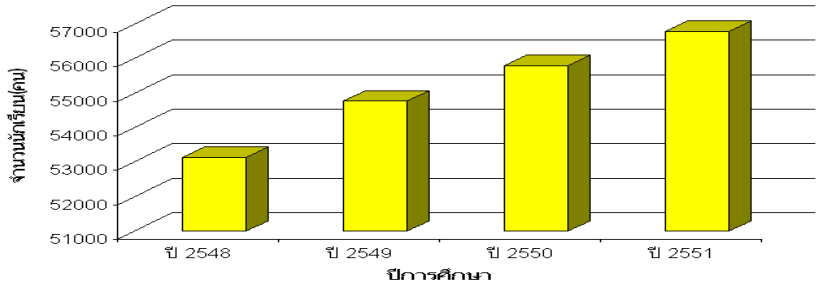
บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทศบาลนครหาดใหญ่ได้ประสบปัญหาการจราจรและมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการเดินทางของนักเรียน งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจัดทำระบบรถโรงเรียนเพื่อแก้ปัญหาการจราจรและเป็นระบบที่เป็นมาตรฐานในการจัดการต่อไป ซึ่งในบทความนี้เป็นการนำเสนอขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค เกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing Problem - VRP) มาช่วยในการหาคำตอบ การจัดเส้นทางสำหรับรถโรงเรียนในเทศบาลนครหาดใหญ่ที่นำเสนอการกำหนดจุดรับ-ส่งนักเรียนให้สอดคล้องกับความหนาแน่นของประชากรนักเรียนของแต่ละโรงเรียนที่รับบริการรวมทั้งรวบรวมข้อมูลเส้นทางในการเดินรถและรายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถโดยใช้เทคนิค Best Routing ของโปรแกรม ArcGIS Network Analyst มาประยุกต์ใช้ เพื่อวางแผนจัดการเส้นทางสำหรับรถโรงเรียนให้มีความเหมาะสม

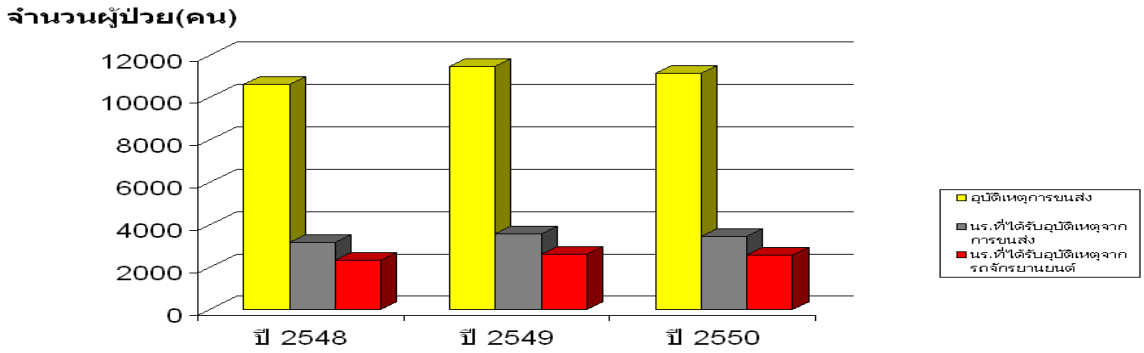
คำสำคัญ : การจัดเส้นทางการเดินรถโรงเรียน, Best Routing, ArcGIS Network Analyst

1.ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบปัญหาการจราจรและมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการเดินทางของนักเรียน จากความเจริญทางด้านเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็วของภาคใต้ โดยเฉพาะอำเภอหาดใหญ่ ซึ่งถือได้ว่าเป็นศูนย์กลางทางด้านเศรษฐกิจและการศึกษา จึงทำให้มีโรงเรียนเป็นจำนวนมาก จากรายงานพบว่าในเขตอำเภอหาดใหญ่มีจำนวนโรงเรียน 110 โรง ซึ่งมากที่สุดในจังหวัดสงขลา โดยอยู่ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่จำนวน 42 โรง ในปี พ.ศ. 2548 มีจำนวนนักเรียน 53,137 คน และปี พ.ศ. 2551 จำนวน 56,794 คน โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.24 ต่อปีดังรูปที่ 1 และจากรายงานผู้ป่วยอุบัติเหตุของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์และโรงพยาบาลหาดใหญ่ประจำปี พ.ศ. 2548-2550 พบว่าผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตมากเป็นอันดับหนึ่งเกิดจากอุบัติเหตุเนื่องมาจากการขนส่งถึงร้อยละ 41.27 ของการบาดเจ็บทั้งหมดโดยเฉลี่ยต่อปี โดยเป็นนักเรียน-นักศึกษาร้อยละ 29.95 และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 31.02 ในปี พ.ศ. 2550 ดังรูปที่ 2 ซึ่งสาเหตุหลักในการประสบอุบัติเหตุของนักเรียน-นักศึกษาเกิดจากการใช้รถจักรยานยนต์ถึงร้อยละ 73 อันเนื่องมาจากตัวนักเรียนเป็นผู้ขับขี่เอง หรือจากการขับขี่ของผู้ปกครองแต่ไม่มีการสวมหมวกนิรภัย



รูปที่ 1: แสดงจำนวนนักเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548-2551



รูปที่ 2:แสดงจำนวนผู้ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุการขนส่งใน อ.หาดใหญ่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548-2550

จากแนวโน้มและอัตราการเพิ่มของนักเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2551 ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและจากสถิติรายงานผู้ป่วยอุบัติเหตุ พบว่านักเรียนมีความเสี่ยงต่อการประสบอุบัติเหตุจากการขนส่งอย่างมากโดยเฉพาะจากการใช้รถจักรยานยนต์ ดังนั้นรถโรงเรียนจึงเป็นแนวทางอีกอย่างหนึ่งในการลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุของนักเรียน ซึ่งในบทความนี้เป็นการนำเสนอขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค เกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing Problem - VRP) มาช่วยในการหาคำตอบโดยใช้เทคนิค Best Routing ของโปรแกรม ArcGIS Network Analyst มาประยุกต์ใช้เพื่อวางแผนจัดการเส้นทางสำหรับรถโรงเรียนให้มีความเหมาะสมกับรูปแบบการเดินรถ โดยใช้พื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ. สงขลาเป็นกรณีศึกษา

2.บทความปริทัศน์และทฤษฎีพื้นฐาน

2.1. วิธีการแก้ปัญหาการเดินรถ

ปัญหาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์เป็นปัญหาการตัดสินใจที่มีความซับซ้อน คำตอบของการตัดสินใจที่ดีที่สุด หมายถึง การมีประสิทธิภาพสูงสุด ผลกำไรสูงสุด หรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินการน้อยที่สุด ปัญหาการจัดรถรับ-ส่งนักเรียน จัดเป็นปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP) ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญในการจัดการด้านโลจิสติกส์อย่างหนึ่ง สำหรับรูปแบบปัญหาเส้นทางการเดินรถแบบ VRP โดยทั่วไปแล้วมีวิธีการแก้ปัญหาเส้นทางการเดินรถ 4 ประเภทตามลักษณะของคำตอบที่แก้ไขได้ดังนี้ (ณกร, 2548)

1. เทคนิคการหาคำตอบด้วยวิธีการหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Method)
2. เทคนิคการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic Method)

3. วิธีการค้นหาคำตอบแบบเมตาฮิวริสติกส์ (Meta-Heuristic Method)

4. การจำลองเหตุการณ์ (Simulation)

โดยแต่ละวิธีจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานจะเลือกทฤษฎีใดนำมาใช้งาน

2.2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems : GIS) (วนิดา, 2547)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ที่ใช้ในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลกราฟิก (Graphic data) หรือข้อมูลตามลักษณะ (Attribute data) ให้อยู่ในระบบฐานข้อมูลเชิงเลข (Digital database) และมีคุณลักษณะในการวางซ้อน (Overlay) ข้อมูลแผนที่ เพื่อวิเคราะห์และแสดงผลออกมาทั้งในรูปของแผนที่กราฟิกและข้อมูลประกอบต่าง ๆ อาจกล่าวได้ว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีปริมาณมากที่รวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ โดยการเชื่อมโยงและผสมผสานข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยายที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งสามารถดัดแปลง แก้ไขและวิเคราะห์ แสดงผลการวิเคราะห์และการนำเสนอข้อมูลตามความต้องการของผู้ใช้ ทำให้เห็นมิติและความสัมพันธ์ด้านพื้นที่ของข้อมูล ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดความเข้าใจปัญหาและประกอบการตัดสินใจ

ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ประกอบด้วยข้อมูลกราฟิก (Graphic data) และข้อมูลตามลักษณะ (Attribute data) ถูกจัดรวบรวมไว้ในลักษณะฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic database) ซึ่งฐานข้อมูลนี้เป็นแหล่งเก็บข้อมูลเชิงตำแหน่ง ทำหน้าที่เป็นแบบจำลองแห่งความจริง (Model of Reality)

GIS จะเกี่ยวข้องกับข้อมูลทางภูมิศาสตร์ 3 ชนิดด้วยกัน คือ

- ข้อมูลจุด (point) ประกอบด้วยค่าพิกัด XY หนึ่งคู่ นับได้ว่าเป็นรูปแบบของข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ไม่มีมิติ (Zero dimensional objects) มีเพียงตำแหน่งในพื้นที่แต่ไม่มีระยะทางหรือความยาว เช่น จุดจอดรถรับ-ส่งนักเรียน
- ข้อมูลเส้น (line) ประกอบด้วยค่าพิกัด XY ของจุดเริ่มต้นและค่าพิกัด XY ของจุดสิ้นสุด เป็นการเชื่อมต่อจุดอย่างน้อย 2 จุดขึ้นไป ใช้เส้นแสดงวัตถุที่มีเพียงหนึ่งมิติ (One dimension) คือ มีตำแหน่งในพื้นที่ ความยาวแต่ไม่มีความกว้าง เช่น ถนน
- ข้อมูลพื้นที่ (Area or Polygon) ประกอบด้วยค่าพิกัด XY ชุดหนึ่ง ซึ่งจุดเริ่มต้นจะเป็นจุดเดียวกับจุดสิ้นสุด ใช้แสดงแทนวัตถุที่มีสองมิติ (Two-dimensional spatial objects) คือ มีทั้งตำแหน่ง ความยาวและความกว้าง เช่น พื้นที่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่

2.3 การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) (สุเพชร, 2552)

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 (ESRI, 2010)

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

Network Analysis ได้อาศัยหลักการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักในทฤษฎี 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 (Best Routing)
2. การหาสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด (Closet Facility)
3. การหาพื้นที่ในการให้บริการ (Service Area)
4. การหาค่าเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใด ๆ (Origin-Destination Cost Matrix)

ในที่นี้ใช้เทคนิคด้านการหาเส้นทาง (Best Routing) ซึ่งผู้ศึกษาสามารถกำหนดการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดอื่น ๆ ได้โดยสามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Cost) เป็นระยะทางที่สั้นที่สุดหรือเป็นระยะเวลาที่น้อยที่สุดไปยังจุดที่กำหนดต่าง ๆ ได้แก่ จุดพิกัดคลังสินค้า จุดพิกัดบ้านของนักเรียน จุดพิกัดโรงเรียนที่ต้องเดินทางโดยรถยนต์ไปยังจุดหมายเหล่านั้น ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ได้ ดังนี้

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

การหาเส้นทางที่เหมาะสมด้วยโปรแกรมการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) ใช้หลักการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ด้วยขั้นตอนวิธี (Algorithm) พื้นฐานของ E.W.Dijkstra (Dijkstra's Algorithm) เพื่อเป็นการหาระยะทางสั้นสุด (shortest-path-tree) โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกเป็นการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดและขั้นที่สองเป็นการแก้เส้นทางแบบลำดับชั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้รวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการนำเอาทฤษฎีกราฟมาใช้และจำลองแผนที่โดยใช้กราฟ หรือแปลงแผนที่เป็นกราฟเชิงเดี่ยวไม่ขาดตอนที่ระบุทิศทางและสามารถระบุสถานภาพความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุลงไปในกราฟ ในกรณีของการกำหนดเส้นทางเดินรถ จะกำหนดให้จุดต่อ (Nodes) แทนตำแหน่งป้ายรับ-ส่งและเส้น (Arcs) แทนถนนที่เชื่อมระหว่างจุดแต่ละจุด โดย

กำหนดระยะทางระหว่างจุดต่อเป็นตัวเลขลงไปในเส้นกราฟ และเรียกกราฟที่มีลักษณะดังกล่าวว่า กราฟที่กำหนดน้ำหนัก (Weighted graph) โดยทั่วไปค่าที่กำหนดให้กับเส้นในกราฟอาจแทนค่า ใช้จ่าย ระยะทาง หรือเวลา ซึ่งเป็นจำนวนจริงที่ไม่เป็นลบ จากสูตร

โครงข่าย G = {V,E}

เมื่อ V(G) คือ เซตของจุดต่อ (Nodes) ในกราฟ G

และ E(G) คือ เซตของเส้น (Arcs) ในกราฟ G

duv ใช้แทนความยาวของเส้น $(u,v)\varepsilon E$

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

S เป็นเซตของจุดยอดโดยมีค่าเริ่มต้นเป็นเซตวาง

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 ไ ปถึงจุด 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

2.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤษดา (2543) : ศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการจัดเส้นทางเก็บขนมูลฝอย กรณีศึกษา เทศบาลตำบลประชาธิปัตย์ จังหวัดปทุมธานี โดยมีจุดมุ่งหมายให้รถแต่ละคันมีพื้นที่รับผิดชอบที่สมดุลกันและมีระยะการเดินทางที่สั้นที่สุด โดยใช้โปรแกรม ArcView Network Analyst และแบบศึกษาสำนึก (Heuristic) ในการออกแบบและจัดทำฐานข้อมูล รวมทั้งออกแบบส่วนเชื่อมประสานกราฟิกกับผู้ใช้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถบันทึกประมวลผล วิเคราะห์ผลได้ โดยใช้ปัจจัยด้านระยะทางเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพของเส้นทาง

ดนัย และคณะ (2550): ศึกษาการพัฒนาโครงการระบบ Logistics เพื่อบริหารจัดการ รถบริการรับ-ส่งพนักงานการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) โดยนำเสนอแนวทางในการดำเนินงาน ซึ่งเลือกใช้วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic Approach) และนำแผนที่ระบบ GIS (Geographic Information System) ของ กฟน.มาประยุกต์ใช้สำหรับ โครงการฯ นี้ โดยมีเป้าหมายการดำเนินงาน 3 ระยะ คือระยะที่ 1 การปรับขนาดรถบริการรับ-ส่ง เพื่อให้เหมาะสมและรองรับการใช้บริการพนักงานจำนวน 1,500 คนที่ใช้บริการอยู่ในปัจจุบัน ระยะที่ 2 คือ การจัดเส้นทางการเดินรถใหม่ จาก 61 สาย เป็น 55 สาย โดยเป็นการดำเนินงานที่ต่อเนื่องจากการทำงานระยะที่ 1 นำแผนที่ระบบ GIS ของ กฟน. มาช่วยในการดำเนินงานและนำทฤษฎี Vehicle Routing Problem: VRP มาช่วยแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ และวิธีฮิวริสติกส์มาใช้ในการจัดทำ Model สุดท้ายเป็นระยะที่ 3 คือ การขยายเส้นทางรถบริการรับ-ส่ง เพื่อรองรับการเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการในอนาคต

Braca et al., (1997) : ศึกษาการแก้ปัญหาเส้นทางเดินรถโรงเรียนในนิวยอร์กด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CATS โดยใช้ข้อมูลในปีการศึกษา 1992/93 ของเมืองแมนฮัตตัน ซึ่งมีนักเรียนที่ใช้บริการรถโรงเรียน 4,619 คน มีจุดจอดรถรับส่ง 838 จุด จำนวน 73 โรงเรียน ในการออกแบบเส้นทางการเดินรถโดยดำเนินการ 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ทำการติดตั้งข้อมูลพื้นฐานและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems :GIS) เพื่อเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องของนักเรียนและโรงเรียน ระยะที่ 2 เป็นการพัฒนาปรับปรุงต่อเนื่องจากระยะที่ 1 เพื่อการบริการอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และระยะที่ 3 เป็นการจัดตั้งมาตรฐานที่เหมาะสมที่สุดเพื่อสร้างซอสแวร์ที่ใช้ข้อมูลของนักเรียน โรงเรียน และ GIS สร้างอัลกอริทึม และนำวิธีฮิวริสติกส์มาปรับใช้กับทฤษฎี Capacitated Vehicle Routing Problem :CVRP เพื่อให้เกิดเส้นทางและตารางการเดินรถที่เหมาะสมและต้นทุนลดลง จากการศึกษาพบว่าโดยปกติรถโรงเรียนวิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ย 8 ไมล์ต่อชั่วโมง ต้องใช้รถรับส่งในช่วงเช้า 74 คัน ช่วงบ่าย 67 คัน เมื่อใช้ อัลกอริทึมคำนวณ พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 10 และ 12 ไมล์ต่อชั่วโมง ต้องใช้รถรับส่งในช่วงเช้า 64 และ 59 คันตามลำดับ ช่วงบ่าย 60 และ 56 คันตามลำดับ

Fugenschuh (2009): ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดตารางการเดินรถโรงเรียนด้วยโปรแกรมประมวลผล ซึ่งทำการ ศึกษานักเรียนที่อยู่ในเขตพื้นที่ชนบทในประเทศเยอรมัน โดยใช้ตัวแบบโปรแกรมประมวลผลเพื่อใช้ในการประมวลค่าระหว่างเวลาที่โรงเรียนเปิดเรียนและการบริการของรถสาธารณะ โดยใช้เทคนิคเริ่มกระบวนการโดยใช้การกำหนดสมการเชิงเส้น (Linear Programming) ร่วมกับตัวแบบรีฟอร์มูเลชั่นด้วย Big-M และ การตัดแผนงาน (Cutting Planes) ด้วยวิธีฮิวริสติกส์ และรวมกันไว้ในอัลกอริทึมขยายและตัด (Branch and Cut Algorithm) ร่วมกับทฤษฎีปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะตามกรอบระยะเวลา (Vehicle Routing and Scheduling Problem with Time Window : VRPTW) และผลจากการคำนวณพบว่าถ้าต้องการให้รถสาธารณะที่มีอยู่จำนวนน้อยแต่เพียงพอต่อการบริการได้ โดยโรงเรียนต้องเปิดเรียนในเวลาที่แตกต่างกัน

3.วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนการจัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่งนักเรียนไปยังโรงเรียนที่เข้ารับบริการ

3.1.1. ความต้องการในการใช้บริการรถโรงเรียน

สำรวจข้อมูลผู้บริโภคในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เพื่อเป็นข้อมูลของการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด โดยใช้แบบสอบถามผู้ปกครองนักเรียนเป็นเครื่องมือวิจัย ซึ่งใช้หลักการหาขนาดกลุ่มตัวอย่างประชากรของ Yamane (บุญชม, 2545) และแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็น 3 กลุ่มที่มีอิสระต่อกัน คือ กลุ่มนักเรียนอนุบาล นักเรียนประถมและนักเรียนมัธยม(รวมทั้งนักเรียน ปวช.) ได้กลุ่มตัวอย่างประชากรจำนวน 1,203 ชุด 35 โรงเรียน โดยส่งแบบสอบถามจริงจำนวน 1,400 ชุด พบว่าปริมาณความต้องการใช้บริการรถโรงเรียนโดยรวม 53.8 % แต่เมื่อนำมาคิดแยกตามกลุ่มการแจกแบบสอบถามกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มที่มีอิสระต่อกัน พบว่าปริมาณความต้องการใช้บริการรถโรงเรียนของกลุ่มนักเรียนอนุบาล นักเรียนประถมและนักเรียนมัธยม(รวมทั้งนักเรียน ปวช.)เป็น 55.7%,64.3% และ 39.4% ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกจัดรถโรงเรียนให้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษา จำนวน 23 โรงเรียน

เนื่องจากในการจัดเส้นทางการเดินรถต้องทราบที่อยู่ของผู้ใช้บริการในการจัดเส้นทาง จากข้อมูลที่อยู่ที่มีเพียง 9 โรงเรียน ดังนั้นจึงเลือกจัดเส้นทางให้กับนักเรียนระดับชั้นประถม จำนวน 9 โรงเรียน ดังนี้

ตารางที่ 1: การกระจายตัวของนักเรียนในโรงเรียนกรณีศึกษา

ลำดับ	โรงเรียน	จำนวนนักเรียนระดับชั้นประถมปี 2551				
		จังหวัดอื่น ๆ	อำเภออื่น ๆ	ตำบลอื่น ๆ	ต.หาดใหญ่	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	1301
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

3.1.2. การหาความหนาแน่นของประชากรนักเรียนระดับชั้นประถม

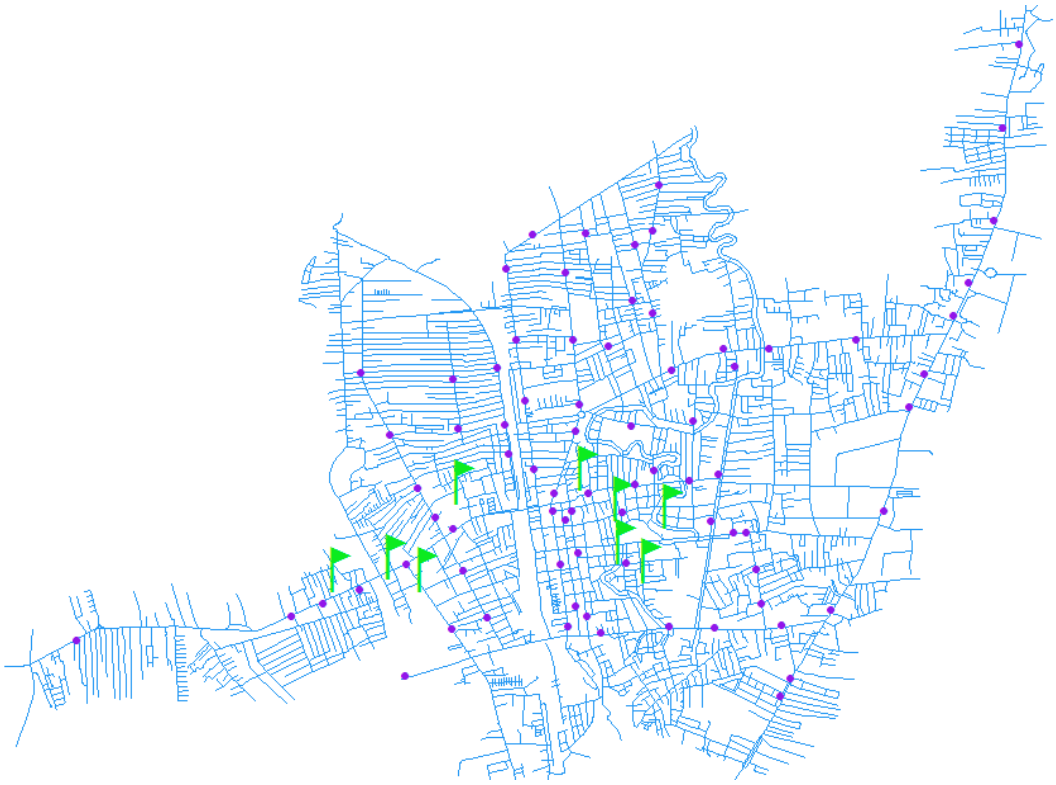
หาความหนาแน่นของประชากรนักเรียนระดับชั้นประถม โดยตรวจสอบจากข้อมูลที่อยู่ของนักเรียนโรงเรียนต่าง ๆ โดยการแบ่งประชากรเป็นเขต โดยใช้เครื่อง GPS รุ่น Garmin GPS III Plus ในการระบุพิกัดของตำแหน่งที่อยู่ของนักเรียนโดยรวม เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดจุดรับ-ส่งนักเรียน

3.1.3. ประเภทรถที่ใช้ในการบริการ

เนื่องจากผลการสำรวจความต้องการในการใช้บริการรถนักเรียนในระดับชั้นประถม เลือกใช้รถมินิบัสในการใช้บริการ จึงเลือกใช้รถมินิบัสขนาด 23 ที่นั่ง (รวมคนขับ) ซึ่งสามารถให้บริการได้จำนวนมากกว่ารถตู้และมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าและใช้ความเร็วเฉลี่ยในการเดินรถ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

3.1.4. ตำแหน่งของป้ายรถรับ-ส่งนักเรียน

จากการหาความหนาแน่นของประชากรนักเรียนระดับชั้นประถม ทำให้สามารถกำหนดป้ายรถรับ-ส่งนักเรียน โดยยึดหลักความหนาแน่นของประชากรนักเรียน ย่านต่าง ๆในชุมชน ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ ผังถนน และสภาพการจราจร โดยยึดหลักการเข้าออกของรถสะดวก เนื่องจากรถที่ใช้บริการเป็นรถขนาดใหญ่จึงกำหนดให้เดินรถเฉพาะถนนสายหลักเท่านั้น โดยมีป้ายรถรับ-ส่งนักเรียนที่ครอบคลุมทั้งเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวน 78 ป้าย ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3: ป้ายรถรับ-ส่งนักเรียนและโรงเรียน 9 โรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

3.1.5. ระยะทางระหว่างป้ายรถรับ-ส่งนักเรียนและโรงเรียน

ระยะทางระหว่างป้ายรถรับ-ส่งนักเรียนและโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ สามารถหาได้จากข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวมไว้ โดยข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาหาระยะทางได้จากโปรแกรม ArcGIs 9.2 ในฟังก์ชัน Network Analysis ในการวิเคราะห์และประมวลผล

3.2. การจัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่งนักเรียน

การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่งนักเรียน เป็นการจำลองรูปแบบการเดินรถในสถานการณ์จริง โดยกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับปัญหาแล้วทำการวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสม โดยสามารถทำตามขั้นตอนในการจำลองรูปแบบสำหรับการแก้ปัญหาได้ดังนี้

3.2.1. เขตพื้นที่ในการจัดเส้นทางการเดินรถ

เนื่องจากการกระจายตัวของโรงเรียนทั้ง 9 โรงเรียนและสภาพผังเมืองของเทศบาลนครหาดใหญ่ สามารถแบ่งเขตการเดินรถได้เป็น 2 พื้นที่ คือ เขตพื้นที่ 1 ประกอบด้วย โรงเรียนกิตติวิทย์ วิริยะเธียรวิทยา อนุบาลสุวรรณวงศ์ ศรีนครมูลนิธิและแสงทองวิทยา ส่วนเขตพื้นที่ 2 ประกอบด้วย โรงเรียนพลวิทยา สมานคุณวิทยาทาน เทศบาล 2และเทศบาล 5

จากแบบสอบถามความต้องการใช้บริการรถโรงเรียน พบว่า เขตที่ 1 โรงเรียนที่มีความต้องการใช้บริการรถโรงเรียนมากที่สุดถึง 87.50% คือ โรงเรียนอนุบาลสุวรรณวงศ์ จึงกำหนดให้โรงเรียนอนุบาลสุวรรณวงศ์เป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในการรับส่งนักเรียน และเขตที่ 2 โรงเรียนที่มีความต้องการใช้บริการรถโรงเรียนมากที่สุด คือ โรงเรียนพลวิทยาซึ่งมีมากถึง 88.57% จึงกำหนดให้โรงเรียนพลวิทยาเป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในการรับส่งนักเรียน

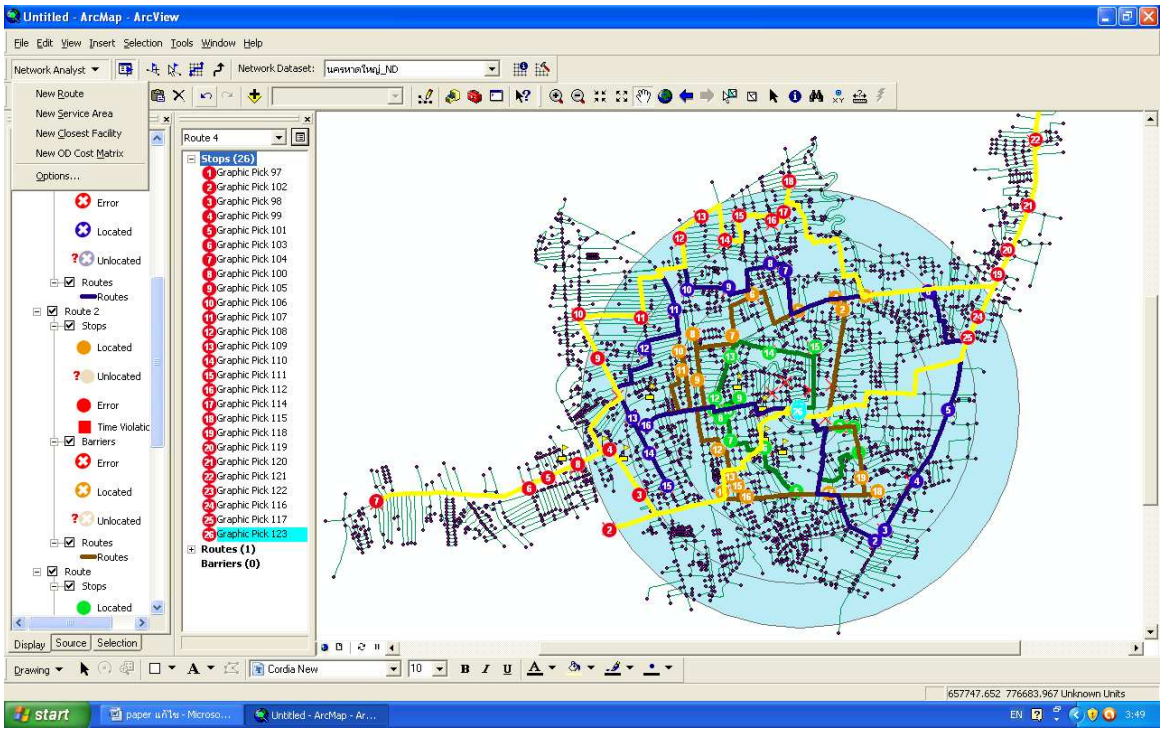
3.2.2. การกำหนดเส้นทางการเดินรถ

ในขั้นตอนนี้ได้ปฏิบัติพร้อมกับการเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงข่ายเป็นขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณหาระยะทางที่สั้นที่สุดจากปัจจัยต่าง ๆ ที่สามารถกำหนดเป็นค่าตัวเลขได้ เช่น ระยะทาง เวลาที่ใช้ในการเดินทางการจราจร โดยบทความนี้ใช้โปรแกรม ArcView 3.2 และ ArcGIS Network Analyst 9.2 ของบริษัท ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc.) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นำเอาขั้นตอนวิธีของ Dijkstra (Dijkstra's Algorithm) มาใช้ในการวิเคราะห์โครงข่าย

ข้อกำหนดในการจัดเส้นทางเดินรถที่ใช้รวมกับโปรแกรม ArcGIS Network Analyst 9.2 คือ

1. แบ่งเขตพื้นที่การเดินรถเป็น 2 เขตตามที่กล่าวไว้เบื้องต้น
2. กำหนดให้รถวิ่งบนถนนที่มีความกว้างมากกว่า 3 เมตร
3. กำหนดให้โรงเรียนที่เป็นจุดศูนย์กลางในการรับส่งในแต่ละเขตพื้นที่เป็นจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดในการรับ-ส่งนักเรียน คือ โรงเรียนพลวิทยาและโรงเรียนอนุบาลสุวรรณวงศ์
4. กำหนดให้เส้นทางในการเดินรถด้วยรัศมีวงละ 500 เมตร โดยที่ระยะ 500 เมตรแรกไม่มีการบริการรับส่งเนื่องจากตามพฤติกรรมของแบบสอบถาม พบว่า ผู้ปกครองที่มีระยะทางห่างจากบ้านและโรงเรียนไม่เกิน 500 เมตร จะนิยมมารับ-ส่งนักเรียนด้วยตนเอง
5. กำหนดให้ใช้ค่าระยะทางในการเดินทาง โดยไม่ใช้ค่านาทีในการเดินทาง

ขั้นตอนการกำหนดเส้นทางเดินรถได้นำเอาฐานข้อมูลถนน จุดจอดรถรับ-ส่งนักเรียน ตำแหน่งของสถานที่ของจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเข้าสู่โปรแกรม ArcGIS Network Analyst โดยกำหนดหน่วยวัดระยะทางเป็นเมตร (meter) แล้วทำการวิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยโปรแกรม ArcGIS โดยเปิดโปรแกรมย่อย Network Analyst และเรียกใช้ฟังก์ชั่น Find Best Route ซึ่งสามารถหาเส้นทางการเดินรถได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4: การจัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่งนักเรียนด้วยโปรแกรม ArcGIS Network Analyst

4. ผลของการวิเคราะห์วิจัย

เมื่อสร้างแบบจำลองการจัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่งนักเรียนด้วยเทคนิค Best Routing ของโปรแกรม ArcGIS Network Analyst โดยจำลองการจัดเส้นทางโรงเรียนที่เข้ารับการบริการจำนวน 9 โรงเรียน ที่มีโรงเรียนอนุบาลสุวรรณวงศ์และโรงเรียนพลวิทยาเป็นจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดการรับ-ส่งนักเรียน ในเขตพื้นที่ 1 และ 2 ตามลำดับ สามารถสรุปเส้นทางได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ผลการวิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการจัดเส้นทางการเดินรถรับ-ส่งนักเรียนเขตพื้นที่ 1 และ 2

เขตพื้นที่	เส้นทางที่	จำนวนป้ายในการรับ-ส่ง	ระยะทาง(km)
1 (อนุบาลสุวรรณวงศ์)	1 (500-1000 m)	16	7.384
	2 (1,000-1500 m)	20	13.537
	3 (1500-2000 m)	17	16.580
	4 (2000 m เป็นต้นไป)	26	28.781
2 (พลวิทยา)	1 (500-1000 m)	12	8.032
	2 (1000-1500 m)	15	8.549
	3 (1500-2000 m)	13	10.216
	4 (2000 -2500 m)	10	10.854

จากตารางที่ 2 สามารถสร้างเส้นทางให้โรงเรียนในพื้นที่ที่ 1 ที่มีโรงเรียนอนุบาลสุวรรณวงศ์เป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดได้ 4 เส้นทาง มีระยะทางในการเดินทาง 7.384 13.537 16.580 และ 28.781 กิโลเมตร ตามลำดับ และในพื้นที่ที่ 2 ทีมีโรงเรียนพลวิทยาเป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดได้ 4 เส้นทาง มีระยะทางในการเดินทาง 8.032 8.549 10.216 และ 10.854 ตามลำดับ โดยแต่ละเส้นทางมีจำนวนจุดหยุดรับ-ส่งไม่เท่ากัน เนื่องจากความหนาแน่นของประชากรในช่วงรัศมีแตกต่างกัน

5.บทวิจารณ์และบทสรุป

จากการศึกษาพบว่า การจัดเส้นทางการเดินรถโรงเรียนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่สามารถนำเทคนิค Best Routing ของโปรแกรม ArcGIS Network Analyst มาใช้ในการจัดเส้นทางเพื่อเป็นพื้นฐานในการสร้างระบบรถโรงเรียนได้ อย่างไรก็ตามด้วยลักษณะของตัวอย่างปัญหาในการนำเสนอในบทความครั้งนี้ยังไม่ได้นำระยะเวลาในการเดินรถเข้ามาคำนวณด้วยในขณะนี้ เนื่องจากเป็นการหาระยะทางที่สั้นสุดในเบื้องต้น เพื่อให้เหมาะกับระบบที่เกิดขึ้นจริงจึงควรจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม ProModel เข้ามาช่วยในการประมวลผล

บรรณานุกรม

[1] ณกร อินทร์พยุง.2548.การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์.พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

[2] ดนัย จิตต์ธีรภาพ และคณะ.2550. การพัฒนาโครงการระบบ Logistics เพื่อบริหารจัดการรถบริการรับ-ส่งพนักงาน.ฝ่ายนโยบาย แผน และงบประมาณ.การไฟฟ้านครหลวง

[3] บุญชม ศรีสะอาด. 2545. การวิจัยเบื้องต้น. สำนักพิมพ์สิวิริยาสาสน์. กรุงเทพฯ

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

[5] วนิดา ร่มรื่น.2547.การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบลแหลมฉบัง จังหวดชลบุรี วิทยานิพนธ์อักษรศาสตร์มหาบัณฑิต, คณะอักษรศาสตร์,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

[7] เวชสถิติ 1720 และศูนย์ HA3261.2551.รายงานข้อมูลเฝ้าระวังการบาดเจ็บ 2548-2551.โรงพยาบาลหาดใหญ่

[8] สำนักงานการศึกษา.2552.ข้อมูลนักเรียนโรงเรียนในสังกัดเทศบาลนครหาดใหญ่ปีการศึกษา 2548-2551.เทศบาลนครหาดใหญ่

[9] สุเพชร จิรขจรกุล.2552.เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Destop 9.3.1.พิมพ์ครั้งที่ 1 . นนทบุรี :บริษัท เอส.อาร์ พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด

[10] Braca,J., Bramel,J.,Posner,B. and Levi,D.S.1997. A computerized approach to the New York City school bus routing problem. IIE Transactions,no.29:693-702

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

[12] Fugenschuh,A.2009.Solving a school bus scheduling problem with integer programming. Operation Research,no.193:867-884