กลยุทธ์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

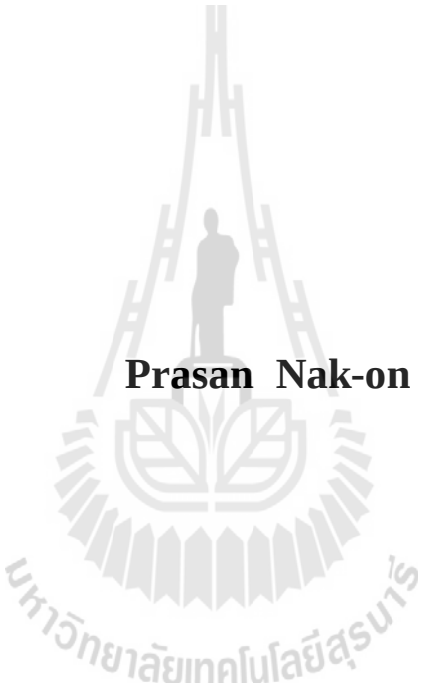
นายประสาน นาคอ่อน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2557

STRATEGIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF HARD DISK DRIVE TESTING PROCESS

Prasan Nak-on



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Engineering in Mechatronics

Suranaree University of Technology

Academic Year 2014

กลยุทธ์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(ผศ. ดร.กีรติ สุลักษณ์)
ประธานกรรมการ

_____

(อ. ดร.กัญชลา สุดตาชาติ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(อ. ดร.ธีทัต ดลวิชัย)
กรรมการ

_____

(อ. ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

_____

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ประสาน นาคอ่อน : กลยุทธ์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (STRATEGIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF HARD DISK DRIVE TESTING PROCESS) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.กัญชลา สุดตาชาติ, 87 หน้า.

ในกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ พบว่าเกิดความคับคั่งของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์บนสายพานลำเลียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องทดสอบที่อยู่ช่วงท้าย สายการผลิต ส่งผลให้อัตราการหยิบจับชิ้นงาน และประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้วออกจากสายพานลำเลียง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบและเพื่อเพิ่มสมดุลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบ และได้ศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิต เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งจัดเรียงแบบขนาน โดยประยุกต์กฎการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน และกฎการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน วิธีดำเนินงาน ได้ออกแบบและสร้างแบบจำลองการผลิตด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้มีความสอดคล้องกับการผลิตจริง กระบวนการที่นำเสนอสามารถทำให้อัตราการหยิบชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบโดยรวมเพิ่มขึ้น 27% และทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพิ่มขึ้น 26% โดยการจัดตารางการผลิตแบบกฎการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน ทำให้มีค่าผลต่างจากค่าเฉลี่ยกำลังสอง ลดลง 20% และการจัดตารางการผลิตแบบกฎการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน ทำให้มีค่าผลต่างจากค่าเฉลี่ยกำลังสอง ลดลง 91% ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการหลังปรับปรุงมีสมดุลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบเพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

PRASAN NAK-ON : STRATEGIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF HARD DISK DRIVE TESTING PROCESS. THESIS ADVISOR : KANCHALA SUTACHAT, Ph.D., 87 PP.

PRODUCTION SCHEDULING/HARD DRIVE TESTING/SLOT UTILIZATION

In the hard drive testing process for the Hard Disk Drive Industrial, the congestion of drives occurs especially at the end of a conveyor with few testing machines. It results in decreasing the efficiency of the system both the drive pickup rate and the balancing of equipment effectiveness. This research proposes the sorter machine design to sort PASS/FAIL drives from the conveyor. To increase the performance of the tester system and to balance the performance of the tester utilization, and studies the production scheduling in order to improve the percentage of tester utilization for unrelated parallel HDD testing machines. We consider two scheduling rules such as the Shortest Processing Time (SPT) and Longest Processing Time (LPT). We develop the simulation model for unrelated parallel machines with multiple products. We investigate the performance of two scheduling rules for how to assign products to machines. Comparison between the current operating and two scheduling rules are demonstrated using real data. The proposes process can increase drive insertion rate 26% and increase performance of tester 27%, The production scheduling of SPT make the MSE is decreased 20% and the production scheduling of LPT make the MSE decreased 91%, which shows that the process after improved can increase balancing utilization of the tester.

School of Mechanical Engineering Student's Signature_____

Academic Year 2014 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่างๆ ได้แก่

อาจารย์ ดร.กัญชลา สุดตาชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ไขปัญหาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสในการศึกษา คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ หัวหน้างาน คุณสุทธิชัย งามมิตรสมบูรณ์ Mr. Chiming Tan และ คุณ วีรศักดิ์ พรรณนางาม ที่ให้การสนับสนุน ในการทำการวิจัยและอำนวยความสะดวกในการเข้าพบ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณกิตติศักดิ์ โพธิ์แสง ที่ให้ความร่วมมือในติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง และให้ความรู้เรื่องการทำงานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมชั้นเรียนทุกคนที่มีส่วนในการแบ่งปันความรู้ และเป็นกำลังใจให้กันในระหว่างการศึกษา เป็นเพื่อนร่วมทาง เพื่อนร่วมชั้น และเป็นผู้ให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูบาอาจารย์ที่คารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้วิจัย จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิต

ประสาน นาคอ่อน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฏ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 5
1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย 5
1.4.1 ระเบียบวิธีวิจัย 5
1.4.2 สถานที่ทำการวิจัย 6
1.4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 การจัดตารางการผลิต (Scheduling) 7
2.2 ระบบงาน (System) 7
2.2.1 องค์ประกอบของระบบงาน (Elements of system) 8
2.2.2 ประเภทของระบบงาน (Type of system) 8
2.2.3 ตัวแบบจำลอง (Model) 8
2.2.4 การประยุกต์ตัวแบบจำลองกับระบบงานจริง 9
2.2.5 ข้อได้เปรียบของการใช้การจำลอง 10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.6 ข้อเสียเปรียบของการใช้แบบจำลอง....10
2.2.7 สาเหตุที่ไม่ใช้ระบบงานจริงในการศึกษาทดลอง....10
2.3 ระบบแถวคอย (Queuing system)....10
2.3.1 โครงสร้างของระบบแถวคอย (The structure of queuing system)....11
2.3.2 ลักษณะที่สำคัญของระบบแถวคอย
(Important characteristics of queuing system)....12
2.3.2.1 เสียเปรียบของการใช้....12
2.3.2.2 การแจกแจงเวลาของการให้บริการ (Service time)....12
2.3.2.3 จำนวนช่องทางการให้บริการ (Service channels)....12
2.3.3 แถวคอย (Waiting lane)....14
2.3.3.1 ระบบได้รับบริการก่อน (Priority system)....14
2.3.3.2 ระบบด่วน (Emergency preemptive priority system)....14
2.3.3.3 ระบบมาทีหลัง (Last come first served)....14
2.3.3.4 ระบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (First come first served)....15
2.3.3.5 ระบบจำกัดความยาวของระบบแถวคอย....15
2.4 ระบบ Pull System....15
2.5 โปรแกรมจัดตารางการผลิตสำเร็จรูป Lekin Scheduler....17
2.6 กฎการจัดตารางการผลิตในโปรแกรม Lekin Scheduler....18
2.6.1 ATCS (Apparent Tardiness Cost with Setups....18
2.6.2 EDD (Earliest Due Date)....18
2.6.3 MS (Minimum Slack)....18
2.6.4 FCFS (First Come – First Served)....18
2.6.5 LPT (Longest Processing Time)....18
2.6.6 SPT (Shortest Processing Time)....19
2.6.7 WSPT (Weighted Shortest Processing Time)....19
2.6.8 CS (Critical Ratio)....19
2.6.9 General SB Routine....19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.10 Shifting Bottleneck/sum wT 19
2.6.11 Shifting Bottleneck/Tmax 19
2.6.12 SB-LS algorithm 20
2.6.13 The Local Search 20
2.7 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต 20
2.7.1 เวลาปฏิบัติงานบนหน่วยผลิต (Processing Time) 20
2.7.2 เวลากำหนดส่งงาน (Due Date) 20
2.7.3 เวลาเบี่ยงเบน (Lateness) 20
2.7.4 เวลาส่งงานไม่ทันกำหนด (Tardiness) 21
2.7.5 เวลาในขั้นตอนการผลิตสินค้า (Operation Time) 21
2.7.6 เวลากำหนดงานเสร็จ (Completion Time) 21
2.7.7 เวลาเสร็จสิ้นท้ายที่สุด (Makespan) 22
2.8 การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input Analyzer) 22
2.9 การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม (Two-sample test on means) 23
2.9.1 เวลาปฏิบัติงานบนหน่วยผลิต (Processing Time) 24
2.9.1.1 t-test for independent samples ในกรณีที่ assume ว่า $\sigma^2_1 = \sigma^2_2$ 24
2.9.1.2 t-test for independent samples ในกรณีที่ assume ว่า $\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ เมื่อมีเหตุผลที่เชื่อได้ว่า $\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ 25
2.10 การประเมินผลต่างจากค่าเฉลี่ย (Evaluating Difference based on Average) 28
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29
3 การดำเนินงานวิจัย 32
3.1 การออกแบบเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้วออกจากสายพานลำเลียง 33
3.1.1 แผนผังการทำงานของกระบวนการคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 33
3.1.2 เครื่องคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Shuttle Machine) 34
3.2 การจัดตารางการผลิต 35
3.2.1 การจัดคิวแบบการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน 35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2 การจัดคิวแบบการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน....36
3.3 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพในการจัดลำดับความสำคัญ....39
3.3.1 Average completion time....39
3.3.2 % Utilization....40
3.3.3 Average No. of jobs in system....40
3.3.4 Average job lateness....40
3.4 ดัชนีชี้วัดความสมดุลประสิทธิภาพเครื่องจักร....41
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเพื่อนำไปใช้ในแบบจำลองการผลิต....41
3.5.1 Process Flow ของกระบวนการทดสอบ....41
3.5.2 Processing Time ของแต่ละผลิตภัณฑ์....42
3.5.3 การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า (Input Analyzer) ของแต่ละผลิตภัณฑ์....44
3.6 การศึกษาโปรแกรมอารีนา (Arena)....45
3.6.1 การใช้งานเบื้องต้น....46
3.6.2 การจำลองสถานการณ์โดยสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena....47
3.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์....51
3.7.1 การวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิต และกระบวนการผลิตจริงแบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิต....51
3.7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตาราง การผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT....51
3.7.3 การวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์แบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT....52
3.7.4 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิต และแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT....52
3.7.5 การวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์แบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT....52

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล.....53
4.1 ผลการออกแบบเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้ว.....53
4.2 ผลลัพธ์ของการจัดตารางการผลิต.....54
4.2.1 ผลการจัดตารางการผลิตแบบ SPT.....54
4.2.2 ผลการจัดตารางการผลิตแบบ LPT.....55
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าเพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....56
4.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 1.....57
4.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 2.....58
4.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 3.....59
4.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 4.....59
4.3.5 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า.....60
4.4 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์.....61
4.4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน.....61
4.4.2 การตรวจสอบสมมติฐานที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....61
4.4.3 การกำหนดจำนวนรอบของการดำเนินการตามสมมติฐานที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.....62
4.4.4 การวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงแบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิต.....62
4.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT.....63
4.4.6 การวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT.....64
4.4.7 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT.....65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.8 การวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริง ที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT 67
4.5 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแนวทางการปรับปรุงทั้งหมด.....68
5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....71
5.1 สรุปผลการวิจัย.....71
5.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย.....72
รายการอ้างอิง.....73
ภาคผนวก ก บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา.....75
ประวัติผู้เขียน.....87

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตารางค่าวิกฤต F (Critical values of F) 30
3.1 การมอบหมายงานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ 1 (P1) 39
3.2 การมอบหมายงานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ 2 (P2) 40
3.3 การมอบหมายงานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ 3 (P3) 41
3.4 การมอบหมายงานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ 4 (P4) 42
3.5 สรุปจำนวนของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลอง 48
4.1 ผลลัพธ์การจัดตารางการผลิตแบบ SPT 60
4.2 ผลลัพธ์การจัดตารางการผลิตแบบ LPT 62
4.3 เวลาที่ใช้ในการทดสอบแต่ละผลิตภัณฑ์ 62
4.4 สมการของข้อมูลรับเข้าสำหรับสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 67
4.5 ผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริง แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิต 68
4.6 ผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิต และแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT 69
4.7 ผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริง ที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT 71
4.8 แบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตาราง การผลิตแบบ LPT 72
4.9 ผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตาราง การผลิตแบบ LPT 73
4.10 เปรียบเทียบอัตราการหยิบจับชิ้นงานกระบวนการคัดแยกปัจจุบันและกระบวนการ คัดแยกที่นำเสนอ 75
4.11 ค่า MSE ของกระบวนการปัจจุบันและกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตาราง การผลิตแบบ SPT 76

4.12 ค่า MSE ของกระบวนการปัจจุบันและกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตาราง
การผลิตแบบ LPT..... 77

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.12 ค่า MSE ของกระบวนการปัจจุบันและกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตาราง
การผลิตแบบ LPT..... 70

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 ลักษณะการจัดวางเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และการลำเลียงงาน 1
1.2 ลักษณะความคับคั่งของชิ้นงานบนสายพานลำเลียง 2
1.3 ชิ้นงานที่รอคัดแยกออกจากสายพานลำเลียง 3
1.4 จำนวนงานที่ถูกหยิบเข้าเครื่องทดสอบในแต่ละวัน 4
1.5 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบ 5
2.1 โครงสร้างของระบบแถวคอย 12
2.2 จำนวนการให้บริการ 1 ช่องทาง 13
2.3 จำนวนการให้บริการ C ช่องทางแบบขนาน 14
2.4 จำนวนการให้บริการ C ช่องทางแบบอนุกรม 14
2.5 จำนวนการให้บริการ C ช่องทางแบบอนุกรมและแบบขนานผสมกัน 14
2.6 ตัวอย่างโปรแกรม Lekin Scheduler 18
2.7 ตัวอย่างโปรแกรม Lekin Scheduler 18
2.8 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Lekin Scheduler 19
2.9 รูปการวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงข้อมูล 25
3.1 แผนการดำเนินการวิจัย 34
3.2 กระบวนการคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่นำเสนอ 35
3.3 กระบวนการคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 36
3.4 Shuttle Machine สำหรับคัดแยกชิ้นงาน 37
3.5 Process Flow ของกระบวนการทดสอบ 45
3.6 Processing Time ที่ใช้ในการทดสอบของแต่ละผลิตภัณฑ์ 46
3.7 การวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบแกรมม่า 49
3.8 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบ 52
3.9 Simulation Flow ของกระบวนการทดสอบ 53
3.10 แบบจำลองสถานการณ์ Scheduling Model 54
3.11 แบบจำลองสถานการณ์ Processing Model 54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.12 แบบจำลองสถานการณ์ Testing Model (ต่อ) 55
4.1 กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่นำเสนอ 58
4.2 แสดงการจัดตารางการผลิตแบบ SPT 59
4.3 ตัวชี้วัดในการจัดตารางการผลิตแบบ SPT 60
4.4 การจัดตารางการผลิตแบบ LPT 61
4.5 ตัวชี้วัดในการจัดตารางการผลิตแบบ LPT 61
4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 1 จากโปรแกรม Arena Input Analyzer 63
4.7 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 2 จากโปรแกรม Arena Input Analyzer 64
4.8 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 3 จากโปรแกรม Arena Input Analyzer 65
4.9 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 4 จากโปรแกรม Arena Input Analyzer 66
4.10 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 17 ของข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์ และกระบวนการผลิตจริงแบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิต 69
4.11 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 17 ของข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT 70
4.12 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 17 ของข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์ และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT 71
4.13 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 17 ของข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์ แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT 73
4.14 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 17 ของข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์ และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT 74
4.15 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของ กระบวนการก่อนปรับปรุงกับกระบวนการที่นำเสนอการจัดตารางแบบ SPT 75
4.16 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ของกระบวนการก่อนปรับปรุงกับกระบวนการที่นำเสนอการจัดตารางแบบ LPT 77

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

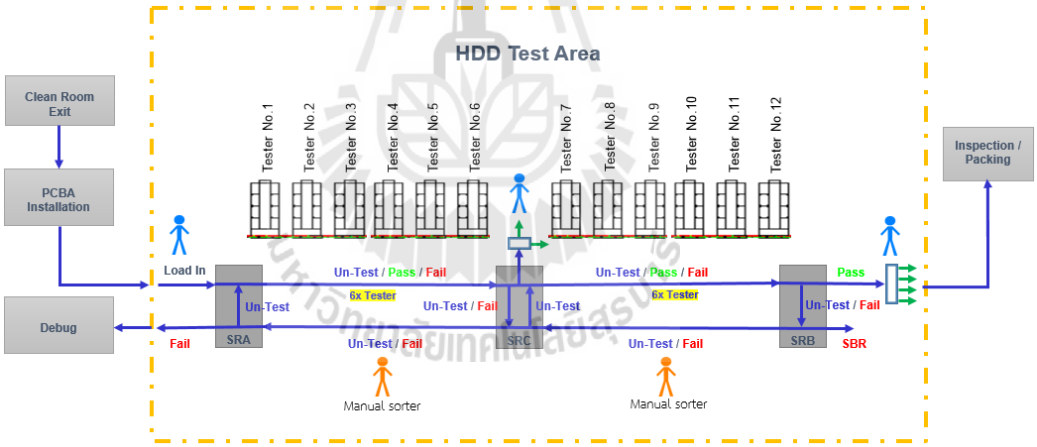
Hard Disk Drive	=	ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
Print Circuit Board Assembly	=	แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์
Shortest Processing Time	=	กฎการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน
Longest Processing Time	=	กฎการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน
Scheduling	=	การจัดตารางการผลิต
Dispatching job	=	การจัดลำดับงาน
Makespan	=	ระยะเวลาเสร็จสิ้นท้ายที่สุด
Max. Tardiness	=	เวลาส่งงานไม่ทันมากที่สุด
Total Flow Time	=	ผลรวมของเวลางานอยู่ในระบบ
Total Tardiness	=	ผลรวมของเวลาส่งงานไม่ทันกำหนด
Total Weighted Flow Time	=	ผลรวมของเวลางานอยู่ในระบบแบบถ่วงน้ำหนัก
Total Weighted Tardiness	=	ผลรวมของเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดแบบถ่วงน้ำหนัก
Number of Tardy Jobs	=	จำนวนงานล่าช้า
Processing Time	=	เวลาปฏิบัติงานบนหน่วยผลิต
Due Date	=	เวลากำหนดส่งงาน
Operation Time	=	เวลาในขั้นตอนการผลิตสินค้า
Completion Time	=	เวลากำหนดงาน
Input Analyze	=	การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า
Significance Level	=	ค่าระดับนัยสำคัญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

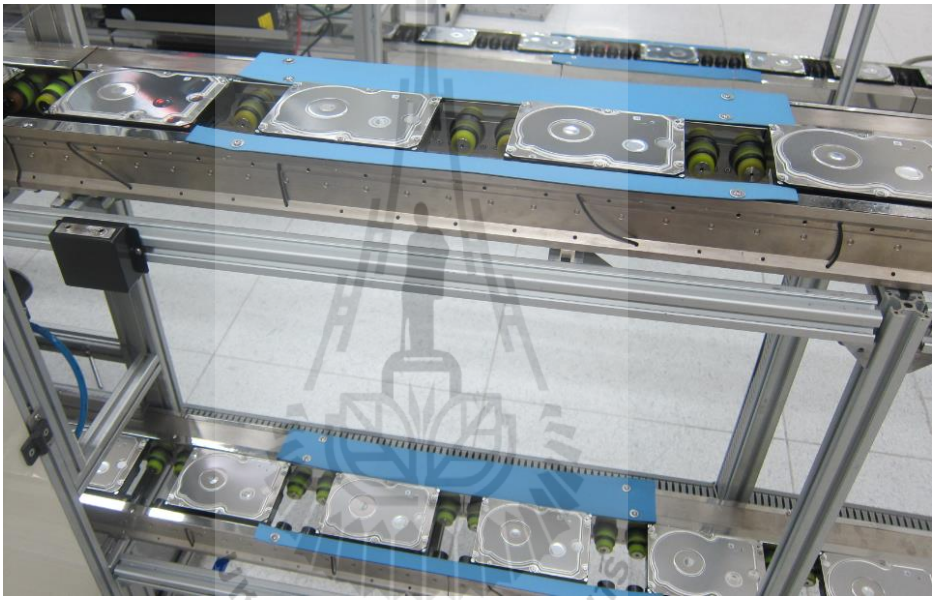
ในกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ มีขั้นตอนในการทดสอบหลายขั้นตอนด้วยกัน ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีหลายๆสถานีทดสอบ ซึ่งการลำเลียงฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จากสถานีหนึ่งไปยังสถานีหนึ่ง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้สายพานลำเลียงเพื่อป้องกันปัญหาในเรื่องของเสียที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายเนื่องจากการจับถือ กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในปัจจุบัน สามารถอธิบายเป็นแผนผังดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ลักษณะการจัดวางเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และการลำเลียงงาน

หลังจากทำการประกอบแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์(Print Circuit Board Assembly ; PCBA) เสร็จเรียบร้อยแล้ว HDD ก็จะถูกลำเลียงมาเข้าสู่กระบวนการการทดสอบ จากข้อมูลการจัดวางเครื่องทดสอบ จะเห็นได้ว่ามีเครื่องทดสอบทั้งหมด 12 เครื่องวางต่อกันแบบช่องทางเดียว โดยจะมีสายพานลำเลียงผ่านหน้าเครื่องทดสอบ ในหนึ่งสายการผลิตจะมีพนักงานทั้งหมด 5 คน มีหน้าที่โหลดงานเข้าสายการผลิต 1 คน และอีก 4 คน ทำหน้าที่คัดแยกงานที่ผ่านการทดสอบแล้ว โดยเครื่องทดสอบแต่ละเครื่อง จะมีหุ่นยนต์หยิบจับงานที่ต้องการจะทดสอบเข้าเครื่องเพื่อไปทำการ

ทดสอบ และเมื่อทดสอบเสร็จ ซึ่งจะมีทั้งงานที่ผ่านการทดสอบ (PASS) หรือไม่ผ่าน (FAIL) ก็จะถูกหยิบออกมาจากเครื่อง ลงมาวางบนสายพานลำเลียงอีกครั้ง โดยมีเครื่องคัดแยก (Sorter) ทำหน้าที่แยกงานที่ผ่านการทดสอบ งานที่รอการทดสอบ และงานที่ไม่ผ่านการทดสอบ โดยเครื่องคัดแยกจะถูกติดตั้งอยู่ระหว่างเครื่องทดสอบเครื่องที่ 6 กับเครื่องที่ 7 ดังนั้นจะเป็นได้ว่าเครื่องลำดับที่ 6 และเครื่องที่ 12 จะมีทั้งงาน รอทดสอบ ผ่านการทดสอบแล้ว และงานที่ไม่ผ่านการทดสอบ ผ่านหน้าเครื่อง ซึ่งเป็นผลให้โอกาส ที่จะได้หยิบงานเข้าไปทดสอบในเครื่อง ก็มีน้อยตามไปด้วยและที่สำคัญ ความคับคั่งของงานที่ปลายสายพานลำเลียง จะมีมากกว่าด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.2

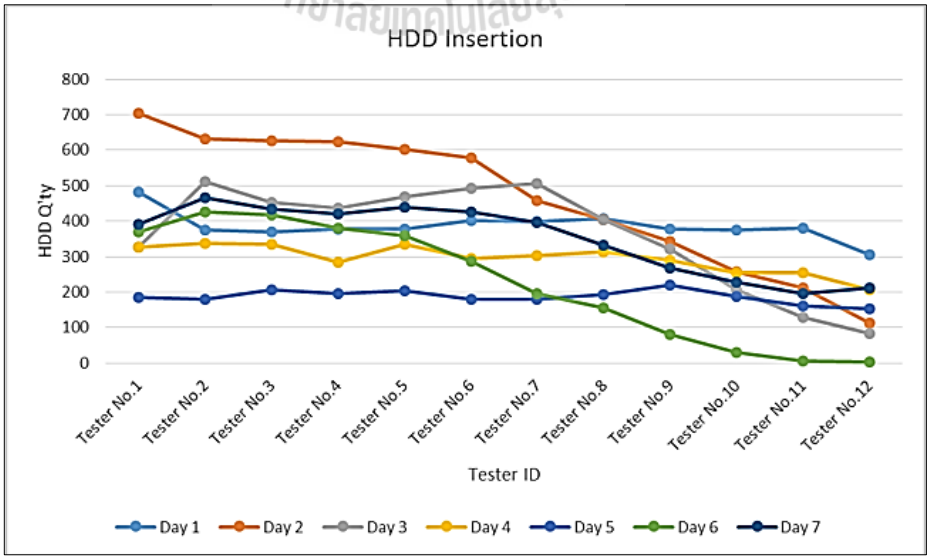


รูปที่ 1.2 ลักษณะความคับคั่งของชิ้นงานบนสายพานลำเลียง

จะเห็นได้ว่าความคับคั่งของงานที่ปลายสายพานลำเลียงจะมีมากเนื่องจากมีงานที่ปนมากับงานที่ยังไม่ถูกทดสอบและจะต้องหยุดรอเครื่องคัดแยกเพื่อคัดแยกงานให้เหลือเพียงงานที่ยังไม่ทำการทดสอบอยู่บนสายพานลำเลียงเท่านั้น กระบวนการคัดแยกสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.3

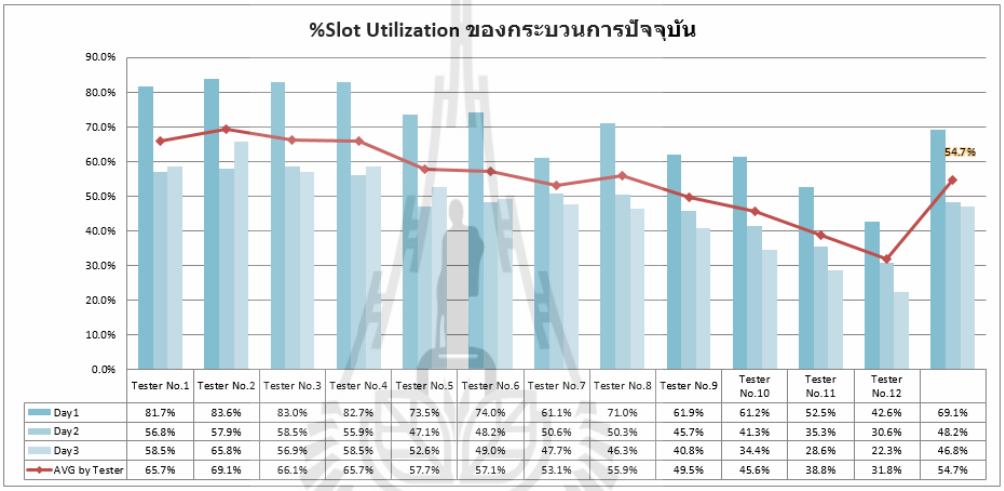
รูปที่ 1.3 ชิ้นงานที่รอคัดแยกออกจากสายพานลำเลียง

ความคับคั่งของงานที่รอการคัดแยก จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าถ้าตัวคัดแยกงาน ทำการคัดแยกงานออกช้า จะมีผลทำให้งานที่อยู่บนสายพานลำเลียง ไม่สามารถระบายออกไปได้ทัน ทำให้เสียเวลาในการลำเลียงงานไปยังเครื่องทดสอบ เป็นผลทำให้อัตราการหยิบจับชิ้นงานลดลง และประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องอยู่ในเกณฑ์ต่ำ โดยจำนวนงานที่ถูกหยิบเข้าเครื่องทดสอบในแต่ละวันสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 จำนวนงานที่ถูกหยิบเข้าเครื่องทดสอบในแต่ละวัน

โดยการโหลดงานเข้าสายการผลิตจะใช้คนงาน ในการโหลดงาน หลังจากนั้นจะเป็นระบบอัตโนมัติ โดยรูปแบบการโหลดงานยังไม่มีรูปแบบที่แน่นอน จึงทำให้ประสบปัญหาการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ผลิตสินค้าที่ยังไม่ต้องการก่อน ส่งผลให้เกิดเวลาทำงานรวมที่มาก การผลิตไม่ทันตามกำหนดส่งสินค้า และทำให้ประสิทธิภาพเครื่องทดสอบใช้งานได้ไม่คุ้มค่า เนื่องจากมีงานที่ผ่านกระบวนการทดสอบแล้วรวมอยู่บนสายพานลำเลียงและเกิดความคับคั่งบนสายพายลำเลียง ซึ่งเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบเกิดความไม่สมดุล ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.5



	Tester No.1	Tester No.2	Tester No.3	Tester No.4	Tester No.5	Tester No.6	Tester No.7	Tester No.8	Tester No.9	Tester No.10	Tester No.11	Tester No.12	
Day1	81.7%	83.6%	83.0%	82.7%	73.5%	74.0%	61.1%	71.0%	61.9%	61.2%	52.5%	42.6%	69.1%
Day2	56.8%	57.9%	58.5%	55.9%	47.1%	48.2%	50.6%	50.3%	45.7%	41.3%	35.3%	30.6%	48.2%
Day3	58.5%	65.8%	56.9%	58.5%	52.6%	49.0%	47.7%	46.3%	40.8%	34.4%	28.6%	22.3%	46.8%
AVG by Tester	65.7%	69.1%	66.1%	65.7%	57.7%	57.1%	53.1%	55.9%	49.5%	45.6%	38.8%	31.8%	54.7%

รูปที่ 1.5 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้วออกจากสายพานลำเลียง เพื่อลดความคับคั่งของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์บนสายพานลำเลียง และได้ศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิต เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งจัดเรียงแบบขนาน โดยประยุกต์กฎการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน และกฎการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน วิธีดำเนินงาน ได้ออกแบบและสร้างแบบจำลองการผลิตด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้มีความสอดคล้องกับการผลิตจริง และทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ ผลการทดลองกับข้อมูลจริงให้สมดุลประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบเพิ่มขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพิ่มอัตราการหยิบจับชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบ
2. เพิ่มความสมดุลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการจัดการผลิตเฉพาะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ที่มีขนาด 3.5 นิ้ว

2. ศึกษาการผลิตเฉพาะ สายการผลิตที่ 1-5

3. ศึกษาการผลิตเฉพาะเครื่องทดสอบที่ 1-60

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาการจัดตารางการผลิตในปัจจุบัน ชนิดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เวลาที่ใช้ในการผลิต ความสำคัญของในการส่งมอบงานให้กับลูกค้าในแต่ละผลิตภัณฑ์

2. ศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ต่ำ และเกิดความคับคั่งบนสายพานลำเลียง

3. ประยุกต์โดยการใช้กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules) ด้วยการใช้กฎการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน (Shortest Processing Time, SPT) และกฎการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน(Longest Processing Time, LPT) และทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์

4. ดำเนินการจัดทำแบบจำลองการผลิต (Simulation) โดยใช้โปรแกรมอารีนา (Arena Program) ให้มีความสอดคล้องกับการผลิตจริงเพื่อใช้เป็นตัวแบบในการหาประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบ

5. ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ รวมทั้งวิเคราะห์ความไวของระบบผลิต ผลการทดลองกับข้อมูลจริงให้สมดุลประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบเพิ่มขึ้น

6. จัดทำเอกสารและรายงานการทำงานวิจัย

1.4.2 สถานที่ทำการวิจัย

บริษัทซีเกทเทคโนโลยี(ประเทศไทย)จำกัด เลขที่ 90 หมู่ที่ 15 ถ.มิตรภาพ ต.สูงเนิน อ.สูงเนิน จ.นครราชสีมา 30170

1.4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรมอารีนา เพื่อสร้างแบบจำลองการผลิต

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. อัตราการหยิบชิ้นงานของเครื่องทดสอบเพิ่มขึ้น

2. ประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบเพิ่มขึ้น

3. ได้กฎการจัดงานที่ดี สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสายการผลิตจริงได้ ทั้งในสถานการณ์ที่เวลาในการทดสอบมีความแปรผัน

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิต เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งจัดเรียงแบบขนาน โดยประยุกต์กฎการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน และกฎการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน พร้อมทั้งนำการสร้างแบบจำลองการผลิตด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้มีความสอดคล้องกับการผลิตจริง และทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ ผลการทดลองกับข้อมูลจริงให้สมดุลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบเพิ่มขึ้น ซึ่งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

2.1 การจัดตารางการผลิต (Scheduling)

การจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตแบบทำตามสั่ง (Job shop scheduling) การจัดลำดับงาน (Dispatching job) และการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งจะส่งผลให้ทำการผลิต และบริการเสร็จทันตามกำหนดเวลาส่งมอบตามคำสั่งของลูกค้า การพิจารณาส่วนประกอบจะครอบคลุมเรื่องการจัดตารางการผลิตแบบทำตามสั่ง การจัดลำดับงานการจัดเก็บฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาเป็นของโรงงานกรณีศึกษา และวิเคราะห์ตารางการผลิตแต่ละแบบ โดยจำแนกได้ดังนี้ ช่วงกว้างของเวลาในการทำงานสั้นที่สุด ค่าที่น้อยที่สุดของเวลาการไหลของงานในระบบเฉลี่ย (Mean Flow Time) ค่าที่น้อยที่สุดของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Lateness) ค่าที่น้อยที่สุดของเวลาล่าข้าของงานสูงสุด (Max Tardiness) ค่าที่น้อยที่สุดของเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness) ค่าที่น้อยที่สุดของเวลารวมล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Total Tardiness) จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs)

2.2 ระบบงาน (System)

ระบบงาน หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์ทำงานร่วมกันเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของระบบงานนั้น เพราะว่าการจำลองปัญหาเป็นการศึกษากระบวนการทำงานทั้งหมดของระบบ จึงจำเป็นที่จะต้องมีรูปแบบที่ชัดเจนของระบบงานที่เรากำลังศึกษา โดยขอบเขตของระบบงานนั้น เช่น ระบบการยื่นบัตร เก่าและทำบัตรประจำตัวผู้ป่วย ที่แผนกเวชระเบียนและสถิติโรงพยาบาลศรีนครินทร์ เป็นต้น ซึ่งในบางครั้งการปฏิบัติงานของระบบงานอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากปัจจัยภายนอก ซึ่ง เรียกว่าสิ่งแวดล้อมของระบบ ทั้งองค์ประกอบ

ภายในระบบและสิ่งแวดล้อมของระบบ จะมีลักษณะเฉพาะที่ทำให้เกิดกิจกรรม และกิจกรรมที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขบางประการอาจทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบงาน

2.2.1 องค์ประกอบของระบบงาน (Elements of system)

ระบบงานต่างๆ จะประกอบด้วย กลุ่มขององค์ประกอบ (Element entity) ซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัวและองค์ประกอบเหล่านี้ จะก่อให้เกิดกิจกรรมเพื่อทำให้เกิดระบบของงานสามารถดำเนินการไปบรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของระบบงาน เช่น ในระบบงานธนาคาร ลูกค้าจะถือว่าเป็นองค์ประกอบหนึ่ง คุณลักษณะเช็คตามสมดุลของบัญชีและการฝากหรือถอนจะถือว่าเป็นกิจกรรม ที่เข้ามาทำ

เมื่อระบบงานมีการปฏิบัติงาน สถานะภาพของระบบงานจะเปลี่ยนแปลงไป ในที่นี้ สถานะภาพคือ ที่เก็บรวบรวมตัวแปรของระบบที่จำเป็นต่อการอธิบายของระบบ ณ เวลาใดๆ ซึ่งมี ความสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายที่เราศึกษา ในระบบธนาคารตัวแปรของระบบคือ จำนวนลูกค้าที่เข้ามาคอยติดต่องาน จำนวนเจ้าหน้าที่ที่ทำงานอยู่แล้วและเวลาที่เข้ามาถึงของลูกค้าคนถัดมา

2.2.2 ประเภทของระบบงาน (Type of system)

การจำแนกประเภทของระบบงานนั้น ได้ทำการจำแนกตามการนำไปใช้งาน โดยอาศัยลักษณะการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบ (States system) ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

1) Static และ Dynamics
   - Static คือ การเกิดของเหตุการณ์ในระบบการทำงานที่คงที่กับเวลาเสมอ
   - Dynamic คือ การเปลี่ยนแปลงของเวลาจะมีความสำคัญและมีผลกระทบต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ หรือตัวแปรที่กำลังสนใจ
2) Continuous และ Discrete
   - Continuous คือ สภาวการณ์ของระบบที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่อง ตลอดเวลา
   - Discrete คือ สภาวการณ์ของระบบที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ณ จุดหนึ่งจุดใดของ เวลา โดยมีความน่าจะเป็น (Probability) เข้ามาเกี่ยวข้อง
3) Deterministic และ Stochastic
   - Deterministic คือ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะเกิดขึ้นภายใต้กฎเกณฑ์ที่แน่นอน และได้มีการกำหนดเวลาที่แน่นอน
   - Stochastic คือ เวลาจะมีผลกระทบมาจากความน่าจะเป็น หรือความแปรปรวนจาก การมาของเวลาที่ไม่คงที่

2.2.3 ตัวแบบจำลอง (Model)

ตัวแบบจำลอง คือ หุ่นหรือวัตถุ หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือระบบที่เราสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาระบบการทำงานจริง ที่เราต้องการศึกษา แบบที่เราจะใช้ในการจำลองนี้เป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เช่น ตัวแบบจำลองระบบการทำงานของแผนกเวชระเบียนและสถิติโรงพยาบาลศรีนครินทร์ ตัวแบบการจำลองการทำงานของธนาคาร การจำลองระบบสินค้าคงคลัง เป็นต้น

2.2.4 การประยุกต์ตัวแบบจำลองกับระบบงานจริง

ตัวแบบจำลองแบบปัญหาสามารถนำไปแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้หลายระบบงาน ตัวอย่างเช่น

1) จำลองระบบงานด้านอุตสาหกรรมเช่น ระบบสินค้าคงคลัง ระบบแถวคอย ระบบการสื่อสาร ระบบการรับ-จ่ายสินค้า

2) การจำลองระบบงานด้านบริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ เช่น ศึกษาภาวะการตลาด ภาวะเงินเฟ้อ พฤติกรรมของผู้บริโภค

3) การจำลองสถานการณ์ในการรับการต่อสู้

4) การจำลองปัญหาด้านการจราจร ระยะเวลา การเปิดสัญญาณไฟเขียวไฟแดงตามแยกต่างๆ

5) การจำลองปัญหาด้านการจัดการคมนาคมทางอากาศ ให้เครื่องบินได้บินที่ระดับความสูงเท่าไหร่ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุเครื่องบินชนกัน

6) การฝึกหัดเครื่องบิน โดยการจำลองสถานการณ์ต่างๆ เช่น การขึ้น-ลงสนามบินที่มีความ จำกัดในสถานที่ เช่น สนามบินนานาชาติสุวรรณภูมิ เป็นต้น

7) จำลองเรื่องการแข่งขันด้านธุรกิจต่างๆ เมื่อผู้บริหารมีแผนการต่างๆ มาทดลองใช้

8) การจำลองเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ก่อนปล่อยน้ำบำบัดลงสู่แม่น้ำสาธารณะ

9) การจำลองผลกระทบทางเศรษฐกิจเมื่อมีการตัดสินใจใช้นโยบายต่างๆ

2.2.5 ข้อได้เปรียบของการใช้การจำลอง

1) ตัวแบบจำลองสถานการณ์สามารถทำการทดลองซ้ำๆ กันหลายครั้งในแต่ละกรณี

2) ค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการทดลองกับระบบงานจริง

3) เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ประยุกต์ใช้ได้ง่ายเพราะคำตอบที่ได้รับสามารถใช้ได้ทันที

4) ตัวแบบจำลองสามารถที่จะวิเคราะห์ระบบงานจริงได้ แม้ว่าข้อมูลจะน้อยก็ตาม

5) เป็นเครื่องมือในการฝึกอบรม ทดลองสถานการณ์ที่อันตราย

2.2.6 ข้อเสียเปรียบของการใช้แบบจำลอง

1) ตัวแบบจำลองเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์อาจจะต้องใช้เวลาในการพัฒนาแบบจำลองนาน

2) ผลที่ได้จากการจำลองมักจะเป็นค่ากะประมาณ

3) ผู้คุ้นเคยในการสร้างแบบจำลองมักไม่ค่อยค้นหาวิธีการ หรือตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่ง อาจจะแก้ปัญหาได้ง่ายกว่าในบางเรื่อง

2.2.7 สาเหตุที่ไม่ใช้ระบบงานจริงในการศึกษาทดลอง

1) ทำให้การทำงานตามปกติเกิดความติดขัด เช่น การทดลองใช้พนักงานฝาก-ถอนเงินในเวลาปกติจากเดิม 3 คน เป็น 5 คน ทำให้งานปกติที่คนสองคนเพิ่มเข้าไปจะไม่ได้ทำหน้าที่ที่เคย ทำอยู่ประจำ

2) ใช้ค่าใช้จ่ายในการทดลองมาก เช่น ต้องมีการจ้างพนักงานหรือซื้อเครื่องใหม่มาทดลอง

3) ใช้เวลาในการทดลองมากเท่ากับเวลาจริงของการทำงาน เช่น ทำการทดลอง 60 วัน ก็ต้องใช้ เวลา 60 วันจริง

4) ได้ผลการทดลองไม่ทันตามความต้องการ

5) ทดลองไม่ได้ทุกสถานการณ์

6) ในบางกรณีการทดลองมีความเสี่ยงสูง เช่น การทดลองระเบิดนิวเคลียร์

2.3 ระบบแถวคอย (Queuing system)

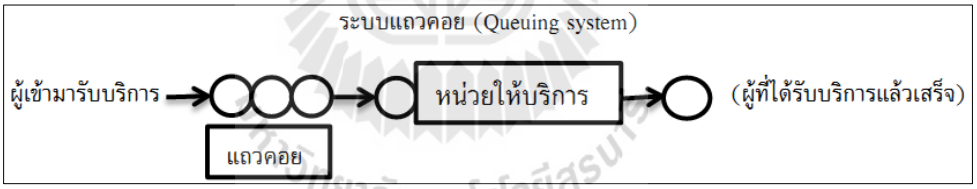
ในชีวิตประจำวันของเราทุกวันนี้ เราจะพบกับการรอคอย หรือต้องอยู่ในแถวคอยหรือคิว (Queue) ซึ่ง เป็นสถานการณ์ที่พบบ่อย ๆ ยกตัวอย่างเช่น การซื้อตั๋วรถโดยสาร การซื้อตั๋วเข้าชมภาพยนตร์ การเข้าแถวรอรับบริการฝาก-ถอนเงินของธนาคาร การเข้าแถวใช้ตู้ ATM การรอซื้ออาหาร การรอจ่ายเงินที่เคาน์เตอร์จ่ายเงินของซุปเปอร์มาร์เก็ต การรอรับการรักษาจากแพทย์ในโรงพยาบาล ฯลฯ แม้แต่ในกระบวนการผลิต เช่น ชิ้นงานที่อยู่ระหว่างขั้นตอนการผลิตถูกลำเลียงไปยังขั้นตอนต่างๆ อาจจะต้องมีการรอคอยพนักงานเพื่อทำการผลิต หรือประกอบ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการจัดระบบแถวคอยเพื่อให้ลูกค้าซึ่งอาจเป็นคน สัตว์ สิ่งของ หรือ ชิ้นงานได้รับบริการโดยรวดเร็ว และสามารถลดเวลารอคอยได้ อีกทั้งจะต้องคำนึงถึงจำนวนหน่วยบริการของ

หน่วยงานนั้นๆ ควรมีมากน้อยเพียงใดเพื่อไม่ให้หน่วยบริการเกิดการว่างงาน แต่การเข้ารับบริการและการมาถึงจุดให้บริการ ตลอดจนการให้บริการของพนักงานหรือเครื่องจักรที่ทำหน้าที่บริการมักเกิดขึ้นอย่างไม่สม่ำเสมอ จึงเกิดปัญหาของระบบแถวคอยขึ้น ดังนั้นเมื่อมีแถวคอยเกิดขึ้น จึงทำให้ลูกค้า ซึ่งอาจจะเป็นคน สัตว์ หรือสิ่งของในกระบวนการ เสียเวลา เสียค่าใช้จ่าย หรือทำให้ลูกค้าไปใช้บริการที่ร้านค้าหรือหน่วยบริการอื่นๆ ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการทำงานต่างๆ ทฤษฎีแถวคอย (Queuing theory) นั้นถูกคิดค้นโดยวิศวกรชาวเดนมาร์ก ชื่อ A.K. Erlang ซึ่งได้พัฒนาระบบคิวในอุตสาหกรรมด้านโทรศัพท์เป็นคนแรก นอกจากนั้นหลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 ทฤษฎีแถวคอยได้ถูกประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายด้านต่างๆ เช่น

1. ธนาคาร โดยมีพนักงานธนาคารเป็นผู้ให้บริการ
2. ร้านดัดผม โดยมีช่างตัดผมเป็นผู้ให้บริการ
3. ร้านขายของแบบห้างสรรพสินค้า โดยมีคนคิดเงินเป็นผู้ให้บริการ
4. หน่วยตรวจสอบคุณภาพสินค้า โดยมีคนตรวจเป็นผู้ให้บริการ
5. การใช้โทรศัพท์โดยมีเครือข่ายโทรศัพท์เป็นผู้ให้บริการ

2.3.1 โครงสร้างของระบบแถวคอย (The structure of queuing system)

โครงสร้างของระบบแถวคอยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของระบบแถวคอย

องค์ประกอบของโครงสร้างหลักในระบบแถวคอย คือ

1) ผู้เข้ามารับบริการ
2) แถวคอย
3) หน่วยบริการหรือจุดให้บริการ หรืออุปกรณ์ให้บริการ ซึ่งอาจจะมี 1 ช่องทาง หรือ มากกว่า 1 ช่องทางก็ได้

โครงสร้างทั่วไปของระบบแถวคอยประกอบด้วยผู้เข้ามารับบริการหรือลูกค้า (Customer) ซึ่งจะมารับบริการโดยมาจากแหล่งหนึ่งๆ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน หรือเรียกได้ว่าการมาเองของแต่ละคนเป็นอิสระต่อกัน ลูกค้าเหล่านี้จะเข้ามาในระบบแถวคอยและเข้าแถวรอรับบริการหน่วย

ให้บริการ (Service unit) จะให้บริการแก่ลูกค้าทีละคน ตามระเบียบของการให้บริการซึ่งเป็นระเบียบที่ว่าใครมาก่อนจะได้รับบริการก่อน หลังจากที่ได้รับบริการเสร็จแล้ว ลูกค้าก็จะออกจากระบบแถวคอย

2.3.2 ลักษณะที่สำคัญของระบบแถวคอย (Important characteristics of queuing system)

2.3.2.1 การแจกแจงการเข้ามา (Arrival distribution)

ถ้าผู้เข้ามารับบริการมารับบริการเป็นเวลาที่แน่นอนก็จะสามารถจัดให้มีหน่วยงานบริการ ตามเวลานั้นๆ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาแถวคอยได้ แต่เนื่องจากการมาของผู้มารับบริการขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกหลายอย่างจึงทำให้ผู้มารับบริการมาเป็นกลุ่มบ้าง กระจายบ้าง ทำให้ช่วงเวลาระหว่างการมาของผู้มารับบริการติดๆ กัน (Inter arrival time) แตกต่างกันออกไป ซึ่งอาจมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution) การแจกแจงแบบเออร์แลงก์ (Erlang distribution) การแจกแจงแบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential distribution) การแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (Uniform distribution) หรือการแจกแจงแบบอื่น ๆ

2.3.2.2 การแจกแจงเวลาของการให้บริการ (Service time)

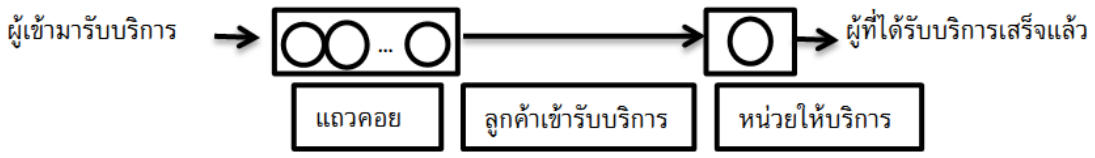
เวลาที่ใช้ในการให้บริการแก่ลูกค้าที่เข้ามารับบริการ ซึ่งมีการแจกแจงที่ต่างกันอาจจะเป็นการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (Uniform distribution) การแจกแจงแบบเออร์แลงก์ (Erlang distribution) การแจกแจงแบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential distribution) หรือการแจกแจงแบบ อื่นๆ

2.3.2.3 จำนวนช่องทางการให้บริการ (Service channels)

อาจจะมี 1 ช่องทางหรือหลายช่องทาง และอาจเป็นแบบขนานหรืออนุกรมหรือทั้ง 2 อย่าง ผสมกันก็ได้ ดังรูป

1) มี 1 ช่องทาง (Single channel, Single phase)

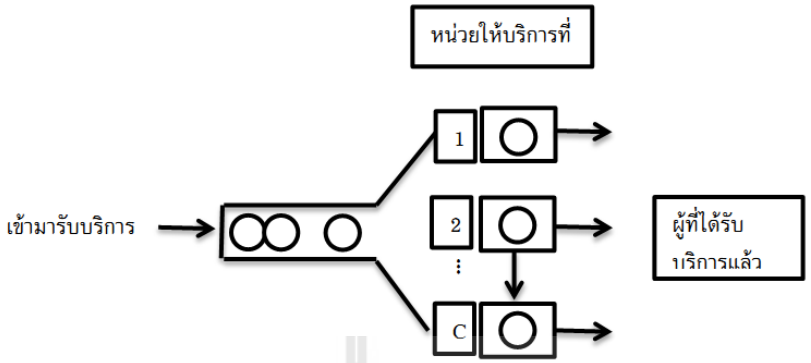
จำนวนการให้บริการ 1 ช่องทางสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 จำนวนการให้บริการ 1 ช่องทาง

2) มี C ช่องทางแบบขนาน

จำนวนการให้บริการ C ช่องทางแบบขนาน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 จำนวนการให้บริการ C ช่องทางแบบขนาน

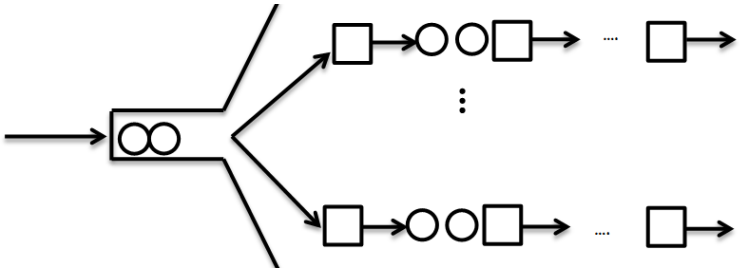
3) มี C ช่องทางแบบอนุกรม

จำนวนการให้บริการ C ช่องทางแบบอนุกรม สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 จำนวนการให้บริการ C ช่องทางแบบอนุกรม

4) มี C ช่องทางแบบอนุกรมและแบบขนานผสมกัน

จำนวนการให้บริการ C ช่องทางแบบอนุกรมและแบบขนานผสมกัน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 จำนวนการให้บริการ C ช่องทางแบบอนุกรมและแบบขนานผสมกัน

ผู้ให้บริการ (Server) อาจจะหมายถึง คน กลุ่มเครื่องจักร หรือ คน และเครื่องจักรผสมกัน ซึ่งจะมีผู้ให้บริการในแต่ละหน่วยบริการ

ช่องทางบริการ (Channel) หมายถึง ช่องบริการที่สามารถให้บริการแก่ผู้เข้ามารับบริการได้ อาจจะมี 1 ช่องหรือหลายช่องบริการ

ความยาวเฉลี่ยของการบริการ (Average length of service) การให้บริการที่มีเวลาให้บริการแบบแกว่ง อาจจะสอดคล้องกับการแจกแจงทางสถิติหลายๆ การแจกแจง เช่น การแจกแจงแบบเอ็กโปเนนเชียล การแจกแจงแบบปัวสัซอง แต่การแจกแจงที่มักจะใช้บ่อยสุดคือ การแจกแจงแบบเอ็กโปเนนเชียล สำหรับการแจกแจงแบบอื่นๆ อาจเป็นการแจกแจงแบบปกติ เช่น การแจกแจงความยาวของการรับโทรศัพท์หรือการแจกแจงของเวลาที่ใช้ซ่อมเครื่องยนต์ในรถยนต์เวลาในการให้บริการจะแทนด้วย $1/\mu$

อัตราการให้บริการโดยเฉลี่ย (Average service rate) การวัดอัตราการให้บริการ จะวัดจากการให้บริการลูกค้าต่อหน่วยเวลา อัตราการให้บริการลูกค้าโดยเฉลี่ยแทนด้วย μ จะเป็นส่วนกลับกัน

ของเวลาการให้บริการโดยเฉลี่ย ตัวอย่างเช่น ถ้าเวลาเฉลี่ยในการให้บริการลูกค้าคือ 30 นาที จะได้ว่า อัตราการให้บริการโดยเฉลี่ยเป็น 2 คนต่อชั่วโมง

2.3.3 แถวคอย (Waiting lane)

แถวคอยจะเกิดขึ้นเมื่อลูกค้าเข้ามาในหน่วยบริการ และพบว่ามีลูกค้าอื่นอยู่ในระบบ ลักษณะของแถวคอยจะขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์ของระเบียบวิธีแถวคอย ซึ่งอธิบายถึงนโยบายของลูกค้าที่เลือกเข้ามารับบริการในหน่วยบริการ ซึ่งตัวอย่างระเบียบวิธีแถวคอย มีตัวอย่างดังต่อไปนี้

2.3.3.1 ระบบได้รับบริการก่อน (Priority system)

ระบบนี้จะให้สิทธิแก่ลูกค้าเข้ารับบริการในหน่วยบริการก่อน เช่น ในธนาคาร หน่วยบริการบางหน่วยที่ให้ลูกค้าใช้บริการ ที่มีรายการไม่เกิน 2 รายการ เข้ารับบริการโดยไม่ต้องเข้าแถว ซึ่งบางทีเรียกหน่วยบริการนี้ว่า ทางด่วน (Express lane) เช่น การบริการในการขึ้นเครื่องบินก่อนของลูกค้าที่มีเด็กอ่อน

2.3.3.2 ระบบด่วน (Emergency preemptive priority system)

ระบบนี้จะให้บริการลูกค้าที่มีความสำคัญ โดยไม่เพียงมีสิทธิเข้ารับบริการก่อนเท่านั้นแต่ยังสามารถสอดแทรกเข้ารับบริการ ในขณะผู้มีสิทธิ์น้อยกว่ากำลังอยู่ระหว่างการบริการได้ด้วย ตัวอย่างเช่น ผู้ป่วยที่อยู่ในเขตเร่งด่วน สามารถให้แพทย์ซึ่งกำลังรักษาคนไข้ธรรมดาจะต้องรีบไปรักษา ซึ่งทำให้คนไข้ที่มีอาการสาหัสได้สิทธิรับบริการก่อน เป็นต้น

2.3.3.3 ระบบมาทีหลัง (Last come first served)

เป็นระบบที่ลูกค้าเข้ามาทีหลังสุดได้รับบริการก่อน ซึ่งในระบบนี้มักจะใช้มาก เกี่ยวกับส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรกล และเครื่องไม้เครื่องมือต่างๆ ที่อยู่ในโกดัง ซึ่งทำให้ลดค่าใช้จ่ายในด้านแรงงานและการขนส่งได้

2.3.3.4 ระบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (First come first served)

เป็นระบบที่ลูกค้าที่มาก่อนจะได้รับบริการก่อนตามลำดับการเข้ามา เช่น การให้บริการของผู้ป่วยในโรงพยาบาลที่ไม่ใช่แผนกฉุกเฉิน

2.3.3.5 ระบบจำกัดความยาวของระบบแถวคอย

ในบางกรณีมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความยาวของแถวคอย ซึ่งเรียกว่า แถวคอยจำกัด (Finite queue) โดยปกติแล้วระบบแถวคอยมีความยาวของแถวคอยไม่จำกัด

2.4 ระบบ Pull System

ในการวางแผนและควบคมการผลิตระบบดึง จะเน้นที่การลดระดับของของคงคลังในทุก ๆ ขั้นตอนของการผลิต ในระบบผลัก (Push System) เราจะดูตารางการผลิตว่าเราจะทำการผลิตอะไรต่อไป สำหรับในระบบดึง เราจะดูเฉพาะขั้นตอนถัดไปของการผลิต และพิจารณาดูว่าที่ขั้นตอนนั้นต้องการอะไร หลังจากนั้นเราก็จะทำการผลิตเพียงเท่านั้น ด้วยเหตุนี้รุ่นของการผลิตก็จะขึ้นโดยตรงกับขั้นตอนการผลิตต้นน้ำ (Upstream Stages of Production) ไปยังขั้นตอนการผลิตปลายน้ำ (Downstream Stage) โดยปราศจากการเก็บเป็นของคงคลัง ระบบดังกล่าวรู้จักกันในหลายๆ ชื่อ เช่น ทันเวลาพอดี (Just-in-Time: JIT) การผลิตรอบสั้น (Short-cycle Manufacturing) บริษัท GE จะเรียกระบบนี้ว่า การบริหารด้วยการมอง (Management by Sight) บริษัท IBM เรียกว่า การผลิตแบบไหลต่อเนื่อง (Continuous-Flow Manufacture) บริษัท Hewlett-Packard เรียกระบบนี้ว่า การผลิตแบบไร้สต๊อก (Stockless Production) และระบบการผลิตแบบซ้ำ (Repetitive Manufacturing System) บริษัท General Motors เรียกว่า การผลิตแบบสอดคล้อง (Synchronized Production) และบริษัทญี่ปุ่นหลายๆ แห่งเรียกระบบนี้ว่า ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System)

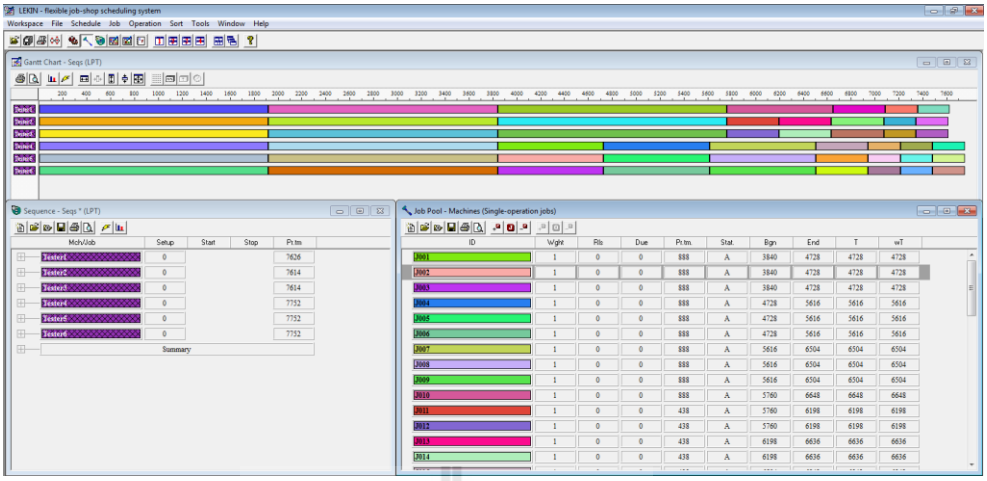
ในระบบ Pull นั้น การวางแผนการผลิตเน้นให้กระบวนการผลิตแต่ละขั้น ทำการผลิตให้พร้อมเสร็จ ให้ตรงตามเวลาที่ลูกค้ากำหนด ดังนั้นในกระบวนการย่อยจำเป็นต้องวางแผนลำดับการผลิต ปริมาณการผลิต โดยต้องคำนึงถึงความสามารถในการผลิตที่มีของแต่ละกระบวนการว่าจะทำได้ตรงตามแผนที่ต้องการ ตัวอย่างวิธีของระบบ Pull ได้แก่ การส่งแผ่นคัมบัง (Kanban) ไปยังแผนกที่ส่งส่วนประกอบมาให้ เพื่อบอกถึงความต้องการส่วนประกอบ และจำนวนที่ต้องการ ซึ่งเมื่อแผนกที่ได้รับ เห็นแผ่นคัมบัง จะรู้ว่าส่วนประกอบถูกใช้จนถึงระดับที่ต้องมีการเติม หรือต้องมีการผลิตเพิ่ม ซึ่งแผ่นคัมบังจะเป็นตัวช่วยกำหนดให้แผนกที่ส่งส่วนประกอบมาให้เริ่มทำการผลิต

ระบบ Pull เหมาะกับระบบที่มีการตอบสนองความต้องการในการผลิตที่รวดเร็ว ต้นทุนในการเตรียมการผลิตไม่สูง เหมาะกับกระบวนการที่สามารถควบคุมความไม่แน่นอนได้ดี เช่น สามารถจัดการให้การส่งมอบวัตถุดิบตรงตามความต้องการ ทั้งด้านปริมาณและเวลา และจะเห็นได้ว่าความจำเป็นของปริมาณพัสดุคงคลังมีน้อย เนื่องจากความสามารถในการตอบสนองความต้องการที่รวดเร็ว แต่การที่พัสดุคงคลังมีจำนวนน้อย อาจทำให้เกิดการขาดแคลนวัตถุ หากการผลิตเกิดการติดขัด การจะใช้ระบบ Pull ต้องมีความพร้อมและมีมาตรการในการรองรับความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น เครื่องจักรเสีย หรือการที่วัตถุดิบในการผลิตไม่มา ส่งตามเวลาและปริมาณที่ต้องการเป็นต้น

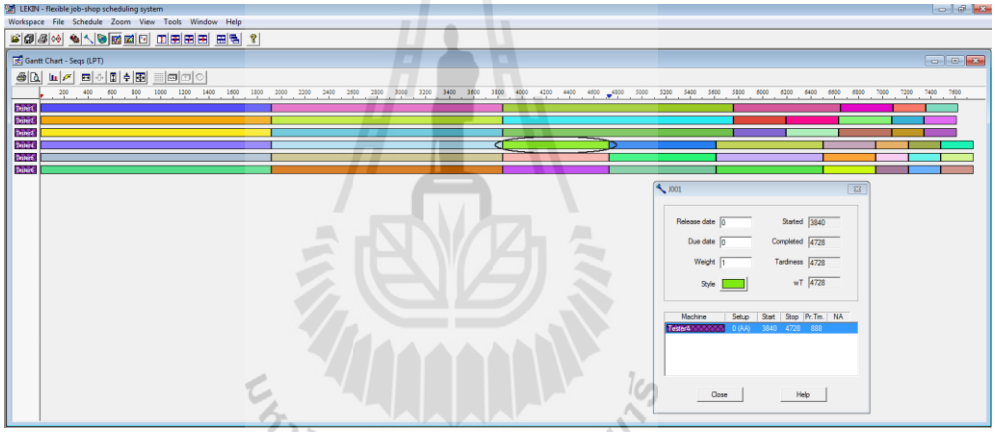
2.5 โปรแกรมจัดตารางการผลิตสำเร็จรูป Lekin Scheduler

LEKIN® เป็นโปรแกรมจัดตารางการผลิตที่เป็นโปรแกรมฟรีสามารถดาวน์โหลดได้ ซึ่งเวอร์ชั่นที่ให้ดาวน์โหลดจะถูกพัฒนาให้สามารถใส่งานได้ 50 งาน 20 สถานีงานและเครื่องจักร 100 เครื่อง LEKIN® เป็นระบบการจัดตารางการผลิตที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยนักศึกษาของมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย โปรแกรมนี้ถูกสร้างมาเพื่อเป็นเครื่องมือทางการศึกษาโดยจะมุ่งเน้นไปที่การอธิบายให้นักศึกษาได้ทราบถึงทฤษฎีในการจัดตารางการผลิตและลักษณะการทำงานโดยนำ algorithm ของแต่ละทฤษฎีมาใช้ในการพัฒนา โดยโปรแกรมนี้ถูกออกแบบพัฒนาขึ้นมาเพื่อวางแผนและจัดตารางการผลิตสำหรับภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการ โปรแกรมนี้สามารถที่จะแสดงและวิเคราะห์ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

- สภาพการทำงานพื้นฐาน 6 แบบ คือ เครื่องจักรเดี่ยว เครื่องจักรแบบขนาน ระบบผลิตแบบไหลลื่น ระบบผลิตแบบตามงาน ระบบการผลิตแบบไหลลื่นแบบยืดหยุ่น และระบบการผลิตแบบตามงานแบบยืดหยุ่น
- กลุ่มของปัญหาตัวอย่าง
- ป้อนข้อมูลของปัญหาของผู้ลงไปได้ง่าย
- มีกฎทฤษฎีและวิธีทางฮิวริสติกส์ที่หลากหลายใช้งานได้อย่างรวดเร็ว
- มี Ganntt Chart ที่มีคุณสมบัติลากและวางได้
- มีเครื่องมือทางกราฟฟิคสำหรับวิเคราะห์เทียบเคียงของตารางการผลิตที่ต่างกัน
- แสดงผลออกมาเป็นกราฟฟิค
- ง่ายในการ ส่งเข้าและส่งออกของ algorithm ที่นอกเหนือจากนี้
- ตัวอย่างโปรแกรม Lekin Scheduler สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7

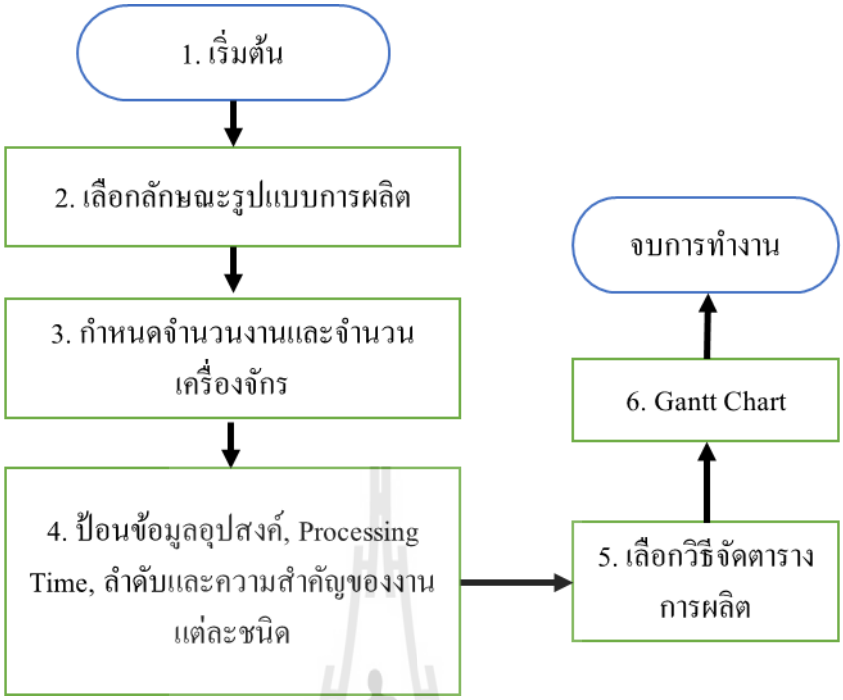


รูปที่ 2.6 ตัวอย่างโปรแกรม Lekin Scheduler



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างโปรแกรม Lekin Scheduler (ต่อ)

ขั้นตอนในการแก้ปัญหาโดยวิธีการจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรม Lekin Scheduler (ดังแสดงดังภาพที่ 2.8) เริ่มต้นจากระบุลักษณะของปัญหาว่ามีลักษณะการผลิตแบบใด เลือกจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักร เมื่อระบุแล้วเลือกวิธีการจัดตารางการผลิต จะได้ Gantt Chart แสดงเวลาในการผลิตของงานแต่ละชนิด โดยขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Lekin Scheduler สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Lekin Scheduler

2.6 กฎการจัดตารางการผลิตในโปรแกรม Lekin Scheduler

2.6.1 ATCS (Apparent Tardiness Cost with Setups) ต้นทุนงานที่ไม่เสร็จสิ้นตามกำหนดที่เห็นได้ชัด เป็นกฎในการจัดตารางการผลิตที่ซับซ้อนที่สุดสำหรับการหาผลรวมของเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดที่ถ่วงน้ำหนักที่มีค่าเหมาะสมที่สุด (Total Weighted Tardiness) กฎนี้จะมีความเกี่ยวข้องกับ WSPT และ MS

2.6.2 EDD (Earliest Due Date) งานที่มีกำหนดส่งก่อนจะทำการผลิตก่อน เป็นกฎอย่างง่ายสำหรับการหาค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดมากที่สุด (Maximum Tardiness) ซึ่งจะไม่นำค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญของงานมาคำนวณ ผลจะเป็นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกรณีที่เป็นเครื่องจักรเดี่ยวและวันเริ่มต้นปล่อยงานเป็นศูนย์

2.6.3 MS (Minimum Slack) คือ เวลาเพียงพอน้อยที่สุด เป็นส่วนผกผันกับ EDD

2.6.4 FCFS (First Come – First Served) จัดตารางการผลิตตามคำสั่งในการผลิต นั่นคือ งานใดมีคำสั่งผลิตก่อนก็จะทำการผลิตก่อน กฎนี้อาจจะเป็นกฎที่เหมาะสมเท่าที่ควร

2.6.5 LPT (Longest Processing Time) จะพิจารณางานที่มีเวลาในการผลิตมากที่สุดก่อนในการจัดตารางการผลิต จัดสมดุลของงาน พยายามทำให้ภาระงานบนเครื่องจักรแต่ละตัวมีค่าเท่าๆ กัน หาเวลาเสร็จสิ้นท้ายที่สุด (Make span) ที่เหมาะสมที่สุด

2.6.6 SPT (Shortest Processing Time) จะพิจารณางานที่มีเวลาในการผลิตน้อยที่สุดก่อนในการจัดตารางการผลิต หาผลรวมของเวลางานอยู่ในระบบรวม (Total Flow Time) ที่เหมาะสมที่สุด

2.6.7 WSPT (Weighted Shortest Processing Time) ระยะเวลาการทำงานที่สั้นที่สุดที่มีการถ่วงน้ำหนัก ซึ่งจะทำการพิจารณางานที่มีการให้น้ำหนักความสำคัญมากที่สุดก่อนแล้วเรียงตามระยะเวลาการทำงานจากน้อยที่สุดก่อน กฎนี้ก็คือเป็นการให้น้ำหนักความสำคัญของกฎ SPT โดยจะหาผลรวมของเวลางานอยู่ในระบบแบบถ่วงน้ำหนัก (Total Weighted Flow Time) ที่เหมาะสมที่สุด

2.6.8 CS (Critical Ratio) เป็นการจัดตารางการผลิตให้สอดคล้องกับอัตราส่วนของส่วนต่าง ของเวลาระหว่างกำหนดส่งกับเวลาของงานที่ทำไปแล้ว ต่อระยะเวลาในการทำงานของงานนั้นโดยจะเรียงตามอัตราส่วนที่น้อยที่สุดก่อน

2.6.9 General SB Routine เป็นวิธีการทาง heuristic ที่เป็นวิธีการทั่วไป สามารถใช้ได้กับทุกสภาพลักษณะการทำงาน และ 6 จาก 7 วัตถุประสงค์ก็คือ

- ระยะเวลาเสร็จสิ้นท้ายที่สุด (makes pan)
- เวลาส่งงานไม่ทันมากที่สุด (Max. Tardiness)
- ผลรวมของเวลางานอยู่ในระบบ (Total Flow Time)
- ผลรวมของเวลาส่งงานไม่ทันกำหนด (Total Tardiness)
- ผลรวมของเวลางานอยู่ในระบบแบบถ่วงนำหนัก (Total Weighted Flow Time)
- ผลรวมของเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดแบบถ่วงนำหนัก (Total Weighted Tardiness)

อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการทำงานของวิธีนี้มีข้อบกพร่องบางส่วนในการออกแบบนั่นก็คือ มีข้อจำกัดตรงที่ถ้าในสภาวะที่มีงาน 15 งานจะทำให้ความเร็วในการประมวลผลต่ำลง วิธีการนี้จะทำให้เกิดคอขวดในการทำงาน

2.6.10 Shifting Bottleneck/sum wT วิธีการนี้เป็นวิธีการทาง heuristic ออกแบบโดยเฉพาะสำหรับลักษณะงานแบบ Job Shop วิธีการนี้จะมีคุณภาพสูง แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะสนับสนุนเฉพาะผลรวมของเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดแบบถ่วงน้ำหนักเท่านั้น (Total Weighted Tardiness) ในขณะเดียวกัน ความเร็วของวิธีนี้จะแย่ลงเมื่อมีจำนวนงานมากกว่า 12 งาน

2.6.11 Shifting Bottleneck/Tmax วิธีนี้ถูกออกแบบเฉพาะสำหรับลักษณะงานที่เป็น Job Shop ธรรมดา วิธีการนี้จะสามารถกำหนดวัตถุประสงค์ได้สองอย่างคือ เวลาส่งงานไม่ทันมากที่สุด

(Maximum Tardiness) เป็นวัตถุประสงค์แรกและ เวลาเสร็จสิ้นงานท้ายที่สุด (Makespan) เป็นวัตถุประสงค์ที่สอง

2.6.12 SB-LS algorithm วิธีนี้เป็นวิธีการทาง heuristic ที่เป็นการรวมวิธีการที่เรียบร้อยของ วิธี Shifting Bottleneck และ วิธี Local Search โดยออกแบบมาเฉพาะสำหรับลักษณะการทำงาน แบบไหลลื่นแบบยืดหยุ่น (Flexible Flow Shops) วิธีนี้จะมีลักษณะที่แตกต่างจากวิธีอื่น ถ้าจำนวนของงานมากกว่าจำนวนของเครื่องจักร

2.6.13 The Local Search จะเหมาะสมเฉพาะกับงานที่มีสภาพแวดล้อมธรรมดา วิธีนี้จะมีรูปแบบของการหยุดบนความต้องการ ผู้ใช้สามารถที่จะเลือกช่วงเวลาที่จะทำการประมวลผล หรือสามารถที่จะหยุดวิธีการนี้ได้ที่ชั่วขณะใดขณะหนึ่ง และสามารถโหลดตารางการผลิตที่ดีที่สุด

งานวิจัยฉบับนี้จะใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT (Shortest Processing Time)) และ LPT (Longest Processing Time) ในการเปรียบเทียบผลการจัดตารางการผลิตจากการนำอุปสงค์ที่ได้จากโปรแกรมที่สร้างขึ้นและอุปสงค์ที่ได้จากการแบ่งออกเป็นสัดส่วนเท่าๆ กัน

2.7 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต

คำศัพท์ส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตที่จำเป็นจะต้องเข้าใจถึงความหมายให้ละเอียดและชัดเจน ได้แก่

2.7.1 เวลาปฏิบัติงานบนหน่วยผลิต (Processing Time) เป็นการพยากรณ์ค่าโดยประมาณว่าในการทำงานหนึ่งๆ ให้แล้วเสร็จจะต้องใช้เวลาเท่าไร ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ เวลาในการทำงานต่อหนึ่งหน่วย หรือเวลามาตรฐานในการผลิตสินค้า *i* บนเครื่องจักร *j* สัญลักษณ์ที่ใช้แทนด้วย T_{ij}

2.7.2 เวลากำหนดส่งงาน (Due Date) เป็นการกำหนดวนสุดท้ายของการส่งงาน หรือเป็นการกำหนดว่างานจะต้องแล้วเสร็จในช่วงเวลาดังกล่าว ถ้าหากงานแล้วเสร็จหลังจากช่วงเวลาดังกล่าวจะถูกพิจารณาว่าส่งงานไม่ทันกำหนด และจะสมมติว่าถ้ามีการส่งงานล่าช้ากว่ากำหนดจะต้องถูกปรับ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนด้วย d_i

2.7.3 เวลาเบี่ยงเบน (Lateness) เป็นความเบี่ยงเบนที่เกิดจากเวลาแล้วเสร็จของงานเบี่ยงเบนไปจากเวลากำหนดส่งงานของงานนั้น งาน ๆ หนึ่งอาจจะมีค่าเวลาเบี่ยงเบนเป็นบวก ถ้างานนั้นแล้วเสร็จหลังวันกำหนดส่ง และจะมีค่าเวลาเบี่ยงเบนเป็นลบ ถ้างานนั้นแล้วเสร็จก่อนเวลากำหนดส่งสัญลักษณ์ที่ใช้แทนด้วย L_i สามารถคำนวณได้จาก

$$L_i = C_i - d_i C_i \tag{2.1}$$

2.7.4 เวลาส่งงานไม่ทันกำหนด (Tardiness) เป็นเวลาของความเบี่ยงเบนที่มีค่าเป็นบวก ถ้างานเสร็จก่อนวันกำหนดส่งค่าเวลาเบี่ยงเบนจะมีค่าเป็นลบและค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดจะมีค่าเป็น 0 แต่ถ้างานมีค่าเวลาเบี่ยงเบนเป็นบวก ค่าบวกของเวลาเบี่ยงเบนนั้นก็จะหมายถึงจำนวนเวลาที่ส่งงานไม่ทันกำหนดด้วย ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย T_i สามารถคำนวณได้จาก

$$T_i = max(L_i, 0) \tag{2.2}$$

2.7.5 เวลาในขั้นตอนการผลิตสินค้า (Operation Time) เวลาที่ใช้ในการผลิตจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของความต้องการ โดยจะต้องแปลงหน่วยของจำนวนความต้องการ (Demand) ให้อยู่ในรูปของชั่วโมงการทำงาน เพื่อที่จะจัดสรรและวางแผนในการใช้ทรัพยากรในการผลิตได้อย่างเหมาะสม แต่ในกระบวนการผลิตนั้นเครื่องจักรแต่ละเครื่องไม่ได้ทำการผลิตสินค้าเพียงชนิดเดียว เพราะฉะนั้นในการที่จะเปลี่ยนการผลิตจากสินค้าชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่งนั้นจะต้องมีการปรับตั้งค่าเครื่องจักร (Set Up) เพื่อให้พร้อมต่อการผลิตสินค้านั้นๆ ซึ่งเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร (Setup Time หรือ Change Over Time) นี้ จะนำมาคิดรวมกับเวลาทั้งหมดเวลาทั้งหมดที่จะต้องผลิตตามจำนวนความต้องการของสินค้าแต่ละชนิด ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย OT_{ij} สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$OT_{ij} = (D_i \times t_{ij}) + SU_{ij} + TD_{ij} \tag{2.3}$$

โดยที่ D_i คือ ปริมาณความต้องการของสินค้า i มีหน่วยเป็นชิ้น SU_{ij} คือ เวลาในการเตรียมพร้อมหรือปรับตั้งค่าเครื่องจักร j ในการผลิตสินค้า i ต่อครั้ง หรือ (Change Over Time) TD_{ij} คือ เวลาเตรียมการหลังขั้นตอนการผลิต

2.7.6 เวลากำหนดงานเสร็จ (Completion Time) เป็นช่วงกว้างของเวลาระหว่างที่งานแรกได้เริ่มต้นขึ้น (เวลาที่งานแรกเริ่มต้นจะถูกกำหนดเป็น 0) จนกระทั่งถึงเวลางาน i ใดๆ ได้เสร็จสิ้นลง จะใช้สัญลักษณ์แทนด้วย C_i สามารถคำนวณได้จาก

$$C_i = ST_i + \sum_{m=1}^{n} TO_{in} + IT_i \tag{2.4}$$

โดยที่ ST. คือ เวลาเริ่มต้นในการทำงานของงาน i มีหน่วยเป็นเวลา TO_{in} คือ เวลาในขั้นตอนการผลิตสินค้า i บนเครื่องจักร m มีหน่วยเป็นเวลา IT_i คือ เวลารอคอย (Idle Time) ก่อน

การผลิตหรือเวลารอคอยก่อนการขนส่ง ซึ่งเวลารอคอยนี้เป็นเวลาระหว่างการเปลี่ยนการผลิตจากเครื่องจักรหนึ่งไปยังอีกเครื่องจักรหนึ่ง

2.7.7 เวลาเสร็จสิ้นท้ายที่สุด (Make span) ในการผลิตสินค้าออกมาเป็นสินค้าสำเร็จรูปนั้นจะต้องผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนบนเครื่องจักร เวลาเสร็จสิ้นของแต่ละงานก็คือการที่งานนั้นผ่านกระบวนการทำงานตามขั้นตอนบนเครื่องจักรที่กำหนดจนครบ แต่การคำนวณเวลาเสร็จสิ้นท้ายที่สุดจะพิจารณาจากงานสุดท้ายตามลำดับขั้นตอนการผลิตที่ใช้ ระยะเวลาในการผลิตมากที่สุดสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Make span} = \max(\text{Completion Time of Job } j) \tag{2.5}$$

2.8 การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input Analyzer)

การศึกษาโดยการสร้างแบบจำลอง สิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมากเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบจำลอง คือ ข้อมูลนำเข้าที่เกี่ยวข้องกับระบบงานจริง เช่น ระบบแถวคอย ข้อมูลนำเข้าที่สำคัญคือ ระบบสินค้าคงคลัง ข้อมูลหลักคืออุปสงค์ที่เกิดขึ้นและระยะเวลาในการจัดส่งสินค้า เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า เป็นการศึกษาถึงรูปแบบของข้อมูลที่นำเข้าว่ามีการแจกแจงรูปแบบใด ซึ่งลักษณะของข้อมูลส่วนใหญ่โดยเฉพาะข้อมูลอุปสงค์ที่เกิดขึ้นจะเป็นค่าไม่แน่นอน ไม่คงที่ และมีได้หลายค่า เมื่อสามารถวิเคราะห์รูปแบบของข้อมูลนำเข้าได้จะทำให้ทราบว่ารูปแบบการกระจายตรงตามรูปแบบที่ต้องการหรือไม่ จากงานวิจัยของร่งรัตน์ (2551) ใช้ Input Analyzer ในโปรแกรม Arena ในการวิเคราะห์หาการแจกแจงของข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าโดยใช้ Input Analyzer ในโปรแกรม Arena เพื่อหารูปแบบการแจกแจงของข้อมูล Input Analyzer เป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรม Arena ใช้เพื่อทดสอบค่าการกระจายของข้อมูลที่ป้อนเข้าไปว่ามีรูปแบบการกระจายแบบใด ข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์จะอยู่ในรูปไฟล์ที่จัดเก็บใน Notepad

การทดสอบสมมติฐานการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของข้อมูลจากข้อมูลที่ป้อนลงโปรแกรม Notepad นำมาทดสอบการกระแจกแจงของข้อมูลพร้อมตั้งสมมติฐานการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของข้อมูลด้วย จากการตั้งสมมติฐานที่ว่า

H_0 : ข้อมูลมีการกระจายตัวตามแบบที่ต้องการทดสอบ

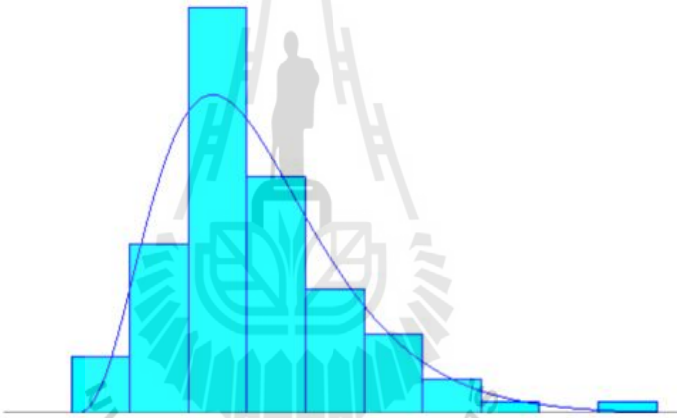
H_1 : ข้อมูลไม่มีการกระจายตัวตามแบบที่ต้องการทดสอบ

โดยโปรแกรม Arena มีวิธีการทดสอบสมมติฐานการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของข้อมูล 2 วิธีคือ

- วิธีการทดสอบโคโมโกรอฟ - สเมียร์นอฟ (Komogorov - Smirnov Test) ใช้ทดสอบข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล
- วิธีทดสอบไคสแควร์ (Chi - Square Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีอย่างน้อย 50 ข้อมูล

ถ้าค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (significance level) จะยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ซึ่งผลจากการทดสอบการแจกแจงข้อมูลและทดสอบสมมติฐานการแจกแจงข้อมูล

ตัวอย่างการวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลงานที่ส่งเข้ามาทดสอบแสดงได้ในรูปที่ 2.5 ณ ช่วงความเชื่อมั่น 95% (ระดับนัยสำคัญ = 0.05) สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลดังกล่าว มีรูปแบบการแจกแจงตัวแบบแกรมม่า เพราะค่า 0.185 (P-value) > 0.05 (ระดับนัยสำคัญ) ตัวอย่างการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูล สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.9



```
Distribution Summary
Distribution:   Gamma
Expression:     17 + GAMM(0.215, 4.15)
Square Error:   0.010644

Chi Square Test
  Number of intervals   = 5
  Degrees of freedom    = 2
  Test Statistic        = 3.57
  Corresponding p-value = 0.185

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.104
  Corresponding p-value > 0.15
```

Function	Sq Error
Gamma	0.0106
Erlang	0.0112
Beta	0.0133
Lognormal	0.0144
Weibull	0.016
Normal	0.0225
Triangular	0.0451
Exponential	0.111
Uniform	0.117

รูปที่ 2.9 รูปการวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงข้อมูล

2.9 การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม (Two-sample test on means)

การเปรียบเทียบผลระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมได้เป็นข้อมูลในมาตราอันตรภาคหรือมาตราอัตราส่วน โดยนำค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ($\bar{x}$) แต่ละกลุ่มมา

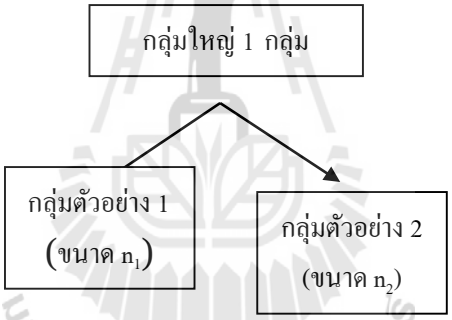
เปรียบเทียบกัน เพื่อสรุปผลว่า ค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) สองกลุ่มนั้นแตกต่างกันหรือไม่ ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Z-test เมื่อกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีขนาดใหญ่ หรือใช้ t-test เมื่อกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีขนาดเล็ก (การวิจัยทางการศึกษา กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ คือ $n \geq 100$)

การวิจัยทางการศึกษาที่เป็นการวิจัยเชิงทดลองนั้น กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมักมีขนาดเล็ก คือ $n < 100$ จึงใช้ t-test for independent samples ในการทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน และใช้ t-test for dependent samples ในการทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกันหรือกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน

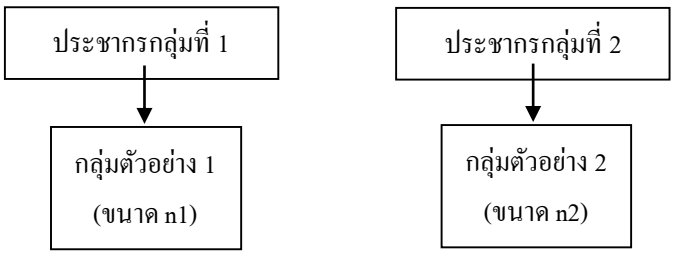
2.9.1 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน โดยใช้ t-test for independent samples

กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม จะเป็นอิสระจากกัน ถ้าได้มาโดยวิธีต่อไปนี้

วิธีที่ 1 มีกลุ่มที่ต้องการศึกษา (Subjects) 1 กลุ่มใหญ่ แล้วสุ่มแยกเป็น 2 กลุ่มย่อย (Subgroup) เช่น สุ่มแยกเป็นกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม กลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม ดังแผนภาพ



วิธีที่ 2 สุ่มกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม มาจากประชากร 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระจากกัน โดยสุ่มกลุ่มตัวอย่างขนาด n_1 จากประชากรกลุ่มที่ 1 และสุ่มกลุ่มตัวอย่างขนาด n_2 จากประชากรกลุ่มที่ 2



วิธีที่ 3 จำแนกกลุ่มตัวอย่างตามตัวแปรอิสระที่ศึกษา เช่น เพศ ชั้นปี ฯลฯ

2.9.1.1 t-test for independent samples ในกรณีที่ assume ว่า $\sigma^2_1 = \sigma^2_2$

ใช้สูตร $$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S_p^2(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}} \quad (2.6)$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

เมื่อ $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$ แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1, 2

S_p^2 แทนความแปรปรวนร่วม (Pooled variance)

$$S_p^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2+(n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} \quad (2.7)$$

n_1 , n_2 แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1, 2

df แทนชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

ข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สูตรนี้

1) กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มต้องเป็นอิสระจากกัน และต้องได้มาจากการสุ่ม จากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ
2) คุณลักษณะที่ต้องการศึกษาภายในกลุ่มต้องเป็นอิสระจากกัน
3) ความแปรปรวนของกลุ่มประชากรทั้งสองกลุ่มเท่ากัน ($\sigma^2_1 = \sigma^2_2$) แต่ ไม่ทราบค่า

หมายเหตุ สูตรนี้เขียนได้อีกลักษณะหนึ่งดังนี้

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2+(n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}} \quad (2.8)$$

$$df = n_1 + n_2 - 2 \quad (2.9)$$

2.9.1.2 t-test for independent samples ในกรณีที่ assume ว่า $\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ เมื่อมีเหตุผลที่เชื่อได้ว่า $\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

ใช้สูตร $$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1}+\frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (2.10)$$

$$df = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}} \quad (2.11)$$

เมื่อ $\bar{X}_1$, $\bar{X}_2$ แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1, 2

S_1^2 , S_2^2 แทนความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1, 2

n_1 , n_2 แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1, 2

df แทนชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

ข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สูตรนี้

1) กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มต้องเป็นอิสระจากกัน และต้องได้มาจากการสุ่ม จากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ
2) คุณลักษณะที่ต้องการศึกษาภายในกลุ่มต้องเป็นอิสระจากกัน
3) มีเหตุผลพอที่จะเชื่อได้ว่าความแปรปรวนของกลุ่มประชากรทั้งสองกลุ่ม ไม่เท่ากัน ($\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$)
4) ขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน ($n_1 \neq n_2$)

หมายเหตุ

ในกรณีที่ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่า $\sigma^2_1 = \sigma^2_2$ หรือ $\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$ ควรต้องมีการทดสอบความแปรปรวนก่อน ด้วยการทดสอบค่าเอฟ หรือ **F-test**

ในการทดสอบความแปรปรวน ว่า $\sigma^2_1 = \sigma^2_2$ หรือไม่ ตั้ง H_0 และ H_1 ดังนี้

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \quad (2.12)$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \quad (2.13)$$

สูตรการทดสอบค่าเอฟคือ $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ เมื่อ $S_1^2 > S_2^2$ โดยมี $df_1 = n_1\text{-}1$, $df_2 = n_2\text{-}1$

หรือ $F = \frac{S_2^2}{S_1^2}$ เมื่อ $S_2^2 > S_1^2$ โดยมี $df_1 = n_2\text{-}1$, $df_2 = n_1\text{-}1$

นั่นคือ เอาความแปรปรวนที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวเศษ และให้ df ของตัวเศษเป็น df_1 df ของตัวส่วน เป็น df_2 เสมอ

เช่น กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มี $n_1 = 30$ กลุ่มตัวอย่างที่ 2 มี $n_2 = 25$

1) ถ้าคำนวณ S^2 ของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ได้ค่ามากกว่า S^2 ของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 $(S^2_1 > S^2_2)$ ให้เอา S^2_1 เป็นตัวเศษ S^2_2 เป็นตัวส่วน ตัวเศษมี $n_1 = 30$ ดังนั้น $df_1 = 30-1=29$ ตัวส่วนมี $n_2 = 25$ ดังนั้น $df_2 = 25-1=24$

2) ถ้าคำนวณ S^2 ของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ได้ค่ามากกว่า S^2 ของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 $(S^2_2 > S^2_1)$ ให้เอา S^2_2 เป็นตัวเศษ S^2_1 เป็นตัวส่วน ตัวเศษมี $n_2 = 25$ ดังนั้น $df_1 = 25-1=24$ ตัวส่วนมี $n_1 = 30$ ดังนั้น $df_2 = 30-1=29$

3) หาค่าวิกฤตจากตารางค่าวิกฤต F (Critical values of F) ได้จากตารางที่ 2.1 ซึ่งมีแนบท้ายเล่มตำราสถิติเพื่อการวิจัย จากตัวอย่างข้างต้น ถ้า $S^2_1 > S^2_2$ จะได้ $df_1 = 30-1=29$ $df_2 = 25-1=24$ แต่$df_1 = 29$ ไม่ได้แสดงไว้ในตาราง จึงเลือก df_1 ที่ใกล้เคียงที่สุดคือ 30 ที่ $df_1=30$ พบ $df_2 = 24$ นั้น แสดงค่าวิกฤต F = 1.94 ที่ $\alpha = 0.05$ และค่าวิกฤต F= 2.58 ที่ $\alpha = 0.01$ การทดสอบนี้มุ่งที่จะแสดงว่า $\sigma^2_1 = \sigma^2_2$ จึงควรเลือกค่าวิกฤตที่ทำให้ยอมรับ H_0 ได้ยากกว่า เพื่อลดโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนในการยอมรับ H_0 ดังนั้นจึงเลือกค่าวิกฤต F = 1.94 โดยค่าวิกฤตสามรถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางค่าวิกฤต F (Critical values of F)

df_1 (degrees of freedom ของตัวเศษ)

			DEGREES OF FREEDOM FOR NUMERATOR						
			1	…	24	30	…	500	∞
df_2 (degrees of freedom ของตัวส่วน)	DEGREES OF FREEDOM FOR DENOMINATOR	1	161		249	250		254	254
			4052		6234	6258		6361	6366
		. . .							
		24	4.26		1.98	1.94		1.74	1.73
			7.82		2.66	2.58		2.23	2.21
		. . .							
		∞	3.84		1.52	1.46		1.11	1.00
			6.64		1.79	1.69		1.15	1.00

ในแถวคู่แต่ละคู่ แถวบนเป็นค่าวิกฤต F ที่ $\alpha = 0.05$ แถวล่างเป็นค่าวิกฤต F ที่ $\alpha = 0.01$

4) นำค่า F ที่คำนวณได้จากสูตรไปเปรียบเทียบกับ ค่าวิกฤต F ที่ได้จากตาราง Critical values of F

(1) ถ้า F ที่ได้จากการคำนวณ $\geq$ ค่าวิกฤต F ที่ได้จากตาราง แสดงว่า ความแปรปรวนของประชากรสองกลุ่มแตกต่างกัน ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$) จะต้องใช้สูตรการทดสอบค่าที (t-test) ในข้อ 2.1.2 ซึ่งเรียกว่า Nonpooled t-test หรือ Separate variance t-test

(2) ถ้า F ที่ได้จากการคำนวณ < ค่าวิกฤต F ที่ได้จากตาราง แสดงว่าความแปรปรวนของประชากรสองกลุ่มเท่ากัน ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$) จะต้องใช้สูตรการทดสอบค่าที (t-test) ในข้อ 2.1.1 ซึ่งเรียกว่า Pooled variance t-test หรือ Pooled t-test

2.10 การประเมินผลต่างจากค่าเฉลี่ย (Evaluating Difference based on Average)

เมื่อมีวิธีการจัดตารางการผลิตหลายๆ วิธีซึ่งสามารถนำมาใช้จัดตารางผลิตกับข้อมูลที่เรามีอยู่ได้ เราก็จะต้องพิจารณาว่าวิธีการจัดตารางผลิตวิธีใดที่ดีที่สุด หรือเหมาะสมที่สุดที่เราควรจะนำมาใช้ ดังนั้น จะต้องมีการประเมินผลวิธีการจัดตารางการผลิตเหล่านั้น หรือถ้าหากว่ามีวิธีการจัดตารางการผลิตเพียงวิธีเดียวที่สามารถใช้กับข้อมูลของเราได้ เราก็อาจต้องการทราบว่า วิธีการจัดตารางผลิตของเรานั้น จะมีคุณภาพเพียงใด วิธีที่เหมาะสมที่สามารถจะให้คำตอบ ในทั้งสองกรณีที่กล่าวมาคือ การวัดค่าผลต่างจากค่าเฉลี่ย โดยทำการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง (Utilization) กับค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องจักรทั้งหมด (Average Utilization)

วิธีที่ใช้วัดผลต่างจากค่าเฉลี่ย นั้นเป็นเรื่องที่ง่ายมากคือ เราเปรียบเทียบระหว่างค่า Utilization ของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง กับค่า Average Utilization จากเครื่องจักรทั้งหมด จากข้อมูลจริง โดยที่ t คือ เครื่องจักร ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$e_t = F_t + D_t \tag{2.14}$$

เมื่อ e_t คือ ค่าผลต่างของ Utilization จากค่าเฉลี่ย Utilization ของเครื่องจักรเครื่องที่ t

U_t คือ ค่าประสิทธิภาพของเครื่องจักร (Utilization) เครื่องที่ t

AvgU คือ ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของเครื่องจักรทั้งหมด (Average Utilization)

ในการวัดค่าผลต่างจากค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพเครื่องจักร ไม่ว่าจะไปในทางบวกหรือทางลบก็ตาม ก็จะถือว่าเป็นค่าผลต่างไปตามความเป็นจริงที่เกิดขึ้น แต่ถ้าเรานำค่าผลต่างมารวมกัน

เครื่องหมายบวกหรือลบจากสมการที่ (2.14) ที่คำนวณได้ในช่วงเวลาต่างๆ อาจจะหักลบกันเอง ทำให้ไม่ได้ค่าของผลรวมของผลต่างจากค่าเฉลี่ยที่แท้จริง ดังนั้น เพื่อขจัดปัญหาเหล่านี้ในการวัดค่าผลต่างจากค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยวิธีการจัดตารางการผลิตวิธีต่างๆ จึงมักมีวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1. ค่าเฉลี่ยของผลต่างจากค่าเฉลี่ยสมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation-MAD)

$$\text{MAD} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |e_t|}{n} \tag{2.15}$$

2. ค่าเฉลี่ยผลต่างจากค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Squared Error-MSE)

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^{n} e_t^2}{n} \tag{2.16}$$

3. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของผลต่างจากค่าเฉลี่ยสมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error-MAPE)

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |e_{t/D_t}|}{n} \tag{2.17}$$

สำหรับสองวิธีแรก (MAD และ MSE) เป็นวิธีการประเมินผลเพื่อพิจารณาว่า วิธีการจัดตารางการผลิตใดจะให้ความสมดุลประสิทธิภาพของเครื่องจักร (Balancing Utilization) ได้มากกว่า วิธีการจัดตารางการผลิต ที่ให้ค่า MAD หรือ MSE ต่ำกว่า แสดงว่าเป็นวิธีการจัดตารางการผลิตที่ดีกว่า แต่ยังไม่อาจสรุปได้ว่าเป็นวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีคุณภาพดีพอหรือไม่ วิธีการประเมินการจัดตารางการผลิตวิธีที่ 3 คือ MAPE เป็นวิธีการที่จะบอกถึงคุณภาพของวิธีการจัดตารางการผลิตมีคุณภาพดีมากน้อยเพียงไร โดยจะบอกให้ทราบว่ามีผลต่างจากค่าเฉลี่ย โดยนำมาเฉลี่ยคิดเป็นกี่เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของเครื่องจักรทั้งหมด (Average Utilization)

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของนายณัฐวร ยมพูล และคณะ, 2548 ได้นำเสนอการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กันในสายการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ได้พัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตเพื่อให้เวลาล่าช้ารวมต่ำที่สุด ด้วยวิธีการแก้ปัญหาแบบหลายขั้นตอน (Multi-phase methodology) ในขั้นตอนแรกเป็นการแบ่งกลุ่มงาน (Allocation) มอบหมายงานให้เครื่องจักร โดยการใช้กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules) ด้วยการใช้เกณฑ์วันกำหนดส่ง (EDD : Early Due Date)

ข้อจำกัดของผลิตภัณฑ์ และความสำคัญของลูกค้าเป็นเกณฑ์ในการจัดมอบงาน ขั้นที่สองเป็นการจัดลำดับงาน (Assigning) และพบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ใช้เวลาที่น้อยกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมประมาณ 75% ในทุกๆ ช่วงงาน

งานวิจัยของธนสาร ดีสุวรรณ และคณะ, 2511 ได้พัฒนาระดับสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดตารางการผลิตในแผนกปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่นที่มีประสิทธิภาพ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจนี้ถูกพัฒนาขึ้นบนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษา Microsoft Visual Basic 6.0 และ Microsoft Access 2000 และใช้ตัววัดผล คือ จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) เป็นตัววัดผลหลักและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness) เป็นตัววัดผลรองและใช้ฮิวริสติก (Heuristic) แบบ EDD เป็นวิธีในการจัดตาราง พร้อมทั้งให้เลือกใช้ฮิวริสติกแบบ SPT LPT WSPT ในกรณีที่งานที่นำมาจัดตารางมีกำหนดส่ง (Due Date) เท่ากัน จากการทดสอบโปรแกรม โดยใช้ข้อมูลในอดีตขององค์กรตัวอย่างมาทำการจัดตารางใหม่พบว่าฮิวริสติกแบบ EDD และฮิวริสติกรองแบบ SPT ให้ผลของตัววัดผลหลักที่ดีที่สุดและดีขึ้นกว่าวิธีการในอดีต โดยมีจำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยลดลงจากผลของวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิม 75.64% และ 86.69% ตามลำดับ ทำให้สรุปได้ว่าระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดตารางการผลิตที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ ลดระยะเวลาในการจัดตาราง มีความคล่องตัวสามารถปรับเปลี่ยนตารางการผลิตได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการจัดตารางการผลิต

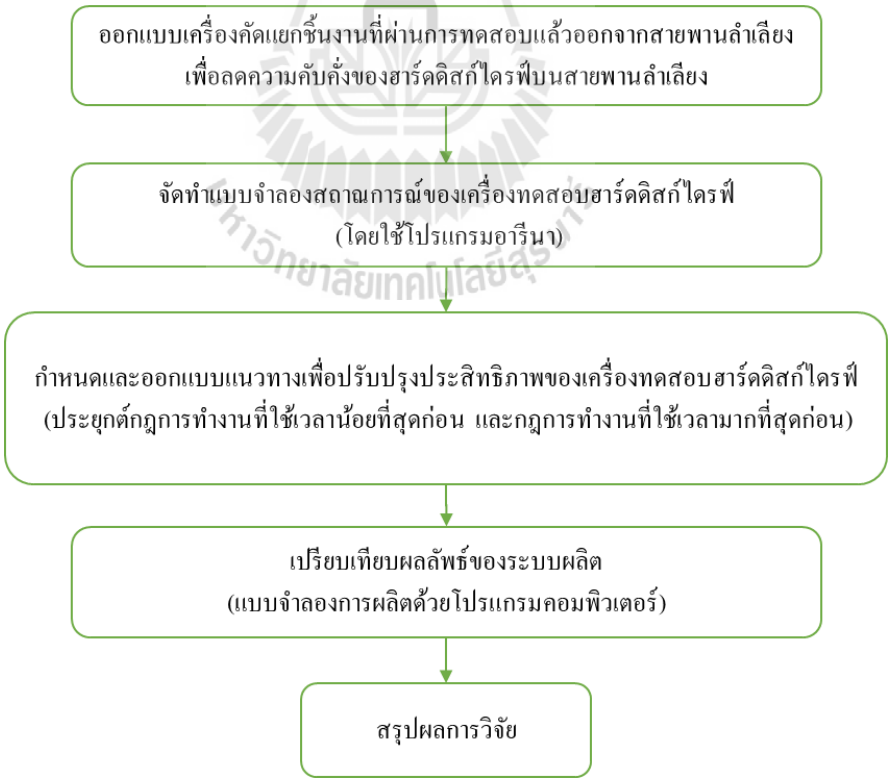
งานวิจัยของนิภา จงจอหอ และคณะ, 2552 ได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดตารางการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมแก้ว โดยนำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตโดยพิจารณาที่เวลาการผลิตน้อยที่สุดเข้าก่อน (Shortest Processing Time (SPT)) ซึ่งพบว่าทำให้ประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิตดีขึ้นตามวัตถุประสงค์ในการลดค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากปัญหาการผลิตไม่ตรงกำหนดส่ง และสามารถลดค่าใช้จ่ายรวม ลดลงจากเดิม 79.20% และมีจำนวนงานล่าช้า ลดลงจากเดิม 90.00% เวลาของงานเสร็จทีมากที่สุด ลดลงจากเดิม 26.67% และใช้โปรแกรมอารีน่าทำการวิเคราะห์และออกแบบการจำลองสถานการณ์เพื่อร่วมในการตัดสินใจ โดยดูจากผลรวมที่น้อยที่สุดของค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากการผลิตไม่ตรงกับกำหนดส่งงาน ในการหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

วัสพล ธารณา และคณะ, 2555 ได้พัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตที่สามารถนาไปประยุกต์ใช้ได้กับอุตสาหกรรมกล่องกระดาษลูกฟูก ที่มีกลุ่มงานในลักษณะที่สามารถเข้าเครื่องจักรได้เครื่องเดียว (Single Machine) และมีอีกกลุ่มงานที่สามารถเลือกเข้าเครื่องจักรได้สองเครื่อง (Parallel Machine) โดยมีการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์และใช้ในการจัดกลุ่มงาน และในเรื่องของการจัดลาดับงานได้ใช้วิธีการทางฮิวริสติก คือ EDD และ SPT ซึ่งสามารถนาไปพัฒนาการใช้วิธีการทางฮิวริสติก วิธีการอื่นได้อีกจากผลการจัดตารางการผลิตนี้สามารถลดเวลาผลิตรวมที่มาก

ที่สุด (Make span) ได้ 400 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 7.83 ของเวลาการจัดตารางการผลิตแบบเดิม และสามารถลดจานวนงานล่าช้าได้ 13 งานหรือคิดเป็นร้อยละ 43.33 ของงานล่าช้าจากการจัดตารางการผลิตแบบเดิม

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

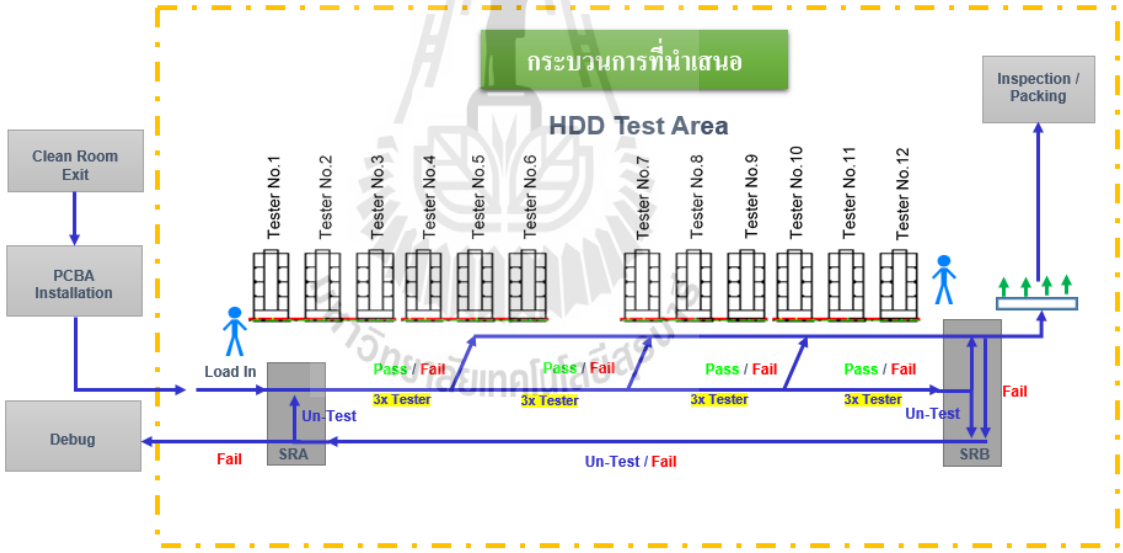
งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้วออกจากสายพานลำเลียง เพื่อลดความคับคั่งของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์บนสายพานลำเลียง และได้ศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิต เพื่อปรับปรุงประสิทธิการทำงานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งจัดเรียงแบบขนาน โดยประยุกต์กฎการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน และกฎการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน วิธีดำเนินงาน ได้ออกแบบและสร้างแบบจำลองการผลิตด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้มีความสอดคล้องกับการผลิตจริง และทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ ผลการทดลองกับข้อมูลจริงให้สมดุลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบเพิ่มขึ้น โดยสามารถแสดงขั้นตอนการวิจัยได้ดังแผนงานในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้วออกจากสายพานลำเลียง

สำหรับระบบการทำงานของเครื่องคัดแยกแบบเดิมที่ใช้งานอยู่ปัจจุบัน จะใช้วิธีการ คือใช้เครื่องอ่านรหัสประจำตัวของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จากนั้นนำค่าที่ได้ส่งไปยังฐานข้อมูล ที่เป็นตัวกลางการให้บริการข้อมูล ว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไดรฟ์ตัวนั้นได้ผ่านการทดสอบแล้วหรือยัง เพื่อจะได้คัดแยกงานออกเป็นกลุ่มๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยกระบวนการดังกล่าวจะต้องใช้พนักงานเพื่อทำการคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไดรฟ์ที่ถูกคัดแยกออกมาแล้วในแต่ละสถานีอีกครั้ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้จัดทำเครื่องคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไดรฟ์แบบสายพายลำเลียงคู่ขนาน โดยจะมีสถานีแยกที่ถูกติดตั้งขึ้นมาใหม่ระหว่างเครื่องทดสอบหมายเลข 3,6,9 และ12 งานที่ถูกคัดแยกแล้ว จะถูกส่งไปยังสายพานลำเลียงอีกชุดหนึ่ง เพื่อแยกงานที่ถูกทดสอบแล้วไม่ให้ปนอยู่กับงานที่รอการทดสอบภายในสายพานลำเลียง โดยกระบวนการที่นำเสนอแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 กระบวนการคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่นำเสนอ

3.1.1 แผนผังการทำงานของกระบวนการคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

กระบวนการคัดแยกคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่นำเสนอจะมีส่วนสำคัญหลักๆ ดังต่อไปนี้

1) ระบบฐานข้อมูลโรงงาน (FIS Database) เป็นระบบที่ใช้จัดเก็บข้อมูลต่างๆของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งส่วนของงานวิจัยที่ได้นำมาใช้คือ ประวัติของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Drive History) เพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจให้กับระบบการคัดแยก

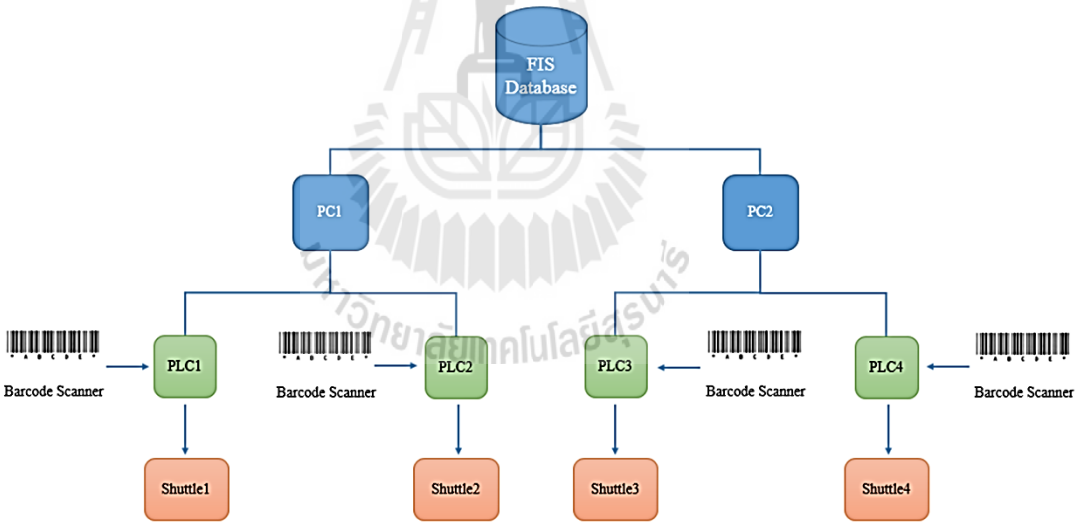
2) ชุดคอมพิวเตอร์ควบคุม (PC1, PC2) เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ติดต่อและรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง PLC กับ FIS database

3) ระบบควบคุมพีแอลซี (PLC1-PLC4) เป็นชุดรับข้อมูลจาก Barcode Scanner และส่งข้อมูลไปยังชุดควบคุมคอมพิวเตอร์

4) เครื่องคัดแยก (Shuttle Machine) เป็นชุดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ออกจากสายพานลำเลียงปัจจุบันออกไปยังสายพานลำเลียงชุดใหม่

5) Barcode Scanner ทำการอ่านรหัสประจำตัวของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

แผนผังการทำงานของกระบวนการคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ แสดงได้ดังรูปที่ 3.3

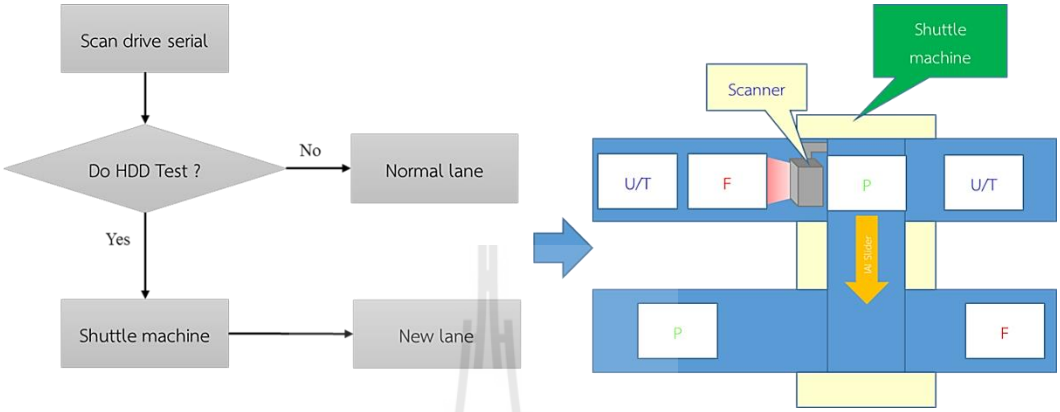


รูปที่ 3.3 กระบวนการคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

3.1.2 เครื่องคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Shuttle Machine)

การทำงานของเครื่องคัดแยก หากมีฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ผ่านมายังสถานีคัดแยก จะถูกอ่านรหัสประจำตัวและส่งไปตรวจสอบว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ผ่านการทดสอบหรือยัง หากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตัวดังกล่าวเคยผ่านการทดสอบมาแล้ว Shuttle จะทำการแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตัวนั้นออกไปยัง

สายพานลำเลียงชุดใหม่ แต่หากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ยังเคยผ่านการทดสอบ จะถูกปล่อยไปยังสถานีทดสอบต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 Shuttle Machine สำหรับคัดแยกชิ้นงาน

3.2 การจัดตารางการผลิต

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาและทดลองการจัดตาราง 2 แบบด้วยกันคือ การทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน และ การทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน และทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับกระบวนการทดสอบ

3.2.1 การจัดคิวแบบการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน

หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญของการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลาสั้นที่สุดก่อนแล้วจึง ค่อยทำงานที่ใช้เวลามากเป็นลำดับถัดไป จะเห็นได้ว่า SPT เป็นวิธีที่มุ่งในการลดเวลาแล้วเสร็จของงานแต่ละงาน และพยายามทำให้งานต่างๆ ออกจากระบบการผลิตไปให้เร็วที่สุด ข้อดีของการจัดงานแบบ SPT คือ เวลาโดยเฉลี่ยของงานในระบบจะต่ำที่สุด ทำให้เกิดสินค้าคงเหลือในระหว่างการผลิต (Work-In-Process) น้อย และสามารถประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ แต่ข้อเสียของ SPT คืองานที่ใช้เวลาในการผลิตนานๆ มักถูกผลักไปอยู่ในอันดับท้าย ทำให้มีเกิดการรอคอยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดมีงานใหม่เข้ามาแทรกอยู่เสมอๆ และเป็นงานที่ใช้เวลาน้อยกว่า ซึ่งหากใช้ SPT ในการจัดลำดับ งานที่เข้ามาแทรกก็จะได้รับการจัดอันดับให้ทำก่อน ทำให้งานที่ใช้เวลาในการผลิตนานๆ เกิดการรอคอยที่นานมากยิ่งขึ้นไปเรื่อย ๆ

ข้อดี

1) ทำให้งานสามารถออกจากสายการผลิตได้เร็วขึ้น

2) เวลาเฉลี่ยของงานในระบบต่ำที่สุดและค่าเฉลี่ยของจำนวนงานในระบบน้อยที่สุด

3) สินค้าคงเหลือมีจำนวนน้อย ประหยัดในการใช้พื้นที่จัดเก็บ

4) ไม่เกิดปัญหาการว่างงานในเครื่องจักรลำดับถัดไป

ข้อเสีย

1) งานที่ใช้เวลามากจะต้องรอคอยเป็นเวลานาน

2) ต้องมีการกำหนดระยะเวลาการรอคอยสูงสุดไว้เสมอ

3.2.2 การจัดคิวแบบการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน

หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดเป็นอันดับ แรกแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าเป็นอันดับถัดมาโดยทั่วไปแล้ว LPT มักจะเป็นวิธีที่ส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ เพราะการจัดงานแบบ LPT มักทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตงานทั้งหมดนานและยังทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรด้านการผลิตซ้ำอีกด้วยแต่ข้อดีของการจัดงานแบบ LPT ประการหนึ่งก็คือ สามารถสร้างขวัญและกำลังใจในการทำงานให้แก่พนักงานได้ เนื่องจากเมื่องานยากๆ ที่ใช้เวลานานผ่านไปแล้ว ก็จะเหลือแต่งานง่ายๆ ที่ใช้เวลาไม่นานทำให้กำลังใจในการทำงานดีขึ้น

- จัดงานโดยเรียงลำดับ Processing Time มาก ⟶ น้อย
- สามารถนำไปใช้กับ Multi-Parallel Machine ได้
- Performance measurement คือ Minimum Make span (เวลาเริ่มทำงานของเครื่องจักรเครื่องใดเครื่องหนึ่งจนถึงเวลาที่ทำงานเสร็จสิ้นของเครื่องจักรที่เสร็จช้าที่สุด)

ขั้นตอนการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรม Lekin Scheduler โดยการจัดคิวแบบการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน และการจัดคิวแบบการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน โดยให้ชิ้นงานทั้งหมด 50 ชิ้นงาน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยมีการจัดแบ่งงานดังนี้

1) ผลิตภัณฑ์ที่ 1 (P1) จำนวน 10 ชิ้น

2) ผลิตภัณฑ์ที่ 2 (P2) จำนวน 10 ชิ้น

3) ผลิตภัณฑ์ที่ 3 (P3) จำนวน 15 ชิ้น

4) ผลิตภัณฑ์ที่ 4 (P4) จำนวน 15 ชิ้น

โดยมีจำนวนงานที่มีการมอบหมายสามารถแสดงได้ในตารางที่ 3.1-3.4 การจัดงานให้ ผลิตภัณฑ์ที่ 1 มี งานจำนวน 10 ชิ้น ได้แก่ J001-J010 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การมอบหมายงานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ 1 (P1)

P1					
Job ID	**Weight**	**Release date**	**Due date**	**Processing Time(Min.)**	**Status**
J001	1	0	0	888	A
J002	1	0	0	888	A
J003	1	0	0	888	A
J004	1	0	0	888	A
J005	1	0	0	888	A
J006	1	0	0	888	A
J007	1	0	0	888	A
J008	1	0	0	888	A
J009	1	0	0	888	A
J010	1	0	0	888	A

การจัดงานให้ ผลิตภัณฑ์ที่ 2 มี งานจำนวน 10 ชิ้น ได้แก่ J011-J020 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 การมอบหมายงานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ 2 (P2)

P2					
Job ID	**Weight**	**Release date**	**Due date**	**Processing Time(Min.)**	**Status**
J011	1	0	0	438	A
J012	1	0	0	438	A
J013	1	0	0	438	A
J014	1	0	0	438	A
J015	1	0	0	438	A
J016	1	0	0	438	A
J017	1	0	0	438	A

ตารางที่ 3.2 การมอบหมายงานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ 2 (P2) (ต่อ)

P2					
Job ID	**Weight**	**Release date**	**Due date**	**Processing Time(Min.)**	**Status**
J018	1	0	0	438	A
J019	1	0	0	438	A
J020	1	0	0	438	A

การจัดงานให้ ผลิตภัณฑ์ที่ 3 มี งานจำนวน 15 ชิ้น ได้แก่ J021-J035 ตารางที่ 3.3 ผลิตภัณฑ์ที่ 3 (P3)

ตารางที่ 3.3 การมอบหมายงานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ 3 (P3)

P3					
Job ID	**Weight**	**Release date**	**Due date**	**Processing Time(Min.)**	**Status**
J021	1	0	0	270	A
J022	1	0	0	270	A
J023	1	0	0	270	A
J024	1	0	0	270	A
J025	1	0	0	270	A
J026	1	0	0	270	A
J027	1	0	0	270	A
J028	1	0	0	270	A
J029	1	0	0	270	A
J030	1	0	0	270	A
J031	1	0	0	270	A
J032	1	0	0	270	A
J033	1	0	0	270	A
J034	1	0	0	270	A
J035	1	0	0	270	A

การจัดงานให้ ผลิตภัณฑ์ที่ 4 มี งานจำนวน 15 ชิ้น ได้แก่ J036-J050 ตารางที่ 3.4 ผลิตภัณฑ์ที่ 4 (P4)

ตารางที่ 3.4 ผลิตภัณฑ์ที่ 4 (P4)

P4					
Job ID	Weight	Release date	Due date	Processing Time(Min.)	Status
J036	1	0	0	1920	A
J037	1	0	0	1920	A
J038	1	0	0	1920	A
J039	1	0	0	1920	A
J040	1	0	0	1920	A
J041	1	0	0	1920	A
J042	1	0	0	1920	A
J043	1	0	0	1920	A
J044	1	0	0	1920	A
J045	1	0	0	1920	A
J046	1	0	0	1920	A
J047	1	0	0	1920	A
J048	1	0	0	1920	A
J049	1	0	0	1920	A
J050	1	0	0	1920	A

3.3 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพในการจัดลำดับความสำคัญ

3.3.1 Average completion time คือเวลาโดยเฉลี่ยทั้งหมดของการแล้วเสร็จของงาน ซึ่งหาได้จากการนำเอาเวลาที่ใช้ในการ ทำงาน (Processing time) และเวลาที่ต้องรอคอยการเข้าผลิต (Idle time) ของทุกๆ งานมารวมกัน ซึ่งเรียกรวมกันว่า "เวลาทั้งหมดในการทำงาน" (Total flow

time) แล้วนำเวลาดังกล่าวนี้มาหารด้วยจำนวนงานทั้งหมดที่มี ก็จะได้ค่าเฉลี่ยของการทำงานในงานแต่ละงาน หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$Average\ completion\ tion\ time = \frac{Total\ flow\ Time}{No.Of\ Jobs} \quad (3.1)$$

3.3.2 % Utilization เป็นดัชนีชี้วัดความสามารถในการใช้ทรัพยากรต่างๆ ในการผลิตโดยจะเน้นหนักในเรื่องของเวลาที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากการรอคอย (Idle time) เป็นสำคัญ ซึ่งหากจัดลำดับความสำคัญในการทำงานได้ดีก็จะส่งผลให้เวลาที่ต้องรอคอยการผลิตของแต่ละงานน้อยลง และทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานทรัพยากรในการผลิตต่างๆ สูงตามไปด้วย ในการหาค่าดัชนี Utilization สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\%\ Utilization = \frac{Total\ processing\ time}{Total\ flow\ time} \quad (3.2)$$

Total processing time คือ เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมดของแต่ละงานรวมกัน
Total flow time คือ เวลาที่ใช้ในการทำงานบวกกับเวลาที่ต้องสูญเสียไป เนื่องจากการรอคอยของแต่ละงานรวมกัน

3.3.3 Average No. of jobs in system คือค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่เข้ามาในระบบต่อหน่วยเวลา เป็นดัชนีที่ชี้วัดปริมาณภาระงานที่มีแก่พนักงานว่ามากน้อยเพียงใด ในบางครั้งการจัดลำดับของการทำงานในแบบต่างๆ อาจจะให้เวลาแล้วเสร็จของงานเท่าๆ กัน แต่ถ้าหากมาพิจารณาดูที่ค่าดัชนีดังกล่าวนี้อาจพบว่าวิธีการจัดลำดับงานแบบหนึ่ง อาจให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่ทำต่อหน่วยเวลาสูงกว่าอีกแบบหนึ่ง ซึ่งหมายความว่า ในการจัดงานแบบที่ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่ทำต่อหน่วยเวลาสูงนั้น พนักงานจะมีภาระงานหนัก (งานยุ่ง) มากกว่าแบบที่ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่ทำต่อหน่วยเวลาน้อยกว่า ในการหาค่าดัชนีดังกล่าวสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$Average\ No.of\ jobs\ in\ system = \frac{Total\ Flow\ Time}{Total\ Processing\ Time} \quad (3.3)$$

3.3.4 Average job lateness หมายถึงค่าเฉลี่ยของการล่าช้าของงานแต่ละงานเมื่อเทียบกับกำหนดแล้วเสร็จ (Due date) ค่าดัชนีตัวนี้มักได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษ เนื่องจากในทางปฏิบัติ

แล้วการจัดงานโดยมุ่งเน้นใน เรื่องของการลดการส่งมอบงานที่ล่าช้ามักเป็นสิ่งสำคัญเสมอ แต่ถึงกระนั้นก็ตามหากมุ่งความสนใจในดัชนีชี้วัดตัวนี้มากจนเกินไปโดยไม่พิจารณาถึงค่าดัชนีตัวอื่นๆ ประกอบ แน่นอนว่าประสิทธิภาพ โดยรวมของการผลิตย่อมต่ำแน่ ถึงแม้ว่าเราจะไม่มีการส่งมอบงานที่ล่าช้าเลยก็ตามที ในการหาค่าดัชนี Average job lateness สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$Average\ jobs\ lateness = \frac{Total\ late\ day}{No.of\ jobs} \tag{3.4}$$

Total late days คือ จำนวนวันทั้งหมดในการส่งมอบงานที่ล่าช้ากว่ากำหนดของทุกงานรวมกัน
No. of jobs คือ จำนวนงานทั้งหมดที่มีในสถานีการทำงานนั้น

3.4 ดัชนีชี้วัดความสมดุลประสิทธิภาพเครื่องจักร

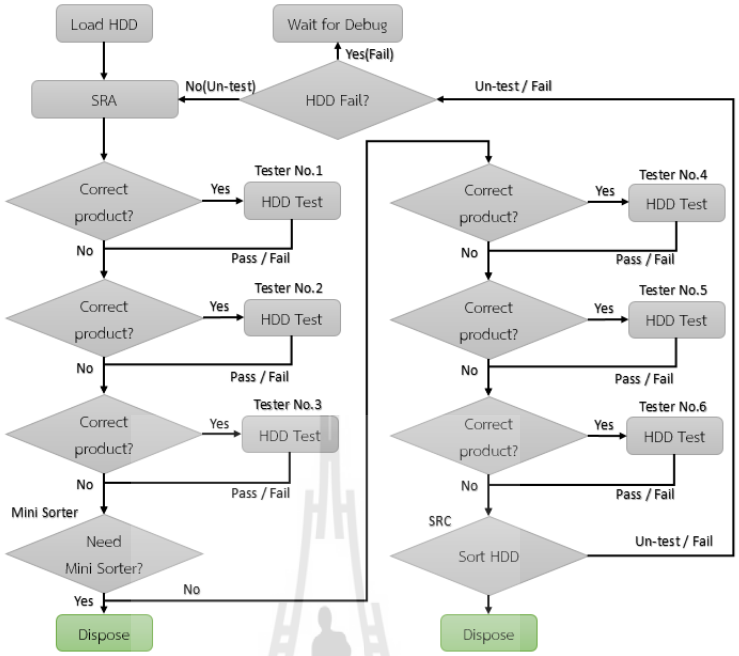
Mean Squared Error-MSE คือวิธีคำนวณตัวชี้วัดเรื่องความสมดุลประสิทธิภาพเครื่องจักร โดย MSE สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^{n} e_i^2}{n} \tag{3.5}$$

เมื่อ n คือจำนวนเครื่องจักร ซึ่ง e = Utilization (machine i) – Average Utilization

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเพื่อนำไปใช้ในแบบจำลองการผลิต

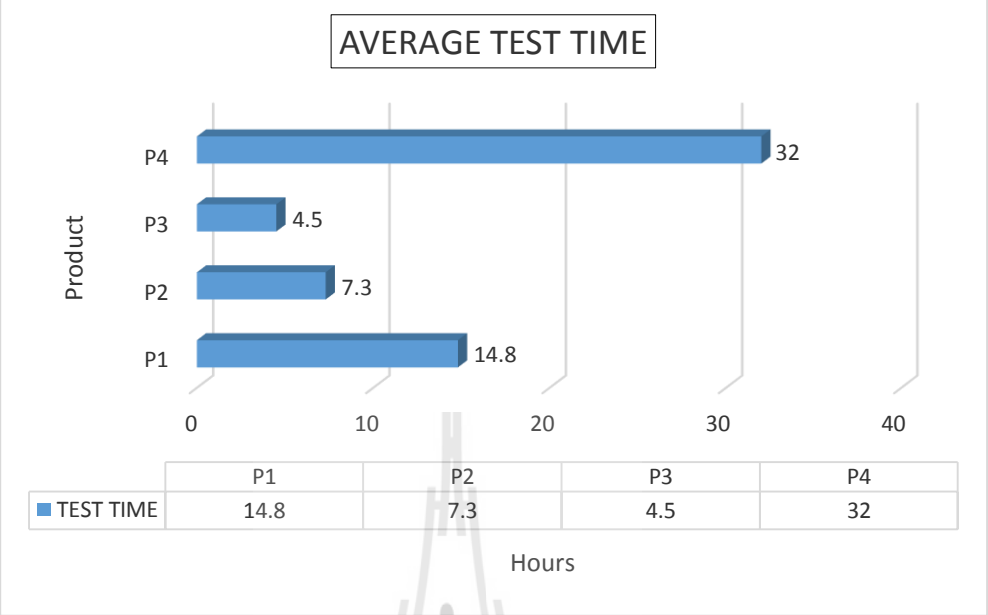
3.5.1 Process Flow ของกระบวนการทดสอบสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 Process Flow ของกระบวนการทดสอบ

3.5.2 Processing Time ของแต่ละผลิตภัณฑ์

ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ จะทำการรวบรวมข้อมูลจากปริมาณ HDD ที่เข้าทำการทดสอบในเครื่องทดสอบ โดยงานที่ลำเลียงเข้าเครื่องทดสอบในไลน์การผลิตมีทั้งหมด 4 ชนิดด้วยกัน ซึ่งได้แสดงเวลาที่ใช้ในการทดสอบดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 Processing Time ที่ใช้ในการทดสอบของแต่ละผลิตภัณฑ์

การกำหนดระยะเวลาในการดำเนินการ (Processing Time) ของแต่ละขั้นตอนเข้าไปในแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) โดยใช้โปรแกรม Arena นั้น ตัวแทนข้อมูลเวลาจะได้จากการหารูปแบบการกระจายตัว (Distribution) ของข้อมูลในช่วงเวลาที่เก็บมาได้ ซึ่งจะทำการพิสูจน์แบบการกระจายตัวของข้อมูลนั้นโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า (Input Analyzer) ของโปรแกรม Arena วิเคราะห์ข้อมูลว่ามีรูปแบบการกระจายตัวเป็นเช่นไร และจะทำการทดสอบสมมติฐานการกระจายตัวดังนี้

1) วิธีการทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล

2) วิธีการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ใช้ทดสอบกรณีที่มีข้อมูลมีอย่างน้อย 50 ข้อมูล

เมื่อมีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ จะต้องมีการตัดสินใจว่าจะปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ตั้งเอาไว้ได้หรือไม่ ซึ่งไม่ว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 ก็อาจให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจได้ ซึ่งการตัดสินใจโดยการใช้เครื่องมือ Input Analyzer นี้จะให้ค่า P-value สำหรับตัดสินใจบนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) ซึ่งหมายถึงความคลาด

เคลื่อนที่เกิดจากการปฏิเสธ H_0 ทั้งที่ H_0 เป็นจริง ความน่าจะเป็นในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าเท่ากับค่าระดับนัยสำคัญ (α, significance level)

โดยทั้งสองวิธีข้างต้น โปรแกรม Arena จะคำนวณค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งถ้าค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (α) จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ได้แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ แต่ถ้าค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบน้อยกว่าหรือเท่ากับค่านัยสำคัญ (α) ก็จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 แสดงว่าข้อมูลไม่มีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ ดังนั้นจะต้องมีการตั้งสมมติฐาน และตรวจสอบค่า P-value ทุกครั้งก่อนนำการแจกแจงที่ได้ไปเป็นตัวแทนของข้อมูล เพื่อใช้เป็นตัวแทนข้อมูลนำเข้าให้กับตัวแบบจำลองต่อไป

แต่หากผลการประมวลผลโปรแกรม Input Analyzer แล้วปรากฏค่า P-Value ของวิธีการทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ < 0.05 และค่า P-Value ของวิธีการทดสอบไคสแควร์ < 0.05 จะหมายความว่าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หรือรูปแบบการกระจายตัว Distribution) ที่ได้ไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนข้อมูลในแบบจำลองสถานการณ์ได้

3.5.3 การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า (Input Analyzer) ของแต่ละผลิตภัณฑ์

ในการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า หรือ Input Analyzer จะทำโดยการนำข้อมูลมาทดสอบโดยใช้โปรแกรม Arena เพื่อหาการแจกแจงของข้อมูลและหาสมการ (Expression) เพื่อนำไปใช้ในแบบจำลองการผลิต โดยจำนวนข้อมูลของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สรุปจำนวนของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลอง

การทดลอง	จำนวนที่ทดลอง(ชิ้น)
ผลิตภัณฑ์ที่ 1 (P1)	100
ผลิตภัณฑ์ที่ 2 (P2)	50
ผลิตภัณฑ์ที่ 3 (P3)	50
ผลิตภัณฑ์ที่ 4 (P4)	50

หลังจากเก็บข้อมูลได้เรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า โดยมีขั้นตอนดังนี้

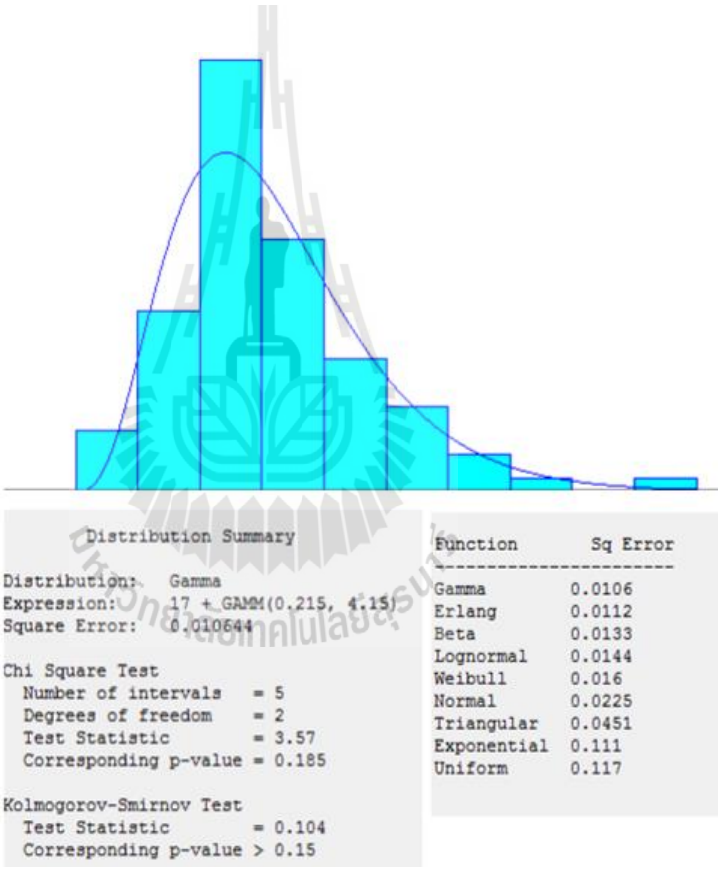
1. นำข้อมูลที่ได้บันทึกลงใน txt file แล้วตั้งชื่อ เช่น P1-1.txt

2. เข้าไปที่โปรแกรม Arena -> Tools->Input Analyzer

3. Input Analyzer-> New->File->Data File->Use Existing…

4. Input Analyzer-> Fit->Fit All

ณ ช่วงความเชื่อมั่น 95% (ระดับนัยสำคัญ = 0.05) สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลดังกล่าว มีรูปแบบการแจกแจงตัวแบบแกรมม่า เพราะค่า 0.185 (P-value) > 0.05 (ระดับนัยสำคัญ) ดังตัวอย่างการวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลงานที่ส่งเข้ามาทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงข้อมูลแบบแกรมม่า

3.6 การศึกษาโปรแกรมอารีนา

ในการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่พัฒนามาจากโปรแกรมภาษาที่เรียกว่า SIMAN ซึ่งเป็นเครื่องมือตัวหนึ่งที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายสำหรับสร้างตัวแบบจำลอง และดำเนินการทดลองไปกับตัวแบบจำลอง โดยตัว

แบบจำลองจะถูกทำการทดสอบทางความคิดในคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบ หาแนวทางการแก้ไขและพัฒนาระบบต่างๆ อาทิเช่น การหาแนวทางการปรับปรุงรอบระยะเวลาในการดำเนินงาน แนวทางในการจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เป็นต้น และนำไปสู่แนวทางในการวิเคราะห์ปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยทั้งหมดจะเป็นการออกแบบและสร้างโมเดลที่คำนวณมาจากคอมพิวเตอร์ทั้งสิ้น นอกจากนี้โปรแกรม Arena ยังสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวเสมือนจริงของระบบไว้บนจอคอมพิวเตอร์ได้ด้วย ตัวอย่างเช่น ทรัพยากรต่างๆ ที่ถูกสร้างในโปรแกรม Arena สามารถแสดงอยู่ในรูปภาพเคลื่อนไหวได้ เช่น คนงาน เครื่องจักร หรือ อุปกรณ์ลำเลียง โดยแต่ละรูปสามารถแสดงสถานภาพของทรัพยากรได้ด้วย เช่น ว่างงาน ทำงาน หยุดงาน เป็นต้น

3.6.1 การใช้งานเบื้องต้น

เมนูบนหน้าจอของโปรแกรม Arena

Entity: วัตถุที่ผู้สร้างสนใจให้เคลื่อนที่ไปในระบบแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะใน ระบบ เช่น ลูกค้าเข้ามาในร้านอาหาร วัตถุดิบเข้ามาในโรงงาน

Attribute: คุณลักษณะประจำของวัตถุ มีไว้เพื่อแสดงเอกลักษณ์ให้วัตถุ เช่น สี ชื่อ ส่วนสูง เพศ ชนิดของลูกค้า โดยวัตถุทุกตัวจะมีคุณลักษณะประจำตัวติดตัวมาด้วย ค่า (Value) ที่แตกต่างกัน เช่น ลูกค้าขั้นดี มีคุณลักษณะประจำตัวชื่อ Priority ติดตัวมาด้วยค่าเท่ากับ 1 แต่ลูกค้าขั้นกลาง มีคุณลักษณะประจำตัวชื่อ Priority ติดตัวมาด้วยค่าเท่ากับ 2

อย่างไรก็ตาม โปรแกรม Arena สามารถกำหนดชื่อคุณลักษณะประจำตัว (Attributes) ให้กับ วัตถุโดยอัตโนมัติ เมื่อทำการสร้างแบบจำลองได้แก่

Entity.Type: โปรแกรม Arena จะระบุเลขจำนวนเต็มโดยอัตโนมัติลงไปให้แต่ละชนิดของวัตถุ ซึ่งวัตถุชนิดเดียวกันจะมีเลขค่าเดียวกัน

Entity.Picture: รูปวัตถุที่ถูกกำหนดให้เคลื่อนไหวระหว่างการรันแบบจำลองโดยโปรแกรม Arena จะระบุรูปกระดาษ (Picture.Report)

Entity.CreateTime: จะเก็บค่าเวลาปัจจุบันที่วัตถุถูกสร้าง

Entity.Picture: ระบุสถานีปัจจุบันที่วัตถุอยู่ หรือ ถ้าวัตถุกำลังถูกขนถ่ายด้วยอุปกรณ์ลำเลียงจะระบุสถานีปลายทางที่วัตถุกำลังจะไปถึง

Entity.Sequence: ข้อมูลลำดับสถานีที่วัตถุถูกกำหนดเคลื่อนย้ายไป

Entity.jopStep: ตัวเลขชี้ว่า วัตถุตัวนั้นอยู่ที่สถานีใด ในลำดับไหนของข้อมูล ลำดับสถานี (Sequence) โดยตัวเลขนี้จะถูกเปลี่ยนเพิ่มขึ้นทีละ 1 โดย อัตโนมัติ เมื่อวัตถุถูกเคลื่อนย้ายไป

สถานี ถัดไปVariable: ตัวแปรที่วัตถุทุกชนิดสามารถใช้ร่วมถันได้ ตัวแปรนี้ไม่ได้ระบุติดตัววัตถุมา เหมือนคุณลักษณะประจำตัว แต่ตัวแปรนี้จะเปลี่ยนค่าเมื่อวัตถุผ่านเข้าในหน่วยโมดูลที่ใส่สูตรตัวแปรไว้ เพื่อ บอกสถานะของระบบ เช่น จำนวนสินค้าคงคลัง จำนวนลูกค้าในระบบ จำนวนเครื่องจักรที่กำลังทำงานหรือ ว่างงาน เป็นต้น

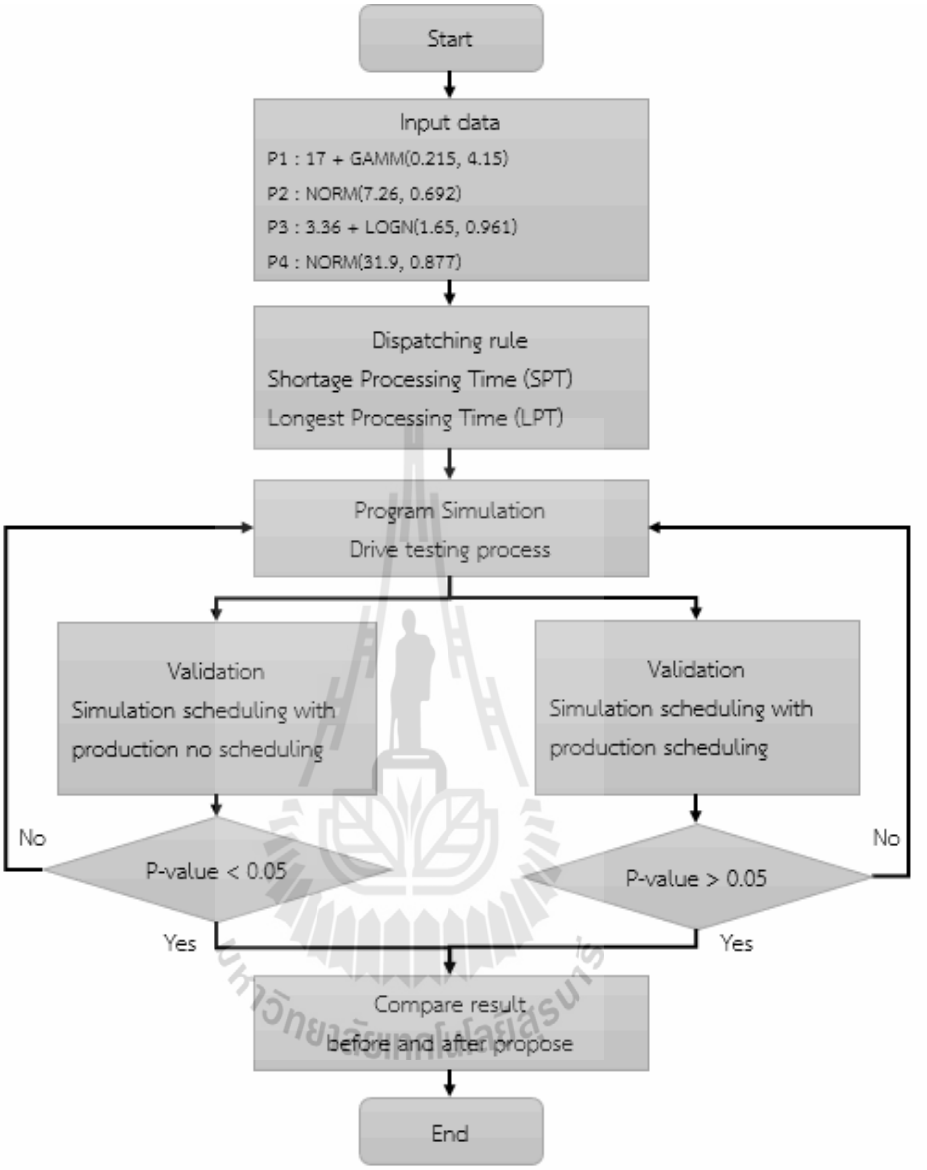
Resource : ทรัพยากรที่จะใช้ทำกิจกรรมร่วมกับวัตถุ ซึ่งวัตถุจะเรียกใช้ทรัพยากรนั้นเมื่อทรัพยากรนั้นว่างงาน (Seize Resource) และเมื่อทำกิจกรรมเสร็จสิ้น วัตถุนั้นจะปล่อยทรัพยากร (Release Resource) ให้ทรัพยากรนั้นว่าง เพื่อให้ทรัพยากรนั้นสามารถดำเนินกิจกรรมร่วมกับวัตถุตัวถัดไปที่มาเรียกใช้ได้ ตัวอย่างทรัพยากร เช่น คนงาน เครื่องจักร พื้นที่เก็บสินค้าที่มีอยู่อย่างจำกัด

Queues : แถวคอยที่วัตถุคอยใช้ เนื่องจากทรัพยากรไม่ว่างให้บริการ

Event : เหตุการณ์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของระบบ เช่น การเข้ามา หรือการออกไปของลูกค้า

3.6.2 การจำลองสถานการณ์โดยสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นการรวบรวมวิธีการต่างๆ ที่ใช้จำลองสถานการณ์ จริงหรือพฤติกรรมของระบบต่างๆ มาไว้บนคอมพิวเตอร์โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เข้ามาช่วย เพื่อที่จะศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่ถูกต้องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงในอนาคต เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานได้จนกว่าจะมองเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับ อาทิเช่น การขจัดปัญหาที่อยู่นอกเหนือความคาดหมายที่ เกิดขึ้น ทำให้กระบวนการผลิตช้าลง ดังนั้นการจำลองสถานการณ์ (Simulation) จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์สภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของระบบ และช่วยหาแนวทาง หรือทางเลือก (Scenario) ที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้กับสถานการณ์หรือการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะช่วยให้ลดความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาด หรือความล้มเหลวได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้ประหยัดทั้งค่าใช้จ่าย และเวลาได้อีกทางด้วย โดย Simulation Flow ของกระบวนการทดสอบสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.8

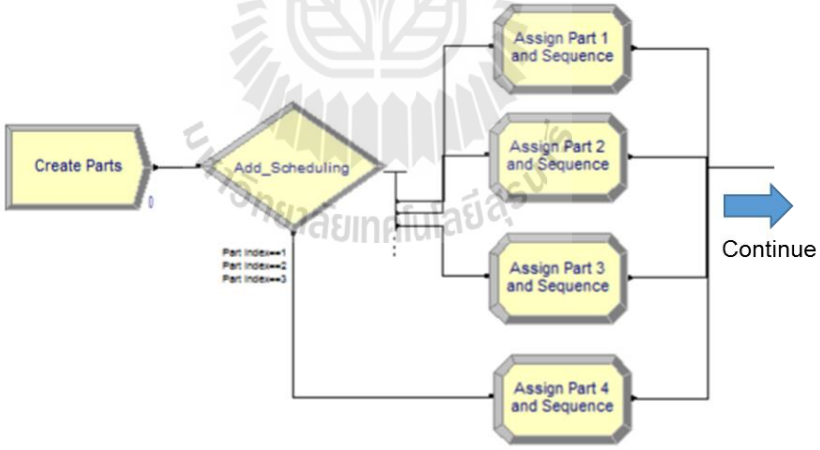


รูปที่ 3.8 Simulation Flow ของกระบวนการทดสอบ

ในปัจจุบันนี้การจำลองสถานการณ์เป็นที่นิยมอย่างมาก เนื่องจากระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การจำลองสถานการณ์สามารถนำมาไปประยุกต์ใช้ได้กับ หลากหลายอุตสาหกรรม อาทิเช่น อุตสาหกรรมในโรงงาน, การขนส่ง, การกระจายสินค้าหรือแม้กระทั่งการให้การบริการทางธุรกิจต่าง ๆ เช่น ธนาคาร โรงพยาบาล เป็นต้น

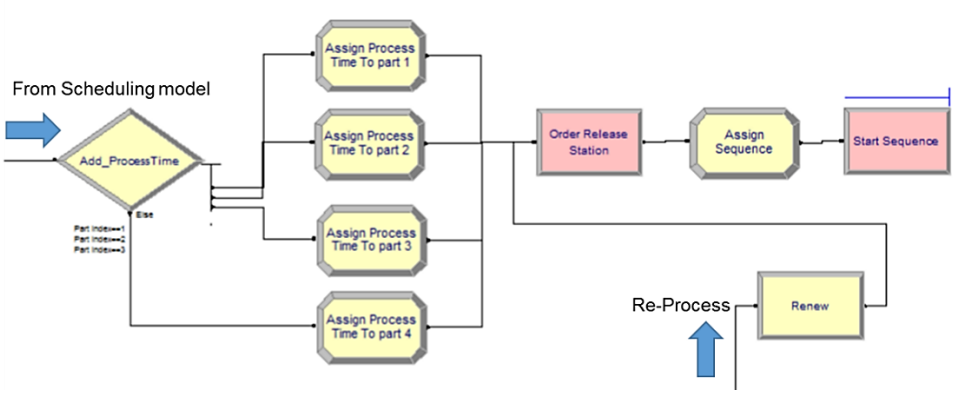
จากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญการจำลองสถานการณ์ พบว่าสิ่งสำคัญหรือข้อดีของการจำลองสถานการณ์คือมีความสมเหตุสมผล และสามารถพิสูจน์ได้ภายใต้ปัจจัยการนำเข้า (Input) และนำมา เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ (Output) ที่ระบบประมวลออกมา

ปัจจุบันโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation Packages) จะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ Simulation languages และ Application-Oriented Simulator ข้อได้เปรียบของ Simulation languages คือ มีความยืดหยุ่นมากกว่า Application-Oriented Simulator แต่การใช้งานจะทำได้ยาก กว่า Application-Oriented Simulator ซึ่งเราได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กลุ่ม Simulation languages ที่ชื่อว่า Arena มาใช้สร้างสถานการณ์จำลอง เนื่องจากระบบที่ทำการศึกษามีความซับซ้อนและมีปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องหลายปัจจัย จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมกลุ่ม Simulation languages ที่มีความยืดหยุ่นมากกว่า จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้รวบรวมมาประกอบกับข้อตกลงในการสร้างแบบจำลองที่ได้กำหนดขึ้น ทำให้สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 14.0 โดยแบบจำลองสถานการณ์ Scheduling Model สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.9



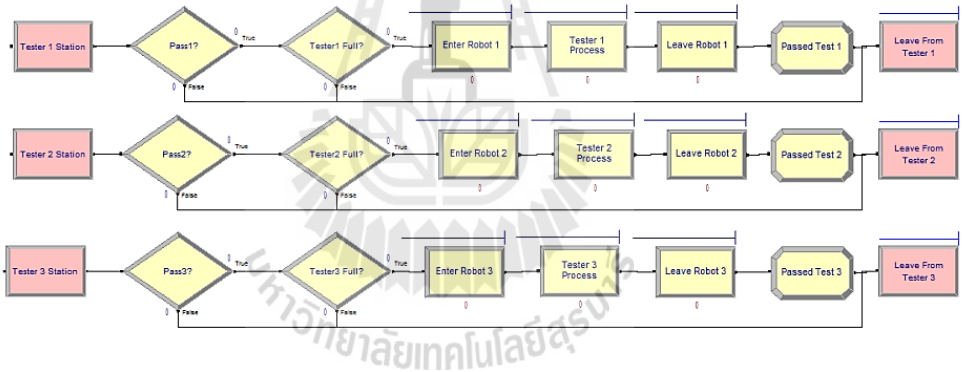
รูปที่ 3.9 แบบจำลองสถานการณ์ Scheduling Model

แบบจำลองสถานการณ์ Processing Model สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.10



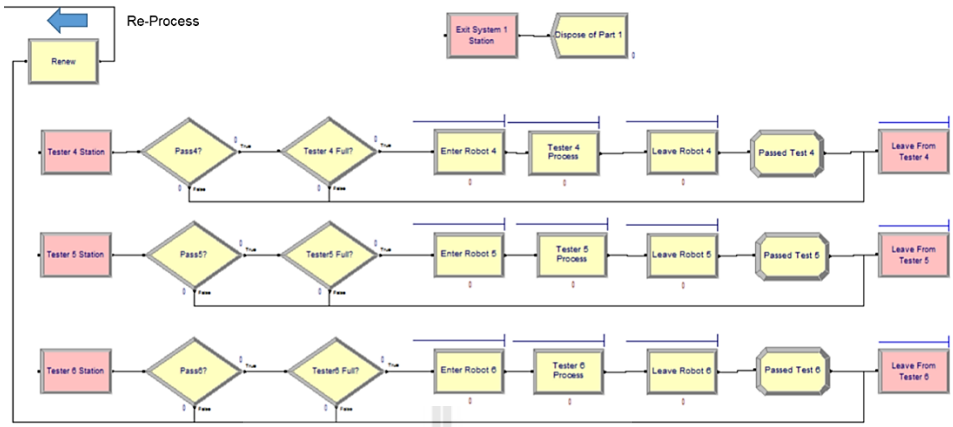
รูปที่ 3.10 แบบจำลองสถานการณ์ Processing Model

แบบจำลองสถานการณ์ Testing Model สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แบบจำลองสถานการณ์ Testing Model

แบบจำลองสถานการณ์ Testing Model (ต่อ) สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แบบจำลองสถานการณ์ Testing Model (ต่อ)

3.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

หลังจากได้แบบจำลองสถานการณ์แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม ก่อนที่จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตจริง ผลการทดลองที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 17 โดยทดสอบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของข้อมูล โดยมีขั้นตอนในการตรวจสอบดังต่อไปนี้

3.7.1 การวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและกระบวนการผลิตจริงแบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิต สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_0: ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์มีการแจกแจงที่เหมือนกับกระบวนการผลิตจริง สามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลได้

H_1: ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์ไม่มีการแจกแจงที่เหมือนกับกระบวนการผลิตจริงจึงไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลได้

3.7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_0: ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตมีการแจกแจงที่เหมือนกับแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT

H_1: ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตมีการแจกแจงที่ต่างกับแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT

3.7.3 การวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์แบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_0: ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT มีการแจกแจงที่เหมือนกับกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT สามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลได้

H_1: ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT ไม่มีการแจกแจงที่เหมือนกับกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT จึงไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลได้

3.7.4 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_0: ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตมีการแจกแจงที่เหมือนกับแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT

H_1: ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตมีการแจกแจงที่ต่างกับแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT

3.7.5 การวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์แบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT สามารถตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ดังนี้

H_0: ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT มีการแจกแจงที่เหมือนกับกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT สามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลได้

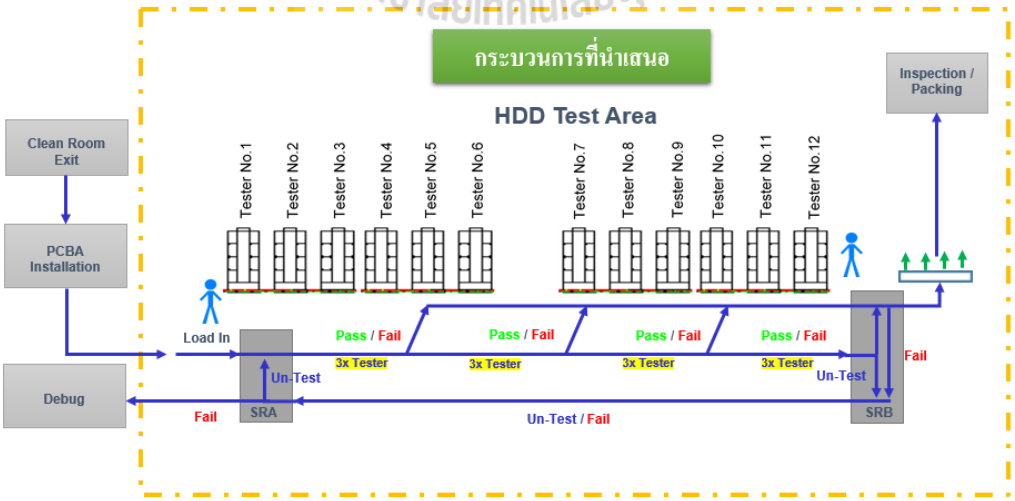
H_1: ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT ไม่มีการแจกแจงที่เหมือนกับกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT จึงไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลได้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

บทนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองในบทที่ 3 ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ส่วน คือ 1. ผลการออกแบบเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้วออกจากสายพานลำเลียง 2. ผลลัพธ์ของการจัดตารางการผลิต 3. ผลการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าเพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งจะนำเสนอรายละเอียดผลการวิเคราะห์การทดลองทั้ง 4 ส่วนตามลำดับดังต่อไปนี้

4.1 ผลการออกแบบเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้วออกจากสายพานลำเลียง

การออกแบบเครื่องคัดแยกงานที่ผ่านการทดสอบแล้วนั้นในไลน์การผลิตจะมีเครื่องคัดแยกทั้งหมด 4 ชุดซึ่งจะติดตั้งเครื่องคัดแยกชิ้นงานไว้หลังเครื่องทดสอบหมายเลข 3, เครื่องทดสอบหมายเลข 6 เครื่องทดสอบหมายเลข 9 และเครื่องทดสอบหมายเลข 12 หลังจากติดตั้งเครื่องคัดแยกแล้วจะสามรถลดพนักงานที่ทำการคัดแยกชิ้นงานได้ทั้งหมด3 คนด้วยกันซึ่งเป็นกระบวนการที่นำเสนอ ดังแสดงในรูปที่ 4.1

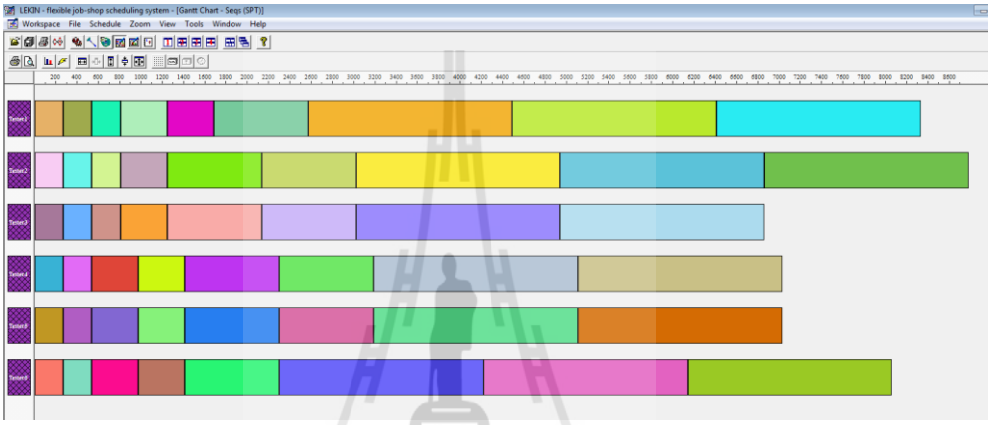


รูปที่ 4.1 กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่นำเสนอ

4.2 ผลลัพธ์ของการจัดตารางการผลิต

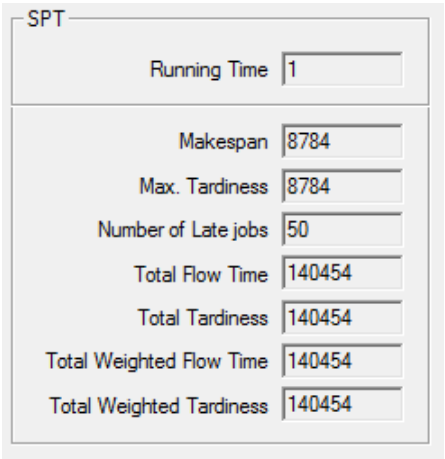
ในขั้นตอนนี้เป็นผลลัพธ์การจัดงานของแต่ละผลิตภัณฑ์จากการใช้โปรแกรม Liken ซึ่งผลของการจัดงานที่ได้จะมีดังนี้

4.2.1 ผลการจัดตารางการผลิตแบบ SPT คือ การจัดลำดับความสำคัญของการทำงาน โดยทำงานที่ใช้เวลาสั้นที่สุดก่อนแล้วจึงทำงานที่มีเวลามากเป็นลำดับถัดไป ซึ่งผลการจัดตารางแบบ SPT แสดงได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การจัดตารางการผลิตแบบ SPT

การจัดตารางการผลิตแบบ SPT โดยในงานวิจัยนี้ได้จำลองงานทั้งหมด 50 งาน นำมาจัดตารางการผลิต โดยใช้ Gantt Chart และสามารถแสดงตัวชี้วัดต่างๆได้ดังรูปที่ 4.3



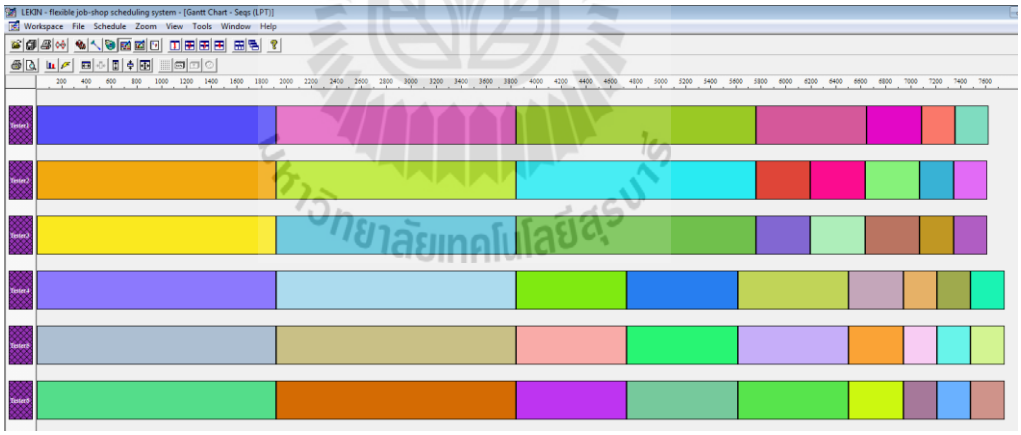
รูปที่ 4.3 ตัวชี้วัดในการจัดตารางการผลิตแบบ SPT

ตัวชี้วัดในจัดตารางการผลิตแบบ SPT โดยเวลาปิดงานของกระบวนการทดสอบ (Make span) เท่ากับ 8784 นาที การจัดตารางการผลิตแบบ SPT สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์การจัดตารางการผลิตแบบ SPT

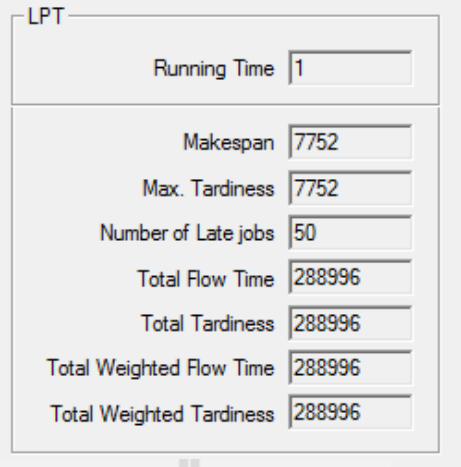
Tester1	P3	P3	P3	P2	P2	P1	P4	P4	P4
Tester2	P3	P3	P3	P2	P1	P1	P4	P4	P4
Tester3	P3	P3	P3	P2	P1	P1	P4	P4	
Tester4	P3	P3	P2	P2	P1	P1	P4	P4	
Tester5	P3	P3	P2	P2	P1	P1	P4	P4	
Tester6	P3	P3	P2	P2	P1	P4	P4	P4	

4.2.2 ผลการจัดตารางการผลิตแบบ LPT คือ การจัดลำดับความสำคัญของการทำงาน โดยทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อนแล้วจึงทำงานที่มีเวลาน้อยกว่าเป็นลำดับถัดไป ซึ่งผลการจัดตารางแบบ LPT แสดงได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การจัดตารางการผลิตแบบ LPT

จากรูปที่ 4.4 เป็นการจัดตารางการผลิตแบบ LPT โดยในงานวิจัยนี้ได้จำลองงานทั้งหมด 50 งาน นำมาจัดตารางการผลิต โดยใช้ Gantt Chart และสามารถแสดงตัวชี้วัดต่างๆได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงตัวชี้วัดในการจัดตารางการผลิตแบบ LPT

จากรูปที่ 4.5 เป็นการแสดงตัวชี้วัดในจัดตารางการผลิตแบบ LPT โดยเวลาปิดงานของกระบวนการทดสอบ (Make span) เท่ากับ 7752 นาที การจัดตารางการผลิตแบบ LPT สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์การจัดตารางการผลิตแบบ LPT

Tester1	P4	P4	P4	P1	P2	P3	P3		
Tester2	P4	P4	P4	P2	P2	P2	P3	P3	
Tester3	P4	P4	P4	P2	P2	P2	P3	P3	
Tester4	P4	P4	P1	P1	P1	P2	P3	P3	P3
Tester5	P4	P4	P1	P1	P1	P2	P3	P3	P3
Tester6	P4	P4	P1	P1	P1	P2	P3	P3	P3

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าเพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

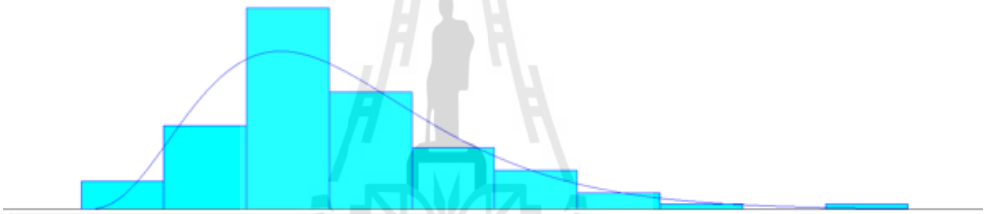
ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ จะทำการรวบรวมข้อมูลจากปริมาณ HDD ที่เข้าทำการทดสอบในเครื่องทดสอบ โดยงานที่ลำเลียงเข้าเครื่องทดสอบในไลน์การผลิตมีทั้งหมด 4 ชนิดด้วยกัน ซึ่งได้แสดงเวลาที่ใช้ในการทดสอบดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เวลาที่ใช้ในการทดสอบแต่ละผลิตภัณฑ์

PRODUCT	PROCESSING TIME (Min)
P1	888
P2	438
P3	270
P4	1920

4.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 1

นำข้อมูลรับเข้าของของผลิตภัณฑ์ที่ 1 ไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Arena Input Analyzer ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.6



```
        Distribution Summary

Distribution:   Gamma
Expression:     17 + GAMM(0.215, 4.15)
Square Error:   0.010644

Chi Square Test
  Number of intervals   = 5
  Degrees of freedom    = 2
  Test Statistic        = 3.57
  Corresponding p-value = 0.185

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.104
  Corresponding p-value > 0.15

        Data Summary

Number of Data Points   = 100
Min Data Value          = 17.1
Max Data Value          = 19.6
Sample Mean             = 17.9
Sample Std Dev          = 0.427

        Histogram Summary

Histogram Range         = 17 to 19.8
Number of Intervals     = 10
```

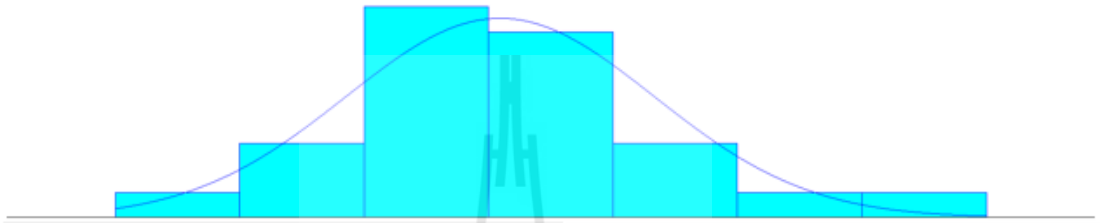
```
Fit All Summary
Data File: C:\Users\Keng\Documents\P1-1.txt

Function        Sq Error
-------------------------
Gamma           0.0106
Erlang          0.0112
Beta            0.0133
Lognormal       0.0144
Weibull         0.016
Normal          0.0225
Triangular      0.0451
Exponential     0.111
Uniform         0.117
```

รูปที่ 4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 1 จากโปรแกรม Arena Input Analyzer

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Arena Input Analyzer ดังรูปที่ 4.6 สามารถบอกค่า P-Value = 0.185 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

4.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 2

นำข้อมูลรับเข้าของของผลิตภัณฑ์ที่ 2 ไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Arena Input Analyzer ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.7



```
        Distribution Summary

Distribution:   Normal
Expression:     NORM(7.26, 0.692)
Square Error:   0.007627

Chi Square Test
  Number of intervals   = 4
  Degrees of freedom    = 1
  Test Statistic        = 1.7
  Corresponding p-value = 0.209

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.149
  Corresponding p-value > 0.15

        Data Summary

Number of Data Points   = 50
Min Data Value          = 5.86
Max Data Value          = 9.11
Sample Mean             = 7.26
Sample Std Dev          = 0.699

        Histogram Summary

Histogram Range         = 5.53 to 9.44
Number of Intervals     = 7
```

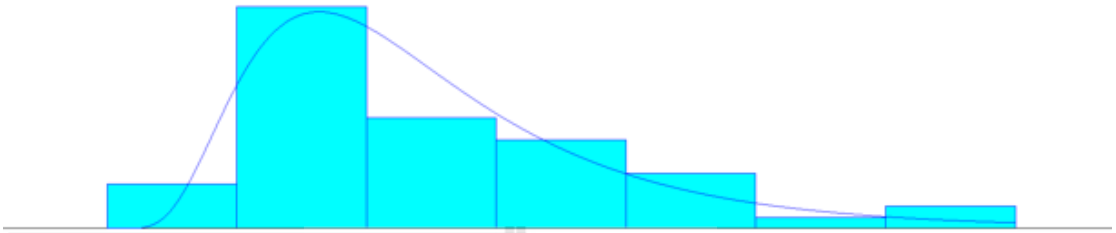
```
Fit All Summary
Data File: C:\Users\Keng\Documents\P2-1.txt


Function       Sq Error
-----------------------
Normal         0.00763
Weibull        0.00879
Gamma          0.0111
Erlang         0.0123
Beta           0.0132
Triangular     0.0195
Lognormal      0.0208
Uniform        0.0963
Exponential    0.141
```

รูปที่ 4.7 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 2 จากโปรแกรม Arena Input Analyzer

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Arena Input Analyzer ดังรูปที่ 4.7 สามารถบอกค่า P-Value = 0.149 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

4.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 3

นำข้อมูลรับเข้าของของผลิตภัณฑ์ที่ 3 ไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Arena Input Analyzer ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.8



```
        Distribution Summary

Distribution:   Lognormal
Expression:     3.36 + LOGN(1.65, 0.961)
Square Error:   0.010940

Chi Square Test
  Number of intervals   = 4
  Degrees of freedom    = 1
  Test Statistic        = 2.63
  Corresponding p-value = 0.108

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.123
  Corresponding p-value > 0.15

        Data Summary

Number of Data Points   = 50
Min Data Value          = 3.74
Max Data Value          = 7.55
Sample Mean             = 5.01
Sample Std Dev          = 0.915

        Histogram Summary

Histogram Range         = 3.36 to 7.94
Number of Intervals     = 7
```

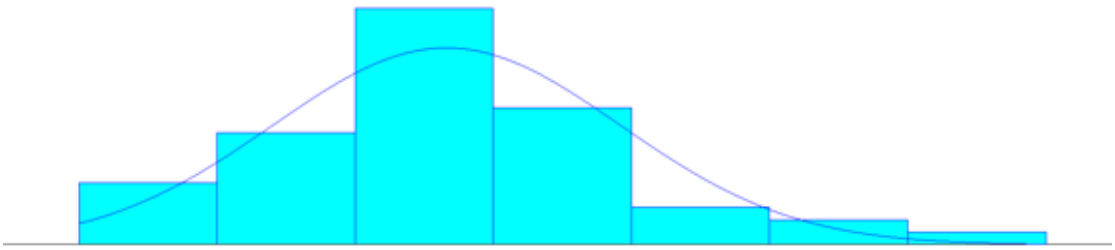
```
Fit All Summary
Data File: C:\Users\Keng\Documents\P3-1.txt


Function       Sq Error
-----------------------
Lognormal      0.0109
Gamma          0.0182
Erlang         0.0207
Weibull        0.0255
Triangular     0.0272
Beta           0.0315
Normal         0.0456
Uniform        0.101
Exponential    0.102
```

รูปที่ 4.8 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 3 จากโปรแกรม Arena Input Analyzer

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Arena Input Analyzer ดังรูปที่ 4.8 สามารถบอกค่า P-Value = 0.108 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

4.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 4

นำข้อมูลรับเข้าของของผลิตภัณฑ์ที่ 4 ไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Arena Input Analyzer ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.9



```
        Distribution Summary

Distribution:   Normal
Expression:     NORM(31.9, 0.877)
Square Error:   0.010673

Chi Square Test
  Number of intervals   = 4
  Degrees of freedom    = 1
  Test Statistic        = 2.45
  Corresponding p-value = 0.128

        Data Summary

Number of Data Points   = 50
Min Data Value          = 1e+038
Max Data Value          = -1e+038
Sample Mean             = 31.9
Sample Std Dev          = 0.886

        Histogram Summary

Histogram Range         = 30 to 34.9
Number of Intervals     = 7
```

```
Fit All Summary
Data File: C:\Users\Keng\Documents\Part4.txt


Function       Sq Error
-----------------------
Normal         0.019
Triangular     0.0192
Weibull        0.0208
Gamma          0.0271
Beta           0.0282
Erlang         0.0287
Lognormal      0.0393
Uniform        0.0787
Exponential    0.135
```

รูปที่ 4.9 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของผลิตภัณฑ์ที่ 4 จากโปรแกรม Arena Input Analyzer

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Arena Input Analyzer ดังรูปที่ 4.9 สามารถบอกค่า P-Value = 0.128 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้น แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

4.3.5 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า สามารถอธิบายดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สมการของข้อมูลรับเข้าสำหรับสร้างแบบจำลองสถานการณ์

Products	Distribution:	Expression:	Chi Square Test	Kolmogorov-Smirnov Test
			p-value	p-value
P1	Gamma	17 + GAMM(0.215, 4.15)	0.185	> 0.15
P2	Normal	NORM(7.26, 0.692)	0.209	> 0.15
P3	Lognormal	3.36 + LOGN(1.65, 0.961)	0.108	> 0.15
P4	Normal	NORM(31.9, 0.877)	0.128	> 0.15

4.4 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ ที่ทำการออกแบบว่ามีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือในการที่จะนำผลลัพธ์ดังกล่าวไปใช้วิเคราะห์ หรือวางแผนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการทำงานจริงได้อย่างถูกต้องแม่นยำ เพื่อให้เกิดประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการมากที่สุด จำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของผลการดำเนินการ (Verification) หาช่วงความกว้างของข้อมูล (Half Width) ที่สามารถยอมรับได้เพื่อนำมากำหนดรอบระยะเวลาในการดำเนินการ (Number of Replications) และทำการพิสูจน์ความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ (Validation) เมื่อนำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์กับระบบงานจริง ดังนี้

4.4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

X ค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูล (Sample Mean)

s ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Sample Standard Deviation)

h ค่าความผกผัน (Half Width)

n จำนวนรอบในการดำเนินการ (Number of Replication)

$t_{n-1,1-\alpha/2}$ การผกผันของการแจกแจง t ที่ความเชื่อมั่น 95% (95% Confidence Interval Half Width)

4.4.2 การตรวจสอบสมมติฐานที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยกำหนดจำนวนของข้อมูลที่ใช้ทดลองสุ่มแบบจำลองสถานการณ์ทั้งหมด n ชุด จากผลลัพธ์ในแต่ละช่วงเวลาของการปฏิบัติงานเพื่อหาค่าความผกผันที่สามารถยอมรับได้

$$h = t_{n-1,1-\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4.1)$$

4.4.3 การกำหนดจำนวนรอบของการดำเนินการตามสมมติฐานที่ระดับความเชื่อมัน 95% โดยกำหนดให้ n เป็นจำนวนรอบของการดำเนินการภายใต้ค่าความผกผันที่ยอมรับ

$$n = t^2_{n-1,1-\alpha/2} \frac{s^2}{h^2} \quad (4.2)$$

ในการศึกษาแบบจำลองสถานการณ์ของการจัดสรรหน่วยให้บริการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจ่ายสินค้า ช่วงความกว้างของข้อมูลที่ปรากฏในรายงาน (Report) จากการดำเนินการ (Run) จะบอกถึงช่วงความกว้างของข้อมูล

4.4.4 การวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงแบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิต ซึ่งผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงแบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิต สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงแบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิต

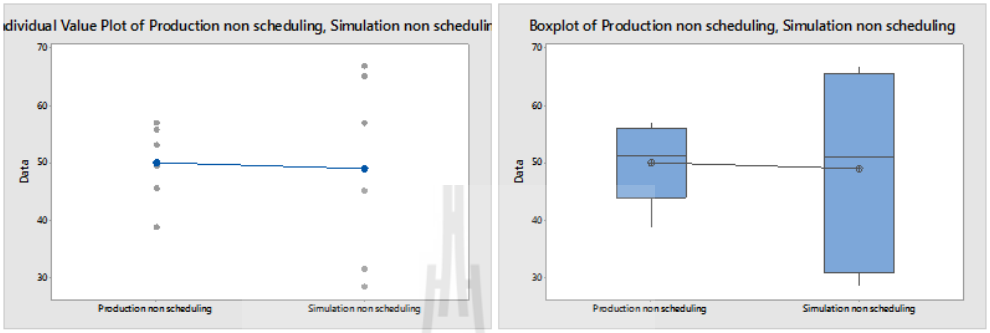
Identifier	Average Simulation non scheduling	Average Production non scheduling
Tester 1 Utilization	65.213	57.055
Tester 2 Utilization	66.930	53.128
Tester 3 Utilization	56.993	55.882
Tester 4 Utilization	45.233	49.488
Tester 5 Utilization	28.398	45.642
Tester 6 Utilization	31.564	38.780

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 17 สามารถบอกค่า P-Value = 0.903 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก ดังนั้น ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์มีการแจกแจงที่เหมือนกับกระบวนการผลิตจริงสามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลได้อย่างมีนัยสำคัญ 0.05 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Two-Sample T-Test and CI: Simulation non scheduling, Production non scheduling

```
Two-sample T for Simulation non scheduling vs Production non scheduling

                          N   Mean  StDev  SE Mean
Simulation non schedulin  6   49.1   16.7      6.8
Production non schedulin  6  50.00   6.92      2.8


Difference = μ (Simulation non scheduling) - μ (Production non scheduling)
Estimate for difference:  -0.94
95% CI for difference:  (-18.98, 17.10)
T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = -0.13  P-Value = 0.903  DF = 6
```



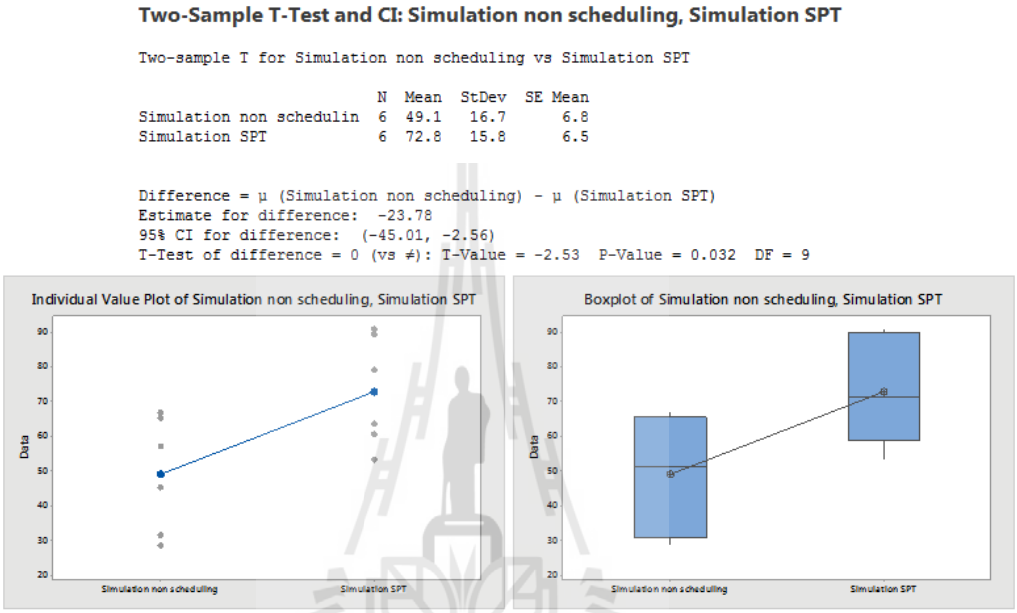
รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 17 ของข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงแบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิต

4.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT ซึ่งผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT

Identifier	Average Simulation non scheduling	Average Simulation SPT
Tester 1 Utilization	65.213	90.885
Tester 2 Utilization	66.930	89.404
Tester 3 Utilization	56.993	79.095
Tester 4 Utilization	45.233	63.535
Tester 5 Utilization	28.398	53.421
Tester 6 Utilization	31.564	60.692

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 17 สามารถบอกค่า P-Value = 0.032 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก และยอมรับสมมติฐานรอง ดังนั้น ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตมีการแจกแจงที่ต่างกับที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT แสดงว่ามีการปรับปรุงของระบบอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.11



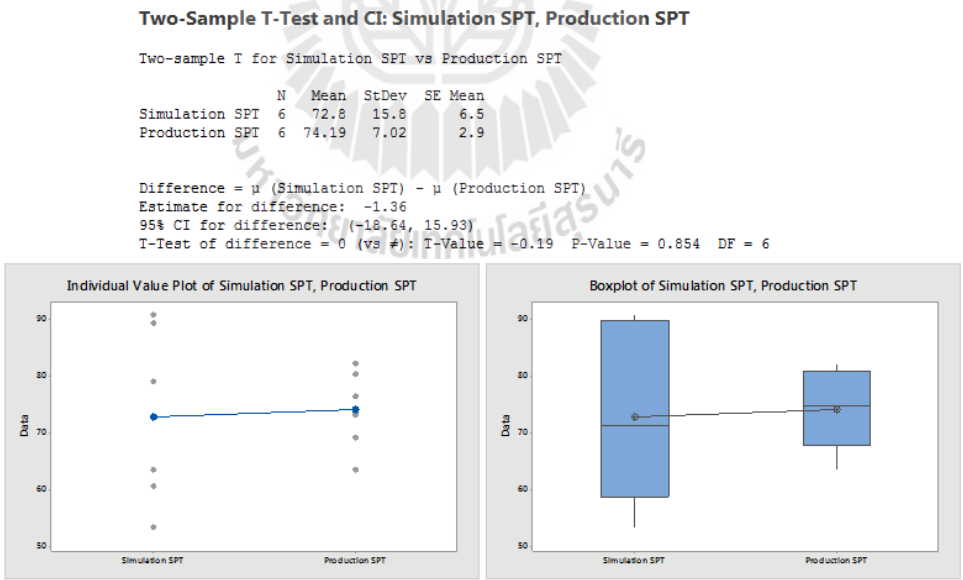
รูปที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 17 ของข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT

4.4.6 การวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT ซึ่งผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT

Identifier	Average Simulation SPT	Average Production SPT
Tester 1 Utilization	90.885	76.434
Tester 2 Utilization	89.404	80.351
Tester 3 Utilization	79.095	69.241
Tester 4 Utilization	63.535	63.550
Tester 5 Utilization	53.421	73.318
Tester 6 Utilization	60.692	82.269

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 17 สามารถบอกค่า P-Value = 0.854 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก ดังนั้น ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์มีการแจกแจงที่เหมือนกับกระบวนการผลิตจริงสามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลได้อย่างมีนัยสำคัญ 0.05 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.12 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.12



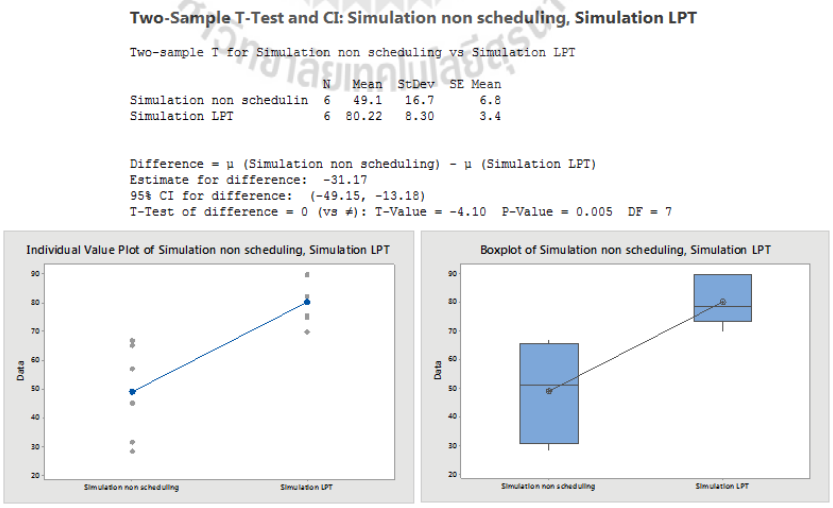
รูปที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 17 ของข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT

4.4.7 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT และผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT

Identifier	Average Simulation non scheduling	Average Simulation LPT
Tester 1 Utilization	65.213	89.791
Tester 2 Utilization	66.930	89.555
Tester 3 Utilization	56.993	82.051
Tester 4 Utilization	45.233	75.483
Tester 5 Utilization	28.398	69.742
Tester 6 Utilization	31.564	74.723

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 17 สามารถบอกค่า P-Value = 0.005 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก และยอมรับสมมติฐานรอง ดังนั้น ข้อมูลแบบจำลอง LPT แสดงว่ามีการปรับปรุงของระบบอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 17 ของข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์แบบที่ไม่มีการจัดตารางการผลิตและแบบที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT

4.4.8 การวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT และผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองแบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT

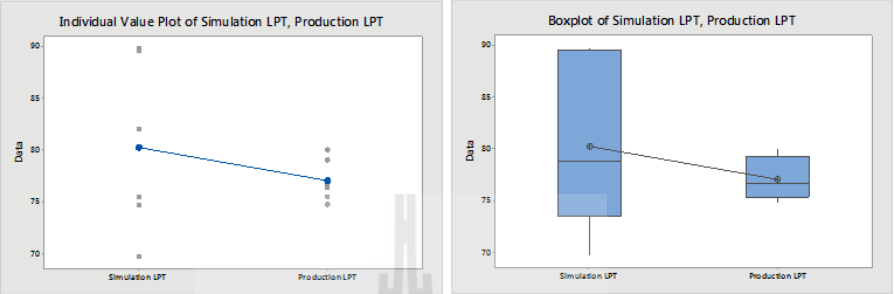
Identifier	Average Simulation LPT	Average Simulation LPT
Tester 1 Utilization	75.532	75.532
Tester 2 Utilization	74.773	74.773
Tester 3 Utilization	76.778	76.778
Tester 4 Utilization	76.386	76.386
Tester 5 Utilization	80.041	80.041
Tester 6 Utilization	79.028	79.028

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab 17 สามารถบอกค่า P-Value = 0.410 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก ดังนั้น ข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์มีการแจกแจงที่เหมือนกับกระบวนการผลิตจริงสามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลได้อย่างมีนัยสำคัญ 0.05 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.14

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Two-Sample T-Test and CI: Simulation LPT, Production LPT

```
Two-sample T for Simulation LPT vs Production LPT

                N   Mean  StDev  SE Mean
Simulation LPT  6  80.22   8.30      3.4
Production LPT  6  77.09   2.04     0.83


Difference = μ (Simulation LPT) - μ (Production LPT)
Estimate for difference:  3.13
95% CI for difference:  (-5.84, 12.11)
T-Test of difference = 0 (vs ≠): T-Value = 0.90  P-Value = 0.410  DF = 5
```



รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab 17 ของข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์และกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT

4.5 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแนวทางการปรับปรุงทั้งหมด

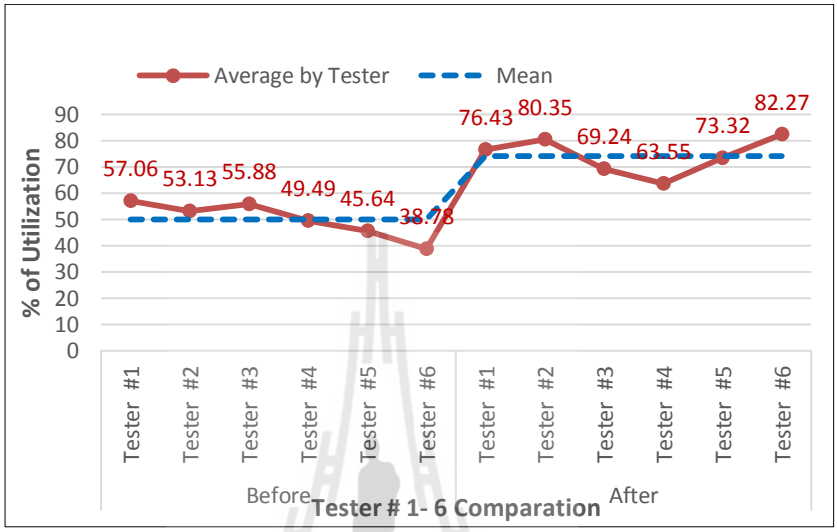
ผลจากการทดลองการติดตั้งเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้ว พบว่าอัตราการหยิบจับชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบต่อชั่วโมงและอัตราการหยิบจับชิ้นงานโดยรวมเพิ่มขึ้น โดยผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบอัตราการหยิบจับชิ้นงานกระบวนการคัดแยกปัจจุบันและกระบวนการคัดแยกที่นำเสนอ

รูปแบบ	กระบวนการปัจจุบัน	กระบวนการนำเสนอ
อัตราการหยิบจับชิ้นงาน/ ชั่วโมง	679	894
อัตราการหยิบจับชิ้นงานทั้งหมด	15,078	19,214

จากการเก็บข้อมูลประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องพบว่าหลังติดตั้งเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้วออกจากสายพานสำเลียง ทำให้ความคับคั่งของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์บนสายพานลำเลียงลดลงได้ และวิธีการจัดตารางการผลิตทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพิ่มขึ้น และมีความสมดุลมากขึ้น

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของกระบวนการก่อนปรับปรุงกับกระบวนการที่นำเสนอการจัดตารางแบบ SPT ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของกระบวนการก่อนปรับปรุงกับกระบวนการที่นำเสนอการจัดตารางแบบ SPT

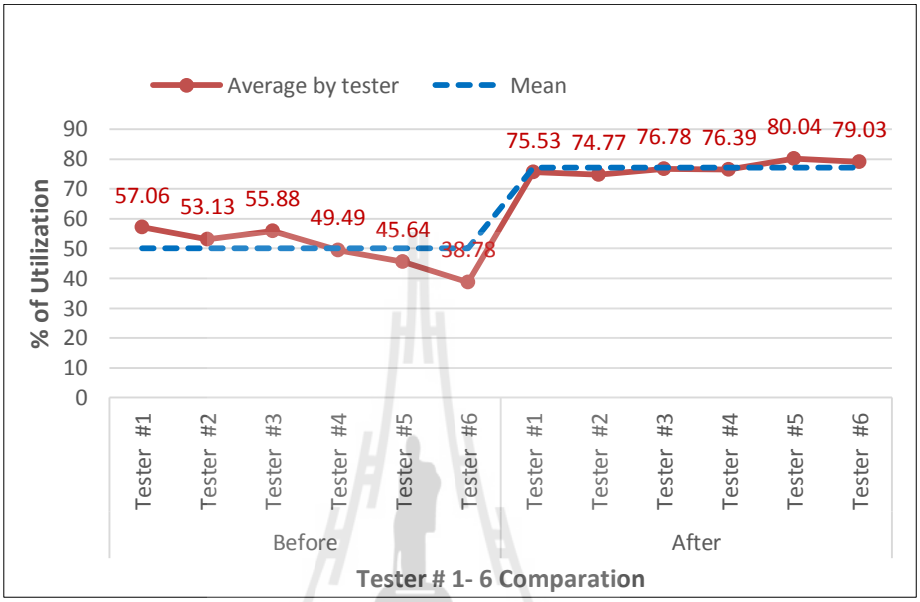
ผลการคำนวณหาค่า MSE ของกระบวนการปัจจุบันและกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่า MSE ของกระบวนการปัจจุบันและกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT

	กระบวนการปัจจุบัน	กระบวนการนำเสนอ (SPT)
∑ Square error	239.30	192.35
MSE	39.88	32.06

จากการเปรียบเทียบค่า MSE ของกระบวนการปัจจุบันและกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT พบว่ากระบวนการหลังปรับปรุงมีค่า MSE ลดลง 20% แสดงว่ากระบวนการหลังปรับปรุงมีความสมดุลประสิทธิภาพเครื่องจักรที่ดีขึ้น

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของกระบวนการก่อนปรับปรุงกับกระบวนการที่นำเสนอการจัดตารางแบบ LPT ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของกระบวนการก่อนปรับปรุงกับกระบวนการที่นำเสนอการจัดตารางแบบ LPT

ผลการคำนวณหาค่า MSE ของกระบวนการปัจจุบันและกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่า MSE ของกระบวนการปัจจุบันและกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT

	กระบวนการปัจจุบัน	กระบวนการนำเสนอ (SPT)
∑ Square error	239.30	20.85
MSE	39.88	3.48

จากการเปรียบเทียบค่า MSE ของกระบวนการปัจจุบันและกระบวนการผลิตจริงที่มีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT พบว่ากระบวนการหลังปรับปรุงมีค่า MSE ลดลง 91% แสดงว่ากระบวนการหลังปรับปรุงมีความสมดุลประสิทธิภาพเครื่องจักรที่ดีขึ้น

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อลดปัญหาความคับคั่งของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์บนสายพานลำเลียง เนื่องจากรอกระบวนการคัดแยกและประยุกต์กฎการจ่ายงานเพื่อเพิ่มความสมดุลของประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ สามารถทำให้ได้แนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสมแก่กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยแนวทางการปรับปรุงทั้งหมดสามารถทำให้กำลังการทดสอบตอบสนองต่อปริมาณอุปสงค์ที่เพิ่มขึ้นได้อย่างเพียงพอทันเวลา และทำให้ค่าผลิตภาพและค่าประสิทธิภาพสายการผลิตของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแนวทางการปรับปรุงกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทั้งหมดผ่านตัวชี้วัดที่ใช้ในการพิจารณาคือ มีอัตราการหยิบชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบโดยรวมเพิ่มขึ้น 27% และทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพิ่มขึ้น 26% และดัชนีชี้วัดความสมดุลประสิทธิภาพเครื่องจักรของการจัดตารางการผลิตแบบ SPT ทำให้มีค่า MSE ลดลง 20% และการจัดตารางการผลิตแบบ LPT ทำให้มีค่า MSE ลดลง 91% ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการหลังปรับปรุงมีสมดุลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบเพิ่มขึ้น

จากผลการจัดตารางการผลิตเปรียบเทียบกันระหว่างกฎ SPT และ LPT จะพบว่า การจัดตารางการผลิตแบบ SPT มีเวลาปิดงานของกระบวนการทดสอบเท่ากับ 8784 นาที ซึ่งมีค่ามากกว่าแบบ LPT โดยเวลาปิดงานของกระบวนการทดสอบเท่ากับ 7752 นาที ซึ่งหากเลือกใช้แบบ LPT จะลดเวลาการปิดงานได้ถึง 952 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 11 เมื่อเทียบกับแบบ SPT นอกจากนี้การจัดแบบ LPT ยังให้เวลาการปิดงานของเครื่องทดสอบแต่ละเครื่องที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับการจัดสมดุลย์ของประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอีกด้วย

ดังนั้น งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า วิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม ทำให้ประสิทธิภาพในกระบวนการทดสอบเพิ่มขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย

1) กฎการจ่ายงานที่มีอยู่ในปัจจุบันมีอีกหลายกฎ โดยเฉพาะกฎการจ่ายงานแบบพลวัต (Dynamic Rule) ซึ่งในกระบวนการที่นำเสนอในนำเสนอเพียงแค่บางกฎเท่านั้น หากมีการเพิ่มเติมกฎการจ่ายงานให้มากขึ้นและเหมาะสมจะทำให้กระบวนการทดสอบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2) การนำวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตไปใช้งานในการผลิตจริงยังคงมีปัญหาและอุปสรรค ได้แก่

2.1) ปัญหาการทำความเข้าใจหลักการและขั้นตอนการคำนวณในการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอซึ่งต้องอาศัยการฝึกอบรมและใช้เวลาในการทำความเข้าใจเนื่องจากวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอมีขั้นตอนการคำนวณหลายขั้นตอน

2.2) ในอนาคตเมื่อมีการพัฒนาสามารถเพิ่มขีดความสามารถของโปรแกรมการจัดตาราง การผลิตและลดข้อจำกัดต่าง ๆ ของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต เช่น สามารถจัดตารางการผลิต สำหรับกระบวนการทดสอบที่มีจำนวนงาน จำนวนขั้นตอนการทำงาน และจำนวน สถานีงาน มากกว่ากระบวนการที่นำเสนอ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กิตติพงษ์ แสงบุดดี และ ระพี กาญจนะ (2554). การเพิ่มผลผลิตสำหรับ สายการผลิตชุบเคลือบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ (IE Network Conference 2011)**.

ณัฐภณ ทองใบ (2552). การจัดสรรหน่วยให้บริการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจ่ายสินค้า กรณีศึกษาศูนย์กระจายสินค้าผู้ผลิตปูนซีเมนต์ผงสำเร็จรูป. **การประชุมสัมมนาวิชาการด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 9 (ThaiVCML2009)**.: 2557 - 269.

นายณัฐวร ยมพูล (2548). การจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กันในสายการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก. **วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี**.: 69 - 94

ธนสาร ดีสุวรรณ (2545). การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดตารางการผลิตในแผนกปั้มขึ้นรูปโลหะแผ่น. **วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**.

นิภา จงจอหอ (2552). การพัฒนาโปรแกรมเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ ในการจัดตารางการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมแก้ว /นิภา จงจอหอ. กรุงเทพฯ **มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**

ผศ.ดร. รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ (2533). คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena (ฉบับปรับปรุง). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ **บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน).**

ภาณุวัฒน์ ศรีชัย และ ระพี กาญจนะ (2544). ปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการและการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา: สายการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์, **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ (IE Network Conference 2011).**

วัสพล ธารณา ฐิติมา ชูกิจรุ่งโรจน์ มธุรดา วิริยะพงษ์ เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์ ช่อแก้ว จตุรานนท์ เจริญชัย (2555). การจัดตารางการผลิตของเครื่องพิมพ์บรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูก. **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ (IENETWORK2012)**.

ยุทธพล เพ็งโอ และคณะ (2553). การพัฒนาเครื่องคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบช่องทางเดียวด้วยโปรแกรมภาษา VB.NET. **สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.**

สุนทร เพิ่มศิริพันธุ์ (2540). Productivity Improvement of Hard Disk Manufacturing Using Simulation Technique. **วิทยานิพนธ์มหาบัญฑิต วิทยาศาตร์มหาบัญฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.**

Devendra A. Pathak (2004). Improvement of Manufacturing Process by Simulation Technique. A Case Study. **International Journal of Advances in Science and Technology**. 4: 4.

M. Gen and R. Cheng (1997). Parallel machine scheduling problems using memetic algorithms. **Computers & Industrial Engineering.** 33(3 - 4): 761 - 764.

Teerapun Saeheaw, Nivit Charoenchai, and Wichai Chattinnawat. (2009). Line Balancing in the Hard Disk Drive Process Using Simulation Techniques. **World Academy of Science. Engineering and Technology** 3: 12 - 29.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

ประสาน นาคอ่อน และ กัญชลา สุดตาชาติ. 2558. **กลยุทธ์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.** การประชุมวิชาการด้านการวิจัยการดำเนินงานแห่งชาติประจำปี 2558 (National Conference on Operations Research 2015), พินนาเคิลแกรนด์จอมเทียน รีสอร์ทแอนด์สปา พัทยา จังหวัดชลบุรี. 25 - 17 มีนาคม 2558.หน้า 293 – 301.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กลยุทธ์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

STRATEGIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF HARD DISK DRIVE TESTING PROCESS

ประสาน นาคอ่อน[1*] กัญชลา สุดตาชาติ[2]

[1*]สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง
จ.นครราชสีมา 30000
E-mail: [1*]prasan.nak-on@seagate.com
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง
จ.นครราชสีมา 30000
E-mail: [2]kanchala@sut.ac.th

บทคัดย่อ

ในกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ พบว่าเกิดความคับคั่งของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์บนสายพานลำเลียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องทดสอบที่อยู่ช่วงท้ายไลน์การผลิต ส่งผลให้อัตราการหยิบจับชิ้นงาน และประสิทธิภาพทำงานของเครื่องทดสอบ อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้วออกจากสายพานลำเลียง เพื่อลดความคับคั่งของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์บนสายพานลำเลียง และได้ศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิต เพื่อปรับปรุงประสิทธิการทำงานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งจัดเรียงแบบขนาน โดยประยุกต์กฎการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน และกฎการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน วิธีดำเนินงาน ได้ออกแบบและสร้างแบบจำลองการผลิตด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้มีความสอดคล้องกับการผลิตจริง และทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ ผลการทดลองกับข้อมูลจริงให้สมดุลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การจัดตารางการผลิต, การทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์, ประสิทธิการทำงานของเครื่องทดสอบ

Abstract

In the hard drive testing process for the Hard Disk Drive Industrial, The congestion of drives occurs especially at the end of a conveyor with few testing machines. It results in decreasing the efficiency of the system both the drive pickup rate and the balancing of equipment effectiveness. This paper proposes the sorter machine design to sort PASS/FAIL drives from the conveyor, and studies the production scheduling in order to improve the percentage of Slot Utilization for unrelated parallel HDD testing machines. We consider two scheduling rules such as the Shortest Processing Time (SPT) and Longest Processing Time (LPT). We develop the simulation model for unrelated parallel machines with multiple products. We investigate the performance of two scheduling rules for how to assign products to machines. Comparison between the current operating and two scheduling rules are demonstrated using real data. The results show that the efficiency of two scheduling rules increases the balancing of the Slot Utilization.

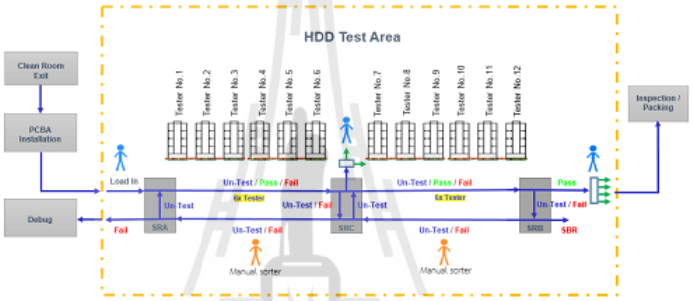
Keywords: Production Scheduling, Hard Drive Testing, Slot Utilization

* Corresponding author: E-mail: prasan.nak-on@seagate.com
[1] นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
[2] อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

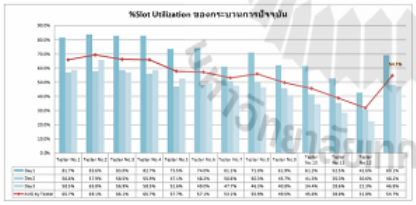
1. บทนำ

ในกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ มีขั้นตอนในการทดสอบหลายขั้นตอนด้วยกัน ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีหลายๆ สถานีทดสอบ ซึ่งการลำเลียงฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จากสถานีหนึ่งไปยังสถานีหนึ่ง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้สายพานลำเลียงเพื่อป้องกันปัญหาในเรื่องของเสียที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายเนื่องจากการจับถือ

หลังจากทำการประกอบแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์(Print Circuit Board Assembly ; PCBA) เสร็จเรียบร้อยแล้ว HDD ก็จะถูกลำเลียงมาเข้าสู่กระบวนการการทดสอบ จากข้อมูลการจัดวางเครื่องทดสอบ จะเห็นได้ว่ามีเครื่องทดสอบทั้งหมด 12 เครื่องวางต่อกันแบบช่องทางเดียว (Single Lane) โดยจะมีสายพานลำเลียงผ่านหน้าเครื่องทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 1 ในหนึ่งไลน์การผลิตจะมีพนักงาน (Operator) ทั้งหมด 5 คน มีหน้าที่โหลดงานเข้าไลน์ 1 คน และอีก 4 คน ทำหน้าที่คัดแยกงานที่ผ่านการทดสอบแล้ว โดยเครื่องทดสอบแต่ละเครื่อง จะมีหุ่นยนต์หยิบจับงานที่ต้องการจะทดสอบเข้าเครื่องเพื่อไปทำการทดสอบ เมื่อทดสอบเสร็จ จะมีทั้งงานที่ผ่านการทดสอบ (PASS) และไม่ผ่าน (FAIL) จะถูกหยิบออกมาจากเครื่อง แล้วนำลงมาวางบนสายพานลำเลียงอีกครั้ง ซึ่งมีเครื่องคัดแยก (Sorter) ทำหน้าที่แยกงานที่ผ่านการทดสอบ (PASS) งานที่รอการทดสอบ (UN-Test) และงานที่ไม่ผ่านการทดสอบ (FAIL) โดยเครื่องคัดแยกจะถูกติดตั้งอยู่ระหว่างเครื่องทดสอบเครื่องที่ 6 กับเครื่องที่ 7 ดังนั้น จะเห็นได้ว่าเครื่องลำดับที่ 6 (เครื่องก่อน Sorter) และเครื่องที่ 12 (เครื่องสุดท้ายของไลน์ผลิต) จะมีทั้งงานรอทดสอบ งานผ่านการทดสอบแล้ว และงานที่ไม่ผ่านการทดสอบ ผ่านหน้าเครื่อง เป็นผลให้โอกาสที่จะหยิบงานเข้าไปทดสอบในเครื่องก็มีน้อยตามไปด้วย และที่สำคัญความคับคั่งของงานที่ปลายสายพานลำเลียง จะมีมากกว่าด้วยเช่นกัน



รูปที่ 1 ลักษณะการจัดวางเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และการลำเลียงงาน



รูปที่ 2 สมรรถนะการทำงานของเครื่องทดสอบ

โดยการโหลดงานเข้าไลน์การผลิตจะใช้คนงาน (Operator) ในการโหลดงาน หลังจากนั้นจะเป็นระบบอัตโนมัติ ซึ่งรูปแบบการโหลดงานนั้น ยังไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ทำให้ประสบปัญหาการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ผลิตสินค้าที่ยังไม่ต้องการก่อน ส่งผลให้เกิดเวลาทำงานรวมที่มากการผลิตไม่ทันตามกำหนดส่งสินค้า

จากรูปที่ 2 แสดงจำนวนแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบ เนื่องจากมีงานที่ผ่านกระบวนการทดสอบแล้วรวมอยู่บนสายพานลำเลียงทำให้เกิดความคับคั่งบนสายพายลำเลียง เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทดสอบเกิดความไม่สมดุลย์

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้วออกจากสายพานลำเลียง เพื่อลดความคับคั่งของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์บนสายพานลำเลียง และ [10] ได้ศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิต เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งจัดเรียงแบบขนาน โดยประยุกต์กฎการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน และกฎการทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน มีวิธีดำเนินงานคือ ทำการออกแบบและสร้างแบบจำลองการผลิตด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้มีความสอดคล้องกับการผลิตจริง และทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ รวมทั้งวิเคราะห์ความไวของระบบผลิต ผลการทดลองกับข้อมูลจริงให้สมดุลประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบเพิ่มขึ้น

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำลองแบบปัญหา (Simulation)

ปัจจุบันการออกแบบและพัฒนาระบบงานส่วนใหญ่อาศัยแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญช่วยในการพิจารณา และวิเคราะห์งานก่อนที่จะนำไปใช้กับระบบงานจริง เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ทางคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจำลองระบบงานมากขึ้น โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลอง ซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลักการที่ใช้ในการจำลองแบบในคอมพิวเตอร์คือ การสร้างแนวทางในการตัดสินใจให้ระบบ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาให้ระบบหรือปรับปุงระบบงานเดิมที่มีอยู่ให้ดียิ่งขึ้น โดยปราศจากการรบกวนงานในระบบจริง

[9] ได้ให้คำจำกัดความเกี่ยวกับการจำลองปัญหาว่า เป็นกระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองเพื่อให้เรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริง หรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่างๆภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ เพื่อประเมินผลการดำเนินงานของระบบ และวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้ แก้ไขปัญหาในสถาณการณ์จริงต่อไป ตัวอย่างเช่น [8] ปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการและการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา: สายการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการมาใช้ในงานวิจัย ประกอบไปด้วย การศึกษาเวลาการทำงาน (Time Study), เทคนิคการปรับปรุงงาน (ECRS), การจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) และได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุดทำให้มีค่าประสิทธิภาพสายการผลิต (Line Efficiency) เพิ่มขึ้นจาก 49.92 เปอร์เซ็นต์ เป็น 92.40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าผลิตภาพแรงงาน (Labor Productivity) เพิ่มขึ้นจาก 14.55 ชิ้น อชั่วโมงต่อแรงงาน เป็น 22.40 ชิ้นต่อชั่วโมงต่อแรงงาน และมีค่าผลิตภาพแบบพหุปจจัย (Multifactor Productivity) เพิ่มขึ้นจาก 0.029 ชิ้นต่อบาท เป็น 0.038 ชิ้นต่อบาท

2.2 กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules)

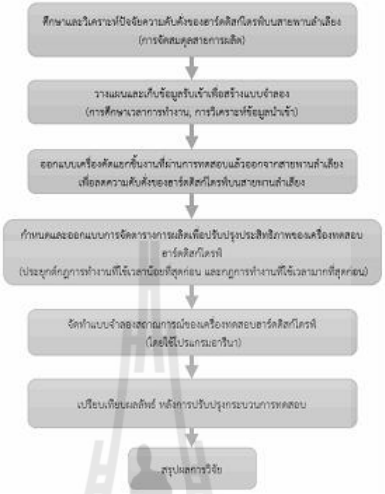
กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules) ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ไขความขัดแย้งที่เกิดขึ้น เมื่อใดก็ตามที่มีเซตของงานตั้งแต่ 2 งานขึ้นไปคอยรับบริการจากเครื่องจักรเครื่องเดียวกัน ดังนั้นต้องมีการตัดสินใจว่าจะทำงานใดก่อน โดยธรรมชาติของกฎการจ่ายงานแล้ว การตัดสินใจจะเป็นแบบทันที (Real Time) เมื่อมีความจำเป็นเท่านั้น (As-Needed) และไม่พยายามจะสร้างหรือกำหนดตารางในอนาคตสำหรับงานและเครื่องจักร การพัฒนากฎการจ่ายงานขึ้นมาสักกฎหนึ่งไม่ได้เป็นเรื่องยากแต่ประการใด แต่เราพบว่า ในบางสถานการณ์การใช้กฎการจ่ายงานบางกฎที่เหมาะสมอาจจะทำให้ความแออัดภายในของระบบลดลง หรือทำให้ส่งสินค้าทันตามกำหนดเวลาที่สัญญาไว้กับลูกค้าได้ ดังเช่น [2] ได้นำเสนอการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กันในสายการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ได้พัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตเพื่อให้เวลาล่าช้ารวมต่ำที่สุด ด้วยวิธีการแก้ปัญหาแบบหลายขั้นตอน (Multi-phase methodology) ในขั้นตอนแรกเป็นการแบ่งกลุ่มงาน (Allocation) มอบหมายงานให้เครื่องจักร โดยการใช้กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules) ด้วยการใช้เกณฑ์วันกำหนดส่ง (EDD : Early Due Date) ข้อจำกัดของผลิตภัณฑ์ และความสำคัญของลูกค้าเป็นเกณฑ์ในการจัดมอบงาน ขั้นที่สองเป็นการจัดลำดับงาน (Assigning) และพบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ใช้เวลาที่น้อยกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมประมาณ 75% ในทุกๆ ช่วงงาน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกกฎการจ่ายงานมาใช้ 2 กฎ ได้แก่

1. Shortage Processing Time (SPT) หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญของการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลาสั้นที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลามากเป็นลำดับถัดไป จะเห็นได้ว่า SPT เป็นวิธีที่มุ่งในการลดเวลาแล้วเสร็จของงานแต่ละงานและพยายามทำให้งานต่างๆออกจากระบบการผลิตไปให้เร็วที่สุด ข้อดีของการจัดงานแบบ SPT คือ เวลาโดยเฉลี่ยของงานในระบบจะต่ำที่สุดทำให้เกิดสินค้าคงเหลือในระหว่างการผลิตน้อยและสามารถประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ แต่ข้อเสียของ SPT คืองานที่ใช้เวลาในการผลิตนานๆ มักถูกผลักไปอยู่ในอันดับท้ายทำให้มีเกิดการรอคอย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดมีงานใหม่เข้ามาแทรกอยู่เสมอๆ และเป็นงานที่ใช้เวลาน้อยกว่า ซึ่งหากใช้ SPT ในการจัดลำดับ งานที่เข้ามาแทรกก็จะได้รับการจัดอันดับให้ทำก่อนทำให้งานที่ใช้เวลาในการผลิตนานๆเกิดการรอคอยที่นานมากยิ่งขึ้นไปเรื่อยๆ ตัวอย่างเช่น [3] ได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดตารางการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมแก้ว โดยนำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตโดยพิจารณาที่เวลาการผลิตน้อยที่สุดเข้าก่อน (Shortest Processing Time, (SPT)) ซึ่งพบว่าทำให้ประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิตดีขึ้นตามวัตถุประสงค์ในการลดค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากปัญหาการผลิตไม่ตรงกำหนดส่ง และสามารถลดค่าใช้จ่ายรวม ลดลงจากเดิม 79.20% และมีจำนวนงานล่าช้า ลดลงจากเดิม 90.00% เวลาของงานเสร็จทีมากที่สุด ลดลงจากเดิม 26.67% และใช้โปรแกรมอารีน่าทำการวิเคราะห์และออกแบบการจำลองสถานการณ์เพื่อร่วมในการตัดสินใจ โดยดูจากผลรวมที่น้อยที่สุดของค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากการผลิตไม่ตรงกับกำหนดส่งงาน ในการหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

2. Longest Processing Time (LPT) หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดเป็นอันดับแรกแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าเป็นอันดับถัดมา โดยทั่วไปแล้ว LPT มักจะเป็นวิธีที่ส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ เพราะการจัดงานแบบ LPT มักทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตงานทั้งหมดนานและยังทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรด้านการผลิต (เครื่องจักร กำลังคน ฯลฯ) ต่ำอีกด้วย แต่ข้อดีของการจัดงานแบบ LPT ประการหนึ่งก็คือสามารถสร้างขวัญและกำลังใจในการทำงานให้แก่พนักงานได้เนื่องจากเมื่องานยากๆ ที่ใช้เวลานานผ่านไปแล้วก็จะเหลือแต่งานง่ายๆ ที่ใช้เวลาไม่นาน ทำให้กำลังใจในการทำงานดีขึ้น

3. การดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยสามารถแสดงในรูปที่ 3 ได้ดังต่อไปนี้

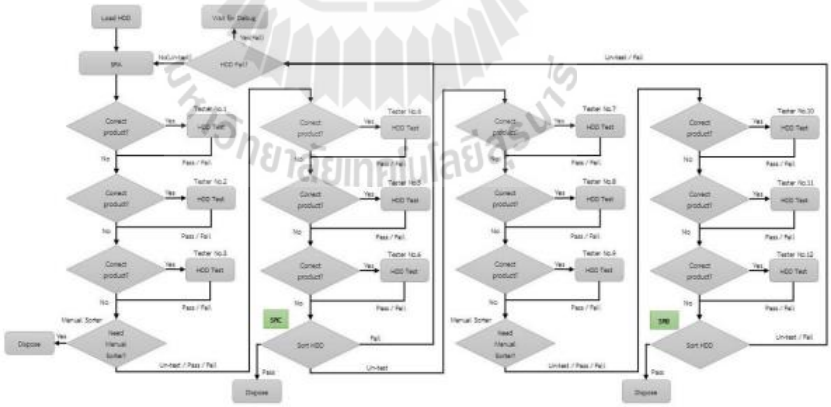


รูปที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลศึกษาและเก็บข้อมูลของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

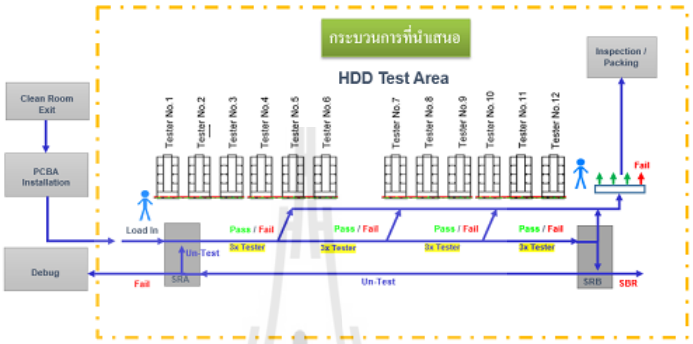
จากรูปที่ 4 เป็นกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีการจัดวางเครื่องทดสอบแบบขนานทั้งหมด 12 เครื่อง วางต่อกันแบบช่องทางเดียว (Single Lane) โดยจะมีสายพานลำเลียงผ่านหน้าเครื่องทดสอบ โดยเครื่องทดสอบแต่ละเครื่อง จะมีหุ่นยนต์หยิบจับงานที่ต้องการจะทดสอบเข้าเครื่องเพื่อไปทำการทดสอบ



รูปที่ 4 ขั้นตอนของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

4.2 ผลการออกแบบเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้วออกจากสายพานลำเลียง

การออกแบบเครื่อคัดแยกงานที่ผ่านการทดสอบแล้วนั้นในไลน์การผลิตจะมีเครื่องคัดแยกทั้งหมด 4 ชุดซึ่งจะติดตั้งเครื่องคัดแยกชิ้นงานไว้หลังเครื่องทดสอบหมายเลข 3, เครื่องทดสอบหมายเลข 6, เครื่องทดสอบหมายเลข 9 และเครื่องทดสอบหมายเลข 12 หลังจากติดตั้งเครื่องคัดแยกแล้วจะสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างงานพนักงานในส่วนของการคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ออกจากสายพานลำเลียงได้ทั้งสิ้น 3 คนด้วยกัน ซึ่งเป็นกระบวนการที่นำเสนอ ดังแสดงในรูปที่ 5

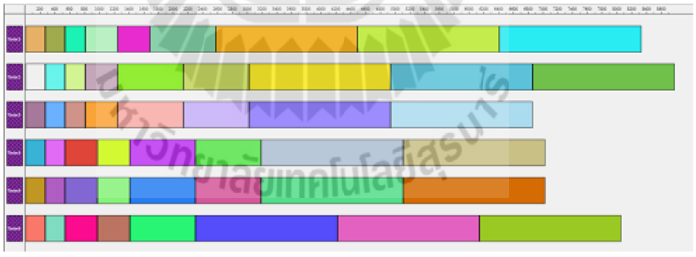


รูปที่ 5 กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เปลี่ยนไป

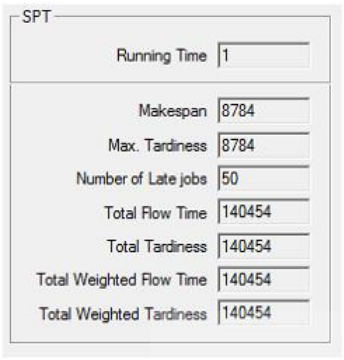
4.3 ผลลัพธ์ของการจัดตารางการผลิต

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำงานของแต่ละผลิตภัณฑ์มาทำการจัดลำดับโดยใช้กฎการจ่ายงาน ได้แก่

4.3.1. Shortage Processing Time (SPT) คือ การจัดลำดับความสำคัญของการทำงานโดยทำงานที่ใช้เวลาสั้นที่สุดก่อนแล้วจึงทำงานที่มีเวลามากเป็นลำดับถัดไป และรูปที่ 6 เป็นการจัดตารางการผลิตแบบ SPT โดยในงานวิจัยนี้ได้จำลองงานทั้งหมด 50 งาน นำมาจัดตารางการผลิต โดยใช้ Gantt Chart



รูปที่ 6 แสดงการจัดตารางการผลิตแบบ SPT

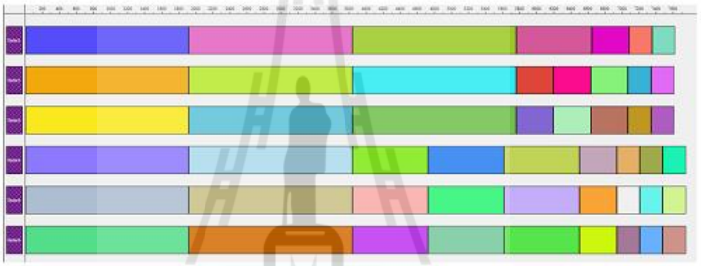


รูปที่ 7 แสดงตัวชี้วัดในการจัดตารางการผลิตแบบ SPT

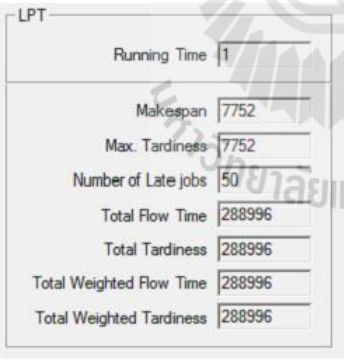
จากรูปที่ 7 เป็นการแสดงตัวชี้วัดในจัดตารางการผลิตแบบ SPT โดยเวลาปิดงานของกระบวนการทดสอบ (Make span) เท่ากับ 8784 นาที

4.3.2. Longest Processing Time (LPT) คือ การจัดลำดับความสำคัญของการทำงานโดยทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อนแล้วจึงทำงานที่มีเวลาน้อยกว่าเป็นลำดับถัดไป

จากรูปที่ 8 เป็นการจัดตารางการผลิตแบบ LPT โดยในงานวิจัยนี้ได้จำลองงานทั้งหมด 50 งาน นำมาจัดตารางการผลิต โดยใช้ Gantt Chart



รูปที่ 8 แสดงการจัดตารางการผลิตแบบ LPT

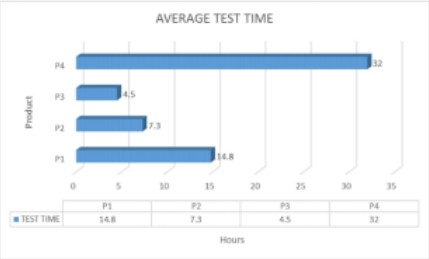


รูปที่ 9 แสดงตัวชี้วัดในการจัดตารางการผลิตแบบ LPT

จากรูปที่ 9 เป็นการแสดงตัวชี้วัดในจัดตารางการผลิตแบบ LPT โดยเวลาปิดงานของกระบวนการทดสอบ (Makespan) เท่ากับ 7752 นาที

4.4 ผลการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าเพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ จะทำการรวบรวมข้อมูลจากปริมาณ HDD ที่เข้าทำการทดสอบในเครื่องทดสอบ โดยงานที่ลำเลียงเข้าเครื่องทดสอบในไลน์การผลิตมีทั้งหมด 4 ชนิดด้วยกัน ซึ่งได้แสดงเวลาที่ใช้ในการทดสอบดังรูปที่ 1



รูปที่ 10 แสดงเวลาที่ใช้ในการทดสอบแต่ละผลิตภัณฑ์

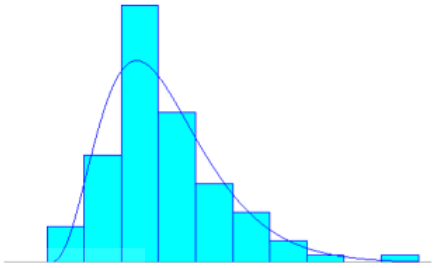
การกำหนดระยะเวลาในการดำเนินการ (Process Time) ของแต่ละขั้นตอนเข้าไปในแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) โดยใช้โปรแกรม Arena นั้น ตัวแทนข้อมูลเวลาจะได้จากการหารูปแบบการกระจายตัว (Distribution) ของข้อมูลในช่วงเวลาที่เก็บมาได้ ซึ่งจะทำการพิสูจน์แบบการกระจายตัวของข้อมูลนั้นโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า (Input Analyzer) ของโปรแกรม Arena วิเคราะห์ข้อมูลว่ามีรูปแบบการกระจายตัวเป็นเช่นไร และจะทำการทดสอบสมมติฐานการกระจายตัวดังนี้

4.4.1. วิธีการทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล

4.4.2. วิธีการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ใช้ทดสอบกรณีที่มีข้อมูลมีอย่างน้อย 50 ข้อมูล

เมื่อมีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ จะต้องมีการตัดสินใจว่าจะปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ตั้งเอาไว้ได้หรือไม่ ซึ่งไม่ว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 ก็อาจให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจได้ ซึ่งการตัดสินใจโดยการใช้เครื่องมือ Input Analyzer นี้จะให้ค่า P-value สำหรับตัดสินใจบนความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) ซึ่งหมายถึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปฏิเสธ H_0 ทั้งที่ H_0 เป็นจริง ความน่าจะเป็นในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าเท่ากับค่าระดับนัยสำคัญ (α, significance level)

โดยทั้งสองวิธีข้างต้น โปรแกรม Arena จะคำนวณค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งถ้าค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (α) จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ได้แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ แต่ถ้าค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบน้อยกว่าหรือเท่ากับค่านัยสำคัญ (α) ก็จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 แสดงว่าข้อมูลไม่มีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ ดังนั้นจะต้องมีการตั้งสมมติฐาน และตรวจสอบค่า P-value ทุกครั้งก่อนนำการแจกแจงที่ได้ไปเป็นตัวแทนของข้อมูล เพื่อใช้เป็นตัวแทนข้อมูลนำเข้าให้กับตัวแบบจำลองต่อไป ดังตัวอย่างการวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลงานที่ส่งเข้ามาทดสอบแสดงได้ในรูปที่ 7 ณ ช่วงความเชื่อมั่น 95% (ระดับนัยสำคัญ = 0.05) สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลดังกล่าว มีรูปแบบการแจกแจงตัวแบบแกรมม่า เพราะค่า 0.185 (P-value) > 0.05 (ระดับนัยสำคัญ)



```
        Distribution Summary

Distribution:   Gamma
Expression:     17 + GAMM(0.215, 4.15)
Square Error:   0.010644

Chi Square Test
  Number of intervals   = 5
  Degrees of freedom    = 2
  Test Statistic        = 3.57
  Corresponding p-value = 0.185

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.104
  Corresponding p-value > 0.15
```

Function	Sq Error
Gamma	0.0106
Erlang	0.0112
Beta	0.0133
Lognormal	0.0144
Weibull	0.016
Normal	0.0225
Triangular	0.0451
Exponential	0.111
Uniform	0.117

รูปที่ 11 การวิเคราะห์ลักษณะการแจกแจงแบบแกรมม่า

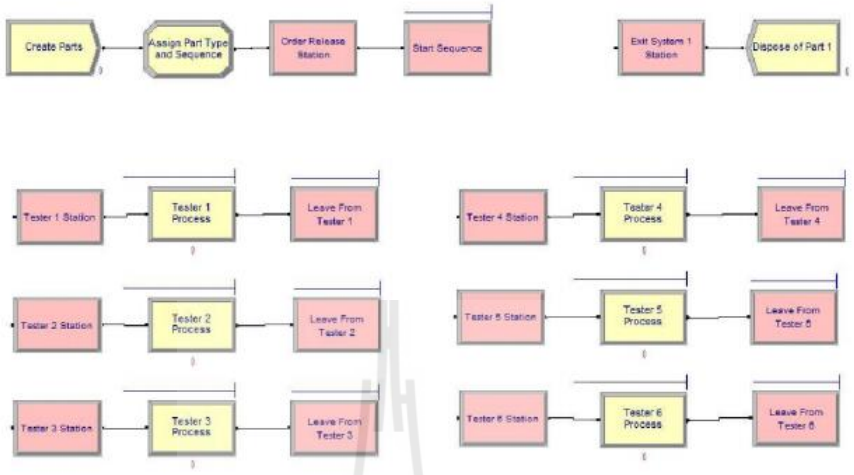
แต่หากผลการประมวลผลโปรแกรม Input Analyzer แล้วปรากฏค่า P-Value ของวิธีการทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ < 0.05 และค่า P-Value ของวิธีการทดสอบไคสแควร์ < 0.05 จะหมายความว่าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หรือรูปแบบการกระจายตัว Distribution) ที่ได้ไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนข้อมูลในแบบจำลองสถานการณ์ได้

สำหรับลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลแต่ละผลิตภัณฑ์จะแสดงได้ในตารางที่1

ตารางที่ 1 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลแต่ละผลิตภัณฑ์

Product	Process Time
P1	17 + GAMM(0.215, 4.14)
P2	NORM(7.26, 0.692)
P3	3.36 + LOGN(1.65, 0.961)
P4	NORM(31.8, 1.06)

จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้รวบรวมมาประกอบกับข้อตกลงในการสร้างแบบจำลองที่ได้กำหนดขึ้น ทำให้สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Arena 14.0 ได้ดัง แสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 แบบจำลองสถานการณ์กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

4.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ ที่ทำการออกแบบว่ามีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือในการที่จะนำผลลัพธ์ดังกล่าวไปใช้วิเคราะห์ หรือวางแผนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการทำงานจริงได้อย่างถูกต้องแม่นยำ เพื่อให้เกิดประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการมากที่สุด จำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของผลการดำเนินการ (Verification) หาช่วงความกว้างของข้อมูล (Half Width) ที่สามารถยอมรับได้เพื่อนำมากำหนดรอบระยะเวลาในการดำเนินการ (Number of Replications) และทำการพิสูจน์ความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ (Validation) เมื่อนำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์กับระบบงานจริง ดังนี้

4.5.1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

X ค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูล (Sample Mean)

s ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Sample Standard Deviation)

h ค่าความผกผัน (Half Width)

n จำนวนรอบในการดำเนินการ (Number of Replication)

$t_{n-1,1-\alpha/2}$ การผกผันของการแจกแจง t ที่ความเชื่อมั่น 95% (95% Confidence Interval Half Width)

4.5.2. การตรวจสอบสมมติฐานที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยกำหนดจำนวนของข้อมูลที่ใช้ทดลองสุ่มแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง หมด n ชุด จากผลลัพธ์ในแต่ละช่วงเวลาของการปฏิบัติงานเพื่อหาค่าความผกผันที่สามารถยอมรับได้

$$h = t_{n-1,1-\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

4.5.3. การกำหนดจำนวนรอบของการดำเนินการตามสมมติฐานที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยกำหนดให้ n เป็นจำนวนรอบของการดำเนินการภายใต้ค่าความผกผันที่ยอมรับ

$$n = t^2_{n-1,1-\alpha/2}\frac{s^2}{h^2} \quad (2)$$

ในการศึกษาแบบจำลองสถานการณ์ของการจัดสรรหน่วยให้บริการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจ่ายสินค้า ช่วงความกว้างของข้อมูลที่ปรากฏในรายงาน (Report) จากการดำเนินการ (Run) จะบอกถึงช่วงความกว้างของข้อมูล

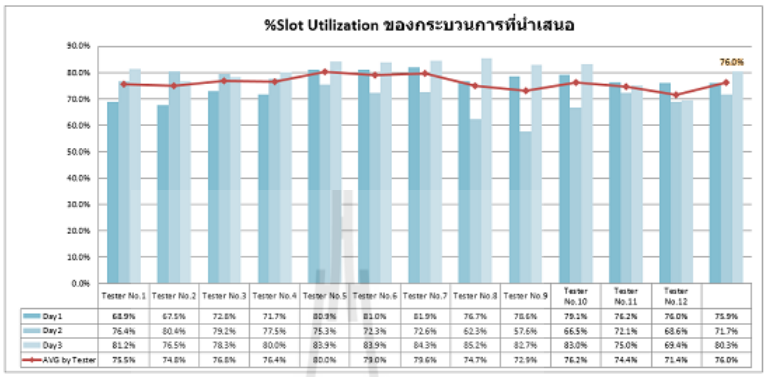
4.6 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแนวทางการปรับปรุงทั้งหมด

ผลจากการทดลองการติดตั้งเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้ว พบว่าอัตราการหยิบจับชิ้นงานต่อชั่วโมงและอัตราการหยิบจับชิ้นงานโดยรวมเพิ่มขึ้น ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบกระบวนการคัดแยกปัจจุบัน และกระบวนการคัดแยกที่นำเสนอ

รูปแบบ	กระบวนการปัจจุบัน	กระบวนการนำเสนอ
อัตราการหยิบจับชิ้นงาน/ ชั่วโมง	679	894
อัตราการหยิบจับชิ้นงานทั้งหมด	15,078	19,214

จากการเก็บข้อมูลประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องพบว่าหลังติดตั้งเครื่องคัดแยกชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแล้วออกจากสายพานลำเลียง ทำให้ความคับคั่งของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์บนสายพานลำเลียงลดลงได้ และวิธีการจัดตารางการผลิตทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพิ่มขึ้น และมีความสมดุลมากขึ้นผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของกระบวนการที่นำเสนอ

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการววิจัยนี้ สามารถทำให้ได้แนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสมแก่กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยแนวทางการปรับปรุงทั้งหมดสามารถทำให้กำลังการทดสอบตอบสนองต่อปริมาณอุปสงค์ที่เพิ่มขึ้นได้อย่างเพียงพอทันเวลา และทำให้ค่าผลิตภาพ (Productivity) และค่าประสิทธิภาพสายการผลิต (Line Efficiency) ของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแนวทางการปรับปรุงกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทั้งหมดผ่านตัวชี้วัดที่ใช้ในการพิจารณาคือ อัตราการหยิบชิ้นงานต่อชั่วโมงซึ่งเพิ่มขึ้นจาก 679 ชิ้นเพิ่มขึ้นเป็น 894 คิดเป็น 32% และมีอัตราการหยิบชิ้นงานโดยรวมเพิ่มขึ้นจาก 15078 ชิ้นเพิ่มขึ้นเป็น 19214 คิดเป็น 27%อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จากเดิม 54.7% เพิ่มขึ้นเป็น 76%

จากผลการจัดตารางการผลิตเปรียบเทียบกันระหว่างกฎ SPT และ LPT จะพบว่า การจัดตารางการผลิตแบบ SPT มีเวลาปิดงานของกระบวนการทดสอบ (Makespan) เท่ากับ 8784 นาที ซึ่งมีค่ามากกว่าแบบ LPT โดยเวลาปิดงานของกระบวนการทดสอบ (Makespan) เท่ากับ 7752 นาที ซึ่งหากเลือกใช้แบบ LPT จะลดเวลาการปิดงานได้ถึง 952 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 11 เมื่อเทียบกับแบบ SPT นอกจากนี้การจัดแบบ LPT ยังให้เวลาการปิดงานของเครื่องทดสอบแต่ละเครื่องที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับการจัดสมดุลย์ของประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอีกด้วย

นอกจากนี้ยังสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างงานพนักงานในส่วนของการคัดแยกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ออกจากสายพานลำเลียงได้ทั้งสิ้น 3 คนด้วยกัน

ดังนั้น งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า วิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม ทำให้ประสิทธิภาพในกระบวนการทดสอบเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยและพัฒนานี้ได้รับการสนับสนุนและความร่วมมือจากสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (แมคคาทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและ บริษัท Seagate Technology(Thailand)Ltd. อ.สูงเนิน จ. นครราชสีมา

เอกสารอ้างอิง

[1] ณัฐภณ ทองใบ, 2552, การจัดสรรหน่วยให้บริการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจ่ายสินค้า กรณีศึกษาศูนย์กระจายสินค้าผู้ผลิตปูนซีเมนต์ผงสำเร็จรูป, การประชุมสัมมนาวิชาการด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 9 (ThaiVCML2009) หน้า 257-269

[2] นายณัฐวร ยมพูล. 2548. การจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กันในสายการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หน้า 69-94

[3] นิภา จงจอหอ. (2552). การพัฒนาโปรแกรมเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ ในการจัดตารางการผลิต ของโรงงานอุตสาหกรรมแก้ว / นิภา จงจอหอ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] ธนสาร ดีสุวรรณ. การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดตารางการผลิตในแผนกปมขึ้นรูปโลหะแผน. วิศวกรรมศาสตร

มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2545

[5] วัสพล ธารณา ฐิติมา ชูกิจรุ่งโรจน์ มธุรดา วิริยะพงษ์ เตือนใจ สมบูรณ์ วิวัฒน์ ช่อแก้ว จตุรานนท์ เจริญชัย โชมพัตราภรณ์, การจัดตาราง การผลิตของเครื่องพิมพ์บรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูก, การประชุม วิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555 (IENETWORK2012)

[6] กิตติพงษ์ แสงบุตดี ระพี กาญจนะ การเพิ่มผลผลิตสำหรับ สายการผลิตชุบเคลือบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ การประชุมวิชาการ ข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2554 (IE Network Conference 2011)

[7] สุนทร เพิ่มศิริพันธุ์ (2540). "Productivity Improvement of Hard Disk Manufacturing Using Simulation Technique." วิทยานิพนธ์ มหาบัณฑิต วิทยาศาตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าพระนครเหนือ.

[8] ภาณุวัฒน์ ศรีชัย ระพี กาญจนะ, 2554 ปรับปรุงกระบวนการผลิต ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการและการจำลอง สถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา: สายการผลิตชิ้นส่วน ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554 (IE Network Conference 2011)

[9] ผศ.ดร. รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena (ฉบับปรับปรุง). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2553.

[10] ยุทธพล เพ็งโอ และคณะ (2553) การพัฒนาเครื่องคัดแยกฮาร์ดดิสก์ ไดรฟ์แบบช่องทางเดียวด้วยโปรแกรมภาษา VB.NET, สาขาวิชา วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี

[11] M. Gen and R. Cheng (1997) "Parallel machine scheduling problems using memetic algorithms" Computers & Industrial Engineering, Volume 33, Issues 3-4, Pages 761-764.

[12] Teerapun Saeheaw, Nivit Charoenchai, and Wichai Chattinnawat, Line Balancing in the Hard Disk Drive Process Using Simulation Techniques, World Academy of Science, Engineering and Technology Vol:3 2009-12-29

[13] Devendra A. Pathak, Improvement of Manufacturing Process by Simulation Technique: A Case Study, International Journal of Advances in Science and Technology, Vol. 4, No.4, 2012

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายประสาน นาคอ่อน เกิดเมื่อวันที่ 18 มกราคม พุทธศักราช 2522 ที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ปัจจุบันอาศัยอยู่บ้านเลขที่ 68 หมู่ที่ 2 ตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปีพุทธศักราช 2543 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมระบบควบคุม จากมหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณลาดกระบัง เมื่อปีพุทธศักราช 2546

ในปีพุทธศักราช 2551 ได้เข้าทำงานในตำแหน่ง วิศวกรทดสอบ ฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ บริษัทซีเกทเทคโนโลยี(ประเทศไทย) จำกัด ปีพุทธศักราช 2556 ได้ย้ายตำแหน่งงานเป็น วิศวกรฝ่ายวิเคราะห์จุดเสียบนแผ่นวงจรของบริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ต่อมาได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ (วศ.ม.แมคคาทรอนิกส์)มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในช่วงปีพุทธศักราช 2553–2558 โดยได้รับเงินทุนการศึกษา ตลอดหลักสูตรจากหลักสูตรแมคคาทรอ-นิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปัจจุบันทำหน้าที่ในตำแหน่งวิศวกร แผนกวิเคราะห์จุดเสียบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ บริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดนครราชสีมา และมีผลงานตีพิมพ์เผยแพร่จำนวน 1 เรื่อง ดังปรากฏรายละเอียดในภาคผนวก ก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี