



การเพิ่มประสิทธิภาพการ จัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกและ เทคนิคการจำลองแบบปัญหาในอุตสาหกรรม ประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

Efficiency Improvement of Scheduling Using Heuristic Method and Simulation Technique in Electronic Assemblies Industry Production

ศิวรักษ์ อินตะวงศ์* สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

Sivarak Intawong* Sontichai Shevasuthisilp
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University,
Chiang Mai 50200
Email: fai_sivarak@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิต โดยลดความคลาดเคลื่อนของการวางแผนการผลิตที่เทียบกับการผลิตจริง และเพื่อหาวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสม ที่ทำให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) มีค่าน้อยที่สุด สำหรับการผลิตแผงวงจรชนิดอ่อน (Flex Cable Circuit) ในกระบวนการผลิต Roll to Roll processing ของสายการผลิต Double Side ในกลุ่มสินค้าประเภท Full Plate ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flowshop) มีลักษณะของปัญหาแบบ NP-Hard (Nonpolynomial Hard) คือใช้เวลาหาคำตอบที่ยาวนาน โดยสินค้าประเภท Full Plate มีจำนวนการสั่งผลิตเฉลี่ยกว่า 97% และมีรายการสินค้ากว่า 18 รายการของโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จังหวัดลำพูน โดยปัญหาที่พบของโรงงานคือ ความคลาดเคลื่อนของเวลาปิดงานของระบบ จากการวางแผนการผลิตเทียบกับการผลิตจริง มีมากกว่า 20% และปัญหาการจัดลำดับงานที่ยังไม่มีความเหมาะสม ซึ่งทำให้เกิดการรอคอยเครื่องจักรในแต่ละสถานีงาน และเวลาปิดงานของระบบมีระยะเวลาอันยาวนาน ดังนั้นจึงได้พัฒนาแบบจำลองการผลิต (Simulation) ด้วยโปรแกรมอาร์โนให้สอดคล้องกับการผลิตจริง เพื่อใช้เป็นตัวแบบในการหาเวลาปิดงานของระบบ ซึ่งสามารถลดความคลาดเคลื่อนเวลาปิดงาน ในการวางแผนการผลิตได้และหาวิธีจัดลำดับการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติก 3 วิธีคือ Palmer, Gupta และ CDS (Campbell, Dudek and Smith) เปรียบเทียบกับการจัดลำดับงานด้วยวิธีเดิม เพื่อหาวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสม ซึ่งให้เวลาปิดงานของระบบน้อยที่สุด โดยใช้แบบจำลองการผลิตข้างต้นเป็นตัวแทนในการหาเวลาปิดงาน ซึ่งผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองการผลิต ด้วยวิธี Z-test เปรียบเทียบกับการผลิตจริง ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95% พบว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถช่วยให้การวางแผนการผลิต มีความถูกต้อง โดยสามารถลดความคลาดเคลื่อนจาก 12.80% เป็น 5.04% และนอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการจัดลำดับการผลิตของ CDS เป็นวิธีที่ให้ผลดีกว่าเทคนิคอื่น ที่ทำให้เวลาปิดงานของระบบลดลงจากวิธีเดิมที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ABSTRACT

This research was done to improve the efficiency of scheduling by reducing the planning scheme compared to the real production and provide a properly sequencing process which leads to minimize the overall processing time or makespan in Flex cable circuit, Full plate product from Double side that is a part of Roll to Roll processing. The production line is Flowshop manufacturing with Nonpolynomial Hard problem which takes a long time in replying. Furthermore, the products have up to 97% demanding production with 18 lists of manufactured items from electronic assemblies company in Lamphun industrial estate, Northern Thailand. The problem during processing is a 20 % aberration in job closing from the production planning and real production. The improper job scheduling caused a long wait for the machine in the manufacturing station, which resulted in a long time makespan. The objective of this research is to reduce the makespan aberration in production planning. The simulation technique using Arena program consistent with the real production resulted in prototype data in search for a suitable makespan. Three scheduling Heuristic Methods 1) Palmer, 2) Gupta and 3) CDS (Campbell, Dudek and Smith) are compared with the preprocess scheduling for properly scheduling method and a minimum makespan. The result showed that the simulation technique improved production planning by reducing the aberration from the 12.80% to 5.04% (Z-test, statistical confidence = 95%). Moreover, the scheduling Heuristic Method of CDS gave the maximum reduced in makespan. (ANOVA test, Statistically significant = 95%)

1. บทนำ

บริษัทกรณศึกษา เป็นบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตั้งอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรม ภาคเหนือ จังหวัดลำพูน เปิดดำเนินการมาแล้วกว่า 8 ปี ผลิตสินค้าประเภทแผงวงจรชนิดอ่อน (Flex Cable Circuit) ผลิตแผงวงจรตามแบบและคำสั่งซื้อของลูกค้า โดยการผลิตนั้นจะผลิตสัปดาห์ละ 6 วันตลอด 24 ชั่วโมง ในส่วนของสายการผลิตนั้น เป็นสายการผลิตแบบ ไหลเลื่อนซึ่งระบบการผลิตไหลเลื่อนทั่วไปนั้น งานทุกงานจะผ่านกระบวนการผลิตหลายเครื่องจักร และงานทุกงานจะถูกกำหนดก่อนเข้าเครื่องจักรอย่างชัดเจน โดยสินค้าที่แตกต่างกันนั้น จะมีข้อจำกัดด้านเวลาในแต่ละสถานีงานต่างกัน ซึ่งข้อจำกัดดังกล่าวทำให้การจัดตารางการผลิต โดยเฉพาะการจัดลำดับงานทำได้ยากมากขึ้น [1]

ส่วนของงานวิจัยนี้ ได้เลือกศึกษาในกระบวนการ Roll to Roll สายการผลิตแบบ Double Side และกลุ่มสินค้าประเภท Full Plate เนื่องจากว่ากลุ่มสินค้าประเภทนี้มีจำนวนการผลิตเฉลี่ยกว่า 97% ของสายการผลิตแบบ Double Side มีรายการสินค้ากว่า 18 รายการ และต้องผ่านขั้นตอนการทำงานถึง 9 กระบวนการ โดยปัญหาที่เกิดขึ้นคือ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ที่ได้จาก

การวางแผนการผลิต มีความคลาดเคลื่อนกับเวลาปิดงานของการผลิตจริงค่อนข้างมาก เนื่องจากเวลาในแต่ละกระบวนการของการวางแผนการผลิต ไม่สอดคล้องกับเวลาของการผลิตจริง เวลาที่ส่งผลต่อเวลารวม เช่น การติดตั้งเครื่องจักร การเคลื่อนย้ายสินค้า การว่างงาน และการตรวจสอบชิ้นงาน ไม่ได้ถูกนำมาใช้ประกอบการคำนวณหาเวลาปิดงานในการวางแผนการผลิต และปัญหาหลักที่สำคัญที่พบคือ การว่างงานและรอคอยงานในแต่ละสถานีงาน เนื่องจากไม่มีการจัดลำดับงานที่เหมาะสม ทำให้เกิดการรอคอยระหว่างสถานีงาน

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมีแนวคิดที่จะจัดทำแบบจำลองการผลิต (Simulation) ให้มีความสอดคล้องกับการผลิตจริงเพื่อใช้เป็นตัวแบบในการหาเวลาปิดงานของระบบ ซึ่งจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนเวลาปิดงานของระบบในการวางแผนการผลิต โดยที่แบบจำลองใช้เวลาจากข้อมูลทางสถิติที่สอดคล้องกับสถานการณ์จริง ทั้งเวลาการผลิตของเครื่องจักร การตั้งค่าเครื่องจักร เวลาในการเคลื่อนย้าย เวลาในการตรวจสอบสินค้า รวมไปถึงเวลาที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง ทั้งเวลาการว่างงานเครื่องจักรและวัตถุดิบ และเวลาปิดงาน สำหรับปัญหาการว่างงานระหว่างสถานีงาน และเนื่องจากการว่างงานของแต่ละสถานีงาน ที่เกิดจากการจัดลำดับงานไม่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอ

กระบวนการในการวิเคราะห์ เพื่อที่จะคัดเลือกเทคนิคการจัดลำดับงานโดยนำอิทธิพล 3 วิธี ได้แก่ Palmer, Gupta และ CDS (Campbell, Dudek and Smith) [2] มาลำดับงานที่เหมาะสมซึ่งทำให้เวลาปิดงานของระบบลดลงจากเดิม โดยวิธีการของ Palmer นั้นเป็นการกำหนดความสำคัญให้กับงาน ตามแนวโน้มที่จะดำเนินการไปข้างหน้า จากเวลาที่สั้นที่สุดไปสู่เวลาที่นานที่สุด วิธีการของ Gupta นั้นเป็นการเสนอแนวทางในการเรียงลำดับงาน โดยอาศัยกฎการถ่ายทอดซึ่งสามารถที่จะสร้างตารางที่ดีขึ้นมาได้ โดยอาศัยแนวคิดของจอห์นสันเพื่อหาค่าที่ดีที่สุด ส่วนวิธีการของ CDS ได้พัฒนาขึ้นโดย Campbell, Dudek และ Smith เพื่อแก้ปัญหาเรื่องเวลาปิดงานของระบบ โดยใช้แนวทางของจอห์นสันในการหาคำตอบ และสร้างตารางจำนวนมากขึ้นมาเพื่อผู้ตัดสินใจจะเลือกตารางที่ดีที่สุดได้ [3] โดยอาศัยแบบจำลองการผลิตที่จัดทำขึ้นในข้างต้น เป็นตัวแบบในการคำนวณเวลาปิดงานของระบบ ทั้งนี้แบบจำลองที่ถูกต้องกับเทคนิคการจัดลำดับงานที่เหมาะสม จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตเพิ่มมากขึ้น [4]

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำลองแบบปัญหา

การจำลองปัญหานั้นเป็นเครื่องมือ ซึ่งใช้บอกผลต่างๆอันจะเกิดจากระบบภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ผลที่ได้จากการจำลองแบบปัญหานั้นอาจนำไปใช้งานได้โดยตรงหรืออาจจะต้องนำไปวิเคราะห์ต่อ โดยการออกแบบและการสร้างแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา ไม่มีทฤษฎีหลักเกณฑ์ หรือสูตรที่แน่นอนตายตัว การออกแบบจำลองต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในโครงสร้างของระบบงานจริงและปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้ นอกจากนั้นยังต้องอาศัยศิลปะในการแปลงลักษณะของโครงสร้างของระบบงานให้อยู่ในลักษณะแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง ซึ่งมีขั้นตอนคือ

1) ตั้งปัญหาและการใช้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบการกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆและวิธีการวัดผลของระบบงาน

2) สร้างแบบจำลอง (Mode Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่ต้องการทำการศึกษาเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา

3) จัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองและจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้

4) แปลรูปแบบจำลอง (Model Translation) แปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5) ทดสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนหรือผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้นั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

6) ออกแบบการทดลอง (Strategic Planning) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

7) วางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Tactical Planning) วางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลในการวิเคราะห์ผลเพียงพอ เป็นการบอกว่าจะต้องทดลองตามเงื่อนไขดังกล่าวกี่ครั้งจึงจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม

8) ดำเนินการทดลอง (Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง

9) ตีความผลการทดลอง (Interpretation) จากผลการทดลองจะตีความว่าระบบงานจริงมีปัญหาอย่างไรและการแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร

10) นำไปใช้งาน (Implementation) เลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง

11) จัดเป็นเอกสารการใช้งาน (Documentation) บันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งานเพื่อ

ประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำไปใช้งาน และปรับปรุง
ดัดแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ

2.2 การจัดลำดับการผลิตของระบบแบบไหลเลื่อน

ปัญหาของระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน มีลักษณะ
ปัญหาเป็นแบบ NP-Hard (Nonpolynomial Hard)
หมายถึง ปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบยาวนานและเมื่อ
ขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้นก็จะใช้เวลาในการหาคำตอบ
เพิ่มขึ้นอย่างเอ็กโปเนนเชียล ทำให้ไม่สามารถหาคำตอบที่
ดีที่สุดได้ในรูปแบบของตัวแบบทางคณิตศาสตร์และ
จำเป็นต้องอาศัยวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic
Approach)

วิธีการหาคำตอบแบบสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic)
เหมาะสำหรับการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและมีขนาดใหญ่
โดยอาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่จำกัด นอกจากนั้น
แล้ว ถ้ามีการกำหนดขนาดของปัญหามาให้ สามารถ
ประมาณเวลาที่จะใช้ในการหาคำตอบได้อย่างค่อนข้างจะ
ถูกต้อง ข้อเสีย คือ วิธีการนี้ไม่ได้ประกันว่าจะต้องได้
คำตอบที่ดีที่สุด และเป็นที่ยากที่จะประเมินถึง
ประสิทธิภาพของวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic) ซึ่ง
ที่จะกล่าวถึง เป็นวิธีการที่สามารถหาคำตอบได้อย่าง
รวดเร็ว และถึงแม้ว่าค่าเวลาปิดงานของระบบที่ได้อาจจะ
ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด แต่เป็นค่าที่ยอมรับได้ทางปฏิบัติ

วัตถุประสงค์ของการจัดลำดับงานเข้าสายการผลิต
แบบการไหลของสายงาน เพื่อให้เวลาการทำงานเสร็จสิ้น
(Makespan) น้อยที่สุด

การจัดลำดับของสายการผลิตแบบไหลเลื่อน เป็นการ
จัดลำดับงาน n งาน เข้าทำการผลิตบนเครื่องจักร m เครื่อง
โดยลำดับงานที่เข้าทำการผลิตบนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง
เหมือนกันจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible
Solution) จะเท่ากับ $(n!)^m$

ในการจัดตารางการผลิตที่มีจำนวนสถานีงานเท่ากับ
 m สถานี ไม่สามารถที่จะทำได้อย่างมีประสิทธิภาพนักด้วย
วิธีการกระจายที่ควบคุมได้ ดังนั้นจึงต้องมีการใช้วิธีการ
อื่นๆมาใช้ในการแก้ปัญหา วิธีการบรานซ์แอนด์บาวด์
(Branch and Bound) และวิธีแบบ Integer

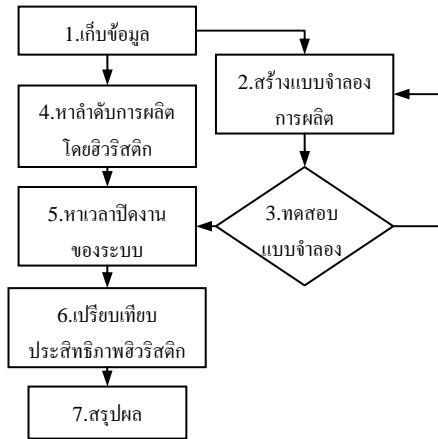
Programming จึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อให้สามารถจัดตาราง
สำหรับลักษณะการผลิตแบบการไหลของสายงานที่มี
จำนวนสถานีงานมากๆอย่างไรก็ตามวิธีการแบบบรานซ์
แอนด์บาวด์นั้น ก็มีข้อเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้อยู่ 2 ประการ
คือ มีความต้องการการคำนวณที่ซับซ้อนมากในปัญหา
ใหญ่ๆและถึงแม้ว่าปัญหานั้นจะมีขนาดเล็กก็ตาม ก็ไม่
สามารถรับประกันได้ว่าผลลัพธ์ของปัญหานั้นจะได้รับมา
อย่างรวดเร็ว เนื่องจากปัญหาประเภทนี้มีลักษณะเป็นแบบ
NP-hard ทำให้ต้องใช้เวลานานในการหาคำตอบที่ยาวนาน
[5] นอกจากนี้ยังมีการกระจายการคำนวณแบบย่อยๆซึ่ง
การกระจายแบบย่อยๆที่เพิ่มขึ้นนั้นก็ขึ้นอยู่กับข้อมูล
ของปัญหานั้นๆ ดังนั้นวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล
(Heuristic) จึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อหลีกเลี่ยงข้อเสีย 2
ประการดังกล่าว ซึ่งสามารถสร้างผลลัพธ์สำหรับปัญหา
ขนาดใหญ่ออกมาได้ด้วยการคำนวณที่ไม่ซับซ้อนนัก และ
ความต้องการในการคำนวณสำหรับปัญหาใดๆก็สามารถ
คาดการณ์ได้

3. ขั้นตอนการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งขั้นตอนของการวิจัยเป็น 7 ขั้นตอนหลัก ดัง
รูปที่ 1 โดยเก็บข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดย
ทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ เวลาการติดตั้งเครื่องจักร เวลา
เคลื่อนย้ายสินค้า เวลากระบวนการผลิต เวลาตรวจสอบ
ชิ้นงาน และข้อมูลพื้นฐานของทรัพยากรที่ให้บริการในแต่ละ
สถานีงาน [6] ซึ่งข้อมูลเวลาเหล่านี้จะถูกนำไป
ประมวลผลหาค่าการกระจายตัวเชิงสถิติ ในโปรแกรมอริ
นา เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์การผลิต สำหรับ
หาเวลาปิดงานของระบบ แล้วตรวจสอบความถูกต้องของ
แบบจำลอง โดยใช้วิธีทดสอบสมมติฐาน (Testing
Hypothesis, Z-test) เปรียบเทียบเวลาปิดงานของระบบ
ระหว่างแบบจำลองและการผลิตจริง ที่ระดับนัยสำคัญ
95%

เมื่อได้แบบจำลองที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง
กับระบบการผลิตจริงแล้ว จึงนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการ

วิเคราะห์หาเวลาปิดงาน ของวิธีการจัดลำดับการผลิตด้วย ฮิวริสติก โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติก ที่ระดับนัยสำคัญ 95% เพื่อหาลำดับงานที่เหมาะสม ซึ่งทำให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ลดลงจาก เดิมมากที่สุด โดยอาศัยแบบจำลองการผลิตที่สร้างขึ้นใน ข้างต้น เป็นตัวแบบคำนวณหาเวลาปิดงานระบบ และ สรุปผลงานวิจัย

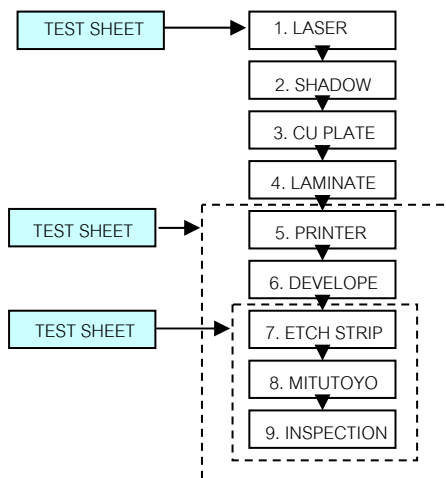


รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย

4. ผลการวิจัย

4.1 ข้อมูลกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต Roll to Roll ในสายการผลิตแบบ Double Side กลุ่มสินค้าประเภท Full Plate แบ่งออกเป็น 9 สถานีงานหลัก ดังรูปที่ 2 และ 3



รูปที่ 2 แผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตของการผลิตชิ้นงาน



รูปที่ 3 ภาพตัวอย่างแสดงขั้นตอนการผลิตในการผลิตชิ้นงาน

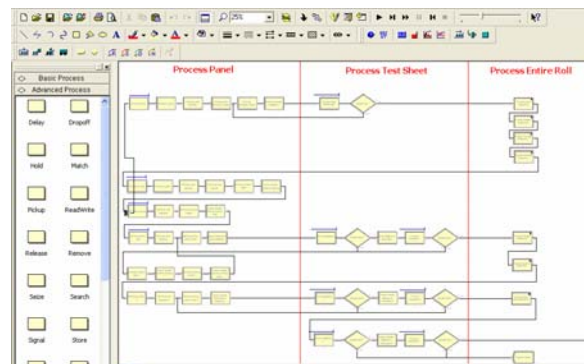
ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการ เพื่อใช้สร้างแบบจำลองการผลิตได้แก่ ทรัพยากรเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการ สรุปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ	จำนวนเครื่องจักร
Laser	3
Shadow	1
Cu Plate	2
Laminate	1
Printer	3
Develop	1
Etch Strip	1
Mitutoyo	2
Inspection	2

4.2 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยใช้โปรแกรม อารีนา (Arena Program) แสดงในรูปที่ 4 ซึ่งเวลาที่ได้จากเก็บข้อมูล จะถูกประมวลผลค่าการแจกแจงข้อมูลเชิงสถิติ เพื่อสร้างสมการที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดของข้อมูลที่เก็บมา เวลาที่ได้ดังกล่าวเป็นค่าการกระจายตัวเชิงสถิติที่ถูกใช้แทนเวลามาตรฐานการทำงานเดิม ที่เป็นค่าคงที่ ซึ่งจะทำให้เวลาของกระบวนการโดยรวมมีความคลาดเคลื่อนน้อยลง [7]



รูปที่ 4 แสดงแบบจำลองของกระบวนการผลิตชิ้นงาน

4.3 การตรวจสอบแบบจำลอง (Model Validation)

การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ใช้การทดสอบสมมติฐานแบบสองด้านด้วยสถิติ Z-test เพื่อพิจารณาเวลาปิดงานจากการผลิตจริง เทียบกับค่าเฉลี่ยเวลาปิดงานจากแบบจำลอง โดยทำการทดสอบทั้งสิ้น 13 สัปดาห์ ที่ระดับนัยสำคัญ 95% เมื่อ

H_0 : ค่าเฉลี่ยเวลาปิดงานของการผลิตจริงมีค่าเท่ากับ
เวลาปิดงานที่ได้จากแบบจำลอง $\mu = \bar{X}$

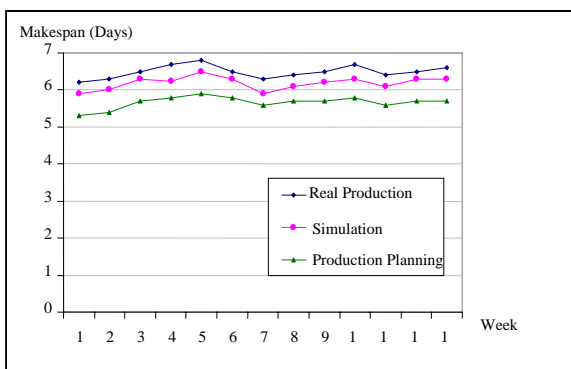
H_1 : ค่าเฉลี่ยเวลาปิดงานของการผลิตจริงมีค่าไม่เท่ากับ
เวลาปิดงานที่ได้จากแบบจำลอง $\mu \neq \bar{X}$

โดยที่ \bar{X} คือค่าเฉลี่ยเวลาปิดงานที่ได้จากแบบจำลอง

μ คือค่าเฉลี่ยเวลาปิดงานจากการผลิตจริง

ทั้งนี้หากยอมรับสมมติฐานแสดงว่าเวลาปิดงานจากแบบจำลองเท่ากับเวลาปิดงานจากการผลิตจริง และหากปฏิเสธสมมติฐานแสดงว่า เวลาปิดงานจากแบบจำลองไม่เท่ากับเวลาปิดงานจากการผลิตจริงที่นัยสำคัญ 95%

จากการทดสอบสมมติฐานทั้ง 13 สัปดาห์พบว่า ค่าสถิติ Z ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต ซึ่งอธิบายได้ว่าสามารถยอมรับสมมติฐานที่ว่า แบบจำลองมีความถูกต้อง โดยมีเวลาปิดงานเท่ากับสถานการณ์จริงที่ระดับนัยสำคัญ 95% ซึ่งการเปรียบเทียบเวลาปิดงานของระบบ จากการผลิตจริง, จากแบบจำลอง และจากแผนการผลิตเดิมดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 เวลาปิดงานของระบบจากการผลิตจริง, แบบจำลอง และแผนการผลิตเดิม

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง การวางแผนการผลิตเดิม และแบบจำลองการผลิต โดยคำนวณค่าเฉลี่ยของร้อยละความคลาดเคลื่อนเวลาปิดงาน พบว่าแผนการผลิตเดิม มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของเวลาปิดงานเทียบกับการผลิตจริงร้อยละ 12.80 ส่วนกรณีที่ใช้แบบจำลองการผลิต มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของเวลาปิดงานเทียบกับการผลิตจริงร้อยละ 5.04 ซึ่งอธิบายได้ว่าแบบจำลองการผลิตทำให้การวางแผนการผลิต มีประสิทธิภาพในด้านความแม่นยำมากขึ้นร้อยละ 7.76

4.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีสถิติ

หลังจากได้แบบจำลองการผลิตที่ใช้ทดสอบแล้ว จึงหาวิธีการจัดลำดับงานด้วยวิธีวิธีสถิติ จากทั้ง 3 วิธี (Palmer, Gupta และ CDS) และลำดับงานจากแผนการผลิตเดิม นำมาประมวลผลด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้น เพื่อหาเวลาปิดงานของวิธีการจัดลำดับงานทั้ง 4 วิธี แล้วเปรียบเทียบโดยแผนการออกแบบบล็อกแบบสุ่มบริบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ซึ่งตัวแปรบล็อกในการทดสอบสมมติฐานนี้คือ สัปดาห์ เนื่องจากในแต่ละสัปดาห์มีการสั่งผลิตไม่เท่ากัน เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ จากนั้นทดสอบความแตกต่างของวิธีวิธีสถิติด้วย ANOVA Test [7] เพื่อหาวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสมที่ให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ลดลงจากเดิมมากที่สุด แสดงสมมติฐานที่ทดสอบคือ

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

H_1 : มี $\mu_2 \neq \mu_3$ อย่างน้อย 1 คู่

โดย μ_1 คือ เวลาปิดงานด้วยวิธีวิธีสถิติของ Palmer

μ_2 คือ เวลาปิดงานด้วยวิธีวิธีสถิติของ Gupta

μ_3 คือ เวลาปิดงานด้วยวิธีวิธีสถิติของ CDS

μ_4 คือ เวลาปิดงานด้วยลำดับงานจากแผนการผลิตเดิม

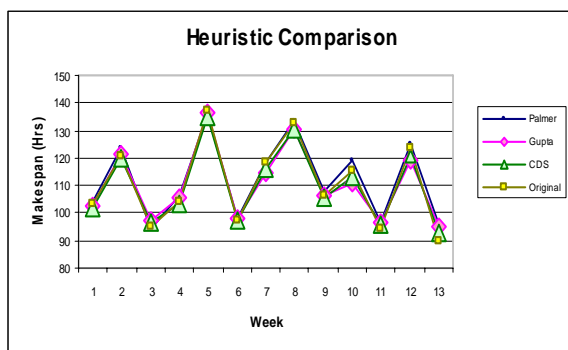
แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ดังตารางที่ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ตารางที่ 2 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F	P-Value
Heuristic	3	38.32	12.77	4.81	0.006*
Block (week)	12	9655.72	804.64	303.22	0.000*
Error	36	95.53	2.65		
Total	51	9789.57			

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 95%

จากตารางที่ 2 สรุปได้ว่า เวลาปิดงานของระบบจากฮิวริสติกแต่ละวิธี และลำดับงานเดิม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-Value=0.006) ที่ระดับนัยสำคัญ 95% เมื่อนำเวลาปิดงาน จากการจัดลำดับงานแต่ละวิธี ของทั้ง 13 สัปดาห์มาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เวลาปิดงานของระบบของแต่ละฮิวริสติก

จากการเปรียบเทียบเทคนิคการจัดลำดับงาน ของฮิวริสติกข้างต้น พบว่าแต่ละฮิวริสติกมีเวลาปิดงานของระบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95% ซึ่งเทคนิคของ CDS เป็นเทคนิคที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำให้เวลาปิดงานเฉลี่ยของระบบน้อยที่สุด โดยเวลาปิดงานเฉลี่ยของระบบลดลงจากการจัดลำดับการผลิตเดิม 5.74%

5. สรุปผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิต โดยสร้างแบบจำลองสถานการณ์การผลิต และหาวิธีการจัดลำดับงานด้วยวิธีฮิวริสติกที่ทำให้เวลาปิดงานของระบบน้อยที่สุด ซึ่งพบว่า ที่ระดับ

นัยสำคัญทางสถิติ 95% แบบจำลองการผลิตสามารถลดเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ของการวางแผนการผลิตเดิม จาก 12.80% เป็น 5.04% ซึ่งทำให้การวางแผนการผลิตมีความคลาดเคลื่อนลดลง 7.76%

เทคนิคการจัดลำดับงานที่เหมาะสม ที่ทำให้เวลาปิดงานของกระบวนการผลิตทั้งระบบมีค่าน้อยที่สุด คือเทคนิคของ CDS โดยสามารถลดเวลาปิดงานเฉลี่ยของระบบจากลำดับการจัดงานเดิมลงได้ 5.74% ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 95% ซึ่งวิธีของ CDS นั้นจะใช้กฎของจอห์นสันในรูปแบบของการจำแนกแยกแยะ และวิธีนี้จะสร้างตารางหลาย ๆ แบบซึ่งสามารถเลือกแบบที่ดีที่สุดได้ โดยวิธีการคิดจะเริ่มประยุกต์กับเวลาที่ต้องใช้ ในการผลิตกระบวนการแรกสุด และหลังสุดก่อนในแผนการผลิตแรก ส่วนแผนการผลิตที่ 2 จะบวกเวลาที่ต้องใช้ในการผลิตใน 2 สถานีงานแรกและ 2 สถานีงานสุดท้ายไว้ด้วยกัน จนถึงแผนการผลิตที่ m-1 สถานีงาน หลังจากมีการจัดตารางทั้งหมดแล้ว ก็จะเลือกขั้นตอนที่มีเวลาที่งานตัวสุดท้ายเสร็จเร็วที่สุด (Minimum Makespan) มาเป็นผลลัพธ์ สำหรับการจัดตารางจริง และเนื่องจากเป็นวิธีที่คำนวณไม่ยากนักบริษัทจึงมีความพึงพอใจและนำไปใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตแผนกอื่นๆได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัย พัฒนาและวิศวกรรมภายใต้โครงการนี้ ได้รับการ สนับสนุน เงินทุน จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และศูนย์วิจัยร่วม เฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดแวร์ที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยและโครงการเทคโนโลยีสะอาด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนค่าใช้จ่าย ในการทำวิจัยตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กาญจนา เศรษฐนันท์ และคณะ (2547). “การจัดลำดับการผลิตในสายการผลิตต่อเนื่องแบบผสมภายใต้ข้อจำกัดการผลิตของเครื่องจักร” วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [2] สุนทร เพิ่มศิริพันธุ์ (2540). “Productivity Improvement of Hard Disk Manufacturing Using Simulation Technique.”วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิศวกรรมมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [3] ปารเมศ ชุตินา (2546). “เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน” กรุงเทพฯ: บริษัท แอคทีฟ พรินท์ จำกัด.
- [4] P. Luangpaiboon. And A. Boonvirojrit (2004). “Comparison of Heuristic Methods for the N-Job and M-Machine Flowshop with Resource Constraints.” Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering Thammasat University.
- [5] M. Gen and R. Cheng (1997) “Parallel machine scheduling problems using memetic algorithms” Computers & Industrial Engineering, Volume 33, Issues 3-4, Pages 761-764.
- [6] รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ (2551). “คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena” กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- [7] สัทธพงศ์ ใจจิตร (2550). “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการให้บริการผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลป่าซาง จังหวัดลำพูน โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์แถวคอย” วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.