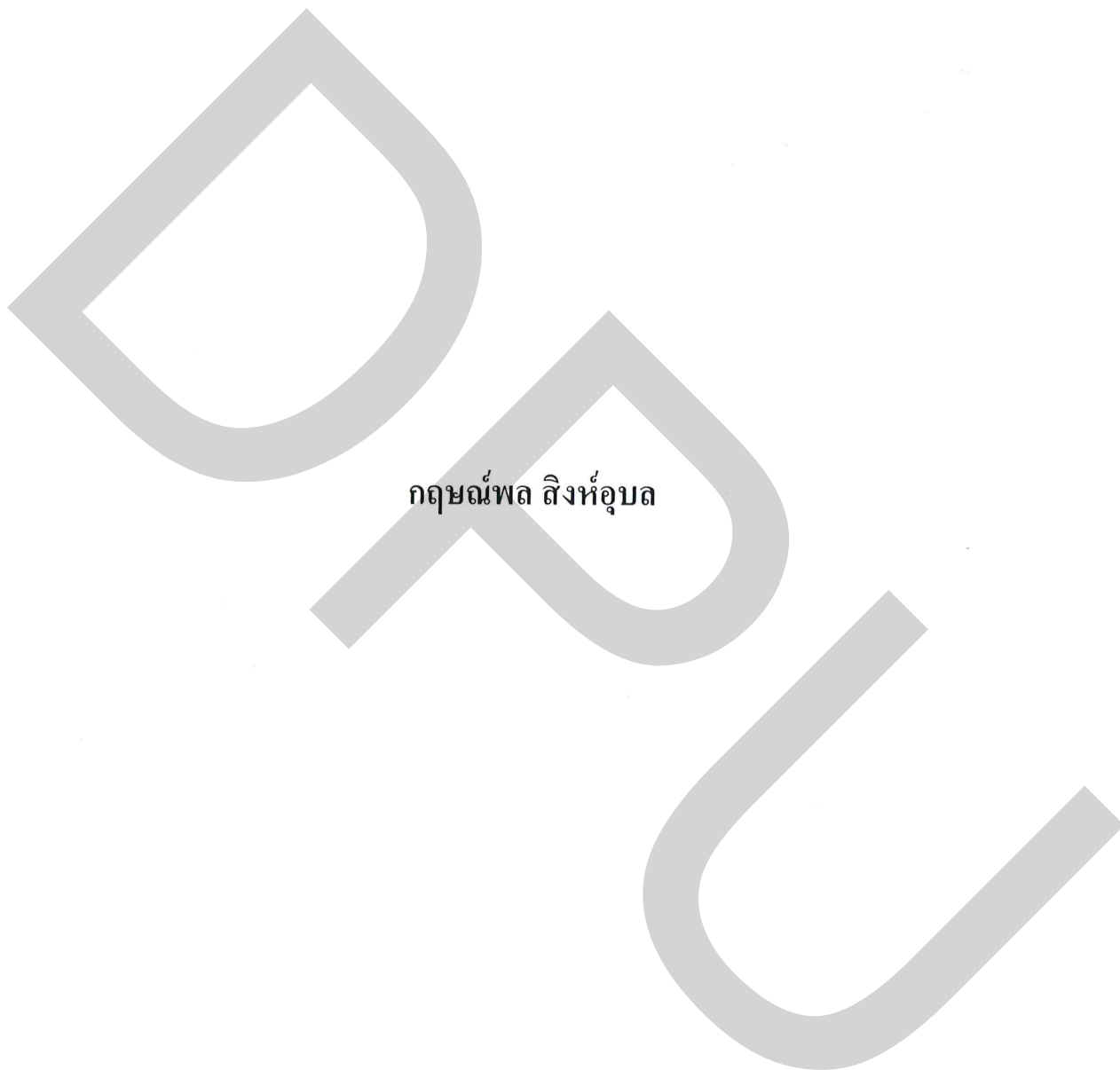


การจัดตารางการผลิตแบบรอกอยงานในงานทดสอบคุณสมบัติฟิล์มสี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2554

**Jobs scheduling method to minimize waiting time of jobs
in testing film properties**



Krisapon Singubon

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Engineering Management
Graduate School, Dhurakij Pundit University**

2011

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การจัดการการผลิตแบบรอกคอยงานในงานทดสอบคุณสมบัติฟิล์มสีสำเร็จลงได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ ผศ.ดร.สุภรัชชัย วรรณรัตน์ ที่ปรึกษาในการทำงานวิจัย ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำ แนวคิดในการแก้ไขปัญหา พร้อมทั้งตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ และขอกราบขอบพระคุณท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วย ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์ ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์ และ ผศ.ดร. ไพฑูรย์ สิริ โอปาร ที่ให้คำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณทางบริษัท ผู้จัดการ และพนักงานในแผนกประเมินและควบคุมคุณภาพทุกท่านที่ให้ความสนใจและความร่วมมือในการดำเนินการศึกษาและปรับปรุงการจัดการการผลิตทดสอบคุณสมบัติสีเป็นอย่างดี รวมถึงเอกสารต่างๆ ที่ผู้วิจัยได้นำมาอ้างอิงในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัวของผู้วิจัย รวมถึงผู้ที่เลี้ยงดูผู้วิจัย อบรมสั่งสอนผู้วิจัยให้สามารถเติบโตถึงปัจจุบัน ตลอดจนเพื่อนๆ ผู้ซึ่งให้กำลังใจและความปรารถนาดีต่างๆ ทั้งที่กล่าวถึงและไม่ได้กล่าวถึง

ประโยชน์และสิ่งที่ดีซึ่งเป็นคุณค่าแห่งงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่มารดาของผู้วิจัย และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ความผิดพลาดและข้อบกพร่องต่างๆ ของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอรับผิดชอบแต่เพียงผู้เดียว และขออภัยมา ณ โอกาสนี้ และผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ให้แก่ผู้วิจัยท่านอื่นๆ รวมถึงผู้ที่สนใจในงานจัดการการผลิต และเป็นประโยชน์ต่อสังคมต่อไป

กฤษณ์พล สิงห์อุบล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๑
สารบัญตาราง.....	๗
สารบัญรูป.....	๘
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	4
1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย.....	4
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....	5
1.6 นิยามศัพท์.....	5
2. แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการการผลิต.....	7
2.2 การใช้โปรแกรม Lekin.....	13
2.3 เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....	23
3.1 แบบจำลองและกรอบแนวคิดในการศึกษา.....	23
3.2 ตัวแปรในงานวิจัย.....	29
3.3 กลุ่มประชากรของงานวิจัย.....	29
3.4 การศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงาน.....	29
4. ผลการศึกษา.....	32
4.1 ผลการวิจัยและการทดลอง.....	32
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. สรุปผลการศึกษา.....	62
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	62
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	65
บรรณานุกรม.....	66
ภาคผนวก	70
ประวัติผู้เขียน.....	82

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตัวอย่างหัวข้อการทดสอบคุณสมบัติ.....	3
1.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้.....	5
3.1 ระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติ (วัน).....	24
3.2 จำนวนวันในการรอคอยงานก่อนการทดสอบคุณสมบัติ (วัน).....	26
4.1 จำนวนงานที่ทำการทดสอบคุณสมบัติ.....	33
4.2 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติของเดือนมีนาคม.....	33
4.3 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆ (เดือนมีนาคม).....	40
4.4 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติของเดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม).....	41
4.5 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆ เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม).....	45
4.6 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติของเดือนพฤษภาคม.....	47
4.7 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆ เดือนพฤษภาคม.....	50
4.8 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆ ตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน 2553.....	50
4.9 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติของเดือนกรกฎาคม.....	51
4.10 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆ เดือนกรกฎาคม.....	54
4.11 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติของเดือนกันยายน.....	55
4.12 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆ เดือนกันยายน.....	57
4.13 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2553.....	58
4.14 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆ ตั้งแต่เดือนมกราคม-ตุลาคม 2553.....	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.15 การเปรียบเทียบปัญหาการจัดการจัดการการผลิตช่วงหนึ่ง (เดือนมกราคม-มิถุนายน).....	59
4.16 การเปรียบเทียบปัญหาการจัดการจัดการการผลิตช่วงสอง (เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม)..	60
4.17 การเปรียบเทียบช่วงที่สามตั้งแต่เดือน มกราคม – ตุลาคม 2553.....	60

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 การจรรยาเมื่อมีรถเกิดเหตุขัดข้อง.....	3
2.1 หน้าแรกของการใช้โปรแกรม Lekin	13
2.2 รายละเอียดเบื้องต้นของโปรแกรม.....	14
2.3 เลือกแบบจำลองของโปรแกรม Lekin	14
2.4 ปริมาณงานที่ต้องการจัดตารางการผลิต.....	15
2.5 การกำหนดเงื่อนไขให้กับงาน.....	16
2.6 ปริมาณเครื่องจักรและปริมาณงานของการจัดตารางการผลิต.....	16
2.7 วิธีการใช้การจัดตารางการผลิตแบบ FCFS	17
2.8 ผลของการจัดตารางการผลิตแบบ FCFS.....	18
2.9 คำนวณชี้วัดประสิทธิภาพ.....	19
2.10 แผนภาพเรดาห์เปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตกับแบบอื่นๆ.....	20
3.1 ข้อมูลกระบวนการทดสอบคุณสมบัติตั้งแต่เดือน มกราคม 2553 ถึง มิถุนายน 2553.....	23
3.2 ชนิดของงานทดสอบ.....	24
3.3 ระยะเวลาทดสอบ 2 วัน.....	25
3.4 ระยะเวลาทดสอบ 7 วัน.....	26
3.5 กรอบแนวคิดในงานวิจัย.....	28
3.6 เครื่องจักรที่ใช้ในการศึกษา.....	31
3.7 ชิ้นงานที่ทำการทดสอบคุณสมบัติ.....	31
4.1 การจัดตารางแบบงานประจำ (เดือนมีนาคม).....	34
4.2 การจัดตารางของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (เดือนมีนาคม).....	35
4.3 การจัดตารางแบบ EDD (เดือนมีนาคม).....	36
4.4 การจัดตารางแบบ SPT (เดือนมีนาคม).....	37
4.5 การจัดตารางแบบ LPT (เดือนมีนาคม).....	37
4.6 การจัดตารางแบบ FCFS (เดือนมีนาคม).....	38
4.7 การจัดตารางแบบ MST (เดือนมีนาคม).....	39
4.8 การจัดตารางแบบ Shift Bottleneck Heuristic (เดือนมีนาคม).....	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 การจัดตารางแบบ EDD เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับ โปรแกรม).....	41
4.10 การจัดตารางแบบ SPT เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับ โปรแกรม).....	42
4.11 การจัดตารางแบบ LPT เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับ โปรแกรม).....	43
4.12 การจัดตารางแบบ FCFS เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับ โปรแกรม).....	43
4.13 การจัดตารางแบบ MST เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับ โปรแกรม).....	44
4.14 การจัดตารางแบบ Shift Bottleneck Heuristic เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับ โปรแกรม).....	45
4.15 ภาพรวมการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติเดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับ โปรแกรม).....	46
4.16 การจัดตารางแบบงานประจำ (เดือนพฤษภาคม).....	48
4.17 การจัดตารางของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (เดือนพฤษภาคม).....	49
4.18 การจัดตารางแบบ FCFS (เดือนพฤษภาคม).....	49
4.19 การจัดตารางแบบงานประจำ (เดือนกรกฎาคม).....	52
4.20 การจัดตารางของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (เดือนกรกฎาคม).....	53
4.21 การจัดตารางแบบ FCFS (เดือนกรกฎาคม).....	54
4.22 การจัดตารางแบบงานประจำ (เดือนกันยายน).....	55
4.23 การจัดตารางของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (เดือนกันยายน).....	56
4.24 การจัดตารางแบบ FCFS (เดือนกันยายน).....	57
5.1 ภาพรวมขั้นตอนการทำงานวิจัย.....	63
5.2 จำนวนงานที่สายทั้งหมด.....	64
5.3 เวลาไหลของงานรวม.....	64

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดตารางการผลิตแบบรอกคอยงานในงานทดสอบ คุณสมบัติฟิล์มสี
ชื่อผู้เขียน	กฤษณ์พล สิงห์อุบล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ศุภรัชชัช วรรณัน
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้เกิดเนื่องมาจากงานทดสอบคุณสมบัติที่มากขึ้น จึงทำให้เกิดปัญหาการรอกคอยงานที่จะทำการทดสอบคุณสมบัติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแบบจำลองที่เหมาะสมกับการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติ โดยใช้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ความล่าช้า (Tardiness) ความล่าช้ารวม (Total Tardiness) เวลาสาย (Lateness) เวลาไหลของงาน (Flow Time) เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time) จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs) เปรียบเทียบการจัดตารางการทดสอบระหว่างงานประจำแบบจำลองที่นำเสนอ และกฎการจ่ายงานหรือกฎการจัดลำดับความสำคัญ คือ กฎการจ่ายงานโดยคำนึงถึงกำหนดการส่งมอบ กฎการจ่ายงานโดยคำนึงถึงเวลาดำเนินการน้อยสุด กฎการจ่ายงานโดยคำนึงถึงเวลาดำเนินการมากที่สุด กฎการจ่ายงานโดยคำนึงถึงงานที่เข้ามาก่อนจะดำเนินการก่อน กฎการจ่ายงานโดยคำนึงถึงเวลาหย่อนน้อยที่สุด และฮิวริสติกการย้ายคอกขวด จากโปรแกรมการจัดตารางการผลิต แล้วนำมาวิเคราะห์ผล

ผลงานวิจัย พบว่า ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่นำเสนอสามารถลดจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs) ลดลงจากเดิม 47% และเวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time) ลดลงจากเดิม 21% ดังนั้นการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติของแบบจำลองที่นำเสนอสามารถตอบสนองต่อความเหมาะสมของบริษัทได้

Thesis Title	Jobs scheduling method to maximize waiting time of jobs in testing film properties
Author	Krisapon Singubon
Thesis Advisor	Asst. Prof. Suparatchai Vorarat, Ph.D.
Department	Engineering Management
Academic Year	2010

ABSTRACT

This research is because of increase of testing properties. Therefore the objective of this research is to present new model for testing properties by efficiency indexes that Makespan Tardiness Total Tardiness Lateness Flow Time Total Flow Time and Total Number of Late Jobs. Those indexes are compared between routine, new model and dispatching rule/priority rule such as Earliest Due Date Shortest Processing Time Longest Processing Time First Come First Served Minimum Slack Time and Shift Bottleneck Heuristic.

Major fact finding, the efficiency indexes of new model can reduce to Total Number of Late Jobs 47% and Total Flow Time 21% so Jobs scheduling method to maximize waiting time of jobs in testing film properties effect to increase customer satisfaction and high efficiency.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมสีมีหลายประเภท เช่น สีทาบ้าน สีใช้ในงานรถยนต์ สีใช้ในงานเครื่องใช้ไฟฟ้า สีที่ใช้ในงานไม้ เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยนี้จะกล่าวถึงสีที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมรถยนต์เป็นหลัก โดยอุตสาหกรรมรถยนต์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทย ทำให้เศรษฐกิจของประเทศมีการเจริญเติบโตมากขึ้น ในรถยนต์แต่ละรุ่น แต่ละยี่ห้อ (Brand) เช่น โตโยต้า ฮอนด้า นิสสัน อิซูซุ เป็นต้น เมื่อพูดถึงการเลือกซื้อรถยนต์ ปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการเลือกซื้อ คือ สีของรถยนต์ซึ่งมีสีให้เลือกซื้อได้หลากหลาย ไม่ใช่เฉพาะสีภายนอกเท่านั้นสีภายในรถยนต์ก็เป็นส่วนหนึ่งในการเลือกซื้ออีกด้วย ซึ่งในงานรถยนต์นั้นจะแบ่งสีที่ใช้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ สีภายในรถยนต์ (Interior part) และสีภายนอกรถยนต์ (Exterior part) ซึ่งองค์ประกอบของสีทั้งภายในและภายนอกจะต้องมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปตามสภาพการใช้งาน เช่น สีภายนอกต้องทนทานต่อแสงแดด ความร้อน หรือความชื้นได้มากกว่าสีภายในรถยนต์ ในขณะที่สีภายในรถยนต์จะมีคุณสมบัติที่ไม่มีไอระเหยที่เป็นอันตรายสำหรับผู้ใช้งานรถยนต์ เป็นต้น สิ่งที่จะทำให้รู้ถึงผลกระทบดังกล่าวคือการทดสอบคุณสมบัติสีที่ต้องผ่านตามข้อกำหนดของผู้ผลิตรถยนต์ ซึ่งจะทำการทดสอบคุณสมบัติสีในขั้นตอนก่อนการผลิตรถยนต์ออกขายในแต่ละรุ่น เพื่อความมั่นใจของผู้บริโภค ไม่ใช่มีแค่สีสันทันที่ผลิตขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภคเพียงอย่างเดียว แต่จะต้องคำนึงถึงคุณภาพ และเพื่อที่จะตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคดังกล่าวจึงต้องมีการทดสอบคุณสมบัติของสีให้ผ่านตามข้อกำหนดของบริษัทรถยนต์ยี่ห้อต่างๆ

ในการทดสอบคุณสมบัติสีนั้น ผู้ผลิตรถยนต์จะกำหนดมาตรฐานการทดสอบแต่ละหัวข้อโดยอ้างอิงหรือจำลองสภาพการใช้งานจริงจากผู้บริโภค โดยสีที่ผลิตออกขายนั้นต้องผ่านมาตรฐานการทดสอบที่กำหนด เพื่อให้ผู้บริโภคมั่นใจว่ารถยนต์ที่ซื้อไปนั้น เป็นสีที่มีความทนทานต่อสภาพการใช้งานได้จริง ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตรถยนต์จะผลิตรถยนต์ออกมาขายแข่งขันกัน เช่น

โตโยต้า (Toyota) รุ่น แคมรี่ อัลติส วีโอส ยาริส วิโก้ วิช ฟอรัจันเนอร์ (Camry Altis Vios Yaris Vigo Wish Fortuner)

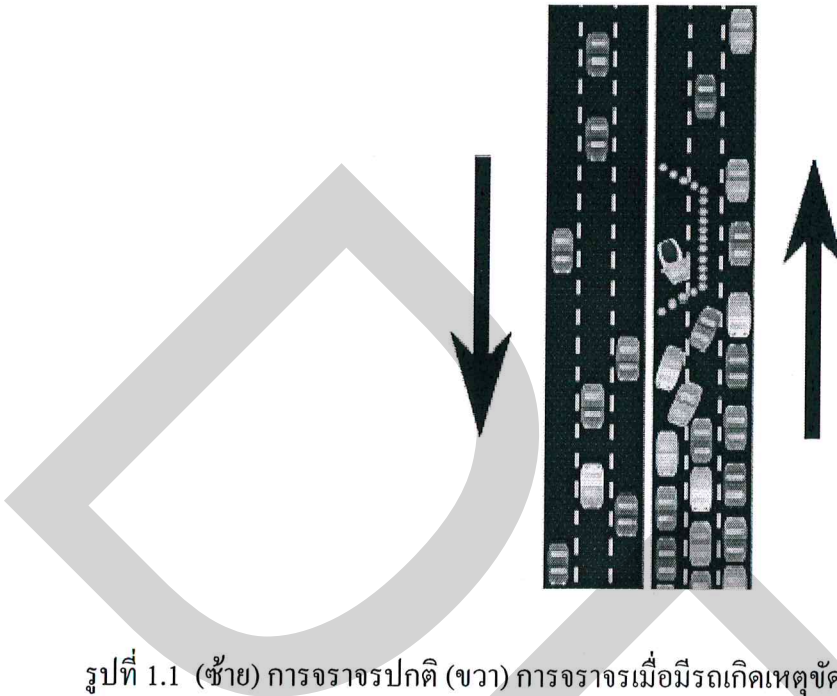
ฮอนด้า (Honda) รุ่น แอคคอร์ด ซิตี้ แจส ซีอาร์วี (Accord Civic City Jass CRV)

อิซูซุ (Isuzu) รุ่น ดีแมกซ์ (D-Max)

นิสสัน (Nissan) รุ่น เทียน่า นาวาร่า ทีด้า (Teana Tiida Navara)

จากรุ่นรถยนต์ในแต่ละบริษัทผู้ผลิตดังกล่าวนี้ พบว่าในแต่ละรุ่นยังแบ่งระดับราคาและอุปกรณ์เสริมต่างๆ อีกมาก เห็นได้ว่าบริษัทผู้ผลิตรถยนต์มีการแข่งขันกันเองมีสูงมาก เพื่อให้ผู้บริโภคเลือกซื้อรถยนต์ของตนเอง สิ่งที่สำคัญ คือ ผู้ผลิตจะต้องทำการทดสอบคุณสมบัติตามรุ่นรถยนต์แต่ละรุ่น ทุกครั้งก่อนการผลิตรถยนต์ออกขายให้กับผู้บริโภค อีกทั้งในแต่ละปีจะมีการเปลี่ยนรุ่นเล็กน้อย (Minor Change) คือการปรับเปลี่ยนภายใน ภายนอก หรือวัตถุดิบในการผลิตเพียงเล็กน้อยในแต่ละรุ่นขึ้นกับทางผู้ผลิตรถยนต์ จะเห็นได้ว่างานที่จะต้องทำการทดสอบนั้นมีเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตในส่วนของการทดสอบคุณสมบัติจะต้องทำการทดสอบคุณสมบัติตามแผนการผลิตรถยนต์แต่ละรุ่นการผลิตให้ทันเวลา เพื่อตอบสนองความรวดเร็วให้กับผู้ผลิตแต่ละยี่ห้อ ดังนั้นงานทดสอบคุณสมบัติที่มีการทดสอบที่มีมากขึ้น รวมทั้งมาตรฐานการทดสอบของผู้ผลิตแต่ละยี่ห้อ นั้นมีรายละเอียดหรือหัวข้อการทดสอบที่แตกต่างกันออกไปหลากหลาย

เป้าหมายของทุกบริษัทคือการส่งมอบสินค้าหรือบริการให้ทันกำหนดเพื่อความพึงพอใจของลูกค้า ถ้ามองในส่วนของการผลิตจะมีส่วนที่ทำให้การผลิตไม่เป็นไปตามแผน การล่าช้า การรอคอย ที่จะผลิตต่อไปยังเครื่องจักรอีกเครื่องหนึ่งเกิดขึ้นหรือเรียกว่า คอขวด (Bottleneck) ซึ่งหมายถึง เครื่องจักรเป็นตัวจำกัดผลผลิตของกระบวนการทำงาน คอขวดจะทำให้เกิดข้อจำกัดของการทำงานขึ้นเนื่องจากเป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการทำงานเร็วหรือช้า ถ้าเปรียบคอกวมน้ำ อัตราการไหลของน้ำจะขึ้นกับส่วนที่แคบที่สุดของขวด หรือบริเวณคอกวมนั้นเอง โดยที่การเพิ่มอัตราเร็วในส่วนอื่นที่ไม่ใช่คอกวมนั้น จะไม่มีผลต่ออัตราเร็วของทั้งระบบ หรือ ถนนที่รถวิ่งได้สามเลน แต่เมื่อมีรถเกิดเหตุขัดข้องขึ้นอยู่สองเลนทำให้เหลือเพียงแค่เลนเดียว การจราจรจึงเกิดการติดขัด แนวทางการแก้ปัญหาด้วยการนำรถที่เกิดเหตุขัดข้องออกจากถนนก็จะทำให้การจราจรเป็นไปอย่างปกติเหมือนเดิม ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 (ซ้าย) การจราจรปกติ (ขวา) การจราจรเมื่อมีรถเกิดเหตุขัดข้อง

ปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้นจะต้องมีการจัดการเพื่อให้การผลิตหรือบริการดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง ทันท่วงทีในการส่งมอบให้ลูกค้าเพื่อความพึงพอใจของลูกค้า ตัวอย่างหัวข้อการทดสอบคุณสมบัติ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างหัวข้อการทดสอบคุณสมบัติ

APPEARANCE	ACID RESISTANCE
HARDNESS	SOLVENT RESISTANCE
ADHESION	FOGING TEST
SPECULAR GLOSS	RUBBING RESISTANCE
IMPACT RESISTANCE	WEAR RESISTANCE
PRINT RESISTANCE	SCRATCH RESISTANCE
HUMIDITY RESISTANCE	OIL RESISTANCE
WATER RESISTANCE	WAX RESISTANCE
ALKALI RESISTANCE	HUMIDITY CYCLE RESISTANCE

จากตารางที่ 1.1 เป็นตัวอย่างหัวข้อการทดสอบคุณสมบัติซึ่งมีหลายๆ หัวข้อการทดสอบและพบว่าในแผนกที่ทำการวิจัยนี้ได้ศึกษาและพบว่ามีการจักรเพียงหนึ่งเครื่องที่เป็นคอขวดในกระบวนการทำงานคือ เครื่อง HUMIDITY CYCLE ซึ่งใช้ทดสอบในหัวข้อ HUMIDITY CYCLE RESISTANCE ดังนั้นเราจึงใช้วิธีการที่มีประสิทธิภาพวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาคอขวดคือการจัดการการผลิตโดยใช้แบบจำลองเครื่องจักรเดี่ยว (Single Machine) เนื่องจากในกระบวนการทำงานเครื่องจักรนี้จะไม่สามารถที่จะหยุดระหว่างการทดสอบคุณสมบัติได้เหมือนกับเครื่องจักรอื่นๆ ดังนั้นเพื่อให้มีการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงได้ใช้แนวคิดนี้สร้างตารางการผลิตที่เหมาะสมกับทางแผนก โดยงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม Lekin ในการวัดประสิทธิภาพของการจัดการการผลิตที่สร้างขึ้นเป็นโมเดลที่เหมาะสมกับทางแผนก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อเสนอแบบจำลองที่เหมาะสมในการจัดการกระบวนการทดสอบคุณสมบัติของแผนก โดยเปรียบเทียบกับงานประจำและการใช้โปรแกรม Lekin ในการวัดประสิทธิภาพของการจัดการการผลิต

1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย

สามารถจัดการการผลิตในแบบจำลองเครื่องจักรเดี่ยว (Single Machine) เพื่อทำให้สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมโดยให้เครื่องจักรสามารถรอคอยงานให้ได้มากที่สุดเพื่อที่จะได้เริ่มงานพร้อมกันเมื่องานนั้นมีเงื่อนไขในการทำงานเหมือนกันและในช่วงการรองานนั้นสามารถนำงานที่มีเงื่อนไขในการทำงานเหมือนกันเข้าทำงานพร้อมกัน แต่จะไม่สามารถมีการแทรกงานระหว่างการดำเนินงาน โดยที่มีการตั้งค่าของเครื่องจักรรวมอยู่ในเวลาการดำเนินงานแล้ว ไม่มีเครื่องจักรเสีย (Breakdown) และให้งานทดสอบมีความสำคัญเท่ากันทุกงาน โดยวัดประสิทธิภาพจากเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ความล่าช้า (Tardiness) ความล่าช้ารวม (Total Tardiness) เวลาสาย (Lateness) เวลาไหลของงาน (Flow Time) เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time) จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ในงานวิจัยนี้จะศึกษาวิธีการจัดการการผลิตโดยใช้เครื่องจักรที่เป็นคอขวด

2. ใช้โปรแกรม Legin (Academic version) ในการวัดประสิทธิภาพการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติ พร้อมคำนวณมือประกอบคำตอบของโปรแกรม Legin และแบบจำลองที่นำเสนอ
3. ศึกษาเฉพาะแบบจำลองเครื่องจักรเดี่ยว (Single Machine) ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติ โดยที่สามารถนำงานเข้ากระบวนการทดสอบได้พร้อมกันเมื่อเงื่อนไขในการทำงานเหมือนกัน
4. งานที่ทำการจัดตารางการทดสอบจะเป็นงานที่แทรกการเดินเปล่าได้แต่ไม่สามารถแทรกงานได้ พร้อมทั้งกำหนดให้ไม่มีเครื่องจักรเสีย
5. ในงานวิจัยนี้เป็นงานแบบตามสั่ง (Make to Order) คือ ทดสอบคุณสมบัติตามที่ลูกค้าร้องขอจึงไม่สามารถกำหนดให้งานจะเข้ามาในกระบวนการทดสอบได้
6. จะใช้วิธีวิฤติคในการหาคำตอบที่ดี จะไม่ใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด และกฎการจ่ายงาน SPT EDD LPT FCFS MST งานประจำและนำเสนอแบบจำลองใหม่

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สามารถสร้างหลักการในการจัดตารางกระบวนการทดสอบคุณสมบัติให้เหมาะสมตามวัตถุประสงค์และสอดคล้องกับสภาพการทำงานจริง
2. สามารถทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6 นิยามศัพท์

ตารางที่ 1.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

สัญลักษณ์	ความหมาย
n	จำนวนของงานทั้งหมดที่นำมาพิจารณาในการจัดตาราง
m	จำนวนของเครื่องจักรทั้งหมดที่นำมาพิจารณาในการจัดตาราง
J_j	งานที่ j
M_i	เครื่องจักรที่ i
p_j	เวลาทำงานหรือเวลาปฏิบัติงาน (Processing Time) หมายถึงเวลาที่งาน j จะต้องใช้บนเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียวเท่านั้นพร้อมทั้งรวมเวลาการติดตั้งเครื่องไว้ด้วย
r_j	เวลาปล่อยงาน (Release Date) ของงาน j หมายถึง เวลาที่งาน j เข้ามาสู่ระบบหรือ หมายถึง เวลาที่พร้อมจะเริ่มงาน (Ready Date) ได้หรือเวลาเร็วสุดที่งาน j จะเริ่มได้

ตารางที่ 1.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
d_j	กำหนดส่งมอบ (Due Date) ของงาน j หมายถึง เวลาจัดส่งหรือเวลาเสร็จงานที่สัญญาไว้กับลูกค้า การทำงานหลังจากกำหนดส่งมอบอาจจะเกิดขึ้นได้
w_j	น้ำหนัก (Weight) ของงาน j หมายถึง ปัจจัยที่แสดงความสำคัญของงาน j เมื่อเปรียบเทียบกับงานอื่นในระบบ หรืออาจจะหมายถึงค่าใช้จ่ายในการเก็บงาน j ไว้ในระบบ ซึ่งอาจจะพิจารณาในแง่ของค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดเก็บพัสดุคงคลังหรือมูลค่าเพิ่มที่ให้กับงานนั้น
C_j	เวลาเสร็จงาน (Completion Time) หมายถึง เวลาที่งาน j เสร็จสิ้นการทำงานบนเครื่องจักร
C_{\max}	เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) คือ เวลาที่ระบบทำงานสิ้นสุดท้ายเสร็จสิ้น
L_j	เวลาสายของงาน (Lateness, L_j) คือ เวลาถ้างานใดมีค่า L_j บวก แสดงว่างานนั้นสาย แต่ถ้างานใดมีค่า L_j ลบ แสดงว่างานนั้นทำเสร็จก่อนกำหนด และถ้างานใดมีค่า L_j เท่ากับ 0 แสดงว่างานนั้นเสร็จทันพอดี
L_{\max}	เวลาล่าช้า (Tardiness) ของงาน
S_j	เวลาห้อยงานหรือเวลาหน่วงของงานแต่ละงาน โดยมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างเวลาส่งมอบกับเวลาที่งานเสร็จ
WT_n	เวลารอคอยงาน (Waiting Time) ในรอบการคำนวณที่ n
r_n^*	เป็นค่าของเวลาพร้อมเริ่มทำงาน โดยมีแนวคิดคือ ถ้า $r_n + WT_n \leq C_{n-1}$ แล้ว $r_n^* = 0$ ถ้า $r_n + WT_n > C_{n-1}$ แล้ว $r_n + WT_n - C_{n-1} = r_n^*$ ในรอบการคำนวณที่ n
t	เป็นเวลาใดเวลาหนึ่งในช่วงเวลา

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง แนวคิด และทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตแบบจำลองเครื่องจักรเดี่ยว กฎการจ่ายงาน วิธีวิธีสติก รวมถึงผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต

ในทางปฏิบัติมีปัจจัยเป็นจำนวนมากที่จะใช้ในการจัดตารางการผลิต เพื่อที่จะแยกแยะหรือจัดกลุ่มให้เข้ากับลักษณะของการผลิตหรือบริการ ซึ่งจะต้องมีแบบจำลองต้นแบบหรือแนวคิดก่อนที่จะทำการปฏิบัติงาน และการจัดเรียงเครื่องจักรนั้นขึ้นอยู่กับระบบการทำงานและปัจจัยแวดล้อมต่างๆ และแบบจำลองที่น่าสนใจเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตมีดังนี้

2.1.1 แบบจำลองเครื่องจักรเดี่ยว (Single Machine) (ปารเมศ ชูติมา, 2546 : 45-46)

ปัญหาการจัดตารางเครื่องจักรเดี่ยวแบบพื้นฐานจะมีสมมุติฐานดังต่อไปนี้

2.1.1.1 มีเซตของงาน n งาน ที่แต่ละงานมี 1 การดำเนินงาน ซึ่งพร้อมให้เครื่องจักรดำเนินการได้ตั้งแต่เวลาเป็นศูนย์

2.1.1.2 เวลาปรับตั้งเครื่องจักรจะไม่ขึ้นกับลำดับของงานที่ทำก่อนหน้า และเวลาปรับตั้งเครื่องจะรวมอยู่กับเวลาปฏิบัติงาน (Processing Time) เรียกร้อยแล้ว

2.1.1.3 คุณสมบัติต่างๆ ของงานทราบอยู่ล่วงหน้าแล้ว

2.1.1.4 เครื่องจักรมีความพร้อมใช้ตลอดเวลา (สมมุติว่าไม่มีเครื่องจักรเสียในขณะปฏิบัติงาน) และไม่ยอมให้มีเครื่องจักรเดินเปล่าเมื่อมีงานมาคอยอยู่ที่แถวคอยขาเข้า

2.1.1.5 เมื่อมีการปฏิบัติงานเริ่มขึ้นบนชิ้นงานใดๆ แล้วจะไม่ยอมให้มีการแทรกงานเกิดขึ้น

จากสมมุติฐานดังกล่าวได้มีการพัฒนาแบบจำลองให้มีความทั่วไปมากขึ้น และการขยายผลของแบบจำลองเครื่องจักรเดี่ยวพื้นฐานให้สามารถนำไปใช้ได้กับระบบที่มีความซับซ้อนขึ้น ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความพร้อมที่จะเริ่มต้นปฏิบัติงานที่เวลาเดียวกันเรียกว่า ปัญหาเครื่องจักรเดี่ยวแบบสถิต (Static Single Machine Problem) และเรียกกรณีที่เวลาพร้อมที่จะเริ่มต้นปฏิบัติงานของแต่ละงานมีความแตกต่างกันว่า ปัญหาเครื่องจักรเดี่ยวแบบพลวัต (Dynamic Single Machine Problem) ซึ่งการให้ความพร้อมของแต่ละงานไม่เท่ากันจะส่งผลโดยตรงต่อการจัดตารางการผลิต

คือ ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด นอกจากจะต้องพิจารณาถึงลำดับของงานที่จะไหลลงเข้าสู่เครื่องจักรแล้ว จะต้องพิจารณาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแทรกเวลาเดินเปล่า (Insert Idle Time) หรือการแทรกงาน (Preemption) ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

- (1) ไม่มีการแทรกเวลาเดินเปล่า และไม่มีการแทรกงาน
- (2) มีการแทรกเวลาเดินเปล่าได้ แต่ไม่มีการแทรกงาน
- (3) มีการแทรกเวลาเดินเปล่า และมีการแทรกงาน เรียกว่า การแทรกงานแบบกลับเข้าทำงานใหม่ (Preempt Resume)

2.1.2 ตัววัดประสิทธิภาพหรือตัววัดสมรรถนะของการจัดตารางการผลิต (หน้า 32-37)

ในการจัดตารางการผลิตจะมีตัวประเมินหรือวัดประสิทธิภาพ หรือเรียกว่า ตัววัดสมรรถนะ ซึ่งเป้าหมายของตัววัดสมรรถนะที่ทำการจัดตารางการผลิตนั้น เช่น การหาค่าที่มากที่สุด หรือการหาค่าที่น้อยที่สุดของตัววัดสมรรถนะเอง ดังต่อไปนี้

2.1.2.1 วัดอุปสรรคด้านประมาณการผลิต

(1) เวลาไหลของงาน (Flow Time, F_j) จะหมายถึงระยะเวลาทั้งหมดที่งานใช้เวลาอยู่ในระบบ แทนด้วย $F_j = C_j - r_j$ ซึ่งเวลาไหลของงานนี้จะเป็นตัววัดความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของระบบ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงเวลาที่แต่ละงานต้องคอยในระบบตั้งแต่งานเข้ามาสู่ระบบจนกระทั่งงานออกจากระบบ การทำให้ค่าเวลาไหลเฉลี่ยของงาน (Average Mean Flow Time) มีค่าน้อยที่สุดและจะเกี่ยวข้องกับค่าผลรวมของเวลาเสร็จ (Sum of Completion Time) มีค่าน้อยที่สุด

(2) เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) เวลาปิดงานจะมีความสำคัญเมื่องานที่นำมาจัดตารางมีจำนวนจำกัด แทนด้วย $C_{max} = \max(C_1, C_2, \dots, C_n)$ ซึ่งหมายถึงเวลาที่ระบบทำงานชิ้นสุดท้ายเสร็จสิ้น เวลาปิดงานมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับวัดอุปสรรคด้านปริมาณผลผลิต นั่นคือ การจัดตารางเพื่อทำให้เวลาปิดงานของระบบมีค่าน้อยที่สุดจะส่งผลให้เกิดการทำงานที่ก่อให้เกิดปริมาณผลผลิตมากที่สุดด้วย นอกจากนั้นแล้วยังทำให้เกิดการใช้งานเครื่องจักรอย่างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องจักรที่เป็นคอขวดของระบบ

2.1.2.2 วัดอุปสรรคด้านกำหนดส่งมอบ (Due-Date Related Objectives)

(1) เวลาสาย (Lateness) แทนด้วย $L_j = C_j - d_j$ ถ้างานใดมีค่า L_j บวก แสดงว่างานนั้นสาย แต่ถ้างานใดมีค่า L_j ลบ แสดงว่างานนั้นทำเสร็จก่อนกำหนด และถ้างานใดมีค่า L_j เท่ากับ 0 แสดงว่างานนั้นเสร็จทันพอดี ซึ่งเวลาสายสูงสุด (Maximum Lateness) แทนด้วย $L_{max} = \max(L_1, L_2, \dots, L_n)$ การทำให้เวลาสายสูงสุดมีค่าน้อยที่สุด ($\min L_{max}$) คือการทำให้เวลาสายของงานที่สายมากที่สุด ในระบบมีค่าน้อยที่สุดนั่นเอง

(2) จำนวนของงานที่สาย (Number of Jobs Late) จะหาค่าได้จากจำนวนงานที่แสดงค่า L_j เป็นบวก

(3) เวลาล่าช้า (Tardiness) แทนด้วย $T_j = \max(C_j - d_j, 0) = \max(L_j, 0)$ ข้อแตกต่างระหว่างเวลาล่าช้ากับเวลาสาย คือ เวลาล่าช้าจะไม่มีทางที่จะมีค่าเป็นลบได้ น้อยที่สุดเท่ากับ 0

(4) เวลาล่าช้าทั้งหมดที่ถูกถ่วงน้ำหนัก (Total Weighted Tardiness) ต้องสมมุติฐานว่าแต่ละงานมีความสำคัญต่างกันในด้านของความล่าช้าที่เกิดขึ้น จะทำให้เราต้องให้ค่าน้ำหนักมากกับงานที่มีความสำคัญมาก ซึ่งเวลาล่าช้าทั้งหมดที่ถูกถ่วงน้ำหนัก

(5) จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) แทนด้วย $N_j = 1$ เมื่อ $C_j > d_j$ และ $N_j = 0$

(6) จำนวนงานล่าช้าที่ถูกถ่วงน้ำหนัก (Weighted Number of Tardy Jobs) ในกรณีที่มีการล่าช้าของงานแต่ละงานมีความสำคัญไม่เท่ากัน ซึ่งจำนวนงานที่ล่าช้าทั้งหมดที่ถูกถ่วงน้ำหนัก

2.1.2.3 วัตถุประสงค์ด้านค่าใช้จ่าย

(1) เวลาเสร็จงานทั้งหมดที่ถูกถ่วงน้ำหนัก Total Weighted Completion Time

(2) เวลาเสร็จงานทั้งหมด ที่ถูกถ่วงน้ำหนักและ หักลด (Discounted Total Weighted Completion Time) ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายนี้จะถูกหักลดด้วยอัตรา r โดยที่ $0 < r < 1$ ต่อหน่วยเวลานั้นคือ ถ้างาน j ไม่เสร็จภายในเวลา t แล้ว จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมขึ้นอีก $w_j r e^{-rt} dt$ ในช่วงเวลา $[t, t+dt]$ ถ้างานเสร็จที่เวลา t แล้ว ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในช่วง $[0, t]$ จะเท่ากับ $w_j(1 - e^{-rt})$ ตามปกติแล้ว r จะมีค่าใกล้เคียงกับ 0 เช่น 0.1 หรือ 10%

2.1.3 กฎการจ่ายงาน (Dispatching rule) หรือกฎการจัดลำดับความสำคัญ (Priority rule)

2.1.3.1 EDD (Earliest Due Date) ตารางจะสร้างขึ้น โดยพิจารณาจากกำหนดส่งมอบของงานเป็นสำคัญ ซึ่งงานที่ถูกกำหนดส่งมอบเร็วจะถูกพิจารณาให้ดำเนินการก่อนงานที่กำหนดส่งมอบช้า ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเน้นที่การลดความล่าช้าจากกำหนดการส่งมอบงานแต่ข้อเสียคือจะมีงานที่อยู่ในระบบการผลิตสูง เนื่องจากไม่ได้นำระยะเวลาในการทำงานมาคำนวณด้วย

2.1.3.2 MST (Minimum Slack Time) ลำดับความสำคัญสูงสุดจะให้กับงานที่มีเวลาหย่อน (Slack time) น้อยที่สุด เวลาหย่อนมีค่าเท่ากับ ผลต่างระหว่างเวลาส่งมอบกับเวลาที่งานเสร็จ ถ้าไม่มีการหนดวงเวลาการทำงานจากปัจจุบัน ซึ่งหมายถึงผลต่างระหว่างเวลาส่งมอบกับภาระงานที่เหลือของงานนั้น แทนด้วย $S_j = d_j - t_j$

2.1.3.3 FCFS (First Come First Served) เป็นกฎของการให้เลือกทำงานตามคิวซึ่งงานไหนเข้ามาก่อนจะเลือกทำงานนั้นก่อนข้อดีคือมีความเป็นธรรมกับลูกค้า แต่ข้อเสียคือถ้างานมีงานที่ใช้เวลาในการทำงานมากจะทำงานในลำดับถัดไปใช้เวลาในการรอคอยนาน

2.1.3.4 LPT (Longest Processing Time) เป็นกฎที่เลือกงานที่ใช้เวลานานที่สุดซึ่งมักจะเป็งานที่มีความสำคัญมากที่สุดทำก่อน มีข้อเสียคือจะทำให้ระยะเวลาทั้งหมดของการทำงานนานซึ่งส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพโดยรวมมากกว่าวิธีการอื่นๆ

2.1.3.5 SPT (Shortest Processing Time) กฎนี้อาจจะเรียกว่า SOT (Shortest Operation Time) โดยจะดำเนินการจากงานที่ใช้ระยะเวลาทำน้อยกว่าเรียงลำดับถึงงานที่ใช้ระยะเวลานานที่สุดวิธีการนี้มุ่งเน้นลดเวลาแล้วเสร็จของแต่ละงานเพื่อให้งานออกจากระบบให้เร็วที่สุดเป็นผลทำให้เวลาเฉลี่ยของงานในระบบจะต่ำ แต่มีผลเสียทำให้งานที่ใช้เวลาในการทำงานนานอยู่อันดับท้ายเกิดการรอคอยการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีการแทรกงานที่มีระยะเวลาในการทำงานต่ำจะทำให้งานที่ใช้ระยะเวลาในการทำงานนานจะยิ่งรอคอยนานมากขึ้น

2.1.4 วิธีฮิวริสติก (Heuristic) ของแบบจำลองเครื่องจักรเดียวพื้นฐาน

โดยปกติเราสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้แต่ใช้เวลานานมาก (เมื่อมีงานจำนวนไม่เกิน 10 งานเท่ากับ 10!) ซึ่งวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดนั้นจะประกอบด้วย 2 แบบ

(1) แบบแจงนับบริบูรณ์ (Complete Enumeration)

(2) แบบแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and Bound Algorithm)

แต่ในทางปฏิบัติหรือในเชิงอุตสาหกรรมแล้ววิธีการทั้งสองแบบนี้ไม่เหมาะแก่การนำไปใช้ จึงมีวิธีการหาคำตอบแบบพอใช้ได้หรือแบบพอประมาณ หรือเรียกว่า ฮิวริสติก (Heuristic)

2.1.5 ฮิวริสติกการย้ายคอขวดสำหรับเวลาปิดงานของระบบ (Shifting Bottleneck Heuristic) (หน้า 230-232)

เป็นหนึ่งในฮิวริสติกที่ประสบความสำเร็จอย่างมาก ในการทำให้เวลาปิดงานของระบบผลิตแบบตามงานมีค่าน้อยที่สุด คือ ฮิวริสติกการย้ายคอขวด (Shifting Bottle Heuristic) ถ้าให้ M แทนเซตของ m เครื่องจักรทั้งหมดในระหว่างการวนซ้ำของฮิวริสติกให้สมมุติว่าส่วน ใ้คงการเลือกที่ได้ถูกเลือกเอาไว้ในการวนซ้ำก่อนหน้านี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงสำหรับเซตย่อย M_0 ของเครื่องจักร ดังนั้นลำดับการดำเนินงานสำหรับแต่ละเครื่องจักรใน M_0 ได้ถูกกำหนดไว้แล้ว ผลลัพธ์ของการวนซ้ำคือ การเลือกเครื่องจักร $M - M_0$ เครื่อง เพื่อนำเข้ามารวมอยู่ในเซต M_0 และลำดับของการดำเนินงานบนเครื่องจักรนี้ก็จะถูกสร้างขึ้นในระหว่างการวนซ้ำครั้งนี้ด้วย เพื่อหาว่าเครื่องจักรใดควรจะถูกนำมารวมเป็นเครื่องถัดไปใน M_0 เราจะต้องหาว่า เครื่องจักรที่ยังไม่ได้ถูกจัดตาราง

เครื่องไหนที่ทำให้เกิดความยุ่งเหยิงสูงสุด ซึ่งทำได้โดยตัดแปลงกราฟระบุทิศทางดั้งเดิมด้วยการลบส่วนโคงการเลือกทั้งหมดของเครื่องจักรที่ต้องจัดตาราง (เครื่องจักรที่อยู่ในเซต $M - M_0$) แล้วเก็บเฉพาะส่วนโคงการเลือกที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรในเซต M_0 เอาไว้ (หนึ่งส่วนโคงจากแต่ละคู่) เรียกกราฟนี้ว่า G' การลบส่วนโคงการเลือกทั้งหมดของเครื่องจักรนี้ที่ละการดำเนินงานไปเรื่อยๆ แต่ในตอนนี้อาจดำเนินการเหล่านี้ซ้ำๆ กันไปได้ (ราวกับว่าแต่ละการดำเนินงานมีเครื่องจักรเป็นของตนเอง) กราฟ G' จะมี 1 เส้นทางวิกฤติหรือมากกว่า ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเวลาปิดงานของระบบและเรียกเวลาปิดงานของระบบนี้ว่า $C_{\max}(M_0)$

สมมติว่าการดำเนินงาน $(i, j) \in \{M - M_0\}$ ซึ่งถูกกำหนดโดยเส้นทางวิกฤติ (เส้นทางที่ยาวที่สุด) ที่อยู่ใน G' จะต้องทำในระหว่างหน้าต่างเวลาของเวลาปล่อยงานกับเวลาส่งมอบงาน โดยที่เวลาปล่อยงานมีค่าเท่ากับเส้นทางที่ยาวที่สุดใน G' จากแหล่งต้นทางไปยังโหนด (i, j) และเวลาส่งมอบงานมีค่าเท่ากับ C_{\max} ลบด้วยเส้นทางที่ยาวที่สุดจากโหนด (i, j) ไปยังแหล่งปลายทางบวกกับ p_{ij} ให้พิจารณาแต่ละเครื่องจักร $M - M_0$ เสมือนกับเป็นปัญหาเครื่องจักรเดี่ยวแบบไม่มีการแทรกงาน โดยที่แต่ละเครื่องจักรทำงานอย่างเป็นอิสระต่อกัน และมีการกำหนดเวลาปล่อยงานและเวลาส่งมอบงานให้วัตถุประสงค์ของการจัดตาราง คือ การทำให้เวลาสายของงานที่มากที่สุดมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งปัญหาลักษณะแบบนี้เป็นปัญหาแบบเอ็นพียาก แต่ว่าขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหานี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ กำหนดให้ค่าที่น้อยที่สุดของ L_{\max} ของปัญหาเครื่องจักรเดี่ยวสำหรับเครื่องจักร i แทนด้วย $L_{\max}(i)$ และจะใช้ค่านี้เป็นตัววัดความวิกฤติของเครื่องจักร i

หลังจากแก้ปัญหเครื่องจักรเดี่ยวเหล่านี้ทั้งหมด เครื่องจักรที่มีเวลาสายมากที่สุดมีค่าสูงสุดจะเป็นเครื่องจักรที่ถูกเลือกกระหว่างเครื่องจักรที่ยังคงเหลือเหล่านี้ เครื่องจักรนี้จะเป็นเครื่องจักรที่มีความวิกฤติสูงสุดหรือเป็นคอขวด ดังนั้นเครื่องจักรนี้จะถูกรวมเข้าไปใน M_0 เป็นเครื่องจักรถัดไป ให้เครื่องจักรนี้เป็นเครื่องจักร k ให้เรียกค่าเวลาสายที่มากที่สุดนี้ว่า $L_{\max}(k)$ และจัดตารางเครื่องจักรนี้ตามคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากการแก้ปัญหเครื่องจักรเดี่ยวของเครื่องจักรนี้ ถ้าส่วนโคงการเลือกซึ่งกำหนดลำดับการดำเนินงานบนเครื่องจักร k ถูกแทรกลงในกราฟ G' แล้วเวลาปิดงานของระบบของตารางแบบบางส่วนปัจจุบันจะเพิ่มขึ้นอย่างน้อยเท่ากับ $L_{\max}(k)$ นั่นคือ $C_{\max}(M_0 \cup k) \geq C_{\max}(M_0) + L_{\max}(k)$ ก่อนที่จะเริ่มการวนซ้ำรอบใหม่และหาเครื่องจักรเครื่องถัดไปที่จะจัดตาราง เราอาจจะต้องทำขั้นตอนเพิ่มเติมเพิ่มขึ้นในระหว่างการวนซ้ำรอบปัจจุบัน ขั้นตอนนี้จะจัดลำดับเครื่องจักรทั้งหมดที่อยู่ในเซต M_0 ดั้งเดิมเสียใหม่ เพื่อดูว่าจะสามารถลดเวลาปิดงานของระบบลงได้อีกหรือไม่ กล่าวคือ เครื่องจักร (สมมติว่าเป็นเครื่องจักร l) ถูกนำออกจากเซต M_0 และกราฟ G' ถูกสร้างขึ้นโดยการตัดแปลงกราฟ G' โดยการรวมส่วนโคงการเลือกที่กำหนดลำดับของการดำเนินงานบนเครื่องจักร k เอาไว้ และเอาส่วนโคงการเลือกที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร l ออก

เครื่องจักร 1 จะถูกจัดลำดับใหม่โดยการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับเวลาสายที่มากที่สุดของเครื่องจักรเดี่ยวที่มีเวลาปล่อยงานและเวลาส่งมอบงานถูกกำหนดโดยเส้นทางวิกฤติในกราฟ G' การจัดลำดับแต่ละเครื่องจักรใหม่ในเซต M_0 ดังเดิมจะทำให้การวนซ้ำเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ในการวนซ้ำรอบต่อไป ขั้นตอนวิธีทั้งหมดจะถูกทำซ้ำและเครื่องจักรจะถูกเติมเข้าไปในเซต $M_0 \cup k$ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เงื่อนไขเริ่มต้น

- (1) ให้ $M_0 = \emptyset$
- (2) กราฟ G เป็นกราฟที่มีส่วนโค้งเชื่อมโคงทั้งหมดและไม่มีส่วนโค้งการเลือก
- (3) กำหนดให้ $C_{\max}(M_0)$ เท่ากับเส้นทางที่ยาวที่สุดในกราฟ G

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์เครื่องจักรที่จะถูกจัดตาราง

ให้ทำสิ่งต่อไปนี้กับแต่ละเครื่องจักร i ที่อยู่ในเซต $M - M_0$

(1) สร้างปัญหาเครื่องจักรเดี่ยว โดยที่การดำเนินงานทั้งหมดอยู่ภายใต้เวลาปล่อยงานและเวลาส่งมอบงาน (เวลาปล่อยงานของการดำเนินงาน (i, j) มีค่าเท่ากับ เส้นทางที่ยาวที่สุดในกราฟ G จากแหล่งต้นทางไปยังโหนด (i, j) เมื่อเวลาส่งมอบของการดำเนินงาน (i, j) หาได้จากการนำเอาเส้นทางที่ยาวที่สุดในกราฟ G จากโหนด (i, j) ไปยังแหล่งปลายทางมาลบด้วย p_{ij})

(2) หาค่า L_{\max} ที่น้อยที่สุดสำหรับปัญหาย่อยของแต่ละเครื่องจักรเดี่ยวเหล่านี้

(3) ให้ $L_{\max}(i)$ เป็นค่า L_{\max} ที่น้อยที่สุดสำหรับปัญหาย่อยที่เกี่ยวข้องกับเครื่อง

จักร i

ขั้นตอนที่ 3 การเลือกคอขวดและการจัดลำดับ

(1) ให้ $L_{\max}(k) = \max_{i \in \{M - M_0\}} (L_{\max}(i))$

(2) จัดตารางเครื่องจักร k ตามลำดับงานที่หาได้จากขั้นที่ 2

(3) เติมส่วนโค้งการเลือกที่เกี่ยวข้องทั้งหมดลงในกราฟ G

(4) เติมเครื่องจักร k ลงใน M_0

ขั้นตอนที่ 4 จัดลำดับเครื่องจักรที่เคยจัดตารางไว้ก่อนหน้านี้เสียใหม่ ให้ทำสิ่งต่อไปนี้กับแต่ละเครื่องจักร $i \in \{M_0 - k\}$

(1) ลบส่วนโค้งการเลือกที่เกี่ยวข้องออกจาก G

(2) สร้างปัญหาย่อยของเครื่องจักรเดี่ยวสำหรับเครื่องจักร i ที่มีเวลาปล่อยงานและเวลาส่งมอบงานของการดำเนินงานที่หาได้จากเส้นทางที่ยาวที่สุดที่คำนวณได้ใน G

(3) หาลำดับงานที่ทำให้ $L_{\max}(i)$ มีค่าน้อยที่สุด

(4) เติมส่วนโค้งการเลือกที่เกี่ยวข้องลงในกราฟ G

ขั้นตอนที่ 5 เงื่อนไขสำหรับหยุดการวนซ้ำ

- (1) ถ้า $M_0 = M$ ให้หยุด ถ้าไม่เป็นเช่นนั้น ให้กลับไปทำซ้ำที่ขั้นที่ 2

2.2 การใช้โปรแกรม Lekin (Academic Version)

โปรแกรมนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยนิวยอร์กซึ่งมี Michael Pinedo เป็นผู้เขียน โปรแกรม Lekin ซึ่งจะประกอบด้วยปัญหาการจัดตารางการผลิตอยู่ 6 แบบ คือ 1) Single machine 2) Parallel machine 3) Flow shop 4) Job shop 5) Flexible flow shop 6) Flexible job shop ซึ่งจะมีวิธีการผลลัพธ์ 2 กลุ่ม คือ

(1) วิธีการแจกจ่ายงานหรือกฎลำดับความสำคัญ เช่น EDD SPT LPT MST FCFS เป็นต้น

(2) วิธีฮิวริสติก (Heuristics) เช่น การย้ายคอบด้วยวิธีฮิวริสติก Local search Hybrid Method เป็นต้น

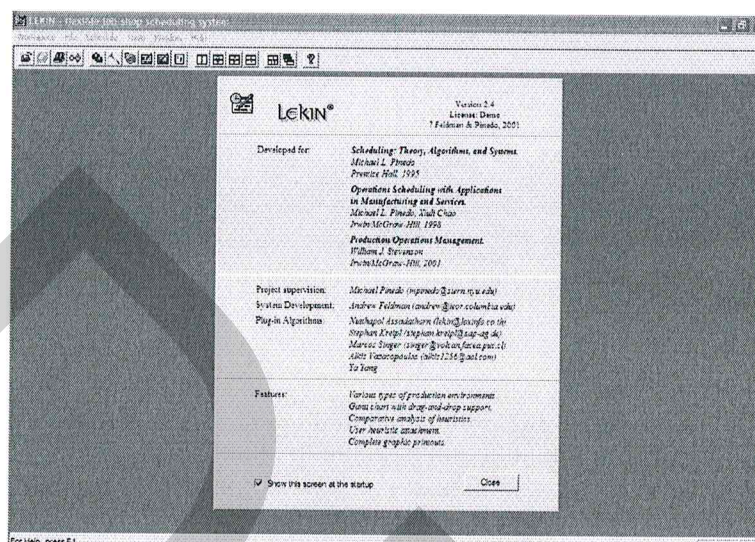
ซึ่งจะมีตัววัดประสิทธิภาพของแต่ละวิธี เช่น เวลาปิดงานของระบบ เวลาล่าช้าทั้งหมด จำนวนงานทั้งหมดที่สาย ผลรวมของเวลาแล้วเสร็จทั้งหมด เป็นต้น และแสดงผลเป็นแผนภูมิแกรนต์ จำนวนเครื่องจักร ลำดับการจัดตารางการผลิตและกราฟเรดาห์ โดยมีตัววัดประสิทธิภาพที่ต้องการแสดงผลไว้ด้วย ซึ่งขั้นตอนในการใช้โปรแกรมมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เข้าโปรแกรมโดยจะมีรูปหรือข้อความปรากฏดังรูปที่ 2.1



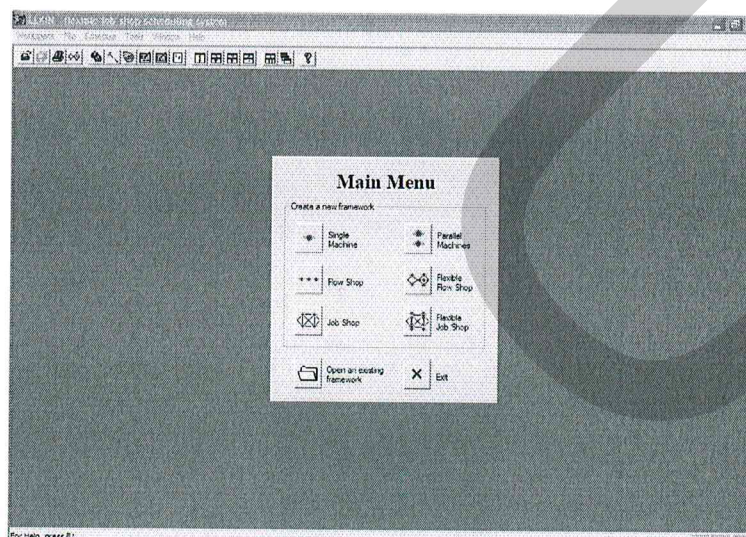
รูปที่ 2.1 หน้าแรกของการใช้โปรแกรม Lekin

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อเข้าโปรแกรมแล้วจะมีข้อความปรากฏเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมเบื้องต้น ดังรูปที่ 2.2



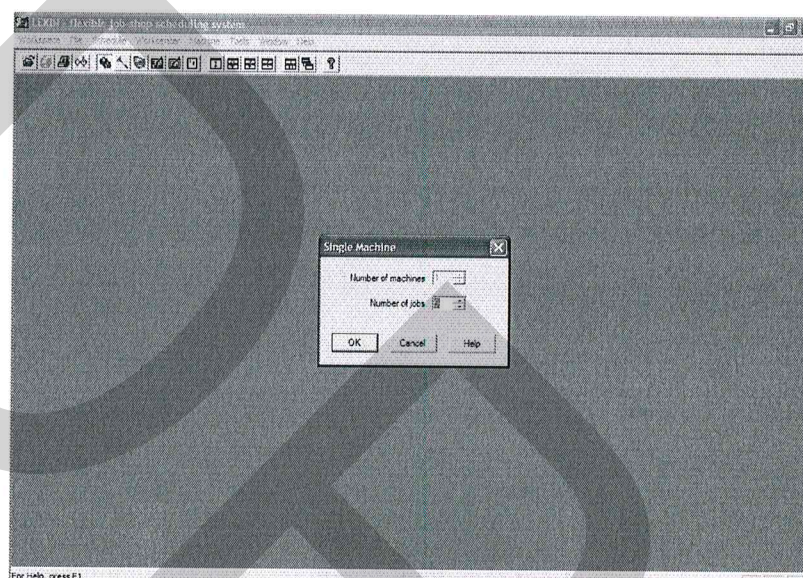
รูปที่ 2.2 รายละเอียดเบื้องต้นของโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 3 จะต้องทำการเลือกแบบจำลองสำหรับการจัดการการผลิตที่ต้องการซึ่งจะมีอยู่ 6 แบบจำลอง คือ 1) Single machine 2) Parallel machine 3) Flow shop 4) Job shop 5) Flexible flow shop 6) Flexible job shop ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เลือกแบบจำลองของโปรแกรม Lem

ขั้นตอนที่ 4 ทำการเลือกแบบจำลอง โดยในงานวิจัยนี้จะเป็นแบบจำลองสำหรับการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรเดี่ยว ทำการเลือกแล้วจะได้รูปที่ 2.4 แสดงการเลือกปริมาณงานที่ต้องการจัดตารางการผลิต ในตัวอย่างเป็นปริมาณเท่ากับ 9 งาน (เลือกได้สูงสุด 50 งาน)



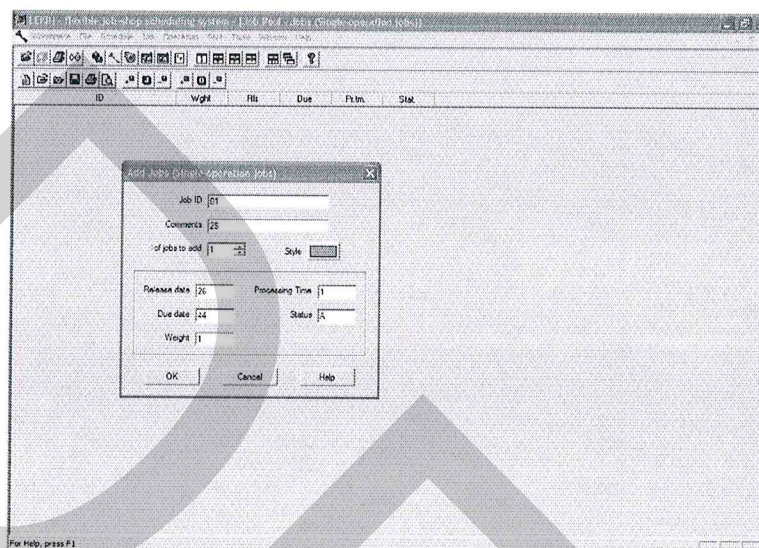
รูปที่ 2.4 ปริมาณงานที่ต้องการจัดตารางการผลิต

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อเลือกปริมาณงาน ได้จำนวน 9 งานแล้วทำการใส่เงื่อนไขให้กับงานนั้นๆ

โดยที่

Job ID	คือ ลำดับของงาน
Comment	คือ รายละเอียดเพิ่มเติมของงานนั้นๆ
of jobs to add	คือ ในงานหนึ่งงานมีขั้นตอนการทำดำเนินงานจำนวนเท่าใด
style	คือ เลือกสีให้กับลำดับงาน
Release date	คือ ลำดับงานนี้พร้อมจะทำงานเมื่อใด หรือเรียกว่า Ready
Time	
Processing Time	คือ ระยะเวลาในการดำเนินงาน
Due date	คือ วันกำหนดส่งมอบงาน
Status	คือ กำหนดระยะเวลาในการติดตั้งหรือเปลี่ยนเครื่องจักร โดย
จะมีตั้งแต่ A ถึง Z	
Weight	คือ น้ำหนักของงานแต่ละงานหรือความสำคัญของงานนั้นๆ

หลังจากนั้นทำการใส่ข้อมูลดังรูปที่ 2.5 จนครบจำนวนงาน 9 งานที่กำหนดขึ้น



รูปที่ 2.5 การกำหนดเงื่อนไขให้กับงาน

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อใส่เงื่อนไขให้กับงานจนครบทั้ง 9 งานแล้วจะปรากฏดังรูปที่ 2.6 เป็นตัวอย่างของการใส่งาน ซึ่งกรอบทางซ้ายมือจะแสดงจำนวนเครื่องจักรและเงื่อนไขของเครื่องจักร กรอบทางขวามือแสดงปริมาณงาน 9 งานที่กำหนดให้ทำการจัดตารางการผลิตพร้อมกับเงื่อนไขของงานนั้นๆ

ID	Weight	Rel.	Due	Pt. tm.	Stat.
01	1	0	18	13	A
02	1	0	18	7	A
03	1	0	18	7	A
04	1	0	18	7	A
05	1	0	18	7	A
06	1	0	18	7	A
07	1	8	26	11	A
08	1	8	26	3	A
09	1	8	26	7	A

รูปที่ 2.6 (ซ้าย) ปริมาณเครื่องจักรและ (ขวา) ปริมาณงานของการจัดตารางการผลิต

จากกรอบด้านขวามือของรูปที่ 2.6 สามารถอธิบายเพิ่มเติมโดยกำหนดให้ค่าต่างๆดังนี้

(1) ค่าน้ำหนักความสำคัญของงาน (Weight) เท่ากับ 1 เนื่องจากทุกงานมีความสำคัญเท่ากัน

(2) เวลาพร้อมของงาน (Release date) ให้งานที่ 25 ถึง 30 มีค่าเท่ากับ 0 คือ พร้อมเริ่มทำงาน และให้งานที่ 31 ถึง 33 มีค่าเท่ากับ 8 คือพร้อมเริ่มทำงานอีก 8 วัน

(3) เวลาส่งมอบงาน (Due date) ให้งานที่ 25 ถึง 30 มีค่าเท่ากับ 18 หมายถึงกำหนดส่งงานอีก 18 วันและให้งานที่ 31 ถึง 33 มีค่าเท่ากับ 26 หมายถึงกำหนดส่งงานอีก 26 วัน

(4) ระยะเวลาทำงาน (Processing Time) ให้งานที่ 25 มีระยะเวลาทำงาน 13 วัน งานที่ 26 ถึง 30 มีระยะเวลาทำงาน 7 วัน งานที่ 31 มีระยะเวลาทำงาน 11 วัน งานที่ 32 มีระยะเวลาทำงาน 3 วัน และงานที่ 33 มีระยะเวลาทำงาน 7 วัน

ขั้นตอนที่ 7 ทำการเลือกรูปแบบวิธีการจัดการการผลิตซึ่งจะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

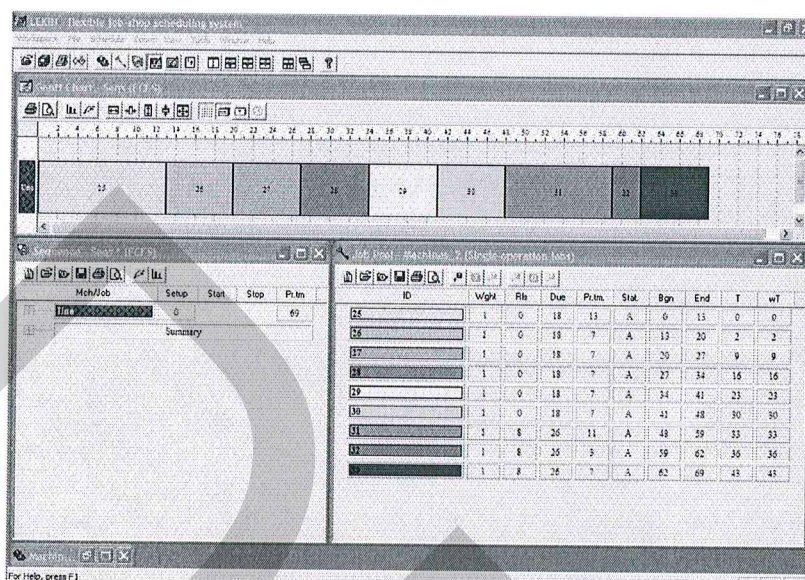
(1) วิธีการแจกจ่ายงานหรือกฎลำดับความสำคัญ เช่น EDD SPT LPT MST FCFS เป็นต้น

(2) วิธีฮิวริสติก (Heuristics) เช่น การย้ายคอขวดด้วยวิธีฮิวริสติก Local search Hybrid Method เป็นต้น

ในตัวอย่างนี้จะเลือกรูปแบบวิธีการจัดการการผลิตแบบ FCFS (First-Come-First-Serve) ในการแก้ปัญหาทางด้านดังกล่าวดังรูปที่ 2.7 และผลของการจัดการการผลิตแบบ FCFS ดังรูปที่ 2.8

ID	Wght	Rls	Due	Prtm	Stat
25	1	0	18	13	A
26	1	0	18	7	A
27	1	0	18	7	A
28	1	0	18	7	A
29	1	0	18	7	A
30	1	0	18	7	A
31	1	8	26	11	A
32	1	8	26	3	A
33	1	8	26	7	A

รูปที่ 2.7 วิธีการใช้การจัดการการผลิตแบบ FCFS



รูปที่ 2.8 ผลของการจัดตารางการผลิตแบบ FCFS (บน) แผนภาพแกรนด์ของการจัดตารางการผลิต (ซ้าย) ปริมาณเครื่องจักรและ (ขวา) ปริมาณงานของการจัดตารางการผลิต

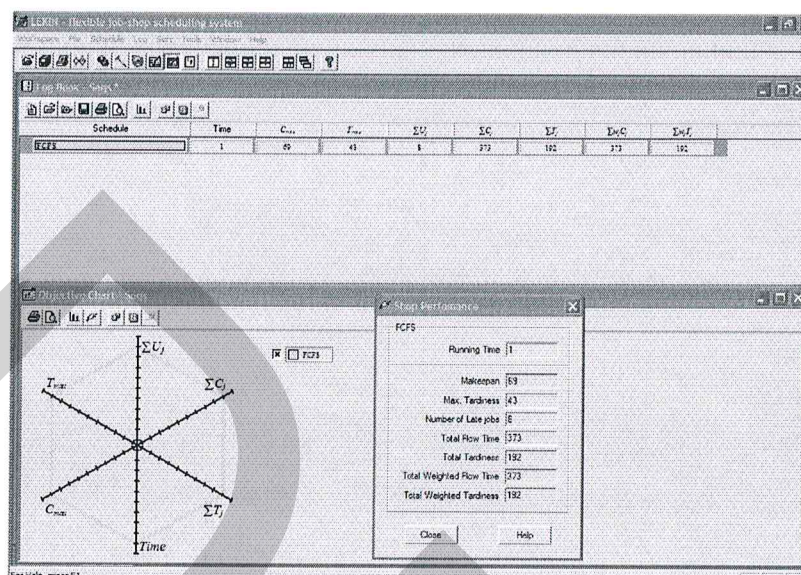
จากรูปที่ 2.8 สามารถแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 (รูปซ้าย) แสดงปริมาณเครื่องจักรที่ใช้เพียงหนึ่งเครื่อง เนื่องจากเป็นแบบจำลองของเครื่องจักรเดียวจึงใช้เครื่องจักรเพียงหนึ่งเครื่อง

ส่วนที่ 2 (รูปขวา) แสดงปริมาณงานของการจัดตารางการผลิตและรายละเอียดเพิ่มเติมของระยะเวลาการดำเนินงานรวมถึงระยะเวลาล่าช้า (Tardiness)

ส่วนที่ 3 (รูปบน) แสดงแผนภาพแกรนด์ของการจัดตารางการผลิตของงาน 9 งานซึ่งเรียงลำดับงานที่เข้ามาก่อนจะเลือกทำก่อนจากตัวอย่างงานสามารถเรียงลำดับตั้งแต่งานที่ 25 ถึงงานที่ 33

ขั้นตอนที่ 8 เมื่อได้รูปแบบการจัดตารางการผลิตแล้วนำไปหาค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ เช่น เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ความล่าช้า (Tardiness) ความล่าช้ารวม (Total Tardiness) เวลาสาย (Lateness) เวลาไหลของงาน (Flow Time) เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time) จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs) ดังรูปที่ 2.9

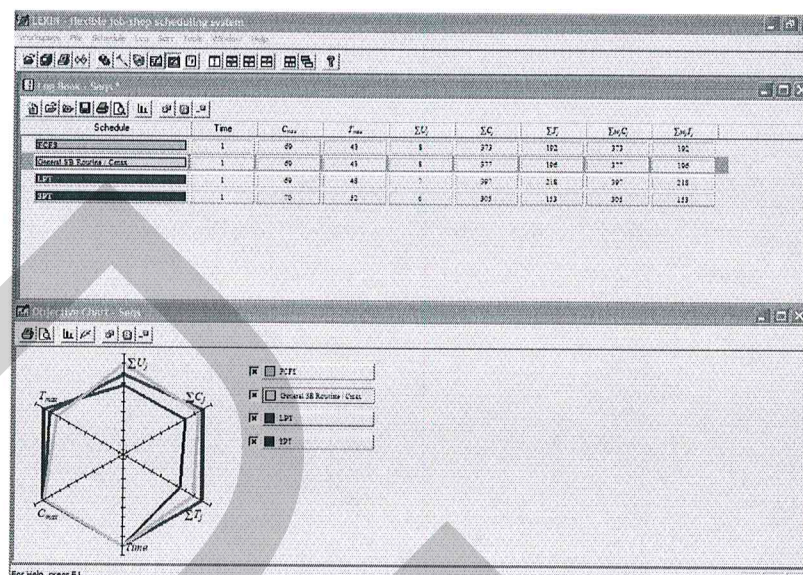


รูปที่ 2.9 คำนวณชี้วัดประสิทธิภาพ (บน) คำนวณชี้วัดประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดตารางการผลิตแบบ FCFS โดยจะเป็นค่าสัญลักษณ์ (ซ้าย) เป็นแผนภาพเรดาร์ (ขวา) คำนวณชี้วัดประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดตารางการผลิตแบบ FCFS โดยจะเป็นตัวเลขคำนวณผล

จากรูปที่ 2.9 ความหมายของสัญลักษณ์ต่างๆดังนี้

- (1) ค่าเวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) มีค่าเท่ากับ 69 คือเวลาที่ระบบทำงานขึ้นสุดท้ายเสร็จสิ้นเท่ากับ 69 วัน
- (2) เวลาล่าช้า (Tardiness, T_{max}) มีค่าเวลาล่าช้าเท่ากับ 43 วัน
- (3) จำนวนของงานที่สาย (Number of Late jobs) มีค่าเท่ากับ 8 งาน
- (4) เวลาการทำงาน of ระบบทั้งหมด (Total Flow Time) มีค่าเท่ากับ 373 วัน
- (5) เวลาล่าช้าทั้งหมด (Total Tardiness) มีค่าเท่ากับ 192 วัน

แผนภาพเรดาร์มีไว้สำหรับเปรียบเทียบกับรูปแบบการจัดตารางแบบอื่นๆ ดังรูปที่ 2.10 ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบผลค่านชี้วัดประสิทธิภาพของแต่ละวิธีการจัดตารางการผลิตโดยขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการจัดตารางการผลิตและจะนำไปสู่การเลือกใช้ค่านชี้วัดประสิทธิภาพที่เหมาะสม



รูปที่ 2.10 แผนภาพเรดาร์ที่เปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตกับแบบอื่นๆ

ในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม LEXIN นี้ในส่วนของการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรเดี่ยวเท่านั้น และจะใช้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ความล่าช้า (Tardiness) ความล่าช้ารวม (Total Tardiness) เวลาสาย (Lateness) เวลาไหลของงาน (Flow Time) เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time) จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs) ในการเปรียบเทียบหาความเหมาะสมของรูปแบบการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติที่นำเสนอ

2.3 เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Y. Guo, A. Lim, B. Rodrigues, S. Yu (2004) ศึกษาเกี่ยวกับการลดเวลาการทำงานทั้งหมดในเครื่องจักรเดี่ยวกับงานที่เข้ามาใหม่ โดยใช้การวิเคราะห์การทดลองซึ่งจะทำการพัฒนาขั้นตอนการจัดตารางการผลิตแบบแทรกงานครั้งเดียวไปเป็นการจัดตารางการผลิตแบบไม่แทรกงาน โดยรูปแบบแรกในการแทรกงานจะใช้กฎการจัดลำดับความสำคัญ Shortest Remaining Processing Time (SRPT) ซึ่งเครื่องจักรทำงานที่สั้นที่สุดและพร้อมที่สุดก่อนซึ่งจะเรียกวิธีการนี้ว่า Modified-PSW และทำการออกแบบการทดลองอย่างมีระบบ โดยมีตัวแปรคือ Performance metric parameters Factors และ Levels และจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพที่มีการสร้างขอบเขตล่างขึ้นใหม่ (New Lower Bound) ของ Modified-PSW มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า SRPT เนื่องจากการสร้างขอบเขตล่างขึ้นใหม่ถูก derived มาจาก SRPT และทำการเปรียบเทียบงานจำนวน 100 งาน มีประสิทธิภาพที่ดี ดังนั้นแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นมาสามารถที่จะตอบสนองสมมติฐานนี้ได้

Nong Ye, Xueping Li, Toni Farley, Xiaoyun Xu (2005) ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการจัดตารางการผลิตโดยลดเวลาแปรปรวนของเวลาคอยงานที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์และระบบเครือข่ายซึ่งนำเสนอวิธีการจัดตารางงาน 2 แบบเพื่อลดเวลาแปรปรวนของเวลาคอยงาน คือ Balanced Spiral (BS) และ Verified Spiral (VS) และทำการเปรียบเทียบกับวิธี First In First Out (FIFO) และ Shortest Processing Time (SPT) ซึ่งวิธีการ VS จะเป็นการปรับปรุงจากวิธีการของ E&C1.1 และ E&C1.2 โดยการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของงานที่เหลืออยู่ซึ่งจะเลือกตำแหน่งระหว่างงานที่จัดเป็นลำดับแรกและงานที่จัดเป็นลำดับสุดท้าย แล้วพิจารณาถึงเวลาคอยงานที่มีความแปรปรวนน้อยของงานที่พร้อมจะเริ่มจัดลำดับแล้วทำการจัดลำดับ ในส่วนของวิธีการ BS จะมีการคำนวณน้อยกว่าวิธีการ VS ซึ่งแทนที่จะทำการตรวจสอบในขั้นตอนที่ 2 ของวิธีการ VS แต่จะทำการจัดสมดุลของเวลาทั้งหมดของการทำงานจากลำดับทางซ้ายไปทางขวาซึ่งสามารถพัฒนาให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดแต่จะเฉพาะปัญหาขนาดเล็กเท่านั้น ซึ่งการคำนวณจะแสดงผลเป็นค่า Waiting Time Variance Deviation (WTVD) และค่า Waiting Time Mean Deviation (WTMD) ซึ่งปัญหาที่แบ่งเป็นปัญหาขนาดเล็กและปัญหาขนาดใหญ่ โดยที่เปรียบเทียบระหว่าง FIFO SPT E&C1.1 E&C1.2 VS และ BS พบว่าวิธีการ VS ดีที่สุด และในภาพรวมวิธีการ VS และ BS ดีกว่าวิธีการอื่นๆ

Xueping Li, Nong Ye, Tieming Liu, Yang Sun (2006) ศึกษาเกี่ยวกับการลดน้ำหนักการรอคอยงาน (Weight Waiting Time, WWT) ในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งน้ำหนักหนักของแต่ละงานมีความแตกต่างกัน ซึ่งอาศัยหลักการ V-Shape และแนวโน้ม นำหลักการดังกล่าวมาทำการพัฒนาขึ้นเพื่อให้ปัญหา WWT มีค่าที่ดีที่สุด และแบ่งกลุ่มความสัมพันธ์ที่ศึกษาเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) น้ำหนักของความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน (Positively Correlated Weight, PW) 2) น้ำหนักของความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางตรงข้าม (Negatively Correlated Weight, NW) และ 3) น้ำหนักของความสัมพันธ์เป็นไปแบบสุ่ม (Random Weight, RW) โดยทำการแทนค่าสูตรของ WWT (Weight Waiting Time Variances) ไปเป็น WTV (Waiting Time Variances) จะทำให้สามารถสร้างแบบจำลองได้ 2 แบบ คือ 1) Weighted Verified Spiral (WVS) และ 2) Weighted Simplified Spiral (WSS) และทำการเปรียบเทียบผลการศึกษากับวิธี First In First Out (FIFO) และ Weighted Shortest Processing Time (WSPT) ซึ่งการคำนวณจะแสดงผลเป็นค่า Weighted Waiting Time Variance Difference (WWTVD) และค่า Weighted Mean Waiting Time (WMWT) โดยแบ่งปัญหา 2 แบบ คือ ปัญหาขนาดเล็กใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด และปัญหาขนาดใหญ่ใช้วิธีการฮิวริสติก พบว่าวิธีการ WVS และ WSS จะให้คำตอบในเรื่อง WWTV ที่ดีกว่า FIFO และ WSPT และ WVS จะมีค่าที่ดีกว่า WSS ในกลุ่ม PW และ RW แต่ในกลุ่มของ NW วิธีการ WSS จะมีค่าที่ดีกว่า WVS ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้

ประเสริฐ อินประเสริฐ (2010) ได้เสนอรูปแบบการจัดตารางใหม่ในการส่งมอบสินค้าหรือบริการให้กับลูกค้า โดยรวมกฎการรวมเวลาดำเนินงานและวันกำหนดส่งเข้าด้วยกัน เรียกว่า MinsumPDD (Minimum Sum of Processing Time and Due Date) ทำการเรียงลำดับงานที่มีค่าน้อยไปสู่งานที่มีค่ามากจากผลรวมที่สร้างขึ้น โดยใช้ตัววัดประสิทธิภาพหลักคือ ความล่าช้า (Lateness) และตัววัดประสิทธิภาพรอง คือ เวลาไหลของงาน (Flow Time) ซึ่งตัวชี้วัดประสิทธิภาพทั้งสองต้องมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกฎการแจกจ่ายงานพื้นฐาน คือ SPT EDD MST และ Winkerson-Irwin ได้ผลการทดลองคือ กฎการรวมเวลามีผลรวมของงานล่าช้าและผลรวมเวลาไหลของงานทั้งหมดเท่ากับกฎของ Winkerson-Irwin คือ 32 และ 231 ตามลำดับ แต่วิธีการคำนวณค่านั้นง่ายกว่ากฎของ Winkerson-Irwin มาก

ในงานวิจัยที่กล่าวมาพบว่า มีการพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางการผลิตจากรูปแบบการจัดตารางการผลิตของเดิมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิตให้ดีขึ้น โดยจะทำการเปรียบเทียบกับกฎการจัดตารางการผลิตแบบอื่นๆ เช่น กฎการจัดลำดับความสำคัญ Shortest Remaining Processing Time (SRPT) วิธี First In First Out (FIFO) Shortest Processing Time (SPT) Weighted Shortest Processing Time (WSPT) หรือกฎของ Winkerson-Irwin ซึ่งใช้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิต เช่น Waiting Time Variance Deviation (WTVD) Waiting Time Mean Deviation (WTMD) Weighted Waiting Time Variance Difference (WWTVD) Weighted Mean Waiting Time (WMWT) ความล่าช้า (Lateness) และเวลาไหลของงาน (Flow Time) แล้วเสนอแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นั้น นำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการทำงาน จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยได้นำแนวความคิดเรื่องการนำเสนอแบบจำลองขึ้นมาใหม่ แล้วทำการเปรียบเทียบกับกฎการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ แล้วนำมาประเมินผลโดยใช้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพในการเลือกรูปแบบการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมกับกระบวนการทำงาน อีกทั้งในงานวิจัยบางท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับการลดความแปรปรวนของเวลาคอยงาน หรือการลดน้ำหนักการรอคอยงานโดยผู้วิจัยได้มองอีกมุมมองหนึ่ง ซึ่งตรงข้ามกับทฤษฎีโดยผู้วิจัยได้แนวคิดที่จะสามารถรอคอยงานให้ได้มากที่สุดเพื่อที่จะได้ทำการจัดตารางการผลิตได้พร้อมกันเมื่อมีระยะเวลาการดำเนินงานและสภาพการทำงานเหมือนกันทำให้สามารถลดระยะเวลาการทำงานที่ต้องต่อคิวกันได้ โดยที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และได้นำแนวคิดดังกล่าวนี้มาสร้างแบบจำลองและประยุกต์ใช้ เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ การสร้างเกณฑ์ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติและข้อมูลของโรงงานที่ทำการศึกษา โดยนำแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองที่นำเสนอให้มีความเหมาะสมกับกระบวนการทำงานทดสอบคุณสมบัติ

3.1 แบบจำลองและกรอบแนวคิดในการศึกษา

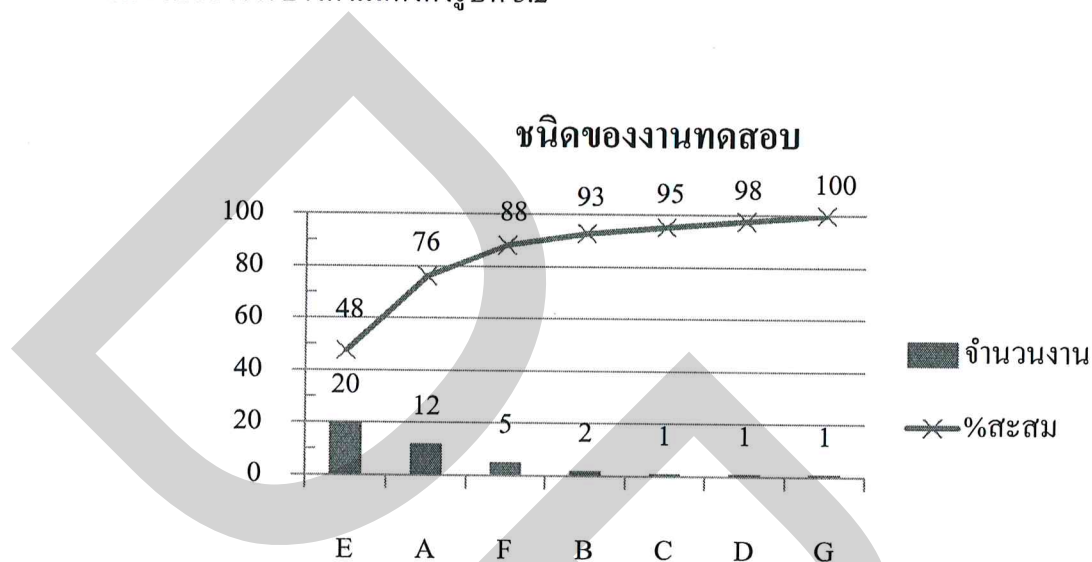
3.1.1 ข้อมูลในการศึกษา

เดือน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
DATE	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Machine																																
เดือน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
DATE	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Machine																																
เดือน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
DATE	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Machine																																

รูปที่ 3.1 ข้อมูลกระบวนการทดสอบคุณสมบัติตั้งแต่เดือน มกราคม 2553 ถึง มิถุนายน 2553

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติตั้งแต่เดือน มกราคม 2553 ถึง มิถุนายน 2553 ดังแสดงดังรูปที่ 3.1 โดยงานวิจัยนี้ได้เสนอแบบจำลองการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมเมื่อมีงานทดสอบคุณสมบัติมีมากขึ้น โดยได้ทำการเก็บข้อมูลย้อนหลังเพื่อสร้างแบบจำลองขึ้น โดยใช้ข้อมูลดังต่อไปนี้

3.1.1.1 ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมิถุนายน 2553 โดยจะเริ่มต้นการเก็บข้อมูลดังกล่าวเป็นชนิดของงานทดสอบ เพื่อตรวจสอบว่างานที่เข้ามาในกระบวนการทดสอบมีเงื่อนไขในการทดสอบอย่างไรบ้างดังแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ชนิดของงานทดสอบ

จากรูปที่ 3.2 ชนิดของงานทดสอบแต่ละประเภทซึ่งมีเงื่อนไขในการทดสอบคุณสมบัติที่แตกต่างกัน พบว่างาน E มีจำนวนที่เข้ามาทำการทดสอบมากที่สุดจำนวน 20 งาน และงาน A มีจำนวนงานทดสอบ 12 งาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะงานทดสอบทั้งสองงาน เพื่อทำการกำหนดเกณฑ์ในการรอกอยงานก่อนการทดสอบในหัวข้อต่อไป และงานทดสอบแต่ละประเภทมีระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติ (วัน)

งาน	ระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติ (วัน)
A	2
B	3
C	4
D	6
E	7
F	11
G	13

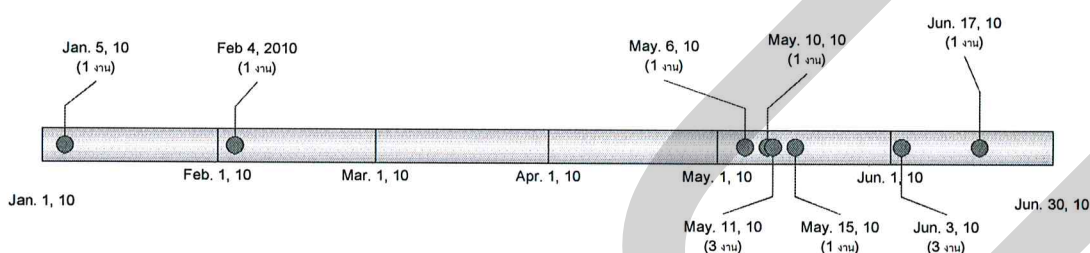
จากตารางที่ 3.1 เป็นระยะเวลาที่จะทำการทดสอบคุณสมบัติของงานแต่ละงาน โดยระยะเวลาในกระทดสอบคุณสมบัติ (วัน) มีเวลาดังค่าเครื่องจักรรวมกับระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติรวมอยู่ด้วยกัน เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานใช้เวลาอย่างมากในการตั้งค่าเครื่องจักรก่อนการทดสอบคุณสมบัติ

3.1.1.2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลงาน E มีระยะเวลาทดสอบ 7 วัน และงาน A มีระยะเวลาทดสอบ 2 วัน โดยแยกแต่ละชนิดของงานทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของงานทดสอบแต่ละงาน ดังนี้

(1) งาน A มีระยะเวลาทดสอบ 2 วัน จากข้อมูล que ศึกษาพบว่า มีงานที่ใช้ระยะเวลาทดสอบทั้งหมด 12 งาน โดยสามารถแบ่งเป็น

- 1) มีเพียงงานเดียวต่อหนึ่งวัน เป็นจำนวน 6 งาน
- 2) มีงานที่เข้ามาพร้อมกัน 3 งาน เป็นจำนวน 2 ครั้ง

จากข้อมูลของงาน A ยังพบว่าในวันที่ 6 พ.ค. ถึงวันที่ 15 พ.ค. ซึ่งมีความถี่ของงานมาก เป็นจำนวน 6 งานใน 10 วัน มีระยะห่างในการรับงานเป็นเวลา 4 วัน จึงกำหนดให้งาน A ซึ่งมีระยะเวลาทดสอบ 2 วัน ให้ทำการรอกอยงานก่อนการทดสอบคุณสมบัติเป็นเวลา 4 วันก่อนการทดสอบดังรูปที่ 3.3

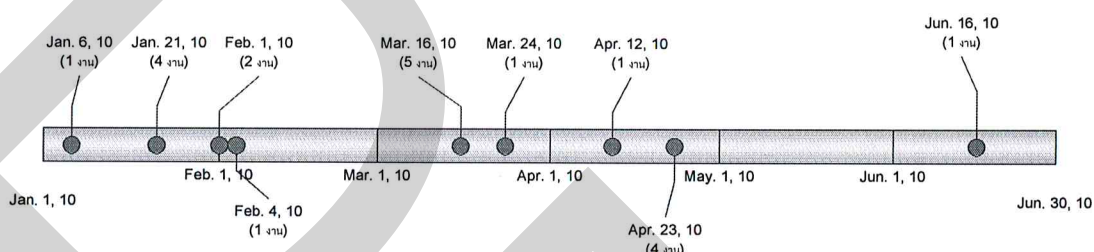


รูปที่ 3.3 ระยะเวลาทดสอบ 2 วัน

(2) งาน E มีระยะเวลาทดสอบ 7 วัน จากข้อมูล que ศึกษาพบว่า มีงานที่ใช้ระยะเวลาทดสอบทั้งหมด 20 งาน โดยสามารถแบ่งเป็น

- 1) มีเพียงงานเดียวต่อหนึ่งวัน เป็นจำนวน 5 งาน
- 2) มีงานที่เข้ามาพร้อมกัน 2 งาน เป็นจำนวน 1 ครั้ง
- 3) มีงานที่เข้ามาพร้อมกัน 4 งาน เป็นจำนวน 2 ครั้ง
- 4) มีงานที่เข้ามาพร้อมกัน 5 งาน เป็นจำนวน 1 ครั้ง

จากข้อมูลของงาน E พบว่าระยะห่างของงานที่เข้ามาทำการทดสอบโดยส่วนมากจะเกิน 7 วัน ซึ่งเกินระยะเวลาในการทดสอบ แต่เมื่อพิจารณาจากข้อมูลดังกล่าวมีเพียงครั้งเดียวคือวันที่ 1 ก.พ. ถึงวันที่ 4 ก.พ. ที่มีระยะห่างในการรับงาน 3 วัน และจากการพิจารณาทั้งจากระยะเวลาทดสอบและความถี่เปลี่ยนแปลงในการใช้งานเครื่องจักร จึงกำหนดให้งาน E ซึ่งมีระยะเวลาทำงาน 7 วัน ให้ทำการรอคอยงานก่อนการทดสอบคุณสมบัติเป็นเวลา 3 วันก่อนทดสอบดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ระยะเวลาทดสอบ 7 วัน

จากการเก็บข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วทั้งงาน A งาน E จึงทำการแบ่งการทดสอบได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้

(1) กลุ่มที่ใช้ระยะเวลาทดสอบสั้น คืองาน A B C จะกำหนดให้ทำการรอคอยงานก่อนการทดสอบเป็นเวลา 4 วัน

(2) กลุ่มที่ใช้ระยะเวลาทดสอบนาน คืองาน D E F G จะกำหนดให้ทำการรอคอยงานก่อนการทดสอบเป็นเวลา 3 วันนั้นสรุปได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จำนวนวันในการรอคอยงานก่อนการทดสอบคุณสมบัติ (วัน)

งาน	ระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติ (วัน)	จำนวนวันในรอคอยงานก่อนการทดสอบคุณสมบัติ (WT_j)
A	2	4
B	3	4
C	4	4
D	6	3
E	7	3
F	11	3
G	13	3

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างเกณฑ์ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีที่เหมาะสม โดยใช้ข้อมูลดังที่กล่าวมาแล้วกำหนดเป็นเกณฑ์ในการจัดลำดับการทดสอบคุณสมบัติสีดังขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1. ทำการรอกอยงานตามเกณฑ์ดังนี้

(1) เมื่อมีงาน A หรือ B หรือ C เข้ามาในกระบวนการทดสอบให้ทำการรอกอยงานก่อนการทดสอบคุณสมบัติสีหรือเวลาคอย (Waiting Time, WT_j) เป็นระยะเวลา 4 วัน นับตั้งแต่ได้รับงาน

(2) หรือเมื่อมีงาน D หรือ E หรือ F หรือ G เข้ามาในกระบวนการทดสอบให้ทำการรอกอยงานก่อนการทดสอบคุณสมบัติสีหรือเวลาคอย (Waiting Time, WT_j) เป็นระยะเวลา 3 วัน นับตั้งแต่ได้รับงาน

ขั้นตอนที่ 2. ทำการทดสอบโดยพิจารณาจากเวลาพร้อมเริ่มงาน (Ready Time, r_j) ที่น้อยที่สุดก่อน และจะรองานตามเวลาคอย (Waiting Time, WT_j) ถ้าระหว่างเวลาคอยงานมีงานทดสอบที่ใช้เวลาในการทดสอบคุณสมบัติสีเท่ากัน ให้นำงานใหม่นั้นคอยงานตามเวลาคอยของงานแรกและเมื่อครบกำหนดเวลาคอยของงานแรก ให้นำงานแรกและงานใหม่นั้นทำการทดสอบพร้อมกันได้ และใช้งานแรกในการคำนวณค่าต่างๆ ยกเว้นการคำนวณจำนวนงานสาย (ถ้างานใหม่ที่เข้ามาระหว่างเวลาคอยงานของงานแรกใช้ระยะเวลาไม่เท่ากันแล้ว ให้นำงานใหม่นั้นคอยงานตามเกณฑ์ที่กำหนดต่อไป)

(1) ถ้าเวลาพร้อมเริ่มงาน (Ready Time, r_j) มีค่าเท่ากัน (มีงานเข้ามาพร้อมกันหรือวันเดียวกัน) จะต้องพิจารณาที่เวลาคอย (Waiting Time, WT_j) ที่น้อยที่สุดตามเกณฑ์ก่อน

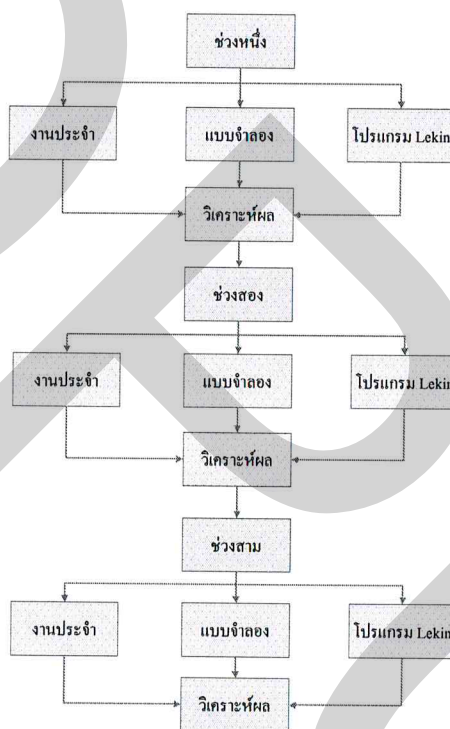
(2) ถ้าเวลาคอยงาน (Waiting Time, WT_j) มีค่าเท่ากัน ให้พิจารณาระยะเวลากระบวนการทำงานที่มากที่สุดเลือกทำก่อน

(3) การคำนวณค่าต่างๆ ให้อ้างอิงจากงานแรกที่มีเวลาคอยงานก่อน แต่ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพในส่วนของจำนวนงานที่สายให้คิดตามเวลาเสร็จจริงจากการคำนวณและวันส่งจริงสามารถเขียนเป็นสมการเบื้องต้นได้ดังนี้

รอบที่ 1	$C_0 + r^*_1 + P_1$	=	C_1 ให้ $C_0 = 0$
รอบที่ 2	$C_1 + r^*_2 + P_2$	=	C_2 ถ้า $r_n + WT_n \leq C_{n-1}$ แล้ว $r^*_n = 0$
·	·	·	·
·	·	·	·
·	·	·	·
รอบที่ n	$C_{n-1} + r^*_n + P_n$	=	C_n

ขั้นตอนที่ 3. นำรูปแบบการจัดการตารางกระบวนการทดสอบคุณสมบัติสินี้ ไปทำการเปรียบเทียบกับกฎการจัดลำดับความสำคัญหรือกฎการแจกจ่ายงาน คือ EDD SPT LPT FCFS MST พร้อมกับวิธีการฮิวริสติกแบบย้ายคอขวด (Shifting Bottleneck Heuristics) เพื่อทดสอบกับแบบจำลองที่ผู้วิจัยนำเสนอว่ามีความแตกต่างอย่างไรบ้าง

3.1.2 กรอบแนวคิดในการศึกษา



รูปที่ 3.5 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

จากรูปที่ 3.5 ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งแนวคิดในการศึกษาเป็น 3 ช่วงการศึกษา ซึ่งจะประกอบไปด้วย

(1) ช่วงหนึ่ง ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน 2553 โดยเลือกเดือนที่มีปริมาณของงานที่เข้ามาทำการทดสอบที่ไม่ต่อเนื่องหรือเป็นอิสระจากเดือนก่อนหน้า เพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบระหว่างงานประจำและแบบจำลองที่สร้างได้อย่างชัดเจน ต่อจากนั้นทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติสินี้ของแบบจำลองที่สร้าง ขึ้นตอนต่อไปทำการเปรียบเทียบกับงานประจำ และกฎการจัดลำดับความสำคัญในโปรแกรม Lekin

(2) ช่วงสอง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม 2553 โดยเลือกเดือนที่มีปริมาณงานของงานที่เข้ามาทำการทดสอบที่ไม่ต่อเนื่องหรือเป็นอิสระจากเดือนก่อนหน้า เพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบระหว่างงานประจำและแบบจำลองที่สร้างได้อย่างชัดเจน ต่อจากนั้นทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดการการทดสอบคุณสมบัติของแบบจำลองที่สร้างขึ้นตอนต่อไปทำการเปรียบเทียบกับงานประจำ และกฎการจัดความสำคัญในโปรแกรม Legin

(3) ช่วงสาม ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนตุลาคม 2553 โดยใช้ข้อมูลจากงานทั้งหมดที่ได้รับมอบหมายให้ทำการทดสอบคุณสมบัติ

3.2 ตัวแปรในงานวิจัย

3.2.1 ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ คือ การจัดการการทดสอบคุณสมบัติ

3.2.2 ตัวแปรตาม คือ

3.2.2.1 เครื่องจักรทำการทดสอบคุณสมบัติได้อย่างต่อเนื่อง

3.2.2.2 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดการการทดสอบคุณสมบัติ เช่น เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ความล่าช้า (Tardiness) ความล่าช้ารวม (Total Tardiness) เวลาสาย (Lateness) เวลาไหลของงาน (Flow Time) เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time) จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)

3.3 กลุ่มประชากรของงานวิจัย

3.3.1 เครื่องจักรสำหรับทดสอบคุณสมบัติ

3.3.2 พนักงานที่ทำการทดสอบคุณสมบัติ

3.3.3 ชิ้นงานที่ต้องการทดสอบคุณสมบัติ

3.4 การศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงาน

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการจัดการการทดสอบคุณสมบัติ ในอุตสาหกรรมสีพ่นพลาสติก ซึ่งอยู่ในส่วนของแผนกประเมินและควบคุมคุณภาพ ซึ่งขึ้นกับส่วนประเมินคุณภาพและควบคุมกระบวนการ ในฝ่ายวิศวกรรม โดยได้ศึกษาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.4.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

โครงสร้างของโรงงานจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักในด้านการผลิตคือ ฝ่ายของวิศวกรรมและฝ่ายโรงงาน

ฝ่ายวิศวกรรมจะประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ คือ

- (1) ส่วนออกแบบเจดตี
- (2) ส่วนบริการทางด้านเทคนิค
- (3) ส่วนควบคุมระบบ
- (4) ส่วนประเมินคุณภาพและควบคุมกระบวนการ

ฝ่ายโรงงานจะประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ คือ

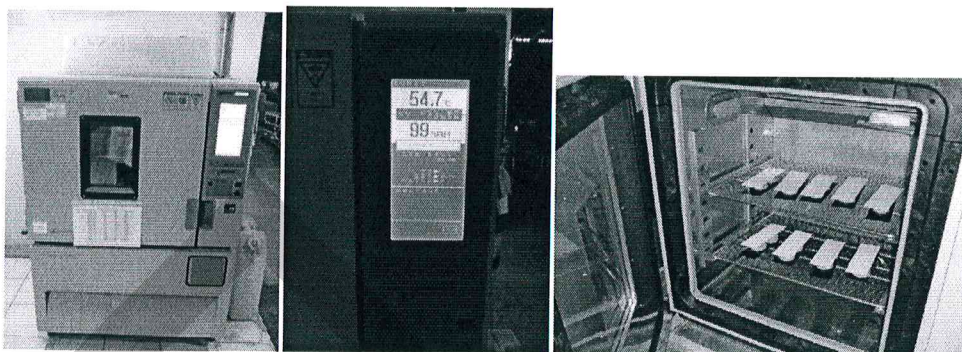
- (1) ส่วนผลิต
- (2) ส่วนควบคุมคุณภาพ
- (3) ส่วนประกันคุณภาพ
- (4) ส่วนคลังสินค้า

3.4.2 รายละเอียดของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติสี

ในการดำเนินการทดสอบคุณสมบัติสีนั้นจะสังกัดอยู่กับแผนกประเมินและควบคุมคุณภาพ มีหน้าที่ที่จะดำเนินการทดสอบคุณสมบัติสีซึ่งพ่นสีลงบนชิ้นงานของลูกค้า (Actual Part) หรือชิ้นงานที่ทางบริษัททำการพ่นสีเอง (Plate) โดยขั้นตอนก่อนการทดสอบคุณสมบัติสีนั้นลูกค้าจะร้องขอให้ดำเนินการทดสอบคุณสมบัติสีเพื่อตรวจสอบและยืนยันผลว่า สีที่ทำการส่งมอบให้กับลูกค้านั้นมีคุณสมบัติตรงตามที่ลูกค้ากำหนด โดยที่ลูกค้าจะเป็นผู้กำหนดมาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติสี เช่น มาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติสีของโตโยต้า ฮอนด้า อิซูซุ มาสด้า นิสสัน เป็นต้น แต่ทางแผนกประเมินและควบคุมคุณภาพจะเป็นผู้กำหนดระยะเวลาในการส่งมอบให้กับลูกค้านั้นๆ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระบบคุณภาพ (ISO 9001:2008) เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด ตามนโยบายบริหารของบริษัท

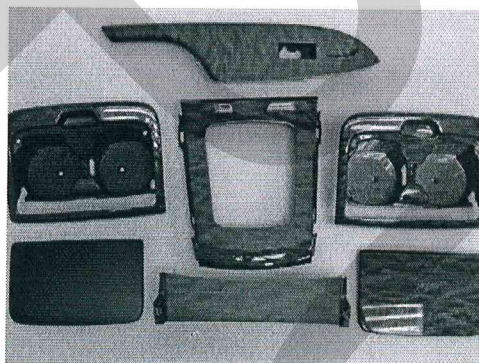
3.4.3 รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องจักร

เครื่องจักรที่จะทำการศึกษานั้นเป็นเครื่องจักรที่สามารถกำหนดเงื่อนไขในการทดสอบได้และเป็นเครื่องเดียวของทางแผนกประเมินและควบคุมคุณภาพ เครื่องจักรนี้เป็นเครื่องจำลองสภาวะภายนอกเช่น สามารถกำหนดอุณหภูมิ (Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) และสามารถที่จะกำหนดระยะเวลารวมถึงตั้งเวลาเป็นแบบ Cycle time ได้ ซึ่งเป็นหนึ่งในเงื่อนไขที่กำหนดอยู่ในมาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติสีของลูกค้า โดยที่การตั้งค่าของเครื่องนั้นใช้เวลาไม่นานจึงทำให้เวลาการตั้งเครื่องนั้นสามารถรวมอยู่ในระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติสีได้ดังรูปที่



รูปที่ 3.6 (ซ้าย) เครื่องจักรที่ใช้ในการศึกษา (กลาง) แผงควบคุมของเครื่องจักรที่ใช้ในการศึกษา (ขวา) ภายในเครื่องจักรที่ใช้ในการศึกษา

จากรูปที่ 3.6 ด้านขวานั้นจะมีชิ้นงานที่ใช้ในกระบวนการทดสอบคุณสมบัติสีอยู่ในเครื่องทดสอบแล้ว ซึ่งชิ้นงานทดสอบก็จะมีรูปทรงที่แตกต่างกันไปตามการใช้งานดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ชิ้นงานที่ทำการทดสอบคุณสมบัติสี

3.4.4 ปัญหาที่พบ

ในการทดสอบคุณสมบัติสีในอดีตมีงานที่จะต้องทำการทดสอบยังมีไม่มาก จากสถานะทางเศรษฐกิจและสถานะการขยายตัวของบริษัท จึงยังไม่จำเป็นที่จะต้องทำการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีเป็นผลทำให้การทดสอบคุณสมบัติสีนั้นไม่มีมาตรฐานในการจัดตารางการทดสอบ แต่ปัจจุบันพบว่าช่วงเศรษฐกิจที่ขยายตัวมากขึ้นงานที่จะต้องทำการทดสอบคุณสมบัติสีมีเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีผลทำให้จำเป็นที่จะต้องนำแนวคิดเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตมาทำการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสี เพื่อที่จะทำให้เครื่องจักรที่มีเพียงเครื่องเดียวนี้มีประสิทธิภาพและดำเนินการทดสอบคุณสมบัติสีภายใต้เงื่อนไขเดียวกันให้ได้มากที่สุด

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการวิจัยและการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากเครื่องทดสอบคุณสมบัติสี เพื่อทำการศึกษาถึงพฤติกรรมของงานที่เข้ามาทำการทดสอบคุณสมบัติสี ลำดับต่อไปทำการสร้างแบบจำลองขึ้นใหม่เพื่อให้กระบวนการทำงานมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างงานที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน และกฎการจัดตารางการผลิตที่อยู่ในโปรแกรม Lekin ซึ่งใช้ข้อมูลของงานทดสอบตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2553 (ช่วงที่หนึ่ง) มีจำนวนทั้งหมด 42 งาน และข้อมูลของงานทดสอบตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2553 (ช่วงที่สอง) มีจำนวนทั้งหมด 37 งาน และข้อมูลของงานทดสอบตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม 2553 (ช่วงที่สาม) รวมทั้งสิ้น 79 งาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- (1) การศึกษาช่วงหนึ่ง (ตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน 2553) ประกอบด้วย
 - 1) เดือนมกราคม มีจำนวนงานทั้งหมด 7 งาน
 - 2) เดือนกุมภาพันธ์ มีจำนวนงานทั้งหมด 7 งาน
 - 3) เดือนมีนาคม มีจำนวนงานทั้งหมด 9 งาน
 - 4) เดือนเมษายน มีจำนวนงานทั้งหมด 5 งาน
 - 5) เดือนพฤษภาคม มีจำนวนงานทั้งหมด 9 งาน
 - 6) เดือนมิถุนายน มีจำนวนงานทั้งหมด 5 งาน
- (2) การศึกษาช่วงที่สอง (ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2553) ประกอบด้วย
 - 1) เดือนกรกฎาคม มีจำนวนงานทั้งหมด 14 งาน
 - 2) เดือนสิงหาคม มีจำนวนงานทั้งหมด 3 งาน
 - 3) เดือนกันยายน มีจำนวนงานทั้งหมด 13 งาน
 - 4) เดือนตุลาคม มีจำนวนงานทั้งหมด 7 งาน
- (3) การศึกษาช่วงที่สาม (ตั้งแต่เดือนมกราคม-ตุลาคม 2553) มีจำนวนงานทั้งหมด 79

งาน

ตารางที่ 4.1 จำนวนงานที่ทำการทดสอบคุณสมบัติ

	การศึกษาช่วงที่สาม									
	การศึกษาช่วงที่หนึ่ง						การศึกษาช่วงที่สอง			
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
จำนวนงาน	7	7	9	5	9	5	14	3	13	7

4.1.1 การศึกษาช่วงที่หนึ่ง (ตั้งแต่เดือนมกราคม – มิถุนายน)

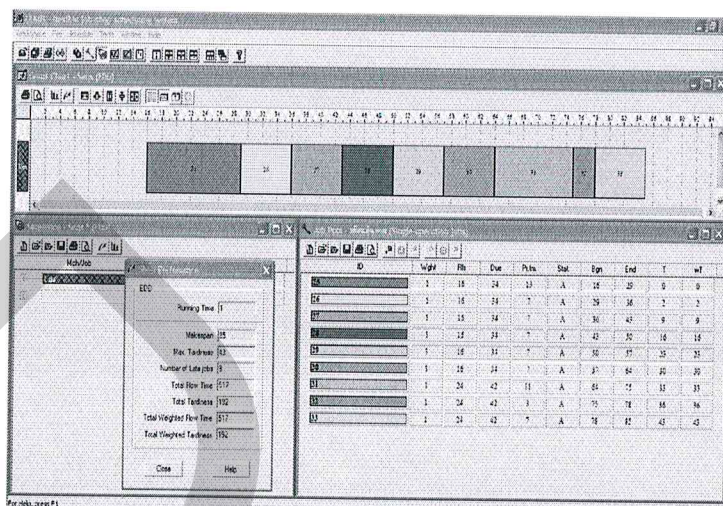
ในการศึกษาช่วงที่หนึ่งผู้วิจัยได้เลือกเดือนที่มีจำนวนงานที่มากที่สุดมา 2 เดือน คือ เดือนมีนาคมและเดือนพฤษภาคม 2553 เพื่อทำการเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพระหว่างงานประจำ แบบจำลองที่สร้างขึ้น และกฎการแจกจ่ายงานในโปรแกรม Lekin ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1.1 การศึกษาเดือนมีนาคม

ข้อมูลของงานทดสอบในเดือนมีนาคมมีจำนวนงานที่ทำการทดสอบคุณสมบัติทั้งหมด 9 งาน โดยเริ่มจากงานที่ 25 ถึงงานที่ 33 ในวันที่ 16 มีนาคม มีงานที่เข้ามาในกระบวนการทดสอบจำนวนทั้งหมด 6 งานซึ่งเป็นงานที่ใช้ระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติ 13 วัน จำนวน 1 งาน ส่วนงานที่เหลือทั้งหมดมีระยะเวลาทดสอบคุณสมบัติ 7 วัน โดยมีระยะเวลาดำหนดส่งงานในวันที่ 3 เมษายน พิจารณางานต่อไปในวันที่ 24 มีนาคม มีงานที่เข้าในกระบวนการทดสอบจำนวนทั้งหมด 3 งาน มีงานที่ใช้ระยะเวลาทดสอบคุณสมบัติที่แตกต่างกันคือ ระยะเวลาทดสอบคุณสมบัติ 11 วัน 3 วัน และ 7 วันตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติของเดือนมีนาคม

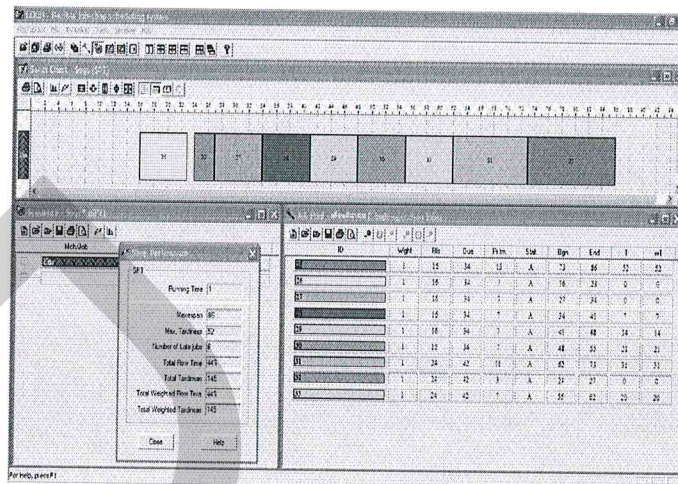
งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)
25	16	13	34
26	16	7	34
27	16	7	34
28	16	7	34
29	16	7	34
30	16	7	34
31	24	11	42
32	24	3	42
33	24	7	42



รูปที่ 4.3 การจัดตารางแบบ EDD (เดือนมีนาคม)

จากผลการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบ EDD โดยใช้โปรแกรม Legin ค่าความล่าช้าที่วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 3 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ EDD คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 85 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 43 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 8 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติโดยรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 517 วัน และความล่าช้าโดยรวมทั้งหมด (Total Tardiness) 192 วัน

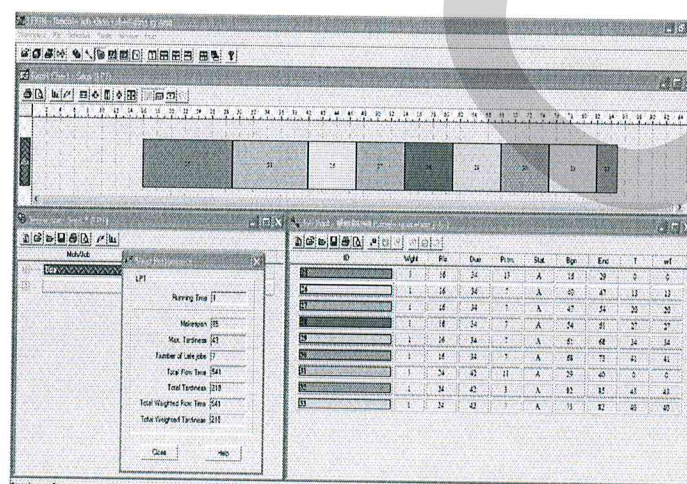
ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.2 ทำการจัดตารางแบบ SPT โดยใช้โปรแกรม Legin ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติซึ่งเรียงงานที่ใช้ระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติจากน้อยไปมากตามทฤษฎีการจัดตารางแบบ SPT ได้ผลดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การจัดการตารางแบบ SPT (เดือนมีนาคม)

จากผลการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบ SPT โดยใช้โปรแกรม Lekin คำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 4 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ SPT คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 86 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 52 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 6 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติรวมทั้งรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 449 วัน และความล่าช้ารวมทั้งรวมทั้งหมด (Total Tardiness) 145 วัน

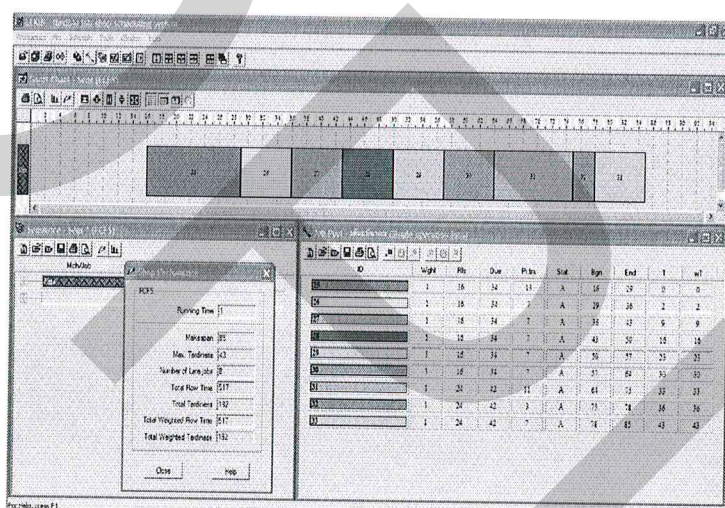
ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.2 ทำการจัดการตารางแบบ LPT โดยใช้โปรแกรม Lekin ในการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติซึ่งเรียงงานที่ใช้ระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติจากมากไปน้อยตามทฤษฎีการจัดการตารางแบบ LPT ได้ผลดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การจัดการตารางแบบ LPT (เดือนมีนาคม)

จากผลการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบ LPT โดยใช้โปรแกรม Legin คำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 5 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ LPT คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 85 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 43 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 7 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติโดยรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 541 วัน และความล่าช้ารวมทั้งรวม (Total Tardiness) 218 วัน

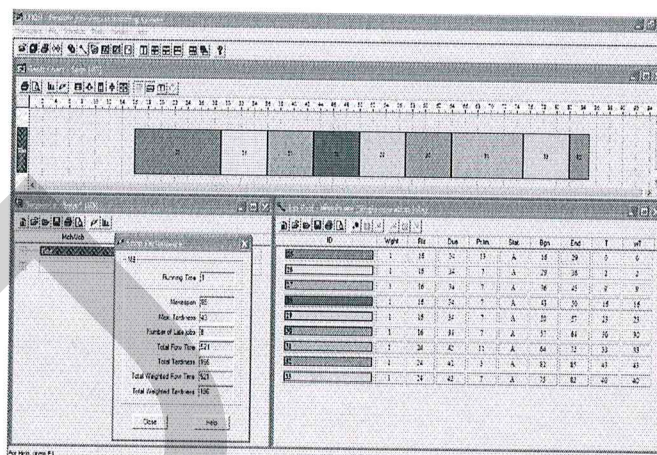
ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.2 ทำการจัดตารางแบบ FCFS โดยใช้โปรแกรม Legin ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติ ซึ่งใช้หลักการที่งานเข้ามาในกระบวนการทดสอบก่อนทำการทดสอบคุณสมบัติก่อนตามทฤษฎีการจัดตารางแบบ FCFS ได้ผลดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การจัดตารางแบบ FCFS (เดือนมีนาคม)

จากผลการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบ FCFS โดยใช้โปรแกรม Legin คำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 6 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ FCFS คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 85 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 43 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 8 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติโดยรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 517 วัน และความล่าช้ารวมทั้งรวม (Total Tardiness) 192 วัน

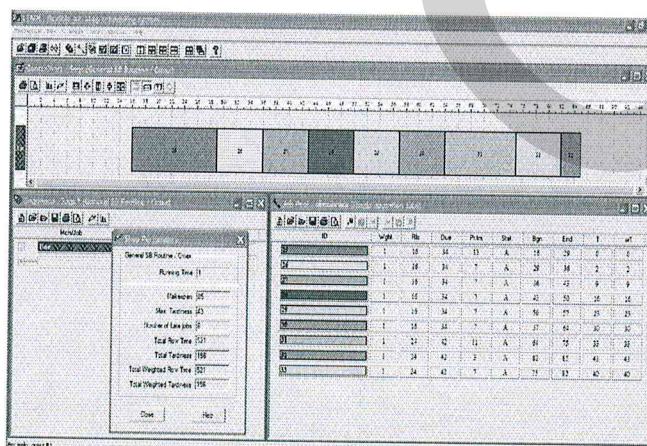
ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.2 ทำการจัดตารางแบบ MST โดยใช้โปรแกรม Legin ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติซึ่งใช้หลักการให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาหย่อน (Slack time) น้อยที่สุดก่อนตามทฤษฎีการจัดตารางแบบ MST ได้ผลดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การจัดการวางแผน MST (เดือนมีนาคม)

จากผลการจัดการวางแผนทดสอบคุณสมบัติแบบ MST โดยใช้โปรแกรม Legin คำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 7 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ MST คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 85 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 43 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 8 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติโดยรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 521 วัน และความล่าช้ารวมทั้งรวมทั้งหมด (Total Tardiness) 196 วัน

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.2 ทำการจัดการวางแผน Shift Bottleneck Heuristic โดยใช้โปรแกรม Legin ในการจัดการวางแผนทดสอบคุณสมบัติโดยใช้หลักการที่คำนึงถึงเวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) ให้มีค่าน้อยที่สุดก่อนตามทฤษฎีการจัดการวางแผน Shift Bottleneck Heuristic โดยให้ความสำคัญกับเวลาปิดงานของระบบได้ผลดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การจัดการวางแผน Shift Bottleneck Heuristic (เดือนมีนาคม)

จากผลการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบ Shift Bottleneck Heuristic โดยใช้โปรแกรม Legin คำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 8 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ Shift Bottleneck Heuristic คือ เวลาปิดงานของระบบ (C_{max}) 85 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 43 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 8 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทั้งหมด (Total Flow Time) 521 วัน และความล่าช้าทั้งหมด (Total Tardiness) 196 วัน

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆ (เดือนมีนาคม)

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	งานประจำ	แบบจำลอง	EDD	SPT	LPT	FCFS	MST	SB-HEURISTIC
เวลาปิดงานของระบบ (C_{max})	50	53	85	86	85	85	85	85
ความล่าช้า (Tardiness, T_{max})	8	11	43	52	43	43	43	43
จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)	7	7	8	6	7	8	8	8
เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time)	162	174	517	449	541	517	521	521
ความล่าช้ารวม (Total Tardiness)	15	24	192	145	218	192	196	196

จากตารางที่ 4.3 ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลของกฎการจัดลำดับความสำคัญของแบบจำลองที่สร้างขึ้นและงานประจำ พบว่า งานประจำที่ทำการทดสอบคุณสมบัติในปัจจุบันมีดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ตามด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้น และการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบอื่นๆ ในโปรแกรม Legin ที่ทำการเปรียบเทียบกัน

เนื่องจากตามทฤษฎีการจัดตารางงานของเครื่องจักรเดี่ยวคือให้เครื่องจักรต้องทำงานได้เพียงงานเดียว แต่จากผลการคำนวณของโปรแกรมนั้นไม่สามารถที่จะทำให้งานที่มีเงื่อนไขเดียวกันทำการทดสอบพร้อมกันได้ตามทฤษฎี ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้จัดเรียงข้อมูลในตารางที่ 4.2 ใหม่ และทำการคำนวณ โดยรวมงานที่มีเงื่อนไขเดียวกันเป็นหนึ่งงาน ซึ่งขั้นตอนต่อไปถ้ามีงานเข้ามาใหม่ในช่วงเวลาที่ยังมีเงื่อนไขเดียวกันให้นำไปทดสอบพร้อมกันได้ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติของเดือนมินาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, p_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)
25	16	13	34
26 – 30	16	7	34
31	24	11	42
32	24	3	42
33	24	7	42

จากตารางที่ 4.4 ผู้วิจัยทำการจัดเรียงงานใหม่โดยรวมงานที่ 26-30 ซึ่งมีเงื่อนไขเดียวกันเข้าไว้ด้วยกัน ต่อจากนั้นทำการเปรียบเทียบกับโปรแกรม Lekin โดยใช้การจัดตารางแบบ EDD SPT LPT FCFS MST และ Shift Bottleneck Heuristic

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.4 ทำการจัดตารางแบบ EDD โดยใช้โปรแกรม Lekin ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติ ซึ่งงานที่ 33 เป็นงานที่โปรแกรมไม่สามารถรวมงานที่มีเงื่อนไขเดียวกันเข้าไว้ด้วยกันได้

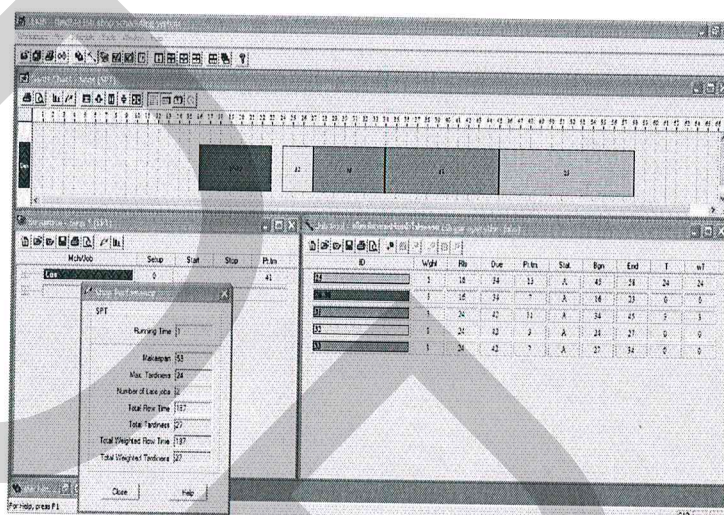
ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการรวมงานขึ้นใหม่ได้ผลดังนี้คืองานที่ 25 จะเข้าทำการทดสอบคุณสมบัติก่อน หลังจากนั้นจะเป็นงานที่ 26-30 และงานที่ 33 ซึ่งมีเงื่อนไขเดียวกันเข้าทำการทดสอบพร้อมกัน ต่อจากนั้นจะเป็นงานที่ 31 และงานที่ 32 ตามลำดับดังรูปที่ 4.9

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
MO																															
งานที่																															

รูปที่ 4.9 การจัดตารางแบบ EDD เดือนมินาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

จากผลการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบ EDD ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 9 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ EDD คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 50 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 8 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 7 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 162 วัน และความล่าช้ารวมทั้งหมด (Total Tardiness) 15 วัน

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.4 ทำการจัดตารางแบบ SPT โดยใช้โปรแกรม Legin ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติ ซึ่งจะทำให้การรวมงานที่ 26-30 เข้าด้วยกันเนื่องจากมีเงื่อนไขในการทดสอบคุณสมบัติเดียวกัน ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การจัดตารางแบบ SPT เดือนมีนาคม(ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

จากผลการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบ SPT โดยใช้โปรแกรม Legin คำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 10 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ SPT คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 58 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 24 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 2 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 187 วัน และความล่าช้ารวมทั้งหมด (Total Tardiness) 27 วัน

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.4 ทำการจัดตารางแบบ LPT โดยใช้โปรแกรม Legin ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติ ซึ่งงานที่ 33 เป็นงานที่โปรแกรมไม่สามารถรวมงานที่มีเงื่อนไขเดียวกันเข้าไว้ด้วยกันได้

ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการรวมงานขึ้นใหม่ได้ผลดังนี้คืองานที่ 25 จะเข้าทำการทดสอบคุณสมบัติก่อน ต่อจากนั้นจะเป็นงานที่ 31 ลำดับต่อไปเป็นงานที่ 26-30 และงานที่ 33 ซึ่งมีเงื่อนไขเดียวกันเข้าทำการทดสอบพร้อมกัน และสุดท้ายงานที่ 32 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.11

		ปีมกราคม																							ปีมกราคม																																							
DATE	JOB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19													
																																		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19												
LPT																																																																
	25-30																																																															
	31-33																																																															

รูปที่ 4.11 การจัดการตารางการผลิตแบบ LPT เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

จากผลการจัดการตารางทดสอบคุณสมบัติระบบ LPT ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 11 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ LPT คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 50 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 13 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 6 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติโดยรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 166 วัน และความล่าช้ารวมทั้งหมด (Total Tardiness) 21 วัน

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.4 ทำการจัดการตารางแบบ FCFS โดยใช้โปรแกรม Lakin ในการจัดการตารางทดสอบคุณสมบัติ ซึ่งงานที่ 33 เป็นงานที่โปรแกรมไม่สามารถรวมงานที่มีเงื่อนไขเดียวกันเข้าไว้ด้วยกันได้

ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการรวมงานชิ้นใหม่ได้ผลดังนี้คืองานที่ 25 จะเข้าทำการทดสอบคุณสมบัติก่อน ต่อจากนั้นจะเป็นงานที่ 31 ลำดับต่อไปเป็นงานที่ 26-30 และงานที่ 33 ซึ่งมีเงื่อนไขเดียวกันเข้าทำการทดสอบพร้อมกัน และสุดท้ายงานที่ 32 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.12

		ปีมกราคม																						ปีมกราคม																																									
DATE	JOB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22											
FCFS																																							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22					
	25-32																																																																
	31-33																																																																

รูปที่ 4.12 การจัดการตารางแบบ FCFS เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

จากผลการจัดการตารางทดสอบคุณสมบัติระบบ FCFS ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 12 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ FCFS คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 50 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 8 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 7 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติโดยรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 162 วัน และความล่าช้ารวมทั้งหมด (Total Tardiness) 15 วัน

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.4 ทำการจัดตารางแบบ MST โดยใช้โปรแกรม Legin ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสี ซึ่งงานที่ 33 เป็นงานที่โปรแกรมไม่สามารถรวมงานที่มีเงื่อนไขเดียวกันเข้าไว้ด้วยกันได้

ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการรวมงานชิ้นใหม่ได้ผลดังนี้คืองานที่ 25 จะเข้าทำการทดสอบคุณสมบัติสีก่อน ต่อจากนั้นจะเป็นงานที่ 31 ลำดับต่อไปเป็นงานที่ 26-30 และงานที่ 33 ซึ่งมีเงื่อนไขเดียวกันเข้าทำการทดสอบพร้อมกัน และสุดท้ายงานที่ 32 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.13

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53					
DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53					
JOB																25-30							31-33											1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
MST																25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

รูปที่ 4.13 การจัดตารางแบบ MST เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

จากผลการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีแบบ MST ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 13 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ MST คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 50 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 8 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 7 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติสีรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 162 วัน และความล่าช้ารวมทั้งหมด (Total Tardiness) 15 วัน

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.4 ทำการจัดตารางแบบ Shift Bottleneck Heuristic โดยใช้โปรแกรม Legin ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสี ซึ่งงานที่ 33 เป็นงานที่โปรแกรมไม่สามารถรวมงานที่มีเงื่อนไขเดียวกันเข้าไว้ด้วยกันได้

ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการรวมงานชิ้นใหม่ได้ผลดังนี้คืองานที่ 25 จะเข้าทำการทดสอบคุณสมบัติสีก่อน ต่อจากนั้นจะเป็นงานที่ 31 ลำดับต่อไปเป็นงานที่ 26-30 และงานที่ 33 ซึ่งมีเงื่อนไขเดียวกันเข้าทำการทดสอบพร้อมกัน และสุดท้ายงานที่ 32 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.14

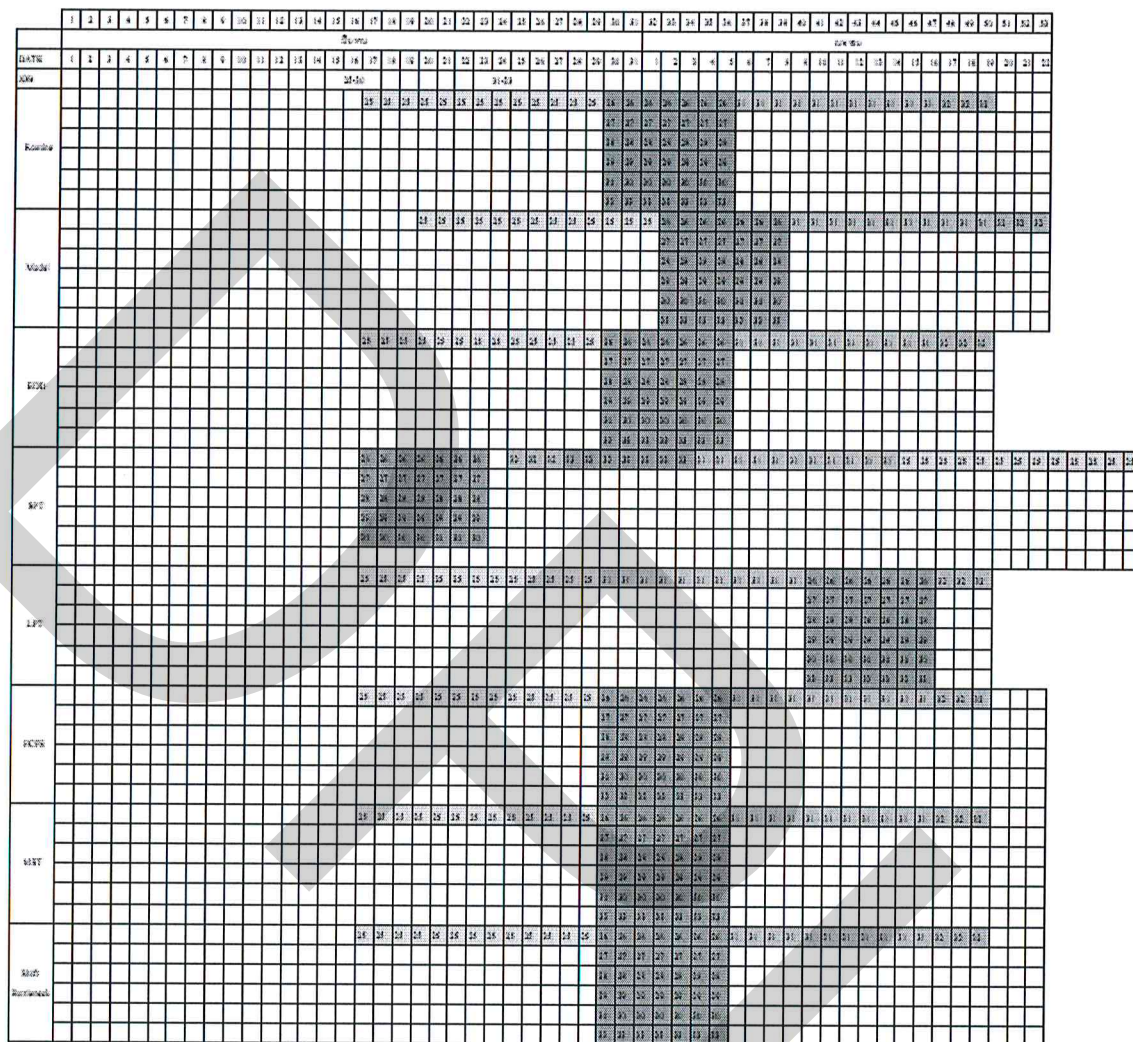
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53					
DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22					
JOB																																																										
Start																																																										
Finish																																																										

รูปที่ 4.14 การจัดการตารางแบบ Shift Bottleneck Heuristic เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

จากผลการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติระบบ Shift Bottleneck Heuristic ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 14 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ Shift Bottleneck Heuristic คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) เวลา 50 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 8 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 7 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 162 วัน และความล่าช้ารวมทั้งหมด (Total Tardiness) 15 วัน

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดการตารางแบบต่างๆ เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	งานประจำ	แบบจำลอง	EDD	SPT	LPT	FCFS	MST	SB-HEURISTIC
เวลาปิดงานของระบบ (C_{max})	50	53	50	58	50	50	50	50
ความล่าช้า (Tardiness, T_{max})	8	11	8	24	13	8	8	8
จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)	7	7	7	2	6	7	7	7
เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time)	162	174	162	187	166	162	162	162
ความล่าช้ารวม (Total Tardiness)	15	24	15	27	21	15	15	15



รูปที่ 4.15 ภาพรวมการจัดการตารางทดสอบคุณสมบัติเดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับ โปรแกรม)

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.15 แสดงผลการจัดการตารางทดสอบคุณสมบัติแบบงานประจำมีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเท่ากับการจัดการแบบ EDD FCFS MST และ Shift Bottleneck Heuristic เนื่องจากจัดการตารางทดสอบคุณสมบัติเป็นไปในลักษณะเดียวกัน โดยพบว่าแบบจำลองที่นำเสนอมีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพต่ำที่สุด และการจัดการตารางทดสอบคุณสมบัติแบบจำลองที่นำเสนอมีลักษณะใกล้เคียงกับกฎการจัดการแบบ LPT เนื่องจากแบบจำลองที่นำเสนอมีหลักการของการจัดการแบบ LPT รวมอยู่ด้วย

4.1.1.2 การศึกษาเดือนพฤษภาคม

จากข้อมูลเดือนมีนาคม พบว่าจะต้องใช้วิธีการจัดเรียงงานที่มีเงื่อนไขเดียวกันให้เข้ากับโปรแกรม Lekin เนื่องจากถ้าไม่ทำการจัดเรียงงานให้เข้ากับโปรแกรมแล้วจะทำให้ค่าดัชนีชี้วัด

ประสิทธิภาพที่ได้จากโปรแกรมมีค่าสูงกว่าแบบงานประจำและแบบจำลองที่นำเสนอดังกล่าวและ
ผู้วิจัยจะใช้การจัดตารางแบบ FCFS เปรียบเทียบเพียงอย่างเดียว เนื่องจากผลการศึกษาของเดือน
มีนาคมและจากการปฏิบัติงานประจำนั้นมีค่าเท่ากันและเพื่อใช้การจัดตารางแบบ FCFS เป็น
มาตรฐานในการตรวจสอบความถูกต้องในการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพอีกด้วย

ข้อมูลของงานทดสอบในเดือนพฤษภาคมมีจำนวนงานที่ทำการทดสอบคุณสมบัติสี
ทั้งหมด 9 งาน โดยเริ่มจากงานที่ 45 ถึงงานที่ 55 โดยในวันที่ 6 พฤษภาคม มีงานที่เข้ามาใน
กระบวนการทดสอบ 1 งาน เป็นงานที่ใช้ระยะเวลาทดสอบคุณสมบัติสี 2 วัน ลำดับถัดไปเป็นงานที่
เข้ามาในวันที่ 10 พฤษภาคม มีจำนวน 2 งาน เป็นงานที่ใช้เวลาการทดสอบคุณสมบัติสี 2 วัน และ 4
วัน ตามลำดับ ถัดไปเป็นงานที่เข้ามาในวันที่ 11 พฤษภาคม มีงานเข้ามาในระบบทั้งหมด 3 งานเป็น
งานที่ใช้ระยะเวลาทดสอบคุณสมบัติสี 2 วันทั้งหมด ลำดับถัดไปเป็นงานที่เข้ามาในวันที่ 15
พฤษภาคม มีงานเข้ามาในระบบทั้งหมด 2 งาน เป็นงานที่ใช้ระยะเวลาทดสอบคุณสมบัติสี 11 วัน
และ 2 วัน ตามลำดับ ต่อจากนั้นเป็นงานที่เข้ามาในวันที่ 19 พฤษภาคม มีงานที่เข้ามาในระบบ 1
งานและเป็นงานที่ใช้ระยะเวลาทดสอบคุณสมบัติสี 11 วัน แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติสีของเดือนพฤษภาคม

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)
45	6	2	24
46	10	2	28
47	10	4	28
48-50	11	2	29
53	15	11	33
54	15	2	33
55	19	11	37

ผู้วิจัยได้ทำการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสี โดยเริ่มจากงานที่ 45 เข้าทำงานใน
วันที่ 6 พฤษภาคม ก่อนเป็นระยะเวลาทั้งหมด 2 วัน ต่อจากนั้นจึงทำการทดสอบคุณสมบัติสีของ
งานที่ 46 แต่เนื่องจากมีงานที่ 48-50 เป็นงานที่มีเงื่อนไขในการทดสอบคุณสมบัติสีที่เหมือนกันคือ
มีระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติสี 2 วัน ดังนั้นจึงสามารถเข้าทำงานได้พร้อมกัน คือ เป็นงานที่
46 และงานที่ 48-50 ลำดับต่อไปเป็นงานที่ 47 ใช้ระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติสี 4 วัน
ต่อจากนั้นเป็นงานที่ 53 มีระยะเวลาการทดสอบ 11 วัน ลำดับถัดไปเป็นงานที่ 54 ใช้ระยะเวลาใน

การทดสอบคุณสมบัติ 2 วัน และต่อจากนั้นเป็นงานสุดท้ายงานที่ 55 ใช้ระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติ 11 วัน ดังรูปที่ 4.16

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
	พฤษภาคม																															มิถุนายน										
DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
JOB						45				46-48-50					53-54				55																							
Routine						45	45			46	46	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
										48	48																															
										49	49																															
										50	50																															

รูปที่ 4.16 การจัดการตารางแบบงานประจำ (เดือนพฤษภาคม)

จากผลการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบงานประจำ ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 15 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของงานประจำ คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 40 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 3 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 1 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 132 วัน และความล่าช้ารวมทั้งหมด (Total Tardiness) 3 วัน

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.6 ทำการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติของแบบจำลองที่สร้าง ซึ่งเริ่มจากงานที่ 45 ใช้ระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติ 2 วัน เข้ามาในวันที่ 6 พฤษภาคม แต่ตามเกณฑ์การรอคอยงานก่อนการทดสอบแล้วงานที่ใช้ระยะเวลาทดสอบ 2 วัน ต้องรอคอยงานก่อนการทดสอบเป็นระยะเวลา 4 วัน ดังนั้นงานที่ 45 จึงต้องเริ่มทำการทดสอบในวันที่ 11 พฤษภาคม แต่ในระหว่างการรอคอยงานก่อนการทดสอบคุณสมบัติพบว่า มีงานที่ 46 และงานที่ 48-50 ซึ่งมีเงื่อนไขเดียวกันดังนั้นจึงสามารถทำการทดสอบพร้อมกันได้ ลำดับถัดไปพิจารณางานที่ 47 ซึ่งทำการรอคอยงานก่อนการทดสอบเป็นระยะเวลา 4 วัน ตามเกณฑ์กำหนดระยะเวลาในการรอคอยงานก่อนการทดสอบ แล้วทำการทดสอบต่อได้เลย ลำดับถัดไปพิจารณางานที่ 53 ซึ่งพบว่า มีงานที่ 55 เข้ามาในกระบวนการทดสอบซึ่งมีเงื่อนไขเดียวกันจึงสามารถทำการทดสอบพร้อมกันได้ และงานลำดับสุดท้ายเป็นงานที่ 54 ดังรูปที่ 4.17

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40							
	พฤษภาคม															มิถุนายน																															
DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
JOB						45				46-48-50				53-54			55																														
Model						45	45			46	46			47	47	47	47	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	54	54																
										48	48																																				
										49	49																																				
										50	50																																				

รูปที่ 4.17 การจัดการตารางของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (เดือนพฤษภาคม)

จากผลการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติของแบบจำลองที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 16 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้น คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 31 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 0 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 0 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติโดยรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 90 วัน และความล่าช้ารวมทั้งหมด (Total Tardiness) 0 วัน

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.6 ทำการจัดการตารางแบบ FCFS โดยใช้โปรแกรม Legin ในการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติ ซึ่งงานที่ 48-50 เป็นงานที่โปรแกรมไม่สามารถรวมงานที่มีเงื่อนไขเดียวกันได้

ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการรวมงานชิ้นใหม่ได้ผลดังนี้คืองานที่ 45 จะเข้าทำการทดสอบคุณสมบัติก่อน ลำดับต่อไปจะเป็นงานที่ 46 และงานที่ 48-50 ซึ่งมีเงื่อนไขเดียวกันเข้าทำงานพร้อมกันได้ ขั้นตอนต่อไปเป็นงานที่ 47 53 54 และ 55 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.18

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40								
	พฤษภาคม															มิถุนายน																																
DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9								
JOB						45				46-48-50				53-54			55																															
FCFS						45	45			46	46			47	47	47	47	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	54	54	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55				
										48	48																																					
										49	49																																					
										50	50																																					

รูปที่ 4.18 การจัดการตารางแบบ FCFS (เดือนพฤษภาคม)

จากผลการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบ FCFS ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 17 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้น คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 40 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max})

3 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 1 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติโดยรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 132 วัน และความล่าช้าทั้งหมด (Total Tardiness) 3 วัน

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆ เดือนพฤษภาคม

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	งานประจำ	แบบจำลอง	FCFS
เวลาปิดงานของระบบ (C_{max})	40	31	40
ความล่าช้า (Tardiness, T_{max})	3	0	3
จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)	1	0	1
เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time)	132	90	132
ความล่าช้ารวม (Total Tardiness)	3	0	3

จากตารางที่ 4.7 แสดงว่าในเดือนพฤษภาคมผลของการจัดตารางของแบบจำลองที่นำเสนอมีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดีที่สุด คือมีเวลาเสร็จงานที่ 31 วัน มีความล่าช้า จำนวนงานที่สายและความล่าช้ารวมมีค่าเป็นศูนย์ และมีเวลาไหลของงานรวม 90 วัน โดยที่การจัดตารางแบบงานประจำและแบบ FCFS มีค่าเท่ากันคือ มีเวลาเสร็จงานที่ 40 วัน มีความล่าช้าและความล่าช้ารวมที่ 3 วัน มีจำนวนงานที่สาย 1 งาน และสุดท้ายมีเวลาไหลของงานรวมที่ 132 วัน

4.1.1.3 ผลของการศึกษาช่วงที่หนึ่ง (ตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน 2553)

จากผลการศึกษาช่วงที่หนึ่งตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมิถุนายน 2553 ผู้วิจัยได้ทำการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติ โดยทำการเปรียบเทียบผลการจัดตารางการทดสอบของงานประจำแบบจำลองที่นำเสนอ และแบบ FCFS ได้ผลดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆ ตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน 2553

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	งานประจำ	แบบจำลอง	FCFS
เวลาปิดงานของระบบ (C_{max})	176	179	176
ความล่าช้า (Tardiness, T_{max})	8	11	8
จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)	10	9	10
เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time)	2372	2015	2372
ความล่าช้ารวม (Total Tardiness)	19	28	19

จากตารางที่ 4.8 ผู้วิจัยได้คำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน 2553 โดยทำการเปรียบเทียบผลของการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีของงานประจำแบบจำลองที่นำเสนอ และการจัดตารางแบบ FCFS พบว่า การจัดตารางการทดสอบแบบงานประจำและแบบ FCFS มีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเท่ากันคือ มีเวลาปิดงานของระบบที่ 176 วัน มีความล่าช้า 8 วัน มีจำนวนงานที่สาย 10 งาน มีเวลาไหลของงานรวม 2375 วัน และมีความล่าช้ารวม 19 วัน แต่การจัดตารางของแบบจำลองที่นำเสนอ มีเวลาปิดงานของระบบมากกว่าที่ 179 วัน มีความล่าช้ามากกว่าที่ 11 วัน มีความล่าช้ารวมมากกว่าที่ 28 วันแต่มีเวลาไหลของงานรวมต่ำที่สุดที่ 2015 วัน

4.1.2 การศึกษาช่วงที่สอง (ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2553)

ในการศึกษาช่วงที่สองผู้วิจัยได้เลือกเดือนที่มีจำนวนงานที่มากที่สุดมา 2 เดือนคือเดือนกรกฎาคมและเดือนกันยายน 2553 เพื่อทำการเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพระหว่างงานประจำ แบบจำลองที่สร้างขึ้น และแบบ FCFS

4.1.2.1 การศึกษาเดือนกรกฎาคม

ในการศึกษาเดือนกรกฎาคม มีจำนวนงานที่เข้ามาในกระบวนการทดสอบทั้งหมด 14 งาน คืองานที่ 71 เข้ามาในวันที่ 6 กรกฎาคม มีระยะเวลาในการทำงาน 2 วัน งานที่ 72 เข้ามาในวันที่ 12 กรกฎาคม มีระยะเวลาในการทำงาน 7 วัน งานที่ 73 เข้ามาในวันที่ 16 กรกฎาคม มีระยะเวลาในการทำงาน 11 วัน งานที่ 74 เข้ามาในวันที่ 19 กรกฎาคม มีระยะเวลาในการทำงาน 11 วัน งานที่ 75 76 77 78 เข้ามาพร้อมกันในวันที่ 22 กรกฎาคม แต่งานที่ 75 มีระยะเวลาในการทำงาน 2 วัน ส่วนงานที่ 76 77 78 มีระยะเวลาในการทำงาน 7 วัน ในวันที่ 23 มีงานที่เข้ามาทั้งหมด 4 งานเป็นงานที่มีระยะเวลาทำงาน 11 วันจำนวน 2 งานคือ งานที่ 79 และงานที่ 80 ส่วนงานที่เหลือมีระยะเวลาทำงาน 2 และ 7 วันตามลำดับ คืองานที่ 83 และงานที่ 84 และในวันที่ 29 กรกฎาคม มีงานที่เข้ามา 2 งาน คืองานที่ 85 และงานที่ 86 ซึ่งมีระยะเวลาในการทำงาน 7 วันและ 4 วันตามลำดับ

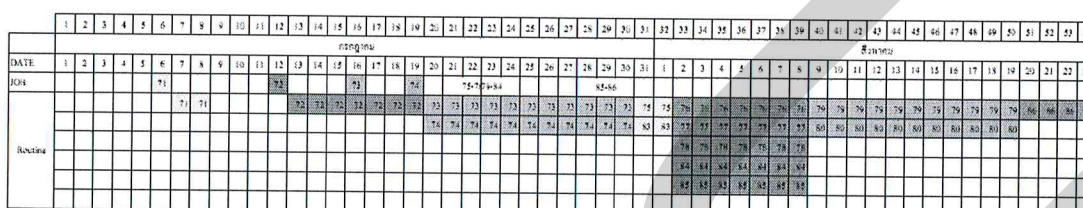
ตารางที่ 4.9 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติสีของเดือนกรกฎาคม

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)
71	6	2	24
72	12	7	30
73	16	11	34
74	19	11	37
75	22	2	40

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติของเดือนกรกฎาคม (ต่อ)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)
76-78	22	7	40
79-80	23	11	41
83	23	2	41
84	23	7	41
85	29	7	47
86	29	4	47

จากตารางที่ 4.9 ผู้วิจัยได้ทำการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบงานประจำเริ่มจากงานที่ 71 ในวันที่ 6 กรกฎาคม เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นงานที่ 72 เข้ามาในวันที่ 12 กรกฎาคม เป็นเวลา 7 วัน ต่อจากนั้นจะเป็นของงานที่ 73 และงานที่ 74 ซึ่งมีเงื่อนไขในการทดสอบเท่ากันเป็นเวลา 11 วัน ต่อไปเป็นงานที่ 75 และงานที่ 83 ใช้ระยะเวลาเท่ากัน 2 วัน ลำดับถัดไปเป็นงานที่ 76-78 และงานที่ 84-85 ซึ่งใช้ระยะเวลาทดสอบ 7 วัน จากนั้นเป็นงานที่ 79-80 ใช้เวลาทดสอบ 11 โดยสุดท้ายจะเป็นงานที่ 86 ใช้ระยะเวลาทดสอบ 4 วัน ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 การจัดการแบบงานประจำ (เดือนกรกฎาคม)

จากผลการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบงานประจำ ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 18 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้น คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 54 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 9 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 3 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 232 วัน และความล่าช้ารวมทั้ง (Total Tardiness) 16 วัน

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
JOB						71						72			73			74			75	76	84																																	
FCFS						71	71					72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72

รูปที่ 4.21 การจัดการตารางแบบ FCFS (เดือนกรกฎาคม)

จากผลการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติระบบ FCFS ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 20 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้น คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 54 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 9 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 3 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติโดยรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 232 วัน และความล่าช้ารวมทั้งหมด (Total Tardiness) 16 วัน

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดการตารางแบบต่างๆ เดือนกรกฎาคม

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	งานประจำ	แบบจำลอง	FCFS
เวลาปิดงานของระบบ (C_{max})	54	46	54
ความล่าช้า (Tardiness, T_{max})	9	2	9
จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)	3	2	3
เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time)	232	195	232
ความล่าช้ารวม (Total Tardiness)	16	2	16

จากตารางที่ 4.10 แสดงผลของการจัดการตารางการทดสอบของแบบจำลองที่นำเสนอมีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดีที่สุดในเดือนกรกฎาคม โดยที่มีเวลาปิดงานของระบบ 46 วัน มีความล่าช้าและความล่าช้ารวม 2 วัน มีจำนวนงานที่สาย 2 งาน และมีเวลาไหลของงานรวม 195 ในขณะที่การจัดการตารางการทดสอบแบบงานประจำและแบบ FCFS มีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเท่ากันคือ มีเวลาปิดงานของระบบ 54 วัน มีความล่าช้าและความล่าช้ารวม 9 วันและ 16 ตามลำดับ มีจำนวนงานที่สาย 3 งานและมีเวลาไหลของงานรวม 232 วัน

4.1.2.2 การศึกษาเดือนกันยายน

ในเดือนกันยายนมีจำนวนงานทั้งหมด 13 งาน โดยงานที่ 91 เข้ามาในกระบวนการทดสอบในวันที่ 1 กันยายน มีระยะเวลาทำงาน 3 วัน งานที่ 92 93 และงานที่ 94 เข้ามาพร้อมกันใน

วันที่ 3 กันยายน มีระยะเวลาทำงาน 7 วัน งานที่ 95 เข้ามาในวันที่ 6 กันยายน มีระยะเวลาทำงาน 2 วัน งานที่ 96 เข้ามาในระบบวันที่ 7 กันยายน มีระยะเวลาทำงาน 7 วัน งานที่ 97 เข้ามาในวันที่ 16 กันยายน มีระยะเวลาทำงาน 7 วัน งานที่ 98-100 เข้ามาพร้อมกันในวันที่ 16 มีระยะเวลาทำงาน 11 วัน งานที่ 101 เข้ามาในระบบวันที่ 21 มีระยะเวลาทำงาน 2 วัน ในวันที่ 23 กันยายน มีงานเข้ามาในระบบ 2 งานซึ่งมีระยะเวลาทำงาน 3 วัน คืองานที่ 102 และงานที่ 103 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติสีของเดือนกันยายน

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)
91	1	3	19
92-94	3	7	21
95	6	2	24
96	7	7	25
97	16	7	34
98-100	16	11	34
101	21	2	39
102-103	23	3	41

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.11 ทำการจัดตารางแบบงานประจำโดยเริ่มจากงานที่ 91 เป็นเวลา 3 วันจากนั้นเป็นงานที่ 92-94 ทำงานพร้อมกันเป็นระยะเวลา 7 วัน ต่อจากนั้นเป็นงานที่ 95 ทำงาน 2 วัน งานที่ 96 งานที่ 97 ตามลำดับ ลำดับถัดไปเป็นงานที่ 98-100 ทำงาน 11 วัน ลำดับถัดไปเป็นงานที่ 101 ทำงาน 2 วัน และสุดท้ายเป็นงานที่ 102 และงานที่ 103 เป็นระยะเวลา 3 วัน ดังรูปที่ 4.22

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43				
	กันยายน																														ตุลาคม																
DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
JOB	91	92-94	95	96											97-100					101		102-103																									
Routine		91	91	91	92	92	92	92	92	92	92	92	92	95	95	96	96	96	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	101	101	102	102	102	
					93	93	93	93	93	93	93	93																	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	103	103	103
					94	94	94	94	94	94	94	94																	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

รูปที่ 4.22 การจัดตารางแบบงานประจำ (เดือนกันยายน)

จากผลการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบประจำ ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 21 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบงานประจำ คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 43 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 4 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 6 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 196 วัน และความล่าช้ารวมทั้งหมด (Total Tardiness) 7 วัน

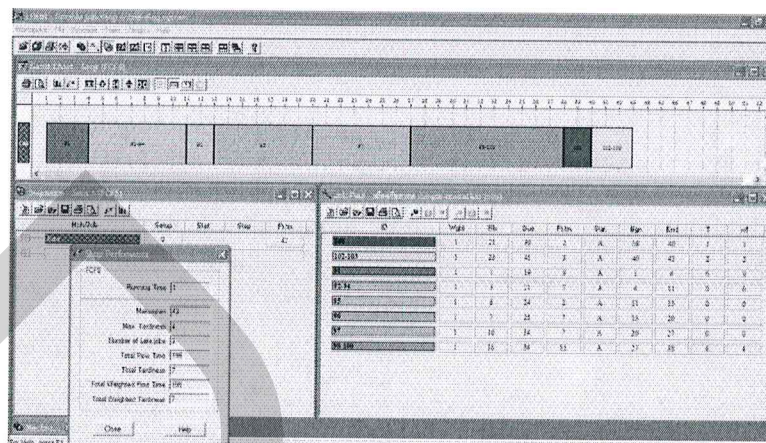
ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.11 ทำการจัดตารางของแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยเริ่มจากงานที่ 91 ต่อจากนั้นเป็นงานที่ 92-94 และงานที่ 96-97 ต่อด้วยงานที่ 95 จากนั้นเป็นงานที่ 98-100 จากนั้นเป็นงานที่ 101 โดยสุดท้ายเป็นงานที่ 102 และงานที่ 103 ดังรูปที่ 4.23

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43								
	กันยายน																	ตุลาคม																																	
DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13								
JOB	91	92-94				95	96									97-100					101		102-103																												
Movel						91	91	91	91	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92			
						93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	
						94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
						96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
						97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97

รูปที่ 4.23 การจัดตารางของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (เดือนกันยายน)

จากผลการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติของแบบจำลองที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 22 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของงานประจำคือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan, C_{max}) 35 วัน มีความล่าช้าสูงสุด (L_{max}) 0 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 0 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 137 วัน และความล่าช้ารวมทั้งหมด (Total Tardiness) 0 วัน

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.11 ทำการจัดตารางแบบ FCFS โดยใช้โปรแกรม Legin เริ่มงานที่ 91 เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นเป็นงานที่ 92 93 และงานที่ 94 ทำงานพร้อมกันเป็นระยะเวลา 7 วัน จากนั้นเป็นงานที่ 95 ทำงาน 2 วัน งานที่ 96 งานที่ 97 ตามลำดับ หลังจากนั้นเป็นงานที่ 98 99 และงานที่ 100 ทำงาน 11 วัน จากนั้นเป็นงานที่ 101 ทำงาน 2 วัน และสุดท้ายเป็นงานที่ 102 และงานที่ 103 เป็นระยะเวลา 3 วัน ดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 การจัดการตารางแบบ FCFS (เดือนกันยายน)

จากผลการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบ FCFS โดยใช้โปรแกรม Legin ทำการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดังรายละเอียดในภาคผนวก ตารางที่ 23 ซึ่งได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของงานประจำคือ เวลาปิดงานของระบบ (C_{max}) 43 วัน มีความล่าช้า (L_{max}) 4 วัน มีจำนวนงานที่สายทั้งหมด (Number of Jobs Late) 6 งาน มีเวลาของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติรวมทั้งรวมทั้งหมด (Total Flow Time) 196 วัน และความล่าช้ารวมทั้งรวมทั้งหมด (Total Tardiness) 7 วัน

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดการตารางแบบต่างๆ เดือนกันยายน

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	งานประจำ	แบบจำลอง	FCFS
เวลาปิดงานของระบบ (C_{max})	43	35	43
ความล่าช้า (Tardiness, T_{max})	4	0	4
จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)	6	0	6
เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time)	196	137	196
ความล่าช้ารวมทั้งรวม (Total Tardiness)	7	0	7

จากตารางที่ 4.12 แสดงผลการจัดการตารางการทดสอบคุณสมบัติของแบบจำลองที่นำเสนอมีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดีที่สุดในเดือนกันยายน ซึ่งมีเวลาปิดงานของระบบ 35 วัน มีความล่าช้า จำนวนงานที่สายและความล่าช้ารวมทั้งรวมเท่ากันเป็นศูนย์ และมีเวลาไหลของงานรวม 137 วัน ในส่วนของการจัดการตารางการทดสอบแบบงานประจำและแบบ FCFS ได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเท่ากันคือ มีเวลาปิดงานของระบบ 43 วัน มีความล่าช้า 4 วัน มีจำนวนงานที่สาย 6 งาน เวลาไหลของงานรวม 196 วัน และมีความล่าช้ารวมทั้งรวม 7 วัน

4.1.2.3 ผลของการศึกษาช่วงที่สอง (ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2553)

จากผลการศึกษาช่วงที่สองตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2553 ผู้วิจัยได้ทำการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติ โดยทำการเปรียบเทียบผลการจัดตารางการทดสอบของงานประจำแบบจำลองที่นำเสนอ และแบบ FCFS ได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2553

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	งานประจำ	แบบจำลอง	FCFS
เวลาปิดงานของระบบ (C_{max})	121	125	121
ความล่าช้า (Tardiness, T_{max})	9	2	9
จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)	11	2	11
เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time)	1506	1124	1506
ความล่าช้ารวม (Total Tardiness)	26	2	26

จากตารางที่ 4.13 แสดงผลของการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติของแบบจำลองที่นำเสนอมีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดีที่สุดในเดือนพฤษภาคม ซึ่งมีเวลาปิดงานของระบบ 125 วัน มีความล่าช้า และความล่าช้ารวมเท่ากับ 2 วัน มีจำนวนงานที่สาย 2 งานและมีเวลาไหลของงานรวม 1124 วัน ในส่วนของการจัดตารางแบบงานประจำและแบบ FCFS ได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเท่ากันคือ มีเวลาปิดงานของระบบ 121 วัน มีความล่าช้า 9 วัน มีจำนวนงานที่สาย 11 งาน เวลาไหลของงานรวม 1506 วัน และมีความล่าช้ารวม 26 วัน

4.1.3 ผลของการศึกษาช่วงที่สาม (ตั้งแต่เดือนมกราคม-ตุลาคม 2553)

ในการศึกษาช่วงนี้จะเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม 2553 ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการศึกษาทั้งหมดแล้วทำการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติ โดยทำการเปรียบเทียบผลการจัดตารางการทดสอบของงานประจำ แบบจำลองที่นำเสนอ และแบบ FCFS ได้ผลดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางแบบต่างๆตั้งแต่เดือนมกราคม-ตุลาคม 2553

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	งานประจำ	แบบจำลอง	FCFS
เวลาปิดงานของระบบ (C_{max})	302	306	302
ความล่าช้า (Tardiness, T_{max})	9	11	9
จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)	21	11	21
เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time)	7679	6035	7679
ความล่าช้ารวม (Total Tardiness)	45	30	45

จากตารางที่ 4.14 ผลการศึกษาข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม-ตุลาคม 2553 ผู้วิจัยได้ทำการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีของงานประจำ แบบจำลองที่นำเสนอ และการจัดตารางแบบ FCFS ได้ผลคือการจัดตารางการทดสอบของแบบจำลองที่นำเสนอนั้นมีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดีที่สุด โดยที่มีเวลาปิดงานของระบบ 306 วัน มีความล่าช้า 11 วัน มีจำนวนงานที่สาย 11 งาน มีเวลาไหลของงานรวม 6035 วัน และความล่าช้ารวม 30 วัน ในส่วนของการจัดตารางการทดสอบแบบงานประจำและแบบ FCFS ได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเท่ากันคือ มีเวลาปิดงานของระบบ 302 วัน มีความล่าช้า 9 วัน มีจำนวนงานที่สาย 21 งาน เวลาไหลของงานรวม 7679 วัน และมีความล่าช้ารวม 45 วัน

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาปัญหาการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีดังกล่าวไปแล้วนั้น ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพระหว่าง งานประจำ แบบจำลองที่สร้างขึ้นและกฎการจัดลำดับความสำคัญดังกล่าวนี้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบปัญหาการจัดตารางการผลิตช่วงหนึ่ง (เดือนมกราคม-มิถุนายน)

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	งานประจำ	แบบจำลอง	FCFS	% Diff.
เวลาปิดงานของระบบ (C_{max})	176	179	176	1.70
ความล่าช้า (Tardiness, T_{max})	8	11	8	37.50
จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)	10	9	10	-10.00
เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time)	2372	2015	2372	-15.05
ความล่าช้ารวม (Total Tardiness)	19	28	19	47.37

จากตารางที่ 4.15 ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบกฎการจัดลำดับความสำคัญเฉพาะแบบ FCFS เนื่องจากผลการจัดตารางการทดสอบแบบงานประจำมีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเท่ากับแบบ FCFS ดังที่กล่าวไปแล้วนั้น สรุปได้ว่าช่วงที่หนึ่งของการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีของงานประจำและแบบ FCFS นั้นมีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพที่ดีกว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในค่าของเวลาปิดงานของระบบ ความล่าช้าและความล่าช้ารวม แต่การจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีจำนวนงานที่สายทั้งหมดลดลง 10% และเวลาไหลของงานรวมลดลง 15% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบปัญหาการจัดตารางการผลิตช่วงสอง (เดือนกรกฎาคม-ตุลาคม)

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	งานประจำ	แบบจำลอง	FCFS	% Diff.
เวลาปิดงานของระบบ (C_{max})	121	125	121	3.30
ความล่าช้า (Tardiness, T_{max})	9	2	9	-77.78
จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)	11	2	11	-81.82
เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time)	1506	1124	1506	-25.37
ความล่าช้ารวม (Total Tardiness)	26	2	26	-92.20

จากตารางที่ 4.16 พบว่าการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดีที่สุดในแง่ที่มีค่าความล่าช้า จำนวนงานที่สายทั้งหมด เวลาไหลของงานรวม และความล่าช้ารวมลดลง 77% 81% 25% และ 92% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.17 การเปรียบเทียบช่วงที่สามตั้งแต่เดือน มกราคม – ตุลาคม 2553

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	งานประจำ	แบบจำลอง	FCFS	% Diff.
เวลาปิดงานของระบบ (C_{max})	302	306	302	1.32
ความล่าช้า (Tardiness, T_{max})	9	11	9	22.22
จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)	21	11	21	-47.62
เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time)	7679	6035	7679	-21.41
ความล่าช้ารวม (Total Tardiness)	45	30	45	-33.33

จากตารางที่ 4.17 พบว่าการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีของแบบจำลองที่นำเสนอ นั้นมีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพดีที่สุดในแง่ที่มีจำนวนงานที่สายทั้งหมดลดลง 47% เวลาไหลของงานรวม

ลดลง 21% และมีความล่าช้ารวมลดลง 33% ทั้งนี้การจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีของงาน
ประจำและแบบ FCFS มีเวลาปิดงานของระบบและค่าความล่าช้ามีค่าเท่ากัน



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทดลองตามทฤษฎีบทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัยบทที่ 3 และผลการศึกษาในบทที่ 4 เพื่อให้ได้รูปแบบหรือเกณฑ์ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติใหม่ที่เหมาะสมกับงานปัจจุบันในกระบวนการทดสอบคุณสมบัติ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล ทดลอง และวิเคราะห์ผล ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม 2553 เพื่อเป็นการประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติของแบบจำลองที่นำเสนอ ซึ่งทำให้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพมีค่าที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติแบบงานประจำและกฎการจัดลำดับความสำคัญโดยใช้โปรแกรม Lekin ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

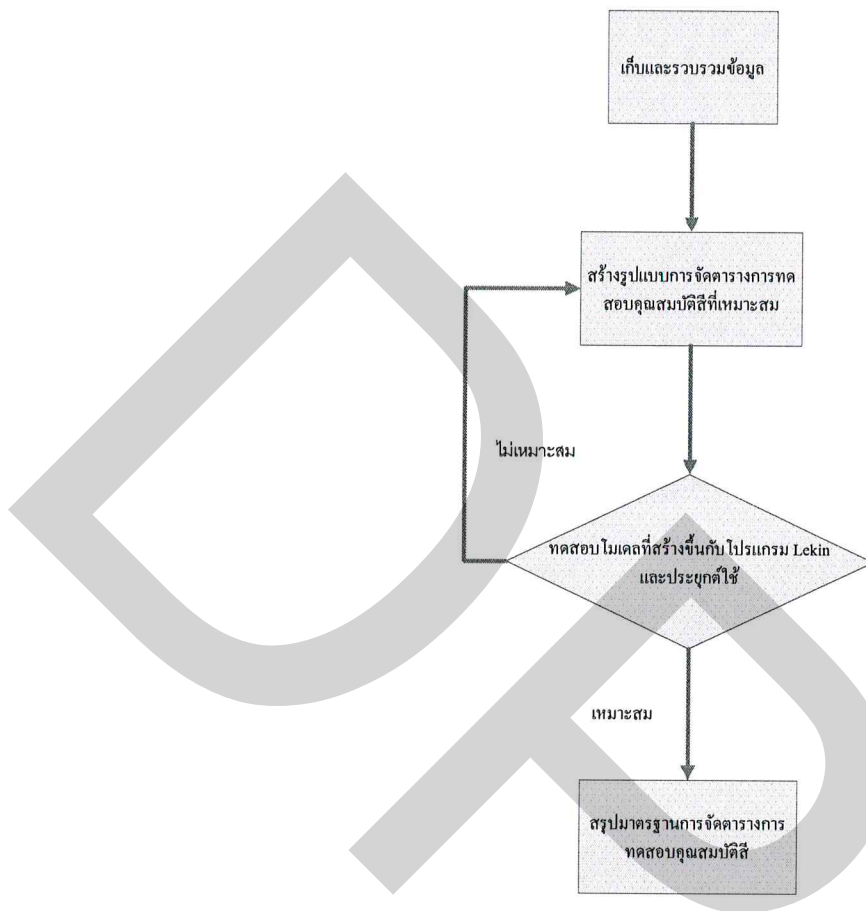
ผู้วิจัยจะอธิบายกล่าวภาพรวมตั้งแต่ขั้นตอนเก็บข้อมูลจนถึงสรุปผล ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดดังรูปจากรูปที่ 5.1 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1.1 ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลกระบวนการทดสอบคุณสมบัติตั้งแต่เดือน มกราคม 2553 ถึง พฤษภาคม 2553 ในส่วนเครื่องจักรที่เป็นคอขวด (Bottleneck) ของกระบวนการทดสอบคุณสมบัติ

5.1.2 ผู้วิจัยใช้ข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 นำมาสร้างเกณฑ์ในการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติ โดยใช้แบบจำลองเครื่องจักรเดียว

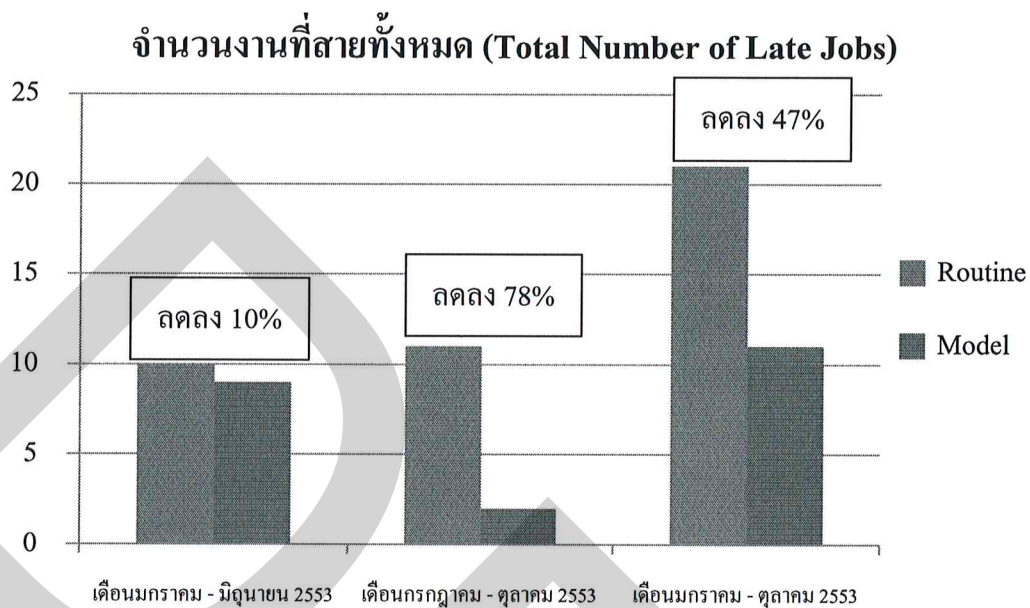
5.1.3 ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติของแบบจำลองที่สร้างขึ้น แบบงานประจำและการจัดตารางการทดสอบในโปรแกรม Lekin เพื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานคือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ความล่าช้า (Tardiness) ความล่าช้ารวม (Total Tardiness) เวลาสาย (Lateness) เวลาไหลของงาน (Flow Time) เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time) จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs)

5.1.4 ผู้วิจัยทำการสรุปผลการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติ

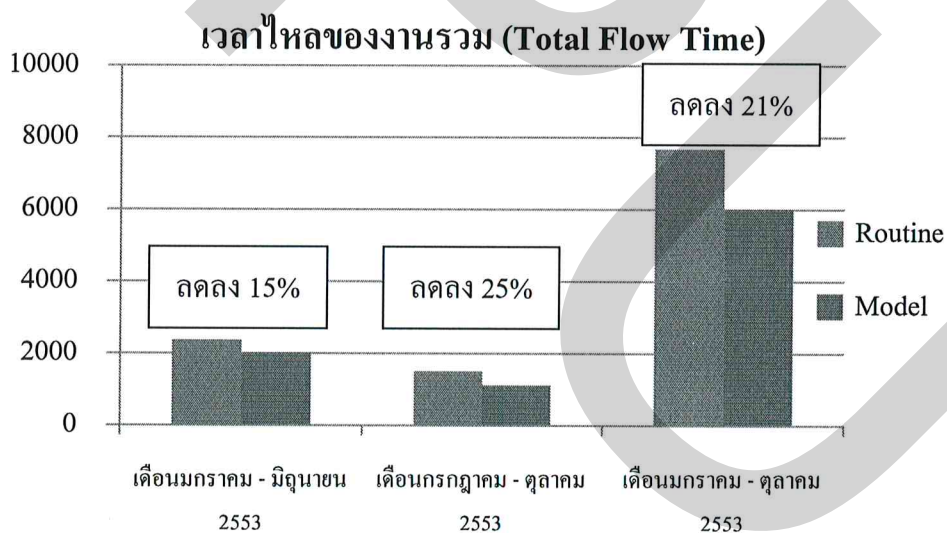


รูปที่ 5.1 ภาพรวมขั้นตอนการทำงานวิจัย

จากผลการศึกษาในบทที่ 4 ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการจัดการการทดสอบคุณสมบัติระหว่างแบบจำลองที่สร้างขึ้น แบบงานประจำและการจัดการการทดสอบในโปรแกรม Lekin ซึ่งคือ แบบงานประจำ แบบจำลองที่นำเสนอ แบบ EDD แบบ SPT แบบ LPT แบบ FCFS แบบ MST และแบบ Shift Bottleneck Heuristic เพื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการทำงาน คือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ความล่าช้า (Tardiness) ความล่าช้ารวม (Total Tardiness) เวลาสาย (Lateness) เวลาไหลของงาน (Flow Time) เวลาไหลของงานรวม (Total Flow Time) จำนวนงานที่สายทั้งหมด (Total Number of Late Jobs) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาประสิทธิภาพของการจัดการการผลิต ซึ่งพบว่า การจัดการของแบบจำลองที่นำเสนอมีค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพที่ดีที่สุดซึ่งผู้วิจัยพิจารณาเฉพาะค่าของจำนวนงานที่สายทั้งหมดและเวลาไหลของงานรวม โดยค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกันดังรูปที่ 5.2 และรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.2 จำนวนงานที่สายทั้งหมด



รูปที่ 5.3 เวลาไหลของงานรวม

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดการทางทดสอบคุณสมบัติระบบจำลองที่นำเสนอ พิจารณาที่จำนวนงานสายทั้งหมดในเดือนมกราคม-มิถุนายน ลดลง 10% ในเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม ลดลง 78% และภาพรวมทั้งหมดลดลง 47% เนื่องจาก

จำนวนงานสายนั้นเป็นดัชนีที่สำคัญต่อความพึงพอใจของลูกค้าที่นำไปสู่ความพึงพอใจที่จะทำธุรกิจร่วมกับทางบริษัทฯ

ผู้วิจัยพิจารณาที่เวลาไหลของงานรวมในเดือนมกราคม-มิถุนายน ลดลง 15% ในเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม ลดลง 25% และภาพรวมทั้งหมดลดลง 21% ดังนั้นในกระบวนการทดสอบที่เครื่องจักรเดินเครื่องน้อยแต่ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

ดังนั้นการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีของแบบจำลองที่นำเสนอ นั้นสามารถตอบสนองต่อการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีที่มีความเหมาะสมกับบริษัท

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 งานวิจัยนี้ถ้ามีงานเข้ามาในระบบมากขึ้นจะทำให้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีมีค่าสูงขึ้น

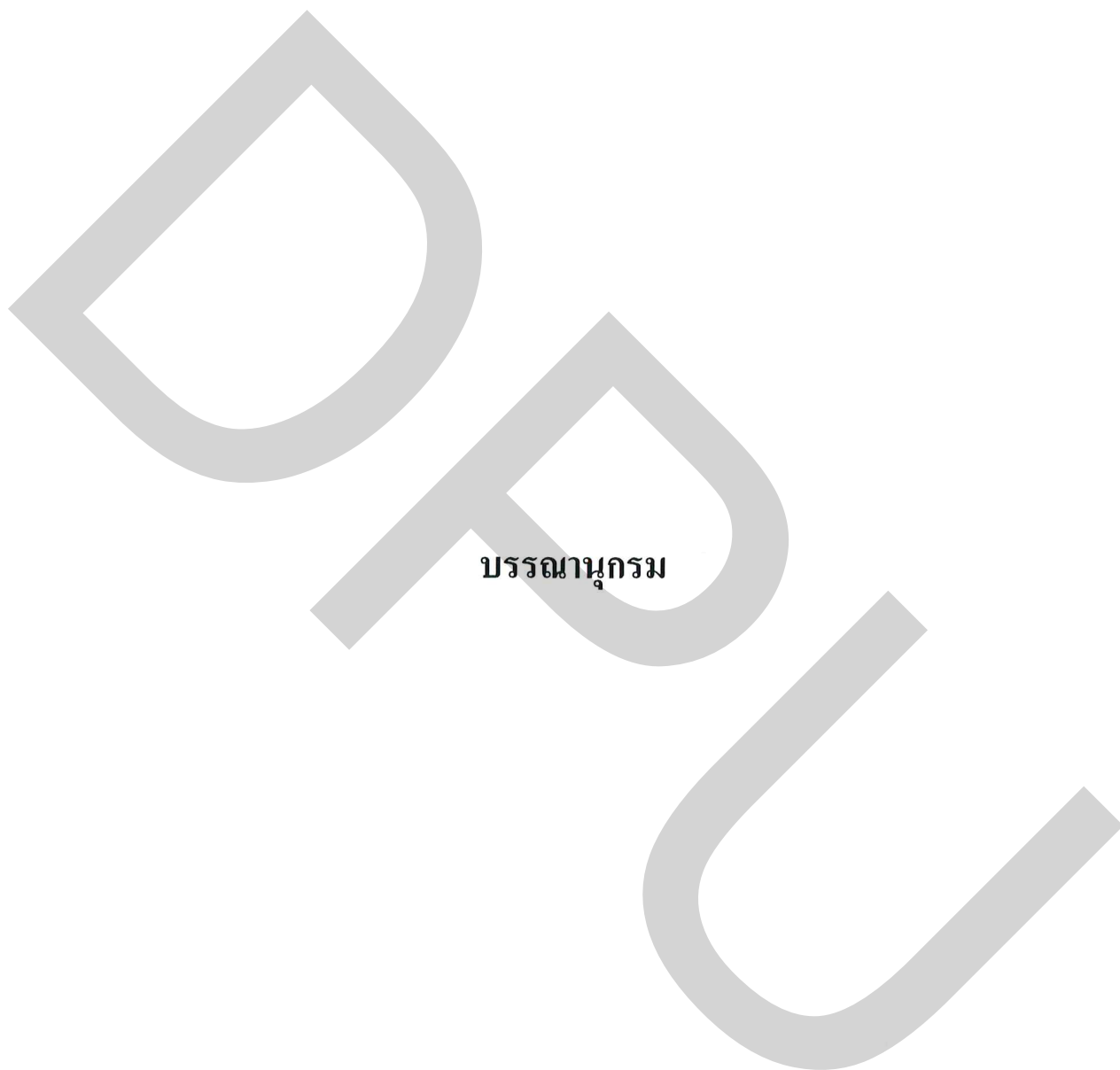
5.2.2 การใช้โปรแกรม Lekin เปรียบเทียบกับงานประจำและแบบจำลองที่นำเสนอจะต้องทำการปรับค่างานที่มีเงื่อนไขในการทดสอบคุณสมบัติสีให้เท่ากันก่อน เพื่อที่จะทำให้สามารถใช้เป็นโปรแกรมอ้างอิงได้ เนื่องจากโปรแกรมทำตามทฤษฎีของเครื่องจักรเดี่ยวคือ เครื่องจักรจะทำงานได้เพียงหนึ่งงานเท่านั้น

5.2.3 งานวิจัยนี้ใช้วันที่เป็นการนับต่อเนื่อง โดยไม่คำนึงถึงวันหยุดหรือเครื่องจักรเสีย (Break down)

5.2.4 กฎการจัดลำดับความสำคัญของการจัดตารางการทดสอบคุณสมบัติสีนั้น บางกฎไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้ ในกระบวนการทำงานจริงได้เช่น กฎ SPT LPT หรือ Shift Bottleneck Heuristic เป็นต้น งานวิจัยนี้ใช้กฎดังกล่าวเป็นแนวทางในการเปรียบเทียบเท่านั้น เนื่องจากในกรณีที่ผู้สนใจท่านอื่นๆ สามารถกำหนดวันเวลารับงานเข้ามาในการทดสอบได้และกฎของ Shift Bottleneck Heuristic จะเป็นการพิจารณาที่เวลาปิดงานของระบบเท่านั้น

5.2.5 งานวิจัยนี้ให้ค่าน้ำหนัก (Weight) มีความสำคัญเท่ากันหมดเนื่องจากงานบริการการทดสอบคุณสมบัติสีให้ความสำคัญกับลูกค้าทุกรายมีความสำคัญเท่ากันหมด

5.2.6 ก่อนที่จะนำงานเข้าทำการทดสอบคุณสมบัติสีพบว่า มีงานใหม่ที่มีเงื่อนไขเดียวกันกับงานที่จะทำการทดสอบให้นำงานใหม่นั้นเข้าทดสอบพร้อมกันได้โดยไม่ได้อำนาจถึงเวลาที่เข้ารับการทดสอบ



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

- ปารเมศ ชูติมา. (2546). เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- _____. (2551). การประยุกต์เทคนิคการจัดตารางในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ไฮเซอร์, เรนเคอร์. (2551). การจัดการการผลิตและการปฏิบัติการ. แปลจาก Operations Management โดย ดร.จินตนัย ไพระสมณ์ และคณะ. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.

วิทยานิพนธ์

- ชัชพล มงคลิก. (2543). การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางแบบโต้ตอบ: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชนกฤต แก้วนุ้ย. (2549). การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตแบบพหุเกณฑ์: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์เหล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
- ธรรทิพ อินทร์ผิว. (2552). การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตโดยมีผลรวมของเวลาล่าช้าของงานและเวลาที่งานเสร็จก่อนกำหนดเป็นตัวชี้วัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาการจัดการ ไซ่อุปทานแบบบูรณาการ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
- พัชรารวลัย แสงอรุณ. (2545). การจัดตารางการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานผลิต คอมพิวเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

ประเสริฐ อินประเสริฐ. การจัดการการผลิตลงเครื่องจักรเดียวโดยใช้ผลรวมเวลากระบวนการ และวันกำหนดส่งต่ำสุดเพื่อให้เวลาล่าช้าโดยรวมต่ำสุด. สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2553, จาก

<http://mtasc.siam.edu/%E0%C5%E8%C1%B7%D5%E8%2014.pdf/3.pdf>

วชิรพงษ์ สาริสิงห์. การจัดลำดับงาน โดยกฎความสำคัญต่ำสุด. สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2553, จาก

http://www2.ftpi.or.th/dwnld/pworld/pw44/44_productivity3.pdf

ภาษาต่างประเทศ

BOOKS

Konstantin K. and Eugene K. (2000), **Scheduling: Control-Based Theory and Polynomial-Time Algorithm**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Michael Pinedo. (1995). **Scheduling: Theory, algorithm, and systems**. New Jersey: Prentice-Hall.

_____. (2002). **Scheduling: Theory, algorithm, and systems (2nd ed.)**. New Jersey: Prentice-Hall.

Philippe C., Edward G. and Jan K. (1995). **Scheduling Theory and its Applications**. England: John Wiley & Sons.

ARTICLES

Nong Ye, Xueping Li, Toni Farley, Xiaoyun Xu. (2005, December). "Job scheduling methods for reducing waiting time variance." **Computers & Operations Research**, 34, p.3069-3083.

Xueping Li, Nong Ye, Tieming Liu, Yang Sun. (2005, December). "Job scheduling to minimize the weighted waiting time." **Computers & Industrial Engineering**, 52, p.41-56.

Y. Guo, A. Lim, B. Rodrigues, S. Yu. (2004, July). "Minimizing total flow time in single machine environment with release time: an experimental analysis." **Computers & Industrial Engineering**, 47, p.123-140.

ELECTRONIC SOURCES

Michael Pinedo. (2002). Software Lekin Program. Retrived May 5, 2010, from

<http://www.stern.nyu.edu/om/software/lekin/download.html>

Professor Cliff Stein. (2010). Shifting Bottleneck Heuristic. Retrived May 5, 2010, from

<http://www.columbia.edu/~cs2035/courses/ieor4405.S10/sbh.pdf>

Wikipedia The free encyclopedia. (2010). Bottleneck. Retrived May 5, 2010, from

<http://en.wikipedia.org/wiki/Bottleneck>

ด
ร
ค
น
ว
ก

ภาคผนวก

ตารางการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ

ในรายละเอียดของภาคผนวกเป็นวิธีการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพในแต่ละเดือนของการศึกษาวิจัยและในแต่ละรูปแบบของการจัดตารางการทดสอบ ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 1 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของงานประจำ (เดือนมีนาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
25	16	13	34	$16+13 = 29$	$29-34 = -5$	0
26-30, 33	16	7	34	$29+7 = 36$	$34-36 = 2$	2
31	24	11	42	$36+11 = 47$	$47-42 = 5$	5
32	24	3	42	$47+3 = 50$	$50-42 = 8$	8
รวม				162		15

ตารางที่ 2 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (เดือนมีนาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่ง มอบ (Due date, d_j)	เวลาคอย งาน (Waiting Time, WT_n)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสาย ของงาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardines s, T_j)
25	16	13	34	3	$16+3+13 = 32$	$32-34 = -2$	0
26-30,33	16	7	34	3	$32+0+7 = 39$	$39-34 = 5$	5
31	24	11	42	3	$39+0+11 = 50$	$50-42 = 8$	8
32	24	3	42	4	$50+0+3 = 53$	$53-42 = 11$	11
รวม					174		24

ตารางที่ 3 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ EDD (เดือนมีนาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสาย ของงาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
25	16	13	34	$16+13 = 29$	$29-34 = -5$	0
26	16	7	34	$29+7 = 36$	$36-34 = 2$	2
27	16	7	34	$36+7 = 43$	$43-34 = 9$	9
28	16	7	34	$43+7 = 50$	$50-34 = 16$	16
29	16	7	34	$50+7 = 57$	$57-34 = 23$	23
30	16	7	34	$57+7 = 64$	$64-34 = 30$	30
31	24	11	42	$64+11 = 75$	$75-42 = 33$	33
32	24	3	42	$75+3 = 78$	$78-42 = 36$	36
33	24	7	42	$78+7 = 85$	$85-42 = 43$	43
รวม				517		192

ตารางที่ 4 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ SPT (เดือนมีนาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้าของ งาน (Tardiness, T_j)
26	16	7	34	$16+7 = 23$	$23-34 = -11$	0
32	24	3	42	$1+23+3 = 27$	$27-42 = -15$	0
27	16	7	34	$27+7 = 34$	$34-34 = 0$	0
28	16	7	34	$34+7 = 41$	$41-34 = 7$	7
29	16	7	34	$41+7 = 48$	$48-34 = 14$	14
30	16	7	34	$48+7 = 55$	$55-34 = 21$	21
33	24	7	42	$55+7 = 62$	$62-42 = 20$	20
31	24	11	42	$62+11 = 73$	$73-42 = 31$	31
25	16	13	34	$73+13 = 86$	$86-34 = 52$	52
รวม				449		145

ตารางที่ 5 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ LPT (เดือนมีนาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้าของ งาน (Tardiness, T_j)
25	16	13	34	$16+13 = 29$	$29-34 = -5$	0
31	24	11	42	$29+11 = 40$	$40-42 = -2$	0
26	16	7	34	$40+7 = 47$	$47-34 = 13$	13
27	16	7	34	$47+7 = 54$	$54-34 = 20$	20
28	16	7	34	$54+7 = 61$	$61-34 = 27$	27
29	16	7	34	$61+7 = 68$	$68-34 = 34$	34
30	16	7	34	$68+7 = 75$	$75-34 = 41$	41
33	24	7	42	$75+7 = 82$	$82-42 = 40$	40
32	24	3	42	$82+3 = 85$	$85-42 = 43$	43
รวม				541		218

ตารางที่ 6 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ FCFS (เดือนมีนาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสาย ของงาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
25	16	13	34	$16+13 = 29$	$29-34 = -5$	0
26	16	7	34	$29+7 = 36$	$36-34 = 2$	2
27	16	7	34	$36+7 = 43$	$43-34 = 9$	9
28	16	7	34	$43+7 = 50$	$50-34 = 16$	16
29	16	7	34	$50+7 = 57$	$57-34 = 23$	23
30	16	7	34	$57+7 = 64$	$64-34 = 30$	30
31	24	11	42	$64+11 = 75$	$75-42 = 33$	33
32	24	3	42	$75+3 = 78$	$78-42 = 36$	36
33	24	7	42	$78+7 = 85$	$85-42 = 43$	43
รวม				517		192

ตารางที่ 7 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ MST (เดือนมีนาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสาย ของงาน (Lateness, L_j)	เวลาดำซ้ำ ของงาน (Tardiness, T_j)
25	16	13	34	$16+13 = 29$	$29-34 = -5$	0
26	16	7	34	$29+7 = 36$	$36-34 = 2$	2
27	16	7	34	$36+7 = 43$	$43-34 = 9$	9
28	16	7	34	$43+7 = 50$	$50-34 = 16$	16
29	16	7	34	$50+7 = 57$	$57-34 = 23$	23
30	16	7	34	$57+7 = 64$	$64-34 = 30$	30
31	24	11	42	$64+11 = 75$	$75-42 = 33$	33
33	24	7	42	$75+7 = 82$	$82-42 = 40$	40
32	24	3	42	$82+3 = 85$	$85-42 = 43$	43
รวม				521		196

ตารางที่ 8 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ Shift Bottleneck Heuristic (เดือนมีนาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสาย ของงาน (Lateness, L_j)	เวลาดำซ้ำ ของงาน (Tardiness, T_j)
25	16	13	34	$16+13 = 29$	$29-34 = -5$	0
26	16	7	34	$29+7 = 36$	$36-34 = 2$	2
27	16	7	34	$36+7 = 43$	$43-34 = 9$	9
28	16	7	34	$43+7 = 50$	$50-34 = 16$	16
29	16	7	34	$50+7 = 57$	$57-34 = 23$	23
30	16	7	34	$57+7 = 64$	$64-34 = 30$	30
31	24	11	42	$64+11 = 75$	$75-42 = 33$	33
33	24	7	42	$75+7 = 82$	$82-42 = 40$	40
32	24	3	42	$82+3 = 85$	$85-42 = 43$	43
รวม				521		196

ตารางที่ 9 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ EDD เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสาย ของงาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
25	16	13	34	$16+13 = 29$	$29-34 = -5$	0
26-30, 33	16	7	34	$29+7 = 36$	$36-34 = 2$	2
31	24	11	42	$36+11 = 47$	$47-42 = 5$	5
32	24	3	42	$47+3 = 50$	$50-42 = 8$	8
รวม				162		15

ตารางที่ 10 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ SPT เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้าของ งาน (Tardiness, T_j)
26-30	16	7	34	$16+7 = 23$	$23-34 = -11$	0
32	24	3	42	$1+23+3 = 27$	$27-42 = -15$	0
33	24	7	42	$27+7 = 34$	$34-42 = -8$	0
31	24	11	42	$34+11 = 45$	$45-42 = 3$	3
25	16	13	34	$45+13 = 58$	$58-34 = 24$	24
รวม				187		27

ตารางที่ 11 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ LPT เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้าของ งาน (Tardiness, T_j)
25	16	13	34	$16+13 = 29$	$29-34 = -5$	0
31	24	11	42	$29+11 = 40$	$40-42 = -2$	0
26-30,33	16	7	34	$40+7 = 47$	$47-34 = 13$	13
32	24	3	42	$47+3 = 50$	$50-42 = 8$	8

ตารางที่ 11 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ LPT เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม) (ต่อ)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้าของ งาน (Tardiness, T_j)
รวม				166		21

ตารางที่ 12 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ FCFS เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสาย ของงาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
25	16	13	34	$16+13 = 29$	$29-34 = -5$	0
26-30, 33	16	7	34	$29+7 = 36$	$36-34 = 2$	2
31	24	11	42	$36+11 = 47$	$47-42 = 5$	5
32	24	3	42	$47+3 = 50$	$50-42 = 8$	8
รวม				162		15

ตารางที่ 13 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ MST เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสาย ของงาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
25	16	13	34	$16+13 = 29$	$29-34 = -5$	0
26-30, 33	16	7	34	$29+7 = 36$	$36-34 = 2$	2
31	24	11	42	$36+11 = 47$	$47-42 = 5$	5
32	24	3	42	$47+3 = 50$	$50-42 = 8$	8
รวม				162		15

ตารางที่ 14 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ Shift Bottleneck Heuristic เดือนมีนาคม (ปรับให้เข้ากับโปรแกรม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาดังมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสาย ของงาน (Lateness, L_j)	เวลาด่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
25	16	13	34	$16+13 = 29$	$29-34 = -5$	0
26-30, 33	16	7	34	$29+7 = 36$	$36-34 = 2$	2
31	24	11	42	$36+11 = 47$	$47-42 = 5$	5
32	24	3	42	$47+3 = 50$	$50-42 = 8$	8
รวม				162		15

ตารางที่ 15 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของงานประจำ (เดือนพฤษภาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาดังมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาด่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
45	6	2	24	$6+2 = 8$	$8-24 = -16$	0
46,48-50	10	2	28	$8+2+2 = 12$	$12-28 = -16$	0
47	10	4	28	$12+4 = 16$	$16-28 = -12$	0
53	15	11	33	$16+11 = 27$	$17-33 = -6$	0
54	15	2	33	$27+2 = 29$	$29-33 = -4$	0
55	19	11	37	$29+11 = 40$	$40-37 = 3$	3
รวม				132		3

ตารางที่ 16 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (เดือนพฤษภาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลา พร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาดัง มอบ (Due date, d_j)	เวลาคอย งาน (Waiting Time, WT_n)	เวลาเสร็จ งาน (Completi on Time, C_j)	เวลาสาย ของงาน (Lateness, L_j)	เวลาด่าช้า ของงาน (Tardiness , T_j)
45-46, 48-50	6	2	24	4	$6+4+2 = 12$	$12-24 = -12$	0
47	10	4	28	4	$12+2+4 = 18$	$18-28 = -10$	0

ตารางที่ 16 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (เดือนพฤษภาคม)
(ต่อ)

งานที่ (Job, J_j)	เวลา พร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่ง มอบ (Due date, d_j)	เวลาคอย งาน (Waiting Time, WT_{ij})	เวลาเสร็จ งาน (Completion Time, C_j)	เวลาสาย ของงาน (Lateness, L_j)	เวลาดำซ้ำ ของงาน (Tardiness, T_j)
53, 55	15	11	33	3	$18+0+11=29$	$29-33 = -4$	0
54	15	2	33	4	$29+0+2 = 31$	$31-33 = -2$	0
รวม					90		0

ตารางที่ 17 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบ FCFS (เดือนพฤษภาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จ งาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาดำซ้ำ ของงาน (Tardiness, T_j)
45	6	2	24	$6+2 = 8$	$8-24 = -16$	0
46,48,49,50	10	2	28	$8+2+2 = 12$	$12-28 = -16$	0
47	10	4	28	$12+4 = 16$	$16-28 = -12$	0
53	15	11	33	$16+11 = 27$	$17-33 = -6$	0
54	15	2	33	$27+2 = 29$	$29-33 = -4$	0
55	19	11	37	$29+11 = 40$	$40-37 = 3$	3
รวม				132		3

ตารางที่ 18 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบงานประจำ (เดือนกรกฎาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาดำซ้ำ ของงาน (Tardiness, T_j)
71	6	2	24	$6+2 = 8$	$8-24 = -16$	0
72	12	7	30	$8+4+7 = 19$	$19-30 = -11$	0
73, 74	16	11	34	$19+0+11=30$	$30-34 = -4$	0
75, 83	22	2	40	$30+0+2 = 32$	$32-40 = -8$	0

ตารางที่ 18 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบงานประจำ (เดือนกรกฎาคม) (ต่อ)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
76-78,84-85	22	7	40	$32+0+7 = 39$	$39-40 = -1$	0
79-80	23	11	41	$39+0+11=50$	$50-41 = 9$	9
86	29	4	47	$50+4 = 54$	$54-47 = 7$	7
รวม				232		16

ตารางที่ 19 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (เดือนกรกฎาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลา พร้อม (Ready Time, r_j)	เวลา ทำงาน (Processin g Time, P_j)	เวลาส่ง มอบ (Due date, d_j)	เวลา คอยงาน (Waitin g Time, WT_n)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness , T_j)
71	6	2	24	4	$6+4+2 = 12$	$12-24 = -12$	0
72	12	7	30	3	$12+3+7=22$	$22-30 = -8$	0
73,74,79-80	16	11	34	3	$22+0+11=33$	$33-34 = -1$	0
76-78,84-85	22	7	40	3	$33+0+7=40$	$40-40 = 0$	0
75, 83	22	2	40	4	$40+0+2= 42$	$42-40 = 2$	2
86	29	4	47	4	$42+0+4= 46$	$46-47 = -1$	0
รวม					195		2

ตารางที่ 20 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ FCFS (เดือนกรกฎาคม)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
71	6	2	24	$6+2 = 8$	$8-24 = -16$	0
72	12	7	30	$8+4+7 = 19$	$19-30 = -11$	0
73, 74	16	11	34	$19+0+11=30$	$30-34 = -4$	0
75, 83	22	2	40	$30+0+2 = 32$	$32-40 = -8$	0

ตารางที่ 20 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบ FCFS (เดือนกรกฎาคม) (ต่อ)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
76-78,84-85	22	7	40	$32+0+7 = 39$	$39-40 = -1$	0
79-80	23	11	41	$39+0+11=50$	$50-41 = 9$	9
86	29	4	47	$50+4 = 54$	$54-47 = 7$	7
รวม				232		16

ตารางที่ 21 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพแบบงานประจำ (เดือนกันยายน)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
91	1	3	19	$1+3 = 4$	$4-19 = -15$	0
92-94	3	7	21	$4+7 = 11$	$11-21 = -10$	0
95	6	2	24	$11+2=13$	$13-24 = -11$	0
96	7	7	25	$13+7 = 20$	$20-25 = -5$	0
97	16	7	34	$20+7 = 27$	$27-34 = -7$	0
98-100	16	11	34	$27+11=38$	$38-34 = 4$	4
101	21	2	39	$38+2 = 40$	$40-39 = 1$	1
102-103	23	3	41	$40+3 = 43$	$43-41 = 2$	2
รวม				196		7

ตารางที่ 22 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (เดือนกันยายน)

งานที่ (Job, J_j)	เวลา พร้อม (Ready Time, r_j)	เวลา ทำงาน (Processi ng Time, P_j)	เวลาส่ง มอบ (Due date, d_j)	เวลาคอย งาน (Waiting Time, WT_n)	เวลาเสร็จ งาน (Completion Time, C_j)	เวลาสาย ของงาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
91	1	3	19	4	$1+4+3 = 8$	$8-19 = -11$	0
92-94,96-97	3	7	21	3	$8+0+7 = 15$	$15-21 = -6$	0

ตารางที่ 22 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (เดือนกันยายน) (ต่อ)

งานที่ (Job, J_j)	เวลา พร้อม (Ready Time, r_j)	เวลา ทำงาน (Processin g Time, P_j)	เวลาส่ง มอบ (Due date, d_j)	เวลาคอย งาน (Waiting Time, WT_{ij})	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
95	6	2	24	4	$15+0+2=17$	$17-24=-7$	0
98-100	16	11	34	3	$17+2+11=30$	$30-34=-4$	0
101	21	2	39	4	$30+0+2=32$	$32-39=-7$	0
102-103	23	3	41	4	$32+0+3=35$	$35-41=-6$	0
รวม					137		0

ตารางที่ 23 การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของแบบ FCFS (เดือนกันยายน)

งานที่ (Job, J_j)	เวลาพร้อม (Ready Time, r_j)	เวลาทำงาน (Processing Time, P_j)	เวลาส่งมอบ (Due date, d_j)	เวลาเสร็จงาน (Completion Time, C_j)	เวลาสายของ งาน (Lateness, L_j)	เวลาล่าช้า ของงาน (Tardiness, T_j)
91	1	3	19	$1+3=4$	$4-19=-15$	0
92-94	3	7	21	$4+7=11$	$11-21=-10$	0
95	6	2	24	$11+2=13$	$13-24=-11$	0
96	7	7	25	$13+7=20$	$20-25=-5$	0
97	16	7	34	$20+7=27$	$27-34=-7$	0
98-100	16	11	34	$27+11=38$	$38-34=4$	4
101	21	2	39	$38+2=40$	$40-39=1$	1
102-103	23	3	41	$40+3=43$	$43-41=2$	2
รวม				196		7

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล

ประวัติการศึกษา

ตำแหน่ง

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

กฤษณ์พล สิงห์อุบล

ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์

สาขาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2547

ผู้จัดการส่วนประเมินคุณภาพและ

ควบคุมกระบวนการ

บริษัท ออริจิน อีซีเอ็น เฟ้นท์ จำกัด

จันทร์เกษม จตุจักร กทม. 10900