การพัฒนาแผนกระบวนการผลิตมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบลูกค้าสั่งทำ กรณีศึกษา : เครื่องบรรจุภัณฑ์ SEMI-AUTO MAXI CAP 1 HD

The Development of A Standardized Process Planning for Make-to-Order Manufacturer Case study : Packaging Machine SEMI-AUTO MAXI CAP 1 HD

ธารินี อินทรประเสริฐ *

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผู้ผลิตหันมามุ่งเน้นที่ความพึงพอใจของลูกค้าเป็นสำคัญ ทำให้ระบบการผลิตแบบลูกค้าสั่งทำมีบทบาทสำคัญมากขึ้น และด้วยลักษณะของระบบที่เป็นแบบหลากหลาย แต่ในปริมาณไม่มาก ทำให้ระบบการผลิตเกิดความยุ่งยากในการปฏิบัติงานเมื่อมีการปรับเปลี่ยนสายการผลิตบ่อยครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนจำนวนมาก เป็นผลให้การวางแผนกระบวนการผลิตยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้ผลิตส่วนมากขาดแนวทางในการจัดทำแผนกระบวนการผลิต ก่อนเริ่มดำเนินงานจริง

การพัฒนาแผนกระบวนการผลิตมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบลูกค้าสั่งทำ เป็นการสร้างขั้นตอนมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานความสามารถของผู้ผลิตเอง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดแนวทางในการดำเนินงานที่เป็นไปอย่างราบรื่น ด้วยกระบวนการผลิตที่เหมาะสมและง่ายต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งการจัดเก็บข้อมูลนี้มีประโยชน์ในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแผนกระบวนการผลิตที่มีอยู่เดิมให้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ โดยไม่ต้องเริ่มวางแผนตั้งแต่ขั้นตอนแรก เป็นการลดต้นทุนและเวลาในกระบวนการผลิต

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการคำนวณที่ซับซ้อน ช่วยให้บริษัทสามารถลดต้นทุนทางด้านคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ลงได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้การวางแผนกระบวนการผลิตเป็นไปอย่างเหมาะสม ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้น 3 ส่วน ประกอบด้วย โปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูล โปรแกรมการจัดกลุ่มชิ้นงานและการออกแบบ Spreadsheet เพื่อช่วยในการวิเคราะห์การจัดกลุ่มชิ้นงาน อันเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ผลิตสามารถสร้างและปรับปรุงแผนกระบวนการผลิตได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ

* อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Abstract

Recently, many manufacturers have been focused on customer satisfaction that makes "Make - to -Order Manufacturing (MTO) System" to become more important. The most important characteristic in MTO is "Low-volume, High-variety". This characteristic makes manufacturing system very difficult to perform since changing production line frequently. Nevertheless, a product that consisted of the numerous parts makes production process planning even more complicated. This is the main reason that why many manufacturers have no incentive to do a process planning before startup the production.

Developing Standardized Process Planning for MTO is to create the standard steps that suitable for producing a product based on a manufacturer capability. This lead manufacturer to operate smoothly with its optimization and easy to perform data acquisition. The collected data can be use to modify the existent production process to fit a new product. The process planning for a new product has not started from the ground up, thus it can reduce production cost and time.

The cost for computer hardware has dropped while the computing ability has increased tremendously. The use of computer help performing a production process planning is very suitable. Hence a computer software package for production process planning has been developed. It contained 3 parts, which are database management, parts grouping and analytical spreadsheet. These programs help the manufacturer to create and modify process planning with easy and more efficient.

1. บทนำ

ปัจจุบันการแข่งขันทางธุรกิจมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ บริษัทที่สามารถยืนหยัดอยู่ได้ในสภาวการณ์แข่งขันที่รุนแรงเช่นนี้ จะต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์และระบบการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าและให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์สำคัญของการผลิต อันประกอบด้วย การผลิตสินค้าที่มีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า สามารถผลิตได้ทันกำหนดการส่งมอบ ลดระดับสินค้าคงคลัง และลดต้นทุนการผลิต เป็นต้น ในปัจจุบันความต้องการของลูกค้านับเป็นปัจจัยสำคัญของธุรกิจทุกประเภท แนวโน้มการผลิตส่วนมากจึงหันมามุ่งเน้นที่ลูกค้าเป็นสำคัญ ทำให้ระบบการผลิตตามลูกค้าสั่งทำ (Make-to-Order : MTO) เริ่มมีบทบาทสำคัญมากขึ้น และด้วยความยุ่งยากซับซ้อนของระบบ ทำให้การวางแผนกระบวนการผลิตทำได้ยากกว่าระบบการผลิตเพื่อจัดเก็บในคลังสินค้า (Make-to-Stock : MTS) หรือระบบการผลิตแบบประกอบตามคำสั่งซื้อ (Make-to-Assembly: MTA) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นส่วนประกอบจำนวนมากและมีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน เช่น อุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ อุตสาหกรรมผลิตแม่พิมพ์ หรือผู้ผลิตเครื่องจักรกลต่างๆ เป็นต้น เนื่องด้วยลักษณะที่ค่อนข้างเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่มาจากความต้องการของลูกค้า ก่อให้เกิดปัญหาที่สร้างความยุ่งยากให้แก่ผู้ประกอบการ

ในการวางแผนกระบวนการผลิตเพื่อให้สามารถผลิตสินค้าได้ทันเวลาการส่งมอบ และมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ ซึ่งนับว่าเป็นหัวใจสำคัญของอุตสาหกรรมประเภท MTO ด้วยเหตุนี้กลุ่มผู้ประกอบการขนาดใหญ่ในภาคอุตสาหกรรมที่มีลักษณะการผลิตแบบ MTO จึงได้มีการนำเอาวิธีการและเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการวางแผนกระบวนการผลิต อีกทั้งมีการวิจัยและการพัฒนาเพื่อเพิ่มพูนศักยภาพในการผลิตอยู่เสมอ แต่ในกรณีของกลุ่มผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises : SMEs) มักประสบกับปัญหาความล่าช้าในการส่งมอบต้นทุนการผลิตสูง ทำให้เกิดสภาวะขาดทุน ทั้งนี้สาเหตุเนื่องมาจากผู้ประกอบการ SMEs ส่วนมาก มักมองข้ามความสำคัญของการวางแผนกระบวนการผลิต อีกทั้งเห็นว่าเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็นสำหรับธุรกิจ ขนาดกลางและขนาดย่อม หรือบางธุรกิจขาดเงินลงทุนในด้านการซื้อเทคโนโลยี และการวิจัยพัฒนาเป็นต้น

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อต้องการพัฒนาแผนกระบวนการผลิตมาตรฐานสำหรับกลุ่มผู้ประกอบการ SMEs ที่มีลักษณะการผลิตแบบลูกค้าสั่งทำ (MTO) และผลิตภัณฑ์มีความซับซ้อนสูง ปัญหาสำคัญของลักษณะการผลิตเช่นนี้ คือ ความล่าช้าในขั้นตอนการออกแบบ และขาดการวางแผนกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ เป็นผลให้ผู้ประกอบการไม่สามารถควบคุมการผลิตให้เสร็จตามกำหนดเวลาส่งมอบได้ ในงานวิจัยนี้ได้นำบริษัทผู้ผลิตเครื่องบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่ม SMEs ในประเทศไทยมาเป็นกรณีศึกษา เนื่องด้วยลักษณะของการผลิตเครื่องบรรจุภัณฑ์มีส่วนประกอบจำนวนมาก การผลิตค่อนข้างซับซ้อนและผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายสูง ซึ่งปรับเปลี่ยนไปตามความต้องการของลูกค้า โดยลูกค้าส่วนมากอยู่ในกลุ่มผู้ผลิตเครื่องดื่ม เครื่องปรุงอาหาร และยา เป็นต้น การจัดทำแผนกระบวนการผลิตที่เป็นมาตรฐานสามารถช่วยให้ผู้ผลิตมีแนวทางในการปฏิบัติงาน ช่วยลดเวลาและความผิดพลาดในการวางแผนการก่อเกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ตามคำสั่งซื้อของลูกค้า

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเพื่อช่วยในการวางแผนกระบวนการผลิต (Computer Aided Process Planning: CAPP) เป็นเครื่องมือสำคัญที่อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ในการสร้างและปรับปรุงแผนกระบวนการผลิตเมื่อเกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้การนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวางแผนกระบวนการผลิตเป็นการยกระดับความสามารถในระบบการจัดการการผลิตสำหรับผู้ประกอบธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมของไทยให้ก้าวสู่ความเป็นสากล การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยช่วยให้บริษัทมีความน่าเชื่อถือ และเพื่อสร้างความมั่นใจให้แก่ลูกค้าว่าจะได้รับผลิตภัณฑ์ตรงตามความต้องการและทันตามเวลาที่กำหนดซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการประกอบธุรกิจ หากผู้ประกอบธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ซึ่งมีเป็นจำนวนมากในประเทศไทยให้ความสำคัญและมีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาระบบการจัดการการผลิตให้มีความทันสมัยทัดเทียมอารยประเทศ จะเป็นส่วนผลักดันที่สำคัญให้อุตสาหกรรมการผลิตของประเทศไทยเจริญก้าวหน้า และนำเงินรายได้จำนวนมหาศาลเข้าสู่ประเทศ

2. วิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการวางแผนกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการของ "Group Technology (GT)" ซึ่งเป็นหลักการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบการผลิตที่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ และเพิ่มจำนวนมากขึ้นทวีคูณ ด้วยลักษณะรูปร่าง คุณสมบัติ และการใช้งานที่แตกต่างกันไป หากแต่มีการวิเคราะห์

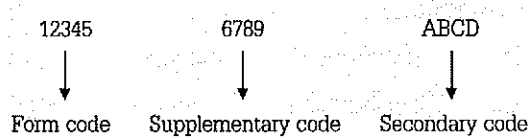
โดยละเอียดจะพบว่า บางชิ้นงานมีพัฒนาการมาจากลักษณะต้นแบบและโครงสร้างพื้นฐานเดียวกัน

จากเหตุผลดังกล่าวของหลักการ GT สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนกระบวนการผลิตได้ เนื่องจากการค้นพบกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน และจัดชิ้นงานต่างๆ ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ทำให้สามารถจัดเตรียมวัตถุดิบ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผลิตได้ง่าย สะดวก และรวดเร็วมากขึ้น รวมถึงการก่อเกิดข้อมูลการผลิตต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อการใช้งานในปัจจุบัน และอนาคต หรือที่เรียกว่า "ระบบฐานข้อมูล (Databases System)" ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์ที่สำคัญอีกประการหนึ่งของหลักการ GT ประกอบด้วย การกำหนดรหัสชิ้นงาน (Part Coding and Classification) การคำนวณการจัดกลุ่มชิ้นงาน (Part Family Calculation) และการวิเคราะห์ผลการจัดกลุ่ม (Part Family Analysis)

2.1 กำหนดรหัสชิ้นงาน (Part Coding)

งานวิจัยนี้ได้เลือกประยุกต์ใช้ระบบการกำหนดรหัสชิ้นงานแบบ "Opitz Coding System" เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่มีลิขสิทธิ์ (Opitz, 1969) ผู้ใช้สามารถประยุกต์ใช้งานได้โดยไม่ผิดกฎหมาย เป็นระบบมาตรฐานสากล และนิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตทั่วโลก (Opitz, 1971) รวมทั้งสามารถประยุกต์ใช้ได้กับการผลิตชิ้นงานหลากหลายลักษณะ นอกจากนี้ยังเป็นระบบการกำหนดรหัสที่มีการพิจารณาทั้งข้อมูลการออกแบบและการผลิต

ระบบ "Opitz Code" มีลักษณะโครงสร้างแบบ Hybrid ซึ่งประกอบไปด้วยรหัสจำนวน 3 ชุด ดังต่อไปนี้



2.2 การคำนวณการจัดกลุ่มชิ้นงาน (Part Family Calculation)

วิธีการจัดกลุ่มชิ้นงานหรือเครื่องจักร (Clustering Method) เป็นวิธีในการศึกษาการไหลของการผลิตลักษณะหนึ่งซึ่งประสบความสำเร็จทั้งในด้านงานวิจัยและการนำไปปฏิบัติจริง วิธีการที่ใช้ทั่วไป คือ การคำนวณโดยใช้ตารางเมตริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นงานและเครื่องจักร (0-1 Machine-Part) การใช้โปรแกรมรูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา หรือวิธีวัดสัมประสิทธิ์ความเหมือน (Similarity Coefficient-based Clustering) เป็นต้น จากงานศึกษาวิจัยจำนวนมากได้กล่าวว่า วิธีวัดสัมประสิทธิ์ความเหมือน "Similarity Coefficient-based Clustering" เป็นวิธีการที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางมากที่สุด (Offodile and Grznar, 1997) เนื่องจากการคำนวณค่อนข้างง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน เมื่อเปรียบกับหลักการแบบอื่นๆ จึงเหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) หลักการเบื้องต้นของวิธีการวิเคราะห์จัดกลุ่มชิ้นงานแบบ "Similarity Coefficient-based Clustering" เป็นการนำเอารหัสชิ้นงานแต่ละคู่มาเปรียบเทียบความเหมือนและทำการจัดกลุ่มชิ้นงาน รูปแบบสมการการคำนวณความเหมือนระหว่างชิ้นงาน 2 ชนิด แสดงได้ดังต่อไปนี้

$$SC_{ij} = \sum_{k=1}^{K} Sijk \;/\; \sum_{k=1}^{K} \delta ijk \qquad (1)$$

$$S_{ijk} = 1 - \frac{\left| X_{ik} - X_{jk} \right|}{R_k} \qquad (2)$$

$$\delta_{ijk} = \begin{cases} 1 \text{ ถ้าการเปรียบเทียบระหว่างชิ้นงาน i และชิ้นงาน j มีความเป็นไปได้ที่จะเหมือนกันที่รหัสตัวเลขหลัก k} \\ 0 \text{ กรณีอื่น} \end{cases} \qquad (3)$$

เมื่อ,

SC_{ij} = สัมประสิทธิ์ความเหมือนของชิ้นงาน i และชิ้นงาน j,

s_{ijk} = คะแนนความเหมือนของชิ้นงาน i และชิ้นงาน j ที่รหัสตัวเลขหลัก k,

X_{ik} = ค่าตัวเลข (0-9) ที่กำหนดให้กับชิ้นงาน i ที่รหัสตัวเลขหลัก k,

X_{jk} = ค่าตัวเลข (0-9) ที่กำหนดให้กับชิ้นงาน j ที่รหัสตัวเลขหลัก k,

R_k = ช่วงพิสัยของรหัสตัวเลขหลักที่เป็นไปได้ สำหรับชิ้นงานทั้งหมด

K = จำนวนค่าตัวเลขทั้งหมด

จากนิยามการคำนวณหาความเหมือนข้างต้น แสดงให้เห็นว่าถ้าค่า $X_{ik} = X_{jk}, \forall k \in K$ จะทำให้ค่า $s_{ijk} = 1$ และ $SC_{ij} = 1$ ซึ่งเป็นค่าความเหมือนสูงสุด (ชิ้นงานมีรหัสเหมือนกันทุกประการ) และค่าความเหมือนต่ำสุด เมื่อค่า $s_{ijk} = 0$ และ $SC_{ij} = 0$ ดังนั้นค่าของ SC_{ij} จึงอยู่ในช่วง 0 - 1 ($0 \leq SC_{ij} \leq 1$) ส่วนค่าของ δ_{ijk} ในงานวิจัยนี้กำหนดให้มีค่าเป็น 1 เนื่องจากตัวเลขทุกหลักของรหัสชิ้นงานมีโอกาสที่จะเหมือนกันได้

หลักการการจัดกลุ่มชิ้นงาน (The grouping algorithm)

ขั้นที่ 1 : สร้างเมตริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรหัสที่มีจำนวน 9 หลักตามหลักการกำหนดรหัสที่พัฒนาขึ้นจาก Opitz Coding System หรือ TDMC Code ของแต่ละชิ้นงาน โดยกำหนดให้จำนวนชิ้นงานมีทั้งสิ้น M ชิ้นงาน

ขั้นที่ 2 : คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือน $SC_{ij}, \forall_{ij}$ i ≠ j ดังสมการที่ (1) และสร้างเป็นเมตริกซ์หลักแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนของแต่ละชิ้นงาน

ขั้นที่ 3 : เริ่มการจัดกลุ่ม G โดยเลือกจากค่า SC_{ij} ที่มากที่สุดจากการคำนวณจากขั้นที่ 2 ในกรณีนี้อาจมีค่า SC_{ij} ที่มากที่สุดจำนวนมากกว่า 2 ค่าได้ ซึ่งค่ามากที่สุดของ SC_{ij} = g, g ≥ 2 ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มได้เพิ่มมากขึ้น โดยที่กลุ่มถัดไปคือ G_j เมื่อ j = 2,...,g

ขั้นที่ 4 (1) : วิธี Single linkage clustering (SLC) เป็นวิธีในการจัดกลุ่มชิ้นงานโดยการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือน $SC_{ij(k)}$ ของชิ้นงานภายในกลุ่ม i, j ∈ G_r โดยที่ G_r คือกลุ่มที่เกิดจากการคำนวณใหม่ (Recomputed) และชิ้นงาน k ∈ M โดยกำหนดให้ $SC_{ij(k)} = \text{Max}\ (SC_{i(k)}, SC_{j(k)}), \forall k \notin G_r$

ขั้นที่ 4 (2) : วิธี Average linkage clustering (ALC) เป็นวิธีในการจัดกลุ่มชิ้นงานโดยการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือน $SC_{ij(k)}$ i, j ∉ G_r และชิ้นงาน k ∉ MvG_s

โดยกำหนดให้

$$SC_{ij(k)} = \sum_{\forall k \in M\ vG_s} \left(SC_{i(k)}, SC_{jk} \right) / \Psi, \forall k \notin G_r$$

ซึ่ง $\Psi = G_r \bullet k\ v\ G_s$ นิยามให้เป็น...,a คูณของจำนวนชิ้นงานในกลุ่ม Gr และชิ้นงาน k หรือกลุ่มเปรียบเทียบถัดไป G_s (กำหนดให้สัญลักษณ์ "v" หมายถึง "หรือ")

ขั้นที่ 5 : ถ้า SC_{ij} มี i(j) ∈ G ให้เพิ่ม i(j) เข้าไปในกลุ่ม G จากนั้นจึงทำการเลือกค่า SC_{ij} ที่มีค่ามากที่สุด เพื่อเริ่มการจัดกลุ่มชิ้นงานกลุ่มอื่นๆ ต่อไป

ขั้นที่ 6 : เมื่อ i ∈ G, $\forall$i จึงหยุดการคำนวณ ไม่เช่นนั้นให้กลับไปที่ขั้นที่ 4

2.3 การวิเคราะห์ผลการจัดกลุ่ม (Part Family Analysis)

หลังจากการคำนวณเพื่อจัดกลุ่มชิ้นงานที่ระดับความเหมือน (Similarity Level) ต่างๆ เช่น 0.83, 0.70, 0.67 และ 0.55 เป็นต้น ขั้นต่อไปเป็นการวิเคราะห์ผลการจัดกลุ่ม ในระดับความเหมือนที่เหมาะสมที่สุด โดยหลักการที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ผล คือ การวิเคราะห์ต้นทุนต่ำสุด ซึ่งเป็นผลรวมระหว่างต้นทุนการจัดตั้งเครื่องจักร (Setup Cost) และต้นทุนการเคลื่อนย้ายชิ้นงานภายในกลุ่ม (Inter-cell Movement Cost) หรือ

การส่งชิ้นงานเข้าสู่เครื่องจักรประเภทต่างๆ ตามกระบวนการผลิตที่ได้วางแผนไว้ภายในกลุ่ม

การคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด แสดงโดยสมการดังต่อไปนี้

สมการเป้าหมาย (ต้นทุนเป้าหมายต่ำสุด)

$$TC_i = \sum_{k}^{N} C_k \bar{S}_k + CM \sum_{j}^{m} d_{ij} k_{ij} \qquad (4)$$

สมการเงื่อนไขขีดจำกัด

$$\sum_{j=1}^{M} X_{ij} = 1 \quad \forall_i = 1, 2, \ldots M \qquad (5)$$

$$X_{ij} = 0, 1 \quad \forall_{ij} = 1, 2, \ldots M \qquad (6)$$

เมื่อ;

TC_i = ต้นทุนรวมในระดับความเหมือนที่ i (บาท)

C_k = ต้นทุนการจัดตั้ง (บาท / นาที)

$\bar{S}_k$ = เวลาการจัดตั้งเฉลี่ยของชิ้นงานที่ปฏิบัติงานบนเครื่องจักร k (นาที)

N = จำนวนเครื่องจักรภายในกลุ่ม (เครื่อง)

CM = ต้นทุนการเคลื่อนย้ายชิ้นงานภายในกลุ่ม (บาท / ระยะทาง)

d_{ij} = ระยะทางระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่อง สำหรับระดับความเหมือนที่ i ในกลุ่ม j

k_{ij} = จำนวนครั้งในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่อง สำหรับระดับความเหมือนที่ i ในกลุ่ม j

X_{ij} = ชิ้นงานที่ i ในกลุ่ม j

m = จำนวนกลุ่มทั้งหมด ที่ระดับความเหมือนแต่ละระดับ

M = จำนวนชิ้นงานทั้งหมด

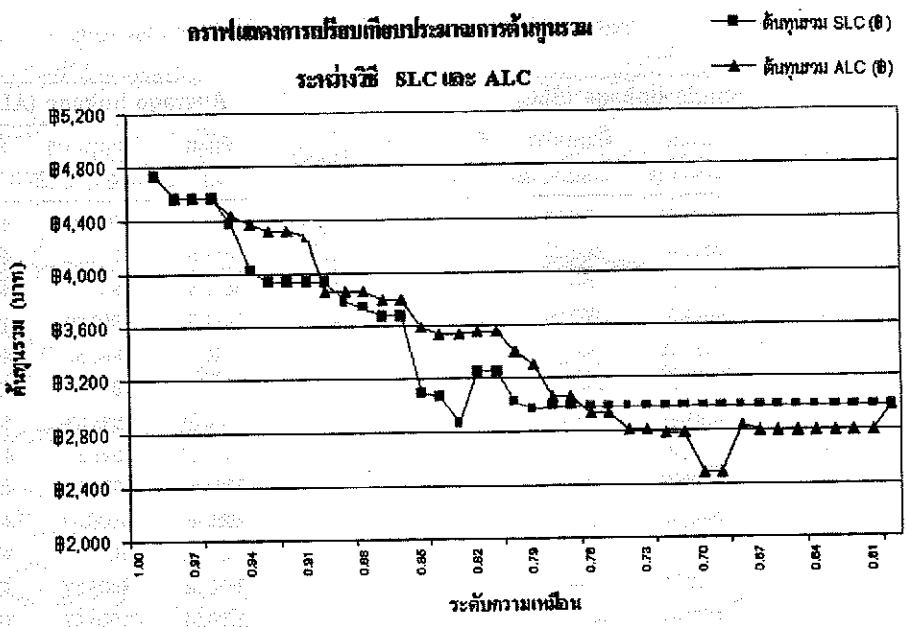
สมการเงื่อนไขขีดจำกัด (5) เป็นสมการกำหนดว่าชิ้นงานแต่ละชิ้น สามารถจัดอยู่ได้ในกลุ่มเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น และสมการที่ (6) กำหนดให้ค่า X_{ij} เป็นจำนวนเต็ม 0, 1 หรือตัวเลข Binary

3. ผลการวิจัย

จากผลการทดลองกับเครื่องบรรจุภัณฑ์ต้นแบบที่เลือกนำมาศึกษา คือ เครื่อง SEMI-AUTO MAXI CAP 1 HD. ประกอบด้วยชิ้นงานทั้งสิ้น 47 ชิ้น สามารถจัดกลุ่มชิ้นงานได้จำนวน 4 กลุ่ม ตามหลักการของ GT เริ่มจากการกำหนดรหัสชิ้นงานที่ได้ประยุกต์ใช้โครงสร้างพื้นฐานของระบบการกำหนดรหัสแบบ "Opitz Coding System" และได้มีการปรับเปลี่ยนบางส่วนเพื่อให้เหมาะสมกับชิ้นส่วนต่างๆ ของบริษัทกรณีศึกษา โดยกำหนดชื่อใหม่เป็น "TDMC Coding" มีที่มาจากชื่อย่อของนักวิจัย ร่วมกับชื่อย่อของบริษัท ซึ่ง TDMC Code นี้ ประกอบด้วย 5 ตารางหลัก ประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานของ Opitz Code, TDMC Code สำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะหมุนตามแกน (Rotational Parts), TDMC Code สำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะหมุนตามแกนและมีส่วนเบี่ยงเบน (Rotational Parts with Deviation), TDMC Code สำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะไม่หมุนตามแกน (Non-rotational Parts) และ TDMC Code สำหรับลักษณะทั่วไปของชิ้นงาน เช่น ขนาด วัตถุดิบที่ใช้ รูปร่างชิ้นงานดิบ และความเที่ยงตรง เป็นต้น ภายหลังการกำหนดรหัสให้แก่ชิ้นงาน จะทำการจัดกลุ่มชิ้นงานด้วยโปรแกรมการจัดกลุ่มชิ้นงาน ซึ่งใช้วิธีการคำนวณ 2 วิธี คือ SLC และ ALC ผลที่ได้จะถูกนำมาพิจารณาตัดสินเลือกวิธีที่เหมาะสม ด้วยการหาต้นทุนเป้าหมายต่ำสุด ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 1

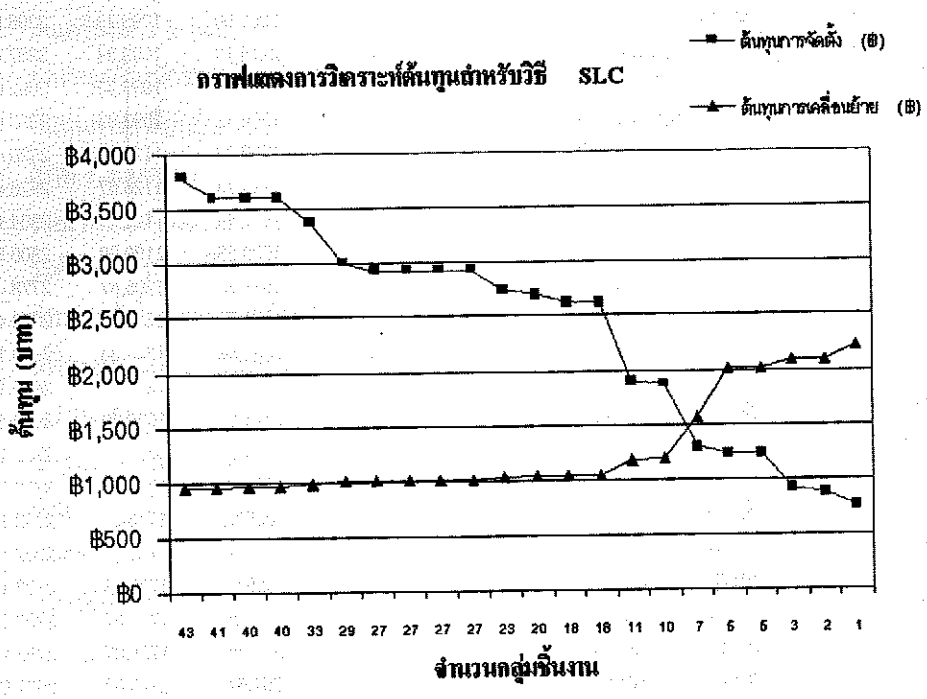
ตารางที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ต้นทุนรวมเปรียบเทียบระหว่างวิธี SLC และ ALC

ระดับความเหมือน	Single linkage (SLC)				Average linkage (ALC)			
	จำนวนกลุ่ม	ต้นทุนการจัดตั้ง (฿)	ต้นทุนการเคลื่อนย้าย (฿)	ต้นทุนรวม (฿)	จำนวนกลุ่ม	ต้นทุนการจัดตั้ง (฿)	ต้นทุนการเคลื่อนย้าย (฿)	ต้นทุนรวม (฿)
1.00	43	3781.61	953.33	4734.94	43	3781.61	953.33	4734.94
0.99	41	3611.51	953.33	4564.84	41	3611.51	953.33	4564.84
0.98	40	3611.51	960.00	4571.51	40	3611.51	960.00	4571.51
0.97	40	3611.51	960.00	4571.51	40	3611.51	960.00	4571.51
0.96	33	3387.16	986.67	4373.83	34	3444.91	986.67	4431.58
0.95	29	3009.13	1006.67	4015.79	31	3380.09	993.33	4373.42
0.94	27	2934.07	1006.67	3940.73	30	3322.34	993.33	4315.67
0.93	27	2934.07	1006.67	3940.73	30	3322.34	993.33	4315.67
0.92	27	2934.07	1006.67	3940.73	29	3287.83	993.33	4281.16
0.91	27	2934.07	1006.67	3940.73	27	2856.46	1006.67	3863.12
0.90	23	2749.43	1033.33	3782.76	27	2856.46	1006.67	3863.12
0.89	20	2699.72	1040.00	3739.72	27	2856.46	1006.67	3863.12
0.88	18	2629.55	1040.00	3669.55	24	2786.51	1006.67	3793.17
0.87	18	2629.55	1040.00	3669.55	24	2786.51	1006.67	3793.17
0.86	11	1906.90	1180.00	3086.90	19	2550.70	1040.00	3590.70
0.85	10	1878.82	1193.33	3072.16	18	2495.40	1040.00	3535.40
0.84	7	1299.19	1573.33	2872.52	17	2495.40	1046.67	3542.07
0.83	5	1240.97	2006.67	3247.64	16	2465.35	1080.00	3545.35
0.82	5	1240.97	2006.67	3247.64	16	2465.35	1080.00	3545.35
0.81	3	925.68	2086.67	3012.35	14	2303.59	1093.33	3396.92
0.80	2	876.02	2086.67	2962.68	12	2214.13	1093.33	3307.46
0.79	1	761.67	2220.00	2981.67	11	1959.33	1093.33	3052.66
0.78	1	761.67	2220.00	2981.67	11	1959.33	1093.33	3052.66
0.77	1	761.67	2220.00	2981.67	9	1799.73	1126.67	2926.40
0.76	1	761.67	2220.00	2981.67	9	1799.73	1126.67	2926.40
0.75	1	761.67	2220.00	2981.67	8	1677.43	1126.67	2804.10
0.74	1	761.67	2220.00	2981.67	7	1620.56	1180.00	2800.56
0.73	1	761.67	2220.00	2981.67	6	1571.75	1206.67	2778.42
0.72	1	761.67	2220.00	2981.67	6	1571.75	1206.67	2778.42
0.71	1	761.67	2220.00	2981.67	4	1255.84	1233.33	2489.17
0.70	1	761.67	2220.00	2981.67	4	1255.84	1233.33	2489.17
0.69	1	761.67	2220.00	2981.67	3	1213.44	1620.00	2833.44
0.68	1	761.67	2220.00	2981.67	2	1065.50	1726.67	2792.17
0.67	1	761.67	2220.00	2981.67	2	1065.50	1726.67	2792.17
0.66	1	761.67	2220.00	2981.67	2	1065.50	1726.67	2792.17
0.65	1	761.67	2220.00	2981.67	2	1065.50	1726.67	2792.17
0.64	1	761.67	2220.00	2981.67	2	1065.50	1726.67	2792.17
0.63	1	761.67	2220.00	2981.67	2	1065.50	1726.67	2792.17
0.62	1	761.67	2220.00	2981.67	2	1065.50	1726.67	2792.17
0.61	1	761.67	2220.00	2981.67	1	761.67	2220.00	2981.67

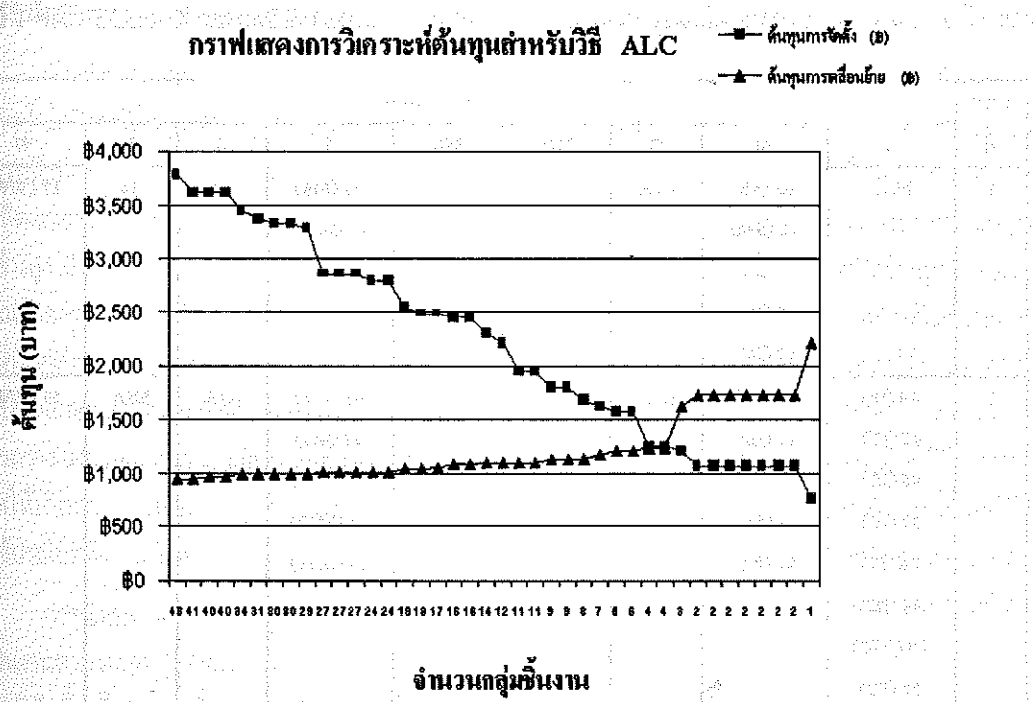


ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบประมาณการต้นทุนรวมระหว่างวิธี SLC และ ALC

ผลการคำนวณการจัดกลุ่มชิ้นงานใช้วิธี Single linkage clustering (SLC) และ Average linkage clustering (ALC) และหาค่าต้นทุนเป้าหมายต่ำสุด แสดงดังภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนสำหรับวิธีการ SLC



ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนสำหรับวิธีการ ALC

ทั้งนี้ในการวิเคราะห์เลือกจำนวนกลุ่มชิ้นงานที่เหมาะสม อาจมีเงื่อนไขเพิ่มเติมในการเลือก ซึ่งอาจต้องอาศัยประสบการณ์ และความชำนาญพิเศษของนักวางแผน หรือทรัพยากรอื่นๆ ของบริษัท เพื่อความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้เลือกจำนวนกลุ่มที่ 4 กลุ่ม ที่ได้จากผลการคำนวณโดย Spreadsheet เป็นสำคัญ โดยยังไม่พิจารณาถึงเงื่อนไขอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนในการคำนวณ และสามารถนำไปเป็นต้นแบบสำหรับบริษัทกรณีศึกษา ในการพัฒนาเป็นแผนกระบวนการผลิตมาตรฐานต่อไป

ผลจากการใช้หลักการ GT ในการจัดกลุ่มชิ้นงาน สามารถแบ่งกลุ่มได้ 4 กลุ่ม ตามระบบการกำหนดรหัสแบบ "TDMC Code" ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับบริษัทผู้ผลิตเครื่องบรรจุภัณฑ์ จากผลการวิจัยที่ได้ บริษัทสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนกระบวนการผลิตมาตรฐานได้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แผนกระบวนการผลิตมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (เครื่อง SEMI-AUTO MAXI CAP 1 HD.)

กลุ่มที่	ประเภทเครื่องจักร								
	L	M	G	CNC	MC	S	C	F	W
1	N/A	02 (SS) 02 (SM) 02 (ES) 11 (DM) 12 (DM)	N/A	N/A	N/A	03 (M8) 03 (M12)	01	16	17 (WW)
2	04 (IP) 05 (IT) 06 (IC) 07 (IC) 08 (IS) 09 (IH) 10 (IGR) 02 (SS) 02 (SM) 02 (SL)	11 (DM) 12 (DM) 02 (SS) 02 (SM) 02 (ES)	N/A	N/A	N/A	03 (M6) 03 (M8) 03 (M10) 03 (M12) 03 (M16)	N/A	N/A	17 (WW)
3	04 (IP) 09 (IH)	11 (DM) 13 (DM) 02 (SS) 15 (IG)	N/A	N/A	N/A	03 (M8)	N/A	N/A	N/A
4	04 (IP) 05 (IT) 08 (IS) 09 (IH) 02 (SS) 02 (SM) 02 (SL) 02 (ES)	11 (DM) 14 (DM) 02 (ES)	N/A	05 (IT) 09 (IH) 04 (IP)	11 (DM)	N/A	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในช่องแสดงกระบวนการผลิต และตัวอักษรในวงเล็บแสดงเครื่องมือที่ใช้

2. N/A หมายถึง ไม่ได้ใช้เครื่องจักรในช่องดังกล่าว

4. สรุปผลการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาแผนกระบวนการผลิตมาตรฐานด้วยเทคโนโลยีการจัดกลุ่ม (Group Technology) นับเป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับระบบการผลิตที่มีจำนวนการผลิตแต่ละครั้งต่ำ และความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสูง (Low-Volume and High-Variety) หรือลักษณะของระบบการผลิตแบบลูกค้าสั่งทำ เนื่องจากเทคนิคดังกล่าวสามารถแบ่งชิ้นงานออกเป็นประเภทหลักๆ ตามรูปร่างลักษณะ และกระบวนการผลิตทำให้นักวางแผนสามารถวางแผนได้สะดวก และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดการประหยัดต้นทุนในกระบวนการผลิต และใช้ประโยชน์จากเครื่องมือเครื่องจักร อย่างคุ้มค่าที่สุด

การนำเทคนิคการจัดกลุ่มโดยใช้การกำหนดรหัสชิ้นงานตามระบบ "TDMC Coding" ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ เป็นระบบที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับอุตสาหกรรมแบบลูกค้าสั่งทำทั่วไป เช่น อุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์ หรือผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งข้อดีที่สำคัญของการกำหนดรหัสชิ้นงานแบบ "TDMC Coding" นี้ คือ ปรับปรุงมาจากระบบ "Opitz Coding" ซึ่งเป็นระบบมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับทั่วโลก และการกำหนดรหัสด้วยตัวเลขจำนวน 9 หลักนี้สามารถพัฒนาต่อไปสู่ระบบอัตโนมัติได้ เช่น การทำบาร์โคดอ่านรหัสชิ้นงาน การพัฒนาโปรแกรมที่สามารถเชื่อมโยงกับโปรแกรมออกแบบทั่วไป เป็นต้น แต่อุปสรรคสำคัญในการประยุกต์ใช้งานจริง คือ การไม่ยอมรับในสิ่งใหม่ๆ ของผู้ใช้งานในโรงงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานที่ทำการผลิตมานานแล้ว และมีการกำหนดรหัสชิ้นงานตามความเข้าใจของผู้ผลิตเอง การนำเสนอในสิ่งที่แปลกใหม่อาจทำให้ผู้ผลิตเกิดการต่อต้าน และเห็นว่าการปรับเปลี่ยนรหัสชิ้นงานอาจส่งผลกระทบต่อระบบการผลิตที่มีมาแต่เดิม เพราะฉะนั้นการประยุกต์ใช้ระบบ "TDMC Coding" ที่เหมาะสมที่สุด ควรเริ่มกับโรงงานที่เพิ่งเริ่มดำเนินกิจการ และมีแนวโน้มที่จะใช้เครื่องมือเครื่องจักรแบบอัตโนมัติ หรือกึ่งอัตโนมัติ

สำหรับวิธีการคำนวณการแบ่งกลุ่มโดยวิธี SLC และ ALC ให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันไม่มากนัก ถึงแม้ในงานวิจัยจะสรุปให้เลือกใช้วิธี ALC ในการแบ่งกลุ่มชิ้นงานออกเป็น 4 กลุ่ม ซึ่งจะทำให้เกิดต้นทุนเป้าหมายต่ำสุด แต่เนื่องจากเป็นการพิจารณาจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพียงชนิดเดียว อาจยังไม่สามารถแสดงได้ว่าวิธี ALC จะเหมาะสมกว่าวิธี SLC หากวิเคราะห์จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนเป้าหมายของทั้งสองวิธี จะเห็นได้ว่าทั้งสองวิธีให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตในการพิจารณาเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม และสะดวกที่สุด โดยคำนึงถึงเงื่อนไข และทรัพยากรต่างๆ ภายในโรงงานเป็นสำคัญ

จากการนำผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม มาพัฒนาเป็นแผนกระบวนการผลิตมาตรฐาน สามารถสร้างแผนงานต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อนักวางแผนในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เป็นการสะดวก ประหยัดเวลา และลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะ การจัดกลุ่มตามส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์แบบเดิมของบริษัทเดลแมกซ์แมชินเนอรี่ จำกัด (บริษัทกรณีศึกษา) จะเห็นได้ว่าการจัดกลุ่มตามวิธีการที่พัฒนาขึ้นสามารถประหยัดค่าใช้ให้กับบริษัทได้ถึง 11,500 บาท/ผลิตภัณฑ์ (สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบตั้งแต่ 1,000 ชิ้น ขึ้นไป) นอกจากนี้การมีแผนกระบวนการผลิตมาตรฐาน ทำให้บริษัทมีความพร้อมในการเตรียมการผลิตได้ล่วงหน้า และช่วยลดเวลาในช่วงการเตรียมแผนกระบวนการผลิต เนื่องจากมีข้อมูล และโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อให้นักวางแผนสามารถตัดสินใจได้สะดวก และรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยไม่เสียเวลาในการเริ่มคิดตั้งแต่กระบวนการแรก เพียงเรียกข้อมูลเดิมที่จำเป็นกลับมาใช้ หรือปรับปรุง

เปลี่ยนแปลงบางส่วนให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ ซึ่งนับว่าเป็นการประหยัดเวลาและลดต้นทุนการผลิตในเวลาเดียวกัน สิ่งเหล่านี้นับเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินธุรกิจให้อยู่รอดได้ในปัจจุบัน

บริษัทเดลแมกซ์แมชินเนอรี่ จำกัด เป็นบริษัทที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และพร้อมรับแนวความคิดแบบใหม่ เพื่อการพัฒนาอย่างสม่ำเสมอ การพัฒนาแผนกระบวนการผลิตมาตรฐาน และการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยใน การพัฒนาแผนกระบวนการผลิตจึงเป็นอีกงานวิจัยหนึ่ง ที่สามารถช่วยให้บริษัทพัฒนาสู่ความเป็นเลิศ ในอุตสาหกรรมการผลิตได้ในอนาคต การพัฒนางานวิจัยขั้นต่อไป คือ การขยายขอบเขตไปสู่การจัดลำดับงาน การจัดตารางการผลิต การออกแบบตัวจับยึด และการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ของชิ้นงานมาตรฐานในกระบวนการผลิต รวมทั้งเพิ่มจำนวนผลิตภัณฑ์มาตรฐาน สำหรับนำไปสู่การพัฒนาแผนกระบวนการผลิตมาตรฐาน และจัดเก็บเป็นระบบฐานข้อมูลที่มีระสิทธิภาพ ซึ่งผู้ใช้ในแต่ละหน่วยงานสามารถเรียกใช้งานได้จากแหล่งข้อมูลเดียวกัน นอกจากนี้การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปต่างๆ ให้มีความสามารถในการส่งถ่ายข้อมูล และเชื่อมโยงระหว่างกันแบบอัตโนมัติ โดยไม่ต้องอาศัยผู้ใช้งานโปรแกรมเป็นผู้กรอกข้อมูล นับเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนางานวิจัยให้เกิดประโยชน์ และมีความสมบูรณ์ในการใช้งานมากยิ่งขึ้นในอนาคต

บรรณานุกรม

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และจำลอง ครูอุตสาหะ. 2542. **Visual Basic 6.0.** กรุงเทพฯ : ไทยเจริญการพิมพ์.

มานพ ตันตระบัณฑิตย์. 2539. **กรรมวิธีการผลิต.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

พิภพ ลลิตาภรณ์. 2542. **ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

Bertrand, J.W.M. and D.R. Muntslag. 1993. "Production control in engineering-to-order firms". **Int. Journal of Production Economics.** 30 (6) : 3-22.

Caron, F. and A. Fiore. 1995. "Engineering-to-order companies : how to integrate manufacturing and innovative processes". **Int. Journal of Project Manage**. 13(..เดือน..) : 313-319.

Chung, H.Y. 2000. "A customer-focused planning approach to make-to-order production". **Ind. Manage. and Data Sys**. 100 (4) : 180-187.

Chung, W.W.C. and S.K.O. Chik. 2001. "Computerization strategy for small manufacturing enterprises in Hongkong". **Int. J. Computer Integrated Manufacturing**. 14 (2) : 141-153.

Esmail, K.K. 1996. "A changing paradigm". **IIE Manufacturing Engineering**. December : 295-298.

Fry, T.D., Oliff, M.D., Minor, E.D. and G.K. Leong. 1989. "The effects of product structure and sequencing rule on assembly shop performance". **Int. J. of Production Res.** 27 : 671-686.

Gawlik, E. 1998. The analysis of methods for computer aided process planning. Cracow Univ. of Technology. Available http:// www.fstroj.utc.sk/journal/engl/011/011.htm. June 23, 2001.

Girdhar, A. and A. Mital. 2000. Exploring an expansion of group technology part coding based on functionality, pp. 1-7. In Proc. 5th Annual International Conference on Industrial Engineering, Hsinchu, Taiwan.

Groover, M.P. 1996. **Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Process, and Systems**. New Jersey : Prentice Hall.

Gunasekaram, A., Marri, H.B., Mcgaughey, R. and R.J. Grieve. 2001. "Implications of organization and human behaviour on the implementation of CIM in SMEs : an empirical analysis". **Int. J. Computer Integrated Manufacturing**. 14 (2) : 175-185.

Halevi, G. 1998. "Prouduction management issues for the next century". **Production Planning and Control**. 9 (8) : 735-741.

Hendry, L.C. and B.G. Kingsman. 1989. "Production planning systems and their applicability to make to order companies". **European J. of Operation Res**. 40 : 1-15.

Hicks, C. and P.M. Braidan. 2000. "Computer-aided production management issues in the engineering-to-order production of complex capital goods explored using a simulation approach". **Int. J. Production Res**. 38 (18) : 4783-4810.

Jain, S., Johnson, M.E. and F. Safai. 1996. "Implementing setup optimization on the shop floor". **Operation Res**. 43 (6) : 843-850.

Jasany, L.C. 1993. "MES: New control for the shop floor". **American Machinist**. July : 45-47.

King, J.R. and A.S. Spakis. 1980. "Scheduling : bibliography and review". **Int. J. of Physical Distribution and Material Manage**. 10 : 105-132.

Little, D., Rollins, R., Peck, M. and J.K. Porter. 2000. "Intergrated planning and scheduling in the engineering-to-order sector". **Int. J. of Computer Integrated Manufacturing**. 13 (6) : 545-554.

Offodile, O.F and J. Grznar. 1997. "Part family formation for variety reduction in flexible manufacturing system". **Int. J. of Operations and Production Manage**. 17 (3) : 291-304.

Opitz, H. 1970. A Classification System to Describe Workpiece. Part I and II, New York : Pergamon Press.

Opitz, H. and H.P. Wiendahl. 1971. "Group technology and manufacturing systems in small and medium quantity production". **Int. J. of Production Res**. 17 (9) : 181-203.

Opitz, H., Eversheim, W. and H.P. Wiendahl. 1969. "Workpiece classification and its industrial applications". **Int. J. of Machine Tool Design and Res**. 21 (9) : 39- 50.

Pendey, P.C. and P.N. Ngamvinijsakul. 1995. "Planning for modular fixtures in flexible manufacturing system". 3rd **International Conference of Computer Integrated Manufacturing Proc.**, 1 : 757-763.

Rahimifard, S. and S.T. Newman. 2000. "A reactive multi-flow approach to the planning and control of flexible machining facilities". **Int. J. Computer Integrated Manufacturing**. 13 (4) : 311-323.

Ralston, D. and T. Munton. 1987. Computer integrated manufacturing. **Computer- Aided Engineering J.** August : 167-174.

Singh, N. 1996. Systems Approach to Computer-Integrated Design and Manufacturing. Hamilton, Canada : John Wiley & Sons.

Solaja, V.B. and S.M.Urosevic. 1973. "The Method of Hypothetical Group Technology Production lines", **CIRD Annals**, 22(1) : 145 - 148.

Tang, C.S. and E.V. Denado. 1988. "Model arising from a flexible manufacturing machine Part I: Minimization of the number of tool switches". **Operation Res.** 36 : 767-777.

The Cons

บทคัดย่อ

การท
สังคมศาสตร์ ส
ตัวแปร 2 ตัว
ทุกระดับ เพียง
ความสนใจคือ
การวิจัยหรือวิท

Abstract

Chi
Research. It c
two variable
every data lev
Chi - Square
Crosstabulatio

* ผู้ช่วยศาสตราจ