การวางแผนการกระจายพัสดุไปรษณีย์ในจังหวัดนนทบุรีด้วยวิธีการแบบกลุ่มอนุภาค
VEHICLE ROUTING OF PARCEL POST DISTRIBUTION IN NONTHABURI USING PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

นิลเนตร ดีสุ่น* *สุภาภรณ์ สุวรรณรังษี*

Nilnate Deesoon*, *Supaporn Suwannarongsri*

ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Department of Materials Handling and Logistics Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

**Corresponding author, e-mail: insenalfairy@hotmail.com*

Received: *24 February 2020;* ***Revised:*** *9 December 2020;* ***Accepted:*** *31 March 2021*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์วิธีการแบบกลุ่มอนุภาคร่วมกับขั้นตอนปรับปรุงประสิทธิภาพคำตอบซึ่งประกอบด้วยวิธีการสลับตำแหน่งและวิธีการสลับคู่ตำแหน่งในการวางแผนการจัดเส้นทางการกระจายพัสดุของบริษัทไปรษณีย์ไทยของจังหวัดนนทบุรี โดยในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับอัลกอริทึมที่นำเสนอประกอบด้วย แฟกเตอร์เร่งความเร็วสำหรับตำแหน่งที่ดีที่สุดท้องถิ่นเท่ากับ 2, แฟกเตอร์เร่งความเร็วสำหรับตำแหน่งที่ดีที่สุดสากลเท่ากับ 4 และน้ำหนักอินเนอร์เทียเท่ากับ 0.9 จากผลการวิจัยพบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอสามารถคำนวณเส้นทางที่สั้นที่สุดได้เท่ากับ 76.1 กิโลเมตร ใช้เวลาในการประมวล 2.20 วินาที นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ยังได้ทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอกับรูปแบบปัญหามาตรฐานจำนวน 10 ปัญหา ซึ่งเป็นปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย และได้เปรียบเทียบค่าคำตอบประกอบด้วย ปัญหาของงานวิจัย , รูปแบบปัญหา Ulysses16 และ ulysses22 กับวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด ผลการทดลองพบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอสามารถค้นหาคำตอบได้ทุกรูปแบบปัญหามาตรฐาน โดยรูปแบบปัญหา eil51 เป็นรูปแบบปัญหาที่ให้คำตอบที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดซึ่งเท่ากับ 2.34 เปอร์เซ็นต์ และอัลกอริทึมที่นำเสนอสามารถค้นหาคำตอบได้ดีกว่าวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

คำสำคัญ: วิธีการแบบกลุ่มอนุภาค ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย รูปแบบปัญหามาตรฐาน การกระจายพัสดุ ไปรษณีย์ไทย

Abstract

The research applied the Particle Swarm Optimization along with Local Search including Swap and 2-opt to plan the route arrangement of parcel post distribution of Thailand Post in Nonthaburi. The research tested appropriate parameters for the proposed algorithm including acceleration factor for local

best position equal to 2, acceleration factors for global best position equal to 4 and inertia weight equal to 0.9. The results showed that the proposed algorithm could calculate shortest route is equal to 76.1 kilometers using 2.20 seconds. In addition, the research also tested the performance of algorithm which was proposed with 10 benchmark problems which was travelling salesman problem and compared the solutions including the research problem, ulysses16 and ulysses22 with the Nearest Neighbor Algorithm. It appeared that the algorithm which was proposed could search solutions all benchmark problems. The eil51 problem had the highest error deviation equal to 2.34 percent and could search all solutions better than Nearest Neighbor Algorithm

Keywords: Particle Swarm Optimization, Traveling Salesman Problem, Benchmark Problem, Parcel Post Distribution, Thailand Post

บทนำ

การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือ ที่เรารู้จักกันดีในชื่อของ E-Commerce (Electronic Commerce) เป็นธุรกิจที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่งอีคอมเมิร์ซนั้น คือการทำธุรกิจโดยการซื้อขายสินค้าหรือโฆษณาผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ และที่มีการใช้งานมากที่สุดคือระบบอินเตอร์เน็ต จากการเก็บสถิติเพื่อเปรียบเทียบจำนวนผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ต ของสำนักงานพัฒนาธุรกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (สพธอ.) พบว่าในช่วง 10 ปีที่ผ่านมานั้น จำนวนผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตจาก 9.3 ล้านคน ในปี 2551 เพิ่มขึ้นเป็น 45 ล้านคน ในปัจจุบัน ด้วยเพราะการพัฒนาไปตามยุคสมัยนั้นทำให้เครื่องมือสื่อสารมีราคาถูกลง ทำให้ผู้คนสามารถเข้าถึงการใช้งานอินเตอร์เน็ตได้ง่ายมากขึ้น[1] ซึ่งในปัจจุบันนั้นปฏิเสธไม่ได้เลยว่าโลกออนไลน์มีผลต่อการใช้ชีวิตของผู้คนเป็นอย่างมาก ธุรกิจต่าง ๆ ก็ต้องปรับตัวให้เข้ากับพฤติกรรมของผู้บริโภค จึงมีร้านค้าที่เข้าสู่โลกอีคอมเมิร์ซกันมากขึ้น จึงส่งผลให้ตลาดอีคอมเมิร์ซนั้นมีการเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วจากการเก็บข้อมูลทางสถิติของ Statista นั้นได้ระบุว่าจำนวนเงินหมุนเวียนในตลาดอีคอมเมิร์ซทั่วโลกที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี และคาดการณ์ว่าในปี 2564 นั้นจำนวนเงินหมุนเวียนในตลาดอีคอมเมิร์ซทั่วโลกจะสูงถึง 4.9 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ [2] ทั้งนี้ไม่ได้มีเพียงแค่ตลาดอีคอมเมิร์ซทั่วโลกเท่านั้นที่เติบโตขึ้น แต่ยังส่งผลถึงตลาดอีคอมเมิร์ซในประเทศไทยด้วยเช่นกัน ซึ่งจากปี 2561 ที่ผ่านมานั้นมูลค่าตลาดอีคอมเมิร์ซในไทยสูงถึง 3,058,987.04 ล้านบาท และมีแนวโน้มจะเติบโตสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละปี ตามรายงานของสำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์หรือ ETDA[3] จากปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ทำให้เกิดเป็นโอกาสทางธุรกิจของผู้ประกอบการธุรกิจการขนส่ง ไม่ว่าจะเป็น การปรับปรุงระบบการให้บริการ การวางระบบการจัดส่งสินค้า หรือการจัดเส้นทางของการขนส่งสินค้า

โดยหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการและสามารถสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้บริการได้นั้น คือการจัดเส้นทางการขนส่งให้บรรลุซึ่งระยะทางที่สั้นที่สุด นอกจากนี้การจัดเส้นทางการขนส่งให้มีระยะทางที่สั้นที่สุด ยังสามารถลดต้นทุนในด้านการขนส่งและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับผู้ประกอบการขนส่งอื่นได้อีกด้วย จากปัจจัยดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการขนส่ง จึงได้ทำการศึกษาการขนส่งของบริษัทไปรษณีย์ไทยในจังหวัดนนทบุรีและวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่ง โดยการนำเอาวิธีการแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization) มาประยุกต์ใช้ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกวิธีการดังกล่าวอันเนื่องมาจากจุดเด่นของวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคนั้นจะมีการค้นหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากมีการปรับปรุงคำตอบหรือที่เรียกว่าการปรับปรุงตำแหน่ง จากการคำนึงถึงค่าคำตอบที่ดีที่สุดของอนุภาคแต่ละตัว (Local Best Fitness) และค่าคำตอบที่ดีที่สุดของทุกอนุภาค (Global Best Fitness) ซึ่งส่งผลให้การค้นหาคำตอบลู่เข้าคำตอบ

ได้รวดเร็วมากขึ้น โดยในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการแบบกลุ่มอนุภาคในการจัดเส้นทางการขนส่งของไปรษณีย์ไทยให้มีระยะทางที่เหมาะสมที่สุด พร้อมทั้งวัดประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมที่นำเสนอกับชุดปัญหามาตรฐานและเปรียบเทียบค่าคำตอบกับวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

ซึ่งวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคนั้นเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายในการแก้ไขปัญหาการเดินทางของพนักงานเช่นในงานวิจัยของ อธิวัฒน์ บุญมี, วรญา เนื่องมัจฉา และ อัมภิกา บุญมี[4] ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการวางแผนการขนส่งน้ำแข็งเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยการประยุกต์ใช้วิธีการแบบกลุ่มอนุภาค ซึ่งผลการทดสอบพบว่าวิธีการแบบกลุ่มอนุภาค มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้ดีทั้งในปัญหาขนาดเล็กและปัญหาขนาดใหญ่ เมื่อเทียบกับการวางแผนการขนส่งตามสภาพการณ์ปัญหาปัจจุบันและการวางแผนการขนส่งตามวิธีจีเนติกอัลกอริทึม Xuesong et al.[5] ได้ศึกษาข้อเสียของจีเนติกอัลกอริทึมที่เกิดการติดโลคอลออพติมัม จึงได้นำวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคที่มีความเร็ว ในการลู่เข้าสูงมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย จากผลการทดสอบพบว่าวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคนั้น มีความแม่นยำและความเร็วในการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการจีเนติก ในการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย X.H. Shi et al.[6] ได้นำเสนอวิธีการแบบกลุ่มอนุภาค สำหรับแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย โดยการนำเทคนิคกลยุทธ์การค้นหาที่ไม่แน่นอน และเทคนิคการกำจัดครอสโอเวอร์ มาประยุกต์ใช้เพื่อเร่งความเร็วในการลู่เข้า โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการที่นำเสนอสารมารถให้คำตอบที่ดีและสามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ Thirachit Saenphon[7] ได้นำเสนอวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคแบบใหม่เพื่อแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem) โดยวิธีการที่นำเสนอนั้นเรียกว่าวิธีการ FOGS-PSO ซึ่งเป็นการนำข้อดีของวิธีการ Fast Opposite Gradient Search และวิธีการแบบกลุ่มอนุภาค มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างคำตอบเริ่มต้นที่เหมาะสม โดยหลังจากทำการเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคแบบดั้งเดิม พบว่าวิธีการที่นำเสนอนั้นให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคแบบดั้งเดิม ทั้งนี้ในการนำวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคมาประยุกต์ใช้นั้นยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลายดังเช่นงานวิจัยของ ประสิทธิ์ สุขเสริม และเดชา พวงดาวเรือง[8] ได้นำเสนอการระบุเอกลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ด้วยวิธีการแบบกลุ่มอนุภาค พบว่าวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคนั้น สามารถอธิบายพฤติกรรมทางพลวัตของ ระบบได้อย่างถูกต้องกว่าวิธีการจีเนติกและวิธีการค้นหาแบบตาบู และใช้เวลาเฉลี่ยในการประมวลผลน้อยที่สุด ชาญวิทย์ บุญช่วย, เมธี ฉายอรุณ และสมพล บุญญสุวรรณโณ[9] ได้นำเสนอการพัฒนาหน่วยปัญญาเชิงคำนวณสำหรับการจัดตารางการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างเหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการแบบกลุ่มอนุภาค ผลการทดลองพบว่า วิธีการแบบกลุ่มอนุภาคสามารถกำหนดตารางการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ได้อย่างประหยัดต้นทุนกว่าวิธีการอื่น ๆ กายรัฐ เจริญราษฎ์[10] ได้ประยุกต์วิธีการแบบกลุ่มอนุภาค ในการจัดการจราจรข้อมูลในเครือข่ายโอเอสพีเอฟ (Open Shortest Path First) พบว่าวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคให้เครือข่ายที่มีประสิทธิภาพเชิงสมรรถนะและมีประสิทธิภาพเชิงเวลาที่ดี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการแบบกลุ่มอนุภาคในการจัดเส้นทางการขนส่งของไปรษณีย์ไทยในจังหวัดนนทบุรีให้มีระยะทางที่เหมาะสมที่สุด

2. เพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมที่นำเสนอโดยการทดสอบกับชุดปัญหามาตรฐานที่เกี่ยวกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย

3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมที่นำเสนอกับวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

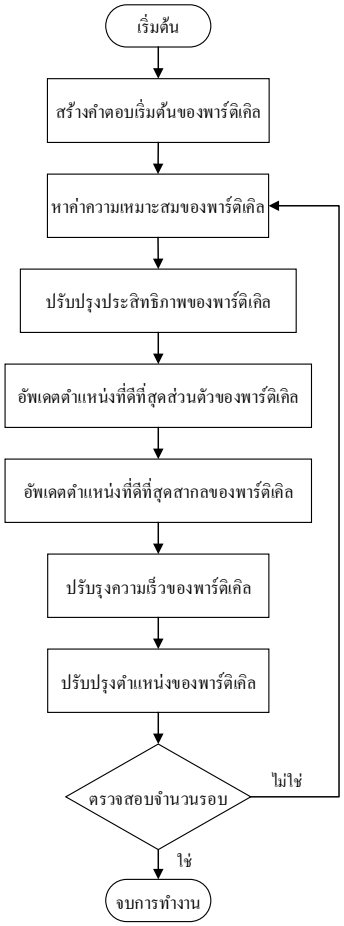
ในขั้นตอนนี้ทางผู้วิจัยจะแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 5 ส่วน คือ 1) การเก็บรวบรวมข้อมูล 2) การทดสอบค่าพารามิเตอร์ 3) การประยุกต์ใช้วิธีการแบบกลุ่มอนุภาคกับปัญหาของกรณีศึกษา 4) การทดสอบกับรูปแบบปัญหามาตรฐาน 5) การเปรียบเทียบกับวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของกรณีศึกษา โดยทำการรวบรวมสถานที่ทำการรับ-จ่ายพัสดุ ภายในจังหวัดนนทบุรีที่กำกับดูแลโดยภาครัฐเท่านั้น ซึ่งจากการสืบค้นข้อมูลของเว็บไซต์บริษัทไปรษณีย์ไทยพบว่าสถานที่ทำการรับ-จ่ายพัสดุที่กำกับดูแลโดยภาครัฐนั้นมีทั้งหมด 14 แห่ง โดยเมื่อวิเคราะห์ใน Google Map จะได้พิกัดตำแหน่งแสดงดังตารางที่ 1 จากนั้นจึงนำพิกัดตำแหน่งที่ได้มาวิเคราะห์หาระยะทางของแต่ละสถานที่เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับวิธีการแบบกลุ่มอนุภาค โดยในส่วนของขั้นตอนการทำงานของวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคจะแสดงดังภาพที่ 1 ทั้งนี้ในส่วนของสภาพการณ์ปัญหาในงานวิจัยนี้จะไม่คำนึงถึงสภาพการจราจรในแต่ละเส้นทางของการขนส่ง

ตารางที่ 1 แสดงพิกัดของแต่ละสถานที่ทำการรับ-จ่ายพัสดุ

ลำดับ	สถานที่	ละติจูด	ลองจิจูด
1	บริษัทไปรษณีย์ไทย จำกัด	13.8825905	100.5707774
2	ไปรษณีย์ไทยสาขานนทบุรี	13.8679038	100.5192295
3	ไปรษณีย์ไทยสาขาตลาดขวัญ	13.8439559	100.5076968
4	ไปรษณีย์ไทยสาขาสวนใหญ่	13.8406704	100.4919486
5	ไปรษณีย์ไทยสาขากระทรวงสาธารณะสุข	13.848038	100.527967
6	ไปรษณีย์ไทยสาขากระทรวงพาณิชย์	13.884568	100.4864455
7	ไปรษณีย์ไทยสาขาดิโอเอซิส	13.8858799	100.522851
8	ไปรษณีย์ไทยสาขาบางบัวทอง	13.9113482	100.4245335
9	ไปรษณีย์ไทยสาขาปากเกร็ด	13.9151177	100.4971009
10	ไปรษณีย์ไทยสาขาห้าแยกปากเกร็ด	13.9060301	100.5040136
11	ไปรษณีย์ไทยสาขาบางกรวย	13.8101453	100.4782641
12	ไปรษณีย์ไทยสาขาบางใหญ่	13.850672	100.428028
13	ไปรษณีย์ไทยสาขาบางใหญ่ซิตี้	13.8795707	100.4053772
14	ไปรษณีย์ไทยสาขาไทรน้อย	13.9783936	100.3153935
15	ไปรษณีย์ไทยสาขางามวงศ์วาน	13.8565128	100.5411202

ทั้งนี้การกระจายพัสดุของบริษัทไปรษณีย์ไทยนั้นจะเริ่มต้นที่สำนักงานใหญ่ จากนั้นจึงทำการกระจายพัสดุไปยังสถานที่ทำการรับ-จ่ายพัสดุภายในจังหวัดนนทบุรีทั้ง 14 แห่ง แล้วจึงวนกลับมาที่สำนักงานใหญ่อีกครั้ง ซึ่งลักษณะของการกระจายพัสดุดังกล่าวจะมีรูปแบบเดียวกันกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) หรือที่เรียกว่าปัญหา TSP ที่เป็นการเดินทางจากเมืองใด ๆ เมืองหนึ่ง ในจำนวน N เมืองไปยังเมืองต่าง ๆ โดยเส้นทางจะต้องผ่านทุกเมือง และกลับมาสิ้นสุดที่เมืองเริ่มต้น[11]



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของวิธีการแบบกลุ่มอนุภาค

จากภาพที่ 1 นั้นสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : สร้างคำตอบเริ่มต้นของพาร์ติเคิลด้วยวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor) โดยจะพิจารณาทุกกรณีของวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 : หาค่าความเหมาะสมของพาร์ติเคิล จะเป็นการหาระยะทางรวมของแต่ละอนุภาค

ขั้นตอนที่ 3 : ปรับปรุงประสิทธิภาพคำตอบของพาร์ติเคิล ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่ง (Swap Operator) และเทคนิคการสลับ 2 ตำแหน่ง (2-opt)

ขั้นตอนที่ 4 : อัพเดตตำแหน่งที่ดีที่สุดส่วนตัวของพาร์ติเคิล ทำการจดจำค่าที่ดีที่สุดในปัจจุบันของ พาร์ติเคิลแต่ละตัว

ขั้นตอนที่ 5 : อัพเดตตำแหน่งที่ดีที่สุดสากลของพาร์ติเคิล ทำการจดจำตำแหน่งที่ดีที่สุดในปัจจุบันของ พาร์ติเคิลทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 6 : ปรับปรุงค่าความเร็วของพาร์ติเคิล ดังสมการที่ (1)

$$V_{i(t+1)} = w_{(t)}V_{i(t)} + c_p r_p\left[P_{ibest} - X_{i(t)}\right] + c_g r_g\left[G_{best} - X_{i(t)}\right] \qquad (1)$$

โดยที่ $V_{i(t+1)}$ คือ ความเร็วหลังปรับปรุงของตัวที่ i

$w_{(t)}$ คือ น้ำหนักในแต่ละรอบ

$V_{i(t)}$ คือ ความเร็วในรอบปัจจุบันของตัวที่ i
c_p คือ แฟกเตอร์ควบคุมขนาดของเวกเตอร์ความเร็วที่ชี้ไปตำแหน่งที่ดีที่สุดส่วนตัว
c_g คือ แฟกเตอร์ควบคุมขนาดของเวกเตอร์ความเร็วที่ชี้ไปตำแหน่งที่ดีที่สากล
r_p , r_g คือ ค่าตัวเลขสุ่มที่มีค่าในช่วง [0,1]
$X_{i(t)}$ คือ ตำแหน่งรอบปัจจุบันของตัวที่ i
P_{ibest} คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดส่วนตัวของตัวที่ i
G_{best} คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดสากล

ขั้นตอนที่ 7: ปรับปรุงตำแหน่งของแต่ละพาร์ติเคิล ดังสมการที่ (2)

$$X_{ik}(t+1) = X_{ik}(t) + V_{ik}(t) \quad (2)$$

โดยที่ $X_{i(t+1)}$ คือ ตำแหน่งหลังการปรับปรุงของตัวที่ i
$X_{i(t)}$ คือ ตำแหน่งในรอบปัจจุบันของตัวที่ i
$V_{i(t+1)}$ คือ ความเร็วหลังปรับปรุงของตัวที่ i

ขั้นตอนที่ 8 : ตรวจสอบจำนวนรอบ ทำการตรวจสอบจำนวนรอบที่การวนซ้ำ และเมื่อทำการวนซ้ำจนครบจำนวนรอบที่กำหนด จะเป็นอันเสร็จสิ้นการทำงาน

2. การทดสอบค่าพารามิเตอร์ : ในขั้นตอนนี้ทางผู้วิจัยทดสอบได้ประยุตก์ใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) โดยผู้วิจัยได้นำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k มาใช้ในการทดสอบ ซึ่งจะเป็นการออกแบบการทดลองที่มีปัจจัย k ปัจจัย แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ คือ ระดับสูงและระดับต่ำ [12] โดยการทดสอบจะทำการทดสอบจำนวน 2 ครั้ง ซึ่งการทดสอบครั้งแรกนั้น เพื่อเป็นการหาค่าที่เหมาะสมเบื้องต้น และทดสอบซ้ำอีกครั้งเพื่อความแม่นยำในการทดสอบ โดยมีระดับพารามิเตอร์ที่ใช้ทดสอบแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งระดับพารามิเตอร์ที่แสดงดังตารางที่ 2 นี้ ได้ทบทวนวรรณกรรมมาจากหนังสือปัญญาประดิษฐ์ : ปัญญาเชิงกลุ่ม ในหัวของวิธีการแบบกลุ่มอนุภาค[13] ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบปัญหามาตรฐาน ulysses16 ซึ่งเป็นปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ที่มีขนาดปัญหา 16 จุด มีค่าที่ดีที่สุดเท่ากับ 6,859 กิโลเมตร ในการทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เนื่องจากชุดปัญหา Ulysses 16 ขนาดของปัญหาที่ใกล้เคียงกับปัญหาของกรณีศึกษา

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับ

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ความสำคัญของพารามิเตอร์	ช่วงการใช้งาน
น้ำหนักอินเนอร์เทีย	W	เป็นค่าน้ำหนักของความเร็วในแต่ละรอบการทำงาน	ช่วง 0 ถึง 1
แฟกเตอร์เร่งความเร็วส่วนตัว	Cp	ควบคุมอนุภาคไปตำแหน่งที่ดีของแต่ละอนุภาค	จำนวนเต็ม 2 ถึง 4
แฟกเอตร์เร่งความเร็วสากล	Cg	ควบคุมอนุภาคไปตำแหน่งที่ดีของทุกอนุภาค	จำนวนเต็ม 2 ถึง 4

3. การประยุกต์ใช้วิธีการแบบกลุ่มอนุภาคกับปัญหากรณีศึกษา : หลังจากที่ได้ทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแล้วนั้น จะนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมดังกล่าวมาใช้ในการประยุกต์วิธีการแบบกลุ่มอนุภาคกับปัญหาของกรณีศึกษา โดยจะเริ่มทำการทดสอบที่จำนวนรอบการวนซ้ำ 20 รอบ จากนั้นจะเพิ่มจำนวนรอบการวนซ้ำครั้งละ 20 รอบ จนเกิดการลู่เข้าของคำตอบ เพื่อหาระยะทางที่ดีที่สุดภายใต้จำนวนรอบการทำงานที่เหมาะสม

4. การทดสอบกับรูปแบบปัญหามาตรฐาน : ในการทดสอบอัลกอริทึมที่นำเสนอกับรูปแบบปัญหามาตรฐานนั้น จะเป็นการทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอ โดยผู้วิจัยได้ทดสอบกับรูปแบบปัญหามาตรฐานจำนวน 10 ปัญหา ที่เป็นปัญหาการเดินทางของพนักงานขายแบบสมมาตรจาก TSPLIB[14] แสดงดังตารางที่ 3 โดยในการทดสอบอัลกอริทึมที่นำเสนอกับรูปแบบปัญหามาตรฐาน ผู้วิจัยได้นำวิธีการแมร์แซนทวิสเตอร์ (Mersenne Twister) ซึ่งเป็นวิธีการสร้างเลขสุ่มเทียม มาใช้ในการทดสอบเพื่อใช้ในการกำจัดปัจจัยการสุ่มซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ในการทดสอบ

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดรูปแบบปัญหามาตรฐานทั้ง 10 ปัญหา

ลำดับ	ชื่อปัญหา	จำนวนเมือง	คำตอบที่ดีที่สุด(กิโลเมตร)
1	ulysses16	16	6,859
2	ulysses22	22	7,013
3	eli51	51	426
4	berlin52	52	7,542
5	eli76	76	538
6	pr76	76	108,159
7	pr107	107	44,303
8	pr124	124	59,030
9	pr144	144	58,814
10	pr152	152	73,682

5. การเปรียบเทียบกับวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด : จะทำการเปรียบเทียบกับปัญหากรณีศึกษา และรูปแบบปัญหามาตรฐาน ulysses16 และ ulysses22 ซึ่งวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดนั้นสามารถเริ่มต้นเดินทางจากเมืองใดเมืองหนึ่งจากจำนวน N เมือง และพิจารณาเมืองที่มีระยะทางที่สั้นที่สุดจากเมืองปัจจุบัน จนสามารถเดินทางครบทุกเมือง ซึ่งในส่วนของปัญหากรณีศึกษานั้นจะกำหนดจุดเริ่มต้นจากสำนักงานใหญ่ตามสภาพการณ์จริง แต่ในส่วนของรูปแบบปัญหามาตรฐาน ulysses นั้น ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของจุดเริ่มต้นดังนั้น จึงสามารถให้คำตอบได้ทุกจุดเริ่มต้น

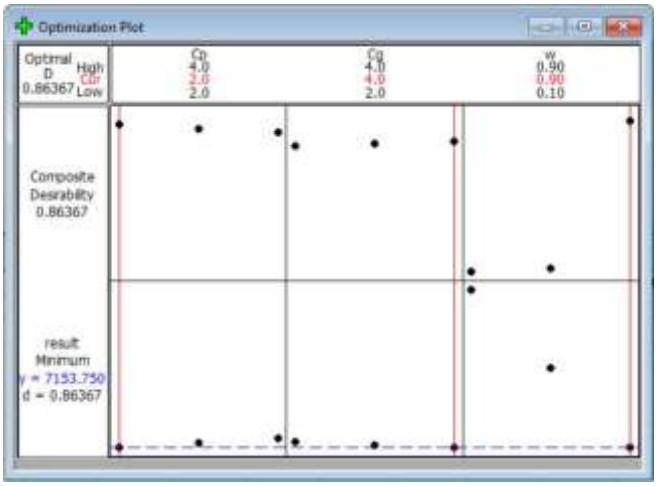
ผลการวิจัย

ในส่วนของผลการทดสอบค่าพารามิเตอร์นั้น ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 2^k ซึ่งพารามิเตอร์แต่ละตัวจะมีระดับปัจจัย 2 ระดับ โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการทดลองไว้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์	
	ระดับต่ำ	ระดับสูง
Cp	2	4
Cg	2	4
W	0.1	0.9

จากตารางที่ 4 จะมีพารามิเตอร์ที่ต้องการทดสอบจำนวน 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ C_p, C_g และ W ทั้งนี้ได้มีการเพิ่มจุดกึ่งกลาง 3 จุด และมีการทำซ้ำ 2 ซ้ำ โดยวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อทำการคัดกรองปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติออก ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์ผ่านฟังก์ชัน Optimal Plot จะพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองประกอบด้วย C_p = 2, C_g = 4 และ W = 0.9 แสดงดังภาพที่ 2

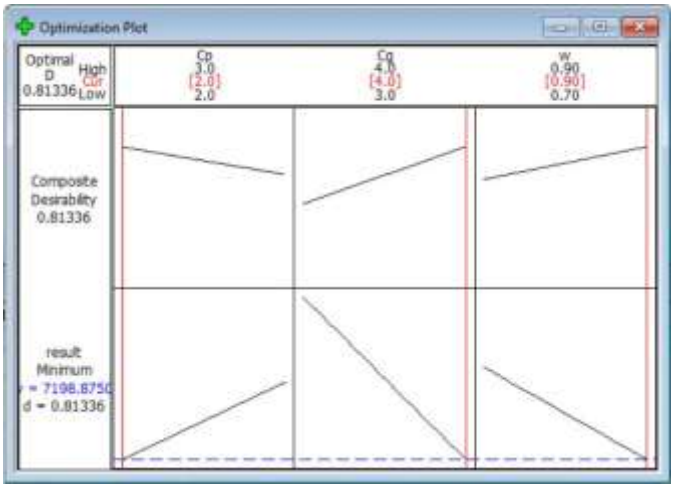


ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์ด้วย Optimal plot ครั้งที่ 1

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์เพิ่มเติมอีกครั้ง เพื่อความแม่นยำในการทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยการทดลองในครั้งนี้จะใช้การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 2^k และทำการกำหนดระดับปัจจัยใหม่ โดยได้นำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดสอบครั้งที่ 1 มาเป็นตัวตั้งในการทดสอบครั้งนี้ ซึ่งมีรายละเอียดของระดับปัจจัยแสดงดังตารางที่ 5 โดยผลการทดลองจะถูกนำมาวิเคราะห์และคัดกรองปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผ่าน Optimal Plot ซึ่งพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะให้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 3

ตารางที่ 5 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์	
	ระดับต่ำ	ระดับสูง
Cp	2	3
Cg	3	4
W	0.7	0.9



ภาพที่ 3 ผลลัพธ์ที่ได้จาก Optimal plot ครั้งที่ 2

จากภาพที่ 3 จะพบว่าเมื่อทำการทดสอบพารามิเตอร์ครั้งที่ 2 จะสามารถสรุปได้ว่าระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อการทำงานของอัลกอริทึมที่นำเสนอ จะแสดงดังตารางที่ 6 ซึ่งทางผู้วิจัยจะนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมนี้ไปประยุกต์ใช้กับปัญหากรณีศึกษาและการทดสอบกับรูปแบบปัญหามาตรฐานต่อไป

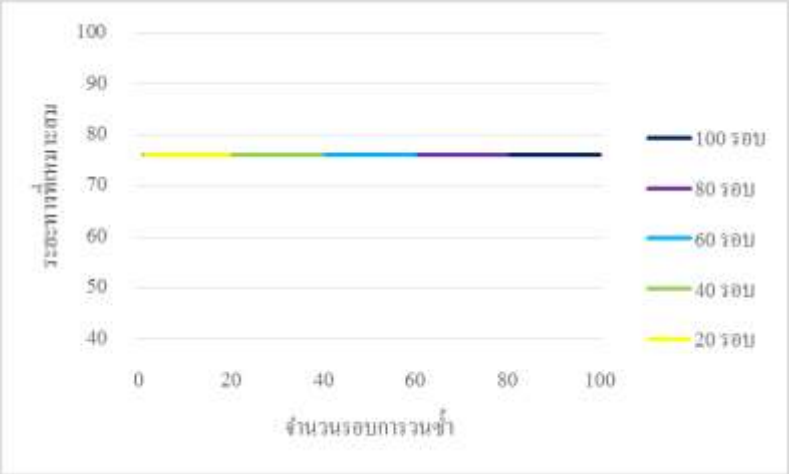
ตารางที่ 6 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม
Cp	2
Cg	4
W	0.9

ในขั้นตอนการประยุกต์ใช้วิธีการแบบกลุ่มอนุภาคกับการวางแผนการกระจายพัสดุไปรษณีย์ ภายในจังหวัดนนทบุรีจำนวน 14 แห่ง ผู้วิจัยได้ทำการประมวลผลเพื่อหาคำตอบด้วยคอมพิวเตอร์รุ่น Intel(R) Core(TM) i7-6700HQ CPU @2.60GHz 2.60GHz Ram 8.00 GB โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 6 และกำหนดให้มีจำนวนพาร์ติเคิลเท่ากับ 200 ตัว ซึ่งให้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 7 และสามรถสร้างกราฟลู่เข้าได้ดังภาพที่ 4

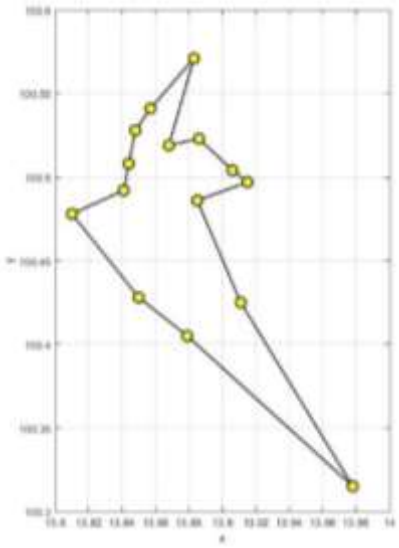
ตารางที่ 7 แสดงผลการประยุกต์ใช้วิธีการแบบกลุ่มอนุภาค

ครั้งที่	จำนวนรอบการวนซ้ำ (รอบ)				
	20	40	60	80	100
1	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1
2	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1
3	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1
4	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1
5	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1
Average Processing Time (s)	2.20	2.69	3.32	4.23	5.23



ภาพที่ 4 กราฟแสดงอัตราการลู่เข้า

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 7 และภาพที่ 4 จะพบว่าการลู่เข้าของคำตอบนั้นจะลู่เข้าตั้งแต่จำนวนรอบการทำงาน 20 รอบ แล้ว เนื่องจากให้ค่าคำตอบเป็นค่าเดียวกันทั้งสิ้น โดยจะได้ระยะทางที่ดีที่สุดเท่ากับ 76.1 กิโลเมตร ใช้ระยะเวลาประมวลผลเฉลี่ย 2.20 วินาที ซึ่งการเดินทางนั้นจะเริ่มต้นจากสำนักงานใหญ่ไปยัง สาขางามวงศ์วาน สาขากระทรวงสาธารณสุข สาขาตลาดขวัญ สาขาสวนใหญ่ สาขาบางกรวย สาขาบางใหญ่ สาขาบางใหญ่ซิตี้ สาขาไทรน้อย สาขาบางบัวทอง สาขากระทรวงพาณิชย์ สาขาห้าแยกปากเกร็ด สาขาปากเกร็ด สาขาดิ โอเอซิส และสาขานนทบุรี เป็นสถานีสุดท้ายก่อนจะวนกลับมาที่สำนักงานใหญ่ แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 เส้นทางการกระจายพัสดุจากสถานีต้นทางไปยังสถานีปลายทาง

หลักจากทดสอบอัลกอริทึมที่นำเสนอกับปัญหากรณีศึกษาแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบอัลกอริทึมที่นำเสนอกับรูปแบบปัญหามาตรฐานจำนวน 10 ปัญหา ที่เป็นปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ตามตารางที่ 6 และกำหนดจำนวนพาร์ติเคิล 200 ตัว โดยมีจำนวนการวนซ้ำ 500 รอบ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงผลการทดสอบอัลกอริทึมที่นำเสนอกับรูปแบบปัญหามาตรฐาน

ลำดับ	ชื่อปัญหา	จำนวนเมือง	คำตอบที่ดีที่สุด (กิโลเมตร)	วิธีPSO (กิโลเมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
1	ulysses16	16	6,859	6,859	0
2	ulysses22	22	7,013	7,013	0
3	eli51	51	426	436	2.34
4	berlin52	52	7,542	7542	0
5	eli76	76	538	543	0.92
6	pr76	76	108,159	110,584	2.24
7	pr107	107	44,303	44,303	0
8	pr124	124	59,030	59,764	1.24
9	pr144	144	58,814	58,537	0.47
10	pr152	152	73,682	74,452	1.04

จากตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากอัลกอริทึมที่นำเสนอนั้น สามารถหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดของชุดรูปแบบปัญหามาตรฐาน ulysses16, ulysses22, berlin52 และ pr107 และสามารถหาค่าคำตอบที่ใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุดของชุดรูปแบบปัญหามาตรฐาน eil51 ที่ค่าความคลาดเคลื่อน 2.34 เปอร์เซ็นต์, eli76 ที่ค่าความ

คลาดเคลื่อน 0.92 เปอร์เซ็นต์, pr76 ที่ค่าความคลาดเคลื่อน 2.24 เปอร์เซ็นต์, pr124 ที่ค่าความคลาดเคลื่อน 1.24 เปอร์เซ็นต์, pr144 ที่ค่าความคลาดเคลื่อน 0.47 เปอร์เซ็นต์ และ pr152 ที่ค่าความคลาดเคลื่อน 1.04 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ทางผู้วิจัยยังได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคกับวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดใน ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคที่นำเสนอกับวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด

รูปแบบปัญหามาตรฐาน	วิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (กิโลเมตร)	วิธีการแบบกลุ่มอนุภาค (กิโลเมตร)	ผลต่างของวิธีการ (%)
ulysses16	7,767	6,859	11.69
ulysses22	7,834	7,013	10.47
กรณีศึกษา	100.1	76.1	23.97

จากตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอนั้นสามารถค้นหาคำตอบที่ดีกว่าวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด โดยพบว่ามีวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด ให้คำตอบปัญหามาตรฐาน ulysses16 เท่ากับ 7,767 กิโลเมตร และ ulysses22 เท่ากับ 7,834 กิโลเมตร โดยมีผลต่างของระยะทางคิดเป็นร้อยละ 11.69 และ 10.47 ตามลำดับ และปัญหากรณีศึกษาบริษัทไปรษณีย์ไทย พบว่าวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดนั้นให้ค่าเท่ากับ 100.1 กิโลเมตร โดยมีผลต่างคิดเป็นร้อยละ 23.97 ของระยะทางที่ได้จากวิธีการแบบอนุภาค

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์วิธีการแบบกลุ่มอนุภาค ในการวางแผนการกระจายพัสดุไปรษณีย์ ภายในจังหวัดนนทบุรี จากสำนักงานใหญ่ไปยังสถานีรับ-จ่ายปลายทางที่ภาครัฐกำกับดูแลเท่านั้น โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ จากการทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัย พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้แก่ C_p= 2, C_g= 4 และ W = 0.9

สำหรับการวางแผนการกระจายพัสดุไปรษณีย์ พบว่าสามารถค้นหาระยะทางที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 76.1 กิโลเมตร โดยจะเริ่มจากสำนักงานใหญ่ไปยัง สาขางามวงศ์วาน สาขากระทรวงสาธารณสุข สาขาตลาดขวัญ สาขาบางบัวทอง สาขากระทรวงพาณิชย์ สาขาห้าแยกปากเกร็ด สาขาปากเกร็ด สาขาดิ โอเอซิส และสาขานนทบุรี โดยใช้เวลาประมวลผล 2.20 วินาที ที่จำนวนการวนซ้ำ 20 รอบ

ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมกับรูปแบบปัญหามาตรฐาน และทำการเปรียบเทียบวิธีการแบบกลุ่มอนุภาคกับวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด พบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอ สามารถค้นหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดของรูปแบบปัญหามาตรฐาน ulysses16, ulysses22, berlin52 และ pr107 โดยชุดปัญหา eil51 เป็นชุดปัญหาที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดซึ่งเท่ากับ 2.34

และจากการเปรียบเทียบวิธีการแบบกลุ่มอนุภาค กับวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด พบว่าสำหรับรูปแบบปัญหามาตรฐาน ulysses16, ulysses22 และปัญหากรณีศึกษาของงานวิจัยนั้น วิธีการแบบกลุ่มอนุภาคสามารถค้นหาคำตอบได้ดีกว่าวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดทุกกรณี โดยมีผลต่างเท่ากับ 11.69, 10.47 และ 23.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากงานวิจัยดังกล่าวสามารถให้ประโยชน์ในการจัดเส้นทางให้มีระยะทางที่สั้นที่สุด และสามารถลดต้นทุนในด้านการขนส่งให้มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์การจัดเส้นทางการ

ขนส่งในรูปแบบที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้อีกด้วย ทั้งนี้ในส่วนของข้อเสนอแนะในการวิจัยนั้น ทางผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวางแผนการกระจายพัสดุของบริษัทไปรษณีย์ไทยในด้านของระยะทางเท่านั้น ซึ่งแนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้ จึงควรเพิ่มในเรื่องเงื่อนไขของสภาพปัญหา เช่น การจราจรในแต่ละเส้นทาง เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

2. วิธีการแบบกลุ่มอนุภาค เป็นวิธีการที่สามารถค้นหาคำตอบได้อย่างรวมเร็ว ซึ่งบางครั้งส่งผลให้ติดกับดักคำตอบที่ใกล้เคียงกับจุดต่ำที่สุด (Local Minimum) ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาวิธีการแบบกลุ่มอนุภาค ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า ควรพัฒนาในส่วนของการปรับปรุงความเร็วในการค้นหาคำตอบให้มีความยืดหยุ่นต่อการค้นหาคำตอบมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Electronic Transactions Development Agency. (2018). *ETDA reveals that the value of Thai e-Commerce has grown consistently Shoots up to 3.2 trillion baht in 2018*. from https://www.etda.or.th /content/ etda, February 2, 2019. (in Thai)

[2] Dyfed Loesche. (2018). *Mobile E-Commerce is up and Poised for Further Growth.* Statista. from https://www.statista.com/chart/13139/estimated-worldwide-mobile-e-commerce-sales/, Mar 20, 2019.

[3] Nathachit. (2019). *How is the Thai E-Commerce going?*. Marketeer. from https://marketeeronline.co/archives /66618. (in Thai)

[4] Atiwat Boonmee, Woraya Neungmatcha and Ampika Boonmee. (2017). *The improvement of ice transportation routing for minimizing the transportation cost by particle swarm optimization*. Thai Industrial Engineering Network Journal. Vol.1 .January - June . Page 17-24. (in Thai)

[5] Xuesong Yan at.el. (2012). *Solve Travelling Salesmans Problem Using Particle Swarm Optimization Algorithm*. International Journal of Computer Science Issues Vol.9 Issue 6 No.2 November. Page 264-271.

[6] X.H.Shi at.el. (2007). *Particle Swarm Optimization–based algorithm for TSP and generalized TSP*. Information Processing Letters 103 31 March. Page 169-176.

[7] Thirachit SaenPhon. (2018). *Enhancing Particle Swarm Optimization Using Opposite Gradient Search for Travelling Salesman Problem*. International Journal of Computer and Communication Engineering Vol.7 No.4 October. Page 167-177.

[8] Prasit Sukserm and Deacha Puangdownreong. (2013). *Model Identification of DC Generator using Particle Swarm Optimization*. The Journal of Industrial Technology. Vol.9 No.3 September-December. Page 139-150. (in Thai)

[9] Chanwit Boonchuay, Mathee Chaiaroon and Sompol Boonyasuwanno. (2012). *Development of Computational Intelligent Unit for Optimal Generation Scheduring.* (Electrical Engineering Technology). Nakornpathom : Rajamangala University of Technology Rattanakosin. (in Thai)

[10] Kairat Jaroenrat. (2015). *Particle Swarm Optimization for Open Shortest Path First Network's Traffic Engineering.* Information Technology Journal. Vol. 11 No. 1. January-June. Page 43-52. (in Thai)

[11] Rapeepan Pitakaso. (2016*). Evolutionary methods using variances to solve logistics transportation problems*. 1st ed, Ubonratchathani : Department of Industrial Engineering Ubonratchathani University. (in Thai)

[12] Parames Chutima. (2002). *Design of Engineering Experiment*. Chulalongkorn University : Bangkok. (in Thai)

[13] Booncharoen Sirinaovakul. (2012). *Artificial Intelligence : Swarm Intelligence*. Top : Bangkok. (in Thai)

[14] Gerhard Reinelt. (1991). *TSPLIB - A Traveling Salesman Problem Library*. ORSA Journal on Computing, Vol.3 No.4. Page 376-384.