หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การที่จะพัฒนาการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสมและการใช้ภาพจำลองเคลื่อนไหวนั้น จะต้องทำความเข้าใจถึงชนิดต่างๆของกระบวนการผลิต ปัญหาในการจัดสมดุลสายการผลิต เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิต ตลอดจนความรู้เกี่ยวกับการจำลองแบบปัญหา ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเหล่านี้

2.1 ชนิดของกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แบบไม่ต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง

2.1.1 กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent Production หรือ Job Shop)

กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง เป็นการผลิตสินค้าเป็นชุด หรือเป็นคราวตามใบสั่ง (Job-Lot-Work) ในการผลิตแบบนี้สามารถให้ผลิตภัณฑ์แตกต่างกันได้หลายรูปแบบ โดยที่แต่ละแบบมีจำนวนจำกัด เครื่องจักรใช้งานได้ในลักษณะอเนกประสงค์ ขั้นตอนการทำงานของแต่ละผลิตภัณฑ์ก็ไม่แน่นอน แรงงานที่ใช้จะต้องเป็นผู้มีความชำนาญและมีประสบการณ์สูงในการทำงาน

ปัญหาของการจัดการลำดับงานในระบบนี้ ส่วนใหญ่มักจะเกี่ยวกับการไหลของงานที่ไม่เป็นขั้นตอน และไม่ต่อเนื่อง รวมถึงการคำนวณหาลำดับการทำงานของเครื่องจักรให้เสร็จเร็วที่สุด ตัวอย่างที่พบมักเป็นการจัดลำดับงานหลายชนิดให้กับเครื่องจักรหลายเครื่อง

2.1.2 <u>กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง</u> (Flow Production หรือ Flow Shop)

กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง เป็นกระบวนการที่มีการผลิตสินค้าเป็นจำนวนมาก ๆ และค่อนข้างสม่ำเสมอ ไม่มีการแปรผันมากนัก การผลิตแบบนี้เริ่มจากการป้อนวัตถุดิบ หรือส่วนประกอบเข้าไปในการผลิต ซึ่งประกอบด้วย สถานีงาน (Work Station) ต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะถูกกำหนดแน่นอนตามลำดับขั้นอย่างต่อเนื่องกันไป ที่สถานีงานเหล่านี้ จะมีทั้งการเพิ่มชิ้นส่วนประกอบ และการผ่านการทำงานของเครื่องจักร จนในที่สุดก็ได้สินค้าสำเร็จรูปที่จุดท้ายสุดของสายการผลิต

ปัญหาที่เกิดกับการจัดกระบวนการผลิตแบบนี้ คือการจัดสายการผลิตให้มีความสมดุลตลอดทั้งสายงาน กล่าวคือ จะต้องจัดแบ่งงานให้แต่ละสถานีงานมีความเท่ากันหรือใกล้เคียงกันในด้านของเวลาที่ใช้ เพื่อให้การผลิตเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง ไม่เกิดการทำงานเร็วหรือช้าจนเกินไป เป็นเหตุให้มีผลิตภัณฑ์ถูกสกัดกั้นหรือกองอยู่ระหว่างสถานีงาน ทำให้เกิดความล้าช้าของการผลิต ไม่ได้ผลผลิตตามที่คาดหมาย

กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องสามารถแยกออกได้เป็น 2 แบบ คือ

(1) <u>สายการผลิตแบบส่งถ่าย</u> (Transfer Line)

สายการผลิตแบบส่งถ่าย โดยส่วนใหญ่จะเป็นการผลิต โดยอาศัยการทำงานของเครื่องจักรแบบอัตโนมัติ โดยการส่งวัตถุดิบและงานระหว่างผลิตผ่านขั้นตอนของเครื่องจักรต่าง ๆ เป็นไปโดยอัตโนมัติ แรงงานที่ใช้ส่วนใหญ่ จะใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร เช่น การบรรจุอาหารลงกระป๋อง, โรง

งานผลิตน้ำอัดลม, โรงงานผลิตอาหารสัตว์ เป็นต้น กำลังการผลิตโดยมากจะคงที่และผลผลิตขึ้นอยู่กับชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร

(2) สายการผลิตแบบประกอบ (Assembly Line)

สายการผลิตแบบประกอบ โดยส่วนใหญ่จะเป็นการใช้แรงงานคน ในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกันโดยในบางขั้นตอนของงานอาจต้องใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรต่างๆเข้าช่วย ซึ่งจะมีความยืดหยุ่นมากกว่าในการเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิต เช่น โรงงานประกอบตู้เย็น, โทรทัศน์, วิทยุ เป็นต้น

สายการผลิตทั้งแบบส่งถ่ายและแบบประกอบ ยังสามารถแยกออกได้ตามจำนวนชนิดของสินค้าที่ทำการผลิตดังนี้คือ

(1) สายการผลิตแบบสินค้าชนิดเดียว (Single-Model Line)

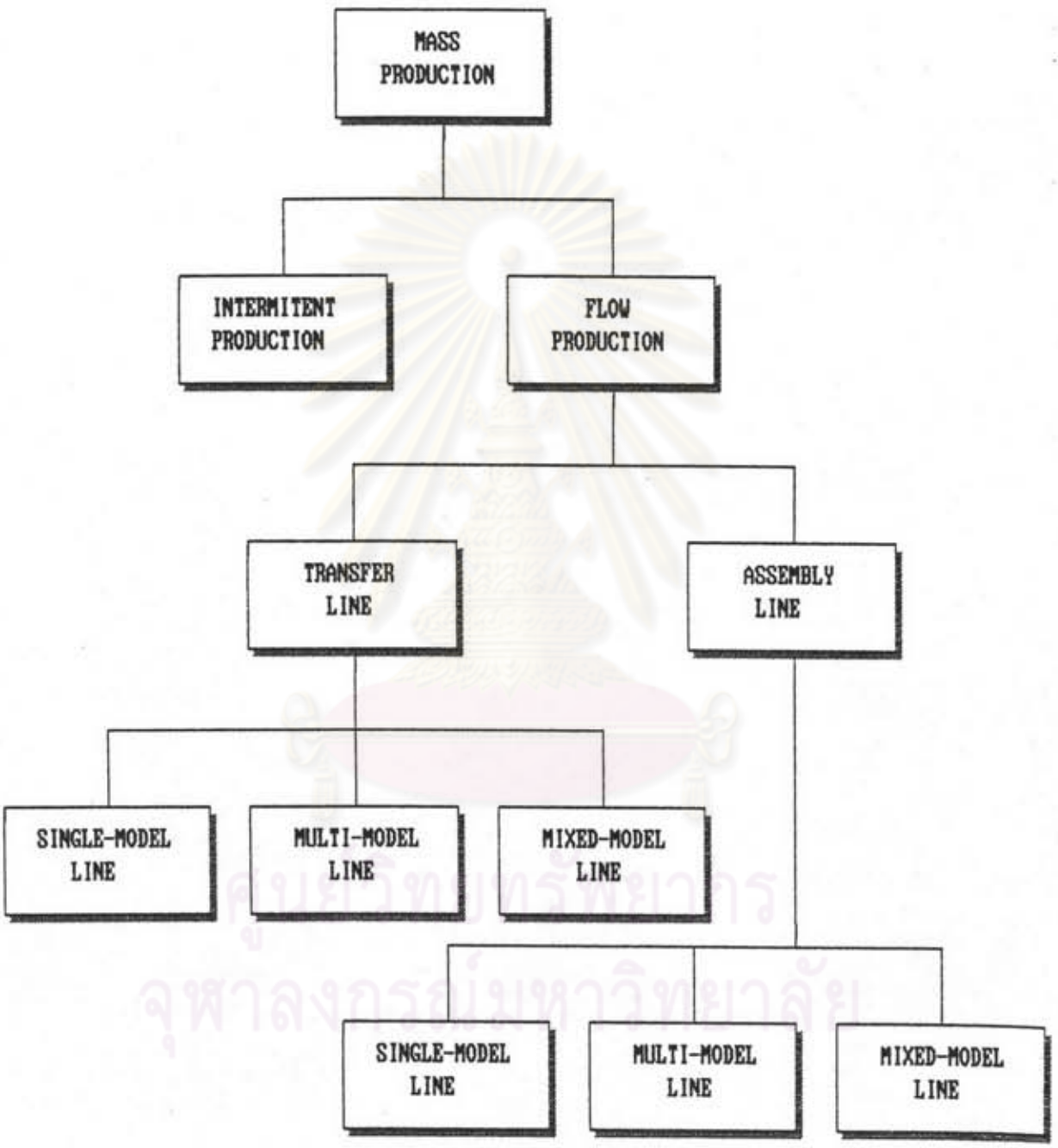
สายการผลิตแบบสินค้าชนิดเดียว เป็นสายการผลิตที่จัดขึ้นสำหรับ การผลิตสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงชนิดเดียวโดยเฉพาะ อุปสงค์ของสินค้าชนิดนี้จะต้องมีจำนวนมากพอที่จะให้สายการผลิตผลิตสินค้าชนิดเดียวตลอดเวลา

(2) สายการผลิตแบบสินค้าหลายชนิด (Multi-Model Line)

สายการผลิตแบบสินค้าหลายชนิด เป็นสายการผลิตที่ผลิตสินค้าตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป สินค้าแต่ละชนิดจะมีกระบวนการผลิตที่ใกล้เคียงกัน การผลิตจะผลิตสินค้าทีละชนิด สินค้าจะมาเป็นชุดๆ (Batch) และในช่วงที่จะเปลี่ยนการผลิตชนิดของสินค้าอาจ ต้องมีการปรับสายการผลิตใหม่ (Set up)

(3) สายการผลิตแบบสินค้าผสม (Mixed-Model Line)

สายการผลิตแบบสินค้าผสมเป็นสายการผลิตที่ผลิตสินค้าตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปเช่นเดียวกับสายการผลิตแบบสินค้าหลายชนิด แต่จะต่างกันตรงที่จะไม่ผลิตสินค้าแต่ละชนิดทีละชนิดเป็นชุด สินค้าต่างชนิดกันจะถูกผลิตขึ้นพร้อมๆกันในสายการผลิต



รูปที่ 2.1 ชนิดของกระบวนการผลิต

โดยในระหว่างผลิตจะไม่มีการปรับสายการผลิต

ในกรณีของสายการผลิตแบบสินค้าหลายชนิด ถ้าหากขนาดของชุดของสินค้า (Batch Size) มีขนาดใหญ่มาก สายการผลิตก็จะคล้ายกับ สายการผลิตแบบสินค้าชนิดเดียว แต่ถ้าขนาดของชุดสินค้ามีขนาดเล็ก (ประมาณ 1) สายการผลิต ก็จะคล้ายกับ สายการผลิตแบบสินค้าผสม

โดยหลักการแล้ว สายการผลิตทั้งสามแบบสามารถประยุกต์ใช้ได้กับสายการผลิตแบบส่งถ่าย (Transfer Line) และสายการผลิตแบบประกอบ (Assembly Line) แต่ว่าสายการผลิตแบบสินค้าหลายชนิดและแบบสินค้าผสมจะเหมาะสมที่จะผลิตอยู่บนสายการผลิตแบบประกอบ เนื่องจากจะใช้แรงงานคนซึ่งมีความยืดหยุ่นสูงกว่า

นอกจากนี้สายการผลิตแบบประกอบ ยังถูกแยกออกโดยดูจากวิธีการเคลื่อนย้ายงานระหว่างสถานีงานดังนี้คือ

(1) <u>การเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ</u> (Manual Transfer)

การเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ เป็นการเคลื่อนย้ายงานจากสถานีงานหนึ่งไปยังสถานีงานถัดไปจะทำด้วยมือ ซึ่งก็จะทำให้มีโอกาสเกิดปัญหาต่าง ๆ ดังนี้คือ

<u>การไม่มีงานป้อน</u> (Starving) คือการที่คนงานได้ทำงานของตนเสร็จแล้ว แต่ต้องคอยงานที่ยังทำไม่เสร็จจากคนงานสถานีก่อนหน้า

<u>การไม่มีที่ส่งงาน</u> (Blocking) คือการที่คนงานได้ทำงานของตนเสร็จแล้ว แต่ต้องรอให้คนงานสถานีถัดไป ทำงานให้เสร็จก่อนจึงจะสามารถส่งงานของตนเองไปได้ แล้วจึงเริ่มทำงานชิ้นใหม่

ปัญหาทั้งสองแบบนี้มีผลทำให้ การไหลของงานไม่สม่ำเสมอ รอบเวลาการผลิตไม่คงที่ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกำลังการผลิต การมี Buffer Storage ระหว่างสถานีงานจะช่วยลดปัญหาทั้งสองนี้ได้ ทำให้สาย

การผลิตมีการผลิตที่ต่อเนื่องยิ่งขึ้น

(2) <u>การเคลื่อนย้ายงานโดยสายพาน</u> (Moving Conveyor)

การเคลื่อนย้ายงานโดยสายพาน เป็นการเคลื่อนย้ายงานจากสถานีงานหนึ่งไปยังสถานีงานถัดไป ทำได้โดยอาศัยสายพานเป็นตัวลำเลียงชิ้นงาน ซึ่งมีทั้งแบบต่อเนื่อง (Continuous) และแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent) การเคลื่อนย้ายงานแบบไม่ต่อเนื่องคือ การที่สถานีงานใดก็ตามที่ทำงานชิ้นใดเสร็จ ก็จะสามารถส่งต่อไปยังสถานีงานถัดไปได้ทันที โดยไม่ต้องรอส่งพร้อมกับสถานีงานอื่น ๆ ปัญหาที่เกิดขึ้นก็จะเหมือนกับปัญหาของการเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ ส่วนการเคลื่อนย้ายงานแบบต่อเนื่องคือการที่ผลิตภัณฑ์ถูกเคลื่อนย้ายตลอดเวลาอย่างต่อเนื่องผ่านไปยังสถานีงานต่างๆพร้อมกัน ในขณะที่กำลังเคลื่อนที่อยู่นั้น พนักงานตามสถานีงานต่างต่างก็จะทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าไป การเคลื่อนย้ายงานโดยมากจะใช้สายพานเป็นตัวลำเลียงและมีโอกาสเกิดปัญหาต่าง ๆ ดังนี้คือ

<u>การไม่มีงานป้อน</u> (Starving) สามารถเกิดขึ้นได้เช่นเดียวกับการเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ

<u>การมีงานล้นมือ</u> (Congestion) คือการที่งานไม่เสร็จสมบูรณ์เนื่องจากการที่คนงานไม่สามารถทำงานชิ้นนั้นให้เสร็จก่อนที่ชิ้นงานจะวิ่งผ่านตัวไป

สำหรับการไม่มีที่ส่งงาน (Blocking) นั้น จะไม่เกิดกับการเคลื่อนย้ายงานแบบนี้

2.2 <u>หลักการของการจัดสมดุลสายการผลิต</u>(Principle of Line Balancing)

ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปที่มีการผลิตสินค้าชนิดหนึ่งเป็นจำนวนมาก มักจะใช้การผลิตเป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยมีการแบ่งงานออกเป็นชิ้นงานย่อยๆ (Work Element) และมีพนักงานทำงานเฉพาะชิ้นงานนั้นหรืออาจจะรวม

ขั้นงานหลายขั้นให้ทำก็ได้ การผลิตต่อเนื่องกันชนิดนี้มีทั้งระบบสายการประกอบ (Assembly Line System) และระบบสายการผลิต (Production Line System) เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและผลิตได้รวดเร็ว ในทางตรงข้ามระบบดังกล่าวมีข้อเสียคือ ไม่ค่อยยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงการผลิต และจะต้องมีปริมาณผลิตสินค้าแต่ละชนิดจำนวนสูงมาก ๆ และสม่ำเสมอ จึงจะคุ้มกับการลงทุนที่ค่อนข้างสูงในการจัดสายการผลิต ขั้นงานทั้งหมดจะถูกจัดให้อยู่ในลำดับการผลิตที่แน่นอน และชิ้นส่วนจะถูกเคลื่อนย้ายหรือส่งไปตามสายระหว่างสถานีงาน(Work Station) ต่าง ๆ ส่วนแต่ละสถานีงานอาจจะมีจำนวนพนักงาน และขั้นงานที่จะต้องทำมากหรือน้อยแล้วแต่การแบ่งสรร โดยจะมีเวลาการทำงานเฉลี่ยสำหรับงานแต่ละชิ้นเรียกว่าเวลาของสถานีงาน

การจัดสมดุลในสายการผลิต (Production Line Balancing) หมายถึงการพยายามที่จะจัดให้สถานีงานต่าง ๆ มีอัตราการทำงานหรือเวลาที่ใช้สำหรับทำงานแต่ละชิ้นเท่า ๆ กัน ถ้าหากว่าอัตราการทำงานไม่เท่ากันแล้ว อัตราการผลิตสินค้าของสายการผลิตนั้น จะถูกกำหนดโดยอัตราการทำงานของสถานีงานที่ช้าที่สุด รอบเวลาผลิต (Cycle Time) คือเวลาระหว่างที่สินค้าเสร็จออกมาแต่ละชิ้นซึ่งจะเท่ากับเวลาของสถานีงานที่ช้าที่สุด ฉะนั้นกรณีเช่นนี้ จะทำให้เกิดการสูญเสียอัตราการผลิตหรือว่างงานเกิดขึ้น เพราะสถานีงานอื่น ๆ ที่เสร็จเร็วกว่าจะต้องรอ มิฉะนั้นจะเกิดมีชิ้นส่วนหรือของคั่งค้างปริมาณมากรอที่จะผ่านสถานีงานที่ช้านั้นหรือมีสถานีงานที่หยุดรอการป้อนงานจากสถานีงานที่ทำงานช้า

ตามปกติในการจัดสายการผลิต จะเริ่มด้วยการกำหนดรอบเวลาผลิตลำดับขั้นงานต่าง ๆ และเวลาเฉลี่ยหรือเวลามาตราฐานของการทำงานแต่ละขั้นนั้น จากนี้ก็จะพยายามรวมขั้นงานเข้าด้วยกันให้เป็นสถานีงานให้มีเวลาว่างทั้งหมดน้อยที่สุด ในกรณีที่จำนวนสถานีงานมีมากหรือน้อยไป ก็อาจจะจัดใหม่โดยให้รอบเวลาผลิตมากขึ้นหรือน้อยลง นอกจากนี้การจัดก็อาจจะพยายามให้เกิดมีเวลาว่างไม่แตกต่างกันมากนักระหว่างสถานีทำงาน

2.2.1 นิยาม

ในการอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับการจัดสมดุลสายการผลิต ควรทำความเข้าใจกับคำนิยามที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการผลิตดังนี้คือ

(1) ขั้นงาน (Work Element) คืองานส่วนย่อยที่ถูกแบ่งมาจากขั้นตอนการทำงานโดยขั้นงานนี้จะเป็นงานส่วนย่อยที่เล็กที่สุดโดยอยู่บนพื้นฐานของความเป็นไปได้ตัวอย่างเช่นการเจาะรูหนึ่งตำแหน่งหรือการขันสกูรเพื่อต่อวัสดุเข้าด้วยกันเป็นต้น

(2) เวลาของขั้นงาน (Work Element Time) เป็นเวลาที่ใช้ในการทำขั้นงานนั้น ๆ

(3) รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) คือเวลาสูงสุดที่พนักงานแต่ละคนต้องทำงานที่ได้รับมอบหมายให้เสร็จหนึ่งชิ้น หรือคือช่วงระยะเวลาระหว่างสินค้าสำเร็จแต่ละชิ้นที่เสร็จออกมาจากสายการผลิต

(4) แผนภาพการผลิตก่อนหลัง (Precedence Diagram) คือรูปแสดงขั้นตอนและลำดับการทำงานก่อนหลังของผลิตภัณฑ์

(5) ประสิทธิภาพของสายการผลิต (Line Efficiency) ซึ่งคำนวณได้ จากสูตร

$$\%E = (Ti / N * Tc) * 100$$

โดยที่ %E = ประสิทธิภาพของสายการผลิตคิดเป็น เปอร์เซ็นต์
Ti = เวลารวมของขั้นงานทั้งหมด
N = จำนวนสถานีงานทั้งหมด
Tc = รอบเวลาการผลิต

หรือ %E = (1-เวลาว่างงานรวม ของแต่ละสถานีงาน / จำนวนสถานีงาน * รอบเวลาการผลิต) * 100

2.2.2 ประเภทของปัญหา

โดยทั่วไปปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิต สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ ตามข้อมูลที่มีอยู่และสิ่งที่ต้องการทราบดังนี้คือ

แบบที่ 1 กำหนดรอบเวลาการผลิตให้หาจำนวนสถานีงาน น้อยที่สุด (Fixed Production for Optimum Stations)

แบบที่ 2 กำหนดจำนวนสถานีงานให้หารอบเวลาการผลิตที่น้อยที่สุด (Fixed Station for Maximum Production)

2.3 เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing Technique)

2.3.1 เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตเดี่ยว (Single-Model Line Balancing Technique)

การจัดสมดุลสายการผลิตเดี่ยว คือการจัดสมดุลของสายการผลิตที่มีสายการผลิตเดียว ซึ่งมีผู้คิดค้นเทคนิคต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหามากมาย โดยที่เทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้ มีวิธีการที่แตกต่างกันเป็นอย่างมาก ซึ่งพอที่จะแบ่งได้ดังนี้คือ

(1) วิธีการทาง Mathematical Programming เป็นวิธีที่สามารถใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimum Solution) แต่มีข้อเสียคือ มีการคำนวณที่ยุ่งยาก และซับซ้อนทั้งในการสร้างรูปแบบของปัญหา และเปลือง

เวลาที่ใช้ในการประมวลผลในทางปฏิบัติจึงไม่มีผู้นิยมนำไปใช้ ยิ่งถ้าเป็นสายงานที่มีขนาดใหญ่ มีงานเป็นร้อย ๆ งานจะทำให้เสียเวลามาก

วิธีเหล่านี้ที่สำคัญได้แก่

- Dynamic Programming Algorithm โดย Jackson [10]
- Integer Programming โดย Bowman [4]
- Dynamic Programming โดย Held, Karp และ Sharesian [7]

(2) วิธีการทาง Heuristic เป็นวิธีการที่นำมาใช้แก้ปัญหาโดยให้คำตอบที่ใช้ได้ดีและรวดเร็ว แต่อาจไม่ใช่เป็นคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งมีทั้งวิธีการที่ใช้การคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับสายงานที่มีจำนวนงานเป็นร้อยขึ้นไป

วิธีการเหล่านี้ที่สำคัญได้แก่

- Column Rule Technique โดย Kilbridge & Wester [11]
- Ranked Positional Weight Method โดย Helgeson & Birnie [8]
- COMSOAL Technique โดย Arcus [3]
- Optimum Seeking Back-Tracking Technique โดย Mansoor [12]
- Hoffman Technique โดย Hoffman [9] เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิต มีรายละเอียดโดยย่อดังนี้คือ

Salveson (1955) [15] ได้ทำการเผยแพร่ และตีพิมพ์เป็นครั้งแรก โดยเขาได้เสนอแนวทางปัญหา โดยการกำหนดรอบเวลาผลิตที่คงที่ และจำนวนของสถานีงานจะเป็นตัวแปร Salveson ได้แยกแยะปัญหาออกเป็นดังนี้คือ ทำการเลือกโดยการสลับเปลี่ยนไปมาของชิ้นงานเพื่อให้ได้เป็นสถานีงาน กล่าวคือ

1. เลือกรวมชิ้นงานที่สอดคล้องกับโครงข่ายงานที่แสดงลำดับก่อน-หลังของกระบวนการผลิต

2. เวลาของสถานีงานจะน้อยกว่า หรือเท่ากับรอบเวลาผลิต

3. ผลรวมของเวลาว่างในสายการผลิตจะมีค่าน้อยที่สุด

Salveson ได้กำหนดรอบเวลาผลิตเป็นฟังก์ชั่นปริมาณการผลิต
โดย C = Production Time / Production Volume

Salveson ยังได้กำหนดจำนวนของสถานีงานที่น้อยที่สุดสำหรับในสายการผลิต จะเป็นค่าที่น้อยที่สุดของเลขจำนวนเต็มบวก n ซึ่ง n จะมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับผลรวมของเวลาของชิ้นงาน หารด้วยรอบเวลาผลิต

$$K_{min} = \text{Min [Integer n] / } n > \Sigma E_i/C$$

ซึ่ง K_{min} = จำนวนที่น้อยที่สุดของสถานีงาน
E = เวลาของชิ้นงาน
C = รอบเวลาผลิต

Salveson ได้เสนอถึงการใช้แผนภาพลำดับก่อนหลัง (Precedence Diagram) เพื่อที่จะแสดงถึงลำดับก่อนหลังของชิ้นงาน และการใช้แบบจำลองของ

019502

โปรแกรมเชิงเส้นตรงที่จะทำการรวบรวมชิ้นงานที่จะมอบหมายให้ในสถานีงานหนึ่งๆ การรวมนี้จะทำให้เกิดเวลาว่างน้อยที่สุด แล้วทำการขีดฆ่าชิ้นงานที่ได้รับมอบหมายแล้วและใช้วิธีการเดียวกันนี้ซ้ำกันไป จนกระทั่งชิ้นงานทั้งหมดถูกมอบหมาย ถ้าเวลาว่างทั้งหมดมีค่ามากกว่ารอบเวลาผลิต จะทำการลดสถานีงานลง โดยเริ่มต้นด้วยการเลือกกลุ่มของสถานีงานเหล่านี้ เพื่อจะได้ผลลัพธ์ใหม่เกิดขึ้น วิธีการนี้จะกระทำไปจนกระทั่งได้ผลลัพธ์ที่เป็นเลิศ

เป้าหมายของวิธีการของ Salveson ก็คือ การแยกแยะสถานีงานทั้งหมดที่เป็นไปได้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นเลิศและมีเวลาว่างน้อยที่สุด

Jackson (1956) [10] ได้พัฒนา โปรแกรมไดนามิค เพื่อใช้ในการหาผลลัพธ์ที่มีจำนวนของสถานีงานที่น้อยที่สุด สำหรับรอบเวลาผลิตที่กำหนดให้ใด ๆ วิธีการของ Jackson จะทำการแจกแจงผลรวมของชิ้นงานทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่จะมอบหมายให้แก่สถานีงานใด ๆ วิธีการของ Jackson มีดังนี้คือ ทำการรวมชิ้นงานที่เป็นไปได้ไว้ในสถานีงานที่ 1 แล้วหลังจากสถานีงานที่ 1 ทำการรวมชิ้นงานต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ไว้ในสถานีงานที่ 2 และทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จากวิธีนี้จะพบว่าที่บางจุดหลังจากการสร้างสถานีงานครั้งแรกจำนวน K สถานีแล้วจะมีการจัดสมดุลอันหนึ่งที่ได้มอบหมายชิ้นงานทั้งหมดไว้ในสถานีงาน ดังนั้นการจัดสมดุลเหล่านี้ จะมีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุดสำหรับรอบเวลาผลิตหนึ่ง ๆ Jackson ได้พิสูจน์ว่าวิธีของเขาจะได้ผลลัพธ์ที่เป็นเลิศ

วิธีการของ Jackson มีความยุ่งยากในการคำนวณมาก อย่างไรก็ตามมันเป็นพื้นฐานสำหรับ การวิเคราะห์การจัดสมดุลในสายการผลิตที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในโรงงานในปัจจุบัน

Bowman (1960) [4] ได้พัฒนารูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้นตรง 2 ชนิดที่แตกต่างกัน เพื่อใช้ในปัญหาการจัดสมดุลในสายการผลิต ปัญหาจะถูกจัดเป็นชุดของตัวแปรที่มีขอบข่ายเป็นเส้นตรง ซึ่งสามารถประเมินคุณค่าได้ในรูปแบบของสมการเป้าหมายเชิงเส้นตรง เขากล่าวว่า ปัญหาของการจัดสมดุลในสายการผลิต ประกอบด้วยจำนวนของผู้ปฏิบัติงานที่จะต้องทำงานอย่างเป็นวงจรด้วยขอบข่ายของการจัดลำดับ อย่างไรก็ตามวิธีการของ Bowman มีความยุ่งยากในการ

คำนวณมาก จึงไม่นิยมใช้กันมากนัก White ได้พัฒนาวิธีการของ Bowman ให้เป็นปัญหาโปรแกรมศูนย์-หนึ่ง โดยหาผลลัพธ์ด้วยวิธี Cutting Plane ปัญหานี้จะลดสมการขอบข่ายลง และจำนวนตัวแปรก็ลดลงด้วย

Kilbridge and Wester (1961) [11] ได้พัฒนาเทคนิคการจัดสมดุลในสายการผลิตโดยปราศจากการใช้คอมพิวเตอร์ ลักษณะที่สำคัญของเทคนิคนี้ก็คือ การรวมกลุ่มของชิ้นงานให้อยู่ในแนวแถวยืน แต่ละหมายเลขของแถวยืนแสดงถึงชิ้นงานที่จะถูกเลือก สำหรับการมอบหมายให้เป็นหนึ่งสถานีงาน วิธีการของการคำนวณหมายเลขของแถวยืนสำหรับแต่ละชิ้นงาน มีดังนี้คือ ชิ้นงานทั้งหมดที่ไม่มีชิ้นงานอื่นที่จะต้องทำก่อนจะจัดไว้ในแถวยืนที่หนึ่ง ชิ้นงานที่ถัดมาจากชิ้นงานในแถวยืนที่ 1 จะถูกจัดไว้เป็นหมวดหมู่โดยหมายเลขของแถวยืน วิธีการมอบหมายงานเริ่มต้น โดยการมอบหมายงานตามลำดับก่อนหลัง ถ้ายังไม่ได้ผลลัพธ์เป็นเลิศ ชิ้นงานภายในแถวยืนอาจจะสลับกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นเลิศ ในระหว่างวิธีการนี้ การจัดลำดับความสัมพันธ์ ระหว่างชิ้นงานจะยังคงรักษาไว้อยู่ Kilbridge และ Wester ได้บันทึกไว้ว่า มันอาจจะไม่เป็นจริงเสมอไปที่ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นผลลัพธ์ที่เป็นเลิศ หรือไม่

Helgeson and Birnie (1961) [8] ได้พัฒนาเทคนิคของการมีเหตุผล (Heuristic) สำหรับการมอบหมายชิ้นงานให้รวมเป็นสถานี โดยวิธี "Ranked Positional Weight" เป็นวิธีการให้น้ำหนัก หรือคะแนนแก่ชิ้นงานต่าง ๆ ซึ่งน้ำหนักของชิ้นงานจะมีค่าเท่ากับเวลาของชิ้นงานทั้งหมดที่จะต้องทำตามหลังชิ้นงานที่พิจารณา ซึ่งการรวมชิ้นงานเป็นสถานีงานจะมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. ชิ้นงานใดที่มีคะแนนสูงสุดจะถูกพิจารณาก่อน แล้วจึงพิจารณาชิ้นงานที่มีคะแนนรองลงไป เพื่อให้ได้เวลาใกล้กับรอบเวลาผลิตมากที่สุด ถ้าคะแนนเท่ากัน ก็จะเลือกชิ้นงานที่จะทำให้ใกล้รอบเวลาผลิตมากที่สุด

2. ชิ้นงานจะรวมอยู่ในสถานีงานใดได้ ก็ต่อเมื่อชิ้นงานใกล้สุดที่ต้องเสร็จก่อนได้ถูกรวมอยู่ในสถานีงานเดียวกัน หรือก่อนนี้

Hoffman (1963) [9] ได้เสนอวิธีการคำนวณการจัด

สมดุลในสายการผลิต โดยใช้ แมททริกซ์แสดงลำดับก่อนหลัง(Precedence Matrices) ในการรวมชิ้นงานให้เป็นสถานีงาน มีเวลาเกินรอบเวลาผลิตที่กำหนด

Mansoor (1964) [12] ได้ขยายวิธีของ Helgeson and Birnie ซึ่งเรียกกันว่า "Optimum Seeking Back-Tracking" ในปี คศ. 1964 และในปี คศ. 1973 ได้ขยายเพิ่มเติมเป็นระบบ "MALD-a Heuristic Technique for Balancing Large Scale Single-Model Assembly Lines" เทคนิคของ Mansoor พยายามที่จะกำหนดให้มีรอบเวลาผลิตที่น้อยที่สุด กำหนดจำนวนของสถานีงานโดยวิธีการ Search Mansoor อ้างว่า วิธีการของเขาเกือบจะได้ผลลัพธ์ที่เป็นเลิศ แต่ต้องใช้เวลาของคอมพิวเตอร์มาก

Arcus (1966) [3] ได้เสนอเทคนิค "Comsoal-a Computer Method for Sequencing Operationd for Assembly Lines" ซึ่งเป็นเทคนิคของการสุ่มตัวอย่างลำดับของชิ้นงานที่เป็นไปได้ และรวมชิ้นงานให้เป็นสถานีงานในลำดับที่ต้องการ โดยการจัดลำดับของชิ้นงานเหล่านั้นให้เกิดเวลาว่างน้อยที่สุด การเลือกลำดับจะเป็นแบบสุ่ม โดยการกำหนดน้ำหนักให้แก่ชิ้นงานตามคุณลักษณะที่มีอยู่ การเลือกโดย Arcus จะเลือกตัวอย่างที่เรียงตามลำดับก่อน-หลัง และเลือกการเรียงลำดับที่เกิดเวลาว่างน้อยที่สุดในแต่ละสถานี

2.3.2 <u>เทคนิคการจัดสมดุลการผลิตแบบผสม</u> (Mixed-Model Line Balancing Technique)

Stephen and Carlos [17] ได้ทำการศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม โดยใช้วิธีทางด้าน Mathematical นี้ แล้วสรุปว่าวิธีการทางด้าน Mathematical นี้ เหมาะสมที่จะใช้ในด้านทฤษฎีเท่านั้น ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในทางปฏิบัติ ยกตัวอย่าง เช่น สายการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด มีชิ้นงานทั้งหมด 16 ชิ้นงาน ต้องใช้ตัวแปรถึง 126 ตัว และข้อจำกัด (Constraint) 60 ข้อ จึงมีผู้คิดค้นวิธีการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสมขึ้น ซึ่งเป็นวิธี

การที่ง่าย และเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้มากกว่า คือ วิธีการของ Thomopoulos [18] โดยเขาได้นำเอาวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตเดี่ยวมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา การจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม โดยให้พิจารณาถึงแผนการผลิตทั้งหมดในแต่ละวัน (Daily Basis) หรือในแต่ละช่วงเวลากะ (Shiftly Basis) แทนที่จะพิจารณาถึงรอบเวลาการผลิต (Cycle Time Basis) ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้คือ

1. ใช้ระยะเวลาที่ทำงานต่อวัน หรือต่อกะแทนรอบเวลาการผลิต

2. แทนเวลาย่อยในแต่ละชิ้นงาน ด้วยเวลาทั้งหมดที่ต้องการใช้ทำงานนี้สำหรับทุก ๆ ชิ้นงาน ของทุก ๆ แบบผลิตภัณฑ์

3. แผนภาพลำดับก่อนหลังรวม เกิดจากการรวมกันของผังงานของแผนภาพลำดับก่อนหลังของแต่ละผลิตภัณฑ์

การป้อนผลิตภัณฑ์เข้าสายการผลิต (Model-Launch Discipline [19]) เป็นการกำหนดช่วงระยะเวลาระหว่างผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น ที่เริ่มต้นป้อนเข้ามาในสายกาผลิต ซึ่งมีหลักการปฏิบัติ 2 แบบ คือ

(1) การป้อนแปรผัน (Variable-Rate Launching) ซึ่งช่วงเวลาการป้อนจะแปรผันไปตามเวลาที่ใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าในสถานีงานแรก กล่าวคือ งานจะถูกป้อนเข้าไปทันทีที่สถานีงานแรกว่าง จากวิธีการนี้จะทำให้สถานีงาน มีงานทำค่อนข้างตลอดเวลา จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในสายการผลิตที่มีการเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ (Non Mechanical Line) ที่มีบัฟเฟอร์ระหว่างสถานีงาน เพื่อรองรับผลิตภัณฑ์ที่มาเข้าคิวรอหรือใช้กับสายการผลิตที่มีการเคลื่อนย้ายงานโดยสายพาน โดยมีข้อแม้ว่าสามารถเคลื่อนย้ายงานจากสายพานไปเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ระหว่างสถานีงานได้ ด้วยวิธีการป้อนแบบแปรผันนี้ การจัดลำดับผลิตภัณฑ์ (Model Sequencing) จึงมีผลน้อยมากในการลดเวลาเนื่องจากการรอของผลิตภัณฑ์ นอกจากจะสามารถป้อนผลิตภัณฑ์แบบเป็น Batch โดยเลือกป้อนผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน

(2) การป้อนแบบคงที่ (Fixed-Rate Launching) เป็นการป้อนงานโดยมีช่วงเวลาระหว่างการป้อน แต่ละครั้งคงที่ค่าหนึ่ง ถ้าหากผลิตภัณฑ์ที่ถูกป้อนเข้ามาใช้เวลาในสถานีงานน้อยกว่าช่วงเวลาที่ป้อน ก็จะทำให้เกิดการว่างงานของสถานีงาน (Station Idle Time) แต่ถ้าหากใช้เวลาในสถานีงานมากกว่าช่วงเวลาป้อนก็จะเกิดการเข้าคิวรอของผลิตภัณฑ์ หรือถ้าใช้ในสายการผลิตที่มีการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์โดยใช้สายพานลำเลียง อาจทำให้งานนั้นเกิดการประกอบที่ไม่สมบูรณ์ออกไป วิธีการนี้จะต้องใช้ควบคู่ไปกับการจัดลำดับของผลิตภัณฑ์ (Model-Sequencing) เพื่อที่จะให้การทำงานของสายการผลิตมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทั่วไปวิธีการนี้เหมาะสมกับสายการผลิตที่ใช้สายพานในการเคลื่อนย้ายงาน

2.4 การจำลองแบบปัญหา (Simulation)

การจำลองแบบปัญหา เป็นเครื่องมือในการทดสอบดูผลการทำงานที่เกิดจากการออกแบบหรือเปลี่ยนแปลงในระบบการผลิตก่อนที่จะมีการลงทุนทำจริง เพื่อที่จะลดความเสี่ยงทางด้านการลงทุน

ปัญหาในระบบการผลิตนั้นในหลาย ๆ กรณีที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้คำนวณโดยตรงเพราะว่ามีตัวแปรต่าง ๆ มากมาย ซึ่งทำให้ปัญหาค่อนข้างซับซ้อน จึงทำให้ต้องอาศัยวิธีการจำลองแบบปัญหาเข้ามาช่วย

การจำลองแบบปัญหาไม่ใช่เป็นตัวตัดสินใจ แต่จะใช้เพื่อหาข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจและจะต้องทราบด้วยว่า การจำลองแบบปัญหาไม่จำเป็นที่จะให้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) แต่จะทำให้ผู้วิเคราะห์ทราบถึงผลของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางอย่างในระบบ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Shon [16] ทำการวิจัยเรื่อง "A Study of Line Balancing and Sequencing of a Multiple Product Assembly Lint" โดยมีจุดประสงค์ที่จะทำการศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม และนำวิธีการทางด้าน Heuristic มาประยุกต์ใช้ โดยได้เลือกวิธีการของ Hoffman แต่ไม่ได้บอกถึงเหตุผลที่เลือก ผลของการจัดสมดุลแบบผสมสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานได้ 7.4 % สายงานที่ใช้ในการวิจัยมีขั้นงาน 114 ขั้นงาน ผลการวิจัยสรุปว่าสามารถนำวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตเดี่ยว มาประยุกต์ใช้ สำหรับการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสมได้

ผจญ ภักดีกุล [21] ทำการวิจัยเรื่อง"การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของอุตสาหกรรม การประกอบตู้เย็น" โดยในส่วนของการจัดสมดุลสายการผลิตได้นำเอาวิธีการ Rank Position Weight มาใช้ สายงานที่ใช้ในการวิจัยมีจำนวนขั้นงานสูงสุด 44 ขั้นงาน

Ratanawilaiwan [14] ทำการวิจัยเรื่อง"Line Balancing in a Small Diesel Engine Assembly Plant with Consideration on The Local Content Government Regulations" โดยได้เลือกใช้วิธี COMSOAL มาใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิต โดยเหตุผลที่ว่า เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไป และใช้ระยะเวลาสั้นในการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งเหมาะแก่การใช้งานด้านคอมพิวเตอร์ สายงานที่ใช้ในการวิจัยมีจำนวนขั้นงาน 82 ขั้นงาน

วิศิษฏ์ โล้เจริญรัตน์ [20] ทำการวิจัยเรื่อง "การวางแผนการผลิตและการใช้วัสดุสำหรับโรงงานประกอบรถจักรยานยนต์" ได้เลือกเอาวิธีการของ Hoffman มาใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิต โดยให้เหตุผลว่า เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุด มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูงและได้เสนอแนะว่าถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพให้มากขึ้น อาจนำไปเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นได้ สายงานที่ใช้ในการวิจัยมีจำนวนขั้นงานสูงสุด 16 ขั้นงาน

Mastor [13]ได้ทำการวิจัย โดยทำการศึกษา และเปรียบเทียบเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต 10 วิธี โดยการใช้กับตัวอย่างสายการผลิตหลาย ๆ รูป

แบบ และใช้เปอร์เซ็นต์การว่างงาน (Percent Idle Time) และเวลาในการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบผลที่ได้ สามารถเรียงลำดับตามประสิทธิภาพ โดยวัดจากเปอร์เซ็นต์การว่างงานที่ดีที่สุดตามลำดับคือ

1. HELD, KARP AND SHARESIAN, DYNAMIC PROGRAMMING TECHNIQUE
2. ARCUS, COMSOAL TECHNIQUE
3. HOFFMAN TECHNIQUE
4. JACKSON, DYNAMIC PROGRAMMING ALGORITHM
5. RANDOM SAMPLING RULE
6. WORK ELEMENT TIME ORDERED RULE
7. COLUMN RULE, KILBRIDGE AND WESTER
8. NUMBER OF IMMEDIATE FOLLERS WORK ELEMENT RULE
9. HELGESON AND BIRNIE, RANKED POSITIONAL WEIGHTS
10. LEXICOGRAPHIC ORDER RULE

ถ้าเปรียบเทียบกันโดยใช้เวลาในการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์เทคนิคที่ใช้เวลาน้อยที่สุด คือ เทคนิคทางด้าน Heuristics ธรรมดาที่ให้ผลทางประสิทธิภาพต่ำ(วิธีที่ 5 ถึง 10) ตามด้วยลำดับต่อมา คือ เทคนิคของ Arcus ซึ่งใช้เวลามากกว่า 5 เท่า และวิธีการที่ใช้เวลามากที่สุด คือ วิธีของ Held และวิธีของ Hoffman ซึ่งใช้เวลามากกว่าของ Arcus ถึง 10 เท่า หรือมากกว่า 50 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีทางด้าน Heuristics ธรรมดา

Somnasang [15] ทำการวิจัยเรื่อง"Design of a Line Balancing in an Automobile Assembly Factory" เปรียบเทียบวิธีการจัดสมดุลสายการผลิต ระหว่าง COMSOAL และ Hoffman สรุปว่า ถ้าไม่คำนึงถึงเวลาในการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์แล้วทั้งสองวิธีเกือบจะให้ผลลัพธ์เดียวกัน โดย COMSOAL จะใช้เวลาน้อยกว่า

Aramruangkul [2] ทำการวิจัยเรื่อง "Simulation of

Manufacturing Systems Applying Fault Tolerant Concepts: A Case Study โดยการใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหา "SIMAN" มากำหนดระบบการทำงานของสายการผลิต 2 สายการผลิต เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจเลือกวิธีการผลิตที่ดีที่สุด

Hasin [6] ทำการวิจัยเรื่อง "Multi-Attribute Evaluation of Flexible Manufacturing Systems Through Simulation" ได้ทำการเกี่ยวกับระบบการผลิตแลลยืดหยุ่น โดยการจำลองแบบปัญหาของระบบโดยใช้ "SIMAN" และยังสามารถมองเห็นการทำงานของระบบ โดยใช้ร่วมกับ "CINEMA" การที่เลือกใช้ SIMAN ได้ให้เหตุผลว่า SIMAN เป็นวิธีการที่ถูกนำมาใช้ในการจำลองแบบปัญหาระบบการผลิตกันมากในปัจจุบัน

Alfafara [1] ทำการวิจัยเรื่อง "Analytical and Simulation Tools for The Design of a Flexible Manufacturing System" เป็นการศึกษาเพื่อออกแบบระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยนำเอา "SIMAN" มาใช้เป็นวิธีการในการจำลองแบบปัญหา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย