บทที่ 3

การปรับปรุงฮิวริสติกในการหาคำตอบ

3.1 บทนำ

ปัญหาการโหลดงานเครื่องจักร เป็นปัญหาที่ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรกลเอ็นซี เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต พาเล็ต ระบบขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ การที่ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดในหลายด้านส่งผลให้การโหลดงานให้เครื่องจักร เป็นปัญหาเอ็นพีแบบยาก และการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ทำให้ใช้เวลานานในการคำนวณ ไม่สามารถคำนวณในระบบที่มีขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่ได้ ส่งผลให้มีการพัฒนาวิธีการแบบฮิวริสติกให้เป็นวิธีการในการแก้ปัญหาการโหลดงานให้เครื่องจักร บนระบบผลิตแบบยืดหยุ่น

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการแบบฮิวริสติกสำหรับการโหลดงานให้เครื่องจักร โดยเปรียบเทียบกับฮิวริสติกที่นำเสนอโดย Vidyarthi and Tiwari (2001) ในบทนี้จะได้กล่าวถึงรายละเอียดและวิธีการแบบฮิวริสติกที่นำเสนอ โดยมีประเด็นที่พิจารณาต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น ฮิวริสติกในการโหลดงานของ Vidyarthi and Tiwari (2001) ปัญหาที่พบในฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) แนวทางในการปรับปรุงฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) และฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุง

3.2 ลักษณะของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น

ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นเป็นระบบที่ประกอบด้วยเครื่องจักรกลเอ็นซี และอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ซึ่งมีข้อจำกัดและประเด็นที่นำมาพิจารณาหลายประเด็น ในงานวิจัยที่ศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นจึงมีการศึกษาลักษณะของระบบที่มีความแตกต่างกัน. มีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 ประเภทของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น

Grieco et al. (2001) แบ่งประเภทของระบบผลิตแบบยืดหยุ่นออกเป็น 2 ประเภท คือ

- General FMS คือ ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่พิจารณาเครื่องจักรกลในระบบที่มีความแตกต่างกัน (เครื่องจักรกลไม่ได้เหมือนกันทุกประการ) ทำให้การผลิตชิ้นงานบางชิ้นงานที่ต้องผลิตบนเครื่องจักรเฉพาะไม่สามารถผลิตบนเครื่องจักรตัวอื่นได้

- Parallel FMS คือ ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่พิจารณาเครื่องจักรกลในระบบว่าเป็นเครื่องจักรที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ

งานวิจัยส่วนมากจะพิจารณาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นในประเภท General FMS เนื่องจากระบบผลิตแบบยืดหยุ่นในระบบการผลิตจริงมีลักษณะเป็นคล้ายกับระบบ General FMS มากกว่าระบบ Parallel FMS ซึ่งตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาระบบ General FMS ได้แก่ Steck and Solberg (1981), Shanker and Tzen (1985), Mukhopadhyay et al. (1992), Moreno and Ding (1993), Tiwari (1997), Tiwari and Vidyarthi (2000), Vidyarthi and Tiwari (2001) เป็นต้น

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นประเภท General FMS โดยที่ในการผลิตชิ้นงานอาจมีบางการดำเนินงานที่ต้องทำการผลิตบนเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งโดยเฉพาะ แต่บางการดำเนินงานสามารถทำการผลิตบนเครื่องจักรได้มากกว่า 1 เครื่อง (มีเครื่องจักรให้เลือกผลิตได้หลายตัว) เรียกการดำเนินงานที่ต้องทำการผลิตบนเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งโดยเฉพาะนี้ว่า *Essential Operation* และเรียกการดำเนินงานที่มีเครื่องจักรให้เลือกผลิตได้หลายตัวว่า *Optional Operations* ซึ่งเวลาและจำนวนช่องใส่เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต Optional Operations บนเครื่องจักรแต่ละตัวอาจมีค่าเท่ากัน หรือแตกต่างกันก็ได้

3.2.2 นโยบายในการบริหารเครื่องมือ

Grieco et al. (2001) แบ่งประเภทของนโยบายในการบริหารเครื่องมือบนระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นออกเป็น 3 ประเภท คือ

- Batching Tool Management การบริหารเครื่องมือประเภทนี้จะพิจารณาว่าความจุของช่องใส่เครื่องมือบนเครื่องจักรแต่ละตัวนั้นมีจำนวนจำกัด ซึ่งเครื่องมือจะถูกโหลดให้เครื่องจักรในตอนเริ่มต้นกะการทำงาน และตลอดระยะเวลาการทำงานของกะนั้น จะสามารถใช้เครื่องมือได้เฉพาะเครื่องมือที่ถูกโหลดในตอนเริ่มต้น และจะทำการเปลี่ยนเครื่องมือในช่องใส่เครื่องมือเมื่อเริ่มการทำงานในกะต่อไป
- Flexible Tool Management การบริหารเครื่องมือประเภทนี้จะมีการนำเครื่องมือ หรือเปลี่ยนเครื่องมือของเครื่องจักรในขณะที่ระบบทำงานอยู่ ดังนั้นจึงมีการหมุนเวียนของเครื่องมืออยู่ตลอดเวลา ซึ่งการไหลของเครื่องมือนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการในการผลิตชิ้นงานบนเครื่องจักรต่าง ๆ
- Hybrid Tool Management การบริหารเครื่องมือประเภทนี้ จัดว่าอยู่ระหว่างการบริหารประเภท Batching และ Flexible นั่นคือ ถึงแม้ว่า Flexible Tool Management นั้นจะสามารถส่งเครื่องมือไปยังเครื่องจักร

ขณะที่ระบบทำงานอยู่ได้ก็ตาม แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องมือบางอย่างจำเป็นที่จะต้องโหลดงานให้เครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งโดยเฉพาะ เป็นต้น

นโยบายในการบริหารเครื่องมือนี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับประเภทของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 3.2.1 ซึ่งในระบบการผลิตจริงนโยบายประเภท Flexible และ Hybrid Tool Management นั้นต้องมีการนำระบบขนส่งเครื่องมืออัตโนมัติมาใช้ในระบบ ดังนั้นงานวิจัยส่วนมากจึงศึกษาระบบที่มีนโยบายการบริหารเครื่องมือแบบ Batching Tool Management เช่น งานวิจัยของ Steck and Solberg (1981), Steck (1983), Shanker and Tzen (1985), Mukhopadhyay et al. (1992), Moreno and Ding (1993), Tiwari (1997), Tiwari and Vidyarthi (2000), Vidyarthi and Tiwari (2001) เป็นต้น

งานวิจัยนี้ได้ใช้นโยบายในการบริหารเครื่องมือแบบ Batching Tool Management นั่นคือ จำนวนช่องใส่เครื่องมือบนแต่ละเครื่องจักรมีจำนวนจำกัด และไม่มีการเปลี่ยนหรือเคลื่อนย้ายเครื่องมือระหว่างที่ระบบทำงานอยู่ ซึ่งได้ศึกษาตัวอย่างปัญหาจากงานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) โดยกำหนดให้เครื่องจักรแต่ละตัวมีจำนวนช่องใส่เครื่องมือจำนวน 5 ช่อง

3.2.3 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นเป็นระบบที่มีการนำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาทำงานด้วยกัน ดังนั้นจึงมีข้อจำกัดในหลาย ๆ ด้าน ซึ่ง Grieco et al. (2001) ได้แบ่งประเภทของข้อจำกัดในระบบออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

- Assignment Constraint คือข้อจำกัดในด้านจัดสรรชิ้นงานให้กับเครื่องจักร พิจารณาข้อจำกัดในด้านการทำงานของเครื่องจักร ยกตัวอย่างเช่น ในการดำเนินงานเดียวกันจะต้องผลิตจากเครื่องจักร หรือกลุ่มของเครื่องจักรเดียวกัน บางการดำเนินงานถูกกำหนดให้ผลิตได้จากเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งเท่านั้น
- Capacity Constraint คือ ข้อจำกัดในด้านความสามารถของทรัพยากรที่มีอยู่ในระบบ เช่น จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่มีจำนวนจำกัด จำนวนเครื่องมือที่มีจำนวนจำกัด อายุการใช้งานของเครื่องมือ จำนวนเครื่องมือสำรอง จำนวนพาเล็ตและตัวจับยึดชิ้นงาน เวลาในการผลิตมีเวลาจำกัด และความสามารถในการผลิตของระบบ เป็นต้น
- Management Constraint คือ ข้อจำกัดในด้านการจัดการต่าง ๆ เนื่องจากในการโหลดงานเป็นขั้นตอนในการวางแผนซึ่งต้องเชื่อมต่อกับขั้นตอนอื่นๆ

อีกมากมาย เช่น การคำนึงถึงการจัดสมดุลภาระงานระหว่างเครื่องจักร การคำนึงถึงกำหนดเวลาส่งมอบงานของชิ้นงาน เป็นต้น

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่มีข้อจำกัดต่าง ๆ ดังนี้

- ในการดำเนินงานเดียวกันจะต้องผลิตจากเครื่องจักรเดียวกัน
- บางการดำเนินงานถูกกำหนดให้ผลิตได้จากเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งเท่านั้น
- เครื่องจักรแต่ละเครื่องมีจำนวนช่องใส่เครื่องมือจำนวน 5 ช่อง
- มีเวลาผลิตในแต่ละกะ 8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที

3.2.4 ปัญหาที่นำมาใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยของ Grieco et al. (2001) ซึ่งได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการโหลดงานให้เครื่องจักร พบว่ามีงานวิจัยในอดีตจำนวนน้อยมากที่จะนำปัญหาเดียวกันมาศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการในการแก้ปัญหา ซึ่งปัญหาในงานวิจัยที่ได้มีการศึกษาและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหากันอย่างต่อเนื่อง คือ ปัญหาในงานวิจัยของ Shanker and Srinviasulu (1989) และมีนักวิจัยอีกหลายท่านที่ได้ใช้ปัญหาเดียวกันนี้เพื่อพัฒนาวิธีการในการโหลดงานให้เครื่องจักร ซึ่งได้แก่ Mukhopadhyay et al. (1992), Tiwari (1997), Tiwari and Vidyarthi (2000) และ Vidyarthi and Tiwari (2001) โดยรายละเอียดของปัญหาที่นำมาพิจารณานี้ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก.และได้แสดงตัวอย่างของปัญหาไว้ในตารางที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างปัญหาที่นำมาศึกษาในงานวิจัย

Job Number	Batch Size	Operation Number	Machine Number	Unit Processing Time	Slot Needed
1	8	1	M3	18	1
2	9	1	M1	25	1
			M4	25	1
		2	M4	24	1
		3	M2	22	1
3	13	1	M1	26	2
			M4	26	2
		2	M3	11	3
4	6	1	M3	14	1
		2	M4	19	1
5	9	1	M2	22	2
			M3	22	2
		2	M2	25	1
6	10	1	M4	16	1
		2	M2	7	1
			M3	7	1
			M4	7	1
		3	M1	21	1
			M2	21	1
7	12	1	M2	19	1
			M3	19	1
			M4	19	1
		2	M1	13	1
			M2	13	1
			M2	13	1
		3	M4	23	3
8	13	1	M1	25	1
			M2	25	1
			M3	25	1
		2	M1	7	1
			M2	7	1
		3	M1	24	3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 ฮิวริสติกในการโหลดงานของ Vidyarthi and Tiwari (2001)

Vidyarthi and Tiwari (2001) ได้พัฒนาวิธีการแบบฮิวริสติกโดยใช้ทฤษฎีฟัซซี่เซตในการกำหนดสูตรทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาการโหลดงานให้เครื่องจักร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความไม่สมดุลของระบบให้น้อยที่สุด และมีจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้มากที่สุด ซึ่งระบบที่พิจารณานั้นมีข้อจำกัดในด้านเทคโนโลยี คือ มีเวลาในการผลิตจำกัด และเครื่องจักรมีจำนวนช่องใส่เครื่องมือจำนวนจำกัด ซึ่งในงานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) นี้ได้นำเสนอวิธีการในการจัดลำดับของงานก่อนที่จะทำการโหลดงานโดยพิจารณาเกณฑ์ในการตัดสินใจต่างๆ ดังนี้ ปริมาณการผลิตของชิ้นงาน (Batch Size) เวลาในการผลิตการดำเนินงานที่ต้องผลิตบนเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่ง (Essential Processing Time) และเวลาในการผลิตการดำเนินงานที่มีเครื่องจักรให้เลือกผลิต (Optional Processing Time) ในส่วนของการจัดสรรงานให้เครื่องจักรจะทำการตัดสินใจจากค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่น (Membership Function) ของเส้นทางการดำเนินงานของชิ้นงาน ซึ่งได้นำวิธีการแบบฮิวริสติกมาทดลองกับปัญหาจำนวน 10 ปัญหาที่ได้มีการศึกษาต่อเนื่องกันมา และพบว่าฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) นี้สามารถลดความไม่สมดุลของระบบ และเพิ่มจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Shanker and Srinivasulu (1989), Mukhopadhyay et al.(1992) และ Tiwari et al. (1997)

หัวข้อที่ 3.3 นี้จะอธิบายรายละเอียดของฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) เพราะเป็นฮิวริสติกที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำมาเปรียบเทียบกับฮิวริสติกที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ โดยจะอธิบายในประเด็นต่างๆ ได้แก่ สมมติฐานของงานวิจัย สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย คำนิยามต่าง ๆ ในงานวิจัย แนวทางในงานวิจัย และฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001)

3.3.1 สมมติฐานในงานวิจัย

- ชิ้นงานหนึ่ง ๆ สามารถมีได้หลายการดำเนินงาน และสามารถมีเส้นทางในการผลิตได้หลายเส้นทาง เนื่องจากระบบประกอบด้วยเครื่องจักรที่มีความสามารถผลิตการดำเนินงานเดียวกันได้ จึงทำให้มีเครื่องจักรให้เลือกผลิตหลายตัว
- ความสามารถในการผลิตของเครื่องจักรนั้นมีจำกัด นั่นคือ เครื่องจักรเครื่องหนึ่ง ๆ ไม่สามารถผลิตทุกๆการดำเนินงานของชิ้นงานได้ เนื่องจากเครื่องจักรแต่ละตัวมีจำนวนช่องใส่เครื่องมือ 5 ช่อง จึงต้องมีการจัดสรรเครื่องมือให้กับเครื่องจักรในตอนเริ่มต้นกะการทำงาน
- ชิ้นงานมีการดำเนินงานได้มากกว่าหนึ่งการดำเนินงาน และในแต่ละการดำเนินงานนั้นสามารถผลิตบนเครื่องจักรได้มากกว่าหนึ่งตัว

- ทราบเวลาในการผลิตแต่ละการดำเนินงาน จำนวนเครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิต และปริมาณการผลิตชิ้นงานแต่ละชนิดก่อนที่จะมีการโหลดงานให้เครื่องจักร
- การดำเนินงานที่ต้องผลิตบนเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งโดยเฉพาะเรียกว่า Essential Operation
- การดำเนินงานที่มีเครื่องจักรให้เลือกผลิตได้หลายตัว โดยจะมีเวลาในการผลิต และจำนวนช่องใส่เครื่องมือที่เท่ากัน หรือแตกต่างกันก็ได้ เรียกว่า Optional Operation
- พิจารณาการโหลดงานในระยะเวลาการผลิต 1 กะการทำงาน นั่นคือ 8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที งานที่ไม่สามารถโหลดในระยะเวลานี้จะไม่ถูกพิจารณาอีก
- เมื่อทำการเลือกเส้นทางการดำเนินงานของชิ้นงานแล้ว ชิ้นงานนั้นจะต้องใช้เส้นทางนั้นเพียงเส้นทางเดียว
- ไม่มีการแบ่งงาน และไม่ยอมให้มีการแทรกงานเกิดขึ้น
- ไม่มีการเปลี่ยนเครื่องมือระหว่างเครื่องจักรในขณะที่ระบบทำงานอยู่
- เครื่องจักรที่พิจารณาไม่มีการเสีย หรือต้องหยุดทำงาน
- ทรัพยากรต่าง ๆ เช่น พาเล็ต ตัวจับยึดชิ้นงาน AGV มีจำนวนเพียงพอต่อการผลิต

3.3.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) ได้มีการใช้สัญลักษณ์เพื่อกำหนดสูตรทางคณิตศาสตร์ โดยมีสัญลักษณ์ต่างๆ ดังนี้

j	ชื่อชิ้นงานโดยที่ j = 1, 2, 3, …., J
m	ชื่อเครื่องจักร โดยที่ m = 1, 2, 3, …., M
k	ลำดับการดำเนินงาน โดยที่ k= 1, 2, 3, …., K
n	ลำดับเวคเตอร์ของการจัดสรรการดำเนินงานให้กับเครื่องจักรโดยที่ n = 1, 2, 3, …., N
q_j	ปริมาณการผลิตชิ้นงาน j
ute_{kjm}	เวลาในการผลิตต่อหน่วยของ Essential Operation k ของงาน j บนเครื่องจักร m
uto_{kjm}	เวลาในการผลิตต่อหน่วยของ Optional Operation k ของงาน j บนเครื่องจักร m
te_{kjm}	เวลาในการผลิต Essential Operation k ของงาน j บนเครื่องจักร m โดยที่

$$te_{kjm} = q_j \times ute_{kjm} \quad (3\text{-}1)$$

to_{kjm} เวลาในการผลิต Optional Operation k ของงาน j บนเครื่องจักร m โดยที่

$$to_{kjm} = q_j \times uto_{kjm} \quad (3\text{-}2)$$

se_{kjm} จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิต Essential Operation k ของงาน j บนเครื่องจักร m

so_{kjm} จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิต Optional Operation k ของงาน j บนเครื่องจักร m

ET_m เวลาที่ต้องการในการผลิต Essential Operation บนเครื่องจักร m โดยที่

$$ET_m = \sum_{j=1}^{J} \sum_{k=1}^{K} te_{kjm} \quad (3\text{-}3)$$

ES_m จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่ต้องการในการผลิต Optional Operation บนเครื่องจักร m โดยที่

$$ES_m = \sum_{j=1}^{J} \sum_{k=1}^{K} se_{kjm} \quad (3\text{-}4)$$

ET_{mj} เวลาที่ต้องการในการผลิต Essential Operation บนเครื่องจักร m *หลังจาก* โหลด Essential Operation ของงาน j

ES_{mj} จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่ต้องการในการผลิต Essential Operation บนเครื่องจักร m *หลังจาก* โหลด Essential Operation ของงาน j

ET'_{mj} เวลาที่ต้องการในการผลิต Essential Operation บนเครื่องจักร m *ก่อนที่จะ* โหลด Essential Operation ของงาน j

ES'_{mj} จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่ต้องการในการผลิต Essential Operation บนเครื่องจักร m *ก่อนที่จะ* โหลด Essential Operation ของงาน j

T_m เวลาที่มีในการผลิตของเครื่องจักร m ณ. เวลาเริ่มต้นของกะการทำงาน

S_m จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่มีในการผลิตของเครื่องจักร m ณ. เวลาเริ่มต้นของกะการทำงาน

RT_m เวลาที่เหลือ (Remaining Time) ในการผลิตชิ้นงานถัดไปของเครื่องจักร m

RS_m จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่เหลือ (Remaining Tool Slot) ในการผลิตชิ้นงานถัดไปของเครื่องจักร m

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AT_m เวลาที่มีอยู่ (Available Time) ของเครื่องจักร m

AS_m จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่มีอยู่ (Available Tool Slot) ของเครื่องจักร m

$OMAV_n^j$ เวคเตอร์ที่ n ในการจัดสรรการดำเนินงานของงาน j ซึ่งเวคเตอร์นี้ใช้แทนเซตของการดำเนินงาน (ทั้ง Essential Operation และ Optional Operation) ที่ต้องใช้ในการผลิตงาน j

$RT_m[OMAV_n^j]$ เวลาที่เหลือบนเครื่องจักร m หลังจาก n ที่โหลดงาน j ตามเส้นทางเดินของเวคเตอร์ n

$RS_m[OMAV_n^j]$ จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่เหลือบนเครื่องจักร m หลังจาก n ที่โหลดงาน j ตามเส้นทางเดินของเวคเตอร์ n

S เซตของงานที่ยังไม่ได้กำหนดเส้นทางเดินและรอโหลดให้เครื่องจักร

U เซตของงานที่ไม่โหลดให้เครื่องจักรในกะการทำงานที่พิจารณา (Set of Unassigned Jobs)

A เซตของงานที่โหลดให้เครื่องจักรในกะการทำงานที่พิจารณา (Set of Assigned Jobs)

μ_e^j เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของเวลาที่ผลิต Essential Operation ของงาน j

μ_o^j เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของเวลาที่ผลิตOptional Operation ของงาน j

μ_q^j เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของปริมาณการผลิตของงาน j

μ_s^j เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของลำดับความสำคัญในการโหลดงานของงาน j

w_e น้ำหนักความสำคัญ (Weights) สำหรับของเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่น μ_e^j

w_o น้ำหนักความสำคัญ (Weights) สำหรับของเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่น μ_o^j

w_q น้ำหนักความสำคัญ (Weights) สำหรับของเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่น μ_q^j

SU_A ความไม่สมดุลของระบบ (System Unbalance) สำหรับงาน Assigned Jobs โดยที่

$$SU_A = \sum_{m=1}^{M} RT_m \qquad (3\text{-}5)$$

SU ความไม่สมดุลของระบบเมื่อสิ้นสุดการพิจารณาการโหลดงาน

Th_A จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จากงานที่โหลดในกะการทำงานที่พิจารณา โดยที่

$$Th_A = \sum_{j=1}^{J} q_j, \forall j \in A \qquad (3\text{-}6)$$

Th จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้เมื่อสิ้นสุดการพิจารณาการโหลดงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.3 คำนิยามต่าง ๆ ในงานวิจัย

- μ_e^j คือ เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของ Essential Processing Time ของงาน j ซึ่งถูกนิยามว่าเป็น อัตราส่วนของผลต่างระหว่าง Total Essential Processing Time ที่มากที่สุดกับ Total Essential Processing Time ของงาน j และ ผลต่างระหว่าง Total Essential Processing Time ที่มากที่สุดกับ Total Essential Processing Time ที่น้อยที่สุด ดังแสดงในสมการที่ (3-7)

$$\mu_e^j = \frac{Max\left(\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}\right) - \left(\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}\right)}{Max\left(\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}\right) - Min\left(\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}\right)} \qquad (3\text{-}7)$$

$$Max\left(\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}\right) = \text{Maximum of } \sum_{k=1}^{K} te_{kjm} \quad \forall j = 1,2,3,...,J$$

$$Min\left(\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}\right) = \text{Minimum of } \sum_{k=1}^{K} te_{kjm} \quad \forall j = 1,2,3,...,J$$

- μ_o^j คือ เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของ Optional Processing Time ของงาน j ซึ่งถูกนิยามว่าเป็น อัตราส่วนของผลต่างระหว่าง Total Optional Processing Time ที่มากที่สุดกับ Total Optional Processing Time ของงาน j และผลต่างระหว่าง Total Optional Processing Time ที่มากที่สุดกับ Total Optional Processing Time ที่น้อยที่สุด ดังแสดงในสมการที่ (3-8)

$$\mu_o^j = \frac{\left(\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}\right) - Min\left(\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}\right)}{Max\left(\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}\right) - Min\left(\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}\right)} \qquad (3\text{-}8)$$

$$Max\left(\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}\right) = \text{Maximum of } \sum_{k=1}^{K} to_{kjm} \quad \forall j = 1,2,3,...,J$$

$$Min\left(\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}\right) = \text{Minimum of } \sum_{k=1}^{K} to_{kjm} \quad \forall j = 1,2,3,...,J$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- μ_q^j คือ เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของปริมาณการผลิตของงาน j ซึ่งถูกนิยามว่าเป็น อัตราส่วนของผลต่างระหว่างปริมาณการผลิตที่มากที่สุดกับปริมาณการผลิตของงาน j และ ผลต่างระหว่างปริมาณการผลิตที่มากที่สุดกับปริมาณการผลิตที่น้อยที่สุด ดังแสดงในสมการที่ (3-9)

$$\mu_q^j = \frac{(q_{kjm}) - Min(q_{kjm})}{Max(q_{kjm}) - Min(q_{kjm})} \qquad (3\text{-}9)$$

$Max(q_{kjm})$= Maximum of q_{kjm} $\forall j = 1,2,3,...,J$

$Min(q_{kjm})$= Minimum of q_{kjm} $\forall j = 1,2,3,...,J$

- μ_s^j คือ เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของลำดับความสำคัญในการโหลดงานของงาน j ซึ่งพิจารณาจากน้ำหนักความสำคัญของ Essential Processing Time, Optional Processing Time และปริมาณการผลิตของงาน j ดังแสดงในสมการที่ (3-10) และลำดับในการโหลดงานจะพิจารณาจากค่า μ_s^j ของแต่ละงาน

$$\mu_s^j = \frac{w_e\mu_e^j + w_o\mu_o^j + w_q\mu_q^j}{w_e + w_o + w_q} \qquad (3\text{-}10)$$

- $OMAV_n^j$ คือ เวคเตอร์ที่ n ในการจัดสรรการดำเนินงานของงาน j ซึ่งเวคเตอร์นี้ใช้แทนเซตของการดำเนินงาน (ทั้ง Essential Operation และ Optional Operation) ที่ต้องใช้ในการผลิตงาน j ยกตัวอย่างเช่น ชิ้นงานหนึ่งมีการดำเนินงาน 3 การดำเนินงาน โดยที่การดำเนินงานที่ 1 ผลิตบนเครื่องจักร M1 การดำเนินงานที่ 2 ผลิตบนเครื่องจักร M2 หรือ M3 และการดำเนินงานที่ 3 ผลิตบนเครื่องจักร M1 หรือ M2 โดยใช้เวลาในการผลิต 230นาที 300 นาที และ 250นาที และใช้จำนวนช่องใส่เครื่องมือ 3ช่อง 2 ช่อง และ 2ช่อง ตามลำดับของการดำเนินการ ซึ่งสามารถเขียนเป็นเวคเตอร์ของเส้นทางการดำเนินงาน ได้ดังนี้

$OMAV_1^1$ = M1(230,3) + M2(300,2) + M1(250,2)
$OMAV_2^1$ = M1(230,3) + M2(300,2) + M2(250,2)
$OMAV_3^1$ = M1(230,3) + M3(300,2) + M1(250,2)
$OMAV_4^1$ = M1(230,3) + M3(300,2) + M2(250,2)

- $RT_m[OMAV_n^j]$ คือ เวลาที่เหลือบนเครื่องจักร m หลังจาก n ที่โหลดงาน j ตามเส้นทางเดินของเวคเตอร์ n โดยที่ถ้างาน j เป็นงานแรกที่ถูกโหลดให้กับเครื่องจักรแล้ว

$$RT_m[OMAV_n^j] = T_m - \sum_{k=1}^{K} te_{kjm} - \sum_{k=1}^{K} to_{kjm} \qquad (3\text{-}11)$$

ถ้าหากงาน j ไม่ได้เป็นงานแรกที่ถูกโหลดให้กับเครื่องจักรแล้ว

$$RT_m[OMAV_n^j] = AT_m - \sum_{k=1}^{K} te_{kjm} - \sum_{k=1}^{K} to_{kjm} \qquad (3\text{-}12)$$

- $RS_m[OMAV_n^j]$ คือ จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่เหลือบนเครื่องจักร m หลังจากที่โหลดงาน j ตามเส้นทางเดินของเวคเตอร์ n โดยที่ถ้างาน j เป็นงานแรกที่ถูกโหลดให้กับเครื่องจักรแล้ว

$$RS_m[OMAV_n^j] = S_m - \sum_{k=1}^{K} se_{kjm} - \sum_{k=1}^{K} so_{kjm} \qquad (3\text{-}13)$$

ถ้าหากงาน j ไม่ได้เป็นงานแรกที่ถูกโหลดให้กับเครื่องจักรแล้ว

$$RS_m[OMAV_n^j] = AS_m - \sum_{k=1}^{K} se_{kjm} - \sum_{k=1}^{K} so_{kjm} \qquad (3\text{-}14)$$

- $\mu[OMAV_n^j]$ คือ เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของเวคเตอร์ที่ n ในการจัดสรรการดำเนินงานของงาน j สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-15)

$$\frac{1}{M} x \sum_{m=1}^{M} \left\{ \frac{\left(\frac{RT_m\left[OMAV_n^j\right] - ET_m}{AT_m - ET_m} \right) - Min\left(\frac{RT_m\left[OMAV_n^j\right] - ET_m}{AT_m - ET_m} \right)}{Max\left(\frac{RT_m\left[OMAV_n^j\right] - ET_m}{AT_m - ET_m} \right) - Min\left(\frac{RT_m\left[OMAV_n^j\right] - ET_m}{AT_m - ET_m} \right)} \right\}$$

$$= x \frac{1}{M} x \sum_{m=1}^{M} \left\{ \frac{\left(\frac{RS_m\left[OMAV_n^j\right] - ES_m}{AS_m - ES_m} \right) - Min\left(\frac{RS_m\left[OMAV_n^j\right] - ES_m}{AS_m - ES_m} \right)}{Max\left(\frac{RS_m\left[OMAV_n^j\right] - ES_m}{AS_m - ES_m} \right) - Min\left(\frac{RS_m\left[OMAV_n^j\right] - ES_m}{AS_m - ES_m} \right)} \right\} \qquad (3\text{-}15)$$

3.3.4 แนวคิดสำหรับฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001)

งานวิจัยของ Viyarthi and Tiwari (2001) นี้ได้พัฒนาฮิวริสติกในการโหลดงานให้เครื่องจักรบนระบบผลิตแบบยืดหยุ่น ที่ประกอบด้วยเครื่องจักรที่สามารถดำเนินงานได้หลายการดำเนินงาน และแต่ละการดำเนินงานนั้นอาจมีเครื่องจักรให้เลือกผลิตได้หลายตัว ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือได้หลายชนิด และชิ้นงานมีเส้นทางการผลิตได้หลายเส้นทาง โดยมีสมมติฐานว่าแต่ละชิ้นงานนั้นทราบปริมาณการผลิต เวลาในการผลิตทั้ง Essential Operation และ Optional Operation โดยที่จะมีการคำนวณลำดับในการโหลดงานก่อนที่จะจัดสรรงานให้กับเครื่องจักร ซึ่งงานที่ถูกจัดสรรให้เครื่องจักรนั้นพิจารณาภายใต้ข้อจำกัดในด้านของเวลา และจำนวนช่องใส่เครื่องมือที่มีในเครื่องจักร นอกจากนี้หากการดำเนินงานใด ๆ ไม่สามารถจัดสรรให้เครื่องจักรได้เนื่องจากข้อจำกัดในด้านเทคโนโลยีดังที่ได้กล่าวมาแล้ว งานนั้นจะถูกตัดออกจากการพิจารณาทันทีและเลือกงานในลำดับถัดไปมาพิจารณา และเมื่อจัดสรรงานหรือโหลดงานให้เครื่องจักรแล้วสามารถนำผลจากการโหลดงานนี้ไปใช้ในการจัดตารางงานได้ ซึ่งผลที่ได้จากฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) นี้ทำให้เกิดปัญหาในการจัดตารางงานในทางปฏิบัติ ซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดของปัญหาที่เกิดขึ้นในหัวข้อที่ 3.4 ต่อไป เราสามารถแบ่งส่วนในการพิจารณาการโหลดงานของ Vidyarthi and Tiwari (2001) ออกเป็น 2 ส่วน คือ การจัดลำดับความสำคัญของงาน และการโหลดงานให้เครื่องจักร

3.3.4.1 การจัดลำดับความสำคัญของงาน

การจัดลำดับความสำคัญของงานเพื่อที่จะโหลดงานให้เครื่องจักรนั้น Vidyarthi and Tiwari (2001) ได้นำเสนอวิธีการจัดลำดับงานจากการพิจารณาค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของเกณฑ์การตัดสินใจต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณการผลิต เวลาที่ใช้ในการผลิต Essential Operation และเวลาที่ใช้ในการผลิต Optional Operation ลำดับความสำคัญของงานจะนำเกณฑ์ต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วนี้มาสร้างเป็นค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นรวมซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-4) โดยลำดับความสำคัญของงานจะแปรผันตามค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นรวม นั่นคือชิ้นงานที่มีค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นมาก จะมีลำดับความสำคัญมากและจะถูกพิจารณาโหลดงานให้เครื่องจักรเป็นลำดับแรก ซึ่งได้มีการพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจต่าง ๆ ดังนี้

- พิจารณาเวลาที่ใช้ในการผลิต Essential Operation งานที่มีค่า Essential Processing Time ที่น้อยจะถูกพิจารณาให้เป็นงานที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากจะทำให้ค่าความต้องการในการผลิต

Essential Operation บนแต่ละเครื่องจักรมีค่าน้อย ส่งผลให้เหลือเวลาในการผลิต Optional Operation ของงานอื่น ๆ ได้มาก

- พิจารณาเวลาที่ใช้ในการผลิต Optional Operation งานที่มีค่า Optional Processing Time ที่มากจะถูกพิจารณาให้เป็นงานที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากจะไม่เป็นการรบกวนข้อจำกัดของระบบ
- พิจารณาปริมาณการผลิตชิ้นงาน งานทีมีปริมาณการผลิตจำนวนมาก จะถูกพิจารณาให้เป็นงานที่มีลำดับความสำคัญมาก เนื่องจากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ต้องการที่จะเพิ่มจำนวนชิ้นงานที่ผลิตให้มากที่สุด

3.3.4.2 การจัดสรรการดำเนินงานหรือการโหลดงานให้เครื่องจักร

การจัดสรรการดำเนินงานหรือการโหลดงานให้เครื่องจักร จะทำการตัดสินใจจากการพิจารณาค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของเวคเตอร์ในการจัดสรรงาน ($\mu[OMAV_n^j]$) ซึ่งค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ที่มากจะเป็นการเลือกเส้นทางการผลิตของชิ้นงานที่พยายามทำให้เหลือเวลาผลิตและเหลือจำนวนช่องใส่เครื่องมือสำหรับงานถัดไปมากที่สุดดังแสดงในสมการที่ (3-15) และในการโหลดงานจะพิจารณาประเด็นต่างๆ ดังนี้

- ทำการจัดสรรการดำเนินงานให้กับชิ้นงานที่ยังไม่ได้กำหนดเส้นทางการผลิต
- จัดสรรงานโดยที่สามารถผลิตชิ้นงานนั้นภายในระยะเวลาของกะการทำงาน และใช้เครื่องมือที่อยู่ในช่องใส่เครื่องมือของเครื่องจักรเท่านั้น ถ้าเส้นทางการผลิตของชิ้นงานไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากช่องใส่เครื่องมือไม่เพียงพอ ค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ของเส้นทางการผลิตนั้นจะมีค่าเป็น 0
- ทำการจัดสรรงานซ้ำอีกครั้ง (Reallocation) ในกรณีที่ความไม่สมดุลของระบบ (System Unbalance) มีค่าเป็นลบ ซึ่งจะทำการ Reallocate เพื่อให้ค่า SU_A เป็นค่าบวกที่น้อยที่สุดที่จะเป็นไปได้ โดยตัดงานที่อยู่ในเซต A ออก และพยายามโหลดงานที่อยู่ในเซต U เข้ามาแทนที่

3.3.5 ฮิวริสติกที่นำเสนอของ Vidyarthi and Tiwari (2001)

แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการพัฒนาฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) ที่ได้กล่าวมาในหัวข้อที่ 3.3.4 เพื่อแก้ปัญหาการโหลดงานให้เครื่องจักรนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนของฮิวริสติกได้ดังนี้

1. เก็บข้อมูลจำนวนงานที่จะนำมาพิจารณาในการโหลดให้เครื่องจักร จำนวนเครื่องจักรที่มีในระบบ เวลาที่ใช้การผลิตในแต่ละกะการทำงาน จำนวนช่องใส่เครื่องมือบนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง จากนั้นพิจารณาในแต่ละการดำเนินงานโดยเก็บข้อมูลต่างๆ ได้แก่ เวลาในการผลิตต่อหน่วย เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต และจำนวนช่องใส่เครื่องมือที่ต้องใช้

2. คำนวณหาค่า Essential Time Requirement และ Essential Tool Slot Requirement บนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง

3. คำนวณหาค่า $\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}$ $\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}$ และ q_j ของทุกๆงาน j = 1, 2, 3, ..., JI

4. คำนวณค่า μ_e^j, μ_o^j, μ_q^j ของทุกๆงาน j = 1, 2, 3, ..., JI

5. คำนวณค่า μ_s^j จากสมการที่ (3-15) เพื่อคำนวณหาลำดับความสำคัญในการโหลดงานซึ่งลำดับในการโหลดงานจะเรียงตามงานที่มีค่า μ_s^j จากมากไปน้อย และเซต S คือ เซตของงานที่ได้จัดลำดับความสำคัญแล้ว

6. กำหนดงานที่จะทำการให้ผลิตให้กับเครื่องจักร โดยโหลดตามลำดับของงานในเซต S

   6.1 เริ่มต้นโหลดงานในลำดับที่ 1

   6.2 หาค่า $[OMAV_n^j]$ ของงาน j

   6.3 หาค่า RT_m ,RS_m ,ET_m ,ES_m ,AT_m และ AS_m ของทุก ๆ เครื่องจักร m ในการโหลดทุก ๆ เส้นทางการเดินตาม $[OMAV_n^j]$

   6.4 คำนวณค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ของทุก ๆ เส้นทางการเดิน โดยคำนวณได้จากสมการที่ (3-5)

   6.5 เลือกเส้นทางการผลิตที่มีค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ที่มากที่สุดและจัดสรรงานตามเส้นทางการผลิตนั้น งาน j จะถูกกำหนดให้เป็นสมาชิกในเซต A ถ้าค่า $\mu[OMAV_n^j]$ = 0 เนื่องจากบนเครื่องจักรใด ๆ มีค่า $RS_m[OMAV_n^j] < 0$ แล้วจะตัดเส้นทางการผลิตนั้นออกจากการพิจารณา เพื่อป้องกันการเลือกเส้นทางการผลิตที่เกินข้อจำกัดด้านจำนวนช่องใส่เครื่องมือของเครื่องจักร ถ้างานที่พิจารณามีค่า $RS_m[OMAV_n^j] < 0$ ในทุก ๆ n ของเส้นทางการผลิต จะตัดงาน j ออกจากการพิจารณาและงาน j จะถูกกำหนดให้เป็นสมาชิกในเซต U

   6.6 ปรับค่าข้อมูลต่าง ๆ ใหม่ ได้แก่ค่า ET'_m ,ES'_m ,AT_m และ AS_m

6.7 ถ้างานที่พิจารณานั้นยังพิจารณาไม่ครบทุกงานที่อยู่ในเซต S ให้พิจารณางานในลำดับต่อไปและทำตามขั้นตอนที่ 6.2 หากพิจารณาครบทุกงานแล้วให้ทำตามขั้นตอนที่ 7

7. คำนวณหาสมาชิกในเซต U และ A และคำนวณหาค่า SU_A และ Th_A

8. ถ้าค่า SU_A เป็นค่าบวกแล้ว $SU = SU_A$ และ $Th = Th_A$ แต่ถ้า SU_A เป็นค่าลบแล้วต้องมีการจัดสรรงานซ้ำอีกครั้ง

9. วิธีการในการจัดสรรงานซ้ำอีกครั้ง

9.1 คำนวณค่า SU_{Aj} โดยที่ SU_{Aj} คือ ค่าความไม่สมดุลของระบบหลังจากที่ดึงงาน j ออกจากเซต A ถ้าดึงงาน j ออกจากเซต A แล้วค่า SU_A ยังเป็นค่าที่ติดลบอยู่จะทำการดึงงานออกเป็นคู่ ๆ จนกระทั่งค่า SU_A มีค่าเป็นบวก และเลือกงานที่จะดึงออกจากงานที่ทำให้เกิดค่า SU_A ที่เป็นบวกน้อยที่สุด

9.2 ปรับค่าข้อมูลต่าง ๆ ใหม่ ได้แก่ ET'_m ,ES'_m ,RT_m ,RS_m ,A และ U

9.3 คำนวณค่า SU_{Uj} โดยที่ SU_{Uj} คือ ค่าความไม่สมดุลของระบบหลังจากที่จัดสรรงาน j จากเซต U โดยเลือกงาน j จากเซต U ตามลำดับของงานที่ถูกตัดออกจากการพิจารณา ปรับค่า U ,A ,ET_m ,ES_m ,RT_m และ RS_m ถ้าค่า SU_A ยังมีค่าติดลบอยู่ให้ย้อนกลับไปทำขั้นตอนที่ 9.1 แต่หากค่า SU_A มีค่าเป็นบวกแล้วคำนวณค่า $SU = SU_A$ และ $Th = Th_A$

3.4 ปัญหาที่พบในฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001)

จากการที่ได้ศึกษาฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) พบว่าเป็นฮิวริสติกที่ทำให้ค่าความไม่สมดุลของระบบ และจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ในกะการทำงานดีกว่าฮิวริสติกของงานวิจัยในอดีตที่นำมาเปรียบเทียบ ได้แก่ งานวิจัยของ Shanker and Srinivasulu (1989), Mukhopadhyay et al.(1992) และ Tiwari et al. (1997) แต่เมื่อพิจารณาว่าผลของการโหลดงานจะถูกนำไปใช้ในการจัดตารางงาน และนำไปใช้ในการผลิตจริงนั้นพบว่า ฮิวริสติกนี้มีปัญหาสำหรับการนำไปใช้จริง ซึ่งปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ ได้แก่ การที่ไม่พิจารณางานทั้งหมดที่รับคำสั่งจากลูกค้า การเลือกเส้นทางผลิตที่ผิดจากความเป็นจริง และเครื่องจักรมีเวลาไม่พอในการผลิตงานที่ถูกโหลด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 การที่ไม่พิจารณางานทั้งหมดที่รับคำสั่งจากลูกค้า

ฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) ทำการโหลดงานให้เฉพาะงานที่โหลดได้ในกะการทำงานเพียงกะเดียวเท่านั้น (8 ชั่วโมง หรือ480 นาที) หากงานใดที่ไม่สามารถโหลดในกะการทำงานนี้ได้จะตัดงานนั้นออกจากการพิจารณา ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตในความเป็นจริงนั้น จะทำการพิจารณาโหลดงานให้เครื่องจักรจากงานที่รับคำสั่งผลิตจากลูกค้าและทำการผลิตงานทั้งหมดเพื่อส่งมอบให้กับลูกค้า ผู้ผลิตไม่สามารถยกเลิกงานที่รับจากลูกค้าได้ จึงมีข้อสันนิษฐานว่าฮิวริสติกนี้อาจจะเหมาะสมสำหรับการโหลดงานในกะการทำงานเพียงกะเดียวเท่านั้น หากมีการโหลดงานที่เหลือในกะการทำงานต่อไปอาจจะทำให้ค่าความไม่สมดุลของระบบมีมาก ซึ่งในตารางที่ 3.1 ได้แสดงจำนวนงานที่ถูกตัดออกจากการพิจารณาในการโหลดงานของ Vidyarthi and Tiwari (2001) จะเห็นว่าปัญหาที่พิจารณาส่วนมากนั้นจะไม่พิจารณางานทั้งหมดที่รับคำสั่งผลิตจากลูกค้า

ตารางที่ 3.1 แสดงจำนวนงานที่ถูกตัดออกจากการพิจารณาของ Vidyarthi and Tiwari (2001)

ปัญหาที่	จำนวนงานที่พิจารณาทั้งหมด	จำนวนงานที่ถูกโหลด	จำนวนงานที่ถูกตัดออกจากการพิจารณา
1	8	4	4
2	6	5	1
3	5	4	1
4	5	5	0
5	6	5	1
6	6	5	1
7	6	4	2
8	7	5	2
9	7	7	0
10	6	5	1

3.4.2 การเลือกเส้นทางผลิตที่ผิดจากความเป็นจริง

ระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ทำการพิจารณานี้เป็นระบบแบบ General FMS ที่พิจารณาเครื่องจักรกลในระบบมีความแตกต่างกัน (เครื่องจักรกลไม่ได้เหมือนกันทุกประการ) ทำให้การผลิตชิ้นงานบางชิ้นงานที่ต้องผลิตบนเครื่องจักรเฉพาะไม่สามารถผลิตบนเครื่องจักรตัวอื่นได้ และชิ้นงานบางชิ้นสามารถมีเครื่องจักรให้เลือกผลิตได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลายตัว ทำให้ในการผลิตชิ้นงานชิ้นหนึ่ง ๆ มีเส้นทางในการผลิตให้เลือกได้หลายเส้นทาง

Vidyarthi and Tiwari (2001) ได้เสนอฮิวริสติกที่เลือกเส้นทางการผลิตโดยคำนึงถึงเวลาที่เครื่องจักรมีอยู่เพื่อใช้ในการผลิต จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่มีอยู่ของแต่ละเครื่องจักร ความต้องการเวลาและเครื่องมือในการผลิต Essential Operation ของแต่ละเครื่องจักร รวมถึงได้พิจารณาเวลาที่เหลืออยู่สำหรับโหลด Optional Operation ของงานที่ยังไม่ได้กำหนดเส้นทางการผลิต (พิจารณาค่า $(RT_m[OMAV_n^j] - ET_m)$ และ $(RS_m[OMAV_n^j] - ES_m)$ ปัจจัยต่าง ๆ ที่นำมาพิจารณานี้จะนำมาคำนวณเป็นค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของเส้นทางการผลิต $\mu[OMAV_n^j]$ ดังที่ได้แสดงในสมการที่ (3-15) เพื่อใช้ในการเลือกเส้นทางการผลิตจากค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ที่มากที่สุด

สมการที่ (3-15) จะสามารถเลือกเส้นทางการผลิตที่เครื่องจักรแต่ละตัวเหลือเวลามาก ๆ ในการผลิต Optional Operation ของงานที่ยังไม่ได้กำหนดเส้นทางการผลิต แต่สมการนี้จะเป็นจริงได้เฉพาะกรณีที่ $ET_m < AT_m$ และ $ES_m < AS_m$ เท่านั้น โดยจะอธิบายอย่างละเอียด ดังนี้

3.4.2.1 พิจารณาด้านเวลาในการผลิตของเครื่องจักร

ฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) จะเลือกเส้นทางการผลิตเพื่อโหลดงานให้เครื่องจักรโดยจะเลือกเส้นทางเดินเหลือเวลามาก ๆ สำหรับโหลด Optional Operation ของงานที่ยังไม่ได้กำหนดเส้นทางการผลิต ซึ่งเวลาในการผลิตของเครื่องจักรนี้จะพิจารณาจากค่า

$$\frac{\left(\frac{RT_m\left[OMAV_n^j\right]-ET_m}{AT_m-ET_m}\right)-Min\left(\frac{RT_m\left[OMAV_n^j\right]-ET_m}{AT_m-ET_m}\right)}{Max\left(\frac{RT_m\left[OMAV_n^j\right]-ET_m}{AT_m-ET_m}\right)-Min\left(\frac{RT_m\left[OMAV_n^j\right]-ET_m}{AT_m-ET_m}\right)} \quad (3\text{-}16)$$

จากสมการที่ (3-15) ค่า $\mu[OMAV_n^j]$ จะมีค่ามาก (เส้นทางการผลิตที่โอกาสจะถูกเลือกมีสูง) จะมีค่าอัตราส่วนที่ (3-16) มากซึ่งในการพิจารณาเครื่องจักรแต่ละตัวของแต่ละเส้นทางการผลิตจะพิจารณาจากค่า

$$\left(\frac{RT_m\left[OMAV_n^j\right]-ET_m}{AT_m-ET_m}\right) \quad (3\text{-}17)$$

พิจารณาการโหลดงานของเส้นทางการผลิต n ของงาน j ให้กับเครื่องจักร m ที่มีความต้องการเวลาในการผลิต Essential Operation เท่ากับ ET_m โดยก่อนที่จะโหลดงานเครื่องจักรเหลือเวลาในการผลิตเท่ากับ AT_m และเมื่อโหลดงาน j ให้กับเครื่องจักร m แล้วทำให้เครื่องจักรเหลือเวลาในการผลิตเท่ากับ $RT_m[OMAV_n^j]$ เนื่องจากจะต้องเผื่อเวลาสำหรับผลิต Essential Operation จึงพิจารณาเส้นทางการผลิตที่โหลดงานให้กับเครื่องจักรที่มีเวลาเหลือในการผลิต Optional Operation เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีค่าเท่ากับ $(RT_m[OMAV_n^j] - ET_m)$ และ $RT_m[OMAV_n^j]$ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ AT_m เสมอ ดังนั้นอัตราส่วนที่ (3-17) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งจะเป็นจริงเฉพาะกรณีที่ $ET_m < AT_m$ เท่านั้น

กรณีที่ $ET_m > AT_m$ ถ้าเลือกเส้นทางการผลิตจากอัตราส่วนที่ (3-17) ที่มีค่ามากแล้ว ผลที่ได้คือ เส้นทางการผลิตที่เลือกเป็นเส้นทางที่เหลือเวลาสำหรับผลิต Optional Operation ที่น้อยที่สุด เนื่องจาก $(RT_m[OMAV_n^j] - ET_m) < 0$, $(AT_m - ET_m) < 0$ และ $RT_m[OMAV_n^j] < AT_m$ จะได้ว่า

$$\left(\frac{RT_m\left[OMAV_n^j\right] - ET_m}{AT_m - ET_m} \right) \geq 1$$

เมื่อนำค่า $(RT_m[OMAV_n^j] - ET_m)$ ซึ่งเป็นค่าติดลบ และนำมาหารด้วยค่า $(AT_m - ET_m)$ ซึ่งเป็นค่าติดลบเช่นกัน จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่าบวกและเป็นค่าที่มากกว่า 1 และจะทำให้เส้นทางการผลิตนั้นมีค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ที่มาก และมีโอกาสที่จะโหลดงานตามเส้นทางการผลิตนี้ ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้วเส้นทางในการผลิตนี้เป็นเส้นทางที่ไม่เหมาะสมที่สุดที่จะโหลดงาน

3.4.2.2 พิจารณาด้านช่องใส่เครื่องมือของเครื่องจักร

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 3.4.2.1 ที่พิจารณาด้านเวลาในการผลิตของเครื่องจักร ในการพิจารณาจำนวนช่องใส่เครื่องมือของเครื่องจักรก็เช่นกัน ฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) จะเลือกเส้นทางการผลิตเพื่อโหลดงานให้เครื่องจักรโดยจะเลือกเส้นทางเดินเหลือช่องใส่เครื่องมือมาก ๆ สำหรับโหลด Optional Operation ของงานที่ยังไม่ได้กำหนดเส้นทางการผลิต ซึ่งช่องใส่เครื่องมือในการผลิตของเครื่องจักรนี้จะพิจารณาจากค่า

$$\frac{\left(\frac{RS_m\left[OMAV_n^j\right]-ES_m}{AS_m-ES_m}\right)-Min\left(\frac{RS_m\left[OMAV_n^j\right]-ES_m}{AS_m-ES_m}\right)}{Max\left(\frac{RS_m\left[OMAV_n^j\right]-ES_m}{AS_m-ES_m}\right)-Min\left(\frac{RS_m\left[OMAV_n^j\right]-ES_m}{AS_m-ES_m}\right)} \quad (3\text{-}18)$$

จากสมการที่ (3-15) ค่า $\mu[OMAV_n^j]$ จะมีค่ามาก (เส้นทางการผลิตที่โอกาสจะถูกเลือกมีสูง) จะมีค่าอัตราส่วนที่ (3-18) มากซึ่งในการพิจารณาเครื่องจักรแต่ละตัวของแต่ละเส้นทางการผลิตจะพิจารณาจากค่า

$$\left(\frac{RS_m\left[OMAV_n^j\right]-ES_m}{AS_m-ES_m}\right) \quad (3\text{-}19)$$

พิจารณาการโหลดงานของเส้นทางการผลิต n ของงาน j ให้กับเครื่องจักร m ที่มีความต้องการช่องใส่เครื่องมือในการผลิต Essential Operation เท่ากับ ES_m โดยก่อนที่จะโหลดงานเครื่องจักรเหลือช่องใส่เครื่องมือในการผลิตเท่ากับ AS_m และเมื่อโหลดงาน j ให้กับเครื่องจักร m แล้วทำให้เครื่องจักรเหลือช่องใส่เครื่องมือในการผลิตเท่ากับ $RS_m[OMAV_n^j]$ เนื่องจากจะต้องเผื่อช่องใส่เครื่องมือสำหรับผลิต Essential Operation จึงพิจารณาเส้นทางการผลิตที่โหลดงานให้กับเครื่องจักรที่มีช่องใส่เครื่องมือเหลือในการผลิต Optional Operation เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีค่าเท่ากับ $(RS_m[OMAV_n^j] - ES_m)$ และ $RS_m[OMAV_n^j]$ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ AS_m เสมอ ดังนั้นอัตราส่วนที่ (3-9) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งจะเป็นจริงเฉพาะกรณีที่ $ES_m < AS_m$ เท่านั้น

กรณีที่ $ES_m > AS_m$ ถ้าเลือกเส้นทางการผลิตจากอัตราส่วนที่ (3-19) ที่มีค่ามากแล้ว ผลที่ได้คือ เส้นทางการผลิตที่เลือกเป็นเส้นทางที่เหลือช่องใส่เครื่องมือสำหรับผลิต Optional Operation ที่น้อยที่สุด เนื่องจาก $(RS_m[OMAV_n^j] - ES_m) < 0$, $(AS_m - ES_m) < 0$ และ $RT_m[OMAV_n^j] < AT_m$ จะได้ว่า

$$\left(\frac{RT_m\left[OMAV_n^j\right]-ET_m}{AT_m-ET_m}\right) \geq 1$$

เมื่อนำค่า $(RT_m[OMAV_n^j] - ET_m)$ ซึ่งเป็นค่าติดลบ และนำมาหารด้วยค่า $(AT_m - ET_m)$ ซึ่งเป็นค่าติดลบเช่นกัน จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่าบวกและเป็นค่าที่มากกว่า 1 และจะทำให้เส้นทางการผลิตนั้นมีค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ที่มาก และมี

โอกาสที่จะโหลดงานตามเส้นทางการผลิตนี้ ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้วเส้นทางในการผลิตนี้เป็นเส้นทางที่ไม่เหมาะสมที่สุดที่จะโหลดงาน

Vidyarthi and Tiwari (2001) เลือกเส้นทางการผลิตโดยไม่ได้คำนึงถึงกรณีที่ $ET_m > AT_m$ และ $ES_m > AS_m$ ซึ่งเมื่อเกิดกรณีนี้ขึ้นแล้วฮิวริสติกที่ Vidyarthi and Tiwari (2001) จะเลือกเส้นทางการผลิตที่ตรงข้ามกับเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

3.4.3 เครื่องจักรมีเวลาไม่พอในการผลิตงานที่ถูกโหลด

งานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) ได้พิจารณาการโหลดงานให้เครื่องจักรโดยได้มีการพิจารณาข้อจำกัดด้านเวลาในการผลิตจากค่าความไม่สมดุลของระบบ (*SU*) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-5) ซึ่งจะทำการจัดสรรงานซ้ำเมื่อค่า *SU* มีค่าติดลบโดยการดึงงานออกจากเซต *A* และลองโหลดงานในเซต *U* ให้กับเครื่องจักร และฮิวริสติกนี้จะสิ้นสุดเมื่อค่า *SU* มีค่าเป็นบวก

ในการพิจารณาการสิ้นสุดของการโหลดงานที่พิจารณาจากค่า *SU* มีค่าเป็นบวกนั้น ไม่ได้เป็นการพิจารณาเวลาที่เหลือบนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง แต่เป็นการพิจารณาผลรวมเวลาที่เหลือบนเครื่องจักรให้มีค่าเป็นบวก ซึ่งเมื่อพิจารณาเส้นทางการผลิตแล้วจะพบว่าเครื่องจักรบางตัวจะต้องทำการผลิตชิ้นงานที่ใช้เวลาในการดำเนินงานมากกว่าเวลาที่มีในการผลิต (480 นาที) ซึ่งในตารางที่ 3.2 ได้แสดงผลการเลือกเส้นทางการผลิตของ Vidyarthi and Tiwari (2001) และในตารางที่ 3.3 ได้แสดงความต้องการเวลาในการผลิตและเวลาที่เกินกำลังการผลิตของแต่ละเครื่องจักร

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการเลือกเส้นทางการผลิตของVidyarthi and Tiwari (2001)

Problem No.	Job No.	$OMAV_n^j$
1	3	M1(338,2) + M3(143,3)
	8	M2(325,1) + M2(91,1) +M1(312,3)
	6	M4(160,1) + M2(70,1) + M2(210,1)
	1	M3(144,1)
2	5	M4(480,2) + M1(160,1) + M1(256,1)
	1	M2(180,2)
	6	M2(231,3)
	4	M3(225,1)
	3	M1(264,3)
3	3	M4(440,2) + M3(462,2)
	1	M3(250,3)
	2	M2(310,3)
	5	M1(160,1) + M2(170,1)

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) แสดงผลการเลือกเส้นทางการผลิตของVidyarthi and Tiwari (2001)

Problem No.	Job No.	$OMAV_n^i$
4	2	M3(81,1) + M3(54,2)
	4	M3(168,2) + M3(144,1) + M2(144,1)
	5	M1(240,4)
	3	M4(96,1)
	1	M2(60,1) + M1(72,2) + M4(42,1)
5	4	M4(140,1) + M1(364,2) + M3(224,1)
	1	M2(144,2) + M2(108,1)
	6	M1(216,2)
	5	M3(240,3)
	2	M2(200,2)
6	5	M4(480,2) + M4(256,1)
	1	M2(180,2)
	4	M3(225,1)
	3	M1(264,3)
	6	M2(231,3)
7	2	M4(150,1) + M1(375,2) + M3(240,1)
	6	M1(120,2) + M2(108,1)
	4	M3(210,1) + M4(300,2)
	1	M1(240,2)
8	5	M1(364,2) + M3(154,3)
	6	M3(325,1) + M2(221,1) + M1(312,3)
	7	M2(70,1)
	2	M3(160.1)
	4	M3(168,1) + M4(133,1)
9	2	M3(180,1)
	5	M4(80,1) + M1(100,1)
	7	M2(72,1) + M4(81,2)
	4	M1(99,1) + M2(121,2)
	1	M3(150,2) + M1(180,2)
	3	M2(240,2)
	6	M4(176,1) + M1(132,1)
10	5	M1(325,1) + M2(91,1) + M2(360,1)
	1	M4(91,1) + M4(104,1) + M2(117,2)
	2	M3(81,1) + M4(72,1) + M1(72,1)
	6	M3(168,2) + M1(228,1)
	3	M1(99,1) + M1(90,1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 แสดงความต้องการเวลาในการผลิตและเวลาที่เกินกำลังการผลิตของเครื่องจักร

ปัญหาที่	เวลาที่ต้องในการผลิต (นาที)				เวลาที่เกินกำลังการผลิต (นาที)			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
1	650	696	287	160	170	216	0	0
2	680	411	225	480	200	0	0	0
3	160	480	712	440	0	0	232	0
4	312	204	447	138	0	0	0	0
5	580	472	464	140	100	0	0	0
6	264	411	225	736	0	0	0	256
7	735	108	450	450	255	0	0	0
8	676	291	807	133	196	0	327	0
9	511	433	330	337	31	0	0	0
10	724	658	249	267	244	178	0	0

พิจารณาตารางที่ 3.3 จะเห็นว่าผลที่ได้จากการโหลดงานตามฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) นี้ไม่สามารถนำมาใช้ในการจัดตารางงานในการผลิตได้จริง เพราะเมื่อพิจารณาข้อจำกัดด้านเวลาที่มีในการผลิตของเครื่องจักรแต่ละตัว พบว่าจากจำนวนปัญหาที่พิจารณาทั้งหมด 10 ปัญหา มีเพียงแค่ 1 ปัญหาเท่านั้นที่ภาระงานบนเครื่องจักรแต่ละตัวไม่เกินเวลาที่มีในการผลิตภายในกะการทำงาน (480 นาที) แสดงให้เห็นว่าวิธีการในการจัดสรรงานซ้ำอีกครั้งในฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการจัดตารางงาน

3.5 แนวทางในการปรับปรุงฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001)

3.5.1 พิจารณางานทั้งหมดที่รับคำสั่งจากลูกค้า

ขั้นตอนในการวางแผนการผลิตนั้นเริ่มจากผู้ผลิตรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า มีการกำหนดเวลาส่งมอบงาน วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ในการผลิต เช่น เวลาและทรัพยากรต่างๆ ที่ใช้ในการผลิต จากนั้นผู้ผลิตจะมีการวางแผนการผลิต และทำการผลิตชิ้นงานเพื่อส่งมอบให้ลูกค้า ผู้ผลิตไม่สามารถยกเลิกหรือเลิกผลิตงานที่รับจากลูกค้าได้ ดังนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์การโหลดงานให้เครื่องจักรเพื่อจัดตารางงาน จำเป็นที่จะต้องโหลดงานทั้งหมดให้กับเครื่องจักร ในกรณีที่ไม่สามารถโหลดงานทั้งหมดภายในระยะเวลากะการทำงานได้ จะทำการโหลดงานที่เหลือในกะต่อไป จนกระทั่งงานทุกงานถูกโหลดให้กับเครื่องจักร

3.5.2 เลือกเส้นทางที่เหมาะสมให้สอดคล้องกับความเป็นจริง

การเลือกเส้นทางการผลิตที่เหมาะสมให้สอดคล้องกับความสามารถในการผลิตของเครื่องจักร และความต้องการใช้เครื่องจักรในการผลิตชิ้นงานอื่นๆ จะทำให้ระบบสามารถผลิตชิ้นงานได้จำนวนมาก และมีเวลาในการรอคอยของเครื่องจักร (Idle Time) น้อย ในงานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) เลือกเส้นทางการผลิตจากค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ดังที่ได้แสดงในสมการที่ (3-15) แต่เป็นการเลือกเส้นทางการผลิตโดยไม่ได้คำนึงถึงกรณีที่ $ET_m > AT_m$ และ $ES_m > AS_m$ ซึ่งเมื่อเกิดกรณีนี้ขึ้นแล้วฮิวริสติกที่ Vidyarthi and Tiwari (2001) จะเลือกเส้นทางการผลิตที่ตรงข้ามกับเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

การปรับปรุงฮิวริสติกที่ใช้ในการโหลดงานจะพิจารณาค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ออกเป็น 2 กรณี ในด้านการพิจารณาเวลาที่มีในการผลิตแบ่งเป็น กรณีที่1 $ET_m < AT_m$ และกรณีที่2 $ET_m > AT_m$ ในด้านการพิจารณาจำนวนช่องใส่เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแบ่งเป็นกรณีที่1 $ES_m < AS_m$ และกรณีที่2 $ES_m > AS_m$ ซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดของการคำนวณไว้ในหัวข้อที่ 3.6

3.5.3 โหลดงานและจัดสรรงานซ้ำให้สอดคล้องกับเวลาที่มีในการผลิต

การจัดสรรงานซ้ำจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีการโหลดงานแล้วพบว่า ภาระงานของเครื่องจักรมีมากกว่าเวลาที่เครื่องจักรสามารถทำการผลิตได้ในระยะเวลาหนึ่งกะการทำงาน ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) พบว่าจากจำนวนปัญหาที่พิจารณาทั้งหมด 10 ปัญหา มีเพียงแค่ 1 ปัญหาเท่านั้นที่ภาระงานบนเครื่องจักรแต่ละตัวไม่เกินเวลาที่มีในการผลิตภายในกะการทำงาน (480 นาที) อีก 9 ปัญหาที่เหลือนั้นจะมีเครื่องจักรบางตัวที่มีภาระงานมากกว่าเวลาที่มีในการผลิต

การปรับปรุงฮิวริสติกจะพิจารณาวิธีในการจัดสรรงานซ้ำที่ไม่ทำให้ภาระงานบนเครื่องจักรมากเกินกว่าเวลาที่มีในการผลิต ซึ่งในงานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) จะเป็นการพิจารณาค่า $SU_A = \sum_{m=1}^{M} RT_m$ ให้ค่า SU_A เป็นค่าบวก ซึ่งค่า $\sum_{m=1}^{M} RT_m$ ที่เป็นบวกไม่ได้หมายความว่า RT_m ของเครื่องจักรแต่ละตัวจะมีค่าเป็นบวกเสมอไป ดังนั้นแนวทางในการจัดสรรงานซ้ำจะทำการพิจารณาค่า RT_m ของเครื่องจักรแต่ละตัวให้มีค่าเป็นบวก ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดของการคำนวณไว้ในหัวข้อที่ 3.6

3.5.4 พิจารณาเวลาส่งมอบงาน

เวลาส่งมอบงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการวางแผนการผลิต เนื่องจากผู้ผลิตควรที่จะมีการวางแผนการผลิต เพื่อที่จะส่งมอบงานได้ตามเวลาส่งมอบที่ได้ตกลงไว้กับลูกค้า และจากงานวิจัยของ Grieco et al. (2001) พบว่างานวิจัยที่ศึกษาปัญหาการโหลดงานให้เครื่องจักรนั้นส่วนมากจะมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดสมดุลเวลาการทำงานของเครื่องจักร ลดจำนวนการเคลื่อนย้ายของชิ้นงาน ลดความไม่สมดุลของระบบ หรือลดจำนวนการเปลี่ยนเครื่องมือในช่องใส่เครื่องมือของเครื่องจักร ซึ่งวัตถุประสงค์เหล่านี้เป็นวัตถุประสงค์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการผลิต แต่มีความสอดคล้องกับเป้าหมายขององค์กรน้อย ซึ่งเป้าหมายขององค์กรมักจะมองในด้านของต้นทุน การส่งมอบงานให้ลูกค้า เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ เป็นต้น ดังนั้นการโหลดงานควรจะมีวัตถุประสงค์ที่สอดคล้องกับเป้าหมายขององค์กร เช่น ลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ลดจำนวนงานที่ล่าช้า เป็นต้น ซึ่ง Grieco et al. พบว่างานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนงานที่เสร็จล่าช้า ได้แก่ Shanker and Tzen (1985), Moreno and Ding (1989), Moreno and Ding (1993), Roh and Kim (1997) และ Atmani and Lashkari (1998)

การปรับปรุงฮิวริสติกจะพิจารณาในด้านเวลาส่งมอบงาน โดยจะพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนในการจัดลำดับความสำคัญในการโหลดงาน ซึ่งจะนำเวลาส่งมอบงานมาเป็นเกณฑ์ในการจัดลำดับความสำคัญของงานด้วย นอกจากนี้ยังมีการพิจารณาเวลาส่งมอบงานในส่วนของการจัดสรรงานซ้ำ และการจัดตารางงาน เพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุดในการโหลดงานและจัดตารางงาน ที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการส่งมอบงานน้อยที่สุด ซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดในการคำนวณในหัวข้อที่ 3.6

3.5.5 เลือกเส้นทางการผลิตโดยพิจารณาภาระงานทั้งหมดของเครื่องจักร

งานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) ทำการตัดสินใจเลือกเส้นทางการผลิตจากการพิจารณาค่า $\mu[OMAV_n^j]$ คำนวณได้จากสมการที่ (3-15) ซึ่งเป็นการพิจารณาเวลาที่มีในการผลิตของเครื่องจักร เวลาที่เครื่องจักรนั้นต้องใช้ในการผลิต Essential Operation และเวลาที่เครื่องจักรจะเหลือสำหรับผลิตงานต่อไปหลังจากที่โหลดงาน j ที่กำลังพิจารณาอยู่ แต่ไม่ได้มีการพิจารณาถึงภาระงานทั้งหมดที่เครื่องจักรแต่ละเครื่องจะต้องทำการผลิต นั่นคือ ไม่ได้คำนึงถึงเวลาที่ต้องใช้ในการผลิต Optional Operation ของเครื่องจักร ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยของ Mukhopadhyay et al. (1991) ที่ได้มีการจัดลำดับความสำคัญของเครื่องจักรเพื่อที่จะโหลดงานและจัดตารางงาน โดยจะให้ความสำคัญกับเครื่องจักรที่มีภาระงานที่จะต้องทำการผลิตน้อย และงานวิจัยของ Garetti et al. (1990) ที่ทำการศึกษากฎที่ใช้ในการโหลดงานให้เครื่องจักร และจัดตารางงาน พบว่ากฎที่ดีสำหรับการโหลดงานให้เครื่องจักรนั้น คือ กฎที่มีการพิจารณา

ภาระงานทั้งหมดสำหรับงานที่ยังไม่ได้โหลดของเครื่องจักรควบคู่กับการพิจารณาภาระงานที่ถูกโหลดให้กับเครื่องจักรไปแล้ว แสดงให้เห็นว่า การพิจารณาภาระงานทั้งหมดที่เครื่องจักรจะต้องทำการผลิตเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจที่ดีที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการโหลดงานให้เครื่องจักร

การปรับปรุงฮิวริสติกจะพิจารณาภาระงานทั้งหมดที่เครื่องจักรจะต้องทำการผลิต โดยแบ่งภาระงานออกเป็น 2 ประเภท คือ ภาระงานในการผลิต Essential Operation และ ภาระงานในการผลิต Optional Operation ซึ่งภาระงานในการผลิต Essential Operation นี้จะมีความสำคัญมากกว่า Optional Operation เนื่องจากการดำเนินงานที่มีลักษณะเป็น Essential Operation เป็นการดำเนินงานที่ต้องผลิตบนเครื่องจักรนั้นๆ โดยเฉพาะ ไม่สามารถผลิตบนเครื่องจักรอื่นได้ แต่การดำเนินงานที่มีลักษณะเป็น Optional Operation ยังสามารถเลือกผลิตบนเครื่องจักรอื่นได้ ซึ่งรายละเอียดของการคำนวณได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 3.6

3.5.6 พิจารณาการโหลดงานควบคู่กับการจัดตารางงาน

การโหลดงานให้เครื่องจักร เป็นขั้นตอนในการในการวางแผนการผลิตเพื่อที่จะนำผลที่ได้จากการโหลดงานนี้มาใช้ในการจัดตารางงาน เพื่อให้ได้วิธีการในการโหลดงานที่มีประสิทธิภาพและมั่นใจได้ว่าผลที่ได้จากการโหลดงานนี้สามารถนำมาใช้ในการจัดตารางงานได้จริง จึงได้มีการศึกษาการโหลดงานให้เครื่องจักรควบคู่กับการจัดตารางงาน โดยในการจัดตารางงานนั้นจะได้มีการศึกษากฎการจ่ายงานที่เหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้เกิดความล่าช้าในการส่งมอบงานน้อยที่สุด เนื่องจากระบบที่พิจารณานี้เป็นระบบที่ทราบจำนวนงานที่นำมาพิจารณา ทราบเวลาและเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต และทราบเวลาส่งมอบงาน ดังนั้นในการจัดตารางงานจึงได้ใช้วิธีการในการสร้างตารางเพื่อเป็นพื้นฐานในการหาคำตอบให้กับปัญหาการจัดตาราง คือ การสร้างตารางเชิงไม่หน่วงเหนี่ยว (Non-Delay Scheduling) (ปารเมศ ชุติมา, 2546) ซึ่งเป็นวิธีการที่คำนึงถึงข้อจำกัดด้านลำดับก่อนหลังของงาน โดยได้ใช้วิธีการนี้ควบคู่ไปกับการศึกษากฎการจ่ายงานแบบต่าง ๆ เนื่องจากการสร้างตารางโดยใช้กฎการจ่ายงานนี้เป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมในทางปฏิบัติ ซึ่งกฎการจ่ายงานที่นำมาใช้ในการพิจารณาและวิธีการในการสร้างตารางเชิงไม่หน่วงเหนี่ยวนั้นแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 3.6

3.5.7 พิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ

งานวิจัยนี้นอกจากที่ทำการปรับปรุงฮิวริสติกในการโหลดงานให้กับเครื่องจักรและศึกษากฎการจ่ายงานแล้ว ยังได้มีการพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อ

ประสิทธิภาพของระบบ (ประสิทธิภาพของระบบที่พิจารณา คือ ระยะเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ ระยะเวลาสายของชิ้นงาน และระยะเวลาล่าช้าของชิ้นงาน)

3.6 ฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุง

การปรับปรุงฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการปรับปรุงตามแนวทางที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 3.5 โดยเราสามารถแบ่งขั้นตอนในการพิจารณาการโหลดงานและการจัดตารางงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การจัดลำดับความสำคัญของงานเพื่อโหลดงาน การโหลดงานให้เครื่องจักร และการจัดตารางงาน ในหัวข้อที่ 3.6 นี้จะนำเสนอรายละเอียดของฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุงในประเด็นต่าง ๆ คือ สมมติฐานงานวิจัย สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย คำนิยามต่าง ๆ ในงานวิจัย แนวคิดสำหรับงานวิจัย และวิธีการของฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.6.1 สมมติฐานในงานวิจัย

- ชิ้นงานหนึ่ง ๆ สามารถมีได้หลายการดำเนินงาน และสามารถมีเส้นทางในการผลิตได้หลายเส้นทาง เนื่องจากระบบประกอบด้วยเครื่องจักรที่มีความสามารถผลิตการดำเนินงานเดียวกันได้ จึงทำให้มีเครื่องจักรให้เลือกผลิตหลายตัว
- ความสามารถในการผลิตของเครื่องจักรนั้นมีจำกัด นั่นคือ เครื่องจักรเครื่องหนึ่ง ๆ ไม่สามารถผลิตทุก ๆการดำเนินงานของชิ้นงานได้ เนื่องจากเครื่องจักรแต่ละตัวมีจำนวนช่องใส่เครื่องมือ 5 ช่อง จึงต้องมีการจัดสรรเครื่องมือให้กับเครื่องจักรในตอนเริ่มต้นกะการทำงาน
- ชิ้นงานมีการดำเนินงานได้มากกว่าหนึ่งการดำเนินงาน และในแต่ละการดำเนินงานนั้นสามารถผลิตบนเครื่องจักรได้มากกว่าหนึ่งตัว
- ทราบเวลาในการผลิตแต่ละการดำเนินงาน จำนวนเครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิต ปริมาณการผลิตชิ้นงาน และเวลาส่งมอบงานของชิ้นงานแต่ละชนิดก่อนที่จะมีการโหลดงานให้เครื่องจักร
- การดำเนินงานที่ต้องผลิตบนเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งโดยเฉพาะเรียกว่า Essential Operation
- การดำเนินงานที่มีเครื่องจักรให้เลือกผลิตได้หลายตัว โดยจะมีเวลาในการผลิต และจำนวนช่องใส่เครื่องมือที่เท่ากัน หรือแตกต่างกันก็ได้ เรียกว่า Optional Operation
- พิจารณาการโหลดงานในระยะเวลาการผลิต 1 กะการทำงาน นั่นคือ 8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที งานที่ไม่สามารถโหลดในระยะเวลานี้จะถูกพิจารณาสำหรับการโหลดงานและจัดตารางงานในกะต่อไป

- เมื่อทำการเลือกเส้นทางการดำเนินงานของชิ้นงานแล้ว ชิ้นงานนั้นจะต้องใช้เส้นทางนั้นเพียงเส้นทางเดียว
- ไม่มีการแบ่งงาน และไม่ยอมให้มีการแทรกงานเกิดขึ้น
- ไม่มีการเปลี่ยนเครื่องมือระหว่างเครื่องจักรในขณะที่ระบบทำงานอยู่
- เครื่องจักรที่พิจารณาไม่มีการเสีย หรือต้องหยุดทำงาน
- ทรัพยากรต่าง ๆ เช่น พาเล็ต ตัวจับยึดชิ้นงาน AGV มีจำนวนเพียงพอต่อการผลิต

3.6.2 *สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย*

ฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุงได้มีการใช้สัญลักษณ์เพิ่มเติมจากงานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) เพื่อกำหนดสูตรทางคณิตศาสตร์ โดยมีสัญลักษณ์ต่างๆ *ที่เพิ่มเติม* ดังนี้

d_j เวลาส่งมอบชิ้นงาน j

OT_{mj} เวลาที่ต้องการในการผลิต Optional Operation บนเครื่องจักร m *หลังจาก* โหลด Essential Operation ของงาน j

OS_{mj} จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่ต้องการในการผลิต Optional Operation บนเครื่องจักร m *หลังจาก* โหลด Optional Operation ของงาน j

OT'_{mj} เวลาที่ต้องการในการผลิต Optional Operation บนเครื่องจักร m *ก่อนที่จะ* โหลด Optional Operation ของงาน j

OS'_{mj} จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่ต้องการในการผลิต Optional Operation บนเครื่องจักร m *ก่อนที่จะ* โหลด Optional Operation ของงาน j

ATO_m เวลาที่เหลืออยู่ที่สามารถผลิต Optional Operation *หลังจาก* ที่โหลดงาน j (Available Time for Optional Operation) ของเครื่องจักร m

ASO_m จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่เหลืออยู่ที่สามารถผลิต Optional Operation *หลังจาก* ที่โหลดงาน j (Available Tool Slot for Optional Operation) ของเครื่องจักร m

ATO'_{mj} เวลาที่เหลืออยู่ที่สามารถผลิต Optional Operation *ก่อนที่จะ* โหลดงาน j (Available Time for Optional Operation) ของเครื่องจักร m

$$ATO'_m = AT_m - ET_{mj} \qquad (3\text{-}20)$$

ASO'_{mj} จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่เหลืออยู่ที่สามารถผลิต Optional Operation *ก่อนที่จะ* โหลดงาน j (Available Tool Slot for Optional Operation) ของเครื่องจักร m

$$ASO'_m = AS_m - ES_{mj} \quad (3\text{-}21)$$

X_m อัตราส่วนระหว่างเวลาที่เหลืออยู่ที่สามารถผลิต Optional Operation ก่อนที่จะโหลดงาน j และหลังจากที่โหลดงาน j

Y_m อัตราส่วนระหว่างจำนวนช่องใส่เครื่องมือที่เหลืออยู่ที่สามารถผลิต Optional Operation ก่อนที่จะโหลดงาน j และหลังจากที่โหลดงาน j

μ_d^j เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของเวลาส่งมอบงานของงาน j μ_d^j

w_d น้ำหนักความสำคัญ (Weights) สำหรับของเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่น μ_d^j

ws_m น้ำหนักความสำคัญ (Weights) ในด้านจำนวนช่องใส่เครื่องมือสำหรับตัดสินใจเลือกเส้นทางการผลิตของเครื่องจักร m

w_{ETR} น้ำหนักความสำคัญ (Weights) ของการพิจารณาค่า Essential Processing Time Requirement

w_{OTR} น้ำหนักความสำคัญ (Weights) ของการพิจารณาค่า Optional Processing Time Requirement

w_{ESR} น้ำหนักความสำคัญ (Weights) ของการพิจารณาค่า Essential Tool Slot Requirement

w_{OSR} น้ำหนักความสำคัญ (Weights) ของการพิจารณาค่า Optional Tool Slot Requirement

3.6.3 คำนิยามต่าง ๆ ในงานวิจัย

- μ_e^j คือ เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของ Essential Processing Time ของงาน j ซึ่งสำหรับฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุงนี้จะทำการทดลองโดยพิจารณาการให้ความสำคัญของ Essential Processing Time เป็นปัจจัยหนึ่งในการทดลอง เรียกปัจจัยนี้ว่า ETR Priority (Essential Time Requirement Priority) โดยแบ่งระดับของปัจจัยออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (Low Level) เป็นการให้ความสำคัญกับงานที่มี Essential Processing Time น้อย ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3-7) และระดับที่ 2 คือ ระดับสูง (High Level) เป็นการให้ความสำคัญกับงานที่มี Essential Processing Time มาก ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3-22)

$$\mu_e^j = \frac{\left(\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}\right) - Min\left(\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}\right)}{Max\left(\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}\right) - Min\left(\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}\right)} \quad (3\text{-}22)$$

$$Max\left(\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}\right) = \text{Maximum of } \sum_{k=1}^{K} te_{kjm} \quad \forall j = 1,2,3,...,J$$

$$Min\left(\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}\right) = \text{Minimum of } \sum_{k=1}^{K} te_{kjm} \quad \forall j = 1,2,3,...,J$$

- μ_o^j คือ เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของ Optional Processing Time ของงาน j ซึ่งสำหรับฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุงนี้จะทำการทดลองโดยพิจารณาการให้ความสำคัญของ Optional Processing Time เป็นปัจจัยหนึ่งในการทดลอง เรียกปัจจัยนี้ว่า OTR Priority (Optional Time Requirement Priority) โดยแบ่งระดับของปัจจัยออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (Low Level) เป็นการให้ความสำคัญกับงานที่มี Optional Processing Time น้อย ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3-23) และระดับที่ 2 คือ ระดับสูง (High Level) เป็นการให้ความสำคัญกับงานที่มี Optional Processing Time มาก ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3-8)

$$\mu_o^j = \frac{Max\left(\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}\right) - \left(\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}\right)}{Max\left(\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}\right) - Min\left(\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}\right)} \qquad (3\text{-}23)$$

$$Max\left(\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}\right) = \text{Maximum of } \sum_{k=1}^{K} to_{kjm} \quad \forall j = 1,2,3,...,J$$

$$Min\left(\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}\right) = \text{Minimum of } \sum_{k=1}^{K} to_{kjm} \quad \forall j = 1,2,3,...,J$$

- μ_q^j คือ เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของปริมาณการผลิตของงาน j ซึ่งถูกนิยามว่าเป็น อัตราส่วนของผลต่างระหว่างปริมาณการผลิตที่มากที่สุดกับปริมาณการผลิตของงาน j และ ผลต่างระหว่างปริมาณการผลิตที่มากที่สุดกับปริมาณการผลิตที่น้อยที่สุด ดังแสดงในสมการที่ (3-9)

- μ_d^j คือ เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของกำหนดเวลาส่งมอบของงาน j ซึ่งถูกนิยามว่าเป็น อัตราส่วนของผลต่างระหว่างกำหนดเวลาส่งมอบที่มากที่สุดกับกำหนดเวลาส่งมอบของงาน j และ ผลต่างระหว่างกำหนดเวลาส่งมอบที่มากที่สุดกับ กำหนดเวลาส่งมอบที่น้อยที่สุด ดังแสดงในสมการที่ (3-24)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\mu_q^j = \frac{(d_j) - Min(d_j)}{Max(d_j) - Min(d_j)} \quad (3\text{-}24)$$

$Max(d_j)$= Maximum of d_j $\forall j = 1,2,3,...,J$

$Min(d_j)$= Minimum of d_j $\forall j = 1,2,3,...,J$

- μ_S^j คือ เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของลำดับความสำคัญในการโหลดงานของงาน j ซึ่งพิจารณาจากน้ำหนักความสำคัญของ Essential Processing Time, Optional Processing Time ปริมาณการผลิต และกำหนดเวลาส่งมอบงานของงาน j ดังแสดงในสมการที่ (3-25) และลำดับในการโหลดงานจะพิจารณาจากค่า μ_S^j ของแต่ละงาน

$$\mu_S^j = \frac{w_e\mu_e^j + w_o\mu_o^j + w_q\mu_q^j + w_d\mu_d^j}{w_e + w_o + w_q + w_d} \quad (3\text{-}25)$$

- $OMAV_n^j$ คือ เวคเตอร์ที่ n ในการจัดสรรการดำเนินงานของงาน j ซึ่งเวคเตอร์นี้ใช้แทนเซตของการดำเนินงาน (ทั้ง Essential Operation และ Optional Operation) ที่ต้องใช้ในการผลิตงาน j ยกตัวอย่างเช่น ชิ้นงานหนึ่งมีการดำเนินงาน 3 การดำเนินงาน โดยที่การดำเนินงานที่ 1 ผลิตบนเครื่องจักร M1 การดำเนินงานที่ 2 ผลิตบนเครื่องจักร M2 หรือ M3 และการดำเนินงานที่ 3 ผลิตบนเครื่องจักร M1 หรือ M2 โดยใช้เวลาในการผลิต 230นาที 300 นาที และ 250นาที และใช้จำนวนช่องใส่เครื่องมือ 3ช่อง 2 ช่อง และ 2ช่อง ตามลำดับของการดำเนินการ ซึ่งสามารถเขียนเป็นเวคเตอร์ของเส้นทางการดำเนินงาน ได้ดังนี้

$OMAV_1^1$ = M1(230,3) + M2(300,2) + M1(250,2)
$OMAV_2^1$ = M1(230,3) + M2(300,2) + M2(250,2)
$OMAV_3^1$ = M1(230,3) + M3(300,2) + M1(250,2)
$OMAV_4^1$ = M1(230,3) + M3(300,2) + M2(250,2)

- $RT_m[OMAV_n^j]$ คือ เวลาที่เหลือบนเครื่องจักร m หลังจาก n ที่โหลดงาน j ตามเส้นทางเดินของเวคเตอร์ n โดยที่ถ้างาน j เป็นงานแรกที่ถูกโหลดให้กับเครื่องจักรแล้ว การคำนวณค่า $RT_m[OMAV_n^j]$ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-11) และถ้าหากงาน j ไม่ได้เป็นงานแรกที่ถูกโหลดให้กับเครื่องจักรแล้ว การคำนวณค่า $RT_m[OMAV_n^j]$ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-12)

- $RS_m[OMAV_n^j]$ คือ จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่เหลือบนเครื่องจักร m หลังจาก n ที่โหลดงาน j ตามเส้นทางเดินของเวคเตอร์ n โดยที่ถ้างาน j เป็นงานแรกที่ถูกโหลดให้กับเครื่องจักรแล้ว คำนวณค่า $RS_m[OMAV_n^j]$ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-13) และถ้าหากงาน j ไม่ได้เป็นงานแรกที่ถูกโหลดให้กับเครื่องจักรแล้ว การคำนวณค่า $RS_m[OMAV_n^j]$ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-14)

- $ATO_m[OMAV_n^j]$ คือ เวลาที่เหลืออยู่ที่สามารถผลิต Optional Operation หลังจาก ที่โหลดงาน j (Available Time for Optional Operation) ตามเส้นทางเดินของเวคเตอร์ n ของเครื่องจักร m ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-26)

$$ATO_m[OMAV_n^j] = RT_m[OMAV_n^j] - ET_{mj} \qquad (3\text{-}26)$$

- $ASO_m[OMAV_n^j]$ คือ จำนวนช่องใส่เครื่องมือที่เหลืออยู่ที่สามารถผลิต Optional Operation *หลังจาก* ที่โหลดงาน j (Available Tool Slot for Optional Operation) ตามเส้นทางเดินของเวคเตอร์ n ของเครื่องจักร m ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-27)

$$ASO_m[OMAV_n^j] = RS_m[OMAV_n^j] - ES_{mj} \qquad (3\text{-}27)$$

- $X_m[OMAV_n^j]$ คือ อัตราส่วนระหว่างเวลาที่เหลืออยู่ที่สามารถผลิต Optional Operation ก่อนที่จะโหลดงาน j ตามเส้นทางเดินของเวคเตอร์ n และหลังจากที่โหลดงาน j ของเครื่องจักร m ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-28)

$$X_m[OMAV_n^j] = w_{ETR} \begin{cases} \left(\dfrac{ATO_m[OMAV_n^j]}{ATO'_m} \right), if\ ATO'_m > 0 \\ -\left(\dfrac{ATO_m[OMAV_n^j]}{ATO'_m} \right), if\ ATO'_m < 0 \end{cases} \qquad (3\text{-}28)$$

- $Y_m[OMAV_n^j]$ คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนช่องใส่เครื่องมือที่เหลืออยู่ที่สามารถผลิต Optional Operation ก่อนที่จะโหลดงาน j ตามเส้นทางเดินของเวคเตอร์ n และหลังจากที่โหลดงาน j ของเครื่องจักร m ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-29)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$Y_m[OMAV_n^j] = w_{ESR} \begin{cases} \left(\frac{ASO_m[OMAV_n^j]}{ASO'_m} \right), if\ ASO'_m > 0 \\ -\left(\frac{ASO_m[OMAV_n^j]}{ASO'_m} \right), if\ ASO'_m < 0 \end{cases} \quad (3\text{-}29)$$

- $P_m[OMAV_n^j]$ คือ อัตราส่วนระหว่างเวลาที่เครื่องจักรต้องใช้ผลิต Optional Operation หลังจากที่โหลดงาน j ตามเส้นทางเดินของเวคเตอร์ n และก่อนที่จะโหลดงาน j ของเครื่องจักร m ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-30)

$$P_m[OMAV_n^j] = w_{OTR} \frac{OT_m[OMAV_n^j]}{OT_m'[OMAV_n^j]} \quad (3\text{-}30)$$

- $Q_m[OMAV_n^j]$ อัตราส่วนระหว่างช่องใส่เครื่องมือที่เครื่องจักรต้องใช้ผลิต Optional Operation หลังจากที่โหลดงาน j ตามเส้นทางเดินของเวคเตอร์ n และก่อนที่จะโหลดงาน j ของเครื่องจักร m ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-31)

$$Q_m[OMAV_n^j] = w_{OSR} \frac{OS_m[OMAV_n^j]}{OS'_m[OMAV_n^j]} \quad (3\text{-}31)$$

- $\mu[OMAV_n^j]$ คือ เมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของเวคเตอร์ที่ n ในการจัดสรรการดำเนินงานของงาน j สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-32)

$$= \frac{1}{M} x \sum_{m=1}^{M} \left\{ \frac{\left(X_m[OMAV_n^j] \times P_m[OMAV_n^j]\right) - Min\left(X_m[OMAV_n^j] \times P_m[OMAV_n^j]\right)}{Max\left(X_m[OMAV_n^j] \times P_m[OMAV_n^j]\right) - Min\left(X_m[OMAV_n^j] \times P_m[OMAV_n^j]\right)} \right\} \quad (3\text{-}32)$$
$$x \frac{1}{M} x \sum_{m=1}^{M} \left\{ \frac{\left(Y_m[OMAV_n^j] \times Q_m[OMAV_n^j]\right) - Min\left(Y_m[OMAV_n^j] \times Q_m[OMAV_n^j]\right)}{Max\left(Y_m[OMAV_n^j] \times Q_m[OMAV_n^j]\right) - Min\left(Y_m[OMAV_n^j] \times Q_m[OMAV_n^j]\right)} \right\}$$

3.6.4 แนวคิดสำหรับงานวิจัย

3.6.4.1 การจัดลำดับความสำคัญของงาน

การจัดลำดับความสำคัญของงานเพื่อที่จะโหลดงานให้เครื่องจักรสำหรับการปรับปรุงฮิวริสติกนี้ จะมีการจัดลำดับงานจากการพิจารณาค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของเกณฑ์การตัดสินใจต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณการผลิต เวลาที่

ใช้ในการผลิต Essential Operation และเวลาที่ใช้ในการผลิต Optional Operation และกำหนดเวลาส่งมอบของชิ้นงาน ลำดับความสำคัญของงานจะนำเกณฑ์ต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วนี้มาสร้างเป็นค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นรวมซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-32) โดยลำดับความสำคัญของงานจะแปรผันตามค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นรวม นั่นคือ ชิ้นงานที่มีค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นมาก จะมีลำดับความสำคัญมากและจะถูกพิจารณาโหลดงานให้เครื่องจักรเป็นลำดับแรก ซึ่งได้มีการพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจต่าง ๆ ดังนี้

- พิจารณาเวลาที่ใช้ในการผลิต Essential Operation ในงานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) นั้นพิจารณาให้งานที่มีค่า Essential Processing Time ที่น้อยเป็นงานที่มีความสำคัญมาก ซึ่งในการปรับปรุงฮิวริสติกนี้จะพิจารณาค่า Essential Processing Time ของงานเป็นปัจจัยในด้าน ETR Priority เพื่อทำการทดลองว่าการให้ความสำคัญของ Essential Operation แบบใดที่จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีที่สุด
- พิจารณาเวลาที่ใช้ในการผลิต Optional Operation ในงานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) นั้นพิจารณาให้งานที่มีค่า Optional Processing Time ที่มากเป็นงานที่มีความสำคัญมาก แต่ในการโหลดงานที่มีเวลาในการผลิตมาก ๆ ก่อนจะทำให้เครื่องจักรเหลือเวลาในการผลิตงานอื่น ๆ ได้น้อย ดังนั้นในการปรับปรุงฮิวริสติกนี้จะพิจารณาค่า Optional Processing Time ของงานเป็นปัจจัยในด้าน OTR Priority เพื่อทำการทดลองว่าการให้ความสำคัญของ Optional Operation แบบใดที่จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีที่สุด
- พิจารณาปริมาณการผลิตชิ้นงาน งานทีมีปริมาณการผลิตจำนวนมาก จะถูกพิจารณาให้เป็นงานที่มีลำดับความสำคัญมาก เนื่องจากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ต้องการที่จะเพิ่มจำนวนชิ้นงานที่ผลิตให้มากที่สุด
- พิจารณากำหนดเวลาส่งมอบงาน งานที่มีเวลาส่งมอบที่กระชั้นมากจะถูกพิจารณาให้มีความสำคัญที่จะโหลดให้กับเครื่องจักรเป็นลำดับแรก เนื่องจาก วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาวิธีการในการโหลดงานและจัดตารางงาน เพื่อที่จะสามารถส่งมอบงานได้ทันกำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.4.2 การจัดสรรการดำเนินงานหรือการโหลดงานให้เครื่องจักร

การจัดสรรการดำเนินงานหรือการโหลดงานให้เครื่องจักร จะทำการตัดสินใจจากการพิจารณาค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชั่นของเวคเตอร์ในการจัดสรรงาน ($\mu[OMAV_n^j]$) ซึ่งค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ที่มากจะเป็นการเลือกเส้นทางการผลิตของชิ้นงานที่พยายามทำให้เหลือเวลาผลิตและเหลือจำนวนช่องใส่เครื่องมือสำหรับงานถัดไปมากที่สุดดังแสดงในสมการที่ (3-32) และในการโหลดงานจะพิจารณาประเด็นต่างๆ ดังนี้

- ทำการจัดสรรการดำเนินงานให้กับชิ้นงานที่ยังไม่ได้กำหนดเส้นทางการผลิต
- จัดสรรงานโดยที่สามารถผลิตชิ้นงานนั้นภายในระยะเวลาของกะการทำงาน และใช้เครื่องมือที่อยู่ในช่องใส่เครื่องมือของเครื่องจักรเท่านั้น ถ้าเส้นทางการผลิตของชิ้นงานไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากช่องใส่เครื่องมือไม่เพียงพอ ค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ของเส้นทางการผลิตนั้นจะมีค่าเป็น 0
- ในการเลือกเส้นทางการผลิตนั้น นอกจากที่จะพิจารณาค่า Essential Processing Time โดยจะเลือกเส้นทางการผลิตที่ทำการผลิตบนเครื่องจักรที่เหลือมากเวลาสำหรับ Optional Operation ของงานอื่น (พิจารณาเวลาที่เครื่องจักรเหลืออยู่ลบออกด้วยเวลา Essential Processing Time ที่เครื่องจักรยังต้องการ) ยังมีการพิจารณาภาระงานที่จะต้องทำการผลิต Optional Operation อีกด้วย เนื่องจาก บางครั้งเครื่องจักรอาจมีเวลาที่ต้องการในการผลิต Essential Operation ที่น้อยก็จริง แต่ก็เป็นเครื่องจักรที่มีการผลิต Optional Operation ที่มากกว่าเครื่องจักรอื่น ๆ ดังนั้นในการเลือกเส้นทางการผลิตหากเลี่ยงที่จะไม่ผลิตบนเครื่องจักรนี้ อาจจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีกว่าการเลือกผลิตบนเครื่องจักรนี้ก็เป็นได้ จึงได้มีการคำนวณน้ำหนักของเครื่องจักรในการตัดสินใจเลือกเส้นทางในการผลิต (wt_m และ ws_m) ทุกครั้งที่มีการเลือกเส้นทางการผลิตเพื่อที่จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการผลิตชิ้นงาน

3.6.4.3 การจัดสรรงานซ้ำ

การจัดสรรงานซ้ำเกิดในกรณีที่โหลดงานให้กับเครื่องจักรแล้วเครื่องจักรไม่สามารถผลิตชิ้นงาน หรือภาระงานทั้งหมดที่ถูกโหลดได้ภายใน

ระยะเวลาในกะการทำงาน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการตัดสินใจว่าควรจะนำงานใดไปผลิตในกะหน้า และเมื่อดึงงานใดงานหนึ่งออก เวลาที่เหลือบนเครื่องจักรสามารถนำไปผลิตงานอื่น ๆ ที่ยังไม่ได้ถูกโหลดได้หรือไม่ ซึ่งในงานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) นั้นก็มีการจัดสรรงานซ้ำ เพียงแต่วิธีในการจัดสรรงานซ้ำนั้น พิจารณาดึงงานออกโดยที่ทำให้เวลาที่เหลือบนเครื่องจักรทุกตัวรวมกันมีค่ามากกว่าศูนย์ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วการพิจารณาเวลาที่เหลือของเครื่องจักรทุกตัวรวมกันนั้น ไม่ได้การันตีว่าเครื่องจักรจะมีเวลาพอสำหรับผลิตชิ้นงานที่ถูกโหลด ซึ่งรายละเอียดของปัญหานี้ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 3.4 โดยการปรับปรุงฮิวริสติกนั้นจะนำกฎการจ่ายงานมาเป็นกฎที่ช่วยในการตัดสินใจในการให้ความสำคัญของงาน เพื่อที่จะดึงงานที่มีความสำคัญน้อยที่สุดในเซตของงานที่ถูกโหลดไปผลิตในกะต่อไป และเลือกงานที่มีความสำคัญมากที่สุดในเซตของงานที่ยังไม่ถูกโหลดมาผลิตในกะการทำงานปัจจุบันแทน

3.6.4.4 การจัดตารางงาน

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาวิธีในการโหลดงานควบคู่กับวิธีในการจัดตารางงาน ซึ่งวิธีที่นำมาใช้ในการจัดตารางงานนี้จะใช้การสร้างตารางเชิงไม่หน่วงเหนี่ยว (Non Delay Scheduling) โดยนำกฎการจ่ายงานมาเป็นกฎในการจัดลำดับความสำคัญของงานเข้ามาช่วยในการตัดสินใจ เนื่องจากการใช้กฎการจ่ายงานเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมในทางปฏิบัติ และให้คำตอบที่ค่อนข้างใกล้เคียงหรือเท่ากับคำตอบที่ดีที่สุด นอกจากนั้นแล้วการใช้เซตของตารางเชิงไม่หน่วงเหนี่ยวนั้นยังทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีกว่าการใช้ตารางเชิงกำลังใช้งาน (Active Scheduling) (ปารเมศ ชุติมา, 2546) โดยจะนำผลที่ได้จากการโหลดงานมาทำการจัดตารางงาน

3.6.5 วิธีการของฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุง

1. เก็บข้อมูลจำนวนงานที่จะนำมาพิจารณาในการโหลดให้เครื่องจักร จำนวนเครื่องจักรที่มีในระบบ เวลาที่ใช้การผลิตในแต่ละกะการทำงาน จำนวนช่องใส่เครื่องมือบนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง จากนั้นพิจารณาในแต่ละการดำเนินงานโดยเก็บข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ปริมาณการผลิต เวลาในการผลิตต่อหน่วย เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต กำหนดเวลาส่งมอบงาน และจำนวนช่องใส่เครื่องมือที่ต้องใช้

2. คำนวณหาค่า Essential Time Requirement, Essential Tool Slot Requirement, Optional Time Requirement และ Optional Tool Slot Requirement บนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง

3. คำนวณหาค่า $\sum_{k=1}^{K} te_{kjm}$, $\sum_{k=1}^{K} to_{kjm}$, d_j และ q_j ของทุกๆงาน j = 1, 2, 3, ..., JI

4. คำนวณค่า μ_e^j , μ_o^j , μ_q^j , μ_d^j ของทุกๆงาน j = 1, 2, 3, ..., JI

5. คำนวณค่า μ_s^j จากสมการที่ (3-32) เพื่อคำนวณหาลำดับความสำคัญในการโหลดงานซึ่งลำดับในการโหลดงานจะเรียงตามงานที่มีค่า μ_s^j จากมากไปน้อย และเซต S คือ เซตของงานที่ได้จัดลำดับความสำคัญแล้ว

6. กำหนดงานที่จะทำการให้ผลิตให้กับเครื่องจักร โดยโหลดตามลำดับของงานในเซต S

   6.1 เริ่มต้นโหลดงานในลำดับที่ 1

   6.2 หาค่า $[OMAV_n^j]$ ของงาน j

   6.3 หาค่า RT_m ,RS_m ,ET_m ,ES_m ,AT_m AS_m OT_m และ OS_{mj} ของทุก ๆ เครื่องจักร m ในการโหลดทุก ๆ เส้นทางการเดินตาม $[OMAV_n^j]$

   6.4 คำนวณค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ของทุก ๆ เส้นทางการเดิน โดยคำนวณได้จากสมการที่ (3-32)

   6.5 เลือกเส้นทางการผลิตที่มีค่า $\mu[OMAV_n^j]$ ที่มากที่สุดและจัดสรรงานตามเส้นทางการผลิตนั้น งาน j จะถูกกำหนดให้เป็นสมาชิกในเซต A ถ้าค่า $\mu[OMAV_n^j] = 0$ เนื่องจากบนเครื่องจักรใด ๆ มีค่า $RS_m[OMAV_n^j] < 0$ แล้วจะตัดเส้นทางการผลิตนั้นออกจากการพิจารณา เพื่อป้องกันการเลือกเส้นทางการผลิตที่เกินข้อจำกัดด้านจำนวนช่องใส่เครื่องมือของเครื่องจักร ถ้างานที่พิจารณามีค่า $RS_m[OMAV_n^j] < 0$ ในทุก ๆ n ของเส้นทางการผลิต จะตัดงาน j ออกจากการพิจารณาและงาน j จะถูกกำหนดให้เป็นสมาชิกในเซต U

   6.6 ปรับค่าข้อมูลต่าง ๆ ใหม่ ได้แก่ค่า ET'_m ,ES'_m ,OT'_m ,OS'_m,AT_m และ AS_m

   6.7 ถ้างานที่พิจารณานั้นยังพิจารณาไม่ครบทุกงานที่อยู่ในเซต S ให้พิจารณางานในลำดับต่อไปและทำตามขั้นตอนที่ 6.2 หากพิจารณาครบทุกงานแล้วให้ทำตามขั้นตอนที่ 7

7. พิจารณาเวลาที่เหลือบนเครื่องจักร ว่าเครื่องจักรทุกตัวต้องมีเวลาเหลือบนเครื่องจักรมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ถ้าเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งมีเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เหลือบนเครื่องจักรน้อยกว่าศูนย์จะทำการจัดสรรงานซ้ำ ถ้าไม่ต้องจัดสรรงานซ้ำจะนำผลที่ได้จากการโหลดงานไปจัดตารางงาน

8. วิธีการในการจัดสรรงานซ้ำอีกครั้ง จะเป็นการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญของงานที่ถูกโหลดในเซต A และงานที่ไม่ถูกโหลดในเซต U โดยจัดลำดับความสำคัญจากกฎที่ใช้ในการจัดสรรงานซ้ำ งานที่ถูกโหลดจะถูกดึงชิ้นงานที่มีลำดับความสำคัญน้อยที่สุดออกมา และพยายามโหลดงานที่มีความสำคัญมากที่สุดในเซต U เข้าโดยโหลดงานตามวิธีการในข้อ 6 และ 7จนกระทั่งไม่สามารถโหลดงานอื่นเข้าไปได้ และไม่ต้องจัดสรรงานซ้ำ งานที่เหลือจะนำไปพิจารณาสำหรับผลิตในกะต่อไป

9. การจัดตารางงาน พิจารณางานและเส้นทางการผลิตจากผลที่ได้จากการโหลดงาน สร้างตารางเชิงไม่หน่วงเหนี่ยวโดยเลือกเครื่องจักรที่มีเวลาเริ่มผลิตได้เร็วที่สุดก่อน จากนั้นโหลดงานที่สามารถเริ่มผลิตได้เร็วที่สุด หากมีมากกว่าหนึ่งงาน จะตัดสินใจจากกฎการจ่ายงานที่นำมาใช้ จัดตารางงานให้ครบจำนวนงานที่ผลิตในกะการทำงานปัจจุบัน

3.7 ความแตกต่างระหว่างฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุง และฮิวริสติกเดิม

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่สามารถโหลดงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับผลของงานวิจัยในอดีต หลังจากที่ได้ทำการศึกษาแล้วพบว่า มีปัญหาต่าง ๆ เกิดขึ้นสำหรับการนำฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) ไปใช้ในการจัดตารางงาน ซึ่งได้อธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 3.4 ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงฮิวริสติกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการโหลดงาน และสามารถนำมาใช้ควบคู่กับการจัดตารางงานได้ ซึ่งผลจากการปรับปรุงฮิวริสติกนั้นสามารถสรุปข้อแตกต่างระหว่างฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุง กับฮิวริสติกเดิมของ Vidyarthi and Tiwari (2001) ได้ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 สรุปข้อแตกต่างระหว่างฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุง และฮิวริสติกเดิม

ประเด็นที่พิจารณา	ฮิวริสติกเดิม	ฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุง
งานที่พิจารณาเพื่อโหลดให้กับเครื่องจักร	พิจารณาเฉพาะงานที่สามารถโหลดให้กับเครื่องจักรได้ภายในหนึ่งกะการทำงาน (480 นาที)	พิจารณางานทั้งหมดที่รับคำสั่งจากลูกค้า โดยงานที่ไม่สามารถโหลดในกะการทำงานแรกได้ จะถูกพิจารณาโหลดในกะต่อไป
กำหนดเวลาส่งมอบงาน	ไม่ได้พิจารณากำหนดส่งมอบงาน	พิจารณากำหนดส่งมอบงาน
การเลือกชิ้นงาน หรือจัดลำดับความสำคัญของงานเพื่อโหลดให้เครื่องจักร	พิจารณางานที่มีปริมาณที่ผลิตที่มาก Essential Processing Time น้อย และ Optional Processing Time มาก จะเป็นงานที่มีความสำคัญมาก	พิจารณางานที่ปริมาณที่ผลิตที่มาก กำหนดส่งมอบงานที่กระชั้น และทำการทดลองให้ความสำคัญของ Essential Processing Time และ Optional Processing Time โดยมีระดับในการทดลอง 2 ระดับ คือ Processing Time มาก และ Processing Time น้อย
การตัดสินใจเลือกเส้นทางการผลิต	เลือกเส้นทางการผลิตโดยพิจารณาเฉพาะเวลาและช่องใส่เครื่องมือที่เหลือ หลังจากหัก Essential Operation และไม่ได้มีการพิจารณากรณีที่ Essential Time หรือ Essential Tool Slot มากกว่าเวลาหรือช่องใส่เครื่องมือที่มีบนเครื่องจักร ทำให้เลือกเส้นทางการผลิตที่ไม่เหมาะสมที่สุดแทนเส้นทางการผลิตที่ดีที่สุด	เลือกเส้นทางการผลิตโดยพิจารณาทั้งเวลาและช่องใส่เครื่องมือที่เหลือหลังจากหัก Essential Operation และพิจารณาภาระงานที่ต้องผลิต Optional Operation ด้วย โดยมีการให้น้ำหนักความสำคัญของเครื่องจักรทุกครั้งที่มีการเลือกเส้นทางการผลิต และมีการพิจารณากรณีที่ Essential Time หรือ Essential Tool Slot มากกว่าเวลาหรือช่องใส่เครื่องมือที่มีบนเครื่องจักร
การจัดสรรงานซ้ำ	จัดสรรงานซ้ำโดยพิจารณาจากเวลาที่เหลือบนเครื่องจักรทุกตัวรวมกันแล้วมีค่าเป็นบวก	จัดสรรงานซ้ำโดยพิจารณาจากเวลาที่เหลือบนเครื่องจักรแต่ละตัวให้มีค่าเป็นบวก
การจัดตารางงาน	ไม่พิจารณาการจัดตารางงาน จึงทำให้ผลที่ได้จากการโหลดงานไม่สามารถนำมาใช้ในการผลิตได้จริง	พิจารณาการจัดตารางงานควบคู่ไปกับการโหลดงาน เพื่อที่จะสามารถนำผลจากการโหลดงานมาใช้ในการจัดตารางงานได้จริง

3.8 บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาฮิวริสติกในการโหลดงานจากงานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) พบว่างานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) พบว่าฮิวริสติกนี้ไม่สามารถนำไปใช้ได้จริงในทางปฏิบัติ ซึ่งปัญหาต่าง ๆ ในงานวิจัยของ Vidyarthi and Tiwari (2001) นี้ได้แก่ การที่ไม่พิจารณางานทั้งหมดที่รับจากลูกค้า การเลือกเส้นทางผลิตที่ผิดจากความเป็นจริง และเครื่องจักรมีเวลาไม่พอในการผลิตงานที่ถูกโหลด จึงได้ทำการปรับปรุงฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ นอกจากนี้ฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุงนี้ จะให้ความสำคัญกับการส่งมอบงานให้ทันกำหนดเวลาส่งมอบ โดยมีการพิจารณากำหนดเวลาส่งมอบเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในการจัดลำดับความสำคัญของงานเพื่อเลือกงานที่จะโหลดให้กับเครื่องจักร และได้มีการพิจารณานำกฎการจ่ายงานต่าง ๆ มาใช้ในการจัดสรรงานซ้ำเมื่อเกิดกรณีที่เวลาในการผลิตของเครื่องจักรไม่เพียงพอต่อการผลิต นอกจากที่จะพิจารณาการโหลดงานให้กับเครื่องจักรแล้ว งานวิจัยนี้ยังได้พิจารณาปัญหาการโหลดงานควบคู่กับปัญหาในการจัดตารางงานโดยใช้วิธีในการสร้างตารางเชิงไม่หน่วงเหนี่ยวและนำกฎการจ่ายงานต่าง ๆ มาใช้ในการจัดตารางงาน ซึ่งกฎการจ่ายงานแบบต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ รวมถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการโหลดงานและจัดตารางงานจะนำเสนอรายละเอียดในบทที่ 4 ซึ่งจะกล่าวถึงการออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย