บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การจัดสมดุลของสายงานการประกอบ (Assembly Line Balancing) เป็นปัญหาที่มีความสำคัญอย่างมากในระบบการผลิตแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากในระบบสายงานการประกอบจะประกอบด้วยงาน (Work Element) ต่างๆที่ต้องนำมารวมกลุ่มกันและจัดให้กับสถานีทำงานแต่ละสถานี แต่เนื่องจากงานแต่ละงานใช้เวลาในการทำงานไม่เท่ากัน เมื่อนำมารวมกลุ่มและจัดให้แต่ละสถานีทำงาน จึงทำให้เวลาทำงานในแต่ละสถานีไม่เท่ากัน ส่งผลให้เกิดความไม่ต่อเนื่องในระบบการผลิต ดังนั้นจึงต้องมีการแก้ปัญหาการจัดกลุ่มและมอบหมายงานดังกล่าวเพื่อให้ได้สายงานการประกอบที่มีประสิทธิภาพที่สุด (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2541)

ลักษณะปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบนี้เป็นปัญหา NP-Hard แบบ Combinatorial Optimization (Boh, 1996) ซึ่งหมายถึงปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบยาวนานและเวลาในการหาคำตอบจะเพิ่มมากขึ้นเป็นแบบเอ็กซโปเนเชียลเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น สมมติว่ามีงานอยู่ N ขั้น ในกรณีที่ไม่มีการกำหนดลำดับก่อนหลังของขั้นงาน จะสามารถจัดลำดับขั้นงานได้ N! แบบ แต่เนื่องจากงานบางขั้นถูกกำหนดลำดับ ก่อนหลังงานขั้นอื่นๆไว้ จำนวนการจัดจะลดลงเหลือ $(N!)/(2^r)$ โดย r เป็นจำนวนของการกำหนดลำดับก่อนหลังของงาน 2 ขั้น (Precedence Relationships) จะเห็นได้ว่า ถึงแม้การพิจารณาความสัมพันธ์ก่อนหลังของงานจะทำให้วิธีการจัดลดลง แต่ในขณะเดียวกันก็เพิ่มความยุ่งยากในการจัดให้มากขึ้นด้วย ในอดีตนั้นผลิตภัณฑ์ต่างๆยังมีขั้นตอนการผลิตที่ไม่ยากมากนัก ดังนั้นปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบจึงเป็นปัญหาที่ไม่มีความซับซ้อนมากเท่าไรนักและจัดว่าเป็นปัญหาที่มีขนาดเล็ก การแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าต่ำสุดของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธี Linear Programming, Dynamic Programming Approach หรือใช้วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดโดยวิธีทางฮิวริสติกวิธีต่างๆ เช่นวิธี Ranked Positional Weight หรือวิธีของ Kilbridge และ Wester นอกจากนี้ยังมีการนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา โดยมีการพัฒนาและนำเสนอซอฟต์แวร์หลายตัวเข้ามาใช้ เช่น COMSOAL, QS ซึ่งทำให้การแก้ปัญหาทำได้ง่ายขึ้นในระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามเมื่ออุตสาหกรรมมีการพัฒนามากขึ้นส่งผลให้มีการออกแบบผลิตภัณฑ์มีรูปแบบที่ซับซ้อนมากขึ้น ทำให้ปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น ขั้นตอนการทำงานก็เพิ่มมากขึ้น การคำนวณโดยใช้วิธีการแบบเดิมจึงทำได้ยากและใช้เวลานานมาก (Yogathasan, 1996)

โดยปกติแล้ว วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบที่มีอยู่มักเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ตอบสนองวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงวัตถุประสงค์เดียวเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้ว การจัดสมดุลสายงานการประกอบในโรงงานต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบและวัตถุประสงค์อีกหลายๆอย่าง ดังนั้นถ้าหากมีการพิจารณาปัญหาดังกล่าวให้อยู่ในรูปของ ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Assembly Line Balancing) ก็จะทำให้ผลการแก้ปัญหาที่ได้มีความเหมาะสมกับระบบงานจริงมากขึ้น แต่สิ่งที่ตามมาก็คือความยุ่งยากและซับซ้อนของปัญหา ซึ่งถ้าหากใช้วิธีแบบเดิมในการแก้ปัญหาก็จะทำให้ต้องใช้เวลานานกว่าจะสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ จึงควรมีการพัฒนาวิธีการใหม่ขึ้นมาใช้แทน

ในปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการแก้ปัญหาในโรงงานอุตสาหกรรมหลายๆอย่างเนื่องจากสามารถใช้จัดการกับปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนได้ดี จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs) เป็นวิธีการของ AI อีกวิธีหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้กับปัญหาในโรงงานที่เป็นปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุด เช่น การจัดลำดับงาน การวางผังโรงงาน ฯลฯ ได้เป็นอย่างดี

เจเนติกอัลกอริทึม (Holland, 1975) เป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) และกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection) โดยการคัดเลือกสตริง (String) ที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่ม และนำสตริงเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกที่เลียนแบบกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติเพื่อหาสตริงที่มีความเหมาะสมในการอยู่รอด ซึ่งสตริงที่มีความเหมาะสมนี้คือคำตอบที่ดีที่สุด หรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด

ปัจจุบันเริ่มมีการวิจัยและนำ GAs มาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ แต่โดยส่วนมากแล้ว งานวิจัยเหล่านี้มักพิจารณาวัตถุประสงค์ของการจัดสมดุลสายงานการประกอบเพียงวัตถุประสงค์เดียวเท่านั้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ขยายขอบเขตของการพัฒนาไปสู่ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์ โดยนำเอาฮิวริสติกมาช่วยในการหาคำตอบเบื้องต้น นอกจากนี้ยังทำการศึกษาถึงผลของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการหาคำตอบของเจเนติกอัลกอริทึมด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับการออกแบบและจัดสมดุลของสายงานการประกอบ โดยนำเอาวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทำการศึกษาเฉพาะปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบของสายงานใหม่และการกำหนดงานให้กับสถานีทำงานต่างๆในสายงานการประกอบเท่านั้น
2. ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบที่ศึกษา เป็นการจัดกลุ่มงานให้แต่ละสถานีทำงานโดยมีวัตถุประสงค์ 3 ประการ เมื่อกำหนดรอบเวลาการผลิตมาให้ คือ

    - เพื่อให้มีจำนวนสถานีทำงานที่น้อยที่สุด
    - เพื่อให้เกิดเวลาว่างของแต่ละสถานีงานน้อยที่สุด
    - เพื่อให้แต่ละสถานีการทำงานมีภาระงานเท่าๆกัน

3. นำเอาวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ
4. พัฒนาโปรแกรมสำหรับใช้ในการออกแบบและจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่มีลักษณะของสายงานดังต่อไปนี้เท่านั้น

    - เป็นสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว (Single Model Assembly Line)
    - เป็นสายงานการประกอบที่มีระบบการผลิตแบบ Flow Shop
    - เป็นสายงานการประกอบที่มีลักษณะเป็นแบบ Machine Dominate ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละงานจะกำหนดเป็นเวลามาตรฐานตามเวลาทำงานของเครื่องจักร
    - เป็นสายงานการประกอบแบบอนุกรม คือแต่ละสถานีทำงานต่อเนื่องกันตามลำดับ ไม่มีสถานีที่ทำงานขนานกัน
    - เป็นสายงานการประกอบที่ไม่มีการจำกัดขนาด Buffer Size ของแต่ละสถานีทำงาน

5. การวัดผลจะใช้วิธี Simulation โดยคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำโดยการนำเอาวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ทดลองแก้ปัญหาตัวอย่างจำนวน 4 ปัญหา แล้วเปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับคำตอบที่ได้จากวิธีฮิวริสติก (COMSOAL) ซึ่งปัญหาทั้ง 4 ปัญหามีลักษณะดังนี้

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดของปัญหาตัวอย่างที่ใช้ในการวัดผล

ปัญหาที่	จำนวนงาน	เวลาทำงาน	ความสัมพันธ์ก่อน-หลัง	รอบเวลาการผลิต	จำนวนสถานีสูงสุดที่ยอมรับได้
1	11	กำหนด	กำหนด	10 นาที	7
2	31	กำหนด	กำหนด	100 วินาที	12
3	54	กำหนด	กำหนด	100 วินาที	15
4	สุ่มโดยคอมพิวเตอร์ ไม่เกิน 100 งาน	สุ่มโดย คอมพิวเตอร์	สุ่มโดย คอมพิวเตอร์	สุ่มโดย คอมพิวเตอร์	สุ่มโดย คอมพิวเตอร์

หมายเหตุ กำหนด หมายถึงเวลาทำงาน หรือความสัมพันธ์ก่อนหลังที่ของงานจะถูกกำหนดมาให้พร้อมกับปัญหานั้นๆอยู่แล้ว

1.4 ลักษณะของปัญหา

- ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นปัญหาการกำหนดงาน (Work Element) ให้กับสถานีทำงานต่างๆของสายงานการประกอบสายงานใหม่ ซึ่งยังไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ เครื่องจักรใดๆในสถานีการทำงาน ดังนั้นงานต่างๆจึงสามารถถูกจัดเข้าสถานีทำงานใดๆก็ได้ (ไม่มีข้อจำกัดของ Zoning Restriction)
- ข้อมูลเข้า (Input) ประกอบไปด้วย ขั้นการทำงาน (Work Element) เวลาทำงาน (Proceesing Time) ลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลังของขั้นการทำงาน (Precedence Relationships) และรอบเวลาการผลิต (Cycle Time)
- ทุกสถานีทำงานมีความสามารถในการทำงานเท่ากัน
- เวลาทำงานคงที่ ไม่ขึ้นกับลำดับการจัดงาน และไม่ขึ้นกับสถานีที่ทำงานนั้นๆ
- การจัดสมดุลสายการประกอบในที่นี้จะทำเพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ 3 ประการคือ

1) เพื่อให้มีจำนวนสถานีทำงาน (n) น้อยที่สุด ดังสมการที่ 1.1

$$[W/ct]^{+} \leq Mimimum\ n \leq \text{จำนวนสถานีสูงสุดที่ยอมรับได้} \qquad (1.1)$$

2) เพื่อให้เกิดเวลาว่างรวมน้อยที่สุด ดังสมการที่ 1.2

$$Minimize\ Total\ Idle\ Time = Minimize \sum_{i=1}^{n}(ct - Ti) \qquad (1.2)$$

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) เพื่อให้มีภาระงานในแต่ละสถานีเท่าๆกัน หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า เพื่อให้มีความแปรปรวนของภาระงานน้อยที่สุด ดังสมการที่ 1.3

$$Minimize\ wv \quad = \quad Minimize \ \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Ti-\left(\frac{W}{n}\right)\right)^2}{n} \qquad (1.3)$$

เมื่อ n = จำนวนสถานีทำงานที่น้อยที่สุดเป็นจำนวนเต็ม

W = Total Processing Time

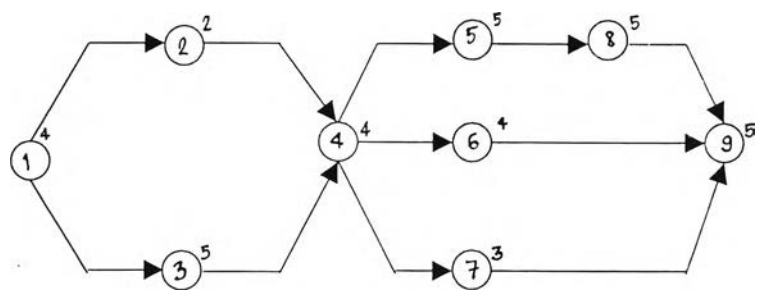
ct = Cycle Time ที่กำหนดให้

T_i = เวลาทำงานของสถานีที่ i

- ข้อกำหนดที่ต้องพิจารณาในการแก้ปัญหา มีดังนี้

- การกำหนดงานให้กับสถานีทำงานต้องไม่ขัดกับลำดับความสัมพันธ์ก่อน-หลังของงาน
- ในแต่ละสถานีทำงานสามารถทำงานได้หลายงาน แต่เวลารวมของการทำงานในสถานีทำงานนั้นๆต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิตที่กำหนดไว้
- งานหนึ่งๆต้องทำบนสถานีใดสถานีหนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถแยกงานไปทำคนละสถานีได้
- จำนวนสถานีทั้งหมดในสายงานการประกอบต้องไม่น้อยกว่าจำนวนสถานีทำงานที่น้อยที่สุดที่เป็นไปได้ และต้องไม่เกินจำนวนสถานีทำงานสูงสุดที่ยอมรับได้
- งานทุกงานต้องถูกจัดให้กับสถานีใดสถานีหนึ่งบนสายงานการประกอบ

ตัวอย่างปัญหา



รูปที่ 1.1 *ไดอะแกรมแสดงงาน เวลาทำงานและความสัมพันธ์ก่อนหลังของงาน*

รอบเวลาการผลิตที่ต้องการ = 10 นาที

จำนวนสถานีทำงานน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ = เวลาทำงานรวม/รอบเวลาการผลิต
= 37/10 = 4 สถานี

จำนวนสถานีงานมากที่สุดที่ยอมรับได้ = 5 สถานี

ผลการจัดสมดุลของสายงานการประกอบ

1. จำนวนสถานีงานที่ต้องการ = 4 สถานี
2. ประสิทธิภาพสายงานการประกอบ = 92.50%
3. เวลาว่างงานรวมของสายงานการประกอบ= 3 นาที
4. ความแปรปรวนของภาระงาน = 0.375
5. งานที่จัดให้แต่ละสถานี แสดงได้ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 *ผลการจัดสมดุลของสายงานการประกอบของปัญหาตัวอย่าง*

สถานีทำงานที่	งานที่ทำ	เวลารวมของสถานี	Idle Time
1	1,3	9	1
2	2,4,7	9	1
3	5,6	9	1
4	8,9	10	0

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาสำหรับแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์
2. ลดความยุ่งยากและระยะเวลาในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการจัดสมดุลสายงานการประกอบ
3. เป็นแนวทางในการตัดสินใจจัดสถานีการทำงาน และจัดระบบสายงานการประกอบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.6 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและเก็บข้อมูล
2. ศึกษาโปรแกรม Mat Lab
3. สร้าง Algorithm และเขียนโปรแกรม โดยใช้ Mat Lab
4. ทดสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้น
5. สรุปผลและวิเคราะห์
6. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.7 สรุปเนื้อหางานวิจัย

- **บทที่ 2** งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลของสายงานประกอบ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาต่างๆ ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาแบบวัตถุประสงค์เดียว และ การใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาที่มีหลาย วัตถุประสงค์ และ งานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมต่างๆ

- **บทที่ 3** ทฤษฎีเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม ทั้งในส่วนของทฤษฎีเบื้องต้นซึ่งเป็นพื้นฐานในนำ GAs ไปสู่การแก้ปัญหา Optimization และทฤษฎีของการพัฒนา GAs เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์ ตลอดจนถึงทฤษฎีของโอเปอร์เรเตอร์แบบต่างๆของ GAs และตัวอย่างการคำนวณ GAs อย่างง่าย

- **บทที่ 4** ปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบ กล่าวถึงลักษณะปัญหา รูปแบบของปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ขั้นตอนในการทำ ข้อมูลที่ต้องการ รวมทั้งวิธีฮิวริสติกที่ใช้ในการแก้ปัญหา และการประเมินประสิทธิภาพของการจัดสมดุล

- **บทที่ 5** เจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบวัตถุประสงค์เดียว กล่าวถึงวิธีการอย่างละเอียดของ GAs ที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้แต่ละสถานีการทำงานมีความแปรปรวนของภาระงานน้อยที่สุด รวมทั้งกล่าวถึงโอเปอร์เรเตอร์ต่างๆที่ใช้และวิธีการของโอเปอร์เตอร์นั้นๆ พร้อมทั้งแสดงขั้นตอนของการคำนวณอย่างละเอียดเพื่อทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

- **บทที่ 6** การทดสอบพารามิเตอร์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ GAs กล่าวถึงการทดลองตามหลักการของ Experimental Design แล้วทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้การวิเคราะห์ ANOVA และการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test เพื่อดูว่าพารามิเตอร์ตัวใดมีผลต่อวิธีการของ GAs ที่ใช้ และทำการหาว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมควรเป็นเท่าใด ทั้งนี้เพื่อเป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ GAs ที่เสนอ

- **บทที่ 7** การเปรียบเทียบคำตอบจาก GAs กับวิธีฮิวริสติก เป็นการนำพารามิเตอร์ที่ได้มาทดลองหาคำตอบของปัญหาตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากวิธี COMSOAL เพื่อดูว่าวิธีใดมีประสิทธิภาพมากกว่ากัน

- **บทที่ 8** เจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์ ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการอย่างละเอียดของ MOGA ที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีจำนวนสถานีทำงานน้อยที่สุด มีรอบเวลาการผลิตต่ำสุดและเพื่อให้แต่ละสถานีการทำงานมีความแปรปรวนของภาระงานน้อยที่สุด รวมทั้งกล่าวถึงโอเปอร์เรเดอร์ต่างๆที่ใช้และวิธีการของโอเปอร์เดอร์นั้นๆ พร้อมทั้งแสดงขั้นตอนของการคำนวณอย่างละเอียดเพื่อทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

- **บทที่ 9** การทดสอบพารามิเตอร์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ MOGA กล่าวถึงการทดลองตามหลักการของ Experimental Design แล้วทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้การวิเคราะห์ ANOVA และการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test เพื่อดูว่าพารามิเตอร์ตัวใดมีผลต่อวิธีการของ MOGA ที่ใช้ และทำการหาว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมควรเป็นเท่าใด ทั้งนี้เพื่อเป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ MOGA ที่เสนอ

- **บทที่ 10** การเปรียบเทียบคำตอบจาก MOGAs กับวิธี GAs เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึง การนำเอาวิธีการของ MOGA มาใช้หาคำตอบของปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์ทั้ง 4 ปัญหาตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการหาคำตอบด้วย GAs เพื่อดูว่าวิธีการหาคำตอบโดยพิจารณาปัญหาการจัดสมดุลเป็นแบบหลายวัตถุประสงค์จะให้ผลที่ดีกว่าการหาคำตอบโดยพิจารณาวัตถุประสงค์เดียวหรือไม่

- **บทที่ 11** สรุปและข้อเสนอแนะ กล่าวถึงงานวิจัยทั้งหมดนี้โดยสรุป และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ