บทที่ 3

การพัฒนาวิธีค้นหาคำตอบ

เนื้อหาในบทนี้นำเสนอการพัฒนาวิธีค้นหาคำตอบสำหรับปัญหาการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน เพื่อให้ได้วิธีการที่สามารถหาคำตอบของปัญหาที่เหมาะสม โดยใช้เวลาในการคำนวณน้อย

3.1 รูปแบบและลักษณะของปัญหา

ปัญหาที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นปัญหาการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน (Capacitated multi-item lot-sizing problem-CMLSP) โดยพิจารณาการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อของสินค้าจำนวน *N* ชนิด ภายใน *T* ช่วงเวลา เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของสินค้าที่เกิดขึ้น โดยที่ทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสั่งซื้อและเก็บรักษาพัสดุคงคลังมีจำนวนน้อยที่สุด และไม่ผิดเงื่อนไขของข้อจำกัดที่ตั้งขึ้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีรายละเอียดดังนี้

Minimize $$Z = \sum_i \sum_t z_{it} s_i + \sum_i \sum_t e_{it} c_i \qquad (1)$$

Subject to $$e_{it} = e_{i(t-1)} + x_{it} - d_{it} \quad \text{for all } i,t \qquad (2)$$

$$z_{it} = \begin{cases} 0 & \text{for } x_{it} = 0 \text{ , for all } i,t \\ 1 & \text{for } x_{it} > 0 \text{ , for all } i,t \end{cases} \qquad (3)$$

$$x_{it} \le P_i z_{it} \quad \text{for all } i,t \qquad (4)$$

$$\sum_i x_{it} \le P_t \quad \text{for all } t \qquad (5)$$

$$x_{it}, e_{it} \ge 0 \quad \text{for all } i,t \qquad (6)$$

เมื่อพารามิเตอร์

i = ชนิดของสินค้าที่จะต้องทำการสั่งซื้อ $(i \in N)$

t = ช่วงเวลาในการสั่งซื้อ $(t \in T)$

P_t = ข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพในช่วงเวลา t (สมมติว่ามีค่าคงที่ และเท่ากับ P_t ในทุกๆช่วงเวลา)

s_i = ต้นทุนการสั่งซื้อต่อครั้งของสินค้าชนิด i

c_i = ต้นทุนต่อหน่วยต่อช่วงเวลาของการเก็บสินค้าชนิด i

d_{it} = ปริมาณความต้องการของสินค้าชนิด i ในช่วงเวลา t

และนอนพารามิเตอร์

x_{it} = ปริมาณการสั่งซื้อของสินค้าชนิด i ในช่วงเวลา t

e_{it} = ปริมาณสินค้าที่เหลือชนิด i ในช่วงเวลา t

z_{it} = การสั่งซื้อสินค้าชนิด i ในช่วงเวลา t

โดยวัตถุประสงค์ (1) เพื่อต้องการหาค่าต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่เกิดจากผลรวมของต้นทุนในการสั่งซื้อและต้นทุนในการเก็บสินค้า ข้อจำกัด (2) คือ สมการแสดงความสมดุลระหว่างปริมาณการสั่งซื้อสินค้ากับปริมาณความต้องการสินค้า ข้อจำกัด (3) คือ ไม่มีการสั่งซื้อสินค้าชนิด i ในช่วงเวลา t เมื่อ $z_{it} = 0$ และมีการสั่งซื้อสินค้าชนิด i ในช่วงเวลา t เมื่อ $z_{it} = 1$ ข้อจำกัด (4) คือ ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแต่ละชนิดจะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับข้อจำกัดที่ตั้งขึ้น ข้อจำกัด (5) คือ ผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อของสินค้าทุกชนิดในระหว่างช่วงเวลา t จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับข้อจำกัดที่ตั้งขึ้น และข้อจำกัด (6) คือ x_{it} และ e_{it} จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

3.2 แนวทางการแก้ไขปัญหา

แนวทางการแก้ไขปัญหาการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกันที่เหมาะสมนั้นวิธีการแก้ไขปัญหาที่จะนำมาประยุกต์ใช้จะต้องสามารถหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลาให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของสินค้าที่เกิดขึ้น โดยทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสั่งซื้อและเก็บรักษาพัสดุคงคลังมีจำนวนน้อยที่สุด และไม่ผิดเงื่อนไขของข้อจำกัดที่ตั้งขึ้น และใช้เวลาในการคำนวณน้อย

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าวิธีการค้นหาคำตอบที่อาศัยพื้นฐานของวิธีการทางคณิตศาสตร์จะใช้เวลาในการหาคำตอบสูง พิจารณาจากงานวิจัยของ Maes and Wassenhove [5] กล่าวว่าในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิวริสติกของ Lambrecht and Vanderveken Dixon and Silver และ Dogramaci ,et al. [7] ซึ่งเป็นวิธีการในการหา

คำตอบที่มีกระบวนการไม่ยุ่งยากซับซ้อนทำให้ใช้เวลาในการคำนวณน้อย สำหรับงานวิจัยอื่นๆที่ไม่ได้นำมาศึกษาเนื่องจากหลายๆวิธีการจะอาศัยพื้นฐานของวิธีการทางคณิตศาสตร์ซึ่งจะใช้เวลาในการคำนวณสูงจึงไม่เหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม ผลจากงานวิจัยพบว่าขั้นตอนในการรวมปริมาณการสั่งซื้อ/ผลิต (Lot elimination step) จากวิธีฮิวริสติกของ Dixon and Silver สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของคำตอบได้ดี

จากงานวิจัยในอดีตได้มีการใช้และพัฒนาวิธีการรวมปริมาณความต้องการของสินค้าเพื่อคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกันหลายๆวิธี ซึ่งบางวิธีจะมีการหาคำตอบหลายขั้นตอน และมีการทำซ้ำในบางขั้นตอนหลายๆ ครั้งหรือวิธีการจะมีการหาคำตอบที่เป็นค่า Lower bound ก่อนแล้วจึงปรับปรุงคำตอบที่ได้ให้อยู่ในเงื่อนไขที่กำหนด ทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณเพิ่มขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาวิธีการย้ายปริมาณความต้องการสินค้าซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อนเพื่อคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม โดยวิธีการที่นำเสนอจะมีความแตกต่างจากการรวมปริมาณสินค้าจากงานวิจัยอื่นๆที่ผ่านมา คือ จะมีการกำหนดเงื่อนไขของปริมาณการสั่งซื้อที่สามารถทำการย้ายได้ทำให้มีขั้นตอนในการหาคำตอบไม่มาก เพื่อทำให้สามารถหาคำตอบได้รวดเร็วขึ้น ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในการทำงานจริงได้

3.3 วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก

วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอใช้วิธีการรวมปริมาณสินค้า (Lot elimination) โดยการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของวิธีฮิวริสติกที่นำเสนอมีหลักการที่สำคัญคือจะทำการย้ายปริมาณความต้องการสินค้าในแต่ละช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาไปรวมเข้ากับปริมาณการสั่งซื้อในช่วงเวลาก่อนหน้า เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีต้นทุนรวมระหว่างต้นทุนในการสั่งซื้อและต้นทุนในการเก็บรักษาพัสดุคงคลังลดลง และผลรวมของปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละช่วงเวลาจะต้องไม่เกินข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด

3.4 กระบวนการทำงานของฮิวริสติกที่นำเสนอ

หลักการทำงานของฮิวริสติกจะเป็นการย้ายปริมาณสินค้าจากช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาไปยังช่วงเวลาก่อนหน้าเพื่อลดต้นทุนการสั่งซื้อลง แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้ต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาว่าจะทำการย้ายปริมาณสินค้าไปยังช่วงเวลา

ก่อนหน้าเป็นจำนวนเท่าใด โดยที่ไม่ทำให้ต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังที่เพิ่มขึ้นมากกว่าต้นทุนการสั่งซื้อที่ลดลง และต้องมีการพิจารณาว่าจะย้ายปริมาณสินค้าไปยังช่วงเวลาก่อนหน้ากี่ช่วงเวลาในที่นี้เรียกว่าจำนวนรอบของการคำนวณซ้ำ โดยจำนวนรอบที่ได้จะต้องไม่ทำให้เวลาในการคำนวณสูง และได้คำตอบที่เหมาะสม

1) หาจำนวนรอบของการคำนวณซ้ำสำหรับการคำนวณในแต่ละช่วงเวลา

ตารางที่ 3.1 จำนวนรอบของการคำนวณซ้ำ

max s_i / c_i	จำนวนรอบ (m)
> 0 to 50	2
> 50 to 100	3
> 100 to 150	4
⋮	⋮

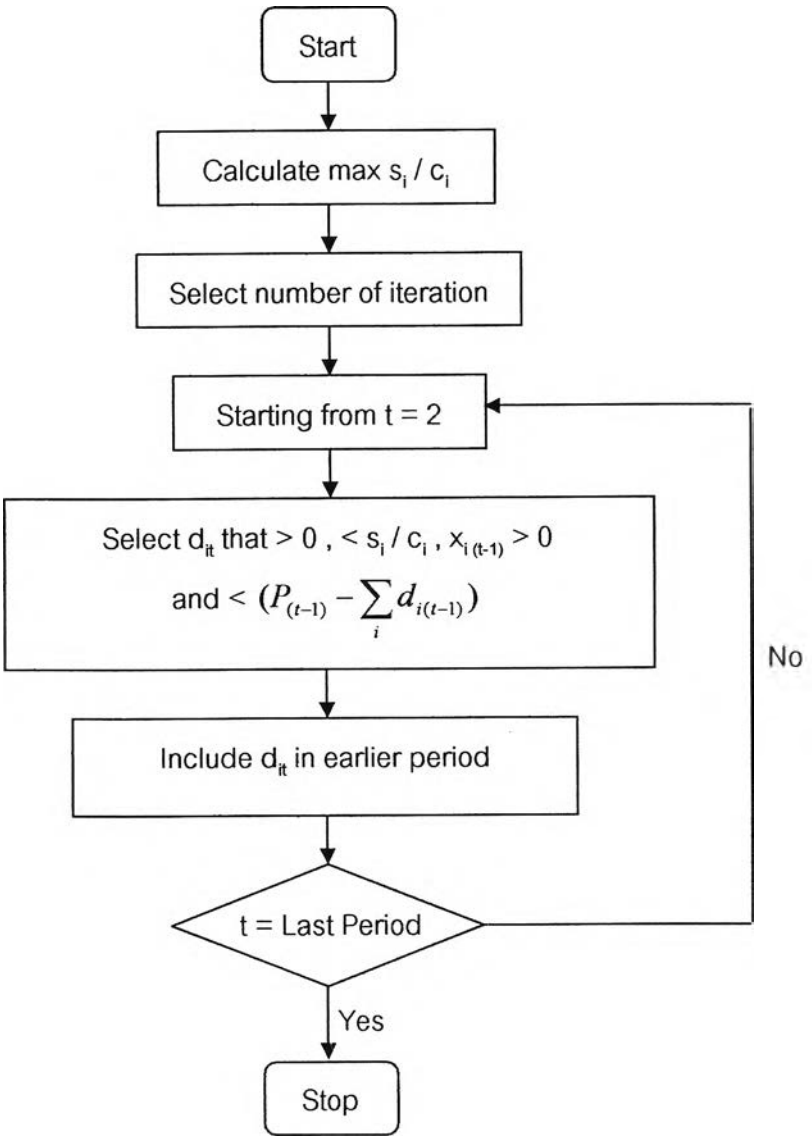
หลักการในการหาจำนวนรอบของการคำนวณซ้ำจะใช้ช่วงของอัตราส่วนของต้นทุนการสั่งซื้อ (Setup cost : s) กับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง (Carrying cost : c) ในการแบ่งจำนวนรอบของการคำนวณซ้ำ แต่เนื่องจากอัตราส่วนของต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการเก็บรักษาของสินค้าแต่ละชนิดอาจจะไม่เท่ากัน ดังนั้นการหาจำนวนรอบของการคำนวณซ้ำจะใช้อัตราส่วนต้นทุนการสั่งซื้อกับต้นทุนการเก็บรักษาพัสดุคงคลังที่มากที่สุดจากสินค้าทุกชนิดในการเลือกจำนวนรอบของการคำนวณซ้ำ โดยจะแบ่งอัตราส่วนของต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการเก็บรักษาออกเป็นช่วงต่างๆ ดังข้อมูลในหลักที่ 1 ของตารางที่ 3.1 และทำการกำหนดจำนวนรอบของการคำนวณซ้ำสำหรับแต่ละช่วงของอัตราส่วนของต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการเก็บรักษาโดยกำหนดให้จำนวนรอบของการคำนวณซ้ำเมื่ออัตราส่วนของต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการเก็บรักษาอยู่ระหว่าง >0 กับ 50 เท่ากับ 2 และเพิ่มจำนวนรอบของการคำนวณซ้ำทีละ 1 รอบ เมื่อช่วงของอัตราส่วนของต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทีละ 50 ตามลำดับ ดังข้อมูลในหลักที่ 2 ของตารางที่ 3.1

ซึ่งจำนวนรอบในการคำนวณซ้ำ m คือ ถ้ากำลังพิจารณาอยู่ในช่วงเวลาที่ t จะพิจารณาการย้ายปริมาณความต้องการสินค้าจากช่วงเวลาที่ t ไปยังช่วงเวลาที่ t-1 จากนั้นจึงพิจารณาการย้ายปริมาณความต้องการสินค้าที่เหลือจากช่วงเวลาที่ t ไปยังช่วงเวลาที่ t-2 ทำซ้ำเช่นเดิมจนถึงช่วงเวลาที่ t-m โดยจะพิจารณาเช่นเดียวกันนี้ในทุกๆช่วงเวลา

2) **รวมปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาเข้ากับปริมาณความต้องการในช่วงเวลาก่อนหน้า**

พิจารณาทีละช่วงเวลาโดยเริ่มที่ช่วงเวลาที่ 2 ก่อน ทำการพิจารณาปริมาณความต้องการสินค้าของสินค้าแต่ละชนิดในช่วงเวลานั้น โดยจะนำปริมาณความต้องการสินค้าที่มากกว่า 0 และน้อยกว่า s_i / nc_i ของสินค้าชนิดนั้น (ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ทำให้ต้นทุนจากการย้ายปริมาณสินค้ามีค่าลดลง เมื่อ n คือ ผลต่างระหว่างช่วงเวลาที่กำลังพิจารณากับช่วงเวลาที่ t-m) และน้อยกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่เหลือในช่วงเวลาก่อนหน้าที่กำลังพิจารณาอยู่ และปริมาณการสั่งซื้อในช่วงเวลาก่อนหน้าของสินค้าชนิดเดียวกันมีค่ามากกว่า 0 ไปรวมกับปริมาณการสั่งซื้อของสินค้าชนิดเดียวกันในช่วงเวลาก่อนหน้านั้น และทำการย้ายปริมาณสินค้าจากช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาไปยังช่วงเวลาก่อนหน้าจนครบตามจำนวนรอบที่กำหนด ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนครบทุกช่วงเวลา และถ้าในช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นมีปริมาณความต้องการที่ตรงกับข้อกำหนดข้างต้นหลายค่า จะเลือกค่าที่ให้ผลต่างของ $s_i - (n \times d_{it})c_i$ มากที่สุดก่อน (เป็นผลต่างของต้นทุนในการสั่งซื้อกับต้นทุนในการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง) แล้วจึงพิจารณาปริมาณการสั่งซื้อที่ให้ค่าผลต่างลดลงเป็นลำดับต่อไปตามลำดับ

กระบวนการทำงานของฮิวริสติกที่นำเสนอแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กระบวนการทำงานของฮิวริสติก

3.5 ตัวอย่างการคำนวณ

สร้างข้อมูลนำเข้าของปัญหาตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลนำเข้าของปัญหาตัวอย่าง

Item\Period	T1	T2	T3	T4	T5	T6	s	c
I1	27	20	40	27	12	24	100	2
I2	45	60	12	20	4	22	200	5

Item\Period	T1	T2	T3	T4	T5	T6	s	c
I3	23	0	2	21	35	41	300	10
total	95	80	54	68	51	87	Total Cost = 3300	
cap	100	100	100	100	100	100		

จากข้อมูลนำเข้าของปัญหาตัวอย่างที่สร้างขึ้น เป็นปัญหาที่มีจำนวนชนิดของสินค้าเท่ากับ 3 ชนิด คือ I1 I2 และ I3 และมีจำนวนช่วงเวลาเท่ากับ 6 ช่วงเวลา คือ T1 T2 T3 T4 T5 และ T6 โดยปริมาณความต้องการของสินค้าแต่ละชนิดภายในช่วงเวลาต่างๆ จะแสดงในแนวนอนของตาราง ต้นทุนการสั่งซื้อ (s) และต้นทุนเก็บรักษาพัสดุคงคลัง (c) ของสินค้าของสินค้าแต่ละชนิดจะแสดงในแนวหลักของตาราง โดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ (cap) เท่ากันทุกช่วงเวลาดังแสดงในตาราง และต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นได้มาจากการคำนวณต้นทุนรวมจากสมการที่ 1 ในหัวข้อ 3.2 โดยการคำนวณตามฮิวริสติกที่นำเสนอโดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณ s/c ของสินค้าแต่ละชนิดเพื่อนำไปหาจำนวนรอบในการคำนวณซ้ำ แสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การคำนวณ s/c ของสินค้าแต่ละชนิด

Item\Period	T1	T2	T3	T4	T5	T6	s	c	s/c	
I1	27	20	40	27	12	24	100	2	50	max s/c
I2	45	60	12	20	4	22	200	5	40	
I3	23	0	2	21	35	41	300	10	30	
total	95	80	54	68	51	87	Total Cost =			
cap	100	100	100	100	100	100	3300			

จากตารางที่ 3.3 จะพบว่า อัตราส่วนของ Setup cost กับ Carrying cost ที่มากที่สุด คือ 50 ดังนั้นจำนวนรอบของการคำนวณซ้ำสำหรับการพิจารณาแต่ละช่วงเวลาคือ 2

ขั้นตอนที่ 2 เริ่มพิจารณาที่ช่วงเวลาที่ 2 ก่อน ทำการพิจารณาปริมาณความต้องการสินค้าของสินค้าแต่ละชนิดในช่วงเวลานั้น โดยจะนำปริมาณความต้องการสินค้าที่มากกว่า 0 และน้อยกว่า s_i / nc_i ของสินค้าชนิดนั้น (เมื่อ n คือ ผลต่างระหว่างช่วงเวลาที่กำลังพิจารณากับช่วงเวลาที่ t-m) และน้อยกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่เหลือในช่วงเวลาก่อนหน้าที่กำลังพิจารณา

อยู่ และปริมาณการสั่งซื้อในช่วงเวลาก่อนหน้าของสินค้าชนิดเดียวกันมีค่ามากกว่า 0 ไปรวมกับปริมาณการสั่งซื้อของสินค้าชนิดเดียวกันในช่วงเวลาก่อนหน้านั้น และทำการย้ายปริมาณสินค้าจากช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาไปยังช่วงเวลาก่อนหน้าจนครบตามจำนวนรอบที่กำหนด ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนครบทุกช่วงเวลา และถ้าในช่วงเวลาที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นมีปริมาณความต้องการที่ตรงกับข้อกำหนดข้างต้นหลายค่า จะเลือกค่าที่ให้ผลต่างของ $s_i - (n \times d_{it})c_i$ มากที่สุดก่อน แล้วจึงพิจารณาปริมาณการสั่งซื้อที่ให้ค่าผลต่างลดลงเป็นลำดับต่อไปตามลำดับ

จากตารางที่ 3.3 พบว่าไม่มีปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลาที่ 2 ใดที่มากกว่า 0 และน้อยกว่า $s_i / (1xc_i)$ ของสินค้าชนิดนั้น และน้อยกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่เหลือในช่วงเวลาที่ 1 และปริมาณการสั่งซื้อในช่วงเวลาที่ 1 มีค่ามากกว่า 0 และเนื่องจาก t-2 เท่ากับ 0 ดังนั้นจึงข้ามไปพิจารณายังช่วงเวลาถัดไป (ช่วงเวลาที่ 3) ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบว่าช่วงเวลาที่พิจารณาเท่ากับ T หรือไม่ หากยังไม่เท่ากับ T ให้ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกช่วงเวลา

เมื่อพิจารณาที่ช่วงเวลาที่ 3 (ไม่เท่ากับ T) พบว่าปริมาณความต้องการสินค้าที่มากกว่า 0 และน้อยกว่า $s_i / (1xc_i)$ ของสินค้าชนิดนั้น และน้อยกว่าข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่เหลือในช่วงเวลาที่ 2 และปริมาณการสั่งซื้อในช่วงเวลาก่อนหน้ามีค่ามากกว่า 0 คือสินค้าชนิดที่ 2 ดังนั้นจึงนำปริมาณความต้องการสินค้าของสินค้าชนิดที่ 2 ไปรวมปริมาณการสั่งซื้อของสินค้าชนิดเดียวกันในช่วงเวลาที่ 2 โดยได้ผลดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ผลของการย้ายปริมาณความต้องการสินค้าจากช่วงเวลาที่ 3 ไปยังช่วงเวลาที่ 2

Item\Period	T1	T2	T3	T4	T5	T6	s	c
I1	27	20	40	27	12	24	100	2
I2	45	72	0	20	4	22	200	5
I3	23	0	2	21	35	41	300	10
total	95	92	42	68	51	87		
cap	100	100	100	100	100	100		

จากนั้นจึงพิจารณาการย้ายปริมาณความต้องการสินค้าจากช่วงเวลาที่ 3 ไปยังช่วงเวลาที่ t-2 (ช่วงเวลาที่ 1) ต่อไป

เมื่อพิจารณาการย้ายปริมาณสินค้าจากช่วงเวลาที่ 3 ไปยังช่วงเวลาที่ 1 พบว่าปริมาณความต้องการสินค้าที่ตรงกับข้อกำหนดคือสินค้าชนิดที่ 3 ดังนั้นจึงนำปริมาณความต้องการสินค้าของ

สินค้าชนิดที่ 3 ไปรวมปริมาณการสั่งซื้อของสินค้าชนิดเดียวกันในช่วงเวลาที่ 1 โดยได้ผลดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ผลของการย้ายปริมาณความต้องการสินค้าจากช่วงเวลาที่ 3 ไปยังช่วงเวลาที่ 1

Item\Period	T1	T2	T3	T4	T5	T6	s	c
I1	27	20	40	27	12	24	100	2
I2	45	72	0	20	4	22	200	5
I3	25	0	0	21	35	41	300	10
total	97	92	40	68	51	87		
cap	100	100	100	100	100	100		

จากนั้นจึงพิจารณาที่ช่วงเวลาที่ 4 ต่อไป และเมื่อพิจารณาเช่นเดียวกันจนครบทุกช่วงเวลาจะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ผลลัพธ์ของการย้ายปริมาณความต้องการสินค้า

Item\Period	T1	T2	T3	T4	T5	T6	s	c
I1	27	20	79	0	0	24	100	2
I2	45	72	0	24	0	22	200	5
I3	25	0	0	21	35	41	300	10
total	97	92	79	45	35	87	Total Cost = 2622	
cap	100	100	100	100	100	100		

จากผลลัพธ์ของการย้ายปริมาณความต้องการสินค้าจากวิธีการที่นำเสนอ พบว่าต้นทุนรวมของปัญหาเท่ากับ 2622 หน่วย โดยปริมาณการสั่งซื้อรวมของสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลาไม่เกินข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่กำหนด และเมื่อเปรียบเทียบผลกับข้อมูลนำเข้าในตารางที่ 3.2 พบว่าผลลัพธ์ที่ได้ของสินค้าแต่ละชนิดสามารถตอบสนองต่อปริมาณความต้องการสินค้าได้ครบทุกช่วงเวลา

3.6 การทดสอบเบื้องต้น

3.6.1 ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบเบื้องต้น

ในการทดสอบเบื้องต้นของความสามารถของวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอ จะทำการทดสอบกับปัญหาขนาดเล็ก โดยแสดงการกำหนดพารามิเตอร์ในการสร้างข้อมูลนำเข้าของแต่ละปัญหาทดสอบในภาคผนวก ก ปัญหาที่ใช้ทดสอบจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ปัญหาตามจำนวนชนิดของสินค้าและจำนวนช่วงเวลา คือ ปัญหาของสินค้า 3 ชนิด 6 ช่วงเวลา ปัญหาของสินค้า 4 ชนิด 6 ช่วงเวลา และปัญหาของสินค้า 5 ชนิด 10 ช่วงเวลา

3.6.2 ผลการทดสอบเบื้องต้น

ทำการทดสอบปัญหาทดสอบที่กำหนด ซึ่งแต่ละปัญหาทดสอบจะมีข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน และทำการเปรียบเทียบคำตอบของวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) จากวิธี Branch and bound approach ซึ่งคำนวณจากโปรแกรม CPLEX โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบ (%Difference) จาก

$$\%Difference = \left(\frac{HeuristicSolution - OptimalSolution}{OptimalSolution} \right) \times 100\%$$

ผลการทดสอบเบื้องต้นแสดงในตารางที่ 3.7 ถึงตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.7 ผลการทดสอบปัญหาของสินค้า 3 ชนิด 6 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	11105.150	11105.150	0.000	0.030	0.020
2	8132.140	8203.580	0.878	0.050	0.020
3	8913.570	9023.370	1.232	0.050	0.020
4	13316.260	13331.200	0.112	0.050	0.020
5	10687.470	10687.470	0.000	0.050	0.020

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
6	10595.670	10873.490	2.622	0.050	0.020
7	10994.370	10994.370	0.000	0.050	0.020
8	6670.920	6670.920	0.000	0.030	0.020
9	6400.390	6487.240	1.357	0.060	0.020
10	8371.510	8610.180	2.851	0.050	0.020
		Average	0.905	0.047	0.020

ตารางที่ 3.8 ผลการทดสอบปัญหาของสินค้า 4 ชนิด 6 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	11156.910	11156.910	0.000	0.030	0.021
2	9423.120	9423.120	0.000	0.040	0.020
3	7657.550	7657.550	0.000	0.080	0.020
4	10406.180	10406.180	0.000	0.030	0.020
5	8820.360	8832.870	0.142	0.030	0.020
6	9965.760	10200.390	2.354	0.080	0.020
7	5055.870	5122.890	1.326	0.090	0.020
8	11436.070	11530.310	0.824	0.040	0.020
9	13711.010	13711.010	0.000	0.030	0.020
10	16784.930	16784.930	0.000	0.040	0.020
		Average	0.465	0.049	0.020

ตารางที่ 3.9 ผลการทดสอบปัญหาของสินค้า 5 ชนิด 10 ช่วงเวลา

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
1	17605.050	18268.210	3.767	0.130	0.040
2	27188.040	27188.040	0.000	0.100	0.040
3	26244.250	26309.020	0.247	0.210	0.040
4	26299.520	26649.380	1.330	0.120	0.040

I21659151

No.	Optimal Sol.	Heuristic Sol.	Difference(%)	Computational Time (CPU sec.)	
				B&B Approach	Heuristic
5	21669.500	21904.260	1.083	0.170	0.040
6	23499.060	23499.060	0.000	0.060	0.030
7	20033.840	20033.840	0.000	0.120	0.040
8	21744.860	21744.860	0.000	0.060	0.030
9	30236.830	30576.850	1.125	0.070	0.040
10	29658.200	29768.360	0.371	0.150	0.040
		Average	0.792	0.119	0.038

3.6.3 สรุปผลการทดสอบเบื้องต้น

จากการผลการทดสอบของทั้ง 3 ปัญหาสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 สรุปผลการทดสอบเบื้องต้น

Items x Periods	%Average Difference	Average Computational Time (CPU sec.)	
		B&B Approach	Heuristic
3x6	0.905	0.047	0.020
4x6	0.465	0.049	0.020
5x10	0.792	0.119	0.038

เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์และเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่ได้กับวิธี Branch and bound approach เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) ของปัญหาทดสอบ พบว่าวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นำเสนอสามารถหาคำตอบของปัญหาทดสอบขนาดเล็กได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยเฉลี่ยน้อยกว่า 0.905% และใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่าวิธี Branch and bound approach ในทุกปัญหาทดสอบ

3.7 บทสรุป

จากการศึกษาถึงรูปแบบและลักษณะของปัญหาการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน ทำให้สามารถคิดค้นวิธีการ

ในการหาคำตอบที่เหมาะสมได้ โดยหลักการของวิธีหาคำตอบที่นำเสนอ คือ จะทำการย้ายปริมาณความต้องการสินค้าที่กำลังพิจารณาอยู่ในแต่ละช่วงเวลาไปรวมกับปริมาณการสั่งซื้อในช่วงเวลาก่อนหน้า เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีต้นทุนรวมลดลง ซึ่งจากผลการทดสอบเบื้องต้นกับปัญหาขนาดเล็กพบว่าวิธีค้นหาคำตอบที่นำเสนอสามารถหาคำตอบของปัญหาทดสอบขนาดเล็กได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยเฉลี่ยน้อยกว่า 0.905% และใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่าวิธี Branch and bound approach ในทุกปัญหาทดสอบ