บทที่3

การพัฒนาการจัดสมดุลสายการผลิตและการใช้ภาพจำลองเคลื่อนไหว

เมื่อเราได้ทราบถึงทฤษฎีและรายงานการวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการผลิตและการจำลองแบบปัญหาแล้ว จากทฤษฎีและรายงานการวิจัยเหล่านี้ นำไปสู่การพัฒนาการจัดสมดุลสายการผลิตและการใช้ภาพจำลองเคลื่อนไหว ดังมีรายละเอียดดังนี้

3.1 วิธีการและเทคนิคที่ใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสมและการจำลองแบบปัญหา

เนื่องจากการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม และการจำลองแบบปัญหามีวิธีการและเทคนิคต่าง ๆ หลายชนิด ดังนั้นการที่จะเลือกวิธีการหรือเทคนิคใดมาใช้นั้น ก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์เป็นหลัก สำหรับวัตถุประสงค์ในที่นี้คือ การเลือกวิธีการและเทคนิคที่สะดวก และคิดว่าเหมาะสมที่สุด ดังจะกล่าวเป็นข้อ ๆ ดังนี้

3.1.1 วิธีการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม

วิธีการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสมมี 2 วิธี คือ วิธีการทาง Mathematical และ วิธีการทาง Heuristic ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ซึ่งจากการที่มีผู้ได้ทำการวิจัยค้นคว้าเกี่ยวกับเทคนิควิธีการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม และได้สรุปไว้ว่าวิธีการทางด้าน Mathematical Programming ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในทางปฏิบัติ เพราะมีความยุ่งยากซับซ้อนมาก ประกอบกับวิธีการ

ทางด้าน Mathematical ไม่สามารถนำไปสร้างเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการแก้ปัญหาทั่วไปได้ และได้มีผู้นำวิธีการทางด้าน Heuristic สำหรับการจัดสมดุลสายการผลิตแบบเดี่ยวมาประยุกต์ใช้ เพื่อนำมาจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม และได้สรุปว่าได้ผลดี ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้วิธีการดังกล่าว มาใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้คือ

1.ใช้ระยะเวลาที่ทำงานต่อวันหรือต่อกะ (Period of Time) แทนรอบเวลาการผลิต (Cycle Time)

ตัวอย่างเช่น มีการทำงานทั้งหมด 8 ชั่วโมง เพื่อผลิตสินค้าให้ได้จำนวนที่ต้องการจำนวนหนึ่ง นั้นคือ ระยะเวลาที่ทำงานก็เท่ากับ 8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที

2.แทนเวลาย่อยในแต่ละชิ้นงาน (Work Element Time) ด้วยเวลาทั้งหมดที่ต้องการใช้ทำงานนี้ สำหรับทุก ๆ ชิ้นงานของทุก ๆ ผลิตภัณฑ์ ดังตัวอย่างที่แสดงใน ตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 การคำนวณเวลารวมของชิ้นงาน

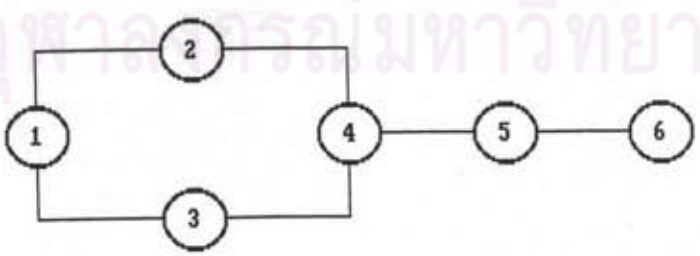
ชิ้นงานที่	เวลาชิ้นงาน / ผลิตภัณฑ์ (นาที)			เวลารวม (นาที)
	A 100 ชิ้น/วัน	B 50 ชิ้น/วัน	C 10 ชิ้น/วัน	
1	0.5	1.0	1.5	115
2	0.4	0.0	1.2	52

เวลารวมของขั้นงานที่ 1 = (0.5*100)+(1.0*50)+(1.5*10) = 115
เวลารวมของขั้นงานที่ 2 = (0.4*100)+(0.0*50)+(1.2*10) = 52

3.แผนภาพลำดับก่อนหลังจะเป็นแบบรวมของทุกผลิตภัณฑ์ (Overall Precedence Diagram) เกิดจากการรวมกันของผังงานของแต่ละผลิตภัณฑ์ (Each Precedence Diagram) ดังแสดงในรูปที่ 3.1,3.2 และ 3.3

รูปที่ 3.1 แผนภาพลำดับก่อนหลังของผลิตภัณฑ์ A

รูปที่ 3.2 แผนภาพลำดับก่อนหลังของผลิตภัณฑ์ B



รูปที่ 3.3 แผนภาพลำดับก่อนหลังรวมของผลิตภัณฑ์ A และ B

3.1.2 การเลือกใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม

จากการที่ได้ศึกษางานวิจัยจากที่ต่าง ๆ ในด้านการจัดสมดุลสายการผลิต พอจะสรุปวิธีการส่วนใหญ่ที่ได้มีผู้เลือกนำไปใช้ดังนี้คือ

1. COMSOAL Technique
2. Hoffman Technique
3. Rank Position Weight

โดยจากงานวิจัยหลายฉบับได้ทำการเปรียบเทียบเทคนิคทั้ง 3 แบบนี้โดยการนำไปแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตในกรณีศึกษาหลาย ๆ กรณี และได้สรุปว่า วิธีการที่ 1 และ 2ให้คำตอบที่ดีที่สุดในบรรดาวิธีการทางด้าน Heuristic ทั้งหมด โดยให้คำตอบที่ดีใกล้เคียงกัน แต่ว่า Comsoal จะใช้เวลาในการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์น้อยกว่าถึง 10 เท่า

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้ COMSOAL สำหรับการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม นอกจากเหตุผลสนับสนุนดังได้กล่าวมาแล้ว ยังได้มีการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากการใช้เทคนิคนี้ กับ คำตอบที่ได้จากการใช้เทคนิคอื่นในรายงานการวิจัยที่ได้มีผู้ทำไว้ รายละเอียดจะแสดงในหัวข้อต่อไป

3.1.3 รายละเอียดของเทคนิคที่เลือกใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม : COMSOAL

3.1.3.1 ความเป็นมา

คำว่า COMSOAL ย่อมาจากคำว่า Computer Method of Sequencing Operation for Assembly Line ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งทาง

HEURISTIC ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดสายงาน คอมพิวเตอร์เริ่มเข้ามามีบทบาทในการจัดสายงานการผลิตแบบประกอบเมื่อประมาณ 15 ปีที่แล้ว เนื่องจากโรงงานที่ประกอบผลิตภัณฑ์ได้ขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีสายงานการผลิตที่ประกอบด้วยงานย่อยเป็นจำนวนมาก และสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น จนกระทั่งการจัดสายงาน ด้วยวิธีการธรรมดาโดยไม่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วย ไม่สามารถทำได้ ดังนั้น เมื่อวิวัฒนาการทางด้านคอมพิวเตอร์ได้เจริญก้าวหน้าขึ้น จึงได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการจัดสายงานการผลิตกันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะสายงานการผลิตแบบประกอบ วิธีการ COMSOAL เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เพราะเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และใช้เวลาคอมพิวเตอร์ไม่มากนัก

A.L.Arcus เป็นผู้คิดวิธี COMSOAL นี้ขึ้น โดยอาศัยการสร้างแนวทางของคำตอบให้มากขึ้น จากการสุ่มเลือกงานที่จะจัดกลุ่มอย่างมีหลักเกณฑ์ (Biased Sampling) จัดงานเข้าไปในสถานีทำงานแล้วนำผลที่ได้จากการจัดสมดุลแต่ละกฎเกณฑ์มาเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้ในแนวทางในการจัดสมดุลที่มีประสิทธิภาพที่สุด

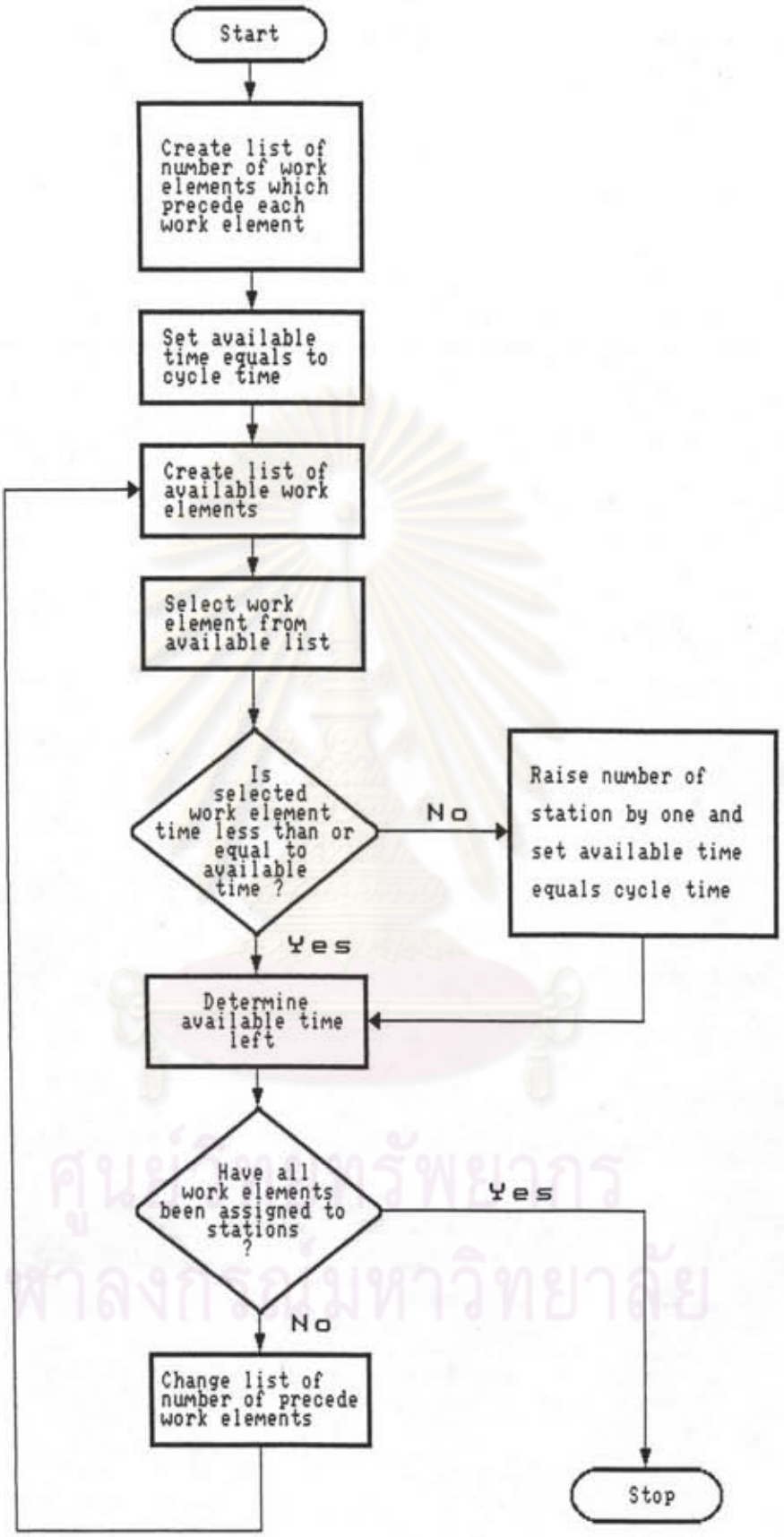
3.1.3.2 ขั้นตอนการทำงานของ COMSOAL

วิธีการของ COMSOAL ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 จำแนกชื่องานทุกงานที่มีอยู่ในสายงานผลิต พร้อมทั้งรายชื่อของงานย่อยทุกงานที่ต้องตามหลังงานนั้นโดยทันที (Immediate Following Tasks)

ขั้นที่ 2 สร้าง List A ซึ่งประกอบด้วยงานย่อยทุก ๆ งานที่ยังไม่ได้จัดให้อยู่ในสถานีใด และจำนวนงานที่ต้องทำทันทีก่อนหน้างานนั้น (Immediate Preceding Tasks)

ถ้าใน List A ไม่มีงานอยู่เลย ก็แสดงว่าการจัดสายการผลิตเสร็จเรียบร้อย



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนของวิธี COMSOAL

ขั้นที่ 3 สร้าง List B โดยเลือกงานที่ไม่มีงานทำก่อนหน้าจาก List A มาลงใน List B ดังนั้น List B จึงเปรียบเสมือนการรวบรวมงานที่พร้อมที่จะจัดสายงานได้เอาไว้

ขั้นที่ 4 เลือกงานจาก List B มาเพียงงานเดียว โดยวิธีสุ่ม (Random Selection) แบบมีกฎเกณฑ์ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป งานที่เลือกมานี้จะถือว่าเป็นงานที่จัดเข้าในสถานีทำงานอย่างถาวร และในการเลือกจะต้องตรวจดูเวลาที่เหลืออยู่ในสถานีทำงานกับงานที่เลือกนั้นด้วย ซึ่งงานที่เลือกเข้ามานั้นจะต้องใช้เวลาไม่เกินเวลาที่เหลืออยู่ ถ้าหากงานที่เลือกมาในครั้งแรกใช้เวลามากกว่าเวลาที่เหลืออยู่ก็ให้เลือกงานต่อไปที่มีอยู่ใน List B ซึ่งถ้าหากไม่มีงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาที่เหลืออยู่ ก็ให้เพิ่มสถานีทำงานใหม่ขึ้นอีกสถานีหนึ่งในลำดับต่อจากสถานีทำงานอันเดิม และมีเวลาเหลือสำหรับสถานีใหม่นี้เท่ากับรอบเวลาการผลิต หลังจากนั้นจึงกลับไปเริ่มต้นตอนที่ 4 ใหม่ โดยเลือกงานลงในสถานีทำงานใหม่นี้ งานที่ได้รับเลือกในขั้นตอนนี้จะใส่ลงใน List C ซึ่งในแต่ละครั้งจะมีการเลือกเพียงงานเดียวเท่านั้น

ขั้นที่ 5 ลบงานที่เลือกไว้ใน List C ออกจาก List A เนื่องจากงานนั้นได้ถูกกำหนดให้อยู่ในสถานีทำงานอย่างถาวรแล้ว ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 2

3.1.3.3 หลักเกณฑ์เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ COMSOAL

เนื่องจากในขั้นตอนที่ 4ของ COMSOAL เป็นการเลือกงานแบบสุ่ม ดังนั้นประสิทธิภาพของสายงานจึงไม่แน่นอน เพราะไม่มีหลักเกณฑ์ในการเลือก ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นวิธีการเลือกงานจาก List B เข้า List C ใหม่เรียกว่า Biased Selection ซึ่งมีหลายวิธี คือ

วิธีที่ 1 เลือกขั้นงานที่มีเวลามากที่สุดก่อน

$$W_i = T_i / \Sigma_j T_j$$

โดยที่ W_i = น้ำหนักถ่วงของชิ้นงานที่ i ใน LIST C
T_i = เวลาของชิ้นงานที่ i
T_j = เวลารวมของชิ้นงานทั้งหมดใน LIST C

วิธีที่ 2 เลือกชิ้นงานที่มีงานตามหลังโดยทันทีมากที่สุดก่อน

$$W_i = X_i / \Sigma_j X_j$$

โดยที่ X_i = จำนวนชิ้นงานตามหลังโดยทันทีของชิ้นงาน i

วิธีที่ 3 เลือกชิ้นงานที่มีเวลาน้อยที่สุดก่อน

$$W_i = T_i / \Sigma_j T_j$$

วิธีที่ 4 เลือกชิ้นงานที่มีจำนวนชิ้นงานตามหลังทันทีมากที่สุดก่อน หรือ เลือกชิ้นงานที่มีจำนวนชิ้นงานก่อนหน้าโดยทันทีมากที่สุดก่อน

$$W_i = Y_i / \Sigma_j Y_j$$

หรือ

$$W_i = Z_i / \Sigma_j Z_j$$

โดยที่ Y_i = จำนวนชิ้นงานก่อนหน้าโดยทันทีของชิ้นงาน i
Z_i = จำนวนชิ้นงานตามหลังโดยทันทีของชิ้นงาน i

วิธีที่ 5 เลือกชิ้นงานที่ทำให้ 1 / X' มากที่สุด

$$X' = 1 / (U-N_i,$$

โดยที่ U = จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ยังไม่ได้ถูกเลือก
N_i = จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตามหลังชิ้นงานที่ i บวกด้วย 1

$$W_i = \{ 1 / (U-N_i) \} / \{ \Sigma_j 1 / (U-N_j) \}$$

วิธีที่ 6 เลือกชิ้นงานที่มีจำนวนชิ้นงานที่ตามหลังทั้งหมด บวกด้วย 1 มากที่สุดก่อน

$$W_i = N_i / \Sigma_j N_j$$

วิธีที่ 7 เลือกงานที่มีเวลารวมทั้งหมดของชิ้นงานที่ตามหลังชิ้นงาน i บวกด้วยเวลาของชิ้นงาน i มากที่สุดก่อน

$$W_i = (T_i+R_i) / \Sigma_j (T_j+R_j)$$

โดยที่ R_i = เวลารวมของชิ้นงานทั้งหมดที่ตามหลังชิ้นงาน i

วิธีที่ 8 เลือกชิ้นงานที่มี

$$W_i = (N_i / M_i) / \Sigma_j (N_j / M_j)$$

โดยที่ M_i = จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่เชื่อมต่อกันยาวที่สุดที่ตามหลังชิ้นงาน i บวกด้วย 1

วิธีที่ 9 เลือกชิ้นงานโดยใช้ผลคูณของวิธีที่ 1, 5, 6, 7 และ 8 เลือกชิ้นงานที่มีผลลัพธ์มากที่สุด

Arcus ได้ระบุว่าวิธีที่ 9 เป็นวิธีที่จะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับการจัดสมดุลสายการผลิต ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้วิธีที่ 9 ในการทำ Biased Sampling

3.1.3 โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา

โปรแกรมการจำลองแบบปัญหาที่ใช้ คือ "SIMAN" ซึ่งเป็นโปรแกรม สำเร็จรูปที่ใช้เพื่อสร้างแบบจำลองปัญหาต่าง ๆ โดยเฉพาะปัญหาใน ระบบการผลิต เหตุผลที่ใช้โปรแกรมคือ

(1) ในด้านการเขียนโปรแกรม SIMAN มีฟังก์ชั่นต่าง ๆ มากมาย พร้อมที่จะให้ผู้ใช้สามารถนำมาใช้ได้ทันที โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมเพิ่ม และสำหรับการแก้ไขโปรแกรม ก็สามารถทำได้สะดวก เพราะสามารถเลือกแก้ไขได้เฉพาะ แฟ้มข้อมูลที่ต้องการ ไม่จำเป็นต้องแก้ไขทั้งโปรแกรม จึงทำให้การเปลี่ยนตัวแปรเพียงบางตัวสามารถทำได้ง่ายขึ้น

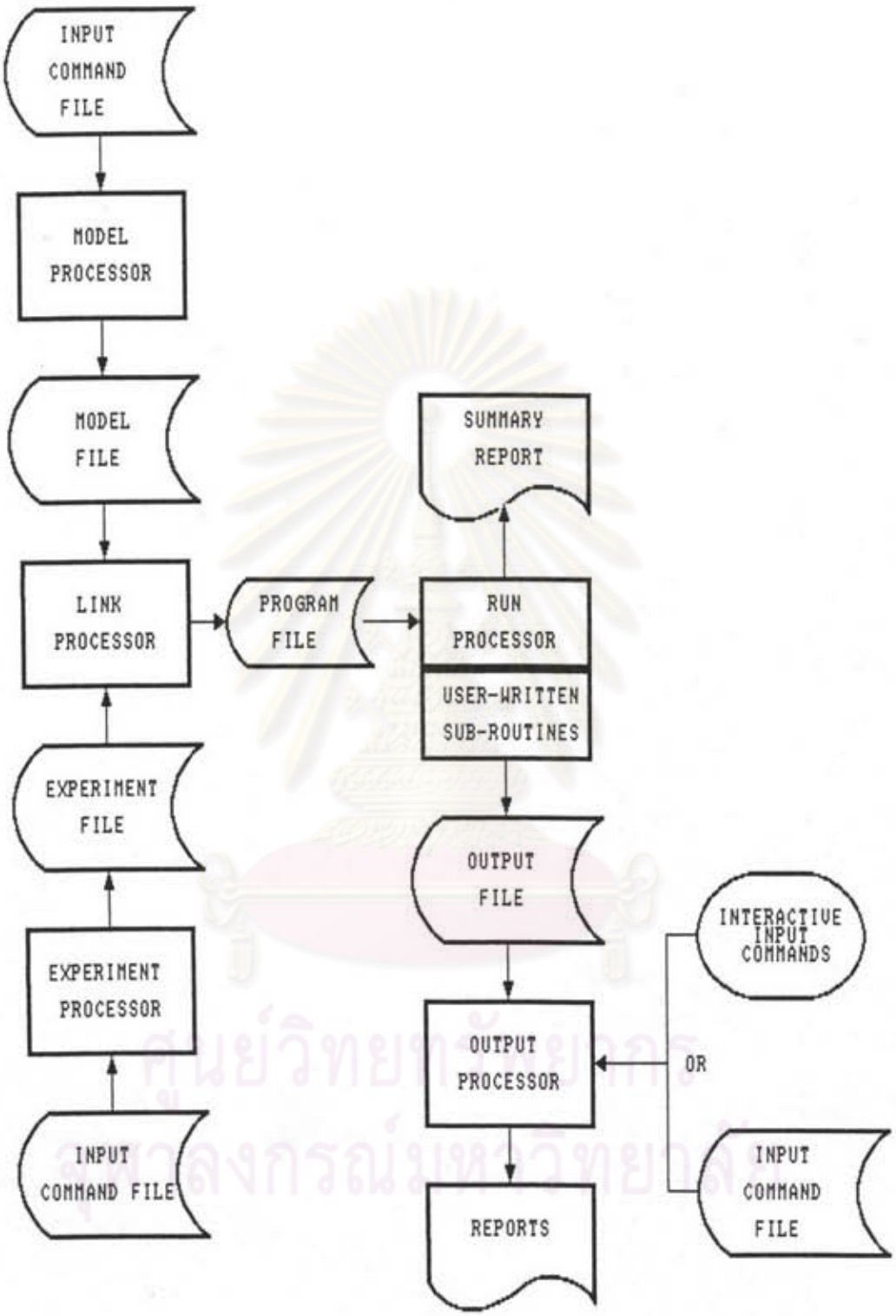
(2) เพราะว่า SIMAN ถูกแยกการประมวลผลออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งสามารถ Run แยกกันได้ จึงเป็นการประหยัดเนื้อที่ในหน่วยความจำ ดังนั้น จึงสามารถนำมาใช้งานในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ได้ และยังสามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมอื่นได้

(3) SIMAN สามารถที่จะส่งผลออกมาให้โปรแกรม"CINEMA" แสดงภาพจำลองเคลื่อนไหว(Graphical Animation) ภาพที่แสดงออกมาเป็นภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไหลไปในสายการผลิตไปยังสถานีงานต่าง ๆ และสามารถเปลี่ยนสีหรือสัญญลักษณ์ต่าง ๆ เมื่อระบบมีการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงของเวลาทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจดูการทำงานของระบบในช่วงเวลาต่าง ๆ ของการจำลองแบบปัญหา และสามารถหาจุดบกพร่องได้ง่ายขึ้น ซึ่งอาจจะไม่สามารถทำได้หากอาศัยการจำลองแบบปัญหาเพียงอย่างเดียว

โครงสร้างโปรแกรม SIMAN ประกอบด้วยแฟ้มข้อมูล 2 ชนิดคือ

(1) Model Command File เป็นไฟล์ที่แสดงคุณสมบัติทางด้านขั้นตอนต่าง ๆ ของระบบ ซึ่งเมื่อผ่านการ โดยใช้ "Model Processor" ของโปรแกรม SIMAN ผลที่ได้จะเก็บอยู่ใน Model File

(2) Experiment Command File เป็นไฟล์ที่ใช้ในการกำหนด Parameter ต่าง ๆ ที่ต้องการใช้ใน Model File รวมถึงจำนวนของสถานีงาน



รูปที่ 3.5 โครงสร้างของโปรแกรม SIMAN

และผลต่าง ๆ ที่ต้องการแสดง เป็นต้น ซึ่งเมื่อผ่านการ Compile โดยใช้ "Experiment Processor" ผลที่ได้จะเก็บอยู่ใน Experiment File

จากนั้น ทั้ง Model File และ Experiment File จะถูกนำมาเชื่อมต่อกันโดยอาศัย "Link Processor" ซึ่งผลที่ได้ก็คือ Program File จากนั้นนำไปประมวลผลโดยใช้ "Run Processor" ก็จะได้ผลลัพธ์ขั้นสุดท้ายออกมา

3.2 การพัฒนาโปรแกรมการจัดสมดุลสายการผลิต

โปรแกรมการจัดสมดุลสายการผลิตที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย โปรแกรม 3 ชนิดคือ

(1) โปรแกรมการจัดการและการคำนวณการจัดสมดุลสายการผลิต "CUBAL"
(2) โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา "SIMAN"
(3) โปรแกรมการแสดงภาพจำลองเคลื่อนไหว "CINEMA"

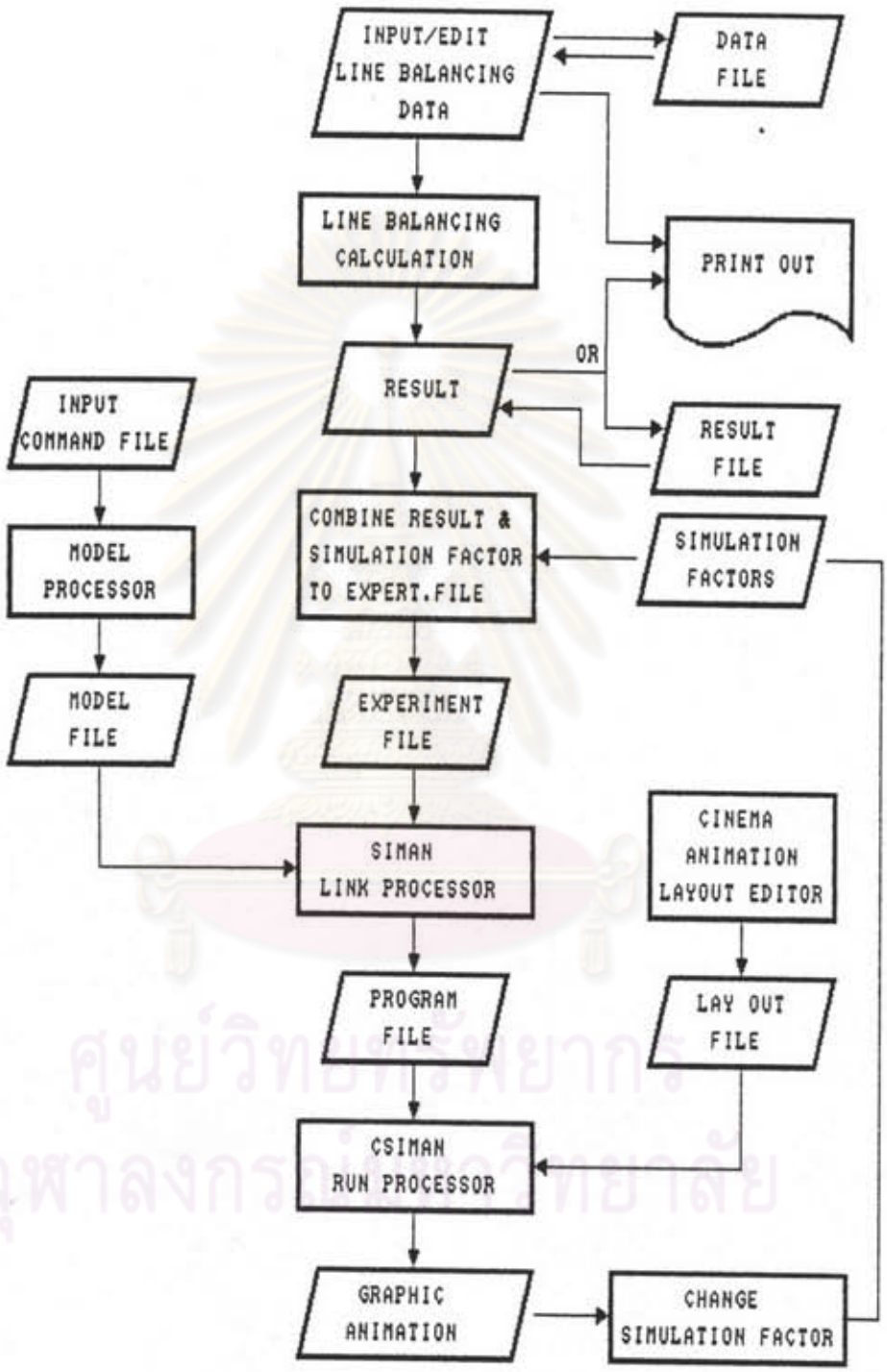
โปรแกรมทั้ง 3 ถูกเชื่อมต่อกันภายใต้การจัดการของโปรแกรม CUBAL ดังมีโครงสร้างการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.6 โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 โปรแกรม CUBAL

โปรแกรม CUBAL เป็นโปรแกรมที่ถูกเขียนขึ้นมาโดยใช้ภาษา C โดยมีคุณสมบัติดังนี้คือ

(1) การจัดการข้อมูลการจัดสมดุลสายการผลิต

โปรแกรมสามารถรับข้อมูลการจัดสมดุลสายการผลิต โดยการ



รูปที่ 3.6 โครงสร้างโปรแกรม CUBAL

ป้อนข้อมูลเข้าจากผู้ใช้ หรือการอ่านจากแฟ้มข้อมูล และยังสามารถทำการแก้ไข เปลี่ยนแปลงข้อมูลแล้วเก็บลงในแฟ้มข้อมูล หรือ พิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

(2) คำนวณการจัดสมดุลสายการผลิต

โปรแกรมสามารถคำนวณเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตทั้งแบบผสม และแบบเดี่ยว

(3) การจัดการผลการคำนวณ

โปรแกรมสามารถแสดงผลการคำนวณทางจอภาพ เครื่องพิมพ์ หรือเก็บเข้าในแฟ้มข้อมูลและสามารถเรียกกลับมาเพื่อทำการแก้ไขขั้นงานต่าง ๆ ในแต่ละสถานีงาน หรือ เพื่อทำการจำลองแบบปัญหาได้

(4) กำหนดแฟคเตอร์การจำลองแบบปัญหา

โปรแกรมอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถกำหนด หรือเปลี่ยนแปลงแฟคเตอร์ของการจำลองแบบปัญหา โดยแฟคเตอร์เหล่านี้ได้แก่

- การผันแปรของเวลาในการทำงานของสถานีงาน
- ขนาดของ Buffer ระหว่างสถานีงาน
- ปริมาณงานในกระบวนการผลิตที่ Buffer ของสถานีงานเมื่อเริ่มต้นการผลิต
- เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายงานระหว่างสถานีงาน
- Random Seed Number
- ระยะเวลาในการจำลองแบบปัญหา
- จำนวนรอบในการจำลองแบบปัญหา

(5) จัดการเกี่ยวกับการเชื่อมต่อกับโปรแกรมภายนอก

โปรแกรมจะทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการเชื่อมต่อกับโปรแกรม

ภายนอก คือ "SIMAN" และ "CINEMA" โดยนำผลลัพธ์การจัดสมดุลและแฟคเตอร์การจำลองแบบปัญหาที่กำหนดขึ้น มาสร้างเป็น Experiment File จากนั้นนำไปผ่าน Link Processor ของโปรแกรม SIMAN ร่วมกับ Model File ที่ได้สร้างขึ้นไว้ก่อนแล้ว (ไม่ว่า Experiment File จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร Model File จะใช้ File เดิมเสมอ) ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น Program File จากนั้นจึงนำไปเชื่อมต่อกับโปรแกรม CINEMA โดยการนำ Program File ที่ได้ผ่าน Run Processor "CSIMAN" ร่วมกับ Animation Layout File ที่ได้สร้างขึ้นจาก โปรแกรม CINEMA ก็จะได้ผลลัพธ์การจำลองแบบปัญหาออกมาเป็นภาพจำลองเคลื่อนไหว

(6) ปรับปรุงแก้ไขการจัดสายการผลิต

เมื่อเสร็จสิ้นการจำลองแบบปัญหาแล้ว โปรแกรมจะกลับเข้าสู่โปรแกรมหลัก CUBAL เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงแฟคเตอร์การจำลองแบบปัญหา หรือ เปลี่ยนแปลงข้อมูลการจัดสมดุลสายการผลิต เพื่อที่จะทำการจำลองแบบปัญหา และตรวจสอบผลได้

3.2.2 โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา SIMAN

โปรแกรม SIMAN ประกอบด้วย Model File และ Experiment File โดย Model File ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อแสดงขั้นตอนการไหลของงานในกระบวนการผลิต เริ่มตั้งแต่การป้อนงานเข้าในสายการผลิต และการผ่านงานไปยังสถานีงานต่าง ๆ จนครบกระบวนการผลิตได้สินค้าสำเร็จออกมา ซึ่งพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น จำนวนชนิดของงาน จำนวนงานในแต่ละชนิด จำนวนสถานีงานทั้งหมด เวลาที่ใช้ในการทำงานที่แต่ละสถานีงานของแต่ละผลิตภัณฑ์ ขนาดของ Buffer ระหว่างสถานีงาน และ จำนวนงานที่อยู่ใน Buffer ขณะเริ่มต้นการผลิต ทั้งหมดได้มาจากตัวแปรที่ถูกกำหนดค่าใน Experiment File

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการจัดสมดุลสายการผลิต

ใช้วิธีการสร้าง Model File ขึ้นมาเป็นโปรแกรมที่ประกอบด้วยตัวแปรต่าง ๆ โดยค่าตัวแปรเหล่านี้จะถูกกำหนดอยู่ใน Experiment File ที่ถูกสร้างขึ้นโดยโปรแกรม CUBAL ตามผลการจัดสมดุลสายการผลิตที่ได้จากการคำนวณ

3.2.3 โปรแกรมการแสดงภาพจำลองเคลื่อนไหว CINEMA

Animation Layout ที่ปรากฏขึ้นระหว่างการจำลองแบบปัญหาถูกวาดขึ้นมาโดยใช้โปรแกรม CINEMA ซึ่งในแต่ละ Layout จะต้องมีจำนวนตัวแปรต่าง ๆ ตรงกับตัวแปรในการจำลองแบบปัญหา เช่น จำนวนสถานีงาน เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องสร้าง Layout ขึ้นมาหลาย ๆ แบบ โดยมีจำนวนสถานีงานต่าง ๆ กัน เพื่อให้ CUBAL สามารถเลือกมาใช้ในการจำลองแบบปัญหาได้

3.3 การทดสอบโปรแกรมการจัดสมดุลสายการผลิต

เนื่องจากว่า เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คือ วิธี COMSOAL ซึ่งผู้เขียนได้พัฒนาให้เป็นโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์สำหรับแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิต สำหรับปัญหาทั่วไปได้ ทั้งสายการผลิตแบบสินค้าผสมและสายการผลิตแบบสินค้าเดี่ยว ดังนั้นจึงมีการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อที่จะยืนยันผลลัพธ์ที่ได้ว่าดีเท่ากับหรือดีกว่าโปรแกรมที่มีผู้เคยพัฒนาขึ้นมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับอื่น

ในหัวข้อนี้จึงได้แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลลัพธ์ที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับอื่น โดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน ดังจะแสดงต่อไปนี้

3.3.1 การจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม

See Chou Shon, 1987 ได้ทำการวิจัยเรื่อง "A Study of Line Balancing and Sequencing of a Multiple Product Assembly Line" ในการวิจัยครั้งนี้ได้นำวิธีการของ Hoffman ซึ่งเป็นวิธีการทางด้าน Heuristic มาประยุกต์ใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม โดยกรณีศึกษาที่ 1 มีจำนวนผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด และ จำนวนชิ้นงานทั้งหมด 114 ชิ้นงาน รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก เมื่อนำเอาข้อมูลของกรณีศึกษานี้มาทำการประมวณผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ได้พัฒนาขึ้นโดยใช้วิธี COMSOAL ผลปรากฏว่าเมื่อเทียบกับวิธี Hoffman Forward Balancing (แสดงดังตารางที่ 3.2) COMSOAL ได้ประสิทธิภาพสายการผลิตสูงกว่าถึง 4.2 % จำนวนสถานีงานต่ำกว่า 1 สถานีงาน และถ้าเทียบกับ วิธี Hoffman Backward Balancing (แสดงดังตาราง 3.3) COMSOAL ได้ประสิทธิภาพสายการผลิตสูงขึ้น 0.6 % จำนวนสถานีงานเท่ากัน ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการ COMSOAL แสดงดังตาราง 3.4 และ ผลการเปรียบเทียบ แสดงดัง ตาราง 3.5

ตารางที่ 3.2 ผลการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม โดยใช้วิธี Hoffman Forward Balance

สถานีงานที่	รายการชื่อชิ้นงาน	เวลาว่างงาน(นาที)
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15	1.94
2	13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 28	1.45
3	20, 23, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 35	7.69
4	34, 36, 38, 42	3.53
5	37, 39, 43, 45	5.95
6	40, 41, 44, 46, 47, 48, 50	1.91
7	49, 51, 52, 53, 54, 56, 57	6.10

ตารางที่ 3.2 ผลการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม โดยใช้วิธี Hoffman Forward Balance (ต่อ)

สถานีงานที่	รายการชื่อชิ้นงาน	เวลาว่างงาน(นาที)
8	55, 58, 59, 60	12.22
9	61, 62, 63, 64, 66, 68	76.55
10	65, 67	59.60
11	69, 70	124.99
12	71, 72	39.35
13	73, 74	39.35
14	75, 76	39.35
15	53, 54	56.85
16	77, 78	58.25
17	79, 80	5.62
18	85, 87, 88, 89, 90, 91, 92	3.72
19	93, 94, 95	136.33
20	96, 97	84.54
21	98, 99	85.59
22	100, 101, 102, 103	1.02
23	104, 105	65.96
24	106, 107	104.10
25	108, 109, 110	74.25
26	111, 112, 113, 114	19.24
ประสิทธิภาพการจัดสมดุล 89.8 %		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 ผลการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม โดยใช้วิธี Hoffman Backward Balance

สถานีงานที่	รายการชื่อชิ้นงาน	เวลาว่างงาน(นาที)
1	114, 113, 112, 111, 32	13.29
2	110, 119, 118	74.25
3	117, 116	104.10
4	115, 114	65.96
5	103, 102, 101, 100	1.02
6	99, 98, 44, 31	34.49
7	97, 96, 94, 92, 53	1.25
8	95, 93, 91, 90, 88, 86	8.96
9	89, 87, 85, 84, 83, 30	10.58
10	82, 81, 64, 61	4.50
11	80, 79, 60, 9	1.75
12	78, 77, 54, 45	13.80
13	76, 75, 52	4.35
14	74, 73, 43, 29	5.84
15	72, 71, 11	4.30
16	70, 69	1.10
17	57, 58, 68, 66, 62, 42, 28, 7	4.30
18	67, 65, 36	14.97
19	57, 55, 51, 48, 46, 10	9.36
20	49, 47, 41, 35	7.29
21	50, 40, 39, 38, 26, 25, 24, 5	0.19
22	37, 34, 22	4.81
23	33, 27, 23, 21, 20, 19, 15, 4	0.04

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 ผลการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม โดยใช้วิธี Hoffman Backward Balance (ต่อ)

สถานีงานที่	รายการชื่อชิ้นงาน	เวลาว่างงาน(นาที)
24	18, 17, 16, 14, 13, 12, 3, 2	22.80
25	8, 1	282.15
ประสิทธิภาพการจัดสมดุล 93.4 %		

ตารางที่ 3.4 ผลการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสมจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยใช้วิธี COMSOAL

สถานีงานที่	รายการชื่อชิ้นงาน	เวลาว่างงาน(นาที)
1	17, 20, 19, 38, 18, 15	0.38
2	39, 21, 16, 3, 22, 24, 28	0.30
3	48, 8, 23, 40, 57, 50, 4, 32	1.54
4	34, 49, 5, 29	0.33
5	58, 65,46	10.04
6	67, 69, 35, 6	0.21
7	71, 73, 36	4.30
8	75, 55, 64	1.40
9	77, 79, 12, 2	1.35
10	81, 83, 27, 13, 62, 14, 66, 68	2.20

ตารางที่ 3.4 ผลการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสมจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยใช้วิธี COMSOAL (ต่อ)

สถานีงานที่	รายการชื่อชิ้นงาน	เวลาว่างงาน(นาที)
11	70, 72, 85, 1, 10	5.64
12	74, 76, 7	2.30
13	78, 37, 11, 9	3.48
14	80, 47, 33, 56, 45, 26	2.31
15	63, 87, 89, 91, 25	1.79
16	93, 41, 95, 54, 42	7.51
17	61, 82, 84, 52, 60, 51, 86	8.98
18	59, 43, 88, 90, 92, 94, 53, 30, 96	24.99
19	97, 98, 31, 44	33.44
20	99, 100, 101, 102	11.36
21	103, 104	65.96
22	105, 106	65.96
23	107, 108, 109	50.62
24	110, 111, 112, 113	47.27
25	114	276.72
ประสิทธิภาพการจัดสมดุล 94.00 %		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	Hoffman		Comsoal
	Forward	Backward	
ประสิทธิภาพสายการผลิต	89.8 %	93.4 %	94.0 %
จำนวนสถานีงาน	26	25	25
เวลาว่างงาน (นาที)	1113.84	693	630

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบผลการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสมของกรณีศึกษาที่ 1

กรณีศึกษาที่ 2 มีจำนวนผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด และจำนวนขั้นงานทั้งหมด 19 ขั้นงาน รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ผลปรากฏว่า ทั้งสองวิธีที่ประสิทธิภาพสายการผลิตและจำนวนสถานีงานเท่ากัน

สถานี / งานที่	HOFFMANN	COMSOAL
	ขั้นงาน	
1	1, 2, 6, 7, 8	2, 4, 5, 11, 1, 13
2	3, 4, 5, 11, 13, 14, 16, 17, 18	7, 3, 8, 14, 9, 17, 6, 10
3	9, 10, 12, 15, 19	12, 15, 18, 19, 16
ประสิทธิภาพ	98.57 %	98.57 %

ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบผลการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสมของกรณีศึกษาที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2 การจัดสมดุลสายการผลิตเดี่ยว

ในการวิจัยฉบับเดียวกัน มีการแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตเดี่ยวของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยใช้วิธี Hoffman ทั้งแบบ Forward และ Backwardจึงได้นำมาเปรียบเทียบกับวิธี COMSOAL จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ผลที่ได้ปรากฏว่า COMSOAL ให้ประสิทธิภาพสายการผลิตที่สูงกว่า Hoffman ทั้งแบบ Forward และ Backward ของทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ ผลการเปรียบเทียบการจัดสมดุลสายการผลิตเดี่ยวของผลิตภัณฑ์ A B และ C แสดงดังตารางที่ 3.7,3.8 และ 3.9 ตามลำดับ

	Hoffman		Comsoal
	Forward	Backward	
ประสิทธิภาพสายการผลิต	83.9 %	88.4 %	90.27 %
จำนวนสถานีงาน	26	25	25
เวลาว่างงาน (นาที)	16.74	11.6	9.73

ตารางที่ 3.7 เปรียบเทียบผลการจัดสมดุลสายการผลิตเดี่ยวของผลิตภัณฑ์ A

	Hoffman		Comsoal
	Forward	Backward	
ประสิทธิภาพสายการผลิต	88.6 %	88.6 %	90.22 %
จำนวนสถานีงาน	25	25	25
เวลาว่างงาน (นาที)	11.4	11.4	9.78

ตารางที่ 3.8 เปรียบเทียบผลการจัดสมดุลสายการผลิตเดี่ยวของผลิตภัณฑ์ B

	Hoffman		Comsoal
	Forward	Backward	
ประสิทธิภาพสายการผลิต	86.9 %	89.9 %	91.58 %
จำนวนสถานีงาน	28	27	27
เวลาว่างงาน (นาที)	14.67	10.91	9.09

ตารางที่ 3.9 เปรียบเทียบผลการจัดสมดุลสายการผลิตเดี่ยวของผลิตภัณฑ์ C

จากผลการทดสอบโปรแกรม แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ตามวิธี COMSOAL สามารถให้ผลลัพธ์ที่เทียบเท่าหรือดีกว่าโปรแกรมที่เคยมีผู้พัฒนาขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย