การปรับปรุงวิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุด

โดย

นางสาวเบญจมาส เนตินิ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การปรับปรุงวิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุด

โดย

นางสาวเบญจมาส เนตินิ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

THE MODIFIED PARTICLE SWARM OPTIMIZATION FOR SOLVING FLEXIBLE FLOW SHOP SCHEDULING PROBLEM WITH THE OBJECTIVE OF MINIMIZING TOTAL TARDINESS

By

Miss Benjamas Netini

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
Master of Engineering Program in Engineering Management
Department of Industrial Engineering and Management
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2015

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การปรับปรุงวิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุด” เสนอโดย นางสาวเบญจมาส เนตินิ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
อาจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์)
...../...../.....

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์)
...../...../.....

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์)
...../...../.....

57405201:สาขาการจัดการงานวิศวกรรม
คำสำคัญ: การจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น / วิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค /เวลางานล่าช้ารวม

เบญจมาส เนตินิ: การปรับปรุงวิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุด. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: อ.ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์. 68 หน้า

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นเพื่อให้มีเวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุด ในงานวิจัยนี้นำวิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization: PSO) มาปรับปรุงโดยการเพิ่มสมการใหม่ที่ประกอบไปด้วยเวคเตอร์ที่ให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับวันกำหนดส่งงานบวกรวมกับเวคเตอร์ระบุตำแหน่งอนุภาค โดยจะเรียกวิธีนี้ว่า MPSO (Modified Particle Swarm Optimization) หลังจากนั้นนำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมเพื่อช่วยจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น ผู้วิจัยใช้โจทย์ปัญหาทั้งหมด 24 ข้อ ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธี PSO และวิธี MPSO จากการทดสอบทำให้เห็นว่าวิธี MPSO สามารถทำให้เวลางานล่าช้ารวมมีค่าน้อยกว่าวิธี PSO ในทุกโจทย์ปัญหาที่นำมาทดสอบนี้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

57405201: MAJOR: ENGINEERING MANAGEMENT
KEY WORD: FLEXIBLE FLOW SHOP SCHEDULING / PARTICLE SWARM OPTIMIZATION / TOTAL TARDINESS

BENJAMAS NETINI: THE MODIFIED PARTICLE SWARM OPTIMIZATION FOR SOLVING FLEXIBLE FLOW SHOP SCHEDULING PROBLEM WITH THE OBJECTIVE OF MINIMIZING TOTAL TARDINESS. THESIS ADVISOR: KANATE PANSAWARD, Ph.D. 68 pp.

This research focuses on to develop the algorithm to solve flexible flow shop scheduling problem for minimizing total tardiness. In this research use Particle Swarm Optimization (PSO) to modify by adding a new term of the vector to change position vector that is due date vector and position vector. This new method is called MPSO (Modified Particle Swarm Optimization). After that, develop a program for help to solve flexible flow shop scheduling problem. Researcher uses 24 problems for compare between PSO and MPSO. The experiment shows MPSO is better to find minimize total tardiness than the original PSO for all problems that using in this test.

Department of Industrial Engineering and Management Graduate School, Silpakorn University
Student's signature ..... Academic Year 2015
Thesis Advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้มีความเมตตา ให้โอกาส ให้ความช่วยเหลือดูแล ให้คำแนะนำในการดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ทั้งในส่วนของวิธีการคิดวิเคราะห์และการพัฒนาโปรแกรม คอยให้คำแนะนำในการตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์อย่างละเอียด ไม่เพียงเท่านั้นท่านยังให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการนำเสนอผลงาน นอกจากนั้นแล้วยังคอยให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดันให้ข้าพเจ้าสามารถดำเนินงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วง ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์ ประธานกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาต่าง ๆ เกี่ยวกับวิธี PSO ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ กรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยสรุปประเด็นและให้คำแนะนำในเรื่องแนวทางการดำเนินงาน

ขอขอบพระคุณผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำต่าง ๆ ให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร และบุคคลที่เกี่ยวข้องทุก ๆ ท่านที่ให้การช่วยเหลือสนับสนุน ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณพ่อและแม่ รวมถึงทุกคนที่เป็นกำลังใจ และคอยให้การช่วยเหลือและสนับสนุนจนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฎ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย 2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
3 วิธีดำเนินงานวิจัย 13
3.1 ออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม 13
3.2 ออกแบบแม่แบบบน MICROSOFT EXCEL 14
3.3 กำหนดขั้นตอนวิธีในการประเมิน FITNESS VALUE 15
3.4 กำหนดขั้นตอนวิธี PSO 17
3.5 กำหนดขั้นตอนวิธี MPSO 19
3.6 พัฒนาโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Visual Basic.Net 26
3.7 กำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้กับวิธี PSO และวิธี MPSO 30
3.8 เปรียบเทียบวิธี PSO และวิธี MPSO 31
3.9 เปรียบเทียบวิธี MPSO และวิธี EDD 32
3.10 สรุปผลการวิจัย 32
4 ผลการดำเนินงานวิจัย 33
4.1 โปรแกรมจัดตารางการผลิต 33
4.2 การเปรียบเทียบวิธี PSO และวิธี MPSO 34
4.3 ผลการเปรียบเทียบวิธี PSO และวิธี MPSO 49
4.4 การเปรียบเทียบวิธี MPSO และวิธี EDD 51
4.5 ผลการเปรียบเทียบวิธี MPSO และวิธี EDD 51

บทที่ หน้า
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 55
5.1 สรุปผล 55
5.2 อภิปรายผล 55
5.3 ข้อเสนอแนะ 55
รายการอ้างอิง 56
ภาคผนวก 59
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานโปรแกรม 60
ภาคผนวก ข การพัฒนาตนเอง 64
ประวัติผู้วิจัย 68

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	การกำหนดเงื่อนไขเพื่อให้ค่า D	20
3.2	ตัวอย่างโจทย์เพื่อใช้อธิบายวิธี MPSO	22
3.3	ค่าตำแหน่งอนุภาคที่ได้จากการสุ่ม	22
3.4	ค่าความเร็วอนุภาคที่ได้จากการสุ่ม	23
3.5	ลำดับงานที่เรียงตามค่าตำแหน่งอนุภาค	23
3.6	เวลาล่าช้าของงานรวมของแต่ละอนุภาค	23
3.7	ค่าความเร็วอนุภาคใหม่	24
3.8	ค่าตำแหน่งอนุภาคใหม่	24
3.9	ค่า Z_i ที่ได้จากการคำนวณ	24
3.10	ลำดับงานที่เรียงตามค่า Z_i	25
3.11	เวลาล่าช้าของงานรวมของแต่ละอนุภาค	25
3.12	ค่า $Pbest_i$ ที่ได้จากการปรับปรุง	25
3.13	ลำดับงานที่ได้จากวิธี PSO	26
3.14	ลำดับงานที่ได้จากวิธี MPSO	26
3.15	โจทย์ที่กำหนดขึ้นเพื่อทดสอบค่าพารามิเตอร์	30
3.16	ชุดของค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้คำตอบดีที่สุด 5 ชุด	31
4.1	โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 1	34
4.2	โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 2	35
4.3	โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 3	35
4.4	โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 4	36
4.5	โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 5	36
4.6	โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 6	37
4.7	โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 7	37
4.8	โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 8	38
4.9	โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 9	38
4.10	โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 10	39
4.11	โจทย์ชุดที่ 2 ปัญหาข้อที่ 11	40
4.12	โจทย์ชุดที่ 2 ปัญหาข้อที่ 12	41
4.13	โจทย์ชุดที่ 2 ปัญหาข้อที่ 13	42
4.14	โจทย์ชุดที่ 2 ปัญหาข้อที่ 14	43
4.15	โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 15	44
4.16	โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 16	44
4.17	โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 17	45
4.18	โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 18	45

ตารางที่ หน้า

4.19 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 19 46
4.20 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 20 46
4.21 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 21 47
4.22 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 22 47
4.23 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 23 48
4.24 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 24 48
4.25 ผลการทดสอบของโจทย์ชุดที่ 1 49
4.26 ผลการทดสอบของโจทย์ชุดที่ 2 49
4.27 ผลการทดสอบของโจทย์ชุดที่ 3 50
4.28 ผลการคำนวณด้วยวิธี EDD เปรียบเทียบวิธี MPSO ครั้งที่ 1 51
4.29 ผลการคำนวณด้วยวิธี EDD เปรียบเทียบวิธี MPSO ครั้งที่ 2 52
4.30 ผลการคำนวณด้วยวิธี EDD เปรียบเทียบวิธี MPSO ครั้งที่ 3 52
4.31 ผลการคำนวณด้วยวิธี EDD เปรียบเทียบวิธี MPSO ที่ให้คำตอบดีที่สุด 53

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1	โครงสร้างของโปรแกรมจัดตารางการผลิต	14
3.2	หน้า Master plan	14
3.3	หน้า Station	15
3.4	หน้า Machine	15
3.5	ขั้นตอนการประเมิน Fitness Value	16
3.6	ขั้นตอนวิธี PSO	18
3.7	ขั้นตอนวิธี MPSO	21
3.8	ขั้นตอนเปรียบเทียบวิธี PSO และวิธี MPSO	32
4.1	หน้าจอโปรแกรมจัดตารางการผลิต	33
4.2	หน้าจอโปรแกรมจัดตารางการผลิตเมื่อคำนวณเสร็จแล้ว	34
4.3	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลระหว่างวิธี PSO และวิธี MPSO	50
4.4	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคำตอบที่ดีที่สุดระหว่างวิธี EDD และวิธี MPSO	54

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ตลาดอุตสาหกรรมมีการแข่งขันที่สูงมากขึ้น อีกทั้งความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ ล้วนแล้วแต่เอื้ออำนวยต่อการแข่งขันทางธุรกิจและอุตสาหกรรม การเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขันจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับอุตสาหกรรมในประเทศและอุตสาหกรรมการส่งออก การทำธุรกิจอุตสาหกรรมให้ประสบความสำเร็จและเติบโตต่อไปได้นั้น โรงงานอุตสาหกรรมควรมีการจัดตารางการผลิตที่ดี ซึ่งการจัดตารางการผลิตนั้นเป็นกระบวนการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการระบบการผลิตที่สำคัญในอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และเพื่อผลิตสินค้าให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าและทันภายในระยะเวลาที่ลูกค้ากำหนด หากมีงานล่าช้าเกิดขึ้นอาจจะทำให้เกิดค่าปรับที่ต้องจ่ายให้กับลูกค้าและอาจส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นอีกด้วย

ปัญหาการจัดตารางการผลิตมีตั้งแต่ปัญหาขนาดเล็กจนกระทั่งปัญหาที่มีความซับซ้อน ในส่วนของปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น (Flexible flow shop) [1] เป็นอีกปัญหาหนึ่งที่พบมากในโรงงานอุตสาหกรรม มีลักษณะการผลิตที่มีขั้นตอนการผลิตเรียงเป็นลำดับต่อเนื่องกัน โดยมีเครื่องจักรที่ทำงานเหมือนกันจัดเรียงแบบขนานกันอยู่ในแต่ละขั้นตอนการผลิต โดยงานแต่ละงานจะเริ่มผลิตจากขั้นตอนแรกไปจนถึงขั้นตอนสุดท้ายตามลำดับ ซึ่งปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นเป็นปัญหาประเภท NP-Hard (Nonpolynomial Hard) [1, 2, 3] ในการหาคำตอบนั้นใช้เวลายาวนานและเมื่อปัญหามีขนาดเพิ่มขึ้นจะทำให้ใช้เวลาในการหาคำตอบเพิ่มมากขึ้น ขนาดของปัญหาจะมีการขยายตัวแบบเอ็กซ์โปเนเชียล ทำให้การจัดตารางการผลิตแต่ละครั้งเกิดความยุ่งยากและอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย ผู้วิจัยส่วนมากจึงนิยมนำ meta-heuristic หลากหลายแบบเข้ามาประยุกต์ใช้กันมากขึ้น ซึ่งหนึ่งในนั้นมีวิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization) [4, 5, 6] หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า PSO ที่มีความน่าสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นเพราะหลักการทำงานของ PSO จะค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดโดยมีค่าที่ดีที่สุดของตัวเองและค่าที่ดีที่สุดของกลุ่มเพื่อให้คำตอบสามารถเข้าใกล้ค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ในเวลาอันรวดเร็ว

เนื่องจากผู้วิจัยเล็งเห็นแล้วว่าการส่งมอบสินค้าให้ทันเวลาที่ลูกค้ากำหนดเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง จึงเกิดความคิดที่จะนำวิธี PSO มาปรับปรุงสำหรับแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นโดยคำนึงถึงกำหนดส่งงานเป็นสำคัญ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้งานที่นำมาจัดตารางการผลิตนั้น

มีเวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุด นอกจากนั้นแล้วยังคิดที่จะออกแบบโปรแกรมจัดตารางการผลิตที่คำนึงถึงผู้ใช้งานโปรแกรม ให้สามารถใช้งานได้โดยง่าย จึงเลือกใช้โปรแกรม Microsoft Excel เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการรับและแสดงผลข้อมูลเพราะผู้ใช้งานส่วนใหญ่จะคุ้นชินกับการใช้โปรแกรม Microsoft Excel อยู่แล้ว ทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกต่อการนำใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงวิธี PSO โดยการเพิ่มสมการใหม่ที่ประกอบไปด้วยเวคเตอร์ที่ให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับวันกำหนดส่งงานบวกรวมกับเวคเตอร์ระบุตำแหน่งอนุภาค สำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุด และนำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมเพื่อช่วยจัดตารางการผลิต

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

วิธี PSO ที่ปรับปรุงนี้สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้ดีกว่าวิธี PSO แบบเดิม สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นที่นำมาทดสอบนี้ โดยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุด

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ใช้สำหรับการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น

1.4.2 ทราบจำนวนงาน จำนวนเครื่องจักร จำนวนสถานีงาน เวลาในการทำงานของแต่ละงาน และกำหนดส่งงาน

1.4.3 งานทุกงานต้องมีขั้นตอนการทำงานเหมือนกัน คือ ขั้นตอนที่ 1 ใช้เครื่องจักรในสถานีงานที่ 1 จนกระทั่งถึงขั้นตอนสุดท้ายใช้เครื่องจักรในสถานีงานสุดท้ายตามลำดับ และเมื่อเริ่มทำงานใด ๆ แล้วจะไม่ยอมให้มีการแทรกงานเกิดขึ้น (ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น)

1.4.4 งานแต่ละงานอนุญาตให้เข้าสถานีงานละ 1 ครั้ง (without recirculation)

1.4.5 ไม่คิดเวลา Break down ของเครื่องจักร

1.4.6 สามารถคำนวณเวลาสิ้นสุดงานใหม่ได้ ในกรณีที่เวลาในการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงโดยคงการจัดลำดับงานของแต่ละเครื่องจักรไว้

1.4.7 สามารถจัดตารางการผลิตโดยคำนึงถึงช่วงเวลาเริ่มงานและสิ้นสุดงานของแต่ละวันได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถนำผลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางช่วยในการตัดสินใจดำเนินงานในโรงงาน

1.5.2 สามารถช่วยลดเวลาและความยุ่งยากในการจัดตารางการผลิตได้

1.5.3 สามารถใช้ตรวจเช็คเวลาแล้วเสร็จของแต่ละงานได้

1.5.4 เป็นแนวทางให้นักวิจัยท่านอื่นได้นำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตและวิธีการเมตาฮิวริสติกที่สนใจคือ วิธี PSO รวมถึงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโปรแกรม Visual Basic.Net ที่ใช้ในการพัฒนาเป็นโปรแกรมจัดตารางการผลิต ซึ่งได้ทำการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ประกอบไปด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1.1 การจัดตารางการผลิต (Production scheduling) เป็นการจัดสรรทรัพยากรการผลิต เช่น เครื่องจักร วัตถุดิบ คนงาน เป็นต้น ให้ดำเนินการผลิตตามที่ได้รับมอบหมายภายในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งรับช่วงต่อมาจากการวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning : MRP) และการวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (Capacity Requirement Planning: CRP) ทั้งการจัดตารางการผลิตจะเกี่ยวข้องกับเรื่องการทำงาน (Job Order) และการจัดลำดับงาน (Job Sequencing) ให้กับแต่ละหน่วยงาน การจัดตารางการผลิตเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งของการผลิตทั้งแบบต่อเนื่อง แบบกลุ่มและแบบไม่ต่อเนื่อง เพราะต้องจัดสรรทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด ดังนั้นจึงต้องใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งด้านแรงงานคน และเครื่องจักร อุปกรณ์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การจัดตารางการผลิตที่ดีย่อมจะเป็นการใช้ทรัพยากรการผลิตอย่างเต็มประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ออกมาตรงตามความต้องการ

2.1.2 ระบบการผลิต (Production System) Pinedo [1] ได้กล่าวถึงการแบ่งประเภทของระบบการผลิตหรือกระบวนการผลิตตามลักษณะการจัดเรียงเครื่องจักร ดังนี้

2.1.2.1 การผลิตแบบเครื่องจักรเดียว (Single machine) เป็นระบบการผลิตที่ประกอบด้วยเครื่องจักรเครื่องเดียวที่ทำงานทุกงานที่เข้าสู่ระบบและไม่สามารถทำงานอื่นได้ในเวลาเดียวกัน

2.1.2.2 การผลิตที่มีการจัดเรียงเครื่องจักรแบบขนาน (Parallel Machines) เป็นระบบที่ประกอบไปด้วยเครื่องจักรหลายเครื่องที่ทำงานได้เหมือนกัน ทำงานแบบขนานกัน

2.1.2.3 การผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow shop) เป็นระบบการผลิตที่ประกอบด้วยงาน n งาน เครื่องจักร m เครื่องวางเรียงกัน โดยมีเส้นทางการดำเนินงาน (Routing) ที่เหมือนกัน งานแต่ละงานจะเริ่มผลิตจากเครื่องจักรที่ 1 แล้วจะถูกผลิตต่อไปจนถึงเครื่องจักรสุดท้ายตามลำดับ

2.1.2.4 การผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น (Flexible flow shop) [3] เป็นระบบการผลิตที่มีขั้นตอนการผลิตเรียงเป็นลำดับต่อเนื่องกัน โดยมีเครื่องจักรที่ทำงานเหมือนกันจัดเรียงแบบขนานกันอยู่ในแต่ละขั้นตอนการผลิต ซึ่งงานแต่ละงานจะเริ่มผลิตจากขั้นตอนแรกไปจนถึงขั้นตอนสุดท้ายตามลำดับ ซึ่งเป็นปัญหาที่ผู้วิจัยสนใจนำมาศึกษา โดยปัญหานี้ประกอบไปด้วยค่าคงที่และตัวแปรตัดสินใจดังนี้

n = จำนวนงานที่นำมาจัดตารางการผลิต

m = จำนวนสถานีงานในกระบวนการผลิต

M_j = จำนวนเครื่องจักรที่สถานีงาน j โดยที่ j = 1,2,..., m

i = งานที่ i โดยที่ i = 1,2,... , n

j = สถานีงานที่ j โดยที่ j = 1,2,..., m

k = เครื่องจักรที่ k โดยที่ k = 1,2,..., M_j

N_{jk} = จำนวนงานที่ทำบนเครื่องจักร k ที่สถานีงาน j

h_{jk} = งานที่ h ที่ทำบนเครื่องจักร k ที่สถานีงาน j โดยที่ h = 1,2,..., N_{jk}

P_{ijk} = เวลาในการทำงาน i บนเครื่องจักร k ที่สถานีงาน j

S_{ijk} = เวลาที่งาน i เริ่มทำงานบนเครื่องจักร k ที่สถานีงาน j

F_{ijk} = เวลาที่งาน i ทำงานเสร็จสิ้นบนเครื่องจักร k ที่สถานีงาน j

Y_{ijk} = 1 เมื่อมีงาน i ทำงานบนเครื่องจักร k ที่สถานีงาน j
0 เมื่อเกิดกรณีอื่น

C_i = เวลาที่งาน i ทำงานเสร็จสิ้นในสถานีงานที่ m

d_i = กำหนดส่งมอบงาน i

T_i = เวลาล่าช้าของงาน i

ภายใต้เงื่อนไข

งานแต่ละงานสามารถทำงานบนเครื่องจักรเพียง 1 เครื่องในทุก ๆ สถานีงาน ดังสมการ (1)

$$\sum_{k=1}^{M_j} Y_{ijk} = 1 \qquad ; i = 1,2,\dots, n \; ; j = 1,2,\dots, m \tag{1}$$

จำนวนงานที่จัดเข้าเครื่องจักรทั้งหมดในแต่ละสถานีงานต้องเท่ากับจำนวนงานทั้งหมดที่นำมาจัดตารางการผลิต ดังสมการ (2)

$$\sum_{k=1}^{M_j} N_{jk} = n \qquad ; j = 1,2,\dots, m \tag{2}$$

เวลาที่งานเสร็จสิ้นเท่ากับเวลาเริ่มงานบวกรวมกับเวลาในการทำงาน ดังสมการ (3)

$$F_{ijk} \leq S_{ijk} + P_{ijk} \quad ; i = 1,2,\ldots, n ; j = 1,2,\ldots, m ; k = 1,2,\ldots, M_j \quad (3)$$

งานที่ทำบนเครื่องจักรที่สถานีงานปัจจุบันจะต้องเสร็จสิ้นก่อนทำงานบนเครื่องจักรในสถานีงานถัดไป ดังสมการ (4)

$$F_{ijk} \leq S_{i(j+1)q} \quad ; i = 1,2,\ldots, n ; j = 1,2,\ldots, m ; k = 1,2,\ldots, M_j ; q = 1,2,\ldots, M_{j+1} \quad (4)$$

งานที่ทำบนเครื่องจักรในสถานีงานปัจจุบันจะต้องเสร็จสิ้นก่อนเวลาเริ่มงานใหม่บนเครื่องจักรในสถานีงานปัจจุบัน ดังสมการ (5)

$$F_{h_{jk}\,jk} \leq S_{(h+1)_{jk}\,jk} \quad ; j = 1,2,\ldots, m ; k = 1,2,\ldots, M_j ; h = 1,2,\ldots, N_{jk} - 1 \quad (5)$$

2.1.2.5 การผลิตแบบตามงาน (Job shop) เป็นระบบการผลิตที่การจัดเรียงเครื่องจักรที่ประกอบด้วยเครื่องจักร m เครื่อง โดยงานแต่ละงานจะมีเส้นทางการดำเนินงานที่แตกต่างกัน ลักษณะการผลิตแบบตามงานจะมีทั้งลักษณะที่แต่ละงานจะสามารถดำเนินงานบนเครื่องจักรแต่ละเครื่องได้เพียงหนึ่งครั้ง และลักษณะที่งานแต่ละงานสามารถดำเนินงานบนเครื่องจักรแต่ละเครื่องได้มากกว่าหนึ่งครั้ง

2.1.2.6 การผลิตที่มีการจัดเรียงเครื่องจักรแบบเปิด (Open shop) เป็นระบบการผลิตที่มีการจัดเรียงเครื่องจักรแบบเปิดประกอบด้วยเครื่องจักร m เครื่อง โดยงานแต่ละงานอาจถูกดำเนินการผลิตบนเครื่องจักรบางเครื่องหรือทั้ง m เครื่องก็ได้ การจัดเรียงเครื่องจักรแบบนี้จะทำเมื่องานแต่ละงานไม่มีเส้นทางการดำเนินงานที่แน่นอน นั่นคือ ผู้จัดตารางการผลิตจะต้องเป็นผู้กำหนดเส้นทางการดำเนินงานของแต่ละงานให้มีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งอาจกำหนดให้เหมือนหรือแตกต่างกันก็ได้

2.1.3 กฎการจัดลำดับความสำคัญ (Priority Rule for Dispatching Jobs) [7] เทคนิคการจัดลำดับงานโดยใช้กฎความสำคัญ ใช้ในกรณีที่มีเครื่องจักรหรือสถานีการทำงานเดียว สามารถแบ่งได้ 4 แบบ ได้แก่

2.1.3.1 First Come First Serve (FCFS) เป็นการจัดลำดับงานโดยให้งานที่เข้ามาก่อนทำเป็นอันดับแรกและทำงานที่เข้ามาทีหลังเป็นอันดับต่อไป เหมาะกับงานด้านการให้บริการ เช่น ศูนย์อาหาร ธนาคาร เป็นต้น

2.1.3.2 Shortage Processing Time (SPT) เป็นการจัดลำดับงานโดยให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลาสั้นที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลามากเป็นลำดับถัดไป

2.1.3.3 Earliest Due Date (EDD) เป็นการจัดลำดับงานโดยให้ทำงานที่มีกำหนดส่งงานเร็วที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่มีกำหนดส่งงานนานกว่าเป็นลำดับถัดไป

2.1.3.4 Longest Processing Time (LPT) เป็นการจัดลำดับงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดเป็นอันดับแรกแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าเป็นอันดับถัดมา

2.1.4 เวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) และ เวลาล่าช้าของงานรวม (Total Tardiness) [8]

เวลาล่าช้าของงานจะพิจารณาเฉพาะงานที่ทำไม่เสร็จทันตามกำหนดส่งงาน โดยจะไม่พิจารณางานที่เสร็จทันกำหนดส่งงาน ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการ (6) ส่วนเวลาล่าช้าของงานรวมนั้นจะหมายถึงผลรวมของเวลาที่ไม่เสร็จทันตามกำหนดส่งงานของทุกงาน

$$T_i = max\{0, C_i - d_i\} \qquad ; i = 1,2,\dots,n \tag{6}$$

2.1.5 วิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization) เป็นหนึ่งใน วิธีการเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) ซึ่งเป็นวิธีการที่ออกแบบมาเพื่อหาคำตอบที่ดี (A good solution) สำหรับปัญหาที่ต้องการหาค่าที่ดีที่สุด ที่มีความยุ่งยากซับซ้อนในการแก้ปัญหา ส่วนมากจะถูกใช้ในการหาคำตอบภายใต้การหาคำตอบที่ขึ้นอยู่กับเลขสุ่มเพื่อให้เกิดการค้นหาพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible solution) ให้กว้างที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ คำตอบที่ได้มากจากวิธีนี้จะไม่สามารถรับประกันได้ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด วิธีการนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อหาคำตอบที่ดีโดยใช้เวลาในการคำนวณที่เหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามจุดประสงค์ของการพัฒนาวิธีการเมตาฮิวริสติกคือการหาคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นคุณภาพของคำตอบที่ดีย่อมเป็นที่คาดหวังของผู้พัฒนาวิธีการ ดังนั้นในการเปรียบเทียบวิธีการเมตาฮิวริสติกที่พัฒนาเพื่อแก้ปัญหาเดียวกัน มักจะเปรียบเทียบคุณภาพของคำตอบเมื่อทำการประมวลผลหรือดำเนินการวิธีการในเวลาที่เท่ากัน มีผู้คิดค้นวิธีการเมตาฮิวริสติกต่าง ๆ จำนวนมาก แต่งานวิจัยนี้เลือกศึกษาวิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค ซึ่งเป็นแขนงหนึ่งของ Swarm Intelligence โดยมี Particle Swarm Optimization, Ant Colony Optimization, Bee Colony Optimization เป็นต้น เป็นวิธีการที่พัฒนาการเรียนรู้หรือมีความจำ มีข้อดีคือสามารถหลีกเลี่ยงปัญหาค่าเหมาะสมที่สุดสัมพัทธ์ (Local minima) ได้จากการที่สามารถมีจำนวนอนุภาคได้มาก

Particle Swarm Optimization ถูกพัฒนาโดย Eberhart & Kennedy [5] เพื่อใช้สำหรับการแก้ปัญหาทางคอมพิวเตอร์หรือวิศวกรรม โดยได้แนวคิดมาจากการศึกษาพฤติกรรมทางสังคมของสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะการเคลื่อนที่ของฝูงนก ฝูงปลา และทฤษฎีการเคลื่อนที่ (Velocity Theory) นกหรือปลาแต่ละตัวที่อยู่ในกลุ่มนั้นจะถูกเรียกว่า อนุภาค (Particle) โดยแต่ละอนุภาคทำหน้าที่ค้นหาอาหาร หากมองเป็นพารามิเตอร์จะประกอบด้วยตำแหน่งที่อยู่ (Position) และความเร็วในการเคลื่อนที่ (Velocity) โดย PSO จะมีหลักการทำงาน [3, 4, 5, 6, 9] ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดให้จำนวนอนุภาคทั้งหมดดังสมการที่ (7) ขั้นตอนแรกจะเริ่มจากการสุ่มตำแหน่งและความเร็วของแต่ละอนุภาค ดังสมการที่ (8) และ (9)

$$\mathrm{S} = \{\mathrm{p}_1, \mathrm{p}_2, \dots, \mathrm{p}_k\} \tag{7}$$

$$\boldsymbol{x}_i = \left[x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq}\right]^T \quad , i = 1,2, \dots, k \tag{8}$$

$$\boldsymbol{v}_i = \left[v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iq}\right]^T \quad , i = 1,2, \dots, k \tag{9}$$

โดยที่ S คือ เซตของกลุ่มอนุภาค

k คือ จำนวนอนุภาค

q คือ มิติของปัญหา

$\boldsymbol{x}_i$ คือ เวคเตอร์ค่าตำแหน่งของอนุภาค i

$\boldsymbol{v}_i$ คือ เวคเตอร์ค่าความเร็วของอนุภาค i

t คือ จำนวนรอบการวนซ้ำ

$\mathrm{Fitness\ Value}_i^t$ คือ ค่าความเหมาะสมของอนุภาคนั้น

Pbest_i คือ ค่าความเหมาะสมที่ดีสุดของอนุภาคนั้น

Gbest คือ ค่าความเหมาะสมสูงสุดของกลุ่มอนุภาค

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่า Fitness value จากฟังก์ชันก์เป้าหมายดังสมการที่ (10)

$$\mathrm{Fitness\ Value}_i^t = \mathrm{Objective\ function}\ (\boldsymbol{x}_i)^t \tag{10}$$

ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุง Pbest โดยเปรียบเทียบจากค่า Fitness value กับค่าของ Pbest หากค่าใดให้คำตอบที่ดีกว่า จะทำการเก็บเป็น Pbest ดังสมการที่ (11) และสามารถเขียนเป็นเซตได้ดังสมการที่ (12)

$$\mathrm{Pbest}_i = \min\left(\mathrm{Pbest}_i, \mathrm{Fitness\ Value}_i^t\right) \tag{11}$$

$$\mathrm{Pbest}_i = \{\mathrm{Pbest}_1, \mathrm{Pbest}_2, \dots, \mathrm{Pbest}_k\} \tag{12}$$

ขั้นตอนที่ 4 ปรับปรุง Gbest โดยเปรียบเทียบจากค่า Pbest ทั้งหมด หากค่าใดให้คำตอบที่ดีที่สุดจะทำการเก็บค่านั้นเป็น Gbest ดังสมการที่ (13)

$$\mathrm{Gbest} = \min\left\{\mathrm{Pbest}_i\right\} \tag{13}$$

ขั้นตอนที่ 5 ปรับปรุงความเร็วและตำแหน่งใหม่ ดังสมการที่ (14) และ (15)

$$v_i^{t+1} = wv_i^t + n_1 r_1\left(\mathrm{Pbest}_i - x_i^t\right) + n_2 r_2\left(\mathrm{Gbest} - x_i^t\right) \tag{14}$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1} \tag{15}$$

โดยที่ v_i^{t+1} คือ ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ได้ใหม่

x_i^{t+1} คือ ตำแหน่งของอนุภาคที่ได้ใหม่

w คือ ค่าการถ่วงน้ำหนักความเฉื่อย

r_1, r_2 คือ ค่าที่ได้จากการสุ่ม

n_1, n_2 คือ ค่าคงที่ความเร็วในการค้นหา

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบเงื่อนไขสิ้นสุดการวนรอบ โดยส่วนมากทำได้ 2 วิธี ได้แก่

6.1 เมื่อครบจำนวนรอบที่กำหนดแล้วจึงให้หยุดการทำงาน

6.2 เมื่อไม่พบคำตอบที่ดีขึ้นซ้ำกันเกินจำนวนรอบที่กำหนดจึงให้หยุดการทำงาน

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณซ้ำ ในขั้นตอนที่ 2 อีกครั้งในรอบถัดไป

2.1.5 โปรแกรม Visual Basic เป็นโปรแกรมที่พัฒนามาจากภาษา Basic โดยบริษัท Microsoft ที่ให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถติดต่อผ่านภาพ (Graphical user interface) ในการเลือกและปรับปรุง ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การพัฒนา Application บนระบบปฏิบัติการ Windows ที่ทำได้โดยง่าย โดยตัวภาษาเองมีรากฐานมาจากภาษา Basic ซึ่งย่อมาจาก Beginner's All Purpose Symbolic Instruction ถ้าแปลให้ได้ตามความหมายก็คือ "ชุดคำสั่งหรือภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับผู้เริ่มต้น" ภาษา Basic มีจุดเด่นคือผู้ที่ไม่มีพื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมเลยก็สามารถเรียนรู้และนำไปใช้งานได้อย่างง่ายดายและรวดเร็ว เมื่อเทียบกับการเรียนภาษาคอมพิวเตอร์อื่น ๆ เช่น ภาษาซี (C), ปาสคาส (Pascal), ฟอร์แทรน (Fortian) หรือ แอสเซมบลี (Assembler) เป็นต้น ภาษานี้จึงเป็นหนึ่งในภาษาโปรแกรมยอดนิยมสำหรับโปรแกรมที่ใช้ในด้านธุรกิจ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่ทำการศึกษาจะกล่าวโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบไปด้วยส่วนที่หนึ่งคืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นที่นักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาถึงวิธีการแก้ปัญหาโดยได้มีการนำเทคนิคต่าง ๆ มาช่วยในการพัฒนาวิธีการเพื่อแก้ปัญหานี้ และในส่วนที่สองจะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธี PSO ที่ได้นำมาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น

ธันยพร นิมิตรบัญชา, อนันต์ มุ่งวัฒนา และวิสุทธิ์ สุพิทักษ์ [10] พิจารณาปัญหาการจัดตารางงานของระบบการผลิตไหลเลื่อนแบบยืดหยุ่น เวลาตั้งค่าขึ้นอยู่กับลำดับงาน (Sequence dependent setup time) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาตารางงานที่มีประสิทธิภาพ และหาจำนวน

เครื่องจักรที่เหมาะสม ระบบการผลิตที่พิจารณาประกอบด้วย 2 ขั้นตอนทำงานต่อเนื่องกัน จึงได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กระทั่งได้ตารางงานที่เหมาะสมสำหรับตารางงานขั้นตอนที่ 1 ประยุกต์วิธีการจัดภาระงานแบบไปข้างหน้า และใช้วิธีการจัดภาระงานแบบย้อนกลับสำหรับตารางงานสำหรับขั้นตอนที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบหาตารางงานที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดและใช้เครื่องจักรน้อยที่สุด ซึ่งวิธีนี้สามารถลดจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตลงได้

Almeder C., Richard F. Hartl [11] ได้เสนอปัญหาการจัดตารางการผลิตของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมโลหะ ที่เป็นปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นที่มีบัฟเฟอร์จำกัด ในลำดับแรกจะทำการวิเคราะห์แม่แบบอย่างง่ายและพัฒนาวิธีแก้ปัญหาโดยวิธีค้นหาจากพื้นที่ใกล้เคียงที่ ซึ่งใช้หลาย ๆ เหตุการณ์ในการประเมินเป้าหมาย ลำดับที่ 2 แก้ปัญหาโดยจำลองเหตุการณ์เพื่อประเมินการวางแผนการผลิต ผลที่ได้จากการศึกษาทำให้สามารถปรับปรุงได้ 3-10%

H. Khademi Zare, M.B. Fakhrzad [12] แก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นโดยใช้วิธีการ Fuzzy (ใช้วิธี Data mining ร่วมกับ Genetic algorithm) มีเป้าหมายคือมีจำนวนงานที่ล่าช้ารวมน้อยที่สุด ผลที่ได้คือ Data mining สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของ Genetic algorithm ได้อย่างมาก รวมไปถึงการวิเคราะห์ของการจัดตารางการผลิตที่ใกล้ค่าที่เหมาะสมที่สุดและตรวจสอบความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ท่ามกลางการแก้ปัญหา

อณจ ชัยมณี และ วิสุทธิ์ สุพิทักษ์ [13] ทำการศึกษาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อยืดหยุ่น ซึ่งมีนโยบายการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-inTime) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมของระบบ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายจากงานเสร็จก่อนกำหนด และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากงานเสร็จล่าช้า โดยใช้วิธีกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming) และกระบวนการทางฮิวริสติก ซึ่งพบว่ากระบวนการทางฮิวริสติกใช้เวลาในการประมวลผลสั้นกว่าและให้คำตอบที่ดีเมื่อเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุด

Omid Shahvaria [14] แก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นที่การจัดลำดับงานขึ้นอยู่กับกลุ่มเพื่อให้เวลาปิดงานน้อยที่สุด นำมาทดสอบกับ 15 ปัญหาที่มีความแตกต่างกัน โดยใช้วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบูทั้งหมด 6 แบบ จากการทดลองพบว่าแบบที่ 3 (TS3) ดีที่สุด

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธี PSO

สุภกิจ นุตยะสกล [15] ได้อธิบายหลักการทำงาน Genetic algorithm (GA) และ Particle Swarm Optimization (PSO) โดยเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างรวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้งานเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อน

อนุชาติ ศรีศิริวัฒน์, สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์ และ พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์ [16] นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาคสำหรับแก้ปัญหาทางวิศวกรรม 3 ด้าน ได้แก่ วิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต วิศวกรรมไฟฟ้า และ วิศวกรรมอิเล็กโทรนิกส์และโทรคมนาคม พบว่าได้ผลลัพท์ออกมาเปนที่น่าพึงพอใจและดีกว่าคำตอบของวิธีการดั้งเดิม

พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์ [17] อธิบายขั้นตอนการทำงานของวิธีการพาทิเคิลสวอมออปติไมเซชัน ผ่านตัวอย่าง 2 ปัญหา ที่เป็นปัญหาสำคัญของสายงานการวิจัยดำเนินงาน ปัญหาประเภทแรก คือ ปัญหาการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข ซึ่งเป็นปัญหาที่จะต้องหาค่าตัวแปรที่เป็นจำนวนจริง เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด และปัญหาประเภทที่สอง คือ ปัญหาการจัดเรียงลำดับ

Shun-Chi Yu [18] ได้นำเสนอการรวมกันของ local search heuristic กับ particle swarm optimization (PSO) ขั้นพื้นฐาน โดยเรียกเมตาฮิวริสติกแบบผสมใหม่นี้ว่า twin particle swarm optimization (TPSO) นำไปใช้กับปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนที่มีหลายตัวประเมิน ซึ่งได้พิจารณาสายการผลิตที่มีความเป็นจริง ในการศึกษานี้เกี่ยวข้องไปไกลถึงระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนที่มีหลายตัวประเมิน ซึ่งลำดับในการใช้ขึ้นอยู่กับ setup time เป็นข้อจำกัด สุดท้ายนี้การจำลองข้อมูลยืนยันได้ว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอมีประสิทธิภาพและความแข็งแรง จากผลการทดสอบข้อมูลแสดงให้เห็นว่า TPSO มีศักยภาพที่จะใช้แทน PSO และกลายเป็นอัลกอลิทึมฮิวริสติกที่สำคัญสำหรับนำไปใช้กับปัญหาที่คล้ายกัน

Ching-Jong Liao, Evi Tjandradjaja and Tsui-Ping Chung [19] นำเสนอการใช้วิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคในการประมวลผลกับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนแบบผสม และวิธีการแก้ปัญหาคอขวด มีการนำ simulated annealing มาช่วยให้ออกห่างจากพื้นที่ที่เหมาะสม โดยมีเป้าหมายคือ เวลาปิดงานน้อยที่สุด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอทั้งหมดดีกว่าการใช้วิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคเพียงอย่างเดียว

Kuei-Tang Fang and Bertrand M.T. Lin. [20] เสนอการใช้วิธี EDD, WSPT และวิธี PSO เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาการจัดตารางงานให้กับเครื่องจักรแบบขนาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ค่าถ่วงน้ำหนักของค่าปรับที่เกิดจากเวลางานล่าช้ารวมต่ำที่สุด และเพื่อให้เสียเงินจ่ายค่าไฟฟ้าน้อยที่สุด ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าขั้นตอนวิธี PSO สามารถทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด

Vu Truong Vu. [21] ทำการเปรียบเทียบวิธี Particle Swarm Optimization (PSO) และวิธี Differential Evolution (DE) ในการทดสอบฟังก์ชันสมการไม่เชิงเส้นที่มี 12 ข้อจำกัด ผลการ

ทดสอบแสดงให้เห็นว่าวิธี DE ให้ผลที่ดีกว่าวิธี PSO ทั้งในเรื่องของคุณภาพของคำตอบ จำนวนรอบการทำงานที่สามารถหาคำตอบได้เร็วกว่า และสามารถให้คำตอบที่ดีกว่าในจำนวนรอบที่เท่ากัน

จากการศึกษางานวิจัยทั้งหมดทำให้เห็นว่าวิธี PSO มีความน่าสนใจอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น นอกจากนั้นยังเกิดความคิดที่จะนำวิธี PSO มาปรับปรุงโดยมีเป้าหมายเพื่อทำให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุดและจะเรียกวิธี PSO ที่ปรับปรุงนี้ว่าวิธี Modified Particle Swarm Optimization (MPSO) แต่ทั้งนี้ยังไม่พบว่ามีผู้ใดพัฒนาเป็นโปรแกรมที่คำนึงถึงผู้ใช้งานและเน้นการใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาเป็นโปรแกรมจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น ที่ผู้ใช้งานสามารถกรอกข้อมูลและทราบผลลัพธ์ผ่านทางโปรแกรม Microsoft Excel ได้ เพื่อความสะดวกต่อการนำใช้งาน

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

เมื่อกำหนดเป้าหมายในการดำเนินงานวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ต่อมาจึงได้ทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ตามที่ได้อธิบายไปในเบื้องต้นแล้วนั้น ทำให้ได้ความรู้มากเพียงพอที่จะดำเนินงานขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย ซึ่งมีดังต่อไปนี้

3.1 ออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม

3.2 ออกแบบแม่แบบบน Microsoft Excel

3.3 กำหนดขั้นตอนวิธีในการประเมิน fitness value

3.4 กำหนดขั้นตอนวิธี PSO

3.5 กำหนดขั้นตอนวิธี MPSO

3.6 พัฒนาโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Visual Basic.Net

3.7 กำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้กับวิธี PSO และวิธี MPSO

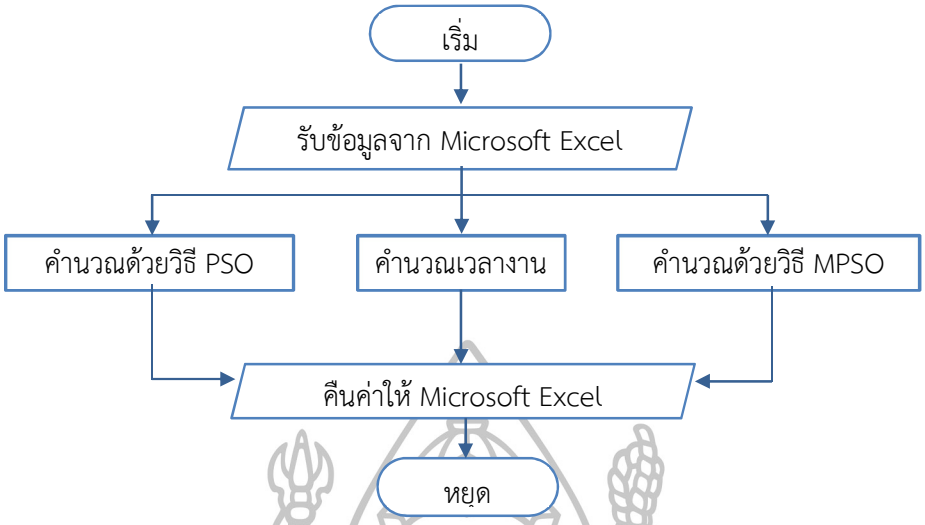
3.8 เปรียบเทียบวิธี PSO และวิธี MPSO

3.9 เปรียบเทียบวิธี MPSO และวิธี EDD

3.10 สรุปผลการวิจัย

3.1 ออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม

ตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดเป้าหมายไว้แล้วว่าจะนำวิธี PSO มาปรับปรุงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น ที่คำนึงถึงเวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุด จากนั้นนำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมเพื่อช่วยในการจัดตารางการผลิต โดยจะใช้โปรแกรม Microsoft Excel เป็นโปรแกรมที่ใช้เพื่อให้ผู้ใช้งานบันทึกรายละเอียดต่าง ๆ ของงานและเครื่องจักรที่ต้องการนำมาจัดตารางการผลิต เมื่อโปรแกรมทำการคำนวณเสร็จสิ้นก็จะส่งผลลัพธ์กลับไปแสดงยังโปรแกรม Microsoft Excel นั้น ในส่วนของโครงสร้างโปรแกรมประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ การจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธี PSO การจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธี MPSO และส่วนของการคำนวณเวลางานใหม่ โครงสร้างของโปรแกรมทั้งหมดนี้สามารถแสดงเป็นแผนผังได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของโปรแกรมจัดตารางการผลิต

3.2 ออกแบบแม่แบบบน MICROSOFT EXCEL

หลักจากที่ออกแบบโครงสร้างของโปรแกรมจัดตารางการผลิตแล้ว จึงเริ่มออกแบบในส่วนของแม่แบบบนโปรแกรม Microsoft Excel ที่มีหน้าที่รับและแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ขอโปรแกรม หน้าจอโปรแกรมที่ทำการออกแบบจะประกอบด้วย 3 หน้าจอ ได้แก่ หน้าที่ 1 คือ หน้า Master plan มีไว้สำหรับให้ผู้ใช้กรอกรายละเอียดของงานที่จะนำมาจัดตารางการผลิต หน้าที่ 2 คือ หน้า สถานีงาน มีไว้แสดงผลการจัดตารางของโปรแกรม และหน้าที่ 3 คือ หน้า Machine มีไว้แสดง รายละเอียดรวมถึงสถานะของแต่ละเครื่องจักร

3.2.1 หน้า Master plan จะเป็นหน้าจอสำหรับให้ผู้ใช้โปรแกรมกรอกเวลาในการทำงาน และรายละเอียดของแต่ละงานที่จะนำมาจัดตารางการผลิต อาทิเช่น รหัสสินค้า ชื่อสินค้า รหัสใบสั่งซื้อสินค้า วันที่สั่งสินค้า วันกำหนดส่ง เป็นต้น ดังรูปที่ 3.2

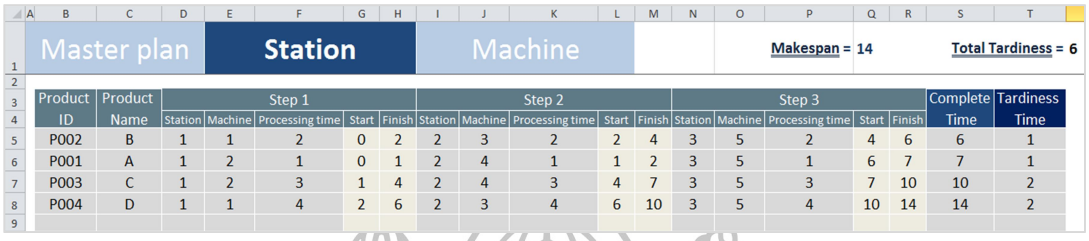
Master plan | Station | Machine

Note: งานเสร็จก่อน Duedate 1 วัน (หลังจากนั้นถือว่าช้า)

Product ID	Product Name	PO No.	Order Date	Due Date	Customer Name	Lots size	Complete Time	Step 1			Step 2			Step 3		
								Station	Setup	Processing time	Station	Setup	Processing time	Station	Setup	Processing time
P001	A	IE000001	20-08-15	12-04-16	aew	1		1	0	1	2	0	1	3	0	1
P002	B	IE000002	20-08-15	12-04-16	aew	1		1	0	2	2	0	2	3	0	2
P003	C	IE000003	20-08-15	12-04-16	aew	1		1	0	3	2	0	3	3	0	3
P004	D	IE000004	20-08-15	12-04-16	aew	1		1	0	4	2	0	4	3	0	4

รูปที่ 3.2 หน้า Master plan

3.2.2 หน้า Station ในหน้านี้จะแสดงการจัดลำดับงานลงแต่ละสถานีงานและผลการคำนวณเวลาในการทำงานของแต่ละงานที่ทำงานบนแต่ละเครื่องจักร รวมทั้งบอกเวลาปิดงานและเวลาล่าช้าของงานที่ด้านบนฝั่งขวามือของหน้านี้ ดังรูปที่ 3.3



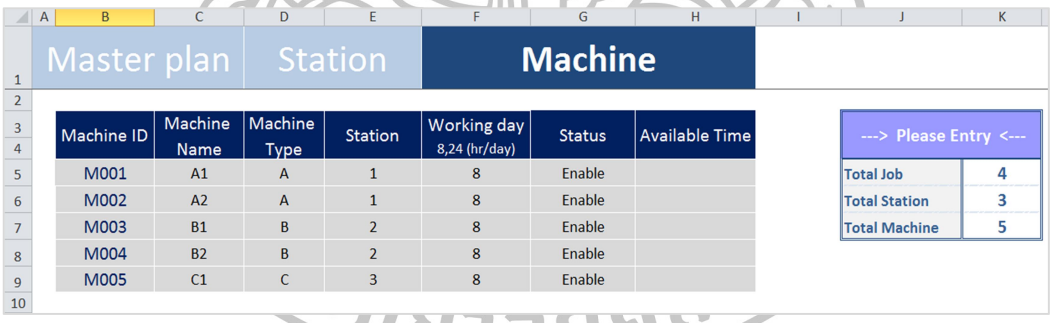
Master plan | **Station** | Machine

Makespan = 14 Total Tardiness = 6

Product ID	Product Name	Step 1					Step 2					Step 3					Complete Time	Tardiness Time
		Station	Machine	Processing time	Start	Finish	Station	Machine	Processing time	Start	Finish	Station	Machine	Processing time	Start	Finish		
P002	B	1	1	2	0	2	2	3	2	2	4	3	5	2	4	6	6	1
P001	A	1	2	1	0	1	2	4	1	1	2	3	5	1	6	7	7	1
P003	C	1	2	3	1	4	2	4	3	4	7	3	5	3	7	10	10	2
P004	D	1	1	4	2	6	2	3	4	6	10	3	5	4	10	14	14	2

รูปที่ 3.3 หน้า Station

3.2.3 หน้า Machine ในหน้านี้จะเป็นหน้าจอสำหรับให้ผู้ใช้โปรแกรมกรอกรายละเอียดของแต่ละเครื่องจักร ได้แก่ รหัสเครื่องจักร ชื่อเครื่องจักร ประเภทของเครื่องจักร สถานีงาน ชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร และสถานะของเครื่องจักรว่าเครื่องใดพร้อมหรือไม่พร้อมใช้งาน นอกจากนั้นยังมีตารางทางด้านขวามือที่มีไว้สำหรับให้ผู้ใช้งานกรอกจำนวนงาน จำนวนสถานีงาน และจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดที่ต้องการนำมาจัดตารางการผลิต ดังรูปที่ 3.4



Master plan | Station | **Machine**

Machine ID	Machine Name	Machine Type	Station	Working day 8,24 (hr/day)	Status	Available Time
M001	A1	A	1	8	Enable	
M002	A2	A	1	8	Enable	
M003	B1	B	2	8	Enable	
M004	B2	B	2	8	Enable	
M005	C1	C	3	8	Enable	

---> Please Entry <---	
Total Job	4
Total Station	3
Total Machine	5

รูปที่ 3.4 หน้า Machine

เมื่อได้ออกแบบแม่แบบเป็นที่เรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปจะดำเนินการกำหนดขั้นตอนวิธีสำหรับการประเมินเพื่อหาค่าที่เหมาะสมหรือ Fitness Value

3.3 กำหนดขั้นตอนวิธีในการประเมิน FITNESS VALUE

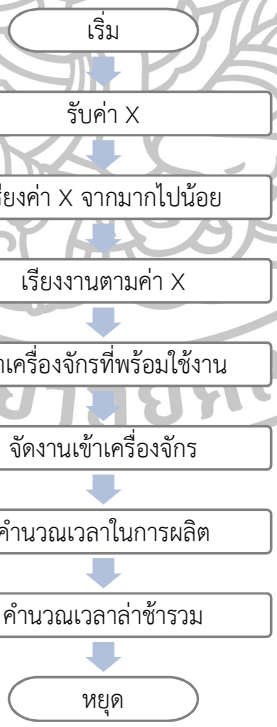
ในขั้นตอนการทำงานของวิธี PSO ขั้นตอนแรกหลักจากกำหนดจำนวนอนุภาคเริ่มต้นแล้วจะมีการสุ่มค่า $\boldsymbol{x_i}$ และ $\boldsymbol{v_i}$ ให้แต่ละงาน หลังจากนั้นจะทำในขั้นตอนถัดไปคือการประเมิน Fitness

Function เพื่อหา Fitness Value นั่นคือค่าที่เหมาะสมของเป้าหมายสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อยืดหยุ่นนั่นคือเวลางานล่าช้ารวม ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. รับค่า $\boldsymbol{x_i}$ ที่ได้จากวิธี PSO
2. นำค่า $\boldsymbol{x_i}$ มาเรียงจากค่ามากไปหาน้อย
3. เรียงลำดับงานตามค่า $\boldsymbol{x_i}$
4. หาเครื่องจักรในแต่ละสถานีงานที่พร้อมใช้งาน
5. จัดงานให้แต่ละเครื่องจักรที่พร้อมใช้งาน
6. คำนวณเวลางานของแต่ละงาน
7. คำนวณเวลาล่าช้าของงานรวม จากนั้นเก็บเป็นค่า Fitness Value_i^t โดยที่ฟังก์ชันการคำนวณสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (16)

$$\text{Fitness Value}_i^t = \sum_{i=1}^{n} T_i \qquad (16)$$

ซึ่งขั้นตอนการประเมิน Fitness Value_i^t นี้สามารถแสดงเป็นแผนผังได้ดังรูปที่ 3.5 จากนั้นจึงดำเนินงานขั้นตอนถัดไปคือการกำหนดขั้นตอนวิธี PSO



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการประเมิน Fitness Value

3.4 กำหนดขั้นตอนวิธี PSO

การกำหนดขั้นตอนวิธีการทำงานของ PSO จะเป็นวิธีการทำงานแบบปกติของวิธี PSO ตามที่ได้กล่าวไปแล้วโดยละเอียดในขั้นต้น ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดจำนวนอนุภาคเริ่มต้น สุ่ม $\boldsymbol{x_i}$ และ $\boldsymbol{v_i}$

2. นำค่า $\boldsymbol{x_i}$ ไปคำนวณหาค่า $\textbf{Fitness Value}_i^t$ จากฟังก์ชันเป้าหมาย

3. ปรับปรุงค่า $\textbf{Pbest}_i$ โดยเปรียบเทียบจากค่า $\textbf{Fitness Value}_i^t$ กับค่าของ $\textbf{Pbest}_i$ หากค่าใดให้คำตอบที่ดีกว่า จะทำการเก็บค่านั้นเป็น $\textbf{Pbest}_i$

4. ปรับปรุงค่า Gbest โดยเปรียบเทียบจากค่า $\textbf{Pbest}_i$ ทั้งหมด หากค่าใดให้คำตอบที่ดีที่สุดจะทำการเก็บค่านั้นเป็น Gbest

5. ปรับปรุงความเร็วใหม่ ($\boldsymbol{v_i^{t+1}}$)

6. ปรับปรุงตำแหน่งใหม่ ($\boldsymbol{x_i^{t+1}}$)

7. ตรวจสอบเงื่อนไข โดยการกำหนดจำนวนรอบในการทำงาน หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขให้ทำขั้นตอนที่ 2 อีกครั้งในรอบถัดไปจนกว่าจะเป็นไปตามเงื่อนไขจึงจะทำในขั้นตอนที่ 8 ต่อไป

8. นำ Gbest ไปคำนวณค่า $\textbf{Fitness Value}_i^t$ จะได้ผลลัพธ์คือลำดับงานที่ทำให้เวลาล่าช้าของงานรวมน้อยที่สุด จากนั้นจึงหยุดการทำงาน ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนผังการทำงานของ PSO ได้ดังรูปที่ 3.6

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รูปที่ 3.6 ขั้นตอนวิธี PSO

มหาวิทยาลัยศิลปากร

3.5 กำหนดขั้นตอนวิธี MPSO

วิธี MPSO นี้เป็นการนำวิธี PSO มาปรับปรุงโดยมีเป้าหมายเพื่อทำให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุด ในหัวข้อนี้จึงแบ่งการนำเสนอเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ขั้นตอนการคำนวณด้วยวิธี MPSO ตัวอย่างการคำนวณด้วยวิธี MPSO และความแตกต่างระหว่างวิธี PSO และวิธี MPSO ดังต่อไปนี้

3.5.1 ขั้นตอนการคำนวณด้วยวิธี MPSO

ขั้นตอนของวิธี MPSO จะคล้ายกับขั้นตอนวิธี PSO แต่จะมีการเพิ่มเวคเตอร์เพื่อให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับวันกำหนดส่งงาน (Due date vector: $\boldsymbol{D}$) หลังจากนั้นนำค่า $\boldsymbol{D}$ ไปบวกกับค่า $\boldsymbol{x_i}$ ทำให้ได้ค่า $\boldsymbol{z_i}$ เป็นสมการใหม่ ดังสมการ (17) ซึ่งวิธีนี้จะใช้ค่า $\boldsymbol{z_i}$ เพื่อคำนวณหา Fitness value แทนการใช้ค่า $\boldsymbol{x_i}$

$$\boldsymbol{z_i} = \boldsymbol{x_i^{t+1}} + \boldsymbol{D} \qquad ; i = 1,2,\dots,k \;\; ; j = 1,2,\dots,q \tag{17}$$

โดยค่าถ่วงน้ำหนักที่ให้กับวันกำหนดส่งงานของแต่ละงาน สามารถหาค่าได้จากขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดให้แบ่งช่วงวันกำหนดส่งงานทั้งหมดออกเป็น 3 ช่วง โดยแต่ละช่วงจะมีขนาดความกว้างของช่วงเท่ากัน จากนั้นหาขนาดความกว้างในแต่ละช่วง ($range$) โดยเริ่มจากหาค่าผลต่างระหว่างวันกำหนดส่งงานที่เร็วที่สุด (min) และวันกำหนดส่งงานที่ช้าที่สุด (max) แล้วนำมาหารด้วย 3 ดังสมการ (18)

$$range = \frac{max - min}{3} \tag{18}$$

2. เมื่อได้ขนาดความกว้างของแต่ละช่วงมาแล้ว จากนั้นจึงกำหนดเงื่อนไขการให้ค่า $\boldsymbol{D}$ ของงานในแต่ละช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 เริ่มตั้งแต่วันกำหนดส่งงานที่เร็วที่สุดจนถึงวันกำหนดส่งงานที่เร็วที่สุดบวกรวมกับค่าความกว้างของช่วง ถ้างานใดมีวันกำหนดส่งงานอยู่ในช่วงนี้ ให้ค่า $\boldsymbol{D}$ = 2,000

ช่วงที่ 2 เริ่มตั้งแต่วันกำหนดส่งงานที่เร็วที่สุดบวกรวมกับค่าความกว้างของช่วงจนถึงวันกำหนดส่งงานที่ช้าที่สุดลบด้วยค่าความกว้างของช่วง ถ้างานใดมีวันกำหนดส่งงานอยู่ในช่วงนี้ ให้ค่า $\boldsymbol{D}$ = 1,000

ช่วงที่ 3 เริ่มตั้งแต่วันกำหนดส่งงานที่ช้าที่สุดลบด้วยค่าความกว้างของช่วงจนถึงวันกำหนดส่งงานที่ช้าที่สุด ถ้างานใดมีวันกำหนดส่งงานอยู่ในช่วงนี้ ให้ค่า $\boldsymbol{D}$ = 0

จากการกำหนดเงื่อนไขที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นสามารถสรุปได้ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การกำหนดเงื่อนไขเพื่อให้ค่า $\boldsymbol{D}$

ช่วงที่	เงื่อนไข	D
1	$min \leq Due\ date\ \leq (min + range)$	2,000
2	$(min + range) \leq Due\ date\ \leq (max - range)$	1,000
3	$(max - range) \leq Due\ date \leq max$	0

ขั้นตอนของวิธี MPSO ทั้งหมดสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

1. กำหนดค่า $\boldsymbol{D}$ ให้แต่ละงาน
2. กำหนดจำนวนอนุภาคเริ่มต้น จากนั้นสุ่ม $\boldsymbol{x_i}$ และ $\boldsymbol{v_i}$
3. นำค่า $\boldsymbol{x_i}$ ไปคำนวณหาค่า Fitness Value_i^t ในรอบแรก ส่วนรอบถัดไปจะใช้ค่า $\boldsymbol{z_i}$ ในการคำนวณหาค่า Fitness Value_i^t
4. ปรับปรุงค่า Pbest_i โดยเปรียบเทียบจากค่า Fitness Value_i^t กับค่าของ Pbest_i หากค่าใดให้คำตอบที่ดีกว่า จะทำการเก็บค่านั้นเป็น Pbest_i
5. ปรับปรุงค่า Gbest โดยเปรียบเทียบจากค่า Pbest_i ทั้งหมด หากค่าใดให้คำตอบที่ดีที่สุด จะทำการเก็บค่านั้นเป็น Gbest
6. ปรับปรุงความเร็วใหม่ ($\boldsymbol{v_i^{t+1}}$)
7. ปรับปรุงตำแหน่งใหม่ ($\boldsymbol{x_i^{t+1}}$)
8. ปรับปรุงค่า $\boldsymbol{z_i}$
9. ตรวจสอบเงื่อนไข โดยการกำหนดจำนวนรอบในการทำงาน หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขให้ทำขั้นตอนที่ 3 อีกครั้งในรอบถัดไปจนกว่าจะเป็นไปตามเงื่อนไขจึงจะทำในขั้นตอนที่ 10
10. นำ Gbest ไปคำนวณค่า Fitness Value_i^t จะได้ผลลัพธ์คือลำดับงานที่ทำให้เวลาล่าช้าของงานรวมน้อยที่สุด จากนั้นจึงหยุดการทำงาน ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนผังการทำงานของ MPSO ได้ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 ขั้นตอนวิธี MPSO

3.5.2 ตัวอย่างการคำนวณด้วยวิธี MPSO

เนื่องจากวิธี MPSO นี้เป็นวิธีใหม่ จึงยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตเพื่อนำมาใช้อธิบายขั้นตอนการคำนวณและวิธีการให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับวันกำหนดส่งงาน ดังตารางที่ 3.2 ในตารางประกอบด้วยงาน 4 งาน และมี 2 เครื่องจักร ซึ่งมีชื่องาน เวลาในการทำงาน และวันกำหนดส่งงานของทั้ง 4 งาน และกำหนดให้ $w, n_1, n_2, r_1, \mathrm{r}_2$ สำหรับโจทย์นี้เท่ากับ 0.1

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างโจทย์เพื่อใช้อธิบายวิธี MPSO

งาน	เวลาในการทำงาน (วัน)		กำหนดส่งงาน (วัน)
	เครื่องจักร 1	เครื่องจักร 2	
J1	3	1	8
J2	2	1	12
J3	1	3	5
J4	4	2	20

ขั้นตอนการคำนวณของวิธี MPSO ทำได้ดังต่อไปนี้

1. กำหนดค่า $\boldsymbol{D}$ ให้แต่ละงาน โดยสามารถหาได้จากขั้นตอนดังต่อไปนี้
   1.1 แบ่งช่วงของวันกำหนดส่งงาน
   range = (20-5)/3 = 5
   1.2 เงื่อนไข
   ช่วงที่ 1 อยู่ระหว่าง 5 ถึง 10
   ช่วงที่ 2 อยู่ระหว่าง 10 ถึง 15
   ช่วงที่ 3 อยู่ระหว่าง 15 ถึง 20
   1.3 ตรวจสอบเงื่อนไข
   งาน J1 มีกำหนดส่งงานคือ 8 วัน ซึ่งอยู่ในช่วงที่ 1 ดังนั้นค่า $\boldsymbol{D}$ = 2,000
   งาน J2 มีกำหนดส่งงานคือ 12 วัน ซึ่งอยู่ในช่วงที่ 2 ดังนั้นค่า $\boldsymbol{D}$ = 1,000
   งาน J3 มีกำหนดส่งงานคือ 5 วัน ซึ่งอยู่ในช่วงที่ 1 ดังนั้นค่า $\boldsymbol{D}$ = 2,000
   งาน J4 มีกำหนดส่งงานคือ 20 วัน ซึ่งอยู่ในช่วงที่ 3 ดังนั้นค่า $\boldsymbol{D}$ = 0
2. กำหนดจำนวนอนุภาคเริ่มต้น จากนั้นสุ่ม $\boldsymbol{x_i}$ และ $\boldsymbol{v_i}$
   2.1 กำหนดจำนวนอนุภาคเริ่มต้น
   กำหนดให้อนุภาคเริ่มต้นเท่ากับ 3 อนุภาค
   2.2 สุ่ม $\boldsymbol{x_i}$ โดยให้ค่าอยู่ในช่วง 10 ถึง 50 สามารถแสดงค่าได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าตำแหน่งอนุภาคที่ได้จากการสุ่ม

อนุภาค	ตำแหน่งอนุภาค ($\boldsymbol{x_i}$)	งาน			
		J1	J2	J3	J4
1	$\boldsymbol{x_1}$	15	10	23	22
2	$\boldsymbol{x_2}$	35	10	28	31
3	$\boldsymbol{x_3}$	18	29	28	42

2.3 สุ่ม $\boldsymbol{v_i}$ โดยให้ค่าอยู่ในช่วง 10 ถึง 50 สามารถแสดงค่าได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ค่าความเร็วอนุภาคที่ได้จากการสุ่ม

อนุภาค	ความเร็วอนุภาค ($\boldsymbol{v_i}$)	งาน			
		J1	J2	J3	J4
1	$\boldsymbol{v_1}$	17	50	15	25
2	$\boldsymbol{v_2}$	41	35	28	38
3	$\boldsymbol{v_3}$	27	24	12	44

3. นำงานมาเรียงลำดับตามค่า $\boldsymbol{x_i}$ โดยเรียงค่าจากมากไปน้อย แสดงได้ดังตารางที่ 3.5 หลังจากนั้นนำงานที่เรียงลำดับแล้วมาจัดตารางการผลิตและหาเวลาล่าช้าของงานรวมเพื่อเก็บเป็นค่า Fitness Value $_i^t$ ของแต่ละอนุภาค ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.5 ลำดับงานที่เรียงตามค่าตำแหน่งอนุภาค

ลำดับงาน	อนุภาค		
	1	2	3
1	J3	J1	J4
2	J4	J4	J2
3	J1	J3	J3
4	J2	J2	J1

ตารางที่ 3.6 เวลาล่าช้าของงานรวมของแต่ละอนุภาค

อนุภาค	เวลาล่าช้าของงานรวม (วัน)	ค่าความเหมาะสม (Fitness Value $_i^1$)
1	1	1
2	13	13
3	15	15

4. ปรับปรุงค่า Pbest_i โดยเปรียบเทียบจากค่า Fitness Value $_i^1$ กับค่าของ Pbest_i หากค่าใดให้คำตอบที่ดีกว่า จะทำการเก็บค่านั้นเป็น Pbest_i แต่เนื่องจากรอบนี้เป็นรอบแรกยังไม่มีค่า Pbest_i จึงให้ Pbest_i มีค่าเท่ากับ Fitness Value $_i^1$

5. ปรับปรุงค่า Gbest โดยเปรียบเทียบจากค่า Pbest_i ทั้งหมด จะเห็นว่าค่าที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดคือ 1 เป็นค่าที่ได้จากอนุภาค 1 จึงเก็บค่านั้นเป็น Gbest

6. ปรับปรุงความเร็วอนุภาคใหม่ ($\boldsymbol{v}_i^2$) คำนวณได้จากสมการที่ (14) แสดงได้ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ค่าความเร็วอนุภาคใหม่

อนุภาค	ความเร็วอนุภาค ($\boldsymbol{v_i}$)	งาน			
		J1	J2	J3	J4
1	$\boldsymbol{v_1}$	1.42	4.82	1.06	2.08
2	$\boldsymbol{v_2}$	3.54	3.44	2.38	3.32
3	$\boldsymbol{v_3}$	2.50	1.98	0.80	3.72

7. ปรับปรุงตำแหน่งอนุภาคใหม่ ($\boldsymbol{x}_i^2$) คำนวณได้จากสมการที่ (15) แสดงได้ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ค่าตำแหน่งอนุภาคใหม่

อนุภาค	ตำแหน่งอนุภาค ($\boldsymbol{x_i}$)	งาน			
		J1	J2	J3	J4
1	$\boldsymbol{x_1}$	16.42	14.82	24.06	24.08
2	$\boldsymbol{x_2}$	38.54	13.44	30.38	34.32
3	$\boldsymbol{x_3}$	20.50	30.98	28.80	45.72

8. ปรับปรุงค่า $\boldsymbol{z_i}$ โดยคำนวณได้จากสมการที่ (17) แสดงได้ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ค่า $\boldsymbol{z_i}$ ที่ได้จากการคำนวณ

อนุภาค	$\boldsymbol{z_i}$	งาน			
		J1	J2	J3	J4
1	$\boldsymbol{z_1}$	2016.42	1014.82	2024.06	24.08
2	$\boldsymbol{z_2}$	2038.54	1013.44	2030.38	34.32
3	$\boldsymbol{z_3}$	2020.50	1030.98	2028.80	45.72

9. ตรวจสอบเงื่อนไข โดยกำหนดจำนวนรอบในการทำงานเท่ากับ 2 รอบ เนื่องจากยังไม่เป็นไปตามเงื่อนไขจึงให้ทำในขั้นตอนที่ 3 คือขั้นตอนการจัดลำดับงาน เพื่อคำนวณหา Fitness Value $_i^2$ โดยตั้งแต่รอบต่อไปนี้จะใช้ค่า $\boldsymbol{z_i}$ เพื่อจัดลำดับงานแทนการใช้ค่า $\boldsymbol{x_i}$ เพื่อเรียงลำดับงาน

10. นำงานมาเรียงลำดับตามค่า $\boldsymbol{z_i}$ โดยเรียงค่าจากมากไปน้อย แสดงได้ดังตารางที่ 3.10 หลังจากนั้นนำงานที่เรียงลำดับแล้วมาจัดตารางการผลิตและหาเวลาล่าช้าของงานรวมเพื่อเก็บเป็นค่า Fitness Value $_i^2$ ของแต่ละอนุภาค ดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.10 ลำดับงานที่เรียงตามค่า $\boldsymbol{z_i}$

ลำดับงาน	อนุภาค		
	1	2	3
1	J3	J1	J3
2	J1	J3	J1
3	J2	J2	J2
4	J4	J4	J4

ตารางที่ 3.11 เวลาล่าช้าของงานรวมของแต่ละอนุภาค

อนุภาค	เวลาล่าช้าของงานรวม (วัน)	ค่าความเหมาะสม (Fitness Value $_i^2$)
1	0	0
2	2	2
3	0	0

11. ปรับปรุงค่า Pbest_i โดยเปรียบเทียบค่าจาก Fitness Value $_i^2$ กับค่าของ Pbest_i ของรอบก่อนหน้านี้ หากค่าใดให้คำตอบที่ดีกว่า จะทำการเก็บค่านั้นเป็น Pbest_i ได้ดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 ค่า Pbest_i ที่ได้จากการปรับปรุง

อนุภาค	Pbest_i
1	0
2	2
3	0

12. ปรับปรุงค่า Gbest โดยเปรียบเทียบจากค่า Pbest_i ทั้งหมด จะเห็นว่าค่าที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดคือ 0 เป็นค่าที่ได้จากอนุภาค 1 และ 3 จึงเก็บค่านั้นเป็น Gbest

13. ปรับปรุงความเร็วอนุภาค ($\boldsymbol{v_i^3}$) ตำแหน่งอนุภาค ($\boldsymbol{x_i^3}$) และค่า $\boldsymbol{z_i}$ ใหม่

14. ตรวจสอบเงื่อนไข เนื่องจากการทำงานครบ 2 รอบซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้แล้วจึงหยุดการวนซ้ำ และทำในขั้นตอนถัดไป

15. นำ Gbest ไปคำนวณค่า Fitness Value $_i^t$ ผลลัพธ์ที่ได้คือลำดับงานที่ทำให้เวลาล่าช้าของงานรวมน้อยที่สุดเท่ากับ 0 ซึ่งลำดับของงานจะเรียงจาก J3, J1, J2, J4 ตามลำดับ

16. หยุดการทำงาน จากนั้นสามารถนำลำดับงานที่ได้ไปใช้งานต่อไป

3.5.3 ความแตกต่างระหว่างวิธี PSO และวิธี MPSO

จากที่ได้อธิบายขั้นตอนวิธีการคำนวณของวิธี MPSO ไปแล้วนั้น เห็นได้ว่าลำดับงานที่ได้จากวิธี PSO ที่ใช้ค่า $\boldsymbol{x_i}$ มาเรียงเพื่อจัดลำดับงาน แสดงได้ดังตารางที่ 3.13 และวิธี MPSO ที่ใช้ค่า $\boldsymbol{z_i}$ มาเรียงเพื่อจัดลำดับงาน แสดงได้ดังตารางที่ 3.14 นั้นมีความแตกต่างกัน โดยวิธี MPSO สามารถทำให้งานที่มีกำหนดส่งงานก่อนถูกนำมาจัดลำดับก่อนส่งผลให้เวลาล่าช้าของงานรวมน้อยลงตามไปด้วย

ตารางที่ 3.13 ลำดับงานที่ได้จากวิธี PSO

ลำดับงาน	อนุภาค 1		อนุภาค 2		อนุภาค 3	
	งาน	กำหนดส่งงาน (วัน)	งาน	กำหนดส่งงาน (วัน)	งาน	กำหนดส่งงาน (วัน)
1	J3	5	J1	8	J4	20
2	J4	20	J4	20	J2	12
3	J1	8	J3	5	J3	5
4	J2	12	J2	12	J1	8

ตารางที่ 3.14 ลำดับงานที่ได้จากวิธี MPSO

ลำดับงาน	อนุภาค 1		อนุภาค 2		อนุภาค 3	
	งาน	กำหนดส่งงาน (วัน)	งาน	กำหนดส่งงาน (วัน)	งาน	กำหนดส่งงาน (วัน)
1	J3	5	J1	8	J3	5
2	J1	8	J3	5	J1	8
3	J2	12	J2	12	J2	12
4	J4	20	J4	20	J4	20

3.6 พัฒนาโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Visual Basic.Net

ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำขั้นตอนวิธี PSO และวิธี MPSO ไปพัฒนาเป็นโปรแกรมจัดตารางการผลิตโดยใช้ Visual Basic.Net เชื่อมต่อกับข้อมูลบน Microsoft Excel ที่ได้ออกแบบไว้ก่อนแล้วนั้นในหัวข้อ 3.2 ซึ่งในส่วนของการพัฒนาโปรแกรมที่ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่

การจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธี PSO การจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธี MPSO และส่วนของการคำนวณเวลางานใหม่ สามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมด้วยรหัสเทียมดังนี้

3.6.1 รหัสเทียมสำหรับการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นด้วยวิธี PSO

Begin

Open ไฟล์ Excel ที่บันทึกรายละเอียดของแต่ละงาน, สถานีงาน และเครื่องจักร

Read ข้อมูลจากไฟล์ Excel

Set n1 = 0.3, n2 = 0.1

Inertia weight = 0.1

Fitness value of Gbest = 999999

All particle = 20

For i = 1 **to** All particle

For j = 1 **to** All jobs

X (i, j) = สุ่มค่าตั้งแต่ 1 ถึง 100

V (i, j) = สุ่มค่าตั้งแต่ 1 ถึง 50

Next j

Next i

While Iteration = 20 **Do**

Sequence (j) = เรียงค่า X (i, j) จากมากไปน้อย

Choose machine = เครื่องจักรที่พร้อมใช้งานหรือสามารถใช้งานได้เร็วที่สุดในสถานีงานนั้น

เวลาเริ่มงาน = max (เวลาที่งานบนสถานีงานก่อนหน้าเสร็จสิ้น, เวลาที่เครื่องจักรพร้อมใช้งาน)

เวลาสิ้นสุดงาน = เวลาเริ่มงาน + เวลาในการทำงานในสถานีงานนั้น

เวลาล่าช้างานรวม = ผลรวมของเวลาที่แต่ละงานเสร็จช้ากว่ากำหนดส่งงาน

Fitness value (i) = เวลาล่าช้างานรวม

ปรับปรุงค่าของ Pbest (i, j) และ Gbest

For i = 1 **to** All particle

For j = 1 **to** All jobs

r1, r2 = สุ่มค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

ปรับปรุงค่า V (i, j) ดังสมการ ()

ปรับปรุงค่า X (i, j) ดังสมการ ()

Next j

Next i

Iteration = Iteration + 1

End Do

Sequence (j) = เรียงค่า X (Index of Gbest, j) จากมากไปน้อย

Write บันทึกข้อมูลที่ได้จากการคำนวณลงไฟล์ Excel

End

3.6.2 รหัสเทียมสำหรับการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นด้วยวิธี MPSO

Begin

Open ไฟล์ Excel ที่บันทึกรายละเอียดของแต่ละงาน, สถานีงาน และเครื่องจักร

Read ข้อมูลจากไฟล์ Excel

Set n1 = 0.3, n2 = 0.1

Inertia weight = 0.1

Fitness value of Gbest = 999999

All particle = 20

Due date vector

For i = 1 **to** All particle

For j = 1 **to** All jobs

X (i, j) = สุ่มค่าตั้งแต่ 1 ถึง 100

V (i, j) = สุ่มค่าตั้งแต่ 1 ถึง 50

Next j

Next i

Z (i, j) = X (i, j)

While Iteration = 20 **Do**

Sequence (j) = เรียงค่า Z (i, j) จากมากไปน้อย

Choose machine = เครื่องจักรที่พร้อมใช้งานหรือสามารถใช้งานได้เร็วที่สุดในสถานีงานนั้น

เวลาเริ่มงาน = max (เวลาที่งานบนสถานีงานก่อนหน้าเสร็จสิ้น, เวลาที่เครื่องจักรพร้อมใช้งาน)

เวลาสิ้นสุดงาน = เวลาเริ่มงาน + เวลาในการทำงานในสถานีงานนั้น

เวลาล่าช้างานรวม = ผลรวมของเวลาที่แต่ละงานเสร็จช้ากว่ากำหนดส่งงาน

Fitness value (i) = เวลาล่าช้างานรวม

ปรับปรุงค่าของ Pbest (i, j) และ Gbest

For i = 1 **to** All particle

For j = 1 **to** All jobs

r1, r2 = สุ่มค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

ปรับปรุงค่า V (i, j) ดังสมการ ()

ปรับปรุงค่า X (i, j) ดังสมการ ()

ปรับปรุงค่า Z (i, j) ดังสมการ ()

Next j

Next i

Iteration = Iteration + 1

End Do

Sequence (j) = เรียงค่า Z (Index of Gbest, j) จากมากไปน้อย

Write บันทึกข้อมูลที่ได้จากการคำนวณลงไฟล์ Excel

End

3.6.3 รหัสเทียมสำหรับการคำนวณเวลางานใหม่

Begin

Open ไฟล์ Excel ที่บันทึกรายละเอียดของแต่ละงาน, สถานีงาน และเครื่องจักร

Read ข้อมูลจากไฟล์ Excel

Sequence (j)

For j = 1 **to** All Sequence

Choose machine = เครื่องจักรที่พร้อมใช้งานหรือสามารถใช้งานได้เร็วที่สุดในสถานีงานนั้น

เวลาเริ่มงาน = max (เวลาที่งานบนสถานีงานก่อนหน้าเสร็จสิ้น, เวลาที่เครื่องจักรพร้อมใช้งาน)

เวลาสิ้นสุดงาน = เวลาเริ่มงาน + เวลาในการทำงานในสถานีงานนั้น

เวลาล่าช้างานรวม = ผลรวมของเวลาที่แต่ละงานเสร็จช้ากว่ากำหนดส่งงาน

Next j

Write บันทึกข้อมูลที่ได้จากการคำนวณลงไฟล์ Excel

End

3.7 กำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้กับวิธี PSO และวิธี MPSO

ในการนำวิธี PSO มาใช้เพื่อหาค่าที่เหมาะสมนั้น จะต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการคำนวณเพื่อให้มีความเหมาะสมกับปัญหา ซึ่งงานวิจัยนี้จะกำหนดให้วิธี PSO และวิธี MPSO ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมือนกัน ได้แก่ ค่าถ่วงน้ำหนักความเฉื่อย (w) และ ค่าคงที่ความเร็ว (n_1, n_2) โดยจะมีวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเป็นดังขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.7.1 เขียนโปรแกรมเพื่อปรับค่าพารามิเตอร์

เนื่องจากต้องการทราบค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม จึงเลือกวิธีการเขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่มีความเหมาะสมกับการใช้แก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นสำหรับโจทย์ปัญหาที่นำมาทดสอบ โดยจะกำหนดให้ ค่าถ่วงน้ำหนักความเฉื่อย (w) อยู่ในช่วงที่เป็นไปได้คือ 0 ถึง 1 และค่าคงที่ความเร็ว (n_1, n_2) อยู่ในช่วง 0 ถึง 2

3.7.2 กำหนดโจทย์เพื่อทดสอบค่าพารามิเตอร์

กำหนดโจทย์ที่มีงาน 9 งาน มี 3 สถานีงาน โดยสถานีงานที่ 1 และ 2 มี 2 เครื่องจักร และในสถานีงานที่ 3 มี 1 เครื่องจักร จากนั้นทำการกำหนดเวลาในการทำงานและกำหนดส่งงานของแต่ละงาน โดยที่เวลาในการทำงานนั้นจะได้จากการใช้ฟังก์ชัน RANDBETWEEN (1,10) ของ Microsoft Excel ซึ่งรายละเอียดของแต่ละงานสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 โจทย์ที่กำหนดขึ้นเพื่อทดสอบค่าพารามิเตอร์

หมายเลขงาน	เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)			กำหนดส่ง (วัน)
	สถานีงาน 1	สถานีงาน 2	สถานีงาน 3	
P001	3	4	4	8
P002	5	6	4	8
P003	3	6	10	8
P004	1	4	3	6
P005	9	1	9	6
P006	10	9	3	6
P007	10	7	8	4
P008	7	8	1	4
P009	2	8	5	4

3.7.3 ทดสอบค่าพารามิเตอร์

เมื่อกำหนดโจทย์แล้วจึงทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์ โดยการเพิ่มค่าพารามิเตอร์ของ w ครั้งละ 0.1 และเพิ่มค่าพารามิเตอร์ของ n_1, n_2 ครั้งละ 0.2 ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จะได้ชุดคำตอบที่ได้จากพารามิเตอร์ทั้งหมด 3,000 ชุด ($n_1 * n_2 * w *$ Replicate = 10*10*10*3) จากนั้นนำผลการทดลองของแต่ละชุดพารามิเตอร์มาหาค่าเฉลี่ย แล้วเลือกค่าพารามิเตอร์ที่ให้คำตอบที่ดี 24 ชุด นำมาทดลองซ้ำ 10 ครั้ง แต่ละครั้งจะให้วนซ้ำ 10 รอบ แล้วเลือกมา 5 ค่าที่ทำให้คำตอบดีที่สุดแล้วทดลองซ้ำอีก 20 ครั้ง วนซ้ำ 20 รอบ เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์มาทั้งหมด 5 ค่า จากนั้นนำคำตอบมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งสามารถแสดงดังตารางที่ 3.16

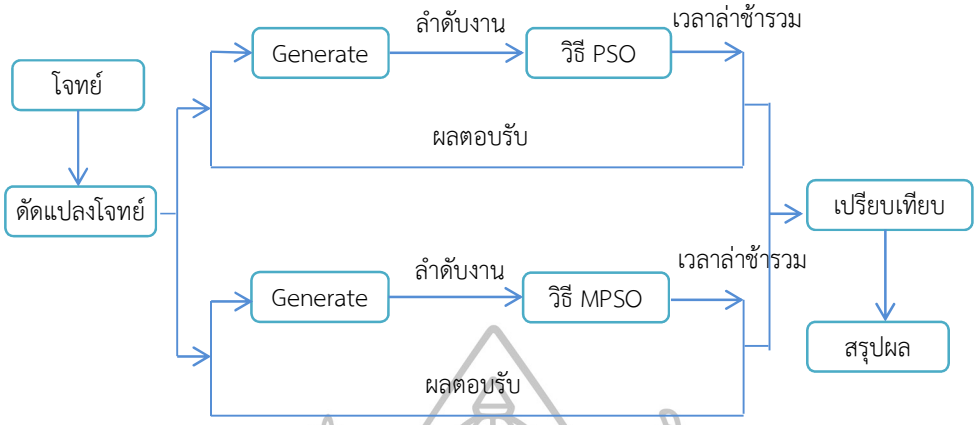
ตารางที่ 3.16 ชุดของค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้คำตอบดีที่สุด 5 ชุด

พารามิเตอร์	n_1	n_2	w	ค่าเฉลี่ยของเวลางานล่าช้ารวม
1	0.1	1.1	0.3	5.36
2	0.2	0.1	0.3	4.92
3	**0.3**	**0.1**	**0.1**	**4.79**
4	0.8	0.6	0.1	5.24
5	0.8	1.6	0.1	5.61

จะเห็นได้ว่าชุดของค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้คำตอบดีที่สุดสำหรับปัญหาที่นำมาทดสอบนี้คือ ชุดพารามิเตอร์ที่ 3 (n_1 = 0.3, n_2 = 0.1, w = 0.1) จึงเลือกค่าพารามิเตอร์ชุดนี้ไปใช้ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบวิธี PSO และ วิธี MPSO

3.8 เปรียบเทียบวิธี PSO และวิธี MPSO

ในการวัดประสิทธิภาพของโปรแกรมจัดตารางการผลิตนี้จะใช้โจทย์การเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarks Problem) [22] โดยเลือกโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อน แล้วนำโจทย์มาแปลงให้เป็นปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น โดยการเพิ่มสถานีงาน จำนวนเครื่องจักร และกำหนดส่งงาน จากนั้นนำผลการคำนวณของการใช้วิธี PSO กับการใช้วิธี MPSO มาเปรียบเทียบกัน แบบใดสามารถให้คำตอบที่เหมาะสมได้ดีกว่ากัน จากนั้นจึงนำมาสรุปผล ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนผังได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนเปรียบเทียบวิธี PSO และวิธี MPSO

3.9 เปรียบเทียบวิธี MPSO และวิธี EDD

เนื่องจากการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นนั้น มีอีกวิธีหนึ่ง

3.10 สรุปผลการวิจัย

ดำเนินการโดยการนำผลที่ได้จากการเปรียบเทียบมาสรุปผล

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการวิจัยที่ได้ดำเนินการตามขั้นตอนในบทที่ 3 ทำให้ได้เป็นโปรแกรมสำหรับจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น ที่สามารถใช้การคำนวณได้ทั้งวิธี PSO และวิธี MPSO ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงผลจากการดำเนินงานและการเปรียบเทียบเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ตอนต้น ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

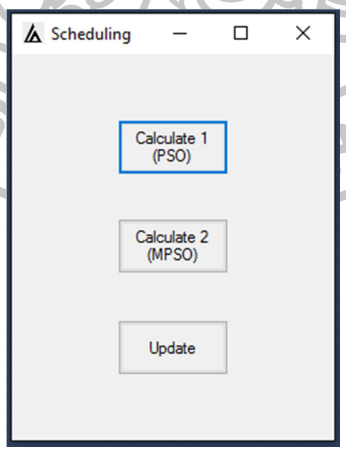
4.1 โปรแกรมจัดตารางการผลิต

ในส่วนนี้จะแสดงเป็นโปรแกรมจัดตารางการผลิต ดังรูปที่ 4.1 ที่พัฒนามาเพื่อใช้ในการจัดตารางการผลิตและทดสอบสมมติฐาน ก่อนที่จะใช้โปรแกรมนี้จะต้องบันทึกข้อมูลรายละเอียดของงาน เครื่องจักร และเวลาในการทำงานต่าง ๆ ลงบนไฟล์ Microsoft Excel ที่ได้ออกแบบไว้แล้วนั้น หลังจากที่โปรแกรมคำนวณเสร็จแล้ว จะมีกล่องข้อความขึ้นถามว่าต้องการบันทึกข้อมูลหรือไม่ ดังรูปที่ 4.2 เมื่อบันทึกข้อมูลแล้วผู้ใช้งานจะสามารถเปิดดูผลได้จากไฟล์บน Microsoft Excel โดยหน้าจอโปรแกรมจะประกอบไปด้วย 3 ปุ่ม ได้แก่

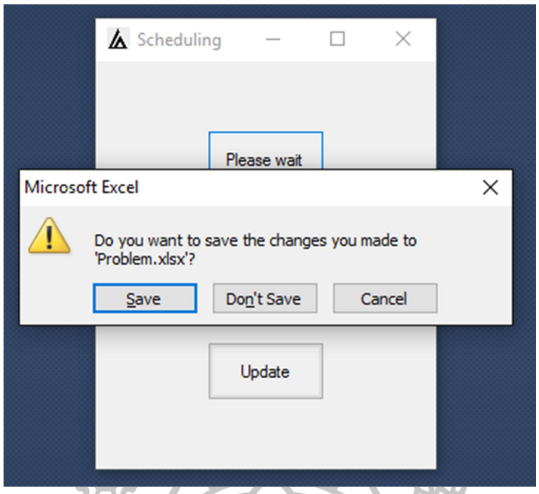
4.1.1 ปุ่ม Calculate 1 (PSO) คือ ปุ่มที่ใช้การคำนวณด้วยวิธี PSO

4.1.2 ปุ่ม Calculate 2 (MPSO) คือ ปุ่มที่ใช้การคำนวณด้วยวิธี MPSO

4.1.3 ปุ่ม Update คือ ปุ่มที่ใช้เพื่อปรับปรุงคำตอบ ซึ่งใช้ในกรณีที่มีการจัดลำดับงานไว้แล้ว แต่ข้อมูลบางอย่างมีการเปลี่ยนแปลงจึงต้องการเพียงแค่คำนวณเวลางานใหม่



รูปที่ 4.1 หน้าจอโปรแกรมจัดตารางการผลิต



รูปที่ 4.2 หน้าจอโปรแกรมจัดตารางการผลิตเมื่อคำนวณเสร็จแล้ว

4.2 การเปรียบเทียบวิธี PSO และวิธี MPSO

ใช้โจทย์การเปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarks Problem) [22] โดยเลือกโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อน แล้วนำโจทย์มาแปลงให้เป็นปัญหาแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น โดยเลือกโจทย์มา 3 ชุด ประกอบไปด้วย

ชุดที่ 1 คือ 20 งาน 5 เครื่องจักร นำมาแปลงเป็น 20 งาน 5 สถานีงาน 10 เครื่องจักร โดยการเพิ่มเป็นสถานีงานละ 2 เครื่องจักร ซึ่งมีทั้งหมด 10 ข้อ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1-4.10

ตารางที่ 4.1 โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 1

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	54	79	16	66	58	11	76	3	7	85	86
2	83	3	89	58	56	12	91	61	1	9	72
3	15	11	49	31	20	13	14	73	63	39	8
4	71	99	15	68	85	14	29	75	41	41	49
5	77	56	89	78	53	15	12	47	63	56	47
6	36	70	45	91	35	16	77	14	47	40	87
7	53	99	60	13	53	17	32	21	26	54	58
8	38	60	23	59	41	18	87	86	75	77	18
9	27	5	57	49	69	19	68	5	77	51	68
10	87	56	64	85	13	20	94	77	40	31	28

ตารางที่ 4.2 โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 2

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	26	59	78	88	69	11	86	30	70	62	54
2	38	62	90	54	30	12	43	31	54	75	71
3	27	44	64	47	61	13	43	92	87	48	78
4	88	10	49	83	35	14	40	7	13	23	9
5	95	23	47	84	53	15	37	14	40	85	79
6	55	64	20	9	98	16	54	95	34	23	51
7	54	47	61	30	94	17	35	76	55	4	76
8	63	68	93	11	33	18	59	82	13	31	56
9	23	54	36	92	77	19	43	91	11	13	80
10	45	9	47	63	31	20	50	37	5	98	72

ตารางที่ 4.3 โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 3

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	77	39	14	11	83	11	25	79	44	43	32
2	94	31	21	2	13	12	39	93	89	91	48
3	9	46	15	36	84	13	76	2	6	26	42
4	57	18	10	30	46	14	24	87	3	3	99
5	29	93	85	89	20	15	38	17	1	75	7
6	79	58	46	10	33	16	5	18	43	99	54
7	55	85	42	88	74	17	91	10	81	63	8
8	73	58	18	22	42	18	29	50	57	83	73
9	65	97	36	31	33	19	22	8	76	70	30
10	86	10	2	9	71	20	27	26	59	84	75

ตารางที่ 4.4 โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 4

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	53	93	90	65	64	11	39	62	54	73	90
2	19	79	92	97	38	12	79	77	67	21	63
3	99	88	35	27	44	13	9	43	25	29	85
4	62	77	13	25	46	14	26	98	77	3	36
5	88	94	75	61	66	15	72	48	38	96	69
6	93	39	55	24	31	16	29	14	98	51	67
7	34	74	80	97	48	17	36	45	96	26	81
8	72	46	67	61	27	18	48	25	20	44	18
9	42	17	3	75	82	19	57	98	15	56	81
10	65	30	93	92	51	20	95	30	36	31	72

ตารางที่ 4.5 โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 5

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	61	27	42	13	55	11	78	85	74	62	10
2	86	92	93	47	48	12	3	32	38	14	87
3	16	8	32	6	56	13	72	14	4	90	99
4	42	65	30	70	84	14	95	74	31	76	40
5	14	34	16	19	22	15	53	59	62	12	91
6	92	6	95	97	51	16	59	95	39	89	64
7	67	42	58	41	43	17	34	48	97	37	62
8	77	39	12	1	50	18	66	37	57	35	53
9	46	2	95	57	62	19	42	59	9	91	33
10	41	7	21	60	61	20	63	4	54	69	16

ตารางที่ 4.6 โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 6

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	71	13	61	21	91	11	22	11	18	93	94
2	27	11	25	8	13	12	53	49	73	60	84
3	55	73	52	5	7	13	32	8	40	99	60
4	90	43	72	8	95	14	5	3	61	29	49
5	11	27	89	58	20	15	94	47	68	94	49
6	18	33	75	59	69	16	12	58	75	41	65
7	42	57	60	85	45	17	41	23	37	51	85
8	64	42	28	35	44	18	85	79	13	87	52
9	73	71	94	84	29	19	75	99	65	97	8
10	95	3	95	97	32	20	38	23	7	11	58

ตารางที่ 4.7 โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 7

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	15	28	77	1	45	11	11	28	84	73	86
2	64	4	36	59	73	12	54	77	70	28	41
3	64	43	57	95	59	13	27	42	27	99	41
4	48	93	15	49	63	14	30	53	37	13	22
5	9	1	81	90	54	15	9	46	59	59	43
6	91	81	82	78	98	16	15	49	42	47	34
7	27	77	98	3	39	17	88	15	57	8	80
8	34	69	97	69	75	18	55	43	16	92	16
9	42	52	12	99	33	19	50	65	11	87	37
10	3	28	35	41	8	20	57	41	34	62	94

ตารางที่ 4.8 โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 8

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	34	5	86	28	8	11	86	30	92	33	11
2	20	48	35	39	91	12	13	35	14	10	54
3	57	80	5	55	45	13	78	42	83	59	38
4	47	43	93	21	55	14	46	39	49	92	41
5	62	34	74	25	75	15	83	85	36	15	64
6	40	2	12	88	18	16	52	34	38	77	98
7	74	87	40	59	59	17	13	36	43	31	83
8	94	68	95	40	86	18	70	9	89	85	36
9	9	28	80	90	45	19	40	96	94	85	61
10	62	84	6	18	89	20	60	84	33	99	19

ตารางที่ 4.9 โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 9

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	37	59	65	70	94	11	78	39	70	75	38
2	36	16	94	3	98	12	64	15	57	30	97
3	1	90	96	43	63	13	98	69	8	1	61
4	4	3	47	14	83	14	60	57	74	71	10
5	64	76	35	26	19	15	89	9	13	46	37
6	74	74	34	83	79	16	49	13	37	87	16
7	32	22	84	26	54	17	2	71	87	78	78
8	67	30	3	65	78	18	79	2	71	76	96
9	73	89	60	47	29	19	79	34	89	75	9
10	7	61	34	94	8	20	53	49	57	55	91

ตารางที่ 4.10 โจทย์ชุดที่ 1 ปัญหาข้อที่ 10

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	27	79	22	93	38	11	2	59	24	23	62
2	92	23	93	22	84	12	39	32	47	32	49
3	75	66	62	64	62	13	91	16	39	26	90
4	94	5	53	81	10	14	81	87	66	22	34
5	18	15	30	94	11	15	33	78	41	12	11
6	41	51	34	97	93	16	14	41	46	23	81
7	37	2	27	54	57	17	88	43	24	34	51
8	58	81	30	82	81	18	22	94	23	87	21
9	56	12	54	11	10	19	36	1	68	59	39
10	20	40	77	91	40	20	65	93	50	2	27

ชุดที่ 2 คือ 20 งาน 10 เครื่องจักร นำมาแปลงเป็น 20 งาน 10 สถานีงาน 20 เครื่องจักร เครื่องจักร โดยการเพิ่มเป็นสถานีงานละ 2 เครื่องจักร มีทั้งหมด 4 ข้อ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.11-4.14

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.11 โจทย์ชุดที่ 2 ปัญหาข้อที่ 11

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)										
งาน	สถานีงาน									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	74	28	89	60	54	92	9	4	25	15
2	21	3	52	88	66	11	8	18	15	84
3	58	27	56	26	12	54	88	25	91	8
4	4	61	13	58	57	97	72	28	49	30
5	21	34	7	76	70	57	27	95	56	95
6	28	76	32	98	82	53	22	51	10	79
7	58	64	32	29	99	65	50	84	62	9
8	83	87	98	47	84	77	2	18	70	91
9	31	54	46	79	16	51	49	6	76	76
10	61	98	60	26	41	36	82	90	99	26
11	94	76	23	19	23	53	93	69	58	42
12	44	41	87	48	11	19	96	61	83	66
13	97	70	7	95	68	54	43	57	84	70
14	94	43	36	78	58	86	13	5	64	91
15	66	42	26	77	30	40	60	75	74	67
16	6	79	85	90	5	56	11	4	14	3
17	37	88	7	24	5	79	37	38	18	98
18	22	15	34	10	39	74	91	28	48	4
19	99	49	36	85	58	24	84	4	96	71
20	83	72	48	55	31	3	67	80	86	62

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.12 โจทย์ชุดที่ 2 ปัญหาข้อที่ 12

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)										
งาน	สถานีงาน									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	80	59	59	31	30	53	93	90	65	64
2	13	83	70	64	88	19	79	92	97	38
3	64	85	76	11	14	99	88	35	27	44
4	77	85	10	9	22	62	77	13	25	46
5	17	70	65	32	93	88	94	75	61	66
6	78	35	19	58	48	93	39	55	24	31
7	82	2	77	98	10	34	74	80	97	48
8	4	76	86	95	7	72	46	67	61	27
9	72	46	21	25	14	42	17	3	75	82
10	93	72	75	4	91	65	30	93	92	51
11	68	69	96	45	5	39	62	54	73	90
12	25	46	3	60	43	79	77	67	21	63
13	67	3	50	87	30	9	43	25	29	85
14	80	57	57	31	79	26	98	77	3	36
15	43	71	66	1	39	72	48	38	96	69
16	93	77	84	96	34	29	14	98	51	67
17	21	33	98	22	77	36	45	96	26	81
18	33	49	55	95	81	48	25	20	44	18
19	14	59	70	73	11	57	98	15	56	81
20	30	82	32	77	10	95	30	36	31	72

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.13 โจทย์ชุดที่ 2 ปัญหาข้อที่ 13

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)										
งาน	สถานีงาน									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	49	3	60	12	75	31	70	20	88	9
2	49	53	88	47	19	61	78	78	30	41
3	15	59	15	46	60	47	41	38	34	22
4	18	7	26	17	87	32	9	26	33	34
5	65	65	11	43	27	34	47	64	21	83
6	55	58	16	16	48	69	94	62	7	55
7	1	24	55	91	72	32	26	11	94	3
8	79	55	59	94	88	1	65	38	10	8
9	10	26	81	73	48	1	17	68	73	75
10	37	40	53	89	59	80	42	37	85	30
11	77	89	92	12	74	19	59	74	82	57
12	80	94	23	58	86	57	80	9	62	65
13	79	51	55	25	49	98	7	65	99	89
14	84	74	79	24	94	37	75	16	67	60
15	93	54	13	55	15	31	63	38	61	90
16	21	86	89	1	95	51	96	85	10	84
17	85	22	2	67	41	66	7	50	4	74
18	64	83	17	3	94	38	10	62	70	17
19	46	19	97	1	15	62	47	39	31	2
20	35	44	41	71	71	72	38	97	49	19

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.14 โจทย์ชุดที่ 2 ปัญหาข้อที่ 14

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)										
งาน	สถานีงาน									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	94	3	39	1	63	86	44	19	55	67
2	43	18	23	92	96	36	25	82	46	66
3	6	43	28	83	50	19	85	12	68	66
4	47	41	31	43	12	71	86	70	15	32
5	45	83	86	3	15	8	73	6	55	8
6	51	62	19	3	11	77	58	64	74	30
7	73	27	85	51	33	8	95	3	42	92
8	49	75	90	5	7	6	13	4	40	40
9	31	52	77	38	4	40	50	29	88	13
10	58	58	4	37	58	39	39	43	68	79
11	19	18	85	44	27	24	24	40	67	19
12	36	1	81	66	7	82	55	77	67	29
13	54	61	9	31	7	69	58	88	8	27
14	75	67	52	8	54	82	79	74	13	18
15	7	55	67	79	31	39	42	13	74	42
16	5	72	77	42	94	52	98	13	47	86
17	82	16	45	85	25	85	44	17	3	30
18	20	12	7	92	8	48	16	45	95	41
19	31	87	21	89	61	22	13	2	36	27
20	32	21	26	29	51	57	74	22	46	50

ชุดที่ 3 คือ 30 งาน 5 เครื่องจักร นำมาแปลงเป็น 30 งาน 5 สถานีงาน 10 เครื่องจักร เครื่องจักร โดยการเพิ่มเป็นสถานีงานละ 2 เครื่องจักร มีทั้งหมด 10 ข้อ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.15-4.24

ตารางที่ 4.15 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 15

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	48	2	61	53	35	16	90	51	27	84	85
2	17	28	72	71	85	17	35	11	28	78	44
3	96	25	9	82	32	18	58	9	1	29	75
4	94	35	47	84	61	19	30	94	12	87	51
5	47	92	54	43	61	20	9	10	76	90	54
6	33	37	6	20	50	21	24	50	69	72	4
7	99	12	95	96	85	22	74	48	65	99	87
8	62	73	24	47	41	23	95	68	49	58	80
9	93	56	23	50	16	24	27	2	41	97	68
10	58	24	18	5	41	25	67	51	16	29	37
11	32	52	87	25	5	26	37	73	59	7	87
12	41	76	98	45	44	27	25	91	16	76	35
13	7	72	31	11	85	28	1	6	73	82	38
14	16	64	14	38	2	29	63	92	58	68	20
15	47	83	37	16	59	30	75	50	46	12	75

ตารางที่ 4.16 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 16

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	17	28	72	71	85	16	35	11	28	78	44
2	96	25	9	82	32	17	58	9	1	29	75
3	94	35	47	84	61	18	30	94	12	87	51
4	47	92	54	43	61	19	9	10	76	90	54
5	33	37	6	20	50	20	24	50	69	72	4
6	99	12	95	96	85	21	74	48	65	99	87
7	62	73	24	47	41	22	95	68	49	58	80
8	93	56	23	50	16	23	27	2	41	97	68
9	58	24	18	5	41	24	67	51	16	29	37
10	32	52	87	25	5	25	37	73	59	7	87
11	41	76	98	45	44	26	25	91	16	76	35
12	7	72	31	11	85	27	1	6	73	82	38
13	16	64	14	38	2	28	63	92	58	68	20
14	47	83	37	16	59	29	75	50	46	12	75
15	90	51	27	84	85	30	2	61	53	35	52

ตารางที่ 4.17 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 17

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	96	25	9	82	32	16	58	9	1	29	75
2	94	35	47	84	61	17	30	94	12	87	51
3	47	92	54	43	61	18	9	10	76	90	54
4	33	37	6	20	50	19	24	50	69	72	4
5	99	12	95	96	85	20	74	48	65	99	87
6	62	73	24	47	41	21	95	68	49	58	80
7	93	56	23	50	16	22	27	2	41	97	68
8	58	24	18	5	41	23	67	51	16	29	37
9	32	52	87	25	5	24	37	73	59	7	87
10	41	76	98	45	44	25	25	91	16	76	35
11	7	72	31	11	85	26	1	6	73	82	38
12	16	64	14	38	2	27	63	92	58	68	20
13	47	83	37	16	59	28	75	50	46	12	75
14	90	51	27	84	85	29	2	61	53	35	52
15	35	11	28	78	44	30	28	72	71	85	61

ตารางที่ 4.18 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 18

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	94	35	47	84	61	16	30	94	12	87	51
2	47	92	54	43	61	17	9	10	76	90	54
3	33	37	6	20	50	18	24	50	69	72	4
4	99	12	95	96	85	19	74	48	65	99	87
5	62	73	24	47	41	20	95	68	49	58	80
6	93	56	23	50	16	21	27	2	41	97	68
7	58	24	18	5	41	22	67	51	16	29	37
8	32	52	87	25	5	23	37	73	59	7	87
9	41	76	98	45	44	24	25	91	16	76	35
10	7	72	31	11	85	25	1	6	73	82	38
11	16	64	14	38	2	26	63	92	58	68	20
12	47	83	37	16	59	27	75	50	46	12	75
13	90	51	27	84	85	28	2	61	53	35	52
14	35	11	28	78	44	29	28	72	71	85	61
15	58	9	1	29	75	30	25	9	82	32	79

ตารางที่ 4.19 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 19

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	47	92	54	43	61	16	9	10	76	90	54
2	33	37	6	20	50	17	24	50	69	72	4
3	99	12	95	96	85	18	74	48	65	99	87
4	62	73	24	47	41	19	95	68	49	58	80
5	93	56	23	50	16	20	27	2	41	97	68
6	58	24	18	5	41	21	67	51	16	29	37
7	32	52	87	25	5	22	37	73	59	7	87
8	41	76	98	45	44	23	25	91	16	76	35
9	7	72	31	11	85	24	1	6	73	82	38
10	16	64	14	38	2	25	63	92	58	68	20
11	47	83	37	16	59	26	75	50	46	12	75
12	90	51	27	84	85	27	2	61	53	35	52
13	35	11	28	78	44	28	28	72	71	85	61
14	58	9	1	29	75	29	25	9	82	32	79
15	30	94	12	87	51	30	35	47	84	61	97

ตารางที่ 4.20 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 20

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	33	37	6	20	50	16	24	50	69	72	4
2	99	12	95	96	85	17	74	48	65	99	87
3	62	73	24	47	41	18	95	68	49	58	80
4	93	56	23	50	16	19	27	2	41	97	68
5	58	24	18	5	41	20	67	51	16	29	37
6	32	52	87	25	5	21	37	73	59	7	87
7	41	76	98	45	44	22	25	91	16	76	35
8	7	72	31	11	85	23	1	6	73	82	38
9	16	64	14	38	2	24	63	92	58	68	20
10	47	83	37	16	59	25	75	50	46	12	75
11	90	51	27	84	85	26	2	61	53	35	52
12	35	11	28	78	44	27	28	72	71	85	61
13	58	9	1	29	75	28	25	9	82	32	79
14	30	94	12	87	51	29	35	47	84	61	97
15	9	10	76	90	54	30	92	54	43	61	10

ตารางที่ 4.21 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 21

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	99	12	95	96	85	16	74	48	65	99	87
2	62	73	24	47	41	17	95	68	49	58	80
3	93	56	23	50	16	18	27	2	41	97	68
4	58	24	18	5	41	19	67	51	16	29	37
5	32	52	87	25	5	20	37	73	59	7	87
6	41	76	98	45	44	21	25	91	16	76	35
7	7	72	31	11	85	22	1	6	73	82	38
8	16	64	14	38	2	23	63	92	58	68	20
9	47	83	37	16	59	24	75	50	46	12	75
10	90	51	27	84	85	25	2	61	53	35	52
11	35	11	28	78	44	26	28	72	71	85	61
12	58	9	1	29	75	27	25	9	82	32	79
13	30	94	12	87	51	28	35	47	84	61	97
14	9	10	76	90	54	29	92	54	43	61	10
15	24	50	69	72	4	30	37	6	20	50	57

ตารางที่ 4.22 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 22

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	62	73	24	47	41	16	95	68	49	58	80
2	93	56	23	50	16	17	27	2	41	97	68
3	58	24	18	5	41	18	67	51	16	29	37
4	32	52	87	25	5	19	37	73	59	7	87
5	41	76	98	45	44	20	25	91	16	76	35
6	7	72	31	11	85	21	1	6	73	82	38
7	16	64	14	38	2	22	63	92	58	68	20
8	47	83	37	16	59	23	75	50	46	12	75
9	90	51	27	84	85	24	2	61	53	35	52
10	35	11	28	78	44	25	28	72	71	85	61
11	58	9	1	29	75	26	25	9	82	32	79
12	30	94	12	87	51	27	35	47	84	61	97
13	9	10	76	90	54	28	92	54	43	61	10
14	24	50	69	72	4	29	37	6	20	50	57
15	74	48	65	99	87	30	12	95	96	85	85

ตารางที่ 4.23 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 23

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	93	56	23	50	16	16	27	2	41	97	68
2	58	24	18	5	41	17	67	51	16	29	37
3	32	52	87	25	5	18	37	73	59	7	87
4	41	76	98	45	44	19	25	91	16	76	35
5	7	72	31	11	85	20	1	6	73	82	38
6	16	64	14	38	2	21	63	92	58	68	20
7	47	83	37	16	59	22	75	50	46	12	75
8	90	51	27	84	85	23	2	61	53	35	52
9	35	11	28	78	44	24	28	72	71	85	61
10	58	9	1	29	75	25	25	9	82	32	79
11	30	94	12	87	51	26	35	47	84	61	97
12	9	10	76	90	54	27	92	54	43	61	10
13	24	50	69	72	4	28	37	6	20	50	57
14	74	48	65	99	87	29	12	95	96	85	85
15	95	68	49	58	80	30	73	24	47	41	6

ตารางที่ 4.24 โจทย์ชุดที่ 3 ปัญหาข้อที่ 24

เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)						เวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)					
งาน	สถานีงาน					งาน	สถานีงาน				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	58	24	18	5	41	16	67	51	16	29	37
2	32	52	87	25	5	17	37	73	59	7	87
3	41	76	98	45	44	18	25	91	16	76	35
4	7	72	31	11	85	19	1	6	73	82	38
5	16	64	14	38	2	20	63	92	58	68	20
6	47	83	37	16	59	21	75	50	46	12	75
7	90	51	27	84	85	22	2	61	53	35	52
8	35	11	28	78	44	23	28	72	71	85	61
9	58	9	1	29	75	24	25	9	82	32	79
10	30	94	12	87	51	25	35	47	84	61	97
11	9	10	76	90	54	26	92	54	43	61	10
12	24	50	69	72	4	27	37	6	20	50	57
13	74	48	65	99	87	28	12	95	96	85	85
14	95	68	49	58	80	29	73	24	47	41	6
15	27	2	41	97	68	30	56	23	50	16	59

จากนั้นนำมาเพิ่มกำหนดส่งงานโดยการสุ่ม แล้วนำไปทดสอบกับทั้งวิธี PSO และวิธี MPSO โดยใช้โปรแกรมทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นจึงนำผลของทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบกัน

4.3 ผลการเปรียบเทียบวิธี PSO และวิธี MPSO

เมื่อได้นำโจทย์ปัญหาทั้ง 3 ชุด ที่มีจำนวนทั้งหมด 24 ข้อ ไปทดสอบกับโปรแกรมทั้งวิธี PSO และวิธี MPSO แล้วนั้นทำให้ได้ผลสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.25 - 4.27 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.25 ผลการทดสอบของโจทย์ชุดที่ 1

ที่	โจทย์	เวลางานล่าช้ารวม (วัน)						เวลางานล่าช้ารวมเฉลี่ย (วัน)	
		PSO			MPSO				
		1	2	3	1	2	3	PSO	MPSO
1	**1**	50	97	117	0	0	0	88.00	0.00
2	**2**	128	128	128	0	3	0	128.00	1.00
3	**3**	129	54	129	0	0	0	104.00	0.00
4	**4**	241	139	91	0	0	5	157.00	1.67
5	**5**	88	88	88	2	1	0	88.00	1.00
6	**6**	45	111	136	0	13	4	97.33	5.67
7	**7**	107	107	107	0	22	13	107.00	11.67
8	**8**	0	21	80	0	0	0	33.67	0.00
9	**9**	25	77	77	0	0	0	59.67	0.00
10	**10**	35	17	24	0	0	0	25.33	0.00

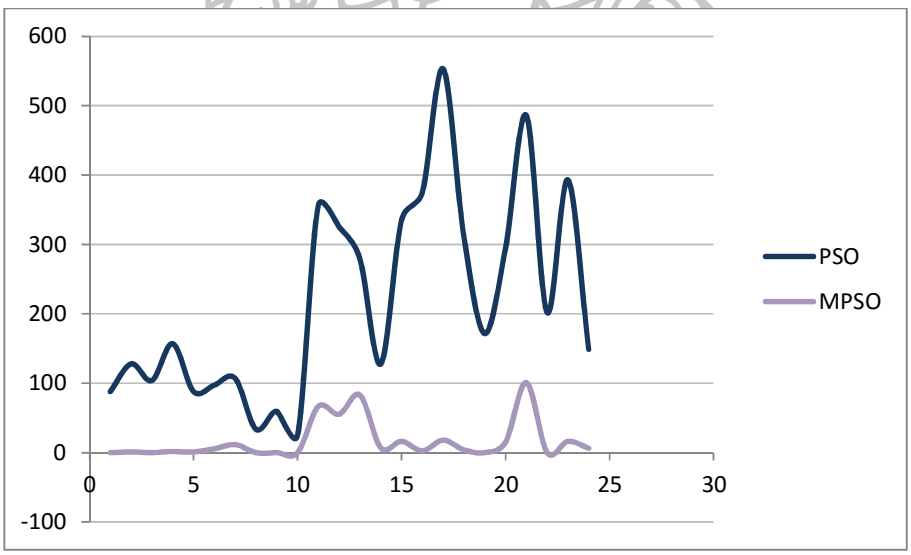
ตารางที่ 4.26 ผลการทดสอบของโจทย์ชุดที่ 2

ที่	โจทย์	เวลางานล่าช้ารวม (วัน)						เวลางานล่าช้ารวมเฉลี่ย (วัน)	
		PSO			MPSO				
		1	2	3	1	2	3	PSO	MPSO
1	**11**	356	356	356	57	34	109	356.00	66.67
2	**12**	242	361	373	26	64	76	325.33	55.33
3	**13**	276	285	276	57	137	55	279.00	83.00
4	**14**	112	159	112	0	17	4	127.67	7.00

ตารางที่ 4.27 ผลการทดสอบของโจทย์ชุดที่ 3

ที่	โจทย์	เวลางานล่าช้ารวม (วัน)						เวลางานล่าช้ารวมเฉลี่ย (วัน)	
		PSO			MPSO				
		1	2	3	1	2	3	PSO	MPSO
1	**15**	406	203	395	0	11	38	334.67	16.33
2	**16**	375	375	375	2	0	6	375.00	2.67
3	**17**	553	553	553	0	29	25	553.00	18.00
4	**18**	311	311	311	0	11	1	311.00	4.00
5	**19**	218	79	218	0	0	0	171.67	0.00
6	**20**	295	295	295	0	30	15	295.00	15.00
7	**21**	465	465	528	131	91	81	486.00	101.00
8	**22**	202	202	202	0	0	0	202.00	0.00
9	**23**	393	393	393	33	13	3	393.00	16.33
10	**24**	149	149	149	0	17	2	149.00	6.33

เมื่อได้ผลการทดสอบทั้งหมดมาแล้ว หลังจากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบโดยการนำมาสร้างเป็นกราฟดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลระหว่างวิธี PSO และวิธี MPSO

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการใช้วิธี MPSO สามารถให้คำตอบที่ดีกว่านั่นคือทำให้ค่าเวลางานล่าช้ารวมต่ำกว่าวิธี PSO ในทุกโจทย์ปัญหาที่นำมาทดสอบนี้

4.4 การเปรียบเทียบวิธี MPSO และวิธี EDD

เนื่องจากการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุดนั้น มีอีกวิธีหนึ่งที่ผู้วิจัยส่วนใหญ่นำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาคือ วิธี EDD ที่เป็นวิธีการจัดลำดับงานโดยให้ทำงานที่มีกำหนดส่งงานเร็วที่สุดก่อนแล้วจึงทำงานที่มีกำหนดส่งงานช้ากว่าเป็นลำดับถัดไป ซึ่งวิธีนี้สามารถนำมาใช้เพื่อทำให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุดได้ จึงนำวิธี EDD มาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับวิธี MPSO ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร โดยใช้โจทย์เดิม 3 ชุด ที่มีทั้งหมด 24 ข้อ ดังที่กล่าวไปแล้วนั้น การทดสอบนี้ใช้การคำนวณด้วยวิธี EDD แล้วนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับการคำนวณโดยใช้วิธี MPSO ทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง หลังจากนั้นเลือกคำตอบของวิธี MPSO ดีที่สุดมาเปรียบเทียบกับผลของวิธี EDD

4.5 ผลการเปรียบเทียบวิธี MPSO และวิธี EDD

เมื่อนำโจทย์ปัญหาทั้ง 3 ชุด ที่มีจำนวนทั้งหมด 24 ข้อ ไปทดสอบเพื่อเปรียบเทียบวิธี EDD และวิธี MPSO ทั้งหมด 3 ครั้ง ผลที่ได้สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.28 – 4.30 และเปรียบเทียบวิธี EDD และวิธี MPSO ที่ทำให้คำตอบดีที่สุดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.28 ผลการคำนวณด้วยวิธี EDD เปรียบเทียบวิธี MPSO ครั้งที่ 1

โจทย์	เวลางานล่าช้ารวม (วัน)		โจทย์	เวลางานล่าช้ารวม (วัน)	
	MPSO 1	EDD		MPSO 1	EDD
1	0	0	13	57	111
2	0	0	14	0	103
3	0	15	15	0	0
4	0	18	16	2	0
5	2	0	17	0	0
6	0	0	18	0	0
7	0	0	19	0	0
8	0	0	20	0	0
9	0	0	21	131	165
10	0	0	22	0	0
11	57	24	23	33	0
12	26	119	24	0	0

ตารางที่ 4.29 ผลการคำนวณด้วยวิธี EDD เปรียบเทียบวิธี MPSO ครั้งที่ 2

โจทย์	เวลางานล่าช้ารวม (วัน)		โจทย์	เวลางานล่าช้ารวม (วัน)	
	MPSO 2	EDD		MPSO 2	EDD
1	0	0	13	137	111
2	3	0	14	17	103
3	0	15	15	11	0
4	0	18	16	0	0
5	1	0	17	29	0
6	13	0	18	11	0
7	22	0	19	0	0
8	0	0	20	30	0
9	0	0	21	91	165
10	0	0	22	0	0
11	34	24	23	13	0
12	64	119	24	17	0

ตารางที่ 4.30 ผลการคำนวณด้วยวิธี EDD เปรียบเทียบวิธี MPSO ครั้งที่ 3

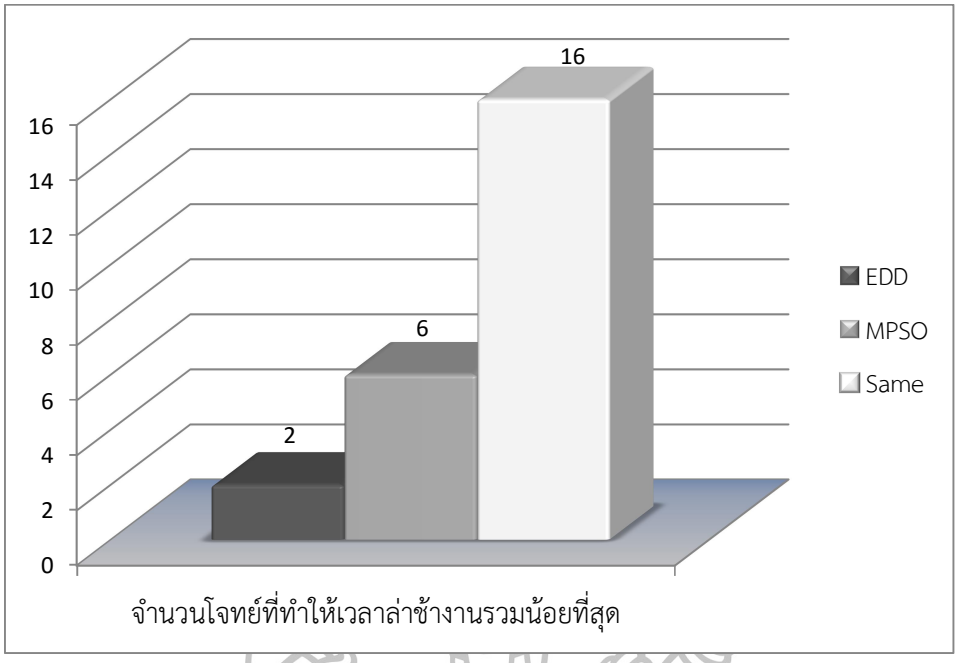
โจทย์	เวลางานล่าช้ารวม (วัน)		โจทย์	เวลางานล่าช้ารวม (วัน)	
	MPSO 3	EDD		MPSO 3	EDD
1	0	0	13	55	111
2	0	0	14	4	103
3	0	15	15	38	0
4	5	18	16	6	0
5	0	0	17	25	0
6	4	0	18	1	0
7	13	0	19	0	0
8	0	0	20	15	0
9	0	0	21	81	165
10	0	0	22	0	0
11	109	24	23	3	0
12	76	119	24	2	0

ตารางที่ 4.31 ผลการคำนวณด้วยวิธี EDD เปรียบเทียบวิธี MPSO ที่ให้คำตอบดีที่สุด

โจทย์	เวลางานล่าช้ารวม (วัน)		โจทย์	เวลางานล่าช้ารวม (วัน)	
	min MPSO	EDD		min MPSO	EDD
1	0	0	13	55	111
2	0	0	14	0	103
3	0	15	15	0	0
4	0	18	16	0	0
5	0	0	17	0	0
6	0	0	18	0	0
7	0	0	19	0	0
8	0	0	20	0	0
9	0	0	21	81	165
10	0	0	22	0	0
11	34	24	23	3	0
12	26	119	24	0	0

จากนั้นนำมาสร้างเป็นแผนภูมิเพื่อเปรียบเทียบวิธี EDD และวิธี MPSO ดังรูปที่ 4.4 โดยแผนภูมิแสดงถึงจำนวนโจทย์ที่ทำให้เวลาล่าช้าของงานรวมน้อยที่สุด โดยใช้ผลของการคำนวณด้วยวิธี EDD และวิธี MPSO ที่ให้คำตอบที่ที่สุดใน 3 ครั้ง มาเปรียบเทียบกัน พบว่าวิธี EDD ทำให้เวลาล่าช้าของงานรวมน้อยที่สุดเป็นจำนวนทั้งหมด 2 โจทย์ วิธี MPSO ทำให้เวลาล่าช้าของงานรวมน้อยที่สุดเป็นจำนวนทั้งหมด 6 โจทย์ และ ทั้งสองวิธีได้คำตอบที่ดีที่สุดเท่ากันเป็นจำนวนทั้งหมด 16 โจทย์

มหาวิทยาลัยศิลปากร



รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบคำตอบที่ดีที่สุดระหว่างวิธี EDD และวิธี MPSO

จากการเปรียบเทียบเห็นได้ว่าการใช้วิธี MPSO สามารถให้คำตอบที่ดีกว่าวิธี EDD คิดเป็นร้อยละ 75 และการใช้วิธี EDD สามารถให้คำตอบที่ดีกว่าวิธี MPSO คิดเป็นร้อยละ 25 นอกจากนั้นการใช้ทั้งสองวิธีสามารถให้คำตอบที่เท่ากันนั่นคือ 0 หมายถึงเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดแล้ว

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

งานวิจัยเรื่องการปรับปรุงวิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุด จัดทำขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น ซึ่งผู้วิจัยเลือกทำการศึกษาโดยใช้วิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค นำมาทำการปรับปรุงโดยการเพิ่มเวคเตอร์ค่าถ่วงน้ำหนักให้กับกำหนดส่งงานบวกรวมกับเวคเตอร์ระบุตำแหน่งของอนุภาค ทำให้เกิดเป็นสมการใหม่ ใช้สำหรับนำไปใช้หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละอนุภาค

ผลจากการวิจัยพบว่าวิธี PSO ที่ปรับปรุง หรือวิธี MPSO นั้น สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้ดีกว่าวิธี PSO แบบเดิม และวิธี EDD ซึ่งเป็นผลมาจากเวคเตอร์ค่าถ่วงน้ำหนักที่ให้กับวันกำหนดส่งงานที่บวกรวมกับเวคเตอร์ระบุตำแหน่ง ได้เป็นสมการใหม่ คือสมการ $\boldsymbol{Z_i}$ ส่งผลให้งานที่มีกำหนดส่งก่อนถูกจัดให้นำมาทำก่อน ทำให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยกว่าวิธี PSO แบบเดิม ในทุกชุดโจทย์ปัญหาที่นำทดสอบนี้

5.2 อภิปรายผล

จากที่ได้ดำเนินการมาทั้งหมดแล้วนั้นจะเห็นได้ว่า งานวิจัยนี้เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ข้างต้นที่ว่า วิธี PSO ที่ปรับปรุง หรือวิธี MPSO นี้สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุดได้ดีกว่าวิธี PSO แบบเดิม เนื่องจากวิธี MPSO จะช่วยทำการแบ่งกลุ่มงานจากวันกำหนดส่งงาน ทำให้งานจะถูกสลับลำดับแค่ภายในกลุ่มนั้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ผู้ที่ต้องการนำโปรแกรมนี้ไปใช้งานจะต้องศึกษาและทดสอบกับข้อมูลเดิมของโรงงานก่อนที่จะนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้งานจริง และอาจต้องปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

5.3.2 ค่าถ่วงน้ำหนักที่ให้กับวันกำหนดส่งงานและการแบ่งช่วงวันกำหนดส่งงาน อาจปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมกับลักษณะของปัญหา

5.3.3 การให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับวันกำหนดส่งงาน อาจจะกำหนดให้อยู่ภายในช่วงจำนวนมิติของปัญหา เช่น มี 20 งาน จะกำหนดให้ $\boldsymbol{D}$ อยู่ในช่วง 0 ถึง 20 เป็นต้น

รายการอ้างอิง

[1] Pinedo, Michael L. (2012). Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems. 4th ed. New York:Springer

[2] Tzung-Pei Hong. et al. (2007). "Three Algorithms for Flexible Flow-shop Scheduling." **American Journal of Applied Sciences** 4, 11: 887-895.

[3] Singh, Manas Ranjan. (2014). "A study on flexible flow shop and job shop scheduling using meta-heuristic approaches." Ph.D. dissertation, Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Rourkela.

[4] Clerc, Maurice. (2006). Particle Swarm Optimization. 1st ed. London:ISTE Ltd

[5] Kennedy J. and Eberthart R. (1995). “Particle Swarm Optimization”, Proc. IEEE Int. Conf. Neural Network 4:1942-1948.

[6] Poli R., Kennedy J. and Blackwell T. (2007). “Particle Swarm Optimization" Swarm Intell 1:33-57

[7] วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. (2546). **การจัดลำดับงานโดยกฎความสำคัญ**. เข้าถึงเมื่อ 1 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จาก http://www2.ftpi.or.th/dwnld/pworld/pw44/44_productivity 3.pdf

[8] ปารเมศ ชุติมา. (2546). **เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬา.

[9] Pornsing C. (2014). "A Particle Swarm Optimization for The Vehicle Routing Problem." Ph.D. dissertation, Department of Industrial Engineering, University of Rhode Island.

[10] ธันยพร นิมิตรบัญชา, อนันต์ มุ่งวัฒนา และวิสุทธิ์ สุพิทักษ์. (2557). "การจัดตารางงานสำหรับการทำงานไหลเลื่อนแบบยืดหยุ่นโดยมีเวลาตั้งค่าขึ้นกับลำดับงาน." ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[11] Almeder C., Richard F. Hartl (2013). "A metaheuristic optimization approach for a real-world stochastic flexible flow shop problem with limited buffer." Int. J. Production Economics 145 (2013) 88–95

[12] H. Khademi Zare, M.B. Fakhrzad. (2011). "Solving flexible flow-shop problem with a hybrid genetic algorithm and data mining: A fuzzy approach" Expert Systems with Applications 38 (2011) 7609–7615

[13] อณจ ชัยมณี และ วิสุทธิ์ สุพิทักษ์. (2557)."การจัดตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นโดยมีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรซึ่งขึ้นกับลำดับงานภายใต้นโยบายการผลิตแบบทันเวลาพอดี" **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ** 25, ที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม

[14] Omid Shahvaria, Nasser Salmasib and Rasaratnam Logendranc. (2009). "A Meta-Heuristic Algorithm for Flexible Flow Shop Sequence Dependent Group Scheduling Problem." Proceedings of the 2009 International Conference on Value Chain Sustainability.

[15] สุภกิจ นุตยะสกุล. (2554). "การคำนวณเชิงวิวัฒนาการระหว่าง เจเนติกอัลกอริทึมกับพาติคอลสวอมออปติมัยเซชัน." คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[16] อนุชาติ ศรีศิริวัฒน์, สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์ และ พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์ . (2555). "การประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบฝูงอนุภาคสำหรับแก้ปัญหาทางวิศวกรรม" **Pathumwan Academic Journal** Vol. 4, May - August 2012

[17] พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์. (2557). "การอธิบายขั้นตอนการทำงานของวิธีการพาทิเคิลสวอมออปติไมเซชัน ผ่านตัวอย่าง" **วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)** 6, ที่ 11 มกราคม - มิถุนายน

[18] Shun-Chi Yu.(2014). "Elucidating multiprocessors flow shop scheduling with dependent setup times using a twin particle swarm optimization." Applied Soft Computing 21 (2014) 578–589

[19] Ching-Jong Liao, Evi Tjandradjaja and Tsui-Ping Chung. (2012). "An approach using particle swarm optimization and bottleneck heuristic to solve hybrid flow shop scheduling problem." Applied Soft Computing 12 (2012) 1755–1764

[20] Kuei-Tang Fang and Bertrand M.T. Lin. (2011). "Particle Swarm Optimization for Scheduling to Minimize Tardiness Penalty and Power Cost." Proceedings of the 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering 2011: 236-240.

[21] Vu Truong Vu. (2012)."A COMPARISON OF PARTICLE SWARM OPTIMIZATION AND DIFFERENTIAL EVOLUTION." International Journal on Soft Computing (IJSC):13-30.

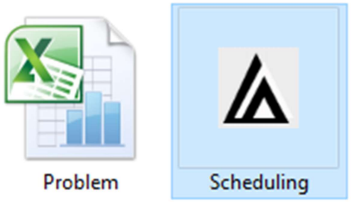
[22] Liefooghe, Arnaud. (2006). **Benchmarks for flow-shop**. Accessed February 6. Available from http://www.lifl.fr/~liefooga/benchmarks/benchmarks/index.html

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งานโปรแกรม

คู่มือการใช้โปรแกรม

1. ติดตั้งโปรแกรมลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้วจะปรากฏแฟ้มข้อมูลที่ประกอบไปด้วยไฟล์ของตัวโปรแกรมและไฟล์ Microsoft Excel



2. เปิดไฟล์ Microsoft Excel ชื่อ “Problem.xlsx” เพื่อบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของงานเครื่องจักร และเวลาในการทำงานต่าง ๆ ที่มีทั้งหมด 3 หน้า ได้แก่

- หน้าที่ 1 หน้า Master plan ให้ผู้ใช้งานบันทึกเวลาในการทำงานและรายละเอียดของแต่ละงานที่จะนำมาจัดตารางการผลิต อาทิเช่น รหัสสินค้า ชื่อสินค้า รหัสใบสั่งซื้อสินค้า วันที่สั่งสินค้า วันกำหนดส่ง เป็นต้น

Master plan | Station | Machine

Note: งานเสร็จก่อน Duedate 1 วัน (หลังจากนั้นถือว่าช้า)

Product ID	Product Name	PO No.	Order Date	Due Date	Customer Name	Lots size	Complete Time	Step 1			Step 2			Step 3		
								Station	Setup	Processing time	Station	Setup	Processing time	Station	Setup	Processing time
P001	A	IE000001	20-08-15	12-04-16	aew	1		1	0	1	2	0	1	3	0	1
P002	B	IE000002	20-08-15	12-04-16	aew	1		1	0	2	2	0	2	3	0	2
P003	C	IE000003	20-08-15	12-04-16	aew	1		1	0	3	2	0	3	3	0	3
P004	D	IE000004	20-08-15	12-04-16	aew	1		1	0	4	2	0	4	3	0	4

หน้า Master plan

- หน้าที่ 2 หน้า Station ในหน้านี้จะแสดงการจัดลำดับงานลงแต่ละสถานีงานและผลที่ได้จากคำนวณเวลาในการทำงานของแต่ละงานที่ทำงานบนแต่ละเครื่องจักร รวมทั้งบอกเวลาปิดงานและเวลาล่าช้าของงานที่ด้านบนฝั่งขวามือของหน้านี้

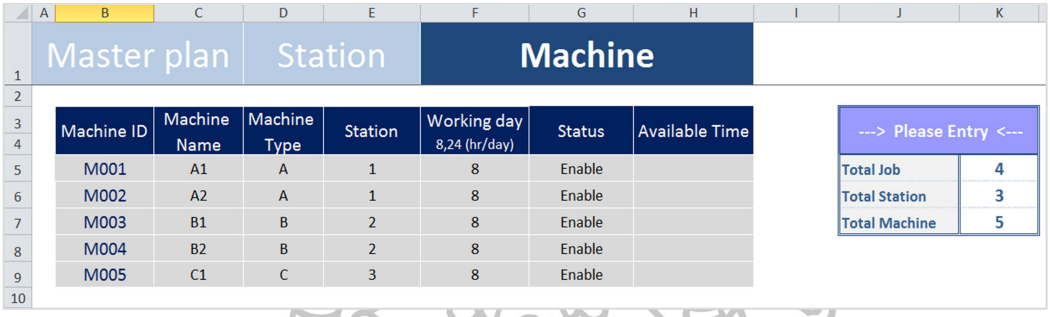
Master plan | Station | Machine

Makespan = 14 Total Tardiness = 6

Product ID	Product Name	Step 1					Step 2					Step 3					Complete Time	Tardiness Time
		Station	Machine	Processing time	Start	Finish	Station	Machine	Processing time	Start	Finish	Station	Machine	Processing time	Start	Finish		
P002	B	1	1	2	0	2	2	3	2	2	4	3	5	2	4	6	6	1
P001	A	1	2	1	0	1	2	4	1	1	2	3	5	1	6	7	7	1
P003	C	1	2	3	1	4	2	4	3	4	7	3	5	3	7	10	10	2
P004	D	1	1	4	2	6	2	3	4	6	10	3	5	4	10	14	14	2

หน้า Station

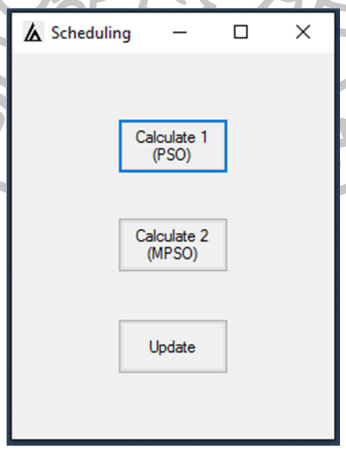
- หน้าที่ 3 หน้า Machine ในหน้านี้จะเป็นหน้าสำหรับให้ผู้ใช้งานบันทึกรายละเอียดของแต่ละเครื่องจักร ได้แก่ รหัสเครื่องจักร ชื่อเครื่องจักร ประเภทของเครื่องจักร สถานีงาน ชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร และสถานะของเครื่องจักรว่าเครื่องใดพร้อมหรือไม่พร้อมใช้งาน นอกจากนั้นยังมีตารางทางด้านขวามือที่มีไว้สำหรับให้ผู้ใช้งานกรอกจำนวนงาน จำนวนสถานีงาน และจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดที่ต้องการนำมาจัดตารางการผลิต เมื่อกรอกข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงบันทึกและปิดไฟล์



หน้า Machine

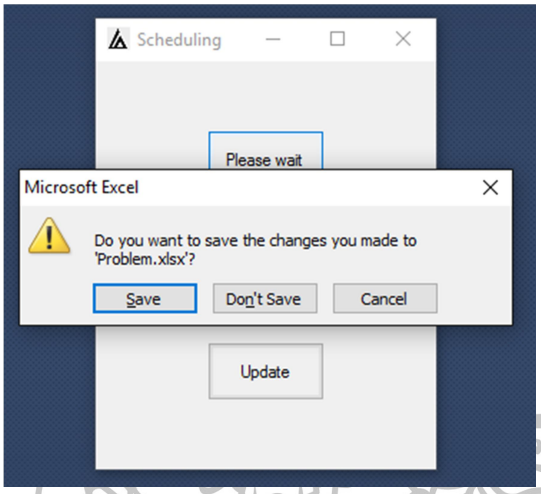
3. เปิดใช้งานโปรแกรม Scheduling โดยหน้าจอโปรแกรมจะประกอบไปด้วย 3 ปุ่ม ได้แก่

- ปุ่ม Calculate 1 (PSO) คือ ปุ่มที่ใช้การคำนวณด้วยวิธี PSO
- ปุ่ม Calculate 2 (MPSO) คือ ปุ่มที่ใช้การคำนวณด้วยวิธี MPSO
- ปุ่ม Update คือ ปุ่มที่ใช้เพื่อปรับปรุงคำตอบ ซึ่งใช้ในกรณีที่ต้องการเพียงแค่คำนวณเวลางานใหม่



โปรแกรม Scheduling

4. เมื่อโปรแกรมคำนวณเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะมีกล่องข้อความปรากฏขึ้น ให้กดปุ่ม save เพื่อบันทึกข้อมูล ข้อมูลที่ถูกบันทึกแล้วสามารถเปิดดูผลลัพธ์ที่ได้จากไฟล์ Microsoft Excel ในหน้า Station



มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ข
การพัฒนาตนเอง

เมื่อวันที่ 26-27 มีนาคม พ.ศ. 2558 ได้เข้าร่วมการประชุมวิชาการด้านวิจัยและดำเนินงานแห่งชาติประจำปี พ.ศ. 2558 ณ โรงแรม พินนาเคิลแกรนด์ จอมเทียนรีสอร์ทแอนด์สปา จังหวัดชลบุรี ได้ทำความรู้จักกับ คุณเกียรติศักดิ์ กามาด ซึ่งเป็นผู้เข้าร่วมนำเสนอผลงานในหัวข้อเรื่อง “การจัดลำดับงานภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากรสำหรับโครงการก่อสร้างสายการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกส์ในอุตสาหกรรมรถยนต์”

มหาวิทยาลัยศิลปากร

เมื่อวันที่ 6-7 สิงหาคม พ.ศ. 2558 ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานในงานการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2558 ณ โรงแรมดิเอมเมอรัลด์ กรุงเทพฯ ในหัวข้อเรื่อง “การพัฒนาโปรแกรมสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อน”

เมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2559 ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานในงานการประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 7 (CIOD 2016) ณ โรงแรมริชมอนด์ จังหวัดนนทบุรี ในหัวข้อเรื่อง “การปรับปรุงวิธีการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาคสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลางานล่าช้ารวมน้อยที่สุด”

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ–สกุล	นางสาวเบญจมาส เนตินิ
ที่อยู่	170 หมู่ 1 ตำบลประสาทสิทธิ์ อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2553	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาโรงเรียนประสาทรัฐประชากิจ จังหวัดราชบุรี
พ.ศ. 2557	สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์) คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม
พ.ศ. 2557	ศึกษาต่อระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการงานวิศวกรรม) คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร จ.นครปฐม

มหาวิทยาลัยศิลปากร