บทที่ 5
การปรับปรุงระบบการจัดตารางการผลิต

โรงงานที่ทำการศึกษานี้เป็นโรงงานที่ผลิตสินค้าหลายชนิด ตามใบสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์สภาพการดำเนินงาน (บทที่ 3) พบว่าทางโรงงานตัวอย่างใช้ประสบการณ์การทำงานในการวางแผนการผลิต ไม่มีการจัดตารางการผลิตเพื่อช่วยให้หน่วยผลิตทำงานได้อย่างต่อเนื่อง จะทำการวางแผนในลักษณะวันต่อวัน มีการเร่งงาน แทรกงานบ่อย เนื่องจากผลิตสินค้าไม่ทันเวลาส่งมอบ จากเหตุผลที่กล่าวข้างต้นจึงจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงระบบการวางแผนการผลิต จากแนวทางในการแก้ปัญหาและการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ทำให้มีแนวความคิดในการสร้างระบบการจัดตางการผลิต โดยใช้เทคนิคการวางแผนและการควบคุมการผลิตมาช่วยในการดำเนินงาน ซึ่งจะใช้ซอฟท์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ เพื่อลดความผิดพลาดและความล่าช้าในการคำนวณ

จึงทำการกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา และปรับปรุงการทำงานปัจจุบันดังนี้

1) แนวทางในการจัดตารางการผลิตด้วยฮิวริสติกส์ (Heuristics) โดยจะสามารถวัดประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตได้เป็น เวลาไหลเฉลี่ยของงานที่ถูกถ่วงน้ำหนัก (Weighted Mean Flow Time) เวลาสายเฉลี่ย (Mean Lateness) เวลาล่าช้าเฉลี่ย (Mean Tardiness) และจำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy job)

2) ซอฟท์แวร์ช่วยในการคำนวณการจัดตารางการผลิต จัดทำขึ้นเพียงเพื่อช่วยในการคำนวณเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตด้วยฮิวริสติกส์ เนื่องมีการคำนวณหลายขั้นตอน อีกทั้งยังมีหลายเงื่อนไขในการจัดตารางการผลิต ผลลัพธ์จะออกมาในรูปแบบผลการจัดลำดับ และแสดงค่าที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพทั้ง 4

5.1 ข้อมูลในการจัดตารางการผลิต

โดยข้อมูลหลักๆที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็นส่วนต่างๆดังนี้

5.1.1 ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวางแผนการผลิต

1) เกณฑ์มาตรฐานในการพิจารณาระดับความเร่งด่วนของงาน
2) การเลือกเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต
3) รายละเอียดของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

ข้อมูลเวลามาตรฐานในการผลิต ซึ่งในที่นี้จะได้มาจากจำนวนกิโลกรัมต่อชั่วโมงของเครื่องรีด (Extrusion Machine) ในแต่ละขนาด

ใบสั่งผลิต ซึ่งออกโดยแผนกวางแผนและควบคุมการผลิต ซึ่งจะระบุข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ รหัสแม่พิมพ์ (Die No.) ปริมาณผลิต (Lot Size) กำหนดส่งงาน (Due Date)

5.1.2 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต

1) **เกณฑ์มาตรฐานในการพิจารณาระดับความเร่งด่วนของงาน** เป็นการปรับปรุงจากเกณฑ์เดิมของโรงงานกรณีศึกษา จากเดิมมี 5 ระดับ ปรับปรุงเป็น 6 ระดับตามการทำงานจริง (ระดับ 1 เป็นระดับที่มีการเพิ่มขึ้นมา เพราะปัจจุบันพบว่ามีงานที่เร่งด่วนกว่างานยานยนต์)

- **ระดับ 1 :** งานที่ทางฝ่ายขายหรือทางฝ่ายวางแผนระบุว่าเป็นงานด่วน
- **ระดับ 2 :** งานยานยนต์ กำหนดส่งสินค้า ภายใน 15-21 วัน นับจากวันพิมพ์ P/O ซึ่งจะใช้ใบสั่งผลิตสีเขียว และต้องผลิตทันตามกำหนดส่งมอบ 100%
- **ระดับ 3 :** งาน Back Log ที่เลยกำหนดส่งมาแล้ว วางแผนใหม่ทุกสัปดาห์ จะใช้ใบสั่งผลิตสีเหลือง
- **ระดับ 4 :** งาน Mill อุตสาหกรรม และเร่งด่วนกรณีพิเศษ (EM) กำหนดส่งสินค้า ภายใน 7 วัน นับจากวันพิมพ์ P/O จะใช้ใบสั่งผลิตสีม่วง
- **ระดับ 5 :** งานเร่งด่วนทุกประเภท (E) กำหนดส่งสินค้าภายใน 15 วัน นับจากวันเร่งด่วนจากฝ่ายขาย จะใช้ใบสั่งผลิตสีชมพู
- **ระดับ 6 :** งานกำหนดส่งตามปกติ กำหนดส่งสินค้าภายใน 30 วัน นับจากวันพิมพ์ P/O จะใช้ใบสั่งผลิตสีเหลือง

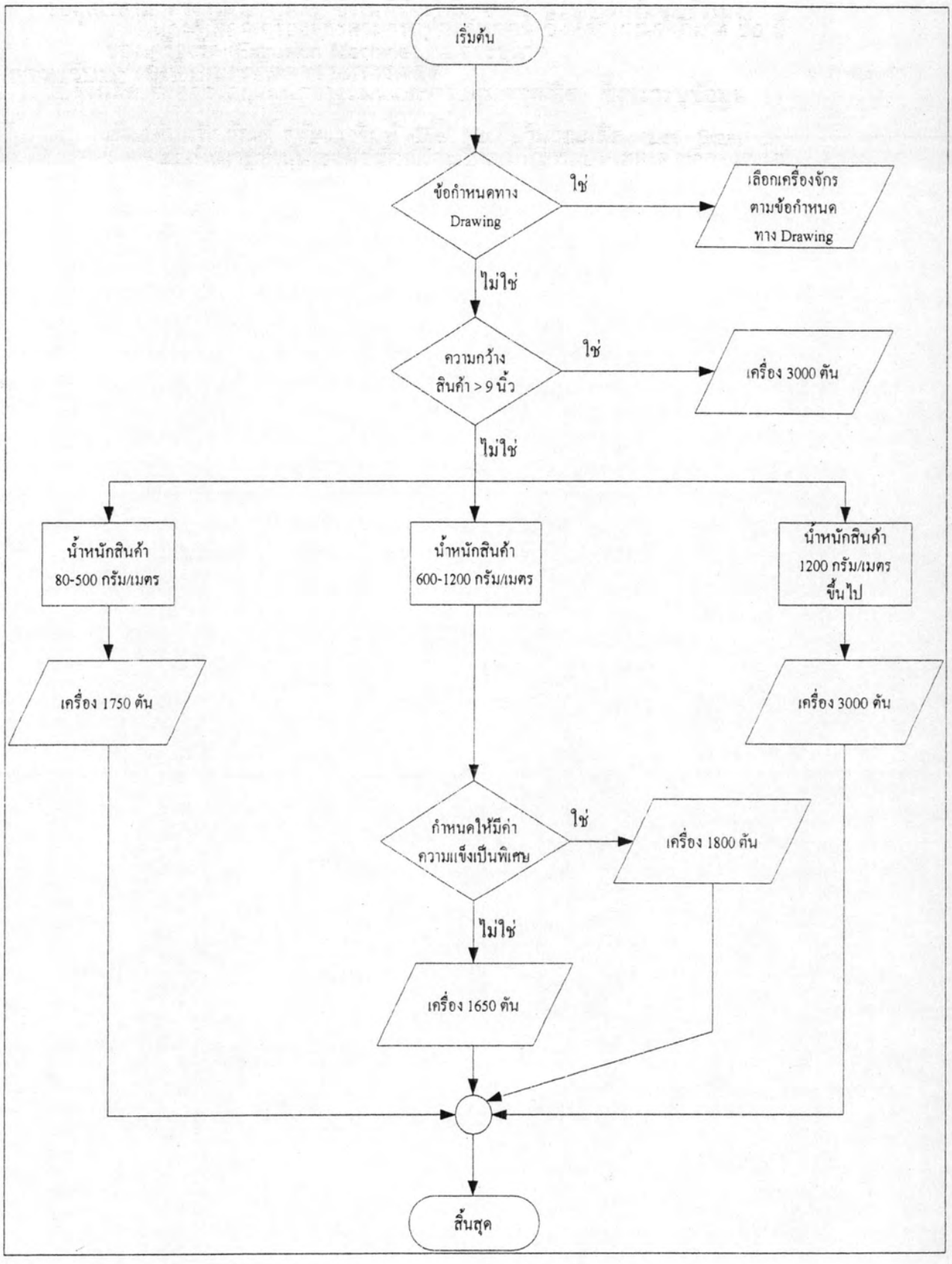
2) **การเลือกเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต**

ทางโรงงานกรณีศึกษาในส่วนของแผนกรีด จะมีเครื่องรีด (Extrusion Machine) 4 ขนาด ขนาดละ 1 เครื่อง ประกอบไปด้วย 1650 1750 1800 และ 3000 ตัน โดยจะมีหลักในการเลือกเครื่องจักรดังนี้ และสามารถแสดงขั้นตอนในการเลือกเครื่องจักรได้ดังรูปที่ 5.1 ซึ่งทางผู้วิจัยได้จัดทำ Flow Chart ในการเลือกเครื่องจักรขึ้นโดยสรุปจากหลักเกณฑ์เดิมทั้ง 4 ข้อและจากความรู้และประสบการณ์ของผู้ชำนาญ ซึ่งทำให้การตัดสินใจ

ในการเลือกเครื่องจักรสามารถทำได้ทุกคน ซึ่งหลักเกณฑ์เดิม 4 ข้อ มีดังนี้

- ถ้าเป็นงานที่เน้นโชว์ผิว ถึงแม้จะเป็นแม่พิมพ์แบบโฮลโล หรือแบบโซลิดให้ทำการรีดเครื่องรีดขนาด 1650 ตัน
- ถ้าเป็นงานผลิตภัณฑ์ตัวบาง ที่มีจำนวนรูของแม่พิมพ์รูเดียวหรือหลายรู ถึงแม้จะเป็นแม่พิมพ์แบบโฮลโล หรือแบบโซลิดให้ทำการรีดเครื่องรีดขนาด 1750 ตัน
- ถ้าเป็นงานที่ไม่เน้นโชว์ผิวมากนัก ถึงแม้จะเป็นแม่พิมพ์แบบโฮลโล หรือแบบโซลิดให้ทำการรีดเครื่องรีดขนาด 1800 ตัน
- ถ้าเป็นงานที่มีหน้าตัดมากกว่า 9" ทั้งที่เป็นแม่พิมพ์แบบโฮลโล หรือแบบโซลิดให้ทำการรีดเครื่องรีดขนาด 3000 ตัน

หมายเหตุ การนำแม่พิมพ์ขึ้นรีดตามการเลือกเครื่องรีด สามารถปรับได้ตามความเหมาะสม



รูปที่ 5.1 Flow Chart การเลือกเครื่องจักร

3) รายละเอียดของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

เป็นข้อมูลรายละเอียดเครื่องจักร ดังตาราง 5.1

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดของเครื่องจักร ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม 2549

รหัสเครื่องจักร	ขนาดเครื่องจักร	เวลาตั้งเครื่อง	% Utilization
A-EM-01	1650 ตัน	0.349 ชั่วโมง	84.60
B-EM-01	1750 ตัน	0.361 ชั่วโมง	88.60
C-EM-01	1800 ตัน	0.346 ชั่วโมง	86.00
D-EM-01	3000 ตัน	0.317 ชั่วโมง	87.42

4) ข้อมูลกำลังการผลิตของเครื่องจักร (Capacity)

อ้างอิงจากข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นสถิติระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2549 ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 กำลังการผลิตของเครื่องจักร ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม 2549

ขนาดเครื่องจักร (ตัน)	กำลังการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1650	403.06
1750	359.37
1800	414.87
3000	594.58

5) ใบสั่งผลิต ซึ่งออกโดยแผนกวางแผนและควบคุมการผลิต

ข้อมูลผลิตภัณฑ์ จะประกอบไปด้วย

- รหัสผลิตภัณฑ์
- ชื่อผลิตภัณฑ์
- ชนิดของผลิตภัณฑ์
- จำนวนผลิตภัณฑ์ (เส้น)
- น้ำหนักผลิตภัณฑ์โดยรวมเป็นกิโลกรัม และน้ำหนักผลิตเป็นกิโลกรัมต่อเมตร
- ความหนาของผลิตภัณฑ์ (ไมครอน)

- ความยาวของผลิตภัณฑ์ (เมตร)
- วันสั่งผลิต (สั่งรีด)

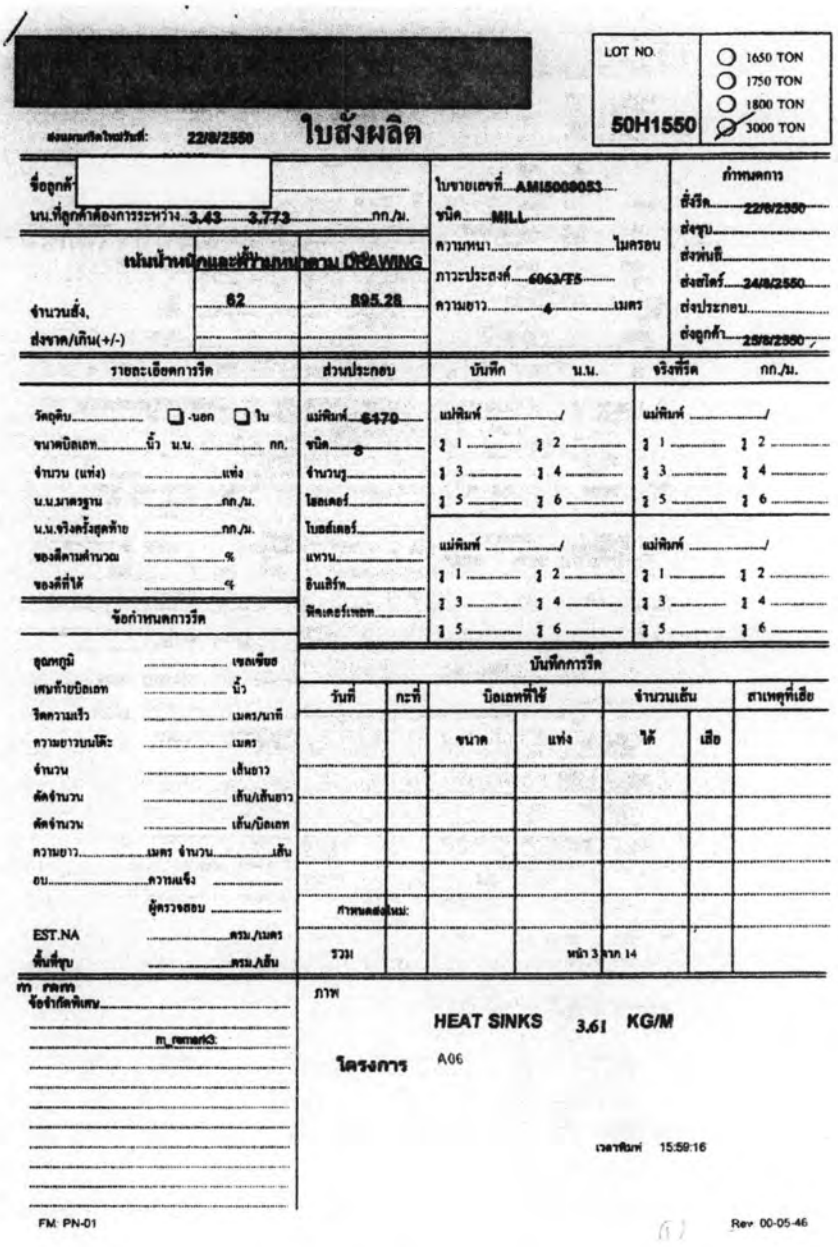
รหัสและชนิดของแม่พิมพ์ ซึ่งแม่พิมพ์จะมี 2 ชนิด คือ

- แบบโฮลโล (Hollow)
- แบบโซลิด (Solid)

ซึ่งแม่พิมพ์ในแต่ละชนิดจะประกอบไปด้วยรูบนแม่พิมพ์ตั้งแต่ 1-6 รู

กำหนดส่งมอบผลิตภัณฑ์

แบ่งเป็น 5 กำหนดส่งมอบได้แก่ กำหนดส่งชุบ กำหนดส่งพ่นสี กำหนดส่งสโตร์ กำหนดส่งประกอบ และกำหนดส่งลูกค้า ซึ่งเป็นกำหนดส่งมอบที่ทางโรงงานกรณีศึกษาจัดตั้งขึ้น ตามลักษณะใบสั่งผลิตดังรูปที่ 5.2



ใบสั่งผลิต

LOT NO. 50H1550 — 1650 TON / 1750 TON / 1800 TON / 3000 TON

ชื่อลูกค้า: [redacted]

นน.ที่ลูกค้าต้องการระหว่าง 3.43 3.773 กก./ม.

ใบขายเลขที่ AMI5000053 ชนิด MILL ความหนา ไมครอน ภาวะประสงค์ 6063/T5 ความยาว 6 เมตร

กำหนดการ: สั่งวัด 22/8/2550 ส่งชุบ ส่งพ่นสี ส่งสไตร์ 24/8/2550 ส่งประกอบ ส่งลูกค้า 25/8/2550

	เหมันต์พนิตและห้างหุ้นส่วนจำกัด [redacted]	DRAWING
จำนวนสั่ง,	62	895.28
ส่งขาด/เกิน(+/-)		

รายละเอียดการรีด

วัดจุดรับ ☐ -นอก ☐ ใน

ขนาดบิลเลท นิ้ว น.น. กก.

จำนวน (แท่ง) แท่ง

น.น.มาตรฐาน กก./ม.

น.น.จริงครั้งสุดท้าย กก./ม.

ของดีตามจำนวน %

ของดีที่ได้ %

ข้อกำหนดการรีด

อุณหภูมิ เซลเซียส

เศษท้ายบิลเลท นิ้ว

รีดความเร็ว เมตร/นาที

ความยาวบนโต๊ะ เมตร

จำนวน เส้นยาว

ตัดจำนวน เส้น/เส้นยาว

ตัดจำนวน เส้น/บิลเลท

ความยาว เมตร จำนวน เส้น

อบ ความแข็ง

ผู้ตรวจสอบ

EST.NA ตรม./เมตร

พื้นที่ชุบ ตรม./เส้น

ส่วนประกอบ

แม่พิมพ์ 6470

ชนิด 8

จำนวนรู

โฮลเดอร์

โบธ์เดอร์

แหวน

อินเสิร์ท

พิลเลอร์เพลท

บันทึก น.น.	จริงที่รีด กก./ม.
แม่พิมพ์ /	แม่พิมพ์ /
1 2	1 2
3 4	3 4
5 6	5 6
แม่พิมพ์ /	แม่พิมพ์ /
1 2	1 2
3 4	3 4
5 6	5 6

บันทึกการรีด

วันที่	กะที่	บิลเลทที่ใช้ ขนาด	บิลเลทที่ใช้ แท่ง	จำนวนเส้น ได้	จำนวนเส้น เสีย	สาเหตุที่เสีย
กำหนดส่งใหม่:						
รวม			หน้า 3 จาก 14			

หมายเหตุ

ข้อจำกัดพิเศษ

m_remark3:

ภาพ

HEAT SINKS 3.61 KG/M

โครงการ A06

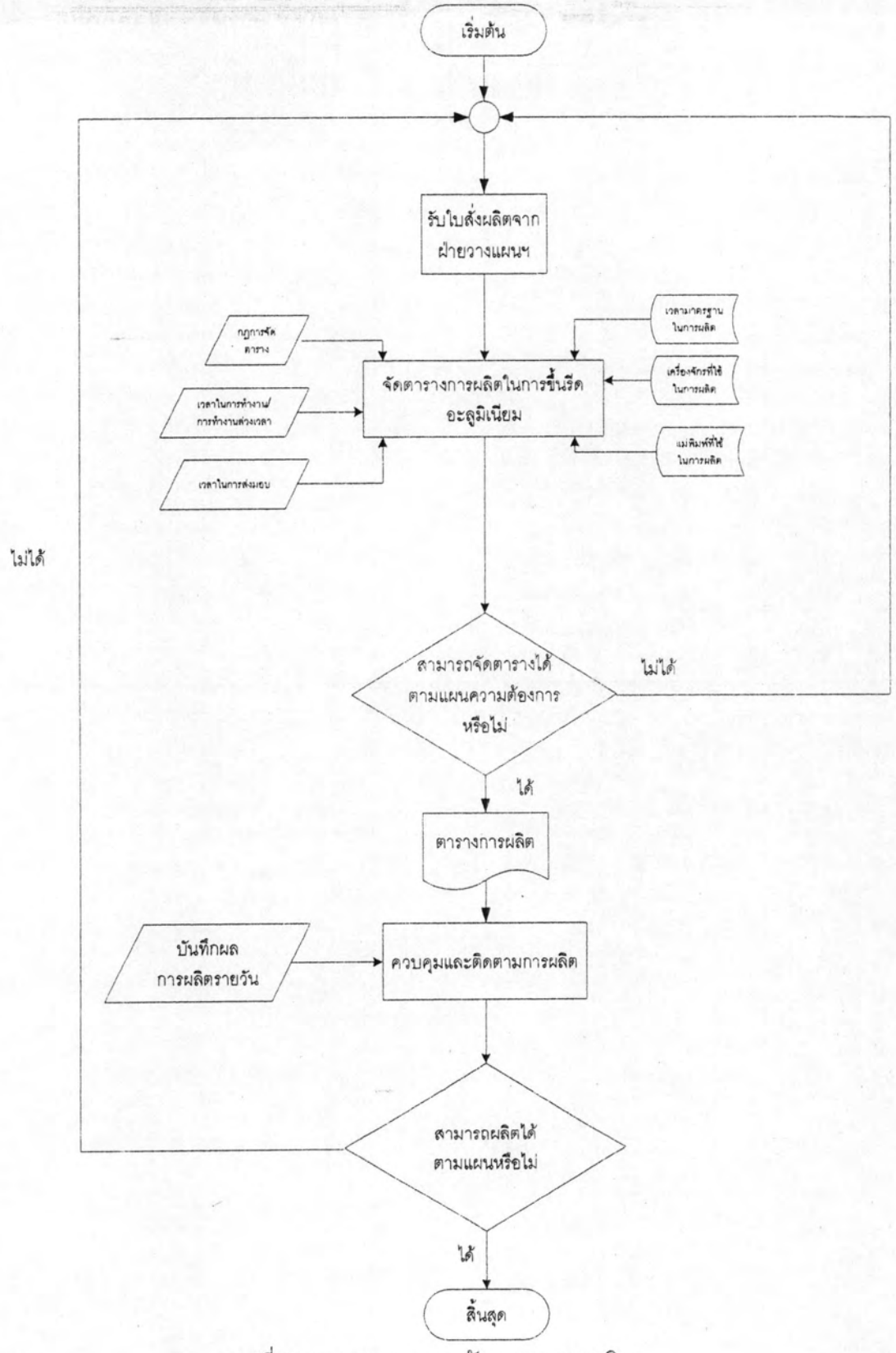
เวลาพิมพ์ 15:59:16

FM: PN-01 Rev. 00-05-46

รูปที่ 5.2 ใบสั่งผลิต

5.2 กระบวนการในการจัดตารางการผลิต

กระบวนการในการจัดตารางการผลิต สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 กระบวนการจัดตารางการผลิต

จากรูปที่ 5.3 แสดงถึงกระบวนการจัดตารางการผลิต โดยจะเริ่มจากการรับใบสั่งผลิตจากแผนกวางแผนการผลิต หลังจากนั้นจะทำการจัดตารางการผลิต โดยมีข้อมูลพื้นฐานสำคัญอันได้แก่ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต แม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิต เวลามาตรฐานในการผลิต กฎการจัดตารางการผลิต ข้อมูลเวลาในการปฏิบัติงาน การทำงานล่วงเวลา และเวลาในการส่งมอบ จากนั้นผู้จัดตารางจะทำการพิจารณาผลการจัดตารางการผลิตว่า สามารถผลิตได้ตามแผนความต้องการหรือไม่ โดยดูจากกำลังการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องเทียบกับงานที่จัดสรรลงไปทั้งหมดในแต่ละเครื่อง หากงานที่จัดสรรลงไปเกินกว่าที่กำลังการผลิตของเครื่องจักรจะผลิตได้ ต้องทำการปรับแผนความต้องการ โดยนำงานที่เกินกำลังการผลิตของเครื่องจักรกลับไปยังแผนกวางแผนการผลิตเพื่อทำการปรับแผนต่อไป แต่ถ้าหากได้ตามแผนความต้องการ ก็จะนำตารางการผลิตที่จัดได้นั้นไปใช้ในการควบคุมและติดตามการผลิตต่อไป แล้วจึงสรุปผลว่าในการผลิตจริงนั้นสามารถผลิตได้ตามแผนความต้องการหรือไม่ ถ้าไม่ได้ตามแผน ต้องทำการชี้แจงสาเหตุที่ผลิตไม่ได้ตามแผนความต้องการกลับไปยังแผนกวางแผนการผลิตต่อไป หากได้ตามแผนความต้องการ ก็สิ้นสุดกระบวนการในการจัดตาราง และรายงานผลการผลิตประจำวันตามกระบวนการในการทำงานต่อไป

กระบวนการในการจัดตารางการผลิต อาจแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

5.2.1 ฮิวริสติกส์ในการจัดตารางการผลิต

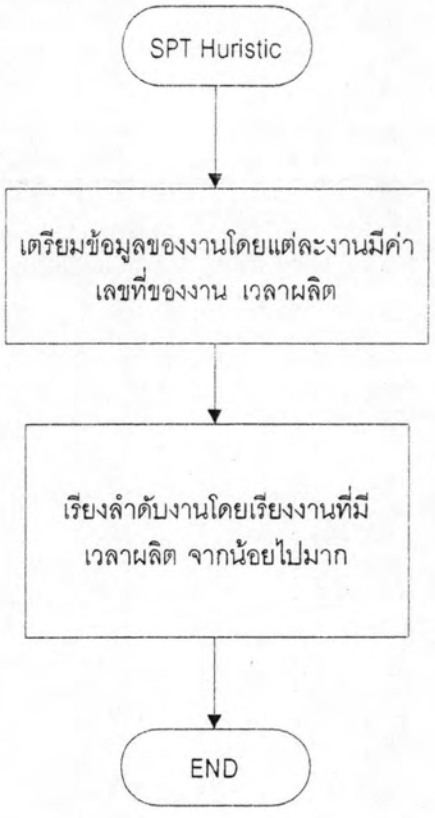
ลักษณะการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาเป็นการจัดงาน n งาน ให้กับเครื่องจักร 1 เครื่อง (Single Machine) ดังนั้นเมื่อพิจารณาสำหรับแต่ละเครื่องจักรจะพบว่าสิ่งที่ต้องทำการจัดลำดับ (Sequencing) คืองานที่เข้ามาในแต่ละวัน โดยนำฮิวริสติกส์ (Heuristics) มาช่วยในการจัดตารางเนื่องจากเป็นกฎเกณฑ์ที่ให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจของปัญหาและใช้เวลาในการคำนวณไม่มากนักซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) SPT (Shortest Processing Time)

เลือกการทำงานที่มีเวลาปฏิบัติงานสั้นที่สุด โดยงานใดที่มีเวลาในการปฏิบัติงานน้อยสุดจะเลือกมาทำก่อน จากตาราง 5.3 ผลการเรียงลำดับจะเป็นดังนี้ 4-5-3-1-2 หรือแสดงขั้นตอนการจัดตารางแบบ SPT ได้ดังรูปที่ 5.4

ตารางที่ 5.3 แสดงข้อมูลตัวอย่างในการจัดตารางการผลิต

Job	Processing Time	Due Date	Weight
J1	20	40	2
J2	27	40	2
J3	16	30	1
J4	6	10	1
J5	15	20	3



รูปที่ 5.4 Flow Chart การจัดตารางแบบ SPT

2) LPT (Longest Processing Time)

เลือกการทำงานที่มีเวลาปฏิบัติงานมากที่สุด โดยงานใดที่มีเวลาในการปฏิบัติงานมากสุดจะเลือกมาทำก่อน จากตาราง 5.3 ผลการเรียงลำดับจะเป็นดังนี้ 2-1-3-5-4 หรือแสดงขั้นตอนการจัดตารางแบบ LPT ได้ดังรูปที่ 5.5

รูปที่ 5.5 Flow Chart การจัดตารางแบบ LPT

3) WSPT (Weighted Shortest Processing Time)

เลือกการทำงานที่มีอัตราส่วนระหว่างเวลาปฏิบัติงาน ต่อค่าน้ำหนักของงานสั้นที่สุด โดยงานใดที่มีอัตราส่วนดังกล่าวน้อยสุดจะเลือกมาทำก่อน จากตาราง 5.3 จะได้ค่าอัตราส่วนดังนี้

$$j_1 = \frac{20}{2} = 10$$

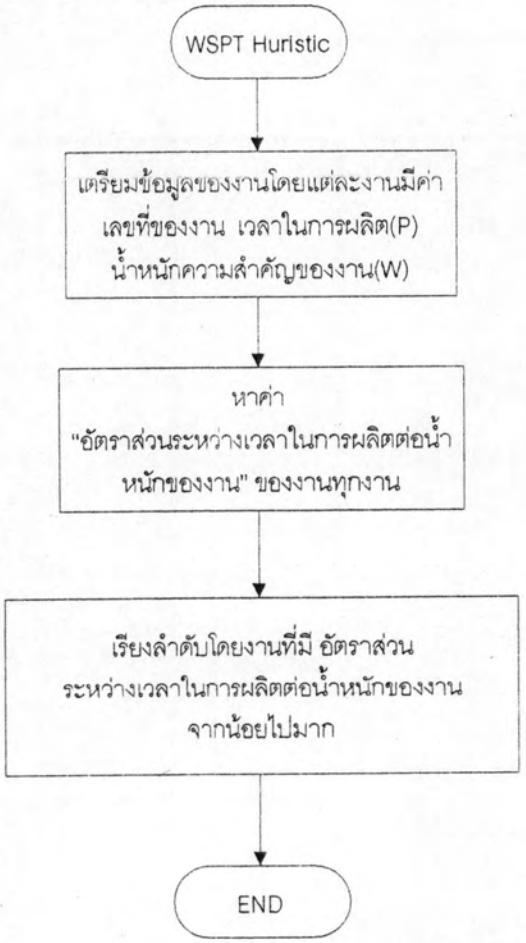
$$j_2 = \frac{27}{2} = 13.5$$

$$j_3 = \frac{16}{1} = 16$$

$$j_4 = \frac{6}{1} = 6$$

$$j_5 = \frac{15}{3} = 5$$

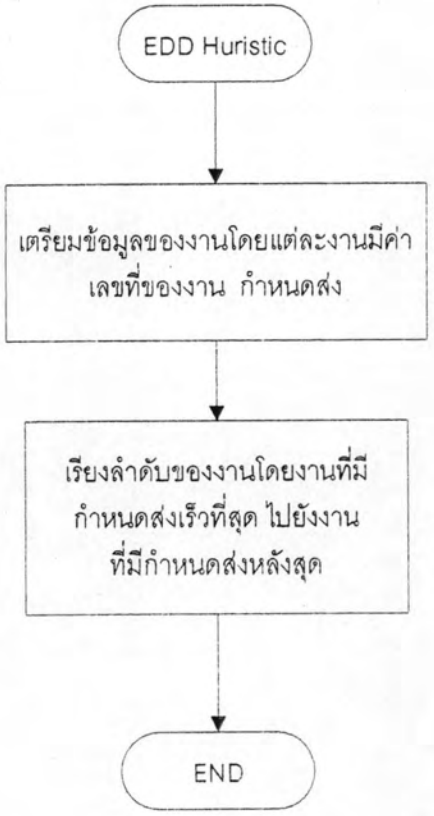
ผลการเรียงลำดับจะเป็นดังนี้ 5-4-1-2-3 หรือแสดงขั้นตอนการจัดตารางแบบ WSPT ได้ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 Flow Chart การจัดตารางแบบ WSPT

4) EDD (Earliest Due Date)

เลือกการทำงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุด โดยงานใดที่มีกำหนดส่งมอบเร็วสุดจะเลือกมาทำก่อน จากตาราง 5.3 ผลการเรียงลำดับจะเป็นดังนี้ 4-5-3-1-2 หรือ 4-5-3-2-1 หรือแสดงขั้นตอนการจัดตารางแบบ EDD ได้ดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 Flow Chart การจัดตารางแบบ EDD

5) BF-Heuristics (Backward – Forward Heuristics)

เป็นกระบวนการจัดตารางซึ่งจะแบ่งเป็น 2 เฟส คือ เฟสย้อนกลับ (Backward Phase) ซึ่งจะใช้เป็นเฟสแรกเพื่อหาคำตอบเริ่มต้น จากนั้นจึงใช้เฟสไปข้างหน้า (Forward Phase) ซึ่งเป็นเฟสที่ 2 เพื่อทำการปรับปรุงคำตอบที่ได้รับจากเฟสแรกให้ดีขึ้น

- เฟสย้อนกลับ (Backward Phase)

ในเฟสย้อนกลับนี้จะเป็นการสร้างลำดับงานเริ่มต้นขึ้นมา การจัดสรรจะเริ่มต้นจากตำแหน่งสุดท้ายของลำดับงาน แล้วย้อนกลับมาสู่ตำแหน่ง

แรก โดยกระบวนการจะจบลงเมื่องานที่อยู่ในตำแหน่งแรกของลำดับงานได้รับการจัดสรร กระบวนการของเฟสย้อนกลับประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

1. ให้ N แทนลำดับที่ในลำดับงาน โดยที่ N = 1 หมายถึงตำแหน่งแรก และ N = n หมายถึงตำแหน่งสุดท้าย ดังนั้นค่าเริ่มต้นของตำแหน่งของงานที่จะพิจารณาคือ N = n (ตำแหน่งสุดท้าย)

2. คำนวณค่า T ซึ่งเท่ากับผลรวมของเวลาดำเนินการสำหรับงานทั้งหมดที่ยังไม่ได้จัดตาราง
3. คำนวณค่าปรับสำหรับแต่ละงาน i ที่ยังไม่ได้จัดตาราง ซึ่งมีค่าเท่ากับ $(T - D_i) * T_i$ เมื่อ $D_i \leq T$ แต่ถ้า $D_i > T$ ค่าปรับจะเท่ากับ 0 หรือเขียนเป็นสมการได้คือ $\max\{0,(T - D_i) * T_i\}$
4. งานถัดไปที่จะได้รับการจัดสรรในตำแหน่งที่กำหนดให้คืองานที่มีค่าปรับต่ำสุด ในกรณีที่หลายงานมีค่าปรับต่ำสุดเท่ากัน ให้เลือกงานที่มีเวลาดำเนินการสูงสุด (สามารถพิจารณาได้เหมือนกับการจัดตารางแบบ LPT ถ้าเป็นการจัดตารางแบบย้อนกลับ แต่จะหมายถึงการจัดตารางแบบ SPT ถ้าเป็นการจัดตารางแบบไปข้างหน้า)
5. ขยับตำแหน่งของงานไปทางด้านซ้ายมือ 1 ตำแหน่ง (จัดตารางแบบย้อนกลับ) แล้วทำซ้ำในขั้นตอนที่ 1 – 5 อีกครั้งจนกระทั่งทุกงานได้รับการจัดตารางจึงเป็นการสิ้นสุดกระบวนการ

- เฟสไปข้างหน้า (Forward Phase)

กระบวนการจัดตารางของเฟสไปข้างหน้าจะเริ่มต้นจากงานที่อยู่ในตำแหน่งแรกของตารางที่ได้รับจากเฟสย้อนกลับ แล้วการดำเนินการจะมุ่งไปสู่ตำแหน่งที่ N = n กำหนดให้ k หมายถึง ค่าความล้าหลัง (Lag) เชิงตำแหน่งระหว่าง 2 งานที่อยู่ในลำดับงานที่จะแลกเปลี่ยนตำแหน่งซึ่งกันและกัน เช่น งานอยู่ในตำแหน่งที่ 1 และ 3 จะมีค่าความล้าหลัง k เท่ากับ 2 เป็นต้น กระบวนการของเฟสไปข้างหน้าประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

1. กำหนดให้ k = n - 1
2. กำหนดให้ j = k + 1
3. หาค่าความประหยัด (หรือค่าใช้จ่าย) ที่เกิดขึ้นจากการแลกเปลี่ยนตำแหน่งของ 2 งานที่อยู่ในลำดับงานที่ดีที่สุดในปัจจุบัน ซึ่งมีค่าความล้าหลังเท่ากับ k โดยงานที่อยู่ในตำแหน่ง j จะแลกเปลี่ยนตำแหน่งกับงานที่อยู่ในตำแหน่ง j – k (ถ้า j – k มีค่าเป็นศูนย์หรือลบ ให้ไปทำต่อในขั้นที่ 6) ให้คำนวณค่าปรับหลังจากการเปลี่ยนตำแหน่ง แล้วเปรียบเทียบค่าปรับที่เกิดขึ้นใหม่กับลำดับงานที่ดีที่สุดในปัจจุบัน
4. ถ้าค่าความประหยัดที่ได้จากขั้นที่ 3 เป็นศูนย์หรือบวก ให้ไปทำต่อในขั้นที่ 5 แต่ถ้าค่าความประหยัดมีค่าเป็นลบ (ค่าใช้จ่าย) ก็ให้ยกเลิกการแลกเปลี่ยนดังกล่าวนี้ แล้วเพิ่มค่า j ขึ้น 1 (j = j + 1) ถ้า j เท่ากับหรือน้อยกว่า n ให้ไปทำต่อในขั้นที่ 3 มิฉะนั้นให้ไปทำต่อในขั้นที่ 6
5. ถ้าค่าปรับโดยรวมมีค่าลดลง การแลกเปลี่ยนตำแหน่งเช่นนี้เป็นสิ่งที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงทำการแลกเปลี่ยนตำแหน่งแล้วปรับปรุงลำดับงานที่ดีที่สุดในปัจจุบันเสียใหม่ จากนั้นไปทำต่อในขั้นที่ 1 ถึงแม้ว่าค่าความประหยัดจะเท่ากับ 0 ก็ให้แลกเปลี่ยนตำแหน่ง แล้วไปทำต่อในขั้นที่ 1 เช่นกัน ยกเว้นกรณีที่เซตของงานที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนนี้ได้ถูกตรวจสอบ และเกิดการแลกเปลี่ยนแล้วในตอนต้นของเฟสไปข้างหน้า ในกรณีเช่นนี้จะไม่มีการแลกเปลี่ยนตำแหน่งเกิดขึ้นอีก ให้เพิ่ม j ขึ้นไปอีก 1 ถ้า j น้อยกว่า n ให้ไปทำต่อในขั้นที่ 3 ถ้า j = n ให้ไปทำต่อในขั้นตอนที่ 6
6. ลดค่า k ลง 1 ถ้า k > 0 ให้ไปทำต่อในขั้นที่ 2 ถ้า k = 0 ให้ไปทำต่อในขั้นที่ 7
7. ลำดับงานที่ได้เป็นลำดับงานที่ดีที่สุดที่สร้างขึ้นจากฮิวริสติกส์ BF แล้ว

หมายเหตุ

ในงานวิจัยฉบับนี้ไม่ได้ใช้วัตถุประสงค์ในด้านค่าใช้จ่าย เพราะฉะนั้นในการคำนวณการจัดตารางด้วยฮิวริสติกส์ BF นั้นจะใช้วัตถุประสงค์ทั้ง 4 คือ ค่าเฉลี่ยเวลางานในระบบแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Mean Flow Time) เวลาสายของงานโดย

เฉลี่ย (Mean Lateness) เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness) และจำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy job) ซึ่งในเฟสย้อนกลับ (Backward Phase) จะใช้ลำดับที่ดีที่สุดที่ให้ค่าวัตถุประสงค์นั้นๆดีที่สุด จากการคำนวณด้วยฮิวริสติกส์ทั้ง 4 ก่อน (SPT WSPT LPT และ EDD) มาเป็นลำดับในการตั้งต้นของเฟสไปข้างหน้า (Forward Phase) เพื่อทำการปรับปรุงคำตอบด้วยเฟสไปข้างหน้า (Forward Phase) ต่อไป เช่น สำหรับวัตถุประสงค์ด้านค่าเฉลี่ยเวลางานในระบบแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Mean Flow Time) น้อยที่สุดนั้น เมื่อทำการจัดตารางด้วยฮิวริสติกส์ทั้ง 4 (SPT WSPT LPT และ EDD) แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยเวลางานในระบบแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Mean Flow Time) ซึ่งจะได้ทั้งหมด 4 ค่า ฮิวริสติกส์ใดให้ค่าเฉลี่ยเวลางานในระบบแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Mean Flow Time) น้อยสุด จะใช้ลำดับจากการจัดตารางด้วยฮิวริสติกส์นั้น มาเป็นลำดับตั้งต้นในเฟสไปข้างหน้าเพื่อทำการปรับปรุงคำตอบต่อไป

จากตารางที่ 5.3 ผลการจัดตารางด้วยฮิวริสติกส์แบบ BF สามารถแสดงการคำนวณได้ดังนี้

Backward Phase

เนื่องจากในขณะนี้ยังไม่มีงานใดเลยที่ได้รับการจัดตาราง ดังนั้นเวลาดำเนินการทั้งหมดของงานที่ยังไม่ได้จัดตารางจึงเท่ากับผลรวมของเวลาดำเนินการของงานทั้งหมด T = 20 + 27 + 16 + 6 + 15 = 84 ค่าปรับของแต่ละงานถ้าทำเสร็จเมื่อ T = 84 จะเท่ากับ

งาน 1 : (84 - 40)*2 = 88
งาน 2 : (84 - 40)*2 = 88
งาน 3 : (84 - 30)*1 = 54
งาน 4 : (84 - 10)*1 = 74
งาน 5 : (84 - 20)*3 = 192

พบว่างาน 3 มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด ดังนั้นจึงจัดสรรให้งาน 3 อยู่ในตำแหน่งสุดท้ายของตาราง (ตำแหน่งที่ 5)

เนื่องจากงานที่ 3 ได้รับการจัดตารางเรียบร้อยแล้ว ค่าใหม่ของ T = 84 – เวลาดำเนินการของงาน 3 = 84 – 16 = 68 ค่าปรับใหม่ของงานที่เหลือถ้าทำเสร็จเมื่อ T = 68 จะเท่ากับ

งาน 1 : (68 - 40)*2 = 56

งาน 2 : (68 - 40)*2 = 56

งาน 4 : (68 - 10)*1 = 58

งาน 5 : (68 - 20)*3 = 144

พบว่างาน 1 และ 2 มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด จึงพิจารณาจากเวลาดำเนินการที่มากที่สุดของทั้ง 2 งานนั้น พบว่างาน 2 มีเวลาดำเนินการมากกว่า ดังนั้นจึงจัดสรรให้งาน 2 อยู่ในตำแหน่งที่ 4

เนื่องจากงานที่ 2 ได้รับการจัดตารางเรียบร้อยแล้ว ค่าใหม่ของ T = 68 – เวลาดำเนินการของงาน 2 = 68 – 27 = 41 ค่าปรับใหม่ของงานที่เหลือถ้าทำเสร็จเมื่อ T = 41 จะเท่ากับ

งาน 1 : (41 - 40)*2 = 2

งาน 4 : (41 - 10)*1 = 31

งาน 5 : (41 - 20)*3 = 63

พบว่างาน 1 มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด ดังนั้นจึงจัดสรรให้งาน 1 อยู่ในตำแหน่งที่ 3

เนื่องจากงานที่ 1 ได้รับการจัดตารางเรียบร้อยแล้ว ค่าใหม่ของ T = 41 – เวลาดำเนินการของงาน 1 = 41 – 20 = 21 ค่าปรับใหม่ของงานที่เหลือถ้าทำเสร็จเมื่อ T = 21 จะเท่ากับ

งาน 4 : (21 - 10)*1 = 11

งาน 5 : (21 - 20)*3 = 3

พบว่างาน 5 มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด ดังนั้นจึงจัดสรรให้งาน 5 อยู่ในตำแหน่งที่ 2 และงานที่ 4 จะถูกวางอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ซึ่งทำให้ได้ลำดับงานที่ได้จากเฟสย้อนกลับคือ 4-5-1-2-3 โดยมีค่าปรับเท่ากับ (1*3) + (1*2) + (28*2) + (54*1) = 115

Forward Phase

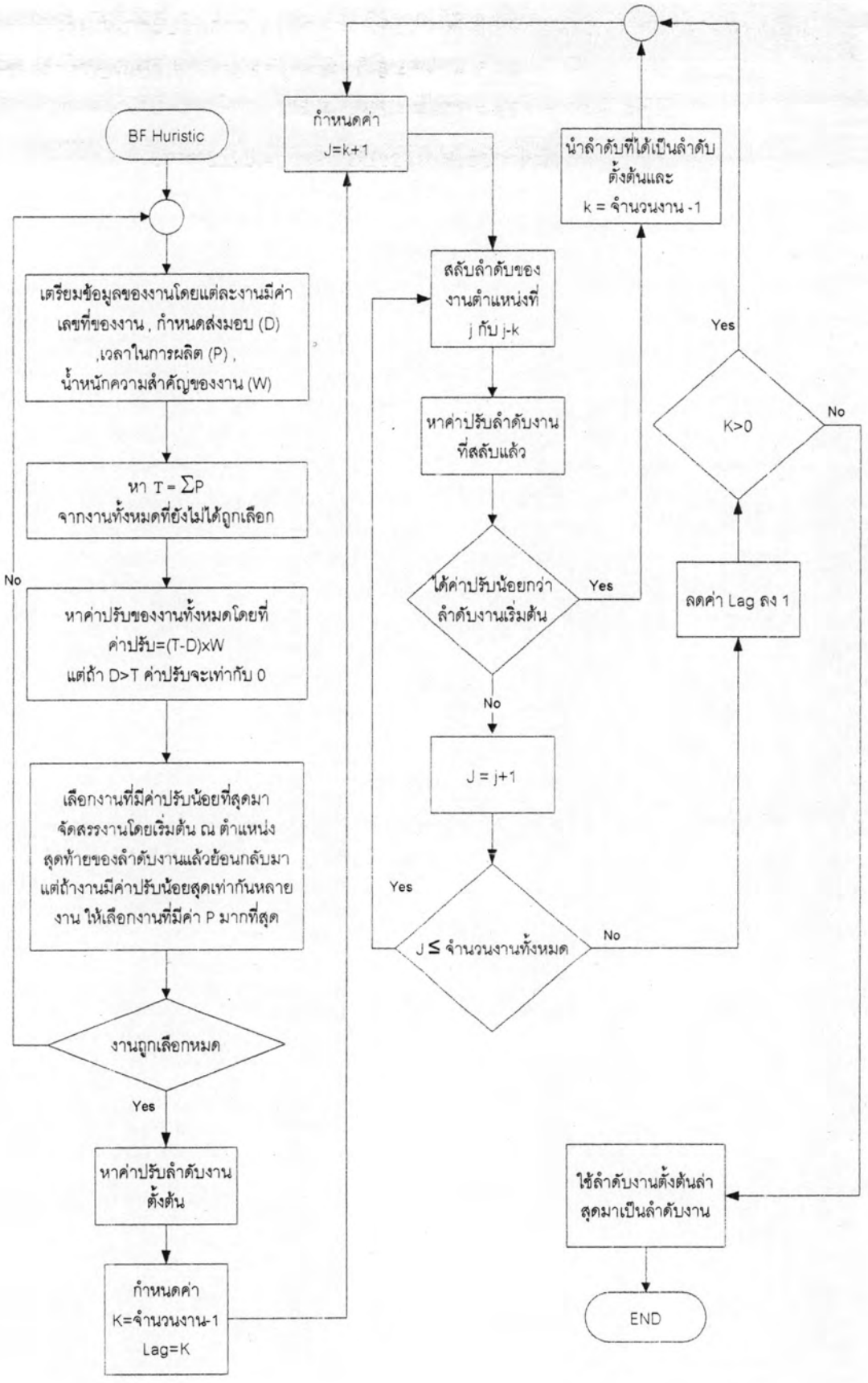
กำหนดให้ k = n – 1 = 5 – 1 = 4 ทำการแลกเปลี่ยนตำแหน่งของงานในตำแหน่งที่มีความล้าหลังเท่ากับ 4 (งาน 4 และ 3) ซึ่งจะทำให้เกิดลำดับงานใหม่คือ 3-5-1-2-4 ที่มีค่าปรับเท่ากับ 172 แต่เนื่องจากค่าปรับนี้มีค่าสูงกว่าค่าปรับของลำดับงานเดิม (115) จึงไม่มีการแลกเปลี่ยนตำแหน่งของงานทั้งคู่เกิดขึ้น ลำดับงานที่ดีที่สุดในปัจจุบันยังคงเป็น 4-5-1-2-3 เหมือนเดิม

เริ่มต้นกระบวนการใหม่อีกครั้ง โดยลด k ลง 1 หน่วย จะสามารถแสดงเป็นตารางคำตอบที่เข้าใจได้ง่ายๆดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 คำตอบของเฟสไปข้างหน้า

การทำซ้ำครั้งที่	ลำดับงาน	Lag	ลำดับงาน	ค่าปรับ
1	4-5-1-2-3	4	3-5-1-2-4	172
		3	2-5-1-4-3	222
		3	4-3-1-2-5	254
		2	1-5-4-2-3	186
		2	4-2-1-5-3	224
		2	4-5-3-2-1	146
		1	5-4-1-2-3	123
		1	4-1-5-2-3	173
		1	4-5-2-1-3	129
		1	4-5-1-3-2	120

จะพบว่าลำดับงานที่ดีที่สุดคือ 4-5-1-2-3 มีค่าปรับคือ 115 หรือแสดงขั้นตอนการจัดตารางแบบ BF ได้ดังรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 Flow Chart การจัดตารางแบบ BF

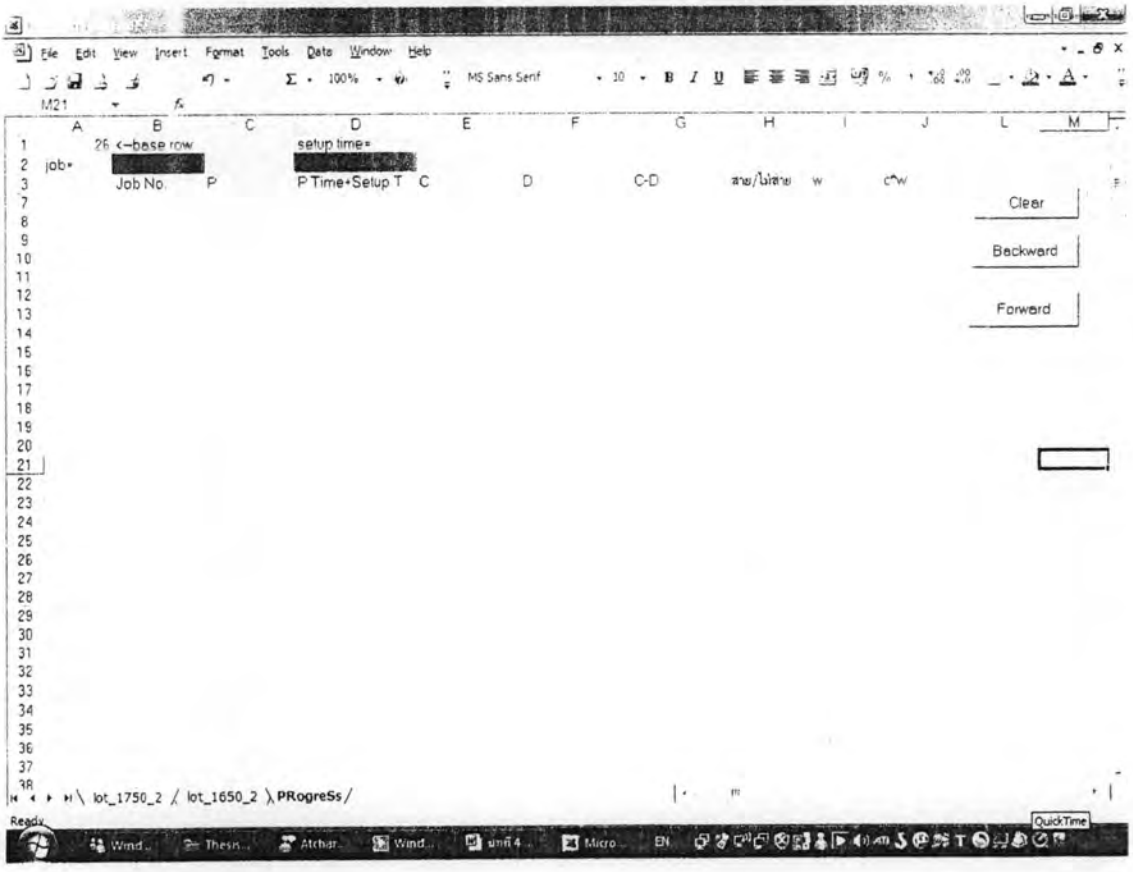
5.3 ผลการจัดตาราง

การแสดงผลการจัดตาราง โดยจะมีการแสดงผลในรูปตารางการผลิตของการทำงานในแต่ละเครื่องของแต่ละวัน และจะแสดงค่าตัววัดประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตทั้ง 4 ค่า

5.4 การใช้ซอฟท์แวร์ช่วยในการคำนวณการจัดตารางการผลิต

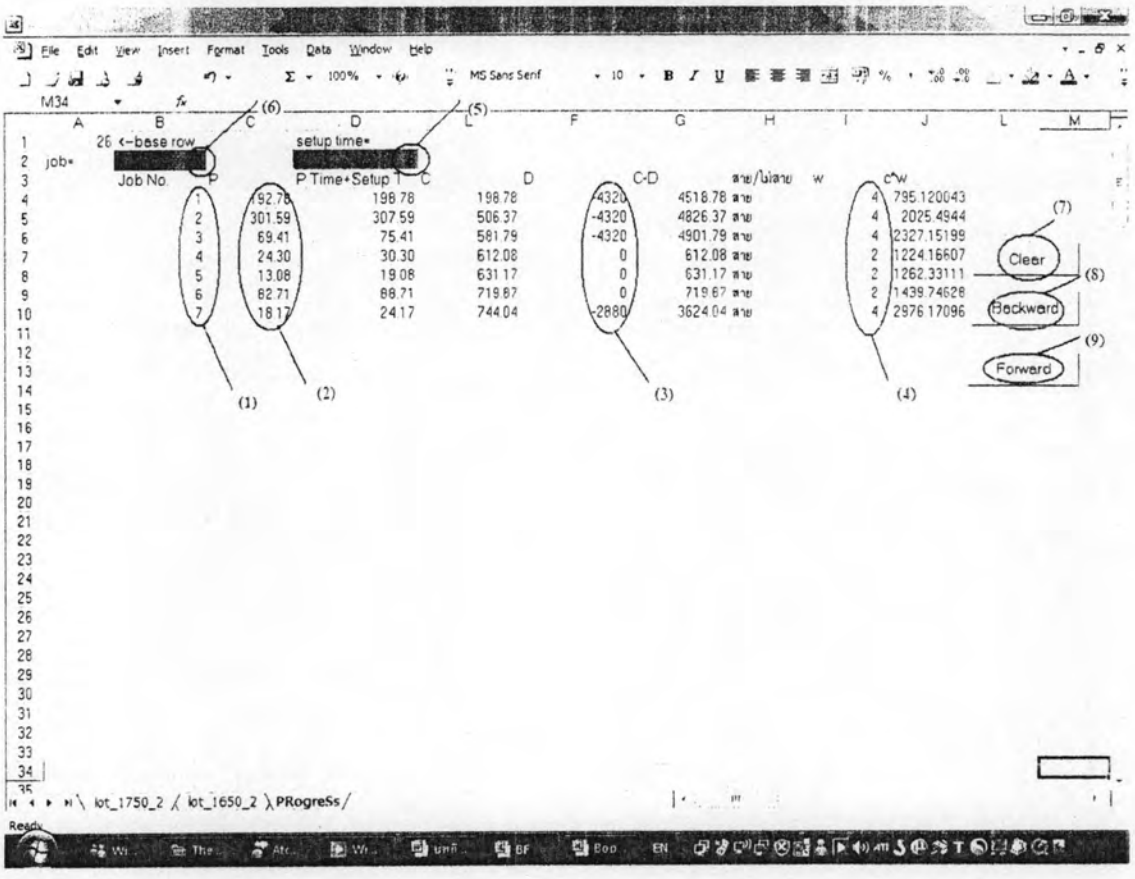
ในการจัดตารางการผลิตแบบ BF นั้น ทางนักวิจัยและวิศวกรแผนกสารสนเทศ (IT) ของทางโรงงานกรณีศึกษาได้ร่วมกันจัดทำซอฟท์แวร์เพื่อช่วยในการคำนวณขึ้น โดยการประยุกต์ใช้ Microsoft Excel และการเขียน Macro เนื่องจากการคำนวณการจัดตารางการผลิตแบบ BF นั้นเป็นการคำนวณที่มีขั้นตอนหลายขั้นตอน อีกทั้งยังมีเงื่อนไขต่างๆมากมาย เพื่อลดความผิดพลาด และลดเวลาในการคำนวณ จึงได้จัดทำซอฟท์แวร์ดังกล่าวขึ้น โดยการใช้งานดังนี้

จากรูปที่ 5.9 จะแสดงหน้าตาของซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการคำนวณการจัดตารางการผลิตแบบ BF



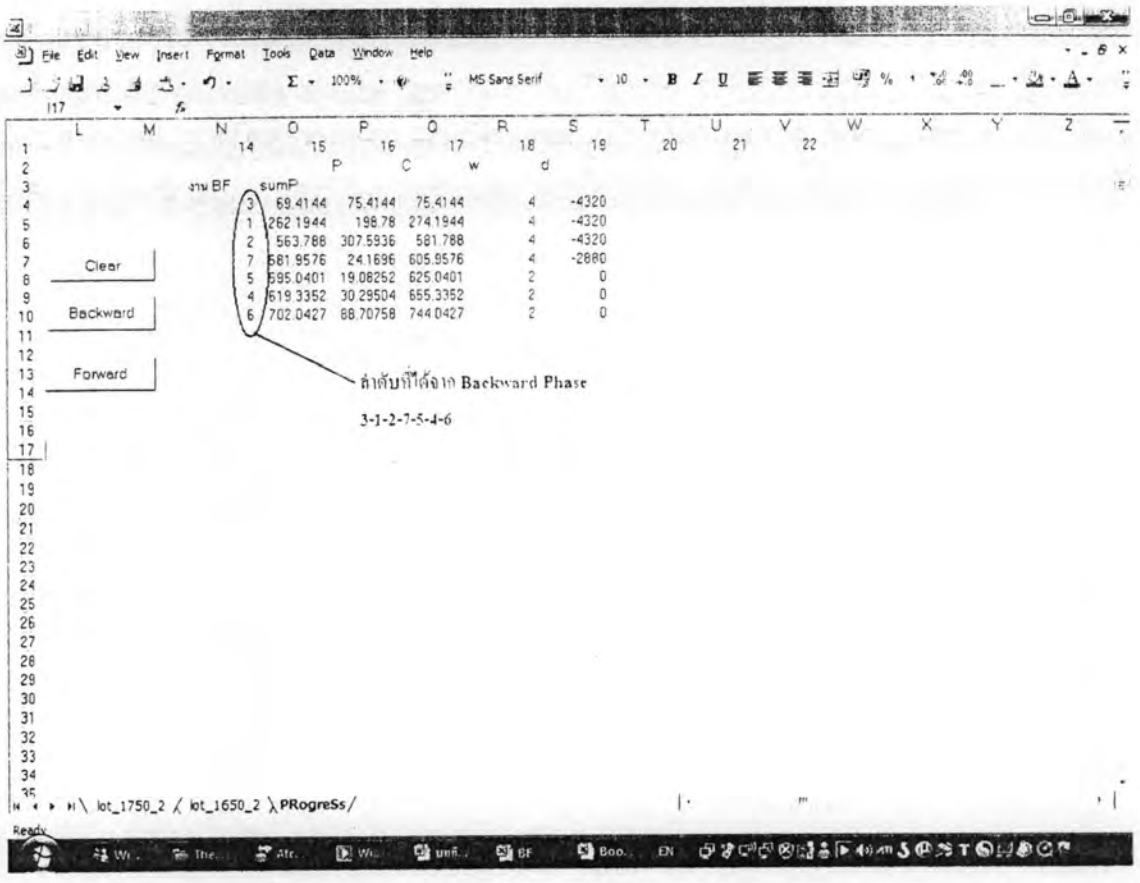
รูปที่ 5.9 ซอฟท์แวร์ช่วยในการคำนวณการจัดตารางแบบ BF

ขั้นตอนแรกในการใช้ซอฟท์แวร์เพื่อช่วยคำนวณนั้น เริ่มจากการกรอกข้อมูลพื้นฐานตามช่องสีต่างๆ คือ ค่าเลขที่งาน (Job No) (1) ค่าเวลาในการผลิตของงานแต่ละงาน (P) (2) เวลาในการส่งมอบคำนวณเป็นนาที (D) (3) ค่าน้ำหนักของงานในแต่ละงาน (W) (4) ค่าเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร (Setup time) (5) และ จำนวนงานที่ต้องจัดตารางการผลิต (Job) (6)



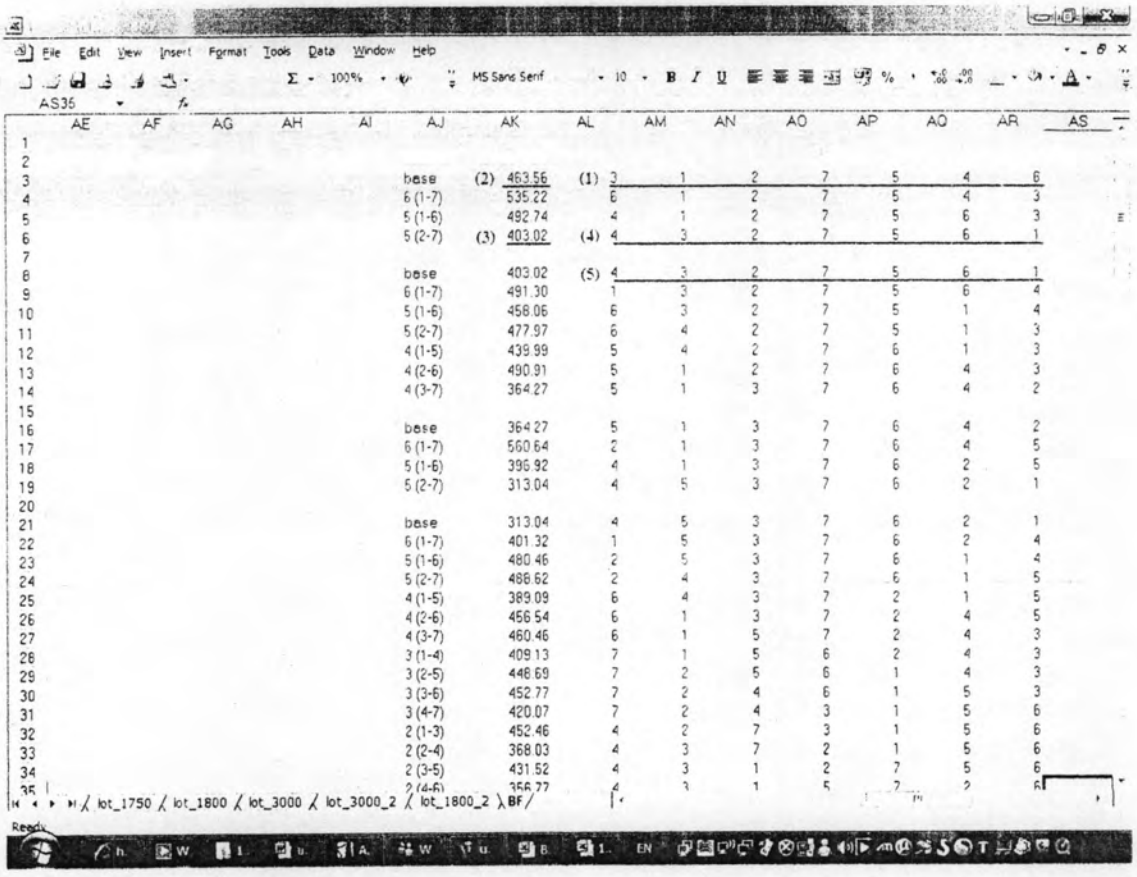
รูปที่ 5.10 การกรอกข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณการจัดตารางแบบ BF

จากนั้นให้ทำการกดปุ่ม Clear (7) เพื่อทำการล้างเงื่อนไขเดิมออกก่อน และทำการกดปุ่ม Backward (8) เพื่อทำการรันเฟสย้อนกลับ (Backward Phase) จะได้ผลการรันเฟสย้อนกลับดังรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 ผลการรันเฟสย้อนกลับของการจัดตารางแบบ BF

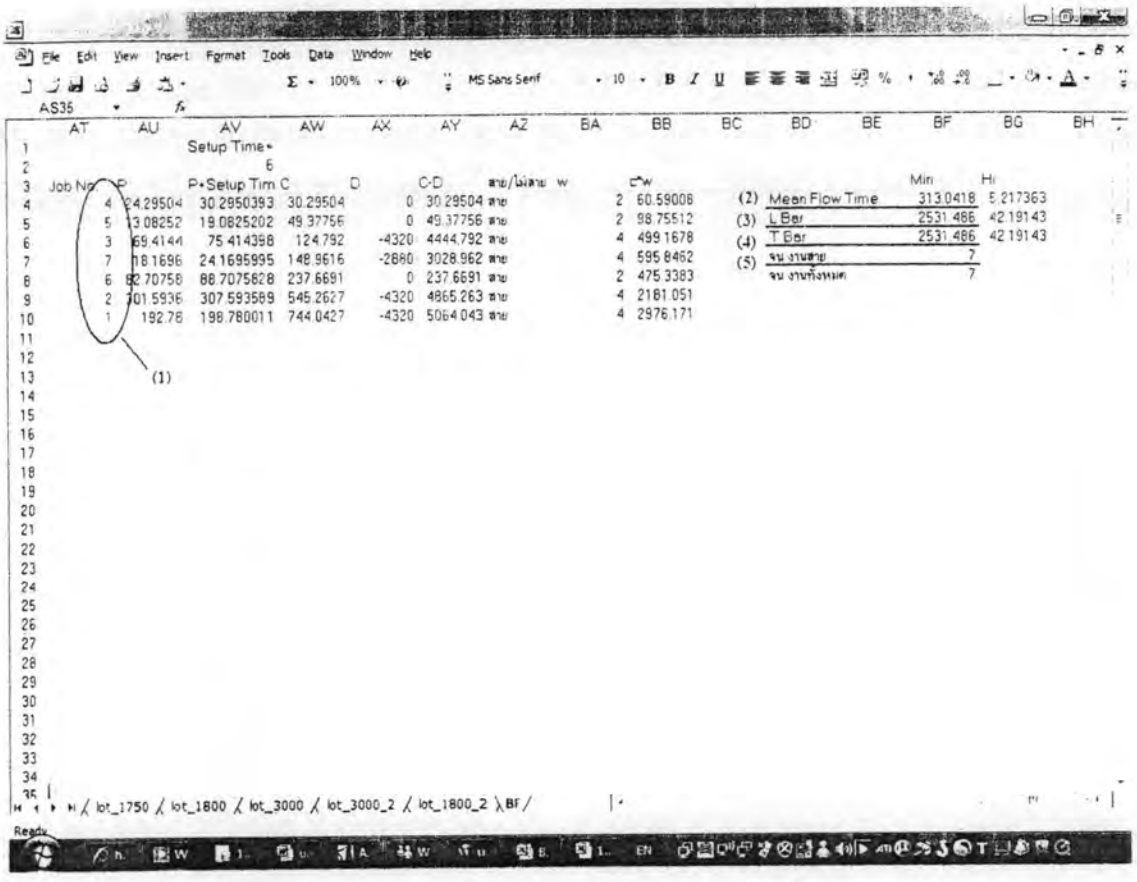
จากนั้นทำการกดปุ่ม Forward (9) เพื่อทำการรันเฟสไปข้างหน้า (Forward Phase) ซึ่งในขั้นตอนนี้ไม่ต้องใส่ลำดับตั้งต้นให้กับเฟสไปข้างหน้า เพราะโปรแกรมจะสามารถดึงลำดับที่ได้จากเฟสย้อนกลับไปตั้งต้นให้กับเฟสไปข้างหน้าโดยอัตโนมัติ และจะได้ผลการรันเฟสไปข้างหน้า ดังรูปที่ 5.12 จากรูปที่ 5.12 จะพบว่าโปรแกรมจะนำลำดับที่ได้จาก Backward Phase (3-1-2-7-5-4-6) (1) ที่มีค่าปรับ = 463.56 (2) มาเป็นลำดับตั้งต้นในการปรับปรุงคำตอบด้วย Forward Phase เมื่อโปรแกรมพบว่าลำดับ 4-3-2-7-5-6-1 (4) ที่มีค่าปรับ = 403.02 (3) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าปรับตั้งต้น โปรแกรมจะนำลำดับดังกล่าวมาเริ่มกระบวนการในการปรับปรุงคำตอบใหม่ (5)



	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS
3	base	(2) 463.56	(1) 3	1	2	7	5	4	6	
4	6 (1-7)	535.22	6	1	2	7	5	4	3	
5	5 (1-6)	482.74	4	1	2	7	5	6	3	
6	5 (2-7)	(3) 403.02	(4) 4	3	2	7	5	6	1	
8	base	403.02	(5) 4	3	2	7	5	6	1	
9	6 (1-7)	491.30	1	3	2	7	5	6	4	
10	5 (1-6)	458.06	6	3	2	7	5	1	4	
11	5 (2-7)	477.97	6	4	2	7	5	1	3	
12	4 (1-5)	439.99	5	4	2	7	6	1	3	
13	4 (2-6)	490.91	5	1	2	7	6	4	3	
14	4 (3-7)	364.27	5	1	3	7	6	4	2	
16	base	364.27	5	1	3	7	6	4	2	
17	6 (1-7)	560.64	2	1	3	7	6	4	5	
18	5 (1-6)	396.92	4	1	3	7	6	2	5	
19	5 (2-7)	313.04	4	5	3	7	6	2	1	
21	base	313.04	4	5	3	7	6	2	1	
22	6 (1-7)	401.32	1	5	3	7	6	2	4	
23	5 (1-6)	480.46	2	5	3	7	6	1	4	
24	5 (2-7)	486.62	2	4	3	7	6	1	5	
25	4 (1-5)	389.09	6	4	3	7	2	1	5	
26	4 (2-6)	456.54	6	1	3	7	2	4	5	
27	4 (3-7)	460.46	6	1	5	7	2	4	3	
28	3 (1-4)	409.13	7	1	5	6	2	4	3	
29	3 (2-5)	448.69	7	2	5	6	1	4	3	
30	3 (3-6)	452.77	7	2	4	6	1	5	3	
31	3 (4-7)	420.07	7	2	4	3	1	5	6	
32	2 (1-3)	452.46	4	2	7	3	1	5	6	
33	2 (2-4)	368.03	4	3	7	2	1	5	6	
34	2 (3-5)	431.52	4	3	1	2	7	5	6	

รูปที่ 5.12 ผลการรันเฟสไปข้างหน้าของการจัดตารางแบบ BF

และท้ายสุดจะได้ผลการคำนวณการจัดตารางแบบ BF ซึ่งจะแสดงค่าประสิทธิภาพทั้ง 4 คือ ค่าเฉลี่ยเวลางานในระบบแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Mean Flow Time) ค่าเฉลี่ยเวลางานสาย (Mean Lateness) ค่าเฉลี่ยเวลางานล่าช้า (Mean Tardiness) และค่าเฉลี่ยจำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Job) ดังรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.13 ผลการคำนวณการจัดตารางแบบ BF

5.5 สรุป

การปรับปรุงระบบการจัดตารางในงานวิจัยฉบับนี้ เริ่มจากการใช้ฮิวริสติกส์ทั้ง 4 อัน ได้แก่ SPT WSPT LPT และ EDD ในการหาลำดับงานที่ให้วัตถุประสงค์ทั้ง 4 ด้าน คือ เวลาไหลเฉลี่ยของงานที่ถูกถ่วงน้ำหนัก (Weighted Mean Flow Time) เวลาสายเฉลี่ย (Mean Lateness) เวลาล่าช้าเฉลี่ย (Mean Tardiness) และจำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy job) มีค่าน้อยที่สุด แล้วจึงนำลำดับที่ได้จากฮิวริสติกส์ข้างต้นมาทำการปรับปรุงคำตอบจากฮิวริสติกส์ BF ซึ่งในการจัดตารางการผลิตสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ได้ใช้ซอฟท์แวร์ช่วยในการคำนวณ เนื่องจากมีขั้นตอนในการคำนวณและเงื่อนไขที่หลากหลาย ทั้งนี้เพื่อช่วยลดความผิดพลาดและความล่าช้าในการคำนวณ โดยซอฟท์แวร์ดังกล่าวจัดทำขึ้นด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ร่วมกับการเขียน Macro เพิ่มเติม