

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็น การอธิบายหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดขนาดการผลิตที่เหมาะสมแบบหลายระดับชั้น (Multi level Lot Sizing Problem; MLLS) การประยุกต์ใช้เมตาฮีริสติก รวมถึงการทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา

ระบบการวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning; MRP) มีแนวคิดในการสั่งซื้อหรือจัดเตรียมวัสดุให้เพียงพอต่อความต้องการและทันต่อเวลา โดยแผนการสั่งซื้อวัสดุทั้งหมดมีเป้าหมายคือ ผลิตภัณฑ์ หรือวัสดุขั้นตอนสุดท้ายที่ถูกกำหนดไว้ในตารางการผลิตหลัก กล่าวคือ MRP แปลงความต้องการผลิตภัณฑ์ออกมาเป็น ความต้องการชิ้นส่วนประกอบย่อย หรือวัตถุดิบต่างๆ ทั้งจำนวน/ปริมาณและทันต่อเวลาที่ต้องการตลอดระยะเวลาของการวางแผน โดยอาศัยข้อมูลจากบัญชีรายการวัสดุ (Bill of material; BOM) และข้อมูลสถานะสินค้าคงคลัง (Inventory status file) เมื่อพิจารณาแนวคิดระบบ MRP ที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า ปัญหาการวางแผนการผลิต (lot-sizing) เป็นส่วนหนึ่งของระบบงาน MRP นั่นคือ มีความต้องการแผนการผลิตที่ทันเวลา มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลังต่ำที่สุด

2.1 ประเภทของปัญหาการจัดขนาดการผลิต

หลักการวางแผนและควบคุมการผลิต ที่ดีคือ ความสามารถในการประสานวัตถุประสงค์ที่ขัดแย้งกันของโรงงาน ซึ่งวัตถุประสงค์ดังกล่าวประกอบด้วย (การวางแผนและควบคุมการผลิต, บุคลากร, พลังงาน, วัสดุ, ทุน)

- (1) ระดับการให้บริการลูกค้าสูงสุด (การส่งมอบสินค้าตามกำหนด)
- (2) การปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพด้านโรงงาน (มีความสูญเสียด้านแรงงานและเครื่องจักรน้อย)
- (3) การลงทุนในของคงคลังต่ำ (มีการถือครองของคงคลังเท่าที่จำเป็น)

วัตถุประสงค์ทั้ง 3 ประการ ดังกล่าวข้างต้นคือ สิ่ง que ผู้บริหารฝ่ายผลิตจะต้องใช้ความพยายามในการจัดการระบบการผลิตให้บรรลุผลทุกประการ แต่โดยธรรมชาติแล้ววัตถุประสงค์ทั้ง 3 มีความขัดแย้งซึ่งกันและกัน กล่าวคือ ถ้าเราต้องการให้ต้นทุนด้านการลงทุนของคงคลังต่ำ เราจำเป็นต้องผลิตในปริมาณน้อยๆหรือเท่าที่จำเป็น แต่การดำเนินการดังกล่าวจะอาจจะส่งผลให้เราต้องดำเนินการผลิตสินค้ารายการเดียวกันหลาย ๆ ครั้ง ซึ่งในแต่ละครั้งอาจจะต้องเสียเวลาในการเตรียมการผลิต ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรลดลง ทั้งนี้เพราะต้องสูญเสียเวลาไปกับเวลาตั้ง

เครื่องมากขึ้น แต่ก็อาจส่งผลให้มีสินค้าส่งมอบทันกำหนดมากขึ้น ในบางสภาพแวดล้อมของการแข่งขันทางธุรกิจ ธุรกิจจะต้องสามารถส่งมอบสินค้าในช่วงเวลาสั้นๆหรือเร็วที่สุดภายหลังจากได้รับใบสั่งจากลูกค้า กรณีดังกล่าวนี้อาจทำให้ธุรกิจจำเป็นต้องถือครองสินค้าคงคลังไว้ในปริมาณที่มากขึ้น เพื่อให้มั่นใจในศักยภาพการตอบสนองความต้องการของลูกค้า จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้แสดงให้เห็นได้ว่า การตัดสินใจด้านการวางแผนและควบคุมการผลิตจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับวัตถุประสงค์ตามที่กล่าวมานี้ และต้องพยายามทำให้ผลลัพธ์โดยรวมของวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ประการดีที่สุด

เมื่อผู้บริหารฝ่ายผลิตได้รับทราบความต้องการสินค้าจากลูกค้าอาจเป็นรายวัน รายเดือน หรือรายปี ผู้บริหารฝ่ายผลิตจำเป็นต้องนำความต้องการที่ได้รับมาวางแผนในการผลิตสินค้า เนื่องจากในการเริ่มต้นการผลิตในแต่ละครั้งมีค่าใช้จ่ายในการสั่งผลิต (Setup costs) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตามจำนวนครั้งที่มีการสั่งให้มีการผลิตสินค้า ดังนั้นหากความถี่ในการสั่งผลิตสินค้าเกิดขึ้นมากเท่าใด ค่าใช้จ่ายในการสั่งผลิต (Setup costs) ก็มากขึ้นเท่าตัว แต่หากการผลิตสินค้าในแต่ละครั้งนั้นกำหนดให้มีการผลิตครั้งละมาก ๆ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการสั่งผลิต เมื่อมีสินค้าที่เหลือจากการส่งมอบให้แก่ลูกค้าในแต่ละวัน แต่ละเดือนหรือแต่ละปี (ขึ้นอยู่กับลักษณะของแผนการผลิตนั้น ๆ) ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory holding costs) ต้องมีแหล่งพักสินค้าสำเร็จรูป (Ware house) จากที่กล่าวมาข้างต้นเห็นได้ว่า ผู้บริหารฝ่ายผลิตต้องมีการวางแผนการผลิตให้มีความสมดุลระหว่างจำนวนครั้งในการสั่งผลิต (Setup costs) และจำนวนสินค้าคงคลังที่เหลือจากการส่งมอบในแต่ละช่วงเวลา (Inventory holding costs)

จากการทบทวนวรรณกรรม สามารถจำแนกปัญหาการจัดขนาดการผลิตออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

- (1) ปัญหาการจัดขนาดการผลิตระดับเดียว (Single level lot-sizing problem)
- (2) ปัญหาการจัดขนาดการผลิตหลายระดับ (Multi level lot-sizing problem)

ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดขนาดการผลิตที่เหมาะสมมีข้อสมมุติฐานดังต่อไปนี้

- (1) มีช่วงเวลาในการวางแผนการผลิตที่แน่นอน กำหนดให้อยู่ใน T ช่วงเวลา
- (2) มีความต้องการสินค้าจากลูกค้าภายนอกตลอดช่วงเวลา T และความต้องการของลูกค้าต้องได้รับการตอบสนองตั้งแต่ต้นคาบเวลา
- (3) การผลิตสินค้าแต่ละชิ้นส่วนมีความเป็นอิสระต่อกัน
- (4) เวลานำหรือ Lead time มีค่าเป็นศูนย์
- (5) ค่าใช้จ่ายในการสั่งผลิตหรือสั่งซื้อมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาการผลิต

- (6) ค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลังเป็นแบบเส้นตรงและมีการคำนวณเมื่อแผนการผลิตสิ้นสุดลง
- (7) ไม่มีสินค้าคงคลังก่อนการวางแผนการผลิตและเมื่อแผนการผลิตสิ้นสุดลง

2.1.1 ปัญหาการจัดขนาดการผลิตระดับเดียว(Single level lot-sizing problem)

ปัญหาการจัดขนาดการผลิตระดับเดียว แบ่งออกเป็น 2 ปัญหาย่อยได้แก่

2.1.1.1 ปัญหาการจัดขนาดการผลิตระดับเดียวแบบไม่จำกัดทรัพยากร (Single level uncapacitated lot sizing problem: SLULSP) คือ ชั้นส่วนประกอบในสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ ไม่มีความสัมพันธ์กัน แยกจากกันเป็นอิสระ และไม่มีการจำกัดทรัพยากรในการผลิต โดยมีเป้าประสงค์ของปัญหาคือ ผลรวมของค่าใช้จ่ายจากการสั่งผลิต/สั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลังต่ำที่สุด สามารถเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

สมการเป้าหมาย (Objective function)

$$\text{Min} \sum_{i=1}^P \sum_{t=1}^T (S_i y_{i,t} + h_i I_{i,t}) \quad (1.1)$$

ภายใต้เงื่อนไข (Constraints)

$$I_{i,t} = I_{i,t-1} + x_{i,t} - d_{i,t}, \quad (1.2)$$

$$x_{i,t} - G y_{i,t} \leq 0, \quad (1.3)$$

$$I_{i,t} \geq 0, \quad (1.4)$$

$$x_{i,t} \geq 0, \quad (1.5)$$

$$y_{i,t} \in \{0, 1\} \quad (1.6)$$

ดัชนี (Indices)

P	จำนวนชิ้นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด
T	ช่วงเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต
i	หมายเลขกำกับแต่ละชิ้นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์
t	ช่วงเวลาเฉพาะ t จากระยะเวลาทั้งหมด T

ค่าคงที่ในแบบจำลอง (Parameters)

s_i	ค่าใช้จ่ายในการผลิต(Setup costs) ต่อครั้งสำหรับชิ้นส่วน i ใดๆ
h_i	ค่าใช้จ่ายสินค้าคงคลัง (Inventory holding costs) ต่อชิ้นสำหรับชิ้นส่วน i ใดๆ
G	จำนวนการผลิตที่มากที่สุดที่เป็นไปได้
$d_{i,t}$	ความต้องการสินค้าในช่วงเวลา t

ตัวแปรช่วยในการตัดสินใจ (Variables)

$x_{i,t}$	แทนค่าขนาดการผลิตในช่วงเวลา t
$I_{i,t}$	ปริมาณสินค้าคงคลังในช่วงเวลา t
$y_{i,t}$	มีค่าเท่ากับศูนย์เมื่อไม่มีการสั่งผลิตในช่วงเวลา t และเท่ากับ 1 เมื่อมีการสั่งผลิตใน ช่วงเวลา t

สมการที่ (1.1) เป็นสมการเป้าหมาย (Objective function) เพื่อหาผลรวมของค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ต่ำที่สุด (Minimal solution) อันเกิดจากผลรวมของค่าใช้จ่ายในการผลิต (Setup costs) และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเก็บรักษาสินค้าคงเหลือ (Inventory holding costs) สมการที่ (1.2) สมการสมดุลระดับสินค้าคงคลัง โดยที่สินค้าคงคลังในคาบเวลาปัจจุบันมีค่าเท่ากับ สินค้าคงคลังที่คาบเวลาก่อนหน้าบวกด้วยสินค้าคงคลังในช่วงเวลาปัจจุบันลบด้วยปริมาณความต้องการจากลูกค้า สมการที่ (1.3) กำหนดให้ขนาดการผลิตมีค่ามากกว่าศูนย์ก็ต่อเมื่อ y_t มีค่าเป็น 1 สมการที่ (1.4) และสมการที่ (1.5) กำหนดให้ขนาดการผลิตและระดับสินค้าคงคลังมีค่ามากกว่าศูนย์ และสมการที่ (1.6) กำหนดเลขไบนารีของตัวแปรในการตัดสินใจ

2.1.1.2 ปัญหาการจัดขนาดการผลิตระดับเดียวแบบจำกัดทรัพยากร (Single level capacitated lot sizing problem: SLCLSP) คือ ชิ้นส่วนประกอบในสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ไม่มีความสัมพันธ์กัน แยกจากกันเป็นอิสระ และมีการจำกัดทรัพยากรในการผลิต มีเป้าประสงค์ของปัญหา คือ ผลรวมของค่าใช้จ่ายจากการสั่งผลิต/สั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลังต่ำที่สุด โดยมีข้อจำกัดด้านการใช้ทรัพยากร สามารถเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

สมการเป้าหมาย (Objective function)

$$\text{Min } \sum_{i=1}^P \sum_{t=1}^T (S_i y_{i,t} + h_i I_{i,t}) \quad (2.1)$$

ภายใต้เงื่อนไข (Constraints)

$$I_t = I_{t-1} + x_t - d_t, \quad (2.2)$$

$$\sum_{i=1}^P (a_{mi}x_{it} + b_{mi}y_{it}) \leq L_{mt} \quad (2.3)$$

$$I_t \geq 0, \quad (2.4)$$

$$x_t \geq 0, \quad (2.5)$$

$$y_t \in \{0, 1\} \quad (2.6)$$

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ปัญหาการวางแผนการผลิตระดับเดียวแบบจำกัดทรัพยากรมีความแตกต่างกับปัญหาแบบไม่จำกัดทรัพยากรในสมการที่ (2.3) เท่านั้น พบว่าในสมการที่ (2.3) มีค่าคงที่เพิ่มขึ้นมาคือ a_{mi} เป็นค่าคงที่ที่ใช้แทนค่าจำนวนทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตสินค้าจำนวนหนึ่งหน่วย และ b_{mi} ช่วงเวลาในการติดตั้งชิ้นส่วนบนทรัพยากร m และ L_{mt} กำลังการผลิตที่สามารถผลิตได้บนทรัพยากร m ในช่วงเวลา t ดังนั้นสมการที่ (2.3) อธิบายได้ว่าจำนวนทรัพยากรที่ใช้ในคาบเวลาใดๆต้องไม่เกินจำนวนทรัพยากรที่มีในคาบเวลานั้นๆ ส่วนสมการอื่นมีความหมายดังเช่นปัญหาการวางแผนการผลิตระดับเดียวแบบไม่จำกัดทรัพยากรดังกล่าวมาแล้ว

2.1.2 ปัญหาการจัดขนาดการผลิตที่เหมาะสมแบบหลายระดับชั้น (Multi-level Lot Sizing Problem: MLLS)

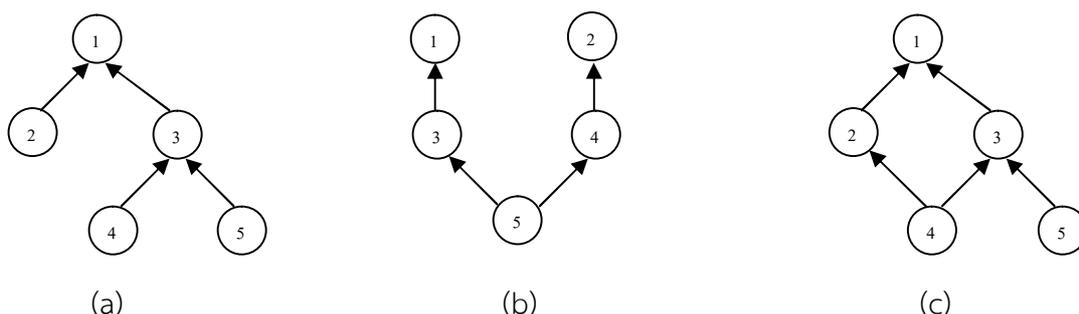
การวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning: MRP) ส่วนใหญ่มีโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Product Structure) ที่ชัดเจน เพื่อให้ทราบถึงชิ้นส่วนประกอบที่แน่นอนรวมไปถึงรายการวัสดุ (Bill of Material) ที่แสดงถึงปริมาณของชิ้นส่วนหรือวัสดุที่ต้องการใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต และสิ่งสำคัญส่วนสุดท้ายที่ระบบ MRP ต้องการคือ แผนหลักของการผลิต (Master Production Planning) ซึ่งต้องมีความถูกต้อง และไม่เปลี่ยนแปลง จากหลักการนี้เองได้พัฒนาเป็นการวางแผนความต้องการทรัพยากร (Manufacturing Resource Planning: MRP II)

โครงสร้างผลิตภัณฑ์พื้นฐาน (Basic Product Structure) โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (Bookbinder and Koch, 1990)

(a) Assembly System ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมีเพียงชิ้นเดียวแต่มีหลายชิ้นส่วน

(b) Serial System แต่ละชิ้นส่วนมีส่วนประกอบไม่เกิน 1 ชิ้น

(c) General System แต่ละชิ้นส่วนสามารถมีส่วนประกอบได้หลายชิ้น



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างผลิตภัณฑ์พื้นฐาน

จากภาพที่ 2.2 (c) สามารถเขียนเป็นเซตโครงสร้างผลิตภัณฑ์ได้ว่า $\Gamma^{-1}(1) = \{2, 3\}$; $\Gamma^{-1}(3) = \{4, 5\}$ และ $\Gamma(2) = \{1\}$; $\Gamma(3) = \{1\}$; $\Gamma(4) = \{2, 3\}$; $\Gamma(5) = \{3\}$ เป็นต้น ดังนั้นกำหนดค่าพารามิเตอร์

$\Gamma^{-1}()$ คือ เซตของส่วนประกอบลูก และ $\Gamma()$ คือ เซตของส่วนประกอบพ่อแม่ ตามหลักการโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ (Tree structure) (Dellaert and Jeunet, 2000)

หลักการพื้นฐานโดยทั่วไปในการวางแผนการผลิตแบ่งออกได้

(1) เริ่มต้นจากการวางแผนจากชิ้นส่วนประกอบส่วนสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ (End items) ปริมาณหรือขนาดของการผลิตชิ้นส่วนในแต่ละช่วงเวลาถูกคำนวณอย่างเป็นลำดับขั้น เป็นไปตามโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Product structure)

(2) ผลลัพธ์จากการวางแผนการผลิตตามลำดับขั้นของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ นำมาซึ่งค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operation cost) เป็นผลรวมมาจากค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องจักร (Setup cost) และค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory holding cost) ลำดับการตัดสินใจในการสั่งผลิตถูกดำเนินการในการผลิตในแหล่งผลิตจริง

ปัญหาการจัดขนาดการผลิตหลายระดับขั้น แบ่งออกเป็น 2 ปัญหาย่อยได้แก่

2.1.2.1 ปัญหาการจัดขนาดการผลิตหลายระดับขั้นแบบไม่จำกัดทรัพยากร (Multi level uncapacitated lot sizing problem: MLULSP) คือ ชิ้นส่วนประกอบในสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ มีความสัมพันธ์กันตามโครงสร้างผลิตภัณฑ์ และไม่มีการจำกัดทรัพยากรในการผลิต โดยมีสินค้า

มากกว่าหนึ่งชนิด เป้าประสงค์ของปัญหาคือ ผลรวมของค่าใช้จ่ายจากการสั่งผลิต/สั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลังต่ำที่สุด สามารถเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

สมการเป้าหมาย (Objective function)

$$\text{Min } \sum_{i=1}^P \sum_{t=1}^T (s_i y_{i,t} + h_i I_{i,t}) \quad (3.1)$$

ภายใต้เงื่อนไข (Constraints)

$$I_{i,t} = I_{i,t-1} + x_{i,t} - \sum_{j \in \Gamma(i)} c_{ij} x_{j,t-l_j} - E_{it}, \quad (3.2)$$

$$x_{it} - G y_{it} \leq 0, \quad (3.3)$$

$$I_{i,t} \geq 0, \quad (3.4)$$

$$x_{i,t} \geq 0, \quad (3.5)$$

$$y_{i,t} \in \{0,1\} \quad (3.6)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (3.1) (Objective function) ต้องการหาต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด (Minimal solution) อันเกิดจากผลรวมของค่าใช้จ่ายในการผลิต/ติดตั้งเครื่องจักร (Setup costs) และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการถือครองสินค้าคงคลัง (Inventory holding costs)

ตัวอย่างแสดงรูปแบบการจัดการวางแผนการผลิตแบบหลายระดับชั้น

(1) ตารางการผลิตหลัก (Master Production Scheduling)

ชิ้นส่วน	ช่วงเวลาการผลิต											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	80	100	125	100	50	50	100	125	125	100	50	100

แผนการผลิตถูกส่งจากโหนด C มาโหนด D และโหนด E ตามโครงสร้าง
ผลิตภัณฑ์

ชิ้นส่วน	ช่วงเวลาการผลิต											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D	80	100	125	100	50	50	100	125	125	100	50	100
แผนผลิต	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Plan-re	80	100	125	100	50	50	100	125	125	100	50	100
Inventory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ชิ้นส่วน	ช่วงเวลาการผลิต											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E	80	100	125	100	50	50	100	125	125	100	50	100
แผนผลิต	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Plan-re	80	100	125	100	50	50	100	125	125	100	50	100
Inventory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ผลจากการวางแผนวางผลิตแบบหลายระดับขั้นตามโครงสร้างผลิตภัณฑ์
เราสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นดังนี้

ชิ้นส่วน	Setup cost	Inventory cost	Total
A	12 * 8	0	84
B	12*50	0	600
C	12*20	0	240
D	12*50	0	600
E	12*50	0	600
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			2,124

2.1.2.2 ปัญหาการจัดการขนาดการผลิตหลายระดับขั้นแบบจำกัดทรัพยากร (Multi level capacitated lot sizing problem (MLCLSP) คือ ชิ้นส่วนประกอบในสินค้าหรือผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กันตามโครงสร้างผลิตภัณฑ์ และมีการจำกัดทรัพยากรในการผลิต โดยมีสินค้ามากกว่า

หนึ่งชนิด เป้าประสงค์ของปัญหาคือ ผลรวมของค่าใช้จ่ายจากการสั่งผลิต/สั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลังต่ำที่สุด ส่วนใหญ่แล้วเมื่อเรานิยามถึงปัญหาการจัดขนาดการผลิตแบบจำกัดทรัพยากรนั้น เราสมมุติฐานถึงปริมาณสูงสุดที่สามารถผลิตได้ ที่ซึ่งหลายๆชิ้นส่วนสามารถผลิตบนเครื่องจักร m เดียวกันในหนึ่งช่วงเวลา มีชิ้นส่วนที่แตกต่างกันจำนวน n ชิ้น จำนวนทั้งหมด P ชิ้น และทุกๆชิ้นส่วนสามารถผลิตจากเครื่องจักรเดียวกันภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากร L_{mt} โดยมีเป้าประสงค์ คือการวางแผนการผลิตให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด เมื่อ ผลิตภัณฑ์ i มี a_{mi} เป็นข้อจำกัดด้านทรัพยากรด้วย b_{mi} ช่วงเวลาการติดตั้ง

สมการเป้าหมาย (Objective function)

$$\text{Min} \sum_{i=1}^P \sum_{t=1}^T (s_i y_{i,t} + h_i I_{i,t}) \quad (4.1)$$

ภายใต้เงื่อนไข (Constraints)

$$I_{i,t} = I_{i,t-1} + x_{i,t} - d_{i,t} \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^P (a_{mi} x_{it} + b_{mi} y_{it}) \leq L_{mt} \quad (4.3)$$

$$x_{i,t} - G y_{i,t} \leq 0, \quad (4.4)$$

$$I_{it} \geq 0, x_{it} \geq 0, y_{it} \in \{0, 1\} \quad (4.5)$$

ดัชนี (Indices)

m	จำนวนเครื่องจักรหรือทรัพยากร
-----	------------------------------

ค่าคงที่ในแบบจำลอง (Parameters)

L_{mt}	กำลังการผลิตที่สามารถผลิตได้บนทรัพยากร m ในช่วงเวลา t
a_{mi}	ความต้องการผลิตบนทรัพยากร m ในการผลิตต่อหนึ่งชิ้นส่วน
b_{mi}	ช่วงเวลาในการติดตั้งต่อชิ้นส่วนบนทรัพยากร m

สมการที่ (4.1) เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) เพื่อหาต้นทุนในการผลิตที่ต่ำที่สุด (Minimal solution) อันเกิดจากผลรวมของค่าใช้จ่ายในการผลิต (Setup costs) และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory holding costs)

ความแตกต่างระหว่างการจัดขนาดการผลิตหลายระดับขั้นแบบไม่จำกัดทรัพยากรและแบบจำกัดทรัพยากรแตกต่างกันที่สมการ (4.3) โดยเป็นข้อจำกัดด้านการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในการผลิต ไม่เกิน L_{mt} ส่วนสมการในข้อจำกัดอื่น ๆ นั้นเหมือนการจัดขนาดการผลิตแบบไม่จำกัดทรัพยากรทุกประการ

2.2 วิธีการแก้ปัญหา (Solution Approach)

ปัญหาการจัดขนาดการผลิตได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นปัญหาที่มีความยากระดับ NP-hard กล่าวคือไม่สามารถหาวิธีการแก้ปัญหา(Algorithm)ได้ภายในเวลาโพลิโนเมียล (Polynomial Time)

จากงานวิจัยในอดีตได้แก่ Florian และคณะ (1980) นำเสนอว่าปัญหาการวางแผนการผลิตระดับเดียวแบบจำกัดทรัพยากรเป็นปัญหา NP-hard สำหรับโครงสร้างแบบทั่วไป ปี 1989 Arkin นำเสนอว่าปัญหาการวางแผนการผลิตหลายระดับขั้นแบบไม่จำกัดทรัพยากรเป็นปัญหา NP-hard สำหรับโครงสร้างแบบทั่วไป และในปี 1991 Maes และคณะ พิสูจน์ว่าปัญหาการวางแผนการผลิตหลายระดับขั้นแบบจำกัดทรัพยากรเป็นปัญหา NP-complete ดังนั้นจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาเราพอสรุปได้ว่าปัญหาการจัดขนาดการผลิตเป็นปัญหาที่มีความยุ่งยาก ซับซ้อน เป็นเหตุให้นักวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจในการค้นหา และพัฒนาวิธีการในการแก้ไขปัญหา(Algorithm)เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีในเวลาที่เหมาะสมที่สุด

วิธีการในการแก้ไขปัญหแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

2.2.1 วิธีหาคำตอบที่ดีที่สุด(Exact Method) เราอาจได้คำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้วิธีนี้ในการแก้ไขปัญห แต่ใช้เวลาในการค้นหาคำตอบเป็นระยะเวลานาน อาจเป็นวัน เป็นสัปดาห์ ขึ้นอยู่กับลักษณะปัญหาที่นำมาแก้ไข หรือบางครั้งในบางปัญหาที่มีความยุ่งยาก ซับซ้อนมาก วิธีนี้อาจไม่สามารถค้นหาคำตอบได้เลย ตัวอย่างวิธีหาคำตอบที่ดีที่สุดได้แก่ วิธี Simplex method, วิธี Branch and bound เป็นต้น

2.2.2 วิธีฮิวริสติกและเมตาฮิวริสติก (Heuristic Method and Meta heuristic method) วิธีนี้ช่วยให้ระยะเวลาในการค้นหาคำตอบสั้นลงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) แต่คำตอบที่ได้จากวิธีการนี้ไม่สามารถรับประกันได้ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด อาจเป็นคำตอบที่ดีในระยะเวลาที่เหมาะสม วิธีการนี้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีความเป็นอิสระ ยืดหยุ่นสูง สามารถนำไปปรับใช้กับปัญหาทุกประเภท โดยเฉพาะปัญหาที่มีความยุ่งยาก ซับซ้อน ที่วิธี Exact Method ไม่สามารถแก้ปัญหาได้หรือใช้เวลานานในการแก้ปัญหา

ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยให้ความสนใจในวิธีการเมตาฮิวริสติก เพื่อพัฒนาแก้ปัญหาการจัดขนาดการผลิตที่เหมาะสมแบบหลายระดับ ซึ่งนับเป็นปัญหาที่มีความยากระดับ NP-hard ดังได้กล่าวมาแล้วในเบื้องต้น และเพื่อให้เข้าใจในวิธีการเมตาฮิวริสติก ผู้วิจัยขอกล่าวถึงในบทถัดไป

2.3 วิธีฮิวริสติก (Heuristic) และเมตาฮิวริสติก (Meta-Heuristic)

2.3.1 คำจำกัดความของปัญหา (Problem) ลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา (Algorithm) และความซับซ้อนของปัญหา (Complexity)

จากพจนานุกรมของมหาวิทยาลัย Cambridge ได้ให้คำจำกัดความของปัญหาว่า ปัญหาคือเหตุการณ์ บุคคล หรือสิ่งของ ที่ต้องการความสนใจ ความเอาใจใส่ และต้องการวิธีแก้ไข หรือกล่าวได้ว่า ปัญหาคือคำถามที่ต้องการคำตอบ สำหรับปัญหาการตัดสินใจ (Decision Making Problem) คือ ปัญหาที่ต้องทำการตัดสินใจ ในแนวทางการวิจัยและการดำเนินการ ปัญหาการตัดสินใจประกอบไปด้วย

- (1) คำจำกัดความทั่วไปของตัวแปรและค่าคงที่ต่าง ๆ ในปัญหา (parameters)
- (2) คุณสมบัติของคำตอบที่ต้องการจากปัญหาเหล่านั้น (properties of the

answer)

ปัญหาทั่วไปในทางการวิจัยและดำเนินงานนั้นมีมากมายเช่น ปัญหาการวางแผนการผลิต ปัญหาการวางแผนโลจิสติก ปัญหาการขนส่ง ฯลฯ โดยปัญหามาตรฐานเหล่านี้ใช้การพัฒนาวิธีการหาคำตอบใหม่ๆให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ในขณะที่ใช้เวลาในการค้นหาคำตอบลดลง ปัญหามาตรฐานเราเรียกว่า Problem instances ซึ่งประกอบด้วย เซตของข้อมูลที่ระบุค่า ตัวแปรที่ทราบค่าของปัญหาใด ปัญหาหนึ่ง (parameters)

ลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา (Algorithm) คือ (<http://www.nist.gov/dads>) วิธีการหาคำตอบที่ออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง โดยมีระดับความยากง่ายไม่เท่ากัน หรือที่เราเรียกว่า ความซับซ้อนของอัลกอริทึม (Complexity) โดยในทางการวิจัยหรือดำเนินงานหมายถึง ความยากง่ายของลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาทางเวลา (Time Complexity) คือเวลาที่ใช้ในการคำนวณตามลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหานั้นๆ โดย Time Complexity ขึ้นอยู่กับประเภทของปัญหาแต่ละปัญหาและลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหานั้นๆ

2.3.2 ปัญหาประเภท P, NP, NP-completeness, NP-hard, strongly NP-hard

ปัญหาการตัดสินใจเป็นปัญหาที่ต้องการคำตอบว่าใช่หรือไม่ และปัญหาการตัดสินใจกล่าวได้ว่าเป็นปัญหาประเภท P problem นั่นคือ เมื่อขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้นค่า Time Complexity ก็มีค่ามากขึ้นแต่เพิ่มขึ้นแบบ polynomial เป็นปัญหาที่สามารถแก้ได้โดยรันในช่วงเวลาจำกัด (polynomial time) ส่วนปัญหาใดที่ยังไม่สามารถแก้ปัญหานั้นที่มี Time Complexity เป็นแบบ polynomial time ได้ เราเรียกปัญหานั้นว่าเป็น NP problem หรือปัญหา เอ็น-พี ซึ่งในปัญหาเอ็น-พีเอง สามารถแบ่งกลุ่มปัญหาออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ NP-complete, NP-hard, และ strongly NP-hard หากมีปัญหาใดปัญหาหนึ่งเกิดขึ้นแล้วเราเดาคำตอบของปัญหาเอาไว้แล้วมีคำถามว่า

คำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่ เราเรียกปัญหาประเภทนี้ว่า ปัญหาการตัดสินใจ (decision problem)

หากวิธีการตรวจสอบคำตอบนั้นมี Time Complexity เป็นแบบ polynomial time และวิธีการนั้นสามารถใช้ตรวจสอบปัญหา NP-complete อื่นๆได้ในระดับ Time Complexity เดียวกัน ปัญหาการตัดสินใจนั้นเป็น ปัญหา NP-complete แต่หากการตรวจสอบคำตอบเราต้องการคำตอบเอง ปัญหานั้นเป็นปัญหา NP-hard และหากปัญหาใดที่แม้มีขอบเขตของคำตอบ แต่ยังไม่มียุทธวิธีตรวจสอบคำตอบนั้นว่าถูกหรือไม่ ปัญหานั้นเป็นปัญหา strongly NP-hard

2.3.3 การหาคำตอบที่ดีที่สุดจากเซตของคำตอบที่เป็นไปได้ (Combinatorial optimization)

Combinatorial optimization คือ การหาคำตอบที่ดีที่สุดจากเซตคำตอบทั้งหมดที่เป็นไปได้ของปัญหา (Dorigo and Stützle, 2004) โดยที่คำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา อาจเป็นรูปแบบของคำตอบที่ต้องการค่าที่มากที่สุด (Maximization problem) ตัวอย่างเช่น ต้องการหาค่าไรสูงสุด หรืออาจเป็นรูปแบบของคำตอบที่ต้องการค่าน้อยที่สุด (Minimization problem) ตัวอย่างเช่น ต้องการหาต้นทุนที่ต่ำที่สุด ปัญหาประเภท Combinatorial optimization นี้ สามารถพบได้ทั่วไปในปัญหาด้านการวางแผนการผลิตและปัญหาโลจิสติก เช่น ปัญหาการจัดขนาดการผลิตที่เหมาะสม ปัญหาการจัดการวัสดุคงคลัง หรือปัญหาการขนส่ง เป็นต้น

2.3.4 วิธีฮิวริสติก (Heuristic) และเมตาฮิวริสติก (Meta-Heuristic)

เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ในขอบเขตของปัญหามีมากขึ้น ทำให้การใช้เวลาในการค้นหาคำตอบมีมากขึ้นเช่นกัน วิธีการในการค้นหาคำตอบแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆคือ วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด หรือ Exact method และอีกวิธีคือ วิธีฮิวริสติก (Heuristic)

วิธี Exact method ที่รู้จักกันดีเช่น Simplex method, Branch and bound เป็นต้น ส่วนวิธีฮิวริสติก เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่อาจได้คำตอบที่ดีที่สุด หรือคำตอบที่ดีในช่วงเวลาที่เหมาะสม

วิธีฮิวริสติก (Heuristic) เป็นวิธีการค้นหาผลเฉลยคำตอบที่ดีในช่วงเวลาที่เหมาะสม คำตอบที่ได้จากวิธีการฮิวริสติก ไม่สามารถรับประกันได้ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา แต่เป็นคำตอบที่ดีในช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยทั่วไปวิธีฮิวริสติกถูกออกแบบขึ้นมาแก้ปัญหาที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน ตามแต่ลักษณะปัญหานั้นๆ วิธีฮิวริสติกจึงไม่มีรูปแบบตายตัว สามารถปรับเปลี่ยนไปตามปัญหาขึ้นอยู่กับความเหมาะสมตามแต่ลักษณะปัญหา ดังนั้นวิธีฮิวริสติกที่สามารถหาคำตอบของปัญหาหนึ่งจึงไม่สามารถนำไปใช้หาคำตอบของอีกปัญหาหนึ่งได้ หรือแม้กระทั่งนำไปใช้ในการหาคำตอบของปัญหาเดิมแต่มีสมการเงื่อนไขของปัญหาเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นวิธีฮิวริสติกจึงถูกพัฒนาให้มีความยืดหยุ่น รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เรียกว่า เมตาฮิวริสติก (Meta-Heuristic)

Blum C. and Roli A. (2003) กล่าวถึงหลักการเบื้องต้นของวิธีเมตาฮิวริสติกมีดังนี้

(1) เมตาฮิวริสติกมีระเบียบวิธีในการค้นหาคำตอบที่ดีภายในเซตของคำตอบที่เป็นไปได้

(2) เมตาฮิวริสติกมีจุดประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีภายในระยะที่เหมาะสม

(3) วิธีการทางเมตาฮิวริสติกมีหลากหลายวิธี เช่น วิธีโลคอล เซิร์ช (local search) วิธีระบบมด (ant system) วิธีการทางพันธุกรรม (genetic algorithm) วิธีค้นหาต้องห้าม (Tabu search) วิธีเลียนแบบการอบอ่อน (simulated annealing) เป็นต้น

(4) เมตาฮิวริสติกอาจเกิดจากการรวมหลากหลายเทคนิคเพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดภายในคำตอบที่เป็นไปได้

(5) เมตาฮิวริสติกมีระเบียบขั้นตอนที่แน่นอน แต่เมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในปัญหาที่แตกต่างกัน รายละเอียดขั้นตอนในการแก้ปัญหาอาจแตกต่างกันไปด้วย ทั้งนี้การดำเนินการต้องอยู่บนขั้นตอนหลักของเมตาฮิวริสติกดั้งเดิม

(6) ปัจจุบันเมตาฮิวริสติกมีการใช้ความจำชั่วคราวมากขึ้น ในการจดจำคำตอบเดิม เพื่อให้การค้นหาคำตอบไม่ซ้ำที่เดิมเช่น วิธี Tabu search วิธี Ant system เป็นต้น

นอกจากนี้ Blum C. and Roli A. (2003) ได้เสนอการแบ่งวิธีเมตาฮิวริสติกไว้ดังนี้

(1) เมตาฮิวริสติกที่เกิดจากแรงบันดาลใจจากธรรมชาติ และไม่ได้เกิดจากแรงบันดาลใจจากธรรมชาติ

(1.1) วิธีที่เกิดจากแรงบันดาลใจจากธรรมชาติ ได้แก่ วิธีระบบมด (Ant system) วิธีการทางพันธุกรรม (Genetic algorithm) วิธีการลอกแบบ (Memetic algorithm) วิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated annealing) วิธีการเกาะกลุ่มประชากรแบบ PSO (Particle swarm optimization)

(1.2) วิธีที่ไม่ได้เกิดจากแรงบันดาลใจจากธรรมชาติ ได้แก่ วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu search) วิธีการค้นหาในพื้นที่บางส่วนบนพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้แบบวนรอบ (Iterated local search) วิธีการค้นหาจากคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood search)

(2) เมตาฮิวริสติกแบบใช้ประชากร และแบบไม่ใช้ประชากร

(2.1) แบบใช้ประชากร คือในหนึ่งรอบของการคำนวณจะมีคำตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบให้เลือก เช่น วิธีระบบมด (Ant system) วิธีการทางพันธุกรรม (Genetic algorithm) วิธีการลอกแบบ (Memetic algorithm) วิธีการเกาะกลุ่มประชากรแบบ PSO (Particle swarm optimization)

(2.2) แบบไม่มีประชากร คือในหนึ่งรอบของการคำนวณจะมีคำตอบเพียงคำตอบเดียว เช่น วิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated annealing) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu search) วิธีการค้นหาในพื้นที่บางส่วนบนพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้แบบวนรอบ (Iterated local search) วิธีการค้นหาจากคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood search)

(3) เมตาฮิวริสติกแบบสมการเป้าหมายคงที่ และแบบไม่คงที่ ในหนึ่งรอบของการคำนวณอาจมีการเปลี่ยนสมการเป้าหมาย เพื่อให้ได้คำตอบใหม่ๆเกิดขึ้น

(3.1) แบบเปลี่ยนสมการเป้าหมาย เช่น Guided local search

(3.2) แบบไม่มีการเปลี่ยนสมการเป้าหมาย เช่น วิธีระบบมด วิธีระบบมด (Ant system) วิธีการทางพันธุกรรม (Genetic algorithm) วิธีการลอกแบบ (Memetic algorithm) วิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated annealing) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu search) วิธีการค้นหาในพื้นที่บางส่วนบนพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้แบบวนรอบ (Iterated local search)

ผู้วิจัยขอแนะนำเสนอรายละเอียดวิธีเมตาฮิวริสติกที่ได้รับความนิยม ดังนี้

(1) การค้นหาในพื้นที่บางส่วนในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ (local search)

เป็นวิธีการพื้นฐานของเมตาฮิวริสติก ซึ่งมีความจำเป็นค่อนข้างมาก หากการ local search ไม่สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละพื้นที่ย่อยได้ เราก็ไม่สามารถสรุปได้ว่าพื้นที่คำตอบที่ดีที่สุดนั้น อยู่ในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ วิธี local search มีการค้นหาคำตอบหลายๆคำตอบ และมุ่งหาคำตอบที่ดีที่สุด ในพื้นที่เฉพาะที่กำหนด โดยส่วนใหญ่ใช้วิธีการ neighborhood search หลายๆครั้งเพื่อให้พบคำตอบที่ดีที่สุด

(2) วิธีตกผลึกทางเคมี (Simulated annealing: SA)

เป็นวิธีเมตาฮิวริสติกที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในช่วงแรกๆในการหาคำตอบของปัญหาการตัดสินใจที่มีความซับซ้อนรวมทั้งมีตัวแปรและเงื่อนไขของปัญหาจำนวนมาก แนวคิดพื้นฐานตาม Metropolis et al (1953) คือเป็นการใช้อัลกอริทึมในการจำลองการควบคุมการเย็นตัวของวัตถุในอ่างความร้อน เรียกขั้นตอนนี้ว่า Annealing หลังจากนั้น Kirkpatrick et al (1983) ได้นำวิธีการจำลองดังกล่าวมาใช้ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจที่ต้องการค่าต่ำสุดหรือค่าสูงสุด คำตอบที่หาได้โดยวิธี SA จะค่อยๆลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีที่สุดเหมือนในช่วงเวลาการเย็นตัวของวัตถุ คุณภาพของคำตอบที่ได้ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ในการควบคุมอุณหภูมิและโครงสร้างของเนเบอร์ฮูดที่ใช้เป็นหลัก

นอกจากนี้พบว่าวิธี SA อาจเป็นวิธีที่ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีทาบูและวิธีเชิงพันธุกรรม ที่เกิดขึ้นในระยะใกล้เคียงกัน และจากงานวิจัยจำนวนมากที่ผ่านมาพบว่าวิธี SA มีแนวโน้มในการให้คำตอบที่มีคุณภาพต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม จุดเด่นของวิธี SA คือมีโครงสร้างอัลกอริทึมที่ค่อนข้างง่าย ทำให้สามารถนำไปพัฒนาความสามารถอัลกอริทึม หรือนำไปใช้ร่วมกับวิธีการอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบ วิธี SA ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในปัญหาที่มีขอบเขตคำตอบที่ชัดเจน เช่น

Quadratic Assignment Problem (QAP) นำเสนอโดย Connolly (1990) งาน Job Shop Scheduling (JSS) นำเสนอโดย Van Larhoven et al. (1997) ปัญหาการจัดขนาดการผลิตนำเสนอโดย Oezdamar and Barbarosoglu (2000) และงานวิจัยอื่นๆ ได้แก่ Arts and Lenstra (1997) Ingber (1996) Fleischer (1995) ปัจจุบันวิธี SA นำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีเมตาฮีริสติกอื่นๆ มากกว่านำมาใช้เพียงวิธีเดียว

(3) วิธีทาบู (Tabu search: TA)

แนวคิดวิธีทาบู เกิดขึ้นครั้งแรกโดย Glover (1986) วิธีการและบทสรุปสามารถติดตามใน Glover and Laguna (1997)

วิธีทาบู เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากเพราะมีโครงสร้างอัลกอริทึมที่ไม่ซับซ้อนมาก และจากผลการทดลองของนักวิจัยในอดีตที่ผ่านมาพบว่าวิธีทาบูมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธี SA โดยวิธีทาบูมีการเรียนรู้จากประสบการณ์ในจำนวนรอบการกระทำซ้ำที่ผ่านมา โดยการใช้หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้วิธีทาบูป้องกันไม่ให้เกิดปัญหา Local optima เกิดขึ้น ในขณะที่วิธี SA รอให้ Local optima เกิดขึ้น แล้วออกจากจุด Local optima โดยยอมรับคำตอบที่แย่กว่าคำตอบปัจจุบันที่มีอยู่ ด้วยความน่าจะเป็นค่าหนึ่ง วิธีทาบู ถูกนำไปประยุกต์ใช้ใน Robust Tabu search to QAP โดย Trallard (1991) Reactive Tabu Search to the MAXSAT โดย Battiti and Protasi (1997)

(4) วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA)

แนวคิดวิธีนี้เลียนแบบขั้นตอนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ โดยเลียนแบบลักษณะของวิวัฒนาการ ตั้งอยู่บนแนวคิดของการเลือกเผ่าพันธุ์ตามธรรมชาติ วิธีการนี้ถูกพิจารณาเป็นวิธีค้นหาคำตอบที่มีความฉลาดมากขึ้น มีการนำไปประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาในวงการธุรกิจและอุตสาหกรรมมากมาย เช่น การแยก DNA ในวงการแพทย์ การออกแบบขั้นตอนการตกลูกทางเคมี การแก้ปัญหาในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์ เป็นต้น วิธี GA มีโครงสร้างอัลกอริทึมไม่ซับซ้อน และมีความยืดหยุ่นมาก เหมือนวิธี TA

วิธีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรม แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

(4.1) วิธีข้ามฟาก (Crossover) เป็นการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างโครโมโซม เพื่อสร้างโครโมโซมใหม่

(4.2) วิธีการผ่าเหล่า (Mutation) เป็นการสลับตำแหน่งของยีนภายในโครโมโซมแต่ละตัว

ประชากรที่ผลิตออกมาใหม่เป็นประชากรรุ่นลูกที่มีพันธุกรรมดี และมีการพัฒนาออกเป็นหลายรุ่น ดังนั้นวิธีหาคำตอบเชิงพันธุกรรมนี้ บางครั้งถูกเรียกว่าเป็นการหาคำตอบโดยใช้กลุ่มของประชากร (Population-based search) ซึ่งแตกต่างจากวิธี SA และวิธีทาบู ซึ่งมีการ

หาคำตอบจากคำตอบหนึ่งไปอีกคำตอบหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี GA อาจเปรียบเสมือนการพัฒนาของโครโมโซมเพียง 1 ตัว เท่านั้น

(5) วิธีพัฒนาการระบบมด (Ant Colony Optimization: ACO)

วิธี ACO ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Colormi, Dorigo and Maniezzo (1992) แนวคิดหลักของวิธี ACO คือ การจำลองการสร้างกลุ่มประชากรและวิธีการพัฒนาในปัญหาที่มีเซตคำตอบที่เป็นไปได้ จากรุ่นหนึ่งไปสู่หน่วยความจำคำตอบที่ดีที่สุด การปรับค่าคำตอบขึ้นอยู่กับคุณภาพของประชากรระบบมด และนำไปสู่เส้นทางคำตอบที่ดีที่สุด หลังจากที่ได้โครงสร้างอัลกอริทึมแล้ว วิธีการ local search ถูกประยุกต์ใช้ในการพัฒนาวิธีการระบบมด

ACO ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในปัญหาที่มีเซตคำตอบที่เป็นไปได้ เช่น ปัญหา TSP, ปัญหา QAP ปัญหา VRP สำหรับงานวิจัยที่ประสบผลสำเร็จในการนำไปประยุกต์ใช้ได้แก่ Dorigo และ Stützle (2004) การรวบรวมข้อพิสูจน์วิธี ACO พบได้ใน Gutjahr (2003) วิธี MAX-MIN Ant system (MMAS) นำเสนอโดย Stützle and Hoos (1997, 2000)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

ดังได้กล่าวมาแล้วในเบื้องต้นว่า ปัญหาการวางแผนการผลิตเป็นปัญหาที่มีความยุ่งยากและซับซ้อน จากงานวรรณกรรมที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอวิธีการในการแก้ปัญหาการวางแผนการผลิตที่หลากหลายตามลักษณะเงื่อนไขของปัญหาที่แตกต่างกันออกไป ในที่นี้ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่ได้รับการยอมรับ และเหมาะสมกับคุณลักษณะของปัญหาที่แตกต่างกันไปตามเงื่อนไข

2.4.1 วิธี Dynamic Programming

วิธี Dynamic Programming หรือ DP เป็นวิธีที่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution) ได้ วิธีนี้เป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีเมื่อ Wagner-Whitin (1958) นำเสนอวิธีนี้ในการแก้ปัญหาการวางแผนการผลิตระดับเดียวแบบไม่จำกัดทรัพยากร และพิสูจน์จนพบคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution) กลายเป็นระเบียบวิธีคิดที่มีชื่อเสียง หลังจากนั้นมีการนำโครงสร้างของวิธี Wagner-Whitin มาพัฒนาต่อเช่นการขยายเงื่อนไขการเกิดสินค้าคงเหลือในงานวิจัยของ Zangwill (1966) หลังจากนั้นมีการนำไปใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดแต่ไม่เป็นที่นิยมเท่าที่ควร เพราะเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น เวลาที่ใช้ในการประมวลผลหรือใช้ในการค้นหาคำตอบมากขึ้นตามไปด้วยเช่น Federgruen และ Tzur (1991), Wagelmans และคณะ (1992) และ Aggarwal และ Park (1993)

สำหรับปัญหาการวางแผนการผลิตระดับเดียวแบบจำกัดทรัพยากร มีการนำเสนอโดย Florian และ Klein (1971) พิจารณาข้อจำกัดด้านทรัพยากรโดยทรัพยากรนั้นอาจคงที่หรือไม่คงที่ได้ตลอดช่วงเวลาของแผนการผลิต แต่กำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการสั่งผลิต (Setup cost) และ

ค่าใช้จ่ายรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory holding cost) คงที่ หลังจากนั้นวิธีการนี้ได้รับการพัฒนาต่อ โดยให้สามารถใช้กับค่าใช้จ่ายในการสั่งผลิต (Setup cost) และค่าใช้จ่ายรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory holding cost) ไม่คงที่ก็ได้โดย Shaw และ Wagelmans (1998) ในขณะที่ Lambrecht และ Vender Eecken (1978) ได้ขยายงานของ Florian และ Klein โดยทำการวิเคราะห์ในเชิงลึกของโครงสร้างค่าทรัพยากรในการส่งผลกระทบต่อขนาดการผลิต ต่อมาปี 1996 Van Hoesel และ Wagelmans นำเสนอวิธีการทางเลือกโดยใช้หลักเบื้องต้นของวิธี DP สำหรับปัญหาที่มีจำนวนทรัพยากรคงที่ในแต่ละคาบเวลาแต่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตแต่ละชิ้นไม่คงที่ และค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลังต่อชิ้นคงที่

ยังมีนักวิจัยอีกจำนวนมากที่ให้ความสนใจพัฒนาโดยใช้หลักการของวิธี DP เช่น Lippman (1969), Florian และคณะ (1980), Bitran และ Yanasse (1982), Chung และ Lin (1988), Kirca (1990), Pochet และ Wolsey (1993), Van Hoesel และ Wagelmans (2001) แต่เนื่องจากข้อจำกัดดังได้กล่าวมาข้างต้น ทำให้วิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมมากนักสำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่

2.4.2 วิธี Reformulation

เป็นวิธีที่รู้จักกันเป็นอย่างดีสำหรับวิธี mixed integer programming problem สำหรับปัญหาการวางแผนการผลิต (Lot-sizing) มี 3 วิธี Reformulation ที่มีการนำเสนอไว้ Krarup and Bilde (1977) นำเสนอวิธี plant location reformulation แล้ว Eppen and Martin (1987) โดยใช้ network และ shortest path formulation ของวิธี DP recursion ที่นำเสนอโดย Wagner-Whitin ต่อมาปี 1988, Pochet and Wolsey นำเสนอปัญหา Plant location และวิธี shortest path reformulation สำหรับปัญหาแบบไม่จำกัดเรื่อง backloging ปี 1993, Pochet and Wolsey จัดหาวิธี reformulation สำหรับปัญหาด้วยค่าคงที่ของการจัดหมวดหมู่ (constant batches)

ในปัญหาการวางแผนการผลิตหลายระดับชั้น Stadtler (1996) ได้นำเสนอเรื่อง plant location formulation สำหรับปัญหา MLLS ต่อมา Tempelmeier and Helber (1994) นำเสนอวิธี network formulation

2.4.3 วิธี Miscellaneous

มีวิธีที่นำมาใช้แก้ปัญหาการวางแผนการผลิตระดับเดียวแบบไม่จำกัดทรัพยากรหลายวิธี เช่น Economic Order Quantity (EOQ), Period order Quantity, Least Period Cost ของ Silver and Meal (1973), วิธี Least Unit Cost, Part period balancing, Least Total Cost, Marginal Cost Difference ของ Groff (1979) และเทคนิคสำหรับ Order Placement and Sizing ของ Coleman และ McKnew (1990) นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบวิธีอิวิริสติกในงานวิจัยของ Coleman (1992) และ Simpson (2001)

ปัญหาการวางแผนการผลิตหลายระดับชั้น วิธีฮิวริสติกที่มีประสิทธิภาพเป็นอย่างดีมากคือการพิจารณาแบบทีละระดับ วิธีการตัดแปลงค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลังในระดับชั้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ระดับต่ำถูกนำเสนอโดย Blackburn and Millen (1982) ต่อมาวิธีฮิวริสติกที่อาศัยแนวความคิดของการแก้ปัญหา LP และเงื่อนไขของ coefficients ถูกนำเสนอโดย Harrison and Lewis (1996) ในเงื่อนไขของการจำกัดทรัพยากรนำเสนอโดย Katok et al. (1998) ด้วย Setup time และเมื่อไม่นานมานี้มีการนำเสนอวิธีฮิวริสติกที่หลากหลายสำหรับปัญหา MLLS ในงานวิจัยของ Dellaert and Jeunet (2003)

2.4.4 วิธี Hybrid Approach

Vanderbeck (1998) รวมเอาวิธี branch-and-price และ cutting planes มาแก้ปัญหา CLSP ต่อมา Degraeve and Jans (2003) ใช้ Lagrange relaxation ในการสร้างคอลัมน์ใหม่ มีการนำวิธี DP มาใช้ในการแก้ปัญหาย่อย (sub-problem) ในงานวิจัยของ Dantzig-Wolfe decomposition และพบว่าคำตอบที่ได้ให้ค่าที่ดีที่สุดไม่เพียงแต่สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายได้แต่พบคำตอบที่ดีที่สุดจากคำตอบของค่าใช้จ่ายที่ได้ จึงมีการนำมาพัฒนาต่อโดยการเพิ่มจำนวนคอลัมน์ให้มากขึ้นในงานวิจัยของ Jans and Degraeve (2004)

2.4.5 วิธี Meta-Heuristic

มีวิธีเมตาฮิวริสติกหลายวิธีที่ได้รับความนิยมในการนำมาแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและมีขอบเขตคำตอบที่ชัดเจน เช่น วิธี Tabu search, วิธี Simulated Annealing (SA), วิธี Genetic Algorithm (GA) สำหรับผู้เริ่มต้นวิจัยค้นคว้าและยังไม่คุ้นเคยกับวิธีนี้ สามารถอ่านแนววิธีคิดนี้จากงานวิจัยที่มีการแนะนำอย่างดีในงานวิจัยของ Michalewicz และ Fogel (2002), Glover และ Laguna (1997) และ Reeves (1997) นอกจากนี้ยังมีแนวทางสำหรับการออกแบบวิธีเมตาฮิวริสติกในงานของ Hertz และ Widmer (2003) มีเหตุผลหลักสำคัญที่วิธีเมตาฮิวริสติกประสบความสำเร็จกล่าวคือ วิธีนี้มีความยืดหยุ่นสูง มีความสามารถในการรองรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่และยุ่งยากซับซ้อนจากข้อดีนี้เองทำให้วิธีเมตาฮิวริสติกได้รับการพัฒนามาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดขนาดการผลิต (Lot sizing) ที่มีความยุ่งยากในการแก้ปัญหา

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา สำหรับปัญหาการวางแผนการผลิตระดับเดียวแบบไม่จำกัดทรัพยากร (Uncapacitated single level lot sizing problem; USLS) มีวิธีการที่ได้รับความนิยมในการนำมาเป็นพื้นฐานเริ่มต้นของวิธีฮิวริสติกแบบอื่นๆ ได้แก่ วิธี Silver และ Meal (1973) หรือ SM ใช้หลักการสมมูลค่าใช้จ่ายจากค่าเฉลี่ยต่ำสุดของผลรวมค่าใช้จ่ายในการส่งผลิต (Setup cost) และค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory holding cost) โดยทำการเพิ่มขนาดการผลิตขึ้นไปเรื่อยๆจนกระทั่งเมื่อค่าเฉลี่ยของผลรวมค่าใช้จ่ายในคาบถัดไปสูงกว่าคาบที่ผ่านมาจึงหยุด แล้วเริ่มทำการส่งผลิตใหม่อีกครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการนี้ส่วนใหญ่ให้ค่าคำตอบดีกว่าวิธี Lot-

for-lot หรือ L4L แต่ในบางกรณีวิธี L4L อาจให้ค่าคำตอบที่ดีกว่าวิธี SM หากค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory holding cost) มีค่าสูงมากๆเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายในการส่งผลิต (Setup cost) นอกจากนี้วิธีอีกรูปแบบของ Silver และ Meal แล้วยังมีวิธี Lease Unit Cost (LUC) ที่คล้ายคลึงกันแต่วิธี LUC คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรักษาสินค้าคงคลังหารด้วยจำนวนหน่วยที่ทำการผลิตแทน และวิธี Part Period Balance (PPB) วิธีนี้คำนวณจากการเพิ่มขนาดการผลิตไปเรื่อยๆจากความต้องการของคาบเวลาล่วงหน้า トラบเท่าที่ค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลังยังคงน้อยกว่าค่าใช้จ่ายในการส่งผลิต นอกจากนี้ในปี 2003 M. Fatih Taşgetiren และ Yun-Chia Liang นำเสนอวิธีเกาะกลุ่มประชากรแบบ PSO มาปรับใช้กับปัญหานี้เป็นครั้งแรก

จากที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า ถึงแม้มีหลากหลายวิธีในการนำมาใช้กับปัญหาจัดการขนาดการผลิต แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าวิธีการใดวิธีการหนึ่งนั้นเป็นวิธีที่ดีที่สุด คุณภาพผลเฉลยคำตอบในแต่ละวิธีการขึ้นอยู่กับเงื่อนไข ความต้องการในแต่ละคาบเวลา สัดส่วนค่าใช้จ่ายของการส่งผลิต และค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลังต่อชิ้น ปัจจัยต่างๆเหล่านี้ส่งผลให้วิธีการในการแก้ไขปัญหาให้คุณภาพผลเฉลยคำตอบที่แตกต่างกันนั่นเอง

สำหรับปัญหาการวางแผนการผลิตระดับเดียวแบบจำกัดทรัพยากร (Capacitated Single level lot sizing problem; CSLS) เนื่องจากปัญหานี้มีความยาก ซับซ้อน มากกว่าการจัดการการผลิตระดับเดียว ทำให้นักวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจในการคิดค้นวิธีแก้ไขปัญหา (Algorithm) โดยวิธีการแก้ไขปัญหาล้วนๆได้พัฒนามาจากสินค้าชนิดเดียว เช่น Dixon และ Silver (1981) ใช้หลักการเดียวกับวิธีของ Silver และ Meal โดยเลือกสินค้าชนิดหนึ่ง ทำการหาขนาดการผลิตก่อนจนเสร็จ แล้วจึงเลือกสินค้าชนิดถัดไปมาหาขนาดการผลิต ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนสินค้าทุกชนิดทราบขนาดการผลิตที่เหมาะสม โดยมีหลักวิธีการเลือกลำดับสินค้าจากอัตราส่วนค่าใช้จ่ายรวมหารด้วยเวลาต่อจำนวนทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตมากที่สุด ต่อมา Dixon และ Silver (1983) ได้พัฒนาวิธีการแก้ปัญหามาจัดการการผลิตสินค้าหลายชนิดแบบมีข้อจำกัดด้านทรัพยากร โดยอนุญาตให้มีการทำงานล่วงเวลาได้หากสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้มากกว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการทำงานล่วงเวลา นอกจากนี้ Trigeiro (1989) ได้เพิ่มเงื่อนไขกรณีที่เวลานำ (Lead time) ไม่เท่ากับศูนย์ และวิธีการที่พัฒนาขึ้นยังมีพื้นฐานจากวิธี Silver และ Meal

Dogmaraci et al. (1981) พัฒนาคำตอบเริ่มต้นจากวิธี L4L หรือผลิตเท่าความต้องการ หลังจากนั้นทำการรวมขนาดการผลิตอัตราส่วนแบบต่างๆลักษณะคล้ายๆกันแต่ใช้แบบของอัตราส่วนที่ต่างกัน จากการพัฒนาของ Maes and Van Wassenhove (1986)

Günther (1987) พัฒนาลำดับขั้นในการแก้ปัญหาเริ่มจากวิธี L4L เช่นเดียวกัน Günther พยายามเปลี่ยนการใช้ทรัพยากรในแต่ละคาบเวลาให้ใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยรวมหรือแยกปริมาณความต้องการของคาบเวลาใดๆไปผลิตในคาบเวลาอื่นๆพิจารณาจากอัตราส่วนของการประหยัดต้นทุน

ในปัญหาการจัดขนาดการผลิตหลายระดับชั้นแบบจำกัดทรัพยากร (Capacitated multi level lot sizing problem; CMLLS) Karni และ Kirca และ Kökten (1994) พัฒนารูปแบบการแก้ปัญหาในการเลือกสินค้าหรือชิ้นส่วนที่มีค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรวมต่อปริมาณความต้องการมากที่สุดมาทำการหาขนาดการผลิตก่อน โดยการหาขนาดการผลิตของสินค้าชนิดนั้น ต้องพิจารณาถึงทรัพยากรที่มี โดยการแบ่งทรัพยากรให้สินค้าชนิดนั้นตามปริมาณที่เหมาะสม แล้วจึงเริ่มทำการหาขนาดการผลิตสำหรับสินค้าชนิดนั้น ทำเช่นนี้เรื่อยๆจนกระทั่งสินค้าทุกชนิดได้ขนาดการผลิตที่เหมาะสม

มีวิธีสถิติจำนวนหนึ่งได้นำเอาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาลดข้อจำกัดออกเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้เร็วขึ้น ตัวอย่างงานวิจัยที่ประสบความสำเร็จจากการลดข้อจำกัดได้แก่ Hung และ Hu (1998) เริ่มต้นจากการให้เริ่มต้นการผลิตในทุกคาบเวลาจากนั้นทำการตัดสินใจว่าคาบเวลาใดเหมาะที่จะไม่มีการผลิต โดยใช้ค่าคงที่ในการแก้ปัญหาหาค่าเงา (Shadow price) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา Newson (1975) เริ่มจากไม่คิดข้อจำกัดด้านทรัพยากรในการหาค่าตอบ จากนั้นทำการเพิ่มข้อจำกัดเข้าไปทีละส่วนของคำตอบ จนกระทั่งสุดท้ายได้คำตอบที่เพิ่มข้อจำกัดด้านทรัพยากร

ปัญหาการจัดขนาดการผลิตเมื่อมีสินค้าหลายชนิดและมีหลายระดับชั้น ปัญหานี้มีการนำวิธีจากปัญหาสินค้าหลายชนิดแบบไม่มีระดับชั้นมาเริ่มต้นแก้ปัญหา โดยดัดแปลงค่าใช้จ่าย (Modified Setup cost) ของสินค้าหรือชิ้นส่วนทุกชนิดที่มีความสัมพันธ์กันตามโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Product structure) ตัวอย่างงานวิจัยที่ประสบความสำเร็จจากการใช้วิธีนี้เช่น Blackburn และ Millen (1982) นำเสนอวิธีการปรับค่าใช้จ่ายรวม โดยการรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดของสินค้าที่เป็นสินค้าลูกทั้งทางตรงและทางอ้อม มีข้อจำกัดการใช้คือเป็นโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบสายการประกอบ (Assembly Product structure) เท่านั้น Bookbinder และ Koch (1990) พัฒนาต่อให้สามารถใช้กับโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบทั่วไป (General Product Structure) ได้ จากนั้นวิธีการหา Modified Setup cost ที่ประสบความสำเร็จสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก Dellaert และ Jeunet (2003) ได้พัฒนารูปแบบการรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตของลูกค้านบางส่วนโดยใช้ผลของค่าตัวเลขสุ่มมาคูณค่าใช้จ่ายในการผลิต ของสินค้าลูกทั้งหมด ทำให้ค่าใช้จ่ายในสินค้าชนิดเดียวกันมีค่าความแตกต่างในคาบเวลาที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับสินค้าพ่อแม่ตามโครงสร้างผลิตภัณฑ์มีการผลิตในคาบเวลานั้นๆหรือไม่ วิธีการนี้เรียกว่า Random time varying setup cost และ Pitakaso และคณะ (2007) ได้พัฒนาต่อโดยใช้ค่าตัวเลขสุ่มไม่คงที่สำหรับสินค้าแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับว่าสินค้าชนิดนั้นอยู่ในระดับใดตามโครงสร้างผลิตภัณฑ์ โดยเลือกตัวเลขสุ่มที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด ใน 20 รอบแรก จากนั้นทำการปรับปรุงค่าตัวเลข 5% ทั้งทางบวกและทางลบให้มีค่าคงที่ จนกระทั่งได้ค่าตัวเลขที่ดีที่สุดพร้อมคำตอบที่ดีที่สุด ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายที่ดัดแปลงเป็นเพียงค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการคำนวณการจัดขนาดการผลิตเท่านั้น ส่วนการคำนวณค่าใช้จ่ายจริงตามแผนการผลิตยังคงใช้ค่าใช้จ่ายเดิมที่มีมาให้ตั้งต้น

การใช้วิธีปรับค่าใช้จ่ายในการผลิตและค่าใช้จ่ายในการรักษาสินค้าคงคลังนี้ ถูกนำมาปรับใช้ร่วมกับการพัฒนาวิธีเมตาฮิวริสติกเช่น Delleart และ Jeunet (2000) นำมาใช้ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm; GA) โดยใช้ค่าตัวแปรแบบไบนารีในการกำหนดแผนการผลิตในคาบเวลานั้น วิธีการนี้ใช้ในโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบลำดับ (Serial Product Structure) และแบบสายการประกอบ (Assembly Product Structure) จากนั้นปี 2003 Delleart และ Jeunet พัฒนาต่อให้สามารถใช้กับโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบทั่วไป (General Product Structure) ได้

Kuik และ Salomon (1990) ใช้วิธีเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated annealing; SA) นับได้ว่าเป็นการเริ่มต้นนำวิธีเมตาฮิวริสติกมาพัฒนาใช้กับปัญหาการจัดขนาดการผลิต (Lot sizing) ต่อมา Jeunet และ Jonard (2005) ได้นำ single-point stochastic searches: โดยนำวิธี SA กลับมาใช้ใหม่เพิ่มหลักการ Simulated tempering; ST และวิธี Hill climbing และในปี 2007 P.Rapeepan นำเสนอวิธีระบบมด (Ant colony optimization) เป็นฮิวริสติกที่พัฒนาจากกลุ่ม Swarm intelligence เลียนแบบพฤติกรรมจากสิ่งมีชีวิต หลักการคิดของระบบมด คือการจำลองประชากรมดขึ้นมา แล้วทำการสร้างและพัฒนาวิธีการให้เหมาะสมกับปัญหาที่มีขอบเขตคำตอบที่ชัดเจน ประชากรจากรุ่นหนึ่งไปสู่ความทรงจำที่ดีที่สุด และนำไปสู่ประชากรที่ดีที่สุด โดยการปรับปรุงค่าที่ได้อยู่เสมอ นอกจากนี้ยังมีการค้นหาคำตอบในพื้นที่เพื่อพัฒนาปรับปรุงคำตอบในวิธีการของระบบมด วิธีนี้ถูกนำมาเทียบเคียงประสิทธิภาพของคำตอบจากอัลกอริทึมในงานวิจัยฉบับนี้ และในปี 2008 YI HUN ได้นำเสนอวิธีการ Particle swarm optimization (PSO) โดยการดัดแปลงแนวคิดค่าความเร็ว (velocity) ที่ใช้ในการจดจำเส้นทางที่ดีในการหาอาหารของสิ่งมีชีวิต แต่ PSO ของ

YI HUN มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมในโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบสายการประกอบ (Assembly structure) เท่านั้น นอกจากนี้ตัวแทนปัญหาที่ใช้ในการแสดงผลเป็นเพียงปัญหาขนาดเล็ก 2 ปัญหาย่อยจากปัญหาทั้งสิ้น 96 ปัญหาและตัวแทนปัญหาขนาดกลาง 1 ปัญหาย่อยจากปัญหาทั้งสิ้น 40 ปัญหา และมีการเทียบเคียงประสิทธิภาพอัลกอริทึมกับวิธีเชิงพันธุกรรมที่ไม่มีการอ้างอิงที่มาของข้อมูล ขาดการเทียบเคียงประสิทธิภาพกับวิธีระบบมด (Ant colony optimization) ที่ให้คำตอบที่ดีกว่าจากการทบทวนงานวรรณกรรมที่ผ่านมา

งานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นปัญหาการวางแผนการผลิตแบบไม่จำกัดทรัพยากร มีเป้าประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการหรืออัลกอริทึมในการแก้ปัญหา โดยอาศัยวิธีเมตาฮิวริสติกแบบผสมที่เรียกว่า Hybrid PSO มาปรับใช้กับปัญหาการจัดขนาดการผลิตที่มีลักษณะตัวแทนกลุ่มคำตอบเป็นเลขสองหลัก (Binary code) กำหนดให้เป็นตัวแทนประชากรหนึ่งค่า (Particles) ในกลุ่มคำตอบ (Swarm) ของวิธีการ PSO พร้อมกับการเพิ่มพื้นที่ในการค้นหากลุ่มคำตอบใหม่จากหลักวิธีเชิงพันธุกรรมได้แก่ วิธี cumulative mutation และวิธี period crossover มาพัฒนาปรับใช้ ไม่เพียงเท่านั้น ผู้วิจัยนำเสนอกระบวนการบวกรวมคำตอบ (Diversification) ที่พัฒนาขึ้นโดยอาศัยหลักการเชิงพันธุศาสตร์ที่

เรียกว่า Artificial selection ในการสร้างสรรค์โอกาสในการค้นหากลุ่มคำตอบบนพื้นที่ใหม่จากการคัดเลือกสายพันธุ์ผสมที่ดีที่สุดในการสร้างคำตอบของพื้นที่ถัดไป นอกจากนี้มีการพัฒนาค่าเริ่มต้น (Initial solution) เพื่อให้ค้นพบวิธีการเริ่มต้นคำตอบที่ดีในการนำไปสู่คำตอบสุดท้ายของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) กับตัวแทนปัญหาของโครงสร้างผลิตภัณฑ์มาตรฐานทั้ง 3 แบบ (Bookbinder and Koch, 1990) นั่นคือ โครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบ Serial system, Assembly system และแบบ General system เพื่อให้กระบวนการเป็นมาตรฐานและเป็นที่ยอมรับ และสามารถนำไปเทียบเคียงประสิทธิภาพของคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution) และคำตอบที่ยอมรับได้ (Best known solution) จากการทบทวนงานวรรณกรรมที่ผ่านมา