

เทคนิคการแก้ปัญหาการกระจายสินค้าและการขนส่ง Technic transporting and distribution of goods

ปรียาณัฐ เอื้อยศิริเมธี¹ นันทิ สุทธิการณนัย² สราวุธ จันทร์ผง³

บทคัดย่อ

การขนส่งและกระจายสินค้านับว่าเป็นกิจกรรมสำคัญในการประกอบธุรกิจ เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่เชื่อมต่อองค์ประกอบต่างๆ ในโซ่อุปทานของธุรกิจให้สมบูรณ์ อีกทั้งยังเป็นส่วนสำคัญในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ และหากธุรกิจใดสามารถดำเนินการขนส่งและกระจายสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเกิดต้นทุนต่ำจะส่งผลให้เกิดความได้เปรียบทางธุรกิจต่อคู่แข่งทางการค้า บทความนี้ได้นำเสนอเนื้อหาหรือเทคนิคในการดำเนินการด้านการขนส่งและกระจายสินค้าของธุรกิจ ตั้งแต่ระดับกลยุทธ์จนถึงระดับปฏิบัติการประจำวัน ประกอบด้วย 1) โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้า 2) ปัญหาการขนส่ง และ 3) ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง ที่มีความสำคัญในการนำมาผสมผสานในการแก้ปัญหาการกระจายสินค้าและการขนส่งสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : การขนส่งและกระจายสินค้า, ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง, ปัญหาการขนส่ง, โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้า

Abstract

Transporting and distribution of goods is considered an important activity in business operations, because it is an activity that connects various components in the business supply chain. It is also an important action in responding to the needs of customers. If any business is able to efficiently transport and distribute products at low cost, the company will have a competitive advantage to its competitors. This article presents the content or technique cover the transportation and distribution operations of a business from the strategic level to the daily operational level which includes 1) transportation and distribution network, 2) transportation problems, and 3) vehicle

¹ อาจารย์ประจำ คณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัยนครราชสีมา, email : eapsirimetee@gmail.com

² อาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, email : nanthi_sut@utcc.ac.th

³ อาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต, email : sarawut@rsu.ac.th

routing problem which are important for any business to integrate those techniques to increase the efficiency in transporting and distributing goods.

Keywords: Transportation and Distribution, Vehicle Routing Problem, Transportation Problem, Transportation and Distribution Network

บทนำ

ในปัจจุบันแนวโน้มของการแข่งขันด้านสินค้าและบริการค่อนข้างสูง ผู้ประกอบการต่างๆ เริ่มนำระบบการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและสร้างความได้เปรียบทางธุรกิจต่อคู่แข่งทางการค้า เนื่องจากสามารถจัดการให้มีต้นทุนต่ำ ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตรงตามเป้าหมายที่ลูกค้าต้องการและสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า การกระจายสินค้าและการขนส่งถือเป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการโลจิสติกส์ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเชิงปฏิบัติการที่จะส่งผลต่อการดำเนินงานภาพรวมที่ส่งผลสัมฤทธิ์ต่อเป้าประสงค์ขององค์กรในระดับกลยุทธ์ได้ การกำหนดโครงสร้างการกระจายสินค้าที่ดี เป็นหัวใจลำดับแรกในการวางแผนกระจายสินค้า เพื่อให้มีการดำเนินงานให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์หรือแผนกลยุทธ์ขององค์กร เนื่องจากลักษณะของโครงข่ายการกระจายสินค้าแต่ละประเภทจะมีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกันไป ไม่มีรูปแบบตายตัวที่แน่นอนในธุรกิจใดๆ ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ทั้งภายในและภายนอกองค์กร และสามารถปรับเปลี่ยนโครงข่ายการกระจายสินค้าได้บ่อยเท่าที่มีปัจจัยที่สำคัญในการดำเนินธุรกิจเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามการเลือกใช้หรือการกำหนดโครงข่ายการกระจายสินค้าที่เหมาะสม ควรดำเนินการควบคู่กับการจัดสรรทรัพยากรที่องค์กรมีอยู่ เช่น พื้นที่การจัดส่งสินค้า จำนวนผลิตภัณฑ์หรือสินค้า ประเภทของผลิตภัณฑ์หรือสินค้า จำนวนพาหนะขนส่งสินค้า เป็นต้น หรืออาจเรียกว่า “การจัดการทรัพยากร (Supply Management)” ให้สอดคล้องเหมาะสมกับความต้องการสินค้าของลูกค้า หรืออาจเรียกว่า “การจัดการอุปสงค์ (Demand Management)” โดยคำนึงถึงการเกิดต้นทุนในการกระจายสินค้าต่ำที่สุด นอกจากนั้นแล้ว การคำนึงถึงการจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าตามโครงข่ายการขนส่งสินค้าที่กำหนดไว้ตามแผนการจัดการอุปสงค์และอุปทาน จำเป็นต้องคำนึงถึงการจัดส่งสินค้าที่ถูกต้องทั้งปริมาณ เวลา และสถานที่ ภายใต้การข้อจำกัดด้านระยะทาง เวลา หรือต้นทุน ที่จำกัด ดังนั้น ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งจึงเข้ามามีบทบาทในขั้นตอนสุดท้ายของการกระจายสินค้าและการขนส่ง เพื่อให้สามารถดำเนินการขนส่งและกระจายสินค้าให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และกลยุทธ์ขององค์กร ทำให้องค์กรสามารถรักษาความได้เปรียบในการแข่งขันต่อคู่แข่งได้

บทความนี้ได้นำเสนอเนื้อหาของโครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้า ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) และปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem) ที่มีความสำคัญในการนำมาผสมผสานในการแก้ปัญหาการกระจายสินค้าและการขนส่งสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเนื้อหาต่างๆ ในบทความนี้ได้เขียนขึ้นในรูปแบบที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย อาจไม่

ครอบคลุมการแก้ปัญหาในเชิงเทคนิคทั้งหมด แต่จะประกอบด้วยหลักการเบื้องต้นในการแก้ปัญหาที่ชัดเจนพร้อมทั้งข้อแนะนำในการไปศึกษาเพิ่มเติมหากผู้อ่านมีความประสงค์ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ในการกระจายสินค้าและขนส่งสินค้าต่อไป

โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้า

การออกแบบโครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้า ถือเป็นหัวใจสำคัญของการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆ ในโซ่อุปทานขององค์กรไว้ด้วยกัน การตัดสินใจในการเลือกโครงข่ายการกระจายสินค้าและการขนส่งสินค้า ถือเป็นกระบวนการตัดสินใจในระดับกลยุทธ์ขององค์กร เนื่องจากการออกแบบการกระจายสินค้าและการขนส่งสินค้าในภาพรวมขององค์กร ที่ต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ทั้งหมดในการกระจายและขนส่งสินค้า ที่ก่อให้เกิดความสมดุลระหว่างต้นทุนและความสามารถในการให้บริการตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบโครงข่ายการกระจายสินค้าประกอบด้วย 1) ลักษณะทางกายภาพของสินค้า 2) มูลค่าของสินค้า 3) รูปแบบของการขนส่งที่เป็นไปได้ 4) ต้นทุนโลจิสติกส์รวมถึงต้นทุนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง 5) ขนาดของคำสั่งซื้อ 6) ความถี่ของการส่งมอบสินค้า 7) ข้อจำกัดของเส้นทางการขนส่งสินค้าและจุดจัดส่งสินค้า 8) ข้อตกลงด้านการให้บริการระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย 9) การแข่งขันทางการตลาด 10) การจัดระดับความสำคัญของลูกค้า และ 11) ระดับการให้บริการที่เหมาะสม

อย่างที่ได้อ้างไว้ข้างต้นว่า การออกแบบโครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าเป็นการดำเนินการตัดสินใจในระดับกลยุทธ์ เนื่องจากโครงสร้างของสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีอยู่ขององค์กรในปัจจุบันอาจไม่สอดคล้องเหมาะสมกับปัจจัยด้าน ต้นทุน หรือระดับการให้บริการลูกค้า ซึ่งอาจนำไปสู่การพิจารณาเพิ่มโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ศูนย์กระจายสินค้า หรือทรัพยากรอื่นขององค์กร ทำให้เกิดความซับซ้อนในการตัดสินใจมากยิ่งขึ้น เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อแผนกลยุทธ์ในภาพรวมขององค์กร ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า การออกแบบและเลือกโครงข่ายการกระจายสินค้าที่เหมาะสมมีความสำคัญมากต่อการแข่งขันขององค์กร

กฤษณา ปุณยงกูร และคณะ (2562) ได้สรุปถึงรูปแบบโครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ว่าประกอบด้วยโครงข่าย 5 ประเภท คือ โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าแบบตรง โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าแบบวิ้งรอบ โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าโดยผ่านศูนย์กระจายสินค้า โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าแบบผสมผสาน และโครงข่ายการขนส่งสินค้าแบบเฉพาะ

1. โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าแบบตรง

เป็นการขนส่งสินค้าจากผู้ผลิตหรือจุดเริ่มต้นต่างๆ ไปยังลูกค้าหรือปลายทาง โดยไม่ผ่านศูนย์กระจายสินค้า ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายพาหนะขนส่งระหว่างทาง ซึ่งการเลือกใช้รูปแบบการขนส่งและกระจายสินค้าแบบตรงนี้ จะง่ายต่อการประสานงานและบริหารการขนส่งเนื่องจากเป็นรูปแบบการขนส่งที่ง่าย แต่จะเหมาะสมกับการขนส่งให้แก่ลูกค้ารายใหญ่ที่มีปริมาณการส่งสินค้ามากเท่านั้น เนื่องจากมี

การขนส่งแบบเต็มคันรถ (Full Truck Load: FTL) ในแต่ละครั้ง แต่สำหรับลูกค้ารายเล็ก หากใช้การขนส่งแบบตรงนี้ จะเกิดค่าใช้จ่ายที่สูงมากขึ้น เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าแบบไม่เต็มคันรถ (Less Than Truck Load: LTL) สูงกว่าแบบเต็มคันรถมาก แต่หากต้องการขนส่งสินค้าให้แก่ลูกค้ารายเล็กแบบเต็มคันรถ จำเป็นต้องมีการรอให้มีสินค้าเต็มคันรถเสียก่อนจึงจะจัดส่งได้ ทำให้เกิดต้นทุนค่าเก็บรักษาสินค้าคงคลังเพิ่มมากขึ้น และระดับในการให้บริการลูกค้าต่ำ

2. โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าแบบวิ่งรอบ (Milk Run)

การขนส่งและกระจายสินค้าแบบวิ่งรอบ (Milk Run) มีลักษณะของการขนส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าหลายรายโดยใช้รถขนส่งเพียงคันเดียว หรือการรับสินค้าจากผู้ผลิตสินค้าหลายรายโดยใช้รถขนส่งเพียงคันเดียว โดยไม่มีการวิ่งรถกลับไปกลับมา เป็นแนวคิดที่สามารถแก้ปัญหาการขนส่งสินค้าให้แก่ลูกค้ารายเล็กที่มีปริมาณการขนส่งสินค้าต่อรายน้อย ไม่เต็มคันรถ โดยการรวบรวมปริมาณสินค้าของลูกค้ารายเล็กหลายๆรายไว้ในการจัดส่งครั้งเดียวกัน ทำให้สามารถส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้าได้รวดเร็วขึ้น ในขณะที่สามารถได้รับประโยชน์ด้านราคาค่าขนส่งจากการขนส่งสินค้าแบบเต็มเที่ยวได้ และลดต้นทุนด้านการจัดเก็บสินค้าที่โรงงานได้ ในปัจจุบันมีบริษัทต่างๆ ในหลายอุตสาหกรรมที่ประยุกต์ใช้หลักการการขนส่งแบบวิ่งรอบนี้มาใช้ในการรับและขนส่งสินค้า เช่น บริษัทโตโยต้า บริษัทอิซูซุ บริษัทซัมซุง เป็นต้น

3. โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าโดยผ่านศูนย์กระจายสินค้า

การขนส่งสินค้าโดยผ่านศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center: DC) เป็นวิธีการขนส่งสินค้าโดยใช้ศูนย์กระจายสินค้าหรือคลังสินค้าเป็นที่รวบรวมสินค้าหลายๆประเภทไว้ด้วยกัน เมื่อพาหนะขนส่งสินค้ามาถึงศูนย์กระจายสินค้า สินค้าจะถูกขนถ่ายจากพาหนะขนส่งสินค้า แล้วจึงมีการคัดแยกสินค้าและรวบรวมสินค้าหลายๆประเภทให้เป็นไปตามคำสั่งซื้อของลูกค้า เพื่อส่งต่อให้แก่ลูกค้าตามที่ต้องการ โดยหลักการของการดำเนินงานในศูนย์กระจายสินค้านั้น สินค้าจะถูกส่งผ่านศูนย์กระจายสินค้าให้เร็วที่สุดโดยไม่มีการเก็บสินค้าไว้ภายในศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งโดยทั่วไปแล้วระยะเวลานับจากสินค้าเข้าสู่ศูนย์กระจายสินค้าจนถึงส่งออกจากศูนย์กระจายสินค้านั้นไม่เกิน 24 ชั่วโมง ในปัจจุบัน ศูนย์กระจายสินค้านับมีบทบาทที่สำคัญอย่างมากในการลดต้นทุนโลจิสติกส์ในทุกด้าน รวมถึงสามารถเพิ่มระดับการให้บริการและความพึงพอใจของลูกค้าได้อีกด้วย เนื่องจากศูนย์กระจายสินค้า มักกระจายอยู่ตามภูมิภาคต่างๆทั่วประเทศทำให้สามารถลดต้นทุนในการขนส่งให้แก่ลูกค้ารายย่อย ที่มีความต้องการสินค้าในปริมาณน้อย และอยู่ห่างไกลแหล่งผลิต นอกจากนั้นยังมีส่วนช่วยลดปริมาณสินค้าคงคลังได้อีกด้วย แต่การบริหารการขนส่งจะมีความซับซ้อนมากขึ้น

4. โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าแบบผสมผสาน

โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าแบบผสมผสาน คือการผสมผสานรูปแบบของโครงข่ายการขนส่งสินค้าหลายๆประเภทที่กล่าวมาแล้วข้างต้นไว้ด้วยกัน อาจอยู่ในรูปของการขนส่งสินค้าโดยผ่านศูนย์กระจายสินค้าที่ผสมผสานกับการขนส่งแบบวิ่งรอบ หรือบางครั้งอาจมีการขนส่งแบบตรง

ด้วย ข้อดีที่ชัดเจนที่สุดของการใช้โครงข่ายการขนส่งสินค้าแบบผสมคือ การลดต้นทุนการขนส่งสินค้าสำหรับสินค้าที่มีปริมาณการสั่งซื้อจำนวนน้อย ๆ แต่มีความถี่ของความต้องการสูงมาก เหมาะสำหรับธุรกิจที่มีการแข่งขันสูง ตัวอย่างของธุรกิจที่ใช้รูปแบบของโครงข่ายการขนส่งสินค้าแบบผสม เช่น 7-11 Lotus Express เป็นต้น ในขณะที่การบริหารงานขนส่งของโครงข่ายการขนส่งสินค้าแบบนี้จะมีความซับซ้อนสูงมาก

5. โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าแบบเฉพาะ

โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าแบบเฉพาะ เป็นการออกแบบโครงข่ายการขนส่งสินค้าที่คำนึงถึงลักษณะหรือธรรมชาติของธุรกิจแต่ละประเภท เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการขนส่งมากที่สุด แต่ลักษณะการบริหารจัดการการขนส่งแบบนี้จะมีความซับซ้อนมากที่สุด ปัจจัยหรือลักษณะของธุรกิจที่อาจส่งผลในการออกแบบโครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าแบบเฉพาะ ได้แก่ การมุ่งเน้นเรื่องคุณภาพของสินค้าใหม่สดที่สุด การมุ่งเน้นเรื่องเวลาในการขนส่งเร็วที่สุด การขนส่งสินค้าอันตรายที่มีข้อจำกัดของกฎหมายด้านการจัดส่งสินค้า การขนส่งสินค้าเข้าเขตเมือง การขนส่งสินค้าที่มีข้อจำกัดด้านพาหนะขนส่ง การขนส่งสินค้าที่ผูกขาดด้านการตลาด หรือการขนส่งสินค้าที่มีมูลค่าสูงมาก เป็นต้น ตัวอย่างของโครงข่ายการขนส่งสินค้าแบบเฉพาะที่เห็นได้อย่างชัดเจนได้แก่ การขนส่งหนังสือพิมพ์จากโรงพิมพ์ไปยังสมาชิกรายบุคคล ที่อาจมีลักษณะของการส่งสินค้าจากผู้ผลิตไปยังจุดส่งสินค้าหลักหลายจุด (Drop Point) แล้วจึงให้จักรยานยนต์รับสินค้าไปส่งต่อยังบ้านของสมาชิกแต่ละรายต่อไป ซึ่งการออกแบบโครงข่ายสำหรับการขนส่งหนังสือพิมพ์นี้ ต้องคำนึงถึงความรวดเร็วของการขนส่งหนังสือพิมพ์ให้แก่สมาชิกให้เร็วที่สุด ก่อนที่สมาชิกจะออกจากบ้านไปทำงานและปัจจุบันมีการแข่งขันด้านการรับรู้ข่าวสารโดยช่องทางอื่นๆอีกมากมาย อีกตัวอย่างที่แสดงถึงตัวอย่างของโครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าแบบเฉพาะได้อย่างชัดเจน คือ การขนส่งสารเคมีต่างๆที่ไม่สามารถส่งสินค้าได้ตลอดเวลา ทุกถนนเนื่องจากถูกบังคับด้วยกฎหมาย นอกจากนั้น ยังต้องใช้พาหนะเฉพาะอีกด้วย

จากรายละเอียดของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกรูปแบบโครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้า รวมถึง ลักษณะเฉพาะของโครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าแต่ละประเภท ที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นนั้น สามารถสรุปได้ว่าองค์กรใดๆต่างมีลักษณะของปัจจัยต่างๆที่แตกต่างและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ด้วยลักษณะของข้อจำกัดด้านทรัพยากรขององค์กรและความต้องการของลูกค้าเป็นสำคัญ ดังนั้น โครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้าของแต่ละองค์กรควรต้องมีการทบทวนอยู่อย่างสม่ำเสมอ รวมถึงสามารถปรับเปลี่ยนได้อย่างรวดเร็ว เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างทันท่วงที

ปัญหาการขนส่ง

ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) เป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักกันมานาน เพื่อหารูปแบบของการกระจายสินค้าจากจุดกำเนิดหรือต้นทาง (supply node) ที่มีหลายจุดกำเนิด

ไปยังจุดหมายปลายทาง (demand node) ที่มีตำแหน่งที่ตั้งที่หลากหลาย โดยคำนึงการเกิดต้นทุนในการกระจายสินค้าหรือส่งขนรวมต่ำที่สุด (Michael W. Carter and Camille C. Price, 2001)

การแก้ปัญหการขนส่งที่รู้จักโดยมากมักเริ่มจากการแทนรูปแบบปัญหาด้วยการเขียนอยู่ในรูปแบบคณิตศาสตร์ที่รู้จักกันดีว่า โปรแกรมเส้นตรง (Linear Programming) ที่แสดงดังชุดสมการที่ (1) – (4) ดังนี้

สมการวัตถุประสงค์

$$\min \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด

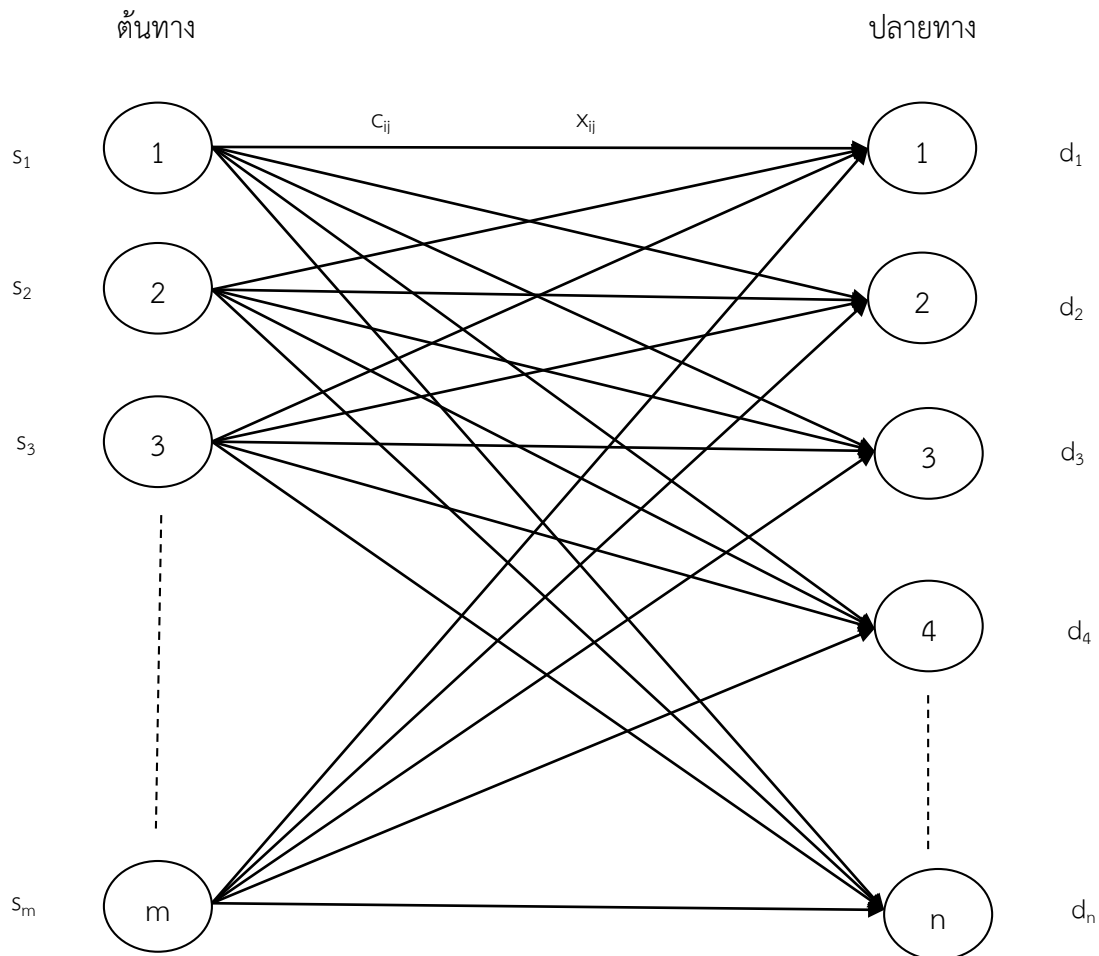
$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq s_i, \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = d_j, \quad \forall j \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad \forall i, \forall j \quad (4)$$

โดยสามารถอธิบายสมการทั้งหมดในภาพรวมได้ว่า ปัญหาการขนส่งเป็นปัญหาที่มุ่งเน้นให้เกิดการขนส่งสินค้าโดยเกิดต้นทุนรวมต่ำสุด ดังสมการที่ (1) ซึ่งในชุดสมการทั้งหมดนั้นแสดงให้เห็นว่ามีต้นทางในการขนส่งสินค้าทั้งหมด m ต้นทาง และปลายทางรับสินค้าทั้งหมด n ปลายทาง การขนส่งสินค้าแต่ละชิ้นหรือแต่ละหน่วยจากต้นทาง i ใดๆ ไปยังปลายทาง j ใดๆ จะเกิดต้นทุนเท่ากับ c_{ij} และจำนวนหน่วยหรือจำนวนชิ้นในการขนส่งจากต้นทาง i ไปยังปลายทาง j เท่ากับ x_{ij} หน่วย ซึ่งค่า x_{ij} นี้เอง ถือเป็นตัวแปรตัดสินใจในสมการชุดนี้ที่จะเกิดการคำนวณปริมาณการขนส่งให้เกิดต้นทุนรวมต่ำที่สุด ในสมการที่ (2) แสดงถึงการขนส่งสินค้าไปยังปลายทางใดๆ สามารถส่งออกได้จากทุกต้นทาง แต่ทั้งนี้ การส่งออกสินค้าจะต้องไม่เกินปริมาณสินค้าที่แต่ละต้นทางมีอยู่ หรืออาจเรียกชุดสมการนี้ว่าเป็นชุดข้อจำกัดด้านอุปทานของสินค้า (supply constraint) สมการที่ (3) แสดงให้เห็นว่าปลายทางทุกปลายทางสามารถรับสินค้าจากต้นทางได้ทุกต้นทาง ที่มีจำนวนรวมของสินค้าที่รับเท่ากับความต้องการของปลายทางแต่ละปลายทาง ดังนั้นสามารถชุดนี้จึงอาจเรียกได้ว่าสมการข้อจำกัดด้านอุปสงค์หรือสมการข้อจำกัดด้านความต้องการของลูกค้า (demand constraint) ส่วนสมการที่ (4) เป็นสมการข้อจำกัดที่ระบุว่า การขนส่งสินค้าจากต้นทาง i ไปยังปลายทาง j อาจไม่เกิดขึ้นก็ได้จึงกำหนดให้ค่าต่ำสุดของตัวแปรตัดสินใจ x_{ij} เท่ากับ 0

นอกจากการแทนรูปแบบปัญหาการขนส่งด้วยสมการโปรแกรมเชิงเส้นตรงแล้ว การสร้างภาพโครงข่ายการขนส่ง ยังเป็นอีกวิธีหนึ่ง que แสดงให้เห็นถึงลักษณะการขนส่งได้ชัดเจน ดังภาพที่ 1 ที่เป็นโครงข่ายการขนส่งที่สามารถแทนรูปแบบปัญหาการขนส่งที่แสดงในสมการโปรแกรมเชิงเส้นตรงที่ (1) – (4) ได้อย่างสมบูรณ์



ภาพที่ 1 โครงข่ายการขนส่งที่แทนรูปแบบโปรแกรมเชิงเส้นตรงของปัญหาการขนส่ง

จากคำอธิบายทั้งหมดเกี่ยวกับปัญหาการขนส่งที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้พบว่า ข้อมูลที่สำคัญในการแก้ปัญหาการขนส่ง ได้แก่ 1) ต้นทุนค่าขนส่งต่อหน่วย 2) ปริมาณความต้องการสินค้าของปลายทาง และ 3) ปริมาณสินค้าต้นทาง (Frederick S Hillier, 2014) ได้กล่าวถึงวิธีการแก้ปัญหาการขนส่งที่จะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimum Solution) คือการแก้ปัญหาด้วยสมการเส้นตรง ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาต้องดำเนินการด้วยโปรแกรมเฉพาะทางต่างๆ เช่น AMPL, Xpress, Excel Solver เป็นต้น โดยในปัจจุบันการแก้ปัญหาการขนส่งด้วย Excel Solver เป็นแนวทางที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากการใช้ Microsoft Excel ที่นิยมใช้ทำงานกันอยู่ในทุกองค์กรในปัจจุบัน เพียงแต่เพิ่มการติดตั้ง Add-in Solver เข้าไปเพิ่มก็จะสามารถทำให้แก้ปัญหาการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Mark Harmon, 2011 และ Kenneth Baker, 2015)

นอกเหนือจากการแก้ไขปัญหาการขนส่งด้วยวิธีการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแล้ว แนวทางแก้ปัญหาที่นิยมใช้นั้นปรากฏในตำราเรียนวิชา Operations Research หรือ Operations Management หลายเล่ม ว่าประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน (Scott T. Young, 2010 และ Philip M. Morse, George E. Kimball,

2003) คือขั้นตอนการหาคำตอบเบื้องต้น และขั้นตอนการพัฒนาคำตอบ โดยในขั้นตอนการหาคำตอบเบื้องต้นนั้นจะประกอบไปด้วย 3 วิธี คือ วิธีมุมตะวันตกเฉียงเหนือ (North-west corner) วิธีต้นทุนต่ำสุด (Minimum cost method) และวิธีการหาค่าใกล้เคียงของโวลเกิล (Vogel's approximation method) ส่วนในขั้นตอนของการปรับปรุงคำตอบนั้นประกอบไปด้วย 2 วิธีคือ วิธีสเตปปีงสโตน (Stepping stone method) และวิธีโมดิไฟ (Modified distribution method)

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นหลักการที่สำคัญที่ต้องพิจารณาถึงในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์ เพราะเป็นกิจกรรมหลักในการลำเลียงสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางตามแผนการขนส่งที่ได้กำหนดไว้ แต่ด้วยธรรมชาติของการจัดเส้นทางขนส่งอาจต้องพิจารณาส่วนประกอบอื่นๆ ในโซ่ซัพพลายเชนร่วมด้วย ทำให้มีปัจจัยและรายละเอียดต่างๆ ในหลายแง่มุมเข้ามามีส่วนเพิ่มความซับซ้อนของปัญหามากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่า ในทางปฏิบัติ มีวิธีการต่างๆ หลายวิธีที่มีผู้คิดค้นหรือประยุกต์ใช้เพื่อการจัดเส้นทางขนส่ง แต่ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดนั้นมักต้องอาศัยวิธีการที่ต้องอาศัยการคำนวณที่เข้มข้น

กฤษณา ปุณยงกูร และคณะ (2562) ได้กล่าวถึงแผนการจัดเส้นทางขนส่ง ว่าสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การวางแผนเชิงยุทธศาสตร์ และการวางแผนเชิงปฏิบัติ ซึ่งปัจจัยที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของการวางแผนการจัดเส้นทางในการขนส่งทั้งสองประเภทนี้ ได้แก่ ลักษณะความต้องการของลูกค้า

1. การวางแผนเชิงยุทธศาสตร์ จะเกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางและการวางแผนพาหนะ เพื่อจัดส่งผลิตภัณฑ์ให้แก่ลูกค้าเจ้าประจำที่มีความต้องการประเภทของผลิตภัณฑ์ ปริมาณของผลิตภัณฑ์ และความถี่ของความต้องการผลิตภัณฑ์ค่อนข้างแน่นอน ดังนั้นจึงสามารถวางแผนได้ในระยะยาว ซึ่งหากในบางกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญบางประการเช่น มีการนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่สู่ตลาด มีการปิดหรือเปิดกิจการของลูกค้า เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีการจัดเส้นทางและวางแผนการจัดเส้นทางใหม่ การวางแผนการจัดเส้นทางและการวางแผนพาหนะเชิงยุทธศาสตร์จะดำเนินการโดยใช้ข้อมูลการดำเนินงานในอดีตเป็นหลัก และในปัจจุบันมักจะทำโดยการใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์สมัยใหม่

2. การวางแผนเชิงยุทธวิธีหรือเชิงปฏิบัติการ เกี่ยวข้องกับเส้นทางที่ต้องวางแผนเป็นรายสัปดาห์หรือรายวัน เนื่องจากลูกค้ามีความต้องการผลิตภัณฑ์ไม่แน่นอน อาจมีการเปลี่ยนประเภทหรือจำนวนของผลิตภัณฑ์ รวมถึงเปลี่ยนจุดรับผลิตภัณฑ์ จึงเป็นไปได้อย่างที่จะวางแผนเชิงยุทธวิธีหรือเชิงปฏิบัติการตามข้อมูลในอดีตได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาความต้องการของลูกค้าในแต่ละวันหรือแต่ละสัปดาห์ไป

ข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางและตารางเวลาในการขนส่ง มีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้แผนการจัดการขนส่งที่จัดทำขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเป็นจำนวนมาก และเมื่อได้ข้อมูลมาแล้ว จำเป็นต้องมีการรวบรวมและคัดแยกข้อมูล เพื่อให้สามารถนำไปใช้วางแผนการจัด

เส้นทางและตารางเวลาในการขนส่งได้ในหลายแง่มุมอย่างละเอียดมากขึ้น ข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้ในการจัดเส้นทางขนส่งและตารางเวลาในการขนส่ง คือ 1) ข้อมูลความต้องการสินค้าของลูกค้า 2) ข้อมูลที่ตั้งของลูกค้า 3) ข้อมูลระยะทาง 4) ข้อกำหนดอื่นๆในการให้บริการ เช่น วันและเวลาการรับสินค้า ข้อจำกัดด้านพื้นที่ตั้งของลูกค้า เป็นต้น 5) ข้อจำกัดอื่นๆของทรัพยากรที่ต้องใช้ในการจัดส่ง เช่น ประเภทพาหนะ ความจุยานพาหนะ เป็นต้น 6) ข้อมูลสินค้าที่ต้องทำการจัดส่ง และ 7) ข้อมูลของพนักงานที่ดำเนินการจัดส่งสินค้า

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งหรือต่อไปจะเรียกว่า VRP มีวิวัฒนาการมาจากการกำหนดเส้นทางของพนักงานขาย (ปัญหาพนักงานขายเดินทาง: Traveling Salesman Problem (TSP)) ที่ต้องให้บริการลูกค้าทั้งหมดในแต่ละเมืองด้วยเส้นทางที่สั้นที่สุด หลักฐานแรกจากการศึกษา TSP ในปี 1800 N. L. Biggs, E. K. Lloyd and R. J. Wilson, (1976) โดยนักคณิตศาสตร์ชาวไอริชชื่อ Sir William Rowan Hamilton และนักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ Thomas Penyngton Kirkman ซึ่งทั้งคู่มีเกมส์เพื่อแข่งขันในเส้นทางทั้งหมด 20 เส้นทาง ในปี 1959 Dantzig and Ramser G.B. Dantzig and J.H. Ramser, (1959) นำวิธีการ TSP ดังกล่าวเข้าแก้ปัญหาการส่งรถบรรทุกน้ำมัน แต่เนื่องจากการใช้ยานพาหนะมากกว่า 1 คัน ในการให้บริการ ทำให้เกิดทฤษฎีใหม่ขึ้นภายใต้ชื่อ ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง หรือ VRP

ในปี 1972 Golden, B. L., Magnanti, T. L. and Nguyen, H. Q, (1972) ได้นำเสนอบทความวิชาการที่ปรากฏชื่อ Vehicle routing ครั้งแรก หลังจากนั้นเป็นต้นมาได้มีบทความวิชาการมากมายที่เกี่ยวข้องกับ VRP ที่อาจปรากฏหรือแฝงอยู่ภายใต้ชื่อหรือเนื้อหาอื่นๆ อีกมากมาย เช่น Fleet Routing Levin, Amos., (1971) , Dial-a-bus systems (Wilson, N., & Sussman, J. , 1971) Transportation network design O'Connor, A. D., & De Wald, C. A., (1970) , Routing of public service vehicles Marks, D. H., & Stricker, R., (1970) , Distribution management Eilon, S., Watson-Gandy, C. D. T., & Christofides, N., (1971) , School bus routing (Newton, R.M., Thomas, W.H., 1969)

VRP เป็นปัญหา NP-Hard (Majid Yousefi khoshbakht, Mohammad Sedighpour, 2011) เพราะมันยากที่จะแก้ไขและต้องใช้เวลาในการคำนวณมากเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดซึ่งไม่เหมาะสมที่จะใช้เพื่อแก้ไขตัวแปรจำนวนมาก VRP สามารถอธิบายได้จากทฤษฎีกราฟ เมื่อกำหนดให้ $G = (V, A)$ เป็นเครือข่ายที่ $V = \{0, 1, \dots, n\}$ เป็นเซตของสถานที่ตั้งต่างๆ และ $A \subseteq V \times V$ เป็นเซตของชุดข้อมูลเส้นทางหรือถนนที่เชื่อมต่อระหว่างสถานที่ต่างๆ โดยจุดที่ตั้ง $V = 0$ ถูกกำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการเดินทาง หรือเรียกได้ว่า Hub หรือ Depot ในขณะที่ $V \setminus \{0\}$ เป็นเซตข้อมูลของที่ตั้งของลูกค้า ในเครือข่ายถนน ณ ที่ตั้งของลูกค้าแต่ละราย หรือกล่าวได้ว่าที่ ทุก $i \in V \setminus \{0\}$ จะมีความต้องการสินค้าเท่ากับ d_i ที่กำหนดให้มีค่าต่ำสุดไม่เท่ากับ 0 พารามิเตอร์ c_{ij} แสดงถึงต้นทุนหรือระยะทางที่ไม่ใช่ค่าลบระหว่างที่ตั้ง i และ j พารามิเตอร์ K และ U_k คือจำนวนยานพาหนะและความจุของยานพาหนะ k ตามลำดับ VRP สามารถแสดงเป็นสมการคณิตศาสตร์ในรูปโปรแกรมจำนวนเต็ม (Integer Programming) ที่กำหนดให้มีตัวแปรตัดสินใจ คือ x_{ijk} ที่เป็นตัวแปร binary ที่แสดงถึงการเคลื่อนที่ของยานพาหนะผ่าน

เส้นทาง $(i, j) \in A$ โดยยานพาหนะ k ($k = 1, \dots, K$) และตัวแปร binary y_{ik} เมื่อ $i \in V$; $k = 1, \dots, K$ กล่าวคือ เป็นตัวชี้ว่าที่ตั้งใดๆ ถูกพาหนะ k ผ่านหรือไม่

สมการคณิตศาสตร์ในรูปแบบโปรแกรมจำนวนเต็ม ของ VRP สามารถแสดงดังสมการที่ (5) – (14)

สมการวัตถุประสงค์

$$\text{Min} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} \sum_k x_{ijk} \quad (5)$$

สมการข้อจำกัด

$$\sum_{k=1}^K y_{ik} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\} \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^K y_{0k} = K \quad (7)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{ijk} = y_{ik} \quad \forall i \in V, k = 1, \dots, K \quad (8)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{jik} = y_{ik} \quad \forall i \in V, k = 1, \dots, K \quad (9)$$

$$\sum_{i \in V \setminus \{0\}} d_i y_{ik} \leq U_k \quad \forall k = 1, \dots, K \quad (10)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S \setminus \{i\}} x_{ijk} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subseteq V \setminus \{0\}, |S| \geq 2, k = 1, \dots, K \quad (11)$$

$$y_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in V, k = 1, \dots, K \quad (12)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in A, k = 1, \dots, K \quad (13)$$

สมการข้อจำกัดที่ (6) - (9) เป็นสมการที่กำหนดให้ที่ตั้งแต่ละที่ตั้งจะถูกผ่านโดยพาหนะเพียงแค่ 1 คัน และ 1 ครั้งเท่านั้น และกำหนดให้พาหนะทุกคันต้องเข้าและออกจาก Hub หรือที่ตั้ง 0 เท่านั้น สมการที่ (10) คือ ข้อจำกัดด้านความจุสำหรับยานพาหนะแต่ละคัน ในขณะที่ข้อจำกัดที่ (11) เป็นข้อ จำกัด ในการกำจัดทัวร์ย่อยสำหรับรถแต่ละคัน หรือที่เรียกว่า sub-tour elimination เมื่อในสมการที่ (11) นี้ S เป็นส่วนย่อยหรือ subset ย่อย ของกลุ่มของจุดที่ตั้งต่าง ๆ ที่ไม่รวม Hub

ปัญหา VRP สามารถแบ่งออกเป็นหลายกรณีหรือหลายประเภท ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ความต้องการของลูกค้า ข้อจำกัดด้านการนำสินค้าขึ้นหรือลงจากยานพาหนะ ระยะเวลาในการขนส่งสินค้า ประเภทของยานพาหนะ เป็นต้น สามารถสรุปโดยย่อของแต่ละประเภทดังต่อไปนี้

1. ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งที่มีข้อจำกัดของพาหนะ (Capacitate Vehicle Routing: CVRP) เป็นการศึกษาการขนส่งในยุคแรกตั้งแต่ปีค.ศ.1959 โดย Dantzig and Ramser มีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหารถขนส่งน้ำมันจากคลังน้ำมันไปยังสถานีเติมน้ำมันต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนรวมในการขนส่งให้มากที่สุด โดยมีเงื่อนไขการดำเนินงานดังต่อไปนี้

- การขนส่งจากต้นทางไปยังปลายทาง มีการจัดส่งด้วยรถขนส่งเพียง 1 คัน
- ความต้องการสินค้าของลูกค้า ต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกของรถขนส่ง
- ปริมาณที่สินค้าที่ทำการจัดส่ง ต้องเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า
- รถขนส่งออกจากศูนย์การกระจาย และกลับเข้าสู่ศูนย์กลางกระจายเมื่อเสร็จสิ้นการขนส่ง

ประสิทธิภาพของการจัดเส้นทางโดยวิธีนี้อาจกำหนดตัวชี้วัดเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นในการขนส่ง หรือระยะทางรวมในการขนส่งต่ำที่สุด ในปี 2545 หรือ ค.ศ.2002 P. Toth, D. Vigo, (2002) ได้อธิบายหลายวิธีในการแก้ปัญหา CVRP ตัวอย่างเช่น Exact Method (M. Fischetti, P. Toth, and D. Vigo.,1994) Branch and Cut (M. Padberg and G. Rinaldi., 1991) Set-covering (Y. Agarwal, K. Mathur, and H.M. Salkin.,1989) Construction method (G. Clarke and J.V. Wright., 1964) Tabu search (I.H. Osman.,1993) Genetic algorithm (J.C. Bean., 1994) Ant colony (B. Bullnheimer, R.F. Hartl, and C. Strauss.,1998) Neural network (H. Ghaziri.,1991) Particle swarm method (The Jin Ai, Voratas Kachitvichyanukul,2009) เป็นต้น

2. ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งที่มีข้อจำกัดของระยะทางในการขนส่ง (Distance – Constrained Vehicle Routing: DCVRP) เป็นปัญหาการขนส่งที่คล้ายคลึงกับ CVRP แต่จะเพิ่มเงื่อนไขในเรื่องเวลาในการเดินทางเข้ามาด้วย (G. Laporte, M. Desrochers, and Y. Nobert., 1984) มีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนการขนส่งที่น้อยที่สุด โดยมีระยะทางในการขนส่งสั้นที่สุด หรือใช้ระยะเวลาในการเดินน้อยที่สุด โดยระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางทั้งหมดจะประกอบด้วยสองส่วนคือ เวลาเดินทาง และเวลาในการให้บริการ (เช่น การขนของลงเป็นต้น) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า วัตถุประสงค์ของ DCVRP คือการหาคำตอบที่ทำให้ได้ค่าระยะทางการเดินทางที่มากที่สุด เมื่อมีข้อจำกัดในด้านเวลา

3. ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งเมื่อมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาการขนส่ง (Vehicle Routing Problem With Time Window: VRPTW) เป็นการศึกษาปัญหาการขนส่งที่มีการพัฒนามากจาก CVRP แต่มีช่วงเวลาในการขนส่งที่จำกัดเข้ามาเกี่ยวข้อง กล่าวคือ เวลาเร็วที่สุดที่รถขนส่งจะไปถึงได้ และเวลาช้าที่สุดที่รถขนส่งจะสามารถไปถึงได้ ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวมีผลโดยตรงต่อความสำเร็จของการดำเนินงาน เพราะหากรถไปถึงก่อนเวลาที่กำหนดนั้นอาจก่อให้เกิดการรอคอยได้และเสียเวลาอย่างเปล่าประโยชน์ ในขณะเดียวกัน หากรถส่งสินค้าส่งของเกินเวลาที่กำหนดไว้ ทำให้การขนส่งเที่ยวดังกล่าวไม่บรรลุ วัตถุประสงค์ในการขนส่ง วิธีการหาลำดับของปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งที่มีข้อจำกัดที่มีกรอบเวลามีผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางที่หลากหลาย เช่น วิธีการ Column generation (Desrosiers, M., Desrosiers, J., and Solomon, M.M.,1992) วิธีการ Decomposition based on variable splitting (Halse, K.,1992) วิธีการ Branch and Cut (Nabila Azi, Michel Gendreau, Jean-Yves Potvin., 2010) และยังปรากฏอีกหลายหลายวิธีที่ถูกนำเสนอโดย Tonci Caric and Hrvoje Gold, (2008), Byung-In Kim, Seongbae Kim, Surya Sahoo., (2006), Habibeh Nazif, Lai Soon Lee., (2012),

Yaw Chang and Lin Chen., (2007), Prat Boonsam, Nanthi Suthikarnnarunai and Wanchai Rattanawong, (2013), Pieter Vansteenwegen, Wouter Souffriau, Kenneth Sørensen., (2010), A. Galić, T. Carić, J. Fosić, (2013) เป็นต้น

4. ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง โดยให้มีการขนส่งที่เยวกลับ (Vehicle Routing Problem With Backhauls: VRPB) เป็นการศึกษาปัญหาการขนส่งที่มีการพัฒนามากจาก CVRP โดยมีการแบ่งลูกค้าออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ กลุ่มลูกค้าที่รถขนส่งสินค้าทำการจัดส่งสินค้า (linehaul customers) ในปริมาณที่ลูกค้าต้องการ กลุ่มที่สอง คือ กลุ่มลูกค้าที่ต้องการให้รถไปรับสินค้าที่เยวกลับ (backhaul customer) รูปแบบการขนส่งสินค้าแบบ VRPB นี้ จะเริ่มจากการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้ากลุ่มแรกก่อน แล้วจึงไปรับสินค้าจากลูกค้ากลุ่มที่สองกลับมายังศูนย์กระจายสินค้า Emmanouil E, Zachariadis, Chris T. Kiranoudis., (2012) และ P. Toth and D. Vigo, editors., (2002) ได้ทำสรุปถึงแนวคิดและรูปแบบของ VRPB ไว้อย่างละเอียด ในปัจจุบันการจัดเส้นทางขนส่งแบบ VRPB นี้จัดเป็นวิธีการจัดการขนส่งที่ผู้ประกอบการขนส่งนิยมและมีความพยายามที่ประยุกต์ใช้ดำเนินงานในกิจการมากที่สุด เนื่องจากสามารถลดการวิ่งรถเที่ยวเปล่าลงได้ วิธีการแก้ปัญหาของ VRPB นี้ยังประยุกต์ใช้วิธีการที่ไม่แตกต่างจาก VRP ประเภทอื่นๆ มากนัก เช่น Exact method (C. Yano, T. Chan, L. Richter, L. Cutler, K. Murty, and D. McGettigan.,1987) branch and bound (A. Mingozzi, S. Giorgi, and R. Baldacci.,1999) tabu search (Wassan, N. A.,2007) K-tree Lagrangian relaxation method (Toth, P., & Vigo, D.,1996) เป็นต้น

5. ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง แบบผสมระหว่างการจัดส่งสินค้าและการรับสินค้า (Vehicle Routing Problem With Pickup and Delivery: VRPPD) อาจเข้าใจได้ตามชื่อว่าเป็นรูปแบบการขนส่งที่รถขนส่งสินค้าเริ่มออกจากศูนย์กระจายสินค้า เพื่อไปขนส่งสินค้าจากลูกค้ารายหนึ่ง แล้วนำไปส่งให้แก่ลูกค้าอีกรายหนึ่ง แต่ความจริงแล้ว VRPPD สามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อยตามลักษณะการรับและส่งสินค้า คือ 1) การส่งและรับสินค้า ณ สถานที่เดียวกัน (Min, H.,1989) 2) การส่งและรับสินค้าสลับกันระหว่างจุดที่ตั้งของลูกค้าหรือของผู้จัดหาสินค้า (supplier) (Golden, B.L., Baker, E.K., Alfaro, J.L., Schaffer, J.R., (1985) , Mosheiov, G., (1994)) และ 3) ส่งสินค้าให้เสร็จเรียบร้อยจนพาหนะว่าง และจึงรับสินค้า ณ ที่ตั้งอื่นๆ (Deif, I., Bodin, L., 1984) วัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งในรูปแบบนี้เพื่อให้เกิดต้นทุนค่าขนส่งที่ต่ำที่สุด ในขณะที่ใช้จำนวนพาหนะในการขนส่งต่ำที่สุด และโดยส่วนใหญ่แล้วการจัดเส้นทางเดินรถในรูปแบบนี้มักจะมีข้อกำหนดด้านกรอบของระยะเวลาในการรับและส่งสินค้าร่วมด้วย จึงอาจเรียกปัญหานี้ว่า ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง แบบผสมระหว่างการจัดส่งสินค้าและการรับสินค้า โดยมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาการขนส่ง (Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery With Time Windows: VRPPDTW)

จากการศึกษาถึงลักษณะของรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งในหัวข้อที่ผ่านมา พบว่าแต่ละรูปแบบมีข้อจำกัดของปัญหาที่แตกต่างกันหลากหลายประการ ซึ่งวิธีการจัดเส้นทางขนส่งใน

รูปแบบต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพในปัจจุบันนั้น นิยมใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีผู้พัฒนาไว้ในหลายรูปแบบด้วยกัน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีอยู่มากไม่ครอบคลุมลักษณะข้อจำกัดของการขนส่งในทุกสถานประกอบการ และโปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ เหล่านั้นได้ประยุกต์ใช้วิธีการหาคำตอบของการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าวิธีการใดวิธีการหนึ่ง จากวิธีการหลายๆ วิธีการที่อาจถูกจัดอยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งต่อไปนี้

1. กลุ่มวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Method) เป็นวิธีการหาคำตอบที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยผลลัพธ์ที่ได้จะไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนด เหมาะสำหรับปัญหาที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก เนื่องจากเมื่อขนาดของปัญหาใหญ่มาก มีจุดที่ต้องรับส่งสินค้ามากขึ้น จะทำให้มีตัวแปรในการตัดสินใจมากขึ้น ปัญหาจะมีความยุ่งยากและซับซ้อน การประมวลผลเพื่อหาคำตอบอาจใช้ระยะเวลานานมาก เป็นวัน เป็นเดือน เป็นสัปดาห์ เป็นเดือน หรือเป็นปี ในบางครั้งอาจหาคำตอบไม่ได้เลยเนื่องจากเกิดความสามารถในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์

วิธีการในกลุ่มการหาคำตอบที่ดีที่สุดที่เป็นที่นิยมใช้และเป็นที่ยอมรับ คือ วิธีการ Simplex Method และวิธีการ Branch-and-Bound แต่เนื่องจากการจัดเส้นทางขนส่งสินค้านั้นมีลักษณะเฉพาะคือตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็นจำนวนเต็ม เช่น จำนวนรถขนส่งสินค้า เป็นต้น ดังนั้นวิธีการที่เหมาะสมคือ วิธีการ Branch-and-Bound เป็นการสร้างแผนภูมิการตัดสินใจเป็นขั้นตอนคำตอบที่ได้ในแต่ละขั้นตอนต้องไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขที่มีทั้งหมด ซึ่งเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้านั้น จะประสบปัญหาเรื่องระยะเวลาการประมวลผล เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น ดังนั้นจึงมีเทคนิคการผ่อนคลาย (relax) เพื่อให้ได้คำตอบที่เราพึงพอใจ (good enough solution) หรืออาจเรียกว่า คำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด (near-optimal solution) ภายในระยะเวลาประมวลผลที่ยอมรับได้ โดยการระบุให้หยุดประมวลผลเมื่อคำตอบเข้าใกล้หรือห่างจากคำตอบที่ดีที่สุดไม่เกินระดับที่รับได้ เช่น ร้อยละ 5 หรือ ร้อยละ 10 เป็นต้น

2. กลุ่มวิธีการหาคำตอบที่ดี (Heuristic method) เป็นวิธีการหาคำตอบโดยการกำหนดแบบจำลองที่ระบุขั้นตอน (Algorithm) ในการประมวลผลที่ชัดเจน ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการหาคำตอบตามวัตถุประสงค์ของแต่ละปัญหาเท่านั้น ไม่ใช่วิธีการที่สามารถประยุกต์ใช้หาคำตอบได้กับทุกปัญหาเหมือนวิธีการในกลุ่มของการหาคำตอบที่ดีที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการนี้อาจเป็นผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงหรือไม่ใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่หาได้จากวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับความสามารถในการจำลองรูปแบบของปัญหาและการสร้างตรรกะการประมวลผลปัญหาให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพครอบคลุมข้อจำกัดต่างๆ ของปัญหาอย่างครบถ้วน วิธีการประเมินว่าวิธีการหาคำตอบที่ดีวิธีการใดที่เหมาะสมกับปัญหาใดๆ นั้น นิยมใช้การประเมินจากความเข้าใกล้ค่าผลลัพธ์ของคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากวิธีการในกลุ่มที่ 1 ที่กล่าวมาข้างต้น ตัวอย่างวิธีการหาคำตอบที่ดี ที่เป็นที่ยอมรับในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าได้แก่ วิธีการ Saving Algorithm, วิธีการ Sweep Method, วิธีการ Neighborhood Search, วิธีการ Simulated Annealing (SA), วิธีการ Tabu Search, วิธีการ Genetic Algorithm เป็นต้น

สรุป

ปัญหาการขนส่งของผู้ประกอบการ เป็นปัญหาที่สำคัญในระดับองค์กร เนื่องจากส่งผลต่อต้นทุนและความสามารถในการให้บริการ การเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งอาจดำเนินการได้ผ่านกระบวนการ 3 ขั้นตอน กล่าวคือ การออกแบบโครงข่ายที่เหมาะสม พร้อมกับใช้เทคนิคการแก้ปัญหาการขนส่ง เข้าร่วมประมวลผลด้วย เพื่อให้มั่นใจว่าจะได้ต้นทุนในการขนส่งและกระจายสินค้าที่ต่ำที่สุดภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ทั้งด้านทรัพยากรที่มีอยู่และด้านความต้องการของลูกค้า ส่วนการดำเนินงานประจำวันนั้น ควรนำวิธีการจัดเส้นทางขนส่งไปประยุกต์ใช้ เพื่อให้เกิดการขนส่งสินค้าถึงลูกค้าได้ครบถ้วน ในเวลาที่ลูกค้าต้องการแน่นอน และยังก่อให้เกิดต้นทุนในการขนส่งรวมแต่ละวันต่ำที่สุดด้วย

บรรณานุกรม

- กฤษณา ปุณยางกูร และคณะ. (2554). **เศรษฐศาสตร์การจัดการขนส่งและโลจิสติกส์ (Economics of Transportation and Logistics Management)**, 61408 เล่ม 2 (หน่วยที่ 8-15). นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมิราช มสธ.
- Michael W. Carter and Camille C. Price. (2001). **Operation Research: A Practical Introduction**. CRC Press, Florida, USA.
- Frederick S Hillier. (2014). **Introduction to Operations Research**. McGraw-Hill Education; 10 edition (January 27, 2014).
- Mark Harmon. (2011). **Step-By-Step Optimization With Excel Solver**. Amazon. Com services LLC.
- Kenneth Baker. (2015). **Optimization Modeling with Spreadsheets**. (3rd edition) Wiley.
- Scott T. Young. (2010). **Essentials of Operations Management**. SAGE Publications, Inc, California, USA.
- Philip M. Morse, George E. Kimball. (2003). **Methods of Operations Research**. Dover Publications, USA.
- N. L. Biggs, E. K. Lloyd and R. J. Wilson. (1976). **Graph Theory**. Oxford: Clarendon Press;
- G.B. Dantzig and J.H. Ramser. (1959). The truck dispatching problem. **Management Science**. 6(1):80-91.
- Golden, B. L., Magnanti, T. L. and Nguyen, H. Q. (1972). Implementing vehicle routing algorithms. **Networks**. 7(2):113-148.
- Levin, Amos. (1971). Scheduling and fleet routing models for transportation systems. **Transportation Science**. 5(3). 232-256.

- Wilson, N., & Sussman, J. (1971). Implementation of computer algorithms for the dial-a-bus system 39th national meeting of the Operations Research Society of America. **Bulletin of the Operations Research Society of America**. 19(1).
- O'Connor, A. D., & De Wald, C. A. (1970). A sequential deletion algorithm for the design of optimal transportation networks 37th national meeting of the Operations Research Society of America. **Bulletin of the Operations Research Society of America**. 18(1).
- Marks, D. H., & Stricker, R. (1970). Routing for public service vehicles. **ASCE Journal of the Urban Planning and Development Division**. 1970; 97(UP2):165-178.
- Eilon, S., Watson-Gandy, C. D. T., & Christofides, N. (1971). **Distribution management: Mathematical modeling and practical analysis**. Hafner Publication Co.
- Newton, R.M., Thomas, W.H. (1969). Design of school bus routes by computer. **Socio-Economic Planning Sciences**. 3(1); 75-85.
- Majid Yousefi khoshtakht, Mohammad Sedighpour. (2011). An Optimization Algorithm for the Capacitated Vehicle Routing Problem Based on Ant Colony System. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**. 5(12): 2729-2737.
- P. Toth, D. Vigo. (2002). **The vehicle routing problem**, in: P. Toth, D. Vigo, (Eds.). SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications. Philadelphia. USA;
- M. Fischetti, P. Toth, and D. Vigo. (1994). A branch-and-bound algorithm for the capacitated vehicle routing problem on directed graphs. **Operations Research**. 42: 846-859.
- M. Padberg and G. Rinaldi. (1991). A branch-and-cut algorithm for the resolution of large scale symmetric traveling salesman problems. **SIAM Review**. 33: 60-100.
- Y. Agarwal, K. Mathur, and H.M. Salkin. (1989). A set-partitioning-based exact algorithm for the vehicle routing problem. **Networks**. 19: 731-749.
- G. Clarke and J.V. Wright. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. **Operations Research**. 12: 568-581.
- I.H. Osman. (1993). Metastrategy simulated annealing and tabu search algorithms for the vehicle routing problem. **Annals of Operations Research**. 41: 421-451.
- J.C. Bean. (1994). Genetic algorithms and random keys for sequencing and optimization. **ORSA Journal on Computing**, 6: 154-160.

- B. Bullnheimer, R.F. Hartl, and C. Strauss. (1998). **Applying the ant system to the vehicle routing problem**. In S. Voss, S. Martello, I.H. Osman, and C. Roucairol, editors. *Meta-Heuristics: Advances and Trends in Local Search Paradigms for Optimization*. Kluwer Boston. MA. pp.109-120.
- H. Ghaziri. (1991). Solving routing problems by a self-organizing map. **Artificial Neural Networks**. 829-834.
- The Jin Ai, Voratas Kachitvichyanukul. (2009). Particle swarm optimization and two solution representations for solving the capacitated vehicle routing problem. **Computers & Industrial Engineering**. 56(1): 380-387.
- G. Laporte, M. Desrochers, and Y. Nobert. (1984). **Two Exact Algorithms for the Distance Constrained Vehicle Routing Problem**. *Networks*.
- Desrosiers, M., Desrosiers, J., and Solomon, M.M. (1992). **A new optimization algorithm for the vehicle routing problem with time windows**. *Operations Research*. 40: 342-354.
- Halse, K. (1992). **Modeling and solving complex vehicle routing problems**. Ph.D Thesis Technical University of Denmark.
- Nabila Azi , Michel Gendreau , Jean-Yves Potvin. (2010). An exact algorithm for a vehicle routing problem with time windows and multiple use of vehicles. **European Journal of Operational Research**. 202(3): 756-763.
- Tonci Caric and Hrvoje Gold, editors. (2008). **Vehicle Routing Problem**. [Online]. Available from: https://bib.irb.hr/datoteka/433524.Vehnicle_Routing_Problem.pdf
- Byung-In Kim, Seongbae Kim, Surya Sahoo. (2006). Waste collection vehicle routing problem with time window. **Computers & Operations Research**. 33(12): 3624-3642.
- Habibeh Nazif, Lai Soon Lee. (2012). Optimised crossover genetic algorithm for capacitated vehicle routing problem. **Applied Mathematical Modelling**. 36(5): 2110-2117.
- Yaw Chang and Lin Chen. (2007). **Solve The Vehicle Routing Problem With Time Window Via A Genetic Algorithm**. *Discrete and Continuous Dynamical Systems Supplement*.
- Prat Boonsam, Nanthi Suthikarnnarunai and Wanchai Rattanawong. (2013). Efficiency Improvement for Multi Depot Vehicle Routing: A Case Study in Cash Distribution. **Applied Mechanics and Materials**. 284-287: 3667-3674.

- Pieter Vansteenwegen, WouterSouffriau, KennethSørensen. (2010). Solving the mobile mapping van problem: A hybrid metaheuristic for capacitated arc routing with soft time windows. **Computers & Operations Research**. 37:870-1876.
- A. Galić, T. Carić, J. Fosin. (2013). The Case Study of Implementing the Delivery Optimization System at a Fast-Moving Consumer Goods Distributer. **Promet – Traffic & Transportation**. 25(6); 595-603.
- Emmanouil E, Zachariadis, Chris T. Kiranoudis. (2012). An effective local search approach for the Vehicle Routing Problem with Backhauls. **Expert Systems with Applications**. 39: 3174-3184.
- P. Toth and D. Vigo, editors. (2002). **The vehicle routing problem**. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- C. Yano, T. Chan, L. Richter, L. Cutler, K. Murty, and D. McGettigan. (1987). **Vehicle routing at quality stores**. **Interfaces**. 17: 52-63.
- A. Mingozzi, S. Giorgi, and R. Baldacci. (1999). An exact method for the vehicle routing problem with backhauls. **Transportation Science**. 33: 315-329.
- Wassan, N. A. (2007). Reactive tabu adaptive memory programming search for the vehicle routing problem with backhauls. **Journal of the Operational Research Society**, 58: 1630-1641.
- Toth, P., & Vigo, D. (1996). A heuristic algorithm for the vehicle routing problem with backhauls. In L. Bianco & P. Toth (Eds.), **Advanced methods in transportation analysis**. 585-608.
- Min, H. (1989). The multiple vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up points. **Transportation Research**. 23(5): 377-386.
- Golden, B.L., Baker, E.K., Alfaro, J.L., Schaffer, J.R. (1985). **The Vehicle Routing Problem with Backhauling: Two Approaches**. Working paper MS/S 85-017. University of Maryland, College Park.
- Mosheiov, G. (1994). The travelling salesman problem with pick-up and delivery. **European Journal of Operational Research**.79:299-310.
- Deif, I., Bodin, L. (1984). Extension of the Clarke and Wright algorithm for solving the vehicle routing problem with backhauling. In: Kidder, A. (Ed.). **Proceedings of the Babson Conference on Software Uses in Transportation and Logistic Management**. Babson Park.75-96.