



วิธีการทางฮิวริสติกส์สำหรับการจัดสมดุลสายการผลิตหมวกกันน็อก Heuristic Methods for Production Line Balancing of Helmets

เชษฐา ชำนาญหล่อ^{1*} และ วริศรา ยนต์พงษ์¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.ชลบุรี 20230

*Corresponding Author, Email: chettha@eng.src.ku.ac.th

Received: 10 July 2017 | Revised: 14 April 2018 | Accepted:

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตในแผนกเย็บด้านในหมวกกันน็อก (Helmets) โดยเริ่มต้นศึกษาและพิจารณางานย่อยที่สามารถปรับปรุงวิธีทำงาน (Work improvement) ด้วยหลักการ ECRS หลังจากนั้น ทำการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีการกำหนดตำแหน่งจากค่าน้ำหนัก (Ranked positional weight method : RPW) และวิธีการทางฮิวริสติกส์ (Heuristics) ที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ วิธีการจัดเรียงงานแบบปกติ (Normal ranked task method : NRT) และวิธีการอัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary algorithm method : EA) จากการจัดสมดุลสายการผลิตด้านในหมวกกันน็อกทั้ง 5 รุ่น พบว่า วิธีการกำหนดตำแหน่งจากค่าน้ำหนัก (RPW) ให้ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 25.73 และวิธีจัดงานแบบปกติ (NRT) ให้ประสิทธิภาพของสายการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.99 ในขณะที่ วิธีการฮิวริสติกส์ที่มีการค้นหาคำตอบแสดงผลคำตอบที่ดีกว่า โดยวิธีการอัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการ (EA) ให้ประสิทธิภาพของสายการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 34.49

ABSTRACT

The objective of this paper is to develop the line balancing approaches of helmets production. Firstly, all work elements are studied and considered, the elements that can be improved productivity will be done with ECRS. Next, the production line is balanced by Ranked positional weight method (RPW) and developed heuristic methods such as Normal ranked task method (NRT), and Evolutionary algorithm method (EA). From production line balancing of 5 product types of helmet soft pad, it was found that RPW improves the line efficiency increased by 25.73 percent; NRT improves the line efficiency increased by 29.99 percent. Meanwhile, the heuristic method having search technique shows the better solutions as EA improve the line efficiency increased by 34.49 percent.

คำสำคัญ: การจัดสมดุลการผลิต ฮิวริสติกส์ หมวกกันน็อก

Keywords: Line balancing, Heuristic, Helmet

บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตหมวกกันน็อกหรือหมวกนิรภัยถือเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งมีบทบาทอย่างมากในการสร้างงานและรายได้ให้กับแรงงานไทย การเพิ่มศักยภาพการผลิตโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตอย่างต่อเนื่องจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ซึ่งถ้าโรงงานในอุตสาหกรรมนั้นๆ สามารถเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) ให้กับองค์กรได้สำเร็จก็จะเป็นการเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขันในอุตสาหกรรมได้ ไม่เว้นแม้แต่ โรงงานกรณีศึกษาซึ่งเป็นหนึ่งในผู้ผลิตและส่งออกหมวกกันน็อกรายหนึ่งได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์จำนวน 5 รุ่น ได้แก่ เอสอาร์ (SR) เอสซิกส์ (S6) อีเอสทรี (ES3) อาร์เอสเจย์ (RSJ) และวีอาร์เอส (VRS) โดยจากการศึกษากระบวนการผลิตและการจัดสมดุลสายการผลิตภายในแผนกเย็บด้านในหมวกกันน็อก (Helmet soft cheeks) ในปัจจุบัน พบว่า ยังคงประสบปัญหาการจัดการผลิตที่ไม่เหมาะสม มีประสิทธิภาพสายการผลิตต่ำเฉลี่ยเท่ากับ 36.46% และยังไม่สามารถผลิตได้ตามเป้าหมาย 400 ชิ้นต่อวันได้ (ปัจจุบันผลิตได้ 250 – 300 ชิ้นต่อวัน) ซึ่งปัญหานี้เกิดจากสมดุลสายการผลิตที่ไม่เหมาะสม มีเวลาในการผลิตของแต่ละสถานีงานที่มีความแตกต่างกันมาก บางสถานีงานใช้เวลาในการผลิตน้อย แต่บางสถานีงานใช้เวลาในการผลิตมาก ส่งผลให้เกิดคอขวดในสถานีงานที่ใช้เวลาในการผลิตมากและมีงานค้างอยู่ในระบบมากตามไปด้วย ในขณะที่ สถานีงานหลังจากจุดคอขวดเกิดการว่างงานซึ่งเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตต่ำ

การจัดสมดุลสายการผลิตที่ไม่เหมาะสมเป็นปัญหาที่สามารถพบได้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ อุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป และอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่งการศึกษาปัญหากลุ่มนี้ในงานวิจัยต่างๆ ได้มุ่งเน้นการพัฒนาวิธีการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดเวลาว่างงานให้น้อยที่สุด (Wei and Chao, 2011) โดยวิธีการจำลองทางคณิตศาสตร์ เช่น การโปรแกรมจำนวนเต็มฐานสอง (Binary integer-programming) (Gokcen et al., 2006; Boysen et al., 2007) การโปรแกรมจำนวนเต็ม (Integer programming) (Gokcen and Agpak, 2006) และจำนวนเต็มเชิงผสม (Mixed-integer programming) (Essafi et al., 2010) เป็นต้น จะเป็นวิธีการหลักที่ได้ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตประเภทต่างๆ ทั้งการจัดสมดุลสายการผลิต

แบบเดี่ยว (Single line) แบบขนาน (Parallel lines) หรือแบบผสม (Mixed-model line) โดยมุ่งเน้นให้จำนวนสถานีงานที่ใช้ทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด (Minimizing total number of work-stations) (เชษฐา และคณะ, 2556) อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดทางด้านเวลาที่ใช้ในการคำนวณ (CPU time) เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ (Large scale problem) ดังนั้น วิธีการทางฮิวริสติกส์ (Heuristic methods) จึงได้รับความนิยมในการศึกษาและพัฒนาวิธีการขึ้นในงานวิจัยต่างๆ เช่น การพัฒนาเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตโดยผสมผสานข้อดีระหว่างเทคนิคเรียงน้ำหนักตำแหน่ง (RPW technique) และเทคนิคคอมโซล (COMSOL technique) (บรรหาญ และณิกุล, 2554) การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจาก 4 ฮิวริสติกส์สำหรับการจัดสมดุลสายการประกอบ (นุชสรา และปรีชา, 2555) การใช้วิธีเกณฑ์เวลายาวที่สุด วิธีเกณฑ์เวลาสั้นที่สุด และวิธีเกณฑ์น้ำหนักตำแหน่งในการจัดสมดุลการผลิต (เพ็ญทิพย์ และวิสุทธิ์, 2556) หรือแม้แต่เทคนิคทางเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) เช่น การพัฒนาวิธีการดิฟเฟอเรนเชียลเอฟโวลูชัน (Differential evolution: DE) (ภาณุภรณ์ และคณะ, 2557) ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นวิธีการที่ดีที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตจากเดิมภายใต้เวลาการคำนวณที่เหมาะสม

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการพัฒนาแนวทางฮิวริสติกส์ (Heuristic approaches) ในการจัดสมดุลสายการผลิตของแผนกเย็บด้านในหมวกกันน็อก โดยวิธีการที่พัฒนาขึ้นจะถูกทดลองเชิงเปรียบเทียบในการผลิตผลิตภัณฑ์ 5 รุ่น ด้วยสมการวัตถุประสงค์ (Objective function) ที่มุ่งเน้นการทำให้จำนวนสถานีงานต่ำที่สุดเพื่อให้มีประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้น มีสายการผลิตที่เหมาะสม และสามารถนำวิธีการไปประยุกต์กับสถานการณ์การผลิตจริงได้

วิธีการดำเนินการวิจัย

หัวข้อนี้นำเสนอแนวทางในการดำเนินการวิจัย โดยเริ่มต้นด้วยการศึกษากระบวนการผลิตด้านในหมวกกันน็อกทุกรุ่นที่เป็นกรณีศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวมทั้งข้อมูลการจัดสมดุลสายการผลิตในปัจจุบัน การวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาเพื่อการปรับปรุงแก้ไขวิธีการทำงาน จากนั้น ทำการศึกษาและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาโดยการประยุกต์วิธีการทางฮิวริสติกส์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การศึกษากระบวนการผลิตด้านในหมวกกันน็อก

การผลิตผลิตภัณฑ์หมวกกันน็อกประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ทั้งส่วนที่เป็นโลหะด้านนอกใช้ในการป้องกันการกระแทก และส่วนด้านในที่เป็นผ้าและฟองน้ำที่ใช้ดูดซับแรงที่กระทำต่อ

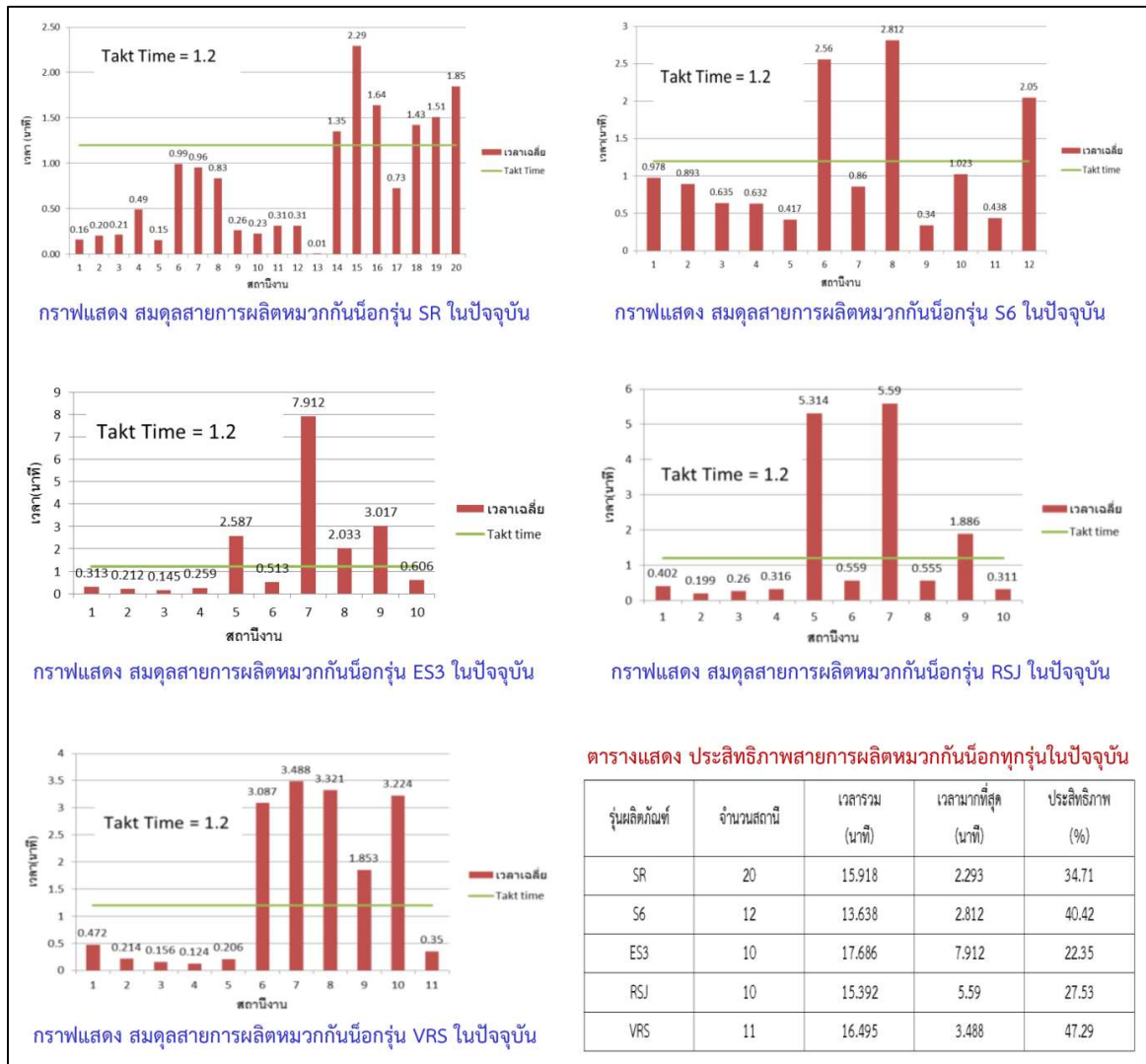
ศีรษะ โดยแผ่นกึ่งด้านในหมวกกันน็อกถือเป็นหน่วยผลิตหนึ่ง ที่ทำการเย็บชิ้นส่วนด้านในหมวกกันน็อก (Soft cheek) แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการรองรับคางและแก้มของผู้ที่สวมใส่



รูปที่ 1 ตัวอย่างชิ้นส่วนด้านในหมวกกันน็อก

โรงงานกรณีศึกษาทำการผลิตแบบตามคำสั่งซื้อ (Made to order) ซึ่งในปัจจุบันมีการผลิตสินค้าทั้งหมดจำนวน 5 รุ่นด้วยปริมาณความต้องการที่ใกล้เคียงกัน ได้แก่ รุ่นเอสอาร์ (SR) รุ่นเอสซิกส์ (S6) รุ่นอีเอสทรี (ES3) รุ่นอาร์เอสเจย์ (RSJ) และรุ่นวีอาร์เอส (VRS) โดยที่การผลิตชิ้นส่วนด้านในหมวกกันน็อกทั้งหมดจะมีขั้นตอนและรายละเอียดการผลิตที่แตกต่างกันออกไปตามความสัมพันธ์ของลำดับงานก่อน-หลัง (Precedence diagram) ของแต่ละรุ่น ซึ่งจากการจัดสมดุลสายการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกรุ่นในปัจจุบัน (ดังรูปที่ 2) แสดงให้เห็นว่า ในแต่ละสถานีนงานใช้เวลาในการผลิตที่มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก อีกทั้งยังพบว่า บางสถานีนงานใช้เวลาในการผลิตมากกว่าเวลาการผลิตต่อชิ้นที่

กำหนด (Takt time) เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการจากลูกค้า โดยมีจำนวน 20 สถานีนงานสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่นเอสอาร์ มีจำนวน 12 สถานีนงานสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์รุ่นเอสซิกส์ มีจำนวน 10 สถานีนงานสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์รุ่นอีเอสทรีและรุ่นอาร์เอสเจย์ และมีจำนวน 11 สถานีนงานสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์รุ่นวีอาร์เอส จึงทำให้มีประสิทธิภาพสายการผลิตค่อนข้างน้อย ได้แก่ ร้อยละ 34.71 ร้อยละ 40.42 ร้อยละ 22.35 ร้อยละ 27.53 และร้อยละ 47.29 สำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นตามลำดับ (SR, S6, ES3, RSJ, และ VRS) ซึ่งทำให้เห็นถึงความไม่สมดุลกันในแต่ละสถานีนงานโดยมีประสิทธิภาพสายการผลิตรวมทุกรุ่นโดยเฉลี่ยร้อยละ 34.46 ในปัจจุบัน

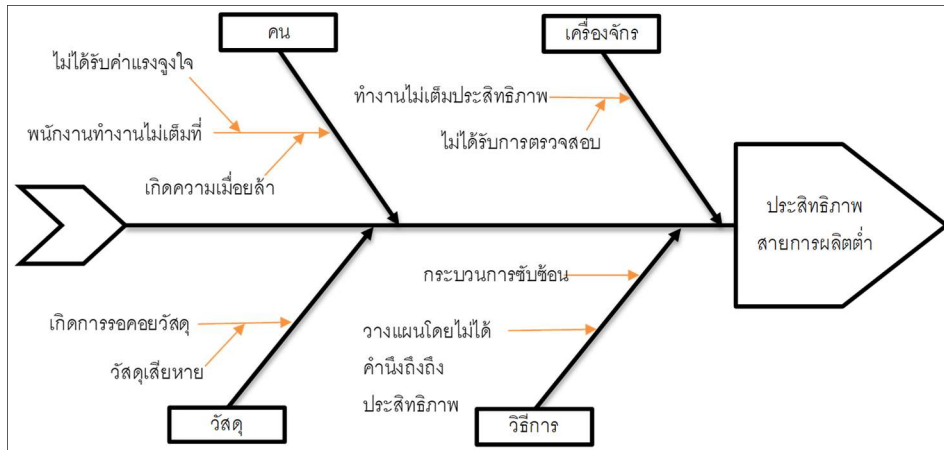


รูปที่ 2 ประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายการผลิตหมวกกันน็อกทั้ง 5 รุ่น ในปัจจุบัน

2. การวิเคราะห์ปัญหาและการปรับปรุงวิธีการทำงาน

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษารายละเอียดของปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตผลิตภัณฑ์หมวกกันน็อก เพื่อปรับปรุงการทำงานและจัดสมดุลสายการผลิตที่เหมาะสม โดยการใช้ผังก้างปลา (ดังรูปที่ 3) วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตต่ำ ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุทั้งหมด ผ่านมุมมอง 4 ด้าน ได้แก่ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วิธีการ (Method) และวัสดุ (Material) พบว่า การทำงานที่ไม่เต็มประสิทธิภาพของทั้งคนและเครื่องจักร มีสาเหตุมาจากการจัดการผลิตที่ไม่เหมาะสม

ทำให้เกิดปัญหาการว่างงานในบางสถานีงานที่ทำงานเสร็จเร็วกว่ารอบเวลาที่กำหนด ในขณะที่บางสถานีงานที่ทำงานเสร็จช้ากว่ารอบเวลาที่กำหนดทำให้เกิดปัญหาการรอคอย เนื่องจากความไม่สมดุลกันในสายการผลิต จึงทำให้ประสิทธิภาพของสายการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 รุ่นในปัจจุบันมีค่าต่ำ ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ ถึงแม้ว่า การรอคอยวัสดุจะเป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหาเนื่องจากวัสดุเกิดการเสียหายระหว่างกระบวนการจำนวนหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ความเสียหายดังกล่าวยังคงอยู่ภายใต้การควบคุมการผลิตของทางโรงงาน ดังนั้นจึงถือเป็นปัจจัยที่ยังไม่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้



รูปที่ 3 วิเคราะห์สาเหตุด้วยผังก้างปลา

การจัดการการผลิตที่เหมาะสม เริ่มต้นจากการวิเคราะห์งานย่อย (Work elements analysis) และทำการปรับปรุงวิธีการทำงานต่างๆ เหล่านั้นตามหลักการ ECRS (ยุทธณรงค์ และคณะ, 2555) เพื่อให้เวลาการทำงานของแต่ละสถานีงานใช้ในการผลิตลดลงให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ภายใต้เงื่อนไขของกระบวนการผลิต (Processing conditions) ดังนั้น ขั้นตอนของงานย่อยใดๆ ในปัจจุบันที่มีเวลาการผลิตเกินกว่าค่าเวลาการผลิตที่กำหนด (Takt time) จะได้รับการมุ่งเน้นศึกษาการทำงาน (Work study) ซึ่งการปรับปรุงการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplified working) ถูกนำมาใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

การปรับปรุงงานย่อยผลิตภัณฑ์รุ่น SR โดยการแบ่งขั้นตอน “การเย็บเวียนผ้ากับพลาสติก” ในสถานีงานที่ 14 ออกเป็น 2 งานย่อย ซึ่งทำให้ในปัจจุบัน จำนวนงานย่อยทั้งหมด 33 งานย่อยเปลี่ยนเป็น 34 งานย่อย

การปรับปรุงงานย่อยผลิตภัณฑ์รุ่น S6 โดยการแบ่งขั้นตอน “การเย็บผ้า 2 ชั้นติดกัน” ในสถานีงานที่ 6 ออกเป็น 2 งานย่อย และ “การตัดเศษด้ายและตรวจสอบคุณภาพ” ในสถานีงานที่ 18 ออกเป็น 2 งานย่อย ซึ่งทำให้ในปัจจุบัน จำนวนงานย่อยทั้งหมด 18 งานย่อยเปลี่ยนเป็น 20 งานย่อย

การปรับปรุงงานย่อยผลิตภัณฑ์รุ่น ES3 โดยการแบ่งขั้นตอน “การเย็บเวียนผ้าข้างรอบตัวห่อคางนึ่ง” ในสถานีงานที่ 5 ออกเป็น 2 งานย่อย และ “การเย็บพลาสติกติดกับผ้าห่อคางนึ่ง” ในสถานีงานที่ 7 ออกเป็น 3 งานย่อย ซึ่งทำให้ในปัจจุบัน จำนวนงานย่อยทั้งหมด 14 งานย่อยเปลี่ยนเป็น 17 งานย่อย

การปรับปรุงงานย่อยผลิตภัณฑ์รุ่น RSJ โดยการแบ่งขั้นตอน “การเย็บเวียนผ้าข้างรอบตัวห่อคางนึ่ง” ในสถานีงานที่ 5 ออกเป็น 2 งานย่อย และ “การเย็บพลาสติกติดกับผ้าห่อคางนึ่ง” ในสถานีงานที่ 7 ออกเป็น 2 งานย่อย ซึ่งทำให้ในปัจจุบัน จำนวนงานย่อยทั้งหมด 14 งานย่อยเปลี่ยนเป็น 16 งานย่อย

การปรับปรุงงานย่อยผลิตภัณฑ์รุ่น VRS โดยการแบ่งขั้นตอน “การเย็บเวียนผ้าข้างรอบตัวห่อคางนึ่ง” ในสถานีงานที่ 6 ออกเป็น 2 งานย่อย และ “การเย็บติดพลาสติกติดเข้ากับผ้า” ในสถานีงานที่ 7 ออกเป็น 2 งานย่อย และ “การเย็บเวียนผ้ากับพลาสติก” ในสถานีงานที่ 8 ออกเป็น 2 งานย่อย ซึ่งทำให้ในปัจจุบัน จำนวนงานย่อยทั้งหมด 18 งานย่อยเปลี่ยนเป็น 21 งานย่อย

ดังนั้น การศึกษาเวลาโดยตรง (Direct time study) ด้วยการเก็บข้อมูล 30 ครั้ง ภายได้ความเชื่อมั่น 95% และความค่าความผิดพลาด 5% ได้ถูกนำมาใช้เพื่อหาเวลาการทำงานที่เป็นตัวแทน (Representative time) ของแต่ละงานย่อยของผลิตภัณฑ์ทุกรุ่นที่ผ่านการปรับปรุงการทำงานแล้ว แสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 – ตารางที่ 5 ตามลำดับรุ่นผลิตภัณฑ์ (SR, S6, ES3, RSJ และ VRS) ในขณะที่ แผนภาพความสัมพันธ์ของลำดับงานย่อยก่อน-หลัง (Precedence diagram) ของผลิตภัณฑ์ทุกรุ่นดังกล่าว ก็จะแสดงได้ดังรูปที่ 4 – รูปที่ 8 ตามลำดับรุ่นผลิตภัณฑ์ (SR, S6, ES3, RSJ และ VRS) ซึ่งหมายเลขที่ใช้ในทุกแผนภาพความสัมพันธ์ หมายถึง งานย่อยเดียวกันกับที่แสดงในตารางเวลาการทำงาน

ตารางที่ 1 เวลาทำงานของแต่ละงานย่อยของผลิตภัณฑ์รุ่น SR หลังปรับปรุงการทำงาน

งานย่อย	เวลาทำงาน (นาท/ชิ้น)	งานย่อย	เวลาทำงาน (นาท/ชิ้น)
1	0.158	18	0.006
2	0.203	19	0.639
3	0.213	20	0.524
4	0.318	21	0.269
5	0.172	22	0.221
6	0.154	23	0.415
7	0.364	24	0.610
8	0.295	25	0.771
9	0.335	26	0.255
10	0.956	27	0.313
11	0.428	28	0.394
12	0.406	29	0.411
13	0.154	30	0.264
14	0.108	31	0.726
15	0.225	32	1.425
16	0.313	33	1.510
17	0.313	34	1.850

ตารางที่ 2 เวลาทำงานของแต่ละงานย่อยของผลิตภัณฑ์รุ่น S6 หลังปรับปรุงการทำงาน

งานย่อย	เวลาทำงาน (นาท/ชิ้น)	งานย่อย	เวลาทำงาน (นาท/ชิ้น)
1	0.978	11	0.380
2	0.893	12	0.523
3	0.635	13	1.286
4	0.632	14	0.625
5	0.417	15	0.340
6	1.184	16	0.438
7	1.123	17	0.568
8	0.363	18	0.455
9	0.340	19	1.034
10	0.157	20	1.028

ตารางที่ 3 เวลาทำงานของแต่ละงานย่อยของผลิตภัณฑ์รุ่น ES3 หลังปรับปรุงการทำงาน

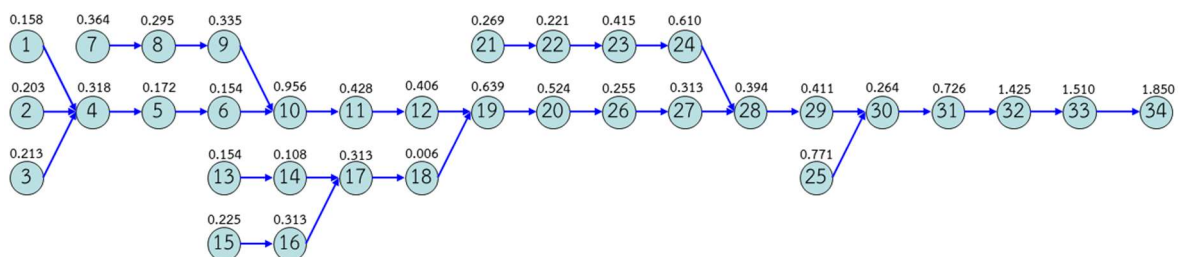
งานย่อย	เวลาทำงาน (นาที/ชิ้น)	งานย่อย	เวลาทำงาน (นาที/ชิ้น)
1	0.313	10	2.123
2	0.212	11	0.913
3	0.145	12	1.121
4	0.259	13	0.601
5	1.348	14	0.260
6	1.237	15	0.804
7	0.513	16	1.415
8	2.324	17	0.606
9	2.279		

ตารางที่ 4 เวลาทำงานของแต่ละงานย่อยของผลิตภัณฑ์รุ่น RSJ หลังปรับปรุงการทำงาน

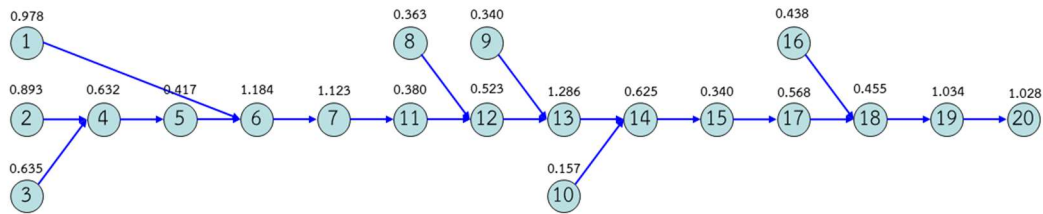
งานย่อย	เวลาทำงาน (นาที/ชิ้น)	งานย่อย	เวลาทำงาน (นาที/ชิ้น)
1	0.402	9	2.256
2	0.199	10	0.241
3	0.260	11	0.314
4	0.316	12	0.605
5	2.123	13	0.236
6	2.546	14	0.293
7	0.559	15	0.752
8	2.402	16	0.311

ตารางที่ 5 เวลาทำงานของแต่ละงานย่อยของผลิตภัณฑ์รุ่น VRS หลังปรับปรุงการทำงาน

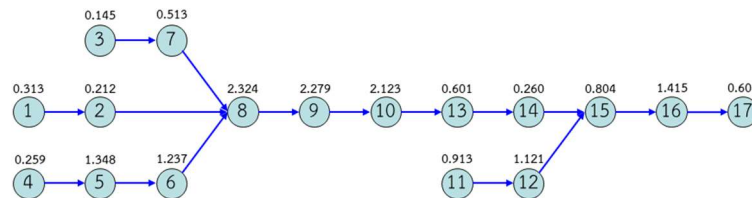
งานย่อย	เวลาทำงาน (นาที/ชิ้น)	งานย่อย	เวลาทำงาน (นาที/ชิ้น)	งานย่อย	เวลาทำงาน (นาที/ชิ้น)
1	0.472	8	1.863	15	0.512
2	0.214	9	1.725	16	0.312
3	0.156	10	1.842	17	0.264
4	0.124	11	1.573	18	0.698
5	0.206	12	0.245	19	1.235
6	1.489	13	0.241	20	0.721
7	1.367	14	0.542	21	0.350



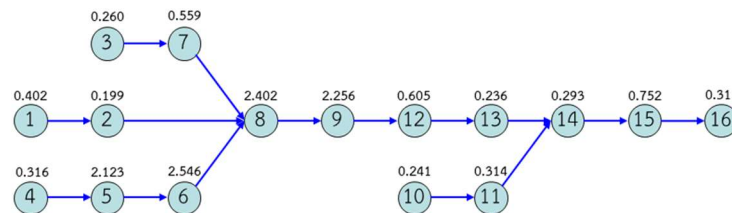
รูปที่ 4 แผนภาพความสัมพันธ์ของลำดับงานย่อย ก่อน-หลัง ของผลิตภัณฑ์รุ่น SR หลังปรับปรุงการทำงาน



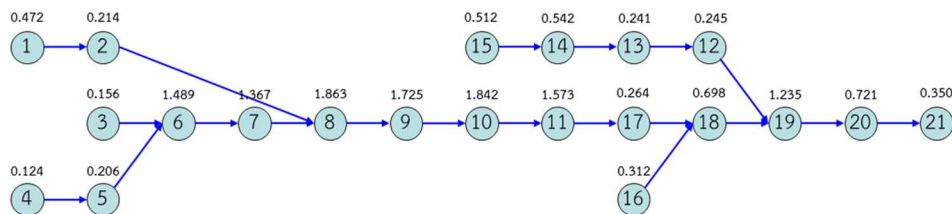
รูปที่ 5 แผนภาพความสัมพันธ์ของลำดับงานย่อย ก่อน-หลัง ของผลิตภัณฑ์รุ่น S6 หลังปรับปรุงการทำงาน



รูปที่ 6 แผนภาพความสัมพันธ์ของลำดับงานย่อย ก่อน-หลัง ของผลิตภัณฑ์รุ่น ES3 หลังปรับปรุงการทำงาน



รูปที่ 7 แผนภาพความสัมพันธ์ของลำดับงานย่อย ก่อน-หลัง ของผลิตภัณฑ์รุ่น RSJ หลังปรับปรุงการทำงาน



รูปที่ 8 แผนภาพความสัมพันธ์ของลำดับงานย่อย ก่อน-หลัง ของผลิตภัณฑ์รุ่น VRS หลังปรับปรุงการทำงาน

3. การประยุกต์ใช้ฮิวริสติกส์ในการจัดสมดุลสายการผลิต

การประยุกต์ใช้ฮิวริสติกส์ (Heuristics) สำหรับการแก้ปัญหาในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นการจัดสมดุลสายการผลิตให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีปฏิบัติในปัจจุบัน (Current practice : CP) โดยการพิจารณาประยุกต์ใช้วิธีการเรียงตำแหน่งน้ำหนัก (Ranked positional weight method : RPW) ซึ่งเป็นวิธีการที่เป็นที่รู้จักกันดี มีขั้นตอนชัดเจน เข้าใจได้โดยง่าย และให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีอีกด้วย มากกว่านั้นวิธีการทางฮิวริสติกส์ที่เหมาะสมอีก 2 วิธียังได้รับการศึกษาและพัฒนาขึ้น อาทิเช่น วิธีการจัดเรียงงานแบบปกติ (Normal ranked task method : NRT) และวิธีการอัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary algorithm method: EA) ซึ่งวิธีการ

ทั้งหมดจะถูกนำมาทดลองเชิงเปรียบเทียบผลประสิทธิภาพสายการผลิตของทุกรุ่นผลิตภัณฑ์ โดยขั้นตอนของวิธีการต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

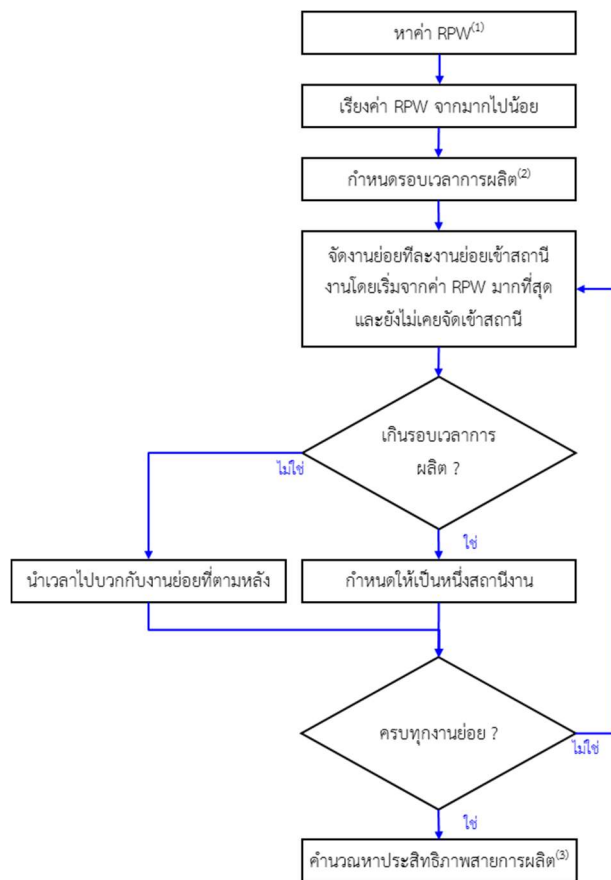
วิธีการกำหนดตำแหน่งจากค่าน้ำหนัก (RPW)

การประยุกต์ใช้วิธีการกำหนดตำแหน่งจากค่าน้ำหนักสำหรับการจัดสมดุลสายการผลิต ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 9 โดยเริ่มต้นขั้นตอนแรกด้วยการหาค่า RPW ของทุกชิ้นงาน โดยรวมเวลาของชิ้นงานนั้น และเวลารวมของชิ้นงานที่ตามหลังทั้งหมด ขั้นตอนที่ 2 จัดเรียงลำดับชิ้นงานตามค่า RPW จากค่าสูงสุดไปค่าต่ำสุด พร้อมทั้งแสดงชิ้นงานที่ต้องทำมาก่อนงานที่กำลังพิจารณา ขั้นตอนที่ 3 กำหนดรอบเวลาการผลิต ขั้นตอนที่ 4 จัดชิ้นงานเข้าสถานีงานตามลำดับค่า RPW สูงสุด

ก่อน ขั้นตอนที่ 5 จัดงานย่อยเข้าสถานีงานควรจะทำให้เวลารวมของชิ้นงาน เข้าใกล้รอบเวลาการผลิตมากที่สุดแต่ไม่เกินรอบเวลาการผลิต และขั้นตอนที่ 6 คำนวณหาจำนวนสถานีงาน และคำนวณประสิทธิภาพของสายการผลิต

จากการดำเนินการตามขั้นตอนลำดับการทำงานของวิธี RPW (ดังรูปที่ 9) สำหรับการจัดสมดุลสายการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น SR ได้เวกเตอร์คำตอบ ดังนี้ Vector = [1, 2, 3, 7, 4, 5, 8, 9, 6, 10, 11, 13, 15, 16, 12, 14, 17, 18, 19, 21, 22, 20, 23, 24,

26, 27, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34] ซึ่งสามารถถอดรหัสเป็นผลเฉลยของการจัดสมดุล คือ Solution = {[1, 2, 3, 7]; [4, 5, 8, 9]; [6, 10]; [11, 13, 15, 16]; [12, 14, 17, 18]; [19, 21, 22]; [20, 23]; [24, 26, 27]; [25, 28]; [29, 30]; [31]; [32]; [33]; [34]} หมายความว่า งานย่อยที่ 1, 2, 3, 7 ถูกจัดอยู่ในสถานีงานที่ 1 งานย่อย 4, 5, 8, 9 ถูกจัดอยู่ในสถานีงานที่ 2 งานย่อยที่ 6, 10 ถูกจัดอยู่ในสถานีงานที่ 3 จนกระทั่ง งานย่อยที่ 34 จัดอยู่ในสถานีงานที่ 14



(1) RPW คือ เวลาของงานย่อยนั้นรวมกับเวลาของงานย่อยที่ตามหลังทั้งหมด

(2) รอบเวลาการผลิต (Takt time) = เวลาที่ใช้ในการผลิต / ความต้องการของลูกค้า

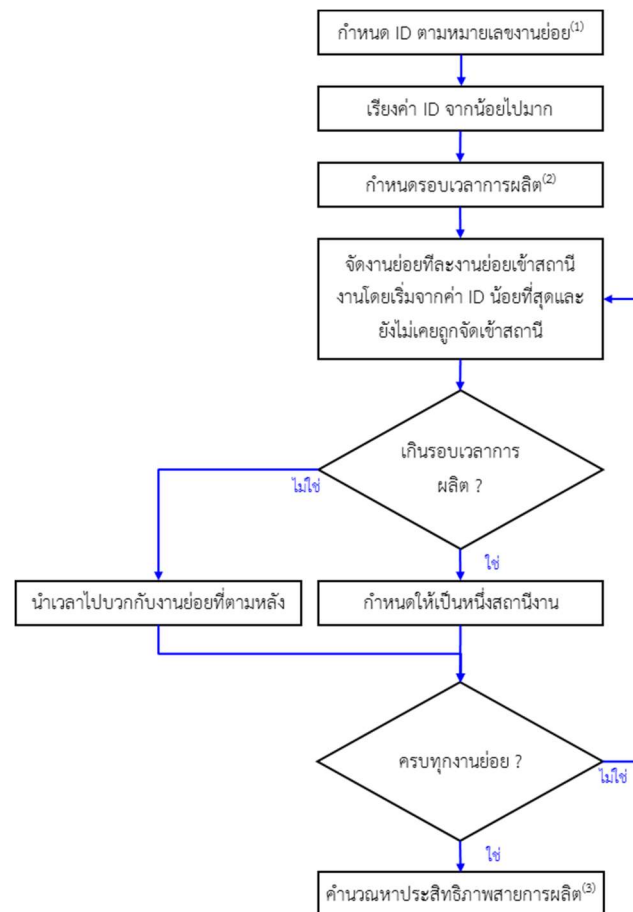
(3) ประสิทธิภาพสายการผลิต = ผลรวมของเวลาย่อยทุกงาน / (รอบเวลา x จำนวนสถานีงานจริง) x 100

รูปที่ 9 แผนภูมิแสดงขั้นตอนลำดับการทำงานของวิธี RPW

วิธีการจัดเรียงงานแบบปกติ (NRT)

การประยุกต์ใช้วิธีการจัดเรียงงานแบบปกติสำหรับการจัดสมดุลสายการผลิต ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 10 โดยเริ่มต้นขั้นตอนแรกด้วยการเรียงลำดับขั้นตอนของงานย่อยจากน้อยไปมาก ขั้นตอนที่ 2 กำหนดรอบเวลาการผลิต ขั้นตอนที่ 3 จัดงานย่อยเข้าสถานีงานตามลำดับของงานย่อย โดย

จัดงานที่มีลำดับงานย่อยน้อยที่สุดก่อน ขั้นตอนที่ 4 จัดงานย่อยเข้าสถานีงานควรจะทำให้เวลารวมของชิ้นงานเข้าใกล้รอบเวลาการผลิตมากที่สุดแต่ไม่เกินรอบเวลาการผลิต และขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาจำนวนสถานีงานและคำนวณประสิทธิภาพของสายการผลิต



(1) ID คือ หมายเลขลำดับของแต่ละงานย่อย

(2) รอบเวลาการผลิต (Takt time) = เวลาที่ใช้ในการผลิต / ความต้องการของลูกค้า

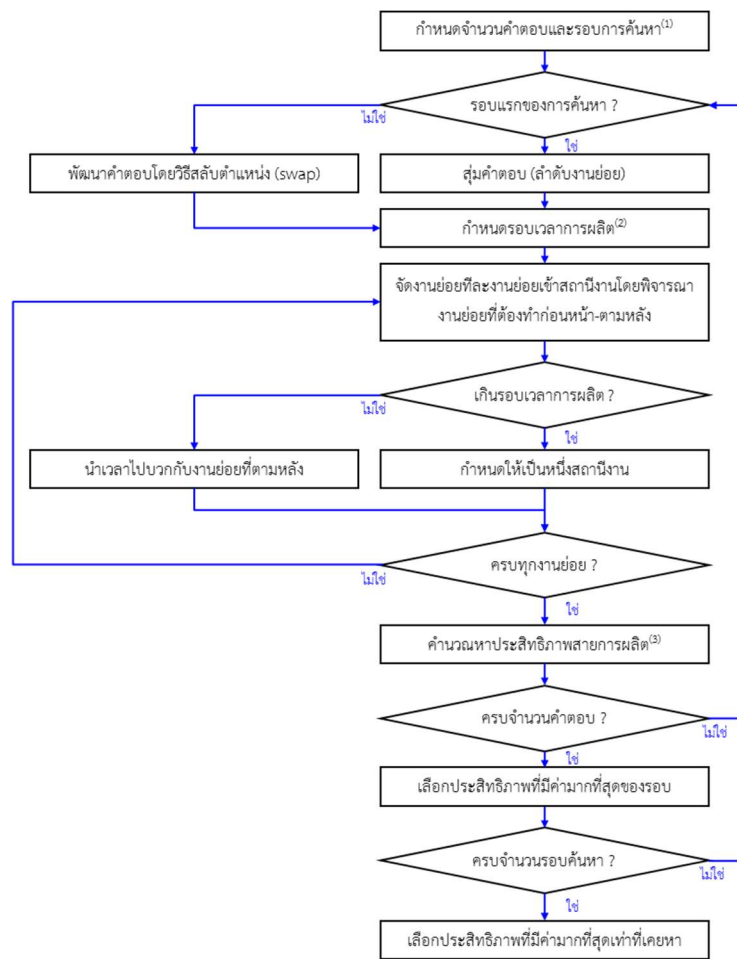
(3) ประสิทธิภาพสายการผลิต = ผลรวมของเวลาย่อยทุกงาน / (รอบเวลา × จำนวนสถานีงานจริง) × 100

รูปที่ 10 แผนภูมิแสดงขั้นตอนลำดับการทำงานของวิธี NRT

จากการดำเนินการตามขั้นตอนลำดับการทำงานของวิธี NRT (ดังรูปที่ 10) สำหรับการจัดสมดุลสายการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น SR ได้เวกเตอร์คำตอบ ดังนี้ Vector = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34] ซึ่งสามารถถอดรหัสเป็นผลเฉลยของการจัดสมดุล คือ Solution = {[1, 2, 3, 4, 5]; [6, 7, 8, 9]; [10]; [11, 12, 13, 14]; [15, 16, 17, 18]; [19, 20]; [21, 22, 23]; [25, 26]; [24]; [27, 28, 29]; [30, 31]; [32]; [33]; [34]} หมายความว่า งานย่อยที่ 1, 2, 3, 4, 5 ถูกจัดอยู่ในสถานีงานที่ 1 งานย่อย 6, 7, 8, 9 ถูกจัดอยู่ในสถานีงานที่ 2 งานย่อยที่ 10 ถูกจัดอยู่ในสถานีงานที่ 3 จนกระทั่ง งานย่อยที่ 34 จัดอยู่ในสถานีงานที่ 14

วิธีการอัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการ (EA)

การประยุกต์ใช้วิธีการอัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการสำหรับการจัดสมดุลสายการผลิต ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 11 โดยเริ่มต้นขั้นตอนแรกด้วยการสุ่มคำตอบซึ่งหมายถึงลำดับงานย่อย ขั้นตอนที่ 2 กำหนดรอบเวลาการผลิต ขั้นตอนที่ 3 จัดชิ้นงานเข้าสถานีงานตามลำดับของงานย่อยที่ทำการสลับแต่จะต้องไม่ไปขัดกับความต้องการทำก่อนหน้าหลังของงาน ขั้นตอนที่ 4 จัดงานย่อยเข้าสถานีงานควรจะทำให้เวลารวมของชิ้นงาน เข้าใกล้รอบเวลาการผลิตมากที่สุดแต่ไม่เกินรอบเวลาการผลิต ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาจำนวนสถานีงานและคำนวณประสิทธิภาพของสายการผลิต



(1) จำนวนคำตอบ คือ จำนวนคำตอบต่อรอบ, รอบการค้นหา คือ จำนวนรอบการค้นหาคำตอบ

(2) รอบเวลาการผลิต (Takt time) = เวลาที่ใช้ในการผลิต / ความต้องการของลูกค้า

(3) ประสิทธิภาพสายการผลิต = ผลรวมของเวลาของทุกงาน / (รอบเวลา × จำนวนสถานีนงานจริง) × 100

รูปที่ 11 แผนภูมิแสดงขั้นตอนลำดับการทำงานของวิธี EA

หลังจากการค้นหาคำตอบในรอบแรกเสร็จสิ้น ตั้งแต่รอบที่ 2 จนถึงรอบสุดท้ายของการค้นหาคำตอบ อัลกอริทึมนี้จะทำการพัฒนาคำตอบโดยการสลับลำดับงานย่อยที่ละคู่ (Swap method) ขั้นตอนถัดไปจะทำการซ้ำขั้นตอนที่ 2 – 5 จนกว่าจะได้ค่าประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละรอบการค้นหา (The best of iterations) และสรุปเลือกประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเท่าที่เคยหามาทั้งหมด (The best so far) ซึ่งจะเห็นว่าวิธีการนี้จะมีการค้นหาคำตอบเป็นจำนวนรอบที่กำหนด

จากการดำเนินการตามขั้นตอนลำดับการทำงานของวิธี EA (ดังรูปที่ 11) สำหรับการจัดสมดุลสายการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น SR ได้เวกเตอร์คำตอบ ดังนี้ Vector = [1, 2, 3, 4, 21, 5, 6, 25, 10, 15, 7, 8, 9, 13, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 12, 22, 26, 27, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34] ซึ่งสามารถถอดรหัสเป็นผลเฉลยของการจัดสมดุล คือ Solution = {[1, 2, 3, 4, 21];

[5, 6, 25]; [10, 15]; [7, 8, 9, 13]; [11, 14, 16, 17, 18]; [19, 20]; [12, 22, 26, 27]; [23, 24]; [28, 29, 30]; [31]; [32]; [33]; [34]} หมายความว่า งานย่อยที่ 1, 2, 3, 4, 21 ถูกจัดอยู่ในสถานีนงานที่ 1 งานย่อย 5, 6, 25 ถูกจัดอยู่ในสถานีนงานที่ 2 งานย่อยที่ 10, 15 ถูกจัดอยู่ในสถานีนงานที่ 3 จนกระทั่ง งานย่อยที่ 34 จัดอยู่ในสถานีนงานที่ 13

ผลการวิจัย

การทดลองเชิงคำนวณในงานวิจัยนี้ ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสายการผลิตจากการจัดสมดุลด้วยวิธีปัจจุบัน (Current practice) กับทั้ง 3 วิธีการทางฮิวริสติกส์ (Heuristic algorithms) ในขณะที่ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตจริง (Real industrial data) เช่น รอบเวลาการผลิตที่กำหนด ขั้นตอนและเวลาการทำงานของแต่ละงานย่อยของผลิตภัณฑ์หมวกกันน็อกทั้งหมด 5 รุ่นได้ถูกนำมาใช้ในการทดลอง โดย

วิธีการที่นำเสนอ (Proposed methods) ทั้งหมดได้ถูกใช้เป็นแนวทางในการคำนวณค่าตอบผ่านทางโปรแกรม MATLAB เวอร์ชัน 2013 ซึ่งรายละเอียดของผลการทดลอง ได้แก่ จำนวน

สถานีนงาน เวลารวม เวลาที่มากที่สุด และประสิทธิภาพสายการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่น แสดงในตารางที่ 6 – ตารางที่ 8

ตารางที่ 6 ผลการจัดสมดุลสายการผลิตทั้งหมด 5 รุ่นด้วยวิธีการกำหนดตำแหน่งจากค่าน้ำหนัก (RPW)

รุ่น	จำนวนสถานีนงานที่ต่ำที่สุด	เวลารวม (นาท)	เวลามากที่สุด (นาท)	ประสิทธิภาพสายการผลิต (%)
SR	14	15.717	1.850	60.68
S6	15	13.399	1.286	69.46
ES3	13	16.473	2.324	54.52
RSJ	10	13.815	2.546	54.26
VRS	14	16.151	1.860	62.02

ตารางที่ 7 ผลการจัดสมดุลสายการผลิตทั้ง 5 รุ่นด้วยวิธีการจัดเรียงงานแบบปกติ (NRT)

รุ่น	จำนวนสถานีนงานที่ต่ำที่สุด	เวลารวม (นาท)	เวลามากที่สุด (นาท)	ประสิทธิภาพสายการผลิต (%)
SR	14	15.717	1.850	60.68
S6	14	13.399	1.286	74.42
ES3	13	16.473	2.324	54.52
RSJ	9	13.815	2.546	60.29
VRS	12	16.151	1.860	72.36

ตารางที่ 8 ผลการจัดสมดุลสายการผลิตทั้ง 5 รุ่นด้วยวิธีการอัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการ (EA)

รุ่น	จำนวนสถานีนงานที่ต่ำที่สุด	เวลารวม (นาท)	เวลามากที่สุด (นาท)	ประสิทธิภาพสายการผลิต (%)
SR	13	15.717	1.850	65.35
S6	13	13.399	1.286	80.15
ES3	12	16.473	2.324	59.07
RSJ	8	13.815	2.546	67.83
VRS	12	16.151	1.860	72.36

สรุปผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการจัดสมดุลสายการผลิตภายในแผนกแป้นด้านในหมวกกันน็อก ทั้ง 5 รุ่น ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีทางฮิวริสติกส์ที่นำเสนอไว้ข้างต้น โดยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสายการผลิตทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงในตารางที่ 9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า วิธีการกำหนดตำแหน่งจากค่าน้ำหนัก (Ranked positional weight method: RPW) ให้ค่าประสิทธิภาพสายการผลิตโดยเฉลี่ยทุกรุ่นผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 60.19 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 25.73 และวิธีการจัดเรียงงานแบบปกติ (Normal ranked task method: NRT) ให้ค่าประสิทธิภาพสายการผลิตโดยเฉลี่ยทุกรุ่นผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 64.45 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 29.99 ในขณะที่ วิธีการฮิวริสติกส์ที่มีการ

ค้นหาคำตอบ (Search method) เช่น วิธีการอัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary algorithm method: EA) ให้ค่าประสิทธิภาพสายการผลิตโดยเฉลี่ยทุกรุ่นผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 68.95 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 34.49

ดังนั้น จากผลการทดลองจึงสามารถสรุปได้ว่า วิธีการทางฮิวริสติกส์ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตหมวกกันน็อกได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากทั้ง 3 วิธีการข้างต้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตให้มากขึ้นกว่าวิธีการปฏิบัติในปัจจุบัน (CP) ได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยทางด้านการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ด้วยวิธีการทางเมตาฮิวริสติกส์ที่ให้ผลของคำตอบที่มีคุณภาพดีภายใต้เวลาการคำนวณที่เหมาะสม

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิธีการอัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการ (EA) ที่ให้ประสิทธิภาพสายการผลิตดีกว่าทั้งวิธีการกำหนดตำแหน่งจากค่าน้ำหนัก (RPW) และวิธีการจัดเรียงงานแบบปกติ (NRT) เนื่องจากว่าเป็นวิธีการที่มีการใช้เทคนิคของการค้นหาคำตอบ (Search technique) ซึ่งคำตอบที่ดีในแต่ละรอบการค้นหาคำตอบ

นำไปใช้ในการพัฒนาคำตอบในรอบถัดๆ ไป จึงทำให้มีการเปรียบเทียบผลการจัดสมดุลที่ดีจากกรณีที่เป็นไปได้ต่างๆ อย่างไรก็ตาม คำตอบของการจัดสมดุลดังกล่าวจะถูกสร้างขึ้นมาเป็นจำนวนมาก จึงทำให้วิธีการนี้มีข้อด้อยในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการคำนวณค้นหาคำตอบ

ตารางที่ 9 สรุปผลประสิทธิภาพสายการผลิตด้านในหมวกกันน็อกทั้ง 5 รุ่น ก่อนและหลังปรับปรุง

รุ่น	ประสิทธิภาพสายการผลิต (%)			
	CP	RPW	NRT	EA
SR	34.71	60.68	60.68	<u>65.35</u>
S6	40.42	69.46	74.42	<u>80.15</u>
ES3	22.53	54.52	54.52	<u>59.07</u>
RSJ	27.53	54.26	<u>60.29</u>	<u>67.83</u>
VRS	47.29	62.02	<u>72.36</u>	<u>72.36</u>
ค่าเฉลี่ย	34.46	60.19	64.45	68.95

เอกสารอ้างอิง

- เขมฐา ขำนายหล่อ จักรินทร์ กลั่นเงิน และ ไตรภพ แซ่ตั้ง. (2559). การประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการจัดสมดุลสายการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์. วารสารวิทยาศาสตร์ มช. 44(4): 809 – 819.
- นุชสรุา เกรียงกรกฎ และ ปรีชา เกรียงกรกฎ. (2555). โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดสมดุลสายการประกอบ กรณีศึกษา : โรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป จ.อุบลราชธานี. KKU ENGINEERING JOURNAL 39(2): 131 – 138.
- บรรพญู ลีลา และ นิชกุล ไชยสร. (2554). การพัฒนาเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตภายใต้ข้อจำกัดขอบเขตพื้นที่และอุปกรณ์. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554. 20 – 21 ตุลาคม 2554. ชลบุรี. หน้า 223 – 229.
- เพ็ญทิพย์ บำรุงเจริญ และ วิสุทธิ์ สุพิทักษ์. (2556). การประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อเพิ่มกำลังการผลิต กรณีศึกษา: สายประกอบแอสซีบลีโรงงานประกอบรถยนต์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ภาณุภรณ์ ภาวะเวช ระพีพันธ์ ปิตาคะโส และปรุฬห์ มะยะเฉียว. (2557). การแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบโดยวิธีการดิวเฟอเรนเชียลอีโวลูชัน กรณีศึกษาโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 16(2): 92 – 104.
- ยุทธณรงค์ จงจันทร์ ยอดนภา เกตุเมือง และนรา บุรีพันธ์. (2555). การจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตติดตั้งดัมพ์. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2555. 17 – 19 ตุลาคม 2555. เพชรบุรี. หน้า 281 – 288.
- Boysen, N., Fliedner, M. and Scholl, A. (2007). A classification of assembly line balancing problems. European Journal of Operational Research 183: 674-693.
- Essafi, M., Delorme, X., Dolgui, A. and Guschinskaya, O. (2010). A MIP approach for balancing transfer line with complex industrial constraints. Computers & Industrial Engineering 58(3): 393-400.
- Gokcen, H. and Agpak, K. (2006). A goal programming approach to simple U-line balancing problem. European Journal of Operational Research 171: 577-585.
- Gokcen, H., Agpak, K. and Benzer, R. (2006). Balancing of parallel assembly lines. International Journal of Production Economics 103: 600-609.
- Wei, N.C. and Chao, I.M. (2011). A solution procedure for Type E simple assembly line balancing problem. Computers & Industrial Engineering 61(3): 824-830.

