หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

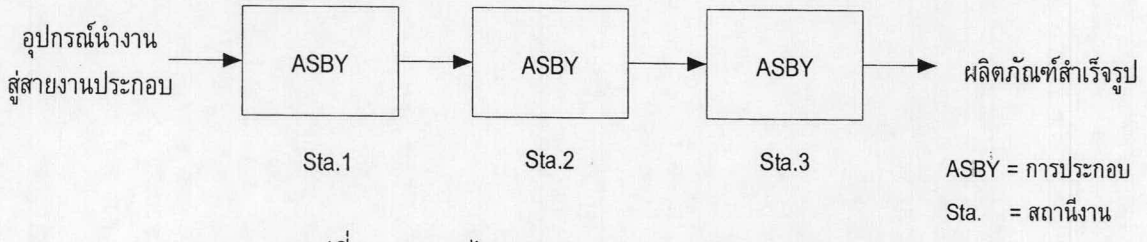
บทที่ 3

ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดสมดุลสายการประกอบตัวยูลักษณะผลิตภัณฑ์ผสม ในระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี

การพัฒนาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ที่มีลักษณะแบบตัวยูในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีนั้น จำเป็นต้องศึกษาและทำความเข้าใจในระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี รูปแบบและลักษณะของสายงานการประกอบแบบเส้นตรง ลักษณะของสายงานการประกอบแบบตัวยู ประเภทของสายการประกอบ ชนิดของสายงานการประกอบ และการประเมินประสิทธิภาพของสายการประกอบ

3.1 ลักษณะของสายงานประกอบทั่วไป

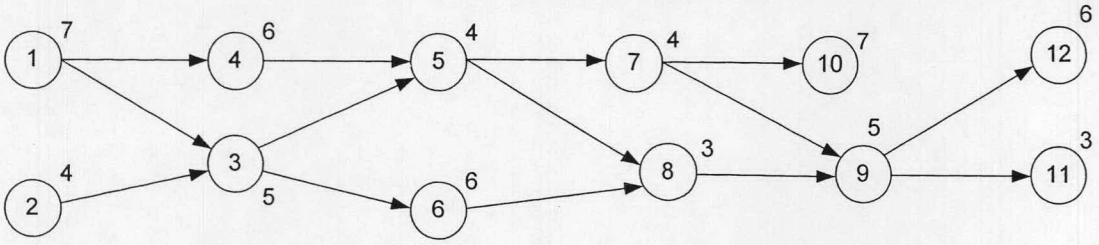
สายงานประกอบ (Assembly Line) เป็นการจัดรูปแบบของผังการประกอบซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยการผลิตต่าง ๆ ที่เรียกว่า สถานีงาน (Work Station) ในระบบสายงานการประกอบแบบต่อเนื่อง ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่จะทำการประกอบจะเคลื่อนย้ายมาตามสถานีงานต่าง ๆ เมื่อชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแต่ละหน่วยเข้ามาสู่สถานีงานใด ๆ แล้ว จะเกิดขั้นงานการประกอบ (Assembly Operation) ขึ้นในสถานีนั้นตามลำดับ เมื่อหมดขั้นตอนการประกอบในสถานีนั้นแล้ว ชิ้นส่วนนั้นก็จะเคลื่อนไปยังสถานีงานต่อไป ในขณะเดียวกันที่สถานีเดิมก็จะมีชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์หน่วยถัดไปเข้าแทน (Yogathasan, 1996) ดังรูปที่ 3.1



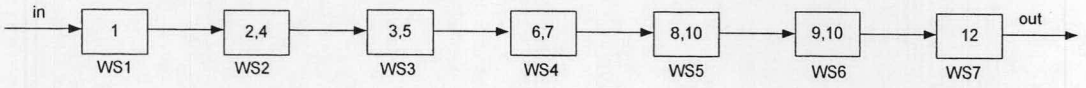
รูปที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมสายงานประกอบ

3.2 ลักษณะของสายงานประกอบแบบเส้นตรง

สายการประกอบที่มีลักษณะเส้นตรง (Straight Line) คือ สายงานการประกอบที่มีทิศทางการไหลของงานเข้าและออกไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งจะไม่มีการย้อนกลับมาทำงานก่อนหน้า ในแต่ละสถานีงานจะมีการดำเนินการภายในสถานีงานดังรูปที่ 3.2 และ 3.3



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของภาระงาน



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงคำตอบที่เหมาะสมกรณีสายการประกอบ Straight Line เมื่อ $c = 10$

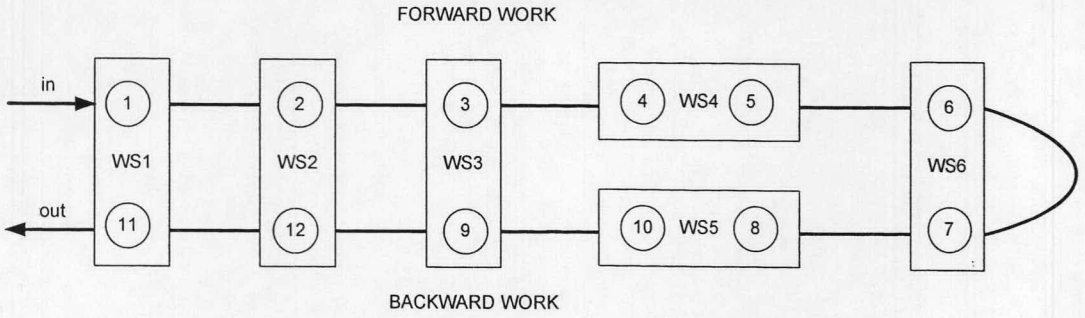
3.3 ลักษณะของสายงานประกอบแบบตัวยู

สายการประกอบที่มีลักษณะตัวยู (U-shaped หรือ U-line) คือสายการประกอบที่มีทิศทางการไหลของงานในลักษณะเป็นตัวยู การทำงานในแต่ละสถานีงานจะมีการทำงานในทิศทางข้างหน้างาน (Forward Work) และข้ามมาทำงานข้างหลัง (Backward Work) ทำให้จำนวนของสถานีงานในสายการประกอบนี้มีค่าน้อยกว่าเท่ากับสถานีงานของสายการประกอบแบบเส้นตรง ในกรณีนี้ทำให้สายการประกอบลักษณะตัวยูทำให้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า การจัดเตรียมของเครื่องจักรในสายการประกอบแบตัวยูจะวางอยู่บริเวณรอบ ๆ ของสายการผลิต โดยพนักงานหรือผู้ปฏิบัติงานจะอยู่ภายในสายตัวยู(U-line) ซึ่งพื้นที่ตรงกลางของตัวยู จะเป็นพื้นที่ ที่คอยติดต่อสื่อสารและช่วยเหลือของแต่ละสถานีงาน ทำให้เกิดความสามัคคีในการทำงาน เกิดการเรียนรู้ทักษะในการทำงานมากขึ้น พิจารณาจากสมการที่ (3.1)

$$Line\ Eff\ = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{m \times c} \times 100 \qquad (3.1)$$

เมื่อกำหนดให้มีรอบเวลาการทำงานคงที่จำนวนสถานีงานมีค่าน้อยจะส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพของสายการประกอบมีค่าสูงขึ้น สังเกตได้จากรูปที่ 3.4

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงคำตอบที่เหมาะสมกรณีสายการประกอบ U-Line เมื่อ $c = 10$

จากรูปที่ 3.3 จำนวนสถานีงานสายการประกอบแบบ Straight Line มีทั้งหมด 7 สถานีงาน ซึ่งมีสถานีงานมากกว่าในรูปที่ 3.4 สายการประกอบแบบ U-Line เท่ากับ 6

ลักษณะการทำงานของสายการประกอบแบบตัวยูคือจะเริ่มต้นการทำงานข้างหน้างาน (Forward Work) และข้ามมาทำงานข้างหลัง (Backward Work) จากรูปที่ 3.4 ผู้ปฏิบัติงานในสถานีงานที่ 1 ซึ่งจะทำงานที่ 1 ให้เสร็จก่อน พอดีกลับงานที่ 11 เข้ามาในสถานีงานในตำแหน่งข้างหลังทำให้เกิดการเดินข้ามมาทำงานทิศทางข้างหลัง เมื่อทำงานที่ 11 เสร็จผลิตภัณฑ์ก็จะถูกส่งออก ผู้ปฏิบัติงานก็จะเดินข้ามกับมาทำงานที่ 1 ใหม่พอดีกับมีชิ้นงานเข้าสู่สถานีงานที่ 1

3.4 ประเภทของสายงานประกอบ

สายงานประกอบสามารถแยกออกได้หลายประเภท โดยพิจารณาจากหลายองค์ประกอบดังนี้

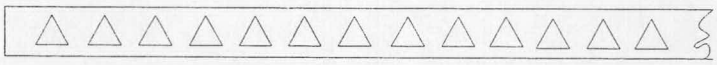
- สายการประกอบ ที่แยกประเภทตามจำนวนชนิดของสินค้าที่ทำการผลิต มี 3 แบบ (ดังรูปที่ 3.5) คือ

1. สายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เดียว (Single Model Assembly Line) เป็นสายงานการประกอบที่ใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงชนิดเดียวโดยเฉพาะ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบเดียว

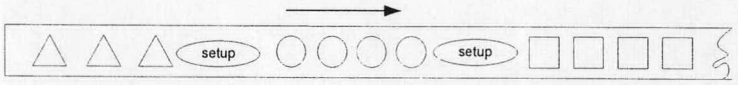
2. สายงานการประกอบสำหรับหลายผลิตภัณฑ์ (Multi Model Assembly Line) เป็นสายงานประกอบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีกระบวนการประกอบที่ใกล้เคียงกัน สามารถผลิตบนสายการประกอบเดียวกันได้ โดยในการประกอบจะทำทีละชุด (Batch) ผลิตภัณฑ์ ในช่วงที่จะเปลี่ยนการประกอบชนิดของผลิตภัณฑ์ ต้องมีการปรับสายการประกอบใหม่ (Set up)

3. สายงานการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม (Mixed Model Assembly Line) เป็นงานการประกอบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดหรือมากกว่าเช่นเดียวกับสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ แต่ต่างกันตรงที่ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะเข้าสู่สายงานการประกอบปะปนกัน ไม่มีการแบ่งว่าต้องทำผลิตภัณฑ์ชนิดไหนก่อน โดยระหว่างการผลิตจะไม่มีการปรับสายการประกอบ

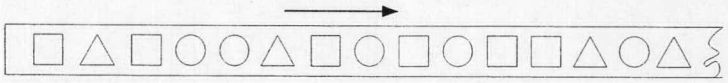
ในกรณีของสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ ถ้าหากขนาดของชุดผลิตภัณฑ์ (Batch Size) มีขนาดใหญ่มาก สายการประกอบก็จะคล้ายกับสายการปะกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว แต่ถ้าขนาดของชุดผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กประมาณหนึ่งสายการประกอบก็จะคล้ายกับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม



ก. สายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เดียว



ข. สายงานการประกอบสำหรับหลายผลิตภัณฑ์



ค. สายงานการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม

รูปที่ 3.5 การแยกสายการประกอบตามจำนวนชนิดของสินค้าที่ทำการผลิต

■ สายการประกอบ ที่แยกประเภทโดยพิจารณาจากการเคลื่อนย้ายงานระหว่างสถานีงาน มี 2 แบบ คือ

1. การเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ (Manual Transfer)

การเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ เป็นการเคลื่อนย้ายงานจากสถานีงานหนึ่งไปยังอีกสถานีงานถัดไปจะทำด้วยมือ ซึ่งจะมีโอกาสเกิดปัญหาต่าง ๆ ดังนี้

- การไม่มีงานป้อน (Starving) คือ การที่คนงานได้ทำงานตนเสร็จแล้ว แต่ต้องคอยงานที่ยังเสร็จจากคนงานสถานีก่อนหน้า
- การไม่มีที่ส่งงาน (Blocking) คือการที่คนงานได้ทำงานของตนเสร็จแล้ว แต่ต้องรอให้คนงานสถานีงานถัดไป ทำงานให้เสร็จก่อนจึงจะสามารถส่งงานของตนเองไปได้ แล้วจึงเริ่มทำงานชิ้นใหม่

ปัญหาทั้งสองแบบนี้มีผลทำให้ การไหลของงานไม่สม่ำเสมอ รอบเวลาการผลิตไม่คงที่ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกำลังการผลิต การมี Buffer Storage ระหว่างสถานีงานจะช่วยลดปัญหาทั้งสองนี้ได้ ทำให้สายการผลิตมีการผลิตที่ต่อเนื่องยิ่งขึ้น

2. การเคลื่อนย้ายงานโดยสายพาน (Moving Conveyor)

การเคลื่อนย้ายงานโดยสายพาน เป็นการเคลื่อนย้ายงานจากสถานีงานหนึ่งไปยังสถานีงานถัดไป ทำได้โดยอาศัยสายพานเป็นตัวลำเลียงชิ้นงาน ซึ่งมีทั้งแบบต่อเนื่อง (Continuous) และแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent) การเคลื่อนย้ายงานแบบไม่ต่อเนื่องคือ การที่สถานีงานใดก็ตามที่ทำงานชิ้นใดเสร็จ ก็จะสามารถส่งต่อไปยังสถานีงานถัดไปได้ทันที โดยไม่ต้องรอส่งพร้อมกับสถานีงานอื่น ๆ ปัญหาที่เกิดขึ้นก็จะเหมือนกับการแก้ปัญหาของการเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ ส่วนการเคลื่อนย้ายงานแบบต่อเนื่อง คือ การที่ผลิตภัณฑ์ถูกเคลื่อนย้ายตลอดเวลาอย่างต่อเนื่องผ่านไปยังสถานีงานต่าง ๆ พร้อมกัน ในขณะที่กำลังเคลื่อนที่อยู่นั้น พนักงานตามสถานีงานต่าง ๆ ก็จะทำการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าไป การเคลื่อนย้ายงานโดยมากจะใช้สายพานเป็นลำเลียงและมีโอกาสเกิดปัญหาต่าง ๆ ดังนี้ คือ

- การไม่มีงานป้อน (Starving) สามารถเกิดขึ้นได้เช่นเดียวกับการเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ
- การมีล้นมือ (Congestion) คือการที่งานไม่เสร็จสมบูรณ์ เนื่องจากการที่คนงานไม่สามารถทำงานชิ้นนั้นให้เสร็จก่อนที่ชิ้นงานจะวิ่งผ่านตัวไป
- สำหรับการไม่มีที่ส่งงาน (Blocking) นั้นจะไม่เกิดกับการย้ายงานแบบนี้

สำหรับการป้อนผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบ (Model Launch Discipline) เป็นการกำหนดช่วงระยะเวลาระหว่างผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น ที่เริ่มต้นป้อนเข้าในสายงานการประกอบ มีหลักปฏิบัติ 2 แบบ คือ

1. การป้อนแปรผัน (Variable Rate Launching) ซึ่งในช่วงเวลาการป้อนจะแปรผันไปตามเวลาที่ใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าในสถานีงานแรก นั่นคืองานจะถูกป้อนเข้าไปทันทีที่สถานีงานแรกว่าง จากวิธีการนี้จะทำให้สถานีงานมีงานทำค่อนข้างตลอดเวลา จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในสายการผลิตที่มีการเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ (Manual line) ที่มีบัฟเฟอร์ระหว่างสถานีงาน เพื่อรองรับผลิตภัณฑ์ที่เข้าคิวรอหรือใช้กับสายการผลิตที่มีการเคลื่อนย้ายงานโดยสายพาน โดยมีข้อแม้ว่าสามารถเคลื่อนย้ายงานจากสายพานไปเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ระหว่างสถานี

งานได้ ด้วยวิธีการป้อนแบบแปรผันนี้การจัดลำดับผลิตภัณฑ์ (Model Sequencing) จึงมีผลน้อยมากในการลดเวลา เนื่องจากการรอของผลิตภัณฑ์ นอกจากสามารถป้อนผลิตภัณฑ์เป็นแบบ Batch โดยเลือกป้อนผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน

2. การป้อนแบบคงที่ (Fixed Rate Launching) เป็นการป้อนงานโดยมีช่วงเวลาระหว่างการป้อนแต่ละครั้งคงที่ค่าหนึ่ง ถ้าหากผลิตภัณฑ์ที่ถูกป้อนเข้ามาใช้เวลาในสถานีน้อยกว่าช่วงเวลาที่ป้อน ก็จะทำให้เกิดการว่างงานของสถานีงาน (Station Idle Time) แต่ถ้าหากใช้เวลาในสถานีงานมากกว่าช่วงเวลาป้อนก็จะเกิดการเข้าคิวรอของผลิตภัณฑ์ หรือถ้าใช้ในสายการผลิตที่มีการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์โดยใช้สายพานลำเลียง อาจทำให้งานนั้นเกิดการประกอบที่ไม่สมบูรณ์ออกไป วิธีการนี้จะต้องใช้ควบคู่ไปกับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ (Model Sequencing) เพื่อที่จะให้การทำงานของสายการผลิตมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทั่วไปวิธีการนี้เหมาะสมกับสายการผลิตที่ใช้สายพานในการเคลื่อนย้ายงาน

- สายการประกอบ ที่แยกประเภทโดยพิจารณาตามลักษณะเวลาทำงานของสถานีงาน มี 2 แบบ คือ

1. Paced Line : สายงานการประกอบแบบ Paced Line คือ สายงานที่กำหนดให้เวลาทำงานในสถานีทำงานต้องเท่ากับรอบเวลาการผลิต *ct* ซึ่งหมายความว่าทุก *ct* หน่วยเวลา ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์จะต้องถูกส่งต่อให้กับสถานีทำงานต่อไปไม่ว่าจะทำงานในสถานีงานนั้นเสร็จหรือไม่ก็ตาม ถ้าหากทำงานในสถานีงานนั้นเสร็จก่อนรอบเวลาการผลิต *ct* ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ก็ต้องคอยอยู่ในสถานีงานทำงานเดิมจนกว่าจะครบ *ct* หน่วยเวลา จะเห็นได้ว่าสายงานประกอบแบบ Paced Line อาจทำให้ได้ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะต้องถูกนำไปซ่อมแซมและทำใหม่อีกทีหนึ่ง

2. Unpaced Line (Asynchronous Line) : ในสายงานประกอบแบบ Unpaced Line แต่ละสถานีจะทำงานตามขั้นงานที่ถูกกำหนดให้สถานีนั้น ๆ จนกว่าจะเสร็จแล้วจึงเคลื่อนย้ายไปทำงานในสถานีทำงานต่อไป ดังนั้นเวลาทำงานในแต่ละสถานีงานอาจมากกว่าหรือน้อยกว่ารอบเวลาการผลิตก็ได้

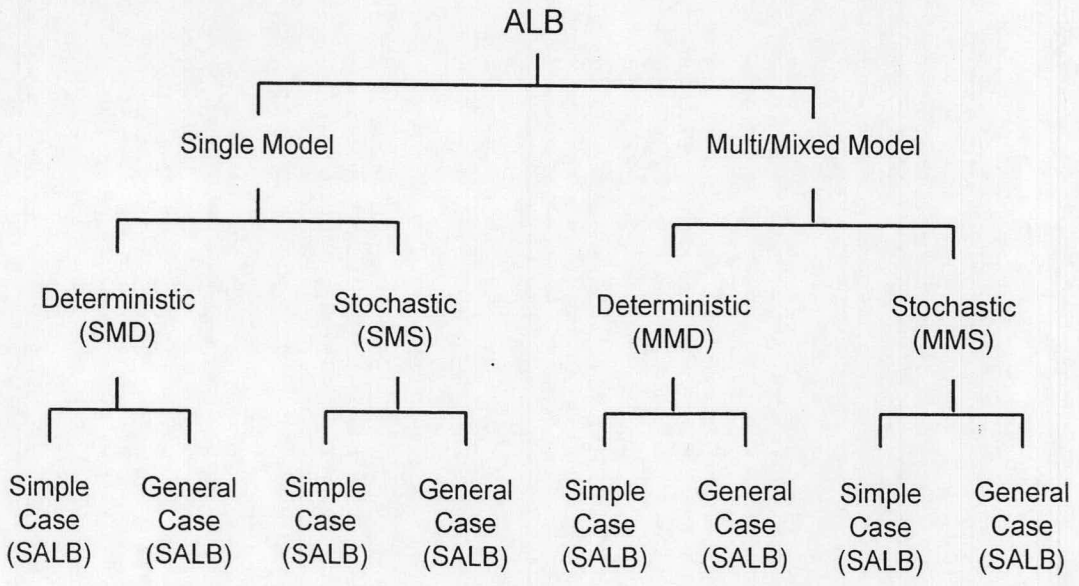
3.5 หลักการจัดสมดุลสายงานการประกอบ

การจัดสมดุลของสายงานประกอบ หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การจัดสมดุลสายการผลิต (Production Line Balancing) หมายถึง การพยายามที่จะจัดให้สถานีงานต่างๆ มีอัตราการทำงานหรือเวลาทำงานหรือเวลาที่ใช้สำหรับแต่ละชิ้นเท่า ๆ กัน ถ้าหากว่าอัตราการทำงานไม่เท่ากันแล้ว อัตราการผลิตสินค้าของสายการผลิตนั้น จะถูกกำหนดโดยอัตราการทำงานของสถานีงานที่ช้าที่สุด

เนื่องจากในระบบสายงานการประกอบหนึ่ง ๆ จะประกอบไปด้วยขั้นงานต่าง ๆ มากมาย จึงต้องมีการแบ่งงานให้กับสถานีทำงานต่างๆเป็นกลุ่ม ๆ ไป การจัดงานต่าง ๆ นี้สามารถจัดได้มากมายหลายวิธี แต่อย่างไรก็ดี ถ้าสามารถจัดให้แต่ละสถานีมีความสมดุลกัน เวลาว่างเปล่าในแต่ละสถานีก็จะมีน้อย ส่งผลให้สายงานการประกอบนั้นมีประสิทธิภาพสูง จึงทำให้เกิดปัญหาการจัดสมดุลของสายการประกอบขึ้น

3.5.1 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 และ Gagnon,1989) ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แผนผังแสดงการจำแนกปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ

1) Single Model Deterministic (SMD)

เป็นปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบดั้งเดิม ซึ่งเป็นปัญหาแบบที่ง่ายที่สุด และมีผู้สนใจศึกษาวิจัยมากที่สุด ลักษณะเด่นของปัญหาแบบนี้ คือ เป็นการจัดสมดุลของสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เดียว และเวลาการทำงานของขั้นงานแต่ละขั้นถูกกำหนดไว้อย่างแน่นอน

2) Single Model Stochastic (SMS)

เป็นปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เดียว เช่นเดียวกับ SMD แต่ต่างกันที่เวลาการทำงานของขั้นงานในแบบ SMS นั้นจะไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงได้ซึ่งปัญหาแบบนี้จะใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่ว่า ในสายงานการประกอบแบบ Manual นั้น คนงานมักใช้เวลาในการทำงานขั้นงานต่าง ๆ ไม่แน่นอน

ในกรณีที่เวลาการทำงานของขั้นงานต่าง ๆ ไม่คงที่ จำเป็นต้องพิจารณาถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ที่ตามมาด้วย เช่น สถานีทำงานที่อาจจะมีเวลาทำงานรวมเกินกว่ารอบเวลาการผลิต การผลิตชิ้นส่วนที่ไม่สมบูรณ์ ขนาดและที่ตั้งของ Inventory Buffer เป็นต้น

3) Multi/Mixed Model Deterministic (MMD)

เป็นปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 อย่างขึ้นไป โดยที่มีการกำหนดเวลาทำงานของขั้นงานแต่ละขั้นเป็นค่าที่แน่นอน

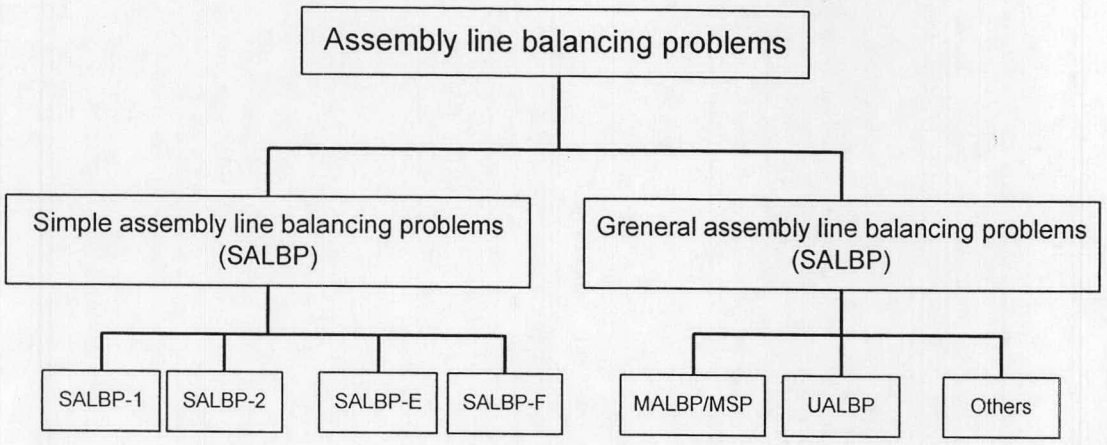
โดยทั่วไปแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตในสายงานการประกอบแบบผสมมักจะมีขั้นงานและ Precedence Diagram ที่คล้ายกัน ดังนั้นเราจึงมักออกแบบสายการประกอบเพียงแบบเดียวเพื่อรองรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ในการจัดสมดุลของสยงานการประกอบเช่นนี้ ต้องการผลการจัดที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดโดยรวม (Overall Optimum Solution)

4) Multi/Mixed Model Stochastic (MMS)

เป็นปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 อย่างขึ้นไป โดยที่มีการกำหนดเวลาทำงานของขั้นงานแต่ละขั้นไม่แน่นอน ปัญหาแบบนี้เป็นปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมากที่สุด เพราะต้องคำนึกถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น Learning Effect ระดับทักษะความชำนาญของคนงาน การออกแบบงาน และสายงานการประกอบแบบนี้ต้องจัดสมดุลใหม่บ่อย ๆ เนื่องจากมีการเปลี่ยนชนิดผลิตภัณฑ์บ่อย

3.5.2 ประเภทของวัตถุประสงค์ในการจัดสมดุลของสายงานการประกอบ

ได้มีการแยกลักษณะในการพิจารณาในด้านข้อจำกัดเฉพาะและความแตกต่างในวัตถุประสงค์ในปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบ (Scholl และ Becker, 2006) ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนผังแสดงการจำแนกข้อจัดกัดเฉพาะและความแตกต่างของวัตถุประสงค์ในปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ

- Simple Case (SALB)

ปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบอย่างง่าย (Simple Assembly Line Balancing Problem: SALB) เป็นปัญหาที่มีสายการประกอบชนิดเส้นตรงที่มีผลิตผลิตภัณฑ์แบบเดี่ยว ซึ่งจะมีการพิจารณาข้อจำกัดในด้านความสัมพันธ์ของแต่ละภาระงานเท่านั้น แบ่ง 4 ลักษณะ

1. Type 1 (SALB-1) เป็นปัญหาที่ทำงานจัดสรรงานในแต่ละสถานีงานให้มีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุด โดยมีการกำหนดรอบเวลาการทำงานมา (Cycle Time)
2. Type 2 (SALB-2) เป็นปัญหาที่หารอบการทำงานที่น้อยที่สุด โดยกำหนดสถานีงาน
3. Type E (SALB-E) เป็นปัญหาทั่วไปที่มความสำคัญ มีวัตถุประสงค์หาประสิทธิภาพของสายการประกอบ ซึ่งการพิจารณาความสัมพันธ์รวมระหว่าง Type 1 และ Type 2 รวมกัน

4. Type F (SALB-F) เป็นปัญหาที่มีความเป็นไปได้ที่มีการตั้งขึ้นหรือการหาทางออกของปัญหาที่เป็นไปไม่ได้ โดยมีการกำหนดค่าสถานีงานและรอบการทำงานมาให้

- General Case(GALB)

ปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบโดยทั่วไป(General Assembly Line) แตกต่างกับ SALB ตรงที่ ในปัญหาแบบ GALB จะมีข้อจำกัด (Restriction) หรือปัจจัย (Factor) อื่น ๆ เพิ่มเติมเข้ามา เช่น มีสถานีทำงานแบบขนาน (Parallel Station) มีการพิจารณาขนาดของวัสดุคงคลังในแต่ละสถานี (Buffer Size) และมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการรวมขั้นงาน (Zoning Restriction)

นิยาม

ในการทำการศึกษาและความเข้าใจในปัญหากาจจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีลักษณะตัวยูนั่น เราควรที่จะมีความเข้ากับคำนิยามที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการประกอบดังนี้

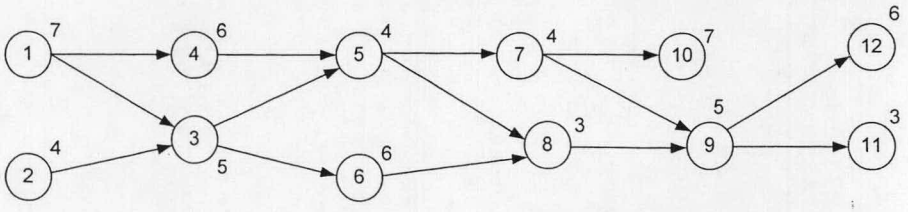
1. สายงานการประกอบ(Assembly Line) คือ สายงานที่ใช้ในการประกอบชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ต้นจนเสร็จ
2. สมดุลสายการประกอบ (Assembly Line Balance) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สมดุลสายการผลิต (Production Line Balance) คือ การกำหนดขั้นงานต่าง ๆ ในการประกอบสินค้าที่ทำให้ภาระงานในสถานีงานต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน
3. สถานีทำงาน (Work Station) คือ หน่วยหรือบริเวณที่อยู่ตามสายการประกอบ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เกิดกิจกรรมการประกอบชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ตาม Operation ที่ได้ถูกกำหนดไว้
4. ขั้นงาน (Work Element หรือ Task) คือ ขั้นการทำงานหนึ่งที่ไม่สามารถแบ่งแยกให้กับคนงานตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป หรือเครื่องจักรตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป โดยไม่มีความขัดแย้งระหว่างกันได้
5. เวลาของขั้นงาน (Work Element Time) เป็นเวลาที่ใช้ในการทำขั้นงานนั้น ๆ
6. งานในแต่ละสถานี (Operation) คือกลุ่มของขั้นงานต่าง ๆ ที่รวมกัน และเป็นกลุ่มงานที่ทำในสถานีทำงานหนึ่ง ๆ

7. รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) คือเวลาซึ่งชิ้นส่วนต่าง ๆ จะถูกประกอบจนแล้วเสร็จบนสายการประกอบ
8. ระยะเวลาการทำงาน (Period of Time) คือช่วงเวลาการทำงานอาจเป็นระยะเวลาที่ทำงานต่อกะหรือต่อวัน
9. ความสัมพันธ์ตามลำดับก่อนหลังของงาน (Precedence Relationship) คือความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ขั้นงาน โดยที่ขั้นงานแต่ละขั้นอาจมีความสัมพันธ์กับขั้นงานอื่นมากกว่า 1 ขั้นงานก็ได้ ลักษณะการกำหนดความสัมพันธ์จะมี 2 แบบคือ
    - ขั้นงานหนึ่งจะต้องทำก่อนอีกขั้นงานหนึ่ง หมายความว่า ขั้นงานที่ถูกกำหนดให้ต้องทำก่อนถูกจัดให้กับสถานีทำงานที่อยู่ลำดับหลังกว่าสถานีทำงานของอีกขั้นงานหนึ่งไม่ได้
    - ขั้นงานหนึ่งจะต้องทำหลังอีกขั้นงานหนึ่ง หมายความว่า ขั้นงานที่ถูกกำหนดให้ทำทีหลังจะถูกจัดให้กับสถานีทำงานที่อยู่ในลำดับก่อนหน้าสถานีทำงานของอีกขั้นงานหนึ่งไม่ได้
10. แผนภาพการผลิตก่อนหลัง (Precedence Diagram) คือรูปแสดงขั้นตอนและลำดับการทำงานก่อนลังของผลิตภัณฑ์
11. วิธีฮิวริสติก (Heuristic Algorithm) เป็นลำดับขั้นของการพิจารณาคัดเลือกในการกำหนดงานให้สถานีหรือหน่วยงาน โดยปกติทั่วไป ในแต่ละรอบของการพิจารณาจะพยายามคัดเลือกหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งอาศัยสามัญสำนึก(Common Sense) มากกว่าที่จะเป็นการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงไม่อาจรับประกันได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะเหมาะสมที่สุด

ข้อมูลพื้นฐานที่ต้องรู้ในการจัดสมดุลของสายงานการประกอบ

ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในปัญหาการจัดสมดุลของสายการประกอบ มีดังนี้

1. ข้อมูลแสดงขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ซึ่งจะบอกให้เราทราบถึงลำดับก่อนหลังของขั้นงานต่าง ๆ โดยเราอาจจะเขียนเป็นไดอะแกรม (Precedence Diagram) ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ซึ่งความหมายของวงกลม คือ งาน และลูกศรจะเป็นตัวแสดงลำดับขั้นก่อนหลังของงาน
2. ข้อมูลแสดงเวลาที่ใช้ในการทำงานต่าง ๆ ซึ่งควรเป็นเวลามาตรฐาน (Standard Time) ของงานนั้น



รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ของขั้นงาน

3. ข้อจำกัดในการปฏิบัติงาน
4. อัตราการผลิตที่ต้องการเพื่อนำไปใช้คำนวณหารอบเวลาการผลิตที่เหมาะสม

ขั้นตอนในการจัดสมดุลของสายงานการประกอบ

ขั้นตอนการคำนวณปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบ ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. กำหนดขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นสิ่งที่บอกให้ทราบถึงลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลังของงานต่าง ๆ (Precedence Relationships)
2. กำหนดเวลาที่ใช้ในการทำงานขั้นต่าง ๆ ซึ่งค่าที่ได้ควรเป็นเวลามาตรฐาน(Standard Time)ของงานนั้น
3. คำนวณรอบเวลา (Cycle Time) การผลิตจากอัตราการผลิตที่กำหนดมา
4. จัดสรรการทำงานลงสถานีงาน โดยมีเงื่อนไข
    - งานที่จัดสรรลงในสถานีงานนั้นไม่ขัดต่อความสัมพันธ์ก่อนหลังของงาน
    - งานที่จัดสรรลงในสถานีงานนั้นจะไม่ทำให้เวลารวมในสถานีงานนั้นมากกว่ารอบเวลาการผลิต
5. คำนวณหาจำนวนสถานีทำงานน้อยที่สุดที่ต้องการจากรอบเวลาการผลิต

3.6 การจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม

การจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม เป็นการจัดสมดุลของสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 อย่างขึ้นไป โดยที่มีการกำหนดเวลาทำงานของขั้นงานแต่ละขั้นเป็นค่าเวลามาตรฐานของงานนั้น

โดยทั่วไปแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตในสายงานการประกอบแบบผสมมักจะมีขั้นงานและ Precedence Diagram ที่คล้ายกัน ดังนั้นเราจึงมักออกแบบสายงานการประกอบเพียงแบบเดียว เพื่อรองรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ในการจัดสมดุลของสายงานการประกอบเช่นนี้ ต้องการผลการจัดที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดโดยรวม (Overall Optimum Solution)

วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมมี่ 2 วิธี คือ วิธีการทาง Mathematical และ วิธีทาง Heuristic ซึ่งวิธีการทางด้าน Mathematical Programming ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในทางปฏิบัติ เพราะมีความยุ่งยากซับซ้อน ประกอบกับวิธีการทางด้าน Mathematical ไม่สามารถนำไปสร้างเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแก้ปัญหาทั่วไปได้ จึงมีผู้คิดค้นวิธีการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมขึ้น ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายและเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้มากกว่า คือ วิธีการของ Thomopoulos(1967) โดยนำวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียวมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม โดยให้พิจารณาถึงแผนการผลิตทั้งหมดในแต่ละวัน (Daily Basis) หรือในช่วงเวลากะ(Shiftly Basis) แทนที่จะพิจารณาถึงรอบเวลาการผลิต(Cycle Time Basis) ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ให้ระยะเวลาที่ทำงานต่อวัน หรือต่อกะ (Period Of Time) แทนรอบเวลาการผลิต (Cycle Time)
   ตัวอย่างเช่น ตัวอย่างเช่น มีการทำงานทั้งหมด 8 ชั่วโมง เพื่อผลิตสินค้าให้ได้จำนวนที่ต้องการจำนวนหนึ่ง นั้นคือระยะเวลาที่ทำงาน (Period of Time) ก็เท่ากับ 8 ชั่วโมงหรือ 480 นาที
2. แทนเวลาย่อยในแต่ละขั้นงาน ด้วยเวลาทั้งหมดที่ต้องการใช้ทำงานนี้สำหรับ ทุกๆ ชิ้นงาน ของทุกๆ แบบผลิตภัณฑ์ ดังตัวอย่างที่แสดงใน ตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการคำนวณเวลารวมของขั้นงาน

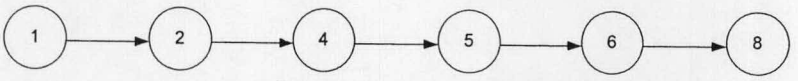
ชิ้นงาน	เวลาขั้นงาน/ผลิตภัณฑ์			เวลาทำงานรวม (นาที)
	ผลิตภัณฑ์ A 100 ชิ้น/วัน	ผลิตภัณฑ์ B 50 ชิ้น/วัน	ผลิตภัณฑ์ C 20 ชิ้น/วัน	
1	1.0	0	1.2	124
2	0.5	0.4	1.5	100
3	0.4	1.0	0.5	100

เวลาทำงานรวมของขั้นงานที่ 1 $= (1.0 \times 100) + (0.0 \times 50) + (1.2 \times 20) = 124$

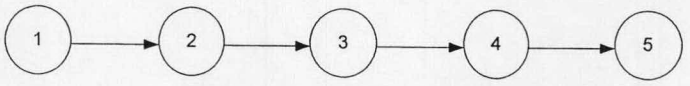
เวลาทำงานรวมของขั้นงานที่ 2 $= (0.5 \times 100) + (0.4 \times 50) + (1.5 \times 20) = 100$

เวลาทำงานรวมของขั้นงานที่ 3 $= (0.4 \times 100) + (1.0 \times 50) + (0.5 \times 20) = 100$

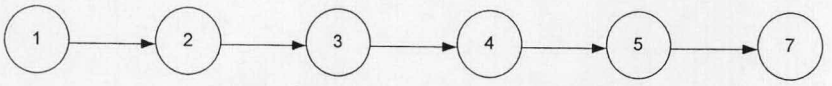
3. แผนภาพลำดับก่อนหลังรวม (Overall Precedence Diagram) เกิดจากการรวมกันของแผนภาพลำดับก่อนหลังของแต่ละผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.9



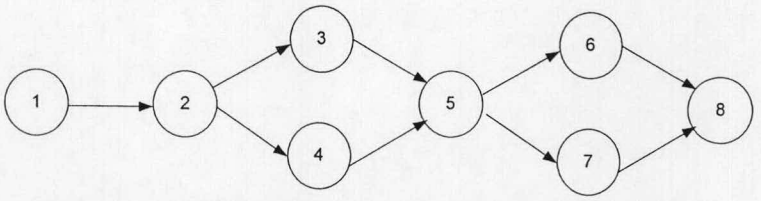
แผนภาพลำดับก่อนหลังของผลิตภัณฑ์ A



แผนภาพลำดับก่อนหลังของผลิตภัณฑ์ B



แผนภาพลำดับก่อนหลังของผลิตภัณฑ์ C



แผนภาพลำดับก่อนหลังรวมของผลิตภัณฑ์ A ,B และ C

รูปที่ 3.9 การสร้างแผนภาพลำดับก่อนหลังรวม

3.7 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการจัดสมดุลสายการประกอบ

ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบเป็นปัญหาที่เป็นการจัดสรรขั้นงานที่มีลักษณะที่แตกต่างลงสถานีงาน การจัดสมดุลสายการประกอบที่เหมาะสมโดยมีฟังก์วัตถุประสงค์หนึ่งวัตถุประสงค์หรือหลายวัตถุประสงค์ จะเป็นการยากที่จะจัดสรรงานลงสถานีงานให้เกิดความสมดุลอันเนื่องมาสภาพความเป็นจริง จึงทำให้การจัดสมดุลสายการประกอบของส่วนมากจะใช้วิธีสามัญสำนึกแทน ผลที่ได้มาคือสายการประกอบไม่มีประสิทธิภาพและขาดสมดุลในการทำงาน

ในสถานีงาน วัตถุประสงค์ที่ใช้ในปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบมีหลายวัตถุประสงค์ให้เลือกพิจารณา ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเป้าหมายในการจัดสมดุล ซึ่งบางครั้งวัตถุประสงค์มีความขัดแย้งกันหรือทิศทางเดียวกัน ทำให้ต้องมีการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ก่อนที่จะทำการจัดสมดุลของสายการประกอบ

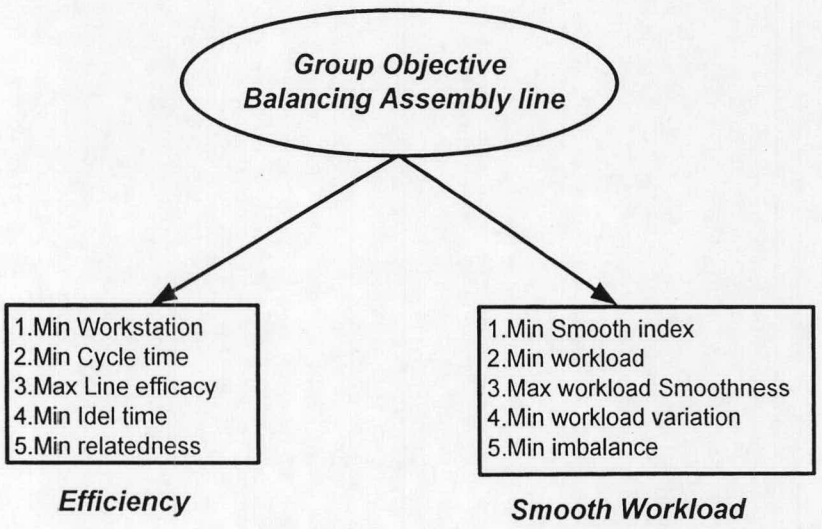
ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ เป็นปัญหาที่เกี่ยวกับการจัดขั้นงานลงในสถานีงานให้สายการประกอบให้เกิดความเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ที่เราต้องการ ซึ่งสามารถจำแนกกลุ่มวัตถุประสงค์ในปัญหาการจัดสมดุลสายกอบได้ทั้งหมด 2 กลุ่มได้แก่

3.7.1 ด้านประสิทธิภาพของสายการประกอบ (Efficiency Line)

- สถานีงานที่น้อยที่สุด (Minimum Workstation) เป็นวัตถุประสงค์ที่ใช้ตั้งแต่ทำการออกแบบและวางแผนจัดวางสถานีงาน ถ้าสถานีงานมีจำนวนน้อยจะสามารถลดต้นทุน (Cost) ที่เกิดจากการซื้อเครื่องจักรการจ้างคนงานในการทำงานในสถานีงาน และวัตถุดิบและเครื่องมือในสถานีงาน
- รอบเวลาในการผลิตน้อยที่สุด (Minimum Cycle Time) เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการทำให้สายการประกอบทำการผลิตให้ได้อัตราผลผลิตสูงสุด (Production Rate)
- ประสิทธิภาพของสายการประกอบสูงสุด (Maximum Line Efficiency) เป็นการวัดความสามารถของสายการประกอบหลัง
- เวลารวมสูญเปล่าในสถานีงานน้อยที่สุด (Minimum Total Idle Time) การที่ไม่มีเวลาสูญเปล่าในสถานีงานแสดงว่าในสถานีงานมีการทำงานครบรอบเวลาในการทำงาน ทำให้ได้อัตราผลผลิตที่สูง คนงานหรือเครื่องจักรไม่เกิดเวลาว่างในการทำงาน
- ผลต่างความสัมพันธ์ในสถานีงานมีค่าน้อยที่สุด (Minimum Relatedness) การที่เราสามารถจัดให้งานที่มีความสัมพันธ์กันอยู่ในสถานีงานเดียวกัน จะช่วยให้การทำงานมีความต่อเนื่อง ลดปัญหาการทำงานที่เกิดขึ้น เช่น การปรับตั้งเครื่องในการทำขั้นงานที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทำให้เกิดเครื่องเสีย

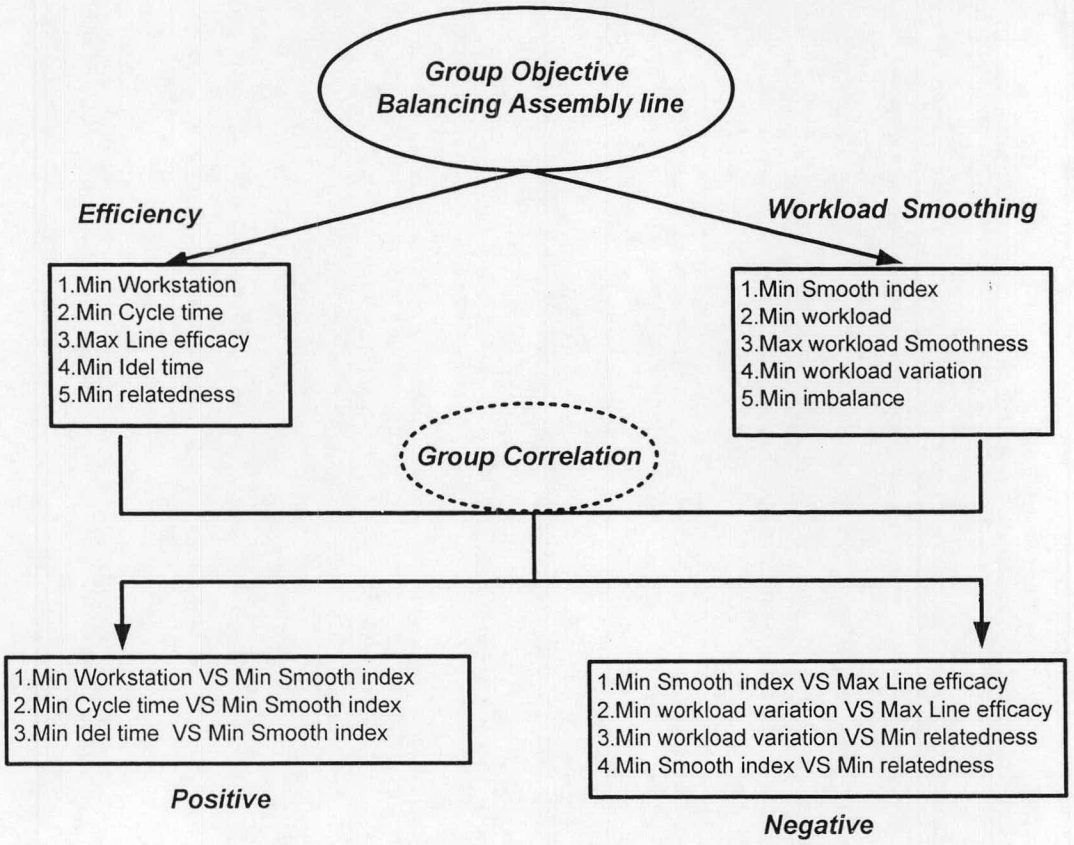
3.7.2 ด้านสมดุลของภาระงาน (Workload Smoothing)

- การมีปรับเรียบของขั้นงานน้อยที่สุด(Minimum Smooth Index) ขั้นงานที่จัดลงสถานีงานควรมีเวลาในการทำงานที่ใกล้เคียงกัน ทำให้สายการประกอบเกิดความสมดุลในการทำงาน
- ภาระงานในสถานีงานมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด (Minimum Workload) เป็นการชี้วัดเช่นเดียวกับการมีปรับเรียบของขั้นงานน้อยที่สุด เพื่อให้แต่ละสถานีงานมีเวลาในการทำงานใกล้เคียงกัน
- ภาระงานในสถานีงานมีความเอนเอียงน้อยที่สุด (Minimum Workload Variation) เป็นการชี้วัดเช่นเดียวกับการมีปรับเรียบของขั้นงานน้อยที่สุด แต่จะต่างตรงที่วัดค่าออกมาในรูปความแปรปรวนรวมของงานในสถานีงาน
- การทำให้ไม่มีความสมดุลในสายการประกอบน้อยที่สุด (Minimum Imbalance) เป็นการทำให้สถานีงานมีความสมดุลของการทำงาน เวลาในการทำงานในแต่ละสถานีงานมีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3.10 การจำแนกกลุ่มวัตถุประสงค์ในปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ

I24618588X

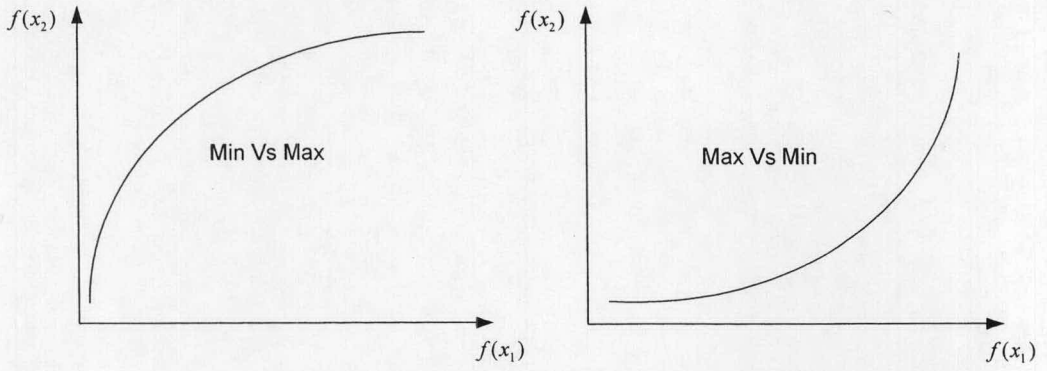


รูปที่ 3.11 การจำแนกกลุ่มและความสัมพันธ์วัตถุประสงค์ในปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ

จากการจำแนกลุ่มวัตถุประสงค์ในการจัดสมดุลสายการประกอบ วัตถุประสงค์แต่ละวัตถุประสงค์จะเหมาะสมในแต่สถานการณ์ที่แตกต่างกันตามสภาพความเป็นจริง จึงควรมีการตัดสินใจและพิจารณาเป็นอย่างดีที่จะต้องการปรับปรุงสายการประกอบตามวัตถุประสงค์ ให้ตรงตามเป้าหมายที่วางไว้

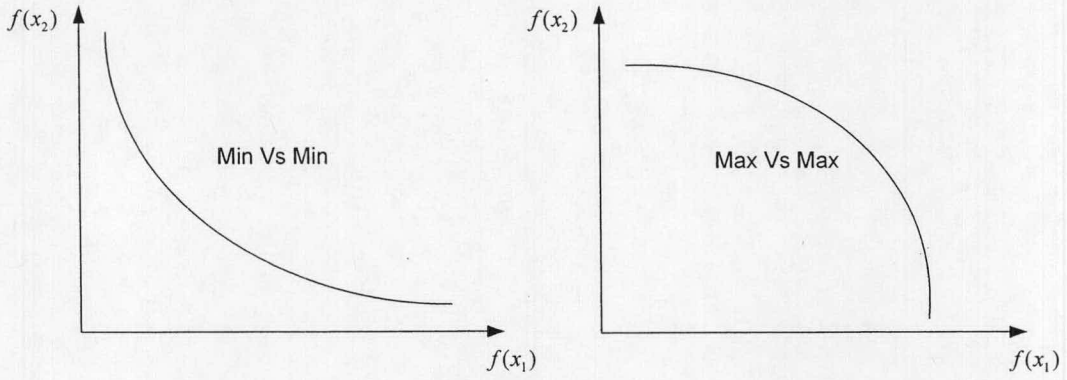
การเลือกวัตถุประสงค์ต่าง ๆ มาพิจารณาร่วมกันบางครั้งอาจจะทำให้การหาคำตอบที่ยังไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงควรมีการพิจารณาความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์ร่วมว่ามีความสัมพันธ์กันได้เชิงบวก (ทิศทางเดียวกัน)หรือเชิงลบ(ทิศทางตรงกันข้าม) การพิจารณาความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์ช่วยทำให้คำตอบที่หาได้เป็นคำตอบที่เหมาะสม เนื่องจากคำตอบที่ได้มีความกระจัดกระจายที่เป็นระเบียบและมีการลู่เข้าสู่คำตอบที่เหมาะสมตามฟังก์ชันเป้าหมาย

ตัวอย่างถ้าวัตถุประสงค์ 2วัตถุประสงค์มีความสัมพันธ์ตรงกันข้ามกันก็จะเหมาะกับปัญหาการหาค่าต่ำที่สุด (Minimum and Minimum) หรือมากที่สุด (Maximum and Maximum) ของวัตถุประสงค์ทั้ง 2 วัตถุประสงค์ และถ้าถ้าวัตถุประสงค์ 2 วัตถุประสงค์มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันจะเหมาะกับปัญหาการหาค่าวัตถุประสงค์อันหนึ่งเป็นการหาค่าต่ำที่สุดและอีกวัตถุประสงค์เป็นการหาค่ามากที่สุด (Minimum and Maximum) หรือ ปัญหาการหาค่าวัตถุประสงค์อันหนึ่งเป็นการหาค่ามากที่สุดและอีกวัตถุประสงค์เป็นการหาค่าต่ำที่สุด



Positive Correlation

ก. วัตถุประสงค์ 2 วัตถุประสงค์ที่เหมาะกับความสัมพันธ์เชิงบวก



Negative Correlation

ข. วัตถุประสงค์ 2 วัตถุประสงค์ที่เหมาะกับความสัมพันธ์เชิงลบ

รูปที่ 3.12 ลักษณะคำตอบวัตถุประสงค์ 2 วัตถุประสงค์

3.8 การประเมินประสิทธิภาพสายงานการประกอบ

การประเมินประสิทธิภาพของสายงานการประกอบทั่วไป ทำได้โดยดูจากตัววัดประสิทธิภาพต่างๆ (Measure of Performance) ซึ่งตัววัดต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกใช้เป็นวัตถุประสงค์ในการจัด (Objective Criteria) ของปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบ

3.8.1 การวัดประสิทธิภาพทางเทคนิค

ก. จำนวนสถานีทำงาน (เมื่อกำหนดรอบเวลาการผลิตมาให้)

ข. รอบเวลาการผลิต (เมื่อกำหนดจำนวนสถานีทำงานมาให้)

ค. เวลาว่างงานรวม

ง. ความแปรปรวนของภาระงาน (Workload Variance)

จ. ประสิทธิภาพของสายงาน หาได้จากสมการ 3.1

ฉ. Throughput Time คือ ช่วงเวลาตั้งแต่นำชิ้นงานเข้าสู่สายการประกอบจนกระทั่งนำงานสำเร็จรูปออกจากสายงาน หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นตัววัดความยาวของสายการประกอบในรูปของเวลา

ช. Smoothness Index เป็นตัววัดความเท่าเทียมกันในการกระจายงานให้กับสถานีต่างๆ สามารถหาค่าได้ตามสมการ 3.2

$$SX = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(c - T_i)} \qquad (3.2)$$

เมื่อกำหนดให้ SX คือSmoothness Index

T_i คือเวลารวมของภาระงานในสถานีงานที่ i

i มีค่าเท่ากับ $1,2,...,n$

ซ. ความน่าจะเป็นที่จะมีหนึ่งสถานีหรือมากกว่าที่มีเวลาทำงานเกินกว่ารอบเวลาการผลิต

3.8.2 การวัดประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์

ก. ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงงาน สถานีทำงานและงานที่ไม่เสร็จสมบูรณ์

ข. ค่าแรงต่อหน่วยผลิต

ค. ค่าปรับรวมของงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ

ง. ค่าวัสดุคงคลัง ค่า Set-up และค่าใช้จ่ายในการว่างงาน

จ. ค่าวัสดุคงคลังในระหว่างการผลิตรวม

ฉ. กำไรสุทธิ

ตัววัดประสิทธิภาพอาจมีเพิ่มเติมจากนี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งานจริง

3.9 สรุปท้ายบท

สายงานการประกอบทั่วไปสามารถแบ่งเป็นสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว สายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์และสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบคือปัญหาการกำหนดขั้นงานให้กับสถานีทำงานเพื่อให้เกิดสายการประกอบที่ดีที่สุด โดยไม่ขัดกับความสัมพันธ์ก่อนหลังของงาน และเวลาทำงานในแต่ละสถานีงานต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิตสูงสุดที่กำหนด และแต่ละขั้นงานจะต้องถูกจัดให้กับสถานีทำงานใดสถานีทำงานหนึ่งเท่านั้น

สายการประกอบในสภาพปัจจุบันเป็นสายการประกอบลักษณะเส้นตรง(Straight Line) สายงานการประกอบลักษณะนี้จะมีทิศทางการไหลของงานเข้าและออกไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งจะไม่มีการย้อนกลับมาทำงานก่อนหน้า ในแต่ละสถานีงานจะมีการดำเนินการภายในสถานีงาน สายการประกอบลักษณะนี้จะทำให้สูญเสียเวลาว่างเปล่าในการเดินที่จะเดินกลับไปรับงานจากสถานีงานก่อนหน้า สายการประกอบลักษณะตัวยู (U-shaped หรือ U-line) เป็นสายการประกอบที่มีการพัฒนาจากสายการประกอบลักษณะเส้นตรง โดยทำการหักงอให้อยู่ลักษณะตัวอักษรยู เพื่อลดเวลาที่สูญเปล่าในการเดินกลับไปทำงานก่อนหน้า ซึ่งวิธีจะทำให้พนักงานทำงานที่อยู่บริเวณข้างหน้าเสร็จและหันหลังเพื่อทำงานที่กำลังเข้าสถานีงานที่อยู่บริเวณข้างหลัง เวลาที่สูญเปล่าในการเดินของพนักงานจะมีเวลาที่ลดลง และจำนวนสถานีงานจะมีค่าน้อยกว่าเท่ากับสายการประกอบลักษณะเส้นตรง