สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การจัดลำดับงานสำหรับกระบวนการบรรจุชิ้นส่วน

อัจฉฎาภรณ์ เศวตสุจริตกุล

31 ส.ค. 2559
365485 TH 00 ล4510

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มีนาคม 2555
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ อัจฉฎาภรณ์ เศวตสุจริตกุล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์

.....ประธาน
(ดร. วิชัย รุ่งเรืองอนันต์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

.....กรรมการ
(ดร. จักรวาล คุณะดิลก)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย ศรีวิริยรัตน์)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)
วันที่ 26 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2555

ประกาศคุณูประการ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดีด้วยความร่วมมือของเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านในทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของโรงงานกรณีศึกษา งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ประธานและกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะในการจัดทำงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่ผู้ให้ความร่วมมือและมีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้มา ณ ที่นี้

อัจฉฎาภรณ์ เศวตสุจริตกุล

49922334: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง / ฮิวริสติก / การค้นหาคำตอบแบบตาบู

อัจฉฎาภรณ์ เศวตสุจริตกุล: การจัดลำดับงานสำหรับกระบวนการบรรจุชิ้นส่วน อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา, 174 หน้า. ปี พ.ศ. 2554.

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการบรรจุชิ้นส่วน ซึ่งเป็นกระบวนการแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) แบบ N งาน M สถานี โดยทำการเลือกวิธีฮิวริสติกที่ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำที่สุด และพัฒนาเครื่องมือช่วยวิเคราะห์สำหรับการจัดตารางการผลิตจริงจากการศึกษาวิธีการจัดลำดับงานปัจจุบันแบบเข้าก่อนออกก่อน (First In First Out, FIFO) พบว่ามีค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยเท่ากับ 568.32 นาที ซึ่งนานกว่าที่กำหนดไว้ในแผนการผลิตหลักและมีจำนวนงานล่าช้าคิดเป็น 39.41 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณงานทั้งหมด เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงศึกษาเปรียบเทียบวิธีการจัดลำดับงานตามฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH โดยทำการทดสอบกับตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop จาก OR-Library เพื่อเลือกวิธีฮิวริสติกที่ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำที่สุดแล้วทำการปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้นั้นด้วยวิธีค้นหาแบบตาบู ผลการศึกษาพบว่าวิธีฮิวริสติก NEH ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำที่สุดเท่ากับ 510.73 นาที และมีงานล่าช้า 143 งาน ซึ่งส่งผลให้ต้องทำงานล่วงเวลา 1336 นาที เมื่อนำผลลัพธ์จากวิธีฮิวริสติก NEH ไปปรับปรุงโดยการค้นหาต่อด้วยการค้นหาแบบตาบู พบว่าสามารถทำให้เวลาปิดงานเฉลี่ยลดลงเหลือ 506.86 นาที หรือลดลง 10.81 เปอร์เซ็นต์ จำนวนงานล่าช้าลดลง 40.86 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแบบเข้าก่อนออกก่อน ส่งผลให้ประหยัดต้นทุนการทำงานล่วงเวลาได้ประมาณ 73,008 บาทต่อปี

49922334: MAJOR: MASTER OF INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng. (INDUSTRIAL ENGINEERING)

KEYWORD: FLOW SHOP / HEURISTIC / TABU SEARCH

ADCHADAPORN SAWETSUDCHARITKUL: A JOB SCHEDULING FOR PACKING PROCESS. ADVISOR: ASSISTANT PROFESSOR BANHAN LILA, Ph.D. 174 P. 2010.

This research presents a study of the optimal scheduling technique for an N jobs, M stations, flow shop packing process. The aims of the scheduling were to chose heuristic which minimize and to develop an analytical-assisted tool for implementation. The existing First in first out (FIFO) scheduling technique indicated the average makespan of 568.32 minutes was required and 39.41 % of the total jobs were late. Therefore, CDS, Johnson's rule, Palmer, Gupta and NEH techniques were applied to solve the flow shop problem of OR-Library and their results were compared and chose. Then the result was improved by Tabu search technique . The investigation revealed that the NEH technique provides the minimum makespan of 510.73 minutes ,with 143 tardy jobs ,that required 1336 minutes of overtime operations. Consequently, the average makespan and the percentage of tardy jobs were reduced to 506.86 minutes (or 10.81%) and 40.86%, respectively, compared with that of the FIFO technique ,by using the Tabu search. The improvement led to a 73,008 baht of yearly cost saving from overtime operations.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

ข้อกำหนดสำหรับการวิจัย 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 5

วิธีการวิจัย 5

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 7

ความหมายของการจัดตารางการผลิต 7

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต 9

ตัวแปรหรือพารามิเตอร์ และดัชนีวัดประสิทธิภาพ (Measure of Performance) 9

ระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) 12

ประเภทปัญหาการจัดตารางการผลิต 14

วิธีการจัดตารางการผลิต 15

วิธีการฮิวริสติก (Heuristic Approaches) 18

วิธีการค้นหาคำตอบแบบตาบู (Tabu Search) 25

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26

3 วิธีดำเนินการวิจัย 34

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 34

ศึกษาสภาพปัญหา 35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ศึกษากฎของการจัดตารางการผลิต	36
	ศึกษากระบวนการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษา	37
	ศึกษาสภาพปัญหาของกรณีศึกษา	40
4	ผลการทดลองและอภิปรายผล	69
	ผลการทดลองจัดลำดับงานด้วยวิธีฮิวริสติก	69
	ผลการทดลองการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการหาคำตอบแบบตาบู	75
	การพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิต	77
	ผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิตกับปัญหากรณีศึกษา	77
	สรุปผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือกับปัญหากรณีศึกษา	81
5	สรุปและข้อเสนอแนะ	83
	สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	83
	ข้อเสนอแนะ	85
บรรณานุกรม		86
ภาคผนวก		88
	ภาคผนวก ก	89
	ภาคผนวก ข	96
	ภาคผนวก ค	115
ประวัติย่อของผู้วิจัย		174

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	แสดงจำนวนการสั่งผลิต และจำนวนงานล่าช้าของเดือนพฤษภาคม–สิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552	2
1-2	แสดงเวลาปิดงานของระบบของเดือนพฤษภาคม– สิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552	2
1-3	แสดงจำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาของเดือนพฤษภาคม– สิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552	3
1-4	แผนการดำเนินงานวิจัย	6
3-1	ลำดับขั้นตอนการบรรจุชิ้นส่วนเพื่อส่งออกต่างประเทศ	39
3-2	ข้อมูลของกรณีศึกษา 22 วันทำงาน จำนวน 472 งาน ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554	41
3-3	แสดงเวลาการดำเนินงานของแต่ละงานในแต่ละสถานี	42
3-4	แสดงตารางเวลาที่เป็นไปได้ของตัวอย่างปัญหา Instance Car2 (13 x 4)	43
3-5	แสดงลำดับงานของ $\{t_{j,1}, t_{j,2}\}$ และ $\{t_{j,1}, t_{j,3}\}$	47
3-6	แสดงค่าดัชนีความชันของแต่ละงาน และลำดับดัชนีความชันจากค่ามากไปหาน้อย	52
3-7	แสดงค่าดัชนีความชันของแต่ละงาน และลำดับดัชนีความชันจากค่ามากไปหาน้อย	55
3-8	แสดงค่าผลรวมเวลาการดำเนินงานของแต่ละงาน และลำดับงานที่มีค่าผลรวมเวลาการดำเนินงานจากค่ามากไปหาน้อย	58
3-9	แสดงผลการจัดลำดับงานด้วยวิธีฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH	59
4-1	แสดงผลการจัดลำดับงานด้วยวิธีฮิวริสติก	70
4-2	แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเวลาปิดงานของแต่ละฮิวริสติกแบบทีละคู่	71
4-3	แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเวลาปิดงานด้วย t-test แบบทีละคู่	74
4-4	แสดงค่าเวลาปิดงานของวิธี NEH และวิธี NEH ที่ถูกปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Tabu	75
4-5	แสดงค่าเวลาปิดงานและจำนวนงานล่าช้าของการจัดลำดับงานด้วยวิธีการ NEH	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-6	แสดงค่าเวลาปิดงานและจำนวนงานล่าช้าของการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยหลักการแบบ Tabu	78
4-7	แสดงค่าผลลัพธ์ของวิธี NEH และผลลัพธ์จากการปรับปรุงด้วยวิธีการ Tabu	79
4-8	แสดงค่าผลลัพธ์ของวิธี FIFO และผลลัพธ์ของวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงด้วยวิธีการแบบ Tabu	80
4-9	แสดงค่าความแตกต่างและเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลลัพธ์ของวิธี FIFO และวิธี NEH และผลลัพธ์ของวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงด้วยวิธีการแบบ Tabu	80

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	โครงสร้างของงานในระบบผลิตแบบต่อเนื่อง	12
2-2	การต่อเนื่องของงานในระบบผลิตแบบต่อเนื่องแบบ Pure Flow Shop	13
2-3	การต่อเนื่องของงานในระบบผลิตแบบต่อเนื่องทั่วไป (General Flow Shop)	14
2-4	แสดงการเพิ่มขึ้นแบบ Exponential	15
2-5	วิธีการจัดตารางการผลิต (Geyik และ Cedimogl, 1999.)	16
2-6	การแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม	17
3-1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	34
3-2	โครงสร้างของงานในระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Pure Flow Shop)	35
3-3	การไหลของสารสนเทศของกรณีศึกษากระบวนการบรรจุชิ้นส่วน	37
3-4	กระบวนการบรรจุชิ้นส่วนเพื่อส่งออกต่างประเทศ	38
3-5	แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของทางเลือก K=3	44
3-6	แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของ $\{t_{j,1}, t_{j,4}\}$	50
3-7	แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของฮิวริสติกของ Palmer	53
3-8	แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของฮิวริสติกของ Gupta	56
3-9	แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของฮิวริสติกของ NEH	60
3-10	แสดงวิธีการเลือกลำดับงานตั้งต้น	64
3-11	แสดงวิธีการค้นหาแบบตาบู	65
3-12	แสดงรูปแบบการแทรกงาน	66
3-13	แสดงรูปแบบการแทรกงาน	66
3-14	แสดงรูปแบบการทำงานของเครื่องมือช่วยในการจัดตารางการผลิต	68

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการบรรจุชิ้นส่วนเพื่อการส่งออกเป็นอุตสาหกรรมผลิตสินค้าตามความต้องการของลูกค้า (Make to Order) โดยผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า ระบบการผลิตสามารถผลิตสินค้าได้หลายชนิดเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า และสามารถผลิตได้ทันตามระยะเวลาที่ลูกค้าต้องการ โดยไม่จำเป็นต้องมีสินค้าสำเร็จรูปเก็บไว้ในคลังสินค้า ดังนั้นระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจึงมีความสำคัญอย่างมากต่ออุตสาหกรรม

ระบบการผลิตที่ทำการศึกษาเป็นระบบการผลิตเป็นแบบต่อเนื่องแบบ Pure Flow Shop ซึ่งมี n งานที่ประกอบด้วย m การดำเนินงานแบบอนุกรม (Serial Processes) ที่ต้องทำบน m สถานีงานที่แตกต่างกัน โดยการดำเนินงานแรกจะไม่มีการดำเนินงานที่ต้องทำก่อนหน้า และมีการดำเนินการที่ตามมาโดยตรงเพียงการดำเนินการเดียวเท่านั้น การไหลของงานในระบบเป็นไปในทิศทางเดียว (Unidirectional Flow) เท่านั้น (ปารเมศ ชุติมา, 2551.)

เพื่อการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการผลิตสินค้าแบบตามความต้องการของลูกค้า การจัดตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบต่อเนื่องจึงมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องด้วยการผลิตสินค้าหลายชนิดในกระบวนการก่อให้เกิดปัญหาการผลิตล่าช้าเนื่องด้วยลำดับการผลิตของงานไม่สมดุล ดังนั้นเพื่อการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น วิธีการหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาคือการปรับปรุงจัดตารางการผลิตเพื่อให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ลดลง จำนวนงานล่าช้าลดลง และลดเวลาว่างเปล่าในแต่และสถานีงาน

การจัดตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบต่อเนื่องมีวัตถุประสงค์คือ การทำให้เวลาปิดงาน (Makespan) ของระบบมีค่าน้อยที่สุด ผลรวมของเวลารอคอยลดลงและผลรวมของเวลาเดินเปล่าลดลง ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตส่วนใหญ่ได้แก่ ฮิวริสติกจอห์นสัน (Johnson's Rule), ฮิวริสติกของ Campbell, Dudek และ Smith(CDS), ฮิวริสติก Palmer, ฮิวริสติก Gupta, ฮิวริสติก Nawaz, Genetic Algorithm (GA), Simulated Annealing (SA) และวิธีการค้นหาคำตอบแบบตาบู (Tabu Search)

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการบรรจุชิ้นส่วนส่งออกต่างประเทศ ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบตามความต้องการของลูกค้า โดยมีรูปแบบการผลิตแบบต่อเนื่องแบบ Pure Flow Shop จากการศึกษาสภาพปัจจุบันพบว่า กระบวนการบรรจุชิ้นส่วนประกอบด้วยรุ่นการผลิต n รุ่นที่

แตกต่างกันที่มีการดำเนินงานบน 4 สถานีงานที่เรียงแบบอนุกรม (Serial Processes) คือ การรับชิ้นส่วนจากผู้ส่งมอบ การแบ่งภาชนะบรรจุตามความต้องการ การจัดเตรียมชิ้นส่วนตามรุ่นที่ต้องการบรรจุ และการบรรจุชิ้นส่วนตามรุ่นที่สั่งผลิต ซึ่งกระบวนการมีการจัดลำดับของงานแบบ "เข้าก่อน ออกก่อน" (First In First Out, FIFO) โดยปัจจุบันพบปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการดังนี้

1. ปัญหางานล่าช้าจากกำหนดการสั่งผลิตที่ในแต่ละเดือนมีจำนวนการสั่งผลิตด้วยวิธีการเรียงลำดับของงานแบบ "เข้าก่อน ออกก่อน" ซึ่งทำให้เกิดงานล่าช้าตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 จำนวน 504 งาน (ดังตารางที่ 1-1)

ตารางที่ 1-1 แสดงจำนวนการสั่งผลิต และจำนวนงานล่าช้าของเดือนพฤษภาคม–สิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552

รายการ	จำนวนงาน (งาน)					
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	พ.ย.	รวม
ปริมาณงานสั่งผลิต	284	217	232	253	254	1240
ปริมาณงานที่สามารถผลิตได้	182	124	132	155	143	736
ปริมาณงานที่ล่าช้า	102	93	100	98	111	504

2. เวลาปิดงานของระบบมีค่าสูง ซึ่งตามกำหนดการสั่งผลิตเวลาปิดงานของระบบเท่ากับ 1 วันทำงานหรือ 450 นาที แต่จากการศึกษาพบว่า

งานจำนวน 736 งาน มีเวลาปิดงานของระบบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 450 นาที

งานจำนวน 504 งาน มีเวลาปิดงานของระบบมากกว่า 450 นาที

ตารางที่ 1-2 แสดงเวลาปิดงานของระบบของเดือนพฤษภาคม–สิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552

เวลาปิดงานของระบบ	จำนวนงาน (งาน)					
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	พ.ย.	รวม
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 450 นาที	182	124	132	155	143	736
มากกว่า 450 นาที	102	93	100	98	111	504

3. ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาสูงกว่าแผนที่กำหนด ทั้งนี้เพื่อให้สามารถผลิตสินค้าได้ทันตามกำหนดที่สั่งผลิต หน่วยงานจึงต้องเพิ่มกำลังการผลิตโดยการเพิ่มเวลาการทำงานด้วยการทำงานล่วงเวลา โดยบริษัทกำหนดให้ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาเป็นศูนย์ (ดังตารางที่ 1-3)

ตารางที่ 1-3 แสดงจำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาของเดือนพฤษภาคม–สิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552

การทำงานล่วงเวลา	จำนวน (ชั่วโมง)					
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	พ.ย.	รวม
ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลา	2189	1439	1709	2010	2031	9378

จากการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวครั้งที่ 1 พบว่าสาเหตุของปัญหาคือ ขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนในกระบวนการจัดเตรียมชิ้นส่วน และเพื่อกำจัดงานที่ไม่จำเป็นออกจากกระบวนการ ผู้วิจัยจึงนำหลักการปรับปรุงกระบวนการ ECRS มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งหลังการปรับปรุงยังคงพบปัญหาดังกล่าว ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวครั้งที่ 2 พบว่าสาเหตุของปัญหาคือ วิธีการเรียงลำดับของงานในกระบวนการบรรจุชิ้นส่วน ที่ยังขาดประสิทธิภาพและไม่เหมาะสมกับงาน ทำให้เกิดปัญหางานล่าช้า เวลาปิดงานของระบบมีค่าสูงกว่ากำหนด และจำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาสูงกว่าที่บริษัทกำหนด ซึ่งปัจจุบันบริษัทได้ทำการแก้ไขปัญหาโดยในแต่ละวันจะทำการเปลี่ยนแปลงลำดับการบรรจุชิ้นส่วนและเพิ่มกำลังการผลิตโดยการเพิ่มชั่วโมงการทำงาน ทั้งนี้บริษัทยังไม่มีวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องและเหมาะสม ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องทำการศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมกับปัญหาดังกล่าว คือนำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตที่สามารถลดเวลาปิดงานของระบบ ลดจำนวนงานล่าช้า และทำให้ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาลดลง เพื่อประสิทธิภาพการผลิตที่สูงขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมกับงานของกระบวนการบรรจุชิ้นส่วน ซึ่งเป็นกระบวนการแบบต่อเนื่อง (Flow shop) N งาน M กระบวนการ

2. เพื่อจัดทำเครื่องมือสำหรับช่วยวิเคราะห์การจัดตารางการผลิต

ข้อกำหนดสำหรับการวิจัย

1. จำนวนชิ้นส่วนที่ต้องทำการบรรจุมีเพียงพอต่อการผลิต
2. ชิ้นส่วนที่ต้องทำการบรรจุมีคุณภาพดี 100 เปอร์เซ็นต์ (ไม่พบปัญหาคุณภาพ)
3. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการบรรจุชิ้นส่วนมีเพียงพอและพร้อมใช้งาน
4. สถานีงานของกระบวนการบรรจุชิ้นส่วนอยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งาน
5. ทุกสถานีงานสามารถดำเนินงานได้ทีละงาน
6. งานแต่ละงานจะถูกดำเนินงานบนสถานีงานได้ทีละสถานีงาน
7. ไม่มีการแทรกแซงงาน ไม่มีการหยุดงานระหว่างการดำเนินงาน
8. ลำดับของงานเหมือนกันในทุกสถานีงาน คือลำดับงานในสถานีงานแรกและลำดับงานในสถานีงานถัดไปต้องเหมือนกัน
9. ทำการจัดตารางการผลิต 2 ครั้งต่อเดือน
10. งานในการดำเนินการแรกมีความพร้อมทำที่เวลา t = 0
11. ไม่คิดเวลาก่อนการดำเนินงาน (Setup time)
12. อัตราการผลิตคงที่ (อัตราการผลิตเท่ากับ 100)
13. กำหนดการส่งมอบ (due date) เป็นวันเดียวกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงขึ้น ด้วยการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมกับงาน
2. เพื่อลดจำนวนงานล่าช้า
3. เพื่อลดเวลาปิดงานของระบบ
4. เพื่อลดจำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาในกระบวนการบรรจุชิ้นส่วน ให้เป็นไปตามแผนที่กำหนด
5. เพื่อประยุกต์ใช้เครื่องมือสำหรับช่วยวิเคราะห์ผลการจัดตารางการผลิต เพื่อการประมวลผลที่รวดเร็วขึ้น

6. เพื่อให้หน่วยงานมีระบบการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมกับงาน และการประมวลผลที่ถูกต้องด้วยเครื่องมือสำหรับช่วยวิเคราะห์ผล

ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการศึกษาวิธีการจัดลำดับการผลิตของกระบวนการบรรจุชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์เพื่อการส่งออกต่างประเทศ

2. ทำการศึกษาเฉพาะรุ่นการผลิตในช่วงเวลาที่ศึกษา

3. ทำการศึกษาที่กระบวนการบรรจุชิ้นส่วน 1 ไลน์การผลิต

4. ทำการศึกษาปัญหาแบบ N งาน M กระบวนการ โดยที่ N เท่ากับ 0 - 50 งาน และ M เท่ากับ 4 กระบวนการ (สถานีงาน)

5. การจัดตารางการผลิตจะใช้วิธีฮิวริสติกมาใช้ในการหาคำตอบ

6. พัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยวิเคราะห์ผลการจัดตารางการผลิตที่มีลักษณะดังนี้

1) เป็นสายการบรรจุชิ้นส่วนที่มีระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop)

2) ทำการสั่งผลิตเป็นแบบ 2 ครั้งต่อเดือน (ทุก ๆ 15 วัน) และทราบคำสั่งการผลิตทั้งหมดก่อนการจัดลำดับ

3) เวลาทำงานของแต่ละผลิตภัณฑ์ ในแต่ละสถานีงานเป็นเวลามาตรฐานซึ่งมีค่าคงที่

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการเพื่อกำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2. สำรวจงานวิจัย และศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดตารางการผลิต

3. ศึกษาระบบการจัดตารางการผลิตปัจจุบันของกระบวนการบรรจุชิ้นส่วน และสรุปสภาพปัญหา

4. เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยได้แก่ จำนวนงานที่ต้องการศึกษา เวลาปิดงานของระบบ จำนวนงานที่ผลิตล่าช้า และเวลามาตรฐานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

5. กำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้แก่ กำหนดฮิวริสติกที่เหมาะสมกับการจัดตารางการผลิต

6. สร้างเครื่องมือสำหรับช่วยวิเคราะห์ผลการจัดตารางการผลิต

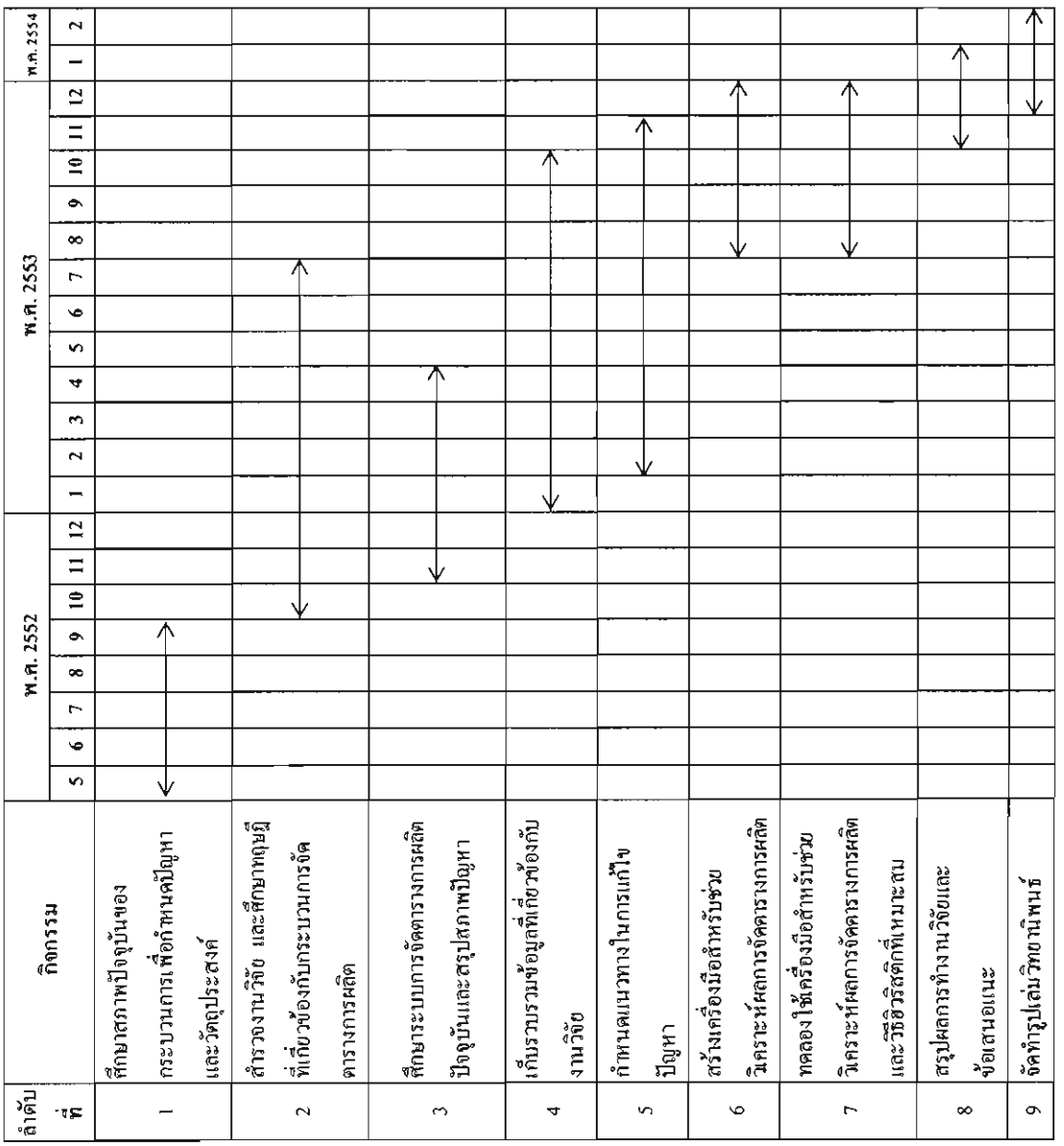
7. ทดลองใช้เครื่องมือสำหรับช่วยวิเคราะห์ผลการจัดตารางการผลิต และวิธีฮิวริสติกที่เหมาะสมกับกระบวนการบรรจุชิ้นส่วน

8. สรุปผลการทำงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

9. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

จากวิธีการวิจัยข้างต้น สามารถแบ่งระยะเวลาเป็นแผนการดำเนินงานวิจัยดังตารางที่ 1-4

ตารางที่ 1-4 แผนการดำเนินงานวิจัย



บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิตคือการจัดสรรทรัพยากร (Resource) ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับภารกิจ (Task) จำนวนหนึ่งภายใต้ระยะเวลาที่กำหนด เพื่อให้องค์กรสามารถบรรลุถึงเป้าหมาย (Goal) หรือวัตถุประสงค์ (Objective) สูงสุดที่องค์กรกำหนดไว้ เป็นการวางแผนขั้นสุดท้ายก่อนการผลิตจะเริ่มขึ้น วัตถุประสงค์หลักของการจัดตารางคือ ประสิทธิภาพในการใช้สอยทรัพยากร (Resource Utilization) ความรวดเร็วในการตอบสนองต่ออุปสงค์ และการส่งมอบที่ตรงเวลา โดยตัววัดสมรรถนะของระบบได้แก่ เวลาเดินเปล่า (Idle Time) ของเครื่องจักร เวลารอคอยของงานหรือเวลาสาย (Lateness) ของงาน ข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิตที่พบเสมอคือ ข้อจำกัดด้านทรัพยากร (Resource Constraint) และข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี (Technological Constraint) ดังนั้นปัญหาการจัดตารางจึงถูกแบ่งออกเป็น การตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดสรรทรัพยากร (Allocation) และการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดลำดับงาน (Sequencing) เทคนิคการจัดตารางการผลิตที่นิยมใช้ส่วนใหญ่ได้แก่ เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงการจัด (Combinatorial Optimization) คอมพิวเตอร์ซิทมิวเลชัน (Simulation) การวิเคราะห์โครงข่าย (Network) และฮิวริสติก (Heuristic)

การจัดตารางการผลิตตามลักษณะการดำเนินงานแบ่งตามประเภทดังต่อไปนี้

1. เครื่องจักรเดี่ยว (Single Machine) คือระบบที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 1 เครื่องและงานที่เข้ามาสู่ระบบจะถูกดำเนินการด้วยเครื่องจักรนี้ ซึ่งมีงานเพียง 1 งานเท่านั้นที่อยู่บนเครื่องจักรนี้ได้ที่เวลาใดเวลาหนึ่ง วัตถุประสงค์หลักของการจัดตารางคือ การทำให้ค่าปรับที่เกิดจากการส่งมอบงานสายมีค่าน้อยสุด

2. เครื่องจักรขนาน (Parallel Machine) คือระบบที่ประกอบด้วยเครื่องจักรที่เหมือนกัน (Identical Machine) หรือคล้ายคลึงกัน (Similar Machine) แต่ละงานสามารถเลือกทำบนเครื่องจักรใดที่อยู่ในกลุ่มนี้ก็ได้ วัตถุประสงค์หลักของการจัดตารางคือ การทำให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) มีค่าน้อยสุด

3. ระบบผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) คือระบบที่งานแต่ละงานต้องทำบนเครื่องจักรหลายเครื่อง โดยเส้นทางการต่อเนื่องของทุกงานเป็นแบบแผนเดียวกัน และมีทิศทางการต่อเนื่อง

ของงานทิศทางเดียวเท่านั้น เวลาดำเนินการของแต่ละงานบนแต่ละเครื่องจักรอาจแตกต่างกัน วัตถุประสงค์หลักของการจัดตารางคือ การทำให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) มีค่าน้อยสุด

4. ระบบผลิตแบบตามงาน (Job Shop) คือระบบที่ประกอบด้วยเครื่องจักรที่แตกต่างกันจำนวนหนึ่ง งานแต่ละงานอาจใช้เครื่องจักรเหล่านี้ในการดำเนินการเพียงบางส่วนหรือทั้งหมด ขึ้นอยู่กับการวางแผนกระบวนการ (Process Planing) ที่กำหนด ข้อจำกัดของระบบนี้คือ งานแต่ละงานไม่สามารถย้อนกลับมาทำบนเครื่องจักรเดิมได้ วัตถุประสงค์หลักของการจัดตารางคือ การทำให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) หรือค่าปรับที่เกิดจากการส่งมอบงานล่าช้ามีค่าน้อยสุด

5. ระบบผลิตแบบเปิด (Open Shop) ระบบนี้คล้ายกับระบบผลิตแบบตามงาน แต่การลำดับของการดำเนินการของแต่ละงานสามารถสลับกันได้ คืองานมีความยืดหยุ่นในด้านลำดับก่อนหลัง (Flexible Operation Sequence) วัตถุประสงค์หลักของการจัดตารางคือ การทำให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) มีค่าน้อยสุด

6. ระบบผลิตแบบไม่อิสระต่อกัน (Dependent Shop) ระบบนี้คล้ายกับระบบผลิตแบบตามงาน แต่ลำดับของงานหนึ่งหรือมากกว่าจะขึ้นอยู่กับการทำงานของงานอื่น วัตถุประสงค์หลักของการจัดตารางคือ การทำให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) มีค่าน้อยสุด

7. สายการประกอบ (Assembly Line) คืองานแต่ละงานของระบบต้องผ่านขั้นตอนการดำเนินการที่เหมือนกัน วัตถุประสงค์หลักของการจัดตารางคือ การหาจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุดและการจัดลำดับงานให้แต่ละสถานีงาน เพื่อให้สายการประกอบมีระดับงานผลิตที่สมดุลและมีประสิทธิภาพสูงสุด

8. สายการประกอบแบบผสม (Mixed Model Assembly Line) เป็นระบบที่ผลิตชิ้นงานที่มีความคล้ายกัน (แต่ไม่เหมือนกัน) โดยแต่ละงานมีการดำเนินการและเวลาที่ใช้ในการดำเนินการที่แตกต่างกัน วัตถุประสงค์หลักของการจัดตารางคือ เพื่อให้สายการประกอบมีระดับงานผลิตที่สมดุลและมีประสิทธิภาพสูงสุด

9. การผลิตแบบรุ่น (Batch Processing) งานจะถูกผลิตเป็นรุ่น (batch) โดยแต่ละรุ่นจะใช้เวลาในการดำเนินการที่แตกต่างกัน โดยกำลังการผลิตจะเป็นตัวกำหนดจำนวนงานที่สามารถผลิตได้ในขณะใดขณะหนึ่ง วัตถุประสงค์หลักของการจัดดารางคือ การทำให้เวลาปิดงานของระบบมีค่าน้อยที่สุด

10. เวลาปรับตั้งเครื่องที่ขึ้นกับงานที่อยู่ก่อนหน้า (Sequence-Dependent Setup Time) ระบบมีการแบ่งประเภทของงานออกเป็นกลุ่ม เมื่องานที่ดำเนินการต่อเนื่องต่างประเภทกันแล้ว

ต้องมีการปรับตั้งเครื่องเกิดขึ้น ซึ่งเกิดค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งเครื่อง วัตถุประสงค์หลักของการจัดตารางคือ เพื่อทำให้ค่าปรับรวมที่เกิดจากการส่งมอบงานล่าช้ามีค่าน้อยที่สุด

11. การวางแผนกำลังพล (Manpower Planning) หรือการจัดตารางทัวร์ (Tour Scheduling) เพื่อสร้างตารางกำลังพลที่เป็นไปตามความต้องการในด้านกฎหมายและสัญญาจ้าง โดยใช้พนักงานจำนวนน้อยที่สุด (ปารเมศ ชุติมา, 2546-2551.)

2. วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิตที่ดีเป็นเป้าหมายของดัชนีวัดประสิทธิภาพที่ผู้จัดตารางการผลิตต้องการ เพราะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรได้คุ้มค่า และสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ตามเวลาที่ต้องการ ดังนั้นการจัดตารางการผลิตมีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้ผลิตสินค้าเสร็จทันกำหนดเวลาที่ลูกค้าต้องการ

2. เพื่อลดความล่าช้าในการผลิดและลดความล่าช้าในการส่งมอบงานให้แก่ลูกค้าให้เหลือน้อยที่สุด (Minimizing Job Lateness)

3. เพื่อทำให้ค่าผลรวมของเวลาเสร็จงาน (Sum of Completion Time) และค่าของเวลาต่อเนื่องเฉลี่ยของงาน (Average Mean Flow Time) มีค่าน้อยที่สุด

4. เพื่อลดเวลาที่ระบบทำงานชิ้นสุดท้ายเสร็จสิ้น หรือเรียกว่า เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ให้มีค่าน้อยที่สุด

5. เพื่อลดต้นทุนรวมในการผลิตงาน เช่น เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (Setup Time) การสะสมของงานในระหว่างทำ (Work-in-Process) และสินค้าสำเร็จรูป (Finished Goods) ให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด

6. เพื่อเพิ่มอัตราการใช้งานของเครื่องจักรและแรงงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

7. เพื่อลดการทำงานล่วงเวลาของเครื่องจักรและแรงงานให้เหลือน้อยที่สุด

8. เพื่อลดเวลาสูญเปล่าของเครื่องจักรให้เหลือน้อยที่สุด

ในทางปฏิบัติผู้จัดตารางการผลิตอาจมีวัตถุประสงค์หลายอย่างในการจัดตารางการผลิต ทำให้บางกรณีการจัดตารางการผลิตเป็นไปได้ยากที่จะให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ทั้งหมดที่ต้องการ

3. ตัวแปรหรือพารามิเตอร์ และดัชนีวัดประสิทธิภาพ (Measure of Performance)

1. ตัวแปรหรือพารามิเตอร์ ที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่

1) ตัวแปร j คือ งานหนึ่งที่ดำเนินการด้วยกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง โดย j มีค่าเท่ากับ 1,2,3,…,n

2) ตัวแปร m คือกระบวนการทำงานหนึ่งหรือเครื่องจักรใด ๆ โดย m มีค่าเท่ากับ 1,2,3,…,m

3) เวลาปฏิบัติงานบนหน่วยผลิต (Processing Time) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการดำเนิน งานหนึ่ง ๆ เวลาปฏิบัติงานนี้รวมเวลาในการเตรียมงาน (Setup Time) เข้าไปด้วย เวลาปฏิบัติงานของงาน j จะใช้สัญลักษณ์แทนด้วย t_j

4) เวลากำหนดส่งงาน (Due Date) หมายถึง เวลากำหนดส่งงานหรือวันสุดท้ายที่ต้องส่งงานให้ลูกค้า ถ้าหากงานเสร็จหลังจากช่วงเวลาที่กำหนดส่งงานจะเรียกว่า ส่งงานไม่ทัน กำหนดเวลากำหนดส่งงานจะใช้สัญลักษณ์แทนด้วย d_j

5) เวลากำหนดงานเสร็จ (Completion Time) หมายถึง เวลาที่งานนั้นเสร็จสิ้นลง โดยเวลาเสร็จสิ้นของงาน j คำนวณได้จากเวลาที่งานแรกได้เริ่มต้นจนถึงเวลาที่งาน j เสร็จสิ้นลง เวลาเสร็จสิ้นของงาน j จะใช้สัญลักษณ์แทนด้วย C_j

6) เวลาการต่อเนื่องของงาน (Flow Time) หมายถึง ระยะเวลาทั้งหมดที่งานใช้เวลาในการผลิตอยู่ในระบบสามารถคำนวณได้จาก $F_j = C_j - r_j$ เวลางานอยู่ในระบบของงาน j จะใช้สัญลักษณ์แทนด้วย F_j

7) เวลาพร้อมทำงาน (Readiness Time) หมายถึง เวลาที่งาน j พร้อมในการทำงาน หรือเวลาเร็วที่สุดที่งาน j จะเริ่มงานได้ จะใช้สัญลักษณ์แทนด้วย r_j

8) เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) หมายถึง เวลาที่ระบบทำงานชิ้นสุดท้ายสิ้นสุด ซึ่งการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปิดน้อยที่สุดจะส่งผลให้เกิดการผลิตที่มีปริมาณมากที่สุด และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องจักร เวลาปิดงาน j จะใช้สัญลักษณ์แทนด้วย M

2. ดัชนีวัดประสิทธิภาพ (Measure of Performance)

1) เวลาต่อเนื่องของงาน (Flow Time) คือระยะเวลาทั้งหมดที่งานใช้เวลาอยู่ในระบบ เขียนแทนด้วย $F_j = C_j - r_j$ และค่าเวลาต่อเนื่องเฉลี่ยของงาน (Average Mean Flow Time) เขียนแทนด้วย

$$\overline{F} = (1/n) * \sum_{j=1}^{n} (C_j - r_j)$$

2) เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) หมายถึงเวลาที่ระบบทำงานชิ้นสุดท้ายเสร็จสิ้น มีความสำคัญเมื่องานที่นำมาจัดตารางมีจำนวนจำกัด เขียนแทนด้วย

$$C_{max} (\text{หรือ } M) = \max (C_1, C_2, \ldots, C_n)$$

ซึ่งค่าผลรวมของเวลาเสร็จ (Sum of Completion Time) เขียนแทนด้วย

$$\sum_{j=1}^{n} C_j$$

3) เวลาสาย (Lateness) : เวลาสายของงาน เขียนแทนด้วย $L_j = C_j - d_j$ ถ้างานใดมีค่า L_j เป็นบวก หมายความว่างานนั้นสาย (เสร็จหลังกำหนดเวลา $C_j - d_j > 0$) แต่ถ้างานใดมีค่า L_j เป็นลบ แสดงว่างานนั้นทำเสร็จก่อนกำหนด (เสร็จก่อนกำหนดเวลา $C_j - d_j < 0$) และถ้างานใดมีค่า L_j เท่ากับ 0 หมายความว่า งานนั้นทำเสร็จตามกำหนดส่งมอบพอดี (เสร็จตรงตามกำหนดเวลาพอดี $C_j - d_j = 0$) เวลาสายทั้งหมด ซึ่งเขียนแทนด้วย

$$\sum_{j=1}^{n} L_j$$

เวลาสายเฉลี่ยของงาน ($\overline{L}$) ซึ่งเขียนแทนด้วย

$$\overline{L} = (1/n) * \sum_{j=1}^{n} (C_j - d_j)$$

เวลาสายสูงสุด (Maximum Lateness) หมายถึงการทำให้เวลาสายของงานที่แย่ที่สุด (สายมากสุด) ในระบบมีค่าน้อยที่สุดนั่นเอง เวลาสายสูงสุดเขียนแทนด้วย $L_{max} = \max(L_1,L_2,\ldots,L_n)$

4) เวลาล่าช้า (Tardiness) เวลาล่าช้าของงานเขียนแทนด้วย

$$T_j = \max(C_j - d_j ,0) = \max(L_j,0)$$

ข้อแตกต่างระหว่างเวลาล่าช้ากับเวลาสายคือ เวลาล่าช้าไม่มีทางที่จะมีค่าเป็นลบได้ อย่างน้อยที่สุดต้องมีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งหมายถึงไม่มีผลประโยชน์ตอบแทนถ้าสามารถทำงานเสร็จเร็วกว่ากำหนด (ซึ่งแตกต่างจากกรณีของเวลาสายที่มีผลตอบแทนให้เมื่อทำงานเสร็จเร็วกว่ากำหนด) แต่เมื่อใดที่งานเสร็จช้ากว่ากำหนด เวลาล่าช้าจะมีค่าเป็นบวก นั่นคือต้องเสียค่าปรับนั่นเอง และวัตถุประสงค์ที่นำมาใช้คือ เวลาล่าช้าทั้งหมด ซึ่งเขียนแทนด้วย

$$\sum_{j=1}^{n} T_j$$

และเวลาล่าช้าเฉลี่ยของงาน ($\overline{T}$) เขียนแทนด้วย

$$\overline{T} = (1/n) * \sum_{j=1}^{n} \text{Max}(C_j - d_j, 0)$$

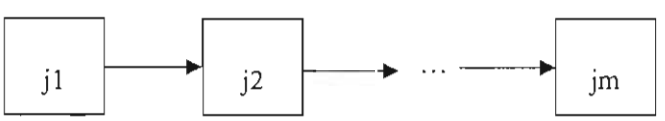
5) จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) : การวัดจำนวนของงานล่าช้า เขียนแทนด้วย $Nj = 1$ เมื่อ $Cj > dj$ และ $Nj = 0$ ในกรณีนอกเหนือจากนั้น ในกรณีนี้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่จะนำมาใช้คือ จำนวนของงานล่าช้าทั้งหมด ซึ่งเขียนแทนด้วย

$$\sum_{j=1}^{n} N_j$$

6) ค่าใช้จ่ายด้านบุคลากร (Personnel Cost) ค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ทราบล่วงหน้าก่อนที่จะมีการจัดตาราง ในบางครั้งค่าใช้จ่ายล่วงเวลาอาจมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายพื้นฐาน วัตถุประสงค์ของการจัดตารางคือ การทำให้ค่าใช้จ่ายด้านบุคลากรโดยรวมมีค่าต่ำที่สุด

4. ระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop)

คือระบบที่ประกอบด้วยเครื่องจักร m เครื่อง ที่นำมาต่อกันอย่างอนุกรม งานทั้งหมดมีเส้นทางการต่อเนื่องของงานเป็นรูปแบบเดียวกัน โครงสร้างของแต่ละงานที่อยู่ในระบบเป็นแบบการดำเนินงานแรกจะไม่มีการดำเนินงานที่ต้องทำก่อนหน้า และมีการดำเนินงานที่ตามมาโดยตรงเพียงการดำเนินงานเดียวเท่านั้น การดำเนินงานหลังจากนี้จะมีการดำเนินงานที่ต้องทำก่อนหน้าโดยตรงและการดำเนินงานที่ตามมาโดยตรงอย่างละหนึ่งเท่านั้น สำหรับการดำเนินงานสุดท้ายจะมีการดำเนินงานก่อนหน้าโดยตรงเพียงหนึ่งงานและไม่มีการดำเนินงานที่ตามมาโดยตรง งานทั้งหมดต้องผ่านการดำเนินงานเป็นเส้นทางเดียวกัน งานใด ๆ สามารถดำเนินการบนเครื่องจักรที่สองได้ก็ต่อเมื่อได้ดำเนินการเสร็จบนเครื่องจักรที่หนึ่งเรียบร้อยแล้ว เช่นการดำเนินงานของสายการประกอบ ซึ่งเรียกโครงสร้างเช่นนี้ว่า "โครงสร้างลำดับก่อนหลังของการดำเนินงานแบบเชิงเส้น (Linear Precedence Structure) แสดงดังภาพที่ 2-1 (ปารเมศ ชุติมา, 2546.)



ภาพที่ 2-1 โครงสร้างของงานในระบบผลิตแบบต่อเนื่อง

ระบบการผลิตแบบต่อเนื่องประกอบด้วย m เครื่องจักรที่แตกต่างกัน แต่ละงานประกอบด้วย m การดำเนินงาน ซึ่งต้องทำบน m เครื่องจักรที่แตกต่างกัน การต่อเนื่องของงานในระบบการผลิตแบบต่อเนื่องจะเป็นไปในทิศทางเดียว (Unidirectional Flow) เท่านั้น กำหนดให้เครื่องจักรในระบบผลิตแบบต่อเนื่องถูกกำหนดหมายเลขเป็น 1,2,.....,m และการดำเนินงานของ j ถูกกำหนดหมายเลขเป็น (j ,1), (j ,2),..... (j ,m) ตามลำดับ ดังนั้นเราสามารถพิจารณาให้แต่ละงานเสมือนว่าประกอบด้วย m การดำเนินงาน ถ้าพบว่างานนั้นมีจำนวนของการดำเนินงานน้อยกว่า m แล้ว สามารถแก้ปัญหานี้โดยกำหนดให้เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานนั้นมีค่าเท่ากับศูนย์

โดยสามารถแบ่งปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องเป็น 3 ประเภทคือ

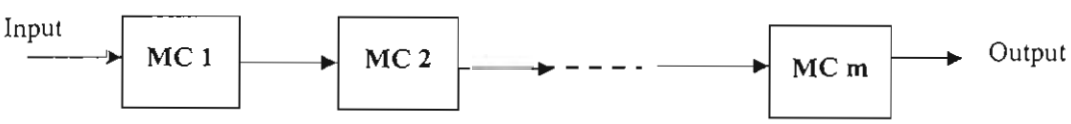
1. ปัญหาเชิงกำหนด (Deterministic flow Shop Problem) สมมุติให้เวลาในการผลิตของแต่ละงานที่ค่าคงที่

2. ปัญหาเชิงสุ่ม (Stochastic Problem) เวลาการผลิตจะเปลี่ยนไปตามการเลือกจากการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distributions)

3. การตัดสินใจแบบคลุมเครือ (Fuzzy Decision) โดยทำการกำหนดเวลาส่งงานแบบคลุมเครือ (Fuzzy Due Date) ให้แต่ละงานเพื่อที่จะแสดงเกรดของความพอใจ ในการตัดสินใจสำหรับเวลากำหนดงานเสร็จ (Completion Time) ของงาน

ระบบการผลิตแบบต่อเนื่องสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

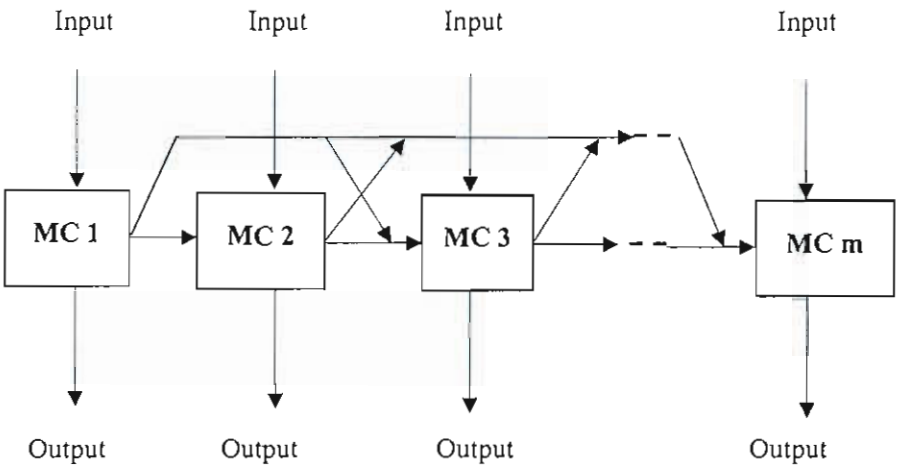
1. ระบบการผลิตแบบต่อเนื่องแบบ Pure Flow Shop งานทุกงานในระบบนี้มีหนึ่งการดำเนินงานที่ต้องทำบนแต่ละเครื่องจักร คือ 1 งานประกอบด้วย m การดำเนินงานที่ต้องทำบน m เครื่องจักรที่แตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 2-2 (ปารเมศ ชุติมา, 2546.)



ภาพที่ 2-2 การต่อเนื่องของงานในระบบผลิตแบบต่อเนื่องแบบ Pure Flow Shop

2. ระบบผลิตแบบต่อเนื่องทั่วไป (General Flow Shop) งานแต่ละงานอาจมีการดำเนินงานน้อยกว่า m การดำเนินงาน ดังนั้นเครื่องจักรที่ใช้ในการทำการดำเนินงานที่อยู่ถัดมาโดยตรงอาจไม่ใช่เครื่องจักรที่ถูกกำหนดหมายเลขให้มีค่าถัดไปก็ได้ คือการดำเนินงานที่ k ใช้เครื่องจักรหมายเลข m แต่การดำเนินงานที่ k+1 ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรหมายเลข m+1 ก็ได้

นอกจากนั้นแล้วการดำเนินงานเริ่มต้นและการดำเนินงานสุดท้ายอาจไม่เกิดขึ้นที่เครื่องจักรหมายเลข 1 และ m ก็ได้ แสดงดังภาพที่ 2-3 (ปารเมศ ชุติมา, 2546.)



ภาพที่ 2-3 การต่อเนื่องของงานในระบบผลิตแบบต่อเนื่องทั่วไป (General Flow Shop)

ทั้งนี้การจัดตารางการผลิตของระบบการผลิตแบบต่อเนื่องมีเงื่อนไขดังนี้

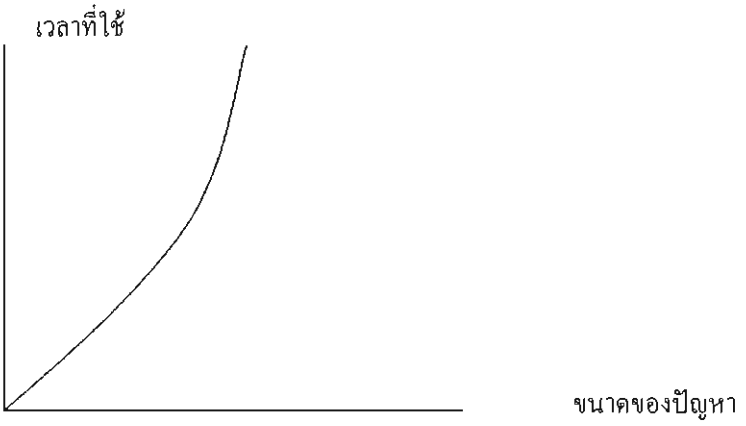
- เซตของงานประกอบด้วย n งาน และการดำเนินงานมีความพร้อมทำที่เวลา t = 0 (แต่ละงานประกอบด้วย m การดำเนินงานที่ต้องทำบน m เครื่องจักรที่แตกต่างกัน)
- เวลาปรับตั้งเครื่องจักรในขั้นตอนการดำเนินงานต่าง ๆ มีความเป็นอิสระต่องานที่ทำอยู่ในลำดับก่อนหน้า และกำหนดให้เวลาปรับตั้งเครื่องถูกรวมไว้ในเวลาปฏิบัติงาน (เวลาดำเนินงาน = เวลาปรับตั้งเครื่อง + เวลาปฏิบัติงาน)
- เครื่องจักร m เครื่องมีความพร้อมในการทำงานอยู่ตลอดเวลาที่ทำการจัดตารางการผลิต
- ไม่มีการแทรกงานเกิดขึ้นในแต่ละการดำเนินงาน

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางคือ การทำให้เวลาปิดงานของระบบมีค่าน้อยที่สุด ผลรวมของเวลารอคอยลดลง และผลรวมของเวลาเดินเปล่าลดลง

5. ประเภทปัญหาการจัดตารางการผลิต

1. ปัญหาประเภทพีหรือพหุนาม (Polynomial) คือปัญหาที่มีความซับซ้อนด้านเวลาเชิงพหุนาม ซึ่งแนวทางในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดได้แก่แนวทาง Constructive Algorithm

2. ปัญหาประเภทเอ็นพี (Non Deterministic Polynomial) คือปัญหาที่ความซับซ้อนด้านเวลาเชิงเลขยกกำลัง โดยเมื่อขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้น (เช่นตัวแปรที่เกี่ยวข้องเพิ่มขึ้น) เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) นั้นจะเพิ่มขึ้นแบบ Exponential เช่น ปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุดเชิงการจัด (Combinatorial Optimization)



ภาพที่ 2-4 แสดงการเพิ่มขึ้นแบบ Exponential

ดังนั้นการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด สามารถแบ่งประเภทของวิธีการแก้ปัญหาเป็น 2 ประเภท

2.1 วิธีการแก้ปัญหาที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด ได้แก่แนวทาง Branch and Bound และ Dynamic Programming แต่เมื่อนำแนวทางดังกล่าวมาใช้แก้ปัญหาขนาดใหญ่มากซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงนั้นจะใช้เวลาในการแก้ปัญหานานมาก

2.2 วิธีการแก้ปัญหาแบบ Heuristics คือวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล วิธีการนี้อาจให้คำตอบที่ดีที่สุด หรือใกล้เคียงและใช้เวลาน้อยกว่า แต่ปัญหาของการใช้ Heuristics คือไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Global Optimal) ได้แต่จะได้คำตอบเป็นค่าที่ดีที่สุดในบางส่วนของพื้นที่คำตอบ (Local Optimal)

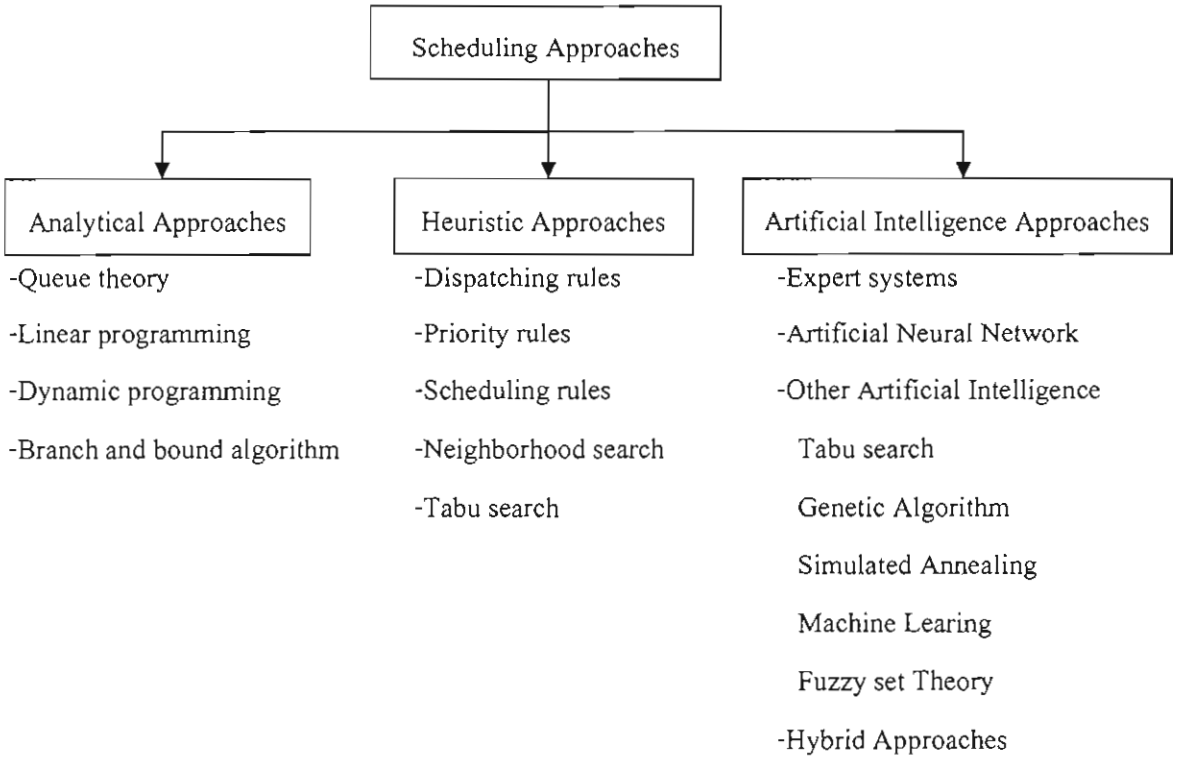
6. วิธีการจัดตารางการผลิต

ในปี ค.ศ. 1999 (พ.ศ. 2542) Geyik และ Cedimogl ได้ทำการแบ่งวิธีที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตเป็น 3 วิธีดังนี้

1. วิธีเชิงการวิเคราะห์ (Analytical Approaches) เป็นวิธีที่ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์และสถิติ ในการหาคำตอบซึ่งคำตอบที่ได้ถือว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด

2. วิธีการเชิงฮิวริสติก (Heuristic Approaches) เป็นวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล โดยส่วนใหญ่จะให้ผลลัพธ์ที่ดีแต่อาจไม่ได้ดีที่สุด ซึ่งถือว่าเป็นผลลัพธ์ใกล้เคียงหรือเท่ากับผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

3. วิธีการเชิงปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Approaches) เป็นวิธีที่นำหลักการเชิงความน่าจะเป็นมาใช้ในการหาคำตอบ โดยแสดงดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 วิธีการจัดตารางการผลิต (Geyik และ Cedimogl, 1999.)

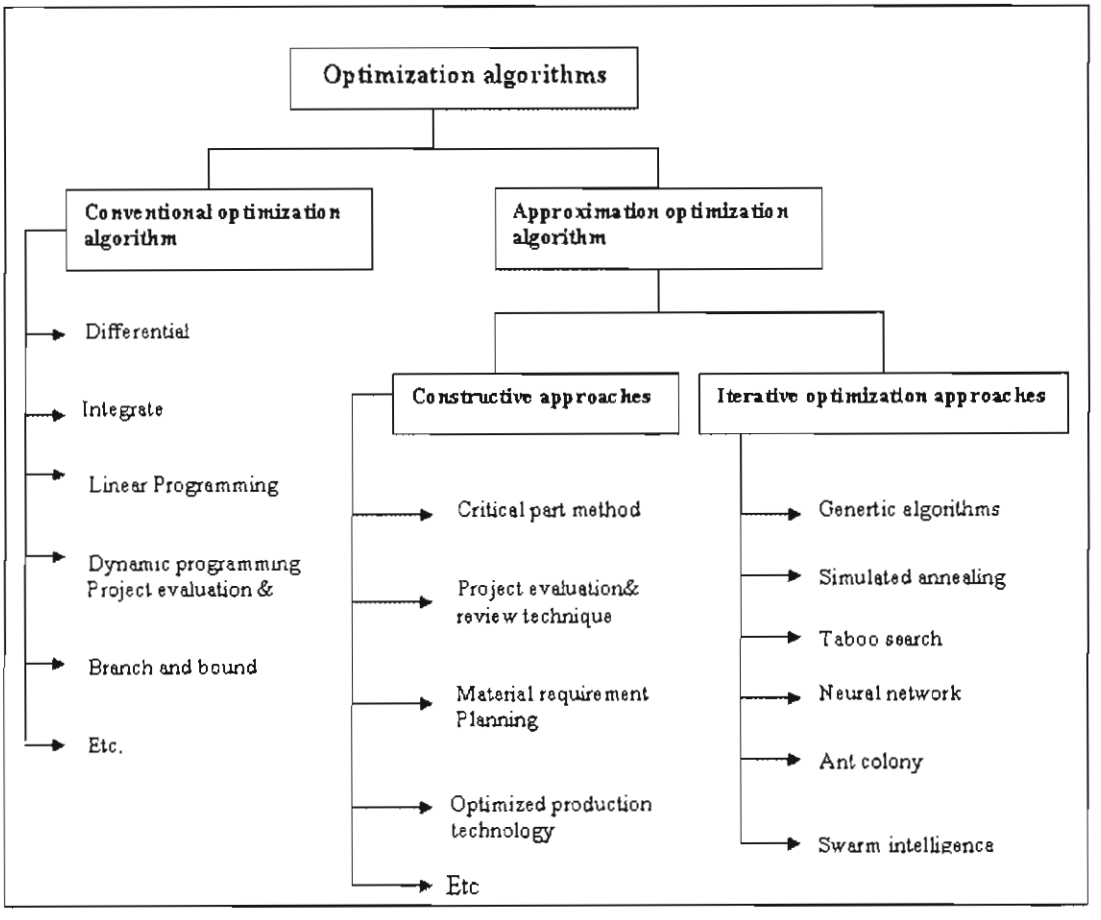
ในปี ค.ศ. 2005 (พ.ศ. 2548) อาจารย์ภูพงษ์ พงษ์เจริญ ได้นำเสนอวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. Conventional optimization algorithm เป็นการหาคำตอบที่ใช้พื้นฐานของคณิตศาสตร์ และสถิติในการหาคำตอบ โดยเป็นแนวทางที่ใช้มานานแล้ว และคำตอบที่ได้สามารถรับรองได้ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ได้แก่วิธี Differential, Integration, Linear Programming, Dynamic Programming และ Branch and Bound

2. Approximation optimization algorithm เป็นการหาคำตอบโดยการประมาณ คำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดหรืออาจเป็นคำตอบที่ดีที่สุดก็ได้ แต่วิธีนี้จะใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่าวิธี Conventional Optimization Algorithm ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 แบบดังนี้

2.1 Constructive Approaches เป็นการหาคำตอบโดยคำตอบจะค่อย ๆ ถูกสร้างจนได้คำตอบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่วิธี Critical Part Method, Project Evaluation & Review Technique, Material Requirement Planning, และ Optimized Production Technology

2.2 Iterative Optimization Approaches เป็นการหาคำตอบโดยเลียนแบบพฤติกรรมธรรมชาติ ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาใหม่เมื่อเทียบกับวิธีการแก้ปัญหาอื่น ได้แก่วิธี Genetic Algorithms, Simulated Annealing, Tabu Search, Neural Network, Ant Colony และ Swarm Intelligence ซึ่ง Tabu Search เป็นแนวคิดที่ถูกนำเสนอโดย Fred Glover ในปี 1977 ซึ่งเป็นเทคนิคในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดขั้นสูง (Advanced Optimization Technique) เพื่อให้ได้ตารางการผลิตที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยแสดงดังภาพ



ภาพที่ 2-6 การแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม (อาจารย์ภูพงษ์ พงษ์เจริญ, 2548.)

7. วิธีการฮิวริสติก (Heuristic Approaches)

1. วิธีการฮิวริสติกพื้นฐานที่พบอย่างสม่ำเสมอในอุตสาหกรรมมีดังนี้

1.1 เข้าก่อนออกก่อน (FCFS :First Come – First Served) คืองานที่รับก่อนจะถูกทำก่อน งานที่รับเข้ามาที่หน่วยงานหรือเครื่องจักรจะต้องได้รับการบริการตามลำดับก่อนหลังของการมาถึงที่หน่วยงาน เป็นวิธีที่ไม่คำนึงถึงเวลาในการปฏิบัติงานทำให้มีสินค้าคงคลัง

1.2 เวลาปฏิบัติงานน้อยสุด (SPT : Shortest Processing Time) ($t_{[1]} \le t_{[2]} \le ... \le t_{[n]}$) คือเลือกทำงานที่ใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุดก่อน โดยเลือกงานที่ใช้เวลาในการผลิตจากน้อยไปหามาก ซึ่งไม่คำนึงถึงกำหนดส่งงาน หลีกเลี่ยงงานที่ใช้เวลายาวนานกว่าทำให้งานสามารถออกจากสายการผลิตได้เร็วขึ้น เวลาเฉลี่ยของงานในระบบและค่าเฉลี่ยของจำนวนงานในระบบน้อยที่สุด ลดจำนวนงานในระหว่างการผลิต (In-Process Inventory) และเวลารอคอยโดยเฉลี่ย (Mean Waiting Time) ของงานสินค้าคงคลังมีจำนวนต่ำ ปัญหาเครื่องจักรว่างลดลง แต่งานที่ใช้เวลาในการปฏิบัติงานนานต้องเกิดการรอคอย ฉะนั้นจึงต้องมีการกำหนดระยะเวลารอคอยสูงสุดไว้

1.3 เวลาปฏิบัติงานสูงสุด (LPT : Longest Processing Time) ($t_{[1]} \ge t_{[2]} \ge ... \ge t_{[n]}$) คือเลือกทำงานที่ใช้เวลาในการทำงานนานที่สุดก่อน ซึ่งงานที่ใช้เวลาการทำงานนานที่สุดจะได้รับการจัดเข้าเครื่องจักรหรือหน่วยงานก่อน

1.4 เวลากำหนดส่งงานเร็วสุด (EDD : Earliest Due Date) ($d_{[1]} \le d_{[2]} \le ... \le d_{[n]}$) วิธีการนี้ได้ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1955 โดยนาย Jackson เป็นวิธีการเลือกทำงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุดก่อน เพื่อให้ค่าสูงสุดของเวลาเสร็จงานที่ช้ากว่ากำหนดส่งงานมีค่าน้อยที่สุด

1.5 สแล็กต่ำสุด (MST :Minimum Slack Time) สแล็กคืองานที่ยังเหลืออยู่และต้องดำเนินการ คือผลต่างระหว่างกำหนดส่งงานและเวลาในปัจจุบันลบเวลาในการทำงานที่เหลืออยู่ ((Due date – Today's Date) – Remaining Processing Time) (บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์, 2552.)

1.6 เข้าหลังออกก่อน (LCFS :Last Come – First Serve) เป็นวิธีการเลือกงานที่รับเข้ามาในหน่วยงานทีหลังทำก่อน

1.7 Least Work Remaining : LWKR เป็นวิธีการเลือกงานที่เหลือเวลาการทำงานน้อยที่สุดทำก่อน

1.8 Most Work Remaining : MWKR เป็นวิธีการเลือกงานที่เหลือเวลาการทำงานมากที่สุดทำก่อน

1.9 Random เป็นวิธีการเลือกงานโดยเลือกงานแบบสุ่ม

1.10 Most Operation Remaining : MOPNR เป็นวิธีการเลือกงานที่มีจำนวนขั้นตอนที่ต้องทำต่อไปมากที่สุดนำมาทำก่อน

1.11 Least Operation Remaining : LOPNR เป็นวิธีการเลือกงานที่จำนวนขั้นตอนที่จะต้องทำต่อไปน้อยที่สุดนำมาทำก่อน

2. วิธีการฮิวริสติกสำหรับการจัดตารางการผลิตของระบบผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) ซึ่งถือว่าเป็นวิธีที่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงหรือเท่ากับผลลัพธ์ที่ดีที่สุด มีดังนี้

2.1 กฎของจอห์นสัน (Johnson's Rule)

ในปี ค.ศ. 1954 Johnson ได้เสนอแนวคิดเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องที่มี 2 หน่วยการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ที่มีค่าน้อยที่สุดซึ่งแนวคิดนี้ถือว่าเป็นพื้นฐานของวิธีฮิวริสติก ซึ่งแนวคิดคือกำหนดให้งาน i จะอยู่นำหน้างาน j ในลำดับงานที่ดีที่สุดถ้า $\min\{ t_{i,1} , t_{j,2}\} \leq \min\{ t_{i,2} , t_{j,1}\}$

จากกฎของจอห์นสัน ตำแหน่งในลำดับงานที่ดีที่สุดจะถูกระบุโดยใช้กลไกแบบผ่านครั้งเดียว (Single-Pass Mechanism) และกำหนดให้เวลาดำเนินงานบนเครื่องจักรหมายเลข 1 เท่ากับ t_{j1} และเวลาดำเนินงานบนเครื่องจักรหมายเลข 2 เท่ากับ t_{j2}

2.1.1 การประยุกต์กฎของจอห์นสัน (แนวทางที่ 1) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาเวลาที่น้อยที่สุดคือ หา $\min\{ t_{j,1} , t_{j,2} \}$

ขั้นตอนที่ 2a ถ้าเวลาดำเนินงานที่มีค่าน้อยที่สุดอยู่บนเครื่องจักรหมายเลข 1 ให้วางงานที่มีเวลาดำเนินงานน้อยที่สุดนั้นลงในตำแหน่งแรกที่ยังว่างอยู่ในลำดับงาน แล้วทำในขั้นตอนที่ 3 ต่อ

ขั้นตอนที่ 2b ถ้าเวลาดำเนินงานที่มีค่าน้อยสุดอยู่บนเครื่องจักรหมายเลข 2 ให้วางงานที่มีเวลาดำเนินงานน้อยที่สุดนั้นลงในตำแหน่งสุดท้ายที่ยังว่างอยู่ในลำดับงาน แล้วทำในขั้นตอนที่ 3 ต่อ

ขั้นตอนที่ 3 ตัดงานที่ได้ระบุตำแหน่งไปแล้วออกจากการพิจารณา แล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 1 จนกระทั่งทุกตำแหน่งงานถูกตัดหมด (ถ้าสามารถเลือกได้มากกว่า 1 งานให้เลือกงานใดก็ได้)

2.1.2 การประยุกต์กฎของจอห์นสัน (แนวทางที่ 2) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดให้ $U = \{ j \mid t_{j,1} < t_{j,2} \}$ และ $V = \{ j \mid t_{j,1} \geq t_{j,2} \}$

ขั้นตอนที่ 2 จัดให้สมาชิกของเซต U เรียงกันโดยที่เรียงค่าของ $t_{j,1}$ แบบน้อยไปมาก (SPT) และจัดให้สมาชิกของเซต V เรียงกันโดยที่เรียงค่าของ $t_{j,2}$ แบบมากไปน้อย (LPT)

ขั้นตอนที่ 3 ลำดับงานที่ดีที่สุดเกิดจากการนำเอาเซตของ U มาวางไว้ก่อนหน้าเซต V

2.1.3 การประยุกต์กฎของจอห์นสันกรณีแบบ 3 เครื่องจักร (สถานีงาน) ซึ่งการดำเนินการแรกต้องทำบนเครื่องจักรแรก การดำเนินการที่สองต้องทำบนเครื่องจักรที่สอง และการดำเนินการที่สามต้องทำบนเครื่องจักรที่สาม ถ้าเครื่องจักรเครื่องที่ 2 เป็นเครื่องจักรเด่น (Dominated Machine) คือไม่มีสภาวะคอขวดเกิดขึ้นบนเครื่องจักรนี้ สามารถใช้เทคนิคของจอห์นสันในการจัดตารางการผลิตได้ โดยพิจารณาตามเงื่อนไขดังนี้

$$\min_{j=1}^{n}\{t_{j,1}\} \geq \max_{j=1}^{n}\{t_{j,2}\} \quad \text{หรือ} \quad \min_{j=1}^{n}\{t_{j,3}\} \geq \max_{j=1}^{n}\{t_{j,2}\}$$

เมื่อเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งเป็นจริงการแก้ปัญหาของระบบที่ประกอบด้วย 3 เครื่องจักร สามารถทำได้โดยขั้นตอนของกฎของจอห์นสัน และงาน i อยู่นำหน้างาน j ในลำดับงานที่ดีที่สุดถ้า

$$\min\{t_{j,1}+t_{j,2},\ t_{j,2}+t_{j,3}\} \leq \min\{t_{j,2}+t_{j,3},\ t_{j,1}+t_{j,2}\}$$

ในการประยุกต์ขั้นตอนของจอห์นสันนั้น ต้องการกำหนดค่า $A_j = \{t_{j,1} + t_{j,2}\}$ และ $B = \{t_{j,2} + t_{j,3}\}$ แล้วทุกขั้นตอนของจอห์นสันให้ใช้ค่า A_j แทนการดำเนินงานบนเครื่องจักรที่ 1 และ B แทนการดำเนินงานบนเครื่องจักรที่ 2 จากนั้นจึงทำการหาลำดับงานที่ดีที่สุดด้วยทุกขั้นตอนของกฎของจอห์นสัน (ตามขั้นตอนในข้อ 2.1.1 และ 2.1.2)

2.2 ฮิวริสติกของ Palmer (Palmer's Heuristic Algorithm)

Palmer ได้เสนอแนวทางในการสร้างดัชนีความชัน (Slope Index :SI_i) เพื่อจัดลำดับงานของเครื่องจักรภายใต้เงื่อนไขของเวลาการผลิต โดยมีแนวคิดคืองานที่ได้รับเลือกก่อนควรมีเวลาในการทำงานมีแนวโน้มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่งานที่อยู่ในลำดับหลัง ๆ ควรมีเวลาในการทำงานน้อยลงเรื่อย ๆ ซึ่งงานที่ได้รับการจัดลำดับก่อนคืองานที่มีค่า SI_i สูงสุด และสามารถหาค่าดัชนีความชันได้ดังสมการ สำหรับแต่ละงานกำหนดให้ SI_i คือดัชนีความชันของงานหนึ่ง ๆ

$$SI_i = -\sum_{j=1}^{m}\{m-(2j-1)\}t_{i,j}$$

หรือ $$SI_i = (m-1)t_{i,m} + (m-3)t_{i,(m-1)} + (m-5)t_{i,(m-2)} + \ldots. - (m-5)t_{i,3} - (m-3)t_{i,2} - (m-1)t_{i,1}$$

เมื่อคำนวนดัชนีความชันให้กับทุกงานแล้ว ให้จัดลำดับงานตามค่าดัชนีความชันจากมากไปน้อย $S_{[1]} \geq S_{[2]} \geq \ldots\ldots \geq S_{[n]}$ แล้วใช้แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) สำหรับหาค่าเวลาปิดงานของระบบ แล้วจึงเลือกลำดับงานที่มีเวลาปิดงานน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาที่จำนวนสถานีงาน 2 สถานีงาน

$$SI_i = -\{[2-((2*1)-1)t_{i1}] + [2-((2*2)-1)t_{i2}]\}$$
$$= -\{t_{i1} - t_{i2}\}$$
$$= t_{i2} - t_{i1}$$
$$SI_i = (m-1)t_{im} - (m-1)t_{i1}$$

เมื่อพิจารณาที่จำนวนเครื่องจักร 3 เครื่อง

$$SI_i = -\{[3-((2*1)-1)t_{i1}] + [3-((2*2)-1)t_{i2}] + [3-((2*3)-1)t_{i3}]\}$$
$$= -\{(2)t_{i1} + (0)t_{i2} - (2)t_{i3}\}$$
$$= 2t_{i3} - 2t_{i1}$$
$$SI_i = (m-1)t_{im} - (m-1)t_{i1}$$

เมื่อพิจารณาที่จำนวนเครื่องจักร 4 เครื่อง

$$SI_i = -\{[4-((2*1)-1)t_{i1}] + [4-((2*2)-1)t_{i2}] + [4-((2*3)-1)t_{i3}] + [4-((2*4)-1)t_{i4}]\}$$
$$= -\{(3)t_{i1} + (1)t_{i2} - (1)t_{i3} - (3)t_{i4}\}$$
$$= 3t_{i4} + t_{i3} - t_{i2} - 3t_{i1}$$
$$SI_i = (m-1)t_{im} + (m-3)t_{i,m-1} - (m-3)t_{i2} - (m-1)t_{i1}$$

เมื่อพิจารณาที่จำนวนเครื่องจักร m เครื่อง

$$SI_i = (m-1)t_{i,m} + (m-3)t_{i,(m-1)} + (m-5)t_{i,(m-2)} + \ldots. - (m-5)t_{i,3} - (m-3)t_{i,2} - (m-1)t_{i,1}$$

กำหนดให้ i คือ งาน 1,2,3,..., n และ m คือ เครื่องจักร 1,2,3,...,m เมื่อคำนวนดัชนีความชันให้กับทุกงานแล้ว ให้จัดลำดับงานตามค่าดัชนีความชันจากมากไปน้อย แล้วใช้แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) สำหรับหาค่าเวลาปิดงานของระบบ แล้วจึงเลือกลำดับงานที่มีเวลาปิดงานน้อยที่สุด

2.3 ฮิวริสติกของ Gupta (Gupta's Heuristic Algorithm)

Gupta ได้เสนอแนวทางที่มีลักษณะคล้ายกับวิธีฮิวริสติกของ Plamer แต่ Gupta ได้นิยามดัชนีความชันที่ต่างออกไป โดยใช้กฎการถ่ายทอดในรูปของ $S_{[1]} \geq S_{[2]} \geq \ldots\ldots \geq S_{[n]}$ โดยกำหนดให้

$$Sj = \frac{e_j}{\min \{ t_{j1} + t_{j2} , t_{j2} + t_{j3} \}}$$

โดย $e_j = 1$ ถ้า $t_{j1} < t_{j2}$ และ $e_j = -1$ ถ้า $t_{j1} \geq t_{j2}$ นอกจากนั้นแล้ว Gupta ได้เสนอว่ากรณีที่เครื่องจักรมากกว่า 2 เครื่อง ($m > 2$) ค่าดัชนีสำหรับแต่ละงานใช้สมการดังนี้

$$Sj = \frac{e_j}{\min\limits_{1 \leq k \leq m-1} \{ t_{j,k} + t_{j,k+1} \}}$$

โดยที่ $e_j = 1$ ถ้า $t_{j1} < t_{jm}$ และ $e_j = -1$ ถ้า $t_{j1} \geq t_{jm}$ และทำการเรียงลำดับงานจากมากไปน้อย $S_{[1]} \geq S_{[2]} \geq \ldots\ldots \geq S_{[n]}$

2.4 ฮิสริสติกของ NEH (NEH Heuristic Algorithm)

Nawaz, Enscore และ Ham (NEH, 1983.) ได้เสนอแนวคิดโดยการสมมุติให้งานที่ใช้เวลาในการผลิตบนเครื่องจักรมากสุด จะมีความสำคัญมากกว่างานที่ใช้เวลาในการผลิตน้อย ฮิวริสติกนี้สร้างลำดับงานที่ต้องนำมาประเมินเป็นจำนวนมาก ซึ่งบางครั้งอาจจะใช้เวลาในการหาคำตอบนาน ฮิวริสติกของ Nawaz มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวนผลรวมของเวลาดำเนินการสำหรับแต่ละงาน จากนั้นให้เรียงลำดับงานตามค่าของผลรวมนี้จากมากไปน้อย $S_{[1]} \geq S_{[2]} \geq \ldots\ldots \geq S_{[n]}$ เรียกลำดับงานนี้ว่า "รายการงาน (Job List)" ซึ่งมีลำดับงานคือ $j_1, j_2, \ldots\ldots, j_n$

ขั้นตอนที่ 2 เลือก 2 งานแรกจากรายการงาน หาค่าเวลาปิดงานที่ดีที่สุด (น้อยที่สุด) จาก 2 ลำดับงานดังกล่าว โดยลำดับงานแรกให้วาง j_1 ไว้ในตำแหน่งแรก และ j_2 ไว้ในตำแหน่งที่ 2 ส่วนลำดับงานที่สองให้วาง j_1 และ j_2 สลับกันเมื่อได้ลำดับงานดังกล่าวแล้ว ห้ามเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของงานทั้งสองในขั้นตอนต่อไปของฮิวริสติก

ขั้นตอนที่ 3 เลือกงานที่อยู่ในตำแหน่งถัดไปของรายการงาน และหาลำดับงานที่ดีที่สุดโดยวางงานนี้ในตำแหน่งที่เป็นไปได้ทั้งหมดของลำดับงานแบบบางส่วนที่สร้างขึ้นจนถึงขณะนี้ แต่ต้องไม่เปลี่ยนแปลงลำดับของงาน ที่ได้จัดวางตำแหน่งก่อนหน้านี้แล้ว

ขั้นตอนที่ 4 ทำขั้นตอนที่ 3 ซ้ำจนกว่าทุกงานจะได้รับการจัดตาราง

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

2.5 การทำให้เครื่องจักรเดินเปล่าน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 1 หาผลรวมของเวลาการดำเนินการของแต่ละงาน $\sum_{m=1}^{m} t_{j,m}$

เรียงลำดับงานเหล่านี้ตามค่าของผลรวมที่เพิ่มขึ้นหรือเรียงแบบ SPT แล้วจัดตารางให้กับงานแรก จากนั้นจึงหาเวลาที่แต่ละการดำเนินงานของงานแรกทำเสร็จบนแต่ละสถานีงาน โดยเวลาเสร็จงานของสถานีงานที่ 1 เท่ากับ $t_{j,1}$ สถานีงานที่ 2 เท่ากับ $t_{j,1}+t_{j,2}$ สถานีงานที่ 3 เท่ากับ $t_{j,1}+t_{j,2}+t_{j,3}$ และสถานีงานที่ 4 เท่ากับ $t_{j,1}+t_{j,2}+t_{j,3}+t_{j,4}$ ดังตารางการวนซ้ำ

ขั้นตอนที่ 2 เลือกงาน 3 งานถัดไปที่มีผลรวมของเวลาดำเนินการน้อยที่สุด แล้วใส่ลงไปในตารางการวนซ้ำ เรียกงานเหล่านี้ว่างานทดสอบ หารายการของงานสุดท้ายที่ได้รับการยืนยันการจัดตารางแล้ว และเวลาที่งานนี้เสร็จคำนวนเวลาทำเสร็จของงานทดสอบแต่ละงานโดยคิดเสมือนกับว่าแต่ละงานเป็นงานต่อไปที่จะจัดตาราง

ขั้นตอนที่ 3 คำนวนเวลาที่สถานีงานว่างงานทั้งหมดสำหรับแต่ละงานที่เป็นงานทดสอบ โดยเวลาที่สถานีงานว่างงานจะเกิดขึ้นได้ เมื่อเวลาเสร็จงานของสถานีงานก่อนหน้ามีค่ามากกว่าเวลาที่สถานีงานนั้นทำงานเสร็จ

ขั้นตอนที่ 4 งานต่อไปที่จะนำมาใส่ในลำดับงานคือ งานที่ทำให้เวลาว่างสูญเปล่าของสถานีงานมีค่าน้อยที่สุด ถ้ามีงานที่มีเวลาสูญเปล่าเท่ากันต้องพิจารณาทีละตารางที่มีงานที่มีเวลาสูญเปล่าอยู่ทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 5 ถ้างานทั้งหมดถูกจัดตารางแล้วให้หยุด

งาน	สถานีงาน								เวลาเดินเปล่าทั้งหมด
	1		2		3		4		
	เวลาดำเนินการ	เสร็จ	เวลาดำเนินการ	เสร็จ	เวลาดำเนินการ	เสร็จ	เวลาดำเนินการ	เสร็จ	
ยืนยัน									
งานลำดับที่ i	$t_{j,1}$		$t_{j,2}$		$t_{j,3}$		$t_{j,4}$		
งานทดสอบ									
งานลำดับที่ 2	$t_{j,1}$		$t_{j,2}$		$t_{j,3}$		$t_{j,4}$		
งานลำดับที่ 3	$t_{j,1}$		$t_{j,2}$		$t_{j,3}$		$t_{j,4}$		
งานลำดับที่ 4	$t_{j,1}$		$t_{j,2}$		$t_{j,3}$		$t_{j,4}$		

365485

2.6 ฮิวริสติก Campbell, Dudek และ Smith (CDS)

Campbell, Dudek และ Smith ได้เสนอแนวคิดที่ใช้หลักการจัดลำดับงานของจอห์นสัน โดยสร้างตารางเวลาที่เป็นไปได้ขึ้น m-1 ทาง และเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดในการหาคำตอบ เพื่อหาเวลาปิดงานของระบบที่ดีที่สุด ซึ่งวิธีนี้ถือว่าเป็นวิธีทางฮิวริสติกที่ให้คำตอบที่ดีมากวิธีหนึ่ง โดยมักถูกใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับวิธีอื่น กำหนดให้ A เป็นตารางเวลาที่ 1 และ B เป็นตารางเวลาที่ 2 สำหรับกรณีศึกษากระบวนการ N งาน 4 กระบวนการนั้น ตารางเวลาที่เป็นไปได้คือ 3 ทางเลือก และสามารถหาค่าของ A และ B ได้ดังสมการดังนี้

ตารางเวลาครั้งแรก (First Schedule) คือ

$A = t_{j,1}$ คือเวลาในการทำงาน (Processing Time) ของเครื่องแรก (3.1)

$B = t_{j,m}$ คือเวลาในการทำงาน (Processing Time) ของเครื่องสุดท้าย (3.2)

ตารางเวลาครั้งที่ 2 คือ

$A = t_{j,1} + t_{j,2}$ คือเวลาในการทำงานบนเครื่องจักร 2 เครื่องแรก (3.3)

$B = t_{j,m} + t_{j,m-1}$ คือเวลาในการทำงานบนเครื่องจักร 2 เครื่องหลัง (3.4)

ตารางเวลาครั้งที่ 3 คือ ตารางเวลาที่ m-1

$$A = \sum_{k=1}^{k} t_{j,k} \tag{3.5}$$

$$B = \sum_{k=1}^{k} t_{j,m-k+1} \tag{3.6}$$

จากวิธีการหาตารางเวลา m-1 ทางเลือกแล้ว เลือกตารางเวลาที่ให้ค่าเวลาปิดงานของระบบน้อยที่สุด โดยมีขั้นตอนในการจัดตารางเวลาดังนี้ กำหนดให้ k มีค่าเท่ากับ 1,2,3,...,k

ขั้นตอนที่ 1 ให้ $k = 1$ แล้วทำการคำนวณหาค่า A และ B โดยใช้สมการ (3.1), (3.2), (3.3), (3.4), (3.5) และ (3.6)

ขั้นตอนที่ 2 จัดตารางเวลางาน j ชนิด โดยใช้กฎของจอห์นสัน แล้วใช้แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) คำนวณเวลาปิดงานของระบบ ถ้าพบเวลาปิดงานของระบบน้อยที่สุดให้จัดลำดับงานตามนั้น

ขั้นตอนที่ 3 ถ้า k = (m-1) ให้หยุด และถ้า k ≠ (m-1) ให้เพิ่มค่า k ขึ้น 1 หน่วย แล้วกลับไปยังขั้นตอนที่ 1

8. วิธีการค้นหาคำตอบแบบตาบู (Tabu Search)

ในปี ค.ศ. 1977 Fred Glover ได้นำเสนอแนวคิดวิธีการค้นหาแบบตาบู โดยวิธีการค้นหาคำตอบนั้นมีการกำหนดการค้นหาคำตอบไม่ให้กลับไปสู่คำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimum) ซึ่งเคยผ่านมาก่อนหน้านี้ โดยการเก็บข้อมูลของคำตอบที่ได้จากการค้นหาในอดีตในรายการตาบู (Tabu List) และการค้นหาคำตอบยังดำเนินการค้นหาต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุดแบบวงกว้าง (Global Optimum) หรือการค้นหาคำตอบเป็นไปตามเกณฑ์ความปรารถนา (Aspiration Criteria) แล้วจึงทำการหยุดการค้นหาคำตอบ วิธีนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้รับความนิยมเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน โดยการหาค้นหาคำตอบแบบตาบูสามารถดำเนินการได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 - ทำการเลือกลำดับงานเริ่มต้น S_I โดยใช้วิธีฮิวริสติก

- กำหนดให้ $S_{best} = S_I$ เมื่อ S_{best} คือลำดับงานที่ดีที่สุด S_I คือลำดับงานเริ่มต้น

- กำหนดให้ k = 1 เมื่อ k คือจำนวนรอบของการค้นหา

ขั้นตอนที่ 2 - สร้างตารางข้างเคียงที่เป็นไปได้ S_n

ขั้นตอนที่ 3 - เลือกตารางที่เสนอตัว S_k จากตารางข้างเคียง S_n

- ตรวจสอบ S_k กับลำดับงานในรายการตาบู (Tabu List) ถ้าไม่ซ้ำกับลำดับงานในรายการตาบูให้ทำต่อในขั้นตอนที่ 4 แต่ถ้าซ้ำกับลำดับงานในรายการตาบูให้ตัดตารางงานนั้นออกจากการพิจารณาแล้วทำการเลือกตารางที่เสนอตัว S_k จากตารางข้างเคียง S_n ใหม่อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 4 - ปรับปรุงลำดับงานในรายการตาบู (Tabu List)

ขั้นตอนที่ 5 - ทำการค้นหาคำตอบในครั้งถัดไปโดยการเพิ่มค่า k ขึ้นอีก 1 และให้หยุดการค้นหาเมื่อค่า k มากกว่าจำนวนงาน N อยู่หนึ่ง (k = N+1)

โดยกำหนดให้

S_{best} คือตารางที่ดีที่สุด

M_{best} คือค่าเวลาปิดระบบที่มีค่าน้อยสุด

S_I คือตารางตั้งต้น

M_I คือค่าเวลาปิดระบบของตาราง S_I

S_n คือตารางข้างเคียงที่เป็นไปได้

M_n คือ ค่าเวลาปิดระบบของตารางข้างเคียงที่เป็นไปได้

S_{n_min} คือ ตารางข้างเคียงที่ให้ค่าเวลาปิดระบบที่น้อยสุด

$\min(M_n)$ คือ ค่าเวลาปิดระบบที่มีค่าน้อยที่สุดในกลุ่มของค่าที่ได้จากตารางข้างเคียง

S_k คือ ตารางดั้งต้นใหม่ที่ได้จากการค้นหาในแต่ละรอบ

k คือ จำนวนรอบของการค้นหา

N คือ จำนวนงานที่ทำการจัดตารางการผลิต

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จันทร์เพ็ญ อักกะวิเนด (2540). ศึกษาการจัดลำดับงานของการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) ซึ่งศึกษาวิธีการทางฮิวริสติก คือวิธีของ Nawaz Enscore และ Ham (NEH), Rajendran และ Chandhuri (RCh), Campbell Dudek และ Smith (CDS) ในการหาคำตอบเพื่อใช้ปันค่าเริ่มต้นในการค้นหาโดยวิธีของ Genetic (GA) ของ Reevest แล้วนำเอาจุดเด่นของแต่ละวิธีมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน เพื่อให้เกิดผลดีที่สุดกับปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งปัญหาขนาดเล็กและขนาดใหญ่ และนำเอาคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาโดยการเขียนโปรแกรมเพื่อทำการคำนวณวิธีการจัดลำดับงานและแสดงผลที่ได้ในรูปของเวลารวมที่แต่ละงานอยู่ในระบบ และตารางการทำงานของแต่ละงานบนเครื่องจักร

ผลการศึกษาพบว่าวิธีที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดตามลำดับคือ วิธีของ GA, NEH , RCh และ CDS แม้ว่าวิธีของ CDS ไม่ได้ให้ค่าที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับวิธีอื่น แต่ก็เป็นวิธีที่ให้คำตอบที่ดีในระดับหนึ่งและเป็นวิธีที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าวิธีอื่น โดยเฉพาะกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

งานวิจัยข้างต้นมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้คือเป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) ที่ใช้วิธีการฮิวริสติก CDS ในการหาคำตอบเพื่อหาลำดับงานที่ดีที่สุด

ปาริฉัตร ปั้นทอง (2545). ศึกษาการจัดตารางการผลิตของกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) ซึ่งเวลาปรับตั้งเครื่องจักรมีผลต่อเวลาดำเนินการ กรณีศึกษาคืออุตสาหกรรมผลิตล้ออัลลอย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงจำนวนงานล่าช้า เวลาล่าช้าเฉลี่ยและเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยให้น้อยที่สุด วิธีการวิจัยคือการสร้างโปรแกรมสำหรับการจัดตารางการผลิต แล้วทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมและทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการควบคุมการผลิตให้เป็นไปตามแผนของโรงงานตัวอย่าง จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตารางการผลิตที่ได้จากโปรแกรมการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการของ Gupta, Palmer และ CDS

ผลการจัดตารางการผลิตพบว่าวิธีของ Gupta ทำให้จำนวนงานล่าช้าลดลง 36 งาน คิดเป็น 57.14% ของวิธีการเดิม เวลาล่าช้าเฉลี่ยลดลง 1.381 วัน คิดเป็น 26.77% ของวิธีการเดิม และเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยลดลง 1.2079 วัน คิดปีน 34.03% ของวิธีการเดิม เมื่อพิจารณาในส่วนของเวลาที่ใช้ในการเตรียมเครื่องจักรพบว่าสามารถลดเวลาในการเตรียมเครื่องจักรในจุดที่เป็นคอคอดของการผลิตลงได้ 2400 นาที คิดเป็น 11.3% ของวิธีการเดิม ซึ่งส่งผลให้สามารถทำการผลิตได้รวดเร็วขึ้น

งานวิจัยข้างต้นมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้คือเป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบต่อเนื่องที่ใช้วิธีการฮิวริสติก CDS เพื่อปรับปรุงจำนวนงานล่าช้า และเวลาล่าช้าเฉลี่ยให้น้อยที่สุด

อธิพล บุญวิโรจน์ฤทธิ์ (2545). ศึกษาการจัดลำดับงานของกระบวนผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ให้ค่าเวลาปิดงาน (Makespan) น้อยที่สุด วิธีการที่ใช้จัดลำดับงานคือวิธีการสร้างคำตอบอย่างมีเหตุผล (Heuristic Approach) ได้แก่ วิธีของ Campbell Dudek และ Smith (CDS), Gupta , Nawaz Enscore และ Ham (NEH), Rajendran R. และ Chaudhudi D. , Sarin และ Lefoka และวิธี Ms Project (SPAR I : Scheduling Program for Allocating Resource) โดยทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจัดลำดับงานด้วยวิธีการฮิวริสติกดังกล่าว จากนั้นจึงทำการทดลองจัดลำดับงานภายใต้สภาวะที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรและไม่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรแล้วทำการเปรียบเทียบผลที่ได้ ทั้งนี้ทำการออกแบบปัญหาให้มีขนาดต่าง ๆ ได้แก่ เครื่องจักร 10 เครื่อง มีงานที่ต้องทำ 10, 30, 50 งาน, เครื่องจักร 30 เครื่อง มีงานที่ต้องทำ 30, 50, 80 งาน และเครื่องจักร 50 เครื่อง มีงานที่ต้องทำ 50, 80, 100 งาน

ผลการศึกษาลักษณะปัญหาที่ไม่มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรพบว่า วิธีของ NEH ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีอื่น และวิธีของ CDS ให้คำตอบที่ดีเป็นอันดับสอง แต่เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นพบว่าวิธีของ CDS ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธี NEH ส่วนลักษณะปัญหาที่มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรพบว่าวิธีของ NEH ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีอื่น จากผลการศึกษาพบว่าสัดส่วนระหว่างจำนวนเครื่องจักรกับจำนวนงานมีผลกับช่วงเวลาการทำงานที่ได้จากการจัดลำดับงานแต่ละวิธี

งานวิจัยข้างต้นมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้คือเป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบต่อเนื่องที่ใช้วิธีการฮิวริสติก CDS เพื่อหาค่าเวลาปิดงานที่น้อยที่สุดโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับวิธีอื่น

เชาวลิต หามนตรี, ยุทธชัย บันเทิงจิตร และสรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ (2545). ศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตของระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยกรณีศึกษาแผนกโลหะแผ่นของโรงงานเครื่องจักรอัตโนมัติ วิธีการวิจัยคือศึกษาโดยการทดสอบฮิวริสติก NEH, RCH, CDS, Dan, Palmer, Random, FCFS, Gupta, Johnson, LPT เพื่อคัดเลือกฮิวริสติกที่มีความเหมาะสมกับปัญหาของกรณีศึกษา แล้วจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิธีฮิวริสติกที่ถูกเลือกร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดตารางการผลิต และทำการทดสอบพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเจเนติกอัลกอริทึม จากนั้นทำการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กับกรณีศึกษาที่ขนาดปัญหา 47, 72 และ 108 งาน และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมกับผลลัพธ์ของวิธีปัจจุบัน

ผลการศึกษาพบว่าฮิวริสติกที่เหมาะสมที่สุดคือฮิวริสติก NEH, CDS และ RCH ตามลำดับดังนั้นจึงใช้ฮิวริสติกเหล่านี้เป็นคำตอบเริ่มต้นให้กับวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม และผลการประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาพบว่าวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมที่ใช้คำตอบเริ่มต้นจากวิธีฮิวริสติกให้ค่าเวลาปิดงานและเวลาเสร็จงานล่าช้าต่ำกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตปัจจุบันของกรณีศึกษา โดยค่าเวลาปิดงานของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมให้ค่าที่ดีกว่าวิธี FCFS 2.76% และดีกว่า LPT 8%

งานวิจัยข้างต้นมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้คือเป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบต่อเนื่องที่มีการศึกษาธีการฮิวริสติก CDS เพื่อหาค่าเวลาปิดงาน โดยผลลัพธ์ของงานวิจัยข้างต้นถือว่าวิธีฮิวริสติก CDS ให้ผลลัพธ์ที่ดีสำหรับเป็นคำตอบตั้งต้นของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม

ศรันยา อุดมศรี (2547). ศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตของระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งไม่มีสถานที่เก็บงานระหว่างกระบวนการ โดยกรณีศึกษาเป็นสายการประกอบชิ้นส่วนของรถยนต์ที่มีงานย่อยของแต่ละสถานีงานไม่เหมือนกันและเวลาการทำงานไม่เท่ากัน วิธีการวิจัยคือการเปรียบเทียบเวลาปิดงานที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับวิธีฮิวริสติก NEH และฮิวริสติกที่พัฒนาจากวิธีฮิวริสติกของ Palmer, Gupta, วิธี Sum Absolute Differences (SAD) และวิธี Sum Absolute Residuals (SAR) ของ Stinson และ Smith ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ทดสอบคือข้อมูลเวลาการดำเนินงานจาก OR-Library โดยมีวัตถุประสงค์การทดสอบเพื่อหาวิธีการที่ดีที่สุดในการจัดตารางการผลิต ซึ่งพิจารณาจากค่าเวลาปิดงานที่ต่ำที่สุดและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลที่ต่ำที่สุด จากนั้นจึงทำการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติก NEH, Palmer, Gupta, SAD, SAR และวิธีหาคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับกรณีศึกษาสายการประกอบที่มี 17 สถานีงาน ของผลิตภัณฑ์ 4 รุ่น

ผลการเปรียบเทียบค่าเวลาปิดงานของระบบที่น้อยสุดที่ระดับนัยสำคัญ 10% พบว่าวิธีฮิวริสติกของ Palmer, SAD และ SAR ให้ค่าเวลาปิดงานที่น้อยกว่าวิธีฮิวริสติก NEH แต่วิธี

ฮิวริสติก NEH ให้ค่าเวลาปิดงานที่ดีกว่าหรือเท่ากับวิธีฮิวริสติก Gupta เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการประมวลผล พบว่าทุกวิธีฮิวริสติกข้างต้นใช้เวลาในการคำนวณหาลำดับงานที่ไม่แตกต่างกัน และผลการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกกับกรณีศึกษา พบว่าวิธีฮิวริสติก NEH, Plamer, SAD และ SAR ให้ค่าเวลาปิดงานที่ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้นคือ 24 งานพบว่าวิธีฮิวริสติก Palmer, SAD และ SAR ให้ค่าเวลาปิดงานของระบบที่น้อยกว่าวิธีฮิวริสติก NEH

งานวิจัยข้างต้นมีส่วนที่คล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้คือเป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบต่อเนื่องที่ใช้วิธีการฮิวริสติกในการหาลำดับงานที่ดีที่สุด ซึ่งทดสอบกับตัวอย่างข้อมูลเวลาการดำเนินงานจาก OR-Library เพื่อหาเวลาปิดงานของระบบน้อยที่สุด

ณัฐพล พุทธิพงษ์ และธนัญญา วสุศรี (2548). ศึกษาการจัดตารางการผลิตของระบบการผลิตแบบขนานโดยทำการปรับปรุงการจัดตารางการผลิตของกรณีศึกษาโรงงานทอยางที่มีปัญหาการส่งมอบสินค้าล่าช้าอยู่ในช่วงร้อยละ 16.78 – 32 ซึ่งมีสาเหตุจากการจัดลำดับงานที่ไม่เหมาะสมจึงปรับปรุงการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการแบบตาบูและพัฒนาโปรแกรมที่ช่วยในการจัดตารางการผลิต ซึ่งใช้วิธีการ EDD ในการกำหนดลำดับงานเริ่มต้นสำหรับการหาคำตอบแบบตาบู แล้วทำการทดลองกับตัวอย่างข้อมูลการสั่งซื้อจำนวน 10 สัปดาห์ เพื่อหาค่าเวลาล่าช้ารวม จำนวนงานล่าช้า และเวลาที่ใช้ในการคำนวณและเปรียบเทียบผลระหว่างวิธีการเดิมกับวิธีการแบบตาบู

ผลการทดลองพบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบตาบูให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการเดิม โดยเวลาล่าช้ารวม จำนวนงานล่าช้า และเวลาที่ใช้ในการคำนวณลดลงจากเดิมร้อยละ 97.67, 76.49 และ 94.04 ตามลำดับ

งานวิจัยข้างต้นมีความแตกต่างจากงานวิจัยนี้คือเป็นการศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิตแบบตาบูที่กำหนดลำดับงานตั้งต้นด้วยวิธีการ EDD ซึ่งทำการศึกษากับปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบขนาน ส่วนงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบต่อเนื่องเพื่อประยุกต์ใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบตาบูที่กำหนดลำดับงานตั้งต้นด้วยวิธีการ SPT

ปานพล พฤกษาจันทนา, ณัฐพล อารีรัชชกุล และสมเกียรติ จงประสิทธิ์พร (2550). ศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Flexible Flow Shop โดยกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตกล่องกระดาษ ซึ่งมีปัญหาการส่งมอบสินค้าล่าช้า ดังนั้นเพื่อลดเวลาล่าช้าในการส่งมอบจึงปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการใช้กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rule) แบบ EDD (Earliest Due Date) และขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms) กับปัญหาของกรณีศึกษาเพื่อหาเวลาล่าช้าเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับผลลัพธ์ของวิธีการเดิม

ผลการประยุกต์ใช้พบว่าวิธีการ GA ให้ค่าเวลาล่าช้าเฉลี่ยน้อยที่สุด ส่งผลให้เวลาล่าช้ารวมและจำนวนงานล่าช้าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการเดิมกับวิธีการ GA และวิธี EDD พบว่าวิธีการ GA สามารถลดเวลาล่าช้าในการส่งมอบงานได้ 61.69% และวิธีการ EDD สามารถลดเวลาล่าช้าในการส่งมอบงานได้ 59.09% และเมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วย t-test พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการ GA มีความแตกต่างจากผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการ EDD อย่างมีนัยสำคัญ

งานวิจัยข้างต้นมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้คือเป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบต่อเนื่องแต่วิธีการฮิวริสติกที่ใช้แตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยอ้างอิงใช้วิธีการ GA และ EDD เพื่อลดเวลาล่าช้าในการส่งมอบแต่งานวิจัยนี้ให้วิธีการตาบูเพื่อหาเวลาปิดงานของระบบน้อยสุด

ศิวรักษ์ อินต๊ะวงค์ และสันติชัย ชีวสุทธิศิลป์ (2551). ศึกษากระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) ที่มีลักษณะปัญหาแบบ NP-Hard (Nonpolynomial Hard) โดยกรณีศึกษาเป็นการผลิตแผงวงจรชนิดอ่อน (Flex Cable Circuit) ที่มีขั้นตอนการผลิต 9 กระบวนการ วิธีการวิจัยคือพัฒนาแบบจำลองการผลิต (Simulation) ด้วยโปรแกรมอารีนาแล้วทำการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองด้วยวิธีทางสถิติ Z-test เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของเวลาปิดงานของระบบจากการจัดตารางการผลิตแบบเดิม และเปรียบเทียบวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมกับวิธีฮิวริสติก 3 วิธีคือ Palmer, Gupta และ CDS (Campbell, Dudek and Smith) แล้วทดสอบความแตกต่างของแต่ละวิธีด้วย ANOVA Test เพื่อหาวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสม ซึ่งให้ค่าเวลาปิดงานของระบบน้อยสุด

ผลการทดสอบแบบจำลองการผลิตด้วยวิธีสถิติ Z-test ที่ระดับนัยสำคัญ 95% พบว่าสามารถลดเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการวางแผนการผลิตแบบเดิมจาก 12.80% ลดลงเป็น 5.04% ซึ่งทำให้การวางแผนการผลิตมีความคลาดเคลื่อนลดลง 7.76% และเมื่อทดสอบความแตกต่างของวิธีฮิวริสติก Palmer, Gupta และ CDS ด้วย ANOVA Test ที่ระดับนัยสำคัญ 95% พบว่าวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสม ที่ให้ค่าเวลาปิดงานของระบบน้อยสุดคือฮิวริสติกของ CDS โดยสามารถลดเวลาปิดงานเฉลี่ยของระบบจากการจัดลำดับงานแบบเดิมลงได้ 5.74%

งานวิจัยข้างต้นมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้คือเป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบต่อเนื่องที่ใช้วิธีการฮิวริสติก CDS ในการหาวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสมเพื่อหาเวลาปิดงานของระบบน้อยสุด

Herbert G. Campbell, Richard A. Dudek and M.L. Smith. (1970). ศึกษาฮิวริสติกสำหรับการจัดลำดับงานสำหรับ n งาน m เครื่องจักร เพื่อหาวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสม

ซึ่งเป็นวิธีที่เข้าใจง่ายและรวดเร็วในการหาคำตอบ เพื่อคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด โดยนำเสนอลำดับงานที่เป็นไปได้แบบ m-1 ลำดับงาน และทำการเรียงลำดับงานด้วยวิธีการของจอห์นสันแบบ n งาน 2 เครื่องจักร ซึ่งทำการทดลองกับตัวอย่างปัญหา 8 งาน 7 เครื่องจักร แล้วทำการทดลองเปรียบเทียบกับวิธีการของ Palmer ซึ่งทดสอบกับตัวอย่างปัญหาขนาด 3 งาน 4 เครื่องจักรจนถึงขนาด 6 งาน 4 เครื่องจักร และขนาด 3 งาน 6 เครื่องจักรจนถึงขนาด 6 งาน 6 เครื่องจักร เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดพบว่าวิธีการของ CDS มีค่าต่ำกว่าวิธีการของ Palmer และพิจารณาเวลาปิดงานพบว่ามีจำนวน 9 ตัวอย่างจาก 10 ตัวอย่างที่แสดงว่าวิธีการของ CDS มีค่าเวลาปิดงานที่ต่ำกว่าวิธีการของ Palmer แต่พบว่าวิธีการของ CDS ใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าวิธีการของ Palmer

จากการศึกษาของงานวิจัยข้างต้นทำให้งานวิจัยนี้ใช้วิธีการของ CDS ในการทดลองจัดลำดับงานกับปัญหาของกรณีศึกษา

S.A. Brah, L.L. Loo. (1999). ศึกษาฮิวริสติกสำหรับการจัดตารางการผลิตของกระบวการผลิดแบบต่อเนื่องที่มีหลายกระบวนการ (Flow Shop With Multiple Processors ; FSMP) เพื่อหาค่าเวลาปิดงานและเวลาไหลของงานเฉลี่ย โดยการทดสอบฮิวริสติกที่ให้ประสิทธิผลที่ดี 5 แบบ ได้แก่ ฮิวริสติก CDS1 (1970), NEH (1983), PAM (1988), CDS2 (1984), HO (1995) ซึ่งทดสอบกับกระบวนการที่มีจำนวนงานแตกต่างกัน เพื่อพิจารณาประสิทธิผลจากการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis)

ผลการทดสอบพบว่าฮิวริสติกแต่ละแบบมีผลต่อคุณภาพของผลลัพธ์ที่ได้ และผลการวิเคราะห์ความถดถอยพบว่าค่าเวลาปิดงานและเวลาไหลของงานเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักรเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เมื่อทดสอบกับลักษณะกระบวนการที่ซับซ้อนพบว่าประสิทธิภาพจะลดลง เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความถดถอยและความแปรปรวนพบว่าฮิวริสติก HO และ NEH ให้ค่าเวลาปิดงานและให้ค่าเวลาไหลของงานเฉลี่ยที่ดีที่สุด แม้ว่าฮิวริสติก CDS1 และ CDS2 จะให้ผลลัพธ์ที่ไม่ดีเท่ากับฮิวริสติก HO และ NEH แต่ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า ส่วนฮิวริสติก PAM ให้ผลลัพธ์ที่แย่มากแม้ว่าจะใช้เวลาในการประมวลผลน้อยมากก็ตาม

งานวิจัยข้างต้นมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้คือเป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบต่อเนื่องที่ใช้วิธีการฮิวริสติก CDS เพื่อหาเวลาปิดงาน และผลลัพธ์พบว่าให้ค่าเวลาปิดงานที่ดีและใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า

H. Allaoui, A. Artiba (2009). ศึกษาฮิวริสติกของจอห์นสัน (JA) สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องในช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสม เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมหรือวิธีการที่

ใกล้เคียง โดยแบ่งการศึกษาเป็น 3 แบบคือศึกษาภายใต้สภาวะที่เหมาะสมของฮิวริสติกจอห์นสัน ศึกษาภายใต้สภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของฮิวริสติกจอห์นสัน (MJA) และศึกษาฮิวริสติกจอห์นสันร่วมกับฮิวริสติก LBM

ผลการศึกษาพบว่าสามารถใช้สภาวะที่เหมาะสมของฮิวริสติกจอห์นสันในการหาค่าเวลาปิดงานที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องแบบ 2 เครื่องจักรที่มีช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสม 1 ช่วงเวลา และใช้สภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของฮิวริสติกจอห์นสัน (MJA) เพื่อหาค่าเวลาปิดงานที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องแบบ 2 เครื่องจักรที่มีช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสมมากกว่า 2 ช่วงเวลา และใช้ฮิวริสติกจอห์นสันร่วมกับฮิวริสติก LBM เพื่อหาค่าเวลาปิดงานที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องแบบ 2 เครื่องจักรแบบผสมที่มีหนึ่งเครื่องจักรในสถานีแรก และมีสองเครื่องจักรในสถานีที่สอง เมื่อสถานีแรกถูกแทรกด้วยช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสม 1 ช่วงเวลา จากผลของงานวิจัยข้างต้น งานวิจัยนี้จึงใช้ฮิวริสติกของจอห์นสันเพื่อหาเวลาปิดงาน

M. Ben-Daya, M. Al-Fawzan (1998). ศึกษาวิธีการตาบูที่ใช้รูปแบบการสร้างลำดับงานข้างเคียงอย่างง่ายสำหรับการจัดตารางการผลิตของระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) เพื่อหาเวลาปิดงานที่น้อยที่สุดและเวลาที่ใช้ประมวลผลต่ำที่สุด โดยวิธีการวิจัยคือใช้ฮิวริสติก NEH เป็นลำดับงานตั้งต้นสำหรับวิธีการตาบู และสร้างลำดับงานข้างเคียงด้วยวิธีการแทรกงาน (Insertion) ที่มีขนาดของลำดับงานข้างเคียงเท่ากับ 2n ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ทดสอบคือตัวอย่างการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) ของ Taillard แล้วทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับผลลัพธ์ของ Taillard และผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการ Simulated Annealing (SA) ของ Ogbu and Smith.

ผลการทดสอบพบว่าในทุกตัวอย่างที่ทดสอบ วิธีการตาบูที่ใช้ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำกว่าวิธี SA แต่ให้ค่าที่ไม่แตกต่างจากผลลัพธ์ของ Taillard และเวลาที่ใช้ประมวลผลของวิธีการตาบูที่ใช้จะมากกว่าวิธีการ SA

งานวิจัยข้างต้นมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้คือเป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง ที่ใช้วิธีการตาบูที่มีการสร้างงานข้างเคียงด้วยวิธีการแทรกงาน เพื่อหาเวลาปิดงานที่ต่ำที่สุด แต่แตกต่างที่ขนาดของงานข้างเคียงที่ได้ โดยงานวิจัยข้างต้นมีขนาดของงานข้างเคียงเท่ากับ 2n ซึ่งงานวิจัยนี้มีขนาดของงานข้างเคียงเท่ากับ n(n-1)/2

B. Eksioglu et al (2008). ศึกษาวิธีการตาบูสำหรับการจัดตารางการผลิตของระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) เพื่อหาเวลาปิดงานที่น้อยที่สุด โดยการศึกษาได้ใช้วิธีการสร้างลำดับงานข้างเคียงด้วย 3 วิธีการรวมกัน (3XTS) คือ Adjacent Exchange (3EX), Random Exchange (2EX) และ Insertion (INS) ซึ่งทำการทดสอบกับปัญหาของ Taillard's Benchmark

จำนวน 23 ปัญหาแบ่งเป็นปัญหาขนาดเล็กที่มีจำนวนงาน 20 งานจำนวน 15 ปัญหาและปัญหาขนาดใหญ่ที่มีจำนวนงานมากกว่า 50 งานจำนวน 8 ปัญหา แล้วทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้กับผลของวิธีการ Ant Colony (ACS) และผลของวิธีการตาบูแบบที่ใช้วิธีการสร้างงานข้างเคียงแบบ neuro-tabu search algorithm (EXTS)

ผลการทดสอบพบว่ามีจำนวน 7 ปัญหาที่วิธีการตาบูที่การสร้างตารางข้างเคียงด้วยวิธี 3XTS ให้ค่าเวลาปิดงานที่ต่ำกว่าวิธี EXTS ซึ่งมีเพียง 1 ปัญหาที่วิธี 3XTS ให้ค่าเวลาปิดงานที่, มากกว่าวิธี EXTS และมีจำนวน 20 ปัญหาที่วิธี 3XTS ใช้ในการประมวลผลน้อยกว่าวิธี EXTS ซึ่งมีเพียง 3 ปัญหาที่วิธี 3XTS ใช้ในการประมวลผลมากกว่าวิธี EXTS ส่วนผลการเปรียบเทียบวิธี 3XTS กับวิธี ACS พบว่าวิธี 3XTS ให้ค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยและเวลาในการประมวลผลต่ำกว่าวิธี ACS จึงสรุปว่าวิธีการตาบูที่การสร้างตารางข้างเคียงด้วยวิธี 3XTS ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธี EXTS และวิธี ACS เนื่องด้วยวิธี 3XTS ได้รวมรูปแบบการสร้างงานข้างเคียงที่แตกต่างกันทั้ง 3 วิธีเข้าด้วยกันเพื่อสร้างลำดับงานข้างเคียงคือ Adjacent Exchange (3EX), Random Exchange (2EX) และ Insertion (INS) ทำให้ได้ลำดับงานข้างเคียงที่หลากหลายซึ่งส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ดีกว่า

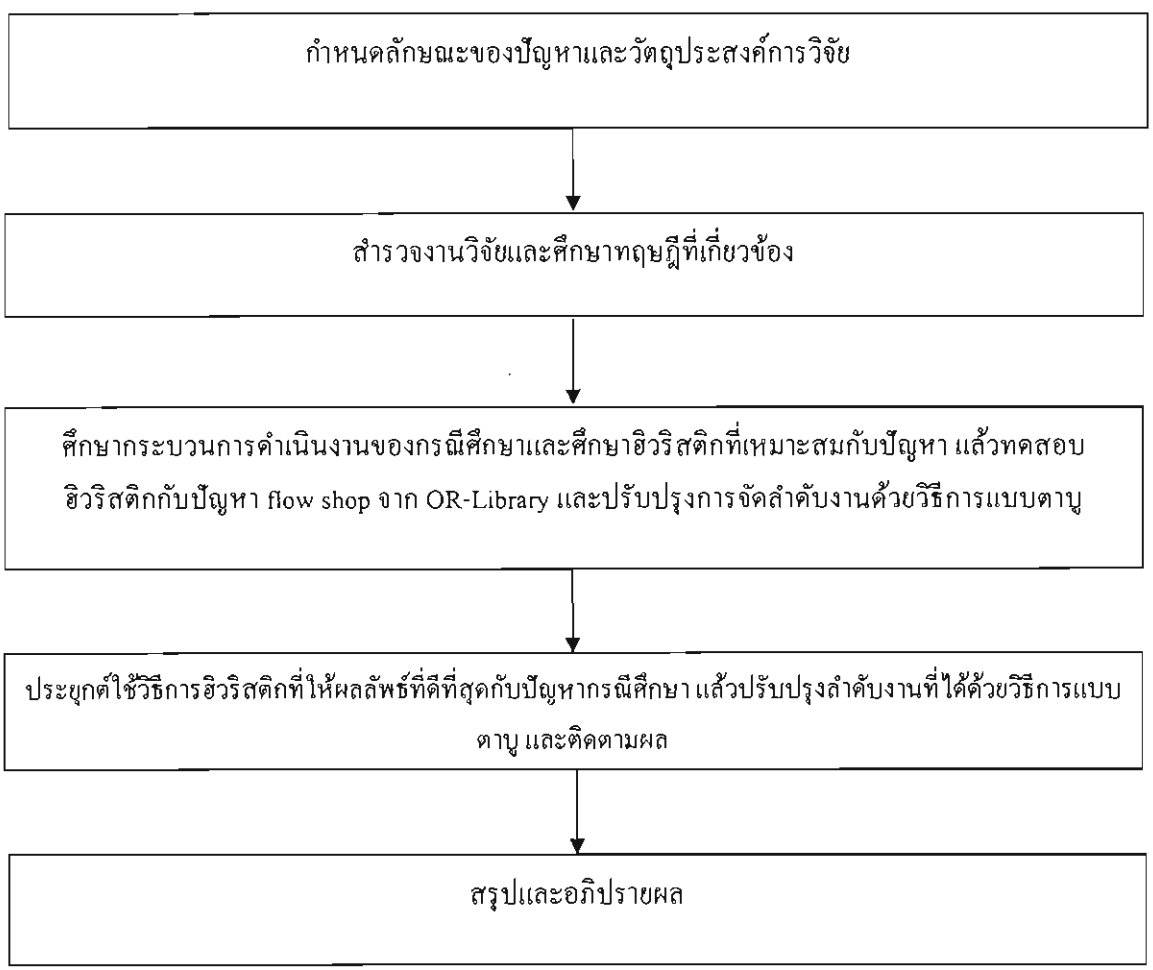
งานวิจัยข้างต้นมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้คือเป็นการศึกษาระบบการผลิตแบบต่อเนื่องที่ใช้วิธีการตาบูที่ใช้วิธีการสร้างงานข้างเคียงแบบ Insertion (INS) เพื่อหาเวลาปิดงานที่ต่ำที่สุด แต่แตกต่างที่ขนาดของงานข้างเคียงที่ได้ โดยงานวิจัยข้างต้นมีขนาดของงานข้างเคียงเท่ากับ 2n ซึ่งงานวิจัยนี้มีขนาดของงานข้างเคียงเท่ากับ n(n-1)/2

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย การศึกษาลักษณะของสภาพปัญหา ศึกษาฮิวริสติกการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมกับลักษณะปัญหาโดยการทดสอบกับตัวอย่างปัญหาจาก OR-Library แล้วทำการปรับปรุงการจัดลำดับงานที่ดีที่สุดจากวิธีการฮิวริสติกด้วยวิธีการแบบตาบู จากนั้นทำการประยุกต์ใช้วิธีการฮิวริสติกที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดกับปัญหากรณีศึกษาแล้วทำการปรับปรุงลำดับงานที่ได้ด้วยวิธีการแบบตาบู ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

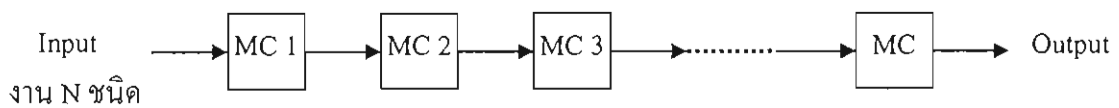
การดำเนินการของงานวิจัยนี้ มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยรวมตามภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ศึกษาสภาพปัญหา

การดำเนินงานวิจัยเป็นการศึกษาปัญหาของระบบการผลิตแบบต่อเนื่องแบบ Pure Flow Shop ที่ประกอบด้วย N งาน M สถานีงานที่นำมาต่อกันแบบอนุกรมซึ่ง 1 งานประกอบด้วย M การดำเนินงานที่ต้องทำบน M สถานีงานที่แตกต่างกัน โดยที่แต่ละงานในการดำเนินงานแรกมีความพร้อมทำที่เวลา t = 0 เวลาปรับตั้งเครื่องมีความเป็นอิสระต่องานที่ทำและกำหนดให้เวลาปรับตั้งเครื่องถูกรวมอยู่ในเวลาดำเนินงาน โครงสร้างของแต่ละงานในระบบการผลิตเป็นแบบการดำเนินงานแรกจะไม่มีการดำเนินงานที่ต้องทำก่อนหน้า และมีการดำเนินงานที่ตามมาโดยตรงเพียงการดำเนินงานเดียวเท่านั้น ส่วนการดำเนินงานหลังจากนี้มีการดำเนินงานที่ต้องทำก่อนหน้าโดยตรงและการดำเนินงานที่ตามมาโดยตรงอย่างละหนึ่งเท่านั้น สำหรับการดำเนินงานสุดท้ายจะมีการดำเนินงานก่อนหน้าโดยตรงเพียงหนึ่งงานและไม่มีการดำเนินงานที่ตามมาโดยตรงการเคลื่อนที่ของงานในระบบการผลิตเป็นแบบการไหลในทิศทางเดียว (Unidirectional Flow) ดังภาพที่ 3-2 โดยปัญหาที่พบส่วนใหญ่คือความไม่สมดุลของการทำงานในแต่ละสถานีงานซึ่งส่งผลให้เกิดความไม่ต่อเนื่องในระบบการผลิต ทำให้เกิดเวลาว่างเปล่าในสถานีงานทั้งคนและเครื่องจักร และเวลารอคอยของงาน ทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตลดลง ทั้งนี้การจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น ทำให้เวลาว่างเปล่าและเวลารอคอยงานลดลง ทำให้เวลาปิดงาน (Makespan) ของระบบลดลง และจำนวนงานล่าช้าลดลง (ศรันยา อุดมศรี, 2547.)



ภาพที่ 3-2 โครงสร้างของงานในระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Pure Flow Shop)

ศึกษากฎของการจัดตารางการผลิต

1. ตัวแปรหรือพารามิเตอร์ และดัชนีวัดประสิทธิภาพ

1.1 ตัวแปรหรือพารามิเตอร์ ที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่

1) ตัวแปร j คือ งานหนึ่งที่ดำเนินงานด้วยกระบวนการใด ๆ บนสถานีงาน โดย j มีค่าเท่ากับ 1,2,3,...,n

2) ตัวแปร m คือสถานีงาน โดย m มีค่าเท่ากับ 1,2,3,...,m

3) เวลาปฏิบัติงานบนหน่วยผลิต (Processing Time) คือเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานหนึ่ง ๆ เวลาปฏิบัติงานนี้รวมเวลาในการเตรียมงาน (Setup Time) เข้าไปด้วย เวลาปฏิบัติงานของงาน j จะใช้สัญลักษณ์แทนด้วย t_j

4) เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) คือเวลาที่ระบบทำงานชิ้นสุดท้ายสิ้นสุด เวลาปิดงาน j จะใช้สัญลักษณ์แทนด้วย M

1.2 ดัชนีวัดประสิทธิภาพ (Measure of Performance) ที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่

1) เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) คือเวลาที่ระบบทำงานชิ้นสุดท้ายเสร็จสิ้น เขียนแทนด้วย C_{max} (หรือ M) = max $(C_1, C_2, \ldots, C_n)$

2) จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) กรณีฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ จำนวนของงานล่าช้าทั้งหมด เขียนแทนด้วย

$$\sum N_j$$

2. กฎการจัดตารางการผลิต

ปัญหาการจัดตารางการผลิตของระบบการผลิตแบบต่อเนื่องแบบ N งาน M สถานีงาน ที่ต่อกันแบบอนุกรมนั้น สามารถแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการฮิวริสติกซึ่งเป็นวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้ประสิทธภาพการผลิตที่ทำศึกษามีค่าสูงขึ้น โดยฟังก์ชั่นที่ทำการศึกษาคือ การหาเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ที่น้อยสุด ซึ่งส่งผลให้จำนวนงานล่าช้าลดลง โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาฮิวริสติกดังนี้

1) ฮิวริสติกของ Campbell, Dudek และ Smith (CDS)

2) ฮิวริสติกของจอห์นสัน (Johnson's rule)

3) ฮิวริสติกของ Palmer

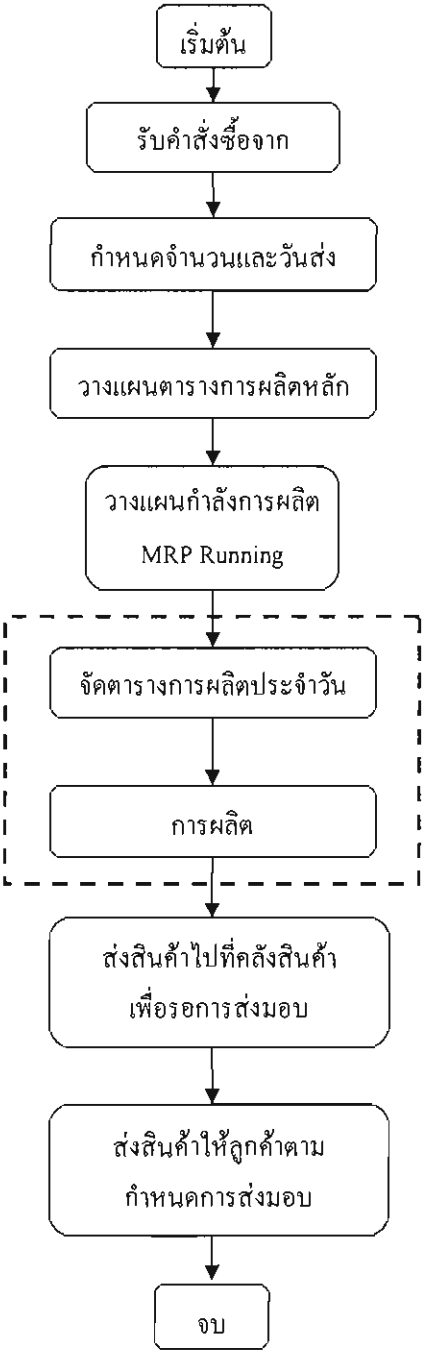
4) ฮิวริสติกของ Gupta

5) ฮิวริสติกของ NEH

6) วิธีการค้นหาคำตอบแบบตาบู (Tabu Search)

ศึกษากระบวนการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการบรรจุชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์เพื่อส่งออกต่างประเทศ ซึ่งระบบของการดำเนินงานของการรับคำสั่งซื้อจนถึงการส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้า แสดงดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 การไหลของสารสนเทศของกรณีศึกษากระบวนการบรรจุชิ้นส่วน

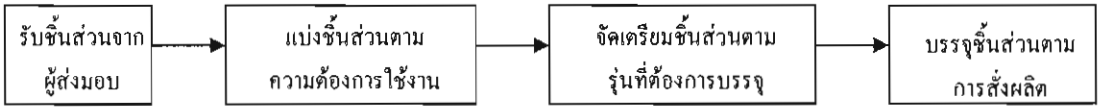
จากผังการไหลของสารสนเทศของกรณีศึกษาข้างต้น พบปัญหาในกระบวนการดังนี้

1. การผลิตล่าช้า คือไม่สามารถผลิตได้ตามแผนการผลิตหลัก

2. ต้องเพิ่มกำลังผลิตโดยการเพิ่มเวลาการทำงานซึ่งคือการทำงานล่วงเวลา ทั้งนี้เพื่อให้สามารถผลิตได้ตามแผนการผลิตหลัก

3. ไม่สามารถส่งสินค้าไปยังคลังสินค้าตามกำหนดการส่งมอบ

จากการศึกษาสภาพการทำงานจริงพบว่าปัญหาข้างต้นเกิดจากวิธีการจัดตารางการผลิตประจำวันที่ยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ โดยลักษณะระบบการผลิตของกรณีศึกษาเป็นระบบการผลิตแบบต่อเนื่องแบบ Pure Flow Shop ที่ประกอบด้วย N งาน 4 สถานีงานที่ต่อกันแบบอนุกรม ไม่มีสถานที่เก็บงานระหว่างสถานี ซึ่งผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายขึ้นอยู่กับรุ่นการผลิตที่ลูกค้าต้องการสั่งซื้อ (Make to Order) ซึ่งผลิตภัณฑ์ทุกรุ่นต้องผ่านการดำเนินการผลิตทั้ง 4 สถานีงาน ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 กระบวนการบรรจุชิ้นส่วนเพื่อส่งออกต่างประเทศ

1. สถานีงานการผลิตประกอบด้วย 4 สถานีงานที่เป็นอนุกรม โดยรายละเอียดของแต่ละสถานีงานมีดังนี้

1) สถานีงานที่ 1 คือสถานีงานที่ทำการรับชิ้นส่วนจากผู้ส่งมอบ คือกระบวนการที่ทำการรับชิ้นส่วนที่ผู้ส่งมอบ (Supplier) นำมาเข้าสู่กระบวนการ โดยกระบวนการรับชิ้นส่วนนั้นจะแบ่งตามขนาดของชิ้นส่วน ซึ่งแบ่งออกเป็นชิ้นส่วนขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

2) สถานีงานที่ 2 คือสถานีงานที่ทำการแบ่งชิ้นส่วนตามความต้องการใช้งาน คือทำการแบ่งชิ้นส่วนตามความต้องการใช้งานของสถานีงานถัดไป เช่นทำการแบ่งบรรจุภัณฑ์ของสกรูจากบรรจุภัณฑ์ละ 1,000 ชิ้น เป็นบรรจุภัณฑ์ละ 100 ชิ้น หรือตามความต้องการใช้งาน

3) สถานีงานที่ 3 คือสถานีงานที่ทำการจัดเตรียมชิ้นส่วนตามรุ่นที่ต้องการผลิต คือทำการจัดเรียงชิ้นส่วนตามใบสั่งงานของไลน์การบรรจุ (สถานีงานที่ 4) ลงพเลทหรือตะกร้าเหล็ก โดยใบสั่งงานนั้นจะระบุลำดับก่อนหลังของชิ้นส่วนที่จะทำการบรรจุ ซึ่งผู้จัดชิ้นส่วนต้องทำการจัดชิ้นส่วนจากลำดับหลังสุดวางไว้ล่างสุดของพเลท ส่วนชิ้นส่วนที่ต้องทำการบรรจุลำดับแรกสุดจะถูกวางไว้ที่ชั้นบนสุดของพเลท

4) สถานีงานที่ 4 คือสถานีที่ทำการบรรจุชิ้นส่วนตามการสั่งผลิต คือกระบวนการบรรจุชิ้นส่วนตามขั้นตอนมาตรฐานการบรรจุของแต่ละรุ่นการบรรจุ โดยไลน์การบรรจุแต่ละไลน์มีลักษณะที่เหมือนกัน ซึ่งทุกชิ้นส่วนต้องเข้าสู่กระบวนการบรรจุตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายตามมาตรฐานการบรรจุ และขั้นตอนสุดท้ายของการบรรจุคือการวางผลิตภัณฑ์บนพเลท

โดยสามารถแสดงลำดับขั้นตอนของแต่ละสถานีงานตามตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ลำดับขั้นตอนการบรรจุชิ้นส่วนเพื่อส่งออกต่างประเทศ

รายการ	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
	○	⇨	D	□	▽	
รับชิ้นส่วนจากผู้ส่งมอบ	●					
เคลื่อนย้ายชิ้นส่วนไปที่รางลำเลียง หรือ จุดรอการตรวจสอบคุณภาพ		●				
ตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนที่รางลำเลียง หรือ จุดรอการตรวจสอบคุณภาพ				●		
เคลื่อนย้ายชิ้นส่วนบนรางลำเลียง หรือจากจุดรอตรวจสอบคุณภาพไปยังจุดผ่านการตรวจสอบคุณภาพ		●				
แบ่งชิ้นส่วนตามความต้องการใช้	●					ตามบัตรชิ้นส่วน
เคลื่อนย้ายชิ้นส่วนจากพื้นที่จัดเก็บมายังพื้นที่การจัดเตรียม		●				
ตรวจสอบ รุ่น ล็อต รหัส ชื่อ จำนวนชิ้นส่วนให้ถูกต้องตามใบสั่งงาน				●		
จัดเรียงชิ้นส่วนตามใบสั่งงานของไลน์การบรรจุ	●					
เคลื่อนย้ายชิ้นส่วนมายังพื้นที่ไลน์การบรรจุ		●				
ทำการบรรจุชิ้นส่วนตามมาตรฐานการบรรจุของแต่ละรุ่นการผลิต	●					
ทำการจัดเรียงบรรจุภัณฑ์ลงบนพเลท	●					
เคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ไปยังจุดพันฟิล์มพลาสติก		●				
พันฟิล์มพลาสติก	●					
เคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ไปยังจุดรอการส่งมอบ		●				
รอการส่งมอบ					▽	

2. ชิ้นส่วนที่ทำการศึกษาแบ่งตามขนาดชิ้นส่วนดังนี้

1) ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ได้แก่ สกรู โบลท นัท สปริง แหวนรอง

2) ชิ้นส่วนขนาดกลาง ได้แก่ วาล์ว ข้อต่อ ไฟหน้า ไฟท้าย ฝาครอบเรือนไมล์

3) ชิ้นส่วนขนาดใหญ่ ได้แก่ ท่อไอเสีย โช้คอัพ เบาะ โครง ถังน้ำมัน

ศึกษาสภาพปัญหาของกรณีศึกษา

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการบรรจุชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์เพื่อส่งออกต่างประเทศ พบว่ามีการจัดตารางการผลิตแบบ "เข้าก่อนออกก่อน" (First in First Out, FIFO) ซึ่งปัจจุบันพบปัญหาเวลาปิดงานล่าช้ากว่าแผนการผลิตประจำวันกำหนด เพราะเวลาปิดงานของระบบมีค่าสูง ซึ่งส่งผลให้มีงานล่าช้ากว่าแผนการผลิตหลักกำหนด และเพื่อให้ทำการผลิตได้ตามกำหนดการเสร็จงานจึงต้องเพิ่มชั่วโมงการทำงานโดยการทำงานล่วงเวลา ทำให้ต้องเพิ่มชั่วโมงการทำงานด้วยการทำงานล่วงเวลาเพื่อให้สามารถส่งผลิตภัณฑ์ไปยังคลังสินค้าตามกำหนด ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากการจัดลำดับงานที่ไม่เหมาะสม เมื่อทำการศึกษาข้อมูลในอดีตที่ทำการสั่งผลิต 1240 งาน พบว่ามีงานล่าช้าจำนวน 504 งาน คิดเป็น 40.65 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองเก็บข้อมูลในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 โดยทำการศึกษา 22 วันทำงาน จำนวน 472 งาน พบว่า

1. จำนวนงานล่าช้า 186 งาน คิดเป็น 39.41 เปอร์เซ็นต์

2. เวลาปิดงาน (Makespan) เฉลี่ยเท่ากับ 568.32 นาที

3. มีชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาเกินกว่าแผน 2603 นาที หรือ 43.38 ชั่วโมง

โดยสามารถแสดงข้อมูลดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลของกรณีศึกษา 22 วันทำงาน จำนวน 472 งาน ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554

วันที่	จำนวนงานสั่งผลิต (งาน)	จำนวนงานที่ผลิตได้ (งาน)	จำนวนงานล่าช้า (งาน)	เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) (นาที)	ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลา (นาที)
1	41	33	8	595	145
2	9	6	3	592	142
3	31	19	12	565	115
4	22	9	13	570	120
5	12	11	1	496	46
6	28	10	18	598	148
7	9	6	3	592	142
8	22	9	13	570	120
9	31	19	12	565	115
10	41	33	8	595	145
11	12	11	1	496	46
12	22	9	13	570	120
13	9	6	3	592	142
14	28	10	18	598	148
15	41	33	8	595	145
16	22	9	13	570	120
17	9	6	3	592	142
18	12	11	1	496	46
19	22	9	13	570	120
20	28	10	18	598	148
21	9	6	3	592	142
22	12	11	1	496	46
รวม	**472**	**286**	**186**		**2603**

1. ตัวอย่างการจัดตารางการผลิตของกฎฮิวริสติกที่นำเสนอ

ทำการประยุกต์ใช้ฮิวริสติกกับตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop จาก OR-Library ซึ่งเป็นตัวอย่างปัญหา Instance Car2 ที่มีจำนวน 13 งานดำเนินการบน 4 สถานี โดยมีเวลาการดำเนินงานของแต่ละงานในแต่ละสถานี แสดงดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 แสดงเวลาการดำเนินงานของแต่ละงานในแต่ละสถานี

งาน j	สถานีงาน (m)			
	1	2	3	4
1	654	147	345	447
2	321	520	789	702
3	12	147	630	255
4	345	586	214	866
5	678	532	275	332
6	963	145	302	225
7	25	24	142	589
8	874	517	24	996
9	114	896	520	541
10	785	543	336	234
11	203	210	699	784
12	696	784	855	512
13	302	512	221	345

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ฮิวริสติก

1. ฮิวริสติกของ Campbell, Dudek และ Smith (CDS) โดยสร้างตารางเวลาที่เป็นไปได้ขึ้น m-1 ทาง แล้วเลือกทางเลือกที่ดี โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ให้ k = 1 แล้วทำการคำนวณหาค่า A และ B โดยใช้สมการ (3.1), (3.2), (3.3), (3.4), (3.5) และ (3.6) ซึ่งได้ทางเลือก 3 ทางเลือกคือ K=1, K=2 และ K=3 และมีตารางเวลาของ A และ B ดังตารางที่ 3-4

ขั้นตอนที่ 2 จัดตารางเวลางาน 13 งาน โดยใช้กฎของจอห์นสัน แล้วใช้แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) คำนวณเวลาปิดงานของระบบซึ่งแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 3-5

จากวิธีการจัดตารางข้างต้นจะได้ลำดับงานและเวลาปิดงานของแต่ละทางเลือกดังนี้

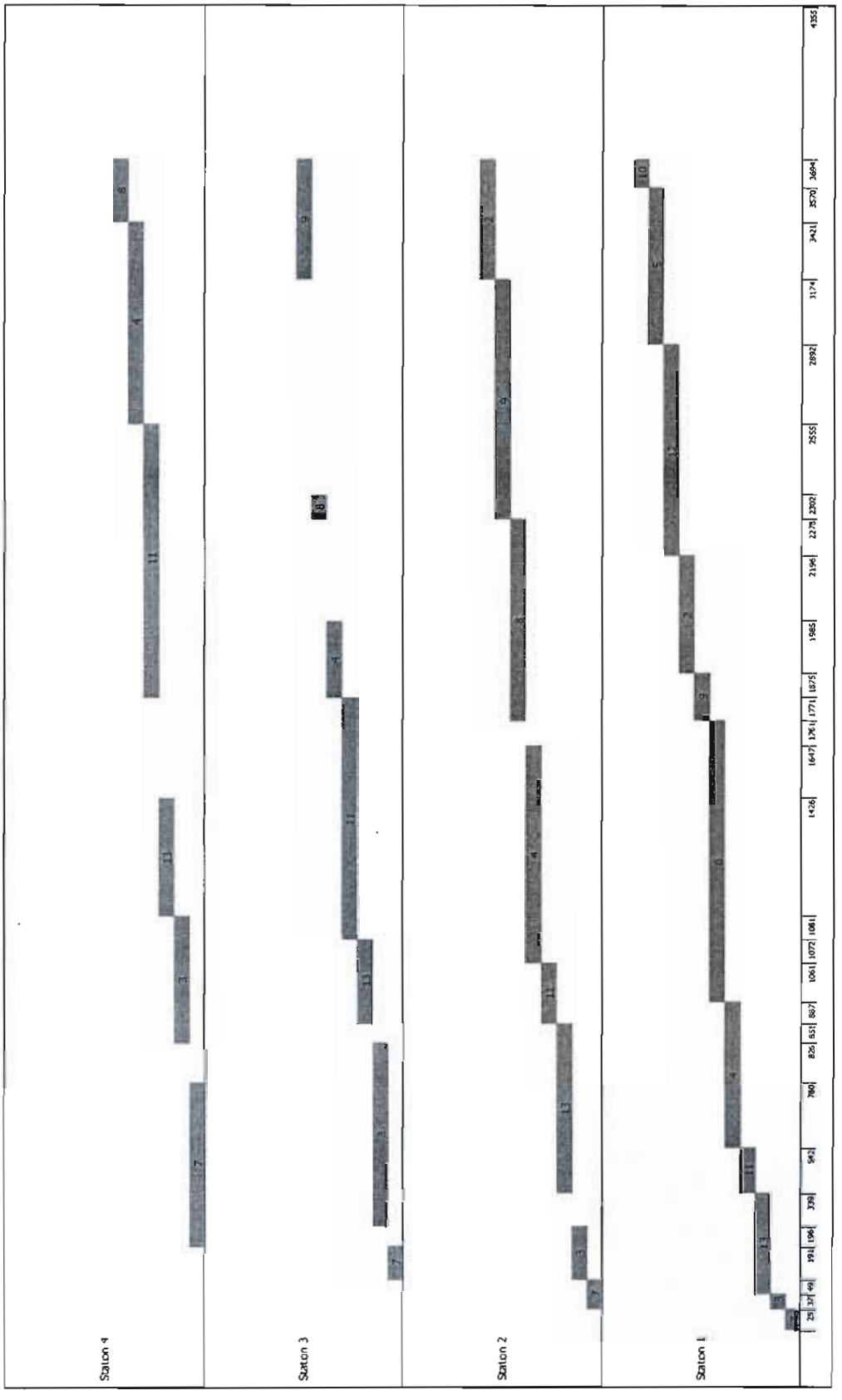
ทางเลือก K=1 ลำดับงานที่ได้คือ 3-7-9-11-13-2-4-8-12-1-5-10-6 เวลาปิดงานเท่ากับ 7741

ทางเลือก K=2 ลำดับงานที่ได้คือ 7-3-11-2-4-9-12-8-1-5-10-13-6 เวลาปิดงานเท่ากับ 7514

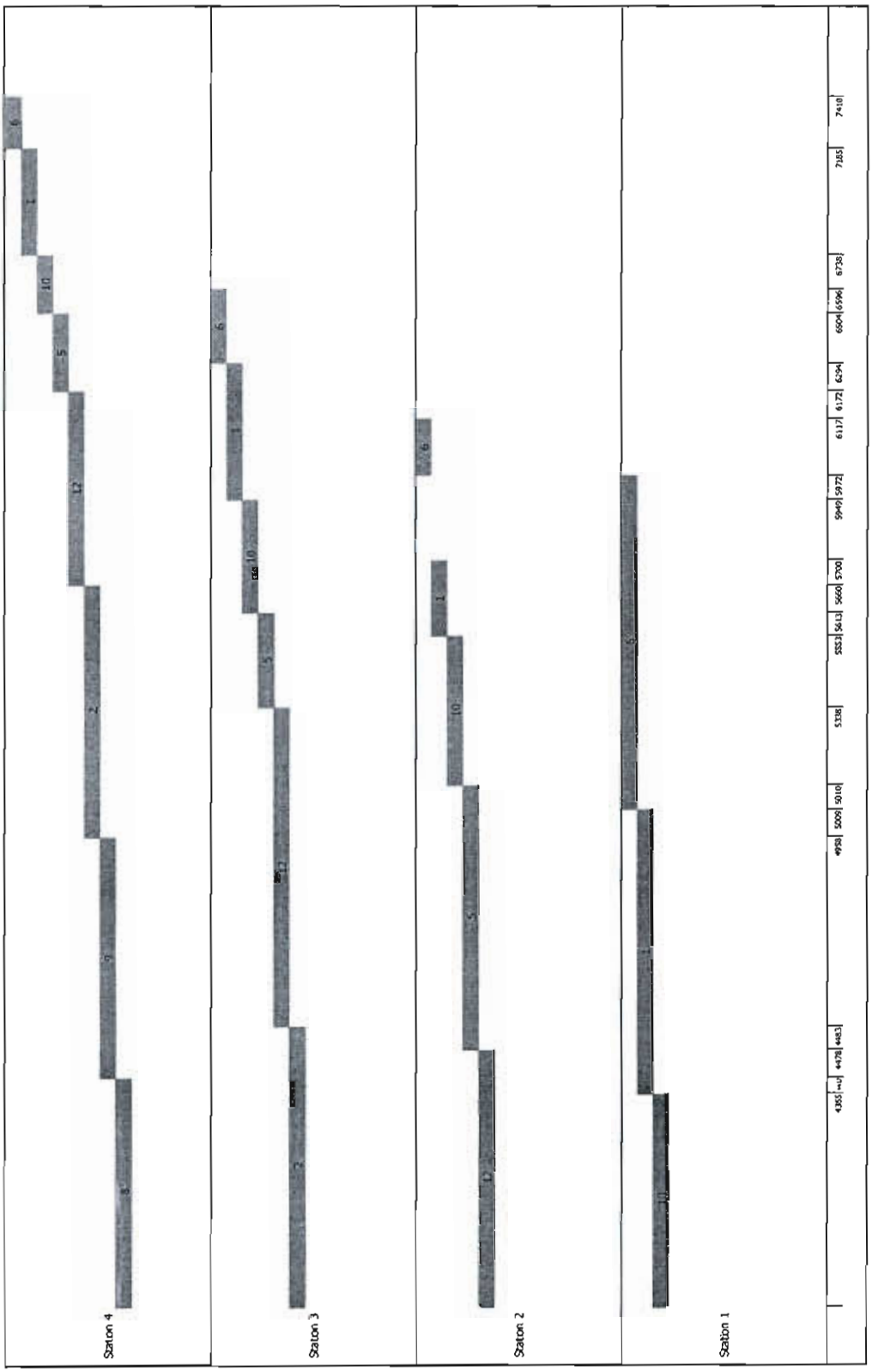
ทางเลือก K=3 ลำดับงานที่ได้คือ 7-3-13-11-4-8-9-2-12-5-10-1-6 เวลาปิดงานเท่ากับ 7410

ตารางที่ 3-4 แสดงตารางเวลาที่เป็นไปได้ของตัวอย่างปัญหา Instance Car2 (13 x 4)

งาน j	K=1		K=2		K=3	
	A	B	A	B	A	B
1	654	447	801	792	1146	939
2	321	702	841	1491	1630	2011
3	12	255	159	885	789	1032
4	345	866	931	1080	1145	1666
5	678	332	1210	607	1485	1139
6	963	225	1108	527	1410	672
7	25	589	49	731	191	755
8	874	996	1391	1020	1415	1537
9	114	541	1010	1061	1530	1957
10	785	234	1328	570	1664	1113
11	203	784	413	1483	1112	1693
12	696	512	1480	1367	2335	2151
13	302	345	814	566	1035	1078
ลำดับงาน	3 -7 -9 -11 -13 -2 -4 -8 -12 -1 -5 -10 -6		7 -3 -11 -2 -4 -9 -12 -8 -1 -5 -10 -13 -6		7 -3 -13 -11 -4 -8 -9 -2 -12 -5 -10 -1 -6	
เวลาปิดงานของระบบ	7741		7514		7410	



ภาพที่ 3-5 แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของทางเลือก K=3



ภาพที่ 3-5 แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของทางเลือก K=3 (ต่อ)

2. กฎของจอห์นสัน (Johnson's rule)

กำหนดให้ $t_{j,1}$ คือเวลาดำเนินงานบนสถานีงานที่ 1

$t_{j,2}$ คือเวลาดำเนินงานบนสถานีงานที่ 2

$t_{j,3}$ คือเวลาดำเนินงานบนสถานีงานที่ 3

$t_{j,4}$ คือเวลาดำเนินงานบนสถานีงานที่ 4

โดยที่งาน i จะอยู่นำหน้างาน j ในลำดับงานที่ดีที่สุด ถ้า $\min\{t_{i,1}, t_{j,2}\} \leq \min\{t_{i,2}, t_{j,1}\}$ เมื่อ i มีค่าเท่ากับ 1,2,3,.....,i และ j มีค่าเท่ากับ 1,2,3,.....j ซึ่งการประยุกต์กฎของจอห์นสันมีขั้นตอน คือพิจารณาทีละ 2 สถานีงานดังนี้ $\{t_{j,1},t_{j,2}\}\{t_{j,1},t_{j,3}\}\{t_{j,1},t_{j,4}\}\{t_{j,2},t_{j,3}\}\{t_{j,2},t_{j,4}\}$ และ $\{t_{j,3},t_{j,4}\}$

ขั้นตอนที่ 1 หาเวลาที่น้อยที่สุดคือ หา $\min\{t_{j,1}, t_{j,2}\}$

ขั้นตอนที่ 2a ถ้าเวลาดำเนินงานที่มีค่าน้อยที่สุดอยู่บนสถานีงานแรก ให้วางงานที่มีเวลาดำเนินงานน้อยที่สุดนั้นลงในตำแหน่งแรกที่ยังว่างอยู่ในตารางงาน แล้วทำในขั้นตอนที่ 3 ต่อ

ขั้นตอนที่ 2b ถ้าเวลาดำเนินงานที่มีค่าน้อยสุดอยู่บนสถานีงานที่สอง ให้วางงานที่มีเวลาดำเนินงานน้อยที่สุดนั้นลงในตำแหน่งสุดท้ายที่ยังว่างอยู่ในตารางงานแล้วทำในขั้นตอนที่ 3 ต่อ

ขั้นตอนที่ 3 ตัดงานที่ได้ระบุตำแหน่งไปแล้วออกจากการพิจารณา แล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ 1 จนกระทั่งทุกตำแหน่งงานถูกตัดหมด (ถ้าสามารถเลือกได้มากกว่า 1 งานให้เลือกงานใดก็ได้)

ขั้นตอนที่ 4 ให้ทำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 3 กับ $\min\{t_{j,1}, t_{j,3}\}\{t_{j,1}, t_{j,4}\}\{t_{j,2}, t_{j,3}\}\{t_{j,2}, t_{j,4}\}$ และ $\{t_{j,3}, t_{j,4}\}$ จะได้ตารางงานดังตารางที่ 3-5

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อได้ตารางงานของ $\{t_{j,1}, t_{j,2}\}\{t_{j,1}, t_{j,3}\}\{t_{j,1}, t_{j,4}\}\{t_{j,2}, t_{j,3}\}\{t_{j,2}, t_{j,4}\}$ และ $\{t_{j,3}, t_{j,4}\}$ แล้วใช้แผนภูมิแกนต์(Gantt Chart) สำหรับหาค่าเวลาปิดงานของระบบ ซึ่งแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 3-6

จากวิธีการจัดตารางข้างต้นจะได้ลำดับงานและเวลาปิดงานของแต่ละแบบดังนี้

แบบ $\{t_{j,1},t_{j,2}\}$ คือ 1-3-4-5-6-7-10-11-9-12-8-13-2 เวลาปิดงานของระบบเท่ากับ 8306

แบบ $\{t_{j,1},t_{j,3}\}$ คือ 1-2-3-4-6-10-8-11-13-9-5-7-12 เวลาปิดงานของระบบเท่ากับ 8157

แบบ $\{t_{j,1},t_{j,4}\}$ คือ 1-2-3-4-5-6-7-12-10-8-9-11-13 เวลาปิดงานของระบบเท่ากับ 7741

แบบ $\{t_{j,2},t_{j,3}\}$ คือ 7-6-1-3-11-2-12-9-10-5-13-4-8 เวลาปิดงานของระบบเท่ากับ 8941

แบบ $\{t_{j,2},t_{j,4}\}$ คือ 7-6-1-3-11-8-2-4-9-12-13-5-10 เวลาปิดงานของระบบเท่ากับ 8775

แบบ $\{t_{j,3},t_{j,4}\}$ คือ 8-7-4-13-5-1-9-11-2-12-3-10-6 เวลาปิดงานของระบบเท่ากับ 8444

จากเวลาปิดงานของระบบที่ได้ของแต่ละแบบที่พิจารณาพบว่าตารางงานที่ดีที่สุดคือ

1-2-3-4-5-6-7-12-10-8-9-11-13 ซึ่งได้จากการพิจารณาที่สถานีงาน $\{t_{j,1}, t_{j,4}\}$ โดยเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) เท่ากับ 7741 โดยแสดงลำดับงานแต่ละแบบดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 แสดงลำดับงานของ $\{t_{j,1}, t_{j,2}\}$ และ $\{t_{j,1}, t_{j,3}\}$

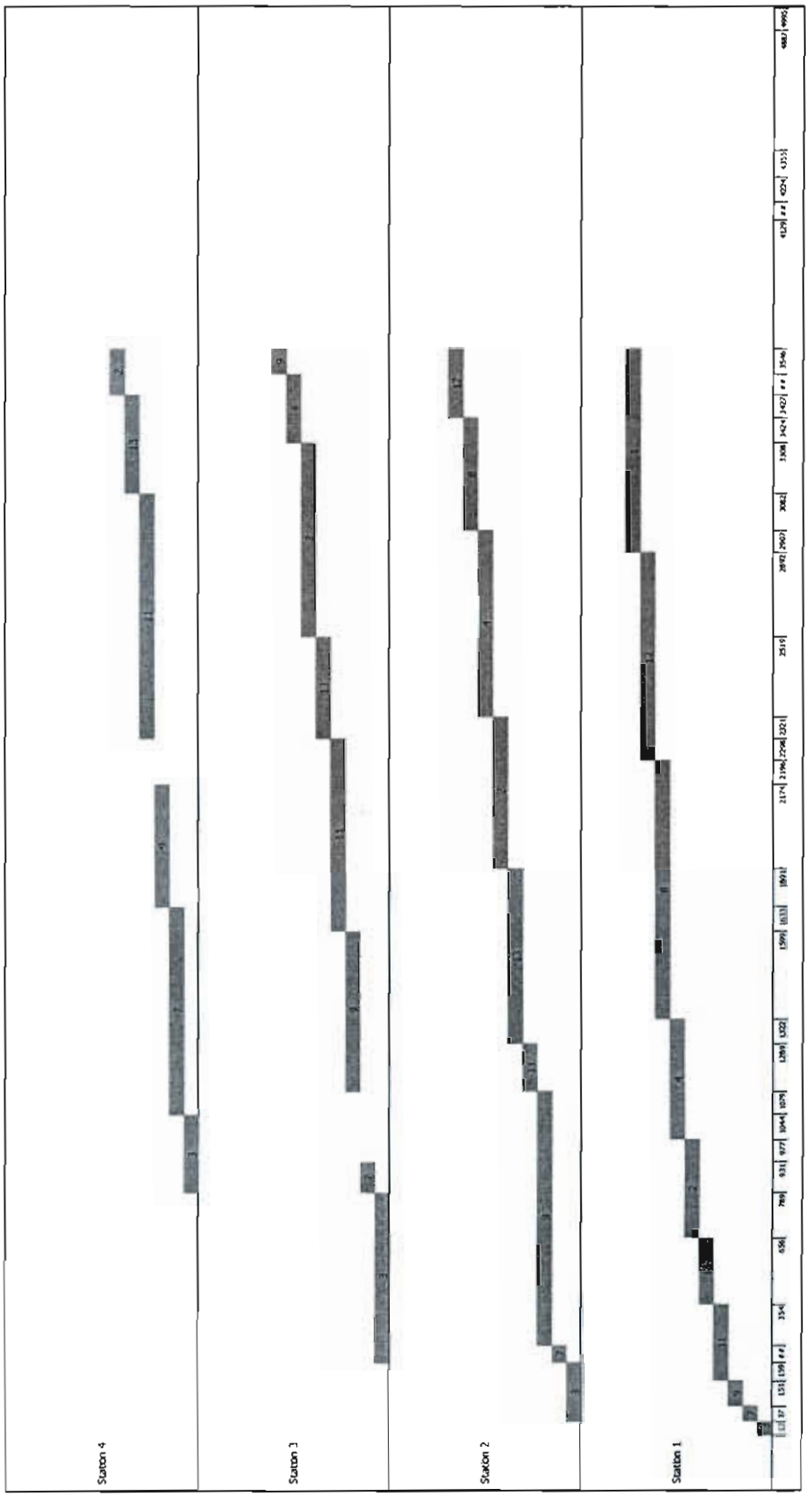
งาน j	สถานีงาน (m) ,พิจารณา{ $t_{j,1}$, $t_{j,2}$ }				งาน j	สถานีงาน (m),พิจารณา{ $t_{j,1}$, $t_{j,3}$ }			
	1	2	3	4		1	2	3	4
1	12	147	630	255	1	12	147	630	255
3	114	896	520	541	2	25	24	142	589
4	203	210	699	784	3	114	896	520	541
5	302	512	221	345	4	203	210	699	784
6	321	520	789	702	6	321	520	789	702
7	345	586	214	866	10	696	784	855	512
10	696	784	855	512	8	654	147	345	447
11	785	543	336	234	11	785	543	336	234
9	678	532	275	332	13	963	145	302	225
12	874	517	24	996	9	678	532	275	332
8	654	147	345	447	5	302	512	221	345
13	963	145	302	225	7	345	586	214	866
2	25	24	142	589	12	874	517	24	996
ลำดับงาน	1-3-4-5-6-7-10-11-9-12-8-13-2				1-2-3-4-6-10-8-11-13-9-5-7-12				
เวลาปิดงาน	8306				8157				

ตารางที่ 3-5 แสดงลำดับงานของ $\{t_{j,1}, t_{j,4}\}$ และ $\{t_{j,2}, t_{j,3}\}$ (ต่อ)

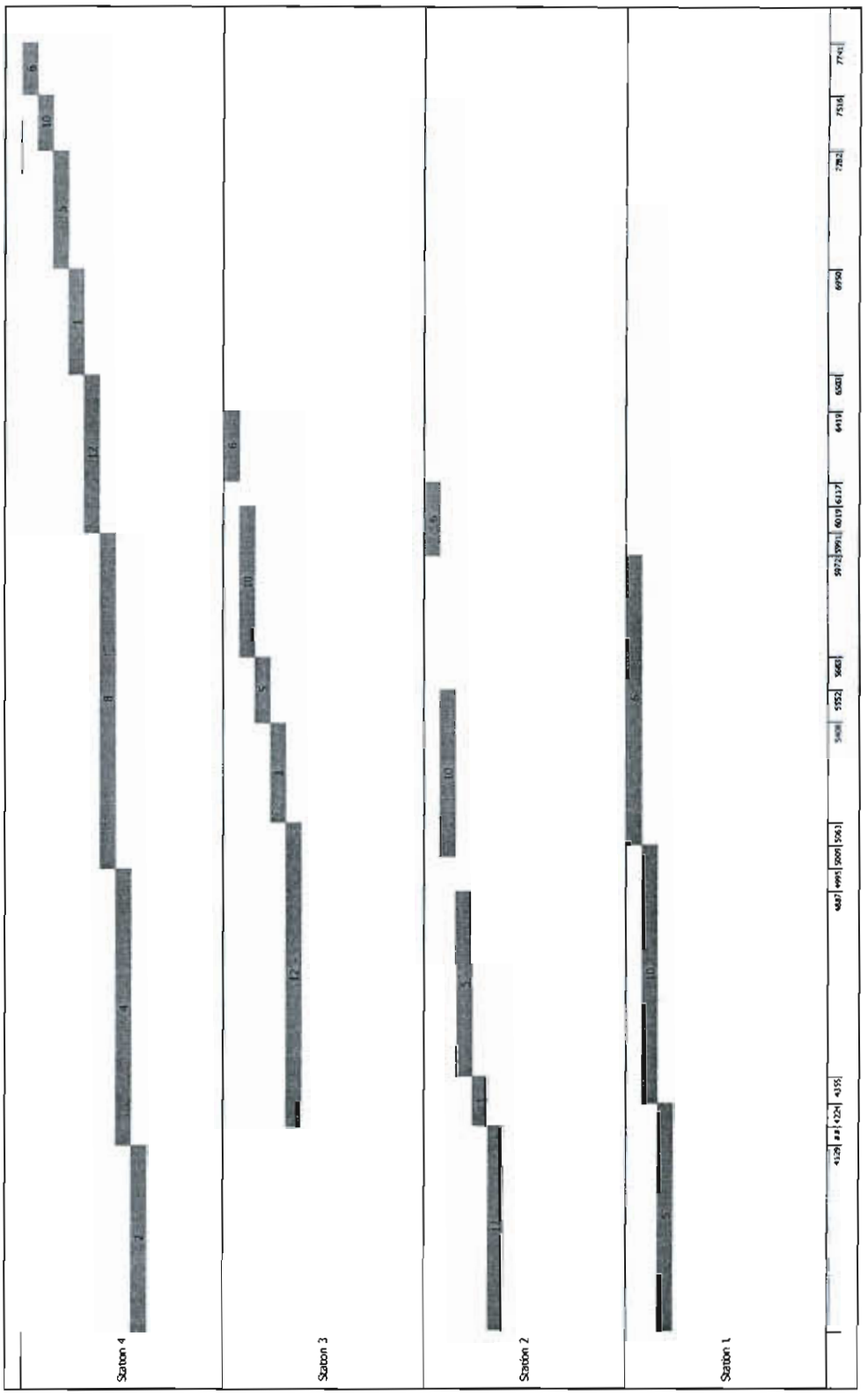
งาน j	สถานีงาน (m),พิจารณา$\{t_{j,1}, t_{j,4}\}$				งาน j	สถานีงาน (m),พิจารณา$\{t_{j,2}, t_{j,3}\}$			
	1	**2**	**3**	**4**		**1**	**2**	**3**	**4**
1	12	147	630	255	7	25	24	142	589
2	25	24	142	589	6	963	145	302	225
3	114	896	520	541	1	654	147	345	447
4	203	210	699	784	3	12	147	630	255
5	302	512	221	345	11	203	210	699	784
6	321	520	789	702	2	321	520	789	702
7	345	586	214	866	12	696	784	855	512
12	874	517	24	996	9	114	896	520	541
10	696	784	855	512	10	785	543	336	234
8	654	147	345	447	5	678	532	275	332
9	678	532	275	332	13	302	512	221	345
11	785	543	336	234	4	345	586	214	866
13	963	145	302	225	8	874	517	24	996
ลำดับงาน	1-2-3-4-5-6-7-12-10-8-9-11-13				7-6-1-3-11-2-12-9-10-5-13-4-8				
เวลาปิดงาน	7741				8941				

ตารางที่ 3-5 แสดงลำดับงานของ $\{t_{j,1}, t_{j,4}\}$ และ $\{t_{j,2}, t_{j,3}\}$ (ต่อ)

งาน j	สถานีงาน (m), พิจารณา$\{t_{j,2}, t_{j,4}\}$				งาน j	สถานีงาน (m), พิจารณา$\{t_{j,3}, t_{j,4}\}$			
	1	2	3	4		1	2	3	4
7	25	24	142	589	8	874	517	24	996
6	963	145	302	225	7	25	24	142	589
1	654	147	345	447	4	345	586	214	866
3	12	147	630	255	13	302	512	221	345
11	203	210	699	784	5	678	532	275	332
8	874	517	24	996	1	654	147	345	447
2	321	520	789	702	9	114	896	520	541
4	345	586	214	866	11	203	210	699	784
9	114	896	520	541	2	321	520	789	702
12	696	784	855	512	12	696	784	855	512
13	302	512	221	345	3	12	147	630	255
5	678	532	275	332	10	785	543	336	234
10	785	543	336	234	6	963	145	302	225
ลำดับงาน	7-6-1-3-11-8-2-4-9-12-13-5-10				8-7-4-13-5-1-9-11-2-12-3-10-6				
เวลาปิดงาน	8775				8444				



ภาพที่ 3-6 แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของ $\{t_{j,1}, t_{j,4}\}$



ภาพที่ 3-6 แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของ $\{t_{j,1}, t_{j,4}\}$ (ต่อ)

3. ฮิวริสติกของ Palmer

ได้เสนอแนวทางในการสร้างดัชนีความชัน (Slope Index :SI_i) เพื่อจัดลำดับงาน ซึ่งสามารถหาค่าดัชนีความชันได้ดังสมการ

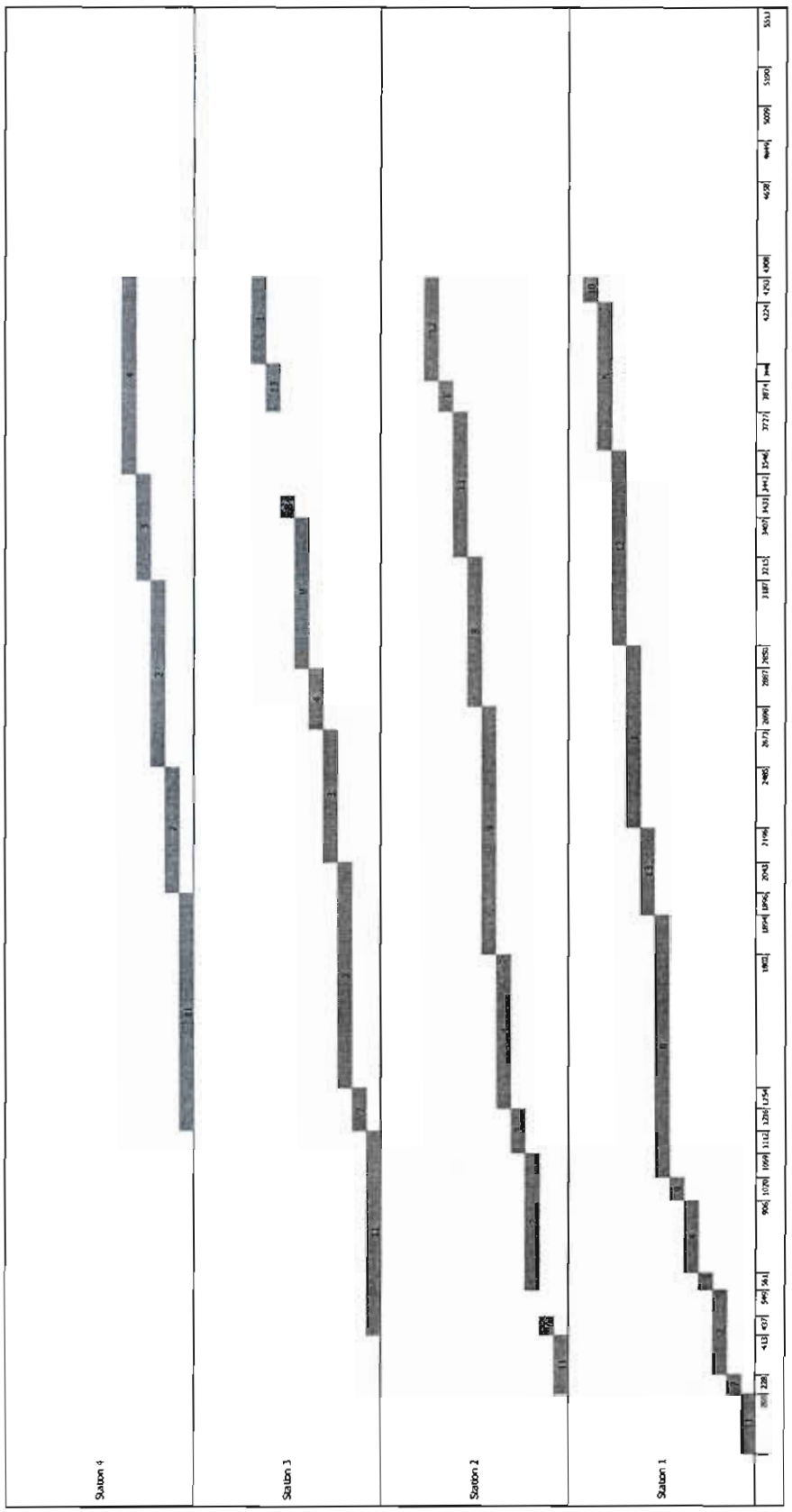
$$SI_i = (m-1)t_{i,m} + (m-3)t_{i,(m-1)} + (m-5)t_{i,(m-2)} + \ldots. - (m-5)t_{i,3} - (m-3)t_{i,2} - (m-1)t_{i,1}$$

เมื่อหาค่าดัชนีความชันได้แล้วให้เรียงลำดับงานโดยใช้ดัชนีความชัน คือ ให้จัดลำดับงานตามค่าดัชนีความชันจากมากไปน้อย $S_{[1]} \geq S_{[2]} \geq \ldots.. \geq S_{[n]}$

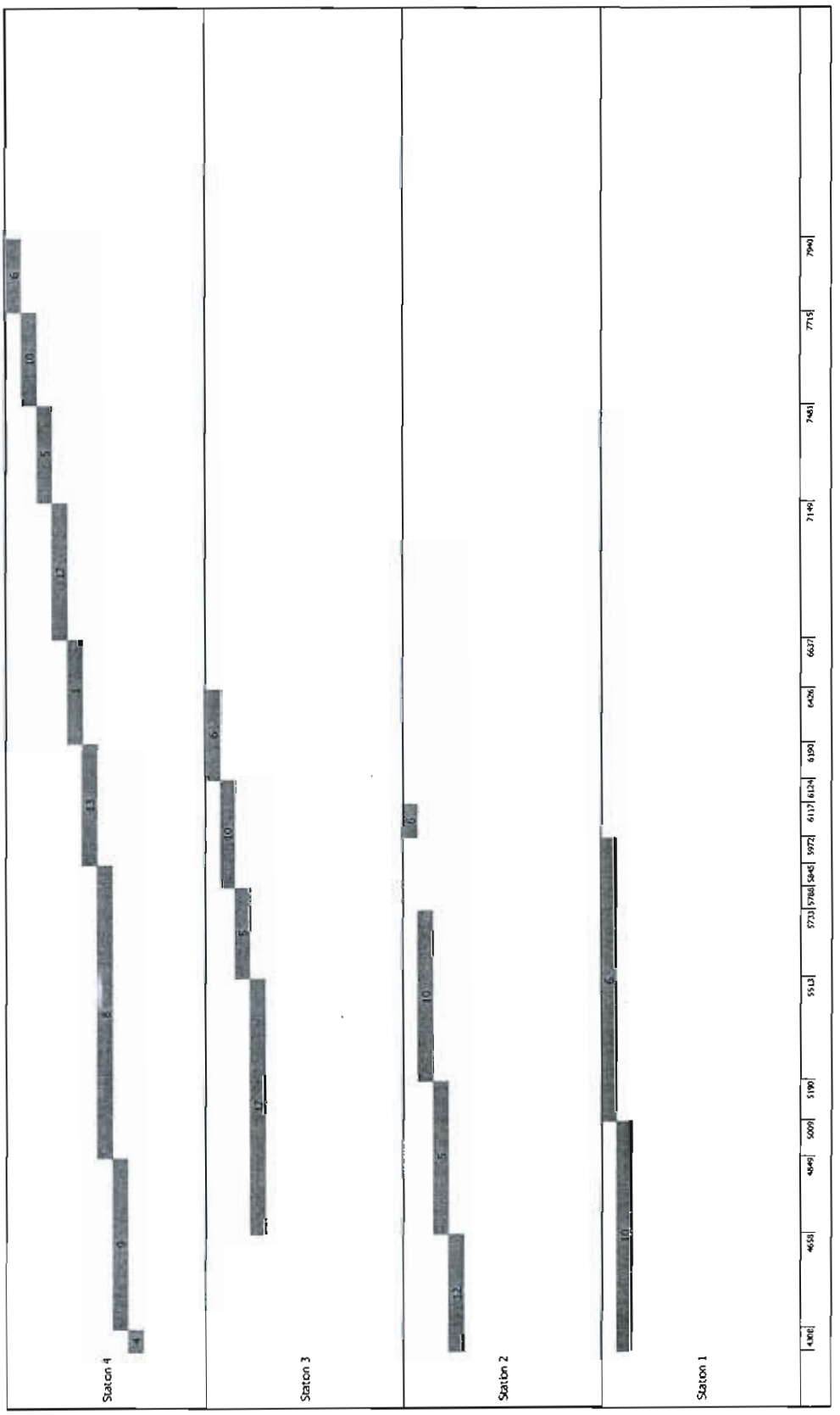
จากสมการข้างต้นสามารถหาค่าดัชนีความชันของแต่ละงาน และเรียงลำดับดัชนีความชันจากค่าดัชนีความชันมากไปหาน้อยโดยจะได้ลำดับงานคือ 11-7-2-3-4-9-8-13-1-12-5-10-6 แล้วหาค่าเวลาปิดงานด้วยแผนภูมิแกนต์ซึ่งได้ค่าเวลาปิดงานเท่ากับ 7940 โดยแสดงดังตารางที่ 3-6 และแสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ดังภาพที่ 3-7

ตารางที่ 3-6 แสดงค่าดัชนีความชันของแต่ละงาน และลำดับดัชนีความชันจากค่ามากไปหาน้อย

งาน j	สถานีงาน (m)				ดัชนีความชัน (SI_j)	ลำดับงานที่มีค่าดัชนีความชันจากค่ามากไปหาน้อย	
	1	2	3	4		งาน j	ดัชนีความชัน
1	654	147	345	447	-423	11	2232
2	321	520	789	702	1412	7	1810
3	12	147	630	255	1212	2	1412
4	345	586	214	866	1191	3	1212
5	678	532	275	332	-1295	4	1191
6	963	145	302	225	-2057	9	905
7	25	24	142	589	1810	8	-127
8	874	517	24	996	-127	13	-162
9	114	896	520	541	905	1	-423
10	785	543	336	234	-1860	12	-481
11	203	210	699	784	2232	5	-1295
12	696	784	855	512	-481	10	-1860
13	302	512	221	345	-162	6	-2057



ภาพที่ 3-7 แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของฮิวริสติกของ Palmer



ภาพที่ 3-7 แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของฮิวริสติกของ Palmer (ต่อ)

4. ฮิวริสติกของ Gupta

ได้เสนอแนวทางในการสร้างดัชนีความชันเพื่อจัดลำดับงาน ซึ่งสามารถหาค่าดัชนีความชันได้ดังสมการ

$$Sj = \frac{e_j}{\min_{1 \le k \le m-1} \{ t_{j,k} + t_{j,k+1} \}}$$

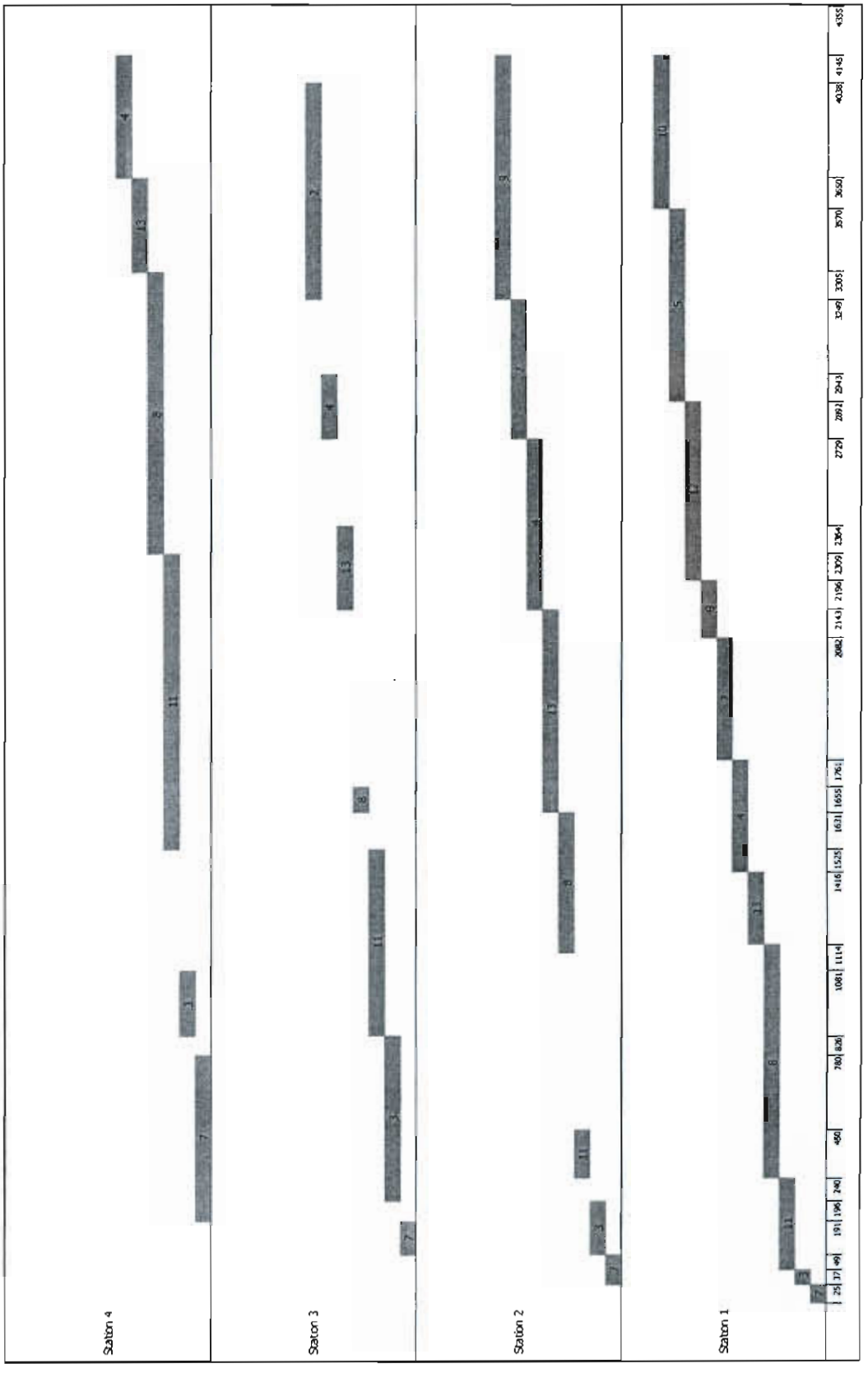
โดยที่ $e_j = 1$ ถ้า $t_{j1} < t_{jm}$ และ $e_j = -1$ ถ้า $t_{j1} \geq t_{jm}$ และทำการเรียงลำดับงานจากมากไปน้อย $S_{[1]} \geq S_{[2]} \geq \ldots\ldots \geq S_{[n]}$

เมื่อหาค่าดัชนีความชันได้แล้วให้เรียงลำดับงานโดยใช้ดัชนีความชัน คือให้จัดลำดับงานตามค่าดัชนีความชันจากมากไปน้อย $S_{[1]} \geq S_{[2]} \geq \ldots\ldots \geq S_{[n]}$

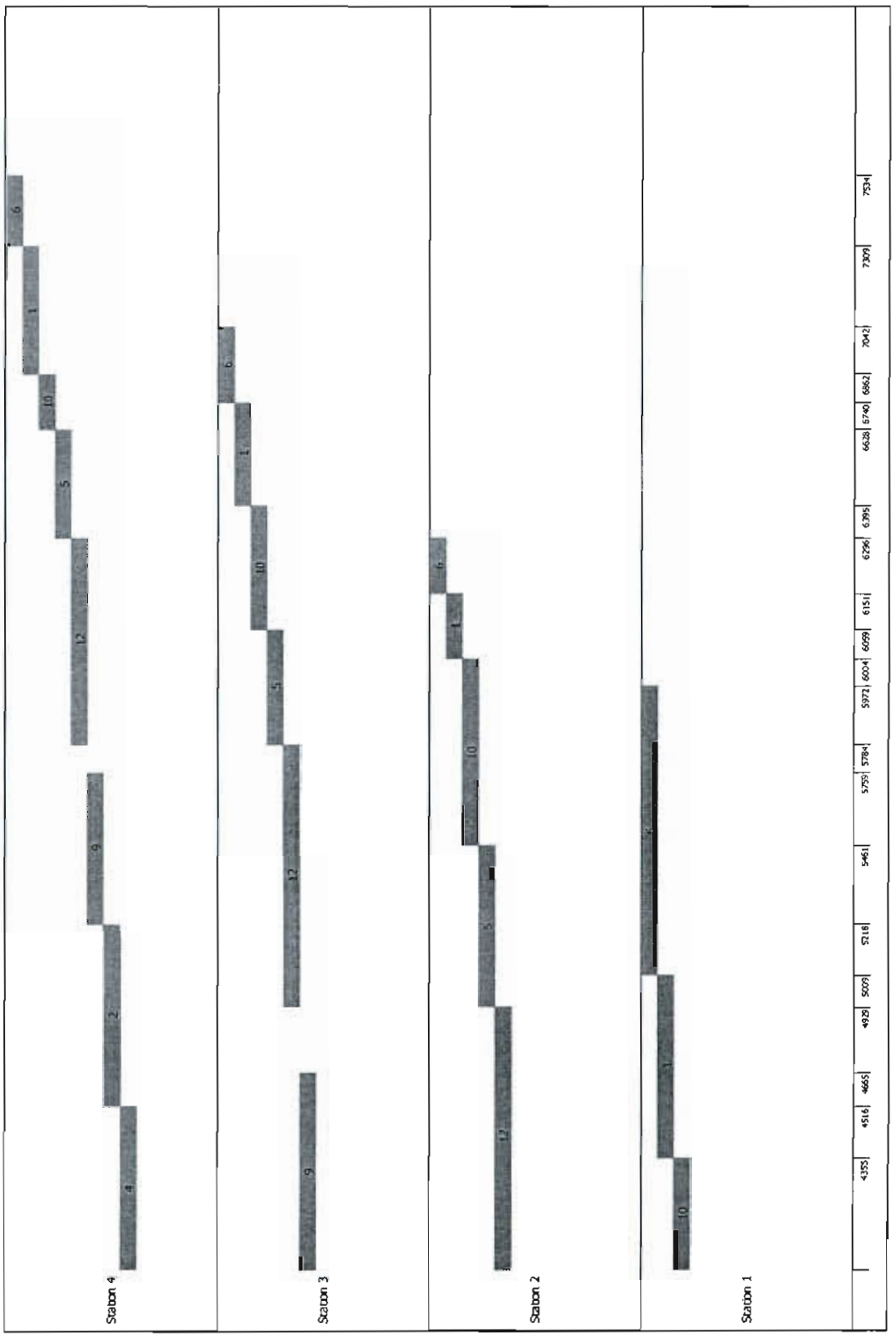
จากสมการข้างต้นสามารถหาค่าดัชนีความชันของแต่ละงาน และเรียงลำดับดัชนีความชันจากค่าดัชนีความชันมากไปหาน้อยโดยจะได้ลำดับงานคือ 7-3-11-8-13-4-2-9-12-5-10-1-6 แล้วหาค่าเวลาปิดงานด้วยแผนภูมิแกนต์ซึ่งได้ค่าเวลาปิดงานเท่ากับ 7534 โดยแสดงดังตารางที่ 3-7 และแสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ดังภาพที่ 3-8

ตารางที่ 3-7 แสดงค่าดัชนีความชันของแต่ละงาน และลำดับดัชนีความชันจากค่ามากไปหาน้อย

งาน j	สถานีงาน (m)				ดัชนีความชัน	ลำดับงานที่มีค่าดัชนีความชันจากค่ามากไปหาน้อย	
	1	2	3	4		งาน j	ดัชนีความชัน
1	654	147	345	447	-0.002032520	7	0.020408163
2	321	520	789	702	0.001189061	3	0.006289308
3	12	147	630	255	0.006289308	11	0.002421308
4	345	586	214	866	0.001250000	8	0.001848429
5	678	532	275	332	-0.001647446	13	0.001766784
6	963	145	302	225	-0.002237136	4	0.001250000
7	25	24	142	589	0.020408163	2	0.001189061
8	874	517	24	996	0.001848429	9	0.000990099
9	114	896	520	541	0.000990099	12	-0.000731529
10	785	543	336	234	-0.001754386	5	-0.001647446
11	203	210	699	784	0.002421308	10	-0.001754386
12	696	784	855	512	-0.000731529	1	-0.002032520
13	302	512	221	345	0.001766784	6	-0.002237136



ภาพที่ 3-8 แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของฮิวริสติกของ Gupta



ภาพที่ 3-8 แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของฮิวริสติกของ Gupta (ต่อ)

5. ฮิวริสติกของ NEH

ได้เสนอแนวคิดโดยการสมมุติให้งานที่ใช้เวลาในการผลิตบนเครื่องจักรมากสุด จะมีความสำคัญมากกว่างานที่ใช้เวลาในการผลิตน้อย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวนผลรวมของเวลาดำเนินการสำหรับแต่ละงาน จากนั้นให้เรียงลำดับงานตามค่าของผลรวมนี้จากมากไปน้อย $S_{[1]} \geq S_{[2]} \geq \ldots\ldots \geq S_{[n]}$ จะได้ลำดับงานคือ 12-8-2-9-4-10-11-5-6-1-13-3-7 แสดงดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 แสดงค่าผลรวมเวลาการดำเนินงานของแต่ละงาน และลำดับงานที่มีค่าผลรวมเวลาการดำเนินงานจากค่ามากไปหาน้อย

งาน j	สถานีงาน (m)				ผลรวมเวลาการดำเนินงาน	ลำดับงานที่มีค่าผลรวมจากค่ามากไปหาน้อย	
	1	2	3	4		งาน j	ผลรวมเวลา
1	654	147	345	447	1593	12	2847
2	321	520	789	702	2332	8	2411
3	12	147	630	255	1044	2	2332
4	345	586	214	866	2011	9	2071
5	678	532	275	332	1817	4	2011
6	963	145	302	225	1635	10	1898
7	25	24	142	589	780	11	1896
8	874	517	24	996	2411	5	1817
9	114	896	520	541	2071	6	1635
10	785	543	336	234	1898	1	1593
11	203	210	699	784	1896	13	1380
12	696	784	855	512	2847	3	1044
13	302	512	221	345	1380	7	780

ขั้นตอนที่ 2 เลือก 2 งานแรกจากลำดับงานที่ได้คืองาน 12 และงาน 8 แล้วทำการสลับตำแหน่งของงานทั้งสองจะได้ 12-8 และ 8-12 แล้วหาค่าเวลาปิดงานที่ดีที่สุดจากลำดับงานทั้งสองแบบจะได้ 3843 และ 3721 ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกลำดับ 8-12 เป็นลำดับงานตั้งต้นของการแทรกงานตำแหน่งถัดไป

ขั้นตอนที่ 3 เลือกงานที่อยู่ในตำแหน่งถัดไปของลำดับงานคืองาน 2 มาทำการแทรกในตำแหน่งต่าง ๆ จะได้ 8-12-2 และ 8-2-12 และ 2-8-12 แล้วหาค่าเวลาปิดงานที่ดีที่สุดจากลำดับงานทั้งสามแบบจะได้ 4700 และ 4067 และ 4042 ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกลำดับ 2-8-12 เป็นลำดับงานตั้งต้นของการแทรกงานตำแหน่งถัดไป

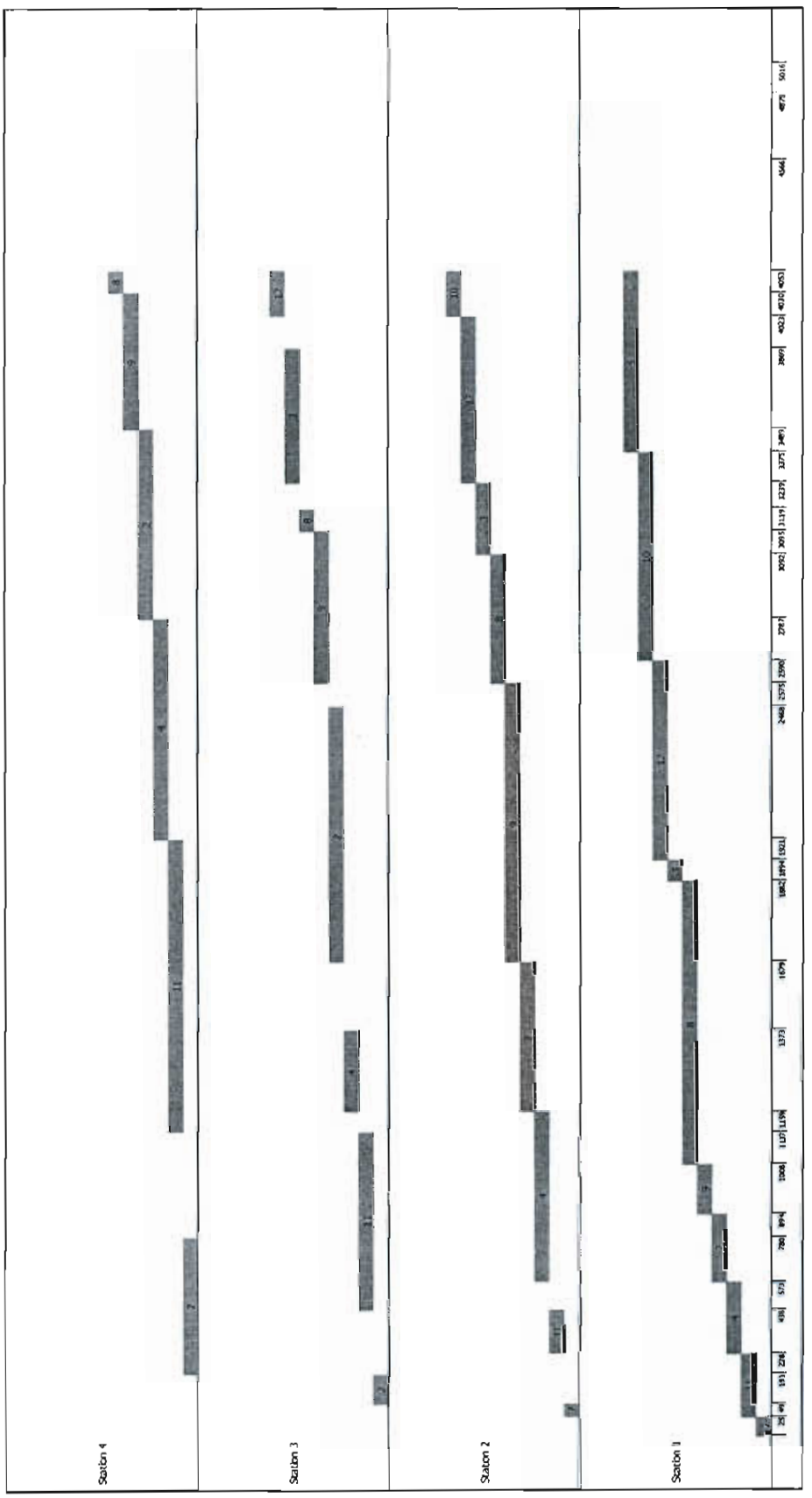
ขั้นตอนที่ 4 ทำขั้นตอนที่ 3 ซ้ำจนทุกงานจะได้รับการจัดตาราง จะได้ลำดับงานคือ 7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-6-1-13 แล้วหาค่าเวลาปิดงานด้วยแผนภูมิแกนต์ซึ่งได้ค่าเวลาปิดงานเท่ากับ 7376 โดยแสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ดังภาพที่ 3-9

จากการประยุกต์ใช้ฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH กับตัวอย่างปัญหา Instance Car2 จะได้ลำดับงานและเวลาปิดงานแสดงดังตารางที่ 3-9

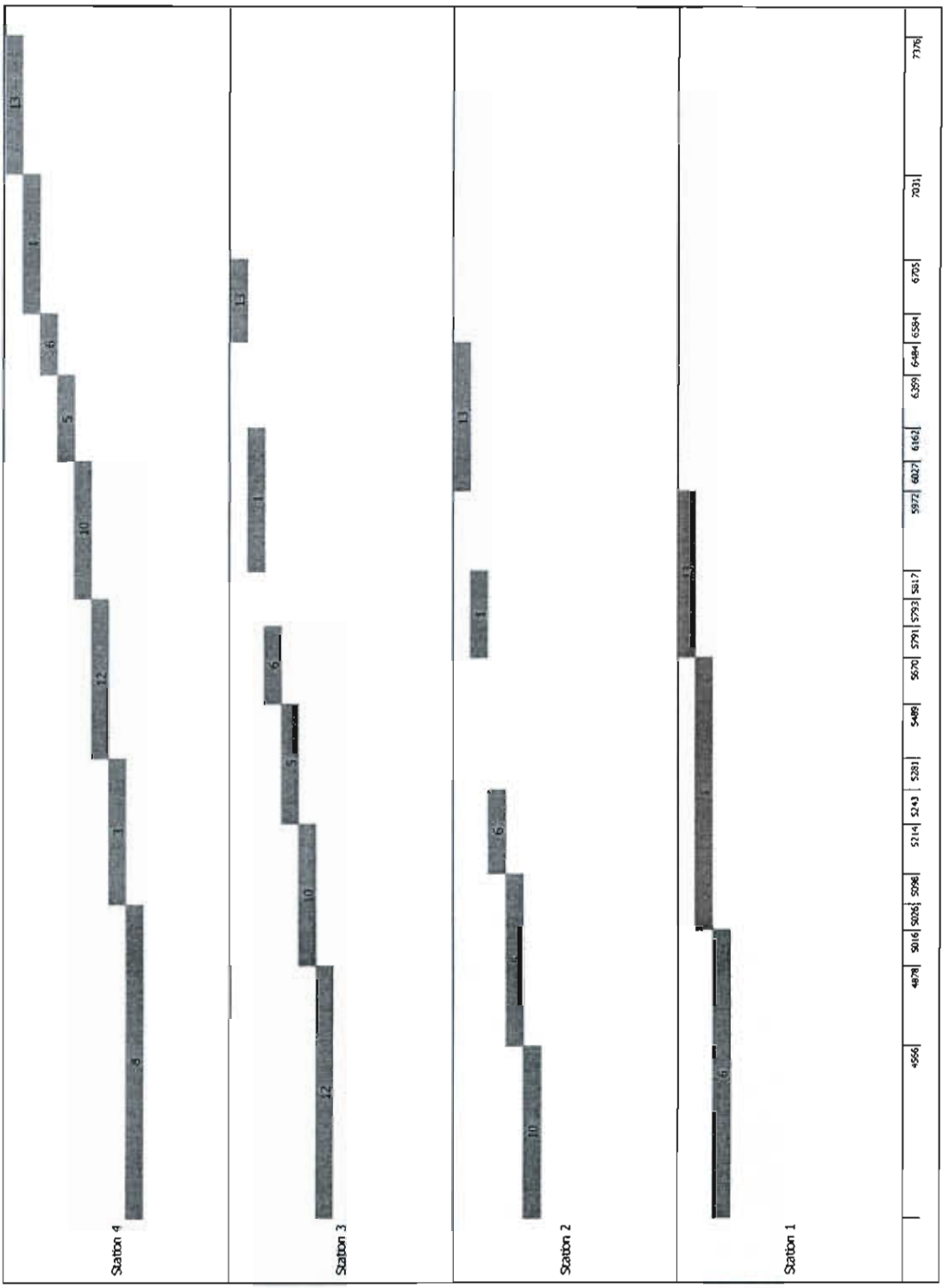
ตารางที่ 3-9 แสดงผลการจัดลำดับงานด้วยวิธีฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH

ฮิวริสติก	ลำดับงาน	เวลาปิดงานของระบบ
วิธีการของ CDS	7-3-13-11-4-8-9-2-12-5-10-1-6	7410
วิธีการของ Johnson	1-2-3-4-5-6-7-12-10-8-9-11-13	7741
วิธีการของ Palmer	11-7-2-3-4-9-8-13-1-12-5-10-6	7940
วิธีการของ Gupta	7-3-11-8-13-4-2-9-12-5-10-1-6	7534
วิธีการของ NEH	7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-6-1-13	7376

จากตารางผลลัพธ์ข้างต้น ผู้วิจัยจะทำการเลือกวิธีฮิวริสติกที่ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำที่สุดเพื่อปรับปรุงผลลัพธ์ดังกล่าวให้ดีขึ้นด้วยวิธีการหาคำตอบแบบตาบู



ภาพที่ 3-9 แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของฮิวริสติกของ NEH



ภาพที่ 3-9 แสดงตัวอย่างแผนภูมิแกนต์ในการหาค่าเวลาปิดงานของฮิวริสติกของ NEH (ต่อ)

6. การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการค้นหาแบบตาบู (Tabu Search)

เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ทำการค้นหาคำตอบเพื่อไม่ให้กลับไปสู่คำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ด้วยการเก็บข้อมูลของคำตอบที่ได้จากการค้นหาในอดีตในรายการตาบู (Tabu list) และการค้นหาคำดอบยังดำเนินการค้นหาต่อไปจนกระทั่งได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุด หรือการค้นหาคำตอบเป็นไปตามเกณฑ์ความปรารถนา (Aspiration Criteria) โดยการหาค้นหาดำเนินการได้ดังนี้

โดยกำหนดให้

S_{best} คือตารางที่ดีที่สุด

M_{best} คือค่าเวลาปิดระบบที่มีค่าน้อยสุด

S_1 คือตารางตั้งต้น

M_1 คือค่าเวลาปิดระบบของตาราง S_1

S_n คือตารางข้างเคียงที่เป็นไปได้

M_n คือค่าเวลาปิดระบบของตารางข้างเคียงที่เป็นไปได้

S_{n_min} คือตารางข้างเคียงที่ให้ค่าเวลาปิดระบบที่น้อยสุด

$\min(M_n)$ คือค่าเวลาปิดระบบที่มีค่าน้อยที่สุดในกลุ่มของค่าที่ได้จากตารางข้างเคียง

S_k คือตารางดั้งต้นใหม่ที่ได้จากการค้นหาในแต่ละรอบ

k คือจำนวนรอบของการค้นหา

N คือจำนวนงานที่ทำการจัดตารางการผลิต

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดตารางตั้งต้น (S_1) ของการค้นหาคำตอบ (ตารางตั้งต้น S_1 คือตารางที่ดีที่สุด S_{best} ในขณะนั้น และเวลาปิดระบบตั้งต้น คือเวลาปิดระบบที่ดีที่สุด M_{best} ในขณะนั้น) ซึ่งตารางตั้งต้นนั้นทำการเลือกจากลำดับงานที่ได้จากการจัดลำดับงานด้วยฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH โดยเลือกลำดับงานที่ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำสุด และกำหนดให้จำนวนรอบในการค้นหาตั้งต้นคือรอบที่ 1 (k เท่ากับ 1)

ขั้นตอนที่ 2 สร้างตารางข้างเคียงที่เป็นไปได้ (S_n) โดยใช้หลักการ Neighborhood Search

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาเวลาปิดระบบ (M_n) โดยใช้แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart)

ขั้นดอนที่ 4 เลือกเวลาปิดระบบที่มีค่าน้อยที่สุด $\min(M_n)$

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบลำดับงานข้างเคียงที่มีค่าเวลาปิดระบบน้อยสุด (S_{n_min}) กับลำดับงานในรายการตาบู (Tabu List) ถ้าไม่ซ้ำกับลำดับงานในรายการตาบู ให้ทำต่อในขั้นตอนที่ 6 แต่ถ้าซ้ำกับลำดับงานในรายการตาบูให้ตัดตารางงานนั้นออกจากการพิจารณาแล้วทำต่อในขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 6 ทำการปรับปรุงลำดับงานในรายการตาบู (Tabu List) ซึ่งจะเก็บลำดับงานที่ถูกเลือกทุกลำดับงานไว้ในรายการตาบู ดังนั้นจำนวนลำดับงานในรายการตาบูจะเพิ่มขึ้นเท่ากับจำนวนรอบที่ทำการหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 7 กำหนดให้ตารางงานที่ได้ (S_{n_min}) เป็นตารางตั้งต้นของการหาคำตอบในครั้งถัดไป คือ S_k เท่ากับ S_{n_min}

ขั้นตอนที่ 8 เปรียบเทียบค่าเวลาปิดระบบ min (M_n) ที่ได้กับเวลาปิดระบบที่ดีที่สุด M_{best} ในขณะนั้นถ้า min(M_n) < M_{best} แล้วให้ M_{best} เท่ากับ min(M_n) และ S_{best} เท่ากับ S_{n_min}

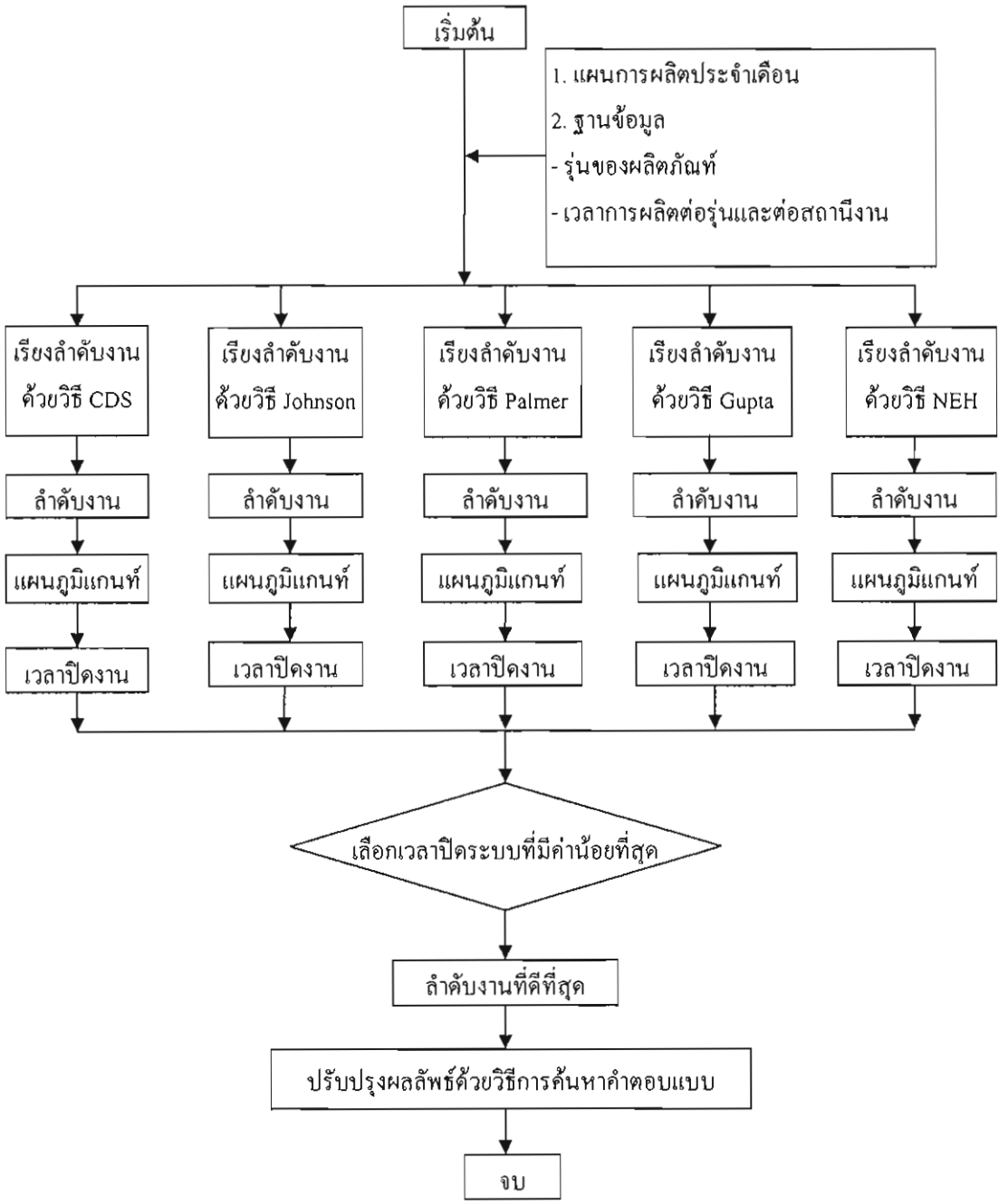
ขั้นตอนที่ 9 ทำการค้นหาคำตอบในครั้งถัดไปโดยการเพิ่มค่า k ขึ้นอีก 1 และให้หยุดการค้นหาเมื่อค่า k มากกว่าจำนวนงาน N อยู่หนึ่ง (k = N+1)

โดยขั้นตอนข้างต้นแสดงดังภาพที่ 3-11

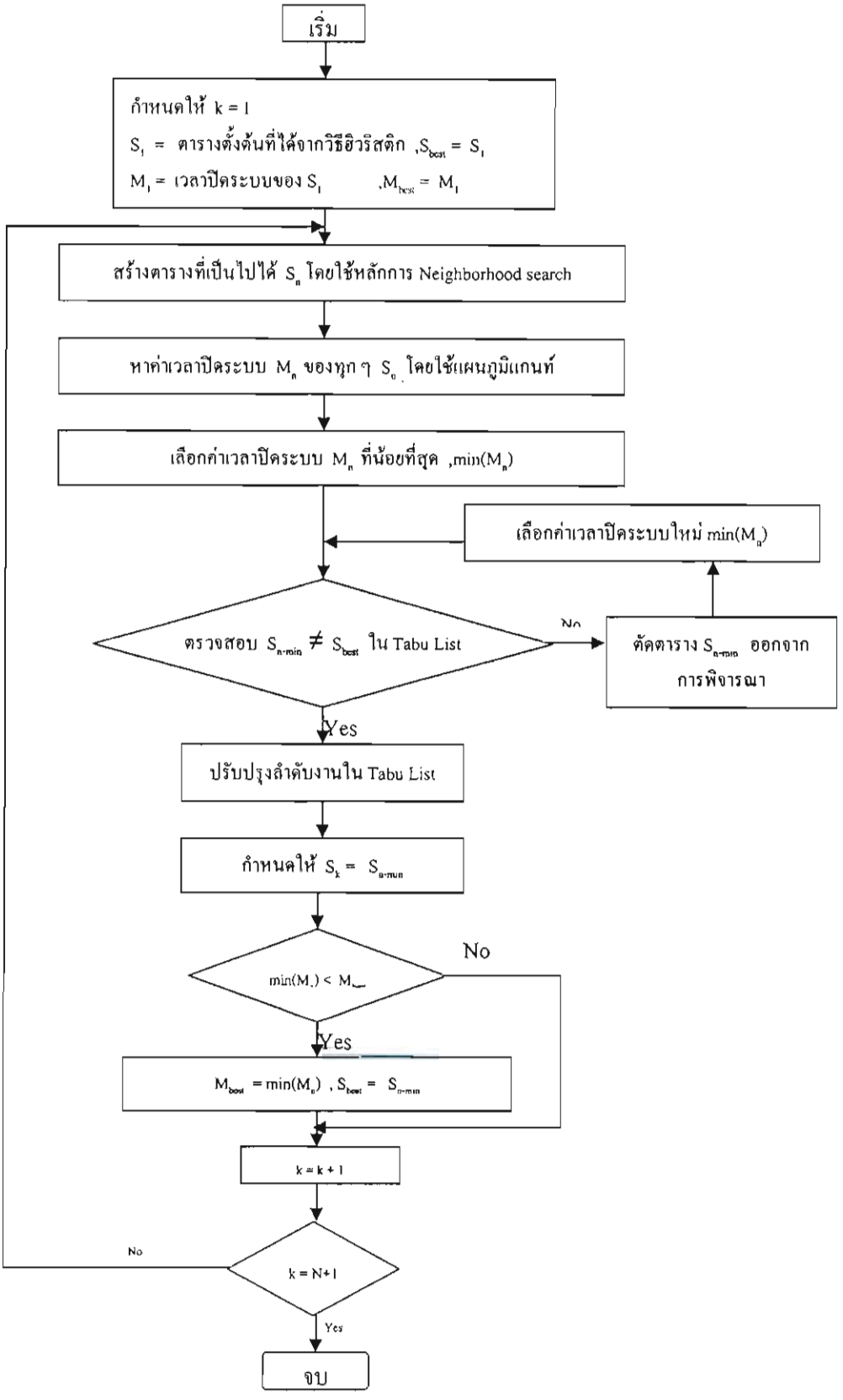
6.1 การกำหนดตารางตั้งต้น(S_1) ของการค้นหาคำตอบแบบตาบู

ทำการเลือกลำดับงานตั้งต้นโดยเลือกลำดับงานที่ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำสุด จากลำดับงานที่ได้จากการจัดลำดับงานด้วยฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH ซึ่งตามตารางที่ 3-9 จะเลือกลำดับงานที่ได้จากวิธีการของ NEH ลำดับงานคือ 7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-6-1-13 เวลาปิดงานคือ 7376 ดังนั้นลำดับงานตั้งต้นสำหรับการหาคำตอบแบบตาบูคือ 7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-6-1-13

โดยขั้นตอนการกำหนดลำดับงานตั้งต้นเพื่อการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการแบบตาบูแสดงดังภาพที่ 3-10 และขั้นตอนการหาคำตอบแบบตาบูแสดงดังภาพที่ 3-11



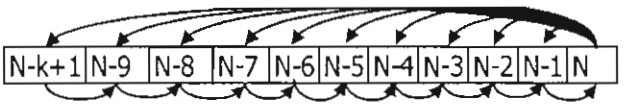
ภาพที่ 3-10 แสดงวิธีการเลือกลำดับงานตั้งต้น



ภาพที่ 3-11 แสดงวิธีการค้นหาแบบตาบู

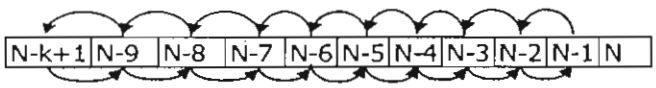
6.2 วิธีการสร้างตารางข้างเคียงที่เป็นไปได้ (S_n) โดยใช้หลักการ Neighborhood Search

งานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างลำดับงานข้างเคียงโดยวิธีการสับเปลี่ยนตำแหน่งงานจากตำแหน่งสุดท้ายไปหาตำแหน่งแรกของลำดับงาน กำหนดให้นำงานตำแหน่งสุดท้าย (N) ไปแทรกที่ตำแหน่งก่อนหน้า (N-1) โดยทำการเปลี่ยนตำแหน่งการแทรกไปเรื่อย ๆ จนถึงตำแหน่งแรก (N-k+1) ของลำดับงาน และงานในตำแหน่งที่ถูกแทรกจะต้องเลื่อนถอยออกไปหนึ่งตำแหน่งดังภาพที่ 3-12 และภาพที่ 3-13



ภาพที่ 3-12 แสดงรูปแบบการแทรกงาน

แล้วทำวิธีการเดียวกันนี้กับงานในตำแหน่งที่เหลือคือ N-1 ,N-2 ,N-3 ,N-4 ,N-5 ,N-6 ,...,N-k+1 โดยนำงานตำแหน่ง N-1 ไปแทรกที่ตำแหน่ง N-2 และนำงานตำแหน่ง N-2 ไปแทรกที่ตำแหน่ง N-3 และนำงานตำแหน่ง N-3 ไปแทรกที่ตำแหน่ง N-4 โดยทำการเปลี่ยนตำแหน่งการแทรกไปเรื่อย ๆ จนถึงตำแหน่งแรก (N-k+1) ของลำดับงานดังภาพที่ 3-13 ซึ่งในการแทรกของแต่ละงานที่ตำแหน่งต่าง ๆ จะได้ลำดับงานที่แตกต่างกัน N-1 แบบ และเมื่อทุกงานถูกนำไปแทรกที่ตำแหน่งต่าง ๆ จนครบจะได้งานข้างเคียงจำนวน N(N-1) /2 แบบ เมื่อ N คือจำนวนงานที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 3-13 แสดงรูปแบบการแทรกงาน

จากตัวอย่างปัญหา Instance Car2 ที่ศึกษางานจำนวน 13 งานพบว่ามีจำนวนงานข้างเคียงที่เป็นไปได้เท่ากับ 78 แบบ โดยการแทรกของงานตำแหน่ง N ไปยังตำแหน่งก่อนหน้าจะได้ลำดับงานที่แตกต่างกัน N-1 แบบ คือ 12 แบบ ซึ่งจากลำดับงานที่ได้จากวิธีการ NEH คือ 7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-6-1-13 สามารถแสดงตัวอย่างการแทรกของงานตำแหน่ง N คืองานที่ 13 ได้ดังนี้

ลำดับงานดั้งต้นจากวิธี NEH คือ 7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-6-1-**13**

งานข้างคียงแบบที่ 1 คือ 7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-6-**13**-1

งานข้างคียงแบบที่ 2 คือ 7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-**13**-6-1

งานข้างคียงแบบที่ 3 คือ 7-11-4-2-9-8-3-12-10-**13**-5-6-1

งานข้างคียงแบบที่ 4 คือ 7-11-4-2-9-8-3-12-**13**-10-5-6-1

งานข้างคียงแบบที่ 5 คือ 7-11-4-2-9-8-3-**13**-12-10-5-6-1

งานข้างคียงแบบที่ 6 คือ 7-11-4-2-9-8-**13**-3-12-10-5-6-1

งานข้างคียงแบบที่ 7 คือ 7-11-4-2-9-**13**-8-3-12-10-5-6-1

งานข้างคียงแบบที่ 8 คือ 7-11-4-2-**13**-9-8-3-12-10-5-6-1

งานข้างคียงแบบที่ 9 คือ 7-11-4-**13**-2-9-8-3-12-10-5-6-1

งานข้างคียงแบบที่ 10 คือ 7-11-**13**-4-2-9-8-3-12-10-5-6-1

งานข้างคียงแบบที่ 11 คือ 7-**13**-11-4-2-9-8-3-12-10-5-6-1

งานข้างคียงแบบที่ 12 คือ **13**-7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-6-1

6.3 วิธีการเปรียบเทียบลำดับงานที่ถูกเลือกกับลำดับงานในรายการตาบู (Tabu List)

การพิจารณาเปรียบเทียบลำดับงานที่ถูกเลือกของแต่ละครั้งในการหาคำตอบกับลำดับงานในรายการตาบู แสดงดังตัวอย่างต่อไปนี้

ลำดับงานในรายการตาบูคือ 7 -11 -4 -2 -9 -8 -3 -12 -10 -5 -6 -1 -**13**

ลำดับงานที่พิจารณาในการเลือกแบบที่ 1 คือ 7 -11 -4 -2 -9 -8 -3 -12 -10 -5 -6 -**13** -1

แบบที่ 2 คือ 7 -11 -4 -2 -9 -8 -3 -12 -10 -5 -**13** -6 -1

จากการเปรียบเทียบจะพิจารณาเลือกลำดับงานแบบที่ 2 เพราะลำดับงานที่แตกต่างจากลำดับงานในรายการตาบูคือ [6,1] ส่วนลำดับงานแบบที่ 1 นั้นไม่แตกต่างกับลำดับงานในรายการตาบูเพราะ [1,13] และ [13,1] นั้นถือว่าไม่แตกต่างกัน

จากตัวอย่างปัญหา Instance Car2 สามารถปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการ NEH ด้วยการค้นหาคำดอบแบบตาบูได้ดังนี้

เริ่มต้นที่การค้นหาคำตอบครั้งที่ 1 (k = 1)

1. กำหนดให้ลำดับงานที่เป็นผลลัพธ์ของวิธี NEH เป็นตารางงานตั้งต้นสำหรับการค้นหาคำตอบคือ 7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-6-1-**13** และเวลาปิดงานตั้งต้นคือ 7376

2. สร้างตารางข้างเคียงจำนวน $n(n-1)/2 = 13 \times (13-1)/2 = 78$ แบบ

3. หาค่าเวลาปิดงาน M_n ของทุก ๆ ตารางข้างเคียง โดยใช้แผนภูมิแกนท์

4. เลือกค่าเวลาปิดระบบที่น้อยที่สุด M_{n_min} คือ 7376 และลำดับงานคือ 7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-**13**-6-1

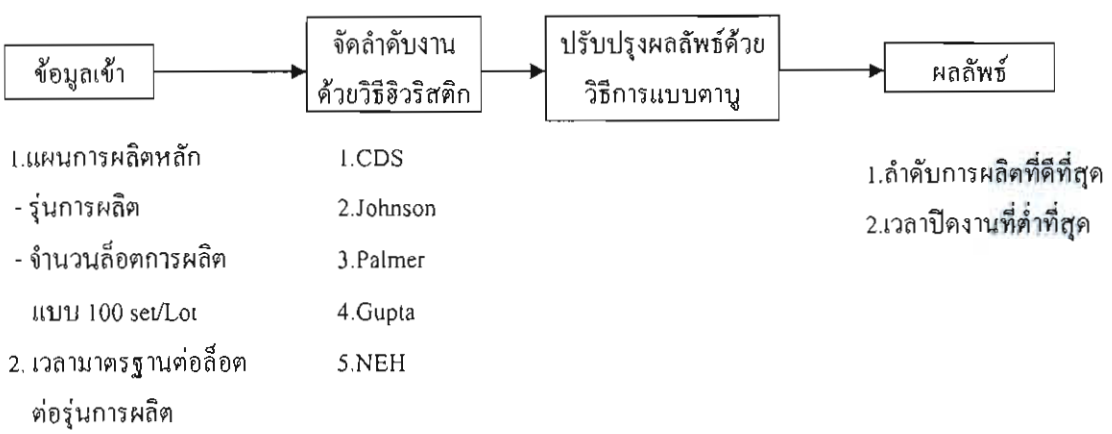
5. เปรียบเทียบลำดับงาน 7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-**13**-6-1 ที่ได้จากการค้นหากับลำดับงานใน Tabu list ซึ่งคือเซตว่าง ดังนั้นลำดับงานที่ได้นี้จึงเป็นลำดับงานที่ดีที่สุดในรอบการค้นหานี้ จึงกำหนดให้ลำดับงานที่ได้เป็นลำดับงานตั้งต้นสำหรับการค้นหาคำตอบในครั้งถัดไป

6. นำค่าเวลาปิดระบบที่น้อยที่สุดจากการค้นหาคือ 7376 เปรียบเทียบกับค่าเวลาปิดระบบดั้งต้นคือ 7376 โดยถ้า $\min(M_n) < M_{best}$ แล้วให้ M_{best} เท่ากับ $\min(M_n)$ และ S_{best} เท่ากับ S_{n_min} ดังนั้น M_{best} ของรอบการค้นหานี้คือ 7376 และลำดับงาน S_{best} คือ 7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-**13**-6-1

ทำการค้นหาคำตอบครั้งที่ 2 ด้วยงานดั้งต้นตัวใหม่คือ 7-11-4-2-9-8-3-12-10-5-**13**-6-1 และค่าเวลาปิดระบบค่าใหม่คือ 7376 แล้วทำการค้นหาคำตอบครั้งถัดไปโดยการเพิ่มจำนวนครั้งในการหาคำตอบทีละหนึ่งและจะหยุดการค้นหาคำตอบเมื่อจำนวนครั้งของการค้นหามีค่ามากกว่าจำนวนงานที่ศึกษาอยู่หนึ่งคือ $k = N+1$ เมื่อการค้นหาคำตอบสิ้นสุดลงพบว่าลำดับงานที่ดีที่สุดของการค้นหาคำตอบนี้คือ 7 -11 -4 -2 -12 -9 -8 -13 -3 -1 -6 -10 -5 และค่าเวลาปิดระบบคือ 7376

2. พัฒาเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิต

เพื่อความถูกต้องและรวดเร็วสำหรับการจัดลำดับงานผู้วิจัยจึงพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิตจากโปรแกรมการสร้างตารางงาน Microsoft Excel 2007 ซึ่งรูปแบบการทำงานของเครื่องมือช่วยในการจัดตารางการผลิตมีดังนี้



ภาพที่ 3-14 แสดงรูปแบบการทำงานของเครื่องมือช่วยในการจัดตารางการผลิต

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในบทนี้แสดงผลการทดลองจัดลำดับงานโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

- การทดลองจัดลำดับงานด้วยวิธีฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH กับตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop จาก OR-Library เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำที่สุด

- ทำการเลือกฮิวริสติกที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด จากนั้นทำการปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีฮิวริสติกด้วยวิธีการหาคำตอบแบบตาบู แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการปรับปรุง

- ทำการพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิต ด้วยหลักการของฮิวริสติกที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดร่วมด้วยการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการหาคำตอบแบบตาบู

- ทำการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดกับตัวอย่างปัญหากรณีศึกษา และปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการแบบตาบู แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์กับวิธีการจัดลำดับงานแบบเดิมของกรณีศึกษา

ผลการทดลองจัดลำดับงานด้วยวิธีฮิวริสติก

ทำการทดลองจัดลำดับงานด้วยวิธีฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH กับตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop จาก OR-Library จำนวน 18 ปัญหา ซึ่งแบ่งเป็นปัญหาขนาดเล็กที่มีจำนวนงานน้อยกว่า 10 งาน ปัญหาขนาดกลางที่มีจำนวนงาน 10-20 งาน และปัญหาขนาดใหญ่ที่มีจำนวนงาน 50 งาน โดยผลลัพธ์ของการจัดลำดับงานคือเวลาปิดงาน แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงผลการจัดลำดับงานด้วยวิธีฮิวริสติก

ปัญหา	งาน x สถานีงาน	ค่าเวลาปิดงาน				
		CDS	**Johnson**	**Palmer**	**Gupta**	**NEH**
car1	Carlier 11x5	7202	7689	7472	7274	**7038**
car2	Carlier 13x4	7410	7741	7940	7534	**7376**
car3	Carlier 12x5	7399	7876	7725	7399	**7399**
car4	Carlier 14x4	8423	8679	8423	8423	**8129**
car5	Carlier 10x6	8627	8335	8520	8773	**7835**
car6	Carlier 8x9	**9082**	9456	9487	9441	9214
car7	Carlier 7x7	**6760**	6887	8021	7043	6815
car8	Carlier 8x8	8903	**8336**	8825	9150	8564
hel2	Heller 20x10	152	154	152	156	**139**
reC01	Reeves 20x5	1399	1407	1391	1434	**1300**
reC03	Reeves 20x5	1273	1322	1535	1380	**1174**
reC05	Reeves 20x5	1361	1441	1570	1400	**1296**
reC07	Reeves 20x10	1696	1697	1701	1678	**1629**
reC09	Reeves 20x10	1660	1735	1896	1792	**1583**
reC11	Reeves 20x10	1595	1707	1670	1765	**1552**
reC31	Reeves 50x10	3489	3602	3618	3428	**3217**
reC33	Reeves 50x10	3424	3494	3442	3605	**3183**
reC35	Reeves 50x10	3545	3726	3623	3719	**3316**
Average		4633.33	4738.00	4833.94	4744.11	4486.61

จากตารางพบว่าวิธี NEH ให้ค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 4486.61 รองลงมาคือวิธี CDS, Johnson, Gupta และ Palmer ตามลำดับ

1. พิจารณาเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแต่ละวิธีสำหรับแต่ละตัวอย่างปัญหา

ทำการเปรียบเทียบค่าเวลาปิดงานของแต่ละวิธีสำหรับแต่ละตัวอย่างปัญหา โดยพิจารณาค่าเวลาปิดงานแบบทีละคู่ และแสดงผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเวลาปิดงานของแต่ละฮิวริสติกแบบทีละคู่

ปัญหา	การเปรียบเทียบค่าเวลาปิดงานแบบทีละคู่									
	CDS-Johnson	CDS-Palmer	CDS-Gupta	CDS-NEH	Johnson-Palmer	Johnson-Gupta	Johnson-NEH	Palmer-Gupta	Palmer-NEH	Gupta-NEH
car1	-487	-270	-72	164	217	415	651	198	434	236
car2	-331	-530	-124	34	-199	207	365	406	564	158
car3	-477	-326	0	0	151	477	477	326	326	0
car4	-256	0	0	294	256	256	550	0	294	294
car5	292	107	-146	792	-185	-438	500	-253	685	938
car6	-374	-405	-359	-132	-31	15	242	46	273	227
car7	-127	-1261	-283	-55	-1134	-156	72	978	1206	228
car8	567	78	-247	339	-489	-814	-228	-325	261	586
hel2	-2	0	-4	13	2	-2	15	-4	13	17
reC01	-8	8	-35	99	16	-27	107	-43	91	134
reC03	-49	-262	-107	99	-213	-58	148	155	361	206
reC05	-80	-209	-39	65	-129	41	145	170	274	104
reC07	-1	-5	18	67	-4	19	68	23	72	49
reC09	-75	-236	-132	77	-161	-57	152	104	313	209
reC11	-112	-75	-170	43	37	-58	155	-95	118	213
reC31	-113	-129	61	272	-16	174	385	190	401	211
reC33	-70	-18	-181	241	52	-111	311	-163	259	422
reC35	-181	-78	-174	229	103	7	410	-96	307	403

ตารางที่ 4-2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเวลาปิดงานของแต่ละฮิวริสติกแบบทีละคู่ (ต่อ)

คู่ของการเปรียบเทียบ	การเปรียบเทียบค่าเวลาปิดงานแบบทีละคู่		
	ปัญหาที่มีเวลาปิดงานต่ำกว่า	ปัญหาที่มีเวลาปิดงานสูงกว่า	คิดเป็น %
CDS ดีกว่า Johnson	car1 car2 car3 car4 car6 car7 hel2 reC01 reC03 reC05 reC07 reC09 reC11 reC31 reC33 reC35	ear5 car8	88.88
CDS ดีกว่า Palmer	car1 car2 car3 car4 car6 car7 hel2 reC03 reC05 reC07 reC09 reC11 reC31 reC33 reC35	car5 ear8 reC01	83.33
CDS ดีกว่า Gupta	ear1 car2 car3 car4 ear5 ear6 ear7 ear8 hel2 reC01 reC03 reC05 reC09 reC11reC33 reC35	reC07 reC31	88.88
CDS ดีกว่า NEH	car3 car6 car7	car1 car2 car4 car5 car8 hel2 reC01 reC03 reC05 reC07 reC09 reC11 reC31 reC33 reC35	16.66
Johnson ดีกว่า Palmer	car2 car5 car6 car7 car8 reC03 reC05 reC07 reC09 reC31	car1 car3 car4 hel2 reC01 reC11 reC33 reC35	55.55
Johnson ดีกว่า Gupta	car5 car7 car8 hel2 reC01 reC03 reC09 reC11 reC33	car1 car2 ear3 car4 car6 reC05 reC07 reC31 reC35	50.00
Johnson ดีกว่า NEH	car8	car1 car2 ear3 car4 car5 ear6 ear7 hel2 reC01 reC03 reC05 reC07 reC09 reC11 reC31 reC33 reC35	5.55
Palmer ดีกว่า Gupta	car4 ear5 car8 hel2 reC01 reC11 reC33 reC35	car1 ear2 ear3 car6 car7 reC03 reC05 reC07 reC09 reC31	44.44
Palmer ดีกว่า NEH		car1 car2 car3 car4 car5 car6 car7 car8 hel2 reC01 reC03 reC05 reC07 reC09 reC11 reC31 reC33 reC35	0.00
Gupta ดีกว่า NEH		ear1 car2 car3 car4 ear5 car6 car7 car8 hel2 reC01 reC03 reC05 reC07 reC09 reC11 reC31 reC33 reC35	0.00

จากตารางที่ 4-2 เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบของแต่ละวิธีสำหรับแต่ละตัวอย่างปัญหาได้ดังนี้

1. เมื่อเปรียบเทียบวิธี CDS กับวิธี Johnson, Palmer, Gupta, NEH พบว่าวิธีการ CDS ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำกว่าวิธี Johnson, Palmer, Gupta โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากตัวอย่างปัญหาทั้งหมดจะได้ 88.88 %, 83.33%, 88.88% ตามลำดับ ยกเว้นปัญหา car5 car8 reC01 reC07 reC31 ที่วิธี CDS ให้ค่าเวลาปิดงานสูงกว่าวิธี Johnson, Palmer, Gupta และวิธี CDS ให้ค่าเวลาปิดงานสูงกว่าวิธี NEH คิดเป็น 83.34% ของตัวอย่างปัญหาทั้งหมด ยกเว้นปัญหา car3 car6 car7 ที่วิธี CDS ให้ค่าเวลาปิดงานที่ต่ำกว่าวิธี NEH

2. เมื่อเปรียบเทียบวิธี Johnson กับวิธี Palmer, Gupta, NEH พบว่าวิธีการ Johnson ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำกว่าวิธี Palmer, Gupta โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากตัวอย่างปัญหาทั้งหมดจะได้ 55.55%, 50.00% ตามลำดับ ในขณะเดียวกันวิธี Johnson ก็ให้ค่าเวลาปิดงานสูงกว่าวิธี Palmer, Gupta คิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากตัวอย่างปัญหาทั้งหมดจะได้ 44.45%, 50.00% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าวิธี Johnson, Palmer, Gupta ให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี NEH พบว่าวิธี Johnson ให้ค่าเวลาปิดงานสูงกว่าวิธี NEH คิดเป็น 94.45% ของตัวอย่างปัญหาทั้งหมด ยกเว้นปัญหา car8 ที่วิธี Johnson ให้ค่าเวลาปิดงานที่ต่ำกว่าวิธี NEH

3. เมื่อเปรียบเทียบวิธี Palmer กับวิธี Gupta, NEH พบว่าวิธีการ Palmer ให้ค่าเวลาปิดงานสูงกว่าวิธี Gupta โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากตัวอย่างปัญหาทั้งหมดจะได้ 55.56% ในขณะเดียวกันวิธี Palmer ก็ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำกว่าวิธี Gupta คิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากตัวอย่างปัญหาทั้งหมดจะได้ 44.44% จะเห็นได้ว่าวิธี Palmer และ Gupta ให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกันแต่เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี NEH พบว่าวิธี Palmer ให้ค่าเวลาปิดงานสูงกว่าวิธี NEH คิดเป็น 100% ของตัวอย่างปัญหาทั้งหมด

4. เมื่อเปรียบเทียบวิธี Gupta กับวิธี NEH พบว่าวิธีการ Gupta ให้ค่าเวลาปิดงานสูงกว่าวิธี NEH คิดเป็น 100% ของตัวอย่างปัญหาทั้งหมด

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแต่ละวิธีสำหรับแต่ละตัวอย่างปัญหา สรุปได้ว่าวิธีการวิธีการ NEH ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำที่สุดรองลงมาคือวิธี CDS, Johnson, Gupta และ Palmer ตามลำดับ

2. พิจารณาเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้วยวิธีทางสถิติ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีการทางสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยทำการทดสอบแบบทีละคู่ของฮิวริสติกแสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเวลาปิดงานด้วย t-test แบบทีละคู่

คู่ของการเปรียบเทียบ	ผลการเปรียบเทียบค่าเวลาปิดงานด้วย t-test	ผลการทดสอบสมมติฐาน
CDS -Johnson	CDS < Johnson	วิธี CDS ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธี Johnson ,Palmer ,Gupta แต่วิธี NEH ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธี CDS
CDS - Palmer	CDS < Palmer	
CDS - Gupta	CDS < Gupta	
CDS - NEH	CDS > NEH	
Johnson - Palmer	Johnson < Palmer	วิธี Johnson ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธี Palmer ,Gupta แต่วิธี NEH ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธี Johnson
Johnson - Gupta	Johnson < Gupta	
Johnson - NEH	Johnson > NEH	
Palmer - Gupta	Palmer < Gupta	วิธี Gupta ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า Palmer
Palmer - NEH	Palmer > NEH	วิธี NEH ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า Palmer
Gupta - NEH	Gupta > NEH	วิธี NEH ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า Gupta

จากตารางพบว่าวิธี NEH ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าทุกวิธีอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือวิธี CDS, Johnson, Gupta และ Palmer ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแต่ละวิธีสำหรับแต่ละตัวอย่างปัญหาในหัวข้อที่ 1 (พิจารณาเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแต่ละวิธีสำหรับแต่ละตัวอย่างปัญหา) และการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีทางสถิติในหัวข้อที่ 2. (พิจารณาเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้วยวิธีทางสถิติ) จึงสรุปได้ว่าการจัดลำดับงานของตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop จาก OR-Library ด้วยวิธีฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH พบว่าวิธีการ NEH ให้ค่าเวลาปิดงานต่ำที่สุดรองลงมาคือวิธี CDS, Johnson, Gupta และ Palmer ตามลำดับ

ดังนั้นจึงทำการเลือกผลลัพธ์ที่ได้จากวิธี NEH มาทำการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการแบบ Tabu โดยผลลัพธ์หลังการปรับปรุงสามารถแสดงในหัวข้อถัดไปคือ หัวข้อผลการทดลองการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการหาคำตอบแบบตาบู

ผลการทดลองการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการหาคำตอบแบบตาบู

จากการจัดลำดับงานของตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop จาก OR-Library ด้วยวิธีฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH พบว่าวิธี NEH ให้ค่าเวลาปิดงานที่ต่ำที่สุด ดังหัวข้อผลการทดลองจัดลำดับงานด้วยวิธีฮิวริสติก ดังนั้นจึงทำการเลือกผลลัพธ์ของวิธี NEH มาทำการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการแบบตาบู โดยนำลำดับงานที่ได้จากวิธี NEH มาเป็นลำดับงานตั้งต้นของวิธีการแบบตาบู ซึ่งผลลัพธ์หลังจากการปรับปรุงด้วยวิธีการแบบตาบู แสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 แสดงค่าเวลาปิดงานของวิธี NEH และวิธี NEH ที่ถูกปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Tabu

ปัญหา	งาน x สถานีงาน	ค่าเวลาปิดงาน		ค่าความแตกต่างระหว่าง
		NEH	NEH_Tabu	NEH_Tabu - NEH
car1	Carlier 11x5	7038	7038	0
car2	Carlier 13x4	7376	7376	0
car3	Carlier 12x5	7399	7399	0
car4	Carlier 14x4	8129	8084	-45
car5	Carlier 10x6	7835	7824	-11
car6	Carlier 8x9	9214	9024	-190
car7	Carlier 7x7	6815	6643	-172
car8	Carlier 8x8	8564	8564	0
hel2	Heller 20x10	139	135	-4
reC01	Reeves 20x5	1300	1240	-60
reC03	Reeves 20x5	1174	1173	-1
reC05	Reeves 20x5	1296	1269	-27
reC07	Reeves 20x10	1629	1629	0

ตารางที่ 4-4 แสดงค่าเวลาปิดงานของวิธี NEH และวิธี NEH ที่ถูกปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Tabu (ต่อ)

ปัญหา	งาน x สถานีงาน	ค่าเวลาปิดงาน		ค่าความแตกต่างระหว่าง
		NEH	NEH_Tabu	NEH_Tabu - NEH
reC09	Reeves 20x10	1583	1583	0
reC11	Reeves 20x10	1552	1497	-55
reC31	Reeves 50x10	3217	3152	-65
reC33	Reeves 50x10	3183	3116	-67
reC35	Reeves 50x10	3316	3241	-75
Average		4486.611	4443.722	-42.8889

จากตารางพบว่าการปรับปรุงคำตอบที่ได้จากวิธี NEH ด้วยวิธี Tabu ทำให้ค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยลดลงจากเดิม 4486.611 เป็น 4443.722 คิดเป็น 0.96% และพิจารณาค่าความแตกต่างของแต่ละตัวอย่างปัญหาพบว่าตัวอย่างปัญหาจำนวน 12 ตัวอย่างได้แก่ปัญหา car4, car5, car6,car7, hel2, reC01, reC03, reC05, reC11, reC31, reC33, reC35 มีค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยลดลง คิดเป็น 66.66% ของตัวอย่างปัญหาทั้งหมด ส่วนตัวอย่างปัญหาที่เหลือ 6 ตัวอย่างได้แก่ car1, car2, car3, car8, reC07, reC09 พบว่าหลังการปรับปรุงคำตอบค่าเวลาปิดงานมีค่าเท่าเดิม

เมื่อทำการทดสอบทางสถิติด้วยวิธี t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าผลลัพธ์ที่ได้หลังการปรับปรุงคำตอบของวิธี NEH ด้วยวิธีการแบบ Tabu ให้ค่าเวลาปิดงานที่ต่ำกว่าวิธี NEH อย่างมีนัยสำคัญ (ดังภาคผนวก ก) จึงสรุปได้ว่าการปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้จากวิธี NEH ด้วยวิธีการแบบ Tabu สามารถทำให้ค่าเวลาปิดงานลดลงได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำวิธีการ NEH และการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการ Tabu มาเป็นหลักการในการพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิต

การพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิต

จากการทดลองจัดลำดับงานของตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop จาก OR-Library ด้วยวิธีฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH พบว่าวิธี NEH ให้ค่าเวลาปิดงานที่ต่ำที่สุด และเมื่อปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้ด้วยหลักการค้นหาคำตอบแบบตาบูจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นกว่าเดิมโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหา car4, car5, car6, car7, hel2, reC01, reC03, reC05, reC11, reC31, reC33, reC35 ดังนั้นจึงทำการพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิตด้วยหลักการ NEH ร่วมด้วยการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการค้นหาคำตอบแบบตาบู โดยพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิตจากโปรแกรมการสร้างตารางงาน Microsoft Excel 2007 ซึ่งสามารถดูตัวอย่างของเครื่องมือดังภาคผนวก ค

จากนั้นทำการประยุกต์ใช้เครื่องมือกับปัญหากรณีศึกษาเดือนมีนาคม พ.ศ.2554 โดยผลการประยุกต์ใช้แสดงในหัวข้อถัดไปคือ ผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิตกับปัญหากรณีศึกษา

ผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิตกับปัญหากรณีศึกษา (อ้างอิงหลักการของวิธี NEH และการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการ Tabu)

ทำการประยุกต์ใช้เครื่องมือสำหรับช่วยจัดลำดับงานกับปัญหาแบบ Flow Shop ซึ่งเป็นกรณีศึกษากระบวนการบรรจุชิ้นส่วนเพื่อการส่งออกประจำเดือนมีนาคม พ.ศ.2554 จำนวน 22 วันทำงาน เพื่อหาค่าเวลาปิดงาน จำนวนงานล่าช้า โดยผลการทดลองของวิธีการ NEH แสดงดังตารางที่ 4-5 จากนั้นเมื่อทำการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการแบบ Tabu จะได้ผลลัพธ์หลังการปรับปรุงแสดงดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-5 แสดงค่าเวลาปิดงานและจำนวนงานล่าช้าของการจัดลำดับงานด้วยวิธีการ NEH

วันที่	ค่าเวลาปิดงาน (นาที)	จำนวนงานล่าช้า (งาน)	วันที่	ค่าเวลาปิดงาน (นาที)	จำนวนงานล่าช้า (งาน)
1	562	11	12	502	7
2	500	3	13	500	3
3	543	12	14	546	12
4	502	7	15	562	11
5	454	0	16	502	7
6	546	12	17	500	3
7	500	3	18	454	0
8	502	7	19	502	7
9	543	12	20	546	12
10	562	11	21	500	3
11	454	0	22	454	0

ตารางที่ 4-6 แสดงค่าเวลาปิดงานและจำนวนงานล่าช้าของการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยหลักการแบบ Tabu

วันที่	ค่าเวลาปิดงาน (นาที)	จำนวนงานล่าช้า (งาน)	วันที่	ค่าเวลาปิดงาน (นาที)	จำนวนงานล่าช้า (งาน)
1	562	10	12	485	3
2	500	1	13	500	1
3	543	12	14	546	12
4	485	3	15	562	10
5	454	0	16	485	3
6	546	12	17	500	1
7	500	1	18	454	0
8	485	3	19	485	3
9	543	12	20	546	12
10	562	10	21	500	1
11	454	0	22	454	0

จากผลลัพธ์ในตารางที่ 4-5 และตารางที่ 4-6 สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนการปรับปรุงซึ่งคือผลลัพธ์ของวิธี NEH และผลลัพธ์หลังการปรับปรุงด้วยวิธีการ Tabu ดังตารางที่ 4-7 และภาคผนวก ก

ตารางที่ 4-7 แสดงค่าผลลัพธ์ของวิธี NEH และผลลัพธ์จากการปรับปรุงด้วยวิธีการ Tabu

พารามิเตอร์ที่ศึกษา	วิธี NEH	วิธี NEH_Tabu	ค่าความแตกต่าง	% ความแตกต่าง
เวลาปิดงานของระบบเฉลี่ย (นาที)	510.73	506.86	-3.87	0.76 %
จำนวนงานล่าช้าทั้งหมด (Number of Tardy Jobs) (งาน)	143	110	-33	23.08 %
ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาทั้งหมด (นาที)	1336	1251	-85	6.36 %

จากตารางที่ 4-7 แสดงให้เห็นว่าเมื่อจัดตารางการผลิตด้วยวิธี NEH จะได้ค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยเท่ากับ 510.73 นาที จำนวนงานล่าช้าทั้งหมดเท่ากับ 143 งาน ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาทั้งหมดเท่ากับ 1336 นาที และเมื่อทำการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยวิธีการ Tabu สามารถทำให้ค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยลดลง 3.87 นาที คิดเป็น 0.76 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนงานล่าช้าลดลง 33 งาน คิดเป็น 23.08 เปอร์เซ็นต์ และชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาลดลง 85 นาที คิดเป็น 6.36 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อทำการทดสอบด้วยวิธีการทางสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยวิธีการ Tabu สามารถทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธี NEH อย่างมีนัยสำคัญ (ดังภาคผนวก ก)

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของวิธีการเดิมของปัญหากรณีศึกษาคือวิธี FIFO กับผลลัพธ์ที่ได้จากวิธี NEH และผลลัพธ์ของการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยวิธีการ Tabu สามารถแสดงดังตารางที่ 4-8 และตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-8 แสดงค่าผลลัพธ์ของวิธี FIFO และผลลัพธ์ของวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงด้วยวิธีการแบบ Tabu

พารามิเตอร์ที่ศึกษา	วิธีการ		
	เดิม (FIFO)	NEH	NEH_Tabu
เวลาปิดงานของระบบเฉลี่ย (นาที)	568.32	510.73	506.86
จำนวนงานล่าช้าทั้งหมด (งาน)	186	143	110
ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาทั้งหมด (นาที)	2603	1336	1251

ตารางที่ 4-9 แสดงค่าความแตกต่างและเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลลัพธ์ของวิธี FIFO และวิธี NEH และผลลัพธ์ของวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงด้วยวิธีการแบบ Tabu

พารามิเตอร์ที่ศึกษา	ค่าความแตกต่าง		% ความแตกต่าง	
	NEH - FIFO	NEH_Tabu - FIFO	NEH - FIFO	NEH_Tabu - FIFO
เวลาปิดงานของระบบเฉลี่ย (นาที)	-57.59	-61.46	10.13%	10.81%
จำนวนงานล่าช้าทั้งหมด (งาน)	-43	-76	23.12%	40.86%
ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาทั้งหมด (นาที)	-1267	-1352	48.67%	51.94%

จากผลการประยุกต์ใช้กับปัญหากรณีศึกษาเดือนมีนาคม พ.ศ.2554 จำนวน 22 วันทำงาน พบว่าวิธี NEH ทำให้ค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยลดลงจาก 568.32 นาทีเป็น 510.73 นาที คิดเป็น 10.13 เปอร์เซ็นต์ จำนวนงานล่าช้าลดลงจาก 186 งานเป็น 143 งาน คิดเป็น 23.12 เปอร์เซ็นต์ และชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาลดลงจาก 2603 นาทีเป็น 1336 นาที คิดเป็น 48.67 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทำการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยวิธีการ Tabu พบว่าทำให้ค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยลดลงเป็น 506.86 นาที คิดเป็น 10.81 เปอร์เซ็นต์ จำนวนงานล่าช้าลดลงเป็น 110 งาน คิดเป็น 40.86 เปอร์เซ็นต์ และชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาลดลงเป็น 1251 นาที คิดเป็น 51.94 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านค่าแรงของเดือนมีนาคมเท่ากับ 6,084 บาท หรือประมาณ 73,008

บาทต่อปี จากการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยวิธีการแบบ Tabu พบว่าให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าผลลัพธ์ของการจัดลำดับงานด้วยวิธี NEH เพียงอย่างเดียว

สรุปผลการประยุกต์ใช้เครื่องมือกับปัญหากรณีศึกษา

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสมสำหรับกรณีศึกษาแบบ Flow Shop ที่เป็นกระบวนการบรรจุชิ้นส่วนเพื่อการส่งออก โดยกรณีศึกษามีการจัดลำดับงานแบบเดิมด้วยวิธี FIFO นั้นพบว่าการใช้ประโยชน์ของสถานีงานและคนปฏิบัติงานยังไม่มีประสิทธิภาพที่ดีพอ และด้วยข้อจำกัดที่ลำดับงานในสถานีก่อนหน้าและสถานีถัดไปต้องเป็นลำดับเดียวกัน ทำให้เกิดการรองานของสถานีนั้น ๆ จากสถานีก่อนหน้า โดยการรองานจากสถานีก่อนหน้าจะเกิดขึ้นในสถานีงานที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งส่งผลให้เวลาปิดงานมีค่าสูง แต่เมื่อเปลี่ยนวิธีการจัดลำดับงานจากแบบเดิมเป็นวิธี NEH พบว่าการใช้ประโยชน์ของสถานีงานและคนปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นกว่าเดิม ทำให้เวลาของการรองานของสถานีนั้นจากสถานีงานก่อนหน้ามีค่าลดลง และส่งผลให้เวลาปิดงานเฉลี่ยมีค่าลดลงกว่าวิธีการเดิม 10.13 เปอร์เซ็นต์ จำนวนงานล่าช้าลดลง 23.12 เปอร์เซ็นต์ ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาลดลง 48.67 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ถ้าทำการปรับปรุงผลลัพธ์ของการจัดลำดับงานที่ได้จากวิธี NEH ด้วยหลักการค้นหาคำตอบแบบตาบู พบว่าการใช้ประโยชน์ของสถานีงานและคนปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพที่ดีมากขึ้นกว่าใช้วิธีการ NEH เพียงอย่างเดียว และทำให้เวลาของการรองานของสถานีนั้นจากสถานีงานก่อนหน้ามีค่าลดลงมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้เวลาปิดงานเฉลี่ยมีค่าลดลงไปอีก 0.68 เปอร์เซ็นต์ เป็น 10.81 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับวิธีการเดิม จำนวนงานล่าช้าลดลงไปอีก 17.74 เปอร์เซ็นต์ เป็น 40.86 เปอร์เซ็นต์ ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาลดลงไปอีก 3.27 เปอร์เซ็นต์ เป็น 51.94 เปอร์เซ็นต์

ทั้งนี้เนื่องมาจากวิธีการเดิมนั้นให้ความสำคัญกับงานที่มาถึงก่อนทำก่อนเป็นหลักโดยไม่ได้คำนึงถึงเวลาปิดงาน และเวลารองานระหว่างสถานีซึ่งวิธี NEH นั้นไม่ได้คำนึงถึงเวลาการมาถึงของงานเป็นหลักแต่คำนึงถึงการสับเปลี่ยนตำแหน่งงานในลำดับงานที่ก่อให้เกิดเวลาปิดงานต่ำที่สุดทำให้วิธี NEH มีโอกาสได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธี FIFO และเมื่อทำการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยหลักการหาคำตอบแบบตาบูจะทำให้ได้ผลลัพธีที่ดีขึ้น เพราะหลักการค้นหาคำตอบแบบตาบูนั้นมีมีการค้นหาคำตอบไม่ให้กลับไปสู่คำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimum) โดยการเก็บข้อมูลของคำตอบที่ได้จากการค้นหาในอดีตในรายการตาบู (Tabu List) และการค้นหายังดำเนินการต่อไปจนได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุดแบบวงกว้าง (Global Optimum) ดังนั้นจากลักษณะการค้นหาคำตอบแบบตาบูนี้จึงทำให้ผลลัพธ์ของการจัดตารางการผลิตดีขึ้นกว่าเดิม

ดังนั้นวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสมกับปัญหากรณีศึกษาคือวิธีการ NEH ที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการค้นหาคำตอบแบบตาบู เพราะสามารถประยุกต์ใช้งานจริงของกรณีศึกษาแล้วทำให้ค่าเวลาปิดงานต่ำที่สุด จำนวนงานล่าช้าน้อยที่สุดและสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายในด้านการทำงานล่วงเวลาลดลง รวมถึงประสิทธิภาพและความถูกต้องของการวางแผนผลิตประจำวันที่ดีขึ้น

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะของปัญหาและวัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตของกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องแบบอนุกรมที่มี n งาน m สถานี โดยการศึกษาปัญหาของกรณีศึกษากระบวนการบรรจุชิ้นส่วนที่มีสถานีงาน 4 สถานี จำนวนงานไม่เกิน 50 งานต่อวัน จากการศึกษาสภาพปัจจุบันพบว่ามีการจัดตารางการผลิตแบบ FIFO ซึ่งพบปัญหาเวลาปิดงานล่าช้ากว่าแผนการผลิตประจำวันและเวลาปิดงานของระบบมีค่าสูง จากข้อมูลที่ศึกษา 22 วันทำงาน จำนวน 472 งาน พบว่าจำนวนงานล่าช้า 186 งาน เวลาปิดงานเฉลี่ย 568.32 นาที ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลา 2603 นาที

ดังนั้นจึงทำการศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH เพื่อหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมกับลักษณะปัญหา โดยให้ค่าเวลาปิดงานน้อยที่สุด ลดจำนวนงานล่าช้า และลดชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาแล้วปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้ด้วยหลักการค้นหาคำตอบแบบตาบู จากนั้นจึงพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิตเพื่อประสิทธิภาพและความถูกต้องของการจัดตารางการผลิตที่สูงขึ้น

2. ศึกษาและเลือกวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการศึกษาและเลือกวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

1) วิธีการจัดตารางการผลิตที่ศึกษาได้แก่วิธีฮิวริสติก CDS, Johnson, Palmer, Gupta และ NEH โดยทำการทดสอบกับตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop จาก OR-Library จำนวน 18 ปัญหา ซึ่งจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแต่ละวิธีสำหรับแต่ละตัวอย่างปัญหา และการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีทางสถิติ สรุปได้ว่าวิธีการ NEH ให้ค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 4486.61 รองลงมาคือวิธี CDS, Johnson, Gupta และ Palmer ตามลำดับ

2) ทำการเลือกผลลัพธ์ของวิธี NEH มาทำการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการแบบตาบู พบว่าการปรับปรุงคำตอบที่ได้จากวิธี NEH ด้วยวิธี Tabu ทำให้ค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยของปัญหาแบบ Flow Shop จาก OR-Library ลดลงจากเดิม 4486.611 เป็น 4443.722 ซึ่งคิดเป็น 66.66% ของตัวอย่างปัญหาทั้งหมด

3) นำวิธีการ NEH และการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการ Tabu มาเป็นหลักการในการพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิตของปัญหากรณีศึกษา

4) ทำการประยุกต์ใช้เครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิตกับปัญหากรณีศึกษาเดือนมีนาคม พ.ศ.2554 จำนวน 22 วันทำงาน จำนวน 472 งาน ซึ่งเครื่องมือนั้นจะจัดลำดับงานตามวิธี NEH และปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการ Tabu

3. ประยุกต์ใช้เครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิตกับปัญหากรณีศึกษา

ประยุกต์ใช้เครื่องมือกับงานจริงของกรณีศึกษาจำนวน 472 งาน โดยหลังการประยุกต์ใช้พบว่าวิธี NEH ทำให้ค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยลดลงจาก 568.32 นาทีเป็น 510.73 นาที คิดเป็น 10.13 เปอร์เซ็นต์ จำนวนงานล่าช้าลดลงจาก 186 งานเป็น 143 งาน คิดเป็น 23.12 เปอร์เซ็นต์ และชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาลดลงจาก 2603 นาทีเป็น 1336 นาที คิดเป็น 48.67 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทำการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยวิธีการ Tabu พบว่าทำให้ค่าเวลาปิดงานเฉลี่ยลดลงเป็น 506.86 นาที คิดเป็น 10.81 เปอร์เซ็นต์ จำนวนงานล่าช้าลดลงเป็น 110 งาน คิดเป็น 40.86 เปอร์เซ็นต์ และชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาลดลงเป็น 1251 นาที คิดเป็น 51.94 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยวิธีการดาบูสามารถทำให้ค่าเวลาปิดงานลดลงไปอีก 0.68 เปอร์เซ็นต์ จำนวนงานล่าช้าลดลงไปอีก 17.74 เปอร์เซ็นต์ ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาลดลงไปอีก 3.27 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับผลลัพธ์ของวิธี NEH เพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงสรุปว่าการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยวิธีการแบบ Tabu ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าผลลัพธ์ของการจัดลำดับงานด้วยวิธี NEH เพียงอย่างเดียว

จากผลการทดลองประยุกต์ใช้กับปัญหากรณีศึกษา บริษัทกรณีศึกษาจึงเลือกวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสมคือวิธีการ NEH ที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการค้นหาคำตอบแบบตาบู เพราะสามารถประยุกต์ใช้งานจริงของกรณีศึกษาแล้วทำให้ค่าเวลาปิดงานต่ำที่สุด จำนวนงานล่าช้าน้อยที่สุด และสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายในด้านการทำงานล่วงเวลาลดลง รวมถึงประสิทธิภาพและความถูกต้องของการวางแผนผลิตประจำวันที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองกับตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop จาก OR-Library และการนำไปประยุกต์ใช้จริงกับปัญหาของกรณีศึกษาพบว่า

1. สำหรับการค้นหาคำตอบแบบตาบู การกำหนดลำดับงานเริ่มต้นของการค้นหาคำตอบควรเลือกลำดับงานที่เกิดจากผลลัพธ์ของวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสมกับลักษณะหน้างานจริงของปัญหากรณีศึกษา

2. สำหรับการค้นหาคำตอบแบบตาบู การกำหนดรูปแบบการสร้างลำดับงานข้างเคียง (Neighborhood Search) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ออกจากค่า Local Optimum ควรคำนึงถึงลักษณะของปัญหากรณีศึกษา ได้แก่ ลักษณะของเวลาการดำเนินงานของแต่ละงานในแต่ละสถานี

3. สำหรับการนำเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิตไปใช้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นที่มีจำนวนงานมากกว่า 50 งาน ควรเพิ่มศักยภาพของเครื่องมือให้เหมาะสมและสามารถรองรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น จำนวนรอบในการหาคำตอบรูปแบบการเก็บลำดับงานในรายการตาบู และการสร้างลำดับงานข้างเคียงที่เหมาะสม

จากการศึกษาในงานวิจัยนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. ควรนำหลักการของวิธีการ NEH ที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการค้นหาคำตอบแบบตาบู และเครื่องมือสำหรับช่วยในการจัดตารางการผลิตไปประยุกต์ใช้กับงานลักษณะแบบ Flow Shop ในกระบวนการผลิตอื่นของโรงงานกรณีศึกษา

2. สำหรับการค้นหาคำตอบแบบตาบู ควรมีการปรับปรุงวิธีการวิธีการสร้างลำดับงานตั้งต้นจากวิธีการ NEH เป็นวิธีการอื่นที่เหมาะสมกับลักษณะงานของกรณีศึกษา เช่น GA, SA เพื่อประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ดีขึ้น

3. สำหรับการค้นหาคำตอบแบบตาบู ควรมีการปรับปรุงวิธีการเก็บลำดับงานในรายการตาบู โดยให้ลำดับงาในรายการตาบูที่น้อยลงเพื่อการค้นหาคำตอบที่อยู่ในช่วงของค่า Global Optimum มากขึ้น

บรรณานุกรม

จันทร์เพ็ญ อักกะวิเนต. (2540). เทคนิคฮิวริสติกเชิงรวมสำหรับการจัดตารางงานแบบโฟลว์ช็อป. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐพล พุทธิพงษ์ และธนัญญา วสุศรี. (2548). การประยุกต์ใช้เทคนิควิธีการค้นหาแบบตาบูในการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนาน กรณีศึกษาโรงงานทอยาง. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ปีที่ 28. หน้าที่ 361-376.

ปารเมศ ชุติมา. (2546). เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน (1). กรุงเทพ : บริษัท แอคทีฟ พริ้นท์ จำกัด.

ปาริฉัตร ปั้นทอง. (2545). การพัฒนาระบบการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตล้ออัลลอย. ภาควิชาวิศวกรรมอุดสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปานพล พฤกษาจันทนา, ณัฐพล อารีรัชชกุล และสมเกียรติ จงประสิทธิ์พร. (2550). การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยการวางแผนการผลิตและจัดตารางการผลิต กรณีศึกษา โรงงานผลิตกล่องกระดาษ. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ.

ศรันยา อุดมศรี. (2547). การจัดตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนที่ไม่มีบัฟเฟอร์โดยวิธีฮิวริสติก กรณีศึกษา โรงงานประกอบรถยนต์. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิวรักษ์ อินต๊ะวงศ์ และสันติชัย ชีวสุทธิศิลป์. (2008). การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกและเทคนิคการจำลองแบบปัญหาในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อธิพล บุญวิโรจน์ฤทธิ์. (2545). การหาวิธีการฮิวริสติกที่เหมาะสมกับการลำดับงานของกระบวนการผลิตแบบกระแสภายใต้ข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

บรรณานุกรม (ต่อ)

เชาวลิต หามนตรี, ยุทธชัย บรรเทิงจิตร และสรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์. (2002). การกำหนดตารางการผลิตโดยใช้วิธีฮิวริสติกร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึม กรณีศึกษาแผนกโลหะแผ่นของโรงงานเครื่องจักรอัตโนมัติ. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ.

Burak Eksioglu, Sandra Duni Eksioglu, Pramod Jain. (2008). A tabu search algorithm for the flowshop scheduling problem with changing neighborhoods. Computer&Industrial Engineering. 54,1-11.

Dannenbring. (1977). An evaluation of flow shop sequencing heuristic. Management Science. 33,1174-1182.

Dirk C.Mattfeld, Rob J.M. Vaessens.a set of 31 FSP test instance Flow Shop1. http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/orlib/files/flowshop2.txt .

H.Allaoui, A.Artiba. (2009). Johnson's algorithm A key to solve optimally or approximately flow shop scheduling problem with unavailability periods.Int. J.Production Economics. 121,81-87.

Herbert G.Campbell, Richard A.Dudek, L.Smith. (1970). A Heuristic Algorithm for the n job m machine sequencing problem. Management Science. 16,630-637.

J.Kamburowski. (2000). On three-machine flow shop with random job processing times. European Journal of Operation Research. 125,440-449.

M.Ben-Daya, M.Al-Fawzan. (1998). A tabu search approach for the flow shop scheduling problem. European Journal of Operation Research. 109,88-95.

S.A.Brah, L.L.Loo. (1999). Heuristic for scheduling in flow shop with multiple processors.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. แสดงค่าเวลาปิดงาน จำนวนงานล่าช้า และชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาของวิธีการจัดลำดับงาน FIFO, NEH และการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยวิธีการแบบตาบูสำหรับปัญหากรณีศึกษา 22 วันทำงาน จำนวน 472 งาน โดยแบ่งออกเป็น ดังตารางภาคผนวก ก-1, ตารางภาคผนวก ก-2 และตารางภาคผนวก ก-3

ตารางภาคผนวก ก-1 แสดงผลค่าเวลาปิดงานของการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี FIFO, NEH และการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยวิธีการแบบตาบู

วันที่	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)		
	วิธีการเดิม (FIFO)	NEH	NEH_Tabu
1	595	562	562
2	592	500	500
3	565	543	543
4	570	502	485
5	496	454	454
6	598	546	546
7	592	500	500
8	570	502	485
9	565	543	543
10	595	562	562
11	496	454	454
12	570	502	485
13	592	500	500
14	598	546	546
15	595	562	562
16	570	502	485
17	592	500	500
18	496	454	454
19	570	502	485
20	598	546	546
21	592	500	500
22	496	454	454
ค่าเฉลี่ย	568.3181818	510.7272727	506.8636364

ตารางภาคผนวก ก-2 แสดงผลจำนวนงานล่าช้าของการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี FIFO, NEH และการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยวิธีการแบบตาบู

วันที่	จำนวนงานล่าช้า (งาน)		
	วิธีการเดิม (FIFO)	NEH	NEH_Tabu
1	8	11	10
2	3	3	1
3	12	12	12
4	13	7	3
5	1	0	0
6	18	12	12
7	3	3	1
8	13	7	3
9	12	12	12
10	8	11	10
11	1	0	0
12	13	7	3
13	3	3	1
14	18	12	12
15	8	11	10
16	13	7	3
17	3	3	1
18	1	0	0
19	13	7	3
20	18	12	12
21	3	3	1
22	1	0	0
รวม	186	143	110

ตารางภาคผนวก ก-3 แสดงผลชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาของการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี FIFO, NEH และการปรับปรุงผลลัพธ์ของวิธี NEH ด้วยวิธีการแบบตาบู

วันที่	ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลา (นาที)		
	วิธีการเดิม (FIFO)	NEH	NEH_Tabu
1	145	112	112
2	142	50	50
3	115	93	93
4	120	52	35
5	46	4	4
6	148	96	96
7	142	50	50
8	120	52	35
9	115	93	93
10	145	112	112
11	46	4	4
12	120	52	35
13	142	50	50
14	148	96	96
15	145	112	112
16	120	52	35
17	142	50	50
18	46	4	4
19	120	52	35
20	148	96	96
21	142	50	50
22	46	4	4
รวม	2603	1336	1251

2. แสดงผลการทดสอบ t-test ระหว่างวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ NEH และวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการแบบตาบู โดยเป็นผลการทดลองกับตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop จาก OR-Library ซึ่งกำหนดสมมติฐานดังนี้

H_0 : การจัดลำดับงานด้วยวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการแบบตาบู และวิธี NEH ให้ค่าเวลาปิดงานที่ไม่แตกต่างกัน

H_1 : การจัดลำดับงานด้วยวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการแบบตาบู ให้ค่าเวลาปิดงานที่น้อยกว่าและวิธี NEH

พบว่าค่าเวลาปิดงานที่ได้จากวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการแบบตาบู ให้ค่าเวลาปิดงานที่น้อยกว่าและวิธี NEH อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลการเปรียบเทียบแสดงดังตาราง

t-Test: Paired Two Sample for Means OR-Library

	NEH	NEH_Tabu
Mean	4486.611111	4443.722222
Variance	10136097.55	10047379.98
Observations	18	18
Pearson Correlation	0.999845198	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	17	
t Stat	3.158285151	
P(T<=t) one-tail	0.002869967	
t Critical one-tail	1.739606716	
P(T<=t) two-tail	0.005739933	
t Critical two-tail	2.109815559	

จากผลการทดสอบสมมติฐานพบว่าค่า t (t Stat) คือค่า t ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 3.1582 และค่า t (t Critical one-tail) คือค่า t จากตารางมีค่าเท่ากับ 1.7396 ซึ่งค่า t ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าจากตาราง และค่า P-value (P(T<=t) one-tail) มีค่าเท่ากับ 0.002869967 ซึ่งน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับ H_1 สรุปได้ว่าค่าเวลาปิดงานที่ได้จากวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการแบบตาบู ให้ค่าเวลาปิดงานที่น้อยกว่าและวิธี NEH อย่างมีนัยสำคัญ

3. แสดงผลการทดสอบ t-test ระหว่างวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ NEH และวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการแบบตาบู โดยเป็นผลการทดลองกับตัวอย่างปัญหากรณีศึกษา ซึ่งกำหนดสมมติฐานดังนี้

H_0 : การจัดลำดับงานด้วยวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการแบบตาบู และวิธี NEH ให้ค่าเวลาปิดงานที่ไม่แตกต่างกัน

H_1 : การจัดลำดับงานด้วยวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการแบบตาบู ให้ค่าเวลาปิดงานที่น้อยกว่าและวิธี NEH

t-Test: Paired Two Sample for Means **case**

	NEH	NEH_Tabu
Mean	510.7272727	506.8636364
Variance	1310.969697	1434.790043
Observations	22	22
Pearson Correlation	0.981633852	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	21	
t Stat	2.485250609	
P(T<=t) one-tail	0.010725156	
t Critical one-tail	1.720742871	
P(T<=t) two-tail	0.021450311	
t Critical two-tail	2.079613837	

จากผลการทดสอบสมมติฐานพบว่าค่า t (t Stat) คือค่า t ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 2.485250609 และค่า t (t Critical one-tail) คือค่า t จากตารางมีค่าเท่ากับ 1.720742871 ซึ่งค่า t ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าจากตาราง และค่า P-value (P(T<=t) one-tail) มีค่าเท่ากับ 0.010725156 ซึ่งน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับ H_1 สรุปได้ว่าค่าเวลาปิดงานที่ได้จากวิธี NEH ที่มีการปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยหลักการแบบตาบู ให้ค่าเวลาปิดงานที่น้อยกว่าและวิธี NEH อย่างมีนัยสำคัญ

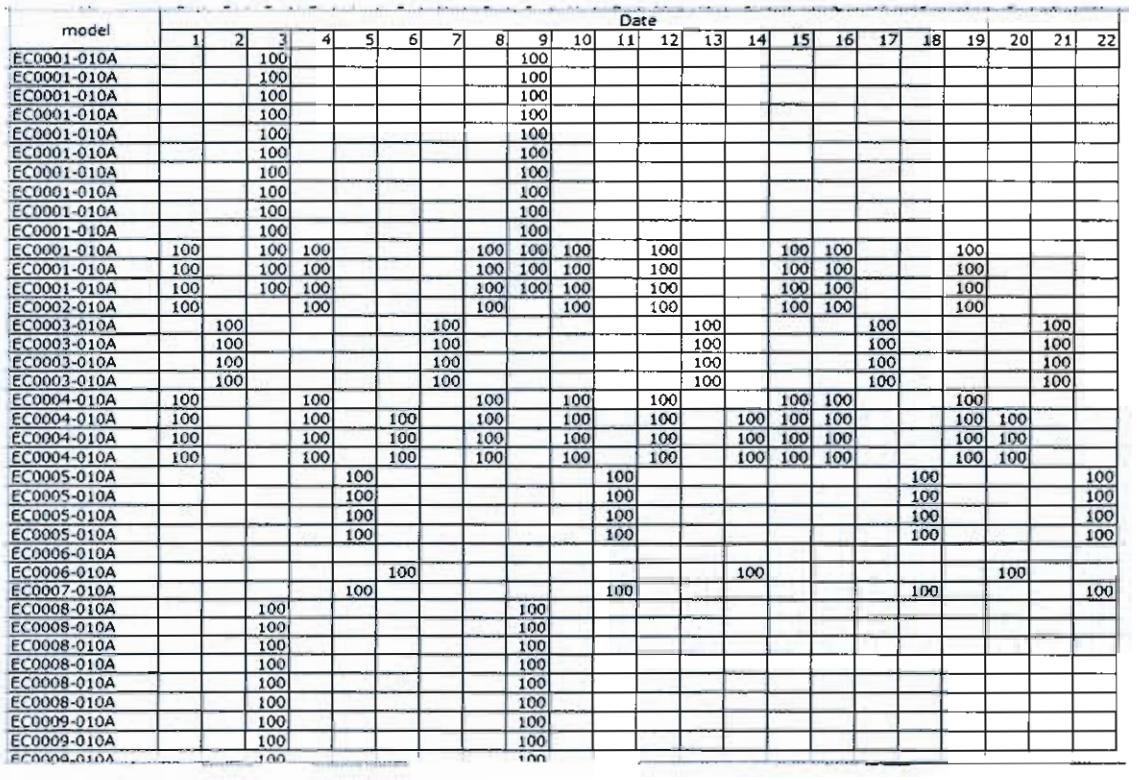
ภาคผนวก ข

1. แสดงเวลาการผลิตของแต่ละรุ่นในแต่ละสถานี ของตัวอย่างปัญหาของกรณีศึกษา 22 วันทำงาน จำนวน 472 งาน ดังตารางภาคผนวก ข-1

ตารางภาคผนวก ข-1 แสดงเวลาการผลิตของแต่ละรุ่นในแต่ละสถานี

รุ่นการผลิต	เวลาการทำงานแต่ละสถานีงาน (นาที)			
	1	2	3	4
EC0001-010A	8	1	12	10
EC0002-010A	5	4	6	10
EC0003-010A	4	2	44	13
EC0004-010A	9	1	16	10
EC0005-010A	4	2	9	13
EC0006-010A	91	49	29	81
EC0007-010A	97	32	31	45
EC0008-010A	10	1	16	12
EC0009-010A	10	1	16	12
EC0010-010A	9	1	16	10
EC0011-010A	3	1	11	13
EC0012-010A	6	2	9	13
EC0013-010A	11	4	11	18
EC0014-010A	11	4	32	18
EC0015-010A	7	2	6	7
EC0016-010A	31	18	28	61
EC0017-010A	47	17	28	61
EC0018-010A	47	17	78	61
EC0019-010A	31	18	79	61
EC0020-010A	33	19	63	61
EC0021-010A	35	20	30	100
EC0022-010A	4	2	11	13
EC0023-010A	5	4	10	5
EC0024-010A	2	0	7	5
EC0025-010A	2	0	7	5
EC0026-010A	5	1	8	8
EC0027-010A	71	30	32	145
EC0028-010A	3	1	7	6

2. แสดงตัวอย่างแผนการผลิตหลักของตัวอย่างปัญหาของกรณีศึกษา 22 วันทำงาน จำนวน 472 งาน ดังภาพภาคผนวก ข-1



model	Date																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
EC0001-010A			100						100													
EC0001-010A			100						100													
EC0001-010A			100						100													
EC0001-010A			100						100													
EC0001-010A			100						100													
EC0001-010A			100						100													
EC0001-010A			100						100													
EC0001-010A			100						100													
EC0001-010A			100						100													
EC0001-010A			100						100													
EC0001-010A	100		100	100				100	100	100		100			100	100			100			
EC0001-010A	100		100	100				100	100	100		100			100	100			100			
EC0001-010A	100		100	100				100	100	100		100			100	100			100			
EC0002-010A	100			100				100		100		100			100	100			100			
EC0003-010A		100					100						100				100				100	
EC0003-010A		100					100						100				100				100	
EC0003-010A		100					100						100				100				100	
EC0003-010A		100					100						100				100				100	
EC0004-010A	100			100				100		100		100			100	100			100			
EC0004-010A	100			100		100		100		100		100		100	100	100			100	100		
EC0004-010A	100			100		100		100		100		100		100	100	100			100	100		
EC0004-010A	100			100		100		100		100		100		100	100	100			100	100		
EC0005-010A					100						100							100				100
EC0005-010A					100						100							100				100
EC0005-010A					100						100							100				100
EC0005-010A					100						100							100				100
EC0006-010A																						
EC0006-010A						100								100						100		
EC0007-010A					100						100							100				100
EC0008-010A			100						100													
EC0008-010A			100						100													
EC0008-010A			100						100													
EC0008-010A			100						100													
EC0008-010A			100						100													
EC0008-010A			100						100													
EC0009-010A			100						100													
EC0009-010A			100						100													
EC0009-010A			100						100													

ภาพภาคผนวก ข-1 ตัวอย่างแผนการผลิตหลักของตัวอย่างปัญหา 22 วัน

3. ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop ที่มาคือข้อมูลเวลาการดำเนินงานมาจาก OR-Library จำนวน 18 ปัญหา

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop

instance car1					
Carlier 11x5 instance (exemple 1)					
job	station1	station2	station3	station4	station5
t009001	375	12	142	245	412
t009002	632	452	758	278	398
t009003	12	876	124	534	765
t009004	460	542	523	120	499
t009005	528	101	789	124	999
t009006	796	245	632	375	123
t009007	532	230	543	896	452
t009008	14	124	214	543	785
t009009	257	527	753	210	463
t009010	896	896	214	258	259
t009011	532	302	501	765	988

instance car2				
Carlier 13x4 instance (exemple 2)				
job	station1	station2	station3	station4
t001001	654	147	345	447
t001002	321	520	789	702
t001003	12	147	630	255
t001004	345	586	214	866
t001005	678	532	275	332
t001006	963	145	302	225
t001007	25	24	142	589
t001008	874	517	24	996
t001009	114	896	520	541
t001010	785	543	336	234
t001011	203	210	699	784
t001012	696	784	855	512
t001013	302	512	221	345

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance car3					
Carlier 12x5 instance (exemple 3)					
job	station1	station2	station3	station4	station5
t010001	456	537	123	214	234
t010002	789	854	225	528	123
t010003	876	632	588	896	456
t010004	543	145	669	325	789
t010005	210	785	966	147	876
t010006	123	214	332	856	543
t010007	456	752	144	321	210
t010008	789	143	755	427	123
t010009	876	698	322	546	456
t010010	543	532	100	321	789
t010011	210	145	114	401	876
t010012	124	247	753	214	543

instance car4				
Carlier 14x4 instance (exemple 4)				
job	station1	station2	station3	station4
t002001	456	856	963	696
t002002	789	930	21	320
t002003	630	214	475	142
t002004	214	257	320	753
t002005	573	896	124	214
t002006	218	532	752	528
t002007	653	142	147	653
t002008	214	547	532	214
t002009	204	865	145	527
t002010	785	321	763	536
t002011	696	124	214	214
t002012	532	12	257	528
t002013	12	345	854	888
t002014	457	678	123	999

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance car5						
Carlier 10x6 instance (exemple 5)						
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6
t011001	333	991	996	123	145	234
t011002	333	111	663	456	785	532
t011003	252	222	222	789	214	586
t011004	222	204	114	876	752	532
t011005	255	477	123	543	143	142
t011006	555	566	456	210	698	573
t011007	558	899	789	124	532	12
t011008	888	965	876	537	145	14
t011009	889	588	543	854	247	527
t011010	999	889	210	632	451	856

instance car6									
Carlier 8x9 instance (exemple 6)									
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8	station9
t012001	887	447	234	159	201	555	463	456	753
t012002	799	779	567	267	478	444	123	789	21
t012003	999	999	852	483	520	120	456	630	427
t012004	666	666	140	753	145	142	789	258	520
t012005	663	25	222	420	699	578	876	741	142
t012006	333	558	558	159	875	965	543	36	534
t012007	222	886	965	25	633	412	210	985	157
t012008	114	541	412	863	222	25	123	214	896

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance car7							
Carlier 7x7 instance (exemple 7)							
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7
t013001	692	310	832	630	258	147	255
t013002	581	582	14	214	147	753	806
t013003	475	475	785	578	852	2	699
t013004	23	196	696	214	586	356	877
t013005	158	325	530	785	325	565	412
t013006	796	874	214	236	896	898	302
t013007	542	205	578	963	325	800	120

instance car8								
Carlier 8x8 instance (exemple 8)								
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8
t014001	456	654	852	145	632	425	214	654
t014002	789	123	369	678	581	396	123	789
t014003	654	123	632	965	475	325	456	654
t014004	321	456	581	421	32	147	789	123
t014005	456	789	472	365	536	852	654	123
t014006	789	654	586	824	325	12	321	456
t014007	654	321	320	758	863	452	456	789
t014008	789	147	120	639	21	863	789	654

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance hel2										
Heller 20x10 instance										
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8	Station9	Station10
t015001	1	1	1	4	3	5	5	7	6	4
t015002	2	5	4	3	1	9	5	4	7	0
t015003	5	6	8	4	4	2	5	6	7	5
t015004	4	1	5	6	5	7	9	2	6	2
t015005	4	4	2	7	3	6	5	2	4	1
t015006	7	6	2	5	4	1	4	7	5	5
t015007	8	5	8	7	9	5	3	5	1	5
t015008	4	2	5	8	9	9	4	7	5	8
t015009	2	7	4	2	5	4	5	8	4	3
t015010	6	5	1	9	4	4	7	6	5	1
t015011	5	4	7	3	9	1	4	7	3	2
t015012	2	4	9	2	4	5	2	1	4	2
t015013	4	0	1	2	2	3	1	4	2	8
t015014	1	2	5	7	8	6	2	1	4	8
t015015	6	4	5	1	2	4	5	6	2	9
t015016	4	5	3	1	8	7	0	1	4	6
t015017	7	3	1	4	7	0	4	1	5	6
t015018	5	2	4	1	2	7	5	3	2	3
t015019	8	6	8	5	7	4	2	5	9	5
t015020	4	5	3	5	7	9	2	4	5	8

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance reC01					
Reeves 20x5 type C instance					
job	station1	station2	station3	station4	station5
t003001	5	76	74	99	26
t003002	74	21	83	52	90
t003003	67	48	6	66	38
t003004	97	36	71	68	81
t003005	87	86	64	11	31
t003006	1	42	20	90	23
t003007	69	32	99	26	57
t003008	69	12	54	80	16
t003009	11	63	24	16	89
t003010	87	52	43	10	26
t003011	25	59	88	87	40
t003012	50	42	72	77	29
t003013	58	76	71	82	94
t003014	79	48	20	63	97
t003015	35	57	78	99	80
t003016	70	76	53	2	19
t003017	79	22	77	74	95
t003018	34	99	49	3	61
t003019	37	24	32	35	4
t003020	50	88	46	63	76

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance reC03					
Reeves 20x5 type C instance					
job	station1	station2	station3	station4	station5
t004001	34	6	63	85	60
t004002	11	65	4	1	73
t004003	63	67	3	73	100
t004004	22	46	88	1	66
t004005	76	4	34	9	76
t004006	20	22	7	3	28
t004007	44	30	55	68	92
t004008	29	89	12	96	71
t004009	54	12	21	74	2
t004010	62	96	61	79	53
t004011	50	13	48	40	37
t004012	89	69	57	1	70
t004013	50	56	8	67	46
t004014	32	24	23	87	62
t004015	12	88	64	14	13
t004016	59	78	95	59	48
t004017	41	20	83	65	20
t004018	94	48	26	93	3
t004019	28	59	10	81	20
t004020	66	33	34	8	5

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance reC05					
Reeves 20x5 type C instance					
job	station1	station2	station3	station4	station5
t005001	59	37	67	39	30
t005002	89	41	42	59	43
t005003	18	56	75	95	75
t005004	65	67	50	57	13
t005005	1	79	71	78	88
t005006	49	100	30	76	36
t005007	99	9	34	44	62
t005008	35	46	58	26	73
t005009	8	98	97	20	73
t005010	39	73	20	55	30
t005011	60	18	97	61	22
t005012	71	1	4	88	52
t005013	76	30	51	77	22
t005014	30	98	25	43	5
t005015	77	36	76	16	45
t005016	5	82	64	13	14
t005017	98	84	4	34	26
t005018	79	28	84	69	36
t005019	38	36	47	86	1
t005020	69	19	54	83	97

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance reC07										
Reeves 20x10 type C instance										
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8	Station9	Station10
t016001	28	18	38	11	97	23	90	52	79	63
t016002	50	30	75	82	38	39	28	84	48	57
t016003	75	50	33	58	56	41	51	29	75	97
t016004	65	42	66	29	36	29	10	84	14	67
t016005	84	68	42	41	86	23	95	30	73	97
t016006	33	72	79	85	81	51	72	19	48	48
t016007	91	66	87	88	97	36	21	59	61	4
t016008	51	23	100	93	48	84	74	7	98	55
t016009	58	61	17	54	25	71	52	47	49	86
t016010	44	27	40	19	34	33	3	89	39	66
t016011	70	94	7	19	31	48	38	48	73	34
t016012	60	38	34	55	63	28	70	35	68	88
t016013	39	33	53	87	2	6	51	42	93	67
t016014	72	35	45	20	84	23	10	34	8	48
t016015	100	71	80	89	47	15	90	33	97	26
t016016	79	23	57	54	70	99	85	5	9	4
t016017	14	23	36	79	4	65	78	51	95	79
t016018	3	32	81	26	19	59	80	90	44	33
t016019	68	33	94	37	33	74	64	50	22	17
t016020	94	17	54	27	55	34	7	56	10	41

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance reC09										
Reeves 20x10 type C instance										
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8	Station9	Station10
t017001	77	95	41	97	47	45	10	41	72	8
t017002	99	28	42	4	7	30	65	45	51	94
t017003	74	25	92	29	4	21	47	36	61	9
t017004	4	21	40	80	66	85	1	33	1	4
t017005	49	95	96	74	96	63	59	84	70	29
t017006	53	59	75	19	13	50	82	60	9	13
t017007	88	47	28	11	86	90	93	38	33	59
t017008	92	99	84	13	73	55	19	93	74	25
t017009	2	49	86	46	58	42	24	79	12	17
t017010	97	18	28	77	92	54	49	24	19	71
t017011	28	93	93	7	25	89	49	11	93	45
t017012	64	22	91	56	46	27	32	70	94	5
t017013	25	96	98	51	21	20	93	64	86	11
t017014	19	41	87	15	31	78	54	74	71	6
t017015	81	1	74	56	8	55	3	92	28	5
t017016	9	29	49	48	72	38	26	3	49	80
t017017	5	74	19	27	71	35	52	76	79	47
t017018	8	66	40	71	17	61	84	49	52	56
t017019	34	7	58	94	22	27	40	19	26	77
t017020	13	56	45	27	40	26	90	28	27	88

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance reC11										
Reeves 20x10 type C instance										
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8	Station9	Station10
t018001	96	80	56	48	14	88	50	15	67	65
t018002	25	44	10	41	64	52	19	28	72	27
t018003	76	62	48	54	47	35	72	54	27	56
t018004	41	6	3	33	77	44	43	50	19	43
t018005	65	91	75	30	47	55	51	1	36	73
t018006	81	69	65	93	61	3	44	17	6	14
t018007	49	9	12	54	75	66	34	12	32	6
t018008	93	89	31	14	37	57	33	96	32	45
t018009	39	83	55	32	18	9	93	65	75	73
t018010	52	46	64	13	54	62	45	80	19	65
t018011	72	4	29	94	85	51	29	65	50	16
t018012	55	43	47	32	87	97	41	86	17	30
t018013	8	91	81	93	14	86	64	42	70	3
t018014	27	11	94	38	33	67	8	55	99	18
t018015	34	86	87	10	64	30	47	51	69	26
t018016	15	5	39	23	16	1	57	55	62	35
t018017	59	55	43	49	23	25	51	72	9	1
t018018	93	4	43	5	84	55	22	78	31	11
t018019	20	91	73	41	100	38	75	9	76	71
t018020	59	13	93	26	11	7	66	42	54	99

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance reC31										
Reeves 50x10 type C instance										
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8	Station9	Station10
t006001	59	47	20	43	49	74	38	46	18	12
t006002	30	1	90	97	5	70	59	63	15	93
t006003	22	58	68	3	33	48	27	12	65	21
t006004	70	81	2	32	72	57	32	25	13	87
t006005	38	17	48	53	57	17	25	50	72	72
t006006	51	15	72	8	34	90	40	44	47	77
t006007	63	84	75	75	71	13	10	97	81	31
t006008	48	62	71	70	6	94	10	71	29	99
t006009	92	29	91	99	54	64	89	89	38	87
t006010	91	21	56	49	43	20	27	68	99	73
t006011	62	6	3	89	48	97	79	21	96	77
t006012	67	83	70	49	50	50	60	28	15	50
t006013	73	18	55	49	66	56	90	29	87	4
t006014	27	94	71	33	31	68	45	52	95	40
t006015	48	28	46	73	89	35	98	97	67	9
t006016	7	51	48	4	29	62	37	15	10	66
t006017	55	46	65	48	61	36	69	14	78	100
t006018	4	4	31	49	28	78	73	26	29	26
t006019	19	97	37	30	37	16	15	89	11	16
t006020	30	95	86	22	17	16	61	79	24	9
t006021	71	39	93	87	38	7	24	1	91	34
t006022	83	40	37	25	68	47	81	62	96	19
t006023	45	33	12	63	32	40	60	54	66	92
t006024	40	67	83	11	62	69	46	93	80	50
t006025	100	6	82	78	5	43	18	73	86	62
t006026	97	75	81	22	38	2	53	44	73	74
t006027	74	89	14	33	11	43	70	58	47	8
t006028	73	46	62	27	63	34	58	91	11	80
t006029	14	24	27	62	72	85	98	99	25	7
t006030	100	29	8	55	88	96	23	98	19	79
t006031	53	11	74	66	94	66	98	87	5	85
t006032	68	77	88	47	51	73	16	17	87	96
t006033	69	40	46	62	23	31	45	21	15	40
t006034	34	41	10	17	25	33	17	28	45	68

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance reC31										
Reeves 50x10 type C instance										
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8	Station9	Station10
t006035	7	26	79	76	35	92	77	15	27	69
t006036	47	31	83	28	92	83	96	18	84	45
t006037	54	96	8	28	94	50	20	28	99	65
t006038	9	13	81	1	94	82	29	82	27	45
t006039	64	22	51	33	9	25	22	64	78	88
t006040	38	25	16	24	62	4	39	77	36	60
t006041	72	6	40	56	23	39	38	5	75	44
t006042	26	33	37	84	61	86	22	94	93	17
t006043	88	39	63	43	98	27	32	20	25	25
t006044	73	70	57	5	100	31	34	11	98	76
t006045	77	4	85	50	9	45	35	3	41	80
t006046	20	36	9	89	4	32	76	20	84	6
t006047	99	64	7	68	67	85	60	23	55	52
t006048	13	7	80	57	22	78	75	17	70	55
t006049	40	87	34	96	27	78	53	40	72	91
t006050	77	8	14	76	19	82	86	21	10	51

instanee reC33										
Reeves 50x10 type C instance										
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8	Station9	Station10
t007001	58	62	99	63	18	68	14	45	98	37
t007002	38	49	31	36	13	39	64	58	72	31
t007003	16	53	33	21	85	99	20	85	96	99
t007004	32	59	13	99	61	98	30	14	22	66
t007005	10	74	78	58	39	23	10	78	75	42
t007006	96	70	92	53	1	52	58	71	15	50
t007007	8	72	78	8	7	94	66	32	90	92
t007008	25	19	53	65	83	57	95	71	68	65
t007009	42	93	72	85	35	68	93	4	94	45
t007010	37	62	60	66	39	71	5	27	65	87
t007011	92	78	25	97	4	79	19	67	90	53
t007012	78	73	64	47	68	47	79	97	37	10
t007013	35	34	89	92	97	74	91	21	41	18

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance reC33										
Reeves 50x10 type C instance										
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8	Station9	Station10
t007014	47	3	73	85	27	28	45	34	29	85
t007015	47	63	36	23	8	3	57	68	43	68
t007016	2	100	92	8	67	27	15	34	63	20
t007017	93	15	96	40	84	59	29	40	15	10
t007018	38	62	29	19	32	13	21	96	70	76
t007019	70	1	63	47	20	79	38	3	60	48
t007020	14	38	71	55	100	41	93	11	20	3
t007021	60	26	23	50	32	93	79	85	48	20
t007022	32	13	38	22	37	59	85	80	94	19
t007023	25	52	62	40	76	15	36	7	18	28
t007024	77	2	38	83	33	60	64	2	33	9
t007025	68	65	85	60	97	25	57	71	94	59
t007026	92	57	17	25	68	26	86	49	74	35
t007027	46	66	7	11	13	66	51	26	41	94
t007028	74	85	55	42	98	51	40	69	20	64
t007029	83	56	31	98	24	75	59	53	50	45
t007030	72	90	55	34	90	21	76	60	82	76
t007031	13	8	2	30	94	24	77	71	100	80
t007032	80	56	40	18	87	98	100	41	2	86
t007033	54	59	82	81	33	71	4	87	21	18
t007034	7	20	10	45	96	70	93	77	48	22
t007035	100	61	16	67	63	96	67	12	20	64
t007036	5	42	57	26	24	35	53	67	94	72
t007037	23	74	65	36	88	68	100	69	84	93
t007038	22	74	74	80	40	65	53	86	19	70
t007039	17	8	16	97	67	95	70	45	17	97
t007040	78	1	55	3	68	26	33	5	9	66
t007041	12	58	9	83	57	27	78	14	61	55
t007042	71	3	68	81	61	3	14	75	49	94
t007043	37	62	60	85	31	84	80	75	59	6
t007044	54	75	14	19	32	66	3	69	77	90
t007045	35	58	3	47	23	98	18	26	64	22
t007046	91	14	89	62	52	59	44	62	76	33
t007047	40	47	1	6	19	1	86	37	79	95

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

instance reC33										
Reeves 50x10 type C instance										
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8	Station9	Station10
t007048	1	23	77	76	71	99	40	14	27	46
t007049	57	69	76	55	56	83	12	26	12	53
t007050	75	44	90	73	4	74	51	25	20	95

instanee reC35										
Reeves 50x10 type C instance										
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8	Station9	Station10
t008001	100	72	76	100	16	9	5	87	34	15
t008002	19	3	19	68	29	22	16	13	87	70
t008003	70	56	39	71	29	91	100	86	88	99
t008004	50	93	100	71	84	64	67	29	28	81
t008005	80	97	3	10	14	32	92	67	72	68
t008006	47	59	29	3	26	20	50	26	1	70
t008007	40	63	69	21	56	73	56	10	46	40
t008008	84	80	68	82	4	45	100	96	29	67
t008009	85	46	59	35	68	84	89	18	97	58
t008010	60	60	2	50	90	20	78	56	62	27
t008011	78	64	21	5	85	55	15	23	36	87
t008012	98	31	42	73	83	48	71	49	72	30
t008013	4	57	30	11	67	4	82	77	98	21
t008014	45	45	25	45	7	59	88	42	57	81
t008015	73	94	83	59	1	72	65	62	45	76
t008016	77	84	11	82	10	9	67	27	43	8
t008017	22	66	5	77	97	28	61	82	62	96
t008018	90	51	87	27	65	76	67	20	75	67
t008019	12	92	43	21	92	64	94	67	60	46
t008020	9	76	62	46	71	65	76	65	30	38
t008021	29	12	71	70	46	96	12	70	76	19
t008022	83	15	73	32	51	6	3	29	3	24
t008023	83	95	87	29	46	67	89	73	69	33
t008024	83	46	82	2	55	54	85	3	20	57
t008025	11	32	15	27	2	43	23	79	28	29
t008026	10	74	73	99	54	89	83	5	28	90

ตารางภาคผนวก ข-2 ตัวอย่างปัญหาแบบ Flow Shop (ต่อ)

Instance reC35										
Reeves 50x10 type C instance										
job	station1	station2	station3	station4	station5	station6	station7	station8	Station9	Station10
t008027	73	40	4	20	51	18	37	18	61	75
t008028	85	30	58	89	48	15	82	77	2	3
t008029	56	63	26	87	53	8	80	46	5	62
t008030	59	67	73	65	60	61	94	86	38	1
t008031	70	66	80	32	93	56	26	41	21	9
t008032	4	66	79	43	39	83	55	25	62	13
t008033	51	42	90	85	84	29	73	8	95	57
t008034	18	30	61	67	57	60	25	10	20	95
t008035	61	9	3	2	61	18	44	78	38	74
t008036	25	91	31	2	14	97	91	84	88	26
t008037	84	8	95	61	85	41	88	4	86	51
t008038	74	2	24	42	33	24	62	13	62	10
t008039	33	7	62	68	42	41	78	67	99	6
t008040	38	43	2	4	62	95	76	91	67	78
t008041	43	98	28	51	43	84	13	71	64	81
t008042	15	19	50	30	75	90	94	35	51	83
t008043	75	98	42	67	24	63	15	45	92	44
t008044	29	60	80	86	70	13	100	86	88	6
t008045	14	49	78	93	45	94	35	46	18	85
t008046	29	20	27	66	70	95	7	11	75	52
t008047	73	19	33	36	93	21	44	51	4	24
t008048	87	79	52	85	24	89	50	4	37	50
t008049	86	99	31	25	78	10	41	66	35	1
t008050	2	41	41	88	6	77	89	80	21	54

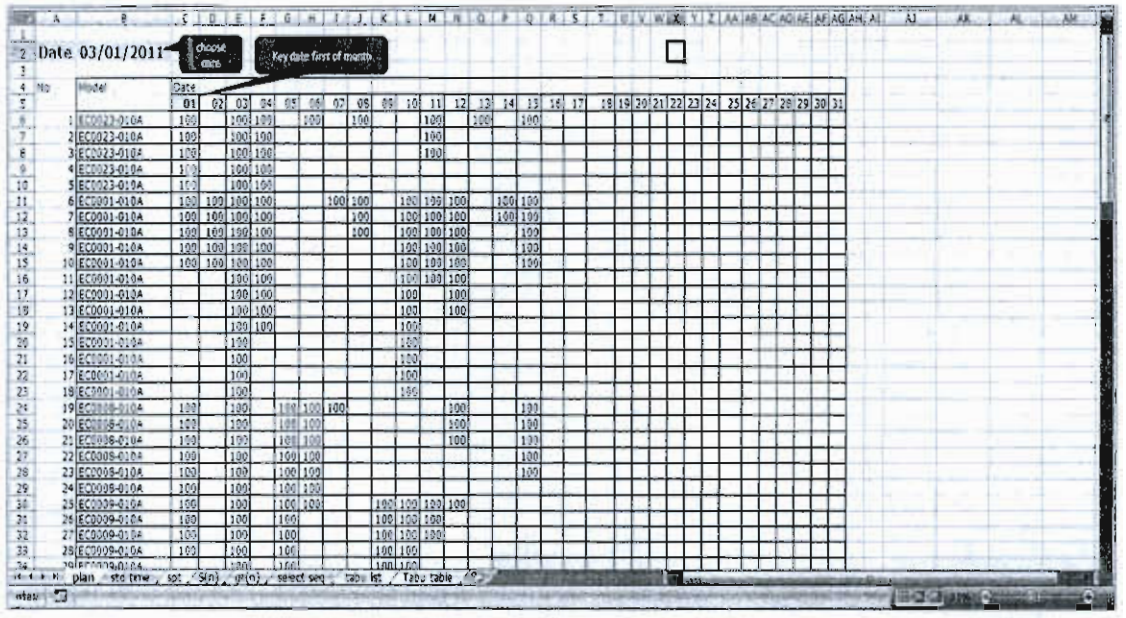
ภาคผนวก ค

1. แสดงขั้นตอนการใช้งานเครื่องมือสำหรับช่วยจัดตารางการผลิต โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ใส่แผนการผลิตหลัก

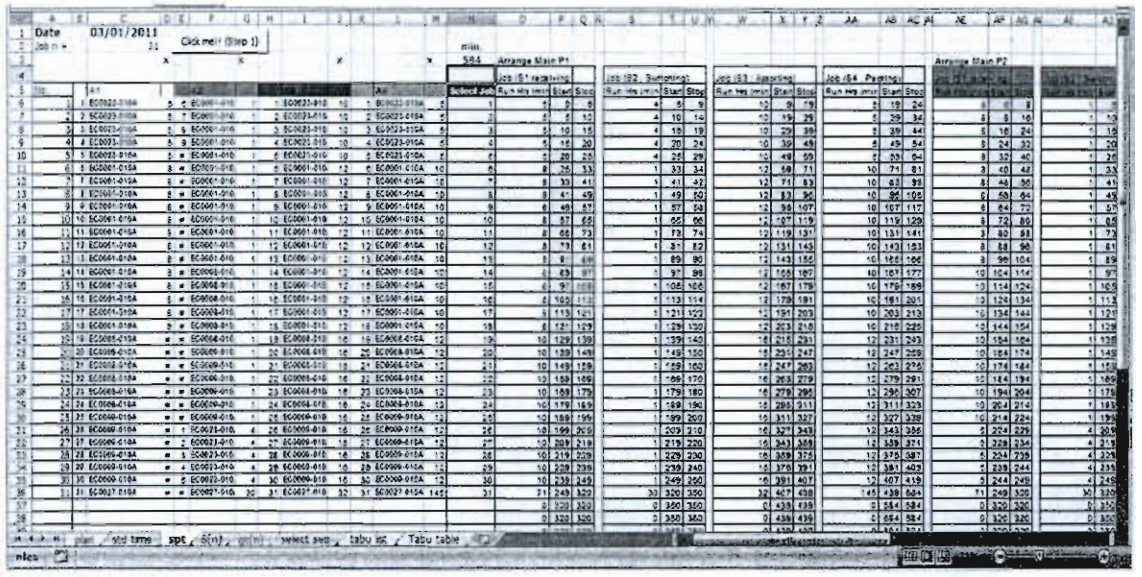
- ใส่รุ่นการผลิต
- ใส่จำนวนการผลิตของแต่ละรุ่นการผลิตโดยใส่แบบล็อตการผลิตละ 100

1.2 เลือกวันที่ที่ต้องการจัดลำดับการผลิตตามภาพภาคผนวก ค-1 แสดงหน้าจอการป้อนข้อมูล



ภาพภาคผนวก ค-1 แสดงหน้าจอการป้อนข้อมูล

1.3 กดปุ่ม click me! (step1) เพื่อจัดลำดับงานด้วยวิธีการแบบ NEH ซึ่งผลลัพธ์คือลำดับงานที่ได้จากวิธี NEH และเวลาปิดงาน



ภาพภาคผนวก ค-2 แสดงหน้าจอการจัดลำดับงานด้วยวิธีการแบบ NEH

1.4 กดปุ่มเพื่อประมวลผลคำตอบตามหลักการค้นหาคำตอบแบบตาบู

1.4.1 กดปุ่ม click me! (1-10) เพื่อประมวลผลคำตอบจำนวน 10 รอบ ซึ่งจะแสดงคำตอบที่ดีที่สุดของทั้ง 10 รอบที่ทำการประมวลผล

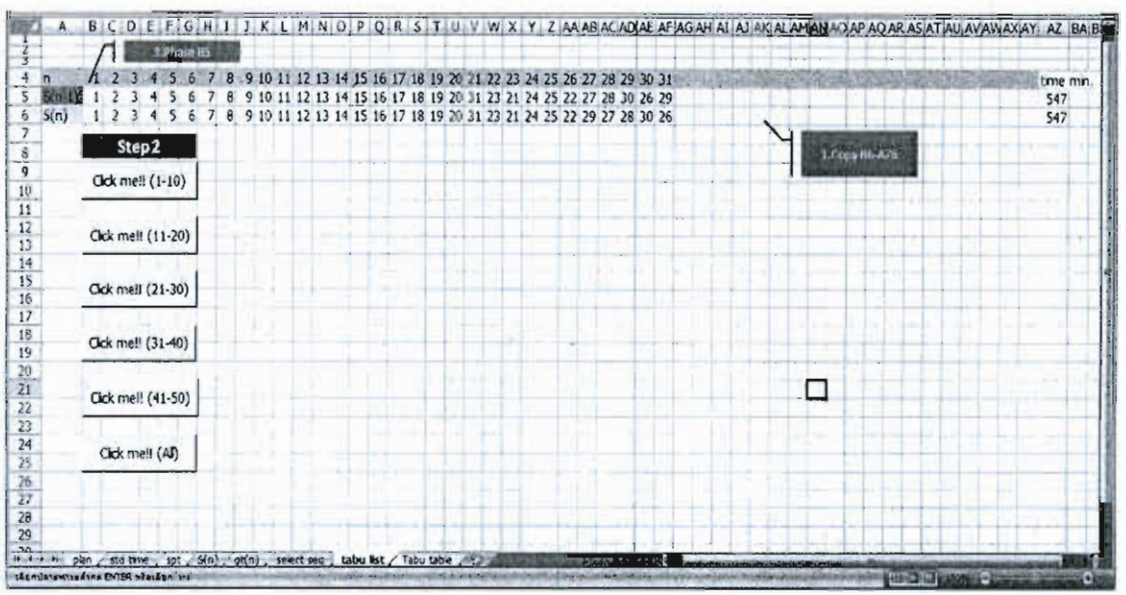
1.4.2 กดปุ่ม click me! (11-20) เพื่อประมวลผลคำตอบจำนวน 20 รอบ ซึ่งจะแสดงคำตอบที่ดีที่สุดของทั้ง 20 รอบที่ทำการประมวลผล

1.4.3 กดปุ่ม click me! (21-30) เพื่อประมวลผลคำตอบจำนวน 30 รอบ ซึ่งจะแสดงคำตอบที่ดีที่สุดของทั้ง 30 รอบที่ทำการประมวลผล

1.4.4 กดปุ่ม click me! (31-40) เพื่อประมวลผลคำตอบจำนวน 40 รอบ ซึ่งจะแสดงคำตอบที่ดีที่สุดของทั้ง 40 รอบที่ทำการประมวลผล

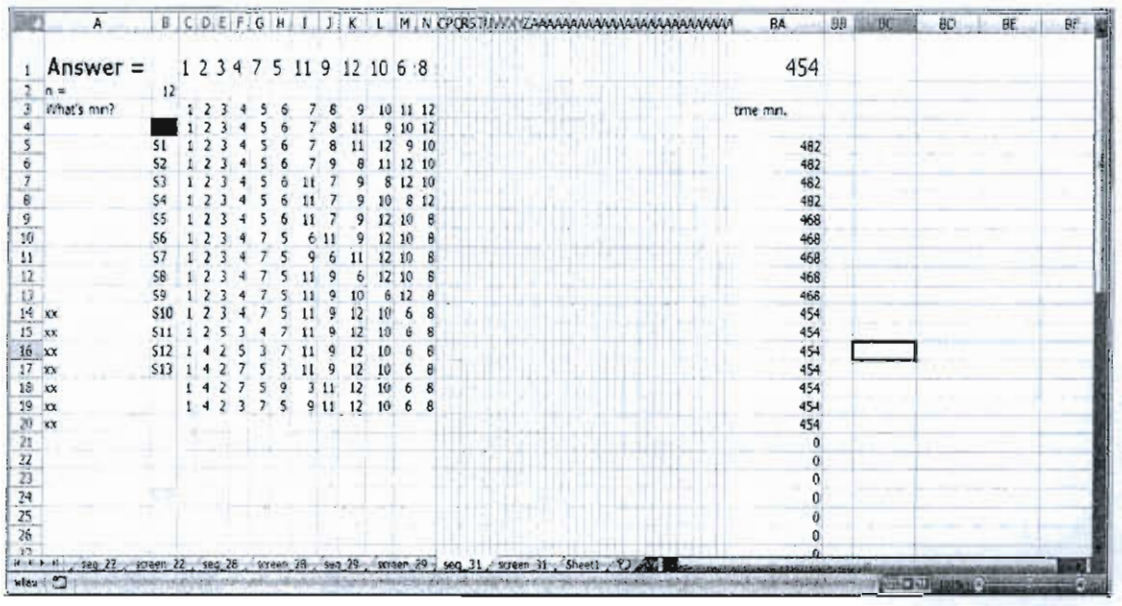
1.4.5 กดปุ่ม click me! (41-50) เพื่อประมวลผลคำตอบจำนวน 50 รอบ ซึ่งจะแสดงคำตอบที่ดีที่สุดของทั้ง 50 รอบที่ทำการประมวลผล

1.4.6 กดปุ่ม click me! (All) เพื่อประมวลผลคำตอบจำนวน 51 รอบ ซึ่งจะแสดงคำตอบที่ดีที่สุดของทั้ง 51 รอบที่ทำการประมวลผล



ภาพภาคผนวก ค-3 แสดงหน้าจอประมวลผลคำตอบตามหลักการค้นหาคำตอบแบบตาบู

1.5 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลคำตอบตามหลักการค้นหาคำตอบแบบตาบู



ภาพภาคผนวก ค-4 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล

แสดงรายละเอียดของโปรแกรมการสร้างตารางงาน Microsoft Excel 2007 ตามหลักการค้นหาคำตอบแบบตาบู

```
Sub tabu_all()
'
' tabu_all Macro
'
'
    Sheets("Tabu table").Select
    Range("C5:BA54").Select
    ActiveWindow.ScrollColumn = 12
    ActiveWindow.ScrollColumn = 9
    ActiveWindow.ScrollColumn = 8
    ActiveWindow.ScrollColumn = 6
    ActiveWindow.ScrollColumn = 5
    ActiveWindow.ScrollColumn = 4
    ActiveWindow.ScrollColumn = 3
    ActiveWindow.ScrollColumn = 2
    ActiveWindow.ScrollColumn = 1
    Range("C5:BA55").Select
    ActiveWindow.ScrollColumn = 9
    ActiveWindow.ScrollColumn = 8
    ActiveWindow.ScrollColumn = 7
    ActiveWindow.ScrollColumn = 6
    ActiveWindow.ScrollColumn = 5
    ActiveWindow.ScrollColumn = 2
    ActiveWindow.ScrollColumn = 1
    Selection.ClearContents
    Range("B4").Select
    Sheets("tabu list").Select
    Range("B6:AZ6").Select
```

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("B5:AZ6"), Type:=xlFillDefault
Range("B5:AZ6").Select
Range("A5").Select
Sheets("neh").Select
Range("B4:M4").Select
Selection.Copy
Range("B6:B55").Select
ActiveSheet.Paste
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("B5:D55").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Add Key:=Range("D6:D55"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort
    .SetRange Range("B5:D55")
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
Range("E5:G55").Select
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Add Key:=Range("G6:G55"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort
```

```
    .SetRange Range("E5:G55")
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
Range("H5:J55").Select
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Add Key:=Range("J6:J55"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort
    .SetRange Range("H5:J55")
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
Range("K5:M55").Select
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Add Key:=Range("M6:M55"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort
    .SetRange Range("K5:M55")
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
```

```
End With
Range("N4").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("C2").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C5:BA5").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
```

```
Range("B6").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D3").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C6").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C6:BA6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
```

```
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B7").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D4").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C7").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C7:BA7").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
```

```
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B8").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D5").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C8").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C8:BA8").Select
```

```
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B9").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D6").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
```

```
Sheets("Tabu table").Select
Range("C9").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C9:BA9").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B10").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
```

```
Range("D7").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C10").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Range("C10:BA10").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B11").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
```

```
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D8").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C11").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C11:BA11").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B12").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
```

```
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D9").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C12").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C12:BA12").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
```

```
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B13").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D10").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C13:BA13").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
```

```
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B14").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D11").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C14").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C14:BA14").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
```

```
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B15").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D12").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C15").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C15:BA15").Select
```

```
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B16").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D13").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C16").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C16:BA16").Select
```

```
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B17").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D14").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
```

```
Sheets("Tabu table").Select
Range("C17").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C17:BA17").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B18").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
```

```
Range("D15").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C18").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C18:BA18").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B19").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
```

```
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D16").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C19").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Range("C19:BA19").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B20").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=15
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
```

```
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D17").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C20").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C20:BA20").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
```

```
Range("B21").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D18").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C21").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C21:BA21").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
```

```
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B22").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D19").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C22").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C22:BA22").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
```

```
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B23").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D20").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C23").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C23:BA23").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
```

```
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B24").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D21").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C24").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C24:BA24").Select
```

```
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B25").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D22").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
```

```
Sheets("Tabu table").Select
Range("C25").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C25:BA25").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B26").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D23").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
```

```
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C26").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C26:BA26").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B27").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
```

```
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D24").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C27").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C27:BA27").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B28").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
```

```
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D25").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C28").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C28:BA28").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B29").Select
```

```
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D26").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C29").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C29:BA29").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
```

```
Range("B30").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D27").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C30").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C30:BA30").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollColumn = 12
ActiveWindow.ScrollColumn = 11
ActiveWindow.ScrollColumn = 10
ActiveWindow.ScrollColumn = 9
ActiveWindow.ScrollColumn = 8
ActiveWindow.ScrollColumn = 7
ActiveWindow.ScrollColumn = 6
```

```
ActiveWindow.ScrollColumn = 5
ActiveWindow.ScrollColumn = 4
ActiveWindow.ScrollColumn = 3
ActiveWindow.ScrollColumn = 2
ActiveWindow.ScrollColumn = 1
Range("B31").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D28").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C31").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C31:BA31").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B32").Select
Sheets("tabu list").Select
```

```
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D29").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C32").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C32:BA32").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B33").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
```

```
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D30").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C33").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C33:BA33").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B34").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D31").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
```

```
Sheets("Tabu table").Select
Range("C34").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Range("C34:BA34").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B35").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D32").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C35").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Range("C35:BA35").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
```

```
Range("B36").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=18
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D33").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C36").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C36:BA36").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B37").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
```

```
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D34").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=15
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C37").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C37:BA37").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B38").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D35").Select
```

```
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C38").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C38:BA38").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B39").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D36").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C39").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
```

```
    :=False, Transpose:=False
Range("C39:BA39").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B40").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D37").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C40").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C40:BA40").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B41").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
```

```
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D38").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C41").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C41:BA41").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B42").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
```

```
Sheets("select seq").Select
Range("D39").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C42").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C42:BA42").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B43").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D40").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
```

```
Range("C43").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Range("C43:BA43").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B44").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D41").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C44").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Range("C44:BA44").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B45").Select
```

```
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D42").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C45").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C45:BA45").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B46").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
```

```
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D43").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C46").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C46:BA46").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B47").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D44").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
```

```
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C47").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C47:BA47").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B48").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D45").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C48").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C48:BA48").Select
Application.CutCopyMode = False
```

```
Selection.Copy
Range("B49").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D46").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C49").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C49:BA49").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B50").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
```

```
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D47").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C50").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Range("C50:BA50").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B51").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
   :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D48").Select
Sheets("tabu list").Select
```

```
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C51").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C51:BA51").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B52").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D49").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C52").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
```

```
Range("C52:BA52").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B53").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D50").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C53").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C53:BA53").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B54").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
```

```
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B5").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Z5").Select
Sheets("select seq").Select
Range("D51").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B6:AZ6").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Tabu table").Select
Range("C54").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("C54:BA54").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("B55").Select
Sheets("tabu list").Select
Range("B5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("A6").Select
Sheets("S(n)").Select
Range("B6").Select
Sheets("gt(n)").Select
Range("Y5").Select
Sheets("select seq").Select
```

```
    Range("D52").Select
    Sheets("tabu list").Select
    Range("B6:AZ6").Select
    Application.CutCopyMode = False
    Selection.Copy
    Sheets("Tabu table").Select
    Range("C55").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
    Sheets("select seq").Select
    Range("D53").Select
    Sheets("Tabu table").Select
    ActiveWindow.SmallScroll Down:=-33
    Range("A1").Select
End Sub
```

```
Sub tabu_m()
'
' tabu_m Macro
'
'
    Sheets("Tabu table").Select
    Range("C5:BA55").Select
    Selection.ClearContents
    Range("B4").Select
    Sheets("tabu list").Select
    Range("B5").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-4]C"
    Range("B5").Select
    Selection.Copy
    Range("C5:AZ5").Select
    ActiveSheet.Paste
    Range("A5").Select
    Sheets("neh").Select
    Range("B4:M4").Select
    Application.CutCopyMode = False
    Selection.Copy
    Range("B6:B55").Select
    ActiveSheet.Paste
    Application.CutCopyMode = False
    Selection.Copy
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
    Range("B5:D55").Select
    Application.CutCopyMode = False
    ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Clear
```

```
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Add Key:=Range("D6:D55"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort
    .SetRange Range("B5:D55")
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
Range("E5:G55").Select
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Add Key:=Range("G6:G55"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort
    .SetRange Range("E5:G55")
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
Range("H5:J55").Select
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Add Key:=Range("J6:J55"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort
    .SetRange Range("H5:J55")
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
```

```
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
  End With
  Range("K5:M55").Select
  ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Clear
  ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort.SortFields.Add Key:=Range("M6:M55"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
  With ActiveWorkbook.Worksheets("neh").Sort
    .SetRange Range("K5:M55")
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
  End With
  Range("N4").Select
  Sheets("S(n)").Select
  Range("B6").Select
  Sheets("gt(n)").Select
  Range("Z5").Select
  Sheets("select seq").Select
  Range("D2").Select
  Sheets("tabu list").Select
  Range("A6").Select
End Sub
```