

การออกแบบโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบโมดูลาร์โดยใช้การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม :
กรณีศึกษาเครื่องพิมพ์อุตสาหกรรม

Designing modular product architecture using clustering analysis :

A printing machine case study

ทงศักดิ์ คงสินธุ์^{1*} ณัฐวุฒิ จันทรวงศ์²

^{1,2} ศูนย์วิจัยระบบการผลิตแบบรวม, ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail: tanongsak9797@gmail.com, Nattawutj@kmutnb.ac.th

Tanongsak Kongsin^{1*} Nattawut Janthong²

^{1,2} Integrated Manufacturing System Research Center, Department of Production Engineering,
Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

E-mail: tanongsak9797@gmail.com, Nattawutj@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การออกแบบเครื่องจักรจำเป็นต้องคำนึงถึงความง่ายต่อการปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่หลากหลายของลูกค้า การซ่อมบำรุงและการอัพเกรดเพื่อเพิ่มสมรรถนะการทำงาน ระหว่างการใช้งาน และกระบวนการฟื้นฟูสภาพเครื่องจักรเมื่อสิ้นสุดอายุการใช้ การออกแบบโครงสร้างผลิตภัณฑ์และโมดูลชิ้นส่วนจึงเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะสนับสนุนต่อการทำงานดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามพบว่านักออกแบบมีวิธีการกำหนดโมดูลชิ้นส่วนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ผลที่ตามมาคือเกิดความยุ่งยากซับซ้อนในกระบวนการผลิตของผู้ผลิตและกระบวนการบำรุงรักษาของผู้ใช้งาน ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาระเบียบวิธีการเพื่อเป็นแนวทางให้นักออกแบบสามารถจัดแบ่งโครงสร้างผลิตภัณฑ์และโมดูลชิ้นส่วนที่เหมาะสม โดยใช้การวิเคราะห์การจัดกลุ่มซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วน คือการหาจำนวนโมดูลชิ้นส่วนจากค่าความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนด้วยวิธีแฉีกการ์ด และการกำหนดสมาชิกชิ้นส่วนแต่ละโมดูลจากระยะทางระหว่างชิ้นส่วนด้วยวิธีเค-มีนส์ โดยใช้ชุดโมดูลพิมพ์กระดาษเครื่องพิมพ์อุตสาหกรรมเป็นกรณีศึกษาเพื่อแสดงแนวทางในการวิเคราะห์ปรับเปลี่ยนโมดูลชิ้นส่วนและโครงสร้างผลิตภัณฑ์ เฉพาะชิ้นส่วนหรือโมดูลนั้น ๆ ให้เข้ากับเทคโนโลยีในอนาคตได้

คำหลัก การออกแบบโมดูล วิเคราะห์การจัดกลุ่ม วิธีเค-มีนส์ วิธีแฉีกการ์ด

Abstract

The mechanical design is necessary to simply modify equipment parts for responding various customer's demands. Maintenance process, up-grading, replacement, product and modular part design are the general basics of mechanical design. The complicated effects occur while manufacturing process and maintenance process. Clustering analysis that divided into two parts used for studying the suitable process by the concept of this analysis in the clustering of module from the relationship between each part by means of Jaccard method and an item in the cluster is defined by the length between each part for grouping the product architecture following k-means method. The printing machine is used in a case study to demonstrate the analysis trends of modular part and product architecture.

Keywords: Modular design, Clustering analysis, K-means method, Jaccard method.

1. บทนำ

ในโลกปัจจุบันนี้เครื่องจักรมีส่วนสำคัญที่ทำให้การดำเนินชีวิตของคนเรามีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีผลในการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศให้รุดหน้าทัดเทียมกับประเทศอื่น ๆ เพราะฉะนั้นการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรให้มีความทันสมัย เป็นการช่วยเพิ่มศักยภาพในกระบวนการผลิตได้

การออกแบบและพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องจักรในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และมีกำลังการผลิตสูง โดยทั่วไปจะมีการใช้วิธีการออกแบบที่รวมชิ้นส่วนประกอบของเครื่องจักรแต่ละชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน โดยไม่ตระหนักถึงวิธีการจัดกลุ่มชิ้นส่วน ทำให้ความสามารถด้านการพัฒนาวิธีการซ่อมบำรุงหรือการถอดประกอบ การปรับปรุงแก้ไข อีกทั้งการปรับให้เข้ากับเทคโนโลยีในอนาคตนั้นทำได้ยาก

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบวิธีการจัดกลุ่มชิ้นส่วนประกอบหรือการออกแบบโมดูลของเครื่องจักรที่เหมาะสม เพื่อให้การปรับปรุงแก้ไขไม่ส่งผลต่อโครงสร้างหลัก เพิ่มความสามารถในการถอดประกอบหรือซ่อมบำรุง และเพิ่มความสามารถในการปรับเปลี่ยนแก้ไขชิ้นส่วนประกอบหรือโมดูลให้เข้ากับเทคโนโลยีในอนาคตได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อส่วนประกอบอื่นของเครื่องจักร รวมไปถึงลดข้อผิดพลาดในการออกแบบที่เกิดจากผู้ปฏิบัติงาน

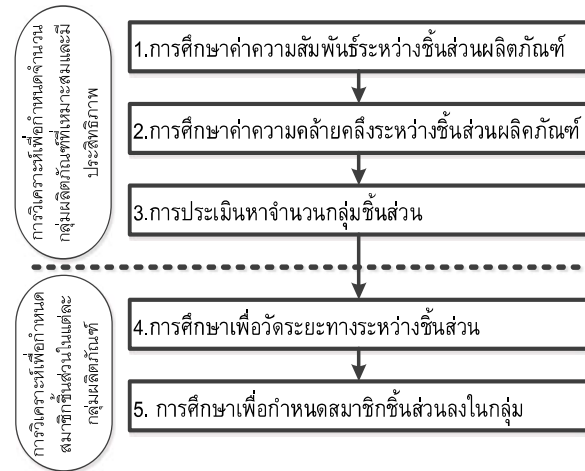
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์และเพิ่มประสิทธิภาพของการกำหนดระดับโมดูลชิ้นส่วนประกอบ [1] โดยใช้วิธี k-means จัดกลุ่มชิ้นส่วน และใช้การจัดกลุ่มตามลำดับด้วยวิธีแจคการ์ด (Jaccard) เพื่อค้นหาระดับโมดูล [2] โดยเปรียบเทียบวิธีการเชื่อมต่อ (Linkage) ระหว่าง Single Linkage กับ Complete Linkage [3] ซึ่งใช้ข้อมูลการอินเตอร์เฟซของชิ้นส่วนประกอบจากโปรแกรม CAD มาสร้างเมทริกซ์โครงสร้าง DSM เพื่อใช้งานร่วมกับการจัดกลุ่มตามลำดับด้วยวิธีแจคการ์ด (Jaccard) [4]

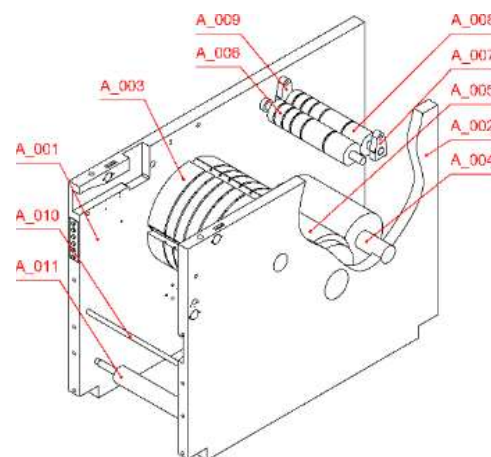
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีวิธีการดำเนินงาน ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีจำนวนชิ้นส่วนทั้งหมด 11 ชิ้น ดังแสดงใน

รูปที่ 2



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเพื่อจัดกลุ่มชิ้นส่วน



รูปที่ 2 ภาพแสดงชิ้นส่วนเครื่องจักร

3.1 การวิเคราะห์เพื่อกำหนดจำนวนกลุ่มผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์เพื่อกำหนดจำนวนกลุ่มของผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างเครื่องมือช่วยจัดกลุ่มชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ [5] โดยมีกระบวนการค้นหาจำนวนกลุ่มผลิตภัณฑ์ดังนี้

3.1.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์

ใช้วิธีเมตริกซ์ความสัมพันธ์แสดงค่าความสัมพันธ์ (Binary) ระหว่างชิ้นส่วนประกอบของโครงสร้าง

ผลิตภัณฑ์ [6] ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยระบุ "0" เมื่อ
ไม่มีความสัมพันธ์ และ "1" เมื่อมีความสัมพันธ์

ตารางที่ 1 ตารางแสดงเมตริกซ์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วน

รายการ	A_001	A_002	A_003	A_004	A_005	A_006	A_007	A_008	A_009	A_010	A_011
A_001	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
A_002	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
A_003	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A_004	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A_005	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A_006	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A_007	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A_008	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A_009	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A_010	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A_011	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1

3.1.2 การศึกษาค่าความคล้ายคลึงระหว่าง ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์

การคำนวณหาความสัมพันธ์ (Dependency Coefficient) ระหว่างคู่ชิ้นส่วนแต่ละชิ้น ด้วยวิธีแจ็กการ์ด (Jaccard) [6] โดยใช้สมการที่ (1), (2)

$$S(A,B) = \frac{A \cap B}{A \cup B} = \frac{A}{A+B+C} \quad (1)$$

$$D(A,B) = \frac{B+C}{A+B+C} = 1 - S(A,B) \quad (2)$$

โดยที่ S คือค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่างระหว่าง

ชิ้นส่วน A คือค่าความต่างที่ "a" B คือค่าความต่างที่ "b" C คือค่าความต่างที่ "c" D คือระยะทางระหว่างข้อมูล

โดยพิจารณาสมาชิกระหว่างชิ้นส่วน A และ B สามารถกำหนดได้ ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยกำหนดให้

คอลัมน์ "a" หมายถึง กรณี A = 1 และ B = 1

คอลัมน์ "b" หมายถึง กรณี A = 0 และ B = 1

คอลัมน์ "c" หมายถึง กรณี A = 1 และ B = 0

นำข้อมูลค่าความต่างของชิ้นส่วนจากตารางที่ 2 มาคำนวณหาระยะห่างระหว่างข้อมูลได้จากสมการที่ (2) โดยแสดงค่าระยะห่างระหว่างชิ้นส่วนดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ตารางแสดงการพิจารณาค่าความแตกต่างของชิ้นส่วน

คุณลักษณะ						
	หน่วย	A_001	A_002	a	b	c
หน่วย	A_001	1	0	-	-	1
	A_002	0	1	-	1	-
	A_003	1	1	1	-	-
	A_004	1	1	1	-	-
	A_005	1	1	1	-	-
	A_006	1	1	1	-	-
	A_007	0	1	-	1	-
	A_008	0	0	-	-	-
	A_009	1	0	-	-	1
	A_010	1	1	1	-	-
	A_011	1	1	1	-	-
ผลรวมความถี่				6	2	2

ตารางที่ 3 ตารางแสดงค่าระยะห่างระหว่างชิ้นส่วน

รายการ	A_001	A_002	A_003	A_004	A_005	A_006	A_007	A_008	A_009	A_010	A_011
A_001 ผนังข้างด้านซ้าย(ส.พ10)	0	0.60	0.22	0.22	0.22	0.22	0	0.10	0.22	0.22	0.22
A_002 ผนังข้างด้านขวา	0.60	0	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.10	0	0.22	0.22
A_003 โมจับพากระดาษ	0.22	0.22	0	0.50	0.50	0.50	0.20	0	0.20	0.50	0.50
A_004 โมมิดคัต	0.22	0.22	0.50	0	0.50	0.50	0.20	0	0.20	0.50	0.50
A_005 โมเข็มจับพากระดาษ	0.22	0.22	0.50	0.50	0	0.50	0.20	0	0.20	0.50	0.50
A_006 ลูกกลิ้งตึงกระดาษ	0.22	0.22	0.50	0.50	0.50	0	0.20	0	0.20	0.50	0.50
A_007 แท่งตึงระยะหนีบตึงกระดาษ	0	0.22	0.20	0.20	0.20	0.20	0	0.50	0.20	0.20	0.20
A_008 ลูกกลิ้งตึงกระดาษ	0.10	0.10	0	0	0	0	0.50	0	0.50	0	0
A_009 แท่งตึงระยะหนีบตึงกระดาษ	0.22	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.50	0	0.20	0.20
A_010 เพลาH	0.22	0.22	0.50	0.50	0.50	0.50	0.20	0	0.20	0	0.50
A_011 ลูกกลิ้งสายพานส่งกระดาษ	0.22	0.22	0.50	0.50	0.50	0.50	0.20	0	0.20	0.50	0

3.1.3 การประเมินหาจำนวนกลุ่มชิ้นส่วน

นำค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลจากตารางที่ 3 มาจัดกลุ่มใหม่โดยพิจารณาจากรูปแบบการเชื่อมโยงของข้อมูลที่นิยมใช้มากที่สุด 2 รูปแบบ[6] คือ Complete Linkage และ Single Linkage โดยอาศัยสมการที่ (3),(4),(5),(6)

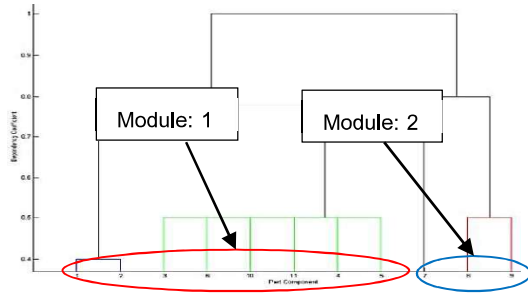
$$D_{(C_i, C_j)} = \max_{x \in C_i, y \in C_j} d(x, y) \quad (3)$$

$$D_{(C_i, C_j)} = \max_{x \in C_i, y \in C_j} (D(x_i, x_j), D(x_j, x_k)) \quad (4)$$

$$D_{(C_i, C_j)} = \min_{x \in C_i, y \in C_j} d(x, y) \quad (5)$$

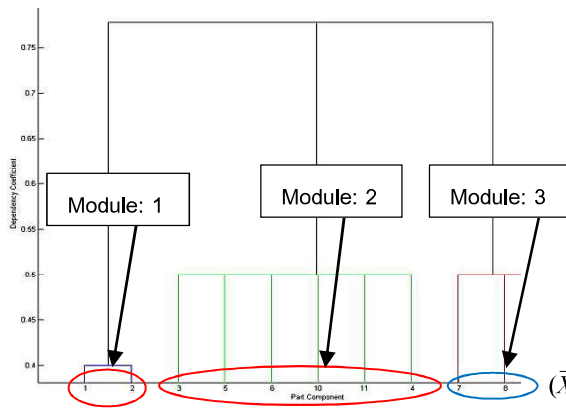
$$D_{(C_i, C_j)} = \min_{x \in C_i, y \in C_j} (D(x_i, x_j), D(x_j, x_k)) \quad (6)$$

โดยที่ $D(.,.)$ คือระยะห่างระหว่างข้อมูล และ $d(.,.)$ คือค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ แสดงผลโดย Dendrogram ดังรูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 3 แสดงภาพ Dendrogram พิจารณาโดย Complete Linkage

สมาชิกของกลุ่มมีดังนี้ Module:1 =(1, 2) (3, 4, 5, 6, 10, 11) Module:2 = (7, 8, 9)



รูปที่ 4 แสดงภาพ Dendrogram พิจารณาโดย Single Linkage

สมาชิกของกลุ่มมีดังนี้ Module:1 =(1, 2) Module:2 =(3, 4, 5, 6, 10, 11) Module:3 =(7, 8, 9)

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบวิธีการเชื่อมโยงข้อมูล

ลำดับ	เกณฑ์การประเมินเลือกวิธีการเชื่อมโยงข้อมูล (Linkage)	Complete	Single
1	การแก้ไขที่ไม่ส่งผลต่อโครงสร้างหลัก	✓	✗
2	การถอดประกอบหรือซ่อมบำรุง	✓	✓
3	การปรับเปลี่ยนแก้ไขชิ้นส่วนเครื่องจักร	✓	✓
4	ลดข้อผิดพลาดในการออกแบบ	✓	✗

ผลจากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า Complete Linkage ดีกว่า Single Linkage ในด้านของการแก้ไข

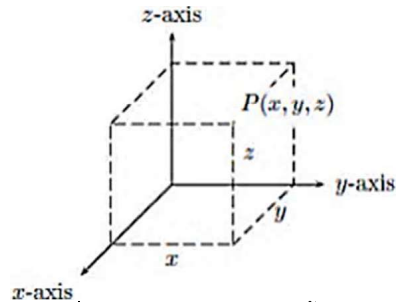
ที่ไม่ส่งผลต่อโครงสร้างหลักและลดข้อผิดพลาดในการออกแบบได้

3.2 การวิเคราะห์เพื่อกำหนดสมาชิกชิ้นส่วนในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์

การกำหนดสมาชิกของแต่ละกลุ่มมีกระบวนการค้นหาข้อมูลดังนี้

3.2.1 การศึกษาเพื่อวิเคราะห์ระหว่างชิ้นส่วน

การวิเคราะห์ระหว่างชิ้นส่วนกับจุดศูนย์ถ่วงดังแสดงในรูปที่ 5 โดยกำหนดจุดอ้างอิงจากตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงผลิตภัณฑ์ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยอาศัยสมการที่ (7) เพื่อคำนวณหาพิกัดตำแหน่งชิ้นส่วนดังแสดงในตารางที่ 5



รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งระหว่างชิ้นส่วน

$$(\bar{X}\Sigma V = \Sigma \bar{X}V, \bar{Y}\Sigma V = \Sigma \bar{Y}V, \bar{Z}\Sigma V = \Sigma \bar{Z}V) \quad (7)$$

โดย V คือปริมาตร (mm^3) $\bar{X}$ คือระยะทางในแนวแกน X $\bar{Y}$ คือระยะทางในแนวแกน Y และ $\bar{Z}$ คือระยะทางในแนวแกน Z โดยค่าที่ได้ แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางแสดงค่าพิกัดตำแหน่งชิ้นงาน

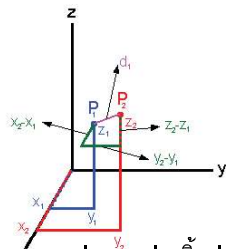
รายการ	P		
	X	Y	Z
A_001 ผนังข้างด้านซ้าย(ส.พ10)	-436.32	89.68	-64.64
A_002 ผนังข้างด้านขวา	498.21	-57.36	-60.48
A_003 โมจับพากระดาษ	31.75	-350.68	268.91
A_004 โมมีดตัด	28.63	575.28	-134.17
A_005 โมเข็มจับพากระดาษ	31.06	129.70	-134.17
A_006 ลูกกลิ้งตีกระดาษ	33.20	440.27	587.83
A_007 แท่งตั้งระยะหนีบตีกระดาษ	435.13	590.27	614.72
A_008 ลูกกลิ้งตีกระดาษ	33.20	590.27	585.83
รายการ	P		
	X	Y	Z
A_009 แท่งตั้งระยะหนีบตีกระดาษ	-369.87	590.27	614.72
A_010 เพลลาH	32.63	-1079.73	-194.42
A_011 ลูกกลิ้งสายพานส่งกระดาษ	95.15	-1001.06	-601.92

3.2.2 การศึกษาเพื่อกำหนดสมาชิกชั้นส่วนลงในกลุ่ม

ใช้วิธีเคมีนส์(k-means)ในการการตัดแบ่ง (Partition) ออกเป็นจำนวน k กลุ่ม โดยมีวิธีการดังนี้

1.สุ่มค่าเริ่มต้น จำนวน k ค่า โดยกำหนดค่า k = 2 จากการพิจารณาโดยวิธีการแบบ Complete Linkage ดังแสดงในรูปที่ 4

2.ทำการคำนวณค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลตั้งแสดงในรูปที่ 6 โดยใช้สมการที่ (8) และพิจารณาจัดกลุ่มข้อมูลใหม่ โดยข้อมูลใดอยู่ใกล้ค่าจุดศูนย์กลางมากที่สุดก็ให้อยู่กลุ่มนั้น



รูปที่ 6 แสดงระยะห่างระหว่างชั้นส่วนสองชั้น

$$d_1 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \quad (8)$$

โดย d_1 คือระยะห่างระหว่างชั้นส่วน x คือระยะทางในแกน x y คือระยะทางในแกน y และ z คือระยะทางในแกน z เมื่อ k=2 จึงทำการสุ่มจุดศูนย์กลางเริ่มต้นของ กลุ่ม ดังนี้ C1=-436.32,89.68,-64.64 และ C2=369.87, 590.27, 614.72 ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตารางแสดงสมาชิกของกลุ่ม และจุดศูนย์กลางกลุ่ม

รายการ	C1	C2	Cluster
A_001 ผึ้งข้างด้านซ้าย(พ.ส)10)	0.00	846.48	1
A_002 ผึ้งข้างด้านขวา	946.04	1276.28	1
A_003 โมจับพากรดาด	724.06	1079.94	1
A_004 โมมีดตัด	675.88	848.45	1
A_005 โมเข็มจับพากรดาด	474.22	966.28	1
A_006 ลูกกลิ้งตึงกระดาษ	876.97	430.92	2
A_007 แท่งตึงระยะหนีตึงกระดาษ	1213.07	805.00	1

รายการ	C1	C2	Cluster
A_008 ลูกกลิ้งตึงกระดาษ	945.60	404.10	2
A_009 แท่งตึงระยะหนีตึงกระดาษ	846.48	0.00	2
A_010 เพลาH	1266.60	1898.85	1
A_011 ลูกกลิ้งสายพานส่งกระดาษ	1326.97	2056.40	1

3.คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ของแต่ละกลุ่มโดยใช้สมการที่(9) เพื่อหาค่าจุดศูนย์กลาง (centroid) ใหม่ของแต่ละกลุ่ม

$$\mu_i = \frac{1}{N_i} \sum_{x_i \in S_i} x_j \quad (9)$$

โดย μ_i คือจุดศูนย์กลาง N_i คือจำนวนสมาชิกของ

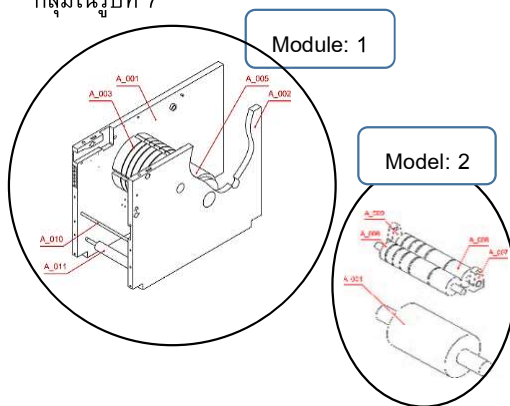
แต่ละกลุ่ม x_j คือตำแหน่งระยะทางของสมาชิก

4.ทำซ้ำกลับไปยังข้อ 2 จนกระทั่ง ค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและสมาชิกของแต่ละกลุ่ม

รายการ	C1	C2	Cluster
A_001 ผึ้งข้างด้านซ้าย(พ.ส)10)	672.48	840.71	1
A_002 ผึ้งข้างด้านขวา	562.15	927.11	1
A_003 โมจับพากรดาด	401.11	926.58	1
A_004 โมมีดตัด	953.62	588.25	2
A_005 โมเข็มจับพากรดาด	508.07	726.99	1
A_006 ลูกกลิ้งตึงกระดาษ	1089.46	177.92	2
A_007 แท่งตึงระยะหนีตึงกระดาษ	1284.05	435.26	2
A_008 ลูกกลิ้งตึงกระดาษ	1205.03	136.11	2
A_009 แท่งตึงระยะหนีตึงกระดาษ	1289.96	434.21	2
A_010 เพลาH	704.40	1760.67	1
A_011 ลูกกลิ้งสายพานส่งกระดาษ	782.54	1883.32	1

จากตารางที่ 7 ค่าจุดศูนย์กลางที่ไม่เปลี่ยนแปลงคือ $C1 = 42.08, -378.27, -131.12$ และ $C2 = 32.06, 557.27, 453.79$ โดยแสดงสมาชิกของกลุ่มในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ภาพแสดงผลการจัดกลุ่มที่ได้จาก K-means สมาชิกของกลุ่มที่แสดงในรูปที่ 7 มีดังนี้ Module:1 =(1, 2, 3, 5, 10, 11) Module:2 =(4, 6, 7, 8, 9)

ตารางที่ 8 ตารางเปรียบเทียบระหว่าง Jaccard กับ k-means

รายการชิ้นส่วน	Jaccard	k-means
A_001 ผนังข้างด้านซ้าย(ส.พ10)	1	1
A_002 ผนังข้างด้านขวา	1	1
A_003 โมจับพาดกระดาด	1	1
A_004 โมมัดตัด	1	2
A_005 โมเข็มจับพาดกระดาด	1	1
A_006 ลูกกลิ้งดึงกระดาด	1	2
A_007 แท่งตั้งระยะหนีบดึงกระดาด	2	2
A_008 ลูกกลิ้งดึงกระดาด	2	2
A_009 แท่งตั้งระยะหนีบดึงกระดาด	2	2
A_010 เพลลาH	1	1
A_011 ลูกกลิ้งสายพานส่งกระดาด	1	1

จากตารางที่ 8 กำหนดให้ “1” คือกลุ่ม Module:1 “2” คือกลุ่ม Module:2 เพื่อแสดงการกำหนดสมาชิกของโมดูลระหว่างวิธี Jaccard และ k-means ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีเค-มีนส์(k-means) สามารถกำหนด

สมาชิกของโมดูลได้ดีกว่าการใช้วิธีแจ็กการ์ด (Jaccard) เพียงอย่างเดียว

4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาวิธีการเพื่อจัดกลุ่มชิ้นส่วนที่มีความซับซ้อน โดยใช้วิธีแจ็กการ์ด (Jaccard) ที่มีการวัดค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วน เพื่อค้นหาจำนวนกลุ่มผลิตภัณฑ์ และใช้วิธีเค-มีนส์(k-means) ที่ใช้การค้นหาสมาชิกที่ใกล้กับจุดศูนย์กลางของโมดูลมากที่สุด เพื่อกำหนดสมาชิกของแต่ละกลุ่ม ซึ่งนำไปสู่การจัดแบ่งโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบโมดูลาร์ (Modular) โดยใช้กรณีศึกษาการแบ่งกลุ่มชิ้นส่วนชุดโมดูลพับกระดาษเครื่องพิมพ์ซึ่งมีจำนวนโมดูลเดิมอยู่ 1 โมดูล เมื่อใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นจัดแบ่งกลุ่มชิ้นส่วนใหม่ได้ 2 โมดูล ซึ่งจะเห็นได้ว่าเครื่องมือนี้มีความเหมาะสมมากการใช้วิธีเค-มีนส์(k-means) หรือด้วยวิธีแจ็กการ์ด(Jaccard) เพียงอย่างเดียว จึงนำไปสู่การแตกกลุ่มชิ้นส่วนของชุดโมดูลพับกระดาษเครื่องพิมพ์อุตสาหกรรมที่ไม่กระทบต่อโครงสร้างหลัก รวมไปถึงความสามารถในการถอดประกอบหรือซ่อมบำรุง และเพิ่มความสามารถในการปรับเปลี่ยนแก้ไขชิ้นส่วนประกอบหรือโมดูลให้เข้ากับเทคโนโลยีในอนาคตได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อส่วนประกอบอื่น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Tarek AlGeddawy, Hoda ElMaraghy, Determining Granularity of Changeable Manufacturing Systems Using Changeable Design Structure Matrix and Cladistics, Journal of Mechanical Design, APRIL 2015, Vol. 137
- [2] Manju Kaushik, Bhawana Mathur, Comparative Study of K-Means and Hierarchical Clustering Techniques, ISSN 2014, Volume 2
- [3] Noor Rashidah R., Sabri A. and Safiek M., A comparison Between Single Linkage and Complete Linkage in Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis for Identifying Tourists Segments, IIUM Engineering Journal, Vol. 12, No. 6, 2011
- [4] B.M. Li, S.Q. Xie, Module partition for 3D CAD assembly models a hierarchical clustering method

based on component dependencies International
Journal of Production Research, 2015

[5] จิณกมล ลุยจันทร์ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง.,2554.
พัฒนาวิธีการออกแบบเพื่อจัดกลุ่มชิ้นส่วนสำหรับ
ผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน. การประชุมวิชาการด้าน
การพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ
ครั้งที่ 2 (CIOD 2011)

[6] Guojun Gan, Chaqun Ma, Jianhong Wu,
DataClustering Theory, Algorithms, and
Applications, SIAM, 2000