



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการจัดเส้นทาง การขนส่งสินค้าสำหรับ
การขนส่งสินค้าที่มีหลายศูนย์กระจายสินค้าบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์”
โครงการย่อยที่ 2

โดย รองศาสตราจารย์ ดร. เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช และ คณะ
พฤศจิกายน 2557

สัญญาเลขที่ RDG5650029



โครงการ “การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าสำหรับการขนส่งสินค้าที่มีหลายศูนย์กระจายสินค้าบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์”

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. รศ.ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. ผศ.ดร.ทรงศักดิ์ รองวิริยะพานิช มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ชุดโครงการย่อยที่ 2

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความคิดเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช.-สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

บทสรุปผู้บริหาร	IV
บทคัดย่อ	VI
ABSTRACT	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1. ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2. วัตถุประสงค์.....	1
บทที่ 2 ทบทวนทฤษฎี และ วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
บทที่ 3 แนวทางและวิธีการพัฒนา	10
3.1 แนวคิดในการพัฒนา.....	10
3.2 ขั้นตอนการดำเนินวิจัยและพัฒนาของโครงการนี้	11
3.3 การสำรวจข้อมูลการขนส่งของกรณีศึกษา	15
3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม	16
บทที่ 4 ผลลัพธ์จากการดำเนินงาน.....	17
4.1. ผลการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ด้วยแนวทาง OBJECT-ORIENTED	17
4.2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมกับการจัดการขนส่งของกรณีศึกษา	22
4.3 การประยุกต์ใช้โปรแกรมการจัดเส้นทางแบบ ROUTE-FIRST-CLUSTER-SECOND	27
4.4 การประยุกต์ใช้โปรแกรมการจัดเส้นทางแบบ CLUSTER-FIRST- ROUTE-SECOND	29
4.5 แนวทางการประยุกต์ใช้โปรแกรมสำหรับสถานการณ์การวางแผนที่หลากหลาย	31
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	33
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	33
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	37
ภาคผนวก ก. คำศัพท์เทคนิค	38

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ผลการเปรียบเทียบ Desktop GIS แบบ Open Source.....	6
ตารางที่ 2.2 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติซอฟต์แวร์ที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถ.....	7
ตารางที่ 2.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพซอฟต์แวร์ที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถ	8
ตารางที่ 3.1 สรุป feature ของโปรแกรมที่พัฒนา	10
ตารางที่ 4.1 รูปแบบไฟล์ Excel สำหรับนำเข้าข้อมูล Customer.....	18
ตารางที่ 4.2 รูปแบบไฟล์ Excel สำหรับนำเข้าข้อมูล Delivery Order.....	19
ตารางที่ 4.3 รูปแบบไฟล์ Excel สำหรับนำเข้าข้อมูล Vehicle	19
ตารางที่ 4.4 รายชื่อตารางทั้งหมดสำหรับโปรแกรมจัด Route พร้อมคำอธิบายตาราง	21
ตารางที่ 4.5 ผลการใช้โปรแกรมช่วยจัดแผนและเส้นทางการจัดส่งสินค้าของบริษัท อินเด็กซ์ ลิฟวิ่งมอลล์ จำกัด	23
ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรม กรณีศึกษาธุรกิจจำหน่ายกระเบื้องและวัสดุ ตกแต่ง	26
ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรม กรณีศึกษาธุรกิจจำหน่ายน้ำมันเครื่อง	27
ตารางที่ 4.8 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธี Route-First-Cluster-Second	29
ตารางที่ 4.9 ผลการจัดเส้นทางของวิธี Cluster-First-Route-Second กับการจัดเส้นทางโดยไม่แบ่งกลุ่มจุดส่ง	29

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างปัญหา TSP	3
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของปัญหา VRP และคำตอบของปัญหา	3
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการจัดเส้นทางด้วยวิธี Cluster-First Route-Second.....	11
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการจัดเส้นทางด้วยวิธี Route-First-Cluster-Second.....	11
รูปที่ 3.3 แสดงผลการจัดเส้นทางแบบ Grand Tour ด้วยวิธี TSP	13
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการทำ Nearest Neighbor Search	14
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธี Local Search.....	15
รูปที่ 4.1 หน้าจอแสดงการนำเข้าข้อมูล Orders การส่งสินค้าที่จะจัดแผนการส่ง	17
รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงเส้นทางขนส่งที่จัดโดยโปรแกรม	17
รูปที่ 4.3 โครงสร้างฐานข้อมูลเพื่อจัดเส้นทางกระจายสินค้า	20
รูปที่ 4.4 เอกสารยืนยันการเข้าร่วมทดสอบโปรแกรมของบริษัท อินเด็กซ์ ลิฟวิ่งมอลล์ จำกัด	24
รูปที่ 4.5 Grand Tour ของจุดส่งทั้งหมด	28
รูปที่ 4.6 ผลการจัดเส้นทางโดยแบ่ง Cluster ของ Grand Tour ออกเป็นเส้นทางย่อย	28
รูปที่ 4.7 ผลการจัดเส้นทางแบบไม่แบ่งกลุ่มย่อย	30
รูปที่ 4.8 ผลการจัดเส้นทางแบบ Cluster-First-Route-Second.....	30

บทสรุปผู้บริหาร

การขนส่งสินค้านับเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีต้นทุนสูงและส่งผลกระทบต่อค่าบริการลูกค้าโดยตรง ดังนั้นการบริหารการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการ โดยเฉพาะในสภาวะที่มีการแข่งขันทางธุรกิจอย่างรุนแรงทั้งในประเทศและจากการเปิดเสรีด้านโลจิสติกส์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของตามกรอบ AEC ผู้ประกอบการไทย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนากระบวนการขนส่งสินค้าเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพทั้งในด้านต้นทุนและคุณภาพบริการเพื่อให้สามารถแข่งขันได้ แนวทางหนึ่งที่มีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศคือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการบริหารการขนส่งสินค้าซึ่งพบว่าช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้อย่างสูง

ในประเทศไทยนั้น แม้จะมีงานวิจัยด้านการบริหารจัดการรถบรรทุกอยู่จำนวนหนึ่ง แต่ก็พบว่าในทางปฏิบัติผู้ประกอบการยังไม่ได้นำเทคโนโลยีเหล่านี้ไปใช้จริง เนื่องจากข้อจำกัดของงานวิจัยที่ไม่ได้ถูกออกแบบเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและขาดการเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูลขององค์กร ในขณะเดียวกันซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นในต่างประเทศเช่น ArcLogistics ก็ไม่สามารถตอบสนองการใช้งานตามข้อจำกัดของประเทศไทยได้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า เพื่อให้สามารถตอบสนองการใช้งานของผู้ประกอบการในประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลกระทบต่อยกระดับความสามารถของผู้ประกอบการโลจิสติกส์ของไทยในการแข่งขันกับผู้ประกอบการต่างชาติ จากการเปิดเสรีธุรกิจบริการโลจิสติกส์ในอนาคต

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อวางแผนเส้นทางขนส่งทั้งกรณีแบบมีรอบเวลา (VRP-TW) และแบบไม่มีรอบเวลา (VRP และ TSP) เพื่อช่วยให้การจัดแผนการขนส่งซึ่งเป็นปัญหาพื้นฐานในภาคอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทั้งในด้านเวลาและค่าใช้จ่าย โครงการวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางในต่างประเทศพบว่าปัจจุบันผู้ใช้นิยมการใช้งานโปรแกรมแบบที่เป็น Web-based และต้องการผลลัพธ์อย่างรวดเร็ว จึงได้เลือกใช้อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ โดยใช้การหาคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธี Nearest Neighbor Search และการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Local Search ในขั้นตอนสุดท้ายจึงทำการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Meta Heuristics การคำนวณด้วยวิธีดังกล่าวทำให้ได้คำตอบที่มีคุณภาพสูงใกล้เคียงกับวิธี Exact แต่ใช้ระยะเวลาสั้นกว่ามาก จึงสามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมได้มากกว่า

ผู้วิจัยได้ออกแบบสถาปัตยกรรมของโปรแกรมจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า สำหรับการขนส่งสินค้าที่มีหลายศูนย์กระจายสินค้าบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยได้กำหนดภาษาจาวาเป็นภาษาสำหรับพัฒนา Web Application และ ใช้ภาษา C++ ในการพัฒนาส่วนการจัดเส้นทางขนส่ง (Route Planning) ในขณะที่ใช้ฐานข้อมูล Open Source คือ PostgreSQL ซึ่งเพิ่มการติดตั้ง PostGIS เพื่อให้สามารถจัดเก็บข้อมูล Geo Data และ ใช้ Google Map API สำหรับการแสดงผล ในการพัฒนาโปรแกรมการคำนวณเส้นทางส่วน Solver Engine พัฒนาด้วยภาษา C++ เพื่อคำนวณเส้นทางและแผนขนส่ง และทีมพัฒนาได้ใช้เทคโนโลยีคอม

โพเน้นท์ COM+ เพื่อให้ฟังก์ชันการวางแผนขนส่ง (Route Planning) ของ VRP Solver Engine สามารถถูกเรียกใช้จากโปรแกรมอื่นๆได้ เช่น จากเว็บแอปพลิเคชัน นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้กำหนดรูปแบบไฟล์เพื่อนำเข้าข้อมูลอินพุตสำหรับจัดแผนและเส้นทางขนส่ง และ พัฒนาโปรแกรมส่วนนำเข้าข้อมูลจากไฟล์สู่ระบบเพื่อจัดแผน และ ยังได้ออกแบบฐานข้อมูลสำหรับโปรแกรมจัดเส้นทางขนส่ง ที่มิวิจัยได้รวบรวมข้อมูลทดสอบรวบรวมจากภาคอุตสาหกรรมนำร่องมาจำนวนหนึ่ง และได้จัดเก็บลงในฐานข้อมูลที่ได้ออกแบบแล้ว

ผู้วิจัยได้สำรวจกระบวนการและปัญหาการจัดแผนขนส่งจากบริษัทเอกชนที่เข้าร่วมทดสอบทั้งสิ้น 3 บริษัทคือ ธุรกิจจำหน่ายเฟอร์นิเจอร์ที่มีบริการจัดส่งถึงบ้านลูกค้า ผู้ผลิตและจัดจำหน่ายน้ำมันเครื่อง และ ธุรกิจจำหน่ายกระเบื้องและวัสดุตกแต่งที่มีบริการส่งถึงบ้านลูกค้า ได้นำปัญหาของกรณีศึกษามาใช้ทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem) เปรียบเทียบกับการวางแผนด้วยคน โดยใช้ตัวชี้วัด เช่น จำนวนเที่ยวรถ อัตราการบรรทุก และระยะทางที่รถวิ่ง เป็นต้น

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมพบว่าการใช้โปรแกรมช่วยลดระยะเวลาในการวางแผนลงได้อย่างมาก เช่นในกรณีของการจัดแผนการขนส่งเฟอร์นิเจอร์ที่มีจุดส่งมากถึง 400 จุดต่อวัน การจัดแผนด้วยคนจำเป็นต้องใช้ผู้วางแผน 6 คนทำงาน 8 ชั่วโมง แต่การจัดด้วยโปรแกรมสามารถวางแผนได้ในระยะเวลาไม่เกิน 30 นาที โดยใช้คนทำงานเพียง 2 คน และอาจใช้เวลาในการปรับแผนอีกเล็กน้อย นอกจากการประหยัดเวลาทำงานแล้ว การใช้โปรแกรมยังช่วยเพิ่มอัตราการบรรทุกของรถและจำนวนจุดส่งต่อเที่ยวในกรณีของธุรกิจจัดส่งกระเบื้อง ซึ่งจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งลงได้ และในกรณีของการขนส่งน้ำมันเครื่องโปรแกรมสามารถลดค่าขนส่งลงได้ร้อยละ 9.6 เมื่อเทียบกับแผนที่จัดโดยผู้วางแผน

ปัญหาและอุปสรรคหลักในการดำเนินโครงการวิจัย เป็นเรื่องของ การเจรจาข้อตกลงด้านการใช้ประโยชน์จากโปรแกรมที่พัฒนาในโครงการวิจัย ทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงบริษัทเอกชนที่ร่วมมือในโครงการวิจัย รวมทั้งการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการจัดแผนขนส่งด้วย Planner เทียบกับการจัดด้วยโปรแกรมใช้เวลานานและต้องอาศัย Planner ซึ่งมีความกังวลว่าหากประสิทธิภาพของโปรแกรมจัดแผนอัตโนมัติมีประสิทธิภาพสูงกว่า Planner อาจจะได้รับผลกระทบทำให้ไม่ค่อยให้ความร่วมมือในการทดสอบ

บทคัดย่อ

การขนส่งสินค้านับเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีต้นทุนสูงและส่งผลกระทบต่อค่าบริการลูกค้าโดยตรง แนวทางในการบริหารการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพที่มีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศคือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการบริหารการขนส่งสินค้าซึ่งพบว่าช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้อย่างสูง ในประเทศไทยนั้น แม้จะมีงานวิจัยด้านการบริหารจัดการรถบรรทุกอยู่จำนวนหนึ่ง แต่ก็พบว่าในทางปฏิบัติผู้ประกอบการยังไม่ได้นำเทคโนโลยีเหล่านี้ไปใช้จริง เนื่องจากข้อจำกัดของงานวิจัยที่ไม่ได้ถูกออกแบบเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน และขาดการเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูลขององค์กร ในขณะเดียวกันซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นในต่างประเทศก็ไม่สามารถตอบสนองการใช้งานตามข้อจำกัดของประเทศไทยได้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้สามารถตอบสนองการใช้งานของผู้ประกอบการในประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางในต่างประเทศพบว่าปัจจุบันผู้ใช้นิยมการใช้งานโปรแกรมแบบที่เป็น Web-based และต้องการผลลัพธ์อย่างรวดเร็ว จึงได้เลือกใช้อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาแบบ Heuristics โดยใช้การหาคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธี Nearest Neighbor Search และการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Local Search ในขั้นตอนสุดท้ายจึงทำการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Meta Heuristics การคำนวณด้วยวิธีดังกล่าวทำให้ได้คำตอบที่มีคุณภาพสูงใกล้เคียงกับวิธี Exact แต่ใช้ระยะเวลาสั้นกว่ามาก จึงสามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมได้มากกว่า ผู้วิจัยได้ออกแบบสถาปัตยกรรมของโปรแกรมจัดเส้นทางขนส่งสินค้าโดยได้กำหนดภาษาจาวาเป็นภาษาสำหรับพัฒนา Web Application และ ใช้ภาษา C++ ในการพัฒนาส่วนการจัดเส้นทางขนส่ง ในขณะที่ใช้ฐานข้อมูล Open Source คือ PostgreSQL ซึ่งเพิ่มการติดตั้ง PostGIS เพื่อให้สามารถจัดเก็บข้อมูล Geo Data และ ใช้ Google Map API สำหรับการแสดงผล VRP Solver Engine สามารถถูกเรียกใช้จากโปรแกรมอื่นๆได้ เช่น จากเว็บแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยได้สำรวจกระบวนการและปัญหาการจัดแผนขนส่งจากบริษัทเอกชนที่เข้าร่วมทดสอบทั้งสิ้น 3 บริษัท โดยนำปัญหาของกรณีศึกษามาใช้ทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมจัดเส้นทางขนส่งเปรียบเทียบกับ การวางแผนด้วยคน โดยใช้ตัวชี้วัด เช่น จำนวนเที่ยวรถ อัตราการบรรทุก และระยะทางที่ร่ว่ง เป็นต้น ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมพบว่าการใช้โปรแกรมช่วยลดระยะเวลาในการวางแผนลงได้อย่างมาก เช่นในกรณีของการจัดแผนการขนส่งเฟอร์นิเจอร์ที่มีจุดส่งมากถึง 400 จุดต่อวัน การจัดแผนด้วยคนจำเป็นต้องใช้ผู้วางแผน 6 คนทำงาน 8 ชั่วโมง แต่การจัดด้วยโปรแกรมสามารถวางแผนได้ในระยะเวลาไม่เกิน 30 นาที โดยใช้คนทำงานเพียง 2 คน นอกจากการประหยัดเวลาทำงานแล้ว การใช้โปรแกรมยังช่วยเพิ่มอัตรา การบรรทุกของรถและจำนวนจุดส่งต่อเที่ยวในกรณีของธุรกิจจัดส่งกระเบื้อง ซึ่งจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งลงได้ และในกรณีของการขนส่งน้ำมันเครื่องโปรแกรมสามารถลดค่าขนส่งลงได้ร้อยละ 9.6 เมื่อเทียบกับแผนที่จัดโดยผู้วางแผน

Abstract

Freight transportation is an indispensable process of business and industry due to its high cost and direct impact on the customer services. An approach to increasing the transportation efficiency is to utilize the information technology, which will in effect reduce costs. Nevertheless, in Thailand the technology has not been adopted by local industry due to the implementation difficulties and inability to integrate with existing ERP software. World class software also failed to handle local constraints. Therefore, the authors see the needs to develop a vehicle routing software, which can be easily customized to deal with different transportation problems of Thai industries effectively.

This project surveyed literature on VRP software in the market and found that a majority of software is web-based and employs heuristics algorithm to ensure timely results. Nearest Neighbor Search, local search strategy and meta-heuristics are chosen to solve the VRP and VRPTW problems. By using this technique, computation time is significantly shorter than the exact algorithm. As a result, the proposed technique can be applied to solve real-world problem, where response time is a top priority. The software architecture is designed to be web application using java framework development, interfacing with C++ vehicle routing problem solver. PostgreSQL with PostGIS extension is chosen as database engine in order to enable Geo-data storage and interfacing with Google Map API.

Our software was applied to a number of VRP problems of Thai industries to compare efficiency of the solution with those of manual method. The number of trips, vehicle utilization and running distance are used as KPIs for the comparison. It was found that the software could significantly reduce time required for route planning. For example, in the case of 400-node problem, planning time could be cut to 30 minutes using 2 planners instead of 8 planners working a whole day. Moreover, the software could also increase vehicle utilization and the number of drops per trip, resulting in lower transportation cost. In a case study, cost is cut by 9.6 percent compared to the manual planning.

บทที่ 1 บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญ

การขนส่งสินค้านับเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีต้นทุนสูงและส่งผลกระทบต่อค่าบริการลูกค้าโดยตรง ดังนั้นการบริหารการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพจึงมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการ โดยเฉพาะในสถานะที่มีการแข่งขันทางธุรกิจอย่างรุนแรงทั้งในประเทศและจากการเปิดเสรีด้านโลจิสติกส์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของตามกรอบ AEC ผู้ประกอบการไทยจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนากระบวนการขนส่งสินค้า เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพทั้งในด้านต้นทุนและคุณภาพบริการเพื่อให้สามารถแข่งขันได้ แนวทางหนึ่งที่มีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศคือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการบริหารการเดินรถ ซึ่งพบว่าช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้อย่างสูง การศึกษาในสหรัฐอเมริกาโดย Kearney (1984) ได้ทำการสำรวจปัญหาในการปรับปรุงระบบโลจิสติกส์พบว่าร้อยละ 83 ของบริษัทต้องการปรับปรุงการจัดการระบบรับและจัดส่งสินค้าของตนเอง¹⁾ ในสหภาพยุโรป (EU) ได้มีการสนับสนุนงานวิจัยด้านนี้อย่างมากในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา²⁾ เช่น โครงการ GIFTS³⁾ ซึ่งมุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเช่น ระบบติดตามยานพาหนะและ e-market place มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้า และ โครงการ MOSCA⁴⁾ ซึ่งได้พัฒนา Web Application สำหรับการจัดเส้นทางยานพาหนะ

ในประเทศไทยนั้น แม้จะมีงานวิจัยด้านการบริหารจัดการรถบรรทุกอยู่จำนวนหนึ่ง แต่ก็พบว่าในทางปฏิบัติผู้ประกอบการยังไม่ได้นำเทคโนโลยีเหล่านี้ไปใช้จริง เนื่องจากข้อจำกัดของงานวิจัยที่ไม่ได้ถูกออกแบบเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน และขาดการเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูลขององค์กร^{5,6)} ในขณะเดียวกันซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นในต่างประเทศเช่น ArcLogistics⁷⁾ ก็ไม่สามารถตอบสนองการใช้งานตามข้อจำกัดของประเทศไทยได้

ในโครงการวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า เพื่อให้สามารถตอบสนองการใช้งานของผู้ประกอบการในประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลกระทบต่อยกระดับความสามารถของผู้ประกอบการโลจิสติกส์ของไทยในการแข่งขันกับผู้ประกอบการต่างชาติจากการเปิดเสรีธุรกิจบริการโลจิสติกส์ในอนาคต

1.2. วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการขนส่งที่มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่ง และมีกรอบเวลาในการจัดส่งที่แน่นอน (Multiple Depot VRP with Time Windows) ภายใต้ขอบเขตของการวิจัยคือ ปัญหาการจัดเส้นทางที่รถมีความจุจำกัด ยานพาหนะมีหลายขนาด การจัดส่งมีกรอบเวลาที่แน่นอน พิจารณาระยะทางการเดินทางและระยะเวลาโดยประมาณ เพื่อจำกัดความยาวของเที่ยวการขนส่ง ไม่พิจารณาปัญหาการจัดเรียงสินค้าบนรถ ไม่แสดงผลการจัดเส้นทางแบบแจกแจงลำดับเส้นทางบนโครงข่ายถนน โดยจะแสดงเฉพาะลำดับของจุดส่งและเวลาในการขนส่งเท่านั้น

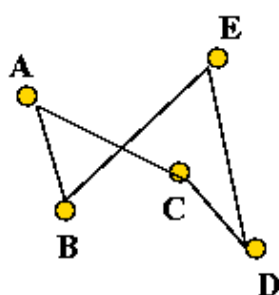
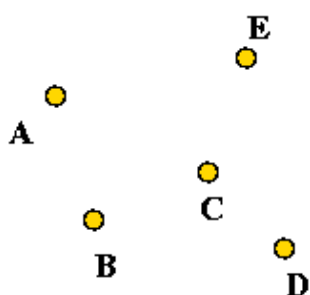
- 2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในการแก้ปัญหาจริงของกรณีศึกษาของภาคเอกชนในประเทศ
- 3) เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีความสามารถในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการแก้ปัญหาด้านการขนส่งและโลจิสติกส์

บทที่ 2 ทบทวนทฤษฎี และ วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปัญหา Traveling Salesman Problem (TSP)

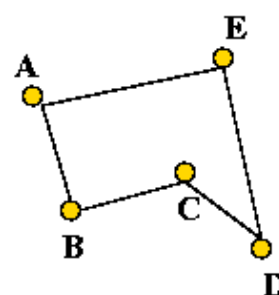
ปัญหา TSP เป็นการกำหนดลำดับในการเดินทางระหว่างจุดส่งที่กำหนดและย้อนกลับมายังจุดเริ่มต้น ดังแสดงใน รูปที่ 2.1 ในการจำแนกความซับซ้อนในการคำนวณจัดให้ปัญหา TSP อยู่ในประเภท NP-Complete กล่าวคือความซับซ้อนเพิ่มขึ้นแบบ Exponential ตามจำนวนจุดส่งที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงไม่นิยมใช้การแก้ปัญหาแบบ Exact แต่จะใช้การแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์

Input:



A non-optimal tour:

A B E D C



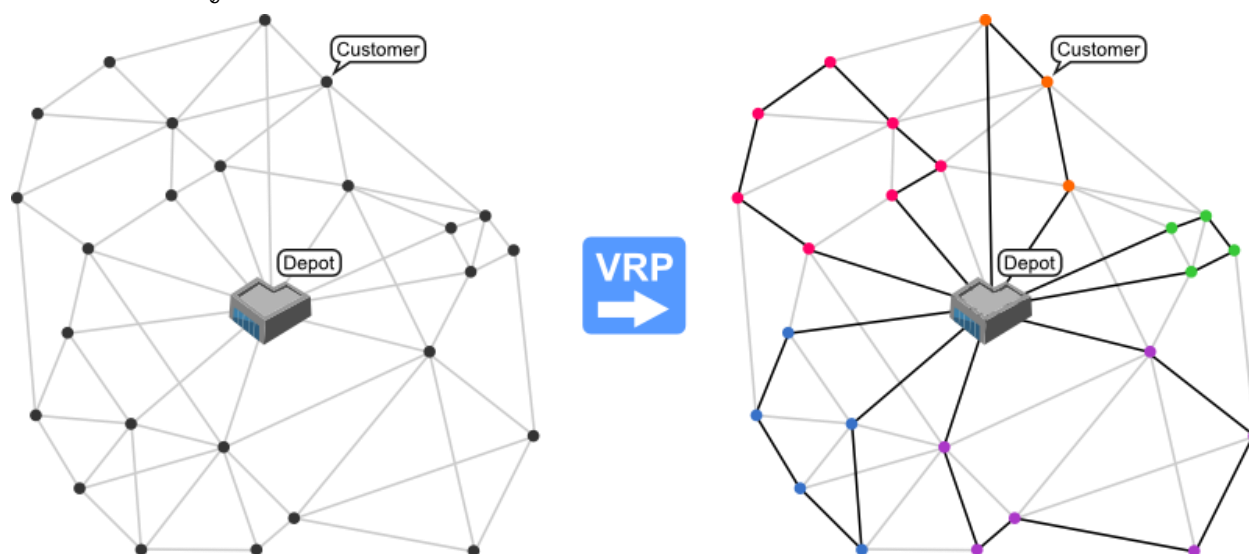
The optimal tour:

A B C D E

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างปัญหา TSP

ปัญหาการจัดเส้นทาง (Vehicle Routing Problem)

ปัญหาการจัดเส้นทาง หรือ Vehicle Routing Problem (VRP) นั้นเป็นปัญหาประเภท Combinatorial Optimization และ การโปรแกรมแบบจำนวนเต็ม (Integer Programming) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางที่ดีที่สุดในการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้า⁸⁾ รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างของปัญหา VRP และคำตอบของปัญหา



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของปัญหา VRP และคำตอบของปัญหา

ปัญหา VRP นั้นสามารถจำแนกออกได้หลายประเภทตามความซับซ้อนของปัญหา ได้แก่

- VRP แบบที่รถมีความจุจำกัด (Capacitated VRP)
- VRP แบบที่รถมีความจุจำกัด และมีทั้งการรับและส่งสินค้า (Capacitated VRP with Pick-up and Delivery)
- VRP แบบที่รถมีความจุจำกัดและมีกรอบเวลาในการจัดส่ง (Capacitated VRP with Time Windows)
- VRP แบบที่รถมีความจุจำกัด มีทั้งการรับและส่งสินค้าและมีกรอบเวลาในการจัดส่ง (Capacitated VRP with Pick-up and Delivery and Time Windows)
- VRP แบบมีหลายศูนย์กระจายสินค้าและมีกรอบเวลาในการจัดส่ง (Multiple Depot VRP with Time Windows)

ทั้งนี้การแก้ปัญหา VRP สามารถทำได้โดยใช้เทคนิค 3 จำพวกได้แก่

- 1) การแก้ปัญหาด้วยวิธีที่ได้คำตอบที่ถูกต้องที่สุด (Exact Algorithm) ซึ่งต้องอาศัยวิธี Tree Search หรือ Integer Programming⁹⁾ วิธีการนี้แม้จะได้คำตอบที่ดีที่สุดแต่ต้องใช้ระยะเวลาและทรัพยากรในการประมวลผลมาก จึงไม่ได้รับความนิยมในทางปฏิบัติ
- 2) การแก้ปัญหาด้วยเทคนิคฮิวริสติกส์ ซึ่งจะอาศัยอัลกอริทึมที่ช่วยหาคำตอบโดยประมาณ เทคนิคนี้ประกอบด้วยวิธีต่างๆดังนี้
 - Clarke And Wright¹⁰⁾ เป็นวิธีแบบฮิวริสติกส์ ที่ถูกคิดค้นเป็นลำดับแรก ให้คำตอบที่มีคุณภาพพอใช้ในเวลาจำกัด แต่ข้อจำกัดคือสามารถใช้ได้กับการแก้ปัญหาที่มีศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว
 - Cluster-First Route-Second Method¹¹⁾ เป็นวิธีที่อาศัยการจัดกลุ่มจุดส่งที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกันก่อนแล้วจึงจัดเส้นทางขนส่งภายในแต่ละกลุ่มพื้นที่
- 3) การแก้ปัญหาด้วยเทคนิคแบบ Meta Heuristics เป็นการแก้ปัญหาที่มีการค้นหาคำตอบในช่วงที่มีความเป็นไปได้อย่างเข้มข้น จึงมักจะได้คำตอบที่ดีกว่าวิธีแบบฮิวริสติกส์ แต่ก็จำเป็นต้องใช้เวลาและทรัพยากรในการคำนวณมากกว่า วิธีการที่เป็นที่นิยมได้แก่
 - Genetic Algorithms¹²⁾
 - Simulated Annealing
 - Tabu Search¹³⁾

ปัญหาการจัดเส้นทางรถจัดอยู่ในกลุ่มปัญหาแบบ NP-Complete¹⁴⁾ ดังนั้นการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Solution) จึงเป็นไปได้สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ที่พบในการทำงานจริง ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมาจึงมีการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถโดยใช้วิธีแบบฮิวริสติกส์ ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อให้ได้คำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดในเวลาที่ยอมรับได้ Laporte¹⁵⁾ ได้ทำการทบทวนวิธีแบบฮิวริสติกส์สำหรับการแก้ปัญหา VRP และได้แนะนำว่าเป็นวิธีการที่ให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจ Renaud Boctor and Laporte¹⁶⁾ ได้เสนอแนะอัลกอริทึมชื่อ Improved Petal ซึ่งให้คำตอบที่มีคุณภาพด้อยกว่าคำตอบที่ดีที่สุดเพียงร้อยละ 2 แต่

สามารถคำนวณได้อย่างรวดเร็ว (แก้ปัญหาขนาด 100 จุดจัดส่งภายในเวลาไม่เกิน 3 วินาที) และได้คำตอบที่ดีกว่าวิธี Sweep Algorithm

แนวทางแก้ปัญหาที่ได้ผลใกล้เคียงกันคือการหาคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธี Greedy Algorithm เช่น Clarke Wright หรือ Nearest Neighbor Search¹⁷⁾ จากนั้นจึงปรับปรุงคำตอบด้วยการใช้เทคนิค Local Search เช่น การสลับลำดับของจุดส่งภายในเส้นทาง(Intra-route Exchanges) ด้วยวิธี 2-opt และ 3-opt และการสลับจุดส่งระหว่างเส้นทาง (Inter-route Exchanges) ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากวิธีนี้พบว่าได้คำตอบที่มีคุณภาพด้อยกว่าคำตอบที่ดีที่สุดเพียงร้อยละ 2-5¹⁶⁾ ในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาใช้อัลกอริทึมนี้ในการหาคำตอบ

การคิดระยะทางระหว่างจุดส่ง

ในการคิดระยะทางระหว่างจุดส่งนั้น สามารถคิดได้หลายรูปแบบ เช่น

- ระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean) คือระยะทางปกติระหว่างจุดสองจุดในแนวเส้นตรง ซึ่งอาจสามารถวัดได้ด้วยไม้บรรทัด มีที่มาจากทฤษฎีบทพีทาโกรัส เหตุที่เรียกว่า แบบยูคลิด เนื่องจากการวัดระยะทางในปริภูมิแบบยูคลิด คือไม่มีความโค้งและไม่สามารถทำให้โค้งงอ

หาก ถ้า $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ และ $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน ระยะทางระหว่าง p และ q จะหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$d(p, q) = \sum \sqrt{(p_i - q_i)^2}$$

การหาระยะทางด้วยระบบยูคลิดมักจะใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม แต่จะไม่เหมาะกับการใช้งานจริงเนื่องจากไม่ได้พิจารณาข้อจำกัดด้านโครงข่ายการเดินทางจริงที่ไม่ได้ครอบคลุมการเชื่อมต่อทุกจุดโดยตรง

- ระยะทางบนโครงข่าย เป็นระยะทางที่หาได้จากการวิเคราะห์โครงข่ายบนแผนที่ดิจิทัล ซึ่งจะทำได้ระยะทางที่เดินทางบนถนนจริง ซึ่งจะสะท้อนสภาพโครงข่าย เช่น การเลี้ยวที่ทางแยก การกลับรถ ฯลฯ ในการวิเคราะห์จำเป็นต้องอาศัยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์รวมทั้งข้อมูลการบังคับทิศทางจราจรด้วยการหาระยะทางจะต้องทราบพิกัดของจุดเริ่มต้นและปลายทางในระบบ Latitude Longitude และใช้บริการแผนที่ดิจิทัลของผู้ให้บริการเช่น Google Map หรือ Nostra Map เป็นต้น

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์คือการผนวกเทคโนโลยีสารสนเทศกับแผนที่ภูมิศาสตร์เข้าด้วยกัน ผลลัพธ์คือระบบที่สามารถเก็บข้อมูลและประมวลผลได้อย่างหลากหลาย และสามารถนำเสนอผลในรูปแบบแผนที่ จึงเหมาะแก่การใช้งานได้ในหลากหลายสาขา เช่น การขนส่ง การผังเมือง ฯลฯ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์อย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป เช่น MapInfo ArcGIS ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบเชิงพาณิชย์ หรือโปรแกรมแบบ Open Source เช่น QGIS¹⁸⁾ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานได้ฟรี ข้อดีของการประยุกต์ใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับการแก้ปัญหการจัดเส้นทางก็คือความง่ายในการใช้

งาน ไม่ว่าจะเป็นการนำเข้าผลและการแสดงผล รวมทั้งความสามารถในการเชื่อมต่อกับระบบอื่นๆ เช่น ระบบติดตามยานพาหนะและฐานข้อมูลขององค์กร

ตารางที่ 2.1 สรุปการเปรียบเทียบ Desktop GIS แบบ Open Source ซึ่งจะเห็นได้ว่า QGIS เป็นระบบที่มีความสามารถในการใช้งานครบถ้วนใกล้เคียงกับ GRASS แต่มีจุดเด่นที่ใช้งานง่ายกว่า จึงถูกเลือกใช้ในโครงการวิจัยนี้

ตารางที่ 2.1 ผลการเปรียบเทียบ Desktop GIS แบบ Open Source

Task	GRASS	QGIS	ILWIS	uDig	SAGA	Open JUMP	Map Window	gvSIG
Viewing/exploration	●	●	●	●	●	●	●	●
Creation/ digitizing	●	●	●	●	●	●	●	●
Editing/updating	●	●	●	●	●	●	●	●
Conflation/integration	●			●		○		
Presentation								
Maps	●	●	●	●	●	●	●	●
Charts ^b	●	●	●	●	●	○		
Plots ^c	Via R	●	●		●	○		
Tables	●	●	●	●	●	●	●	●
Overlay analysis								
Raster	●	Via GRASS	●	Via JGrass	●	Via Sextante	●	Via Sextante
Vector	●	●	●	●	●	●	○	●
(Spatial) statistics	Via R		●	Via JGrass	●	Pirol- JUMP	Raster only	Via Sextante
Customization (script or API ^d)	API, Python, Perl	API, Python	ILWIS scripts	API, Groovy	API, Python	API, Jython	API (.Net)	Jython
GPS data import	●	○	●	○	●	○	●	gvSIG Mobile Pilot

ที่มา: Stefan Steiniger and Geoffrey J. Hay (2009)

ซอฟต์แวร์ VRP ในต่างประเทศ

OR/MS ซึ่งเป็นองค์กรในสหรัฐอเมริกาได้ทำการรวบรวมและเปรียบเทียบคุณสมบัติ และประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถ ล่าสุดในปี พ.ศ. 2557 ดังสรุปใน ตารางที่ 2.2 และ ตารางที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันมีผู้จำหน่ายซอฟต์แวร์ VRP จำนวนกว่า 10 ราย โดยระบบปฏิบัติการที่สนับสนุนส่วนใหญ่คือ Windows และ Web-based เพื่อให้คล่องตัวต่อการใช้งาน นอกจากนี้ซอฟต์แวร์เกือบทั้งหมดใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็ว เพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม ดังนั้นในการพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางในโครงการวิจัยนี้ จึงเลือกออกแบบให้ตอบสนองต่อความต้องการทั้งหมดข้างต้น

ตารางที่ 2.2 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติซอฟต์แวร์ที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถ

ผลิตภัณฑ์	ผู้ให้บริการ	ปีที่ออก สู่ตลาด	Platforms Supported			
			Windows	iOS	Android	Web-based
ArcGIS for Transportation Analytics	Esri	2012	✓	✓	✓	✓
Descartes Routing, Mobile & Telematics	Descartes	1995	✓		✓	✓
DISC	MJC2	1990	✓	✓	✓	✓
eRoute Logistics	WM Logistics	2002	✓		✓	✓
JOpt.SDK	DNA Evolutions GmbH	2006	✓			✓
Logistics Optimizer	Runzheimer International	2005				✓
logvrp	Netakil	2010	✓	✓	✓	✓
Optrak	Optrak Distribution Software Ltd	1992	✓			✓
ORTEC	ORTECÂ	2003	✓	✓	✓	✓
Paragon Routing and Scheduling Optimizer	Paragon Software Systems, Inc	1997	✓			✓
Roadnet Transportation Suite	Roadnet Technologies	1983	✓	✓	✓	✓
Routist.com	KKT srl	2013				✓
StreetSync Basic	RouteSolutions	2008	✓			✓
StreetSync Desktop	RouteSolutions	2005	✓			
StreetSync Pro	RouteSolutions	2011	✓			✓
TMW Appian DirectRoute	TMW Systems	1996	✓			✓
TruckStops	MapMechanics	1983	✓			

ตารางที่ 2.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพซอฟต์แวร์ที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถ

ผลิตภัณฑ์	ประสิทธิภาพ	
	เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา 20 เส้นทาง	อัลกอริทึมที่ใช้
ArcGIS for Transportation Analytics	น้อยกว่า 5 นาที	-
Descartes Routing, Mobile & Telematics	วินาที	Holistic & Heuristic
DISC	วินาที	MJC2
eRoute Logistics	น้อยกว่า 4 นาที	Heuristics
JOpt.SDK	10 นาที	Heuristic และ Meta-heuristic
Logistics Optimizer	5 นาที	Genetic
logvrp	30 นาที	Heuristic และ Meta-heuristic
Optrak vehicle routing software	5-20 นาที	Heuristic
ORTEC Routing and Dispatch	-	-
Paragon Routing and Scheduling Optimizer	2 นาที	Heuristic
Roadnet Transportation Suite	น้อยกว่า 30 วินาที	Heuristic
Routist.com	3-5 นาที	Meta-heuristic
StreetSync Basic	2 นาที	-
StreetSync Desktop	2 นาที	-
StreetSync Pro	2 นาที	-
TMW Appian DirectRoute	น้อยกว่า 3 นาที	-
TruckStops	1-5 นาที	Heuristic

ผลิตภัณฑ์	ความสามารถในการใช้งาน							
	Node Routing	Arc Routing	จัดเส้นทางแบบหลายรอบในหนึ่งวัน	จัดเส้นทางรายวัน	จัดเส้นทางรายสัปดาห์	จัดกลุ่มจุดส่ง	ใช้ข้อมูลจราจร Real time	ใช้ข้อมูลเวลาเดินทางในอดีต
ArcGIS for Transportation Analytics	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Descartes Routing, Mobile & Telematics	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
DISC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
eRoute Logistics	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
JOpt.SDK	✓			✓	✓	✓		
Logistics Optimizer	✓		✓	✓		✓	✓	
logvrp	✓		✓	✓	✓	✓		
Optrak vehicle routing software	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
ORTEC Routing and Dispatch	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Paragon Routing and Scheduling Optimizer	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Roadnet Transportation Suite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Routist.com	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
StreetSync Basic	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
StreetSync Desktop	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
StreetSync Pro	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
TMW Appian DirectRoute	✓		✓	✓	✓	✓		✓
TruckStops	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ที่มา: OR/MS Today, February, 2014

บทที่ 3 แนวทางและวิธีการพัฒนา

3.1 แนวคิดในการพัฒนา

ในโครงการวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะนำความก้าวหน้าทางด้านทฤษฎีของการจัดเส้นทางขนส่งมาทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในทางปฏิบัติในภาคเอกชนของประเทศไทย แม้ว่าในปัจจุบันภาคเอกชนของไทยจะได้ลงทุนในระบบสารสนเทศไปมากพอสมควรแล้ว ไม่ว่าจะเป็นระบบการวางแผนทรัพยากรในองค์กร หรือ ERP และระบบติดตามยานพาหนะ (Vehicle Tracking System) แต่ข้อมูลจากระบบเหล่านี้ยังไม่ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างเต็มศักยภาพ ดังนั้นเพื่อที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว ผู้วิจัยจำเป็นต้องออกแบบโปรแกรมซึ่งสามารถตอบสนองการใช้งานด้านการจัดเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะเดียวกันก็ต้องมีความยืดหยุ่นในการเชื่อมต่อกับระบบงานอื่นขององค์กรได้ด้วย

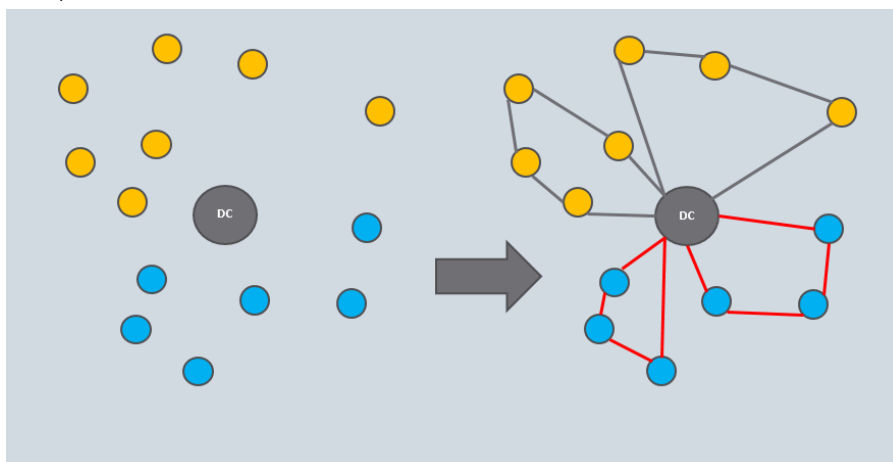
ตารางที่ 3.1 สรุป feature ของโปรแกรมที่พัฒนา

Platform ที่ support	อัลกอริทึม	ความสามารถในการใช้งาน							
		Node Routing	Arc Routing	จัด เส้นทาง แบบ หลายรอบ ในหนึ่งวัน	จัด เส้นทาง รายวัน	จัด เส้นทาง ราย สัปดาห์	จัดกลุ่ม จุดส่ง	ใช้ข้อมูล จราจร Real time	ใช้ ข้อมูล เวลา เดินทาง ในอดีต
ทุก platform เนื่องจาก เป็น web- based	Heuristics and Meta- heuristics	✓	X	✓	✓	X	✓	X	✓

แนวทางการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem) ในส่วนนี้จะได้มีการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งโดยนำวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์ และ แบบ Meta Heuristics มาใช้แทนการแก้ปัญหาแบบหาคำตอบที่ถูกต้องที่สุด (Exact Solution) สำหรับโครงการนี้ ผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกใช้การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งด้วยวิธีการ 3 วิธีดังต่อไปนี้

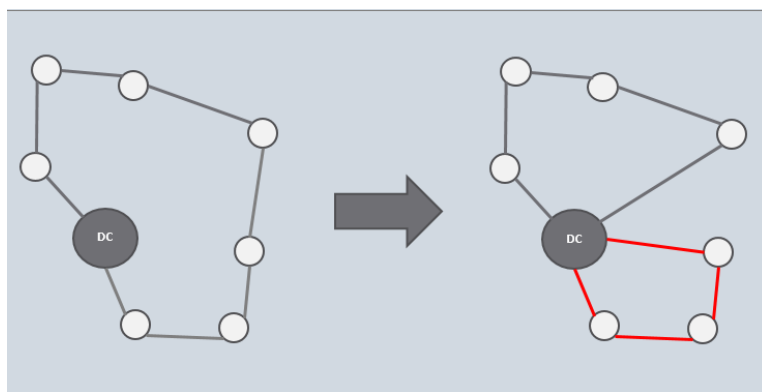
- 1) ใช้ Nearest Neighbor Search ซึ่งเป็นวิธีแบบฮิวริสติกส์ เพื่อหาคำตอบเริ่มต้นที่มีคุณภาพพอใช้ในเวลาจำกัด แต่ข้อจำกัดคือสามารถใช้ได้กับการแก้ปัญหาที่มีศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว จากนั้นจึงทำการปรับปรุงคุณภาพของคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกส์ และวิธี Meta-heuristics
- 2) ใช้วิธีการ Cluster-First Route-Second Method ซึ่งเป็นวิธีที่อาศัยการจัดกลุ่มจุดส่งก่อน แล้วจึงแก้ปัญหาการจัดเส้นทางในลำดับถัดไป วิธีนี้ช่วยลดขนาดของปัญหาให้เล็กลง ทำให้สามารถหาคำตอบ

ได้อย่างรวดเร็ว ดังแสดงตัวอย่างใน รูปที่ 3.1 จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาที่มีจุดส่งจำนวนมาก นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่งได้โดยเริ่มจากการจัด Cluster ของจุดส่งแยกตามคลังสินค้าก่อนแล้วจึงค่อยจัดเส้นทางจัดส่ง



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการจัดเส้นทางด้วยวิธี Cluster-First Route-Second

- 3) ใช้วิธีการ Route-First-Cluster-Second ซึ่งจะทำให้การจัดเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับ Grand Tour ให้ครอบคลุมทุกจุดส่ง แล้วจึงทำการแบ่งเส้นทางตามข้อจำกัดของขนาดรถและระยะเวลาทำงาน เป็นต้น ดังแสดงใน รูปที่ 3.2 วิธีการนี้จะเหมาะสมกับกรณีของการขนส่งที่ไม่เน้นกรอบเวลาการขนส่ง แต่ต้องการจำกัดระยะทางและจำนวนรถที่ใช้



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการจัดเส้นทางด้วยวิธี Route-First-Cluster-Second

3.2 ขั้นตอนการดำเนินวิจัยและพัฒนาของโครงการนี้

3.2.1 การออกแบบซอฟต์แวร์ด้วยแนวทาง Object-Oriented

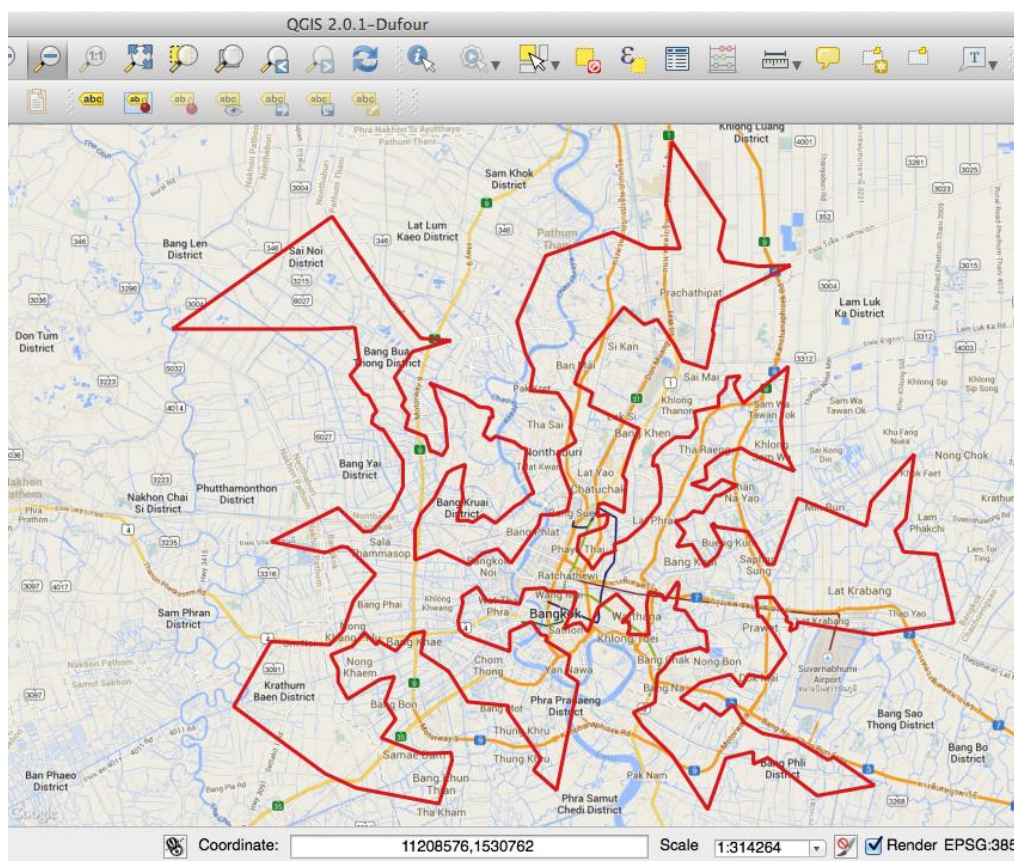
ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถ โดยใช้ฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการองค์กรเป็นกรอบในการออกแบบ ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการประยุกต์ใช้งานร่วมกับโปรแกรมประยุกต์อื่นๆในองค์กร รวมทั้งลดความซ้ำซ้อนของฐานข้อมูล แนวทางที่ใช้ในการออกแบบคือ Object-Oriented โปรแกรมมีการออกแบบภายใต้สถาปัตยกรรมแบบ Object-Oriented Development เพื่อให้สอดคล้องกับซอฟต์แวร์อื่นๆที่ใช้งานในองค์กรสมัยใหม่ ทั้งนี้ขั้นตอนนี้จะต้องครอบคลุมทั้งสองโครงการวิจัยย่อยเพื่อให้การทำงานของทั้งสองโปรแกรมย่อยสอดคล้องกัน

3.2.2 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางโดยใช้ภาษา C++ เหตุผลที่เลือกใช้ภาษา C++ เนื่องจากเป็นภาษาที่มีความสามารถในการรองรับการคำนวณได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังมีการพัฒนาอัลกอริทึมจากนักวิจัยทั่วโลกมาอย่างยาวนาน จึงสามารถเรียกใช้ Library ที่ได้ผ่านการพิสูจน์ประสิทธิภาพการทำงานได้อย่างหลากหลาย ในการพัฒนาโปรแกรมจัดเส้นทางเพื่อคำนวณหาเส้นทางการขนส่งของแต่ละศูนย์กระจายสินค้า จะใช้วิธีแบบฮิวริสติกส์ เพื่อให้สามารถรองรับปัญหาขนาดใหญ่ได้ดี และได้คำตอบในเวลาจำกัด นอกจากนั้นต้องพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อความสะดวกต่อการใช้งานและการแสดงผล โดยจะใช้โปรแกรม GIS แบบ Open Source เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการนำไปใช้งานขององค์กร

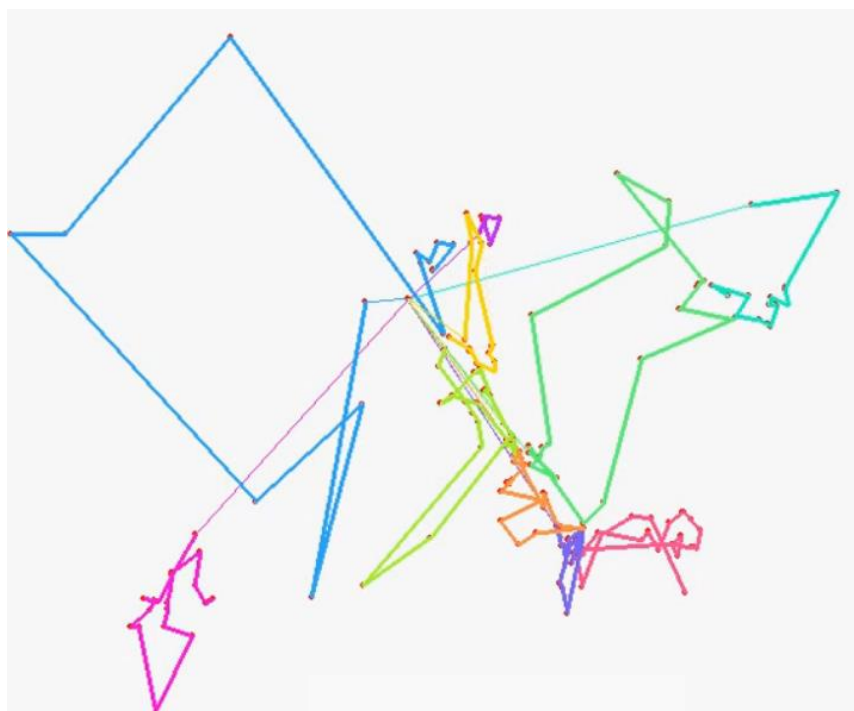
โปรแกรมในการจัดเส้นทางจะสามารถแก้ปัญหาได้ทั้งสองแนวทางข้างต้นทั้งแบบ Cluster-First-Route-Second และ Route-First-Cluster-Second โดยในโครงการย่อยนี้จะพัฒนาโปรแกรมเฉพาะในส่วนการแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง ซึ่งประกอบไปด้วย 2 วิธีคือ

- 1) การพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางโดยใช้การแก้ปัญหาแบบ Traveling Salesman Problem (TSP) แล้วเสร็จ เพื่อใช้ในการจัดเส้นทางสำหรับกรณีที่ไม่มีการกำหนดเวลาในการจัดส่ง (Time Window) ซึ่งจะถูกใช้ในการสร้าง Grand Tour สำหรับกรณีการแก้ปัญหาแบบ Route-First-Cluster-Second หรือการสร้างเส้นทางขนส่งหลังจากจัดกลุ่มจุดส่งแล้วสำหรับกรณี Cluster-First-Route-Second ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมในส่วนนี้ด้วยภาษา C บนพื้นฐานของ Lin-Kernighan Heuristics²⁰⁾ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาของจุดส่งจำนวนสูงถึง 85,900 จุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.3 แสดงผลการจัดเส้นทางแบบ Grand Tour ด้วยวิธี TSP

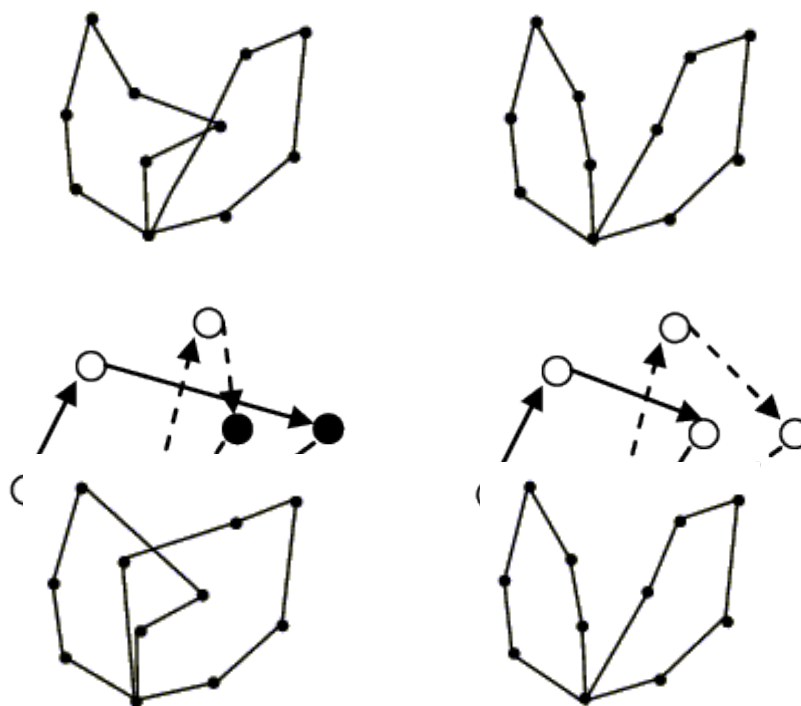
- 2) ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการจัดเส้นทางแบบกรณีที่มีกรอบเวลาในการจัดส่งที่แน่นอน (VRP with Time Window) ซึ่งอาศัยหลักการในการหาคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) ด้วยวิธีฮิวริสติกส์ คือ ใช้ Nearest Neighbor Search Algorithm ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ คือ สร้างเส้นทางจากจุดที่อยู่ไกลจากคลังสินค้าที่สุด หลังจากนั้นหาจุด Neighbor ของจุดไกลสุด เพื่อเพิ่มจุดส่งเข้ามาในเส้นทางโดยพิจารณาจากจุดที่อยู่รอบๆจุดส่งนั้น ที่สามารถขนส่งร่วมกันในเส้นทางเดียวกันได้พิจารณาตามเงื่อนไขการรวมจุดส่งไปด้วยกัน (Co-load) โดยเริ่มจากจุดที่มีระยะทางใกล้ที่สุดก่อนหากสามารถ Co-load กันได้ตามเงื่อนไข ก็จะพิจารณาเลือกจุดถัดไปเรื่อยๆจนกว่าจะเต็มความจุของรถหรือเวลาในการทำงาน จากนั้นจึงสร้างเส้นทางลำดับถัดไปจากจุดที่อยู่ไกลที่สุดจากคลังสินค้าที่ยังไม่ถูกจัดเส้นทางทำไปเรื่อยๆจนกว่าจะครอบคลุมทุกจุดส่ง รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์จากการหาคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธี Nearest Neighbor Search ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะมีคุณภาพไม่ได้นัก แต่จะถูกใช้เป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการ Local Search ในลำดับถัดไป



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการทำ Nearest Neighbor Search

เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการหาคำตอบเริ่มต้นแล้ว จึงทำการปรับปรุงเพื่อหาคำตอบที่ดียิ่งขึ้นด้วยเทคนิค Local Search ซึ่งใช้เทคนิคแบบฮิวริสติกส์ ในการสลับลำดับจุดส่งภายในเส้นทาง (Intra-route) หรือการสลับจุดส่งระหว่างเส้นทาง (Inter-route) โดยใช้หลายเทคนิคร่วมกัน เช่น การสลับจุดส่งจุดเดียว (One Point Move) การสลับจุดส่งสองจุด (Two Point Move) การสลับจุดส่งสามจุด (Three Point Move) การสลับจุดส่งแบบหลายจุดติดกัน (Or Opt) การสลับแบบ 2-opt เป็นต้น ดังแสดงใน รูปที่ 3.5

กระบวนการนี้จะช่วยลดการไขว้กันของเส้นทาง ซึ่งจะช่วยลดระยะทางของเส้นทางโดยรวม ทำให้ได้คุณภาพคำตอบที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามในกรณีของการจัดส่งแบบมีกรอบเวลา การไขว้ของเส้นทางก็อาจจะยังเกิดขึ้นได้ เนื่องจากข้อจำกัดในด้านเวลานัดหมายของจุดส่งที่อยู่ใกล้กัน อาจแตกต่างกันทำให้ไม่สามารถรวมเป็นเส้นทางเดียวกันได้



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธี Local Search

หลังจากที่ได้ Route ที่ผ่านการทำ Local Optimization แล้วในขั้นตอนสุดท้ายเพื่อให้ได้คำตอบที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้นำการแก้ปัญหาแบบ Meta Heuristics มาใช้ร่วมด้วยคือการใช้เทคนิคแบบ Simulated Annealing และ Record-to-Record Algorithm ซึ่งจะอาศัยการย้ายจุดส่งระหว่างเส้นทางหรือภายในเส้นทางแบบสุ่ม โดยยอมให้ผลลัพธ์ด้อยกว่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดได้ เพื่อให้หลุดจากกับดัก (Local Trap) จึงอาจได้คำตอบที่ดีที่สุดอันใหม่ คุณภาพของคำตอบจึงขึ้นอยู่กับข้อกำหนดสมการเป้าหมายในการทำ Optimization ซึ่งอาจเป็นระยะทางการขนส่ง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เป็นต้น ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ภายหลังจบขั้นตอนนี้พบว่าได้คำตอบที่มีคุณภาพด้อยกว่าคำตอบที่ดีที่สุด (Optimum Solution) เพียงร้อยละ 2-5

3.3 การสำรวจข้อมูลการขนส่งของกรณีศึกษา

ผู้วิจัยจะทำการสำรวจข้อมูลการขนส่งของกรณีศึกษาซึ่งครอบคลุมข้อมูลทั้งในด้านปริมาณการจัดส่ง พิกัดจุดส่ง จำนวนรถที่ใช้ และระยะเวลาเฉลี่ยในการถ่ายสินค้า เป็นต้น เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกกรณีศึกษาที่ครอบคลุมลักษณะการขนส่งที่แตกต่างกันเพื่อตรวจสอบความสามารถในการประยุกต์ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นภายใต้สถานการณ์ต่างๆ กรณีศึกษาของโครงการวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 3 สถานการณ์ดังต่อไปนี้

- 1) การจัดส่งสินค้าถึงบ้านโดยมุ่งเน้นการส่งสินค้าให้ตรงเวลา ภายใต้กรอบเวลาแคบ
- 2) การจัดส่งสินค้าที่มุ่งเน้นการจัดรถให้เต็มคัน เพื่อลดต้นทุน
- 3) การจัดส่งสินค้าแบบมีการแบ่งรอบการขนส่ง ตามพื้นที่ในการจัดส่ง

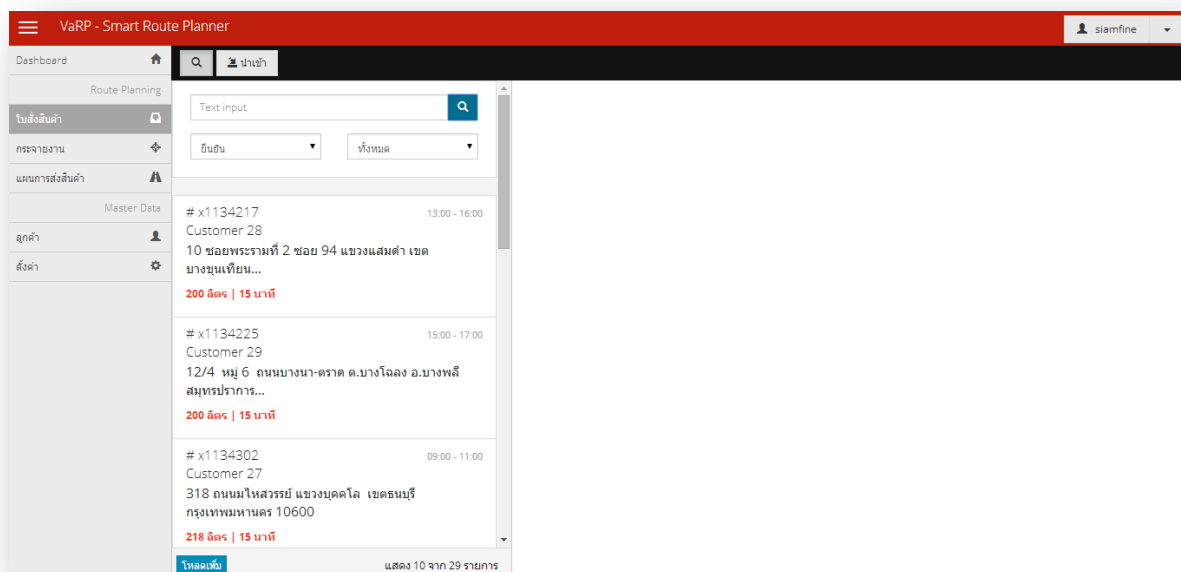
3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม

เมื่อได้ทำการสำรวจข้อมูลการขนส่งของกรณีศึกษาแล้ว ผู้วิจัยจะทำการประยุกต์ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อจัดเส้นทางการขนส่งของกรณีศึกษา เพื่อให้มั่นใจว่าโปรแกรมสามารถตอบโจทย์การทำงานของผู้ใช้ได้จริง ทั้งนี้ตัวชี้วัดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการประมวลผล จำนวนรถที่ใช้ในการจัดส่ง ระยะการเดินทางรวมของรถ และอัตราการบรรทุกของรถ

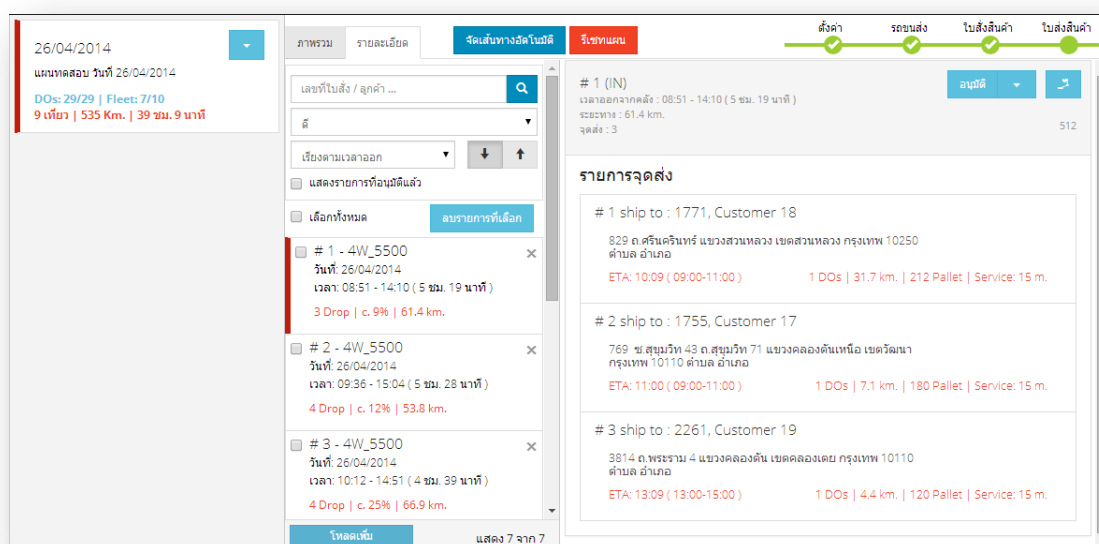
บทที่ 4 ผลลัพธ์จากการดำเนินงาน

4.1. ผลการออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ด้วยแนวทาง Object-Oriented

การออกแบบและพัฒนาระบบได้ผลลัพธ์เป็นโปรแกรมเบื้องต้นดังแสดงใน รูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 ซึ่งประกอบด้วยหน้าจอการนำเข้าข้อมูล Orders การส่งสินค้า และ หน้าจอแสดงเส้นทางขนส่งที่จัดได้แบบอัตโนมัติ



รูปที่ 4.1 หน้าจอแสดงการนำเข้าข้อมูล Orders การส่งสินค้าที่จะจัดแผนการส่ง



รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงเส้นทางขนส่งที่จัดโดยโปรแกรม

จากการสำรวจข้อมูลที่ต้องใช้สำหรับการวางแผนการจัดส่งสินค้า พบว่าในการจัดแผนการจัดส่งสินค้าในแต่ละรอบของการวางแผน Planner หรือ เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบการจัดแผนและเส้นทางการจัดส่งสินค้าจะต้องใช้ข้อมูลต่อไปนี้

- 1) ข้อมูลลูกค้า (Customer)
- 2) ข้อมูลใบส่งสินค้า (Delivery Order)
- 3) ข้อมูลรถบรรทุก (Vehicle)

ซึ่งทีมวิจัยได้ทำการกำหนดรูปแบบไฟล์ Excel เพื่อให้ Planner จัดเตรียมข้อมูลทั้ง 3 ส่วนดังกล่าวและนำเข้าข้อมูลสู่ระบบ รูปแบบไฟล์สำหรับข้อมูลทั้งสามประกอบด้วยคอลัมน์ดังนี้

ไฟล์ Customer ประกอบด้วยคอลัมน์ Code (รหัสลูกค้า) , Name (ชื่อลูกค้า), Ship-to ID (รหัสที่จัดส่งสินค้า), Place Type (ประเภทจุดส่ง เช่น คอนโดมิเนียม โรงงาน), Ship-to Address (ที่อยู่จัดส่งสินค้า), Trans Zone (รหัสโซนพื้นที่จัดส่งสินค้า), Zone Desc (โซนรถผู้รับเหมารับผิดชอบส่งสินค้า), Lat. (ค่าพิกัดละติจูดที่จัดส่ง), Long. (ค่าพิกัดลองจิจูดที่จัดส่ง), Allowed Vehicle Type (ประเภทและขนาดรถบรรทุกที่สามารถวิ่งเข้าจุดส่งได้) ตารางที่ 4.1แสดงรายละเอียดรูปแบบไฟล์ Excel สำหรับนำเข้าข้อมูล Customer พร้อมตัวอย่างข้อมูล

ตารางที่ 4.1 รูปแบบไฟล์ Excel สำหรับนำเข้าข้อมูล Customer

Code	Name	Ship-to ID	Place Type	Ship-to Address	Trans Zone	Zone Desc	Lat.	Lon.	Allowed Vehicle Type
1000001	Customer 1	1000001	3	อาคาร ซัมเมอร์เซ็ท ชั้น 1 ซ.ทอง หล่อ	1	In- House	13.7288	100.5805	4W
1000002	Customer 2	1000002	3	ซ.ทองหล่อ 8 ถ.สุขุมวิท	1	In- House	13.7312	100.5819	4W

ไฟล์ Delivery Order ประกอบด้วยคอลัมน์ DO NO (หมายเลข Delivery Order), Customer (รหัสลูกค้าผู้สั่งซื้อสินค้า), Ship-To (รหัสที่อยู่สำหรับจัดส่ง), Volume (ปริมาตรสินค้าที่สั่งสำหรับ Delivery Order หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร), Weight (น้ำหนักรวมของสินค้าที่สั่งสำหรับ Delivery Order หน่วยเป็นกิโลกรัม), Service T. (เวลาสำหรับการให้บริการ), Request Date (เวลากำหนดจัดส่งสินค้า), Early_TW (จำนวนนาฬิกาที่ส่งได้ก่อนเวลานัดหมายส่ง), Late_TW (จำนวนนาฬิกาที่ส่งได้หลังเวลานัดหมายส่ง) ตารางที่ 4.2 แสดงรายละเอียดรูปแบบไฟล์ Excel สำหรับนำเข้าข้อมูล Delivery Order พร้อมตัวอย่างข้อมูล

ตารางที่ 4.2 รูปแบบไฟล์ Excel สำหรับนำเข้าข้อมูล Delivery Order

DO NO.	Customer	Ship-To	Volume	Weight	Service Time (min)	Request Date	Early_TW (min)	Late_TW (min)
210284	1000001	1000001	654	1	10	10/02/2014 14:00:00	30	60
210285	1000002	1000002	2548	1	75	10/02/2014 14:00:00	30	60
210286	1000003	1000003	706	1	60	10/02/2014 15:00:00	30	60

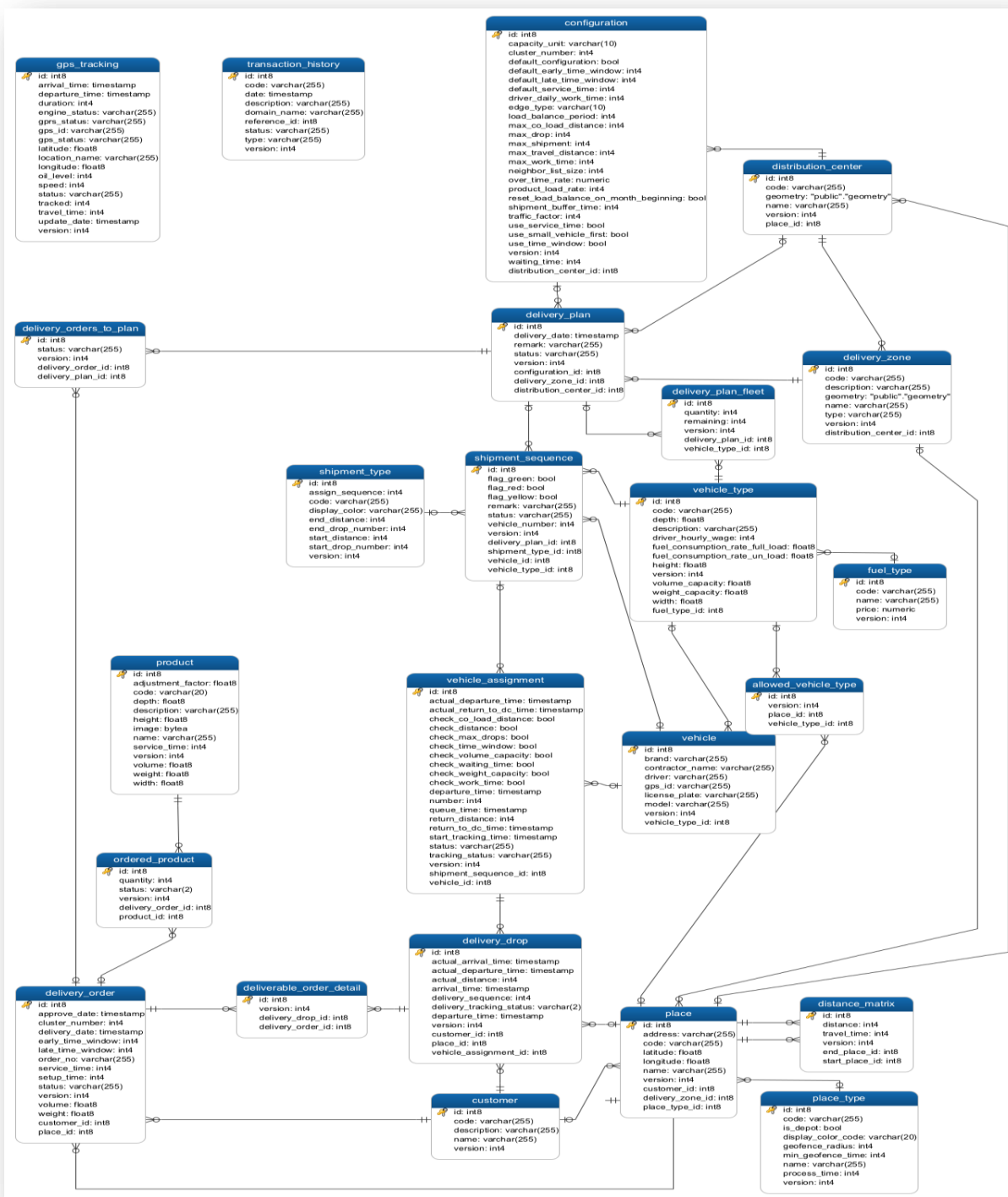
ไฟล์ Vehicle ประกอบด้วยคอลัมน์ Type (ประเภทรถขนส่ง), Capacity (CBM) (ความจุของรถ หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร), Capacity (Kg) (น้ำหนักที่รถสามารถบรรทุกได้), Depth (ความลึก หน่วยเป็น เมตร), Width (ความกว้าง หน่วยเป็นเมตร), Height (ความสูง หน่วยเป็นเมตร), License Plate (เลข ทะเบียนรถ), Contractor Name (ชื่อผู้รับเหมาเจ้าของรถ), Brand (ยี่ห้อรถขนส่ง), Model (รุ่นของรถขนส่ง), GPS ID (รหัสกล่อง GPS ที่ติดกับรถขนส่ง), DRIVER (รหัสคนขับรถ)

ตารางที่ 4.3 แสดงรายละเอียดรูปแบบไฟล์ Excel สำหรับนำเข้าข้อมูล Vehicle พร้อมตัวอย่างข้อมูล

ตารางที่ 4.3 รูปแบบไฟล์ Excel สำหรับนำเข้าข้อมูล Vehicle

Type	Capacity (CBM)	Capacity (Kg)	Depth (m)	Width (m)	Height (m)	License Plate	Contractor Name	Brand	Model	GPS ID	DRIVER
4W	6000	8000	1	1	1	กก-123	In-House	-	-		-
4W	6000	8000	1	1	1	กท-234	In-House	-	-		-

นอกจากนี้ทีมวิจัยได้ออกแบบฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลทั้งสามส่วนที่นำเข้า และ ข้อมูลอื่นๆที่จำเป็นสำหรับการจัดแผนและเส้นทางจัดส่งสินค้า และ สำหรับเก็บข้อมูลทดสอบ โดยรายละเอียดการออกแบบฐานข้อมูลแสดงดัง รูปที่ 4.3 และมีรายละเอียดคำอธิบายของตารางในฐานข้อมูลตาม ตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.3 โครงสร้างฐานข้อมูลเพื่อจัดเส้นทางกระจายสินค้า

ตารางที่ 4.4 รายชื่อตารางทั้งหมดสำหรับโปรแกรมจัด Route พร้อมคำอธิบายตาราง

ชื่อตาราง	คำอธิบายตาราง
allowed_vehicle_type	Tell that which vehicle types can delivery for each place.
configuration	Constraint configuration for planning
Customer	Customer information
deliverable_order_detail	Reference to delivery order in delivery drop
delivery_drop	Delivery drop in vehicle assignment ordered by delivery sequence.
delivery_order	Delivery order information
delivery_orders_to_plan	Specific delivery orders in delivery plan
delivery_plan	Delivery plan contains information necessary for calculating shipments each round such as orders to delivery, available vehicles, working time and delivery constraints. One working day can have several delivery plans.
delivery_plan_fleet	Number of vehicles for each type available for planning
delivery_zone	Delivery zone. used to assign to user and separate places by geo-fencing
distance_matrix	Distance and travel time between dc to customer, customer to customer, customer to dc. Require in real distance module
distribution_center	DC information
gps_tracking	GPS tracking data sent from GPS box. Used in module delivery monitoring
ordered_product	Ordered product in delivery order
place	Place information of customer's ship to address and distribution center.
place_type	Specific condition separated by customer place type.
product	Product information
shipment_sequence	Sequence of shipment for 1 vehicle
shipment_type	Defined shipment type for used in module vehicle assignment.
transaction_history	System transaction log
vehicle	Vehicle information
vehicle_assignment	Shipment information in shipment sequence

4.2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมกับการจัดการแผนการขนส่งของกรณีศึกษา

ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษากระบวนการทำงานการจัดรถขนส่ง การจัดเส้นทางจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า สำนวณสภาพปัญหาในการจัดเส้นทางรถขนส่งในธุรกิจประเภทต่างๆ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาจากสถานประกอบการ 3 แห่ง คือ ธุรกิจจำหน่ายเฟอร์นิเจอร์ที่มีบริการจัดส่งถึงบ้านลูกค้า ผู้ผลิตและจัดจำหน่ายน้ำมันเครื่อง และธุรกิจจำหน่ายกระเบื้องและวัสดุตกแต่งที่มีบริการส่งถึงบ้านลูกค้า ทั้งนี้เพื่อให้ผู้วิจัยมีความเข้าใจในเงื่อนไขและเป้าหมายการจัดเส้นทางรถจัดส่งสินค้าของภาคธุรกิจแต่ละประเภท และสามารถประยุกต์ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับภาคอุตสาหกรรม เพื่อวัดประสิทธิภาพของโปรแกรม ผลการทดสอบกับกรณีศึกษาสามารถสรุปดังนี้

4.2.1 ธุรกิจแบบจัดส่งสินค้าถึงบ้าน (Home delivery)

บริษัท อินเด็กซ์ ลิฟวิ่งมอลล์ จำกัด เป็นธุรกิจจัดจำหน่ายเฟอร์นิเจอร์และของแต่งบ้าน โดยมีบริการ Home Delivery จัดส่งสินค้าถึงบ้านลูกค้า ซึ่งในการดำเนินการจะครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการจัดการคลังสินค้า (Handling and Storage of Goods) การบริหารจัดการสต็อกสินค้า (Management of Inventory) การขนส่ง (Transportation) นอกจากนี้ในกรณีสินค้าเสียหายที่เกิดระหว่างการบริการจัดส่งสินค้าไปบ้านลูกค้าจะมีขั้นตอนการรับเปลี่ยนสินค้า โครงการวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ในการทดลองแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ลักษณะปัญหาในการจัดส่ง

- การจัดส่งลักษณะนี้จะเน้นการขนส่งที่ตรงเวลาเนื่องจากลูกค้าจำเป็นต้องอยู่เพื่อรอรับสินค้า กรอบเวลาในการจัดส่งจึงแคบมาก เช่น 30-60 นาที เป็นต้น
- การจัดเส้นทางจำเป็นต้องมีการรวมสินค้าของลูกค้าหลายรายไปในรถเที่ยวเดียว (Multi Drop) เพื่อลดต้นทุนในการขนส่ง
- การกระจายสินค้าอาจอาศัยคลังสินค้าแห่งเดียวหรือหลายแห่ง
- ปริมาณสินค้าสามารถระบุได้ในรูปแบบปริมาตรหรือน้ำหนักที่แน่นอน
- รถขนส่งที่ใช้อาจมีหลายประเภท (Heterogeneous Fleet) เช่น มีทั้งรถปิกอัพ และ รถหกล้อ สำหรับจัดส่งสินค้า

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการวางแผน

- จำนวนจุดส่งต่อเที่ยวรถ
- จำนวนรถที่ใช้
- ระยะทางที่ขนส่ง
- ระยะเวลาในการวางแผน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม

ทีมวิจัยได้ทดลองใช้โปรแกรมในการจัดแผนการจัดส่งสินค้าให้กับบริษัท อินเด็กซ์ ลิฟวิ่งมอลล์ จำกัด จำนวน 2 วัน คือ 17-18ก.ย. 56 โดยแยกโซนการจัดส่งออกเป็น 3 โซนคือ โซนขนส่งที่ใช้รถขนส่งของบริษัทฯ และ อีก 2 โซนใช้รถขนส่งของผู้รับเหมา 2 เจ้า ซึ่งโดยปกติ การจัดแผนการจัดส่งสินค้าในแต่ละโซน บริษัทฯ จะใช้ Planner 1 คนในการจัด และใช้เวลาจัดทั้งสิ้น 2 วันทำงาน เปรียบเทียบกับการจัดด้วยโปรแกรม ซึ่งใช้ Planner 1 คนรันโปรแกรม(ใช้เวลาไม่เกิน 15 นาที สำหรับ 3 โซน) และ ให้ Planner ตรวจสอบผลการจัดเส้นทางจัดส่งที่จัดด้วยโปรแกรม ใช้เวลาทั้งหมดไม่เกิน 3 ชั่วโมง (โซนละไม่เกิน 1 ชั่วโมงในการตรวจสอบว่าเส้นทางที่โปรแกรมจัดให้สามารถวิ่งได้จริง) จำนวนรถที่ใช้ในการจัดส่งสินค้าที่โปรแกรมจัดให้อัตโนมัติแสดงดัง ตารางที่ 4.5

โดยเฉลี่ยจำนวนจุดส่งต่อรถ 1 เทียบ เท่ากับ 3.30 และ 3.44 สำหรับวันที่ 17 และ 18 กันยายน 2556 ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพ คือ จำนวนจุดส่ง เป็น 3 -4 จุดต่อเที่ยว ซึ่งเทียบเท่ากับการใช้ Planner จัดคือ ได้จำนวนจุดส่งต่อเที่ยว 3-4 จุด ข้อดีที่ได้จากการใช้โปรแกรมคือ ประหยัดจำนวน Planner และ เวลาทำงาน ซึ่งสามารถให้ Planner ไปทำงานในส่วนการควบคุมติดตามคุณภาพการจัดส่งได้ และ ยังสามารถเพิ่มปริมาณการจัดส่งสินค้าต่อวันให้มากขึ้นได้ ลดระยะเวลาในการจัดส่งจากปกติที่บริษัทกำหนดไว้ 3 วันทำการ เนื่องจากต้องใช้เวลา 2 วันในการวางแผน 1 วันในการจัดส่ง หากใช้โปรแกรมสามารถลดลงเหลือ 1.5 วันทำการ **รูปที่ 4.4** แสดงหนังสือยืนยันผลการทดสอบโปรแกรมที่ผ่านการรับรองโดยบริษัท อินเด็กซ์ ลิฟวิ่งมอลล์ จำกัด

ตารางที่ 4.5 ผลการใช้โปรแกรมช่วยจัดแผนและเส้นทางการจัดส่งสินค้าของบริษัท อินเด็กซ์ ลิฟวิ่งมอลล์ จำกัด

โซนการขนส่ง	17 ก.ย. 2556			18 ก.ย. 2556		
	จำนวนจุดส่ง	จำนวนรถ	จุดส่งต่อคัน	จำนวนจุดส่ง	จำนวนรถ	จุดส่งต่อคัน
รถบริษัทฯ	88	23	3.83	83	25	3.32
รถผู้รับเหมา 1	82	26	3.15	87	25	3.48
รถผู้รับเหมา 2	64	22	2.91	98	28	3.50
รวม	234	71	3.30	268	78	3.44

หนังสือรับรองการเข้าร่วมทดสอบโปรแกรม VaRP จากผลงานวิจัย

ชื่อหน่วยงานที่รับรอง บริษัท อินเด็คซ์ ลิฟวิ่งมอลล์ จำกัด
 ที่อยู่หน่วยงานที่รับรอง 99-99/1 พรหมแดน แขวงบางบอน เขตบางบอน กทม. 10150
 วัน เดือน ปีที่ให้การรับรอง 30 ตุลาคม 2556

เรื่อง การรับรองการเข้าร่วมทดสอบการใช้โปรแกรม VaRP

เรียน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ข้าพเจ้า นาย อุดม ว่องขจรกิจ ตำแหน่ง รองกรรมการผู้จัดการอาวุโส (Senior Vice President ขอรับรองว่า คลังสินค้าบางบอน ของบริษัท อินเด็คซ์ ลิฟวิ่งมอลล์ จำกัด ได้ทดสอบโปรแกรม VaRP (Vehicle Assignment and Route Planning) ซึ่งเป็นผลงานจากงานวิจัยเรื่อง

การพัฒนากระบวนการวางแผนเส้นทางขนส่งสำหรับหลายศูนย์กระจายสินค้าและมีการออกแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ของ รศ.ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช และ ผศ.ดร.ทรงศักดิ์ รองวิริยะพานิช

โดยมีวัตถุประสงค์การทดสอบเพื่อ

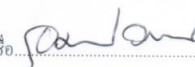
☒ การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ คือ เพื่อทดสอบว่าโปรแกรมสามารถนำไปใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนการขนส่งสินค้าของบริษัท มุ่งเน้นที่การเสริมศักยภาพในการวางแผนจัดเที่ยวขนส่ง และ เส้นทางขนส่งโดยใช้ทรัพยากรเดิมให้เกิดผลลัพธ์สูงสุด ถ้านิ่งถึงปัจจัยของเส้นทางที่สามารถส่งสินค้าได้หลายจุดระหว่างเส้นทางขนส่ง (Consolidate Delivery Orders) และ ปัจจัยด้านเวลาการทำงานของทีมขนส่งและทีมช่าง

ช่วงเวลาทดสอบ

☒ ตั้งแต่.....17 กันยายน 2556..... จนถึง.....18 กันยายน 2556.....

ผลการทดสอบพบว่า

- 1) โปรแกรมสามารถช่วยวางแผนการขนส่งโดยจัดทำเป็นแผนเบื้องต้นที่สามารถทำงานได้ โดยใช้เวลาไม่เกิน 10 นาที ในการวางแผน ซึ่งจะสามารถช่วยแบ่งเบาภาระหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ด้านการวางแผนการขนส่ง ทำให้เจ้าหน้าที่ด้านการวางแผนการขนส่งสามารถใช้เวลากับการปรับปรุงแผนการขนส่งให้มีประสิทธิภาพขึ้น และ มีเวลาให้กับการทำงานนโยบายการขนส่ง แทนที่จะใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการวางแผนการขนส่งแบบวันต่อวัน
- 2) โปรแกรมสามารถช่วยวางแผนรถขนส่งสินค้า และ เส้นทางขนส่ง ที่ได้มาตรฐาน คือเป็นไปตามเงื่อนไขด้านเวลาได้แก่ เวลานัดหมายส่งสินค้า และ เวลาที่ต้องใช้ในการให้บริการขนส่ง ประกอบสินค้า รวมทั้ง เงื่อนไขการแบ่งโซนรถ

ลงชื่อ.....

(นาย อุดม ว่องขจรกิจ)

ตำแหน่ง.....รองกรรมการผู้จัดการอาวุโส.....

หมายเหตุ: กรุณาประทับตราของหน่วยงานในเอกสารนี้ (ถ้ามี)

INDEX LIVING MALL CO.,LTD.

99-99/1 ถ.พรหมแดน แขวงบางบอน เขตบางบอน กรุงเทพฯ 10150 โทร 02-450-9000 โทรสาร 02-450-3900,02-450-3908

รูปที่ 4.4 เอกสารยืนยันการเข้าร่วมทดสอบโปรแกรมของบริษัท อินเด็คซ์ ลิฟวิ่งมอลล์ จำกัด

4.2.2 ธุรกิจจัดจำหน่ายกระเบื้องและวัสดุตกแต่ง โดยจัดส่งถึงบ้านลูกค้า

การขนส่งของธุรกิจกรณีศึกษานี้เป็นธุรกิจที่กระจายสินค้าประเภทกระเบื้องและวัสดุตกแต่งถึงบ้านลูกค้า โดยผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมกับสาขาเกษตร-นวมินทร์

ลักษณะปัญหาในการจัดส่ง

- จัดส่งสินค้าไปยังบ้านลูกค้าจากสาขา
- การจัดส่งไปยังลูกค้ามีกรอบเวลาที่แน่นอน เช่น เช้า สาย บ่าย เย็น
- อัตราค่าขนส่งคิดเหมาเป็นเที่ยวไม่จำกัดระยะทาง แต่จะจำกัดจุดส่งไม่เกิน 3 จุดต่อเที่ยว
- การจัดเที่ยวรถอาจเต็มความจุได้ทั้งจากน้ำหนักหรือปริมาตร จึงจำเป็นต้องพิจารณาทั้งสองปัจจัยร่วมกัน
- รถขนส่งที่ใช้มีประเภทเดียวคือรถปิคอัพ
- การจัดส่งจะมีการกำหนดช่วงเวลาในการจัดส่งตามโซนที่ตั้งของจุดส่ง โดยกำหนดให้จัดส่งบริเวณที่อยู่ใกล้สาขาในช่วงเช้าและจุดที่อยู่ไกลออกไปในช่วงสายและบ่ายรวม 3 รอบ

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการวางแผน

- จำนวนเที่ยวรถที่ใช้
- จำนวนจุดส่งต่อเที่ยว
- ระยะทางที่ขนส่ง
- ระยะเวลาในการวางแผน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมกับกรณีศึกษาโดยจัดแผนการขนส่งจริงในวันที่ 19-21 สิงหาคม 2557 โดยเปรียบเทียบแผนการขนส่งที่จัดโดยโปรแกรมกับแผนที่จัดโดยเจ้าหน้าที่ของบริษัท ได้ผลดังสรุปใน ตารางที่ 4.6

ความแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือแผนที่จัดโดยโปรแกรมจะเป็นเส้นทางที่ยาวกว่าและมีจำนวนจุดส่งต่อเที่ยวมากกว่า จึงสามารถจัดส่งสินค้าได้ด้วยจำนวนเที่ยวรถที่น้อยกว่าแผนที่จัดโดยเจ้าหน้าที่ ประมาณร้อยละ 10-30 อย่างไรก็ตามดีจากการหาหรือผลกับทางบริษัทพบว่าการขนส่งจริง ทางพนักงานขับรถมักเกี่ยวงานที่มีระยะทางไกล ในการใช้งานจริงจึงอาจจำเป็นต้องปรับลดจำนวนจุดส่งต่อเที่ยวลง ซึ่งก็จะทำให้ประสิทธิภาพของโปรแกรมลดลงไป

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรม กรณีศึกษาธุรกิจจำหน่ายกระเบื้องและวัสดุตกแต่ง

ดัชนีชี้วัด	8/19/2014		8/20/2014		8/21/2014	
	คนจัด	โปรแกรม	คนจัด	โปรแกรม	คนจัด	โปรแกรม
จำนวนเที่ยว	42	35	57	41	43	44
จำนวนลูกค้า (ราย)	58	64	71	69	57	65
ระยะทางรวม (กม.)	1,089	1,223	1,934	1,862	1,719	1,972
จุดส่งต่อเที่ยว	1.38	1.83	1.25	1.68	1.33	1.48
ก.ม.ต่อเที่ยว	25.9	35.0	33.9	45.4	40.0	44.8

4.2.3 ธุรกิจที่กระจายสินค้าจากคลังไปสู่ลูกค้า โดยมุ่งเน้นการจัดรถให้บรรทุกเต็มคัน

การขนส่งของธุรกิจกรณีศึกษานี้เป็นธุรกิจที่กระจายสินค้าประเภทน้ำมันเครื่องจากคลังในจังหวัดชลบุรี ไปยังลูกค้าในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และจังหวัดในภาคกลางและตะวันออก โดยใช้รถขนส่งหลากหลายประเภททั้งรถปิคอัพ รถหกล้อกลาง และรถหกล้อใหญ่ ซึ่งมีความสามารถบรรทุกแตกต่างกัน การจัดรถขนส่งสินค้าที่นำมาวิเคราะห์จะจำกัดเฉพาะสินค้าประเภทกล่อง ลังหรือถัง ซึ่งทราบปริมาตรและน้ำหนักที่แน่นอน ลักษณะปัญหาการขนส่งของกรณีศึกษามีรายละเอียดดังนี้

ลักษณะปัญหาในการจัดส่ง

- กระจายสินค้าไปยังลูกค้าปลีกและส่งสาขา จากศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียว
- การจัดส่งไปยังลูกค้าสามารถยืดหยุ่นกรอบเวลาได้มากกว่าการส่งถึงบ้าน จึงมักใช้กรอบเวลากว้าง เช่น เช้าหรือเย็น
- อัตราค่าขนส่งถูกกำหนดเป็นโซน เช่น ชลบุรี ฉะเชิงเทรา กรุงเทพฯ เป็นต้น ดังนั้นการจัดเที่ยวรถจึงต้องพิจารณาการแบ่งโซนให้เหมาะสม เพราะค่าขนส่งจะถูกคิดจากจุดส่งที่ไกลที่สุดในเที่ยวนั้น
- การจัดเส้นทางอาจจำเป็นต้องมีการรวมสินค้าของลูกค้าหลายรายไปในรถเที่ยวเดียว (Multi Drop) เพื่อลดต้นทุนในการขนส่ง โดยจะมีการกำหนดเกณฑ์ว่ารถจะต้องบรรทุกมากกว่าร้อยละ 70 จึงจะเปิดเที่ยวรถได้ เป็นต้น
- ปริมาณสินค้าสามารถระบุได้ในรูปแบบปริมาตรหรือน้ำหนักที่แน่นอน
- รถขนส่งที่ใช้อาจมีหลายประเภท (Heterogeneous Fleet) เช่น รถปิคอัพ รถหกล้อ รถสิบล้อ เป็นต้น

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการวางแผน

- จำนวนรถที่ใช้
- จำนวนจุดส่งต่อเที่ยว
- ต้นทุนการส่งสินค้ารวม
- ระยะเวลาในการวางแผน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการจัดเส้นทางขนส่งโดยใช้โปรแกรมเทียบกับแผนการขนส่งจริงที่จัดโดยผู้วางแผน ผลการทดสอบสรุปดัง **ตารางที่ 4.7** การใช้โปรแกรมจัดได้จำนวนเที่ยวรถน้อยลง 1 เที่ยว ได้จำนวนจุดส่งต่อเที่ยวมากขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตามพบว่าโปรแกรมช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งลงจาก 81,163 บาท เป็น 73,401 บาท หรือคิดเป็นการประหยัดร้อยละ 9.6 ในด้านระยะเวลาในการวางแผนนั้นโปรแกรมสามารถช่วยลดเวลาลงจาก 4-5 ชั่วโมง เป็น 2 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรม กรณีศึกษาธุรกิจจำหน่ายน้ำมันเครื่อง

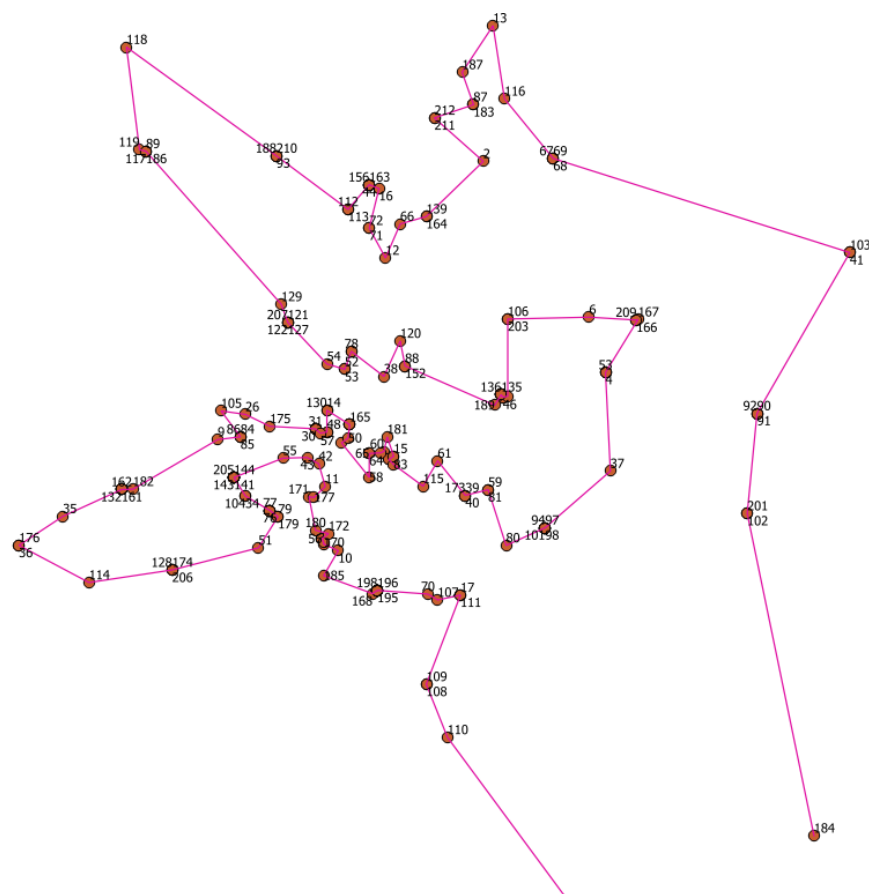
ดัชนีชี้วัด	10/31/2014	
	คนจัด	โปรแกรม
จำนวนเที่ยว	44	43
จำนวนลูกค้า (ราย)	163	163
จุดส่งต่อเที่ยว	3.70	3.79
ค่าใช้จ่ายรวม	81,163	73,401

4.3 การประยุกต์ใช้โปรแกรมการจัดเส้นทางแบบ Route-First-Cluster-Second

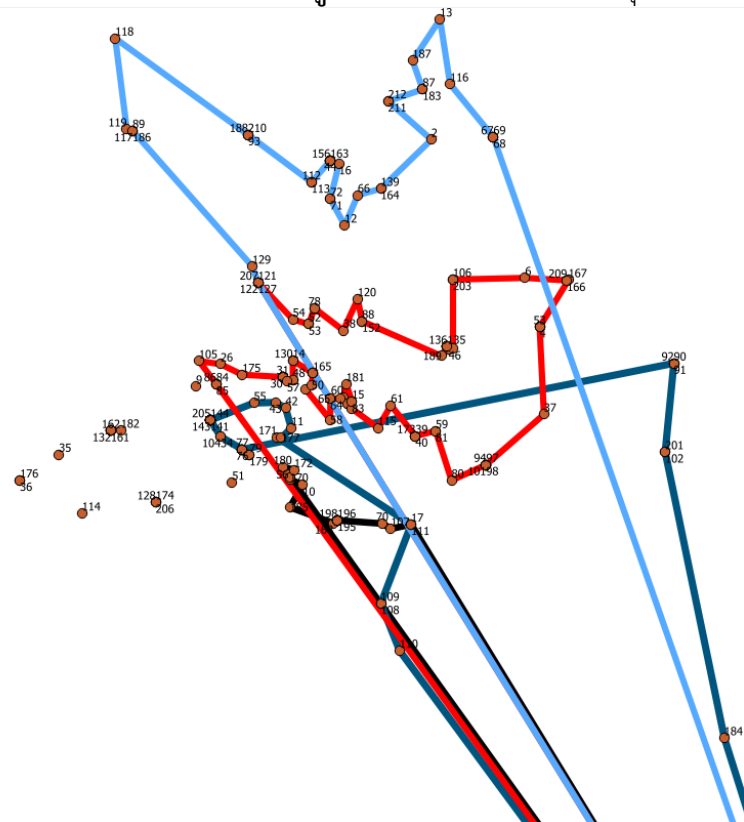
การประยุกต์ใช้โปรแกรมในกรณีนี้จะใช้กับกรณีศึกษาที่ไม่เน้นเรื่องกรอบเวลา แต่มุ่งเน้นการขนส่งเต็มคัน ดังนั้นเกณฑ์ในการรวมจุดส่งเพื่อจัดเส้นทางจึงพิจารณาเพียงระยะทางและปริมาณสินค้าเท่านั้น ทำให้เหมาะกับการแก้ปัญหาด้วยวิธี Route-First-Cluster-Second ซึ่งจะสร้าง Grand Tour ก่อน จากนั้นจึงทำการแบ่งกลุ่มย่อยเพื่อให้พอดีกับความจุของรถ โดยคำนึงถึงระยะทางระหว่างจุดส่งที่อยู่ใกล้กันใน Grand Tour

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบจัดเส้นทางของปัญหาที่มีจุดส่งจำนวน 211 จุด ขนส่งโดยใช้รถที่มีความจุ 47250 ลิตร ปริมาณสินค้ารวมทั้งสิ้น 182,333 ลิตร ได้ผลการจัดเส้นทางดังแสดงใน **ตารางที่ 4.5** และ **ตารางที่ 4.6** โดยใช้รถทั้งสิ้น 5 คัน รถแต่ละคันมีปริมาณสินค้า จำนวนจุดส่งและอัตราการบรรทุกดังสรุปใน

ผลการจัดเส้นทางได้อัตราการบรรทุกเฉลี่ยร้อยละ 77 ซึ่งสูงกว่าอัตราที่ผู้วางแผนจัดได้ในปัจจุบันที่ร้อยละ 75



รูปที่ 4.5 Grand Tour ของจุดส่งทั้งหมด



รูปที่ 4.6 ผลการจัดเส้นทางโดยแบ่ง Cluster ของ Grand Tour ออกเป็นเส้นทางย่อย

ตารางที่ 4.8 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธี Route-First-Cluster-Second

รถคันที่	จำนวนจุดส่ง	ปริมาณสินค้า (ลิตร)	อัตราการบรรทุก (ร้อยละ)
1	31	43,695	92.5
2	32	33,943	71.8
3	32	35,234	74.6
4	80	33,104	70.1
5	36	36,537	77.3

4.4 การประยุกต์ใช้โปรแกรมการจัดเส้นทางแบบ Cluster-First- Route-Second

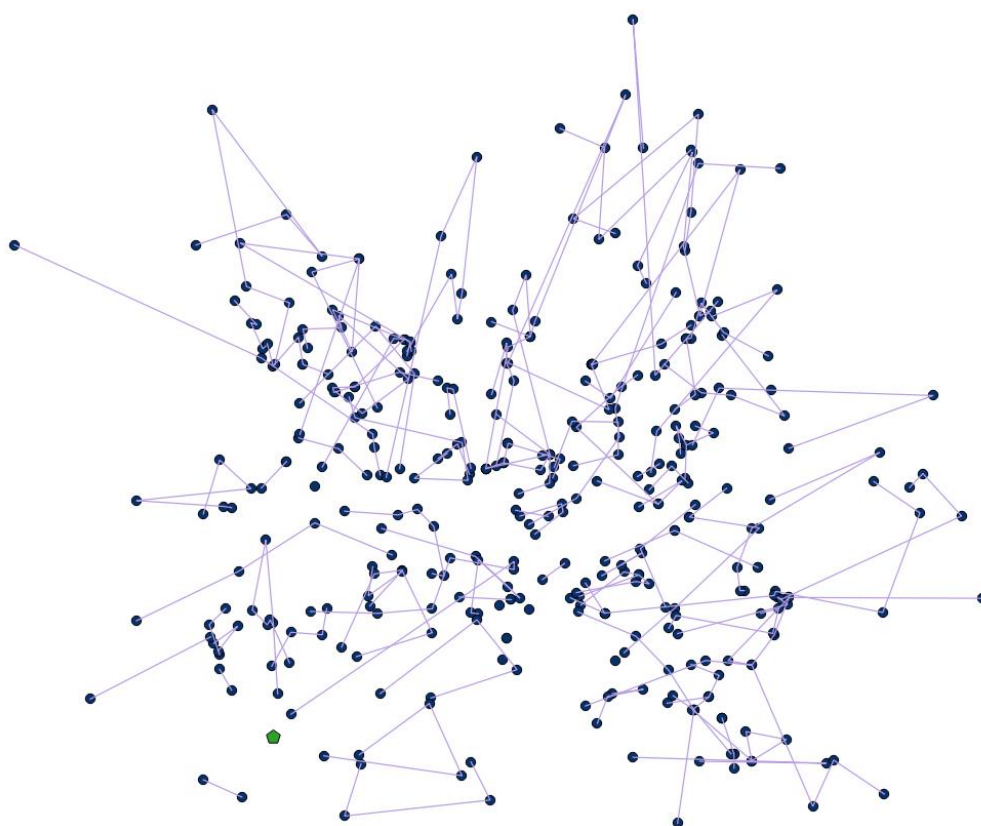
การประยุกต์ใช้โปรแกรมในกรณีนี้จะใช้กับกรณีศึกษาที่มีจุดส่งจำนวนมากคือ 399 จุดส่ง ปริมาณสินค้ารวม 421,205 ลิตร รถขนส่งสินค้าประเภทปิคอัพ ความจุ 6,000 ลิตร ผู้วิจัยได้ทำการทดลองแบ่งกลุ่มจุดส่งก่อน แล้วจึงทำการจัดเส้นทางของแต่ละกลุ่มจุดส่งแยกจากกัน วิธีการนี้จะมีจุดเด่นตรงที่สามารถแก้ปัญหาขนาดใหญ่มากได้ แต่จะได้คำตอบที่มีคุณภาพด้อยกว่าการจัดเส้นทางแบบไม่แบ่งกลุ่มย่อยเล็กน้อยประมาณร้อยละ 3 แต่ในทางปฏิบัติผู้วางแผนนิยมนำมาทำงานในรูปแบบการแบ่งกลุ่มมากกว่า เนื่องจากจะได้เส้นทางที่ไม่มีการวิ่งอ้อมมากนัก นอกจากนี้ยังได้เส้นทางที่มีความแตกต่างของระยะทางน้อยกว่ากรณีของการไม่แบ่ง Cluster ซึ่งทำให้สะดวกต่อการกระจายภาระงานของคนขับรถ ดังสรุปใน ตารางที่ 4.9 รูปที่ 4.7 และ รูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.9 ผลการจัดเส้นทางของวิธี Cluster-First-Route-Second กับการจัดเส้นทางโดยไม่แบ่งกลุ่มจุดส่ง

วิธีการจัดเส้นทาง	จำนวนรถที่ใช้	ปริมาณสินค้าต่อคัน (ลิตร)	อัตราการบรรทุก	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ระยะทางเฉลี่ย/ S.D.
Cluster-First-Route-Second	90	4,680	78.0	6,270.8	69.7/27.9
ไม่แบ่ง Cluster	85	4,955	82.6	6,090.4	71.7/29.5



รูปที่ 4.7 ผลการจัดเส้นทางแบบไม่แบ่งกลุ่มย่อย



รูปที่ 4.8 ผลการจัดเส้นทางแบบ Cluster-First-Route-Second

4.5 แนวทางการประยุกต์ใช้โปรแกรมสำหรับสถานการณ์การวางแผนที่หลากหลาย

โครงการวิจัยนี้ได้พัฒนาการจัดเส้นทางด้วยวิธีการที่หลากหลาย เพื่อให้ตอบโจทย์การใช้งานของภาคอุตสาหกรรมที่มีเงื่อนไขการทำงานที่แตกต่างกัน โดยสามารถสรุปเป็นแนวทางการประยุกต์ใช้ได้ดังนี้

- การจัดเส้นทางแบบในรูปเดียว (Routing only) ใช้ในสถานการณ์ที่มีจำนวนจุดส่งไม่มากนัก ประมาณ 400-500 จุดส่ง ซึ่งเป็นจำนวนที่ยังสามารถหน่วยความจำของเครื่องยังสามารถรองรับได้ ผลการจัดเส้นทางแบบนี้จะได้ประสิทธิภาพสูงสุด
- การจัดเส้นทางแบบแบ่งกลุ่มจุดส่งก่อน (Cluster-first-route-second) ใช้ในสถานการณ์ที่มีจำนวนจุดส่งมาก ซึ่งเกินกว่าความสามารถที่จะรองรับด้วยหน่วยความจำของเครื่องด้วยการคำนวณรอบเดียว โปรแกรมจะทำการจัดกลุ่มจุดส่ง เพื่อแบ่งปัญหาให้มีขนาดเล็กลง แล้วจึงแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของแต่ละกลุ่มจุดส่งแยกจากกัน อย่างไรก็ตามวิธีการนี้จะทำให้คำตอบที่ได้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธี Routing only
- การจัดเส้นทางแบบจัดเส้นทางของจุดส่งทั้งหมดก่อนจึงแบ่งกลุ่มย่อย (Routing-first-cluster-second) การจัดกลุ่มเส้นทางแบบนี้ จะเหมาะสมกับการขนส่งที่ต้องการเน้นการขนส่งแบบเต็มความจุรถ ดังนั้นการจัดเส้นทางของจุดส่งทั้งหมดก่อนในขั้นแรก จะช่วยให้เห็นภาพว่าลำดับของการจัดส่งควรเป็นลักษณะใดเพื่อให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด ระยะทางระหว่างจุดส่งจะถูกนำไปใช้ในการจัดกลุ่มจุดส่งในขั้นตอนที่สอง ซึ่งจะคำนึงถึงความจุของตัวรถด้วย ทำให้ได้เส้นทางที่ใช้ความจุรถสูงและมีระยะทางระหว่างจุดส่งที่ไม่ไกลกัน

ประสบการณ์การประยุกต์ใช้โปรแกรมการจัดเส้นทางในภาคอุตสาหกรรมของต่างประเทศ ได้ชี้ให้เห็นว่าสามารถสร้างผลประโยชน์ในเชิงธุรกิจได้มาก สรุปได้ดังต่อไปนี้

- ลดระยะทางในการขนส่ง ซึ่งช่วยประหยัดทั้งค่าน้ำมัน ค่าสึกหรอ และค่าจ้างพนักงานขับรถ โปรแกรมการจัดเส้นทางสามารถลดระยะทางการขนส่งได้เมื่อเทียบกับการจัดเส้นทางด้วยคนประมาณร้อยละ 8-20
- ลดระยะเวลาในการวางแผนการขนส่ง ซึ่งจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย และทำให้สามารถปรับเปลี่ยนแผนการทำงานได้อย่างคล่องตัวมากยิ่งขึ้น
- เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร ทั้งในด้านการใช้ความจุของรถให้เต็มที่ และการต่องานเพื่อให้รถได้วิ่งส่งสินค้าเต็มเวลาทำงาน ลดการจ่ายค่าล่วงเวลา
- เพิ่มอัตราการจัดส่งสินค้าตรงตามเวลาที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งประเด็นนี้ผู้วางแผนมักจะไม่สามารถทำได้ดังก่อน เพราะมักจะให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านระยะทางหรือความจุของรถมากกว่า

ค่าใช้จ่ายในการซื้อลิขสิทธิ์ของโปรแกรมจัดเส้นทางรถ จะขึ้นอยู่กับขนาดของฝูงรถและเงื่อนไขเพิ่มเติมซึ่งจะมีการคิดค่าใช้จ่ายในการ customization โปรแกรม ทั้งนี้ราคาของซอฟต์แวร์ในต่างประเทศ เริ่มต้นที่ 10,000\$ หรือคิดเป็นเงินไทยประมาณ 330,000 บาท โดยยังไม่รวมค่าแผนที่ ค่าฮาร์ดแวร์ และค่าบำรุงรักษารายปี รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการ customize ซึ่งจะทำให้ราคาของซอฟต์แวร์แพงขึ้นมาก

ผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมมักจะคาดหวังความคุ้มค่าของการลงทุนในโปรแกรมจัดเส้นทางรถ ว่าควรจะคืนทุนในระยะเวลาไม่นานนัก ซึ่งบริษัทซอฟต์แวร์บางราย เช่น Roadnet Transportation Suite อ้างว่าสามารถคืนทุนให้ลูกค้าในเวลาไม่ถึง 1 ปี เป็นต้น

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อวางแผนเส้นทางขนส่งทั้งกรณีแบบมีกรอบเวลา (VRP-TW) และแบบไม่มีกรอบเวลา (VRP และ TSP) เพื่อช่วยให้การจัดแผนการขนส่งซึ่งเป็นปัญหาพื้นฐานในภาคอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทั้งในด้านเวลาและค่าใช้จ่าย โครงการวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางในต่างประเทศพบว่าปัจจุบันผู้ใช้นิยมการใช้งานโปรแกรมแบบที่เป็น Web-based และต้องการผลลัพธ์อย่างรวดเร็ว จึงได้เลือกใช้อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ โดยใช้การหาคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธี Nearest Neighbor Search และการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Local Search ในขั้นตอนสุดท้ายจึงทำการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Meta Heuristics การคำนวณด้วยวิธีดังกล่าวทำให้ได้คำตอบที่มีคุณภาพสูงใกล้เคียงกับวิธี Exact แต่ใช้ระยะเวลาสั้นกว่ามาก จึงสามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมได้มากกว่า

ผู้วิจัยได้ออกแบบสถาปัตยกรรมของโปรแกรมจัดเส้นทางขนส่งสินค้า สำหรับการขนส่งสินค้าที่มีหลายศูนย์กระจายสินค้าบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยได้กำหนดภาษาจาวาเป็นภาษาสำหรับพัฒนา Web Application และ ใช้ภาษา C++ ในการพัฒนาส่วนการจัดเส้นทางขนส่ง (Route Planning) ในขณะที่ใช้ฐานข้อมูล Open Source คือ PostgreSQL ซึ่งเพิ่มการติดตั้ง PostGIS เพื่อให้สามารถจัดเก็บข้อมูล Geo Data และ ใช้ Google Map API สำหรับการแสดงผล ในการพัฒนาโปรแกรมการคำนวณเส้นทางส่วน Solver Engine พัฒนาด้วยภาษา C++ เพื่อคำนวณเส้นทางและแผนขนส่ง และทีมพัฒนาได้ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ COM+ เพื่อทำให้ฟังก์ชันการวางแผนขนส่ง (Route Planning) ของ VRP Solver Engine สามารถถูกเรียกใช้จากโปรแกรมอื่นๆได้ เช่น จากเว็บแอปพลิเคชัน นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้กำหนดรูปแบบไฟล์เพื่อนำเข้าข้อมูลอินพุตสำหรับจัดแผนและเส้นทางขนส่ง และ พัฒนาโปรแกรมส่วนนำเข้าข้อมูลจากไฟล์สู่ระบบเพื่อจัดแผน และ ยังได้ออกแบบฐานข้อมูลสำหรับโปรแกรมจัดเส้นทางขนส่ง ทีมวิจัยได้รวบรวมข้อมูลทดสอบรวบรวมจากภาคอุตสาหกรรมนำร่องมาจำนวนหนึ่ง และได้จัดเก็บลงในฐานข้อมูลที่ได้ออกแบบแล้ว

ผู้วิจัยได้สำรวจกระบวนการและปัญหาการจัดแผนขนส่งจากบริษัทเอกชนที่เข้าร่วมทดสอบทั้งสิ้น 3 บริษัทคือ ธุรกิจจำหน่ายเฟอร์นิเจอร์ที่มีบริการจัดส่งถึงบ้านลูกค้า ผู้ผลิตและจัดจำหน่ายน้ำมันเครื่อง และ ธุรกิจจำหน่ายกระเบื้องและวัสดุตกแต่งที่มีบริการส่งถึงบ้านลูกค้า ได้นำปัญหาของกรณีศึกษามาใช้ทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem) เปรียบเทียบกับการวางแผนด้วยคน โดยใช้ตัวชี้วัด เช่น จำนวนเที่ยวรถ อัตราการบรรทุก และระยะทางที่รถวิ่ง เป็นต้น

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมพบว่าการใช้โปรแกรมช่วยลดระยะเวลาในการวางแผนลงได้อย่างมาก เช่นในกรณีของการจัดแผนการขนส่งเฟอร์นิเจอร์ที่มีจุดส่งมากถึง 400 จุดต่อวัน การจัดแผนด้วยคนจำเป็นต้องใช้ผู้วางแผน 6 คนทำงาน 8 ชั่วโมง แต่การจัดด้วยโปรแกรมสามารถวางแผนได้ในระยะเวลาไม่เกิน 30 นาที โดยใช้คนทำงานเพียง 2 คน และอาจใช้เวลาในการปรับแผนอีกเล็กน้อย นอกจากการประหยัดเวลาทำงานแล้ว การใช้โปรแกรมยังช่วยเพิ่มอัตราการบรรทุกของรถและจำนวนจุดส่งต่อเที่ยวในกรณี

ของธุรกิจจัดส่งกระเบื้อง ซึ่งจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้ และในกรณีของการขนส่งน้ำมันเครื่องโปรแกรมสามารถลดค่าขนส่งได้ร้อยละ 9.6 เมื่อเทียบกับแผนที่จัดโดยผู้วางแผน

ปัญหาและอุปสรรคหลักในการดำเนินโครงการวิจัย เป็นเรื่องของการเจรจาข้อตกลงด้านการใช้ประโยชน์จากโปรแกรมที่พัฒนาในโครงการวิจัย ทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงบริษัทเอกชนที่ร่วมมือในโครงการวิจัย รวมทั้งการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการวางแผนขนส่งด้วย Planner เทียบกับการจัดด้วยโปรแกรมใช้เวลานานและต้องอาศัย Planner ซึ่งมีความกังวลว่าหากประสิทธิภาพของโปรแกรมจัดแผนอัตโนมัติมีประสิทธิภาพสูงกว่า Planner อาจจะได้รับผลกระทบทำให้ไม่ค่อยให้ความร่วมมือในการทดสอบ

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยชิ้นนี้ได้มุ่งเน้นการพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางขนส่งเพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดอีกหลายประการที่จะต้องพัฒนาเพื่อให้ตอบโจทย์การใช้งานจริงได้ดียิ่งขึ้น

- ประการแรกคือโปรแกรมนี้อาจรับเฉพาะการจัดส่งสินค้าจากคลังไปยังจุดส่ง (Delivery Only) จึงเหมาะกับการใช้งานสำหรับธุรกิจผลิตสินค้าและจัดส่ง แต่ยังไม่สามารถรองรับการดำเนินการขนส่งที่มีการจัดส่งและรับสินค้ากลับที่คลังซึ่งอาจเป็นธุรกิจที่มีการจัดส่งสินค้าถึงลูกค้าและรับสินค้ากลับที่คลัง การเพิ่มความสามารถการใช้งานนี้จะช่วยขยายฐานธุรกิจที่สามารถใช้งานโปรแกรมนี้อีก
- ประการที่สองคือการคำนวณระยะเวลาในการเดินทาง ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการคำนวณระยะเวลาการทำงานของรถ เพื่อให้มั่นใจว่ารถจะสามารถทำงานได้ตามเวลานัดหมาย งานวิจัยนี้อาศัยการคำนวณระยะเวลาเดินทางจากระยะทางแล้วใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยในการประมาณ ซึ่งอาจไม่สามารถตอบสนองต่อสภาพการจราจรที่แตกต่างกันในแต่ละวันหรือช่วงเวลาระหว่างวันได้ ในอนาคตการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถรองรับข้อมูลจราจรแบบทันกาลได้จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ
- ประการสุดท้ายคือด้านความสามารถในการเชื่อมต่อโปรแกรมกับระบบอื่น เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบ ERP หรือระบบติดตามยานพาหนะ (GPS Tracking) ใช้อย่างแพร่หลายในองค์กรแล้ว ดังนั้นความสามารถในการเชื่อมต่อโปรแกรมการจัดเส้นทางรถกับระบบเหล่านี้จะช่วยเพิ่มประโยชน์ต่อการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมจริงมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- 1) Kearney A.T., Inc., Measuring and Improving Productivity in Physical Distribution, NCPDM, Oak Brook, IL., 1984.
- 2) Damian Stantchev and Tony Whiteing, Urban Freight Transport and Logistics: An Overview of the European Research and Policy, European Communities, 2006.
- 3) http://cordis.europa.eu/fetch?ACTION=D&CALLER=PROJ_IST&OM_EP_RCN_A=60968
- 4) http://www.polisnetwork.eu/uploads/Modules/PublicDocuments/stuttgart_mosca_its.pdf
- 5) เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช ; โครงการพัฒนาระบบระบบบริหารจัดการรถบรรทุกสำหรับการจัดส่งสินค้าด้วย GIS : กรณีศึกษา Tops Supermarket, 2553.
- 6) อติสรณ์ สาดแสงจันทร์ ช่อแก้ว จตุรานนท์ สรวิษฐ์ เยาว์ยืนยง และ เจริญชัย โคมพัตราภรณ์; วิธีวิธีวิสถิติส์สำหรับการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งหลายขนาดบรรทุกและหลายช่องบรรจุสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงหลายชนิด, วารสาร Thai VCML 3(2), 2553.
- 7) <http://www.esri.com/software/arclogistics-10>
- 8) G. B. Dantzig and J. H. Ramser, The Truck Dispatching Problem, Management Science, Vol. 6, No. 1, 80-91, 1959.
- 9) G. Clarke and J. Wright “Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points”, Operations Research, 12 #4, 568-581, 1964.
- 10) G. Laporte and Y. Nobert ,Exact Algorithm for the Vehicle Routing Problem, in Surveys in Combinatorial Optimization, North-Holland, Amsterdam, 147-184, 1987.
- 11) J. Renaud, F.F. Boctor and G. Laporte, An Improved Petal Heuristics for the Vehicle Routing Problem, Journal of the Operational Research Society, 47, 329-336, 1996.
- 12) J. Berger, M. Barkaoui and O. Bräysy. “A Parallel Hybrid Genetic Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Windows”. Working paper, Defense Research Establishment Valcartier, Canada. 2001.
- 13) P. Badeau, M. Gendreau, F. Guertin, J.-Y. Potvin and E. Taillard. “A Parallel Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem with Time Windows”. Transportation Research – C 5, 109-122. 1997.
- 14) C.J. Blecha and M. Goetschalckx, The Vehicle Routing Problem with Backhauls: Properties and Solution Algorithms, Georgia Tech Research Corporation, 1992.
- 15) G. Laporte, The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms, European Journal of Operational Research, 59, 345-358, 1992.
- 16) A. Blazinskias and A. Misevicius, Combining 2-Opt, 3-Opt and 4-Opt with K-Swap Kick Perturbations for the Traveling Salesman Problem
- 17) T.P. Yunck. A technique to identify nearest neighbors, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, SMC-6(10): 678-683, October, 1976.
- 18) John Mackenzie, Using Quantum GIS: A Summary, FREC682, University of Delaware, 2010.

- 19) Stefan Steiniger and Geoffrey J. Hay, Free and open source geographic information tools for landscape ecology *Ecological Informatics* 4 (2009) 183–195, 2009.
- 20) S.Lin and B.W. Kernighan, “An Effective Heuristic Algorithm for the Traveling-Salesman Problem”, *Oper.Res.*21, 498-516, 1973.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. คำศัพท์เทคนิค

การจัดกลุ่มจัดส่งและการจัดเส้นทางรถ (Clustering and route planning) เป็นแนวทางการแก้ปัญหากรณีมีจุดจัดส่งสินค้าจำนวนมากซึ่งไม่สามารถวางแผนได้ด้วยคนทำงานคนเดียว หรือ วางแผนได้ในคราวเดียว ดังนั้น จำเป็นต้องแบ่งจุดจัดส่งออกเป็นกลุ่ม(แยกจุดจัดส่งด้วยโซนพื้นที่) เพื่อนำไปวางแผนการจัดส่ง วิธีการแบ่งแยกจัดส่งให้เป็นกลุ่มจะทำให้สามารถจัดแผนการจัดส่งสินค้าจำนวนมากได้

ข้อมูลค่า Configuration ของการจัดแผนสำหรับธุรกิจ หมายถึงค่าที่ใช้เป็นเงื่อนไขสำหรับคำนวณแผนการจัดส่งสินค้า ซึ่งค่ามักแตกต่างกันในแต่ละธุรกิจตามเงื่อนไขที่แตกต่างในธุรกิจแต่ละประเภท เช่น จำนวนจุดส่งสูงสุดต่อหนึ่งเที่ยวรถ ระยะทางสูงสุดกิโลเมตรต่อหนึ่งเที่ยว ระยะทางกิโลเมตรสูงสุดระหว่างจุดส่ง(Coload Distance) ค่าที่ถูกกำหนดไว้แตกต่างกัน จะให้แผนการจัดส่งที่แตกต่างกันด้วย เช่น ระยะทางกิโลเมตรสูงสุดระหว่างจุดส่ง(Coload Distance) กำหนดค่าน้อยขึ้น จะทำให้ใช้จำนวนรถมากขึ้น จำนวนจุดส่งสูงสุดต่อเที่ยวรถ ยิ่งกำหนดค่ามากขึ้น ยิ่งใช้รถจำนวนน้อยลง

ข้อมูลจุดส่งสินค้าของลูกค้า (Customer & Shipment Location) ตามปกติลูกค้าหนึ่งราย(Customer) สามารถมีที่อยู่ที่เป็นจุดจัดส่งสินค้า (Shipment Address)มากกว่าหนึ่งที่ เช่น ลูกค้าที่เป็นบริษัท โตโยต้า มีจุดจัดส่งหลายที่ ตามสาขา หรือ ศูนย์บริการ เป็นต้น ในการวางแผนการจัดส่งสินค้า ระบบวางแผนเส้นทางรถขนส่งสำหรับหลายศูนย์กระจายสินค้าและมีการอบเวลาบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะใช้ข้อมูลที่อยู่จุดส่งสินค้าของลูกค้าแทนที่จะใช้ที่อยู่ของลูกค้าในการวางแผนเส้นทางจัดส่งสินค้า

ข้อมูลประเภท Spatial data เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น ข้อมูลจุดพิกัด GPS ละติจูดและลองจิจูดของจุดส่ง - ข้อมูลพื้นที่รูปปิด Polygon แสดงขอบเขตของคลังสินค้า เป็นต้น

ข้อมูลพื้นฐาน (Master Data) หมายถึงข้อมูลหลักในฐานะข้อมูลของระบบวางแผนเส้นทางรถขนส่งสำหรับหลายศูนย์กระจายสินค้าและมีการอบเวลาบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลสินค้า ข้อมูลรถขนส่ง เป็นต้น ซึ่งแตกต่างจากข้อมูลอีกประเภทหนึ่งที่จัดเก็บในฐานะข้อมูล นั่นคือข้อมูลรายการธุรกรรม (Transaction Data) ที่เป็นรายการที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานของระบบวางแผนเส้นทางรถขนส่งสำหรับหลายศูนย์กระจายสินค้าและมีการอบเวลาบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ข้อมูลเที่ยวรถขนส่งที่วิ่งจริงในแต่ละวัน (Shipment) ข้อมูลแผนการจัดส่งที่เกิดขึ้นแต่ละวัน (Delivery Plan)

คอมโพเนนต์ COM+ เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาต่อจากเทคโนโลยี COM (Component Object Model) ของบริษัทไมโครซอฟท์ ซึ่งทำให้สามารถนำอ็อบเจกต์ที่ถูกสร้างในภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาหนึ่ง สามารถถูกอ็อบเจกต์ที่ถูกสร้างด้วยภาษาโปรแกรมอีกภาษาหนึ่งที่รันอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งเรียกใช้งานได้ ในการเรียกใช้งานอ็อบเจกต์ข้ามเครื่อง สามารถเรียกใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ต โดยไม่จำเป็นต้องทราบรายละเอียดวิธีการสร้างอ็อบเจกต์ที่จะเรียก

โปรแกรม C++ based VRP Solver Engine ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยในโครงการนี้ คือ VRP Solver Engine โดย Solver Engine เป็นโปรแกรมที่คอยรับคำสั่งจากโปรแกรมอื่นที่ต้องการคำนวณหาวิธีการแก้ปัญหา VRP หรือ ปัญหาการวางแผนการจัดส่งสินค้า VRP Solver Engine จะรับคำร้องขอจากโปรแกรมอื่น ซึ่งคำร้องขอประกอบด้วยรายละเอียด Orders ที่ต้องการจัดส่ง รายละเอียดของรถขนส่งที่สามารถวิ่งส่ง Orders และ เงื่อนไขในการรับ Orders ของรถขนส่ง เงื่อนไขการจัดส่งของแต่ละจุดส่ง เป็นต้น VRP Solver Engine จะคำนวณแผนการจัดส่งสินค้าและคืนผลลัพธ์ให้แก่โปรแกรมที่เรียกใช้ VRP Solver Engine C++ based VRP Solver Engine เป็นคำเพื่ออธิบายว่า โปรแกรม VRP Solver Engine ถูกพัฒนาด้วยภาษา C++

ภาษาในตระกูล .NET หมายถึงภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ไม่โครซอฟท์สร้างขึ้นซึ่งประกอบด้วยภาษา Visual Basic .NET ภาษา C# .NET เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาด้วยภาษาเหล่านี้จะเป็นโปรแกรมที่ทำงานโดยใช้ไลบรารีเดียวกันคือ .NET Framework และโปรแกรมจะถูกแปลงเป็นรหัสไคต์ภาษากลาง ที่เรียกว่า Microsoft Intermediate Language (MSIL) ซึ่งทำให้โปรแกรมแม้ว่าจะพัฒนาจากภาษาที่แตกต่างกันแต่จะสามารถเรียกใช้งาน ทำงานร่วมกันได้

มีกรอบเวลา (Time Window) คือ เงื่อนไขของการวางแผนการจัดส่งสินค้าที่กำหนดช่วงเวลาที่ยานต้องถึงจุดส่ง ซึ่งประกอบด้วย เวลาที่กำหนดเวลานัดหมายจัดส่ง (Early Time) และ เวลาหลังกำหนดเวลานัดหมายจัดส่ง (Late Time) โดยช่วงเวลาที่กำหนดเป็นกรอบเวลาการจัดส่ง เรียกว่า Time Window และ การวางแผนการจัดส่งที่เวลาการจัดส่งสินค้าต้องอยู่ในช่วงเวลานัดหมาย เรียกว่า การวางแผนการจัดส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลา (VRP with Time Window)

ระบบ ERP ย่อมาจาก Enterprise Resource Planning เป็นระบบสารสนเทศที่ช่วยองค์กรบริษัทในการดำเนินงานหลัก ได้แก่ การจัดซื้อจัดจ้าง การผลิต การขาย การบัญชี และการบริหารบุคคล ซึ่งการใช้ระบบ ERP จะช่วยในการบริหารทรัพยากรขององค์กรให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนั้นยังทำให้ข้อมูลของงานที่สัมพันธ์กันมีการเชื่อมโยงบูรณาการกันอย่างครบถ้วน และ เป็นข้อมูลปัจจุบัน (อ้างอิง http://erp.rmuti.ac.th/about_information.html)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System : GIS เป็นระบบสารสนเทศที่ช่วยในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ มักมีการแสดงข้อมูลสารสนเทศที่สัมพันธ์กับตำแหน่งเชิงพื้นที่ เช่น ข้อมูลที่อยู่ของลูกค้าพร้อมรายละเอียดสินค้าที่สั่งซื้อ พร้อมโซ่การจัดส่ง แสดงบนแผนที่ ข้อมูลสารสนเทศในระบบ GIS มักจะถูกแยกเป็นชั้นข้อมูล ซึ่งผู้ใช้งานสามารถระบุชั้นข้อมูลที่ต้องการให้แสดงผลได้ (อ้างอิง <http://www.gisthai.org/about-gis/gis.html>)

Application Instance เป็นแนวทางในการแยกติดตั้งโปรแกรมระบบวางแผนเส้นทางการขนส่งสำหรับหลายศูนย์กระจายสินค้าและมีกรอบเวลาบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้กับธุรกิจแต่ละแห่งใช้งาน แต่ละ 1 ชุด ซึ่งจะประกอบด้วยเว็บแอปพลิเคชัน และ ฐานข้อมูลแยกกันสำหรับบริษัทแต่ละแห่ง ทั้งนี้ Application Instance สามารถถูกติดตั้งไว้บนเครื่องแม่ข่ายให้บริการ หรือ Server เครื่องเดียวกัน แต่แยกทำงานอิสระต่อ

กันและถูกควบคุมสิทธิ์ในการเรียกใช้ เพื่อไม่ให้ผู้ใช้งานจากบริษัทแห่งหนึ่งสามารถเข้าถึงหรือเรียกใช้งานจากบริษัทอื่น

Backhaul คือรถเที่ยวกลับ ซึ่งการบริหารจัดการรถเที่ยวเปล่าจากกลับ หรือ Backhaul Management โดยพยายามให้รถเที่ยวเปล่าจากกลับหลังส่งสินค้าไปยังลูกค้าปลายทาง ให้ขากลับขนวัตถุดิบจากซัพพลายเออร์กลับคลัง ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนได้

Clarke and Wright เป็นวิธีแบบฮิวริสติกส์ที่ถูกคิดค้นเป็นลำดับแรกสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า หรือ VRP (Vehicle Route Planning) โดยเป็นวิธีแก้ปัญหาที่ให้คำตอบที่มีคุณภาพพอใช้ในเวลาจำกัด และเหมาะสำหรับการจัดแผนสำหรับรถขนส่งที่จำนวนไม่แน่นอนในแต่ละครั้งของการวางแผน แต่ข้อจำกัดคือสามารถใช้ได้กับการแก้ปัญหาที่มีศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว (อ้างอิง <http://neo.lcc.uma.es/vrp/solution-methods/heuristics/savings-algorithms/>)

Cluster-First Route-Second Method เป็นวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า (VRP) ซึ่งจะเริ่มต้นจากการจัดกลุ่มจุดส่งสินค้าก่อน (Cluster First) จากนั้นนำจุดจัดส่งที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมาคำนวณหาเส้นทางสำหรับรถแต่ละเที่ยว (Route Second) (อ้างอิง <http://neo.lcc.uma.es/vrp/solution-methods/heuristics/cluster-first-route-second-method/>)

CRM ย่อมาจาก Customer Relationship Management หมายถึง การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ ซึ่งอาจจะเป็นกลยุทธ์หรือซอฟต์แวร์ ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการให้บริการลูกค้า รวมถึงการเก็บข้อมูลพฤติกรรมการใช้จ่ายและความต้องการของลูกค้าเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือบริการรวมไปถึงนโยบายในด้านการจัดการ โดยมีเป้าหมายคือ การรักษาลูกค้าให้ประทับใจและใช้บริการจากบริษัทตลอดไป (อ้างอิง <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%A1%E0%B8%9E%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%98%E0%B9%8C%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B8%81%E0%B8%84%E0%B9%89%E0%B8%B2>)

Cross Docking เป็นคลังสินค้าใช้สำหรับรับสินค้าและส่งสินค้าในสถานที่เดียวกัน สถานที่ซึ่งมีลักษณะเป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าโดยจะทำหน้าที่เป็นสถานที่สำหรับเปลี่ยนถ่ายสินค้า มักขนจากรถบรรทุกคันหนึ่งไปยังรถอีกคันหนึ่ง สินค้าจะมาจากแหล่งผลิต (Supplier) หลายราย แล้วนำมาคัดแยก รวบรวม บรรทุก เพื่อจัดส่งให้ร้านค้าปลีกหรือลูกค้าแต่ละรายโดยจะใช้เวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง (อ้างอิง <http://www.scribd.com/doc/168320720/Cross-Docking#scribd>)

DC-to-DC (Distribution Center to Distribution Center) เป็นสถานการณ์การจัดแผนการจัดส่งสินค้ารูปแบบหนึ่ง ซึ่งในบางธุรกิจจำเป็นต้องมีการวางแผนเพื่อการกระจายหรือเคลื่อนย้ายสินค้าจากคลังสินค้าหนึ่งไปยังคลังสินค้าอีกแห่งหนึ่ง

Dispatcher คือ เจ้าหน้าที่ที่ทำหน้าที่จ่ายงานการจัดส่งให้แก่รถขนส่งเพื่อจัดส่งสินค้าตาม Order เป็นความหมายเดียวกับคำว่า planner

Distance Matrix เป็นเมทริกซ์ที่แสดงระยะทางระหว่างจุดส่ง 2 จุดเพื่อใช้ในการวางแผนเส้นทางการจัดส่งสินค้า (Shipment) ในการคำนวณระยะทางรวมของแต่ละเส้นทาง (Shipment) จะใช้ค่าระยะทางระหว่างจุดส่งจาก Distance Matrix มาใช้คำนวณผลรวม และ โปรแกรมระบบวางแผนเส้นทางการขนส่งสำหรับหลายศูนย์กระจายสินค้าและมีรอบเวลาบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะคำนวณหาเที่ยวรถให้โดยระยะทางรวมของเที่ยวรถจะต้องไม่มากกว่าระยะทางกิโลเมตรสูงสุดต่อเที่ยวรถที่กำหนดโดยผู้จัดแผน (Planner)

Door-to-Door หรือ การส่งแบบถึงมือผู้รับ เป็นประเภทการบริการส่งสินค้าประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นแบบที่จัดส่งโดยรับของจากประตูที่อยู่ของผู้ต้องการส่งสินค้าไปส่งให้ถึงประตูของผู้รับสินค้า มักใช้กับการส่งสินค้าขนาดเล็กจำนวนน้อย ซึ่งแตกต่างจากประเภทการจัดส่งสินค้าอีกแบบที่เรียกว่า Door-To-Port คือรับจากประตูของผู้ต้องการส่งแต่ส่งถึงท่าเรือหรือท่าอากาศยานของผู้รับอยู่ มักใช้กับการส่งสินค้าจำนวนมาก หรือ ที่มีขนาดใหญ่

Full Truck Load การส่งสินค้าแบบโหลดสินค้าให้เต็มคัน โดยส่งจากคลังสินค้าตรงไปยังลูกค้าแต่ละรายโดยสินค้าไม่มีการผ่านคลังสินค้า หรือ เปลี่ยนถ่ายยานพาหนะระหว่างทาง (อ้างอิง <http://www.logisticafe.com/2011/11/full-truck-load-ftl/>)

Genetic Algorithms เป็นวิธีการ Meta heuristic ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากวิธีหนึ่ง โดยวิธีการเลียนแบบกลไกการคัดสรรยีนตามธรรมชาติและการกลายพันธุ์เพื่อวิวัฒนาการจากคำตอบหนึ่งไปเป็นคำตอบใหม่(อ้างอิง <http://neo.lcc.uma.es/vrp/solution-methods/metaheuristics/genetic-algorithm/>)

Geofence คือขอบเขตพื้นที่ภูมิศาสตร์ที่มักกำหนดด้วยรัศมีรอบจุดพิกัด หรือ กำหนดขอบเขตของพื้นที่ด้วยชุดของจุดพิกัด การกำหนด Geo-fence ในงานการจัดส่งสินค้า ใช้เพื่อคำนวณสถานะการจัดส่งว่ารถขนส่งถึงจุดส่งหรือไม่ โดยหารถขนส่งเข้าอยู่ใน Geo-fence ของจุดส่ง จะถือว่าสถานะการจัดส่งเป็นถึงที่หมาย

GPS Tracking คือ การติดตามตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันด้วยสัญญาณดาวเทียม มักใช้ในการติดตามตำแหน่งปัจจุบันของรถขนส่ง ซึ่งต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ GPS Tracking ที่ตัวรถเพื่อใช้ส่งสัญญาณ ผ่านดาวเทียมหรือช่องทางอื่นเช่นคลื่น 3 G ไปยังเครื่องแม่ข่าย(Server) ที่รับสัญญาณปลายทาง ทำให้ผู้ใช้สามารถติดตามตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันของอุปกรณ์ GPS Tracking ได้ อุปกรณ์ GPS Tracking ต้องใช้ร่วมกับระบบซอฟต์แวร์ติดตั้งบนเครื่องแม่ข่าย(Server)ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณปลายทาง จัดเก็บข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันที่

ได้รับจากอุปกรณ์ GPS Tracking เพื่อนำมาแสดงผลบนหน้าจอให้สามารถติดตามได้ และ ยังสามารถให้ผู้ผู้ตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้

(อ้างอิง

http://www.datavis.co.th/web/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=40&Itemid=92)

GUI ย่อมาจาก Graphical User Interface หมายถึงส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ เป็นรูปแบบที่ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานโปรแกรมได้ง่ายขึ้น เช่น การกดเลือกคำสั่งจากเมนู หรือ การใช้เมาส์เลือกรายงานที่ต้องการ เป็นต้น

Java คือ ภาษาสำหรับพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในตระกูลภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-Oriented Programming Language) ซึ่งเป็นภาษาที่ได้รับความนิยมอย่างมากเหมาะสมสำหรับพัฒนาโปรแกรมประเภทเว็บแอปพลิเคชัน โปรแกรมทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะไม่ผ่านระบบเครือข่าย (Standalone and Desktop Application) รวมถึงการพัฒนาเป็นเว็บเซอร์วิส (Web Service)

LTL (Less-Than-Truckload) Consignment หมายถึง การขนส่งสินค้าแบบไม่เต็มคันรถ ผู้ประกอบการขนส่งที่รับจ้างขนส่งสินค้าในลักษณะ LTL จะทำการรวมสินค้าจากหลายๆ เจ้ารวมกันไปในรถคันเดียวกันเพื่อประหยัดต้นทุนขนส่ง ให้ได้กำไรมากขึ้น

(อ้างอิง https://www.pantavanij.com/portal/e_news/200803/procurement.asp)

Meta Heuristics เป็นวิธีการที่แตกต่างจาก heuristics ซึ่งจะเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกออกแบบสำหรับแก้ปัญหาเฉพาะเรื่อง ทำให้บางครั้งวิธีการแก้ปัญหาด้วย heuristics อาจจะได้คำตอบที่ดีที่สุดแบบ Local Optimum แต่ไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุดแบบ Global Optimum เนื่องจาก heuristics จะใช้การคำนวณหาคำตอบใน space ที่จำกัด และไม่กระโดดออกจาก space ที่จำกัดไปยัง space อื่นจึงทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดแบบ Local ปัญหาดังกล่าวเรียกว่า การติดกับใน Local Space (Local Trap) ขณะที่วิธีการ Meta Heuristics เป็นเทคนิคที่แก้ปัญหาค้นหาคำตอบที่ติดใน Local Space ทำให้สามารถกระโดดไปยัง Space อื่นเพื่อหาคำตอบที่ดีขึ้นได้ Meta-Heuristics เป็นวิธีการที่ใช้ได้กับปัญหาต่างๆ ไม่ได้ถูกออกแบบสำหรับปัญหาเฉพาะเรื่อง ตัวอย่างของ Meta-Heuristics ได้แก่ Simulated-Annealing Technique, Tabu Search, Ant Colony

(อ้างอิง

http://www.researchgate.net/post/What_are_the_differences_between_heuristics_and_meta_heuristics)

Milk Run หมายถึง เทคนิคที่นำมาใช้เพื่อสนับสนุนระบบการผลิต แบบ Just In Time (JIT) เพื่อช่วยลดต้นทุนรวมของการขนส่งและ ลดปริมาณสินค้าคงคลัง โดยทางโรงงานจะจัดรถบรรทุกในการวิ่งออกไปรับวัสดุ

จาก Supplier แต่ละรายตามเส้นทางที่จัดไว้ และทำการนัดหมายช่วงเวลาในการรับวัสดุ เมื่อรถบรรทุกรับของจาก Supplier ครบทุกรายในเส้นทางที่จัดไว้แล้ว ก็จะเดินทางกลับเข้ามาในโรงงาน ทั้งนี้เพื่อลดต้นทุนการขนส่งสำหรับผู้ผลิต แทนที่จะต้องมียานพาหนะจาก Supplier แต่ละเจ้าที่แฉ่งต้นทุนค่าขนส่งไว้ในราคาวัสดุที่ส่งให้แก่ผู้ผลิต ผู้ผลิตจะลดต้นทุนด้วยการวิ่งรถออกไปรับวัสดุจาก Supplier ตามเวลานัดหมายเองซึ่งใช้รถเที่ยวเดียวแทนที่จะเป็นรถหลายเที่ยว นอกจากนั้นยังลดเวลาตรวจรับสินค้า ลดปริมาณการจราจรหน้าโรงงาน

Multi-drop คือ การกำหนดเงื่อนไขการวางแผนการจัดส่งสินค้า ว่า หนึ่งเที่ยวให้ส่งได้มากกว่า 1 จุดส่ง หรือหลายจุดส่ง (Multi-drop) ซึ่งเงื่อนไขการจัดส่งดังกล่าวทำให้ปัญหาการวางแผนการจัดส่งมีความซับซ้อนมากขึ้น

.NET Web Service คือเว็บเซอร์วิสที่ถูกพัฒนาด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ตระกูล .NET ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท ไมโครซอฟท์ เว็บเซอร์วิส หรือ บริการบนเว็บ คือระบบซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมา เพื่อสนับสนุนการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย โปรแกรมประยุกต์ที่เขียนโดยภาษาต่างๆ และทำงานบนแพลตฟอร์มต่างๆกันสามารถใช้เว็บเซอร์วิสเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เช่น อินเทอร์เน็ต ซึ่งทำให้โปรแกรมที่เขียนโดยภาษาจาวา และโปรแกรมที่เขียนโดยภาษาไพทอน สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันแม้จะทำงานบนระบบปฏิบัติการที่ต่างกัน เช่น โปรแกรมหนึ่งทำงานบนไมโครซอฟท์วินโดวส์และอีกโปรแกรมหนึ่งทำงานบนลินุกซ์

(อ้างอิง

<http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B9%87%E0%B8%9A%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%8B>)

Object-Oriented Development เป็นหลักการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ออกแบบองค์ประกอบของโปรแกรมเป็นวัตถุต่างๆที่เรียกใช้งานซึ่งกันและกัน หลักการนี้จะแตกโปรแกรมออกเป็นคลาสต่างๆที่เสมือนเป็นแม่พิมพ์ที่กำหนดคุณสมบัติของวัตถุ หรือ อ็อบเจกต์ ที่ทำงานร่วมกัน เพื่อให้ประกอบเป็นโปรแกรมที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ เป็นหลักการการออกแบบซอฟต์แวร์ที่แตกต่างจากแนวคิดการพัฒนาซอฟต์แวร์ก่อนหน้านี้ที่พิจารณาว่าซอฟต์แวร์ประกอบด้วยข้อมูล (Data) และ ฟังก์ชันที่ใช้ข้อมูลมาประมวลผลให้ทำงานได้ตามความต้องการ

Open Source หรือ โอเพ่นซอร์ส ในที่นี้จะหมายถึงการออกแบบ การพัฒนาซอฟต์แวร์ ที่เปิดเผยรหัสต้นฉบับ และ เปิดโอกาสให้บุคคลอื่นนำเอารหัสต้นฉบับไปพัฒนาต่อ รวมทั้งนำซอฟต์แวร์ไปใช้งานต่อโดยไม่มีค่าใช้จ่าย

Planner คือเจ้าหน้าที่ในฝ่ายจัดส่งที่ทำหน้าที่วางแผนการจัดส่งสินค้า และ กระจายเที่ยวรถให้แก่ผู้รับเหมาขนส่งไปดำเนินการจัดส่งตามแผนที่ได้วางไว้

PostGIS เป็นโปรแกรมโอเพ่นซอร์สที่เพิ่มฟังก์ชันความสามารถให้แก่ฐานข้อมูล PostgreSQL ที่เดิมเป็นฐานข้อมูลประเภท object-relational ให้สามารถจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ เชิงภูมิศาสตร์ และ ความสามารถในการสืบค้นข้อมูลจากฐานด้วยเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะเชิงพื้นที่ได้ เช่น สืบค้นโรงเรียนที่อยู่ในรัศมี 10 กิโลเมตรจากโรงพยาบาล เป็นต้น

PostgreSQL Database เป็นระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลประเภท Object-Relational ที่เป็นซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์ส และได้รับความนิยมอย่างมาก สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการหลักทุกยี่ห้อ ได้แก่ วินโดวส์ ลินุกซ์ ระบบปฏิบัติการค่ายแอปเปิ้ล : Mac OS X

Simulated Annealing เป็นวิธีการหาคำตอบแบบ Meta heuristics ที่เลียนแบบแนวคิดจากการหลอมโลหะโดยให้ความร้อนระดับสูงเพื่อเพิ่มขนาดของผลึกและลดข้อบกพร่องของโครงสร้างของโลหะนั้น ความร้อนจะทำให้อะตอมหลุดออกมาจากตำแหน่งเดิมที่มันอยู่และเคลื่อนที่แบบสุ่มและค่อยๆลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆจะทำให้อะตอมมีโอกาสมากขึ้นในการหาตำแหน่งซึ่งมีพลังงานภายในที่ต่ำกว่าเดิม ทำให้โครงสร้างของโลหะจะจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ ผลก็คือจะได้โลหะที่เหนียวและไม่เปราะ เมื่อนำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับการหาวิธีการแก้ปัญหา จะได้ขั้นตอนวิธีในการหาคำตอบแบบวนซ้ำ โดยในแต่ละรอบจะประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงแบบสุ่มจากวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ณ ปัจจุบันเพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหาใหม่ที่ใกล้เคียงกับวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ณ ปัจจุบัน เมื่อวิธีการแก้ปัญหาใหม่ถูกสร้างขึ้นจะคำนวณค่าของฟังก์ชันเป้าหมายหรือฟังก์ชันต้นทุน เพื่อตัดสินใจว่าจะยอมรับให้เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ณ ปัจจุบันหรือไม่ หากวิธีการแก้ปัญหาใหม่ดีกว่าวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ณ ปัจจุบันก็จะถูกยอมรับให้เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ณ ปัจจุบันแทน แต่ถ้าวิธีการแก้ปัญหาใหม่ไม่ดีกว่าวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ณ ปัจจุบันก็จะถูกยอมรับต่อไป

(อ้างอิง

<http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B3%E0%B8%A5%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%A7>)

Single-drop คือ การกำหนดเงื่อนไขการวางแผนการจัดส่งสินค้าว่า หนึ่งเที่ยวให้ส่งได้แค่ 1 จุดส่งเท่านั้น ซึ่งเงื่อนไขการจัดส่งดังกล่าวทำให้ปัญหาการวางแผนการจัดส่งมีความซับซ้อนน้อยกว่า การจัดส่งแบบ Multi-drop ที่ให้ในหนึ่งเที่ยวการจัดส่งสินค้า สามารถจัดส่งได้มากกว่า 1 ที่หรือ 1 drop

Tabu Search การค้นหาเป็นวิธีการ Meta Heuristic ที่ใช้ร่วมกับวิธีการ Heuristic อื่น กระบวนการทำงานของการค้นหาคือ ในแต่ละรอบการทำงานปัจจุบันเมื่อสิ้นสุดการทำงานและพร้อมที่จะไปทำงานในรอบการทำงานถัดไป จะเลือกวิธีแก้ปัญหาบริเวณใกล้เคียง(Best Neighborhood) ที่มีคะแนนสูงที่สุดจากฟังก์ชันประเมินผลที่กำหนดขึ้น แล้วเคลื่อนย้ายจากวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ณ ปัจจุบันไปเป็นวิธีแก้ปัญหาบริเวณใกล้เคียงจนกระทั่งพบเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือเข้าเงื่อนไขจบการทำงานจึงหยุดการค้นหา วิธีแก้ปัญหาที่ถูกยอมรับแล้วในรอบการทำงานปัจจุบันจะถูกบันทึกไว้ในรายการต้องห้าม (Tabu List) โดยในการแก้ปัญหาในรอบ

ถัดไปจะรวมการพิจารณาวิธีแก้ปัญหาที่พบเทียบกับวิธีแก้ปัญหาที่เก็บในรายการต้องห้าม ซึ่งจะพิจารณาว่าวิธีแก้ปัญหาที่เก็บใน Tabu List เป็นผลลัพธ์จากเส้นทางที่ได้เคลื่อนผ่านมาแล้วและหลีกเลี่ยงไม่พิจารณาปัญหาซ้ำอีกครั้งเพราะจะทำให้เกิดวังวนและไม่สามารถหาวิธีที่ดีขึ้นได้จะเกิดปัญหาดัดกับดักใน Local Space การใช้การค้นหาทาบูจึงเป็นการบังคับให้แผ่ขยายขอบเขตการค้นหาไปยังพื้นที่ในส่วนที่ยังไม่ได้รับการค้นหา (อ้างอิง <https://www.gotoknow.org/posts/301487>)

TMS (Transportation Management System) เป็นโปรแกรมที่ช่วยแก้ไขปัญหางานบริการขนส่งที่ซับซ้อน ได้แก่ การคำนวณและจัดสรรรถ คนขับ การจัดเส้นทาง การวิ่งรถรับส่งสินค้า การคำนวณตารางเวลารถเข้า-ออกที่สอดคล้องกับ order ที่ได้รับอย่างเหมาะสม รวมทั้งช่วยคำนวณต้นทุนและระยะเวลาทำงานของเส้นทาง การวิ่งรถให้ได้ทราบอย่างรวดเร็ว ซึ่งโปรแกรม TMS มีทั้งที่จัด Order ให้เต็มคันรถ(Full Truck) แบบที่จำนวนจุดรับ-ส่งน้อยจุด หรือ แบบจัดเส้นทางให้รถค่อยๆ วิ่งรับสินค้าหลายจุดเพื่อนำไปส่งปลายทางหลายจุด ได้ตามความต้องการของลูกค้าด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุด โดยผู้ประกอบการขนส่งสามารถใช้ทรัพยากรให้เกิดสมประโยชน์สูงสุด รวมทั้งสามารถใช้ประโยชน์ในรถวิ่งเที่ยวกลับได้มากขึ้นด้วย โดยสรุป โปรแกรม TMS อาจประกอบด้วยโปรแกรมย่อยหลายตัว เช่น โปรแกรมการจัดสรรรถขนส่งตาม order หรือ Fleet Optimization โปรแกรมการจัดสรรเส้นทางที่สั้นที่สุด (shortest path) หรือที่เร็วที่สุด (shortest time) หรือ Route Optimization โปรแกรมการรับงานจากลูกค้า และโปรแกรมการจ่ายงานให้กับผู้ทำการขนส่ง(อ้างอิง <http://www.logisticsdigest.com/component/content/article/51-march-2007/362-tms-software-%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%82%E0%B8%99%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B9%89%E0%B8%B2.html>)

URL เป็นตัวชี้แหล่งในอินเทอร์เน็ต หรือ โปรแกรมชี้แหล่งทรัพยากรสากล ย่อมาจาก Uniform Resource Locator, Universal Resource Locator) เรียกโดยย่อว่า ยูอาร์แอล เป็นตัวระบุแหล่งทรัพยากรสากล (URI) ประเภทหนึ่ง ซึ่งใช้สำหรับระบุแหล่งที่อยู่ของทรัพยากรที่ต้องการ และมีกลไกบางอย่างสำหรับดึงข้อมูลทรัพยากรนั้นมาใช้งานได้ โดยทั่วไปมักจะใช้ URL เพื่อระบุที่อยู่ของทรัพยากรที่ต้องการดาวน์โหลด เช่น ไฟล์บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ต้องการดาวน์โหลดด้วยบราวเซอร์ (อ้างอิง <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A2%E0%B8%B9%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B9%81%E0%B8%AD%E0%B8%A5>)

User Interface คือ ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ซึ่งทำหน้าที่ให้ผู้ใช้สามารถปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมเพื่อสั่งงานโปรแกรม หรือ ดูผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรม ในปัจจุบันส่วนต่อประสานกับผู้ใช้มักถูกทำในรูปแบบกราฟิก(Graphical User Interface) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจและใช้งานโปรแกรมได้ง่าย เช่น การใช้เมาส์ในการใช้งานโปรแกรม หรือ การใช้เมนูเพื่อเลือกรายการที่ต้องการทำ

Warehouse Management หมายถึง การบริหารจัดการคลังสินค้าซึ่งเป็นพื้นที่สำหรับจัดเก็บสินค้าให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้สอยและการเคลื่อนย้ายสินค้า (Finished Goods) และวัตถุดิบ (Raw Material) การจัดการคลังสินค้า(Warehouse Management) เป็นการจัดการตั้งแต่ขั้นตอนการรับ การจัดเก็บ การจัดส่งสินค้าให้ผู้รับเพื่อกิจกรรมการขาย เป้าหมายหลักในการบริหารคลังสินค้าเพื่อให้เกิดการดำเนินการเป็นระบบให้คุ้มกับการลงทุน และให้มีการควบคุมคุณภาพการจัดเก็บ การหยิบสินค้า ป้องกัน ลดการสูญเสียจากการดำเนินงานเพื่อให้ต้นทุนการดำเนินงานต่ำที่สุด และใช้ประโยชน์เต็มที่จากพื้นที่คลังสินค้าที่มี (อ้างอิง <http://riverplusblog.com/2011/08/18/warehouse-management-basic-knowledge/>)

Web Application (เว็บแอปพลิเคชัน) เป็นโปรแกรมที่มีการทำงานในรูปแบบที่เรียกว่า Client-Server คือ โปรแกรมประกอบด้วยโปรแกรม 2 ส่วนที่ส่วนหนึ่งจะถูกติดตั้งไว้บนเครื่องแม่ข่ายให้บริการ (Server) ซึ่งคอยให้บริการกับผู้ใช้งานที่เรียกใช้งานผ่านโปรแกรมประเภท Brower ที่ติดมากับระบบปฏิบัติการ เช่น โปรแกรม Internet Explorer หรือโปรแกรมฟรี ได้แก่ FireFox, Google Chrome โดยข้อดีของโปรแกรมประเภทเว็บแอปพลิเคชัน คือ สามารถเรียกใช้งานได้โดยผู้ใช้ไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมใดเป็นพิเศษสามารถเรียกใช้ผ่านโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ และสามารถใช้โปรแกรมประเภทเว็บแอปพลิเคชันจากที่ใดก็ได้ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

WSDL ย่อมาจาก Web Service Description Language เป็นภาษาที่นิยามด้วยภาษา XML ใช้สำหรับอธิบายรายละเอียดวิธีการเรียกใช้เว็บเซอร์วิส เช่น ที่อยู่ของจุดให้บริการเว็บเซอร์วิส โอเปอเรชันหรือเมธอดที่สามารถเรียกใช้งานได้จากจุดบริการเว็บหรือเว็บเซอร์วิส พารามิเตอร์ที่ต้องส่งไปยังเว็บเซอร์วิสเพื่อเรียกใช้งาน และ โครงสร้างของข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้คืนจากการเรียกเว็บเซอร์วิส

XML ย่อมาจาก Extensible Markup Language เป็นภาษาที่ใช้กำหนดภาษาในรูปแบบ Markup Tag เพื่อใช้กำหนดโครงสร้างไวยากรณ์ของข้อมูลที่ใช้ในแลกเปลี่ยนระหว่างโปรแกรม ข้อเด่นของภาษา XML คือ โครงสร้างของข้อมูลเอกสารที่นิยามด้วย XML ที่อยู่ในรูปแบบ Markup Tag เป็นรูปแบบที่ทั้งมนุษย์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถอ่านเข้าใจได้ง่าย