

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีของการจัดสมดุลสายการประกอบตัวที่มีสถานีนงานแบบขนานและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการที่จะหาค่าที่เหมาะสมต่อไป ซึ่งจะกล่าวดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

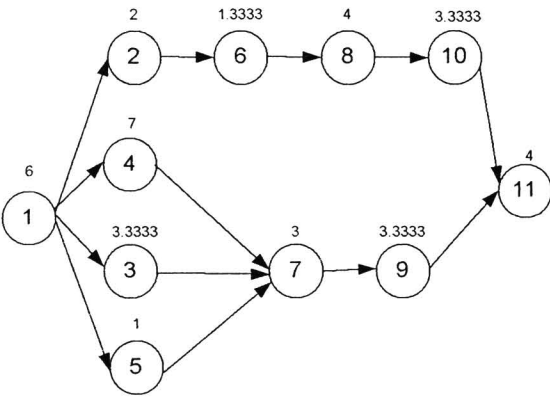
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในงานวิจัยจะประกอบไปด้วย ลักษณะของสายการประกอบต่างๆ ประเภทของสายการประกอบ การจัดสมดุลสายการประกอบ และการหาค่าที่เหมาะสมในงานวิจัย

2.1.1 ลักษณะของสายการประกอบ

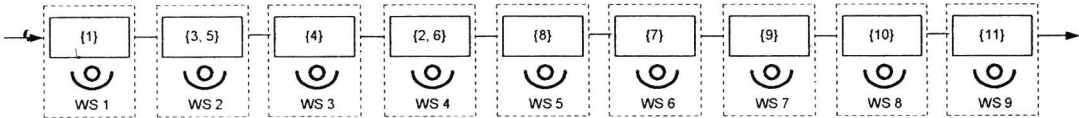
สายงานประกอบ (Assembly Line) เป็นสายการประกอบทั่วไปที่มีสถานีนงาน (Work Station) ในแต่ละสายการประกอบในการประกอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งแต่ละสถานีนงานจะมีลักษณะการทำงานโดยการนำชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ทำการประกอบ เริ่มเคลื่อนย้ายมาตามสถานีนงานต่าง ๆ ที่กำหนด โดยที่เวลาการทำงานไม่เกินเวลาในแต่ละสถานีนงานที่กำหนด เมื่อทำงานในสถานีนงานเสร็จแล้วจะทำการส่งผลิตภัณฑ์ไปยังสถานีถัดไป และรับผลิตภัณฑ์ใหม่เข้ามาทำแทน

2.1.1.2 ลักษณะของสายการประกอบแบบเส้นตรง

สายงานการประกอบที่มีทิศทางการไหลของงานเข้าและออกไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งจะไม่มีการย้อนกลับมาทำงานก่อนหน้า ในแต่ละสถานีนงานจะมีการดำเนินการภายในสถานีนงานเพียงด้านใดด้านหนึ่ง ดังตัวอย่างปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบเส้นตรง โดยใช้ปัญหา 11 ชิ้นงานของ Jackson (1956) ดังรูปที่ 2.1 จะได้จำนวนสถานีนงานของสายการประกอบแบบเส้นตรงทั้งหมด 9 สถานีนงานเมื่อมีรอบเวลาการทำงานแต่ละสถานีเท่ากับ 6 ดังรูปที่



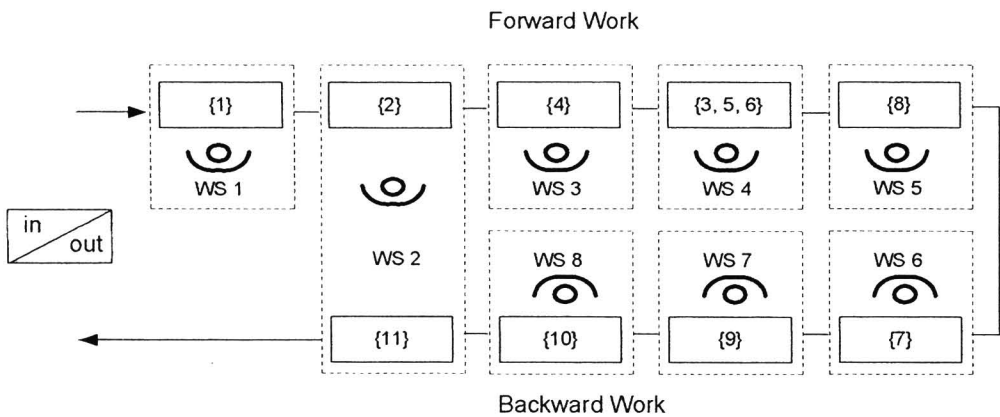
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของภาระงาน



รูปที่ 2.2 สายการประกอบแบบเส้นตรง

2.1.1.3 ลักษณะของสายการประกอบแบบตัวยู

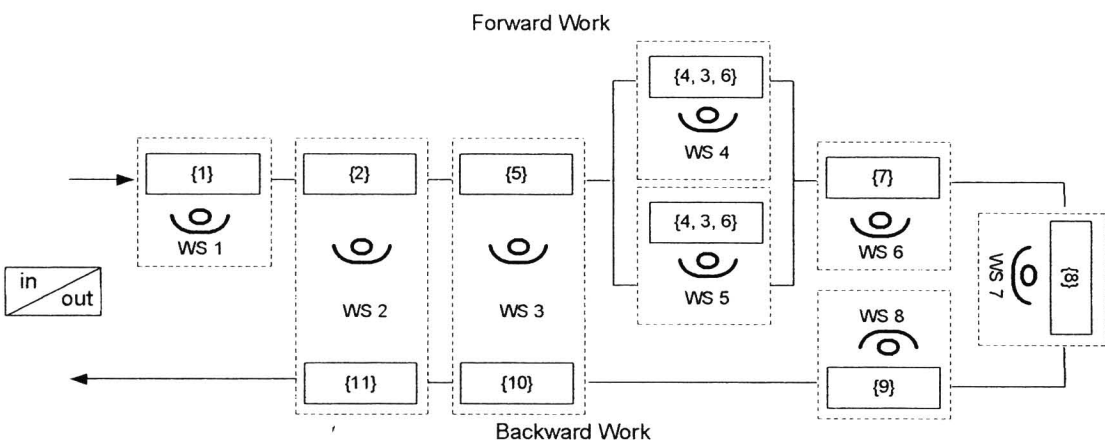
สายการประกอบแบบตัวยู (U-shaped หรือ U-line) คือสายการประกอบที่มีทิศทางการไหลของงานในลักษณะที่เป็นตัวยู โดยทิศทางการทำงานของแต่ละสถานีจะมีทิศทางการทำงานในทิศทางข้างหน้า (Forward Work) และข้ามมาทำงานในทิศทางข้างหลัง (Backward Work) สายการประกอบตัวยูนี้จะทำให้จำนวนของสถานีงานในสายการประกอบมีจำนวนน้อยลง ลักษณะของสายการประกอบจะมีเครื่องจักรวางอยู่ในแต่ละสถานีงานโดยจะวางอยู่รอบๆ ของสายการผลิต พนักงานจะอยู่ในสถานีงานซึ่งจะมีพื้นที่ตรงที่สามารถหมุนตัวกลับมาทำงานในทิศทางข้างหลังได้และยังสามารถช่วยเหลือสถานีงานอื่นได้ และมีประสิทธิภาพดีกว่าสายการประกอบทั่วไปเมื่อกำหนดให้มีรอบเวลาการทำงาน (Cycle Time) โดยใช้ปัญหา 11 ชิ้นงานของ Jackson (1956) ดังรูปที่ 2.1 จะได้จำนวนสถานีงานของสายการประกอบแบบเส้นตรงทั้งหมด 4 สถานีงานเมื่อมีรอบเวลาการทำงานแต่ละสถานีเท่ากับ 8 ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สายการประกอบตัวยู

2.1.1.4 ลักษณะของสายการประกอบแบบตัวยูที่มีสถานีงานแบบขนาน

สายการประกอบตัวยูที่มีสถานีงานแบบขนาน (U-Shaped with Parallel Workstation) จะมีลักษณะคล้ายกับสายการประกอบตัวยู แต่จะทำการเพิ่มสถานีงานขึ้นมาอีก 1 สถานีเมื่องานนั้นมีเวลาเกินรอบเวลาการทำงาน (Cycle Time) จากปัญหา 11 ชิ้นงานของ Jackson (1956) ดังรูปที่ 2.1 พบว่างานที่ 4 มีเวลาการทำงานเกินรอบเวลาการทำงานที่กำหนด คือ 6 จึงทำการเพิ่มสถานีงานขึ้นอีก 1 สถานี (ในที่นี้จะกำหนดให้สถานีการทำงานไม่เกิน 2 สถานีงานเมื่อรวมกับสถานีงานที่เป็นแบบขนาน) และจะมีรอบเวลาการทำงานเท่ากับ 12 โดยจะทำการจัดสรรสถานีงานได้ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 สายการประกอบตัวยูที่มีสถานีงานแบบขนาน

จากรูปที่ 2.4 จำนวนสถานีงานของสายการประกอบตัวยูที่มีสถานีงานแบบขนาน มีสถานีงานทั้งหมด 8 สถานีงาน (รวมสถานีงานขนาน) ซึ่งมีสถานีงานเท่ากับสายการประกอบตัว

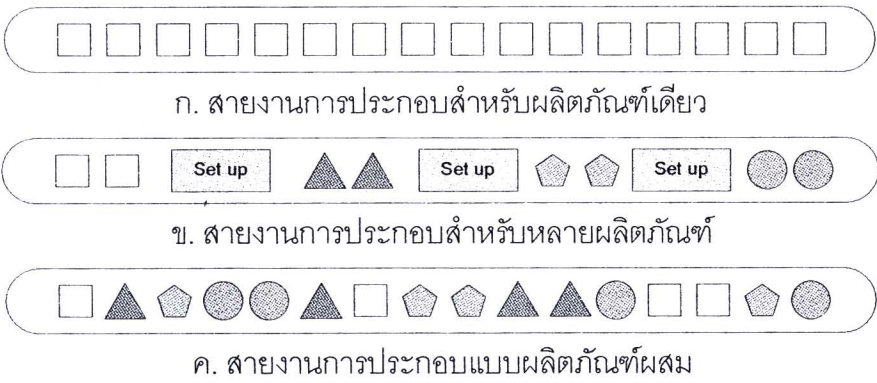
ยูดังรูปที่ 2.3 ที่มีสถานีนงานเท่ากับ 8 สถานีนงาน และน้อยกว่าสายการประกอบแบบเส้นตรงที่มีสถานีนงาน 9 สถานีนงานดังรูปที่ 2.2 แต่สายการประกอบด้วยที่มีสถานีนงานแบบขนานจะมีความกระชับในการใช้พื้นที่ สามารถทำงานตามเวลางานได้ครบทุกชิ้นงานไม่เกินเวลางานในสถานีน

2.1.2 ประเภทของสายงานประกอบ

สายการประกอบสามารถแยกออกได้หลายประเภท โดยพิจารณาจากองค์ประกอบดังนี้

2.1.2.1 สายงานการประกอบที่แยกประเภทตามจำนวนชนิดของสินค้าที่ทำการผลิต

- 1. สายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เดี่ยว (Single Model Assembly Line) เป็นสายงานการประกอบที่ใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงชนิดเดียวโดยเฉพาะ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบเดียว
- 2. สายงานการประกอบสำหรับหลายผลิตภัณฑ์ (Multi Model Assembly Line) เป็นสายงานประกอบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์สองชนิดขึ้นไป ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีกระบวนการประกอบที่ใกล้เคียงกัน สามารถผลิตบนสายการประกอบเดียวกันได้ โดยจะทำการประกอบจะทำทีละชุด และในช่วงที่จะเปลี่ยนการผลิตชนิดของผลิตภัณฑ์อาจจะต้องมีการปรับสายการประกอบใหม่ในทุกครั้งที่เปลี่ยนชนิดของการผลิต
- 3. สายงานการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม (Mixed Model Assembly Line) เป็นสายงานการประกอบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์สองชนิดขึ้นไปเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตพร้อมๆ กัน โดยจะเข้าสู่สายงานการประกอบแบบปะปนกัน โดยระหว่างการผลิตจะไม่มี การปรับสายการประกอบ



รูปที่ 2.5 การแยกสายการประกอบตามจำนวนชนิดของสินค้าที่ทำการผลิต

2.1.2.2 สายการประกอบที่แยกประเภทโดยพิจารณาจากการเคลื่อนย้าย งานระหว่างสถานีงาน มี 2 แบบ คือ

1. การเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ (Manual Transfer) เป็นการเคลื่อนย้ายงานจาก
สถานีงานหนึ่งไปยังอีกสถานีงานถัดไปจะทำได้ด้วยมือ ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ดังนี้

- การไม่มีงานป้อน (Starving) คือ การที่คนงานได้ทำงานของตัวเองเสร็จ
แล้ว แต่ต้องคอยงานจากสถานีก่อนหน้าที่ยังทำไม่เสร็จ
- การไม่มีที่ส่งงาน (Blocking) คือการที่คนงานได้ทำงานของตัวเองเสร็จ
แล้ว แต่ต้องรอให้คนงานของสถานีถัดไป ทำงานให้เสร็จก่อนแล้วจึง
จะส่งงานของตนเองไปได้ แล้วจึงจะเริ่มทำงานชิ้นใหม่



ปัญหาทั้งสองแบบทำให้ การไหลของงานไม่สม่ำเสมอมักจะเกิดอาการคอขวด
เกิดขึ้น รอบเวลาการผลิตไม่คงที่ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกำลังการผลิต เพราะฉะนั้นควร
มี Buffer Storage ระหว่างสถานีงานเพื่อที่จะช่วยลดปัญหาทั้งสองนี้ได้ ทำให้สายการผลิตมีการ
ผลิตที่ต่อเนื่องยิ่งขึ้น

2. การเคลื่อนย้ายงานโดยสายพาน (Moving Conveyor) เป็นการเคลื่อนย้าย
งานจากสถานีหนึ่งไปยังสถานีถัดไป โดยอาศัยสายพานเป็นตัวลำเลียงชิ้นงาน ซึ่งมีอยู่สองแบบคือ
แบบต่อเนื่อง และแบบไม่ต่อเนื่อง การเคลื่อนย้ายงานแบบไม่ต่อเนื่องคือเมื่อชิ้นงานใดเสร็จให้ส่ง
ต่อสถานีถัดไปได้ทันทีโดยไม่ต้องส่งพร้อมกันกับสถานีอื่น ปัญหาที่เกิดขึ้นก็จะเหมือนกับการ
แก้ปัญหาของการเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ ส่วนการเคลื่อนย้ายงานแบบต่อเนื่องเป็นการที่
ผลิตภัณฑ์ถูกเคลื่อนย้ายตลอดเวลาอย่างต่อเนื่องผ่านไปยังสถานีงานต่าง ๆ พร้อมกัน ในขณะที่
กำลังเคลื่อนที่อยู่นั้น การเคลื่อนย้ายงานจะใช้สายพานในการลำเลียงงานทำให้มีโอกาสเกิด
ปัญหาได้ดังนี้

2.1 การไม่มีงานป้อน (Starving) สามารถเกิดขึ้นได้เช่นเดียวกับการ
เคลื่อนย้ายงานด้วยมือ

2.2 การมีงานล้นมือ (Congestion) คือการทำงานไม่เสร็จสมบูรณ์
เนื่องจากการที่คนงานไม่สามารถทำงานชิ้นนั้นให้เสร็จตามเวลาการทำงาน

2.3 สำหรับการไม่มีที่ส่งงาน (Blocking) นั้นจะไม่เกิดกับการย้ายงานนี้

สำนักงานคณะกรรมการปรมาณูแห่งชาติ	
- 3 ก.ก. 2555	
วันที่.....	เลขทะเบียน..... 246189
เลขเรียกหนังสือ.....	

การป้อนผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบ (Model Launch Discipline) เป็นการกำหนดช่วงระยะเวลาระหว่างผลิตภัณฑ์แต่ละชั้น ที่เริ่มต้นป้อนเข้าในสายงานการประกอบ มีหลักปฏิบัติ 2 แบบ คือ

1. การป้อนแปรผัน (Variable Rate Launching) จะมีลักษณะช่วงระยะเวลาการป้อนจะแปรผันไปตามเวลาที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละสถานีงาน

2. การป้อนแบบคงที่ (Fixed Rate Launching) เป็นการป้อนงานโดยมีช่วงเวลาระหว่างการป้อนแต่ละครั้งคงที่ค่าหนึ่ง ถ้าหากผลิตภัณฑ์ที่ถูกป้อนเข้ามาใช้เวลาในสถานีน้อยกว่าช่วงเวลาที่ป้อน ก็จะทำให้เกิดการว่างงานของสถานีงาน (Station Idle Time) แต่ถ้าหากใช้เวลาในสถานีงานมากกว่าช่วงเวลาที่ป้อนก็จะเกิดการเข้าคิวรอของ วิธีการนี้จะต้องใช้ควบคู่ไปกับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ (Model Sequencing) เพื่อให้การทำงานของสายการผลิตมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทั่วไปวิธีการนี้เหมาะสมกับสายการผลิตที่ใช้สายพานในการเคลื่อนย้ายงาน

2.1.2.3 สายการประกอบที่แยกประเภทโดยพิจารณาตามลักษณะเวลาทำงานของสถานีงาน มี 2 แบบ คือ

1. Paced Line เป็นสายงานที่กำหนดให้เวลาทำงานในสถานีทำงานต้องเท่ากับรอบเวลาการผลิต ซึ่งหมายความว่าทุกหน่วยเวลา ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์จะต้องถูกส่งต่อไปยังสถานีทำงานต่อไปไม่ว่าจะทำงานในสถานีนั่นเสร็จหรือไม่ก็ตาม ถ้าหากทำงานในสถานีนั่นนั้นเสร็จก่อนรอบเวลาการผลิต ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ก็ต้องคอยอยู่ในสถานีนั่นทำงานเดิมจนกว่าจะครบหน่วยเวลา สายงานประกอบแบบ Paced Line อาจทำให้ได้ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะต้องถูกนำไปซ่อมแซมและทำใหม่อีกทีหนึ่ง

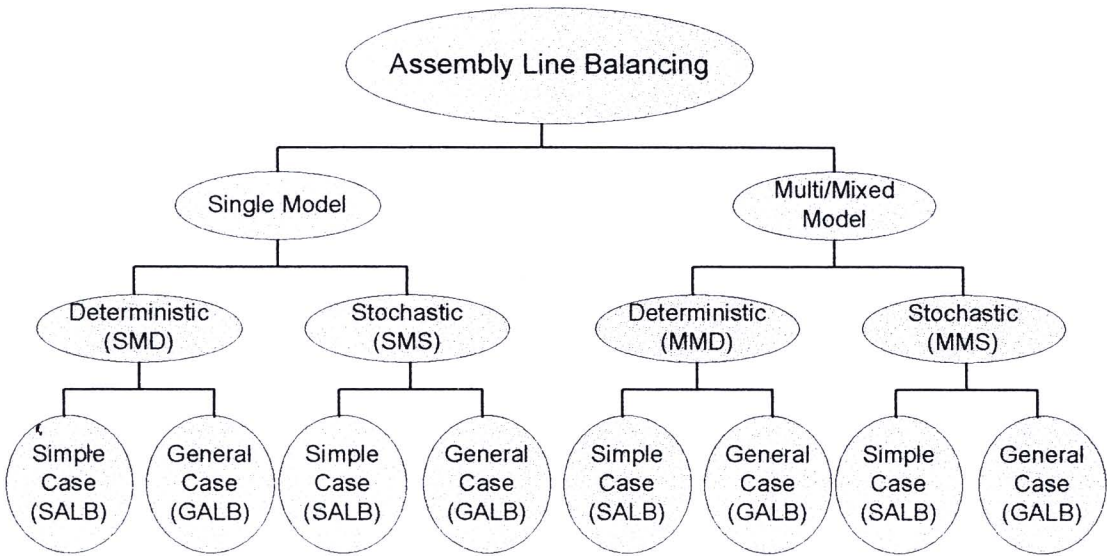
2. Unpaced Line (Asynchronous Line) ในแต่ละสถานีจะทำงานตามชิ้นงานที่ถูกกำหนดให้สถานีนั่น ๆ จนกว่าจะเสร็จแล้วจึงเคลื่อนย้ายไปทำงานในสถานีทำงานต่อไป ดังนั้นเวลาทำงานในแต่ละสถานีงานอาจมากกว่าหรือน้อยกว่ารอบเวลาการผลิตก็ได้

2.1.3 หลักการจัดสมดุลสายงานการประกอบ

2.1.3.1 ประเภทของปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบ

ปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบสามารถจำแนกออกได้ 4 ประเภท คือ Single Model Deterministic (SMD), Single Model Stochastic (SMS), Multi/Mixed

Model Deterministic (MMD), และ Multi/Mixed Model Stochastic (MMS), (Ghosh and Gagnon,1989) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แผนผังแสดงการจำแนกปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ

1. Single Model Deterministic (SMD)

Single Model Deterministic เป็นการจัดสมดุลของสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เดียว และเวลาการทำงานของชั้นงานแต่ละชั้นถูกกำหนดไว้อย่างแน่นอนปัญหาการจัดสมดุล

2. Single Model Stochastic (SMS)

Single Model Stochastic เป็นปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เดียว โดยเวลาการทำงานของชั้นงานจะไม่คงที่จึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ที่ตามมาด้วย

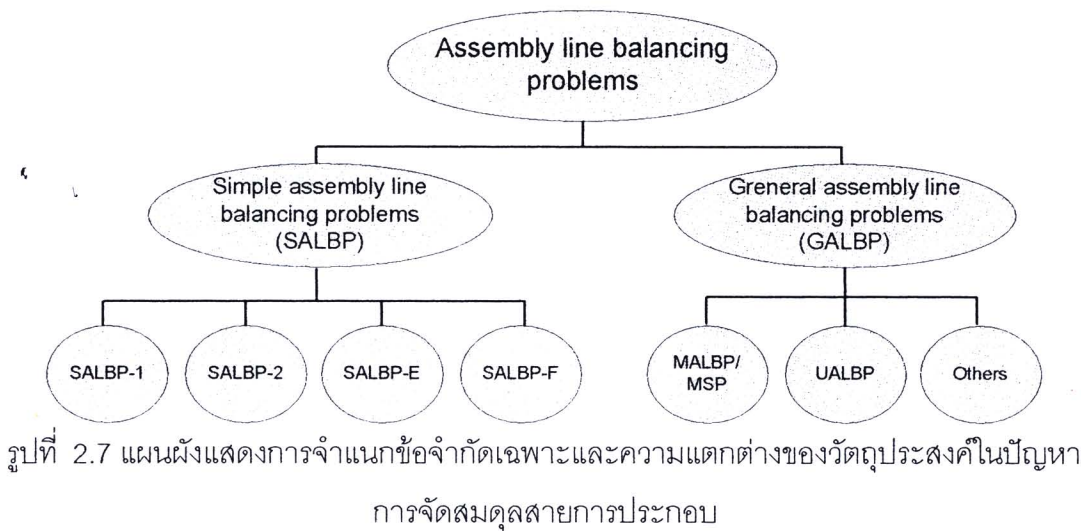
3. Multi/Mixed Model Deterministic (MMD)

Multi/Mixed Model Deterministic เป็นปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 อย่างขึ้นไป โดยที่มีการกำหนดเวลาทำงานของชั้นงานแต่ละชั้นเป็นค่าที่แน่นอน

4. Multi/Mixed Model Stochastic (MMS)

Multi/Mixed Model Stochastic เป็นปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 อย่างขึ้นไป โดยที่มีการกำหนดเวลาทำงานของชิ้นงานแต่ละชิ้นไม่แน่นอน

2.1.3.2 ประเภทของวัตถุประสงคในการจัดสมดุลของสายงานการประกอบ



1. Simple Assembly Line Balancing Problem (SALBP)

ปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบอย่างง่ายเป็นปัญหาที่มีสายการประกอบชนิดเส้นตรงที่มีผลผลิตผลิตภัณฑ์แบบเดียว ซึ่งจะพิจารณาความสัมพันธ์ของแต่ละภาระงานเท่านั้น แบ่งเป็น 4 ลักษณะ คือ

- Type 1 (SALB-1) เป็นปัญหาที่ทำงานจัดสรรงานในแต่ละสถานีงานให้มีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุด โดยมีการกำหนดรอบเวลาการทำงานมา (Cycle Time)
- Type 2 (SALB-2) เป็นปัญหาที่หาขอบการทำงานที่น้อยที่สุด โดยกำหนดสถานีงานมาให้
- Type E (SALB-E) เป็นปัญหาทั่วไปซึ่งการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง Type 1 และ Type 2 รวมกัน

- Type F (SALB-F) เป็นปัญหาที่มีความเป็นไปได้ที่มีการตั้งขึ้นหรือการหาทางออกของปัญหาที่เป็นไปไม่ได้ โดยมีการกำหนดค่าสถานีงานและรอบการทำงานมาให้

2. General Assembly Line Balancing Problems (GALBP)

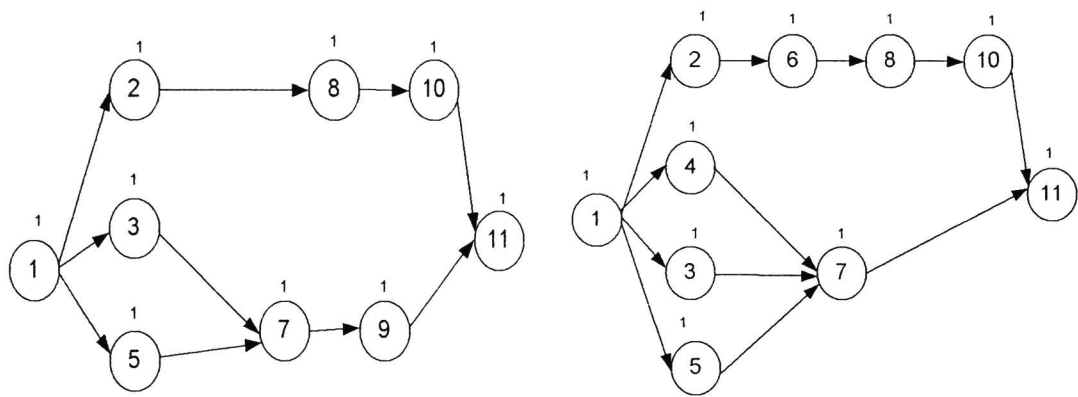
ปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบโดยทั่วไป (GALBP) จะแตกต่างกับ SALB เนื่องจากปัญหาแบบ GALB จะมีข้อจำกัด (Restriction) หรือปัจจัย (Factor) อื่น ๆ เพิ่มเติมเข้ามา เช่น มีสถานีทำงานแบบขนาน (Parallel Station) มีการพิจารณาขนาดของวัสดุคงคลังในแต่ละสถานีและมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการรวมชิ้นงาน (Zoning Restriction) เป็นต้น

2.1.4 การจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม

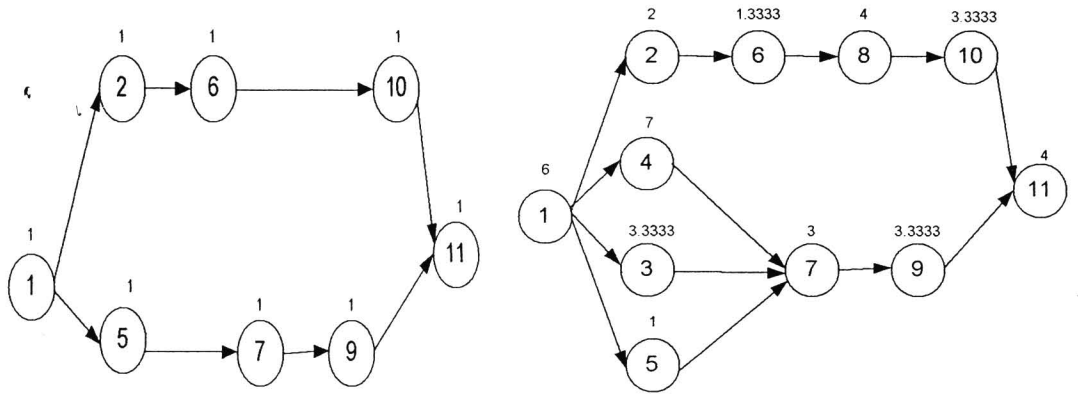
การจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม เป็นการจัดสมดุลของสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 อย่างขึ้นไป โดยมีเวลาทำงานของชิ้นงานเป็นค่าเวลามาตรฐานของงานนั้น วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมมี 2 วิธี คือ วิธีการทาง Mathematical และ Heuristic ต่อมาได้มีผู้คิดค้นวิธีการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมขึ้นซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย และเหมาะสมที่จะนำมา โดยให้พิจารณาถึงแผนการผลิตทั้งหมดในแต่ละวัน หรือในช่วงเวลาจะ โดยจะพิจารณาถึงรอบเวลาการผลิต (Cycle Time Basis) ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ให้ระยะเวลาที่ทำงานต่อวัน แทนรอบเวลาการผลิต (Cycle Time)
2. แทนเวลาย่อยในแต่ละชิ้นงาน ด้วยเวลาทั้งหมดที่ต้องการใช้ทำงานนี้สำหรับทุกๆ ชิ้นงาน ของทุกๆ แบบผลิตภัณฑ์

3. แผนภาพความสัมพันธ์รวม (Combined Relations Precedence Diagram) เกิดจากการรวมกันของแผนภาพของสายการประกอบที่มีหลายผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.8



แผนภาพความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์ A แผนภาพความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์ B



แผนภาพความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์ C แผนภาพความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์รวม A, B, C
รูปที่ 2.8 การสร้างแผนภาพความสัมพันธ์รวม (Combined Relations Precedence Diagram)
ของปัญหาตัวอย่างขนาด 11 ชิ้นงานของ Jackson (1956)

2.1.5 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการจัดสมดุลสายการประกอบ

ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบโดยส่วนมากแล้วจะมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์หลายวัตถุประสงค์ที่ใช้ โดยวัตถุประสงค์ที่ใช้จะต้องมีการพิจารณาความสัมพันธ์ก่อนที่จะนำมาใช้เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบตามวัตถุประสงค์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้

2.1.5.1 ด้านประสิทธิภาพของสายการประกอบ (Efficiency Line)

- 1. สถานีนงานที่น้อยที่สุด (Minimum the Total Number of Workstation)

คือการหาจำนวนสถานีนงานในสายการประกอบแบบขนาน (Chen and Plebani, 2008)

- 2. จำนวนเวลาว่างงานรวมน้อยที่สุด (Minimize the Total Idle Time)

คือการหาค่าเวลาว่างงานรวมของเครื่องจักรในทุกสถานีนงาน (Sihua and Louis, 2008)

3. ประสิทธิภาพของน้ำหนักสายการประกอบ (Weighted Line Efficiency) คือการหาประสิทธิภาพของสายการประกอบที่มีค่ามากที่สุด (Vilarinho and Simaria, 2002)

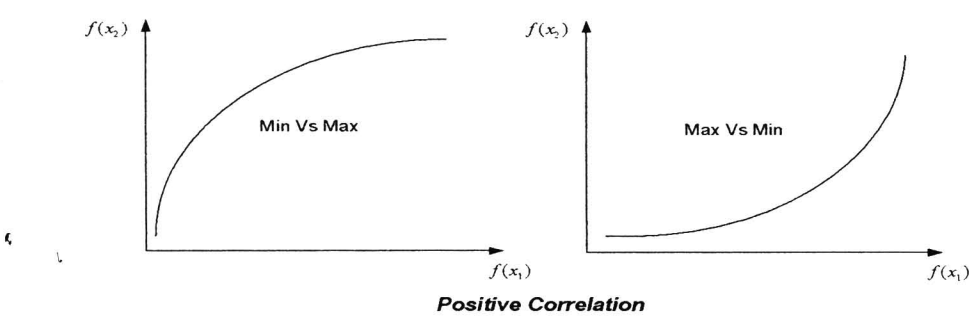
2.1.5.2 ด้านสมดุลของภาระงาน (Workload Smoothing)

- 1. ความสมดุลภายในสถานีงาน (Balance The Workload within each Workstation) คือการหาค่าความสมดุลของภายในแต่ละสถานีงานเมื่อปัญหาที่ใช้เป็นปัญหาแบบผสมที่มีเวลาการทำงานในแต่ละงานที่แตกต่างกันทำให้ต้องมีการพิจารณาเวลาที่ใช้ในการทำงานของแต่ละงาน (Vilarinho and Simaria , 2006)
- 2. ความสมดุลระหว่างสถานีงาน (Balance Between Workstations) คือการหาค่าความสมดุลของแต่ละสถานีงานที่อยู่ในสายการประกอบ โดยพิจารณาจากเวลาว่างงานของแต่ละสถานีงานและเวลาว่างงานโดยเฉลี่ย (Vilarinho and Simaria, 2006)
- 3. ความสมดุลของเวลาล่าช้า (Balance Delay Time) คือเวลารวมของเวลาว่างงานในสายการผลิตทั้งหมดทุกสถานีงาน (Vilarinho and Simaria, 2002)

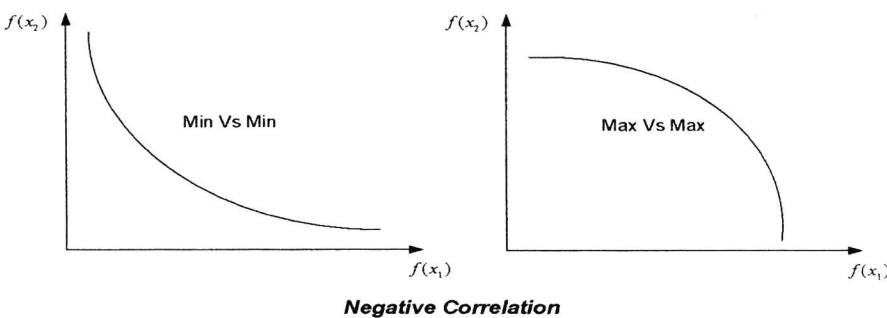
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการจำแนกกลุ่มของวัตถุประสงค์ในสายการประกอบตัวชูที่มีสถานีงานขนาน

ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ	วัตถุประสงค์
ด้านประสิทธิภาพของสายการประกอบ (Efficiency Line)	1. สถานีงานที่น้อยที่สุด (Minimum the Total Number of Workstation) 2. จำนวนเวลาว่างงานรวมน้อยที่สุด (Minimize the Total Idle Time) 3. ประสิทธิภาพของน้ำหนักสายการประกอบ (Weighted Line Efficiency)
ด้านสมดุลของภาระงาน (Workload Smoothing)	1. ความสมดุลภายในสถานีงาน (Balance The Workload within each Workstation) 2. ความสมดุลระหว่างสถานีงาน (Balance between Workstations) 3. ความสมดุลของเวลาล่าช้า (Balance Delay Time)

วัตถุประสงค์ที่นำมาจำแนกนี้อาจจะยังไม่สามารถให้คำตอบที่ดีที่สุดได้ จึงต้องมีการพิจารณาความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์ที่ใช้ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยลักษณะความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์จะมีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวกคือมีลักษณะแบบทิศทางเดียวกัน และความสัมพันธ์ในเชิงลบคือมีลักษณะทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์ที่กล่าวมานั้นสามารถช่วยให้หาคำตอบที่เหมาะสมได้ ดังรูป 2.9 และ รูปที่ 2.10



รูปที่ 2.9 ลักษณะคำตอบวัตถุประสงค์ 2 วัตถุประสงค์ที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก



รูปที่ 2.10 ลักษณะคำตอบวัตถุประสงค์ 2 วัตถุประสงค์ที่มีความสัมพันธ์เชิงลบ

ในงานวิจัยนี้จะใช้วัตถุประสงค์คือ ความสมดุลภายในสถานีงาน (Balance The Workload within each Workstation) และความสมดุลระหว่างสถานีงาน (Balance Between Workstations) ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่มีค่าความสัมพันธ์ในเชิงลบ

2.1.6 การหาค่าเหมาะสมที่สุด

การหาคำตอบที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดสามารถหาได้โดยการพิจารณาเป้าหมายและฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนดขึ้นซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบวัตถุประสงค์เดียวกันและการหาค่าที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์ วิธีการหาค่าจะ

ใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม Matlab เข้าช่วยในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจะประกอบด้วย

2.1.6.1 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ใช้ในที่นี้เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่น้อยที่สุด (Minimize) คือจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด ความสมดุลระหว่างสถานีงาน (Balance between workstation) และความสมดุลภายในสถานีงาน (Balance within workstation)

2.1.6.2 ตัวแปรการตัดสินใจ

ตัวแปรการตัดสินใจเป็นตัวแปรที่ช่วยในการเลือกเพื่อใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ตัวแปรการตัดสินใจจะเป็นตัวแปรที่วัดในเชิงปริมาณเป็นตัวแปร x_j โดยที่ $j = 1, 2, \dots, n$ และเวกเตอร์ของตัวแปรตัดสินใจ n ตัว โดยสมการสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad \text{or} \quad \bar{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T \quad (2.1)$$

2.1.6.3 ข้อจำกัด

ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด อาจจะเป็นข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดซึ่งข้อจำกัดนี้ต้องมีความเป็นไปได้ที่สามารถยอมรับได้ และข้อจำกัดนี้ต้องยังต้องขึ้นอยู่กับตัวแปรการตัดสินใจ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$g_i(\bar{x}) \geq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.2)$$

โดยที่สมการ (2.2) คือข้อจำกัดที่เป็นแบบอสมการ (Inequality Constraints)

$$h_i(\bar{x}) \geq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (2.3)$$

โดยที่สมการ (2.3) คือข้อจำกัดที่เป็นแบบสมการ (Equality Constraints)

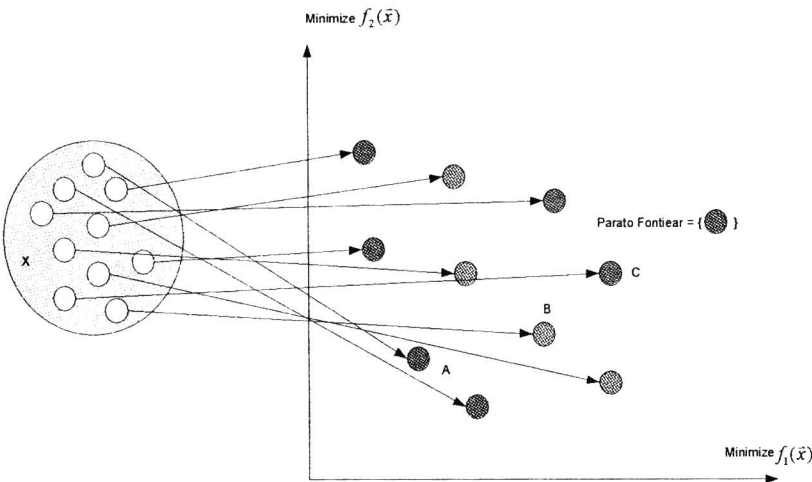
2.1.6.4 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสามารถทำได้จากการหากลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่น้อยที่สุด โดยคำตอบที่ได้จะอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของตัวแปรการตัดสินใจและข้อกำหนด

$$Minimize \quad \{f_1(\bar{x}), f_2(\bar{x}), \dots, f_k(\bar{x})\} \tag{2.4}$$

ข้อจำกัด $g_i(\bar{x}) \leq 0$
โดยที่ $\bar{x}$ คือ เวกเตอร์ของตัวแปรตัดสินใจ
 $f_i(\bar{x})$ คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ i
 $g_i(\bar{x})$ คือ เวกเตอร์ข้อจำกัดที่ i

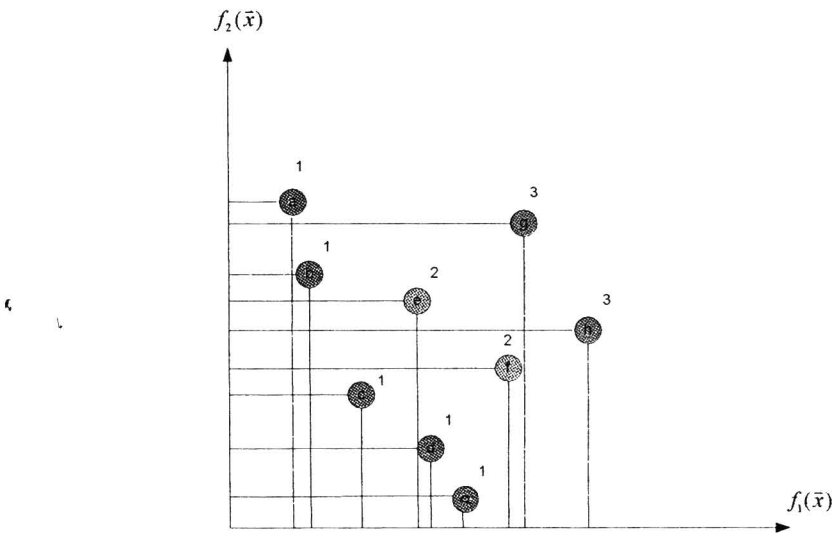
คำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดจะเรียกว่ากลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Pareto Optimal) และสมาชิกที่อยู่ในกลุ่มคำตอบนี้จะเรียกว่า เซตคำตอบที่ดีที่สุด (Pareto Optimal Set) หรือเซตคำตอบที่เด่นกว่า (Non-dominated Set)



รูปที่ 2.11 กลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่คำตอบ

จากรูปที่ 2.11 พบว่าวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุดคือวัตถุประสงค์ที่เป็นในจุดสี่เหลี่ยม จะเป็นเวกเตอร์คำตอบของวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุด ไม่มีตัวไหนดีกว่า ซึ่งเซตคำตอบนี้เป็นขอบเขตของกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Pareto Optimal Frontier) จากกลุ่มคำตอบในรูปนี้จะเห็นได้ว่า เวกเตอร์ A, B และ C เวกเตอร์ A จะมีค่าที่ดีที่สุด รองลงมาคือ B และ C

เมื่อได้กลุ่มคำตอบที่ดีแล้วต่อมาทำการกำหนดค่าความแข็งแรงของคำตอบที่เป็นวิธีเชิงกลุ่มวิธีหนึ่ง โดยวิธีนี้จะเป็นวิธีการจัดลำดับของคำตอบของ Non-dominate Set คือเมื่อได้กลุ่มคำตอบแล้วจะทำการจัดลำดับของประชากรทั้งหมดโดยกำหนดให้คำตอบที่เด่นกว่าตัวอื่นมีค่าเป็น 1 และไล่ลำดับจนครบทุกตัว



รูปที่ 2.12 วิธีการ Non-dominate Sorting ของ Goldberg (1989)

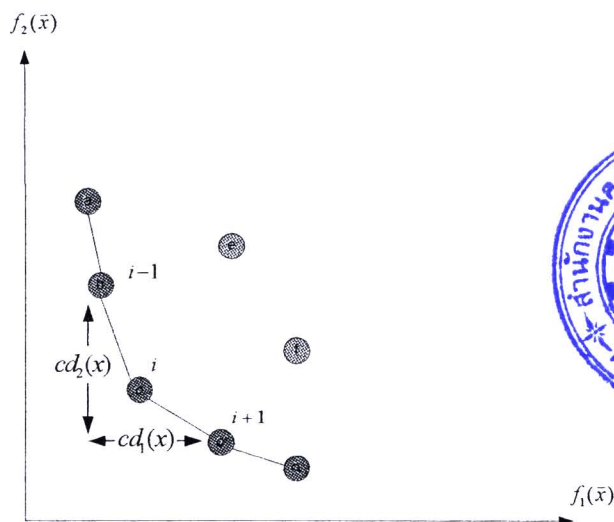
เมื่อทำการจัดอันดับแล้วทำการคำนวณหา Crowding Distance ของประชากร เพื่อหาการกระจายของกลุ่มคำตอบ วิธีการหา Crowding Distance เป็นเทคนิคในการทำให้ประชากรคำตอบบนขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีมีลักษณะการกระจายอย่างสม่ำเสมอ วิธีการคำนวณหาระยะทางระหว่างสมาชิกที่อยู่ใน Front เดียวกัน โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1. จำนวนประชากรคำตอบทั้งหมดใน Front ที่ $j, j = 1, \dots, R$ มีค่าเป็น I และสมาชิกประชากรคำตอบที่ i ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ k จะมีค่าเป็น $x_{[i,k]}$ สมาชิกที่มีค่าวัตถุประสงค์ที่น้อยที่สุดที่มีลำดับที่ 1 และสมาชิกที่มีค่ามากที่สุดที่มีลำดับสุดท้าย ทั้งสองตัวนี้จะถูกกำหนดให้มีค่า Crowding Distance มีค่าเป็น Infinity ส่วนสมาชิกประชากรคำตอบรายการเรียงลำดับที่ 2 ถึง ลำดับที่ $I - 1$ จะคำนวณ Crowding Distance ได้จากสมการที่ (2.5)

$$cd_k(x_{[i,k]}) = \frac{f_k(x_{[i+1,k]}) - f_k(x_{[i-1,k]})}{f_k^{\max} - f_k^{\min}} \tag{2.5}$$

2. รวมของ Crowding Distance จะได้ $cd(x) = \sum cd_k(x)$ คือค่า Crowding Distance ของสมาชิกคำตอบ โดยจะแสดงถึงระยะห่างระหว่างจุดที่อยู่ต่อเนื่องบนคำตอบใน

Front เดียวกัน ค่า Crowding Distance น้อยแสดงว่ากลุ่มคำตอบใน Front นั้นมีการเกาะกลุ่มกัน แต่ถ้าวค่า Crowding Distance มากแสดงว่ากลุ่มคำตอบใน Front นั้นมีการกระจายอย่างเด่นชัด



รูปที่ 2.13 การหาค่า Crowding Distance ใน Front ที่ 1

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมมูลสายการประกอบแบบเส้นตรง

จงบกล เอี่ยมมณี, 2543 ได้เสนอแนวทางการนำเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs) มาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหา การจัดสมมูลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีจำนวนสถานีนงานน้อยที่สุด และเกิดเวลารว้งานรวมน้อยที่สุด และยังได้ศึกษาและทำการทดสอบหาพารามิเตอร์ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งได้แก่ ขนาดประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน แล้วจึงนำพารามิเตอร์ที่ได้ ไปแก้ปัญหาดตัวอย่างของการจัดสมมูลสายการประกอบผลิตภัณฑ์แบบผสม จากงานวิจัยนี้พบว่าพารามิเตอร์ที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ต่อประสิทธิภาพของเจเนติกอัลกอริทึม ในการจัดสมมูลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมคือ จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน ดังนั้นในการนำเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้จริง ต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ซึ่งอาจจะนำค่าที่เหมาะสมที่ได้ ผลจากการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีเจเนติกอัลกอริทึม กับวิธีการของ COMSOAL พบว่า เจเนติกอัลกอริทึมจะให้ผลลัพธ์ที่สำหรับปัญหาการจัดสมมูลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม

Becker and Scholl (2006) ได้ทำการสำรวจปัญหาและลักษณะของสายการประกอบเมื่อนำสายการประกอบมาพัฒนาจาก Hennrt Ford โดยทำการเปลี่ยนแปลงสายการประกอบจากเส้นเดียว กลายเป็นเส้นคู่ขนานกับสถานีงาน สายการประกอบแบบผสม จนถึงสายการประกอบตัวยู แต่ไม่ว่าจะเป็นสายการประกอบแบบไหนก็จะต้องทำการแก้ปัญหาการประกอบสายปัญหาให้มีความสมดุล การกำหนดค่าสายการประกอบ ในการจัดสถานีงานด้วยภาระงานของแต่ละสถานีของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะอธิบายถึงรูปแบบลักษณะของสายการประกอบ การทำงานของสายประกอบตัวยู ลักษณะการทำงานแบบผสม

Boysen, Fliedner and Scholl (2007) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสายการประกอบที่มีการผลิตแบบ flow-line ที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรม ในงานวิจัยนี้จะอธิบายถึงประเภทของสายการประกอบ รูปแบบของสายการผลิต และชนิดของสายการประกอบที่ประกอบด้วย Paced Line, Unpaced Asynchronous และ Unpaced Synchronous Line ที่ใช้ในอุตสาหกรรมโดยจะบอกถึงรายละเอียดและวิเคราะห์ปัญหาของตัวอย่างที่ได้นำสายการประกอบเหล่านี้เข้ามาประยุกต์ใช้จริง โดยจะมีคำแนะนำในการปรับสภาพและสมดุลวิธีการประกอบให้เหมาะสมกับงานที่ทำ

Scholl and Klein (1999) ได้ทำการอธิบายถึงลักษณะสายการประกอบที่ผลิตภัณฑ์แบบเดียว ผลิตภัณฑ์แบบหลายอย่าง และผลิตภัณฑ์แบบผสม ซึ่งผลิตภัณฑ์แบบเดียวนั้นจะเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียวเท่านั้น ส่วนสำหรับหลายผลิตภัณฑ์สายงานการประกอบจะมีการผลิตผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปและจะมีการผลิตเป็นแบบทำทีละแบบ ในช่วงที่จะเปลี่ยนการประกอบชนิดของผลิตภัณฑ์ ต้องมีการปรับสายการประกอบใหม่ (Set up) และสายงานประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมเป็นสายงานการประกอบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดหรือมากกว่า แต่ต่างกันที่ผลิตภัณฑ์ต่างๆจะเข้าสู่สายงานการประกอบปนกันและไม่มีการปรับสายการประกอบ โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสายการประกอบแบบเส้นตรงและแบบตัวยู พบว่าสายการประกอบแบบตัวยูจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเนื่องจากสถานีการทำงานน้อยกว่าแบบเส้นตรง รวมทั้งถ้าจำนวนรอบเวลาการทำงานมีค่าน้อยลงจะส่งผลให้มีเวลาที่สูญเสียไปมีค่าน้อยลง จึงช่วยให้มีประสิทธิภาพของสายการประกอบสูงขึ้น และได้อธิบายในการหา Lower Bound และ Upper Bound ในภายใต้วัตถุประสงค์ ชนิดที่ 1 (การกำหนดรอบเวลาในการทำงานและหาจำนวนสถานีน้อยที่สุด) และชนิดที่ 2 (การกำหนดสถานีงานและหารอบเวลาการทำงานที่น้อยที่สุด)

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู

ภาณุวัฒน์ โอฬารวิวัฒน์ชัย, 2551 ได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ ลักษณะตัวยูเป็นปัญหา NP-Hard แบบ Combinatorial Optimization ซึ่งต้องใช้เวลานานในการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหามหาศาล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนออัลกอริทึมในการแก้ปัญหการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยู ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์สมที่มีหลายวัตถุดิบในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี ภายใต้ปัญหาประเภทที่ 1 (Type I problem) โดยจะพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้งหมด 3 วัตถุประสงค์คือ จำนวนสถานีงานมีจำนวนน้อยที่สุด งานมีผลต่างความสัมพันธ์ในสถานีงานมีค่าน้อยที่สุดและความผันแปรของเวลาในสถานีงานทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอกับอัลกอริทึมที่เป็นที่นิยมและได้คำตอบที่ดีในปัจจุบันคือ Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบพบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอเป็นอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าอัลกอริทึม NSGA-II ในด้านคำตอบที่มีการลู่เข้าใกล้กลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่แท้จริง ด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบ และด้านเวลาในการประมวลผลที่เร็วกว่าอัลกอริทึม NSGA-II

Baykasoglu (2006) งานวิจัยนี้ได้ทำการนำเสนอวัตถุดิบที่มีหลายวัตถุดิบโดยใช้วิธีฮิวริสติกแบบซิมูเลต แอนนีลิ่ง (Simulated Annealing) ในการหาคำตอบการจัดสมดุลในสายการประกอบแบบเส้นตรงและสายการประกอบแบบตัวยู วัตถุประสงค์ทั้งหมดมี 2 วัตถุประสงค์ คือ ค่าที่มากที่สุดของค่าราบเรียบของงาน และจำนวนสถานีงานน้อยที่สุด ในการเลือกงานจะใช้กฎของการเลือกงานทั้งหมด 15 กฎซึ่งจะทำการสุ่มเลือกกฎ จากนั้นจึงทำการเลือกงานมาสองงานเพื่อทำการสลับกฎที่ใช้ จากการทดลองทั้งหมด 57 ปัญหา พบว่ามี 3 ปัญหาที่สายการประกอบแบบตัวยูที่ดีกว่าสายการประกอบแบบเส้นตรง และมี 54 ปัญหาที่มีจำนวนสถานีงานเท่ากัน และมี 26 ปัญหาที่สายการประกอบแบบตัวยูมีค่าราบเรียบมากกว่าสายการประกอบแบบเส้นตรง

Cheng, Miltenburg and Motwani (2000) ได้นำเสนอการเปรียบเทียบคุณภาพของสายการประกอบแบบเส้นตรงและสายการประกอบแบบตัวยู ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการตรวจสอบสายการผลิตทั้งสองว่ามีคุณภาพและประสิทธิภาพดีหรือไม่ โดยทำการวัดคุณภาพการวางแผนคุณภาพการผลิต และคุณภาพการปรับปรุงของแต่ละสายการประกอบ นอกจากนี้ยังได้อธิบายถึงข้อดีของสายการประกอบแบบตัวยู เช่น ปริมาณและผู้ปฏิบัติการจะมีความยืดหยุ่นกว่าสายการประกอบเส้นตรง เนื่องจากการเดินทางของพนักงานมีระยะทางที่สั้นกว่าทำให้อัตราการผลิตมี

อัตราที่สูงขึ้น จำนวนสถานีนงานอาจมีจำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับสายการประกอบแบบเส้นตรง วัสดุเครื่องมือสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกรวดเร็ว ทำให้เกิดความสามัคคีอย่างชัดเจนในการทำงาน

Chiang and Urban (2005) ได้อธิบายถึงวิธีการจัดงานในสถานีนงานในสายการประกอบ ด้วยในแต่ละสถานีนงานจะมีการทำงานแบบข้างหน้า (Front) และการเข้ามาทำงานข้างหลัง (Back) ซึ่งมีผลทำให้สถานีนงานในสายการประกอบด้วยมีจำนวนน้อยกว่าสายการประกอบแบบเส้นตรง โดยงานในแต่ละสถานีนงานจึงต้องทำงานควบคู่ระหว่างงานที่ทำข้างหน้าและข้างหลังในแต่ละสถานีน และจะต้องไม่ผิดข้อจำกัดด้านความสัมพันธ์ของแต่ละงาน

Miltenburg (2001) ได้อธิบายถึงสายการประกอบด้วยที่มีลักษณะพิเศษที่มีการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-in-Time) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพและลดของเสียในการผลิต ซึ่งจะอธิบายขั้นตอนตามวิธีการปฏิบัติ สายการประกอบด้วยจะมีทางเข้าการเริ่มต้นการทำงาน และทางออกของสายงานการผลิตแยกออกจากกันทำให้คนงานสามารถทำงานได้อย่างอิสระ สายการประกอบด้วยจะต้องทำการปรับความสมดุลเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงการผลิต สายการประกอบด้วยที่มีลักษณะงานแบบผสมรูปแบบการทำงานจะขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ผลิตและเมื่อทำการตรวจสอบจากตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาพบว่าได้ผลผลิตดีขึ้น 76% สามารถลดเวลาการทำงานได้ 75% และยังลดของเสียลงไป 86%

Sparling and Miltenburg (1998) อธิบายว่าในอุตสาหกรรมส่วนมากจะมีการปรับเปลี่ยนจากสายการประกอบผลิตภัณฑ์เดี่ยว (Single Product) เป็นแบบหลายผลิตภัณฑ์ (Mutil Product) หรือผลิตภัณฑ์ผสม (Mixed Model) เครื่องมือที่เข้ามาช่วยในการดำเนินการคือระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-in-time) สิ่งที่จะช่วยให้การผลิตของให้ทันต่อความต้องการลูกค้า และมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ในเวลาที่มีจำกัดและเสียต้นทุนที่ไม่มาก คือ ปัญหาการจัดสมดุลของสายการประกอบแบบผสม ที่มีลักษณะสายการประกอบแบบด้วย ซึ่งเป็นการจัดภาระงานตามความต้องการผลิตภัณฑ์ทั้งหมดเพื่อให้จำนวนของสถานีนงานบนสายการประกอบแบบด้วยมีจำนวนน้อยที่สุด โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการอธิบายขั้นตอนการจัดสมดุลของสายการประกอบแบบด้วยไว้ 4 ขั้นตอนคือ 1.การคำนวณหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของเวลาในการทำงานและการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ 2. การวาดกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของภาระงานตามข้อจำกัดในรูปแบบผลิตภัณฑ์เดี่ยว 3.หาค่าที่เหมาะสมของแต่ละพารามิเตอร์เพื่อเป็นสายการประกอบสมดุลเริ่มต้น

4.ทำการปรับสมดุลให้มีค่าให้เท่าๆกันในแต่ละสถานีนงานโดยจะพิจารณาจากตัววัดสภาพที่ไม่สมดุล (Imbalance Measure) ให้มีค่าน้อยที่สุด

2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการประกอบที่มีสถานีนงานแบบขนาน

Askin and Zhou (1997) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับความต้องการในการผลิตของลูกค้า และการหาความยืดหยุ่นในสายการประกอบที่มีการผลิตแบบหลากหลาย สายการประกอบแบบดั้งเดิมจะมีลักษณะสายการประกอบแบบเดี่ยว และแบบผสม โดยงานวิจัยนี้จะนำเสนอสายการประกอบที่มีสถานีนงานแบบขนานซึ่งจะประกอบด้วยงานและสายการผลิตโดยจะมีรูปแบบเป็นการผลิตแบบผสมโดยจะใช้สถานีนงานแบบขนานในระบบการผลิต มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนเวลาในสถานีนงาน โดยใช้วิธีสถิติในการสร้างสถานีนงานแบบขนานเพื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในแต่ละสถานีนงาน

Vilarinho and Simaria (2002) งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการคิดรูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับสายการประกอบแบบผสมที่มีสถานีนงานแบบขนานและมีเงื่อนไขในการทำงาน โดยจะทำการควบคุมการสร้างสถานีนงานแบบขนานให้มีเป้าหมายคือจำนวนสถานีนงานลดน้อยลงและงานในสถานีนงานต้องมีความสมดุลกัน โดยทำการพัฒนาการจำลอง Annealing เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนจะแบ่งออกเป็นสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกจะทำการหาค่าที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์แรก ขั้นตอนที่สองจะทำการหาวัตถุประสงค์ที่สอง

Vilarinho and Simaria (2006) งานวิจัยนี้จะนำเสนอ ANTBAL การหาค่าที่เหมาะสมด้วยอัลกอริทึม Ant Colony สำหรับสายการประกอบแบบผสม อัลกอริทึมนี้จะประกอบด้วยเงื่อนไขโครงสร้างการทำงาน สถานีนงานแบบขนาน และการหาจำนวนคนงานที่น้อยที่สุดในสายการประกอบเมื่อมีการกำหนดรอบเวลาการทำงาน ANTBAL จะทำการแก้ปัญหาความสมดุลของงานในสถานีนงานในสายการประกอบแบบผสม

2.2.4 งานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการของอัลกอริทึม NSGA-II

Ajenblit and Wainwrigth (1998) ได้อธิบายถึงประสิทธิภาพการจัดสายการประกอบแบบยูกับแบบเส้นตรง ซึ่งประสิทธิภาพในการจัดสายการประกอบแบบยูจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าหรือเท่ากับสายการประกอบเส้นตรง ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีการวิธีสถิติแบบเจเนติก อัลกอริทึม ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลชนิดที่ 1 (การกำหนดค่ารอบเวลาการทำงานและหาค่า

จำนวนสถานีนานที่น้อยที่สุด) ของสายการประกอบแบบตัวยู วัดอุปสงค์ที่กำหนดในงานวิจัยนี้ มีทั้งหมด 3 วัดอุปสงค์คือ 1.การทำให้เวลาสูญเสียเล่านั้นมีค่าน้อยที่สุด 2.จัดสมดุลของแต่ละสถานีนานให้มีภาระงานน้อยที่สุด และ 3.การพิจารณารวมกันทั้งข้อ 1 และ 2 จากผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นจากปัญหามาตรฐานทั้งหมด 61 ปัญหา โดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมได้ผลเหมือนกับงานวิจัยวิธีไดนามิกโปรแกรมและวิธีฮิวริสติกอื่นๆ ซึ่งพบว่าจำนวน 49 ปัญหา และได้ผลที่ดีกว่า 11 ปัญหา และมีแค่ 1 ปัญหาที่มีผลแยกว่า จึงสรุปได้ว่าวิธีเจเนติกอัลกอริทึม มีประสิทธิภาพในการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู

Mansouri (2005) ได้ทำการเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่มีหลายวัดอุปสงค์ด้วยเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์แบบผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี โดยใช้ Pareto-Optimal Frontier หรือ Locally Non-dominated Frontier ในการพิจารณาฟังก์ชันเป้าหมายที่กำหนด คือ การหาค่าที่ต่ำที่สุดในการปรับตั้งเครื่อง และการหาค่าความผันแปรในการผลิตที่ต่ำที่สุด สำหรับการพัฒนา MOGA ได้ใช้พื้นฐานของตัวดำเนินการทางพันธุศาสตร์ (Genetic Operator) คือ คrossover (Crossover) อินเวอร์ชัน (Inversion) และมิวเตชัน (Mutation) มาทำการควบคุมคุณภาพและความหลากหลายของคำตอบให้มีคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

2.2.5 งานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการของเมมเมติกอัลกอริทึม

Cheng and Gen (1997) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ Hybrid Genetic Algorithms หรือ Memetic Algorithms ในการแก้ปัญหาการจัดตารางเครื่องจักรขนาน โดยมีวัดอุปสงค์สำคัญคือการแบ่งสรรงานให้กับเครื่องจักร และการลำดับงานภายในเครื่องจักรแต่ละเครื่อง โดยพื้นฐานแนวคิดในการแก้ปัญหาจากการใช้เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms) ในการแบ่งสรรงาน หลังจากนั้นจึงนำไปประยุกต์ใช้กับการค้นหาเฉพาะที่ (Local Optimizer) เพื่อทำการปรับให้ตำแหน่งของงานมีความเหมาะสมในแต่ละสถานีนาน สำหรับวัดอุปสงค์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ผลรวมที่น้อยที่สุดของผลคูณระหว่างตัวถ่วงน้ำหนักกับค่าสัมบูรณ์ของความผันแปรระหว่างเวลาเสร็จงานและเวลาส่งมอบ ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาพบว่า Memetic Algorithms ให้ค่าที่ดีกว่า Genetic Algorithms

Moghaddam and Vahed (2006) งานวิจัยนี้ได้พิจารณาวัดอุปสงค์ 3 วัดอุปสงค์ คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการทำงานที่น้อยที่สุด ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับความแปรผันของการผลิตที่ต่ำที่สุด และค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการปรับตั้งเครื่องที่ต่ำที่สุด ในการจัดสายการประกอบแบบ

ผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึม (Memetic Algorithm: MA) ในการแก้ปัญหาสายการประกอบโดยทำการคัดเลือกคำตอบจากวงล้อสุ่มและใช้ตัวดำเนินการทางพันธุศาสตร์ (Genetic Operator) ได้แก่ ครอสโอเวอร์ (Crossover) อินเวอร์ชัน (Inversion) และมิวเตชัน (Mutation) ในการหาผลลัพธ์ในการคำนวณ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ในงานวิจัยนี้พบว่า MA มีความสามารถที่ดีกว่าวิธี Lingo Software โดยเฉพาะปัญหาที่มีขนาดใหญ่

2.2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการของอัลกอริทึม COMSOAL

DePuy and Whitehouse (2000) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางโครงการให้ตรงตามข้อจำกัดของกิจกรรมที่สำคัญเพื่อลดระยะเวลาโครงการงานวิจัยนี้จะทำการประยุกต์ใช้ COMSOAL ในการจัดสรรทรัพยากร COMSOAL (โดยใช้คอมพิวเตอร์วิธีการหาลำดับการดำเนินงานสำหรับสายการประกอบ) เดิมวิธีแก้ปัญหาสำหรับการประกอบสายปัญหาสมมูลเป็นฮิวริสติก โดยทำการสร้างโซลูชันที่เป็นไปได้เพื่อแก้ปัญหาการจัดสรรที่ท้าทายการทำงานซ้ำ ๆ COMSOAL สามารถแก้ปัญหาที่มีจำนวนมากได้ ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้แนวทางการแก้ปัญหาของ COMSOAL มาใช้ในการตรวจสอบ ความเหมาะสมสำหรับการตั้งค่าของทรัพยากร การจัดสรร ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบพบว่า COMSOAL สามารถแก้ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรเหล่านี้ได้

Suwannarongsai and Puangdownreong (2009) งานวิจัยนี้จะศึกษาฮิวริสติกการประยุกต์ใช้ COMSOAL (M-COMSOAL) ในการแก้ปัญหาสายการประกอบซึ่งได้ทำการดัดแปลงมาจากวิธี COMSOAL วิธี M-COMSOAL จะเป็นการพัฒนาการจัดสรรงานในแต่ละสถานีงานและลดเวลาการทำงานจากรูปแบบเดิม ในการทำงานแต่ละสถานีงานจะมีการจัดสรรตามเวลาการทำงานและตามลำดับชั้นงาน โดยวิธี M-COMSOAL จะทำให้การแก้ปัญหาสายการประกอบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบจากสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวซึ่งได้รวบรวมและนำเสนอโดย Scholl จากทดสอบพบว่า วิธี M-COMSOAL จะให้คำตอบที่ดีกว่า วิธี COMSOAL

2.2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการของอัลกอริทึม PSO

Coello Coello, Pulido and Lechuga (2004) งานวิจัยนี้เสนอโดเมน Pareto เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหาค่าที่เหมาะสมแบบฝูงอนุภาค (PSO) ในการใช้ฮิวริสติกในแก้ปัญหาในการใช้ฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ PSO จะใช้เพื่อแก้ปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพในหลายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนวิธีอัลกอริทึมนี้จะทำการเก็บข้อมูลของอนุภาคเพื่อใช้เป็นแนวทางในการบินของตัวเอง เรายังมีการดำเนินการเสริมสร้างความสามารถในการสำรวจของขั้นตอนวิธีการทั้งหมด โดยวิธีการนี้

จะสามารถตรวจสอบการใช้ฟังก์ชันหลายฟังก์ชันได้และวัดตัวชี้วัดมาตรฐานในการเพิ่มประสิทธิภาพในหลายวัตถุประสงค์

Liao, Tseng and Luarn (2007) งานวิจัยนี้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการหาค่าที่เหมาะสมของฝูงอนุภาค (PSO) ที่มีได้จากพฤติกรรมของฝูงนก ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอขั้นตอนวิธีการ PSO จะทำการพัฒนาฝูงอนุภาคให้มีประสิทธิภาพในการย้ายอนุภาคเพื่อลำดับขั้นตอนใหม่ โดยจะทำการเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีการ PSO กับเจเนติกอัลกอริทึมทำให้พบว่าวิธีการ PSO มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังนำเสนอขั้นตอนวิธี PSO-LS ที่มีการเพิ่มการค้นหาเฉพาะที่ร่วมด้วย

2.3 สรุป

ในบทนี้จะเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวกับสายการประกอบตัวที่มีสถานีนงานแบบขนาน การจัดสถานีนงานและการค้นหาคำตอบที่แท้จริง รวมถึงบทความต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับอัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง จากการศึกษาในรายละเอียดต่างๆ พบว่าสายการประกอบตัวที่มีสถานีนงานแบบขนานนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าสายการประกอบตัวอื่นในการจัดสถานีนงานเพราะงานในแต่ละสถานีนงานจะไม่มีเวลาการทำงานเกินรอบเวลางาน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอัลกอริทึมต่างๆ ได้ ซึ่งจะศึกษาในบทต่อไป