# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาของปัญหา

ปัจจุบันการแข่งขันกันในระบบโรงงานอุตสาหกรรมมีสูง สินค้าแต่ละชนิดนอกจากจะต้องมีราคาที่เป็นที่น่าพอใจแล้ว ยังจะต้องมีการบริการที่น่าพอใจให้กับลูกค้าด้วย การตอบสนองลูกค้าด้วยการผลิตสินค้าที่รวดเร็วกว่าโรงงานคู่แข่งจึงทำให้ลูกค้าพอใจได้ในด้านการบริการ

การปรับตั้งเครื่องจักร (Setup Time) เป็นเวลาที่สูญเสียไปในระบบการผลิต โดยไม่ได้ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น จึงมีส่วนสำคัญที่ทำให้ต้นทุนของผลิตภัณฑ์นั้นเพิ่มขึ้น และยังอาจจะทำให้ความพึงพอใจของลูกค้าลดลงเนื่องจากการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ล่าช้า อีกทั้งยังอาจจะก่อให้เกิดของเสียขึ้นในกระบวนการผลิตจากการปรับตั้งเครื่องจักร เนื่องจากเวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละผลิตภัณฑ์นั้นจะประกอบไปด้วย เวลาที่ใช้ในการทำงานหรือผลิตผลิตภัณฑ์รวมกับ เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการผลิต (ในที่นี้รวมถึงเวลาในการเดินเครื่องจักรเพื่อเตรียมความพร้อมและเวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์แล้วเกิดของเสียอันเนื่องมาจากเครื่องจักรยังไม่พร้อมทำงาน) ซึ่งในผลิตภัณฑ์บางชนิดการปรับตั้งเครื่องจักรในแต่ละครั้งจะขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ทำอยู่ก่อนหน้านั้นด้วย (Dependence Setup Time) ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการผลิตสีย้อมผ้า สีทาบ้าน น้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น โดยส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ได้กล่าวมา มักจะทำการผลิตบนเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว (Single Machine) ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการล่าช้าเนื่องจากการรอการผลิตจากการปรับตั้งเครื่องจักรที่ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตก่อนหน้าผลิตภัณฑ์ชนิดนั้น

ลักษณะปัญหาการจัดตารางการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีเวลาของการปรับตั้งเครื่องขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าเป็นปัญหา NP-Hard แบบ Combinatorial Optimization (Boh, 1996) หมายถึงปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบยาวนานและเวลาในการหาคำตอบจะเพิ่มมากขึ้นเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียลเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังสามารถหาคำตอบสำหรับปัญหาในลักษณะได้หลายคำตอบ สมมติว่าในกระบวนการผลิตมีจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น n ผลิตภัณฑ์ ในกรณีของปัญหาการจัดตารางการผลิตที่ไม่ทำการผลิตแบบเป็นรอบ (Cyclic) จำนวนของ

คำตอบที่สามารถจะเป็นไปได้จะมีค่าเท่ากับ n! (n Factorials) คำตอบ แต่เนื่องจากการวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีเวลาของการปรับตั้งเครื่องขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้ามีการทำการผลิตแบบเป็นรอบ จึงทำให้จำนวนของคำตอบที่เป็นไปได้ลดลงเหลือ (n-1)! ซึ่งถ้าผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิตนั้นมีจำนวนไม่มาก ก็จะใช้เวลาในการหาคำตอบของปัญหาไม่นานนัก หากผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิตนั้นมีจำนวนมาก คำตอบที่ดีที่สุดนั้นอาจจะต้องใช้เวลาในการหาคำตอบที่ยาวนาน อย่างไรก็ดีการปรับตั้งเครื่องจักรในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดอาจจะใช้เวลามากน้อยไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ที่อยู่ก่อนหน้าผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิตด้วย

การแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยวิธีการคณิตศาสตร์ คือ วิธีฮิวริสติก (Heuristic) โดยใช้ทฤษฎีของ Traveling Salesman Problems เป็นวิธีการที่นิยมในการหาคำตอบจากปัญหาในลักษณะนี้มากที่สุด แต่ในการที่จะได้มาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงที่สุดนั้น จำเป็นที่จะต้องใช้ต้นทุนในการหาคำตอบที่ค่อนข้างสูงและระยะเวลาที่ยาวนาน

ในปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการแก้ปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อนต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs) เป็นวิธีการของ AI อีกวิธีหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้กับปัญหาในโรงงานที่เป็นปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุด เช่น การวางผังโรงงาน การจัดลำดับงาน การวางแผนการผลิต ฯลฯ ได้เป็นอย่างดี

เจนเนติกอัลกอริทึม (Holland, 1975) เป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) และกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetic Selection) โดยการคัดเลือกสตริง (String) ที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่ม และนำสตริงเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกที่เลียนแบบกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติเพื่อหาสตริงที่มีความเหมาะสมในการอยู่รอด ซึ่งสตริงที่มีความเหมาะสมนี้คือคำตอบที่ดีที่สุด หรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด

แม้ปัจจุบันเริ่มมีการนำ GAs เข้ามาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีเวลาของการปรับตั้งเครื่องขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า แต่ส่วนใหญ่มักจะใช้กับปัญหาของจัดตารางการผลิตที่มีเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรคงที่ในการทำการปรับตั้งแต่ละครั้ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาในด้านของการจัดตารางการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีเวลาในการปรับตั้งเครื่องขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า โดยในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละครั้งนั้นจะไม่สามารถบอกได้ว่าจะใช้เวลาในการทำการปรับตั้งนานเท่าใด เพียงแต่สามารถที่จะกำหนดช่วงเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งได้อย่างคร่าวๆว่าควรจะมีเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรอยู่ในช่วงเวลาระหว่างเท่าใด หรือเรียกว่า เวลาในการปรับตั้งแบบฟัซซี่ (Fuzzy Dependence Setup Time) ซึ่งหากสามารถทำการลด

เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรที่มีลักษณะดังกล่าวได้ จะทำให้ใช้เวลาในการผลิตน้อยลง และยังสามารถที่จะลดของเสียในกระบวนการผลิตอันเนื่องมาจากการปรับตั้งเครื่องจักรได้อีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการนำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบสำหรับการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร ที่ระยะเวลาในการปรับตั้งมีลักษณะแบบฟัซซี่ และเป็นการปรับตั้งที่ขึ้นกับงานที่อยู่ก่อนหน้างานที่จะทำการผลิต โดยให้มีเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรในแต่ละรอบของการผลิตน้อยที่สุด และให้มีช่วงเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร (Range) น้อยที่สุด

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทำการศึกษาเฉพาะปัญหาการปรับตั้งเครื่องจักรใหม่ และจะมีเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่กำหนดให้กับเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเท่านั้น
2. เครื่องจักรที่พิจารณาจะมีกระบวนการผลิตแบบใช้เครื่องจักรเพียงเครื่องเดียวในการผลิต
3. ไม่พิจารณาในกรณีที่เครื่องจักรหยุดทำการผลิตเนื่องจากเครื่องจักรเสียหาย (Breakdown)
4. ในการปรับตั้งเครื่องจักรของผลิตภัณฑ์แต่ชนิดจะขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต
5. ลักษณะของการผลิตทั้งหมดจะเป็นแบบ Cyclic กล่าวคือ เมื่อทำการผลิตภัณฑ์ที่ 1 จนกระทั่งถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย จะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ 1 ใหม่ต่อไป และต้องทำการผลิตทุกผลิตภัณฑ์ในแต่ละรอบการผลิต
6. ปัญหาที่ทำการศึกษาการจัดตารางการผลิต จะมีเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ไม่เท่ากัน ซึ่งช่วงเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งจะมีเป็นลักษณะการกระจายความน่าจะเป็นแบบสามเหลี่ยม (Triangular Distribution) โดยมีวัตถุประสงค์คือ เลือกลำดับ (Sequence) ของผลิตภัณฑ์ในการผลิต ให้ใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรเฉลี่ยในแต่ละรอบของการผลิตที่น้อยที่สุด หากมีเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรเฉลี่ยในแต่ละรอบของการผลิตที่เท่ากัน จะพิจารณาเลือกลำดับของผลิตภัณฑ์ที่มีช่วงเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด
7. การทดสอบความถูกต้องและการประเมินผลของการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าโดยใช้วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม จะ

อยู่ในรูปเวลาเฉลี่ยของเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมและช่วงเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร (Mean and Range of Total Dependence Setup Time)

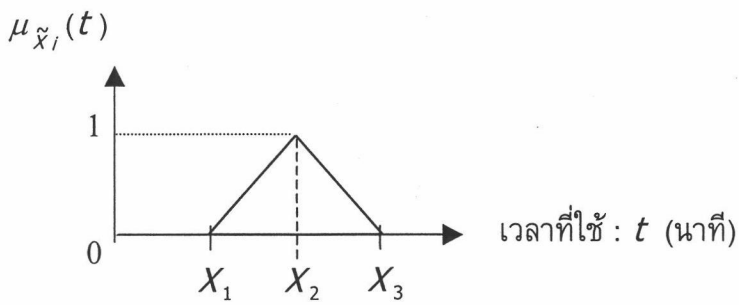
8. การวัดผลจะทำการวัดผลโดยใช้แบบจำลองที่เขียนขึ้นบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำโดยการนำเอาวิธีของเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ทดลองแก้ปัญหากรณีศึกษาจำนวน 3 กรณี โดยจะเป็นการหาระยะเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องน้อยที่สุดในแต่ละรอบโดยคอมพิวเตอร์แล้วเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีฮิวริสติก (Closet Unvisited City or CUC) ซึ่งทั้งสามกรณีนี้จะทำการสุ่มเวลาเฉลี่ย เวลาที่น้อยที่สุด และเวลาที่มากที่สุดของการปรับตั้งเครื่องจักรที่เป็นไปได้ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถทราบช่วงเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรได้คร่าว ๆโดยกรณีศึกษาทั้ง 3 ปัญหามีลักษณะดังตารางที่ 1.1

***ตารางที่ 1.1*** *แสดงรายละเอียดของปัญหากรณีศึกษาที่ใช้ในการวัดผล*

| กรณีศึกษาที่ | จำนวนผลิตภัณฑ์ | ลักษณะปัญหา | ลักษณะเครื่องจักร | ช่วงของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | Fuzzy dependence setup time | Single machine | สุ่มโดยคอมพิวเตอร์ |
| 2 | 20 | Fuzzy dependence setup time | Single machine | สุ่มโดยคอมพิวเตอร์ |
| 3 | 30 | Fuzzy dependence setup time | Single machine | สุ่มโดยคอมพิวเตอร์ |

## 1.4 ลักษณะของปัญหา

1. ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาในการปรับตั้งเครื่องขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าและเวลาในการปรับตั้งมีลักษณะแบบฟัซซี่ (Fuzzy Dependence Setup Time) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่กำหนดให้
2. มีข้อมูลเบื้องต้นในการจัดตารางการผลิต ได้แก่ ช่วงเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรเครื่อง (เวลาเฉลี่ย เวลาที่ใช้น้อยที่สุด และเวลาที่ใช้มากที่สุด)
3. เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรในแต่ละครั้งมีเวลาไม่คงที่ แต่จะอยู่ในช่วงเวลาที่กำหนดและขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตก่อนหน้า (Membership Function) ดังรูปที่ 1.1




***รูปที่ 1.1*** *แสดงเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร*

ค่าของเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมได้มาจากการนำเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรของทุกผลิตภัณฑ์ที่ได้จัดตารางการผลิตไว้เรียบร้อยแล้วมารวมกัน ซึ่งจะได้ดังรูปที่ 1.1 และสมการที่ 1.1

$$\mu_{\tilde{X}_i}(t) = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อ } t = x_2 \\ f(t) & \text{เมื่อ } x_1 < t < x_3 \text{ แต่ } t \neq x_2 \\ 0 & \text{เมื่อ } t \leq x_1 \text{ หรือ } t \geq x_3 \end{cases} \qquad (1.1)$$

เมื่อ $\mu_{\tilde{X}_i}(t)$ คือ ค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร (Membership Function)

$f(t)$ คือ ฟังก์ชันของการเป็นสมาชิกของเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร ในที่นี้จะมีค่าเท่ากับ $\frac{t - x_1}{x_1 - x_2}$ ในกรณีที่ $x_1 < t < x_2$ และ $\frac{x_3 - t}{x_3 - x_2}$ ในกรณีที่ $x_2 < t < x_3$

$x_1$ คือ เวลารวมที่เป็นไปได้ต่ำที่สุดในการปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)

$x_2$ คือ เวลารวมที่เป็นไปได้โดยเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)

$x_3$ คือ เวลารวมที่เป็นไปได้สูงที่สุดในการปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)

4. ข้อกำหนดที่ใช้ในการพิจารณาในการแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีเวลาของการปรับตั้งเครื่องขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า และมีระยะเวลาที่มีลักษณะแบบฟัซซี่ มีดังนี้

- ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะต้องทำการผลิตต่อเนื่องกัน โดยไม่มีการหยุดทำการผลิตกลางคัน หรือเกิดการแทรกงาน (Preemption) ของผลิตภัณฑ์อื่น
- การผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆจะไม่เกิดเวลาว่าง (Idle Time) ในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดต่อไป
- การผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ จะไม่มีการกำหนดว่า ผลิตภัณฑ์ใดจำเป็นที่จะต้องทำการผลิตก่อนหรือหลังผลิตภัณฑ์ใด
- ผลิตภัณฑ์แต่ละผลิตภัณฑ์จะมีระยะเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรในแต่ละรอบการผลิตที่อาจจะไม่เท่ากัน โดยมีลักษณะแบบฟัซซี่

***ตัวอย่างปัญหา***

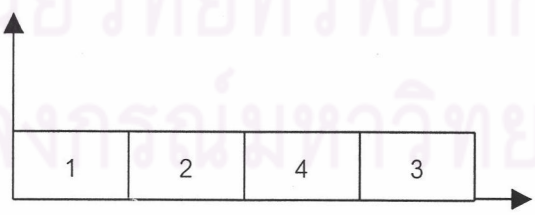
เครื่องจักรเครื่องหนึ่งสามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ได้ 4 ชนิด โดยผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีระยะเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตอยู่ก่อนหน้า และในการผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละรอบการผลิตจะใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรไม่เท่ากัน โดยจะมีช่วงเวลาในการปรับตั้งของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดดังตารางที่ 1.2

***ตารางที่ 1.2*** *แสดงเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรของแต่ละผลิตภัณฑ์*

| To / From | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | - | (5,10,15) | (10,15,20) | (15,20,25) |
| 2 | (55,60,65) | - | (35,40,45) | (25,30,35) |
| 3 | (75,80,85) | (15,20,25) | - | (35,40,45) |
| 4 | (85,90,95) | (45,50,55) | (25,30,35) | - |

หมายเหตุ เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรมีหน่วยเป็นนาที โดยเวลาในวงเล็บจะเป็นเวลาที่ใช้น้อยสุด เวลาเฉลี่ย และเวลาที่ใช้มากสุดในการปรับตั้ง ตามลำดับ

จากตัวอย่าง จะทำการจัดตารางการผลิตโดยการนำผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมาเรียงลำดับในการผลิตให้กับเครื่องจักรเครื่องหนึ่ง สมมติว่าได้การจัดตารางผลิตโดยมีลำดับในการผลิตของผลิตภัณฑ์ คือ 1 – 2 – 4 – 3 – 1 (ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 1 2 4 และ 3 ตามลำดับ จากนั้นจึงกลับมาทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 1 ใหม่ และทำการผลิตตามลำดับเช่นเดิมไปเรื่อยๆ) ซึ่งจะได้การจัดตารางการผลิตสำหรับปัญหาตัวอย่าง ดังรูปที่ 1.2




***รูปที่ 1.2*** *การจัดตารางการผลิตสำหรับปัญหาตัวอย่าง*

จากรูปที่ 1.2 จะได้เวลารวมของเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดจากปัญหาตัวอย่าง ดังสมการที่ 1.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$x_i = \sum_{j=1}^{m-1} T(C_{(j)}, C_{(j+1)}) + T(C_{(m)}, C_{(1)}) \qquad (1.2)$$

เมื่อ $x_i$ คือ เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมในการจัดตารางการผลิต

$i$ คือ ลำดับที่ของคำตอบที่ได้จากการจัดตารางการผลิต ($i$=1,2,3.....)

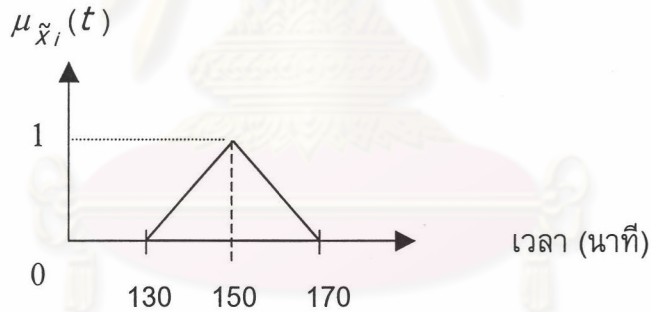
$m$ คือ จำนวนของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ทำการจัดตารางการผลิต

$j$ คือ ลำดับของผลิตภัณฑ์ในการจัดตารางการผลิต ($j$ =1,2,3,..., $m$)

$T$ คือ เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรของแต่ละผลิตภัณฑ์

$C$ คือ ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในตารางการผลิต $C$ ตัวที่อยู่ข้างหน้าคือผลิตภัณฑ์ผลิตเสร็จแล้ว ส่วน $C$ ตัวที่อยู่ข้างหลังคือผลิตภัณฑ์ที่เริ่มทำการผลิต

ซึ่งในรูปที่ 1.2 จะสามารถคำนวณหาเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมจากสมการที่ 1.2 ได้เท่ากับ 10+30+30+80 = 150 นาที ในทำนองเดียวกันเมื่อนำค่าของเวลาที่น้อยที่สุดและเวลาที่มากที่สุดที่เป็นไปได้ แทนลงในสมการที่ 1.2 จะสามารถหาเวลาที่น้อยที่สุดที่เป็นไปได้ในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมเท่ากับ 5+25+25+75 = 130 นาที และเวลาที่มากที่สุดที่เป็นไปได้ในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมเท่ากับ 15+35+35+85 = 170 นาที ซึ่งเขียนให้อยู่ในรูปของเวลาที่มีลักษณะการกระจายความน่าจะเป็นแบบสามเหลี่ยม ได้ดังรูปที่ 1.3




***รูปที่ 1.3** เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมจากปัญหาตัวอย่าง*

นอกจากนี้ยังสามารถหาช่วงเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรจากการจัดตารางการผลิตได้จากสมการที่ 1.3

$$Range\ (I) = Z_i - Y_i \qquad (1.3)$$

เมื่อ *Range (I)* คือ ช่วงเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร

$Z_i$ คือ เวลาที่มากที่สุดที่เป็นไปได้ในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม

$Y_i$ คือ เวลาที่น้อยที่สุดที่เป็นไปได้ในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม

ดังนั้นเมื่อแทนค่าของเวลาที่น้อยที่สุด และเวลาที่มากที่สุดที่เป็นไปได้ ลงแทนสมการที่ 1.3 จะได้ช่วงเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 170 –130 = 40 นาที

จากการจัดตารางการผลิตที่ได้จะสามารถสรุปข้อมูลต่างๆได้ดังนี้

1. ลำดับในการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด คือ 1 – 2 – 4 – 3 – 1
2. เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม เท่ากับ 150 นาที
3. ช่วงเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร เท่ากับ 40 นาที

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ

1. มีการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาสำหรับแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตงานที่มีเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นอยู่กับงานที่ทำอยู่ก่อนหน้า
2. ลดความยุ่งยากและเวลาในการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตงานที่มีเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นอยู่กับงานที่ทำอยู่ก่อนหน้า
3. เป็นแนวทางในการตัดสินใจในการวางแผนการการจัดตารางการผลิตงานที่มีเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นอยู่กับงานที่ทำอยู่ก่อนหน้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## 1.6 ขั้นตอนของการศึกษาและการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษา MatLab
3. สร้าง Algorithms และเขียนโปรแกรมโดยใช้ MatLab
4. ทดสอบความถูกต้องและประเมินผลการแก้ไขปัญหาโดยใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้น
5. สรุปผลและทำการวิเคราะห์
6. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

## 1.7 สรุปเนื้อหางานวิจัย

- **บทที่ 2** งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา Traveling salesman problems งานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฟัซซี่

- **บทที่ 3** ทฤษฎีเกี่ยวกับเจนเนติกอัลกอริทึม ทั้งในส่วนของทฤษฎีเบื้องต้นซึ่งเป็นพื้นฐานในการนำวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมไปแก้ปัญหา Opitmization และทฤษฎีของโอเปอร์เรเตอร์แบบต่างๆของเจนเนติกอัลกอริทึมและตัวอย่างการคำนวณเจนเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย
- **บทที่ 4** ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาของการปรับตั้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าบนเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาของการปรับตั้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งวิธีการ Heuristic ต่างๆในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาในการปรับตั้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า
- **บทที่ 5** รูปแบบของปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาของการปรับตั้งเครื่องแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงลักษณะของปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาของการปรับตั้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าและมีเวลาในการปรับตั้งแบบฟัซซี่ รวมทั้งแนวคิดและทฤษฎีที่นำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหา
- **บทที่ 6** การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมกับปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาของการปรับตั้งเครื่องแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า กล่าวถึงวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม ที่นำมาใช้ในการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาของการปรับตั้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าและมีเวลาในการปรับตั้งแบบฟัซซี่ เพื่อวัตถุประสงค์ให้มีค่าเฉลี่ยของเวลาในการปรับตั้งรวมและค่าพิสัยของเวลาในการปรับตั้งน้อยที่สุด รวมทั้งกล่าวถึงพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้และวิธีการของโอเปอร์เรเตอร์ต่างๆ พร้อมแสดงตัวอย่างการนำไปใช้แก้ปัญหาตัวอย่าง
- **บทที่ 7** การทดสอบพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึม เพื่อหาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการหาคำตอบของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม โดยกล่าวถึงการทดลองตามหลักการของ Experiment Design แล้วทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้การวิเคราะห์ ANOVA ร่วมกับการวิเคราะห์ Fisher's Least Significant Difference Test (LSD) และหาว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมควรมีค่าเท่าใด เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม และใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา
- **บทที่ 8** การเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมกับวิธีฮิวริสติก โดยนำพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่หาได้จากการทดลองหาคำตอบจากปัญหาตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง ไปใช้วิธีการเจนเนติกอัลกอริทึมเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดจากปัญหาตัวอย่างนั้นๆ จากนั้นนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคำตอบจากวิธี Closest Unvisited City (CUC) เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการนำเจนเนติกอัลกอริทึมไปใช้งาน
- **บทที่ 9** สรุปและข้อเสนอแนะ กล่าวถึงงานวิจัยทั้งหมดโดยสรุป พร้อมทั้งข้อเสนอแนะ