การแก้ปัญหามอบหมายงานให้เครื่องจักรที่มีหลายวัตถุประสงค์สำหรับโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ด้วยวิธีฟัซซี่

วุฒิชัย วงษทัศนีย์กร[1] กัลยา เหมกรณ์[2*]

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทร: 02-564-3002 ต่อ 3038

E-mail : wuthichai@engr.tu.ac.th[1] kanlaya_hem@windowslive.com[2*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งที่จะปรับปรุงการวางแผนการผลิตของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ โดยต้องการวางแผนการผลิตโดยมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรเพื่อลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำที่สุดในแต่ละเดือน ปัญหาที่สนใจประกอบไปด้วยสามวัตถุประสงค์ นั้นคือ 1) ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ว่าจ้างผู้ผลิตภายนอกน้อยที่สุด 2) จำนวนการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรเดิมของเดือนก่อนหน้าน้อยที่สุด 3) จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตน้อยที่สุด ซึ่งให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์ที่ 1 และ 2 และ 3) ตามลำดับ ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ความสามารถในการผลิตของเครื่องจักร จำนวนเครื่องจักรที่มี และแผนการใช้งานเครื่องจักรของเดือนก่อนหน้า ดังนั้น ปัญหาการมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรในการวางแผนการผลิตนั้นจัดว่าเป็นปัญหาที่เรียกว่า กำหนดการโปรแกรมเชิงเส้นที่มีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Linear Programming) ซึ่งสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้วิธี พรีเอ็มพ์ทีฟ ไพรโอริตี (Preemptive Priorities: PP) ซึ่งขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ตัดสินใจด้วย ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าลดการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากภายนอก ลดการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร และสามารถมอบหมายงานให้เครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถลดต้นทุนการผลิตให้กับบริษัทคิดเป็นค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ลดลงได้กว่า 10 ล้านบาท ซึ่งจะช่วยให้บริษัทสามารถแข่งขันกับบริษัทคู่แข่งได้มากขึ้น

คำสำคัญ: ปัญหาการมอบหมายงาน; หลายวัตถุประสงค์; กำหนดการโปรแกรมเชิงเส้น; เทคนิคฟัซซี่; พรีเอ็มพ์ทีฟ ไพรโอริตี

1. บทนำ

การวางแผนการผลิตผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อให้ได้จำนวนผลิตภัณฑ์เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า ต้องมีการมอบหมายงานให้เครื่องจักรที่มีความจำกัดทั้งความสามารถในการผลิตที่แตกต่างกันตามชนิดของผลิตภัณฑ์ ชนิดของเครื่องจักร และจำนวนเครื่องจักรที่มีจำกัด ซึ่งถ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการในการผลิตจำเป็นต้องมีการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตภายนอกโรงงาน นอกจากนี้ความต้องการของลูกค้าในแต่ละเดือนมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงต้องปรับเปลี่ยนเครื่องจักรตามความต้องการในการผลิตด้วย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวางแผนการผลิตเพื่อให้มีต้นทุนที่ต่ำและการทำงานของเครื่องจักรมีประสิทธิภาพมากที่สุด จึงประกอบไปด้วย 1) ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ว่าจ้างผู้ผลิตภายนอกน้อยที่สุด 2) จำนวนการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรเดิมของเดือนก่อนหน้าน้อยที่สุด 3) จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

น้อยที่สุด ซึ่งให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์ที่ 1 และ 2 และ 3) ตามลำดับ ปัญหานี้เรียกว่า ปัญหาการมอบหมายงานให้เครื่องจักรหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Machine assignment problem)

ปัจจุบันใช้วิธีการวางแผนการผลิตด้วยมือ (Manual) โดยกำหนดจำนวนเครื่องจักรแต่ละชนิดในแผนการผลิตโดยทำทีละเดือน เริ่มจากผลิตภัณฑ์ พาร์ทนัมเบอร์ (part number: PN) แรกไปทีละ PN ซึ่งยังไม่สนใจจำนวนเครื่องจักรที่มีอยู่แต่จะต้องได้จำนวนผลิตภัณฑ์เพียงพอต่อความต้องการในการผลิต ซึ่งมีจำนวน PN ของผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรเป็นจำนวนมาก เมื่อกำหนดจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดแล้วจึงจะพิจารณาจำนวนเครื่องจักรที่ถูกใช้ไปทั้งหมดว่ามีเครื่องจักรชนิดใดที่ถูกใช้เกินจากจำนวนที่มีอยู่ แล้วจึงเลือกปรับจำนวนให้น้อยลงโดยการเปลี่ยนไปใช้เครื่องจักรชนิดอื่นที่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์นั้นได้ และสั่งซื้อจากผู้ผลิตภายนอก ต้องทำหลายรอบจนกว่าจะได้จำนวนเครื่องจักรที่ไม่เกินจากที่มีอยู่ จากนั้นทำเช่นเดิมในการวางแผนเดือนถัดไปโดยจะอ้างอิงจากจำนวนเครื่องจักรที่ถูกใช้ในเดือนก่อนหน้าเพื่อให้การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรมีน้อยที่สุด ซึ่งวิธีการนี้อาจไม่ใช่การมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพ และมีต้นทุนที่ต่ำตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

หลังจากที่โปรแกรมฟัซซี่ (Fuzzy mathematic programming) เกิดขึ้น มีการกำหนดโปรแกรมเชิงเส้นฟัซซี่ (Fuzzy linear programming) สำหรับปัญหาหลายวัตถุประสงค์ [2] การตัดสินใจเลือกคำตอบจากหลายวัตถุประสงค์ที่มีลำดับความสำคัญต่างกัน บางครั้งจะมีเพียงบางวัตถุประสงค์ที่บรรลุเป้าหมาย แต่วัตถุประสงค์อื่นจะไม่บรรลุเป้าหมาย [9] ต่อมามีการศึกษาการหาคำตอบจากปัญหาหลายวัตถุประสงค์ที่มีระดับความสำคัญต่างกันซึ่งมีหลายวิธี ฟัซซี่โกล์โปรแกรม (Fuzzy goal programming) ได้ถูกเสนอ ในกรณี “$\leq$” และ “$\geq$” แต่ไม่มีกรณี “=” ของวัตถุประสงค์ [5] วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดแบบหลายโดเมน (Generalized varying-domain optimization method) ได้นำวิธี GENECOPIII มาใช้เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ไม่ใช่โปรแกรมเส้นตรง (Nonlinear nonconvex programming) ซึ่งจะให้ความสมดุลและค่าที่เหมาะสม แทนการใช้โปรแกรมลำดับสมการกำลังสอง (Sequential quadratic programming: SQP) ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อใช้ค่าแลมด้า (Lamda) ต่างๆ โดยสามารถตัดสินใจเลือกคำตอบจากค่าความพึงพอใจ (Satisfactory degrees) ตามลำดับความสำคัญจากมากไปหาน้อย [1] สมการเงื่อนไขในโมเดลการหาค่าที่ดีที่สุดแบบหลายโดเมนนี้เหมาะสำหรับปัญหาดั้งเดิมที่ไม่ใช่โปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งมีความซับซ้อน [8] การหาคำตอบของปัญหาการจัดสรรช่องทางการส่งมอบเหล็กซึ่งมีหลายวัตถุประสงค์โดยถูกทำให้อยู่ในรูปของ ปัญหาฟัซซี่มิกซ์อินทีเจอร์มัลติเปิลโกล์โปรแกรมมิ่ง (Fuzzy mixed integer multiple goal programming problem) ได้ถูกเสนอเพื่อหาคำตอบตามลำดับความสำคัญด้วย พริเอ็มทีฟไพรออริตี่ (Preemptive priorities) และระดับความต้องการในรูปของฟัซซี่ (Fuzzy environment) สามารถนำไปใช้กับปัญหาการจัดสรรในโรงงานอื่นได้ด้วย [3] โกล์โปรมแกรม (Goal program) และ อินเตอร์แอ็คทีฟเทคนิค (Interactive techniques) ถูกนำมาใช้มากที่สุดในการตัดสินใจแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multiple objective decision making: MODM) [4,6-7] การหาค่าความพึงพอใจที่ดีที่สุดด้วยเทคนิคอินเตอร์แอ็คทีฟได้ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น (Enhance interactive satisfying optimization) ในการแก้ปัญหาหลายวัตถุประสงค์ (Multiple objective optimization) ที่มีลำดับความสำคัญต่างกัน (Preemptive priorities) ด้วยโปรแกรมฟัซซี่ (Fuzzy program) สามารถแก้ปัญหาได้ทั้งสามกรณีของฟัซซี่ คือ “$\leq$”, “$\geq$” และ “=” ซึ่งมีประสิทธิภาพ ยืดหยุ่น และ มีการคำนวณน้อย [2]

งานวิจัยนี้จึงได้นำวิธี พรีเอ็มพ์ทีฟ ไพรโอริตี (Preemptive Priorities: PP) มาแก้ปัญหาในการหาค่าที่ดีที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multiple objective optimization problem) โดยใช้เทคนิคอินเตอร์แอ็คทีฟที่ปรับปรุงให้ดีขึ้น (Enhance interactive satisfying optimization) ปัญหาการมอบหมายงานให้เครื่องจักรนี้

ต้องการหาค่าต่ำที่สุดของแต่ละวัตถุประสงค์ ขั้นแรกต้องหากลุ่มสมาชิกคำตอบ คือค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของแต่ละวัตถุประสงค์ที่เป็นไปได้ ขั้นที่สองหาคำตอบที่เหมาะสมด้วย PP โดยจัดลำดับความสำคัญของปัญหาจากมากไปหาน้อย เริ่มจาก 1) ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ว่าจ้างผู้ผลิตภายนอกน้อยที่สุด 2) จำนวนการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรเดิมของเดือนก่อนหน้าน้อยที่สุด และ 3) จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตน้อยที่สุด ซึ่งต้องพิจารณาจากคำตอบที่ได้จากกำหนดค่า Lamda หลายค่าเพื่อเลือกคำตอบที่เหมาะสมของทั้ง 3 วัตถุประสงค์

2. ปัญหาการมอบหมายงานให้กับเครื่องจักร

ปัญหาการมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรในการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์นี้เป็นปัญหาในการวางแผนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ต้องทำให้เกิดค่าใช้จ่ายโดยรวมและการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรที่ต่ำที่สุด และต้องผลิตชิ้นงานได้ตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการโดยการจัดสรรเครื่องจักรที่มีหลายรุ่นให้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีหลาย PN ซึ่งมีความสามารถในการผลิตได้แตกต่างกัน จึงเป็นการยุ่งยากของการมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรจำนวนมากกว่า 500 เครื่อง และมากกว่า 20 รุ่น การวางแผนการผลิตในปัจจุบันใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft excel) โดยกำหนดจำนวนเครื่องจักรให้ผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละ PN ซึ่งมีมากกว่า 80 PN รวมถึงการกำหนดจำนวนการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์บาง PN จากภายนอกเพื่อให้ได้จำนวนงานตามความต้องการในการผลิตซึ่งมีความยุ่งยากและอาจไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุดดังได้กล่าวในบทนำ ดังนั้น การแก้ปัญหาจึงต้องนำการหาค่าที่ดีที่สุดโดยใช้โปรแกรมแกมส์ (GAMS) เพื่อหาคำตอบได้ง่ายขึ้น ซึ่งแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

วัตถุประสงค์

$$\min z = \sum_{j=1}^{85} e_j outsource_j + \sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} A*over_{i,j} + \sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} Bx_{i,j} \qquad (1)$$

เงื่อนไข

$$\sum_{j}^{85} x_{i,j} \le a_i \text{ ,} \qquad \text{for all } i. \qquad (2)$$

$$\sum_{i}^{23} c_{i,j}\, x_{i,j} + outsource_j\, d_j \ge b_j \text{ ,} \qquad \text{for all } j. \qquad (3)$$

$$xprev_{i,j} - x_{i,j} + over_{i,j} - under_{i,j} = 0 \text{ ,} \qquad \text{for all } i \text{ and } j. \qquad (4)$$

อธิบายสัญลักษณ์ได้ดังนี้

อินเด็กซ์เซท (Index sets):

i คือ ชื่อของเครื่องจักรที่มีทั้งหมด 23 ชนิด

j คือ ชื่อของผลิตภัณฑ์ที่มีทั้งหมด 85 PN

พารามิเตอร์ (Parameters):

a_i เป็นสัญลักษณ์ของ ปริมาณของเครื่องจักร *i* ทั้งหมด

b_j เป็นสัญลักษณ์ของ ปริมาณของผลิตภัณฑ์ PN *j* ที่ต้องการผลิต

$c_{i,j}$ เป็นสัญลักษณ์ของ ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เครื่องจักร *i* สามารถผลิต PN *j*

d_j เป็นสัญลักษณ์ของ ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เครื่องจักรของผู้ผลิตภายนอก (Outsource) สามารถผลิต PN *j*

e_j เป็นสัญลักษณ์ของ ค่าใช้จ่ายของผลิตภัณฑ์ *j* ของ Outsource ต่อเดือน (ล้านบาท)

$xprev_{i,j}$ เป็นสัญลักษณ์ของ จำนวนเครื่องจักร *i* ที่ถูกมอบหมายงาน ให้ผลิต PN *j* ในเดือนก่อนหน้า

A คือ ค่าใช้จ่ายของการเปลี่ยนแปลง (set up) เครื่องจักร 1 เครื่องโดยคิดจากเวลาที่ใช้ (หน่วย ล้านบาท)

B คือ ค่าใช้จ่ายของการใช้เครื่องจักร 1 เครื่อง โดยคิดจากเวลาที่ใช้ (หน่วย ล้านบาท)

ตัวแปรบวก (Positive Variables):

$x_{i,j}$ คือ จำนวนเครื่องจักร *i* ที่ถูกมอบหมายงานให้ผลิต PN *j*

$outsource_j$ คือ จำนวนเครื่องจักรของผู้ผลิตภายนอก ที่ถูกมอบหมายงานให้ผลิต PN *j*

$over_{i,j}$ คือ จำนวนเครื่องจักร *i* ที่ถูกปรับเปลี่ยน (set up) เพิ่มขึ้นเพื่อผลิต PN *j* ในเดือนถัดไป

$under_{i,j}$ คือ จำนวนเครื่องจักร *i* ที่ลดลง ในการผลิต PN *j* ในเดือนถัดไป

สมการ (1) คือวัตถุประสงค์ของการมอบหมายงานซึ่งคือค่าที่ต่ำที่สุดของผลรวมของค่าใช้จ่ายในการมอบหมายงานให้กับเครื่องจักร สมการ (2) – (4) คือเงื่อนไข อธิบายโดยเรียงลำดับได้ดังนี้

สมการ (2) คือจำนวนเครื่องจักรของโรงงานที่ถูกมอบหมายงานต้องไม่เกินจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดที่มีอยู่

สมการ (3) คือผลรวมของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตต้องไม่น้อยกว่าจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการการผลิต

สมการ (4) คือจำนวนเครื่องจักรที่ถูกปรับเปลี่ยน PN จากเดือนก่อนหน้า

อย่างไรก็ตามการหาคำตอบที่ดีที่สุดคือค่าใช้จ่ายรวมของการมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรนั้นไม่สามารถลำดับความสำคัญของปัญหาได้ เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงนอกจากเรื่องค่าใช้จ่ายที่สามารถประเมินเป็นจำนวนเงินได้แล้วยังต้องพิจารณาการบริหารจัดการที่ไม่สามารถประเมินเป็นตัวเงินได้ทั้งหมดในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรเป็น PN อื่น และการใช้เครื่องจักรให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดด้วย ดังนั้นการนำเสนอวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยการจัดลำดับความสำคัญของคำตอบจึงสามารถให้คำตอบที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและเหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติงานจริงด้วยวิธี PP

3. การประเมินผลคำตอบตามลำดับความสำคัญของการมอบหมายงานให้เครื่องจักร

การมอบหมายงานให้เครื่องจักรในการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นต้องมีค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากภายนอกให้น้อยที่สุดก่อนเป็นอันดับแรก เนื่องจากต้องให้เครื่องจักรภายในโรงงานได้ทำการผลิตอย่างเต็มประสิทธิภาพได้มากที่สุดก่อนเพื่อให้มีต้นทุนที่ต่ำที่สุด อันดับที่สองคือการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรเพื่อให้ผลิต PN อื่นตามปริมาณงานที่ลูกค้าต้องการต้องน้อยที่สุด เนื่องจากการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรนั้นนอกจากการประเมินเป็นค่าใช้จ่ายตามเวลาที่สูญเสียแล้วยังมีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องมือบางชิ้นในเครื่องจักรซึ่งแตกต่างกันตามรุ่นของเครื่องจักร และ PN ของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิตใหม่ การปรับเปลี่ยนเครื่องมือวัดการจัดการพนักงาน และการตรวจสอบชิ้นงานก่อนการผลิตซึ่งต้องจัดทำบันทึกด้วย การจัดการดังกล่าวไม่สามารถประเมินเป็นค่าใช้จ่ายได้ทั้งหมด จึงต้องประเมินด้วยจำนวนเครื่องจักรที่จะต้องทำการปรับเปลี่ยนให้น้อยที่สุด และสุดท้ายคือจำนวนเครื่องจักรที่ถูกมอบหมายงานต้องน้อยที่สุด เนื่องจากการมอบหมายงานให้เครื่องจักรผลิตต้องได้ประสิทธิภาพมากที่สุด คือต้องมีความสามารถในการผลิตเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละ PN เพื่อให้ได้ปริมาณงานที่มากที่สุดตามความต้องการในการผลิตด้วยเช่นกัน

4. การแก้ปัญหาหลายวัตถุประสงค์ด้วยวิธี Preemptive Priorities

จากสมการ (1) เป็นการรวม 3 วัตถุประสงค์โดยยังไม่มีการจัดลำดับความสำคัญ การหาคำตอบด้วย

วิธี Preemptive Priorities อธิบายได้ดังนี้

4.1. สมการวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ข้อแรกคือ ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตภายนอก

$$\min z = \sum_{j=1}^{85} e_j outsource_j \quad (5)$$

ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตภายนอกน้อยที่สุด เป็นค่าใช้จ่ายในหนึ่งเดือนที่เครื่องจักรภายในโรงงานมีกำลังการผลิตไม่เพียงพอ จึงต้องสั่งซื้อเพื่อให้มีปริมาณผลิตภัณฑ์เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

วัตถุประสงค์ข้อที่สองคือ ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรเพื่อเปลี่ยนการผลิตเป็น PN ใหม่

$$\min z = \sum_{i}^{23} \sum_{j}^{85} A over_{i,j} \quad (6)$$

ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรคำนวณจากเวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยแล้วนำมาคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเวลาต่อเครื่องซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,478 บาท โดยที่ยังไม่รวมเรื่องการบริหารจัดการทั้งเรื่องพนักงาน เครื่องมือของเครื่องจักร เครื่องมือวัดผลิตภัณฑ์ และการตรวจสอบซึ่งไม่สามารถประเมินเป็นค่าใช้จ่ายที่แน่นอนได้ จึงต้องพิจารณาจากจำนวนเครื่องจักรที่มีการปรับเปลี่ยนน้อยที่สุดมาประกอบการตัดสินใจด้วย

วัตถุประสงค์ข้อที่สามคือ ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการมอบหมายงานให้เครื่องจักรผลิตผลิตภัณฑ์

$$\min z = \sum_{i}^{23} \sum_{j}^{85} B \chi_{i,j} \quad (7)$$

ค่าใช้จ่ายในการมอบหมายงานให้เครื่องจักรผลิตผลิตภัณฑ์คำนวณจากค่าใช้จ่ายของเวลาที่ใช้ต่อเครื่องจักรเท่ากับ 124,150 บาทต่อเครื่องต่อเดือน การพิจารณาเป็นวัตถุประสงค์ข้อสุดท้ายเนื่องจากการมอบหมายงานให้เครื่องจักรต้องให้ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุด นั่นคือต้องใช้เครื่องจักรที่มีอยู่ให้ได้มากที่สุดและได้ปริมาณงานมากที่สุดก่อนที่จะทำการสั่งซื้อจากผู้ผลิตภายนอก

โดยปกติถ้ามีการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากภายนอกปริมาณน้อย เครื่องจักรจะต้องทำการผลิตมากและต้องมีการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรมากเช่นกัน แต่ถ้าต้องการการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรจำนวนน้อยเครื่องจะต้องมีการสั่งซื้อผลิภัณฑ์จากภายนอกมากขึ้น และต้องมีการใช้เครื่องจักรน้อยลงด้วย จึงจำเป็นต้องมีการจัดลำดับความสำคัญของวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด

4.2. Preemptive Priorities

โปรแกรมเชิงเส้นสามารถแก้ปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดได้โดยมีวัตถุประสงค์เดียว แต่ในการหาคำตอบจากหลายวัตถุประสงค์ที่ต้องตัดสินใจเลือกคำตอบที่ดีที่สุด (Multiple Objective Decision Making : MODM) มีวิธีการหาคำตอบคือโปรแกรมเชิงเส้นฟัซซี่ (Fuzzy linear programming) และโปรแกรมโกล์ (Goal programming) ซึ่งจะได้คำตอบที่แม่นยำกับวัตถุประสงค์ และเงื่อนไขที่ถูกกำหนดให้ แต่ในทางปฏิบัติมีปัจจัยอื่นที่ต้องนำมาพิจารณาในการเลือกคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ดังเช่นกรณีศึกษาการมอบหมายงานให้เครื่องจักรนี้ ยังต้องนำจำนวนเครื่องจักรที่ต้องถูกปรับเปลี่ยน PN มาพิจารณาด้วยนอกเหนือจากค่าใช้จ่ายโดยรวม จึงนำ PP มาหาคำตอบที่เหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติและสามารถตัดสินใจได้ง่ายโดยดูจากค่าความพึงพอใจ (Satisfying degree ; λ) ประกอบการตัดสินใจ

ในกรณี “$\tilde{\leq}$” ค่าคำตอบน้อยกว่าหรือเท่ากับค่ามากที่สุดที่สามารถเป็นได้ นำมาเปลี่ยนเป็นค่าเฉลี่ยของ Goal programming (GP) ได้ดังนี้

$$f_i(x) - p_i = f_i^*, \qquad i = 1,...,k. \tag{8}$$

p_i คือค่าเบี่ยงเบนทางบวก จากสมการ (8) นำมาเปลี่ยนใหม่ในรูปของ membership function $\mu_{f_i}(x)$ ได้ดังนี้

$$\mu_{f_i}(x) = 1 - p_i/(f_i^{\max} - f_i^*) \tag{9}$$

ในกรณี “$\tilde{\geq}$” ค่าคำตอบมากกว่าหรือเท่ากับค่าน้อยที่สุดที่สามารถเป็นได้ นำมาเปลี่ยนเป็นค่าเฉลี่ยของ Goal programming (GP) ได้ดังนี้

$$f_i(x) + n_i = f_i^*, \qquad i = 1,...,k. \tag{10}$$

n_i คือค่าเบี่ยงเบนทางบวก จากสมการ (10) นำมาเปลี่ยนใหม่ในรูปของ membership function $\mu_{f_i}(x)$ ได้ดังนี้

$$\mu_{f_i}(x) = 1 + n_i/(f_i^* - f_i^{\min}) \tag{11}$$

เรียงลำดับความสำคัญของปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดหลายวัตถุประสงค์ด้วย fuzzy ทั้งกรณี “$\tilde{\leq}$” และ “$\tilde{\geq}$” และ Preemptive priorities ได้ดังนี้

Find : x

So as to satisfy

$$\begin{aligned} f_i(x) &\tilde{\leq} f_i^*, && i = 1,...,k_1 \\ f_j(x) &\tilde{\geq} f_j^*, && j = k_1+1,...,k \end{aligned} \tag{12}$$

Subject to

$$f_j(x) \prec f_j(x), \qquad x \in G$$

สมการในรูปที่จะนำไปหาคำตอบได้ง่ายขึ้นคือ

$$\min\left(\sum_{i=1}^{k} p_i/(f_i^{\max} - f_i^*) + \sum_{j=k_1+1}^{k} n_j/(f_j^* - f_j^{\min})\right)/k + \lambda.\gamma$$

s.t.
$$\begin{aligned} & f_i(x) + n_i - p_i = f_i^*, && i = 1,...,k_1 \\ & f_j(x) + n_j - p_j = f_j^*, && j = k_1+1,...,k \\ & p_i/(f_i^{\max} - f_i^*) - n_j/(f_j^* - f_j^{\min}) \leq \gamma \\ & n_j \leq f_j^* - f_j^{\min},\ p_i \leq f_i^{\max} - f_i^*, \\ & n_i, p_i, n_j, p_j \geq 0, \qquad -1 \leq \gamma \leq 1 \\ & x \in G \end{aligned} \tag{13}$$

ตัวแปรใหม่ γ คือตัวแปรที่บอกความสำคัญ ซึ่งถูกกำหนดค่าให้อยู่ระหว่าง -1 กับ 1 $(-1 \leq \gamma \leq 1)$ และมี λ เป็นพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อนำมาหาค่าความพึงพอใจ (Satisfying Degree)

การตัดสินใจเลือกคำตอบที่เหมาะสมนั้นจะดูจากค่าความพึงพอใจรวมที่มากที่สุดและเรียงตามลำดับ

ค่าจากมากไปหาน้อยตามลำดับความสำคัญของวัตถุประสงค์

5. กรณีศึกษา

การมอบหมายงานให้เครื่องจักรในกรณีศึกษานี้เป็นการวางแผนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ในโรงงานอุตสาหกรรม มีเครื่องจักร 23 โมเดล 697 เครื่อง ที่ต้องผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 85 PN โดยที่เครื่องจักรแต่ละเครื่องมีความสามารถในการผลิต ไม่เท่ากันของแต่ละผลิตภัณฑ์ ทุกเดือนจะต้องผลิตงานให้ได้ไม่น้อยกว่าจำนวนงานที่ต้องการในแต่ละเดือนของทุกผลิตภัณฑ์ และจากความต้องการผลิตภัณฑ์ในแต่ละเดือนที่ได้รับนั้นมีมากกว่าความสามารถในการผลิตของเครื่องจักรที่มีอยู่ จึงต้องมีการสั่งซื้อบางผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตภายนอกโรงงาน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องนำมาคิดเรื่องค่าใช้จ่ายในการวางแผนการผลิตด้วย

ขั้นตอนการมอบหมายงานให้เครื่องจักรในปัจจุบันใช้โปรแกรมเอ็กซ์เซล (Excel) ซึ่งจะมีสูตรคำนวณให้แล้วว่าถ้าใส่จำนวนเครื่องจักรให้ผลิต PN ใดกี่เครื่องแล้วจะได้จำนวนงานเท่าไร และมีจำนวนมากหรือน้อยกว่าความต้องการการผลิตเท่าไร หลังจากที่ใส่จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการครบทั้งหมดแล้ว ขั้นตอนแรกคือ ใส่จำนวนเครื่องจักรที่ต้องใช้ให้ได้จำนวนงานไม่น้อยกว่าความต้องการคือไม่ติดลบ และต้องพิจารณาเครื่องจักรที่ใช้ในเดือนก่อนหน้าด้วยว่าต้องไม่ปรับเปลี่ยนมาก เพราะการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (Set up machine) เป็นผลิตภัณฑ์อื่น ต้องเตรียมการจัดการบุคคล เครื่องมือของเครื่องจักร (Tooling) และเครื่องมือวัดชิ้นงาน (Gauge) วัตถุดิบ (Material) และการจัดการในการแยกงานและตรวจสอบก่อนทำการผลิต ใส่จำนวนเครื่องจักรจนครบทุกผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนที่สองคือ ดูจำนวนรวมของเครื่องจักรว่ามีโมเดล ใดไม่พอและโมเดลใดเหลือ ให้นำไปปรับใหม่โดยทำเหมือนขั้นตอนแรก แต่ต้องพิจารณา PN ที่สามารถสั่งซื้อจากภายนอกโรงงานได้ว่าใช้เครื่องจักรชนิดใดบ้าง แล้วให้นำเครื่องจักรโมเดลอื่นที่สามารถใช้แทนได้ให้หมดก่อนจนกระทั่งได้จำนวนเครื่องจักรที่ไม่พอเหลืออยู่เท่านั้น ขั้นตอนสุดท้ายคือ ใส่จำนวนเครื่องจักรที่ไม่พอให้พอดีกับจำนวนเครื่องจักรที่มีอยู่ แล้วใส่จำนวนงานที่ต้องการสั่งซื้อให้ได้ตามจำนวนงานที่ต้องการ

จากการใช้โปรแกรม Excel ได้ผลคือ มีการสั่งซื้อจากภายนอก คิดเป็นค่าใช้จ่าย 15.66 ล้านบาท มีการปรับเปลี่ยน เครื่องจักรทั้งหมด 301 เครื่อง คิดเป็นค่าใช้จ่าย (ไม่คิดค่าการจัดการ) 0.44 ล้านบาท ใช้เครื่องจักรทั้งหมด 697 เครื่อง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 86.53 ล้านบาท ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 102.64 ล้านบาท ดังแสดงคำตอบในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คำตอบโดยการวางแผนด้วยมือ (Manual)

Lamda λ	Total satisfying degree	Obj	Satifying Degree	Cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)	Machine Changeover (เครื่อง)	Gamma γ	Assigned M/C (เครื่อง)
Manual	1.201	1	0.787	15.66	102.64	301	-	697.00
		2	0.417	0.44				
		3	-0.002	86.53				

การนำวิธี PP มาแก้ปัญหาการมอบหมายงานให้เครื่องจักรโดยใช้โปรแกรม GAMS หาคำตอบมีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนแรกคือกำหนดวัตถุประสงค์ค่าต่ำที่สุดของผลรวมของค่าใช้จ่ายทั้งหมดคือ การสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตภายนอก การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรเป็น PN อื่น และการใช้เครื่องจักรในการผลิต ดังข้อ

ที่ 2 ขั้นที่สองคือ หาค่าต่ำที่สุดของแต่ละวัตถุประสงค์คือ นำ M เป็นค่าคงที่ที่มีค่ามากๆไปคูณกับแต่ละวัตถุประสงค์ทีละข้อเพื่อให้ได้ค่าต่ำที่สุด

$$\min z = M\sum_{j=1}^{85} e_j\, outsource_j + \sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} A\, over_{i,j} + \sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} B\, x_{i,j} \tag{14}$$

$$\min z = \sum_{j=1}^{85} e_j\, outsource_j + M\sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} A\, over_{i,j} + \sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} B\, x_{i,j} \tag{15}$$

$$\min z = \sum_{j=1}^{85} e_j\, outsource_j + \sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} A\, over_{i,j} + M\sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} B\, x_{i,j} \tag{16}$$

ขั้นตอนที่สามคือ หาค่าสูงสุดของแต่ละวัตถุประสงค์โดยนำ M คูณกับวัตถุประสงค์ที่ไม่ต้องการหาค่าสูงสุดทีละค่าเพื่อให้ตัวแปรที่ถูกคูณด้วย M แสดงค่าต่ำและตัวแปรที่ไม่ได้ถูกคูณด้วย M แสดงค่าสูงสุดจนได้ค่าสูงสุด

$$\min z = \sum_{j=1}^{85} e_j\, outsource_j + M\sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} A\, over_{i,j} + M\sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} B\, x_{i,j} \tag{17}$$

$$\min z = M\sum_{j=1}^{85} e_j\, outsource_j + \sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} A\, over_{i,j} + M\sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} B\, x_{i,j} \tag{18}$$

$$\min z = M\sum_{j=1}^{85} e_j\, outsource_j + M\sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} A\, over_{i,j} + \sum_{i}^{23}\sum_{j}^{85} B\, x_{i,j} \tag{19}$$

ตารางที่ 2 ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และผลต่างของแต่ละวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	ค่าต่ำสุด (ล้านบาท)	ค่าสูงสุด (ล้านบาท)	ผลต่าง (ล้านบาท)
(1) outsource	0.85	70.25	69.41
(2) changeover	0.21	0.61	0.40
(3) M/C usage	49.70	86.45	36.74

ขั้นตอนที่สี่คือ นำค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของแต่ละวัตถุประสงค์มาหาผลต่าง ดังแสดงผลในตารางที่ 2 จากนั้นนำค่าสูงสุด ต่ำสุดและผลต่างของแต่ละวัตถุประสงค์มาหาค่าความพึงพอใจ (Satisfying degrees) ในขั้นตอนที่ห้า โดยการกำหนดค่าคงที่ λ ที่ค่าต่างๆ ดังสมการที่ 13 แสดงใหม่ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
& \min\left(p_1/69.41 + p_2/0.40 + p_1/36.74\right)/3 + \lambda.\gamma \\
\text{s.t}\quad & \sum_{j=1}^{85} e_j\, outsource_j - p_1 = 0.85 \\
& \sum_{i=1}^{23}\sum_{j=1}^{85} A\, over_{i,j} - p_2 = 0.21 \\
& \sum_{i=1}^{23}\sum_{j=1}^{85} B\, x_{i,j} - p_3 = 49.70 \\
& p_1/69.41 + p_2/0.40 \\
& p_2/0.40 + p_3/36.74 \\
& p_1 \le 69.41,\ p_2 \le 0.40,\ p_1 \le 36.74 \\
& p_1, p_2, p_3 \ge 0, \quad -1 \le \gamma \le 1
\end{aligned} \tag{20}$$

หลังจากหาค่าความพึงพอใจแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายคือ พิจารณาค่าความพึงพอใจรวมที่มากที่สุดในการหาค่าคำตอบของทั้งสามวัตถุประสงค์ ถึงแม้ค่าใช้จ่ายรวมจะไม่ใช่ค่าที่น้อยที่สุด แต่ลำดับความพึงพอใจเป็นไปตามลำดับคือเรียงจากมากไปหาน้อยของวัตถุประสงค์ที่หนึ่งถึงสามตามลำดับ และตามค่าที่ได้ตาม

ตารางที่ 3 ได้เลือกค่าความพึงพอใจ 1.818 ที่ค่า λ 0.1875 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายโดยรวมคือ 92.47 ล้านบาท

คำตอบที่ได้จากการวางแผนด้วยมือใส่จำนวนเครื่องจักรนั้นถูกนำมาคำนวณเป็นค่าดีกรีความพึงพอใจ (Satisfying degrees) มีค่าเท่ากับ 1.201 ซึ่งน้อยกว่าค่าที่เลือกมาจากวิธี Preemptive Priorities มีค่าเท่ากับ 1.818 และคำตอบของทั้งสามวัตถุประสงค์ของวิธี Preemptive Priorities ยังน้อยกว่าด้วย ถึงแม้จะไม่ได้คำตอบที่มีค่าใช้จ่ายโดยรวมน้อยที่สุด แต่ได้คำตอบที่เรียงลำดับตามความสำคัญได้ชัดเจน และจำนวนเครื่องจักรที่ต้องทำการปรับเปลี่ยนมีจำนวนน้อยที่สุดซึ่งการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรนี้นอกจากค่าใช้จ่ายที่แสดงในคำตอบแล้วยังมีเรื่องการจัดการดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วซึ่งไม่สามารถประเมินเป็นค่าใช้จ่ายได้อย่างชัดเจน ทำให้ตัดสินใจเลือกคำตอบนี้ นอกจากนั้นค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรยังมีค่าน้อยที่สุดอีกด้วย

ตารางที่ 3 คำตอบโดย Preemptive Priorities ด้วยค่า λ ต่างๆ

Lamda λ	Total satisfying degree	Obj	Satifying Degree	Cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)	Machine Changeover (เครื่อง)	Gamma γ	Assigned M/C (เครื่อง)
0.125	1.940	1	0.662	24.32	96.59	175.60	0.22	579.98
		2	0.885	0.26				
		3	0.393	72.00				
0.1563	1.914	1	0.696	21.96	95.29	184.07	0.16	588.45
		2	0.854	0.27				
		3	0.364	73.06				
0.1875	1.818	1	0.790	15.41	92.47	208.18	-0.03	618.21
		2	0.764	0.31				
		3	0.264	76.75				
0.25	1.611	1	0.881	9.12	89.96	260.96	-0.31	648.03
		2	0.567	0.39				
		3	0.163	80.45				
0.5	1.494	1	0.945	4.70	89.67	279.41	-0.447	681.15
		2	0.498	0.41				
		3	0.051	84.56				
1	1.435	1	0.956	3.93	90.76	284.796	-0.478	696.01
		2	0.478	0.42				
		3	0.001	86.41				

คำตอบจากวิธี PP และ Manual ได้นำมาเปรียบเทียบกันในตารางที่ 4 และ 5 แล้วพบว่า วิธี PP สามารถให้ค่าความพึงพอใจโดยรวมได้สูงกว่าวิธี Manual 0.62 และยังให้ค่าใช้จ่ายได้ต่ำกว่าใน วิธี Manual ในทุกวัตถุประสงค์ซึ่งรวมแล้วสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 10.17 ล้านบาท

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าความพึงพอใจที่ได้จากการหาคำตอบด้วยวิธี PP และ Manual

วัตถุประสงค์	ค่าความพึงพอใจ		
	PP	Manual	ผลต่าง
Outsource	0.790	0.787	0.003
Change over machine	0.764	0.417	0.347
Machine running	0.264	(0.002)	0.266
Total satisfying degrees	1.818	1.201	0.617

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคำตอบค่าใช้จ่ายที่ได้จากการใช้วิธี PP และ Manual

วัตถุประสงค์	ค่าใช้จ่าย (ล้านบาท)		
	PP	Manual	ผลต่าง
Outsource	15.41	15.66	(0.25)
Change over machine	0.31	0.44	(0.14)
Machine running	76.75	86.53	(9.78)
Total cost	92.47	102.64	(10.17)

6. สรุป

การแก้ปัญหาการมอบหมายงานแบบหลายวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้เป็นการหาค่าที่ต่ำสุดและให้ความสำคัญกับแต่ละวัตถุประสงค์ในลำดับที่แตกต่างกัน ซึ่งได้นำเสนอวิธีการ Preemptive Priorities และโปรแกรม GAMS หาคำตอบแทนการใช้วิธี Manual ใส่ตัวเลขจำนวนเครื่องจักรในโปรแกรม Excel นั้น สามารถช่วยให้การแก้ปัญหาทำได้ง่าย และคำตอบที่ได้สามารถแสดงผลเรียงตามลำดับความสำคัญตามที่ได้กำหนดไว้จากสำคัญมากไปหาน้อยดังนี้ คือ 1) การสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากภายนอก 2) การปรับเปลี่ยนเครื่องจักร และ 3) จำนวนเครื่องจักรที่ถูกมอบหมายงาน ซึ่งพิจารณาได้ง่ายและชัดเจนจากค่าความพึงพอใจ (Satisfying degrees) ที่เหมาะสมที่สุด โดยค่าความพึงพอใจเพิ่มขึ้นจาก 1.201 เป็น 1.818 และที่สำคัญคือสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้กว่า 10 ล้านบาท จากการหาค่าที่ดีที่สุดแบบ Preemptive Priorities

การศึกษาขั้นต่อไปควรทำการหาคำตอบของ Forecast ได้มากกว่า 1 เดือนเพื่อสามารถลดเวลาในการหาคำตอบวางแผนการผลิตและสามารถเห็นความสามารถของเครื่องจักรที่มากที่สุดได้เพื่อวางแผนสำหรับความต้องการของลูกค้าได้อย่างเหมาะสม

บรรณานุกรม

[1] C.F., Hu., C.J., Teng., S.Y. Li, 2007, “A fuzzy goal programming approach to multi-objective optimization problem with priorities”, European Journal of Operational Research, 176, 319–1333.

[2] C.F., Hu., S.Y., Li., 2006, “Enhance interactive satisfying optimization approach to multiple objective optimization with preemptive priorities”, International Journal of Information Technology & Decision Making, Vol. 5, No.1, 47-63.

[3] K.M., Tsai., S.Y.. You, Y.H.. Lin, C.H.. Tsai, 2008, "A fuzzy goal programming approach with priority for channel allocation problem in steel industry", Expert Systems with Applications, 34, 1870–1876.

[4] J.B., Yang., D., Li., 2002, "Normal vector indentification and interactive tradeoff analysis using minimax formulation in multiobjective optimization", IEEE Transactions Fuzzy Systems, Vol. 32, No. 3, 305-319.

[5] L.H., Chen., F.C., Tsai., 2001, "Fuzzy goal programming with difference importance and" priorities, European Journal of Operational Research, 133, 548-556.

[6] M., Sakawa., K., Yauchi., K., Hideki., 2004, "An intersctive fuzzy satisficing method for multiobjective linear programming with random variable coefficients through a probability maximization method", Fuzzy Sets Systems, Vol.146, 205-220.

[7] O.C.T., Onesime., X.F., Xu., D.C., Zhan., 2004, "A decision support system for supplier selection process", International Journal of Information Technology & Decision Making, Vol. 3, No.3, 453-470.

[8] S.Y., Li., Y.P., Yang., C.J., Teng., 2004, "Fuzzy goal programming wiyh multiple priorities via generalized varying-domain optimization method", IEEE Transactions Fuzzy Systems, Vol. 12, No. 5, 596-605.

[9] Y., Chen., 2005, "On preference structure in data envelopment analysis", International Journal of Information Technology & Decision Making, Vol. 4, No.3, 411-431.