

การลดเวลานำในการประกอบเครื่องจักรโดยการจัดกลุ่มชิ้นส่วน

ตามสายการผลิต

Lead Time Reduction in Machine Assembly Using Part Routing Group

มานิก นิลสุวรรณ และ จรัมพร ธรรมมนตรี*

Manik Ninsuwan and Jaramporn Hassamontr*

ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทร. +66 2 555-2000 แฟกซ์ +66 2 587-4350

Department of Production Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of
Technology North Bangkok, 1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

Tel. +66 2 555-2000 Fax +66 2 587-4350

E-mail address*: jaramporn@gmail.com

บทคัดย่อ

การจัดกลุ่มชิ้นส่วนตามสายการผลิตที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิตเครื่องจักรของโรงงาน ซึ่งการจัดผังเครื่องจักรและจัดกลุ่มชิ้นส่วนให้ตรงตามรูปแบบของอุตสาหกรรมสามารถช่วยลดเวลาการผลิตชิ้นส่วนและการประกอบเครื่องจักรได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดเวลานำในการประกอบเครื่องจักรโดยการจัดสายการผลิตตามกลุ่มชิ้นส่วน ในงานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลของโรงงานประกอบเครื่องเป่าพลาสติกแผ่นกผลิตชิ้นส่วนที่ประกอบด้วยชิ้นส่วน 9,176 ชิ้นและเครื่องจักร 48 เครื่อง โดยนำข้อมูลมาจัดกลุ่มด้วยอัลกอริทึมเรียงลำดับ จากนั้นปรับปรุงเส้นทางการผลิต

ข้อมูลเส้นทางการผลิตสามารถถูกจัดเป็น 5 กลุ่มชิ้นส่วนและ 5 กลุ่มเครื่องจักร ผลที่ได้นำมาปรับปรุงเส้นทางการผลิตใหม่ และเมื่อเปรียบเทียบตารางผลิตที่ได้จากเส้นทางการผลิตเดิมและเส้นทางการผลิตใหม่โดยใช้ข้อมูลป้อนเข้าคือผลิตภัณฑ์ 20 รุ่นที่ประกอบด้วย ชิ้นส่วน 2,808 ชิ้น ชิ้นตอนทั้งหมด 16,730 ชิ้นตอน พบว่าเวลานำของตารางผลิตที่ได้จากเส้นทางการผลิตใหม่มีค่าลดลงร้อยละ 12.59 เมื่อเทียบกับตารางผลิตจากเส้นทางเดิม สำหรับการใช้ประโยชน์เครื่องจักรในกลุ่ม CNC พบว่าก่อนการจัดกลุ่มและหลังการจัดกลุ่มเครื่องจักรมีค่าร้อยละ 20.7 และ 25.4 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าค่าเวลาที่ใช้ในการผลิต (Makespan) หลังการจัดกลุ่ม ใช้เวลาน้อยกว่า 17.65 วันโดยเฉลี่ย ข้อมูลการจัดกลุ่มที่ได้นี้สามารถนำมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงเส้นทางการผลิตชิ้นส่วนและผังโรงงานในฝ่ายผลิตชิ้นส่วนได้ต่อไป

ABSTRACT

Lead time reduction plays an important role in the advantage of manufacturing strategy. It can be achieved by the grouping of parts and machines from the part routing. The objective of the research was to study the possibility of lead time reduction in machine assembly by using part routing group. The part shop of the blow molding machine manufacture including 9,176 parts and 48 machines was used in this study. Sorting algorithm was analyzed and part routing data was rearranged.

The part-routing-data were grouped into 5 groups of parts and 5 groups of machines and new-part routing based on grouping data was obtained. The comparison of schedule arrangement, with the input of 20 products consisting of 2,808 parts and 16,730 processes, between previous- and new-part routing was performed. The post-schedule received from new-part routing exhibited lead time reduction by 12.6% compared to the pre-schedule. The machine utilization in CNC machines of post- and pre- schedule were 25.4% and 20.7%, respectively. In addition, makespan of post-schedule was reduced by 17.65 days on average. The results suggest that the machine and part grouping may have ability to be used for further part routing and machine layout improvement.

1. บทนำ

การผลิตชิ้นส่วนในโรงงานประกอบเครื่องจักรมีการผลิตมากกว่าหนึ่งขั้นตอนซึ่งขั้นตอนต่างๆต้องใช้เครื่องจักรในการผลิต การวางแผนเครื่องจักรตามลักษณะการผลิตชิ้นส่วนจึงเป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดระยะเวลาการผลิต โดยทั่วไปการผลิตชิ้นส่วนที่ใช้เครื่องจักรประเภทเครื่องมือกล (Machine Tool) การวางแผนเครื่องจักรโดยส่วนใหญ่เป็นการวางแผนแบบจำแนกแผนกตามหน้าที่ของเครื่องจักรหรือที่เรียกว่าผังแบบแบ่งเครื่องจักรตามประเภท (Job-shop Layout) เช่น แผนกเครื่องกลึง และแผนกเครื่องกัด การวางแผนลักษณะนี้เป็นโรงงานผลิตที่มีการเปลี่ยนแบบชิ้นงานสูง การไหลของชิ้นงานไม่ตายตัว ส่วนมากพบในโรงงานรับจ้างช่วงผลิตชิ้นส่วน ข้อดีของผังโรงงานแบบนี้คือสามารถรับงานได้หลากหลายแบบ ส่วนข้อจำกัดคือเป็นวิธีที่เหมาะสมแก่การผลิตจำนวนชิ้นไม่มากและทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของการไหลของชิ้นงานระหว่างเครื่องจักร ทำให้ระยะเวลาการผลิตต่อชิ้นยาวนาน ในการแก้ปัญหาลดเวลาการผลิตของผังแบบแบ่งเครื่องจักรตามประเภทนั้นมีหลายวิธีเช่น ใช้วิธีการจัดตารางการผลิตโดยการหาลำดับการผลิตที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เวลาการผลิตที่สั้นที่สุด และการผลิตแบบหลายชิ้นต่อขั้นตอน (Batch) ในกรณีที่ผลิตชิ้นงานหลายชิ้น โดยหาจำนวนผลิตต่อขั้นตอนให้เหมาะสมซึ่งเป็นการแก้ปัญหาในกรณีจำนวนชิ้นส่วนมีไม่สูงมาก อีกวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพคือการปรับผังเครื่องจักรให้เหมาะสมกับประเภทของการผลิตเป็นวิธีหนึ่งซึ่งช่วยในการลดเวลาผลิตชิ้นส่วนได้

ในงานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลของแผนกผลิตชิ้นส่วนของโรงงานประกอบเครื่องเป่าพลาสติกที่ประกอบด้วยแผนก

ประกอบและแผนกผลิตชิ้นส่วนโดยแผนกผลิตชิ้นส่วนซึ่งจะผลิตชิ้นส่วนเพื่อประกอบในเครื่องเป่าพลาสติกโดยมีการจัดผังโรงงานแบบแบ่งเครื่องจักรตามประเภท มาทำการศึกษาการจัดสายการผลิตใหม่ตามกลุ่มชิ้นส่วน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดเวลานำ (Lead time) ในการประกอบเครื่องจักรด้วยการจัดสายการผลิตตามกลุ่มชิ้นส่วนด้วยหลักการของกลุ่มเทคโนโลยี (Group Technology) และทดลองจัดตารางผลิตเพื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการจัดสายการผลิตและหลังจัดสายการผลิตใหม่ โดยคาดว่าสายการผลิตใหม่จะทำให้เวลานำ เวลาผลิตรวม (Makespan) ลดลงและการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักร (Utilization) เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงผังโรงงานแผนกผลิตชิ้นส่วนในอนาคต

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวางแผนเครื่องจักรสามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่มหลักคือ ผังแบบชิ้นงานอยู่กับที่ (Fixed Layout) ผังตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout) ผังตามกระบวนการ (Process Layout) และผังแบบกลุ่ม/เซลล์ (Group/Cell Layout) ลักษณะการวางแผนทั้ง 4 กลุ่มนี้ถูกจำแนกจากความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ [1] การวางแผนเครื่องจักรเครื่องมือกลแบบ Process Layout เป็นการวางแผนการผลิตที่จำนวนแบบไม่สูงโดยการวางแผนจะอยู่ในลักษณะกลุ่มเครื่องมือกลที่มีหน้าที่การทำงานเหมือนกัน การผลิตชิ้นงานแบบหนึ่งๆ อาจใช้กระบวนการมากกว่า 1 เครื่อง ดังนั้นชิ้นงานจะต้องมีการหยุดอยู่ที่กระบวนการหนึ่งๆ เพื่อรอการขนย้ายไปยังกระบวนการถัดไป เกิดเวลาสูญเปล่าขึ้น

Group Technology เป็นเทคโนโลยีการจัดการรูปแบบหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตที่มีความหลากหลายของชิ้นส่วนมีจำนวนผลิตต่อชิ้นต่ำ โดยมีการรวบรวมข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นงานและเครื่องจักรแล้วนำมาจัดกลุ่ม [2] โดยผ่านอัลกอริทึมการจัดกลุ่ม มีเป้าหมายหลักในการลดช่วงเวลาในการผลิตและในการลดจำนวนชิ้นส่วนระหว่างผลิตและลดการขนถ่ายชิ้นงานระหว่างกระบวนการ นอกจากนี้ยังพบว่าในการจัดกลุ่มต้องพิจารณา ปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบจากการจัดกลุ่มเช่น ความพร้อมใช้งานเครื่องจักร ความปลอดภัย จำนวนเครื่องจักรต่อกลุ่ม การขนถ่ายวัสดุภายในและระหว่างกลุ่มเครื่องจักร การใช้ประโยชน์ของเครื่องจักร รวมถึงค่าใช้จ่ายต่างๆในการจัดหาเครื่องจักร จำนวนคงค้างของชิ้นงานในสายการผลิตและคงคลังสินค้า [3]

Li และ Parkin (1997) [4] ได้รายงานวิธีการจัดกลุ่มโดยการปรับปรุงอัลกอริทึมการเรียงลำดับ (Sorting Algorithm) โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือให้มีเส้นทางการผลิตข้ามกลุ่มของชิ้นส่วนน้อยที่สุดและทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ในการจัดกลุ่มกับวิธีต่างๆ อีก 4 วิธี ได้แก่ การใช้ค่าความเหมือนจากเมทริกซ์ชิ้นส่วน-เครื่องจักร (Close Neighborhood), การหาค่าความใกล้ชิดระหว่างแถวและสดมภ์ (BEA), การจัดลำดับผลรวมของค่าน้ำหนักแถวและสดมภ์ของเมทริกซ์ (ROC) และการหาเส้นทางขยายสั้นที่สุด (SSP) โดยนำข้อมูลชิ้นส่วนและเครื่องจักรมาทำการจัดเรียงในรูปแบบเมทริกซ์ 0-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนและเครื่องจักร โดยให้ 1 แทนชิ้นส่วนในแถว (Row) ที่มีความสัมพันธ์กับเครื่องจักรในหลัก (Column) ตัวอย่างการคำนวณที่นำเสนอใน [4] เริ่มจากเมทริกซ์ A ดังสมการที่ (1) ทำการหาเมทริกซ์ความสัมพันธ์ใกล้ชิดของแถว (Closeness Matrix) โดยใช้สมการที่ (2) ได้ผลในสมการที่ (4) มีขนาด 5x5 และเมทริกซ์ความสัมพันธ์ใกล้ชิดของหลักจากสมการที่ (3) ได้ผลในสมการที่ (9) ขนาด 7x7 ซึ่งทั้งสองเป็นเมทริกซ์สมมาตร

$$A = \begin{bmatrix} 1 & & & & & & \\ 1 & & & & & & \\ 1 & & & & & & \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$B_{row} = A \times A^t \quad (2)$$

$$B_{col} = A^t \times A \quad (3)$$

จากสมการที่ (4) สร้างเมทริกซ์ w สมการที่ (5) โดยนับจำนวนค่าใกล้ชิดของแต่ละชิ้นส่วนแล้วนำมาจัดเรียงลำดับความสัมพันธ์ใกล้ชิดได้ลำดับเป็นเวกเตอร์ d สมการที่ (6)

$$B_{row} = \begin{matrix} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} - & 2 & 3 & 4 & 5 \\ & - & 2 & 1 & \\ & & - & 1 & \\ & & & - & 2 \\ & & & & - \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

ยกตัวอย่างค่าตัวเลขสูงสุดในเมทริกซ์ B_{row} สมการที่ (4) ชิ้น งานหมายเลข 1 มีค่า Closeness=2 ชิ้นส่วนที่มีความสัมพันธ์กันคือ หมายเลข 2, 3 เมื่อ ได้เมทริกซ์ความสัมพันธ์ F สมการที่ (7) แล้ว สามารถจัดกลุ่มโดยในแต่ละกลุ่ม Gr สมการที่ (8) สมาชิกแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กันโดยดูจากเมทริกซ์ F เช่นชิ้นงานที่ 1 มีความสัมพันธ์กับ 2, 3 ชิ้นงานที่ 2 มีความสัมพันธ์กับ 1, 3 ชิ้นงานที่ 3 มีความสัมพันธ์กับ 1, 2 ฉะนั้นสมาชิกในกลุ่มแรกของ Gr คือ 1, 2, 3

$$w = \begin{matrix} & 2 & 1 \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 2 & 1 \\ 2 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5) \quad d = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 5 \\ 4 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$F = \begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 1 & 3 \\ 1 & 2 \\ 5 \\ 4 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7) \quad , Gr = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 5 & 4 & \end{pmatrix} \quad (8)$$

ในเมทริกซ์ B_{col} จะทำขั้นตอนเดียวกับการหากลุ่มของแถว (สมการที่ (10) ถึง (13))

$$B_{col} = \begin{bmatrix} - & 1 & 1 & 1 & 1 & 3 & 1 \\ & - & 1 & 1 & 1 & & \\ & & - & 1 & 2 & & \\ & & & - & 1 & & \\ & & & & - & & \\ & & & & & - & 1 \\ & & & & & & - \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$w = \begin{matrix} & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 5 \\ 2 & 0 & 0 & 4 \\ 3 & 0 & 1 & 3 \\ 4 & 0 & 0 & 4 \\ 5 & 0 & 1 & 3 \\ 6 & 1 & 0 & 1 \\ 7 & 0 & 0 & 2 \end{matrix} \quad (10) \quad , d = \begin{matrix} 1 \\ 6 \\ 3 \\ 5 \\ 2 \\ 4 \\ 7 \end{matrix} \quad (11)$$

$$F = \begin{matrix} 1 & 6 \\ 2 & 1 & 3 & 4 & 5 \\ 3 & 5 \\ 4 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 3 \\ 6 & 1 \\ 7 & 1 & 6 \end{matrix} \quad (12) \quad , Gc = \begin{pmatrix} 1 & 6 & 7 & 4 \\ 3 & 5 & 2 & 4 \end{pmatrix} \quad (13)$$

เมื่อได้เซต Gc สมการที่ (13) ของกลุ่มทั้งชิ้นงาน และเครื่องจักรแล้วเราจะได้อันดับเพื่อทำการสร้างเมทริกซ์ P ซึ่งมี a_{ij} เป็นสมาชิก โดย P_{row} เป็น มีขนาด 5x5 และ P_{col} มีขนาด 7x7 โดยมีหลักการสร้างเมทริกซ์ P ตามสมการ (14)

$$a_{ij} = 1,0 \quad (14)$$

โดย a_{ij} =1 เมื่อ i คือเลขชิ้นงาน,เครื่องจักร j คือ ลำดับของชิ้นงาน, เครื่องจักร

จากนั้นทำการดำเนินการทางเมทริกซ์ตามสมการ (15) และ (16) เราจะได้เมทริกซ์ที่จัดกลุ่มแล้วตามสมการที่ (17)

$$A_{sort} = P_{row} \times A \times P_{col}^t \quad (15)$$

$$A_{sort} = \begin{matrix} 1 & & & & & & \\ & 1 & & & & & \\ & & 1 & & & & \\ & & & 1 & & & \\ & & & & 1 & & \\ & & & & & 1 & \\ & & & & & & 1 \end{matrix} \times \begin{matrix} 1 & & & & & & \\ 1 & & & & & & \\ 1 & & & & & & \\ 1 & & & & & & \\ 1 & & & & & & \\ 1 & & & & & & \\ 1 & & & & & & \end{matrix} \quad (16)$$

$$A_{sort} = \begin{matrix} 1 & 6 & 7 & 3 & 5 & 2 & 4 \\ 1 & 1 & & & & & \\ 2 & 1 & 1 & 1 & & & \\ 3 & 1 & 1 & & & & \\ 5 & 1 & & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 4 & & & 1 & 1 & & \end{matrix} \quad (17)$$

อย่างไรก็ตามการการจัดกลุ่มได้ถูกนำไปใช้หลายกรณี จากงานวิจัย [5] ได้ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

คัดเลือกผังโรงงานแบบเซลล์ในแบบต่างๆ มาจำลองสถานการณ์ในกรณีศึกษาของโรงงานบริการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยพบว่าเมื่อค่าอัตราการผลิตสูงขึ้นร้อยละ 32 เวลาชิ้นงานอยู่ในการผลิตลดลงร้อยละ 28 และการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นร้อยละ 13 และจากงานวิจัย [6] ได้ศึกษาเปรียบเทียบอัลกอริทึมในการจัดกลุ่ม 4 วิธีและนำผลที่ได้ไปทำการจำลองสถานการณ์เพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนย้ายวัสดุ ค่าสูญเสียโอกาส แล้วนำผลที่ได้มาทดลองจัดผังโรงงานเพื่อออกแบบการผลิตโดยศึกษาปัจจัยด้านการขนถ่ายวัสดุที่มีผลกระทบต่อจำนวนผลิตภัณฑ์โดยใช้ข้อมูลจำลอง ในงานวิจัยนี้ได้นำหลักการจัดกลุ่มที่เสนอใน [4] มาใช้ร่วมกับการจัดตารางการผลิต และได้มีการศึกษาเพิ่มเติมด้านการเปรียบเทียบ Makespan และเวลานำควบคุมไปกับการจัดกลุ่มด้วย

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ฐานข้อมูลเส้นทางการผลิตจากแผนกผลิตชิ้นส่วนฝ่ายโรงงานผลิตเครื่องเป่าพลาสติกของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งมีชิ้นส่วน 9, 176 ชิ้น และเครื่องจักรที่ใช้ทำการผลิต 48 เครื่อง

3.2 การจัดกลุ่ม

3.2.1 แปลงข้อมูลเส้นทางการผลิตชิ้นส่วนที่อยู่ในรูปของโปรแกรม Ms Access ให้เป็นเมทริกซ์ 0-1 ด้วยโปรแกรม VBA ใน Ms Excel โดยให้ 1 หมายถึง ชิ้นส่วนในแถวที่มีความสัมพันธ์กับเครื่องจักรในหลัก และถ้าไม่มีความสัมพันธ์ หมายถึง 0

3.2.2 นำเมทริกซ์ที่ได้มาทำการจัดกลุ่มชิ้นส่วนด้วยวิธีอัลกอริทึมการเรียงลำดับ[4] ที่พัฒนาบนโปรแกรม MATLAB และจัดกลุ่มเครื่องจักรโดยใช้โปรแกรม SPSS version 20 ด้วยการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Hierarchical Analysis)

3.3 การปรับปรุงเส้นทางการผลิต

นำผลที่ได้จากการจัดกลุ่มมาทำการปรับปรุงเส้นทางการผลิตใหม่ให้มีการไหลแบบขนาน (Flow Shop) ในฐานข้อมูลบนโปรแกรม Ms Access 2007

3.4 การจัดตารางการผลิต

จัดตารางตามชิ้นส่วนผลิต (Bill of Material) ในแต่ละรุ่นของผลิตภัณฑ์เครื่องเป่าพลาสติก ชิ้นผลิตจำนวน 20 รุ่นประกอบด้วยชิ้นส่วน 2,808 ชิ้น และชิ้นตอนทั้งหมด 16,730 ชิ้นตอน ด้วยรูปแบบงานมาก่อนทำก่อน (First Come First Service) โดยเรียงลำดับตามรุ่นผลิตภัณฑ์และเลขใบสั่งผลิตด้วยโปรแกรมจัดตารางผลิตที่ถูกพัฒนาแล้วด้วย Visual Basic for Application ที่ทำงานบนโปรแกรม Ms Access 2007

4. ผลการวิจัย

ในการจัดเตรียมข้อมูลได้นำข้อมูลเส้นทางการผลิตมีทั้งหมด 26,332 ชิ้นตอนมากำหนดหมายเลขให้กับชิ้นส่วนมีจำนวน 9,176 ชิ้นส่วน และเครื่องจักร 48 เครื่อง จากนั้นแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเมทริกซ์ A ด้วยโปรแกรมวิชาลเบสิกสำหรับแอปพลิเคชันบนเอ็กเซล

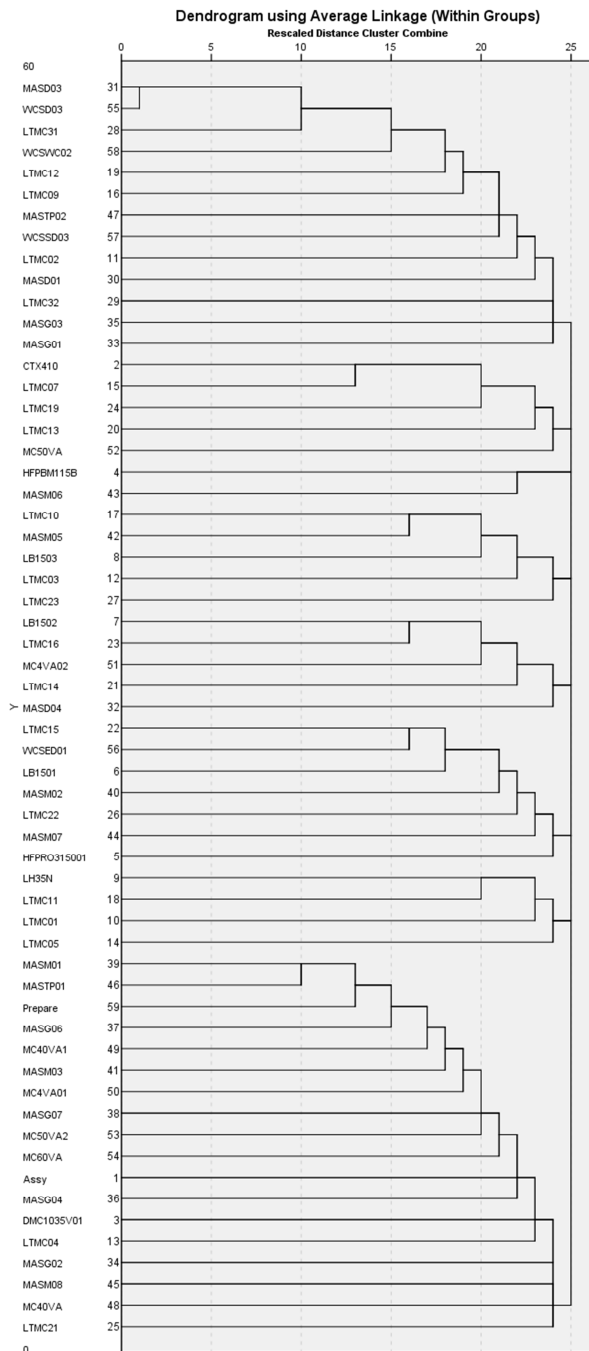
ทำการคำนวณได้ B_{row} ได้เมทริกซ์ขนาด 9,176 x 9,176 และมีค่าความใกล้ชิดสูงสุดเท่ากับ 9 จากนั้นทำการคำนวณเมทริกซ์ w โดยการนับค่าความใกล้ชิดจาก 9 ถึง 1 และเรียงลำดับจากค่าความใกล้ชิดสูงสุดคือ 9 เรียงลำดับลงไปจนถึงค่าความใกล้ชิด 1 มีขนาด 9,176x9 แล้วทำการเรียงลำดับตามค่าความใกล้ชิดจากมากไปหาน้อยได้ลำดับเป็นเมทริกซ์ d มีขนาด 9,176x1 (ตารางที่ 1) เพื่อสร้างเมทริกซ์ P_{row}

ส่วนการจัดกลุ่มเครื่องจักรนั้นใช้หลักการหาสัมประสิทธิ์ความเหมือนโดยทำการคำนวณในโปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอส ผลที่ได้แสดงเป็นแผนภาพโครงสร้างต้นไม้ (Dendrogram) (รูปที่ 1) เพื่อสร้างเมทริกซ์ P_{col} จากนั้นทำการคำนวณเมทริกซ์จัดกลุ่มหรือเมทริกซ์ A_{sort} ตามสมการที่ (15) ได้ผลดังตารางที่ 2

ผลที่ได้สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 5 กลุ่มและชิ้นส่วนได้ 5 กลุ่มเช่นกัน และเมื่อทำการปรับปรุงเส้นทางการผลิตใหม่จากฐานข้อมูลเส้นทางการผลิตเดิม โดยอาศัยหลักการคือเปลี่ยนเครื่องจักรที่ใช้ทำการผลิตนอกกลุ่มมาใช้เครื่องจักรประเภทเดียวกันในกลุ่ม หากไม่มีเครื่องจักรประเภทเดียวกันสามารถใช้เครื่องจักรข้ามกลุ่มได้โดยไม่มีการเพิ่มเครื่องจักร เครื่องจักรทั้ง 5 กลุ่มในเส้นทางการผลิตใหม่ประกอบด้วยเครื่องจักรหลายประเภท และมีการใช้เครื่องข้ามกลุ่มในกรณีที่อยู่ในกลุ่มไม่มีเครื่องจักรประเภทนั้น (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างเมทริกซ์ w (ขนาด 9,176x9) และ d (ขนาด 9,176x1) แสดงจำนวนนับค่าใกล้ชิดในแต่ละชิ้นส่วน

ชิ้นส่วน	จำนวนค่าใกล้ชิดของชิ้นส่วน								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
เมทริกซ์ d									
เมทริกซ์ w									
1790	2	6	2	4	18	81	211	1664	2472
1796	2	1	0	7	4	31	113	1296	2499
1803	2	1	0	7	4	31	113	1296	2499
1175	0	4	3	3	10	21	116	564	3079
1806	0	4	3	3	10	21	116	564	3079
1807	0	4	3	3	10	21	116	564	3079
1808	0	4	3	3	10	21	116	564	3079
1801	0	3	0	7	4	29	108	904	2817
1795	0	1	6	3	5	22	96	522	3085
1176	0	0	7	3	0	22	95	518	3081
1177	0	0	7	3	0	22	95	518	3081
7190	0	0	1	5	101	498	991	1620	2136
7170	0	0	1	5	101	494	945	1583	2108



รูปที่ 1 แผนภาพโครงสร้างต้นไม้ของการจัดกลุ่ม เครื่องจักรด้วยโปรแกรม SPSS

จากการจัดตารางตามชิ้นส่วน โดยใช้ข้อมูลป้อนเข้าที่ได้จากโรงงานจำนวน 20 รุ่น ชิ้นส่วน 2,808 ชิ้น และชิ้นตอนทั้งหมด 16,730 ชิ้นตอน พบว่าเมื่อพิจารณาถึงเวลานำหลังจากผลิตครบทั้ง 20 ผลิตภัณฑ์แล้วปรากฏว่าก่อนการจัดกลุ่มใช้เวลาการผลิตทั้งหมด 314 วันและหลังการจัดกลุ่มใช้เวลาผลิต 274.49 วัน เวลานั้นต่างกัน 39.54 วันคิดเป็นเวลานำที่ลดลงร้อยละ 12.59 โดยวันที่ผลิตเสร็จสิ้นมากที่สุดของก่อนและหลังจัดกลุ่มคือ 12/11/2012 8:40 และ 3/10/2012 19:44 ตามลำดับ(ตารางที่ 4) จากค่า Makespan พบว่าหลังการจัดกลุ่มของผลิตภัณฑ์ 16 รายการจาก 20 รายการมีค่าน้อยลงกว่าเดิมและค่า Makespan ในภาพรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 20 รายการก่อนและหลังการจัดกลุ่ม (รูปที่ 2) แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการจัดกลุ่มเครื่องจักรและปรับปรุงเส้นทางการผลิตแล้วทำให้ Makespan หลังการจัดกลุ่มมีค่าน้อยกว่าก่อนจัดกลุ่ม 34.6 วัน

การใช้ประโยชน์เครื่องจักรในกลุ่ม CNC จากรูปที่ 3 พบว่าเครื่องจักร CNC จากทั้งหมด 10 เครื่องมีจำนวน 6 เครื่อง ได้แก่ CTX410, LB15-01, LB15-02, MC 40VA, MC4VA01 และ MC60VA มีค่าการใช้ประโยชน์เครื่องจักรมากกว่าก่อนจัดกลุ่มโดยก่อนจัดกลุ่มมีค่าเฉลี่ยของเครื่องจักรกลุ่ม CNC ทั้งหมด 10 เครื่องคิดเป็นร้อยละ 20.7 ในขณะที่หลังจัดกลุ่มมีค่าร้อยละ 25.4

ตารางที่ 2 ตัวอย่างตารางเมทริกซ์จัดกลุ่ม (A_{sort}) ที่มีการเรียงลำดับชิ้นส่วนใหม่ตามแถวและลำดับเครื่องจักรใหม่ในหลัก

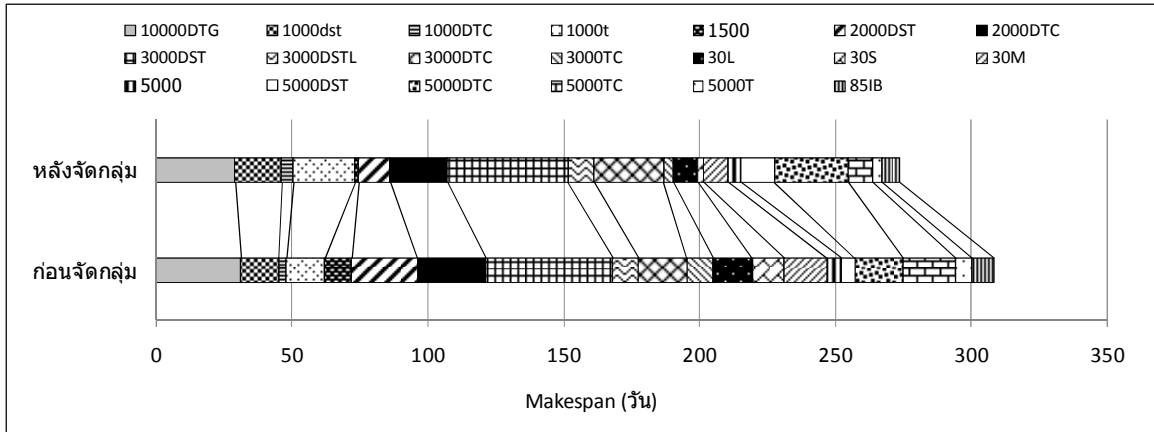
	MASD03	WCSD03	LTMC31	WCSSWC02	LTMC12	LTMC09	MASTP02	WCSSD03	LTMC02	MASD01	LTMC32	MASG03	MASG01	CTX410	MASM01	MASTP01	Prepare	MASG06	MC40VA1	MASM03	MC4VA01	MASG07	MC50VA2	MC60VA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
	31	55	28	58	19	16	47	57	11	30	29	35	33	2	39	46	59	37	49	41	50	38	53	54
01-063-1805-00 Slide PE Torpedo 80	1790			1	1	1	1							1	1				1		1			
01-0631813-00 SLIDE	1796			1	1	1								1	1				1		1			
01-063-1825-01 Slide (swing right)	1803			1	1	1								1	1				1		1			
01-062-5104-01 Slide side stripe right	1175			1	1	1								1	1									
01-063-1833-00 Slide swing right	1806			1	1	1								1	1									
01-063-1834-00 Slide swing left	1807			1	1	1								1	1									
01-063-1835-00 SLIDE	1808			1	1	1								1	1									
01-063-1823-00 SLIDE SWING RIGHT	1801			1	1	1								1	1						1			
01-063-1812-00 Slide pe torpedo Single 120	1795			1	1	1	1							1	1									
01-062-5115-00 Side stripe ring	1176			1	1	1								1	1									
01-062-5117-00 Side stripe ring	1177			1	1	1								1	1									
13-092-1701-00 Screw adj. m24x3	7190													1	1	1	1			1	1	1		
13-092-1200-00 Top plate blow pin 3000TC	7170														1	1	1	1		1	1	1		
13-092-0104-00 Housing plate bp.	7155														1	1	1	1		1			1	1
2612-173-1005-0PUNCH PLATE	8234														1	1	1	1		1				
2614-171-1000-0PUNCH PLATE	8243														1	1	1	1		1				
2614-171-2000-0PUNCH PLATE	8248														1	1	1	1		1				
2616-172-9301-0Back plate jig	8260														1	1	1	1		1				
2617-172-9301-0Back plate jig	8266														1	1	1	1		1				
2624-171-1001-0PUNCH PLATE	8296														1	1	1	1		1				
2626-172-0003-0Neck punch	8301														1	1	1	1		1				
2639-171-1000-0Punch plate	8372														1	1	1	1		1				
2653-9703-00 Punch plate	8459														1	1	1	1		1				
2681-173-9501-0Punch plate	8511														1	1	1	1		1				
2685-173-9501-0Punch plate 3x100	8521														1	1	1	1		1				
2691-173-9401-0Neck punch 4x100	8543														1	1	1	1		1				
2705-173-9502-0Punch plate 2x140	8572														1	1	1	1		1				
2706-173-9501-0Punch plate 2x140	8580														1	1	1	1		1				
13-092-1901-00 Bottom plate blow pin 8x85	7222														1	1	1	1	1	1		1		
01-092-1005-00 Adjustable plae (move midd	3020														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ 3 จำนวนเครื่องจักรแต่ละประเภทที่ใช้ในกลุ่มและข้ามกลุ่มสำหรับเส้นทางการผลิตใหม่

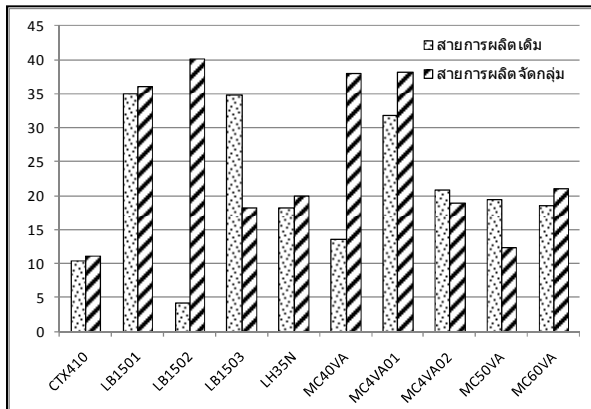
ประเภทเครื่องจักร	กลุ่ม 1		กลุ่ม 2		กลุ่ม 3		กลุ่ม 4		กลุ่ม 5	
	ใน กลุ่ม	ข้าม กลุ่ม	ใน กลุ่ม	ข้าม กลุ่ม	ใน กลุ่ม	ข้าม กลุ่ม	ใน กลุ่ม	ข้าม กลุ่ม	ใน กลุ่ม	ข้าม กลุ่ม
เครื่องกลึง	4		6		8		2			2
เครื่องกัด		1	2		2		2		1	
เครื่องเจาะ	2									
เครื่องไส					2		2		2	
เครื่อง EDM	3			3		4		3		2
เครื่องกลึง CNC	1		1	1	2		2	2	1	2
เครื่องกัด CNC		4	1		1	1				
เครื่องกลึง CNC 9 แกน		1	1					1		
รวม	10	6	11	4	15	5	8	6	4	6

ตารางที่ 4 Lead time และ Makespan ก่อนและหลังการจัดกลุ่ม (วัน) ของการผลิตเครื่องเป่าพลาสติก 20 รุ่น

ลำดับ การ ผลิต	Product ID	ก่อนจัดกลุ่ม (ว/ด/ป- เวลา)			หลังจัดกลุ่ม (ว/ด/ป- เวลา)			ผลต่าง (วัน)	
		เริ่ม	จบ (x)	makespan (a)	เริ่ม	จบ (y)	makespan (b)	makespan (a-b)	lead time (x-y)
1	1000DTG	3/1/12 8:00	3/2/12 13:01	31.21	3/1/12 8:00	1/2/12 9:03	29.04	2.17	2.17
2	1000dst	3/1/12 8:00	17/2/12 10:17	45.10	3/1/12 9:30	18/2/12 13:00	46.15	-1.05	-1.11
3	1000DTC	3/1/12 14:47	20/2/12 13:46	47.96	3/1/12 8:49	22/2/12 15:50	50.29	-2.34	-2.09
4	1000t	3/1/12 16:19	5/3/12 19:26	62.13	3/1/12 10:29	16/3/12 13:45	73.14	-11.01	-10.76
5	1500	4/1/12 15:15	16/3/12 8:44	71.73	3/1/12 8:00	17/3/12 20:05	74.50	-2.77	-1.47
6	2000DST	4/1/12 16:02	9/4/12 19:00	96.12	3/1/12 11:02	29/3/12 10:31	85.98	10.14	11.35
7	2000DTC	3/1/12 19:17	3/5/12 20:17	121.04	3/1/12 13:46	19/4/12 14:35	107.03	14.01	14.24
8	3000DST	3/1/12 9:47	19/6/12 8:20	167.94	3/1/12 9:42	2/6/12 20:16	151.44	16.50	16.50
9	3000DSTL	3/1/12 10:29	28/6/12 16:34	177.25	3/1/12 16:58	12/6/12 19:21	161.10	16.15	15.88
10	3000DTC	4/1/12 14:00	17/7/12 18:54	195.20	4/1/12 18:15	9/7/12 8:00	186.57	8.63	8.45
11	3000TC	4/1/12 9:40	27/7/12 8:00	204.93	3/1/12 19:39	12/7/12 0:00	190.18	14.75	15.33
12	30L	3/1/12 11:40	9/8/12 16:19	219.19	4/1/12 8:00	23/7/12 15:37	201.32	17.88	17.03
13	30M	3/1/12 19:27	6/9/12 10:00	246.61	4/1/12 14:22	6/8/12 19:31	215.22	31.39	30.60
14	30S	18/1/12 14:40	5/9/12 14:09	230.98	1/2/12 17:00	11/8/12 19:52	192.12	38.86	24.76
15	5000	5/1/12 18:37	13/9/12 20:07	252.06	3/1/12 11:54	27/7/12 14:01	206.09	45.97	48.25
16	5000DST	12/1/12 20:32	25/9/12 18:11	256.90	4/1/12 8:23	18/8/12 15:21	227.29	29.61	38.12
17	5000DTC	9/1/12 20:25	10/10/12 15:39	274.80	4/1/12 18:41	15/9/12 8:00	254.55	20.25	25.32
18	5000T	12/1/12 13:33	7/11/12 15:41	300.09	3/1/12 14:24	17/9/12 13:00	257.94	42.15	51.11
19	5000TC	15/1/12 10:26	4/11/12 13:00	294.11	5/1/12 16:26	28/9/12 15:55	266.98	27.13	36.88
20	85IB	9/1/12 8:57	12/11/12 8:40	307.99	4/1/12 10:31	3/10/12 19:44	273.38	34.60	39.54
เวลาในการผลิตทั้งหมด (วัน)		314.03			274.49				
เวลาจบมากที่สุด		12/11/12 8:40:23			3/10/12 19:44				



รูปที่ 2 แผนภูมิแท่งอนุกรมเปรียบเทียบค่า Makespan ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละผลิตภัณฑ์ 20 รุ่น



รูปที่ 3 การใช้ประโยชน์เครื่องจักรกลุ่ม CNC ก่อนและหลังการจัดกลุ่ม

คำนวณเวลานำของรายการสุดท้ายพบว่าลดลงประมาณ 40 วัน คิดเป็นร้อยละ 12.59 สำหรับการใช้ประโยชน์เครื่องจักรในกลุ่มเครื่อง CNC จำนวนทั้งหมด 10 เครื่อง จากการจัดตารางผลิตพบว่าค่าการใช้ประโยชน์เครื่องจักรในกลุ่ม CNC เพิ่มขึ้นจากเดิมโดยก่อนการจัดกลุ่ม ค่าการใช้ประโยชน์เครื่องจักรเฉลี่ยร้อยละ 20.7 และหลังจัดกลุ่มมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 25.4 ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการจัดกลุ่มชิ้นส่วนและเครื่องจักรด้วยหลักการกลุ่มเทคโนโลยีสามารถทำให้ทั้ง Makespan และเวลานำลดลง และผลข้อมูลการจัดกลุ่มที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงเส้นทางการผลิตชิ้นส่วนและผังโรงงานในฝ่ายผลิตชิ้นส่วนได้ต่อไป

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาจัดกลุ่มชิ้นส่วนและเครื่องจักรโดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลเส้นทางการผลิตชิ้นส่วน และนำผลที่ได้ไปปรับปรุงเส้นทางการผลิตชิ้นส่วนโดยเปลี่ยนเครื่องจักรที่ใช้ทำการผลิตนอกกลุ่มมาใช้เครื่องจักรประเภทเดียวกันในกลุ่ม หากไม่มีเครื่องจักรประเภทเดียวกันสามารถใช้เครื่องจักรข้ามกลุ่มได้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการ เวลา นำ และการใช้ประโยชน์เครื่องจักรของตารางการผลิตก่อนและหลังการจัดกลุ่มพบว่า ค่าเวลาที่ใช้ในการผลิตหลังการจัดกลุ่ม มีค่าน้อยกว่าก่อนการจัดกลุ่มโดยเฉลี่ย 17.65 วัน สอดคล้องกับเวลานำของการประกอบผลิตภัณฑ์ที่มีค่าลดลง และเมื่อทำการ

5.2 ข้อเสนอแนะ

นำกลุ่มเครื่องจักรที่ได้จัดไว้มาจำลองการวางผังโรงงานในพื้นที่กรณีศึกษาเพื่อหารูปแบบการจัดวางเครื่องจักรตามรูปแบบกลุ่ม โดยพิจารณาเวลาการขนถ่ายชิ้นงานจากสายการผลิตชิ้นส่วน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุน (บางส่วน) จากบัณฑิตวิทยาลัย ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประจำปี 2556 ขอขอบคุณ คุณณตยาณี เกษเมธีการุณ สำหรับโปรแกรมจัดตารางผลิต และบริษัท เอส เอ็ม ซี คอปอเรชั่น จำกัด ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Singh, N. and Rajamani, D. Cellular Manufacturing Systems: Design, Planning and Control. *Chapman & Hall: New York*, 1996.
- [2] Burbidge, J.L. The Introduction of Group Technology. *Wiley, New York*, 1975.
- [3] Heragu, S.S. Group technology and cellular manufacturing. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1994; 24(2): 203-215.
- [4] Li, M.L. and Parkin, R.E. Group Technology Revisited: A Simple and Robust Algorithm with Enhanced Capability. *International Journal of Production Research*, 1997; 35(7): 1969 -1992.
- [5] บุญบา พุกษาพันธุ์รัตน์ (2555). กระบวนลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์สำหรับการคัดเลือกผังแบบเซลล์และการจำลองสถานการณ์สำหรับโรงงานบริการผลิตผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์, *วิศวกรรมสาร มช.*, 2555; 39(4): 365-374.
- [6] นราธิป แสงซ้าย (2545). การประเมินวิธีการจัดกลุ่มแบบเซลล์, *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต*, สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.