

การหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการทางโลจิสติกส์ กรณีศึกษาการ จัดลำดับเส้นทางขนส่ง และกระบวนการทำงาน

Logistics Operations Optimization in Case Study to Transport Routing and Production Scheduling

ณัฐญา ล่อเจริญศักดิ์^{1*}, พีรพล สวัสดิ์ताल², นคร ไชยวงศ์ศักดิ์³, ประเวศ อนันเอื้อ⁴, ขวัญเรือน สิ้นณรงค์⁵,
วัชร วัฒนารวี⁶, ชยากร พุทธกำเนิด⁷ และเสกสรรค์ วินยางค์กุล⁸

Nuttaya Lorjalarnsak^{1*}, Peerapon Sawattaan², Nakorn Chaiwongsakda³, Prawet Anan-uea⁴,
Kwanruen Sinnarong⁵, Watchara Watanarawee⁶, Chayakorn Putakamnerd⁷ and Seksan Winyangkul⁸

^{1*,2,3,4,5,6,7,8}วิศวกรรมโลจิสติกส์ และการจัดการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

80 หมู่ 9 ถนนพหลโยธิน ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100 โทรศัพท์ 08 6604 6288

^{1*,2,3,4,5,6,7,8}Logistic Engineering and Management, Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University

80 Soi 9, Tambon Ban Du, Amphoe Mueang, Chiang Rai 57100 E-mail : seksanwin@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาแบบจำลองของปัญหาในทางโลจิสติกส์โดยปรับปรุงจากทฤษฎีที่มีอยู่ และนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาการดำเนินการในทางโลจิสติกส์อย่างเหมาะสม โดยการประยุกต์รวมทฤษฎีที่มีอยู่แล้วจำนวน 3 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีแบ่งกลุ่ม (Cluster analysis : CA) ทฤษฎีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (Differential evolution optimization: DEO) และทฤษฎีกำหนดการแบบพลวัต (Dynamic Programming : DP) ผู้วิจัยนำแบบจำลองนี้มาใช้ในการแก้ไขปัญหาการดำเนินงานทางโลจิสติกส์ จำนวน 2 ปัญหา คือ 1) การจัดลำดับเส้นทางขนส่ง ตัวอย่างการขนส่งนมโรงเรียน และสินค้า 2) การจัดลำดับกระบวนการทำงาน ตัวอย่างการจัดลำดับงานของร้านรับทำป้าย

ผลการวิจัยโดยการประยุกต์รวมทฤษฎีทั้ง 3 ทฤษฎี ในการแก้ไขปัญหาในการประมวลผลหาคำตอบของการจัดลำดับเส้นทางขนส่ง เมื่อนำระยะทางที่ได้จากการวิจัยมาเปรียบเทียบกับระยะทางเดิม ระหว่างก่อนทำวิจัย วิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรง และวิธีการรวมระหว่าง 3 ทฤษฎี ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ออกเป็นสองรูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 เมื่อแบ่งกลุ่มข้อมูลได้ ทำการจัดเรียงข้อมูลภายในกลุ่ม และค่อยเชื่อมต่อระหว่างกลุ่ม รูปแบบที่ 2 เมื่อแบ่งกลุ่มข้อมูลได้ จะทำการเชื่อมระหว่างกลุ่มข้อมูลที่จะจัดเรียงกับจุดต้นก่อนแล้วค่อยจัดเรียงข้อมูลภายในกลุ่ม ซึ่งแต่ละรูปแบบสามารถลดระยะทางจากเดิมได้ในการขนส่งนมโรงเรียน และสินค้า สามารถลดระยะทางรวมลงจากก่อนทำวิจัย และได้เส้นทางรวมที่สั้นกว่าวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรงโดยระยะทางลดลงคิดเป็นร้อยละ 17.57 และวิธีระบบอาณานิคมคิดโดยระยะทางลดลงคิดเป็นร้อยละ 22.77 ส่วนการจัดลำดับกระบวนการทำงานร้าน

ป้ายพบว่าเวลาเฉลี่ยของงานในระบบของการทำงานน้อยกว่าวิธีการอื่น ๆ โดยเวลาลดลงคิดเป็นร้อยละ 3.59

คำสำคัญ : การแบ่งกลุ่ม, การวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง, กำหนดการแบบพลวัต, การจัดลำดับเส้นทาง การขนส่ง, การจัดลำดับกระบวนการทำงาน

Abstract

This research was aimed to develop a model of problems in logistics, Improved from existing theories and applied to solve problems in logistics. Applying a combination of theories, there are already 3 theories: Cluster analysis (CA). Differential evolution optimization (DEO) and Dynamic Programing (DP), the researcher used this model to solve two problems of logistics operation: 1) Transportation routing of school milks and products 2) Production Scheduling Example of Job Sequence Label shop.

The results of this research to applying a combination of 3 theories, Processing of transit response to distance from the research to compare with the original distance before doing research, Linear programming methods and the method of combining the 3 theories, which the researcher has analyzed in 2 forms: 1) segmenting data. Defragment the group. And the connection between 2) Divided into groups make a connection between the data groups that are arranged with the first point and then sort the data within the group. Each form can reduce the distance from the original transport of milk in schools. And shipping companies In Chiang Rai Can reduce the total distance from the pre-research and a shorter overall path than linear programming and ant colony system, distance decreased by 17.57% and 22.77%, Production Scheduling example of Job Sequence Label shop found that the average time of work in the system of work was less than other methods time was reduced by 3.59%.

Keywords : Cluster Analysis, Differential evolution optimization, Dynamic Programing, Transport Routing, Production Scheduling

1. บทนำ

ในการดำเนินธุรกิจหรือดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ จำเป็นต้องมีระบบการบริหารจัดการที่ดี มีการตัดสินใจที่มีความถูกต้องแม่นยำสูง ให้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายของผู้ประกอบการและเป็นไปตามความต้องการของลูกค้า อาทิ ระบบการจัดการโลจิสติกส์เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการ

ของลูกค้าได้ตามเวลาที่กำหนดและประหยัดต้นทุน การจัดลำดับลูกค้าเพื่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดต่อองค์กร การจัดลำดับการทำงานเพื่อให้ได้ทำงานที่สำคัญกว่าก่อน การจัดตารางวางแผนการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ต้นทุนต่ำกว่า การจัดช่วงเวลาเพื่อให้เหมาะสมกับงาน เป็นต้น โดยเฉพาะในระบบการจัดการโลจิสติกส์ ยังคงมีปัญหามากมาย ไม่ว่าจะเป็นปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ ปัญหาการจัดส่งสินค้าให้ตรงตามเวลา (On time delivery problem) ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling salesman problem : TSP) ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Transportation routing problem) (Mayacheaw, P., 2014) อย่างไรก็ตาม ได้มีผู้ที่นำเสนอเครื่องมือเพื่อช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาต่างๆ ด้วยหลากหลายวิธี ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic) และวิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristic) การศึกษาวิจัยในเรื่องของทฤษฎีในการแบ่งกลุ่ม การจัดลำดับข้อมูล ให้ง่ายต่อการหาคำตอบ ซึ่งปัจจุบันด้วยความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จะเห็นได้ว่าข้อมูลเป็นปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์หาคำตอบต่าง ๆ เพื่อนำมาพิจารณาตัดสินใจวินิจฉัยหรือทำนายเหตุการณ์บนพื้นฐานของเหตุและผลการจัดกลุ่มข้อมูล เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยวิเคราะห์ข้อมูล (Arunchote, C., et al, 2013) เป็นการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนโดยพิจารณาความคล้ายของข้อมูล ได้มีการศึกษาและพัฒนาขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มมากมายหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งวิธีพื้นฐานที่สามารถเข้าใจง่าย คือ การจัดกลุ่มแบบเคมีน (K-mean) แต่เนื่องจากปัญหาในการหาคำตอบเกิดความยุ่งยากซับซ้อน จึงต้องใช้ทฤษฎีอื่น ๆ เข้ามาร่วมในการหาคำตอบของคำตอบ (Phalakan, B., 2014) ซึ่งทฤษฎีที่น่าสนใจมีอยู่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นวิธีการเมตาฮิวริสติก เป็นวิธีการที่ออกแบบมาเพื่อหาคำตอบที่ดี (a good solution) สำหรับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบที่ดีที่สุดที่มีความยุ่งยากซับซ้อนในการแก้ปัญหา ซึ่งวิธีการเมตาฮิวริสติกที่จะนำมาใช้หาคำตอบในวิจัยเรื่องนี้ ได้แก่ วิธีการการวิวัฒนาการ ซึ่งวิธีการการวิวัฒนาการนี้มีหลักการเบื้องต้นคือ อนุญาตให้คำตอบที่ได้จากการพัฒนาคำตอบเบื้องต้นมีการวิวัฒนาการตนเองสู่คำตอบในแต่ละรุ่น ด้วยกระบวนการกลายพันธุ์และแลกเปลี่ยนองค์ประกอบ (Paitakaso, R., 2014) และทฤษฎีกำหนดการพลวัต ซึ่งเป็นกระบวนการในการแก้ไขปัญหที่ซับซ้อนโดยการแบ่งปัญหาให้เป็นปัญหาย่อยที่สามารถแก้ไขได้ง่ายกว่า คุณสมบัติพื้นฐานของปัญหาที่จะใช้กำหนดการพลวัตได้คือจะต้องมีปัญหาย่อยที่ทับซ้อนกัน (overlapping subproblem) และโครงสร้างย่อยที่เหมาะสมที่สุด (optimal substructure) ปัญหาที่ใช้กำหนดการพลวัตในการแก้ปัญหาจะใช้เวลาแก้รวดเร็วกว่าการแก้ปัญหาโดยตรงเป็นอย่างมาก หลักสำคัญของกำหนดการพลวัต จำเป็นที่จะต้องแก้ปัญหาที่เล็กกว่า (ปัญหาย่อย) และนำคำตอบของปัญหาย่อยเหล่านั้นมารวมกันเป็นคำตอบของปัญหาใหญ่

ผู้วิจัยพบว่าทั้งวิธีฮิวริสติกส์ และวิธีเมตาฮิวริสติกส์ ดังกล่าวนั้น จะสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมในสถานะที่กำหนดเฉพาะของแต่ละวิธีเท่านั้น ถ้ามีจำนวนข้อมูลที่หลากหลายหรือมีจำนวนรูปแบบของปัญหาที่มากจะทำให้การคำนวณมีความยุ่งยากซับซ้อน โดยโปรแกรมจะทำ

การคำนวณหาคำตอบที่เหมาะสมจากทุกจำนวนข้อมูลหรือทุกรูปแบบปัญหา ซึ่งในแต่ละปัญหาอาจจะใช้วิธีการ หรือโปรแกรมที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้ใช้เวลาในการหาคำตอบค่อนข้างมาก ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณหาคำตอบที่เหมาะสมของรูปแบบปัญหาทางโลจิสติกส์ ถ้ามีจำนวนข้อมูลของปัญหาหลายชุด แบบจำลองนี้จะทำการแบ่งกลุ่มข้อมูลก่อนในขั้นตอนแรก เพื่อให้ง่ายต่อการแบ่งกลุ่มข้อมูล โดยจะไม่มีหาคำนวณข้อมูลซ้ำอีก (Paiboolworachet, J. and Kulvanich, N., 2014) การหาคำตอบโดยการแก้ปัญหาจากกลุ่มเล็กไปยังกลุ่มใหญ่ เพื่อให้การคำนวณหาคำตอบง่ายและเร็วขึ้น และสามารถหาคำตอบของปัญหาได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยจะนำแบบจำลองนี้มาใช้ในการแก้ไขปัญหาการดำเนินงานทางโลจิสติกส์จำนวน 2 ปัญหา คือ การจัดลำดับเส้นทางการขนส่งซึ่งใช้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (TSP) และการจัดลำดับการทำงาน โดยจะใช้การศึกษาในเรื่อง การจัดเส้นทางการขนส่งนมโรงเรียน การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า และการแก้ปัญหาการจัดลำดับกระบวนการทำงานร้านทำปาย เป็นการวิเคราะห์ และสร้างตัวแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา เข้ามาช่วยวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด ของการประยุกต์รวมทฤษฎีที่มีอยู่แล้วจำนวน 3 ทฤษฎีซึ่งจะทำการเปรียบเทียบกับผลของวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรงในการจัดเส้นทางการขนส่งนมโรงเรียน และเปรียบเทียบกับวิธีอาณานิคม และวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรงในการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า เพื่อใช้เป็นเส้นทางในการขนส่งและการจัดลำดับงานที่มีความเหมาะสม ซึ่งการเลือกเส้นทางการขนส่ง และการจัดลำดับงานที่เหมาะสมส่งผลต่อต้นทุนที่ลดลงและช่วยเพิ่มความสามารถในการสร้างผลกำไรให้กับบริษัทเพิ่มขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 พัฒนาแบบจำลองของปัญหาในทางโลจิสติกส์โดยปรับปรุงจากทฤษฎีที่มีอยู่ในการแก้ไขปัญหา การจัดลำดับเส้นทางการขนส่ง และกระบวนการทำงาน

2.2 นำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาการดำเนินการในทางโลจิสติกส์เพื่อลดระยะทาง และเวลา ในกรณีศึกษาการจัดลำดับเส้นทางการขนส่ง กระบวนการทำงาน และทำการเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาแบบจำลองของปัญหาในทางโลจิสติกส์ที่เหมาะสมโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการจัดกลุ่ม (CA) การวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (DEO) และ การกำหนดการแบบพลวัต (DP) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาการดำเนินงานทางโลจิสติกส์ ได้แก่ 1. การจัดลำดับเส้นทางในรูปแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (TSP) และปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing

Problems :VRP) กรณีศึกษาการจัดลำดับเส้นทาง การขนส่งนมโรงเรียน และการขนส่งสินค้า

2. การจัดลำดับการทำงาน กรณีศึกษาการทำงานการจัดลำดับงานของร้านทำป้าย

ในการศึกษาเรื่องการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการทางโลจิสติกส์ โดยวิธีการรวมระหว่าง การแบ่งกลุ่ม (CA) การวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (DEO) และกำหนดการแบ่งพลวัต (DP) ซึ่งจะแบ่งขั้นตอนการคำนวณออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ ขั้นตอนแรก แบ่งปัญหาออกเป็นกลุ่มใหญ่หลาย ๆ กลุ่ม โดยพยายามให้สิ่งที่อยู่ภายในกลุ่มเดียวกันมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด (Jirasirilerd K., et al. 2015) ขั้นตอนที่ 2 จัดปัญหาย่อยภายในกลุ่มให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดของแต่ละกลุ่ม โดยใช้ทฤษฎีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง (DEO) ในการหาคำตอบ ขั้นตอนที่ 3 หาวิธีเชื่อมคำตอบจากกลุ่มใหญ่แต่ละกลุ่มที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดไว้ด้วยกันโดยใช้ทฤษฎีกำหนดการแบ่งพลวัต (DP) ในการหาคำตอบโดยมีสมมติฐานคือ การสร้างแบบจำลองของปัญหาในทางโลจิสติกส์โดยปรับปรุงจากทฤษฎีที่มีอยู่ได้ โดยสามารถลดความซับซ้อนของขั้นตอนการคำนวณหาคำตอบของปัญหาลง และสามารถนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาการดำเนินการในการแก้ปัญหาทางโลจิสติกส์ได้อย่างเหมาะสม และมีประชากร กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ปัญหาการจัดลำดับเส้นทางขนส่งและกระบวนการทำงาน ที่มีอยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย โดยกลุ่มตัวอย่างจะกำหนดจากลักษณะของรูปแบบปัญหาการดำเนินการ ได้แก่ การพิจารณาเส้นทางในการขนส่ง และลำดับของการทำงาน โดยมีการสร้าง และการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยโดยมี ขั้นตอนการคำนวณโดยรวมของระบบจากทฤษฎีที่มีอยู่ และแผนการดำเนินงานวิจัย โดยมีรายละเอียดตามลำดับ ดังต่อไปนี้ เครื่องมือวิจัย โดยการศึกษาแบบความสัมพันธ์ โดยเปรียบเทียบแบบจำลองของปัญหาในทางโลจิสติกส์ที่ได้การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย โดยการพัฒนางานวิธีการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการทางโลจิสติกส์

ขั้นตอนแนวคิดการออกแบบ/พัฒนาในการทำวิจัย ซึ่งแสดงรายละเอียดของการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับ ทฤษฎีการแบ่งกลุ่ม ทฤษฎีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง และทฤษฎีกำหนดการแบ่งพลวัต
2. หาวิธีในการพัฒนาแบบจำลองในการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการทางโลจิสติกส์
3. สร้างแบบจำลองของปัญหาทางโลจิสติกส์
4. ทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยการนำไปหาคำตอบของปัญหาทางโลจิสติกส์
5. ประเมินผลการใช้งานของแบบจำลองที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ใช้เพียงวิธีการใดวิธีการหนึ่งจากทฤษฎีการแบ่งกลุ่ม ทฤษฎีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง และทฤษฎีกำหนดการแบ่งพลวัต
6. ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบของวิธีการหาคำตอบให้เหมาะสม
7. สรุปและเสนอแนะผลการวิจัยของการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการทางโลจิสติกส์

3.1 ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลอง

การคำนวณโดยรวมของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีขั้นตอนดังนี้

- 1) เริ่มต้นโดยป้อนข้อมูลนำเข้า (Input) ของปัญหาทางโลจิสติกส์ เช่น เส้นทางขนส่ง
- 2) ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่ม ๆ ด้วยวิธีแบ่งกลุ่ม
- 3) นำข้อมูลแต่ละกลุ่มที่ถูกแบ่งด้วยวิธีแบ่งกลุ่ม มาวิเคราะห์ด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้

ผลต่าง

- 4) ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 หากยังไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุดให้กลับไปเริ่มขั้นตอนที่ 2 ใหม่

- 5) เมื่อได้คำตอบที่ดีที่สุดแล้วจากขั้นตอนที่ 3 แล้ว จะทำการรวมกลุ่มคำตอบของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันด้วยวิธีกำหนดการแบ่งพลวัต

- 6) ตรวจสอบผลการรวมกลุ่มจากขั้นตอนที่ 5 หากยังไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุดให้กลับไปเริ่มในขั้นตอนที่ 3 ใหม่

- 7) เมื่อได้คำตอบที่ดีที่สุดจากขั้นตอนที่ 5 แล้ว ให้แสดงผลการหาคำตอบ และจบขั้นตอนการคำนวณ

3.2 การพัฒนาทฤษฎีสำหรับการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการทางโลจิสติกส์

ในการจัดลำดับข้อมูล การทำงาน ช่วงเวลา การเรียนการสอน รวมไปถึงด้านการขนส่ง ซึ่งเป็นปัญหาในทางโลจิสติกส์นั้น มีวิธีการในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด และใช้ระยะเวลา น้อยลงจากวิธีปกติ ซึ่งทางผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาในการหาคำตอบจากที่ได้กล่าว มาแล้วข้างต้น โดยงานวิจัยนี้จะศึกษาในรูปแบบของการใช้การวิเคราะห์กลุ่มโดยขั้นตอนการวิเคราะห์ ของวิธี K-Means มี 4 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นที่ 1 จัดกลุ่มข้อมูลเป็น k กลุ่ม ซึ่งมีการแบ่งได้โดยแบ่งอย่างสุ่ม หรือแบ่งด้วยผู้ศึกษาเองขั้นที่ 2 คำนวณหาจุดกึ่งกลางกลุ่มของแต่ละกลุ่ม เช่น จุดกลางกลุ่มของกลุ่ม ที่ C คือ X_c ขั้นที่ 3 มีวิธีการพิจารณา 2 แบบ โดยจะคำนวณลักษณะคือ แบบที่ 1 คำนวณหา ระยะห่างจากแต่ละหน่วยไปยังจุดกลางกลุ่มของทุกกลุ่มและจะพิจารณาย้ายหน่วยไปยังกลุ่มที่มี ระยะห่างต่ำสุด แบบที่ 2 คำนวณระยะห่างกำลังสองของแต่ละหน่วยไปยังจุดกลางกลุ่มที่หน่วยนั้นอยู่ โดยให้ ESS (Error Sum Square) เท่ากับระยะห่างกำลังสองของแต่ละหน่วยไปยังจุดกลางกลุ่ม ดังสมการที่ 1

$$ESS = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_{C(i)}) (x_i - \bar{x}_{C(i)}) \quad (1)$$

โดยที่ $C_{(i)}$ คือ กลุ่มของหน่วยที่ i

ESS คือ ผลบวกของระยะห่างจากแต่ละหน่วยในกลุ่มไปยังจุดกลางกลุ่มรวมทุกกลุ่ม กลุ่มใดที่มีค่า ESS ต่ำ แสดงว่าหน่วยที่อยู่ในกลุ่มนั้นมีความคล้ายคลึงกัน

กระบวนการของวิธีการวิวัฒนาการ (DEO) โดยใช้ผลต่างมีขั้นตอนโดยทั่วไปคล้ายกับวิธีการวิวัฒนาการตามปกติ คือ มีลำดับขั้นดังนี้ 1. สร้างประชากรของคำตอบเริ่มต้น 2. ประเมินค่าฟิตเนสฟังก์ชันหรือค่าสมการเป้าหมายของเวกเตอร์เป้าหมาย 3. ผลิตประชากรรุ่นใหม่ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้วนซ้ำจนครบกำหนดเงื่อนไขการหยุด

1. สร้างมิวแทนต์เวกเตอร์ ด้วยวิธีการการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์ (mutation) ซึ่งสมการที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนค่าในพิกัดแสดงได้ดังสมการที่ 2

$$V_{m,n,G} = X_{r_1,n,G} + F(X_{r_2,n,G} - X_{r_3,n,G}) \quad (2)$$

โดยที่ m คือจำนวนเวกเตอร์ในแต่ละรุ่น n คือ พิกัดของเวกเตอร์ (vector dimension) G คือรอบในการวนซ้ำเช่นรอบที่ 1 2 และ 3 เป็นต้นและ r_1, r_2 และ r_3 คือเวกเตอร์ที่ทำการสุ่มเลือกมา 3 เวกเตอร์ F คือ แฟคเตอร์ในการขยายผลต่าง (scaling factor) $V_{m,n,G}$ คือมิวแทนต์เวกเตอร์สำหรับเวกเตอร์ที่ m พิกัดของเวกเตอร์ m ในรอบทำการวนซ้ำที่ G และ $X_{r_1,n,G}$ คือเวกเตอร์เป้าหมายซึ่งเป็นเวกเตอร์ที่สุ่มเป็นลำดับแรก ในพิกัดที่ n ในรอบที่ G ส่วน $X_{r_2,n,G}$ และ $X_{r_3,n,G}$ เป็นเวกเตอร์เป้าหมายที่สุ่มเป็นลำดับที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ดังนั้นค่ามิวแทนต์เวกเตอร์ของเวกเตอร์ที่ m พิกัด n ในรอบที่ G จะมีค่าเท่ากับ ค่าในพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายที่ r_1 พิกัด n ในรอบที่ G รวมกับผลต่างของค่าในพิกัดของเวกเตอร์เป้าหมายที่ r_2 และ r_3 ที่คูณกับค่าแฟคเตอร์การขยายผลต่าง F เรียบร้อยแล้ว

2. การสร้างไทรอัลเวกเตอร์ ด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัดของเวกเตอร์ (recombination) แสดงได้ในสมการที่ 3

$$U_{m,n,G} = \begin{cases} V_{m,n,G} & (\text{rand}_{mn} \leq CR \text{ or } D_m = D_{m,\text{rand}}) \\ X_{m,n,G} & (\text{other}) \end{cases} \quad (3)$$

โดยที่ $U_{m,n,G}$ คือไทรอัลเวกเตอร์ของเวกเตอร์ที่ m พิกัด n ในรอบที่ G , rand_{mn} คือเลขสุ่มจำนวนจริงที่อยู่ในช่วง $[0,1]$ ของเวกเตอร์ที่ m พิกัด n ค่า CR คืออัตราการแลกเปลี่ยนค่าในพิกัด (crossover rate) D_m คือตำแหน่งพิกัดของเวกเตอร์ m และ $D_{m,\text{rand}}$ คือเลขจำนวนเต็มสุ่มของเวกเตอร์ที่ m ที่มีค่าตั้งแต่ $[1,N]$ เมื่อ N คือขนาดของเวกเตอร์ และ ดังนั้นค่าไทรอัลเวกเตอร์ที่ m ตำแหน่งที่ n ในรอบที่ G ของการวนซ้ำจะมีเท่ากับมิวแทนต์เวกเตอร์หากเลขสุ่มของเวกเตอร์ที่ m พิกัดที่ n มีค่าน้อยกว่าค่า CR หรือ เมื่อเลขสุ่ม $D_{m,\text{rand}}$ เท่ากับตำแหน่งพิกัด D_m

3. เลือกเวกเตอร์เป้าหมายในรอบถัดไป ด้วยการคัดเลือกเวกเตอร์ (selection) สามารถแสดงได้ในสมการที่ 4

$$U_{m,n,G+1} = \begin{cases} V_{m,n,G}(f(U_{m,n,G})) \leq X_{m,n,G} \\ X_{m,n,G}(\text{other}) \end{cases} \quad (4)$$

เมื่อ $U_{m,n,G+1}$ คือเวกเตอร์เป้าหมายที่ m พิกัดที่ n ในรอบที่ $G+1$ จะมีค่าเท่ากับ เวกเตอร์ที่มีค่าฟิตเนสฟังก์ชันดีกว่าระหว่างค่าเวกเตอร์เป้าหมายและไทรอัลเวกเตอร์รอบที่ G กระบวนการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างสำหรับปัญหาตัวเลขจำนวนจริง

กำหนดการแบบพลวัต DP การแก้ปัญหาแบบแบ่งเพื่อเป็นการแก้ปัญหาจากบนลงล่าง (Top-down approach) การแก้ปัญหาขนาดใหญ่โดยการแบ่งย่อยเป็นปัญหาลดลงเล็กน้อย ในขณะที่วิธีการพลวัตจะแก้ปัญหาจากล่างขึ้นบน (Bottom-up approach) ซึ่งโดยทั่วไปเราจะเริ่มแก้ปัญหาขนาดเล็กก่อนแล้วจึงมารวมกันจนกระทั่งได้คำตอบของปัญหาจริง การเขียนขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาแบบกำหนดการพลวัต ส่วนใหญ่ใช้หลักการดังนี้

1. กำหนดลักษณะของโครงสร้างของผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด
2. นิยามความสัมพันธ์เวียนเกิดของผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด
3. คำนวณค่าโดยใช้วิธีการจากล่างขึ้นบน (Bottom-up approach)
4. สร้างคำตอบจากค่าที่คำนวณได้

การคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากสมการที่ 5 ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$L_{tm}^* = \text{Min} \{L_{tm}^* - 1, k + R_{km}\} + F_{tm} \quad (5)$$

โดยที่

L_{tm}^* คือ ค่าความไม่สมดุลต่ำสุดของการจัดโซนแบบ m ที่เวลา t

k คือ หมายเลขการจัดโซนในแต่ละช่วงเวลา

R_{km} คือ ค่าชดเชยความไม่สมดุลในการสับเปลี่ยนจากการจัดโซนแบบ k ไปสู่แบบ m

F_{tm} คือ ค่าความไม่สมดุลของการจัดโซนแบบ m ในช่วงเวลา t

เมื่อทำการรวม 3 ทฤษฎี เพื่อนำมาหาระยะทาง และกระบวนการทำงานที่ให้ค่าที่ดีที่สุดของปัญหาโดยมีหลักการวิเคราะห์ 2 แบบ คือ

รูปแบบที่ 1 เริ่มจากการแบ่งกลุ่มด้วยการแบ่งกลุ่ม แบบ K-means จากนั้นนำข้อมูลไปจัดเรียงเส้นทางด้วย DEO แล้วนำข้อมูลที่จัดเรียงได้ไปเชื่อมต่อระหว่างกันและเชื่อมต่อ ด้วย DP

รูปแบบที่ 2 เริ่มจากการแบ่งกลุ่มด้วยทฤษฎี CA แบบ K-means จากนั้นนำข้อมูลไปจัดเรียงเส้นทางด้วยทฤษฎี DEO และเชื่อมต่อระหว่างกันและเชื่อมต่อกันด้วยทฤษฎี DP พร้อมกันไป เนื่องจากการวิเคราะห์รูปแบบที่ 1 การจัดเรียงเส้นทางก่อนแล้วค่อยนำไปเชื่อมต่อกันระหว่าง

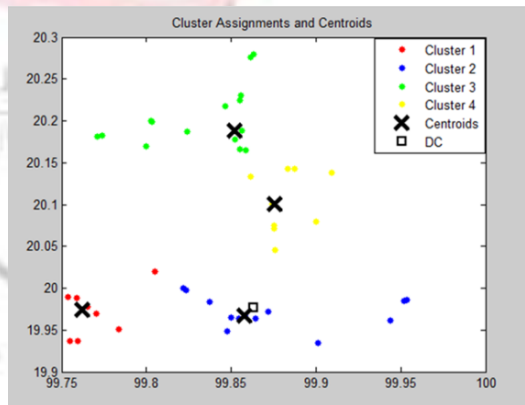
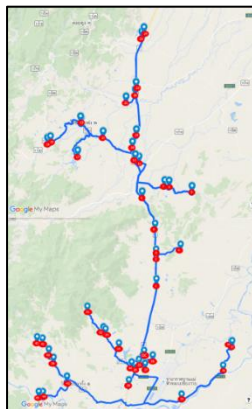
แต่ละ Cluster มีโอกาสที่จุดที่จะนำไปเชื่อมต่อระหว่างแต่ละ Cluster หรือเชื่อมต่อกับบริษัท อาจจะไม่ใช่ว่าจุดที่จะทำให้ระยะทางรวมของเส้นทางสั้นที่สุด ดังนั้นการวิเคราะห์รูปแบบที่ 2 จะทำการเชื่อมระหว่างกลุ่มข้อมูลที่จะจัดเรียงกับจุดต้นก่อนแล้วค่อยจัดเรียงข้อมูลภายในกลุ่ม ดังนี้ เชื่อมต่อ DC เข้ากับจุดต้นของ Cluster ก่อนหน้า นำข้อมูลจุดสุดท้ายของ Cluster ก่อนหน้ามาเชื่อมต่อ ที่จุดแรกของ Cluster ปัจจุบัน และนำจุดสุดท้ายของ Cluster ปัจจุบัน ไปเชื่อมต่อกับจุดแรกของ Cluster ถัดไปตามความเป็นไปได้ที่แต่ละ Cluster จะเชื่อมต่อได้ทั้งหมด จากนั้นทำการตั้งค่าการ Solver โดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ เหมือนกับการวิเคราะห์รูปแบบที่ 1

4. ผลการศึกษา

จากการศึกษาวิจัยการจัดเส้นทางขนส่งนมโรงเรียน และการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าในพื้นที่จังหวัดเชียงราย และการแก้ปัญหาการจัดลำดับกระบวนการทำงานร้านทำป้าย ได้ผลดังนี้

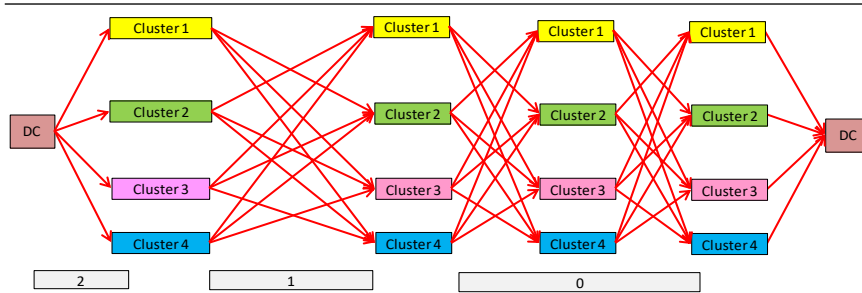
4.1 ผลการศึกษาการจัดเส้นทางของการขนส่ง

ผลการศึกษาการจัดเส้นทางของการขนส่งนมโรงเรียนเฉพาะนมจากข้อมูลเส้นทางและโรงเรียนต่าง ๆ โดยแสดงจุดเป็นหมายเลขต่าง ๆ แทนชื่อโรงเรียนโรงเรียนและศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่ต้องไปขนส่งนมโรงเรียนทั้งหมดตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ ของสายเหนือและสายใต้ โดยจะทำการ Cluster เป็น 2 3 และ 4 กลุ่ม แสดงในภาพที่ 1



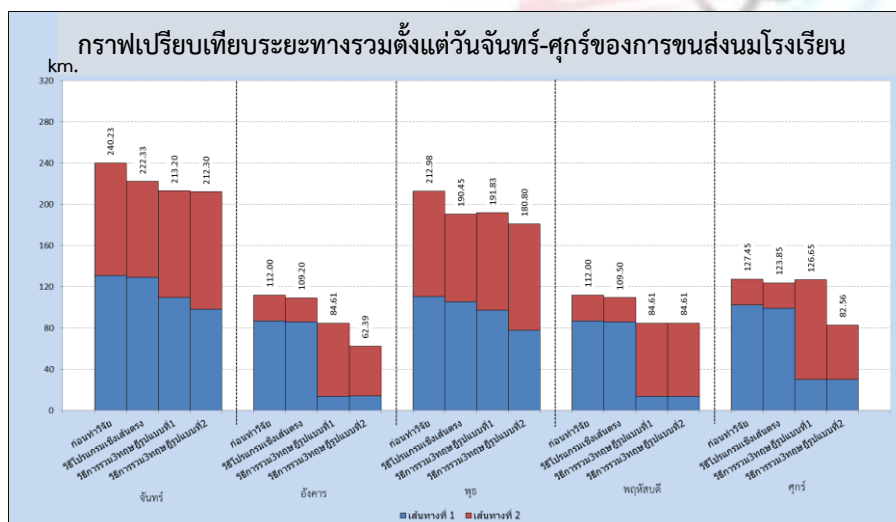
ภาพที่ 1 ตำแหน่งที่ต้องไปขนส่งนมทั้งหมดทั้งสายเหนือ และสายใต้ ผลการแบ่งกลุ่มข้อมูลลูกค้ากรณีแบ่งเป็น 4 Cluster

การแบ่งกลุ่ม 4 Cluster มีความเป็นไปได้ของจำนวนเส้นทางอยู่ 64 เส้นทาง ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งเส้นทางในแต่ละ Cluster ของแต่ละวันก็นำมาจัดกลุ่มด้วยทฤษฎีกำหนดการแบ่งพลวัต (Winyangkul, S., 2014) ใน Cluster 2 3 และ 4 กลุ่ม สามารถจัดกลุ่มให้เป็น 2 เส้นทางเนื่องด้วยรถที่ใช้ในการขนส่งมีทั้งหมด 2 คัน ให้มีระยะทางสั้นที่สุด



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงการเชื่อมโยงเส้นทางด้วยวิธีการโปรแกรมพลวัตของการแบ่งกลุ่มแบบ 4 Cluster

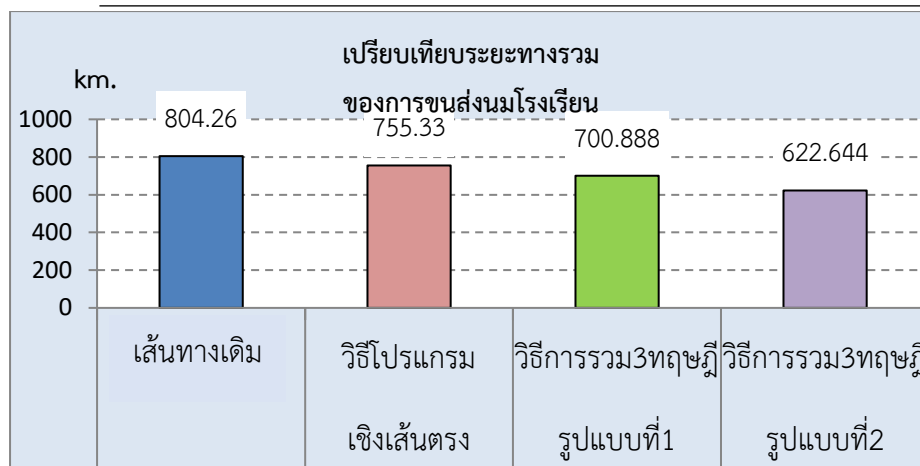
ในการจัดเส้นทางรถขนส่งนักเรียนเส้นทางที่ 1 โดยมีจุดที่ต้องส่งทั้งหมด 24 จุด และเส้นทางที่ 2 โดยมีจุดที่ต้องส่งทั้งหมด 20 จุด ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดระยะทางในการขนส่งแต่ละวันให้น้อยกว่าเดิมได้ ดังแสดงกราฟเปรียบเทียบในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางรวม ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ของการขนส่งนักเรียน

จากภาพที่ 3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางรวมในแต่ละวัน ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ ระหว่าง เส้นทางเดิมก่อนทำวิจัย วิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรง และวิธีการรวม 3 ทัศนวิสัยโดยพิจารณาจากค่าระยะที่ได้รวมสั้นที่สุดโดยการแบ่งกลุ่มที่เหมาะสม วันจันทร์ และพุธ $k=3$ วันอังคาร และศุกร์ $k=4$ และวันพฤหัสบดี $k=2$ จะเห็นได้ว่าระยะทางรวมของแต่ละวันจะมีระยะทางที่ลดลงค่อนข้างมาก และเป็นที่น่าสนใจของผู้วิจัย ซึ่งแต่ละวิธีสามารถลดระยะทางจากเดิม

สำหรับระยะทางรวมในการขนส่งนมทั้ง 5 วัน สามารถลดระยะทางลงได้ ดังแสดงในกราฟเปรียบเทียบในภาพที่ 4



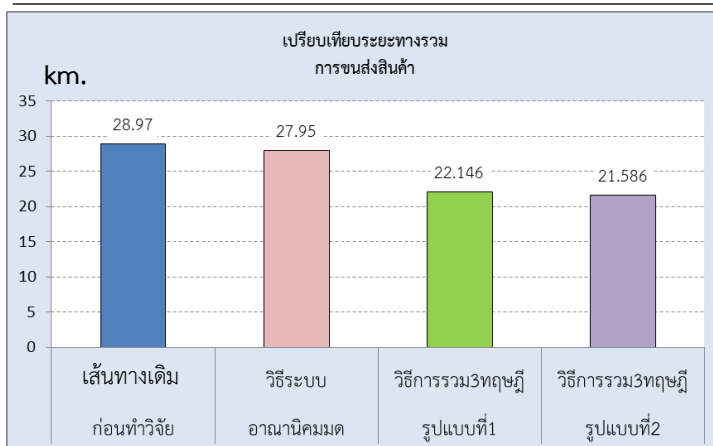
ภาพที่ 4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางรวมทั้งหมดของการขนส่งนมโรงเรียน

จากภาพที่ 4 เมื่อนำระยะทางที่ได้จากการศึกษามาเปรียบเทียบกับระยะทางเดิมในการขนส่งสินค้า ก่อนทำวิจัย และเปรียบเทียบกับการทำ วิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรง พบว่า

การวิเคราะห์รูปแบบที่ 1 สามารถลดระยะทางลงจากก่อนทำวิจัย เท่ากับ 84.242 กิโลเมตร และสามารถลดระยะทางลงจากวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรงเท่ากับ 54.442 กิโลเมตร

การวิเคราะห์รูปแบบที่ 2 สามารถลดระยะทางลงจากก่อนทำวิจัย เท่ากับ 162.486 กิโลเมตร และสามารถลดระยะทางลงจากวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรงเท่ากับ 132.686 กิโลเมตร

ผลการศึกษาในการจัดเส้นทางในการขนส่งสินค้าในจังหวัดเชียงราย ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดระยะทางในการขนส่งแต่ละวันให้น้อยกว่าเดิมได้เช่นกัน ดังแสดงกราฟเปรียบเทียบในภาพที่ 5 โดยแสดงการเปรียบเทียบระยะทางรวมของวันจันทร์และวันพฤหัสบดี ระหว่างเส้นทางเดิมก่อนทำวิจัย วิธีระบบอาณานิคม (Ant colony system) และวิธีการรวม 3 ทฤษฎี ของการขนส่งสินค้านั้นจะเห็นได้ว่ามีระยะทางรวมของแต่ละเส้นทางที่สั้นลง โดยผู้วิจัยมีวิธีการคิดและประมวลผลออกเป็น 2 รูปแบบ คือ จัดเส้นทางเป็น 3 เส้นทาง และจัดเส้นทางเป็น 4 เส้นทาง เนื่องจากจำนวนของรถในการขนส่งทั้งหมด 2 คัน ทำการขนส่ง 2 วัน คือ วันจันทร์ ช่วงเช้าและช่วงบ่าย และวันพฤหัสบดี ช่วงเช้าและช่วงบ่าย 4 เส้นทาง ส่วนนำมาจัดรวมของเส้นทางที่ตำแหน่งใกล้เคียงกันสามารถนำสินค้าไปส่งได้โดยไม่เกินปริมาณบรรทุกเป็น 3 เส้นทาง ดังนี้



ภาพที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางรวม ของการขนส่งสินค้า

รูปแบบที่ 1 การจัดเส้นทางเป็น 4 เส้นทาง สามารถลดระยะทางรวมลงจากก่อนทำวิจัย 6.824 กิโลเมตร และสามารถลดระยะทางรวมลงจากวิธีระบบอาณานิคมมดเท่ากับ 5.804 กิโลเมตร

รูปแบบที่ 2 การจัดเส้นทางเป็น 3 เส้นทาง สามารถลดระยะทางรวมลงจากก่อนทำวิจัย 7.384 กิโลเมตร และสามารถลดระยะทางรวมลงจากวิธีระบบอาณานิคมมดเท่ากับ 6.364 กิโลเมตร

4.2 ผลการศึกษาการวิเคราะห์การแก้ปัญหาการจัดลำดับงาน

ในการจัดลำดับงานของร้านทำป้าย โดยการกระทำได้โดยการจัดงานใน 4 แบบ ดังต่อไปนี้ 1. First In First Out: FIFO (เข้าก่อนออกก่อน ดังแสดงในภาพที่ 6) 2. Shortage Processing Time: SPT (เวลาน้อยสุดทำก่อน) 3. Earliest Due Date: EDD (กำหนดส่งมอบเร็วสุดทำก่อน) และ 4. Longest Processing Time: LPT (เวลาทำงานมากที่สุดทำก่อน) โดยกระทำได้โดยการจัดงานใน 4 แบบ ดังต่อไปนี้

1. First In First Out: FIFO (เข้าก่อนออกก่อน) เป็นการจัดลำดับงานโดยให้ทำงานที่เข้ามา ก่อนเป็นอันดับแรกและทำการงานที่เข้ามาทีหลังเป็นอันดับถัดไป

2. Shortage Processing Time: SPT (เวลาน้อยสุดทำก่อน) เป็นการจัดลำดับความสำคัญ ของการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลาสั้นที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลามากเป็นลำดับถัดไป

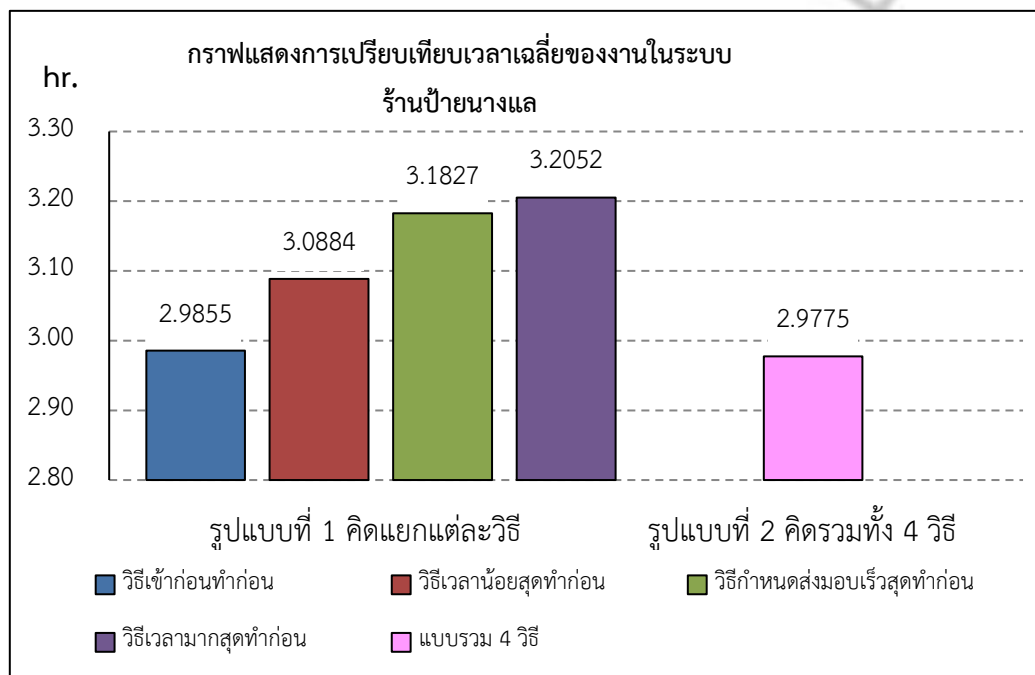
3. Earliest Due Date: EDD (กำหนดส่งมอบเร็วสุดทำก่อน) เป็นการจัดลำดับความสำคัญ ในการทำงานโดยให้ทำงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุดก่อนแล้วค่อยทำงานที่มีกำหนดส่งมอบช้ากว่า เป็นลำดับถัดไป

4. Longest Processing Time: LPT (เวลาทำงานมากที่สุดทำก่อน) เป็นการจัดลำดับความสำคัญ ในการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดเป็นอันดับแรกแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าเป็นอันดับ ถัดไป

ผลการศึกษพบว่าสามารถลดเวลาในการทำงานให้น้อยกว่าเดิมได้ ดังแสดงกราฟเปรียบเทียบในภาพที่ 7

	DAY1								DAY2								DAY3								DAY4								DAY5							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33							
PERSON	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2							
1				6.6				4.2	9.9		11.8	4.4	13.4		15.4		18		15.5		2.9		24.4		25.5		29.5		30.2											
2	1.9			4.6			1.7	7.6		12.7		13.9		15.9		17.9		19.5		20.5		21.5		23.1		24.9		26.9				22.6								
3	16								9.4		11.1		12.1		13.9		15.4		17.8		20.9		23.7		25.9		26.6		29.7											

ภาพที่ 6 แสดงการจัดสรรงานวิธีเข้าก่อนทำก่อน



ภาพที่ 7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยของงานในระบบของร้านทำป้าย

จากภาพที่ 7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยของงานในระบบ ร้านป๋ายนางแลนั้นจะเห็นว่าเวลาเฉลี่ยของงานในระบบรูปแบบที่ 2 คือการจัดสรรงานแบบรวมทั้ง 4 วิธี จะมีเวลาเฉลี่ยของงานในระบบที่น้อยกว่ารูปแบบที่ 1 คือ มีเวลาเฉลี่ยของงานในระบบน้อยกว่าวิธีเวลามากทำก่อนถึง 0.4469 ชั่วโมง มีเวลาเฉลี่ยของงานในระบบน้อยกว่าวิธีกำหนดส่งมอบเร็วสุดทำก่อนถึง 0.4244 ชั่วโมง มีเวลาเฉลี่ยของงานในระบบน้อยกว่าวิธีเวลาน้อยสุดทำก่อนถึง 0.3301 ชั่วโมง และมีเวลาเฉลี่ยของงานในระบบน้อยกว่าวิธีเข้าทำก่อนถึง 0.2272 ชั่วโมง

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัยการจัดเส้นทางการขนส่งนมโรงเรียน การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า และการแก้ปัญหาการจัดลำดับกระบวนการทำงานร้านทำป้าย โดยการประยุกต์วิธีการรวม 3 ทฤษฎีวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์จะสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมในสภาวะที่กำหนดเฉพาะของแต่ละวิธีเท่านั้น จากการวิเคราะห์จำนวนข้อมูลที่หลากหลายหรือมีจำนวนรูปแบบของปัญหาที่มากขึ้น จะทำให้การคำนวณมีความยุ่งยากซับซ้อน เมื่อนำหลักโดยการประยุกต์วิธีการรวม 3 ทฤษฎี มาทำการคำนวณหาคำตอบที่เหมาะสม เพื่อให้ง่ายต่อการแบ่งกลุ่มข้อมูล โดยจะไม่มีจำนวนข้อมูลซ้ำอีก ซึ่งผลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง หาวิธีการแก้ปัญหา สร้างตัวแบบปัญหา ในการแก้ปัญหาและทำการเขียนคำสั่งในโปรแกรมเพื่อทำการแบ่งกลุ่มข้อมูล ประมวลผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำการวิเคราะห์หาคำตอบที่มีความเหมาะสม จากการประมวลผลของโปรแกรม และคำนวณหาคำตอบเป็นดังนี้

5.1 การจัดเส้นทางของการขนส่งนมโรงเรียน

เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับระยะทางเดิมในการขนส่งนม ก่อนทำวิจัย และวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรง สรุปได้ดังนี้ การศึกษารูปแบบที่ 1 สามารถลดระยะทางลงจากก่อนทำวิจัย เท่ากับ 84.242 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.73 และสามารถลดระยะทางลงจากวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรงเท่ากับ 54.442 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.21 การศึกษารูปแบบที่ 2 สามารถลดระยะทางลงจากก่อนทำวิจัย เท่ากับ 162.486 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 20.70 และสามารถลดระยะทางลงจากวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรงเท่ากับ 132.686 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.57

5.2 การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า

เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับระยะทางเดิมก่อนการวิจัย และวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรง สรุปได้ดังนี้ รูปแบบที่ 1 การจัดเส้นทางเป็น 4 เส้นทาง สามารถลดระยะทางรวมลงจากก่อนทำวิจัย 6.824 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 23.56 และสามารถลดระยะทางรวมลงจากวิธีระบบอาณานิคมลด เท่ากับ 5.804 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 20.77 รูปแบบที่ 2 การจัดเส้นทางเป็น 3 เส้นทาง สามารถลดระยะทางรวมลงจากก่อนทำวิจัย 7.384 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 25.49 และสามารถลดระยะทางรวมลงจากวิธีระบบอาณานิคมลดเท่ากับ 6.364 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 22.77

5.3 การแก้ปัญหาการจัดลำดับงาน

ผลการประมวลผลหาคำตอบการจัดลำดับงานของกระบวนการ เมื่อนำเวลาที่ได้ของทั้งสองรูปแบบมาเปรียบเทียบกันแล้ว พบว่าเวลาเฉลี่ยของงานในระบบของการทำงานรูปแบบที่ 2 มีเวลาเฉลี่ยของงานในระบบที่น้อยกว่ารูปแบบที่ 1 คือ มีเวลาเฉลี่ยของงานในระบบน้อยกว่าวิธีเวลามากทำก่อนเท่ากับ 0.4469 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 7.10 มีเวลาเฉลี่ยของงานในระบบน้อยกว่าวิธีกำหนดส่งเร็วทำก่อนเท่ากับ 0.4244 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 6.45 มีเวลาเฉลี่ยของงานในระบบน้อยกว่าวิธีเวลาน้อยสุดทำก่อนเท่ากับ 0.3301 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 3.59 และมีเวลาเฉลี่ยของงานในระบบน้อยกว่าวิธีเข้าทำก่อนเท่ากับ 0.2272 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 0.27

โดยภาพรวมแล้วสามารถแก้ปัญหาการจัดเส้นทางที่ดีขึ้น สามารถลดระยะทางให้เหลือน้อยลง และมีการแก้ปัญหาการจัดลำดับงานที่ดีขึ้น โดยเป็นไปตามเงื่อนไขด้านระยะทางในการขนส่ง และเวลาในการทำงานดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้ผลที่ได้จึงเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้คือ พัฒนาแบบจำลองของปัญหาในทางโลจิสติกส์ และนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาการดำเนินการในทางโลจิสติกส์ได้อย่างเหมาะสม

6. เอกสารอ้างอิง

- Arunchote, C., Kritkharuehart, S., and Charoensuk, O. (2013). A Cluster Analysis of Professional Nurses based on Perception of Magnet Hospital Characteristics of Government Hospitals in Bangkok Metropolis, **Journal of The Royal Thai Army Nurses**, 14(3), 22-30. (in Thai)
- Jirasirilerd, K., Paitakaso R and, Mayacheaw, P. (2015). Solving an simple assembly line balancing problem by differential evolution : a case study of garment industry, **Journal of Princess Naradhiwas University** Vol 7 No.1 (Jan-April) 2015. pp. 153-164. (in Thai)
- Mayacheaw, P. (2014). Solving Location Problem, **Journal of Princess Naradhiwas University**, 6(1), 132-145. (in Thai)
- Phalakan, B. (2014). The Problem Prioritization Methods in the Community Processes: Lesson Learned from Theory to Practice of Nursing Students at Boromarajonani College of Nursing, Sanpasithiprasong, **Nursing Journal of the Ministry of Public Health**, 24(1), 1-11. (in thai)
- Paitakaso, R. (2014). **Differential Evolution Algorithm**, [online]. Retrieved 10, Feb, 2017, Web site::www.ubu.ac.th/~pitakaso/1302476/new_doc/ch01_s.pdf
- Paiboolworachat, J. and Kulvanich N. (2014). **Comparison of Clustering Algorithms for Mixtures of Gaussian Distribution**, [online]. Retrieved 28, January, 2017, from: <http://old.rmutto.ac.th/fileupload>. (in thai)
- Winyangkul, S. (2014). **Dynamic Programming**, lecturer note in optimization for Logistic Engineering, Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University. (in thai)