บทที่ 11
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยทั้งหมดโดยสรุป และมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยนี้ในตอนท้ายของบท

11.1 สรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงเจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ (MOGA) ที่จะนำมาใช้กับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบอย่างง่ายแบบ SMD หรือเป็นปัญหาการจัดขั้นงานให้กับสถานีทำงานเพื่อให้ค่าวัตถุประสงค์ที่สนใจมีค่าดีที่สุด โดยไม่ขัดกับหลักความสัมพันธ์ก่อนหลังของงาน วัตถุประสงค์ในการจัดของปัญหามี 3 ประการคือเพื่อเวลาว่างงานรวมน้อยที่สุด เพื่อให้รอบเวลาการผลิตต่ำที่สุดและเพื่อให้ความแปรปรวนของภาระงานต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัญหาที่พิจารณาเป็นแบบ SMD ซึ่งมีเวลาทำงานแต่ละขั้นงานคงที่ จึงสามารถเปลี่ยนวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้เวลาว่างงานรวมน้อยที่สุดเป็นการจัดเพื่อให้รอบเวลาการผลิตต่ำที่สุดได้ งานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ การพัฒนาเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบวัตถุประสงค์เดียว และการพัฒนาเจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์สำหรับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่พิจารณาหลายวัตถุประสงค์ในการจัดพร้อมๆกัน

11.1.1 เจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบวัตถุประสงค์เดียว

ในตอนเริ่มต้น จะทำการพัฒนาเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อใช้สำหรับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบวัตถุประสงค์เดียว ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบดูว่า GAs สามารถนำมาใช้จัดการกับปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ และเพื่อเก็บค่า Measure of Performance ต่างๆที่จะนำไปใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากวิธี MOGA ที่เสนอ

เจเนติกอัลกอริทึมแบบวัตถุประสงค์เดียว (SGA) ที่เสนอมีวิธีการโดยสรุปดังนี้คือ

- **การสร้างประชากรเบื้องต้น** คำตอบเบื้องต้นจำนวนหนึ่งจะถูกนำมาใส่รหัสโดยวิธี Sequence-oriented Representation ให้กลายเป็นสตริงคำตอบจำนวน สตริงคำตอบเบื้องต้นที่ได้จะสามารถรับประกันได้ว่าเป็นสตริงคำตอบที่เป็นไปได้ เนื่องจากในการสร้างสตริงจะมีการพิจารณาลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลังของงานประกอบด้วย โดยอาศัยเครื่องมือที่เรียกว่า Precedence Metrix

- **การรีโปรดักชั่น** ประกอบไปด้วยการถอดรหัส การประเมินค่า และการคัดเลือก

  การถอดรหัส เป็นการนำขั้นงานในสตริงคำตอบมาจัดให้กับสถานีทำงานทีละสถานี โดยใช้รอบเวลาการผลิตที่กำหนดเป็นตัวบอกถึงความสามารถสูงสุดของแต่ละสถานี

  การประเมินค่า เป็นการนำผลการจัดงานให้กับสถานีทำงานมาคำนวณหาค่าวัตถุประสงค์ที่สนใจ (ในที่นี้คือค่าความแปรปรวนของภาระงาน) เพื่อดูว่าสตริงคำตอบตัวใดที่มีความเหมาะสมมากกว่า

  การคัดเลือก เป็นการคัดเลือกสตริงตามทฤษฎีการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต สตริงที่มีความเหมาะสมมากกว่าจะผ่านเข้าไปในกระบวนการถัดไปของ GAs วิธีการคัดเลือกที่ใช้คือวิธี Tournament Selection ซึ่งจะสุ่มสตริงคำตอบมา 2 ตัวแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน สตริงตัวที่มีความเหมาะสมมากกว่าจะถูกเลือกไป

- **การครอสโอเวอร์** การครอสโอเวอร์เป็นการแลกเปลี่ยนบางส่วนของสตริงคำตอบระหว่างสตริงคำตอบสองตัว สตริงจะถูกเลือกมาด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เพื่อนำมาจับคู่และทำการครอสโอเวอร์ตามวิธีต่างๆ ในที่นี้มี 6 วิธี คือ MOX PMX CX OX PBX และ OBX ทุกวิธียกเว้นวิธีแรกต้องมีการซ่อมแซมคำตอบที่ได้หลังการครอสโอเวอร์เพื่อให้ได้สตริงคำตอบที่เป็นไปได้

- **การมิวเตชั่น** เป็นการสับเปลี่ยนบางตำแหน่งภายในสตริงคำตอบตัวเดียวเพื่อป้องกันไม่ให้คำตอบที่ได้ติดอยู่ในค่า Local Optima วิธีมิวเตชั่นที่ใช้คือวิธี Random sequence Mutation

- **เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด** เป็นเทคนิคที่นำมาใช้เพื่อรักษาคำตอบที่ดีให้คงอยู่ต่อไปในเจนเนอเรชั่นหน้า

11.1.2 การทดสอบพารามิเตอร์ของ GAs

ในกระบวนการของ GAs มีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายค่า จึงต้องมีการทดสอบเพื่อดูว่าพารามิเตอร์ตัวใดที่มีผลต่อ GAs และเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม การทดสอบจะใช้การทดลองแบบ Full Factorial Design ซึ่งมีปัจจัยที่พิจารณาคือ จำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์ผลด้วย ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 0.95 จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อ GAs คือ จำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่านั้น และได้เสนอค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละขนาดปัญหาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำ GAs ไปใช้งาน

11.1.3 ผลการใช้ GAs แก้ปัญหา

จากการทดลองนำ GAs ไปใช้แก้ปัญหาตัวอย่าง โดยอาศัยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ จะได้ว่าแนวโน้มของผลลัพธ์ที่ได้จะสอดคล้องกับทฤษฎีของ GAs ทั่วๆไป คือในตอนแรกๆค่าจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อเวลาผ่านไปสักระยะ ค่าจะลู่เข้าสู่ค่าๆหนึ่งและคงที่จนกว่าจะถึงเงื่อนไขในการหยุด เมื่อนำคำตอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้จาก COMSOAL จะได้ว่าถึงแม้จะมีค่า Measure of Performance บางตัวในบางปัญหาที่ COMSOAL ให้ค่าที่ดีกว่า แต่โดยส่วนมากแล้วคำตอบจาก GAs จะให้ค่าวัตถุประสงค์ที่พิจารณาดีกว่า COMSOAL และให้ค่า Measure of Performance ต่างๆที่ดีกว่าหรือดีเท่ากับ COMSOAL ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า GAs สามารถนำมาใช้จัดการกับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบวัตถุประสงค์เดียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

11.1.4 เจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์สำหรับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่พิจารณาหลายวัตถุประสงค์

การพัฒนาเจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์สำหรับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่พิจารณาหลายวัตถุประสงค์เป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ แต่โครงสร้างหลักของวิธีการจะเหมือน SGA แตกต่างกันเพียงการรีโปรดักชั่นและเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด

- **การรีโปรดักชั่น** การรีโปรดักชั่นของ MOGA จะแตกต่างจาก SGA ทั้งในส่วนของการถอดรหัส การประเมินค่า และการคัดเลือก

  การถอดรหัส ในขั้นตอนการถอดรหัส ต้องมีการสุ่มจำนวนสถานีทำงานขึ้นมาเพื่อใช้หารอบเวลาการผลิตที่จะนำไปใช้กำหนดเป็นความสามารถสูงสุดของสถานีทำงานเสียก่อน แล้วจึงค่อยนำงานมาจัดลงสถานีทำงานตามลำดับ

  การประเมินค่า เนื่องจากมีวัตถุประสงค์ที่ต้องพิจารณาพร้อมกันหลายอย่าง ดังนั้นความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัวต้องดูจากค่าวัตถุประสงค์รวม ซึ่งหาได้จากการนำเอาวัตถุประสงค์ทั้งหมดมารวมกันแบบคิดน้ำหนัก

  การคัดเลือก ใช้การคัดเลือกแบบ Roullette Wheel Selection ซึ่งจะสุ่มสตริงจากวงล้อรูเล็ดขึ้นมา

- **เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด** จะแตกต่างจากเดิมเล็กน้อยคือจะเก็บค่าที่ดีที่สุด 4 ค่าตามเกณฑ์การพิจารณาต่างๆคือ จะเก็บสตริงคำตอบที่มีค่าวัตถุประสงค์รวมสูงที่สุด 1 ค่า และเก็บสตริงคำตอบที่ให้ค่าวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุดอีกวัตถุประสงค์ละ 1 ค่า Priority ในการเก็บจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่ให้กับแต่ละวัตถุประสงค์โดยที่ค่าวัตถุประสงค์รวมจะมี Priority สูงที่สุด การเก็บค่าจะทำภายหลังการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้น ภายหลังการครอสโอเวอร์ และภายหลังการมิวเตชั่น ทั้งนี้เพื่อช่วยรักษาคำตอบที่ดีให้คงอยู่ต่อไปถึงเจนเนอเรชั่นถัดไป

11.1.5 การทดสอบพารามิเตอร์ของ MOGA

ในกระบวนการของ MOGA ก็จะมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายค่าเช่นเดียวกับ GAs จึงต้องมีการทดสอบพารามิเตอร์เช่นเดียวกัน การทดลองที่ใช้จะมีรูปแบบเหมือนกับการทดลองของ GAs ทุกประการ ต่างกันเพียงค่าตอบสนองที่ใช้เท่านั้น

จากการวิเคราะห์ผลด้วย ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 0.95 จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อ MOGA คือ จำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น สำหรับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์จะมีผลกับปัญหาบางขนาดเท่านั้นเพราะการสร้างสตริงใหม่สำหรับปัญหา ALB จะขึ้นอยู่กับกระบวนการมิวเตชั่นมากกว่ากระบวนการครอสโอเวอร์ (Mapfaira & Byrne, 1999) นอกจากนี้ยังได้เสนอค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละขนาดปัญหาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำ MOGA ไปใช้งาน

11.1.6 ผลการใช้ MOGA แก้ปัญหา

จากการทดลองนำ MOGA ไปใช้แก้ปัญหาตัวอย่าง โดยอาศัยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ จะได้ว่าค่าวัตถุประสงค์รวมจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และจะลู่เข้าหาค่าๆหนึ่งและคงที่จนกว่าจะหยุด เมื่อแยกพิจารณาทีละวัตถุประสงค์จะได้ว่าบางวัตถุประสงค์จะคงที่ บางวัตถุประสงค์จะลดลง และบางครั้งค่าวัตถุประสงค์จะขึ้นๆลงๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากบางวัตถุประสงค์มีความขัดแย้งกัน จึงต้องหาค่าที่เป็นการ tradeoff ระหว่างหลายวัตถุประสงค์ดังกล่าว

การเปรียบเทียบ MOGA กับ SGA ชี้ให้เห็นว่า MOGA เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากกว่า SGA ทั้งในด้านความสามารถในการให้คำตอบที่ดีกว่า และสามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าเพราะ MOGA ทำงานภายใต้ข้อจำกัดที่มากกว่า ดังนั้นคำตอบที่เป็นไปได้จึงมีน้อยลง ส่งผลให้ระยะเวลาในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดน้อยลงไปด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ การเปรียบเทียบ MOGA กับ COMSOAL ในขนาดปัญหาที่ SGA ไม่สามารถให้คำตอบที่ดีกว่า COMSOAL ได้ในทุกด้าน แสดงให้เห็นว่า MOGA สามารถให้คำตอบที่ดีกว่า COMSOAL ได้ ซึ่งสิ่งนี้เป็นเครื่องช่วยพิสูจน์ว่า MOGA มีประสิทธิภาพเหนือกว่า SGA

โดยสรุปแล้ว เจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์สามารถนำมาใช้จัดการกับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบได้ดี แต่เนื่องจาก MOGA มีความเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์หลายตัว จึงต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อให้ MOGA มีประสิทธิภาพมากที่สุด

11.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการใช้งานจริงจำเป็นต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับปัญหาเสียก่อน โดยอาจนำเอาวิธีทดสอบ และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่เสนอในงานวิจัยไปใช้เป็นแนวทางได้
2. ในปัจจุบัน สายงานการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมเริ่มมีความสำคัญและมีการใช้งานมากขึ้น ดังนั้นจึงน่าจะมีการขยายขอบเขตการวิจัยไปสู่การประยุกต์เจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์สำหรับสายงานการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม
3. ปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่พิจารณาเป็นแบบ SMD อย่างง่ายเท่านั้น อาจมีการพัฒนาวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหารูปแบบอื่นๆด้วย
4. อาจมีการนำเทคนิคทาง Decision Analysis เช่น AHP มาใช้ประกอบเพื่อช่วยในการกำหนดน้ำหนักให้กับวัตถุประสงค์ต่างๆเพื่อให้ตรงกับความรู้สึกของผู้ออกแบบมากที่สุด

5. โปรแกรม MATLAB ที่ใช้ไม่สามารถสร้าง User Interface ที่ใช้งานง่ายได้ ดังนั้นอาจมีการพัฒนาโดยการใช้โปรแกรมอื่นสร้าง User Interface แล้วค่อยนำมาเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรม MATLAB ที่เขียนขึ้น
6. ในการหาคำตอบด้วยเจเนติกอัลกอริทึม กระบวนการ Initialization นับว่าเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างมาก ถ้าหากสตริงคำตอบเบื้องต้นที่สร้างเป็นสตริงที่ดีก็จะทำให้การหาคำตอบทำได้รวดเร็วและได้ผลที่ดี ดังนั้นในการนำ GAs มาใช้งานควรระมัดระวังในการกำหนดวิธี Initialization เพื่อให้สามารถสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นที่ดีได้
7. ลักษณะปัญหาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ กำหนดให้เวลาทำงานของขั้นงานต่างๆคงที่ และเวลาการทำงานมาตรฐานจะถูกกำหนดจากเวลาการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งในความเป็นจริงแล้วสายงานการประกอบที่พบในประเทศไทย มักมีเวลาการทำงานของขั้นงานที่แปรปรวน และขึ้นอยู่กับเวลาในการทำงานของคนงาน ดังนั้นงานวิจัยในอนาคต จึงควรทำการพัฒนาวิธีการสำหรับจัดการกับปัญหาที่มีเวลาการทำงานของขั้นงานแบบไม่คงที่ แต่อย่างไรก็ตามการยอมให้เวลาทำงาน ซึ่งเป็นข้อมูลเข้าที่สำคัญมากตัวหนึ่งสำหรับวิธีการของ GAs ที่ใช้มีความแปรปรวนตลอดเวลา อาจทำให้วิธีการมีความยุ่งยากซับซ้อนมาก ดังนั้น วิธีหนึ่งที่เป็นไปได้ คือ การจับเวลาการทำงานของคนงานในแต่ละขั้นงานหลายๆครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปใช้เป็นเวลาทำงานมาตรฐาน โดยทั้งนี้จะต้องหาทางจัดการกับค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นด้วย
8. การถอดรหัสโดยการนำขั้นงานในสตริงคำตอบมาจัดให้กับสถานีทำงานตามลำดับ ทำให้เกิดความขัดแย้งกับลักษณะปัญหาที่เป็นสายงานการประกอบแบบ Machine Dominate ทั้งนี้เนื่องจาก ในความเป็นจริงแล้ว กลุ่มงานที่ถูกนำมาจัดให้กับสถานีทำงานหนึ่งๆ อาจมีบางงานที่ไม่สามารถทำบนเครื่องจักรที่อยู่ในสถานีทำงานนั้นได้ แต่อย่างไรก็ตามการถอดรหัสและวิธีการที่สร้างขึ้นยังคงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและให้ผลดีในกรณีที่เป็นสายงานการประกอบแบบ Machine Dominate ที่เครื่องจักรมีความยืดหยุ่นสูง