การประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าดีที่สุดสำหรับการกระจายสินค้า กรณีศึกษาโรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง

ชวิศ บุญมี[1] ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์[*2]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถ.ห้วยแก้ว อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุดของการขนส่งและกระจายสินค้าในโรงงานผลิตผลไม้กระป๋องโดยพิจารณาเที่ยวเปล่าในระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานในรูปแบบของการขนส่งและกระจายสินค้าที่พิจารณาประกอบไปด้วย การเลือกศูนย์กระจายสินค้าและจำนวนเที่ยวขนส่งที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาเที่ยวเปล่าที่เกิดขึ้นในการขนส่ง องค์ประกอบในระบบห่วงโซ่อุปทานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ โรงงาน ศูนย์กระจายสินค้าและผู้ส่งมอบ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการกระจายสินค้าที่ได้จะถูกนำไปทดสอบโดยการหาคำตอบของบริษัทกรณีศึกษาโรงงานผลิตผลไม้กระป๋องผ่านโปรแกรม Lingo ผลการทดสอบกับกรณีศึกษาโรงงานผลิตผลไม้กระป๋องพบว่า ต้นทุนรวมในการกระจายสินค้าที่ต่ำที่สุดคือ 1,127,067 บาทต่อเดือน ซึ่งจะทำการเลือกศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 3 แห่ง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นจากการทำงานแบบปัจจุบัน จะทำให้ต้นทุนลดลงโดยประมาณร้อยละ 4.08 เป็นมูลค่า 576,588 บาทต่อปี โดยสรุปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากงานวิจัยฉบับนี้ สามารถใช้หารูปแบบการกระจายสินค้าที่ทำให้เกิดต้นทุนที่เหมาะสมและมีความถูกต้องที่จะนำไปปรับใช้กับปัญหาในสถานการณ์จริงได้

คำสำคัญ: การหาค่าที่ดีที่สุด, การขนส่ง, การกระจายสินค้า, โรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง

* Corresponding author. E-mail: chompoonoot.kasemset@cmu.ac.th
[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

The Application of Distribution Network Optimization: A Case Study of the Canned Fruit Industry

Chawis Boonmee[1] Chompoonoot Kasemset[*2]
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University
239 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai 50200

Abstract

This research work aimed to present a mathematical model for distribution network optimization considering backhaul in supply chain management. This model was developed for solving distribution network problems considering the number of distribution centers and truck travels to reduce backhauls in supply chain management. The distribution network for this study was composed of factories, distribution centers and suppliers. A mathematical model was applied to the case study using Lingo to find an optimal solution. The results showed that the minimum cost of the distribution network was 1,127,067 Baht per month and the number of opened distribution centers was 3. The results from this study can help in reducing the total cost, by approximately 4.08 %, which was 576,588 Baht per year compared with the current situation. In conclusion, this model can be practically used and provide effective solutions for other real cases of distribution network problems.

Keywords: Optimization, Supply chain, Distribution network, Canned fruit plant

* Corresponding author. E-mail: chompoonoot.kasemset@cmu.ac.th
[1] Master Student in Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University
[2] Assistant Professor in Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University

1. บทนำ

การจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) เป็นการบริหารทุกขั้นตอน ตั้งแต่ต้นน้ำ (Upstream) ไปจนถึงปลายน้ำ(Downstream) ให้มีความต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพสูงสุด พร้อมกับสร้างระบบให้เกิดการไหลเวียนของข้อมูลที่ทำให้เกิดกระบวนการทำงานของแต่ละหน่วยงานส่งผ่านไปทั่วทั้งองค์กร โดยมีเป้าหมายหลักคือ การจัดการให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุดเพื่อเป็นการสร้างกำไรให้สูงที่สุดที่จะเป็นไปได้ ต้นทุนในระบบห่วงโซ่อุปทานประกอบไปด้วย ต้นทุนการขนส่ง ต้นทุนการจัดตั้งโรงงานหรือศูนย์กระจายสินค้า ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และต้นทุนระบบการจัดการ ซึ่งต้นทุนเหล่านี้ล้วนแต่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งองค์กรหลายองค์กรก็ยังไม่สามารถทำการแก้ไขปัญหา ณ จุดนี้ได้อย่างเต็มที่

โรงงานกรณีศึกษาในงานวิจัยฉบับนี้เป็นโรงงานผลิตผลไม้กระป๋องแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ ประสบปัญหาด้านการขนส่ง คือ บริษัทมีการขนส่งที่เป็นการเดินรถเที่ยวเปล่า (Backhaul) ทำให้เกิดต้นทุนสูญเปล่าจากการขนส่ง รวมไปถึงการหาจำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ปัญหาเหล่านี้ทำให้เกิดการจัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพในห่วงโซ่อุปทานนำไปสู่ต้นทุนการจัดการที่สูง

ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาได้ทำการขนส่งสินค้าโดยให้ผู้ส่งมอบเป็นผู้รับผิดชอบในด้านการขนส่งกระป๋อง ส่วนโรงงานจะรับผิดชอบเฉพาะการขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าเท่านั้น จากสถานการณ์ดังกล่าวทำให้บริษัทต้องเสียค่าใช้จ่ายที่สูงและยังเกิดเที่ยวเปล่าเป็นจำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการหาแนวทางที่จะลดต้นทุนการขนส่งดังกล่าว โดยจะทำการลดเที่ยวเปล่าให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด การลดเที่ยวเปล่าที่เกิดขึ้นสำหรับโรงงานกรณีศึกษานี้ จะทำโดยการสร้างรูปแบบจำลองใหม่ขึ้นมา เพื่อลดเที่ยวเปล่า ซึ่งรูปแบบการจำลองจะเริ่มจากโรงงานขนส่งสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้าและเดินทางต่อไปยังผู้ส่งมอบเพื่อรับบรรจุภัณฑ์เปล่ากลับมาที่โรงงาน จากรูปแบบดังกล่าวจะช่วยลดทั้งจำนวนและระยะทางของการเดินเที่ยวเปล่า ส่งผลให้ต้นทุนรวมของการกระจายสินค้าลดลง จากรูปแบบของการกระจายสินค้าที่เสนอขึ้นมานี้จะทำให้รูปแบบการกระจายสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาแตกต่างจากของกรณีบริษัททั่วไป ซึ่งจะมีการพิจารณาการกระจายสินค้าจากผู้ส่งมอบมาที่โรงงานผู้ผลิต และจากโรงงานผู้ผลิตไปยังศูนย์กระจายสินค้า และไปถึงลูกค้าเป็นจุดสิ้นสุด

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้ คือ การนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหารูปแบบการกระจายสินค้าที่ดีที่สุดเพื่อให้เกิดต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดด้วยการใช้เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุดเข้ามาประยุกต์ใช้ โดยพิจารณาถึงการลดเที่ยวเปล่าในการขนส่ง คำตอบที่ได้จากแบบจำลองจะทำให้ทราบถึง จำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่ต้องเปิดใช้งาน จำนวนเที่ยวของการขนส่งที่เหมาะสมและเป็นแนวทางในการนำไปดำเนินการจริงสำหรับโรงงานกรณีศึกษา

2. การทบทวนวรรณกรรม

ระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่ในช่วงปีศตวรรคที่ 1980 เนื่องจากเป็นการจัดการระบบกระบวนการเพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด โดยมีผู้ให้คำนิยามที่แตกต่างกันออกไป [1-5] ซึ่งเมื่อทำการสังเคราะห์นิยามจากแหล่งอ้างอิงเหล่านี้ การจัดการห่วงโซ่อุปทาน คือ การออกแบบการวางแผนของระบบให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ตั้งแต่ต้นน้ำ (Upstream) ไปจนถึงปลายน้ำ (Downstream) รวมถึงการตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยประกอบไปด้วย ปัจจัยการผลิต ผู้ส่งมอบ ผู้ผลิต ศูนย์การผลิต ศูนย์กระจายสินค้า ผู้ค้าปลีก และลูกค้า

จากปัญหาในปัจจุบันซึ่งมีข้อจำกัดต่างๆเพิ่มมาเป็นจำนวนมากทำให้นักวิจัยหลายๆท่านได้ให้ความสำคัญในด้านการจัดการห่วงโซ่อุปทานในการกระจายสินค้ามากขึ้น ได้มีการนำกลยุทธ์ต่างๆเข้ามาใช้ในการแก้ไขปัญหา [6] ได้ใช้เทคนิคการพยากรณ์เข้ามาแก้ปัญหาในระบบห่วงโซ่อุปทานในการกระจายสินค้าเพื่อทำการพยากรณ์จำนวนปริมาณการกระจายสินค้าแต่ละแหล่ง [7] ได้นำเทคนิคลีนเข้ามาจัดการกับห่วงโซ่อุปทานในการกระจายสินค้าเพื่อทำการลดต้นทุนในการกระจายสินค้าลง และ [8] ได้นำเทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization) มาแก้ปัญหาระบบการขนส่งกระจายสินค้าในห่วงโซ่อุปทานในบริษัทหนึ่งในประเทศอเมริกาเพื่อ

หาต้นทุนการกระจายสินค้าที่ต่ำที่สุด ซึ่งการใช้เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุดเป็นเทคนิคอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการใช้แก้ไขปัญหาด้านการกระจายสินค้า คำนิยามคำว่า การหาค่าที่ดีที่สุด คือ การใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์เข้ามาคำนวณหรือประมวลผลหรือจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ให้ได้มาซึ่งค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยเทคนิคนี้ได้ถูกนำมาประยุกต์กับงานหลายๆด้านทั้งใช้ในการวางแผนการผลิต การขนส่งและอื่นๆ [9-10]

เมื่อกล่าวถึงการใช้เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุดกับระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานในการกระจายสินค้านั้น ค่าเป้าหมายที่เป็นผลลัพธ์นั้นถือว่ามีความสำคัญมาก ดังนั้นการกำหนดทิศทางของคำตอบว่าจะมีลักษณะคำตอบแบบใด โดยค่าที่ให้คำตอบออกมานั้นไม่จำเป็นต้องมีค่าเดียวหรือสองค่าเท่านั้น เช่นงานวิจัยของ [11] ได้ทำการแก้ไขปัญหาโดยใช้เทคนิคการหาค่าที่ดีสุดในการแก้ไขปัญหาระบบห่วงโซ่อุปทานการกระจายสินค้า งานวิจัยชิ้นนี้ได้หาค่าที่ดีที่สุดออกมาทั้งหมด 3 ค่า (1) ค่าต้นทุนรวมของระบบห่วงโซ่อุปทานในการกระจายสินค้าที่ต่ำที่สุด (2) ค่าระดับการให้บริการการกระจายสินค้าลูกค้าที่สูงที่สุด (3) ค่าสัดส่วนการจัดเก็บสินค้าระหว่างโรงงานและศูนย์กระจายสินค้าให้ต่ำที่สุด ทิศทางของคำตอบของการกระจายสินค้าในระบบห่วงโซ่อุปทานอย่างที่ยกตัวอย่างไปข้างต้นจะเห็นว่ามีเป้าหมายที่มีความแตกต่างกันไปอยู่หลายๆด้านทั้งต้นทุน ความพึงพอใจของลูกค้า ระดับบริการและอื่นๆ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับห่วงโซ่อุปทาน [2] ได้กล่าวว่าเป้าหมายคำตอบสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยเชิงคุณภาพจะประกอบไปด้วย ความพึงพอใจของลูกค้า การไหลของข้อมูลและวัสดุ ความเสี่ยงและประสิทธิภาพของผู้ส่งมอบ ส่วนเชิงปริมาณประกอบไปด้วย ต้นทุนต่ำที่สุด กำไรสูงที่สุด การจัดเก็บสินค้าหรือวัสดุต่ำที่สุดและอัตราการจัดส่งที่ตรงเวลามากที่สุด

ค่าเป้าหมายเหล่านี้จะเป็นค่าที่ต้องขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่างๆที่กำหนดและเงื่อนไขที่กำหนดนั้นงานวิจัยหรือการนำเอาไปประยุกต์ใช้จริงก็จะมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับขอบเขตงานของแต่ละเป้าหมาย โดย [2] ได้กล่าวไว้ว่า ในตัวแปรที่จะส่งผลต่อแต่ละเป้าหมายที่เกี่ยวกับการกระจายสินค้าในระบบห่วงโซ่อุปทานนั้นจะประกอบไปด้วย ตารางการผลิต ระดับการจัดเก็บสินค้า จำนวนระยะเวลาหรือลำดับศูนย์กระจายสินค้า โรงงาน ผู้ซื้อ ระดับกระบวนการ และประเภทของผลิตภัณฑ์ ส่วน [12] ได้มองเน้นไปที่ต้นทุน โดยกล่าวว่าต้องประกอบไปด้วยต้นทุนวัตถุดิบและอุปกรณ์ ต้นทุนการขนส่งภายในและภายนอก ต้นทุนการจัดตั้งโรงงาน ต้นทุนกระบวนการทั้งภายนอกและภายใน ต้นทุนการกระจายสินค้าทั้งภายนอกและภายใน ต้นทุนการจัดเก็บและต้นทุนการขนส่งระหว่างโรงงาน

งานวิจัยด้านการแก้ปัญหาการกระจายสินค้าส่วนใหญ่จะทำการแก้ไขด้วยเครื่องมือหลักคือ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นมาตั้งแต่อดีตกาลมาจนถึงปัจจุบันก็ยังได้รับความนิยมนำมาเป็นเครื่องมือในการวิจัยอยู่เสมอ มีนักวิจัยหลายๆท่านที่ได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการหาคำตอบที่ต้องการได้เพียงการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาตามเงื่อนที่มีดังที่ [2] ได้กล่าวไว้ ลักษณะการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะเหมาะสมกับการแก้ไขปัญหาที่มีขนาดเล็กและต้องการที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยส่วนมากจะแก้ไขปัญหานี้ด้วยโปรแกรมต่างๆ เช่น Lingo program เป็นต้น

รูปแบบจำลองส่วนใหญ่ที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาในการกระจายสินค้านั้น มักใช้การสร้างแบบจำลองเริ่มจากต้นน้ำไปยังปลายน้ำ อย่างเช่น งานวิจัยของ [11] ได้ทำการสร้างแบบจำลองการกระจายสินค้าจากผู้ส่งมอบไปยังผู้ผลิต เพื่อส่งต่อไปที่ศูนย์กระจายสินค้า และส่งไปยังลูกค้าเป็นจุดสุดท้าย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำหลักการการแก้ไขปัญหาด้วยรูปแบบทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ เพื่อที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับการกระจายสินค้าให้กับโรงงานกรณีศึกษา โดยจะได้กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินการในส่วนถัดไป

3. ขั้นตอนการดำเนินการ

การประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าดีที่สุดสำหรับการกระจายสินค้ากรณีศึกษาโรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง ประกอบด้วยขั้นตอนงานวิจัยดังนี้

3.1 ศึกษาปัญหาและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

จากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นภายในโรงงาน พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นมีทั้งปัญหาจากต้นทุนระบบการขนส่ง ปัญหาการเลือกศูนย์กระจายสินค้าและปัญหาด้านการจัดการเที่ยวเปล่า ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ตั้งแต่การศึกษาลักษณะของห่วงโซ่อุปทาน ส่วนประกอบของห่วงโซ่อุปทาน และความสำคัญของห่วงโซ่อุปทานในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา ศึกษาทฤษฎีการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสม หาวัตถุประสงค์หลักที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง ศึกษาถึงปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องในการพิจารณาคำตอบ ทั้งด้านต้นทุน การจัดการ รวมถึงปัจจัยอื่นๆที่มีผลกระทบต่อปัจจัยหลัก

3.2 สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการหารูปแบบที่ดีที่สุดสำหรับการกระจายสินค้า

ข้อมูลที่ได้จาก 3.1 จะถูกนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับปัญหาโรงงานกรณีศึกษา เริ่มต้นจากการกำหนดดัชนี ตัวแปรตันสินใจและพารามิเตอร์ ต่อจากนั้นทำการสร้างสมการวัตถุประสงค์และสมการเงื่อนไข

3.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

แบบจำลองจะถูกการทำการทดสอบด้วยปัญหาขนาดเล็กและใช้การแทนค่าพารามิเตอร์ หลังจากนั้นคำตอบจะถูกทำการตรวจสอบ เพื่อจะดูว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น สามารถให้คำตอบที่ถูกต้องตรงกับสมการเงื่อนไขและมีการคำนวณให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องหรือไม่

3.4 การแก้ไขปัญหากรณีศึกษาโรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง

ในขั้นตอนนี้จะนำข้อมูลจริงของโรงงานกรณีศึกษามาทำการทดสอบหาคำตอบ

3.5 สรุปผล

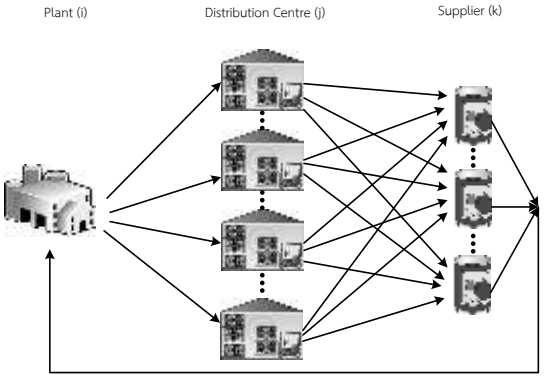
สรุปผลการหาคำตอบจากรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ นำผลที่ได้มาแปรผลเพื่อนำไปสู่การใช้จริงต่อไป

4. ผลการดำเนินการ

จากการดำเนินการตามขั้นตอนที่กล่าวในหัวข้อที่ 3 สามารถแสดงผลลัพธ์ได้ดังต่อไปนี้

4.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการหารูปแบบที่ดีที่สุดสำหรับการกระจายสินค้า

ระบบการเดินทางของรถบรรทุกในระบบห่วงโซ่อุปทานของบริษัทกรณีศึกษา เริ่มจากโรงงาน i ไปยังศูนย์กระจายสินค้า j จากนั้นได้เดินทางไปยังผู้ส่งมอบ k สุดท้ายจะย้อนกลับมายังโรงงาน i ดังเดิม แสดงดังรูปที่ 1 โดยลักษณะของแบบจำลองดังกล่าวจะทำการเลือกศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขนส่งสินค้าและทำการพิจารณาถึงการทำให้เกิดเที่ยวเปล่าเกิดขึ้นน้อยที่สุด โดยผู้วิจัยได้จัดสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของกรณีศึกษา

ดัชนี (Index)

i ดัชนีของโรงงาน, i = 1,2, ... ,f

j ดัชนีของศูนย์กระจายสินค้า, j = 1,2, ... ,d

k ดัชนีของผู้ส่งมอบ, k = 1,2, ... ,s

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

Y_j { 1 ศูนย์กระจายสินค้า j เปิด; 0 ศูนย์กระจายสินค้า j ปิด

R_IJ_{ij} จำนวนเที่ยวที่ต้องทำการขนส่งจากโรงงาน i ไปศูนย์กระจายสินค้า j

R_JK_{jk} จำนวนเที่ยวที่ต้องทำการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้า j ไปผู้ส่งมอบ k

R_KI_{ki} จำนวนเที่ยวที่ต้องทำการขนส่งจากผู้ส่งมอบ k ไปโรงงาน i

$Tran_{ij}$ จำนวนปริมาณการขนส่งสินค้าจากโรงงาน i ไปศูนย์กระจายสินค้า j

V_back_{ki} จำนวนปริมาณการขนส่งวัตถุดิบจากผู้ส่งมอบ k ไปโรงงาน i

T_route จำนวนเที่ยวทั้งหมดที่ใช้ในการขนส่ง

พารามิเตอร์ (Parameter)

$Demand_i$ จำนวนความต้องการส่งสินค้าของโรงงาน i

$Ware_j$ จำนวนสินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้า j จะรองรับสินค้าได้

Cap จำนวนสินค้าที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้

$Cost_cap$ ต้นทุนการออกรถเดินทางต่อ 1 เที่ยว

Fix_j Fixed costของศูนย์กระจายสินค้า j

C_IJ_{ij} ค่าขนส่งจากโรงงาน i ไปศูนย์กระจายสินค้า j

C_JK_{jk} ค่าขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้า j ไปผู้ส่งมอบ k

C_KI_{ki} ค่าขนส่งจากผู้ส่งมอบ k ไปโรงงาน i

$Ware_m$ จำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่

Sup_k จำนวนกระป๋องที่มีสูงสุดแต่ละผู้ส่งมอบ k

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)

Min Z (ต้นทุน) =

$$\sum_j Fix(j)*Y(j) + Cost_cap*T_route +$$
$$\sum_i\sum_j C_IJ(i,j)*R_IJ(i,j) +$$
$$\sum_j\sum_k C_JK(j,k)*R_JK(j,k) +$$
$$\sum_k\sum_i C_KI(k,i)*R_KI(k,i) \quad (1)$$

ข้อจำกัด (Constraint)

$$\sum_i Tran(i,j) \le Ware(j)*Y(j) \quad \forall j \quad (2)$$

$$\sum_j Tran(i,j) = Demand(i) \quad \forall i \quad (3)$$

$$R_IJ(i,j)*Cap \ge Tran(i,j) \quad \forall i,j \quad (4)$$

$$\sum_i R_IJ(i,j) = \sum_k R_JK(j,k) \quad \forall j \quad (5)$$

$$\sum_i R_KI(k,i) = \sum_j R_JK(j,k) \quad \forall k \quad (6)$$

$$\sum_k V_back(k,i) = \sum_j R_IJ(i,j)*Cap \quad \forall i \quad (7)$$

$$V_back(k,i) = R_KI(k,i)*Cap \quad \forall k,i \quad (8)$$

$$\sum_i\sum_j R_IJ(i,j) = T_route \quad (9)$$

$$\sum_j Y(j) \le Ware_m \quad (10)$$

$$\sum_i V_back(k,i) \le Sup(k) \quad \forall k \quad (11)$$

$Y(j)$ = Binary Variable

$Tran(i,j)$ = General Integers

$R_IJ(i,j)$ = General Integers

$R_JK(j,k)$ = General Integers

$R_KI(k,i)$ = General Integers

จากสมการดังกล่าวเป็นรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบ Mixed Integer Linear Programming Model จากสมการที่ (1) แสดงถึงวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง โดยหาค่าที่น้อยที่สุดในการกระจายสินค้าโดยพิจารณาเที่ยวเปล่าในระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าเปิด/ปิด ศูนย์กระจายสินค้า ค่าเสื่อมราคาของการออกรถขนส่ง ค่าขนส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้า ค่าขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังผู้ส่งมอบและค่าขนส่งจากผู้ส่งมอบกลับมายังโรงงาน จากวัตถุประสงค์ดังกล่าวมีข้อจำกัดคือ สมการที่ (2) แสดงจำนวนการขนส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าในแต่ละแห่งต้องไม่เกินจำนวนสินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งที่เปิด/ปิด จะรองรับได้ สมการที่ (3) แสดงจำนวนการขนส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าโดยรวมต้องค่า

เท่ากับจำนวนความต้องการส่งสินค้าจากโรงงานแต่ละแห่ง สมการที่ (4) แสดงปริมาณสินค้าที่จะทำการขนส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้า สมการที่ (5) และ (6) แสดงจำนวนเที่ยวการขนส่งทั้งหมดของแต่ละช่วงที่ต้องทำการขนส่งสินค้า สมการที่ (7) และ (8) แสดงจำนวนปริมาณการขนส่งวัตถุดิบจากผู้ส่งมอบไปโรงงานมีค่าเท่ากับจำนวนเที่ยวที่ต้องทำการขนส่งจากโรงงานไปศูนย์กระจายสินค้าคูณกับจำนวนสินค้าที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้ สมการที่ (9) แสดงจำนวนเที่ยวของรถบรรทุกที่ต้องใช้ทั้งหมดในห่วงโซ่อุปทาน สมการที่ (10) แสดงศูนย์กระจายสินค้าที่เปิดต้องไม่เกินจำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่และสมการที่ (11) แสดงปริมาณการขนส่งกระป๋องต้องไม่เกินปริมาณที่แต่ละผู้ส่งมอบมีอยู่สูงสุด โดยทั้งหมดนี้กำหนดให้การเปิดหรือปิดของศูนย์กระจายสินค้าเป็นตัวแปรที่ถูกกำหนดให้มี 2 ค่า (Binary Variable) คือ 0 และ 1 และจำนวนเที่ยวในการขนส่งแต่ละช่วงจะมีค่าเป็นจำนวนเต็ม (General Integers)

4.2 การแก้ไขปัญหากรณีศึกษาโรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง

ข้อมูลของกรณีศึกษาโรงงานผลิตผลไม้กระป๋องประกอบไปด้วย โรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง 1 แห่ง ศูนย์กระจายสินค้าที่มีไว้สำหรับเลือกมีอยู่ 4 แห่ง มีผู้ส่งมอบวัสดุ 3 แห่ง โดยความต้องการผลิตจากโรงงานผลิตผลไม้กระป๋องมีค่าเป็น 1,636 พาเลท เนื่องจากผู้วิจัยได้ใช้ปริมาณการผลิตของเดือนที่มีค่าสูงสุดของปีล่าสุดคือปี 2556 นำมาเป็นจำนวนความต้องการในการจัดส่งสินค้า โดยจะทำการรวมกับสินค้าคงคลังสำรองไปด้วยอีกร้อยละ 20 ของปริมาณการผลิตแต่ละเดือน จากการสอบถามจากผู้บริหารของโรงงานถึงการแนวโน้มในการผลิตในปีต่อไป ทางโรงงานคาดการณ์ว่าในปี 2557 และ 2558 จะมียอดที่ทำการผลิตเพิ่มอีกร้อยละ 35 ของการผลิตเดิม ดังนั้นปริมาณของความต้องการจัดส่งสินค้านั้นจะประกอบไปด้วย (1) ยอดสูงสุดในการผลิตต่อเดือนของปี 2556 เท่ากับ 1,055 พาเลท (2) สินค้าคงคลังสำรอง 211 พาเลท (3) ปริมาณที่อาจจะเพิ่มขึ้น 370 พาเลท รวมเป็น 1,636 พาเลท ส่วนศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ 4 แห่งนั้นจะสามารถรองรับสินค้าได้ 785 785 500 และ 2,800 พาเลท ตามลำดับ โดยมีค่าเปิดของแต่ละศูนย์กระจายสินค้าตามลำดับคือ 60,000 70,000 30,000 และ 200,000บาท โดยกรณีศึกษานี้จะมีผู้ส่งมอบอยู่ 3 แห่ง โดยแต่ละแห่งจะมีปริมาณกระป๋องสูงสุดที่แตกต่างกันคือ 550 700 และ 850 พาเลทตามลำดับ โดยรถบรรทุกสามารถบรรทุกสินค้าได้สูงสุด 20 พาเลท (Pallet) เมื่อทำการออกรถบรรทุกแต่ละรอบต้องเสียค่าเสื่อมราคาหรือค่าซ่อมบำรุงของการออกรถขนส่ง 300 บาท บริษัทแห่งนี้จะวางแผนการขนส่งด้วยตนเองและค่าในการขนส่งต่างๆแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 2 และ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างรายละเอียดของต้นทุนการขนส่งจากโรงงานไปศูนย์กระจายสินค้า

โรงงาน	ศูนย์กระจายสินค้า (หน่วย: บาท)			
	1	2	3	4
1	49.2	16.4	0	5,453.1

หมายเหตุ ต้นทุนจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0 เนื่องจากเป็นศูนย์กระจายสินค้าที่ตั้งอยู่ภายในโรงงาน

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างรายละเอียดของต้นทุนการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าไปผู้ส่งมอบ

ศูนย์กระจายสินค้า	ผู้ส่งมอบ (หน่วย: บาท)		
	1	2	3
1	5,839.1	5,822.7	5,732.3
2	5,806.2	5,789.8	5,699.5
3	5,789.8	5,773.4	5,683.1
4	377.8	476.3	402.4

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างรายละเอียดของต้นทุนการขนส่งจากผู้ส่งมอบไปโรงงาน

ผู้ส่งมอบ	โรงงาน (หน่วย: บาท)
	1
1	5,789.8
2	5,773.4
3	5,683.1

4.3 Lingo Model

จากรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้ทำการเขียนขึ้นมานั้น ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Lingo เข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาในครั้งนี้ เนื่องจากเป็นการแก้ไขปัญหาที่ได้ผลลัพธ์

อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งขนาดปัญหายังเป็นปัญหาขนาดเล็ก [2] จึงใช้โปรแกรม Lingo ในการแก้ปัญหา โดยองค์ประกอบของการเขียนรูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาในโปรแกรม Lingo สามารถแบ่งออกเป็นอยู่ 3 ส่วนด้วยกัน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2

ส่วนที่ 1

```
model:
      sets:
!Indeies, Parameters, Decision variables;
      plant/1..1/:DEMAND;!i;
      DC/1..4/:Ware,Fix,Y;!j;
      supplier/1..3/:Sup;!k;
      link1(plant,DC):C_IJ,TRAN,R_IJ,route;
      link2(DC,supplier):C_JK,R_JK;
      link3(supplier,plant):C_KI,R_KI,v_back;
endsets
!Here is data;
data:
      DEMAND= 1636;
      CAP = 20;
      COST_CAP = 300;
      WARE = 785 785 500 2800;
      WARE_M = 4;
      FIX = 60000 70000 80000 200000;
      Sup = 550 700 850;
!link1;
      C_IJ = 49.2 16.4 0 5453.1;
!link2;
      C_JK = 5839.1 5822.7 5732.3
             5806.2 5789.8 5699.5
             5789.8 5773.4 5683.1
             377.8 476.3 402.4;
!link3;
      C_KI = 5789.8 5773.4 5683.1;
enddata
!Math Model;
```

ส่วนที่ 2

ส่วนที่ 3

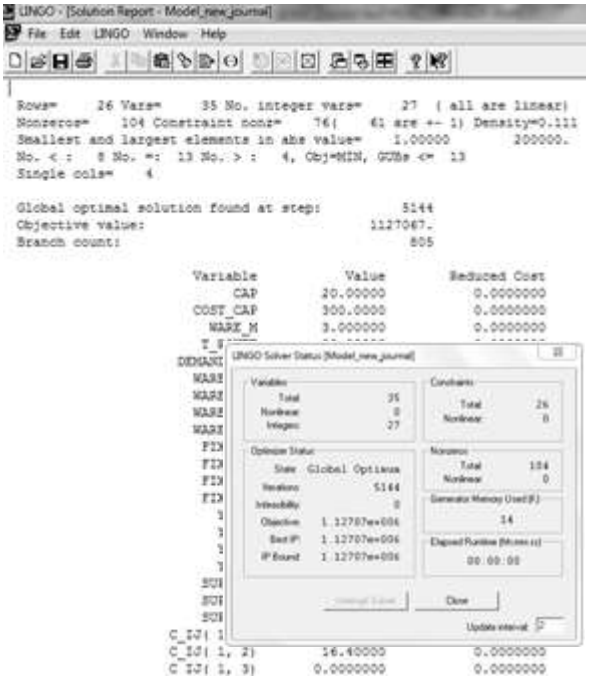
```
!Objective;
min = @sum(DC(j):FIX(j)*Y(j))
+COST_CAP*T_ROUTE
+@sum(plant(i):@sum(DC(j):C_IJ(i,j)*R_IJ(i,j)))
+@sum(DC(j):@sum(supplier(k):C_JK(j,k)*R_JK(j,k)))
+@sum(supplier(k):@sum(plant(i):C_KI(k,i)*R_KI(k,i)));

!Constraints;
@for(DC(j):@BIN(Y(j)));
@for(DC(j):@for(plant(i):@gin(tran(i,j))));
@for(DC(j):@for(plant(i):@gin(R_ij(i,j))));
@for(DC(j):@for(supplier(k):@gin(R_jk(j,k))));
@for(supplier(k):@for(plant(i):@gin(R_ki(k,i))));
@for(DC(j):@sum(plant(i):TRAN(i,j))<=WARE(j)*Y(j));
@for(plant(i):@sum(DC(j):TRAN(i,j))=DEMAND(i));
@for(DC(j):@for(plant(i):R_ij(i,j)*cap>=tran(i,j)));
@for(DC(j):@sum(plant(i):R_IJ(i,j))=@sum(supplier(k)
:R_JK(j,k)));
@for(supplier(k):@sum(plant(i):R_KI(k,i))=@sum(DC(j)
:R_JK(j,k)));
@for(plant(i):@sum(supplier(k):V_BACK(k,i))=@sum(DC(j)
:R_IJ(i,j)*CAP));
@for(plant(i):@for(supplier(k):V_BACK(k,i)=R_KI(k,i)
*CAP));
@sum(plant(i):@sum(DC(j):R_ij(i,j)))=T_ROUTE;
@sum(DC(j):Y(j))<=WARE_M;
@for(supplier(k):@sum(plant(i):V_BACK(k,i))<=sup(k));
end
```

รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างการเขียนโปรแกรม Lingo ทั้ง 3 ส่วน

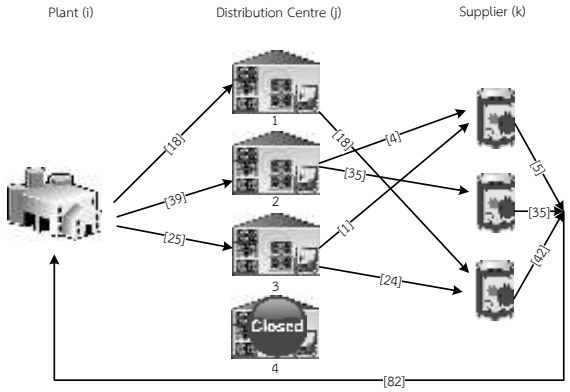
จากรูปที่ 2 อธิบายถึงองค์ประกอบทั้ง 3 ส่วนของการเขียนรูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา ส่วนที่ 1 แสดงถึงการเขียนดัชนี (Index) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) และพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง (Parameter) ส่วนที่ 2 แสดงถึงการใส่ข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ และส่วนที่ 3 แสดงถึงสมการวัตถุประสงค์และสมการเงื่อนไขต่างๆตามรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้กล่าวไปเบื้องต้นตั้งแต่สมการที่ (1) ถึงสมการที่ (11) ตามลำดับ

4.4 ผลลัพธ์จากการแก้ไขปัญหากรณีศึกษา

จากผลการรายงานการแก้ปัญหาบริษัทกรณีศึกษาโรงงานผลิตผลไม้กระป๋องในโปรแกรม Lingo นั้น ค่าคำตอบของต้นทุนที่ต่ำที่สุดในการกระจายสินค้าคือ 1,127,067 บาท คำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบแบบ Global Optimum ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3 และคำตอบของโรงงานกรณีศึกษาดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์สำหรับการแก้ไขปัญหาของกรณีศึกษาจากโปรแกรม Lingo



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างคำตอบของรูปแบบการกระจายสินค้าสำหรับการแก้ไขปัญหากรณีศึกษาจากโปรแกรม Lingo

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าศูนย์กระจายสินค้าที่ควรจะเปิดเพื่อให้ตอบสนองความต้องการนั้นมีอยู่ 3 แห่งคือ ศูนย์กระจายสินค้าที่ 1 2 และ 3 ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4 และมีการขนส่งสินค้ารวมเป็น 82 เที่ยว ซึ่งมีลักษณะการกระจายตามรูปที่ 4 จากการขนส่งทำให้เสียต้นทุนไปทั้งหมด 1,127,067 บาท ประกอบไปด้วยเป็นค่าเปิดศูนย์กระจายสินค้าแห่งที่ 1 2 และ 3 เป็นจำนวน 60,000 70,000 และ 30,000 บาทตามลำดับ ค่าเสื่อมราคาหรือค่าซ่อมบำรุงของการออกรถขนส่งจำนวนทั้ง 82 เที่ยว คิดเป็นเงินทั้งหมด 24,600 บาท ค่าขนส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าคิดเป็นทั้งหมด 1,525.2 บาท ค่าขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังผู้ส่งมอบคิดเป็นทั้งหมด 471,233.5 บาท และค่าขนส่งจากผู้ส่งมอบกลับมายังโรงงานคิดเป็นทั้งหมด 469,708.2 บาท รวมต้นทุนทุกอย่างในการกระจายสินค้าของกรณีศึกษาโรงงานผลิตผลไม้กระป๋องคิดเป็นเงินทั้งหมด 1,127,067 บาทต่อเดือน

5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยชิ้นนี้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการหาคำตอบที่ดีที่สุดในการขนส่งและกระจายสินค้าสำหรับโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมีรูปแบบการกระจายสินค้าที่ไม่เหมือนกรณีทั่วไป เนื่องจากมีการลดเที่ยวเปล่าของการขนส่งจึงได้ให้มีการจัดเที่ยวรถบางส่วนเพื่อวิ่งไปรับของที่ผู้ส่งมอบเพื่อทำให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุดในการขนส่งและกระจายสินค้า องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องที่พิจารณาในตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ประกอบด้วย โรงงาน ศูนย์กระจายสินค้า และผู้ส่งมอบ คำตอบที่ได้จะมีการพิจารณาการเลือกศูนย์กระจายสินค้าและจำนวนเที่ยวการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด เมื่อทำประยุกต์ใช้กับบริษัทกรณีศึกษา พบว่า มีค่าต้นทุนกระจายสินค้าเพียง 1,127,067 บาทต่อเดือน เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนกับการดำเนินกิจการ ณ ปัจจุบัน จะเกิดต้นทุนเท่ากับ 1,175,116 บาทต่อเดือน ประกอบไปด้วยเป็นค่าเปิดศูนย์กระจายสินค้า 160,000 บาท ค่าเสื่อมราคาหรือค่าซ่อมบำรุงของการออกรถขนส่ง 24,600 บาท ค่าขนส่งระหว่างโรงงานและศูนย์กระจายสินค้า 3,051 บาท และค่าขนส่งจากผู้ส่งมอบมายังโรงงานคิดเป็นทั้งหมด 987,465 บาท ซึ่งสามารถลดต้นทุนได้ 48,049 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็น 576,588 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 4.08 ซึ่งต้นทุนส่วนที่ลดได้นั้น เป็นส่วนที่เกิดจากการเลือกตำแหน่งของศูนย์กระจายสินค้า ที่มีระยะทางในแต่ละช่วงการเดินทางที่ผันแปรไปตามตำแหน่งของศูนย์กระจายสินค้า รวมไปถึงช่วงของการเดินเที่ยวเปล่าซึ่งเดิมบริษัทกรณีศึกษาเปิดใช้งานที่ศูนย์กระจายสินค้าที่ 4 แห่งเดียว ซึ่งมีระยะทางไกลเมื่อเปรียบเทียบกับศูนย์กระจายสินค้าอื่นในการจะวิ่งจากโรงงานและไปยังผู้ส่งมอบ ทำให้ต้นทุนการเดินทางในแต่ละช่วงนั้นลดลงไป เมื่อมีการเปลี่ยนการเปิดใช้ศูนย์กระจายสินค้า

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากงานวิจัยฉบับนี้มีความถูกต้อง และสามารถนำเอาไปประยุกต์ใช้กับปัญหาที่พบในสภาพการณ์จริงได้ งานวิจัยในอนาคตจะได้มีการนำเอาตัวแบบจำลองนี้ไปพัฒนาเพื่อให้สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาจริงที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากการใช้โปรแกรม Lingo ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด จะเริ่มมีปัญหาในการประมวลผลเมื่อมีจำนวนความต้องการจัดส่งสินค้าเพิ่มขึ้นและจำนวนโรงงานมีมากกว่า 3 โรงงานขึ้นไป นอกจากนั้นหากมีการพิจารณาเงื่อนไขอื่นๆของการขนส่ง เช่น ขนาดของรถบรรทุก เป็นต้น อาจจะต้องใช้การพัฒนาวิธีการทาง Heuristic เข้ามาช่วยในการหาคำตอบ เมื่อขนาดและปัญหามีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] D. M. Lambert and M. C. Cooper, Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 9(2), pp. *1–19, 1998.*

[2] B. M. Beamon, Supply chain design and analysis: Models and methods*, International Journal of Production Economics*, Vol. 55(3), pp. 281-294, 1998.

[3] คำนาย อภิปรัชญาสกุล. *โลจิสติกส์เพื่อการผลิตและการจัดการดำเนินการ (Manufacturing Logistics and Operation Management)*. นนทบุรี: โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิช ชิ้ง จำกัด, 2549.

[4] อภิชาต โสภาแดง. Supply Chain and Logistics Management. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.

[5] C. Vercellis, *Business Intelligence*. United Kingdom: TJ International, 2009.

[6] R. Carbonneau, K. Laframboise and R. Vahidov, Application of machine learning techniques for supply chain demand forecasting, European *Journal of Operational Research*, Vol. 184(3), pp. 1140-1154, 2008.

[7] P. J. Martínez-Jurado and J. Moyano-Fuentes, Lean Management, Supply Chain Management and Sustainability: A Literature Review*, Journal of Cleaner Production*, 2013.

[8] J. Kelley, M. Kuby and R. Sierra, Transportation network optimization for the movement of indigenous goods in Amazonian Ecuador, *Journal of Transport Geography*, Vol. 28, pp. 89-100, 2013.

[9] W. L. Winston and M. Venkataramanan, *Introduction to mathematical programming*. United States of America: Curt Hinrichs, 2003

[10] Lindo Systems inc. *Optimization Modeling with LINGO*. United States of America: Lindo Systems inc, 2007

[11] F. Altiparmak, et al, A genetic algorithm approach for multi-objective optimization of supply chain networks, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 51(1), pp. 196-215, 2006.

[12] J. F .Shapiro, *Modeling The Supply Chain*. United States of America: Transcontinental Printing/Louiseville. 2007