หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งออกเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การวิจัยการดำเนินงาน การวางแผนความต้องการวัสดุ การควบคุมพัสดุคงคลัง ทฤษฎีของการใช้วิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกในการแก้ปัญหา ลักษณะและรูปแบบของปัญหาการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ งานวิจัยที่ใช้วิธีค้นหาคำตอบในการแก้ปัญหาการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 รูปแบบปัญหาทางพัสดุคงคลัง (Inventory model) [2]

พัสดุคงคลัง คือ วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่หน่วยงาน บริษัท หรือโรงงานเก็บสะสมไว้เพื่อจ่ายให้กับลูกค้าหรือผู้ใช้ การสร้างพัสดุคงคลังนั้นจำเป็นมากในวงการธุรกิจที่เกี่ยวข้อง ถ้าปริมาณของพัสดุคงคลังน้อย เมื่อความต้องการ (Demand) ของลูกค้ามีมากกว่า บริษัทก็จะไม่มีของสนองความต้องการของลูกค้าได้ ซึ่งจะทำให้เกิดผลเสียทั้งทางตรงและทางอ้อม ผลเสียโดยตรงคือบริษัทจะขาดกำไรที่ควรจะได้ไป ส่วนผลเสียทางอ้อมคือความเชื่อถือของลูกค้าที่มีต่อบริษัทจะลดลงและถ้าผลิตภัณฑ์ยังขาดอยู่เช่นนี้บ่อย ๆ ลูกค้าก็จะไปซื้อผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งแทน ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณของพัสดุคงคลังมีจำนวนมาก ทางบริษัทหรือโรงงานก็ต้องใช้เงินเป็นจำนวนมากเพื่อลงทุนสร้างพัสดุคงคลังจำนวนนี้ เงินจำนวนนี้เท่ากับไปเก็บไว้เฉย ๆ ในรูปแบบพัสดุคงคลัง แทนที่จะมีโอกาสนำออกมาหาผลตอบแทนในทางอื่นในช่วงเวลาที่ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ยังอยู่ในรูปพัสดุคงคลัง ด้วยเหตุนี้ผู้บริหารบริษัทหรือโรงงานจึงต้องศึกษาถึงปริมาณของพัสดุคงคลังที่จะทำการเก็บเอาไว้ และศึกษาว่าเมื่อไรจึงจะสั่งซื้อหรือทำการผลิตใหม่ เพื่อนำมาทดแทนพัสดุคงคลังที่ลดลงเรื่อย ๆ ตามความต้องการของลูกค้า ปริมาณของพัสดุคงคลังที่จะซื้อหรือผลิตขึ้น และช่วงเวลาที่จะซื้อหรือผลิตแต่ละครั้งนั้น จะมีค่าใช้จ่ายเกิดตามมาด้วย ผู้บริหารจะต้องตัดสินใจว่าควรจะซื้อหรือผลิตครั้งละกี่หน่วย และเมื่อไรจึงจะควรซื้อหรือผลิต โดยที่ทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพัสดุคงคลังน้อยที่สุด

ก่อนที่จะพูดถึงวิธีการหาขนาดของผลิตภัณฑ์ที่จะซื้อ (Order size) หรือขนาดของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตแต่ละครั้ง (Lot size) ที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ในตอนนี้จะขอกล่าวถึงค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพัสดุคงคลังเสียก่อน

2.1.1.1 ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสร้างระบบพัสดุคงคลัง

ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสร้างระบบพัสดุคงคลัง แยกออกเป็นสองประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายที่แปรไปตามจำนวนครั้งที่ออกใบสั่งซื้อของ (ถ้าซื้อของจากภายนอก) หรือจำนวนครั้งที่ออกใบสั่งผลิต (ถ้าบริษัทนั้นมีโรงงานผลิตเอง) ค่าใช้จ่ายจะแปรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนครั้งที่ออกใบสั่ง ในกรณีที่สั่งซื้อของจากภายนอก ค่าใช้จ่ายจะประกอบด้วยการเตรียมออกใบสั่งซื้อผลิตภัณฑ์การขอใบเสนอราคาจากบริษัทต่างๆ การติดตามการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ เมื่อผลิตภัณฑ์มาถึงบริษัทแล้วยังต้องมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการขนของลงแล้วเคลื่อนย้ายเข้าคลังพัสดุ การตรวจสอบคุณภาพ ทำใบรับของ จัดทำยอดวัสดุในคลังสินค้าขึ้นใหม่ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการจ่ายเงินค่าผลิตภัณฑ์และติดตามผลการจ่ายเงิน ในกรณีที่ออกใบสั่งให้โรงงานของบริษัทผลิตขึ้นเอง ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการผลิตของแต่ละครั้งจะประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการเริ่มต้นขบวนการผลิต เช่น การตระเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิต การจัดเตรียมและฝึกสอนคนงาน ทั้งนี้เพราะว่าผลิตภัณฑ์แต่ละครั้งที่สั่งให้โรงงานทำมักจะไม่เหมือนกันจึงต้องมีการฝึกหัดคนงานเพื่อให้ผลิตของที่จะทำในใบสั่งใหม่ให้แคล่วคล่องก่อน นอกจากนี้ยังมีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับวัสดุสูญเสียซึ่งจะมีจำนวนมากเมื่อเริ่มขบวนการผลิตใหม่ ค่าใช้จ่ายเพื่อการวางแผนและควบคุมการผลิต และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดงานการผลิต (Scheduling) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ออกมามีราคาถูกแต่คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้

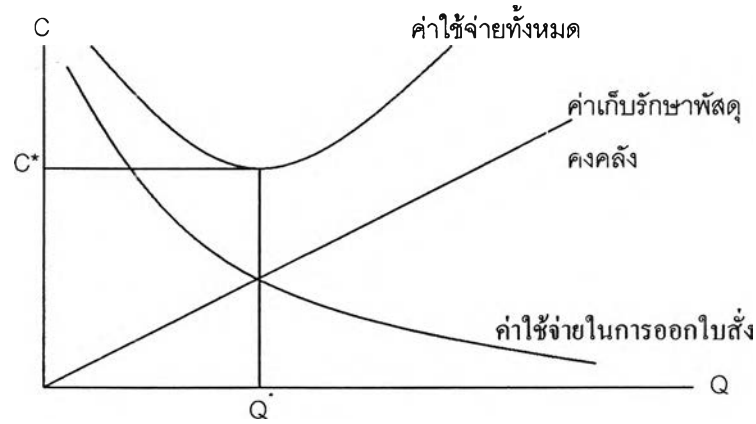
2) ค่าเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณของพัสดุคงคลังที่เก็บรักษาไว้ ค่าใช้จ่ายประเภทนี้จะประกอบด้วย ค่าเช่าสถานที่เพื่อเก็บผลิตภัณฑ์ ถึงแม้โรงงานหรือบริษัทจะมีคลังสินค้าเองก็ต้องคิดค่าเช่า เพราะถ้าเอาคลังสินค้าไปให้ผู้อื่นเช่าก็จะเป็นรายได้ขึ้นมาในกรณีที่เราไม่เก็บสินค้าของเราเอง ค่าเสื่อมคุณภาพหรือเสื่อมความนิยมของสินค้าบางประเภท ค่าประกันภัย ค่าดอกเบี้ยในเงินทุนที่

นำไปซื้อพัสดุคงคลังจำนวนนี้มาไว้ ค่าปรับสภาวะของสิ่งแวดล้อม เช่น ค่าปรับอากาศหรือความชื้นเป็นต้น ถ้าสินค้านั้นเป็นสิ่งจำเป็น เช่น พวกผลิตผลทางเกษตร ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นี้จะแปรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้

2.1.1.2 การหาขนาดที่ประหยัดของผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อแต่ละครั้ง (Economic Order Size)

การหาขนาดที่ประหยัดของผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อแต่ละครั้ง เป็นการคำนวณหาปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อจากภายนอกหรือสั่งให้โรงงานของบริษัทเองผลิตขึ้นแต่ละครั้ง การออกใบสั่งแต่ละครั้งต้องกำหนดลงไปว่าต้องการผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดครั้งละกี่หน่วย ถ้าแต่ละครั้งสั่งซื้อเป็นจำนวนมาก ค่าเก็บรักษาพัสดุคงคลังก็จะมาก แต่ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการออกใบสั่งซื้อจะน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้าสั่งซื้อผลิตภัณฑ์แต่ละครั้งเป็นจำนวนน้อยค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลังก็จะน้อยตามแต่ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งซื้อจะมากในที่นี้จะคำนวณหาปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่พอเหมาะพอดีในการสั่งซื้อแต่ละครั้งโดยที่ทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับพัสดุคงคลังมีค่าน้อยที่สุด

เพื่อที่จะแสดงให้เห็นภาพชัดยิ่งขึ้นความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องปริมาณของพัสดุคงคลังที่สั่งซื้อหรือสั่งผลิตแต่ละครั้ง อาจแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 ค่าใช้จ่ายกับปริมาณพัสดุคงคลังที่สั่งซื้อ

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งจะแปรเป็นอัตราส่วนผกผันกับปริมาณของผลิตภัณฑ์ (Q) ที่สั่งซื้อ ส่วนค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลังจะแปรเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ซื้อเข้ามาเก็บไว้ในคลังสินค้า ส่วนค่าใช้จ่ายทั้งหมดก็คือ ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งซื้อกับค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง จะมีค่าน้อยที่สุดที่ค่า Q* นั่นก็คือในการสั่งซื้อของแต่ละครั้ง ถ้าซื้อครั้ง

ละ Q* หน่วย ค่าใช้จ่ายทั้งหมดจะถูกที่สุด (C*) ถ้าสั่งซื้อแต่ละครั้งมีจำนวนผลิตภัณฑ์มากกว่า Q* หรือน้อยกว่า Q* ก็ตามค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับพัสดุคงคลังจะมากกว่าค่า C* เสมอ

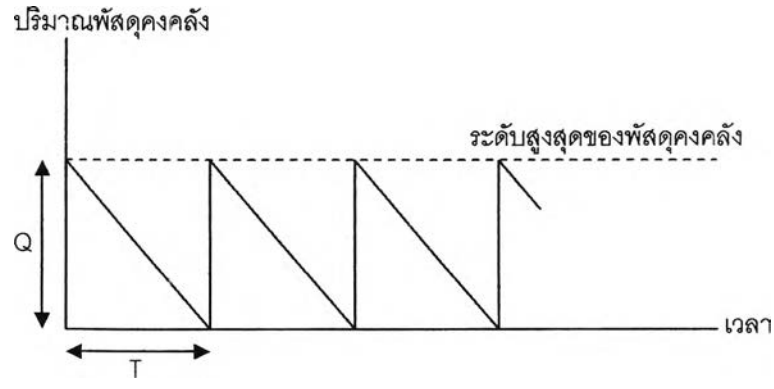
ในการหาคำนวณหาขนาดที่ประหยัดของผลิตภัณฑ์ที่จะซื้อหรือผลิตแต่ละครั้งซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดน้อยที่สุดนั้น สามารถแยกออกเป็นสองประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

2.1.1.2.1ประเภทสั่งซื้อผลิตภัณฑ์แล้วจะได้ผลิตภัณฑ์มาเต็มคลังสินค้าทันที (Instantaneous replenishment)

กรณีนี้เป็นรูปแบบปัญหาของพัสดุคงคลัง (Inventory model) ที่ง่ายที่สุดซึ่งในทางปฏิบัติอาจเป็นไปได้ แต่เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการศึกษาเรื่องพัสดุคงคลัง กรณีนี้จะเป็นการเริ่มต้นการศึกษาเรื่องนี้ได้อย่างดีที่สุด ในกรณีนี้ได้ตั้งข้อสมมติไว้หลายข้อดังต่อไปนี้

1) ความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้า ต้องรู้ปริมาณที่แน่นอน (Deterministic demand) และคงที่ตลอดเวลา
2) ช่วงเวลาที่รอคอยผลิตภัณฑ์ นับตั้งแต่ออกใบสั่งซื้อจนกระทั่งผลิตภัณฑ์ปริมาณนั้นเข้ามาอยู่ในคลังสินค้า เรียบร้อยแล้ว (Lead time) มีค่าเท่ากับศูนย์ ข้อสมมติข้อนี้ก็คือ เมื่อออกใบสั่งซื้อผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนเท่าใดก็ตาม ผลิตภัณฑ์จำนวนนั้นจะเข้ามาอยู่ในคลังสินค้าทันที
3) ไม่มีผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้เพื่อเหตุฉุกเฉิน (Safety stock)

รูปแบบปัญหาทางพัสดุคงคลังประเภทนี้ อาจแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ปัญหาพัสดุคงคลังประเภทผลิตภัณฑ์มาเต็มคลังสินค้าทันที

จากรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นว่า เมื่อออกใบสั่งซื้อ ผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อปริมาณเท่ากับ Q หน่วยก็เข้ามาอยู่ในคลังสินค้าทันที เมื่อเวลาล่วงไปจำนวนของพัสดุคงคลังก็จะลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากได้ขายให้แก่ลูกค้าไปเมื่อความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้าคงที่ตลอดเวลากราฟแสดงการลดจำนวนของพัสดุคงคลังจะเป็นเส้นตรง เมื่อพัสดุคงคลังมีจำนวนเท่ากับศูนย์ก็ออกใบสั่งซื้อใหม่ เมื่อออกใบสั่งซื้อใหม่ผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อทั้ง Q หน่วยก็เข้ามาอยู่ในคลังสินค้าทันที จึงทำให้ระดับของพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้นจากศูนย์มาอยู่ระดับสูงสุด คือ Q หน่วยใหม่ แล้ววัฏจักรของพัสดุคงคลังประเภทนี้ก็จะเป็นแบบเดิมต่อไป

2.1.1.2.2 ประเภทสั่งซื้อผลิตภัณฑ์แล้วผลิตภัณฑ์จะค่อยๆทยอยเข้าสู่คลังสินค้า (Uniform replenishment)

พัสดุคงคลังระบบนี้คล้ายกับระบบก่อนทุกประการ ยกเว้นแต่ว่าเมื่อออกใบสั่งซื้อของแล้วจะไม่ได้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดเข้าคลังสินค้าในทันที แต่จะต้องใช้เวลารอคอยช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งในช่วงเวลานี้ผลิตภัณฑ์จะค่อยๆทยอยเข้าสู่คลังสินค้าด้วยอัตราสม่ำเสมอ จนกระทั่งผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อมาจนครบ กรณีนี้เทียบตัวอย่างได้แก่การผลิตสินค้าของโรงงาน แล้วป้อนเข้าสู่คลังเก็บสินค้าของบริษัท เมื่อพัสดุคงคลังลดลงถึงจุดที่ต้องออกใบสั่งแล้ว เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องก็จะออกใบสั่งให้ทางโรงงานผลิตสินค้าที่ต้องการมาจำนวนหนึ่ง เมื่อโรงงานได้รับใบสั่งก็จะเริ่มผลิตสินค้าขึ้น ซึ่งในการผลิตนี้ก็ต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งในการผลิตของออกมาให้ครบจำนวนที่กำหนดในใบสั่ง ผลิตภัณฑ์ที่ทางโรงงานผลิตออกมานี้ ส่วนหนึ่งจะถูกนำไปจำหน่ายให้กับลูกค้าตามความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้าซึ่งเกิดขึ้นในอัตราคงที่ แต่เนื่องจากอัตราการผลิตของโรงงานจะมากกว่าอัตราความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้า ดังนั้นผลิตภัณฑ์ส่วนที่เหลือก็จะถูกนำเข้าสู่คสังสินค้าในรูปของพัสดุคงคลังด้วยอัตราคงที่สม่ำเสมอ เมื่อเวลาผ่านไปจำนวนพัสดุคงคลังในคสังสินค้าก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเมื่อโรงงานผลิตให้ครบตามจำนวนใบสั่งแล้วระดับพัสดุคงคลังก็จะเข้าสู่ระดับสูงสุด

2.1.1.3 การหาขนาดที่ประหยัดของผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อแต่ละครั้งในกรณีที่ยอมให้ขาดผลิตภัณฑ์ในคลังสินค้า (Shortage case)

เมื่อไม่มีพัสดุคงคลังในคลังสินค้า แต่ขณะเดียวกันลูกค้าก็ต้องการผลิตภัณฑ์ชนิดนั้น เมื่อกรณีนี้เกิดขึ้นจะทำให้เกิดผลสองประการตามมา คือ

1) ลูกค้ารอคอยสินค้าที่กำลังจะมาหรือกำลังผลิตอยู่ในโรงงานไม่ได้ เขาก็จะไปซื้อสินค้าประเภทเดียวกันนี้จากบริษัทอื่น ทำให้เราขาดกำไรไปในกรณีนั้น เราจะขาดลูกค้าไป (Lost sale case)
2) ถ้าลูกค้าสามารถรอคอยสินค้านั้นได้เราก็ให้เขาจองเอาไว้ตามจำนวนที่ต้องการ เมื่อสินค้านั้นมาถึงก็ต้องส่งไปให้คนที่จองคนแรกก่อน แล้วค่อยจ่ายให้คนจองอันดับต่อมา เมื่อจ่ายสินค้าให้กับผู้ที่จองเอาไว้หมดแล้วจึงจะนำเอาส่วนที่เหลือมาขายให้กับลูกค้าที่มาซื้อตามปกติได้ ในกรณีนี้เราไม่ขาดลูกค้าไปแต่เปิดโอกาสให้ลูกค้าสั่งจองของไว้แล้วจัดส่งไปให้เขาเมื่อสินค้านั้นมาถึง (Back order case)

2.1.1.4 การหาขนาดที่ประหยัดของผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อแต่ละครั้งในกรณีที่มีการลดราคาถ้าซื้อเป็นจำนวนมาก (Price discount case)

ตามที่ปฏิบัติกันในทางการค้า พ่อค้าสามารถลดราคาขายต่อหน่วยลงได้ถ้ามีการซื้อเป็นจำนวนมาก ถ้าสมมติให้เราเป็นผู้ซื้อ เราก็ต้องตัดสินใจว่าจะซื้อของครั้งละ Q^* โดยที่ไม่ได้ส่วนลดของสินค้าชนิดนั้น (ถ้า Q^* ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าปริมาณการซื้อขั้นถัดไปที่ผู้ขายตั้งใจเอาไว้ว่าสามารถจะลดราคาต่อหน่วยลงได้) หรือควรจะเพิ่มปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่จะซื้อแต่ละครั้ง (Q^*) ให้เท่ากับปริมาณการขายขั้นถัดไปที่ผู้ขายสามารถจะลดราคาให้เราได้ การคำนวณที่จะช่วยในการตัดสินใจก็คือเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายตลอดทั้งปีของทั้งสองวิธีดังกล่าว และเลือกหาวิธีที่ใช้จ่ายต่อปีน้อยที่สุด

2.1.1.5 การหาขนาดที่ประหยัดของผลิตภัณฑ์ที่จะซื้อแต่ละครั้งในกรณีที่มีเงื่อนไขขอบข่าย (Constraint)

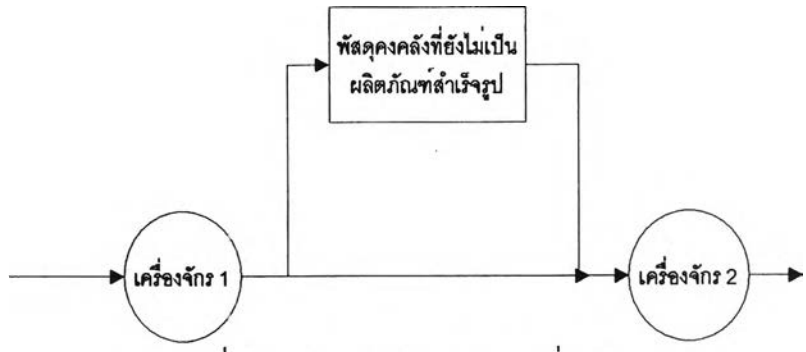
เนื่องจากทรัพยากร (Resource) ที่จะนำมาใช้ในการดำเนินธุรกิจนั้นมีปริมาณจำกัด ด้วยเหตุนี้ในบางกรณีจึงต้องมีเงื่อนไขขอบข่าย (Constraints) ซึ่งจะกำหนดขอบเขตไว้ และทรัพยากรที่ถูกนำไปใช้จะต้องมีปริมาณน้อยกว่าหรือเท่ากับขอบเขตที่กำหนดไว้ จะใช้มากเกินกว่าขอบเขตที่กำหนดไว้ไม่ได้ ในการศึกษาเรื่องพัสดุคงคลังจะมีเงื่อนไขขอบข่ายหลายอย่างซึ่งสามารถนำมาใช้ในการควบคุมพัสดุคงคลังได้ ในที่นี้จะกล่าวถึงเงื่อนไขสองลักษณะคือ

1) เงื่อนไขเนื้อที่สำหรับเก็บผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่จำกัด ปัญหาเรื่องเนื้อที่สำหรับเก็บสินค้านี้จะเห็นได้ชัดในกรณีที่โรงงานหรือบริษัทตั้งอยู่ในเมืองใหญ่ๆ ทั้งนี้เพราะที่ดินในใจกลางเมืองใหญ่ๆนั้นมีราคาสูงมาก เพื่อที่จะสามารถใช้เนื้อที่ซึ่งมีราคาสูงให้คุ้มค่า จึงอาจจะมีข้อบังคับในการใช้เนื้อที่สำหรับเก็บสินค้าเข้ามาเกี่ยวข้องในเวลาคำนวณหาขนาดที่ประหยัดของผลิตภัณฑ์ที่จะซื้อแต่ละครั้ง (Economic lot size)
2) เงื่อนไขเงินทุนสำหรับซื้อพัสดุคงคลังมีอยู่จำกัด เงินทุนเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินงานธุรกิจ เมื่อเงินทุนมีจำนวนจำกัด การคำนวณหาปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่จะซื้อเข้ามาเก็บไว้ในคลังสินค้า ก็จำเป็นต้องมีข้อกำหนดเอาไว้ว่าจำนวนเงินที่จะเอาไปซื้อพัสดุคงคลังนั้นต้องไม่เกินงบประมาณที่ตั้งไว้

เมื่อมีข้อกำหนดเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้นมา ปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือพยายามคำนวณหาปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อแต่ละครั้ง โดยที่ทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการซื้อและเก็บรักษาพัสดุคงคลังมีจำนวนน้อยที่สุด และในขณะเดียวกันก็ต้องไม่ผิดเงื่อนไขขอบข่ายที่ตั้งขึ้นด้วย

2.1.1.6 การหาขนาดของพัสดุคงคลังที่ประหยัดที่สุดระหว่างเครื่องจักร

พัสดุคงคลังที่จะกล่าวถึงในหัวข้อนี้เป็นพัสดุคงคลังที่อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ที่ยังทำไม่เสร็จ (In-process-inventory) ในกระบวนการผลิตมักจะมีเครื่องจักรอยู่หลายเครื่อง เมื่อวัตถุดิบผ่านเครื่องที่หนึ่ง ก็จะถูกแปรรูปไปเป็นแบบหนึ่ง เสร็จแล้วก็ส่งไปเข้าเครื่องจักรอื่นๆต่อไป เพื่อแปรรูปต่อหรือประกอบเข้ากับชิ้นส่วนอื่นๆ จนกระทั่งเมื่อผ่านเครื่องจักรสุดท้ายก็จะเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปออกมา ในกรณีที่เครื่องจักรคู่หนึ่งคู่ใดก็ตามในกระบวนการผลิตต้องทำงานสัมพันธ์กัน กล่าวคือเมื่อเครื่องจักรเครื่องแรกทำการแปรรูปเสร็จแล้ว ก็จะส่งผลิตภัณฑ์นั้นไปยังเครื่องจักรเครื่องที่สองเพื่อแปรรูปต่อไป ในกรณีนี้ถ้าเครื่องจักรเครื่องแรกเสีย (Break down) เครื่องจักรเครื่องที่สองก็จะต้องหยุดทำงานตามไปด้วย ถ้าเครื่องจักรทั้งสองเครื่องหยุดทำงานพร้อมกัน ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องจะสูงมาก เราสามารถลดค่าใช้จ่ายจำนวนนี้ลงได้โดยสร้างพัสดุคงคลังขึ้นระหว่างเครื่องจักรทั้งสองนี้ ถ้าเครื่องจักรเครื่องแรกเสีย เครื่องที่สองก็ยังคงปฏิบัติงานได้ต่อไป การสร้างพัสดุคงคลังนั้นต้องใช้เงินลงทุน ด้วยเหตุนี้การหาขนาดของพัสดุคงคลังที่ประหยัดก็คือปริมาณของพัสดุคงคลังที่ทำให้ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเครื่องจักรเมื่อหยุดทำงานกับจำนวนเงินที่ต้องใช้ในการสร้างพัสดุคงคลังมีค่าน้อยที่สุด พัสดุคงคลังประเภทนี้อาจแสดงให้เห็นด้วยไดอะแกรมในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 พัสดุคงคลังระหว่างเครื่องจักร

2.1.1.7 รูปแบบปัญหาทางพัสดุคงคลังของผลิตภัณฑ์หลายชนิด (Multiproduct Case)

ในกรณีที่มีผลิตภัณฑ์อยู่หลายชนิดซึ่งจะผลิตโดยกระบวนการผลิตเดียวกัน นั่นคือ ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดต่างใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตชุดเดียวกันทำการผลิตทีละชนิดเรียงกันออกมาจากกระบวนการผลิตเพราะฉะนั้นรอบของการผลิต (Cycle time) รอบหนึ่งก็คือช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตทำการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปออกมาทุกๆ ประเภท รูปแบบปัญหาทางพัสดุคงคลังของผลิตภัณฑ์หลายชนิดจึงเน้นถึงการคำนวณหาช่วงเวลาของรอบการผลิต (Cycle time) ที่ประหยัดที่สุดที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกประเภทออกมา การคำนวณหาช่วงเวลาของรอบของการผลิตที่ประหยัดที่สุดในกรณีนี้จะคล้ายกับในกรณีผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว เมื่อรู้ช่วงเวลาของรอบที่จะผลิตสินค้าทุกๆประเภทออกมาแล้ว ก็สามารถนำมาคำนวณหาขนาดที่ประหยัดที่สุดของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทที่จะทำการผลิตและเวลาที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

2.1.2 การแก้ปัญหาด้วยวิธีค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก [3]

ปัญหา Combinatorial optimization คือปัญหาที่ไม่สามารถใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาโดยตรงได้เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น ในการหาคำตอบที่ดีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหา Combinatorial optimization ได้มีการพัฒนาเทคนิคสำหรับแก้ไขปัญหาเหล่านี้หลายวิธี วิธีการหนึ่งที่นำมาใช้คือ วิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก (Heuristic search) ซึ่งจะเป็นวิธีการหาคำตอบโดยอาศัยข้อมูลในการเปลี่ยนจากสภาวะปัจจุบันไปสู่สภาวะเป้าหมาย

วิธีการของ Heuristic search มีความหลากหลายและความเหมาะสมกับลักษณะปัญหาต่างๆกัน ได้แก่

2.1.2.1 Relaxation heuristic

เป็นวิธีการแก้ปัญหาอย่างง่ายของปัญหาแบบ Exact optimization อาศัยการลดความยุ่งยากของการแก้ปัญหาบางส่วน เช่น การ Relax ค่า optimum โดยการปัดตัวเลข (Rounding) เพื่อให้สามารถหาคำตอบได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น Lagrangian relaxation ทำการแก้ปัญหาโดยแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนๆ และหาคำตอบสำหรับแต่ละส่วนโดยอาศัยชุดคำตอบจากปัญหาย่อยเพื่อปรับปรุงค่าที่ดีที่สุด ซึ่งวิธี Relaxation heuristic จะไม่เหมาะกับปัญหาที่มีความซับซ้อนในการสร้างโมเดลหรือปัญหาที่เป็น Integer-infeasible

2.1.2.2 Decomposition heuristic

เป็นการแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนๆ และแก้ปัญหาแต่ละส่วนแยกจากกันซึ่งมีวิธีการแก้ปัญหาหลายแบบ ได้แก่ Iteration ซึ่งจะหาคำตอบสำหรับปัญหาย่อยโดยคงค่าของตัวแปรอื่นๆและปรับปรุงค่าของตัวแปรตัดสินสำหรับชุดคำตอบย่อยๆนั้น Column generation เป็นวิธีที่เหมาะสมเมื่อปัญหามีแง่มุมที่แสดงในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้ยาก

2.1.2.3 Constructive search

แก้ปัญหาโดยอาศัย Null solution และทำการแก้ปัญหาแบบครั้งต่อครั้งโดยอาศัยข้อมูลจากการแก้ปัญหาครั้งก่อน เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา (Full solution) โดยการหาคำตอบของวิธี Constructive search มีลักษณะที่คำนึงถึงผลประโยชน์เฉพาะหน้าในการตัดสินใจแต่ละครั้งจะทำตาม Greedy way ซึ่งจะเลือกคำตอบที่ดีที่สุดจากคำตอบปัจจุบันที่มีอยู่ ซึ่งข้อสังเกตหนึ่งของวิธีการนี้คือคำตอบที่ได้จะขึ้นอยู่กับลำดับของการแก้ปัญหา ดังนั้นหากการแก้ปัญหาครั้งก่อนหน้าให้คำตอบที่ไม่ดีก็จะส่งผล (Degrade) ต่อคำตอบในครั้งถัดไป

2.1.2.4 Improving search

การหาคำตอบจะเริ่มต้นที่คำตอบเบื้องต้นที่มีจำนวนตัวแปรอยู่ครบทุกตัว (Full solution) และจะทำการปรับปรุงคำตอบโดยการปรับค่าตัวแปรตามแนวทางการปรับค่าของตัวแปร (Move set or neighborhood) ซึ่งทำให้คำตอบของปัญหาขึ้นอยู่กับการเลือกคำตอบเบื้องต้น โดยข้อเสียของวิธีการนี้คือ หากปัญหามีขนาดของ Neighborhood ใหญ่เกินไปจะทำให้การปรับปรุงค่าในแต่ละครั้งไม่มีประสิทธิภาพ แต่หาก Neighborhood มีขนาดเล็กเกินไปก็จะทำให้มีโอกาสที่จะไม่ครอบคลุมคำตอบที่ดีได้

ทั้งหมด นอกจากนี้สำหรับการปรับปรุงค่าในแต่ละครั้งควรจะมีความเป็นไปได้ของคำตอบ (Feasibility) และหากจำกัดแนวทางการปรับปรุงค่าเพื่อให้คำตอบเป็นไปได้ทุกครั้งจะทำให้มีความยุ่งยากในการนำไปใช้มากขึ้น ดังนั้นแนวทางในการปรับปรุงค่าจึงยอมให้เกิดการปรับปรุงคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ (Infeasible) แต่จะทำการหักค่าของคำตอบในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ลง

2.1.2.5 Local search หรือ Hill climbing

เป็นวิธีการที่ประยุกต์มาจาก Improving search โดยเริ่มต้นจาก Initial feasible solution จากนั้นทำการปรับปรุงค่าโดยพิจารณาตาม Neighborhood หากคำตอบที่ได้มีค่าที่ดีขึ้นก็จะทำ Iteration ซ้ำๆต่อไป แต่หากคำตอบที่ได้ไม่ดีขึ้นจะหยุดการทำซ้ำโดยได้คำตอบแบบ Local optimum ซึ่งวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาคำตอบที่วนอยู่ใน Local optimum คือ วิธีการ Multistart ซึ่งจะเลือกจุดสำหรับใช้เป็น Initial feasible solution หลายๆ จุดซึ่งแต่ละจุดจะทำให้ได้ค่า Local optimum ที่แตกต่างกันโดยจะใช้ค่า Local optimum ที่ดีที่สุด

2.1.2.6 Tabu search

เป็นการขยายแนวคิดในการหาคำตอบจากวิธีการแบบ Local search โดยยอมให้สามารถย้ายค่าไปในตำแหน่งที่ไม่ปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้นได้ (Nonimproving move) แต่ด้วยวิธีการนี้อาจจะนำไปสู่การปรับปรุงค่าโดยการย้ายอย่างไม่สิ้นสุด (Infinite cycling) และการปรับปรุงค่าครั้งต่อไปจะทำให้คำตอบย้ายกลับไปสู่จุดเดิม ดังนั้น Tabu search จึงมีกลไกเพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นโดยการห้ามปรับปรุงค่าบางแนวทาง (Tabu move) รวมถึงการปรับปรุงค่าที่จะทำให้คำตอบย้ายเข้าสู่ตำแหน่งก่อนหน้า เป็นการป้องกันการเกิดการวนรอบ (Short term cycling) โดยใช้ Tabu list บันทึกการย้ายตำแหน่งและเก็บคำตอบไว้เสมอ ดังนั้นทุกๆ Iteration จะเกิดการปรับปรุงค่าคำตอบอย่าง Tabu แม้ว่าค่าคำตอบจะไม่ดีขึ้น แต่ยังคงเก็บค่าคำตอบจากทุกๆ Iteration ไว้และเลือกค่าที่ดีที่สุดจากจำนวนการปรับปรุงค่าที่ตั้งไว้เป็นค่า Heuristic optimum พารามิเตอร์ที่สำคัญของวิธีการนี้คือการกำหนดขนาดของ Tabu list (Tabu List Size) ซึ่งค่าที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัญหา ถ้าขนาดของ Tabu list มากเกินไปจะทำให้คำตอบที่ได้มีค่าไม่ดี แต่ถ้าขนาดของ Tabu list น้อยเกินไปจะทำให้คำตอบยังคงวนอยู่ในค่า Local optimum

2.1.2.7 Simulated annealing (SA)

อัลกอริทึมของ Simulated annealing คือการยอมรับการเคลื่อนที่ที่ไม่ปรับปรุงค่าคำตอบให้ดีขึ้นด้วยการทดสอบความน่าจะเป็นจากการสุ่มเพื่อหลีกเลี่ยงการวนรอบ เริ่มต้นจาก Feasible solution กระบวนการเคลื่อนที่ของแต่ละ Iteration เริ่มต้นจากค่าสุ่มซึ่งได้มาจากการเคลื่อนที่ครั้งก่อนหน้า ซึ่งโดยทั่วไปไม่ได้พิจารณาเพียงค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) แต่จะคำนวณเป็นค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์สุทธิ (Net objective function improvement ; Δobj) ถ้าคำตอบที่ได้มีค่าดีขึ้น (Δobj>0) จะยอมรับคำตอบนั้นทันที หรือในกรณีที่คำตอบมีค่าไม่ดีขึ้น (Δobj<=0) จะยอมรับคำตอบด้วยความน่าจะเป็นดังนี้

$$\text{Probability of acceptance} = e^{\frac{\Delta obj}{q}}$$

ค่าที่ดีที่สุดจะถูกเก็บเอาไว้เป็นค่า Heuristic Optimum ซึ่งค่าการลดค่าคำตอบ (Δobj>0) ในความน่าจะเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียลจะแสดงถึงปริมาณที่ลดลงของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เทียบกับคำตอบจากการปรับปรุงค่า ดังนั้นการปรับปรุงค่าครั้งใดๆที่ให้ค่าคำตอบน้อยย่อมถูกยอมรับด้วยโอกาสน้อยกว่าการปรับปรุงที่มีค่ามากกว่าเสมอ พารามิเตอร์ q เรียกว่า ค่าอุณหภูมิ (Temperature controlling) ของการค้นหาคำตอบเป็นตัวกำหนดความสุ่มของการปรับปรุงค่า ถ้า q มีค่ามากจะทำให้สมการมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ หมายความว่าโอกาสที่จะยอมรับการเคลื่อนที่เท่ากับ 1 เสมอแม้จะไม่มีการปรับปรุงค่าคำตอบและถ้า q มีค่าน้อย โอกาสที่จะยอมรับการเคลื่อนที่ที่ไม่มีการปรับปรุงคำตอบก็จะลดลง

การนำ Simulated annealing ไปใช้ในการหาคำตอบจะเริ่มต้นจาก q ที่มีค่ามากก่อนแล้วค่อยๆลดค่าลงจนเป็นศูนย์ โดยแนวคิดของวิธีการนี้คือ ให้การหาคำตอบสามารถขยายการค้นหาคำตอบ (Explore) ได้อย่างทั่วถึงในขั้นแรก และจะจำกัดพื้นที่สำหรับการค้นหาลงมาให้เหลือเฉพาะพื้นที่ที่มีศักยภาพในภายหลัง (Exploit) และโดยปกติแล้วจำนวนครั้งของการปรับปรุงค่าโดยวิธีการนี้จะสูงกว่าวิธี TABU search หรือ Hill climbing และมีการปฏิเสธการปรับปรุงค่าน้อยกว่า รวมถึงใช้ Neighborhood จำนวนน้อยกว่าในการพิจารณา เมื่อเทียบกับวิธีแบบ Local search ที่มักทดสอบกับ Neighborhood เกือบทุกค่า จากการศึกษาพบว่าจำนวนครั้งของการปรับปรุงค่าอย่างสุ่มที่มากพอจะทำให้ Simulated annealing หาคำตอบ Heuristic optimum ที่ดีได้

2.1.2.8 Genetic algorithms (GAs)

เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่พัฒนามาจากวิธีการแบบ Evolutionary algorithm ซึ่งใช้แก้ปัญหาประเภท Stochastic optimization โดยประยุกต์หลักการคัดเลือกโดยธรรมชาติและหลักการพันธุศาสตร์ในการหาคำตอบ เริ่มต้นโดยการสุ่มชุดของ Initial solution ขึ้นมาเป็นประชากร (Population) และสำหรับแต่ละ Initial solution ซึ่งเรียกว่าโครโมโซม (Chromosome) ประกอบไปด้วยคำตอบของปัญหานั้นๆ โดยการปรับปรุงชุดคำตอบ (Population solution) ตลอดการค้นหาคำตอบ โดยประชากรบางส่วนจะถูกเลือกโดยคำนึงถึงค่าความเหมาะสมของคำตอบ (Fitness value) ซึ่งส่งผลทำให้โอกาสในการถูกเลือกของประชากรแต่ละตัวไม่เท่ากัน จากนั้นคู่ของประชากรที่ได้รับการคัดเลือกจะแลกเปลี่ยนชุดตัวแปรของคำตอบย่อยในตำแหน่งเดียวกันเพื่อทำการปรับปรุงค่าคำตอบ เรียกขั้นตอนการปรับปรุงนี้ว่า Crossover จากนั้นจะทำการเลือกคู่ของประชากรสำหรับรุ่นถัดไป (Offspring) โดยทำซ้ำตามขั้นตอนเดิม และในบางครั้งก็จะทำการปรับปรุงค่าของคำตอบด้วยวิธีการ Mutation โดยการเปลี่ยนค่าของตัวแปรอย่างสุ่มภายในประชากรตัวใดๆ โดยที่ความน่าจะเป็นในการเลือกคู่ประชากรใดๆคำนวณจากสมการดังนี้

$$\text{Probability} = \text{Individual solution value/Population total}$$

ในทางทฤษฎีจะเห็นว่า Genetic algorithms เป็นวิธีการหาคำตอบที่ไม่ขึ้นกับ Neighborhood แต่ทั้งนี้การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการ Crossover ไม่สามารถประกันได้ว่าคำตอบที่ได้มานั้นเป็นคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible solution) และวิธีการจัดตำแหน่งของตัวแปรคำตอบสำหรับประชากรก็มีผลอย่างมากต่อกระบวนการ Crossover ขึ้นอยู่กับว่าจุดตัดจะอยู่ในตำแหน่งใด นอกจากนี้วิธีการกำหนดความน่าจะเป็นสำหรับการถูกเลือกเป็นประชากรก็เหมาะสมเฉพาะกับปัญหาแบบหาค่ามากที่สุดเท่านั้น

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การแก้ปัญหาสินค้าคงคลังนั้นได้มีผู้คิดค้นและเสนอวิธีการต่างๆมาแล้วตั้งแต่อดีตโดยมีลำดับดังนี้

Harris [1] ได้พัฒนาวิธีการที่เรียกว่า ปริมาณการสั่งซื้อแบบประหยัด (Economic order quantity, EOQ) เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาคำตอบของปัญหาสินค้าคงคลัง โดยวิธีการนี้จะอยู่ภายใต้ข้อสมมติต่างๆดังนี้ (1) ปริมาณความต้องการสินค้าต้องรู้ปริมาณที่แน่นอน

(Deterministic demand) และมีค่าคงที่ตลอด (2) ช่วงเวลาที่รอคอยผลิตภัณฑ์ นับตั้งแต่ออกใบสั่งจนกระทั่งผลิตภัณฑ์ปริมาณนั้นเข้ามาอยู่ในคลังสินค้าเรียบร้อยแล้ว (Lead time) มีค่าเท่ากับศูนย์ (3) ไม่มีผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้เผื่อฉุกเฉิน (Safety stock)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

เมื่อ EOQ แทน ปริมาณการสั่งซื้อแบบประหยัด (ชิ้น)

S แทน ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งซื้อ (บาท/ครั้ง)

H แทน ค่าเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (บาท/ชิ้น/ช่วงเวลา)

D แทน ปริมาณความต้องการสินค้าทั้งหมด (ชิ้น)

เนื่องจากวิธีการหาปริมาณการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) นั้นจะเหมาะสมกับปัญหาที่เป็น Single-period แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงนั้นไม่ได้พิจารณาเพียงแค่ช่วงเวลาเดียว ดังนั้นจึงได้มีการพยายามคิดค้นวิธีการแก้ปัญหาเมื่อปัญหามีลักษณะที่เป็น Multi-period ขึ้น

Wagner and Whitin [1] ได้พัฒนาวิธีกำหนดการพลวัต (Dynamic programming) โดยปกติเราจะเรียกวิธีการนี้ว่า w-w algorithm ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาสินค้าคงคลังที่เป็น Multi-period ได้ วิธีการนี้จะเป็นวิธีการที่ใช้การเลือกจากทางเลือกที่สามารถเกิดขึ้นได้ โดยเลือกทางเลือกที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และวิธีการนี้จะสามารถรับประกันได้ว่าคำตอบที่ได้รับจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด โดยที่ปริมาณความต้องการมีค่าคงที่แน่นอนในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งวิธีการนี้เมื่อนำไปประยุกต์และดัดแปลงใช้ในกรณีที่มีจำนวนสินค้าหลายชนิดภายใต้ข้อจำกัดทางการใช้ทรัพยากรร่วมกันจะมีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น ทำให้ต้องใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้น จึงเหมาะสำหรับปัญหาขนาดเล็กเท่านั้น

Silver and Meal [1] ได้พัฒนาวิธีการซึ่งอาศัยแนวความคิดของค่าใช้จ่ายต่ำสุดต่อช่วงเวลา ซึ่งเขาได้ชี้จุดอ่อนของวิธีการหาปริมาณการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) ว่ากรณีที่ปริมาณความต้องการมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีปริมาณการสั่งซื้อแบบประหยัดจะให้ค่าที่ไม่ดีนัก วิธีการของเขาได้แนะนำดรรชนีเพื่อนำไปคำนวณหารอบการสั่งซื้อ คือ

$$SM_t = (S+HI)/t$$

เมื่อ SM_t แทน ดรรชนีการคำนวณหาช่วงเวลา t
S แทน ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งซื้อ (บาท/ครั้ง)
HI แทน ค่าใช้จ่ายสินค้าคงคลัง (บาท)
t แทน ช่วงเวลา

โดยการพิจารณาจะทำการคำนวณค่า SM_t ในแต่ละช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกัน จนกระทั่งค่า $SM_t > SM_{t-1}$ และ $SM_{t-1} < SM_{t-2}$ จากนั้นตัดสินใจเลือกปริมาณสินค้าที่เริ่มคำนวณจนกระทั่งถึงช่วงเวลา t-1 เป็นการสิ้นสุดรอบการคำนวณให้เริ่มทำการคำนวณใหม่โดยใช้ช่วงเวลา t เป็นช่วงแรกของรอบการคำนวณใหม่ ทำจนครบทุกช่วงเวลาที่มีในแผน วิธีการนี้ไม่ได้รับรองว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุดแต่เป็นวิธีการที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยมาก

จากการพิสูจน์กันมาแล้วว่าปัญหาการสั่งซื้อ/ผลิตสินค้าชนิดเดียวนั้นการหาคำตอบที่ดีที่สุดสามารถกระทำได้ แต่ในความเป็นจริงปัญหาที่เกิดขึ้นมักจะจำกัดอยู่แค่การพิจารณาสินค้าชนิดเดียวที่มีความต้องการในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น แต่จะมีปัญหาในเรื่องอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น จำนวนชนิดของสินค้าที่มากกว่าหนึ่งชนิด มีข้อจำกัดทางด้านการใช้ทรัพยากรร่วมกัน เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การแก้ปัญหามีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

Prichanont [4] ได้จำแนกปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการสั่งซื้อ/ผลิตแบบประหยัด ที่ทำให้ปัญหามีความซับซ้อนและหลากหลายมากในปัจจุบัน โดยปัญหาการสั่งซื้อ/ผลิตแบบประหยัดสามารถแบ่งออกตามคุณลักษณะของปัญหา (Characteristic) ได้ดังนี้ดังนี้

- แบ่งตามจำนวนของผลิตภัณฑ์ (Number of product) โดยจะแบ่งจำนวนของผลิตภัณฑ์จะแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ มี ระบบที่มีผลิตภัณฑ์เดียว (Single-item systems) และระบบที่หลายผลิตภัณฑ์ (Multi-item systems)
- แบ่งตามโครงสร้างของการผลิต (Product structure) โดยจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ มีระดับการผลิตเดียว และมีหลายระดับการผลิต
- แบ่งตามข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ (Capacity limitation) โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ ไม่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ และมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ
- แบ่งตามวัตถุประสงค์ (Objective function) ซึ่งวัตถุโดยทั่วไปของการสั่งซื้อ/ผลิตแบบประหยัดจะเหมือนกัน คือ ต้องการให้ต้นทุนทางด้านการผลิตต่ำที่สุด แต่สิ่งที่ทำให้

เกิดความแตกต่างกันคือองค์ประกอบของวัตถุประสงค์ เช่น บางปัญหาจะพิจารณากรณีที่เกิดสินค้าขาดมือ เป็นต้น

- แบ่งตามคุณสมบัติของตัวแปรตัดสินใจ (Property of decision variable) เช่น บางปัญหาจะบังคับให้ตัวแปรตัดสินใจบางตัวเป็นจำนวนเต็ม เป็นต้น
- แบ่งตามวิธีการหาคำตอบ (Solution method) ซึ่งวิธีการในการคำตอบของปัญหาแบบเดียวกัน นักวิจัยแต่ละคนอาจใช้วิธีการในการหาคำตอบที่แตกต่างกัน

เนื่องจากมีความหลากหลายของปัญหาการสั่งซื้อ/ผลิตแบบประหยัด ดังนั้นจึงทำให้มีการพยายามคิดค้นหาวิธีการแก้ปัญหาสินค้าคงคลังมาจนถึงปัจจุบัน

ปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน (Capacitated multi-item lot-sizing problem-CMLSP) เป็นปัญหาหนึ่งของปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัด ซึ่งจะพิจารณาสินค้าที่มีมากกว่า 1 ชนิด โดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ เช่น งบประมาณ กำลังการผลิต ร่วมกัน ซึ่งปัญหาในลักษณะนี้จะต้องการการจัดตารางการสั่งซื้อ/สั่งผลิตที่เหมาะสมของสินค้า N ชนิด ในจำนวนช่วงเวลาเท่ากับ T เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของสินค้าที่เกิดขึ้นโดยไม่ทำให้สินค้าเกิดการขาดมือ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ต้นทุนทางด้านการผลิตต่ำที่สุด จากการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการแก้ปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกันได้มีผู้คิดค้นและเสนอวิธีการแก้ปัญหาต่างๆมาแล้ว ซึ่งมีทั้งวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization process) และวิธีการค้นหาคำตอบที่เหมาะสม (Heuristic) ซึ่งพบว่าวิธีการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุดนั้นมีความยุ่งยากและใช้เวลาในการคำนวณสูง Manne [5] รายงานว่า เขาได้ใช้วิธีการโปรแกรมเชิงเส้น(Linear programming) ในการแก้ปัญหาการสั่งซื้อแบบประหยัด แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ เมื่อมีสินค้ามากชนิดและมีจำนวนช่วงเวลามากจะทำให้วิธีการแก้ปัญหาของเขาเป็น model ที่มีขนาดใหญ่ Hindi [6] ได้ทำการแปลงปัญหา CMLSP เป็นปัญหา Network flow problem of trans-shipment และหาคำตอบของปัญหาด้วยวิธี Primal network simplex method และ Dual network simplex method และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอกับวิธี Polynimial-time algorithm ของ Loifi-Chen (LC) พบว่า LC algorithm ใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่าวิธีการที่นำเสนอ และพบว่าวิธี Primal network simplex method ใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่าวิธี Dual network simplex method

เพื่อเป็นการแก้ปัญหาของวิธีการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุดที่ใช้เวลาในการคำนวณสูง จึงมีผู้สนใจและพยายามศึกษาค้นคว้าเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการในการหาคำตอบที่ดีโดยประมาณที่มีความเหมาะสมทั้งทางด้านคุณภาพของคำตอบและเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ

เพิ่มมากขึ้นจนถึงปัจจุบัน จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาสามารถจำแนกวิธีการในการหาคำตอบที่ดีโดยประมาณสำหรับปัญหาสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน ได้ดังนี้

- Lot elimination เป็นการรวมปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละช่วงเวลาเข้าด้วยกันเพื่อลดจำนวนครั้งในการสั่งซื้อลง ซึ่งจะทำให้ต้นทุนทางด้านการสั่งซื้อลดลง แต่เนื่องจากการรวมปริมาณการสั่งซื้อจะทำให้ต้นทุนในการเก็บรักษาพัสดุคงคลังเพิ่มขึ้น ดังนั้นวิธีการในการรวมปริมาณการสั่งซื้อเข้าด้วยกันจะต้องทำให้ผลต่างของต้นทุนในการสั่งซื้อที่ลดลงกับต้นทุนในการสั่งซื้อที่เพิ่มขึ้นมีค่าน้อยที่สุด
- Relaxation heuristic จะอาศัยพื้นฐานของการคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยเริ่มต้นจากการ relax constrains ออกก่อน และหาคำตอบของปัญหาด้วยวิธีการต่างๆ
- Decomposition heuristic จะทำการแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนๆ และแก้ปัญหาแต่ละส่วนแยกจากกันด้วยวิธีการต่างๆ
- Meta-heuristic เป็นการปรับปรุงวิธีการค้นหาคำตอบ เพื่อป้องกันการวนซ้ำ (cycling) โดย Meta-heuristic ที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ Tabu search , Simulated annealing และ Genetic Algorithm
- Others เป็นวิธีการอื่นๆ ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน

การใช้ Lot elimination พบได้ในงานวิจัยของ Dixon and Silver [7] ได้นำเสนอวิธีการในการหาคำตอบที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน โดยใช้วิธี Greedy heuristic ในการแก้ปัญหา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ทำให้ต้นทุนทางด้านการผลิตต่ำที่สุด (2) ป้องกันการเกิดการร้างพัสดุ และ (3) ป้องกันไม่ให้ปริมาณการผลิตเกินกำลังการผลิตที่มีอยู่ โดยได้ทำการประยุกต์วิธีการของ Silver และ Meal มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยผลจากงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มของปัญหาขนาดเล็ก (Small problem) จะพิจารณาสินค้า 2 ชนิด 10 ช่วงเวลา (2) กลุ่มของปัญหาขนาดใหญ่ (Larger problem) จะพิจารณาสินค้า 10 และ 25 ชนิด ภายใต้ 5 ถึง 15 ช่วงเวลา และ (3) กลุ่มของปัญหาจริง (Real-life problem) โดยพบว่า กลุ่มของปัญหาขนาดเล็กนั้นวิธีการที่นำเสนอจะให้ผลที่ไม่ดีนัก เมื่อมีการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักรสูง และความแตกต่างของต้นทุนในการสั่งซื้อ/ผลิตของสินค้าแต่ละชนิดมาก ส่วนกลุ่มของปัญหาขนาดใหญ่ และปัญหาจริงนั้นพบว่าวิธีการหาคำตอบที่นำเสนอให้ผลที่ดีและใช้เวลาในการคำนวณไม่มาก Dogramaci ,et al. [8] ได้นำเสนอวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน โดยพัฒนาวิธีการ four-step algorithm มาเป็นวิธีการใหม่ที่เรียกว่า forward pass algorithm โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ผลรวมของต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุด โดยเปรียบเทียบกับผลจากวิธีการของ Lambrecht-Vanderveken algorithm โดยผลจากงานวิจัยพบว่าวิธีการของ Lambrecht-Vanderveken algorithm จะเหมาะกับปัญหาที่มีอัตราส่วนของค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ/สั่งผลิต กับค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่ำ ส่วนวิธีการ forward pass algorithm จะเหมาะกับปัญหาที่มีอัตราส่วนของของค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ/สั่งผลิต กับค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสูง แต่เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ววิธีการ forward pass algorithm จะให้คำตอบที่ดีกว่า แต่วิธีการของ Lambrecht-Vanderveken algorithm จะใช้เวลาน้อยกว่า Kami and Roll [9] ได้พัฒนาวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสม โดยเริ่มจากการคำนวณด้วยวิธีการของ Wagner-Whitin algorithm โดยจะพิจารณาทีละสินค้าและไม่คำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆก่อน จากนั้นจึงทำการปรับปรุงคำตอบเพื่อให้ได้คำตอบที่อยู่ในเงื่อนไขทั้งหมดด้วยวิธีการย้ายปริมาณสินค้าไปยังช่วงเวลาต่างๆ โดยจากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับ Integer programming จำนวน 100 การทดลอง และกำหนดเวลาไว้ไม่เกิน 180 วินาที พบว่ามี 28 การทดลองที่สามารถหาคำตอบได้ทันเวลาที่กำหนด โดยมี 17 การทดลองที่ให้คำตอบตรงกับคำตอบที่ได้จาก Integer programming โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจาก Optimal solution เท่ากับ 1% Maes and Wassenhove [10] ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีฮิวริสติกของ Lambrecht and Vanderveken Dixon and Silver และ Dogramaci ,et al. โดยทดสอบกับปัญหาทดสอบขนาดใหญ่ และศึกษาถึงประสิทธิภาพของฮิวริสติกทั้งสามเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาทดสอบ พบว่าขั้นตอนในการรวมปริมาณการสั่งซื้อ/ผลิต (Lot elimination step) จากวิธีฮิวริสติกของ Dixon and Silver สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของคำตอบได้ดี สำหรับวิธี Greedy heuristics จากวิธีฮิวริสติกของ Dogramaci ,et al. นั้นสามารถให้ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ดีแต่ใช้เวลาในการคำนวณสูง และพบว่าวิธี period-by-period heuristics ของ Lambrecht and Vanderveken สามารถหาคำตอบได้ดีเมื่อมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพที่เคร่งครัด (tight) และมีความแตกต่างของการใช้ทรัพยากรสำหรับสินค้าแต่ละชนิดสูง โดยจุดแข็งของการใช้วิธี Lot elimination คือ จะใช้เวลาในการคำนวณน้อย เนื่องจากความซับซ้อนของวิธีการในการแก้ปัญหาไม่มาก

การใช้ Relaxation heuristic พบได้ในงานวิจัยของ Thizy and Wassenhove [11] ได้ใช้วิธีการ Subgradient algorithm ในการปัญหา CMLSP โดยเริ่มต้นจากการใช้ Lagrangean Relaxation เพื่อละข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ (Capacity constraints) ออกก่อน แล้วใช้วิธี Network flow subproblem เพื่อหาคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible solution) และทำการหาคำตอบในขั้นตอนสุดท้ายด้วยวิธี Subgradient optimization ในการหาประสิทธิภาพของวิธีการที่

นำเสนอ ได้ทำการเปรียบเทียบผลกับวิธี Dantzig-wolfe decomposition และวิธี Column generation พบว่าวิธีการที่นำมาเปรียบเทียบทั้งสองวิธีสามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าวิธีการที่นำเสนอ แต่วิธี Subgradient algorithm สามารถหาคำตอบที่ดีที่เป็นไปได้ (Good feasible solution) ได้ดีกว่าวิธีการที่นำมาเปรียบเทียบทั้งสองวิธี Chen and Thizy [12] ได้ศึกษาวิธี Relaxations เพื่อตอบข้อสงสัยว่าทำไมจึงมีการใช้วิธี Lagrangean relaxations of the capacity constrains ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดและคำตอบที่ดีโดยประมาณของปัญหา CMLSP กันเป็นจำนวนมาก และได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการหาคำตอบของวิธี Linear programming วิธี Column generation และวิธี Subgradient optimization พบว่าวิธี Column generation มีประสิทธิในการหาคำตอบได้ดี เนื่องจากวิธี Relaxation heuristic จะอาศัยพื้นฐานของการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ทำให้ใช้เวลาในการคำนวณสูง แต่คำตอบที่ได้จะใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด

การใช้วิธี Decomposition heuristic ในการหาคำตอบพบได้ในงานวิจัยของ Millar and Yang [13] ได้นำเสนอวิธี Lagrangean decomposition technique ในการแก้ปัญหา CMLSP โดยได้แปลงปัญหา CMLSP เป็นปัญหา Transportation problem ของสินค้า N ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกัน และละข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพไว้ก่อน และหาคำตอบด้วยวิธี Subgradient optimization พบว่าวิธีการที่นำเสนอจะได้ Primal solution และ Dual solution ของปัญหา CMLSP ที่ดี วิธี Decomposition heuristic จะอาศัยพื้นฐานของการคำนวณทางคณิตศาสตร์เช่นเดียวกัน ทำให้วิธีนี้มีจุดอ่อน คือ ใช้เวลาในการคำนวณสูง

การใช้ Meta-heuristic พบได้ในงานวิจัยของ Xie and Dong [14] ซึ่งได้นำวิธีการ Genetic algorithms มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน โดยจะแยกการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกจะเสนอวิธีการหาคำตอบที่ดีโดยประมาณโดยไม่พิจารณาต้นทุนในการผลิตล่วงเวลา ส่วนที่สองจะเสนอวิธีการหาคำตอบที่ดีโดยประมาณโดยจะพิจารณาต้นทุนในการผลิตล่วงเวลาประกอบด้วย โดยจะทำการเปรียบเทียบผลกับวิธีการ SA (Simulated annealing algorithm) TS (Tabu search algorithm) และ LR (Lagrangean relaxation algorithm) โดยผลจากงานวิจัยพบว่าเมื่อไม่พิจารณาต้นทุนในการผลิตล่วงเวลา วิธีการที่นำเสนอจะให้คำตอบที่ดีกว่าวิธี SA และ TS และดีใกล้เคียงกับวิธี LR แต่ใช้เวลาในการคำตอบน้อยกว่าวิธี LR และเมื่อพิจารณาต้นทุนในการผลิตล่วงเวลาพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถหาคำตอบที่ยอมรับได้ภายในเวลา 10 นาที แต่วิธีการ SA TS และ LR ไม่สามารถหาคำตอบได้ โดยจุดอ่อนการใช้วิธี GA คือ การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการ Crossover ไม่สามารถประกันได้ว่าคำตอบที่ได้มานั้นเป็นคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible solution) และวิธีการจัดตำแหน่งของตัวแปรคำตอบสำหรับประชากรก็มีผลอย่างมาก

ต่อกระบวนการ Crossover ขึ้นอยู่กับว่าจุดตัดจะอยู่ในตำแหน่งใด นอกจากนี้วิธีการกำหนดความน่าจะเป็นสำหรับการถูกเลือกเป็นประชากรก็เหมาะสมเฉพาะกับปัญหาแบบหาค่ามากที่สุดเท่านั้น

นอกจากนี้ยังมีวิธีการอื่นๆ ที่ได้มีผู้คิดค้นขึ้นมาแก้ปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน คือ Barany ,et al. [15] ได้ประยุกต์วิธีการ A class of inequalities ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการสั่งซื้อ/ผลิตแบบประหยัดที่มีสินค้าคงคลังชนิดเดียวโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน (Capacitated lot-sizing problem-CLSP) มาแก้ปัญหาการสั่งซื้อ/ผลิตแบบประหยัดที่มีสินค้าคงคลังหลายชนิดโดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุดกับโปรแกรมสำเร็จรูป (Commercial mixed integer code) พบว่าประโยชน์ของวิธีการนำเสนอ คือ สามารถสร้างได้ง่าย และมีความเหมาะสมกับปัญหา CLSP เนื่องจากรูปแบบลักษณะของปัญหา Integer programming จะมีหลายรูปแบบ ดังนั้นในงานวิจัยของ Leung ,et al. [16] จึงได้ทำการศึกษารูปแบบของ Integer programming สำหรับปัญหา CLSP ในหลายๆลักษณะ เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปพัฒนาประสิทธิภาพในการหาคำตอบของปัญหา CMLSP โดยวิธีการที่นำมาใช้ในการหาคำตอบของปัญหา CMLSP ที่สร้างขึ้นมา คือ วิธี Cutting plane algorithm และเปรียบเทียบผลกับคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป (LINDO) ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถลดเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของคำตอบจากคำตอบที่ดีที่สุดได้เมื่อจำนวนชนิดของสินค้าเพิ่มขึ้น

2.3 บทสรุป

ปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน(Capacitated multi-item lot-sizing problem-CMLSP) เป็นปัญหาหนึ่งของปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัด ซึ่งจะพิจารณาสินค้าที่มีมากกว่า 1 ชนิด โดยมีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพ เช่น งบประมาณ กำลังการผลิต ร่วมกัน ซึ่งปัญหาในลักษณะนี้จะต้องการการจัดตารางการสั่งซื้อ/สั่งผลิตที่เหมาะสมของสินค้า N ชนิด ในจำนวนช่วงเวลาเท่ากับ T เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของสินค้าที่เกิดขึ้นโดยไม่ทำให้สินค้าเกิดการขาดมือ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ต้นทุนทางด้านการผลิตต่ำที่สุด ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าวิธีการแก้ปัญหาการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าคงคลังหลายชนิดที่มีข้อจำกัดเชิงสมรรถภาพร่วมกัน จะมีทั้งวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด และวิธีการหาคำตอบที่ดีโดยประมาณ ซึ่งข้อจำกัดของวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดคือจะใช้เวลาในการหา

คำตอบนาน ดังนั้นงานวิจัยในปัจจุบันจึงเป็นการคิดค้นและปรับปรุงวิธีการในหาคำตอบที่ดีโดยประมาณเพื่อให้ได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด และใช้เวลาในการคำนวณน้อย