# บทที่ 2

# การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีเวลาของการปรับตั้งเครื่องแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้านั้น จำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิต ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ลักษณะของปัญหา Traveling Salesman Problems (TSP) กับลักษณะงานต่างๆ
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฟัซซี่

## 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการประยุกต์ลักษณะของปัญหา Traveling Salesman Problems (TSP) กับลักษณะงานต่าง ๆ

เนื่องจากปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาการปรับตั้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้ามีลักษณะของปัญหาเช่นเดียวกับปัญหา TSP ในหัวข้อนี้จึงเป็นการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา TSP ซึ่งจะมีนำเอาวิธีการทางด้าน Mathematical วิธีฮิวริสติก รวมถึงวิธีการอื่นๆที่ไม่ใช่วิธีเจนเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้กับปัญหา

1. **Bianco, Dell Olmo และ Giordani (1999)** เสนอวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบ Flow Shop ซึ่งเวลาการปรับตั้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า โดยนำมาประยุกต์กับวิธี Branch and Bound วิธีการนี้สามารถช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการปรับตั้ง อีกทั้งยังสามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว

2. **Fujimura, Obu-Cann และ Tokutaka (1999)** ได้นำวิธีการ SOM-TSP ไปประยุกต์ใช้ในการหาระยะทางการลง Print ของ Circuit Board โดยเปรียบเทียบกับ

Theoretical Shortest Tour ปรากฏว่าวิธี SOM-TSP สามารถใช้เวลาในการ ลง Print ของ Circuit Board น้อยกว่าและยังสามารถลงชิ้นส่วน (Print) ได้มากกว่า

3. **Gendreau, Laporte และ Vigo (1999)** นำ Heuristic ใหม่มาใช้แก้ไขปัญหาของการรับส่งของ หรือ Traveling Salesman Problem with Pickup and Delivery (TSPPD) ซึ่งมีเงื่อนไขคือ จะมีการรับของจากจุดๆหนึ่งและต้องส่งของให้ถึงมือลูกค้าทุกคน โดยรถขนส่งนั้นจะสามารถบรรทุกของที่มีน้ำหนักที่จำกัด นอกจากนั้นยังต้องหาระยะทางในการเดินทางที่สั้นที่สุดซึ่งเป็นจุดประสงค์หลัก จากการทดลองจะได้ว่าวิธี Heuristic ใหม่เมื่อใช้ร่วมกับ Tabu Search เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบ Heuristic แบบเดิม นอกจากนี้เวลาที่ใช้ในการค้นหาคำตอบก็ยังเร็วกว่าด้วย

4. **Homberger และ Gehring (1999)** เสนอวิธีการ Evolution Metaheuristics 2 วิธี เพื่อประยุกต์ใช้หาคำตอบในปัญหาการรับส่งของ (VRPTW) จากปัญหา 58 ปัญหาในงานวิจัยต่างๆ ซึ่งจะมีลูกค้าตั้งแต่ 100-417 คน และมีรถที่ใช้ขนส่งตั้งแต่ 2-54 คัน ซึ่งทั้ง 2 วิธีการดังกล่าวสามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าวิธี Heuristic อื่นๆในงานวิจัยต่างๆ

5. **Shi Olafsson และ Sun (1999)** ทำการวิจัยอัลกอริทึมตัวใหม่ที่ใช้กับปัญหาการหาเส้นทางการเดินทางระหว่างเมืองต่างๆโดยให้มีระยะทางในการเดินทางที่สั้นที่สุด ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่เมืองเดียวกัน จัดทำการนำเสนออัลกอริทึมและเปรียบเทียบผลกับการแก้ปัญหาแบบสุ่ม (Random Search) อัลกอริทึมที่เสนอขึ้นมาใหม่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ดีกว่าวิธีการหาคำตอบแบบสุ่ม โดยอัลกอริทึมดังกล่าวได้มีการพัฒนามาจากวิธี 2-Opt และ 3-Opt Exchange

6. **Pizzolato และ Canen (1998)** นำวิธี Heuristic ต่างๆที่ใช้ในการแก้ปัญหา TSP ไปใช้ในการจัดตารางการผลิตของบริษัทผลิตสารเคมี ผลจากการทดลองปรากฏว่าสามารถนำไปใช้ได้ผลที่ดีในการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร แต่อย่างไรก็ดีวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนี้จะไม่รับความนิยมเท่าที่ควร เนื่องวิธีนี้จะไม่สนใจเวลาการผลิต และเวลาในการปรับตั้งก็ใช้เวลาน้อยเมื่อเทียบกับเวลาการผลิต ดังนั้นหากผลิตภัณฑ์ต่างๆมีเวลาในการผลิตที่ไม่เท่ากัน การจัดตารางการผลิตโดยดูแต่เวลาการการปรับตั้งเพียงอย่างเดียวอาจจะทำให้เกิดความเสียหายในวัตถุประสงค์บางอย่างในการจัดตารางการผลิต เช่น การส่งของให้ทันกำหนด

7. **Feng, C., Jiang และ Feng, J. (1997)** เสนอวิธีการ Simulated Electric Field Method (SEFM) ในการแก้ปัญหา TSP ในลักษณะของการหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางไปยังยอดเขาต่างๆ ซึ่งวิธีการนี้จะนำไปเปรียบเทียบกับวิธี Rubber-Band Method (RBM) จากการทดลองโดยกำหนดจุดต่างๆไว้ 100 จุดแล้วนำวิธีการทั้ง 2 นี้ไปหาคำตอบที่ดีที่สุดจากวิธีทั้งสอง ปรากฏว่าวิธี SEFM จะสามารถให้ระยะทางในการเดินทางที่สั้นกว่า

8. **Geiger, Kempf และ Uzsoy (1997)** นำวิธีการ Tabu Search ไปใช้หาคำตอบของปัญหาการหาระยะทางเคลื่อนที่ของ Material Handling Robot ของการจัดตารางการผลิตแบบ Flow Shop ในระบบการผลิต Semiconductor เพื่อให้ใช้เวลาในการขนย้ายน้อยที่สุด โดยใช้ Tabu Search ไปใช้ร่วมกับ NEH Heuristic จากการทดลองปรากฏว่าสามารถหาคำตอบได้รวดเร็วกว่าการใช้ NEH Heuristic ธรรมดา

9. **Rodriguez, Nussbaum, Baeza และคณะ (1997)** นำวิธีการ Global Search Heuristics มาใช้ในการหาเส้นทางในการเดินทางของรถยนต์ ซึ่งมีข้อจำกัดของการบรรทุก เพื่อมาสนับสนุนในการตัดสินใจวางแผนการเดินทาง โดยนำเสนอในรูปแบบของโปรแกรมภาษา C++ ผลที่ได้จากวิธีการ Global Search จะมีผลที่ดีกว่าการใช้วิธีการ Local Search ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

10. **Toki, Somhon และ Enkawa (1997)** นำเสนอวิธีการ Neural Network ในการแก้ปัญหา Traveling Salesman Problem โดยระยะทางไปกลับระหว่างเมืองจะเท่ากัน ซึ่งวิธีการที่นำเสนอนี้จะใช้วิธีการของ SOFM (Self-Organization and Attractive Memory) เป็นพื้นฐาน โดยใช้แก้ปัญหา 11 ปัญหาที่มีขนาดของเมืองตั้งแต่ 21 – 120 เมือง นำคำตอบที่ได้จากวิธีการดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุด ปรากฏว่าได้ค่าที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด แต่จะใช้เวลาในการหาคำตอบที่เร็วกว่า

11. **Tsubakitani และ Evans (1997)** นำเสนอวิธีการ Tabu List Size ในการแก้ปัญหาหา Traveling Salesman Problem โดยระยะทางไปกลับระหว่างเมืองจะเท่ากัน โดยเสนอในรูปแบบของโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งใช้โปรแกรมภาษา Borland C++ จากการทดลองพบว่า Tabu List Size สามารถนำมาใช้แทน Tabu Search ในปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ แต่ต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหาที่ยาวนานเพียงพอ เนื่องจากคำตอบที่ได้อาจจะติดอยู่ในคำตอบของ Local Optimal ทำให้คำตอบที่ได้ไม่ดีกว่าการใช้วิธีการ Tabu Search

12. **Itmi (1996)** นำเสนอวิธีการ ITSP (Impatient Traveling Salesman Problem) มาใช้บังคับเครื่องมือการตัด เพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการตัด Plate เป็นรูปต่างๆ ซึ่งเป็นการประยุกต์ปัญหา TSP มาใช้

13. **Richard, Falcon, Monmarche' และคณะ (1996)** นำเสนอวิธี Petri Net Approach ในการหาคำตอบปัญหา TSP ในอุตสาหกรรมการผลิตแก้ว โดยมีผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 6 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับวิธีของ Flood และ Tucker ปรากฏว่าสามารถให้ค่าที่ดีกว่าวิธีของ Flood และ Tucker

14. **Zhang และ Zheng (1996)** นำเสนอการนำรูปแบบของ TSP ไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว โดยผลิตภัณฑ์ต่างๆจะมีเวลาในการปรับตั้งที่ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่อยู่ก่อนหน้า ทั้งแบบเวลาการปรับตั้งครั้งเดียวต่อ ผลิตภัณฑ์ (*1*-TSP) และเวลาการปรับตั้งหลายครั้งต่อผลิตภัณฑ์ (*k*-TSP) และการปรับตั้งเครื่องจักรที่มีมากกว่าหนึ่งเครื่อง โดยผลิตภัณฑ์ต่างๆจะมีเวลาในการ ปรับตั้งที่ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่อยู่ก่อนหน้า พร้อมยกตัวอย่างในการทำงานจริง

15. **Seon-Jong Kim , Jin-Ho Kim และ Heung-Moon Choi (1993)** แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการนำ SOFM (Self-Organization Organization and Attractive Memory) มาใช้ในการแก้ปัญหา TSP โดยระยะทางไปกลับระหว่างเมืองจะเท่ากัน การใช้วิธีการนี้สามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าการหาโดยใช้วิธีการธรรมดาถึง 30 เปอร์เซ็นต์ และได้ค่าที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดถึง 92 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับการค้นหาคำตอบแบบสุ่ม ในปัญหาที่มีเมืองอยู่ 30 เมือง

16. **Min, Current และ Schilling (1992)** เสนอสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาปัญหาการรับส่งของ (TSPPD) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงๆ โดยมีจุดรับของ (Depot) 3 จุด จุดพักของ หรือโกดัง (Vendors) เพื่อนำไปส่งต่อ 27 จุด และจุดส่งของให้ลูกค้า 134 จุด รถรับส่งของจะต้องวิ่งไปรับของจากจุดรับของแล้วนำมาเก็บไว้ที่โกดัง จากนั้นจึงนำของต่างๆไปส่งยังจุดส่งของ ซึ่งรถแต่ละคันจะมีข้อจำกัดในเรื่องของการบรรทุก และต้องหาระยะทางการเดินทางจาก จุดรับของไปยังโกดังและจากโกดังไปยังจุดส่งของให้ลูกค้า ที่มีระยะทางสั้นที่สุด ซึ่งจากงานวิจัยนี้สามารถแบ่งเส้นทางการเดินทางได้เป็น 15 เส้นทาง โดย 12 เส้นทางจะมีการเดินรถจากจุดรับของไปยังโกดังและส่งต่อไปยังลูกค้า แล้วย้อนกลับมารับของยังจุดรับของ อีก 2 เส้นทางจะเป็นเส้นทางจากโกดังไปยังลูกค้าเท่านั้น ส่วนอีกหนึ่งเส้นทางที่เหลือจะเป็นเส้นทางเฉพาะจากจุดรับของไปยังโกดัง นอกจากนี้ยังได้เสนอแนว

ทางในการพัฒนาต่อไป เช่น การขยายเส้นทางการรับ-ส่ง การกำหนดเวลาในการส่งของ การคำนวณเวลาในการหยุดรถ ฯลฯ

17. **Bellmore และ Nemhauser (1966)** นำเสนอทฤษฎีและวิธีการต่างๆ เช่น Dynamic Programming, Integer Impressive, Branch and Bound, Tour to Tour Approximations และ The Gilmore-Gomory Method มาแก้ปัญหา TSP โดยใช้คอมพิวเตอร์เข้าช่วยเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการต่างๆ ในปัญหาขนาดเล็ก (ไม่เกิน 13 เมือง) ควรใช้วิธีการ Dynamic Programming ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด เนื่องจากสามารถหาคำตอบได้รวดเร็วกว่าวิธีอื่นๆ ส่วนปัญหาที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ควรใช้วิธี Branch and Bound

18. **Little, Murty, Sweeney และคณะ (1963)** เสนอโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการค้นหาคำตอบโดยใช้วิธี Branch and Bound และนำโปรแกรมดังกล่าวไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยการคำนวณปัญหา TSP แล้วจับเวลาที่ใช้ในการค้นหาคำตอบ ปรากฏว่าเมื่อจำนวนของเมืองเพิ่มมากขึ้น เวลาที่ใช้จะเพิ่มขึ้นเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม (GAs) มาใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับเจนเนติกอัลกอริทึม (GAs) ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา Optimization Problem ต่างๆ ซึ่งรวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการประยุกต์ลักษณะของปัญหา Traveling Salesman Problems (TSP)

1. **Mapfaira และ Byrne (1998)** ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการนำเอา Genetic Algorithms มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อให้มีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุด โดยใช้ประชากรเริ่มต้นที่เป็นไปได้ (Feasible Population) แทนการกำหนดประชากรแบบสุ่ม และทำการศึกษาเงื่อนไขที่ทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดออกมาเมื่อนำเจนเนติกอัลกอริทึม มาใช้ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาผลของขนาดประชากรที่มีต่อสมรรถภาพของวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เจนเนติกอัลกอริทึมอีกด้วย จากนั้นก็นำวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวมาทดลองใช้กับตัวอย่างปัญหาของ Mitchell ผลการวิจัยพบว่าการใช้ประชากรเริ่มต้นที่เป็นไปได้แทนการกำหนดประชากรแบบสุ่ม ทำให้ได้คำตอบของการจัดสมดุลสายการผลิตที่ดีที่สุดได้ นอก

จากนี้ในงานวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าสมรรถภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมจะเพิ่มมากขึ้นอย่างสม่ำเสมอตามขนาดของประชากรแต่ก็ใช้เวลาในการหาคำตอบนานมาก

2. **Suresh, Vinod และ Sahu (1996)** ทดลองนำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้กับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบ โดยใช้ Smoothness Index เป็น Fitness Function ในงานวิจัยได้เสนอวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึม 2 แบบ คือ 1. กำหนดกลุ่มประชากรกลุ่มเดียวซึ่งยอมให้มีคำตอบที่เป็นไปไม่ได้เกิดขึ้นจำนวนหนึ่ง 2. กำหนดกลุ่มประชากรคำตอบแบบ 2 กลุ่ม กลุ่มแรกจะไม่ยอมให้มีคำตอบที่เป็นไปไม่ได้เกิดขึ้น ส่วนกลุ่มที่สองจะยอมให้มีคำตอบที่เป็นไปไม่ได้เกิดขึ้นจำนวนหนึ่ง และจะทำการแลกเปลี่ยนประชากรส่วนหนึ่งระหว่าง 2 กลุ่มเมื่อถึงเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้เพื่อเป็นการรักษาความต่อเนื่องของ Search Space และเพื่อป้องกันไม่ให้คำตอบที่ได้ติดอยู่ใน Local Optimum ผลงานวิจัยสรุปว่าวิธีการแบบหลังให้คำตอบที่ดีกว่าแบบแรก เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่

3. **Yeo Keun Kim, Yong Ju Kim และ Yeongho Kim (1996)** ได้นำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบวัตถุประสงค์เดียวหลายๆปัญหา 1. เพื่อให้จำนวนสถานีทำงานน้อยที่สุด 2. เพื่อให้รอบเวลาผลิตต่ำที่สุด 3. เพื่อให้ค่า Workload Smoothness มากที่สุด หรือ 4. เพื่อให้ความสัมพันธ์ระหว่างงานมากที่สุด โดยในงานวิจัยนี้ใช้ทั้งตัว Operator ที่เป็น Standard Operator ซึ่งต้องมีกระบวนการ Repair Method และ Nonstandard Operator ที่คิดขึ้นใช้กับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบเท่านั้น งานวิจัยยังได้ขยายขอบข่ายไปสู่การใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์ โดยใช้วัตถุประสงค์เพื่อให้ Workload Smoothness และความสัมพันธ์ระหว่างงานมีค่ามากที่สุด งานวิจัยได้เสนอว่า การมิวเตชันเป็น Operator ที่สำคัญมากในการแก้ปัญหา ALB โดย GAs และ GAs เป็นวิธีการที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบหลายๆปัญหาทั้งแบบวัตถุประสงค์เดียวและหลายวัตถุประสงค์ได้ดี สามารถให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีฮิวริสติกที่มีอยู่

4. **Chan และ Tansri (1994)** ได้นำเทคนิค GAs มาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณที่อยู่ในรูปของปัญหา QAP (Quadratic Assignment Problem) โดยใช้การเข้ารหัสสตริงเป็นเลขจำนวนเต็ม และเทคนิคการครอสโอเวอร์ 3 แบบคือ การครอสโอเวอร์แบบ PMX (Partially Match Crossover) แบบ OX (Order Crossover) และแบบ CX (Cycle Crossover) โดยรูปแบบของปัญหาที่ใช้

ในงานวิจัยมี 3 แบบคือ การจัดผังโรงงานแบบมีแผนกบางแผนกคงที่ การจัดผังโรงงานแบบมีพื้นที่ว่าง และการจัดผังโรงงานแบบมีพื้นที่ว่างและมีแผนกบางแผนกคงที่ จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าการครอสโอเวอร์แบบ PMX จะทำให้ได้คำตอบที่ดีทั้งปัญหาขนาดเล็กและขนาดใหญ่ การครอสโอเวอร์แบบ OX ใช้ได้ดีเมื่อปัญหามีขนาดเล็ก (จำนวนแผนก < 9) แต่เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้การหาคำตอบได้ไม่ค่อยดีนัก และการครอสโอเวอร์แบบ CX จะใช้ได้ไม่ค่อยดีเนื่องจากมีการลู่เข้าหาคำตอบเร็วเกินไป

5. **Falkenauer และ Delchambre (1992)** ทำการวิจัยโดยนำวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหา Bin Packing และ Line Balancing ปัญหา Bin Packing นี้สามารถอธิบายได้ดีที่สุดในรูปของปัญหาการขนส่ง โดยในปัญหานี้กำหนดกลุ่มของกล่องซึ่งมีขนาดหนึ่งโดยพยายามใช้ตู้บรรจุจำนวนน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ผลการวิจัยนำเสนอวิธีการ Crossover และ Mutation ที่มีประสิทธิภาพสำหรับปัญหาการบรรจุกล่องดังกล่าว และได้กล่าวถึงสิ่งสำคัญที่ต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสม เมื่อนำไปใช้กับปัญหาการจัดกลุ่มงานให้กับสถานีงาน

6. **Bramlette (1989)** ได้นำ GAs ไปใช้ในการปรับปรุงสมรรถนะของตัวมันเองในการทำ Optimization ของฟังก์ชัน โดยใช้ GAs ในการหาค่าพารามิเตอร์ของ จำนวนประชากรเริ่มต้น การมิวเตชัน การคัดเลือก เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ให้กับ GAs ชุดอื่นเพื่อหาคำตอบ และสามารถช่วยปรับปรุงสมรรถนะในการหาคำตอบได้

7. **Goldberg (1989)** กล่าวว่าการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับ GAs เป็นสิ่งที่ไม่ง่ายนัก การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ผิดพลาดอาจทำให้สมรรถนะในการหาคำตอบของ GAs ล้มเหลวได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอเทคนิคในการกำหนดค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์และมิวเตชันโดยสังเกตสมรรถนะในขณะที่ GAs ทำงานและได้อธิบายถึงรายละเอียดในการใช้งาน วิธีการทดลองและสมรรถนะของเทคนิคใหม่ และการนำเทคนิคนี้ไปใช้งานจริงอีกด้วย

8. **Grefenstette (1989)** ได้จัดระดับของการทำ Optimization กับระบบงานที่ซับซ้อนออกเป็นสองระดับ ระดับแรกเป็นระดับของอัลกอริทึมในการทำ Optimization ซึ่งผู้วิจัยได้เลือก GAs ในการนำมาใช้งาน ระดับที่สองเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆสำหรับวิธีการที่เลือกในการทำ Optimization เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยได้นำ GAs ไปประยุกต์ใช้ในการทำ Optimization ทั้งสองระดับ

9. **Schaffer และ Eshelman (1989)** ได้กล่าวว่า GAs ที่ประกอบด้วยการรีโปรดักชัน และ การครอสโอเวอร์ทำให้การค้นหาของ GAs มีประสิทธิภาพ จากการทดลองพบว่าการครอสโอเวอร์มากๆทำให้ได้ผลดีกว่าการครอสโอเวอร์น้อยๆ และการครอสโอเวอร์กับสตริงที่มีลักษณะเหมือนกันก็ไม่ได้เกิดผลอันใด แต่ในบางครั้งการมิวเตชัน อย่างเดียวอาจทำให้ได้คำตอบที่ดีกว่าการครอสโอเวอร์ และผู้วิจัยได้ทำการหาข้อสนับสนุนที่ว่าการครอสโอเวอร์สามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าการมิวเตชัน

10. **Starkweather (1989)** ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่าง Operator 6 ตัวที่ใช้ในวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม คือ 1. Enhanced Edge Recombination 2. Order Crossover 3. Order Crossover#2 4. Partially Mapped Crossover 5. Cycle Crossover และ 6. Position Based Crossover โดยนำไปทดลองกับปัญหา Blind Traveling Salesman 30 เมือง และปัญหาการจัดคลังสินค้า ผลการวิจัยสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของตัว Operator ที่ใช้ในแต่ละปัญหาจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติและรูปแบบของปัญหานั้นๆโดยตรง

11. **จงกล เอี่ยมมิ (2543)** เสนอการประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม เพื่อหาจำนวนสถานีงานที่เหมาะสมและเป็นการจัดกลุ่มงานให้กับแต่ละสถานีงานในสายงานการประกอบ โดยมีวัตถุประสงค์ 2 ประการคือ เพื่อให้มีจำนวนสถานีทำงานน้อยที่สุด และเพื่อให้เกิดเวลาว่างของแต่ละสถานีงานน้อยที่สุด ผลการนำคำตอบที่ได้จากวิธี GAs ไปเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้จากวิธี COMSOAL จะได้ว่าค่า Measure of Performance ที่ได้จากวิธี GAs มีค่าดีเท่ากับหรือดีกว่าวิธี COMSOAL โดยเฉพาะว่าความแปรปรวนของภาระงานวิธี GAs จะให้ค่าที่ต่ำกว่ามาก ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าเจนเนติกอัลกอริทึมสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพ

12. **จุฑามาศ เทวินบุรานุวงศ์ (2543)** เสนอการประยุกต์เจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดตารางเวรของพยาบาลประจำการ โดยพิจารณาจาก 2 วัตถุประสงค์ คือ ค่าทิศทางการกระจายของช่วงระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการและความคลาดเคลื่อนการกระจายของช่วยระยะห่างระหว่างเวรทำงานของพยาบาลประจำการ เพื่อให้เกิดการกระจายภาระงานไปยังบุคลากรพยาบาลแต่ละคนอย่างยุติธรรมที่สุด จากงานวิจัยนี้ ได้ว่าเจนเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดตารางเวรทำงานของพยาบาลประจำการที่มีประสิทธิภาพ และสามารถให้คำตอบที่ดีภายในระยะเวลาที่กำหนดได้

13. **กรรณิกา ศิลานนท์ (2542) และ Chutima and Silanon (2000)** ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการนำเอา Genetic Algorithm มาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์ ซึ่งหมายถึงการหารูปแบบของการจัดงานให้กับแต่ละสถานีงาน เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ 3 ประการพร้อมๆกัน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาและทดสอบพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการหาคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึม จากงานวิจัยนี้จะได้ว่าเจนเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ เป็นวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถให้คำตอบที่ดีภายในระยะเวลาที่กำหนดได้

14. **ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ (2541) และ Chutima and Yiangkamolsing (1998)** ได้นำ Genetic Algorithm มาผสมผสานกับวิธีฮิวริส ติก ไปใช้ในการแก้ปัญหาการวางผังโรงงาน โดยจัดสรรแผนกงานต่าง ๆ จำนวน $n$ บล็อก ลงในพื้นที่ $m$ บล็อก ($n \leq m$) โดยจัดสรรแผนกงานต่างๆ มีขนาดเท่ากัน คือ 1 หน่วยและได้มีการหาผลกระทบของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ต่อผลลัพธ์ที่ได้จาก GAs ทั้งความเหมาะสมของคำตอบและระยะเวลาในการหาคำตอบ

## 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฟัซซี่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องฟัซซี่ จะเป็นงานวิจัยที่นำหลักการของฟัซซี่ไปประยุกต์ใช้กับงานในลักษณะต่างๆ รวมทั้งการเสนอทฤษฎีและแนวคิดใหม่ๆเกี่ยวกับฟัซซี่

1. **Celano, Costa, Fichera และ คณะ (2000)** เสนองานวิจัยในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบฟัซซี่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาที่สายการผลิตต้องหยุดทำการผลิต การรวมเวลาการทำงานจะทำตามกระบวนการฟัซซี่ คือ Fuzzy Sum คือ ($a_1+a_2+\ldots+a_n$, $b_1+b_2+\ldots+b_n$, $c_1+c_2+\ldots+c_n$) เมื่อ ($a_i$, $b_i$, $c_i$) เป็นเวลาการทำงานของแต่ละงาน มีการนำเจนวิธีเนติกอัลกอริทึมใช้ในการหาคำตอบ โดยเสนอวิธีการคัดเลือกสตริงเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาแบบฟัซซี่ คือ Ranking Method มี 2 วิธี คือ การหาจุดศูนย์ถ่วงของคำตอบที่เป็นฟัซซี่ (Centroid Ranking) และการหาจุดตัดของคำตอบที่เป็นฟัซซี่ (Intersection Average Ranking) ใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order-Based Crossover และใช้วิธีการมิวเตชันแบบ Gene Swapping Mutation มีการเปรียบเทียบคำตอบกับวิธี Simulated Annealing พบว่าวิธีเจนติกอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบมากกว่า

2. **Hong และ Wang (1999)** ได้เสนอการจัดลำดับงานเข้าสายการประกอบแบบ Flexible Flow Shop ที่มีเวลาการทำงานแบบฟัซซี่ ซึ่งแตกต่างกับสายการผลิตแบบ Flow Shop โดยทั่วไป คือ โดยทั่วไปจะมีเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียวใน 1 ศูนย์เครื่องจักร แต่ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาการจัดลำดับงานในกรณีมีเครื่องจักรหลายๆเครื่องใน 1 ศูนย์เครื่องจักร ในการจัดลำดับงานเข้าทำการผลิตบนเครื่องจักรมีการประยุกต์ใช้หลักการทางฟัซซี่ร่วมกับวิธีฮิวริสติกของ Palmer โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนนั่นคือ ใช้หลักการ Fuzzy LPT ในการจัดกลุ่มของงาน และจากนั้นใช้หลักการ Fuzzy Palmer ในการจัดลำดับของงาน

3. **Lam และ Cai (1999)** เสนอการจัดลำดับงานสำหรับกรณีเครื่องจักรเดียว (Single Machine) ที่มีเวลากำหนดส่งเป็นแบบฟัซซี่ โดยมีลักษณะฟังก์ชันการเป็นสมาชิกเป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นลักษณะที่มักใช้แสดงความเป็นฟัซซี่ของข้อมูลในหลายๆปัญหา สำหรับปัญหานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีงานที่เสร็จก่อนกำหนดและล่าช้ากว่ากำหนดมีค่าน้อยที่สุด เพื่อตอบสนองการผลิตแบบ Just in Time ในการหาค่าวัตถุประสงค์ทำโดยหาความแตกต่างของเวลาการทำงานเสร็จสิ้นและเวลากำหนดส่งและประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหา ผลการหาคำตอบได้ว่าการใช้วิธีการทางฟัซซี่กับปัญหาที่มีเวลากำหนดส่งเป็นฟัซซี่จะให้คำตอบที่ดีกว่าการคิดโดยใช้ค่าเฉลี่ยของเวลากำหนด (Early-Tardy Scheduling under Fuzzy Due Date Using a Genetic Algorithm)

4. **Sakawa และ Mori (1999)** เสนองานวิจัยในการประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการจัดตารางการผลิตสำหรับสายการผลิตแบบ Job Shop ที่มีเวลาการทำงานและเวลากำหนดส่งมีลักษณะเป็นฟัซซี่ ในงานวิจัยมีการนำเอาหลักการของฟัซซี่ ซึ่งเป็นหลักการสำหรับกรณีที่ข้อมูลมีค่าที่ไม่แน่นอน หรือมีความคลุมเครือ หลักการที่นำมาใช้ได้แก่ การรวมแบบฟัซซี่ (Addition of Fuzzy) สำหรับการรวมเวลาการทำงาน หลักการ Max Operator ในการหาเวลาเริ่มต้นของงาน และใช้การอินเตอร์เซคชันในการหาค่า Agreement Index ซึ่งเป็นค่าวัตถุประสงค์ จากการทดลองใช้กับกรณีศึกษาและเปรียบเทียบผลกับวิธี Simulated Annealing พบว่าวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมให้ผลที่ดีกว่า

5. **Hong และ Chung (1996)** ได้เสนอการจัดลำดับงานเข้าสายการผลิตแบบ Flow Shop กรณีมี $m$ เครื่องจักร และมีเวลาการทำงานเป็นแบบฟัซซี่ คือ มีฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของเวลาการทำงานที่แสดงในรูปของฟัซซี่เซต โดยได้นำเอาหลักการบวกแบบฟัซซี่ และการแปลงค่าฟัซซี่เป็นค่าคงที่ เพื่อคำนวณค่าเวลาการทำงาน

เสร็จสิ้น และเปรียบเทียบเพื่อทำการจัดลำดับงานตามวิธีการของฮิวริสติก CDS และเลือกลำดับงานที่มีค่าเฉลี่ยของเวลาการทำงานเสร็จสิ้นน้อยที่สุด เป็นลำดับงานที่ดีที่สุด

6. **Ishibuchi, Murata และ Lee (1996)** ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการจัดงานเข้าสายการผลิตแบบ Flow Shop ที่มีเวลาการทำงานแบบฟัซซี่ การรวมเวลาการทำงานจะรวมตามหลักการของฟัซซี่ คือ Addition Operator และ Maximum Operator และประยุกต์ใช้วิธีเจนเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบ ผลการวิจัยพบว่ากรณีปัญหาขนาดเล็กมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาการทำงานเสร็จสิ้นน้อยที่สุด จะไม่มีคำตอบใดที่ดีที่สุดเพียงคำตอบเดียว ผู้ทำการตัดสินใจต้องทำการเลือกคำตอบ แต่สำหรับกรณีปัญหาขนาดใหญ่ควรใช้วิธีเจนเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ คือเพื่อให้เวลาการทำงานเสร็จสิ้นน้อยที่สุด ให้งานที่ล่าช้าที่สุดและจำนวนงานที่ล่าช้ารวมมีค่าน้อยที่สุด เพื่อป้องกันการเกิดกรณีที่ไม่มีคำตอบใดที่ดีที่สุดเพียงคำตอบเดียว

7. **Chui-Yu Chiu และ Chan Park (1994)** เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับฟัซซี่เซตไปประยุกต์ใช้กับเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยนำความผันผวนของกระแสเงินสด (Uncertain Cash Flow) และอัตราส่วนลด (Discount Rate) มาเขียนอยู่ในรูปของ Triangular Fuzzy Number (TFN) เพื่อลดความเสี่ยงในการตัดสินใจทางการลงทุน แล้วนำวิธีการต่างๆ มาแก้ไขปัญหาทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งวิธีการที่ดีที่สุดในการแก้ไขปัญหาคือ Weight Method

8. **ภัททิตา สุวรรณรุจิ (2540)** ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ฟัซซี่ลอจิกกับการตัดสินใจแบบหลายปัจจัยสำหรับการจัดเส้นทางเดินของงานในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยเสนอกฎการจัดเส้นทางเดินของงานที่มีพื้นฐานมาจากวิธีวิเคราะห์แบบลำดับขั้นแบบฟัซซี่ 3 กฎ ได้แก่ FuzzyAHP FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ และทำการเปรียบเทียบกับวิธีแบบดั้งเดิมคือ WINQ NINQ SPT และ RAN ซึ่งเป็นกฎที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิต จากผลการทดลองพบว่าการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-WINQ เป็นกฎที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเทียบกับกฎอื่นๆ

9. **วัชรพันธ์ ประเสริฐสิทธิ์ (2538)** ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาระบบควบคุมฟัซซี่โดยได้พัฒนาโปรแกรมระบบควบคุมฟัซซีสำหรับกระบวนการขนาดเล็กทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถทำงานเป็นได้ทั้งตัว

ควบคุมพีไอดีหรือตัวควบคุมฟัซซี่ ผู้ใช้สามารถป้อนกฎการควบคุมสำหรับตัวควบคุมฟัซซี่ได้ในรูปของกฎ ถ้า-แล้ว ที่กำหนด ระบบที่พัฒนาขึ้นดังกล่าวนี้ถูกนำไปทดสอบกับกระบวนการเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในห้องปฏิบัติการ ซึ่งผลการควบคุมด้วยตัวควบคุมฟัซซี่สามารถให้ผลตอบเชิงเวลาที่ดีกว่าตัวควบคุมพีไอดีได้

## 2.4 สรุปท้ายบท

งานวิจัยทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถแยกงานวิจัยต่างๆออกมาได้เป็นงานวิจัย 3 ประเภท ดังตารางที่ 2.1 คือ

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ลักษณะของปัญหา Traveling Salesman Problems (TSP) กับลักษณะงานต่างๆ
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฟัซซี่

***ตารางที่ 2.1*** *สรุปผลงานวิจัยของบุคคลต่างๆโดยแยกตามประเภทของงานวิจัย*

| Traveling Salesman Problems | Genetic Algorithms | Fuzzy |
|---|---|---|
| 1. Bianco, Dell Olmo และ Giordani (1999)<br>2. Fujimura, Obu-Cann และ Tokutaka (1999)<br>3. Gendreau, Laporte และ Vigo (1999)<br>4. Homberger และ Gehring (1999)<br>5. Shi Olafsson และ Sun (1999)<br>6. Pizzolato และ Canen (1998)<br>7. Feng, C. Jiang และ Feng, J. (1997) | 1. Mapfaira และ Byrne (1998)<br>2. Suresh, Vinod และ Sahu (1996)<br>3. Yeo Keun Kim, Yong Ju Kim และ Yeongho Kim (1996)<br>4. Chan และ Tansri (1994)<br>5. Falkenauer และ Delchambre (1992)<br>6. Bramlette (1989)<br>7. Goldberg (1989)<br>8. Grefenstette (1989)<br>9. Schaffer และ Eshelman (1989) | 1. Celano, Costa, Fichera และคณะ (2000)<br>2. Hong และ Wang (1999)<br>3. Lam และ Cai (1999)<br>4. Sakawa และ Mori (1999)<br>5. Hong และ Chung (1996)<br>6. Ishibuchi, Murata และ Lee (1996)<br>7. Chui-Yu Chiu และ Chan Park (1994) |

***ตารางที่ 2.1*** *สรุปผลงานวิจัยของบุคคลต่างๆโดยแยกตามประเภทของงานวิจัย (ต่อ)*

| Traveling Salesman Problems | Genetic Algorithms | Fuzzy |
|---|---|---|
| 8. Geiger, Kempf และ Uzsoy (1997)<br>9. Rodriguez, Nussbaum, Baeza และคณะ (1997)<br>10. Toki, Somhon และ Enkawa (1997)<br>11. Tsubakitani และ Evans (1997)<br>12. Itmi (1996)<br>13. Richard, Falcon, Monmarche' และคณะ (1996)<br>14. Zhang และ Zheng (1996)<br>15. Seon-Jong Kim, Jin-Ho Kim และ Heung-Moon Choi (1993)<br>16. Min, Current และ Schilling (1992)<br>17. Bellmore และ Nemhauser (1966)<br>18. Little, Murty, Sweeney และคณะ (1963) | 10. Starkweather (1989)<br>11. จงกล เอี่ยมมิ (2543)<br>12. จุฑามาศ เทวินบุรานุวงศ์ (2543)<br>13. กรรณิกา ศิลานนท์ (2542)<br>14. ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ (2541) | 8. ภัททิตา สุวรรณรุจิ (2540)<br>9. วัชรพันธ์ ประเสริฐสิทธิ์ (2538) |

จากงานวิจัยต่างๆที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น จะเห็นได้ว่ายังไม่มีงานวิจัยใดเลยที่นำทฤษฎี TSP การค้นหาคำตอบโดย Genetic Algorithm และลักษณะของปัญหาแบบฟัซซี่ มาประยุกต์รวมกัน ดังจะเห็นได้จากในงานวิจัยประเภท Traveling Salesman Problems ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Bianco, Dell Olmo และ Giordani (1999) Fujimura, Obu-Cann และ

Tokutaka (1999) หรือ Gendreau, Leporte และ Vigo (1999) จะเป็นการประยุกต์ TSP ในการค้นหาคำตอบจากปัญหาต่างๆ โดยไม่ได้นำ GAs หรือฟัซซี่มาเกี่ยวข้อง

เช่นเดียวกันกับในงานวิจัยที่เกี่ยวกับ Genetic Algorithms ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของ Mapfaira และ Byrne (1998) Suresh, Vinod และ Sahu (1996) หรือ Chan และ Tansri (1994) ก็เป็นการประยุกต์ GAs กับเรื่องอื่นๆที่ไม่ใช่ลักษณะปัญหาของ TSP หรือฟัซซี่ หรืองานวิจัยของ Falkenauer และ Delchambre (1992) และ Strarkweather (1989) ซึ่งมีการนำ GAs มาใช้กับปัญหา TSP แต่ก็ยังไม่มีการประยุกต์ใช้กับปัญหาในลักษณะของฟัซซี่

หรือในงานวิจัยที่เกี่ยวกับฟัซซี่ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Celano, Costa, Fichera และคณะ (2000) Hong และ Wang (1999) และ Lam และ Cai (1999) ไม่มีการนำฟัซซี่ไปประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาในการปรับตั้งขึ้นกับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า หรือนำ GAs เข้ามาใช้ในการแก้ไขปัญหา

ในงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์วิธีการเจนเนติกอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบ สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า และเวลาในการปรับตั้งมีลักษณะแบบฟัซซี่ ซึ่งได้นำงานวิจัยต่างๆที่ได้กล่าวมาในข้างต้นเป็นพื้นฐานในการทำการวิจัย โดยจะเป็นการรวมเอาพื้นฐานของ Traveling Salesman Problems, Genetic Algorithms และ Fuzzy มาประยุกต์ใช้ ซึ่งกล่าวถึงลักษณะของปัญหาและแนวทางการประยุกต์ใช้ในบทต่อๆไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย