บทที่ 10

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยในการนำเอาอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II (COIN plus M-NSGA-II) มาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยู ที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมในระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี ผลการทดสอบพารามิเตอร์ที่มีความเหมาะสมในการหาคำตอบของอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II โดยสรุป รวมถึงข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ในตอนท้ายบท

10.1 สรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการคิดค้นวิธีการใหม่ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยู ที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมในระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี ซึ่งวิธีการแบบใหม่นี้มีชื่อเรียกว่า อัลกอริทึมการบรรจวบ(Combinatorial Optimization with Coindence: COIN) ซึ่งจะพบว่ามีประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบที่รวดเร็ว เนื่องมาจากการจดจำลักษณะการวางคู่ขั้นงานที่อยู่ติดกันที่ส่งผลให้สตริงคำตอบมีคำตอบที่ดีที่สุดและยังตัดทอนสตริงคำตอบที่แย่เพื่อไม่ให้เกิดขึ้นในเจนเนอเรชั่นถัดไป แต่เนื่องจากอัลกอริทึมการบรรจวบยังมีข้อเสียอยู่ประการหนึ่งคือ การจดจำตำแหน่งขั้นงานที่ผิดตั้งแต่เริ่มต้นหรือจำเส้นทางการเดินผิดทำให้เกิดการหลงทางและคำตอบที่ไม่มีความหลากหลายเมื่อเทียบกับเมมเมติกอัลกอริทึม การที่จะช่วยดึงคำตอบและทำให้เกิดคำตอบที่หลากหลายมากขึ้นคือการพัฒนาอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II

10.1.1 ลักษณะปัญหา

เป็นปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยู ที่ผลิตผลิตภัณฑ์ผสม ซึ่งเป็นปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 อย่าง ซึ่งมีขั้นงานและ Precedence Diagram ที่คล้ายกัน โดยปัญหาดังกล่าวเป็นการจัดขั้นงานให้กับสถานีทำงานเพื่อให้ตอบสนองกับวัตถุประสงค์ที่สนใจ โดยไม่ขัดกับหลักความสัมพันธ์ก่อนหลังของงาน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุด เพื่อให้งานมีผลต่าง

ความสัมพันธ์ในสถานีงานมีค่าน้อยที่สุด และเพื่อให้มีเวลาในแต่ละสถานีงานมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด วัตถุประสงค์ในด้านจำนวนสถานีงานน้อยที่สุดจะมีความสัมพันธ์กับเพื่อให้งานมีผลต่างความสัมพันธ์ในสถานีงานมีค่าน้อยที่สุด เมื่อจำนวนสถานีงานจะส่งผลให้มีความสัมพันธ์กับเพื่อให้งานมีผลต่างความสัมพันธ์ในสถานีงานมีค่าน้อยตาม และสามารถทราบจำนวนสถานีงานได้จากผลต่างความสัมพันธ์ในสถานีงานเช่น ผลต่างความสัมพันธ์ในสถานีงานมีค่าน้อยมีค่าเท่ากับ 14.567 แสดงให้เห็นว่ามีจำนวนสถานีงานเป็นจำนวนจริงโดยปัดขึ้นทั้งหมด ซึ่งจะมีจำนวนสถานีงานเท่ากับ 15 เป็นต้น ปัญหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นปัญหาขนาด 19 61 และ 111 ขั้นงาน เป็นปัญหาจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama ,2007) ในส่วนปัญหาขนาด 36 ขั้นงาน ปัญหาจริงของอุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปของ บริษัทไทยคาเนตะ จำกัด

10.1.2 การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยู ที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมในระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี

สำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมต้องมีการเตรียมข้อมูลก่อนเข้าสู่กระบวนการของเจนเนติกอัลกอริทึมดังนี้คือ เวลาทำงานรวมของแต่ละขั้นงานและลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลังของขั้นงานรวมของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ผลิตในสายการประกอบ เพื่อสร้างเป็น Overall Precedence Diagram

จากคำถามเบื้องต้นในบทที่ 1 สามารถตอบคำถามทั้ง 4 หัวข้อ คือ

1. วิธีอัลกอริทึมการบรรจวบ(COIN) จะได้คำตอบดีกว่าวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II (NSGA-II) แต่ยังได้คำตอบไม่ดีเท่ากับวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II (M-NSGA-II)
2. วิธีอัลกอริทึมการบรรจวบ(COIN) ให้คำตอบที่ยังไม่ดีเท่ากับวิธีอัลกอริทึม M-NSGA-II เนื่องจากคำตอบถูกตัดทอนไปจนหมด จึงควรนำอัลกอริทึม NSGA-II และ M-NSGA-II เข้ามาผสมเพื่อให้เกิดคำตอบที่หลากหลายและปรับปรุงคำตอบให้ดีมากขึ้น
3. การพัฒนาอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II และ M-NSGA-II สามารถปรับปรุงคำตอบที่ทำให้ได้คำตอบ ที่ดีกว่าวิธีอัลกอริทึม NSGA-II แต่ในกรณีเทียบกับอัลกอริทึม M-NSGA-II พบว่าถ้าปัญหามีขนาดเล็กคำตอบอัลกอริทึม M-NSGA-II จะได้คำตอบที่ดีกว่า แต่เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่อัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II และ M-NSGA-II จะมีประสิทธิภาพมากกว่าอัลกอริทึม M-NSGA-II

4. อัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II เป็นวิธีที่ให้คำตอบที่ดีกว่าอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ NSGA-II

สำหรับอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II (COIN plus M-NSGA-II) ที่นำมาใช้ในการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยู ที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ผสม มีขั้นตอนโดยสรุปคือ

- **การสร้างประชากรเบื้องต้น** จะเริ่มจากการสร้างตารางความน่าจะเป็นในการสุ่มเลือกลำดับของขั้นงานที่อยู่ติดกัน คำตอบเบื้องต้นจำนวนหนึ่งจะถูกนำมาใส่รหัสโดยวิธีสุ่มเลือกจากตารางความน่าจะเป็น ให้กลายเป็นสตริงคำตอบเบื้องต้น สตริงคำตอบเบื้องต้นที่ได้ทั้งหมดจะเป็นคำตอบที่เป็นไปได้ เนื่องจากในการสร้างสตริงจะพิจารณาถึงลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลังของงานประกอบด้วย โดยอาศัยเครื่องมือที่เรียกว่าPrecedence Matrix
- **การประเมินผล** สตริงคำตอบเบื้องต้นจะนำมาทำการประเมินผล เริ่มจากการจัดขั้นงานลงสถานีงานในลักษณะสายการประกอบตัวยู โดยใช้วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือก 4 วิธี คือ 1. Longest Processing Time 2. Greatest Weight Priority 3. Random Priority และ4. Greatest Number of Successors
- **วิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด** เป็นการกำหนดค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นให้กับสตริงคำตอบ จะใช้วิธี Non-dominated Sorting
- **วิธีกำหนดความหนาแน่นของประชากรคำตอบ** เป็นวิธีในการรักษาความหลากหลายให้กับสมาชิกคำตอบ หรือแบ่งปันค่าความแข็งแรง หรือกำหนดความหนาแน่น เพื่อทำให้เกิดกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดและป้องกันการเกิดคำตอบเกาะกลุ่มบริเวณใดบริเวณหนึ่ง จะใช้วิธีการเช่นเดียวกับเจนนาติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II คือวิธีการ Crowding Distance
- **การคัดเลือกสตริงคำตอบ** การคัดเลือกสตริงคำตอบ(Selection String) เป็นการคัดเลือกสตริงคำตอบที่มีความแข็งแรงสูงที่สุดหรือเป็นสตริงคำตอบที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด (Good Solution) และเลือกสตริงคำตอบที่มีความแข็งแรงน้อยที่สุดหรือเป็นสตริงคำตอบที่ให้คำตอบที่แย่ที่สุด (Bad Solution) เพื่อไปทำการปรับปรุงตารางความน่าจะเป็นทั้งสองตารางโดยจะเลือกสตริงคำตอบจากค่าความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อนำไปปรับปรุงตารางจำนวน 3 ค่า คือ 0.1 0.125 และ 0.15 จากสตริงคำตอบทั้งหมด
- **ปรับปรุงค่าความน่าจะเป็นในตารางความน่าจะเป็น** สตริงคำตอบที่ถูกเลือกเป็นสตริงคำตอบที่ทำให้ได้คำตอบที่ดี(Good Solution) จะทำการให้รางวัล (Reward) กับคู่ลำดับของงาน และ สตริงคำตอบที่ทำให้ได้คำตอบที่แย่ (Bad Solution) จะมีการลงโทษ (Punish) กับ

คู่ลำดับของงาน ค่าความน่าจะเป็นในให้รางวัล (Reward) และลงโทษคู่ลำดับ (Punish) ในงานวิจัยนี้จะมีค่าเท่ากับ 0.1 เมื่อขนาดปัญหา 19 และ 36 ขั้นงาน มีค่าเท่ากับ 0.20 เมื่อขนาดปัญหา 61 และ 111 ขั้นงาน

- **การเก็บค่าที่ดีที่สุด** เป็นเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ทำการเก็บคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution และทำการปรับปรุง(Update) สตริงคำตอบใหม่ในสถานที่เก็บคำตอบเท่ากับ *popsize* ตัว ด้วยการย้ายสตริงคำตอบที่ดีที่สุดตัวเดิมออกไป และเพิ่มสตริงคำตอบที่ดีที่สุดใหม่เข้ามา

- **หยุดกระบวนอัลกอริทึมการบรรจวบ** เป็นการหยุดกระบวนการในส่วนการคำนวณโดยวิธีอัลกอริทึมการบรรจวบและนำสตริงคำตอบที่ได้ส่งต่อกระบวนการเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II (M-NSGA-II)

- **การครอสโอเวอร์** การครอสโอเวอร์เป็นการแลกเปลี่ยนบางส่วนของสตริงคำตอบระหว่างสตริงคำตอบสองตัว สตริงจะถูกเลือกมาด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เพื่อนำมาจับคู่และทำการครอสโอเวอร์ตามวิธี Weight mapping crossover (WMX)

- **การมิวเตชั่น** เป็นการสับเปลี่ยนบางตำแหน่งภายในสตริงคำตอบตัวเดียวเพื่อป้องกันไม่ให้คำตอบติดอยู่ในค่า Local Optimal Solution วิธีมิวเตชั่นที่ใช้คือวิธี Reciprocal Exchange Mutation

- **การค้นหาเฉพาะที่** เป็นการใช้ในการปรับปรุงคุณภาพคำตอบ โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการค้นหาเฉพาะที่ 2 วิธีคือ 1. Pairwise Interchange และ 2. วิธี Insertion Procedure ในการนำการค้นหาเฉพาะที่ที่ใช้จะมีลักษณะการค้นหาปบบปรับปรุงคำตอบครั้งแรก (First Improvement) เพื่อช่วยลดเวลาในการคำนวณซึ่งถือว่าเป็นข้อด้วยของวิธีการค้นหาเฉพาะที่

- **จำนวนเจนเนอเรชั่นของการคำนวณ** M-NSGA-II เป็นการกำหนดจำนวนรอบในการคำนวณในอัลกอริทึมเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในงานวิจัยนี้จะมีจำนวนทั้งหมด 4 แบบคือ ร้อยละ 1. 20 รอบ 2. 40 รอบ 3. 60 รอบและ 4. 80 รอบของจำนวนเจนเนอเรชั่นในปัญหาการทดลอง

10.1.3 การทดสอบพารามิเตอร์

ในแต่ละอัลกอริทึมจะมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายค่า จึงต้องทำการทดสอบพารามิเตอร์เพื่อพิจารณาว่าพารามิเตอร์ตัวใดที่เหมาะสมและส่งผลต่อประสิทธิภาพในการหาคำตอบของวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II อัลกอริทึมการบรรจวบ อัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเจนนาติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II และอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึม

แบบ NSGA-II การทดลองแบบ Full Factorial Design จำนวน 16 การทดลองตามขนาดของปัญหาตัวอย่างทั้ง 4 ปัญหา มีปัจจัยที่พิจารณาของอัลกอริทึมทั้ง 4 อัลกอริทึมทั้งหมดคือ วิธีฮิวริกติกในการคัดเลือกงาน ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตารางวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชั่น จำนวนเจนเนอเรชั่น NSGA-II และจำนวนเจนเนอเรชั่น M-NSGA-II ซึ่งจำนวนทำซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2

10.1.4 ผลการใช้อัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II แก้ปัญหาสายงานการประกอบลักษณะตัวยู ที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ผสม

ในการแก้ปัญหาตัวอย่าง โดยอาศัยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทุกอัลกอริทึม พบว่าวิธีการเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II มีประสิทธิภาพสูงสุดในการแก้ไขปัญหาขนาดปัญหา 19 และ 36 ขั้นงาน และวิธีอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการแก้ไขปัญหาขนาดปัญหา 61 และ 111 ขั้นงาน และพบว่าปัญหาที่มีขนาดใหญ่ 61 และ 111 ขั้นงาน วิธีอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II ทั้งสองปัญหาสามารถลดจำนวนสถานีงานลงได้จำนวน 1 สถานีงาน เมื่อเทียบกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II โดยเฉพาะปัญหาขั้นงาน 111 ขั้นงาน วิธีอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับ M-NSGA-II สามารถหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของจำนวนสถานีงานเท่ากับ 15 สถานีงาน (School, 1999)

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีอัลกอริทึมการบรรจวบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยู ที่ทำการผลิตภัณฑ์ผสมขนาดปัญหา 61 และ 111 ขั้นงานได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพ

10.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากในปัจจุบันสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมนั้นส่วนใหญ่จะมีการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์โดยใช้สายพานลำเลียง ดังนั้นจึงน่าจะมีการขยายขอบเขตในการทำ Line Balancing โดยมีการพิจารณาการจัดลำดับของผลิตภัณฑ์ (Model Sequencing) ควบคู่ไปด้วย
2. โปรแกรม MATLAB ที่ใช้ไม่สามารถสร้าง User Interface ที่ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นอาจมีการพัฒนาโดยการใช้โปรแกรมอื่นสร้าง User Interface แล้วค่อยนำมาเชื่อมต่อกับโปรแกรม MATLAB ที่เขียนขึ้น

3. เนื่องในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมซึ่งเป็นสายการประกอบที่ผลิตสินค้าต่างชนิดๆพร้อมกันในสายการผลิตเดียว ในขั้นตอนของการหาเวลาทำงานรวมและการสร้างแผนภาพความสัมพันธ์ก่อนหลังรวมของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด เป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากหากเกิดความผิดพลาดจะส่งผลต่อการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นของอัลกอริทึม และส่งผลต่อคำตอบที่ได้อีกด้วย
4. อัลกอริทึมการบรรจวบยังมีข้อเสียในเรื่องการหลงทางในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสม ดังนั้นบางครั้งคำตอบที่ได้อาจจะไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากขึ้นอยู่กับการสุ่มเลือกโดยใช้ความน่าจะเป็น ซึ่งอาจจะมีวิธีที่เหมาะสมที่จะนำมาพัฒนารวมกับอัลกอริทึมการบรรจวบเพื่อไม่ให้เกิดการหลงทางในการค้นหาคำตอบ
5. ลักษณะปัญหาของงานวิจัยนี้ เป็นการจัดสมดุลสายการประกอบซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุด เพื่อให้งานมีความสัมพันธ์ในสถานีงานทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันมากขึ้น และเพื่อให้มีเวลาในแต่ละสถานีงานมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด เพื่อตอบสนองกับการทำงานแบบทันเวลาพอดี แต่ในความเป็นจริงยังมีวัตถุประสงค์ในการจักสมดุลสายการประกอบในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองในระบบการทำงานแบบทันเวลาพอดี ดังนั้นในการนำโปรแกรมนี้ไปใช้จึงต้องมีเงื่อนไขต่างๆ กำหนดขึ้นเฉพาะวัตถุประสงค์ และสภาพแวดล้อมต่างๆที่พิจารณา