การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าประเภทเทกองโดยใช้โปรแกรมพลวัต

อภิชิต มณีงาม[*1] **กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์**[*2]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

และ อภินันทนา อุดมศักดิกุล[3]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าประเภทเทกองของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นผู้รับจ้างขนส่งสินค้าต่อเนื่องในหลายรูปแบบ (Multimodal transport operator) เพื่อนำเสนอรูปแบบการขนส่งที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด โดยมีเงื่อนไขที่มีบางเส้นทางไม่สามารถขนส่งผ่านได้ และในแต่ละเส้นทางมีขั้นตอนการขนส่งแตกต่างกัน การศึกษานี้นำข้อมูลต้นทุนการขนส่งรวมในอดีตมาทำการวิเคราะห์และปรับปรุงวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า เริ่มตั้งแต่การขนส่งจากเรือบรรทุกสินค้าอยู่กลางอ่าวไทยจนถึงโรงงานของลูกค้า ปัญหาการขนส่งดังกล่าวมีลักษณะการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal transport) งานวิจัยนี้ได้นำวิธีโปรแกรมพลวัต (Dynamic programming) มาประยุกต์ใช้ในการเลือกเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุด จากผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมพลวัตที่นำเสนอสามารถลดต้นทุนรวมในการขนส่งโดยเฉลี่ย 17% จากการเลือกเส้นทางการขนส่งแบบเดิม

คำสำคัญ: การเลือกเส้นทางการขนส่ง, ปัญหาการขนส่ง, โปรแกรมเชิงพลวัต

* Corresponding author. E-mail:kanokporns@kmutnb.ac.th

[1] อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Path Selection for Bulk Cargo Transportation using Dynamic Programming

Apichit Manee-ngam[*1] Kanokporn Sripathomswat[*2]
King Mongkut's University of Technology North Bangkok,
1518 Pracharat 1 Rd., Wongsawang, Bang Sue, Bangkok 10800
and Apinunthana Udomsakdigool[3]
King Mongkut's University of Technology Thonburi,
126 Pracha-uthit Rd., Bangmod, Thung Khru, Bangkok 10140

Abstract

This research aimed to improve the path selection for the bulk cargo transport of a multimodal transport operator. In order to minimize the total transportation cost, two transportation constraints were included. The first was that some paths were unable to pass through that pathway. The latter was that the transportation stages were different. In this study, the transportation data were analyzed for improving the path selection from the container vessels in the gulf of Thailand to the location of the customer in Thailand. This type of transportation problem is called the multimodal transport problem. In this research dynamic programming was applied to select the transportation route that had the minimum total cost. The results illustrate that the total cost of transportation can be reduced to 17% from the original path selection method.

Keywords: Path selection, Transportation problem, Dynamic programming

* Corresponding author. E-mail:kanokporns@kmutnb.ac.th
[1] Lecture in Collage of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok
[2] Lecture in Collage of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok
[3] Assistant Professor in Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi

1. บทนำ

ปัจจุบันการจ้างงานด้านการขนส่งสินค้า หรือวัตถุดิบ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่เจ้าของยานพาหนะ 3PL (Third-Party logistics) ที่สามารถให้บริการขนส่งในประเทศไทยนั้นไม่สามารถรับงานที่ต้องใช้ยานพาหนะในการขนส่งจำนวนมากได้ เนื่องจากมียานพาหนะในการขนส่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า ซึ่งบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นผู้รับจ้างจัดการขนส่ง หรือ 4PL (Fourth-Party logistics) ที่ก่อตั้งขึ้นเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการรับงานการขนส่งปริมาณมากจากลูกค้า โดยบริษัทจะเป็นผู้หางานการขนส่งจากลูกค้าที่ต้องการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ เมื่อรับงานมาแล้ว บริษัทจะทำหน้าที่รวบรวมบริษัทขนส่ง (3PL) ที่เป็นเจ้าของยานพาหนะหลายๆ รายมาทำการขนส่งให้ โดย บริษัทกรณีศึกษาจะทำการหักค่าหัวคิวจากเจ้าของยานพาหนะที่มาร่วมทำการขนส่งเพื่อเป็นรายได้ของบริษัท โดยบริษัทรับผิดชอบในส่วนการตลาดและการบริหารจัดการ นอกจากนี้บริษัทมีหน้าที่ตัดสินใจเลือกรูปแบบเส้นทางการขนส่งสินค้าตั้งแต่สินค้าเดินทางเข้ามาถึงกลางทะเลในอ่าวไทย จนถูกส่งไปถึงโรงงานของลูกค้าในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย

การเลือกเส้นทางการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา พนักงานจะต้องเลือกว่าจะต้องขนส่งสินค้าผ่านสถานที่ใดบ้าง และ สถานที่ใดไม่ควรเลือกขนสินค้าผ่าน โดยมีเป้าหมายเพื่อให้มีต้นทุนต่ำที่สุด โดยปกติบริษัทกรณีศึกษาจะใช้วิธีการเลือกรูปแบบเส้นทางการขนส่งตามบริษัทผู้ให้บริการขนส่งขนาดใหญ่รายอื่นที่ทำงานคล้ายคลึงกัน โดยที่ไม่มีการวิเคราะห์ด้วยหลักวิชาการที่เหมาะสมเพื่อให้ทราบว่าเส้นทางการขนส่งใดคือเส้นทางที่มีต้นทุนต่ำที่สุด ทำให้บริษัทซึ่งมีรายได้จากการหักหัวคิวค่าขนส่งเพียงอย่างเดียวต้องเสียโอกาสการทำกำไรไป

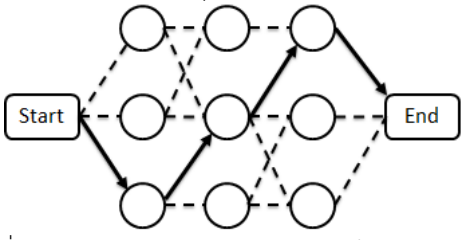
จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาปัญหาด้านการเลือกเส้นทางการขนส่งจากจุดเริ่มต้นไปจนถึงโรงงานของลูกค้าของบริษัทกรณีศึกษา และนำทฤษฎีโปรแกรมพลวัต (Dynamic programming) มาประยุกต์ใช้ในการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้า รวมถึงทำการพัฒนาโปรแกรมช่วยคำนวณรูปแบบเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุด ทั้งหมดนี้เพื่อต้องการให้บริษัทกรณีศึกษา สามารถเลือกเส้นทางการขนส่งได้ง่ายขึ้นโดยมีต้นทุนต่ำที่สุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาการเลือกเส้นทาง

เป็นปัญหาการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง ซึ่งมีหลายเส้นทางให้เลือก สามารถกำหนดเป็นผังการเดินทางหรือโครงข่ายของเส้นทาง ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยเส้นทางที่เลือกจะต้องมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด

ปัญหาการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้านี้จะคล้ายกับปัญหาการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest path problem) ซึ่งเป็นการเลือกเดินทางผ่านปมต่างๆในโครงข่ายเพื่อให้มีระยะทางที่สั้นที่สุด ซึ่งมีนักวิจัยได้เสนอวิธีการเพื่อนำมาแก้ปัญหาการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าจากสถานที่เริ่มต้นไปยังอีกสถานที่ปลายทางหลายท่าน เช่น [1] ได้นำเสนอกำหนดการพลวัต (Dynamic programming) ซึ่งเป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่จะหาคำตอบของปัญหาอย่างมีระบบ และกระบวนการที่กำหนดการรวมการตัดสินใจทั้งหมดของปัญหาให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อปัญหานั้นมีการตัดสินใจที่สัมพันธ์กันเป็นลำดับ และวิธีนี้สามารถแก้ปัญหาวิถีสั้นที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 1 โครงข่ายการขนส่งจากจุดต้นทางไปถึงปลายทาง

ต่อมา [2] ได้เสนอ Dijkstra's algorithm โดยพิจารณา Directed graph ที่ทุกๆเส้นเชื่อมมีค่าน้ำหนักเป็นบวก สำหรับขั้นตอนวิธีนี้ จะหาระยะทางสั้นที่สุดจากโหนดหนึ่งไปยังโหนดใดๆ ในกราฟโดยจะหาเส้นทางที่สั้นที่สุดไปทีละปมเรื่อยๆ จนครบตามที่ต้องการ ต่อมา [3] ได้ประยุกต์ใช้วิธีการทางฟัซซีในการเลือกเส้นทางการขนส่งจากตอนเหนือของประเทศไทยไปยังตอนใต้ของประเทศจีนที่มีการตัดสินใจแบบหลายปัจจัยและมีความคลุมเครือเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อให้ผลการตัดสินใจมีความเหมาะสมกับสภาพที่แท้จริงของปัญหาเช่นเดียวกับงานของ [4] ที่ได้ออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกระบบการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบสำหรับการส่งออกยางพาราของ

ประเทศไทย โดยได้ทำการประเมินพื้นที่ทางเลือกเพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการขนส่งยางพาราใน 5 พื้นที่ของประเทศไทย มีการนำเทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นแบบ ฟัซซี่ เข้ามาใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยตัดสินใจ

แต่เนื่องจากปัญหาการเลือกเส้นทางการขนส่งสามารถกำหนดเป้าหมายได้หลายแบบ เช่น เลือกเส้นทางที่มีต้นทุนต่ำที่สุด หรือเลือกเส้นทางที่มีเวลาในการขนส่งต่ำที่สุด ดังนั้น [5] จึงทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการตัดสินใจทางกลยุทธ์เพื่อเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบต่อเนื่องหลายรูปแบบ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาทั้งในแง่ค่าใช้จ่าย และความรวดเร็วในการส่งสินค้า โดยมีกรณีศึกษาเป็นการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของภาคอีสานตอนบนไปยังตลาดต่างประเทศ

2.2 โปรแกรมพลวัต

[6] ได้กล่าวไว้ว่าโปรแกรมพลวัต เป็นเทคนิควิธีทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการหาค่าที่ดีที่สุดที่ต้องการตัดสินใจเป็นลำดับต่อเนื่องกัน (Sequential or Multistage decision problems) โดยแยกย่อยการแก้ปัญหาออกเป็น n ขั้นตอน (Stage) ในแต่ละขั้นตอนจะเป็นการแก้ปัญหาย่อยที่มีเพียงแค่ 1 ตัวแปร การแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนจะมีการคำนวณที่เชื่อมโยงต่อเนื่องกัน (Recursive) ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย และ [7] ได้แบ่งการหาคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละขั้นตอนมี 2 แบบ ดังนี้

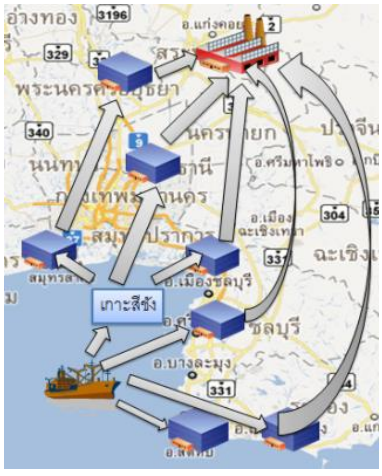
1. การคำนวณแบบรุดหน้า (Forward) จะเริ่มจากการหาค่าที่ดีที่สุดในขั้นตอนแรกก่อน เช่น เริ่มที่ขั้นตอนที่ i, i = 1,2,3,...,n ตามลำดับ

2. การคำนวณแบบย้อนกลับ (Backward) จะเริ่มการหาค่าที่ดีที่สุดจากขั้นตอนสุดท้ายก่อน เช่น เริ่มที่ขั้นตอนที่ i, i = n, n-1, n-2, ..., 1 ตามลำดับ

ซึ่งโปรแกรมพลวัตนี้สามารถนำไปประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้หลายรูปแบบ เช่น [8] ประยุกต์วิธีโปรแกรมพลวัตมาแก้ปัญหาการจัดลำดับการขึ้นลงของเครื่องบินในสนามบิน โดยมีจุดประสงค์ให้มีเวลาในการรอคอยขึ้นเครื่องน้อยที่สุด ต่อมา [9] ได้นำเสนอการใช้วิธีโปรแกรมพลวัตเพื่อแก้ปัญหาการเลือกเส้นทางสั้นที่สุดโดยมีข้อจำกัดด้านกรอบของเวลา ซึ่งผลการทดลองเป็นที่ชัดเจนว่าวิธีที่นำเสนอทำให้ได้ต้นทุนที่ต่ำลง และ [10] ได้นำวิธีกำหนดโปรแกรมพลวัตมาแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่ทำให้เวลาเฉลี่ยอยู่ในระบบน้อยที่สุด เมื่อเวลาพร้อมในการส่งสินค้าของลูกค้าไม่เท่ากัน ซึ่งวิธีการนี้สามารถหาเส้นทางการเดินรถได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. ข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัท ซีทรานส์ จำกัด เป็นผู้ให้บริการขนส่งสินค้าประเภทเทกอง (ส่วนใหญ่เป็นถ่านหิน) ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ โดยรับผิดชอบการขนส่งเริ่มตั้งแต่เรือใหญ่ที่ขนสินค้าเดินทางเข้ามาในน่านน้ำของประเทศไทยจนสินค้าถึงโรงงานที่สั่งซื้อ บริษัทกรณีศึกษาจึงจำเป็นต้องเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าผ่านท่าเรือ หรือ คลังสินค้า ต่างๆในประเทศไทย แล้วยังต้องจัดหาผู้รับเหมาที่ให้บริการขนส่งทั้งทางเรือ ทางบก และ ผู้รับเหมาในการขนถ่ายสินค้าจากพาหนะชนิดหนึ่งไปยังพาหนะอีกชนิดหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างเส้นทางการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

3.1 รูปแบบการทำงานของบริษัทกรณีศึกษา

ลักษณะการรับงานของบริษัทกรณีศึกษา เป็นการทำงานแบบล๊อตต่อล๊อต เช่น เมื่อบริษัท ก. สั่งสินค้า พนักงานจะวางแผนการโดยใช้ประสบการณ์ของตนเองเพื่อขนส่งสินค้าเฉพาะล๊อตนั้นๆ ถ้ามีการสั่งล๊อตใหม่เข้ามา พนักงานก็จะวางแผนการขนส่งใหม่ทุกครั้ง เนื่องจากต้นทุนในการขนส่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และ มีเหตุการณ์

ที่ทำให้ต้องเปลี่ยนเส้นทางการขนส่งอยู่ตลอดเวลา เช่น น้ำท่วม การประท้วง เป็นต้น จึงทำให้บริษัทกรณีศึกษาต้องมีการวางแผนการขนส่งใหม่ทุกครั้งที่มีงานเข้ามา

3.2 สถานที่ใช้ขนส่งผ่านและใช้สำหรับเปลี่ยนพาหนะขนส่ง

บริษัทกรณีศึกษามีการขนส่งแบบต่อเนื่องหลายรูปแบบ โดยที่บริษัทสามารถเลือกขนส่งสินค้าผ่านสถานที่หลายแห่ง โดยแต่ละแห่งมีข้อจำกัดในการใช้พาหนะที่ใช้อยู่แล้ว เช่น ถ้าต้องการขนส่งจากเรือใหญ่ไปท่าเรือชายฝั่งแม่น้ำ จะต้องมีการขนส่งโดยใช้เรือใหญ่ไปทอดเสมอหน้าเกาะสีชังก่อน แล้วให้เรือโป๊ะมารับสินค้าไปส่งที่ท่าเรือชายฝั่งแม่น้ำเท่านั้น เพราะเรือขนาดใหญ่เทียบท่าที่ท่าเรือชายฝั่งแม่น้ำไม่ได้ ต้องให้เรือโป๊ะเข้าไปแทน ดังนั้นการเลือกเส้นทางการขนส่งก็จะเป็นการเลือกใช้ยานพาหนะในการขนส่งสินค้าไปในตัวอยู่แล้วตามข้อจำกัดแต่ละสถานที่ ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาสามารถเลือกขนส่งผ่านสถานที่ ดังต่อไปนี้

3.2.1 ท่าเรือชายฝั่งทะเล (Seaport) ดังแสดงในรูปที่ 3 มีจำนวน 4 แห่ง โดยเรือใหญ่ (Vessel) จะเข้าเทียบท่าที่ท่าเรือชายฝั่ง ซึ่งมีต้นทุนรวมประกอบด้วย ค่าเทียบท่า ค่าเช่าเครน (กรณีที่เป็นเรือประเภทไม่มีเครน) ค่าแรงงาน และอื่นๆ ทั้งหมดมีหน่วยเป็นบาทต่อตัน

รูปที่ 3 ท่าเรือชายฝั่งทะเล

3.2.2 ท่าเรือชายฝั่งแม่น้ำ (Port) ดังแสดงในรูปที่ 4 มีจำนวน 4 แห่ง สำหรับเทียบเรือโป๊ะ (Lighter) เท่านั้น มีต้นทุนรวมประกอบด้วย ค่าเทียบท่า ค่าแรงงาน ค่าขนส่งโดยเรือโป๊ะ (Lighter) ที่นำสินค้าเทียบท่าเรือ และอื่นๆ ทั้งหมดมีหน่วยเป็นบาทต่อตัน

3.2.3 โซนกลางทะเลหน้าเกาะสีชัง (Ko Si Chang)

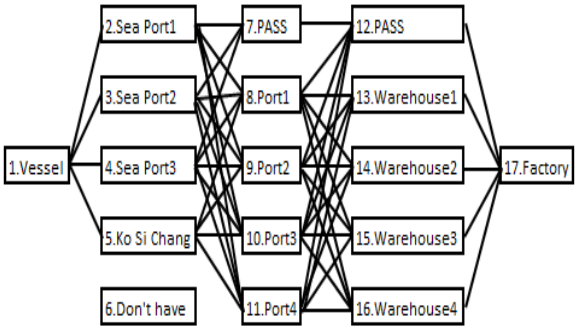
มีลักษณะดังในรูปที่ 5 เป็นจุดที่รัฐบาลอนุญาตให้นำเรือใหญ่ (Vessel) เข้ามาทอดสมอที่หน้าเกาะสีชังโดยไม่ต้องเสียค่าเทียบท่าให้กับท่าเรือ จากนั้น ใช้เรือโป๊ะ (Lighter) เข้าไปรับสินค้าจากเรือใหญ่ที่กลางทะเล แล้วขนสินค้าเข้าประเทศทางแม่น้ำ โดยมีต้นทุนรวม คือ ค่าทอดสมอหน้าเกาะ ค่าแรงงาน และอื่นๆ ทั้งหมดมีหน่วยเป็นบาทต่อตัน

รูปที่ 4 ท่าเรือชายฝั่งแม่น้ำ

รูปที่ 5 การขนถ่ายสินค้ากลางทะเลหน้าเกาะสีชัง

3.2.4 คลังสินค้า (Warehouse) มี 4 แห่ง จะใช้รถบรรทุกขนถ่ายสินค้าจากที่อื่นมาเก็บ เพื่อเป็นที่พักสินค้า แล้วจะมีรถบรรทุกอีกชุดมารับสินค้าไปส่งที่โรงงานลูกค้าอีกครั้งหนึ่ง

สถานที่ที่ได้กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดสามารถนำมาสร้างโครงข่ายการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 6 ตัวเลขที่ 1 ถึง 17 แทนลำดับที่ของโหนด (node) ในโครงข่ายที่จะอธิบายในลำดับต่อไป



รูปที่ 6 โครงข่ายการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา

3.3 การกำหนดต้นทุนรวมที่ใช้ในการขนส่งสินค้า

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลด้านต้นทุน ในเดือนกันยายน พ.ศ.2554 ซึ่งผลรวมของ ค่าขนส่ง ค่าแรงงาน ค่าเทียบท่า และอื่นๆ นำมาสร้างเป็นเมตริกต้นทุนเพื่อให้ง่ายต่อการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล ดังแสดงตัวอย่างเมตริกต้นทุนในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงเมตริกต้นทุนการขนส่งสินค้าในแต่ละโหนด จากโหนด 1 ถึง 17 (มีหน่วยเป็น บาท/ตัน)

Node	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	-	180	150	160	70	-											
2	180	-					400	440	450	440	430						
3	150		-				410	450	460	450	460						
4	160			-			450	470	480	470	490						
5	70				-		-	70	75	70	70						
6	-					-	-	-	-	-	-						
7		400	410	450	-	-	-					0	-	-	-	-	
8		440	450	470	70	-		-				250	10	120	250	200	
9		450	460	480	75	-			-			105	90	10	70	60	
10		440	450	470	70	-				-		132	250	90	10	90	
11		430	460	490	70	-					-	400	260	350	400	10	
12							0	250	105	132	400	-					0
13							-	10	90	250	260		-				250
14							-	120	10	90	350			-			105
15							-	250	70	10	400				-		132
16							-	200	60	90	10					-	400
17												0	250	105	132	400	-

4. การประยุกต์เทคนิคโปรแกรมพลวัตเพื่อเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรมพลวัต (Dynamic programming) โดยจะใช้การคำนวณแบบย้อนกลับ (Backward) มาแก้ปัญหาการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า เพื่อได้เส้นทางที่มีต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด และผลการคำนวณดังกล่าว จะสามารถนำมาวางแผนการกำหนดเส้นทางการขนส่งสินค้าให้เหมาะสมต่อไป โดยผู้วิจัยมีเหตุผลที่เลือกใช้วิธีโปรแกรมเชิงพลวัต แก้ปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา ดังนี้

1. ลักษณะปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา สามารถแก้ได้ด้วยวิธีโปรแกรมเชิงพลวัต เนื่องจากปัญหาการขนส่งสินค้าสามารถแตกออกเป็นปัญหาย่อยๆได้ โดยแบ่งตามการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง เมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง จะมีปัญหาการตัดสินใจทันที กล่าวคือ ในแต่ละปัญหาย่อยมีการตัดสินใจในแต่ละขั้นตอน และแต่ละขั้นตอนจะต้องเลือกว่าจะขนส่งไปทางใดเพียง 1 แห่งเท่านั้น ผลของการตัดสินใจว่าจะขนส่งไปทางใดด้วยวิธีอะไร จะมีความต่อเนื่องกันหรือสัมพันธ์กับตัวแปรบ่งสภาพของขั้นตอนถัดไป

2. สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ง่าย และ รวดเร็ว

4.1 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ตัวแปรตัดสินใจ

X_k คือ เป็นตัวแปรตัดสินใจในขั้นตอนที่ $k, k = 1, 2, ..., n$ (หมายถึงโหนดปลายทางของการตัดสินใจขั้นตอนที่ k)

พารามิเตอร์

X_k^* คือ ค่าของ X_k ที่ทำให้ $f_x(S_k, X_k)$ มีค่าต่ำที่สุด

S_k คือ ตัวแปรบ่งสภาพ บ่งบอกว่าในขั้นที่ k เราขนส่งเส้นทางถึงขั้นตอนใดแล้ว (หมายถึงโหนดต้นทางของการตัดสินใจขั้นตอนที่ k)

$f_x(S_k, X_k)$ คือ ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของการขนส่งจากต้นทาง S_k ถึงปลายทาง X_k สำหรับขั้นตอนที่ k

C_{S_k, X_k} คือ ต้นทุนจากจุดเริ่มต้น S_k ไปยังจุดปลายทาง X_k ของขั้นตอนที่ k

$f_k(S_k)$ คือ ต้นทุนที่ต่ำที่สุดของ $f_k(S_k, X_k)$

$f_k(X_k)$ คือ เป็นต้นทุนที่ต่ำที่สุดเมื่อขนส่งมาจาก X_k

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

จุดประสงค์ของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง คือ ต้องการได้ต้นทุนต่ำที่สุด โดยที่ใช้การคำนวณแบบย้อนกลับ ดังสมการที่ (1) และ สมการที่ (2)

$$f_k(S_k) = \min\left[f_k(S_k, X_k) \right] \quad (1)$$

สมการ(1) ใช้ในการคำนวณขั้นสุดท้าย

$$f_k(S_k) = \min\left[C_{S_k, X_k} + f_k + 1(X_k) \right] \quad (2)$$

สมการ(2) ใช้ในการคำนวณขั้นต่อไปจนครบทุกขั้นตอน

ผลตอบแทนในแต่ละขั้นตอนคือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า เป้าหมายของปัญหานี้คือหาหนทางที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

4.2 เทคนิคที่เลือกใช้เมื่อมีบ้างเส้นทางการขนส่งไม่สามารถเดินทางผ่านได้

เนื่องจากมีหลายเส้นทางที่ไม่มีการขนส่งผ่าน ผู้วิจัยจึงมีความจำเป็นต้องกำหนดค่าให้กับโหนดที่ไม่มีการขนส่งผ่านนี้ โดยประยุกต์หลักการของวิธีบิ๊กเอ็ม เพื่อให้การดำเนินการหาคำตอบที่เกิดขึ้นมีความสมบูรณ์ ดังนั้นในกรณีนี้จึงมีการกำหนดค่า M หรือ ค่ามาก ให้กับต้นทุนของเส้นทางที่เป็นไปไม่ได้ ดังตารางที่ 2 เพื่อไม่ให้โปรแกรมเลือกเส้นทางการขนส่งผ่านโหนดดังกล่าว

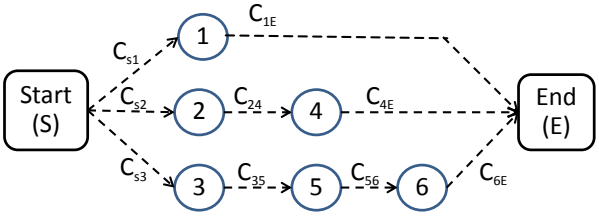
ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าของต้นทุนในเส้นทางที่ขนส่งผ่านไม่ได้ จากการคำนวณเส้นทางต้นทุนที่ต่ำที่สุดของขั้นตอนที่ 2

S_2 \ X_2	7	8	9	10	11	$f(S_2)$	X^*_2
2	400	665	555	572	830	400	7
3	410	675	565	582	860	410	7
4	450	695	585	602	890	450	7
5	M	295	180	202	470	180	9
6	M	M	M	M	M	M	7

จากตัวอย่างดังตารางที่ 2 หมายความว่า โหนดที่ 6 ไม่มีการขนส่งผ่านเลย และ เส้นทางจาก โหนดที่ 5 ไป 7 ไม่มีการขนส่งเช่นกัน

4.3 เทคนิคที่เลือกใช้ในกรณีที่บ้างเส้นทางการขนส่งมีขั้นตอนการขนส่งน้อยกว่าวิธีอื่นๆ

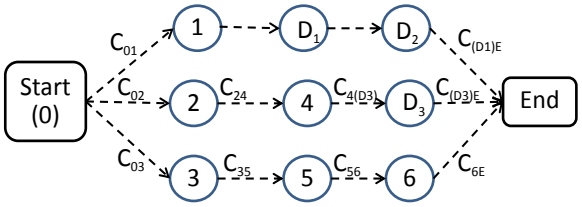
ในกรณีที่บ้างเส้นทางการขนส่งมีขั้นตอนการขนส่งน้อยกว่าวิธีอื่นๆ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 โครงข่ายในกรณีที่มีขั้นตอนการขนส่งไม่เท่ากัน

หมายเหตุ Cij คือ ต้นทุนการขนส่งระหว่างโหนด i ไป j

ผู้วิจัยจะใช้วิธีการสร้างโหนดเทียม (Dummy) ขึ้นมา โดยที่ต้นทุนการขนส่งที่โหนดนี้มีค่าเป็นศูนย์ เพราะเส้นทางนั้นไม่มีขั้นตอนการขนส่งแล้ว ทำไปเพื่อให้เส้นทางนั้นมีขั้นตอนการขนส่งเท่ากับเส้นทางอื่นๆ ที่มีขั้นตอนมากกว่า จะทำให้สามารถคำนวณและเขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้น ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การกำหนดโหนดเทียมเมื่อมีขั้นตอนขนส่งไม่เท่ากัน

หมายเหตุ (D)' คือ โหนดเทียมที่ถูกเพิ่มขึ้น

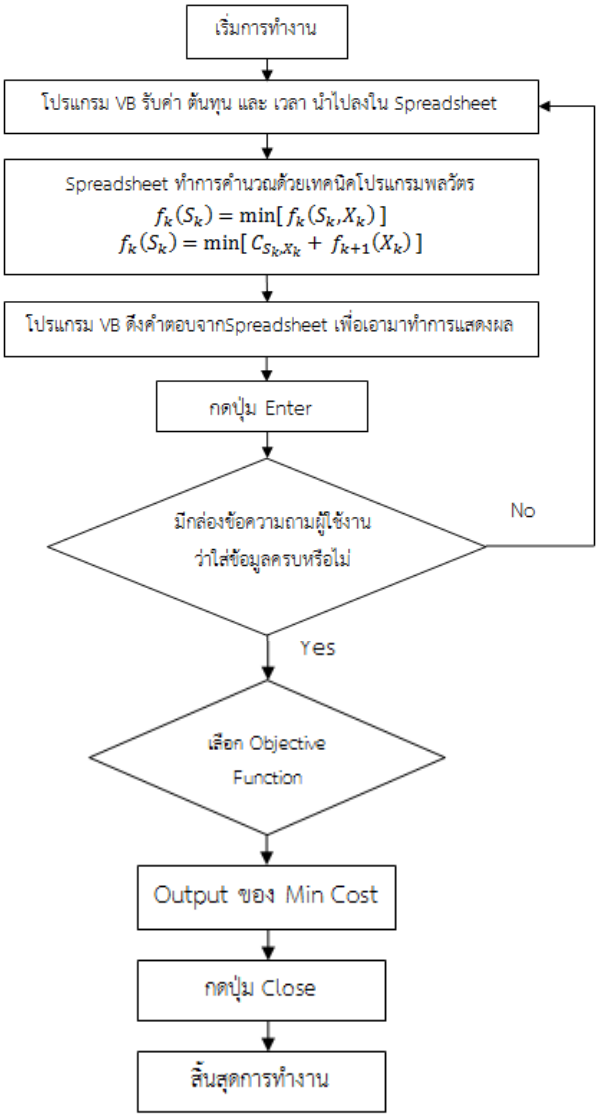
แต่วิธีการสร้างโหนดเทียมนี้จะต้องมีรูปแบบการขนส่งที่เหมือนกันเท่านั้น คือ ถ้าใช้รถขนส่ง ก็ต้องใช้รถเหมือนกัน จะใช้เรือไม่ได้ ถ้ามีการขนส่งที่แตกต่างกันจะต้องสร้างโหนดเทียมเฉพาะรูปแบบการขนส่งนั้นขึ้นมาเพิ่มเติม เช่น ถ้าเส้นทางนั้นใช้รถบรรทุกในการขนส่งทั้งหมด จะสามารถใช้โหนดเทียมร่วมกันได้หมดดังเช่นรูปที่ 8 แต่ถ้ามีเส้นทางใดที่ต้องใช้การขนส่งด้วยเรือ ก็จำเป็นต้องสร้างโหนดเทียมเพิ่มอีกหนึ่งเพื่อรองรับรูปแบบการขนส่งด้วยเรือ

4.5 การออกแบบโปรแกรมเลือกเส้นทางการขนส่ง

ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมช่วยในการตัดสินใจหาเส้นทางการขนส่งสินค้า เพื่อให้พนักงานของบริษัทกรณีศึกษาสามารถหาเส้นทางการขนส่งได้ง่ายขึ้น โดยจัดทำ Spreadsheet ที่มีสูตรการคำนวณโดยใช้เทคนิคโปรแกรมพลวัต จากนั้นใช้การเขียนโปรแกรม Visual Basic Application for Excel 2007 เพื่อช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลและการแสดงผล ให้ผู้ใช้งานใช้ได้สะดวกและลดความผิดพลาดจากการใส่ข้อมูลผิด ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม แสดงในรูปที่ 9 โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกเส้นทางที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมต่ำที่สุด (Minimum total cost) ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตามผู้วิจัย ได้เตรียมต่อยอดงานวิจัย เพื่อให้ผู้ใช้งานโปรแกรมนี้ สามารถเลือกเส้นทางที่มีเวลาขนส่งน้อยที่สุด (minimum total time) ได้ในอนาคต เพื่อให้เกิดทางเลือกในการตัดสินใจสำหรับนำเสนอลูกค้ามากยิ่งขึ้น

5. ผลลัพธ์การวิจัย

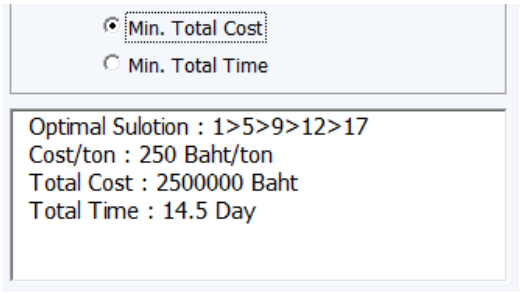
ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมช่วยตัดสินใจเพื่อเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด โปรแกรมที่นำเสนอนี้ จะทำการกำหนดสูตรใน Microsoft Excel 2007 และทำการเขียนชุดคำสั่งด้วยโปรแกรม Visual Basic Application for Excel เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมทำงานได้สะดวกขึ้น และได้ทดสอบประสิทธิภาพของวิธีโปรแกรมพลวัตดังกล่าวกับคอมพิวเตอร์ Intel Core i5 processor 430M, CPU 2.26 GHz, Ram 2GB. บน Window 7 โดยในการทดสอบปัญหาของบริษัทกรณีศึกษาจะใช้ข้อมูลการขนส่งในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2554 มาทำการเปรียบเทียบผล ระหว่างผลที่ได้จากวิธีโปรแกรมพลวัตกับผลที่ได้จากวิธีเดิมที่ใช้ประสบการณ์ของพนักงานเพื่อเลือกเส้นทางการขนส่ง โดยมีผลการวิจัยดังต่อไปนี้



รูปที่ 9 ขั้นการทำงานของโปรแกรมช่วยคำนวณ

5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมการเลือกเส้นทาง

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องด้วยการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการขนส่งจากกลางอ่าวไทยไปยังโรงงานที่สระบุรี ซึ่งผู้วิจัยจะนำข้อมูลในตัวอย่างมาหาคำตอบด้วยเทคนิคโปรแกรมพลวัต (คำนวณด้วยมือ) แล้วนำตอบที่ได้มาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ของโปรแกรมดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ผลการเลือกเส้นทางจากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

ผลการเลือกเส้นทางของทั้งวิธีที่ผู้วิจัยทำการคำนวณและผลการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้คำตอบเหมือนกัน ทำให้สามารถเชื่อถือได้ว่าโปรแกรมช่วยคำนวณนี้มีความถูกต้อง และสามารถหาเส้นทางการขนส่งที่มีต้นทุนต่ำที่สุด

5.2 ผลการหาเส้นทางการขนส่งของบริษัท โดยวิธีกำหนดการพลวัต

ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีการเลือกเส้นทางแบบเดิมของบริษัทกรณีศึกษากับวิธีการที่ใช้กำหนดการพลวัต ได้ผลดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการเลือกเส้นทางการขนส่งแบบเดิมของบริษัทกรณีศึกษา

จุดหมายปลายทาง	การขนส่ง รูปแบบเก่า	การขนส่ง รูปแบบที่คำนวณได้
โรงงานสระบุรี	1 > 5 > 10 > 17	1 > 5 > 9 > 17
โรงงานเขาวง	1 > 5 > 10 > 17	1 > 5 > 9 > 17
โรงงานท่าหลวง	1 > 5 > 10 > 17	1 > 5 > 9 > 17
โรงงานหินซ้อน	1 > 5 > 10 > 17	1 > 5 > 9 > 17
โรงงานปราจีนบุรี	1 > 2 > 17	1 > 5 > 11 > 17
โรงงานเขาขาด	1> 5 > 10 > 17	1 > 5 > 9 > 17
โรงงานกาญจนบุรี	1 > 5 > 10 > 17	1 > 5 > 8 > 17
โรงงานราชบุรี	1 > 5 > 10 > 17	1 > 5 > 11 > 17
โกดังสยามคอม	1 > 2 > 17	1 > 2 > 17
โกดังปลวกแดง	1 > 2 > 17	1 > 2 > 17

ตารางที่ 4 ผลการหาเส้นทางที่ดีที่สุดโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเทียบกับเส้นทางเดิมที่ทำการขนส่ง

จุดหมายปลายทาง	ต้นทุนการขนส่งวิธีเก่า (บาท/ตัน)	ต้นทุนการขนส่งวิธีใหม่ (บาท/ตัน)	ผลต่างของต้นทุน (บาท/ตัน)	% ความแตกต่าง
โรงงานสระบุรี	272	250	22	8%
โรงงานเขาวง	250	220	30	12%
โรงงานท่าหลวง	270	199	71	26%
โรงงานหินซ้อน	310	240	70	23%
โรงงานปราจีนบุรี	380	261	119	31%
โรงงานเขาขาด	310	245	65	21%
โรงงานกาญจนบุรี	560	520	40	7%
โรงงานราชบุรี	420	260	160	38%
โกดังสยามคอม	230	230	0	0%
โกดังปลวกแดง	240	240	0	0%
		เฉลี่ย	57.7	17%

จากข้อมูลในตารางที่ 4 พบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถลดต้นทุนได้โดยเฉลี่ย 17% โดยที่บางเส้นทางสามารถลดต้นทุนได้สูงถึง 38% เนื่องจากในการขนส่งเส้นทางนั้น ปัญหามีรูปแบบโครงข่ายการขนส่งที่ซับซ้อน ทำให้การเลือกเส้นทางโดยใช้ประสบการณ์ของพนักงานเป็นไปอย่างยากลำบากและมีประสิทธิภาพต่ำ การใช้วิธีการที่พัฒนาขึ้นเพื่อเลือกเส้นทางจึงให้ต้นทุนที่ต่ำกว่ามาก

ในขณะที่บางเส้นทางมีการขนส่งระยะสั้น โครงข่ายการขนส่งไม่ซับซ้อน เช่นการขนส่งจากเรือใหญ่เข้าสู่โกดังที่ปลวกแดงและโกดังสยามคอม การเลือกเส้นทางโดยใช้ประสบการณ์ของพนักงานให้ผลการตัดสินใจเหมือนกับการเลือกเส้นทางด้วยวิธีการที่นำเสนอ เนื่องจากเป็นการขนส่งระยะสั้น มีโครงข่ายการขนส่งที่ง่าย พนักงานจึงสามารถเลือกเส้นทางการขนส่งด้วยประสบการณ์ได้ผลลัพธ์ที่ดีเท่ากับการคำนวณด้วยโปรแกรม

6. สรุปผล

การศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าประเภทเทกองของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นผู้รับจ้างจัดการขนส่ง หรือ 4PL (Fourth-Party Logistics) โดยใช้โปรแกรมพลวัต มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการตัดสินใจ เพื่อให้เลือกเส้นทางการขนส่งที่มีต้นทุนต่ำที่สุด และผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยในการเลือกเส้นทางการขนส่ง ซึ่งจะช่วยให้พนักงานของบริษัทกรณีศึกษาสามารถเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการวิจัย สรุปได้ว่าการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยการใช้เทคนิคโปรแกรมพลวัต จะสามารถลดต้นทุนการขนส่งลงได้โดยเฉลี่ย 17% หรือ 57.70 บาท/ตัน โดยวิธีการที่นำเสนอ รวมถึงโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปปรับใช้กับธุรกิจที่มีรูปแบบการดำเนินงานคล้ายคลึงกับบริษัทกรณีศึกษาได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางขนส่งที่มีต้นทุนต่ำสุด แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบการขนส่งอาจมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจะต้องมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัย ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนการขนส่ง เช่น มีการปรับค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง มีน้ำท่วมในบางเส้นทางทำให้เส้นทางนั้นๆ ไม่สามารถขนส่งผ่านได้ มีท่าเรือใหม่เกิดขึ้นทำให้มีทางเลือกในการตัดสินใจมากขึ้นและอาจจะทำให้ต้นทุนต่ำลงถ้าเลือกขึ้นสินค้าที่ท่าเรือนั้น เป็นต้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท ซีทรานส์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลที่ใช้การทำวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] B.Richard, “ The theory of dynamic programming,” *Bulletin of the American Mathematical Society*, pp. 503–516, 1954.

[2] E. W. Dijkstra, *A note on two problems in connexion with graphs*. Numerische Mathe - matik1, CA:Springer, 1959, pp.269–271

[3] ศันสนีย์ ตรีอารยะพงศ์, "การใช้วิธีการทางฟัซซี่ในการเลือกเส้นทางการขนส่งจากตอนเหนือของประเทศไทยไปยังตอนใต้ของประเทศจีน," วิทยานิพนธ์วิทยา - ศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2550.

[4] วิรัชญา จันพายเพ็ชร และ ดวงพรรณ กริชชาญชัย, "การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางสำหรับการส่งออกยางพาราของประเทศไทย," ใน*วารสารการประชุมสัมมนาวิชาการด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 9*, 19-21 พฤศจิกายน 2552, หน้า 331-342.

[5] วิจิตรสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ ณ อยุธยา และ ถิระ ฉวรรณกุล, *การตัดสินใจทางกลยุทธ์ในการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2553.

[6] วิภาพรรณ สิงห์พริ้ง, *การวิจัยการดำเนินงาน เล่ม 2*, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพมหานคร:งานเอกสารและการพิมพ์ หน่วยงานส่งเสริมการสร้างตำรา กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545.

[7] กัลยา วานิชย์บัญชา, *การวิจัยขั้นดำเนินงาน : การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ*, พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพมหานคร:โรงงานพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2541.

[8] H.N.Psaraftis, *A dynamic programming ap - proach to the aircraft sequencing problem*, Research report, MA:Cambridg University, 1978.

[9] I.Ioachim, S.Gelinas, F.Soumis and J. Desrosiers , "A dynamic programming algo - rithm for the shortest path problem with time windows and linear node costs," *Networks An International Journal* , Vol.31, pp. 193–204, May 1998.

[10] กัญชลา สุดตาชาติ, "ไดนามิกโปรแกรมมิ่งสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งที่ทำให้เวลาเฉลี่ยอยู่ในระบบน้อยที่สุดเมื่อเวลาพร้อมในการส่งสินค้าของลูกค้าไม่เท่ากัน," *วารสารประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ*, ฉบับที่ 16, หน้า 1445-1448, ตุลาคม 2550.