การหาปริมาณการสั่งซื้อที่มีความต้องการผันแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง กรณีสินค้า 1 ชนิด

Economic Order Quantity with Discrete Random Time Varying Demands for single item

วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ รศ.ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน กรุงเทพ ฯ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน กรุงเทพ ฯ

บทคัดย่อ

จากการศึกษาระบบสินค้าคงคลังในลักษณะที่มีความต้องการสินค้าผันแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่องนั้น โดยความต้องการในแต่ละช่วงเวลามีโอกาสเกิดได้หลายค่าที่ไม่ต่อเนื่อง(Variable Discrete Random Demand) โดยมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นต่างกัน การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมอาจทำได้ค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากความต้องการสินค้านั้นมีหลายทางเลือกซึ่งทำให้ระยะเวลาในการประมวลผลเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมนั้นค่อนข้างนาน

โดยงานวิจัยฉบับนี้เป็นการรวบรวมวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งประกอบด้วย 1. กำหนดการเชิงพลวัต (Dynamic Programming: DP) โดยเป็นการประยุกต์หลักการของ Wagner-Whitin โดยประยุกต์เป็นกรณีที่สินค้ามีความต้องการแบบสุ่มไม่ต่อเนื่อง 2.แบบจำลองเชิงเส้นเชิงสโตแคสติก (Stochastic Integer linear Programming: SILP) 3.การหาค่าที่เหมาะสมเชิงฮิวลีสติก (Optimal solution Based Heuristic procedures Approach:HA) 4. การแบ่งส่วนของเบนเดอร์ (Bender Decomposition: BD) 5. การประยุกต์กระบวนการตัดสินใจมาร์คอฟ (Markov Decision Process: MDP) ซึ่งจากการทดสอบพบว่าวิธีการที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุดคือกระบวนการตัดสินใจมาร์คอฟ (MDP)

คำหลัก ความต้องการผันแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง,กำหนดการเชิงพลวัต,โปรแกรมเชิงเส้นเชิงสโตแคสติก,การแบ่งส่วนของเบนเดอร์,กระบวนการตัดสินใจมาร์คอฟ

Abstract

We describe a formulating of the dynamic lot-sizing single product problem when demand is discrete random and time variant. Assuming that the probability of each demand alternative is known for each period. This problem is difficult to solve if the problem size grows because of various alternative demand.

This paper is summary of five methods based on optimization are proposed. The first method is an applied dynamic programming (DP) procedure based on the extended Wagner-Whitin algorithm with further considerations on additional states due to random events. The second and fourth method are based on stochastic linear integer programming (SLIP) Model and Bender decomposition algorithm and solving by state of the art ILP package. Third method is based on Dynamic programming heuristic procedure approach (HA) Finally, the Fifth Method is based Markov Decision Process (MDP) and solving by state of art LP package. Comparative studies among Five methods indicate that MDP approach is most efficient

บทนำ

แนวคิดเกี่ยวกับการหาปริมาณการสั่งสินค้าที่เหมาะสมเริ่มจาก การหาปริมาณการสั่งที่ประหยัดสุด (EOQ) โดย Harris [1913] โดยแบบจำลอง EOQ นั้น มีสมมติฐานว่า ระยะเวลาเป็นอนันต์($T=+\infty$)ความต้องการสินค้าเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous demand) แต่คงที่ด้วยอัตรา r และไม่มีข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต ไม่มีอนุญาตให้สินค้าขาดมือ และไม่มีช่วงเวลานำ ซึ่งจากเงื่อนไขที่กล่าวมา สามารถหาปริมาณการสั่ง (EOQ)ได้เท่ากับ $\sqrt{\frac{2c_3 r}{c_1}}$

โดย c_3 แทน ต้นทุนการสั่งต่อครั้ง c_1 แทนต้นทุนการเก็บสินค้าต่อหน่วยต่อช่วงเวลา ซึ่งต่อมาได้มีการประยุกต์โดยใช้แนวคิดด้าน EOQ เป็นพื้นฐานในการหาปริมาณการสั่งสินค้าที่เหมาะสม ในเงื่อนไขต่างๆ ซึ่ง Hax และ Candea [1984] ได้เก็บรวบรวมไว้ ซึ่งแบบจำลองต่างๆได้ครอบคลุม สมมติฐาน ต่างๆเช่น ยอมให้มีสินค้าขาดมือ , ต้นทุนเสียโอกาส, มีส่วนลดในราคาสินค้า เป็นต้น

ถ้าความต้องการสินค้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาแต่มีความแน่นอนในแต่ละช่วงเวลา นั้น Wagner and Whitin [WW] [1958] ได้เสนอกำหนดการเชิงพลวัตในการแก้ปัญหา โดยสมมติฐานของแบบจำลอง คือ ความต้องการสินค้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ไม่มีข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต ไม่มีอนุญาตให้สินค้าขาดมือ

RECEIVED 4 May, 2005

ACCEPTED 29 July, 2005

ซึ่งต่อมา Veinott [1963] ได้แสดงให้เห็นว่า ถ้าความต้องการสินค้าและต้นทุนเกี่ยวกับระบบสินค้าคงคลัง เป็น Concave Function ปัญหานั้นสามารถแก้ไขได้ $O(T^2)$ ด้วยวิธีการกำหนดการเชิงพลวัต Zangwill [1966,1969] ,Gupta and Brennan [1992] ประยุกต์ แบบจำลอง WW ในเงื่อนไขที่ยอมให้มีสินค้าขาดมือ Martel and Gascon [1998] ประยุกต์ แบบจำลอง WW ในกรณีที่คิดต้นทุนการเก็บสินค้าเป็นเปอร์เซนต์ของต้นทุนสินค้า เป็นต้น และต่อมาได้ประยุกต์โดยใช้แบบจำลอง WW ไปใช้งานในเงื่อนไขต่างๆ มากมาย อาทิเช่น Ghare and Schrader [1963], Shah [1977],Tadikamalla [1978],Nahmias and Wang [1979] และเนื่องจากวิธีการกำหนดการเชิงพลวัตนั้นอาจมีความยุ่งยากในการคำนวณ ถ้าช่วงเวลามีจำนวนเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีการศึกษาหาวิธีการเชิงฮิวลิสติก เพื่อหาคำตอบในระยะเวลาอันสั้นโดยวิธีการเชิงฮิวลิสติกที่สำคัญ อาทิ De Matteis and Mendoze [1968] วิธี Part period Balancing ,Gorham [1968] วิธี Least Unit Cost ,Berry [1972] วิธี EOQ Based Period Order Quantity, Silver and Meal [1973] วิธี Silver and Meal เป็นต้น

ถ้าความต้องการสินค้าเปลี่ยนแปลงตามเวลาและมีความไม่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลา แต่สามารถทราบค่าได้นั้น Hadley and Whitin [1963] ได้เสนอกำหนดการเชิงพลวัตในการแก้ปัญหา โดยสมมติฐานของแบบจำลอง ความต้องการสินค้าเปลี่ยนแปลงตามเวลาและมีความไม่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลา แต่สามารถทราบค่าไม่มีข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต ไม่อนุญาตให้สินค้าขาดมือ

WINSTON [1993] ได้ยกกรณีปัญหาสินค้าคงคลังที่มีความต้องการไม่แน่นอน(แบบสุ่ม) และไม่สามารถกำหนดรูปแบบของความน่าจะเป็นได้ และใช้การประยุกต์จากกำหนดการเชิงพลวัต (Dynamic Programming) เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

วิชัย รุ่งเรืองอนันต์,พิชิต สุขเจริญพงษ์,พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล[2547][2,3] ได้ทำการศึกษาการหาปริมาณการสั่งซื้อที่มีความต้องการผันแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้วิธีการต่างๆคือ DP,SILP,HA,MDP ซึ่งงานวิจัยฉบับนี้เป็นการรวบรวมวิธีการต่างๆที่กล่าวมาพร้อมกับทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและประสิทธิผลในแต่ละวิธี

1. รูปแบบทั่วไปของปัญหาและข้อกำหนด

1.1 <u>รูปแบบทั่วไปของปัญหา</u>

ลักษณะความต้องการของสินค้าในแต่ละช่วงเวลา มีโอกาสเกิดได้หลายค่า (Variable Discrete Random Demand) โดยในแต่ละค่ามีความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นต่างกัน

1.2 <u>ข้อกำหนดปัญหา</u>

1.2.1 การจัดหาสินค้าจะกระทำเฉพาะจุดเริ่มต้นของช่วงเวลาเท่านั้นและจะได้รับปริมาณสินค้าทั้งหมดทันทีที่จัดหาทันที

1.2.2 ณ.จุดเริ่มต้นของช่วงเวลาที่ 1 ไม่มีสินค้าอยู่ใน Stock และเมื่อสิ้นสุดการดำเนินงาน สินค้าคงคลังอาจจะหมดหรือไม่ก็ได้

1.2.3 อุปสงค์ในช่วงเวลาหนึ่งๆ จะเกิดขึ้นทั้งหมด ณ จุดเริ่มต้นของช่วงเวลาและอาจมีจำนวนแตกต่างกันได้

1.2.4 อาจยอมให้มีเกิดสินค้าขาดมือได้ และมีการสั่งซื้อย้อนหลังและต้องมีการกำจัดการร้างสินค้าก่อนมีการสะสมสินค้าคงคลังใหม่

1.2.5 ในช่วงเวลาหนึ่งต้องมีสินค้าเพียงพอกับปริมาณความต้องการที่ต่ำสุด

1.3 <u>จุดมุ่งหมาย</u>

หาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดต้นทุนต่ำสุด

2 วิธีการแก้ปัญหา

2.1 **กำหนดการเชิงพลวัต (Dynamic Programming;DP)**

2.1.1 <u>สัญลักษณ์</u>

$D_{n,k}$ แทน เซตปริมาณความต้องการสินค้า ในช่วงเวลาที่ n ทางเลือกที่ k

$S_{k(n)}$ แทน เซตของนโยบายระดับสินค้าคงคลังที่เป็นไปได้ในช่วงเวลาที่ n ทางเลือกที่ k

$s_{k(n)}$ แทน สมาชิกของเซตของนโยบายระดับสินค้าคงคลังที่เป็นไปได้ ในช่วงเวลาที่ n ทางเลือกที่ k

I_n แทน เซตของสถานะจำนวนสินค้าคงเหลือในตอนต้นช่วงเวลาที่ n

i_n แทน สมาชิกของเซตของสถานะจำนวนสินค้าคงเหลือในตอนต้น ช่วงเวลาที่ n

Q_n แทน เซตปริมาณการสั่งซื้อ ภายใต้ทางเลือกต่างๆ ภายใต้เซตของ $S_{k(n)}$

q_n แทน สมาชิกของเซตปริมาณการสั่งซื้อ ภายใต้ทางเลือกต่างๆ ภายใต้เซตของ $S_{k(n)}$

X_n แทน เซตปริมาณสินค้าคงคลังเก็บ ภายใต้ทางเลือกต่างๆ $S_{k(n)}$ ณ สิ้นช่วงเวลาที่ n

x_n แทน สมาชิกของเซตปริมาณสินค้าคงคลังเก็บ ภายใต้ทางเลือกต่างๆ $S_{k(n)}$ ณ สิ้นช่วงเวลาที่ n

$C_{1S_{k(n)}}$ แทน ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา สินค้าในปริมาณ X_n ภายใต้เซตของทางเลือก $S_{k(n)}$

$C_{2S_{k(n)}}$ แทน ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ สินค้าย้อนหลังในปริมาณ X_n ภายใต้เซตของ $S_{k(n)}$

$C_{3S_{k(n)}}$ แทน ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ สินค้าในปริมาณ Q_n ภายใต้เซตของ $S_{k(n)}$

$C_{S_{k(n)}}$ แทน ต้นทุนรวมที่เกิดจากการใช้ทางเลือกต่างๆภายใต้เซตของ $S_{k(n)}$

$R_n(I_n)$ แทน ต้นทุนความคาดหวังที่ต่ำสุดที่จะเกิดขึ้นในสถานะ I_n ภายใต้ทางเลือก $S_{k(n)}$

$R_{n-1}(I_{n-1})$ แทน ต้นทุนความคาดหวังที่ต่ำสุดที่จะเกิดขึ้นในสถานะ I_{n-1} ภายใต้ทางเลือก $S_{k(n-1)}$

O_n แทน ต้นทุนการสั่งซื้อต่อครั้งที่ช่วงเวลาที่ n

c_n แทน ราคาสินค้าต่อหน่วยที่ช่วงเวลาที่ n

c_{1n} แทน ต้นทุนการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อเวลาช่วงเวลาที่ n

c_{2n} แทน ต้นทุนการสั่งซื้อ สินค้าย้อนหลังต่อหน่วยต่อเวลาช่วงเวลาที่ n

$P_{n,k}$ แทน ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความต้องการสินค้าในช่วงเวลาที่ n ทางเลือกที่ k

2.1.2 <u>ขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยใช้ กำหนดการเชิงพลวัต</u>

2.1.2.a การวิเคราะห์จะเริ่มจากช่วงเวลาสุดท้ายย้อนกลับถึงช่วงเวลาตอนต้น ดังนั้นจากตารางข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจึงเริ่มวิเคราะห์จาก ช่วงเวลาที่ n ย้อนกลับ ถึงช่วงเวลาที่ 1

2.1.2.b ในแต่ละช่วงเวลาให้สร้างเซต ทางเลือกของนโยบายระดับสินค้าคงคลังที่เป็นไปได้ ในช่วงเวลาที่ n โดยพิจารณาถึงความต้องการทั้งในช่วงเวลานั้น จนถึงช่วงเวลาถัดไป โดยสร้างทางเลือกให้ครบทุกช่วงเวลา ซึงสามารถเขียนเป็นรูปทั่วไปดังนี้

$$S_{k(n)} = D_{n,k}, \sum_{t=n}^{n+1} D_{t,k_t}, \sum_{t=n}^{n+2} D_{t,k_t}, \ldots, \sum_{t=n}^{N} D_{t,k_t} \quad k_t, k=1,2,\ldots, K_t \qquad (1)$$

2.1.2.C หาค่าสูงสุดของสมาชิกในเซตทางเลือกของนโยบายระดับสินค้าคงคลังที่เป็นไปได้ในช่วงเวลาที่ 1 $s_{k(1)}^{max}$ เมื่อ $s_{k(1)}^{max} \in S_{k(1)}$ ในแต่ละช่วงเวลากำหนด เซตสถานะจำนวนสินค้าคงเหลือในตอนต้น (I_n)โดยให้สถานะจำนวนสินค้าคงเหลือเริ่มจาก0โดยจำนวนสินค้าคงเหลือ เพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วย จนถึงค่า $s_{k(1)}^{max}$

$$I_n = \left\{-s_{k(1)}^{max}, \ldots, -2, -1, 0, 1, 2, \ldots, s_{k(1)}^{max}\right\} \qquad (2)$$

2.1.2.d ในแต่ละสถานะจำนวนสินค้าคงเหลือในตอนต้น (I_n)คำนวณหาค่าต่างๆดังนี้

Q_n แทน เซตปริมาณการสั่งซื้อภายใต้ทางเลือกต่างๆ $S_{k(n)}$

$$q_n = \begin{cases} s_{k(n)} - i_n \ldots\ldots\text{เมื่อ} i_n <= s_{k(n)} \\ 0 \ldots\ldots\text{เมื่อ} i_n >= s_{k(n)} \end{cases} \qquad (3)$$

เมื่อ $q_n \in Q_n, s_{k(n)} \in S_{k(n)}, i_n \in I_n$

X_n แทน ปริมาณสินค้าคงคลังที่จัดเก็บ ภายใต้ทางเลือกต่างๆ $S_{k(n)}$ ณ.สิ้นคาบเวลาที่ n

$$x_n = \begin{cases} q_n + i_n - D_{n,k} \ldots\ldots\text{เมื่อ} i_{(n)} <= s_{k(n)} \\ i_n - D_{n,k} \ldots\ldots\text{เมื่อ} i_{(n)} >= s_{k(n)} \end{cases} \qquad (4)$$

เมื่อ $x_n \in X_n, q_n \in Q_n, i_n \in I_n$

2.1.2.e คำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการใช้ทางเลือกต่างๆใน $S_{k(n)}$

$$C_{1S_{k(n)}} = 0 \qquad x_n <= 0$$
$$= c_{1n}x_n \qquad x_n > 0 \qquad (5)$$
$$C_{2S_{k(n)}} = 0 \qquad x_n >= 0$$
$$= -c_{2n}x_n \qquad x_n < 0 \qquad (6)$$
$$C_{3S_{k(n)}} = O_n + c_n q_n \qquad q_n > 0$$
$$= 0 \qquad q_n <= 0 \qquad (7)$$
$$C_{S_{k(n)}} = C_{1S_{k(n)}} + C_{2S_{k(n)}} + C_{3S_{k(n)}} \qquad (8)$$

เมื่อ $x_n \in X_n, q_n \in Q_n$

2.1.2.f หาค่า $R_n(I_n) =$

$$\text{Min}\left(\sum P_{n,k}\left(C_{S_{k(n)}} + R_{n-1}(I_{n-1})\right)\right) \qquad (9)$$

2.1.2.g หาค่า ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด (q_n^*) ที่ทำให้ $R_n(I_n)$ มีค่าต่ำสุด เมื่อ $q_n^* \in Q_n$

2.2 **วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นเชิงสโตแคสติก**

(Stochastic integer linear programming; SILP)

2.2.1 <u>สัญลักษณ์</u>

<u>พารามิเตอร์ (Parameter)</u>

$D_{n,k_2(n)}$ แทน ปริมาณความต้องการสินค้าภายใต้ทางเลือก $k_2(n)$ ในช่วงเวลาที่ n

$P_{n,k_2(n)}$ แทน ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ $D_{n,k_2(n)}$ ภายใต้ ทางเลือก k(n) ในช่วงเวลาที่ n

O_n แทน ต้นทุนการสั่งซื้อต่อครั้งที่ช่วงเวลาที่ n

c_n แทน ราคาสินค้าต่อหน่วยที่ช่วงเวลาที่ n

c_{1n} แทน ต้นทุนการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อเวลาช่วงเวลาที่ n

c_{2n} แทน ต้นทุนการสั่งซื้อ สินค้าย้อนหลังต่อหน่วยต่อเวลาช่วงเวลาที่ n

M แทน ตัวเลขขนาดใหญ่ที่เหมาะสม

k แทน จำนวนทางเลือกของปริมาณความต้องการสินค้าในแต่ละช่วงเวลา

$K_1(n)$ แทน จำนวนทางเลือกทั้งหมดของปริมาณการสั่งซื้อในช่วงเวลาที่ n ซึ่งเท่ากับ k^{n-1}

$K_2(n)$ แทน จำนวนทางเลือกทั้งหมดของปริมาณสินค้าคงเหลือที่เก็บ หรือ ที่ขาดในช่วงเวลาที่ n ซึ่งเท่ากับ k^n

N แทน ช่วงเวลาทั้งหมด

<u>ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)</u>

$q_{n,k_1(n)}$ แทน ปริมาณการสั่งซื้อ ภายใต้ ทางเลือก $k_1(n)$ ในช่วงเวลาที่ n

$I^+_{n,k_2(n)}$ แทน ปริมาณสินค้าคงเหลือที่เก็บในตอนต้น ภายใต้ทางเลือก $k_2(n)$ ในช่วงเวลาที่ n

$I^-_{n,k_2(n)}$ แทน ปริมาณสินค้าคงเหลือที่ขาดในตอนต้น ภายใต้ทางเลือก $k_2(n)$ ในช่วงเวลาที่ n

$Z_{n,k_1(n)}$ แทน 1 ถ้ามีการสั่งซื้อพัสดุ แทน 0 ถ้าไม่มีการสั่งซื้อพัสดุ ภายใต้ ทางเลือก $k_1(n)$ ในช่วงเวลาที่ n

2.2.2 แบบจำลองเชิงเส้นเชิงสโตแคสติก

<u>สมการเป้าหมาย</u>

$$\text{Min} \sum_{n=1}^{N}\sum_{k_2(n)=1}^{K_2(n)}\sum_{k_1(n)=1}^{K_1(n)} P_{n,k_2(n)}(O_n Z_{n,k_1(n)} + c_n q_{n,k_1(n)})$$

$$+\sum_{n=1}^{N}\sum_{k_2(n)=1}^{K_2(n)} P_{n,k_2(n)}(c_{1n} I^+_{n,k_2(n)} + c_{2n} I^-_{n,k_2(n)}) \quad (10)$$

<u>สมการข้อจำกัด</u>

$$I^+_{n-1,k_2(n-1)} - I^-_{n-1,k_2(n-1)} + q_{n,k_1(n)} - I^+_{n,k_2(n)} + I^-_{n,k_2(n)} = D_{n,k_2(n)} \quad \forall n, \forall k_1(n)\ \forall k_2(n) \quad (11)$$

$$q_{n,k_1(n)} <= M Z_{n,k_1(n)} \quad \forall n, \forall k_1(n) \quad (12)$$

$$q_{n,k_1(n)} + I^+_{n-1,k_2(n-1)} - I^-_{n-1,k_2(n-1)} \ge D^{min}_{n,k_1(n)} \quad \forall n, \forall k_1(n)\ \forall k_2(n) \quad (13)$$

$$I^+_{0,k_2(0)} = 0 \quad (14)$$

$$I^-_{0,k_2(0)} = 0 \quad (15)$$

$$Z_{n,k_1(n)} = \{0,1\} \quad \forall n, \forall k_1(n) \quad (16)$$

2.3 การหาค่าเหมาะที่สุดเชิงฮิวลีสติก

(Optimal solution Based Heuristic procedures Approach:HA)

2.3.1 <u>ขั้นตอนการหาค่าเหมาะที่สุดเชิงฮิวลีสติก</u>

2.3.1.a หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วงเวลาจากการแก้ปัญหาเชิงเส้นจากแบบจำลองเชิงเส้นเชิงสโตแคสติก ตามสมการ ที่ 10 ถึง สมการที่ 16 โดยหา $q_1^*, q_2^*, q_3^*, \dots, q_{n-1}^*, q_n^*$ ได้

2.3.1.b การวิเคราะห์จะเริ่มจากช่วงเวลาสุดท้าย(ช่วงเวลาที่ n) ย้อนกลับถึงช่วงเวลาตอนต้น(ช่วงเวลาที่1)

2.3.1.c ในแต่ละช่วงเวลาให้สร้างทางเลือกนโยบายระดับสินค้าคงคลังที่เป็นไปได้ ในช่วงเวลาที่ n โดยพิจารณาถึงความต้องการทั้งในช่วงเวลานั้น จนถึงช่วงเวลาถัดไป โดยสร้างทางเลือกให้ครบทุกช่วงเวลาโดย

$$S_{k(n)} = \{q_n^*\} \quad (17)$$

$$S_{k(n-1)} = \{q_{n-1}^*, q_{n-1}^* + q_n^*\} \quad (18)$$

$$S_{k(2)} = \{q_2^*, q_2^* + q_3^*, q_2^* + q_3^* + q_4^*, q_2^* + q_3^* + q_4^* + \dots + q_{n-1}^*, q_2^* + q_3^* + q_4^* + \dots + q_{n-1}^* + q_n^*\} \quad (19)$$

$$S_{k(1)} = \{q_1^*, q_1^* + q_2^*, q_1^* + q_2^* + q_3^*, q_1^* + q_2^* + q_3^* + \dots + q_{n-1}^*, q_1^* + q_2^* + q_2^* + \dots + q_{n-1}^* + q_n^*\} \quad (20)$$

2.3.1.d หาผลรวมของความต้องการสูงสุดในแต่ละช่วงเวลา $\sum_{n=1}^{N} D^{max}_{n,k}$

2.3.1.e ในแต่ละช่วงเวลากำหนดเซตสถานะจำนวนสินค้าคงเหลือในตอนต้น(I_n)โดยให้สถานะจำนวนสินค้าคงเหลือเริ่มจาก 0 โดยจำนวนสินค้าคงเหลือ เพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วย จนถึงค่า $\sum_{n=1}^{N} D^{max}_{n,k}$ $I_n =$

$$\left\{-\sum_{n=1}^{N} D^{max}_{n,k}, \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, \sum_{n=1}^{N} D^{max}_{n,k}\right\} \quad (21)$$

2.3.1.f ทำตามขั้นตอน 2.1.2.d-2.1.2.g

2.4 การแบ่งส่วนของเบนเดอร์

(Benders Decomposition ;BD)

2.4.1 <u>ขั้นตอนการแบ่งส่วนของเบนเดอร์</u>

2.4.1.a จัดแบบจำลองเชิงเส้นใหม่โดยแบ่งแบบจำลองเชิงเส้นออกเป็น 2 ส่วน

<u>ส่วนที่ 1 Master Problem</u> ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$\text{Min } z_M = \sum_{n=1}^{N}\sum_{k_2(n)}^{K_2(n)}\sum_{k_1(n)=1}^{K_1(n)} P_{n,k_2(n)}(O_n Z_{n,k_1(n)}) \quad (22)$$

$$\text{S/T } q_{n,k_1(n)} <= M Z_{n,k_1(n)} \quad \forall n, \forall k_1(n) \quad (23)$$

$$Z_{n,k_1(n)} = \{0,1\} \quad \forall n, \forall k_1(n) \quad (24)$$

<u>ส่วนที่2 เป็น Sub problem</u> ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$\text{Min } z_{Sub} = \sum_{n=1}^{N}\sum_{k_2(n)=1}^{K_2(n)}\sum_{k_1(n)=1}^{K_1(n)} P_{n,k_2(n)}(c_n q_{n,k_1(n)})$$

$$+\sum_{n=1}^{N}\sum_{k_2(n)=1}^{K_2(n)} P_{n,k_2(n)}(c_{1n}I^{+}_{n,k_2(n)}+c_{2n}I^{-}_{n,k_2(n)}) \quad (25)$$

ST

$$I^{+}_{n-1,k_2(n-1)}-I^{-}_{n-1,k_2(n-1)}+q_{n,k_1(n)}-I^{+}_{n,k_2(n)}+I^{-}_{n,k_2(n)}$$

$$=D_{n,k_2(n)} \qquad \forall n,\forall k_1(n)\ \forall k_2(n) \quad (26)$$

$$q_{n,k_1(n)}+I^{+}_{n-1,k_2(n-1)}-I^{-}_{n-1,k_2(n-1)}\geq D^{\min}_{n,k_1(n)}$$

$$\forall n,\forall k_1(n)\ \forall k_2(n) \quad (27)$$

$$q_{n,k_1(n)} <= M z_{n,k_1(n)} \qquad \forall n,\forall k_1(n) \quad (28)$$

$$I^{+}_{0,k_2(0)}=0,\ I^{-}_{0,k_2(0)}=0 \quad (29)$$

2.4.1.b ปรับแต่ง Master Problem ตามสมการ 22 ใหม่ให้มีรูปแบบดังนี้

Min z_M =

$$\sum_{n=1}^{N}\sum_{k_2(n)=1}^{K_2(n)}\sum_{k_1(n)=1}^{K_1(n)} P_{n,k_2(n)}(O_n Z_{n,k_1(n)}+\theta) \quad (30)$$

S/T $\quad q_{n,k_1(n)} <= M z_{n,k_1(n)} \quad \forall n,\forall k_1(n) \quad (31)$

$$z_{n,k_1(n)}=\{0,1\} \qquad \forall n,\forall k_1(n) \quad (32)$$

$$-G^{l}z_n+\alpha^{l}\theta \geq g^{l},\ l=1,2,3.....L \quad (33)$$

โดยถ้า $\alpha^{l}=0$ สำหรับค่า feasibility Cut

ถ้า $\alpha^{l}=1$ สำหรับค่า Optimality Cut

$$g^{l}=\sum_{\omega}\pi^{\omega^*}(\bar{z}^{l}_{n,k_1(n)})d^{\omega} \quad (34)$$

$$G^{l}=\sum_{\omega}\pi^{\omega^*}(\bar{z}^{l}_{n,k_1(n)})B^{\omega} \quad (35)$$

เมื่อ π^{ω^*} แทน คำตอบของตัวแปรคู่ควบ ของสมการข้อจำกัดลำดับที่ ω ของสมการ Sub Problem

d^{ω} แทน ค่าคงที่ทางขวามือ (Right hand side) ของสมการข้อจำกัดลำดับที่ ω ของสมการ Sub Problem

B^{ω} แทน สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร $z_{n,k_1(n)}$ ของสมการข้อจำกัดลำดับที่ ω ของสมการ Sub Problem

และ $\omega \in \Omega \quad \Omega=(1,2,3,..,N)$

Ω แทน จำนวนข้อจำกัดตามสมการข้อจำกัดที่ 26-29

2.4.1.c หลังจาก จัดรูปแบบจำลองเชิงเส้นเป็น Master Problem ตามสมการ ที่30-35แล้ว ในการคำนวณรอบแรก $\theta=0$ ให้คำนวณหาค่า $\bar{z}^{l}_{n,k_1(n)}$ โดยรอบแรก $l=0$ ที่ Optimal จาก Master Problem แล้วให้นำค่า $\bar{z}^{l}_{n,k_1(n)}$ ที่ได้ไปแทนค่าใน Sub problem ตามสมการ เพื่อคำนวณหาค่า π^{ω^*} ในแต่ละรอบ

2.4.1.d ในการคำนวณ ในแต่ละรอบ หลังจากเพิ่ม Cut เข้าไปใน Master Problem แล้ว จะคำนวณหาค่า $Z^{l}_{n,k_1(n)}$ จาก Master Problem ได้หลังจากนั้น.ให้(25) คำนวณหาค่า

LB^{l} =

$$\sum_{n=1}^{N}\sum_{k_2(n)=1}^{K_2(n)}\sum_{k_1(n)=1}^{K_1(n)} P_{n,k_2(n)}(O_n Z_{n,k_1(n)}+\theta) \quad (36)$$

$UB^{l'}$ =

$$\sum_{n=1}^{N}\sum_{k_2(n)=1}^{K_2(n)}\sum_{k_1(n)=1}^{K_1(n)} P_{n,k_2(n)}(O_n \bar{Z}^{l}_{n,k_1(n)}+c_n q^{l}_{n,k_1(n)})$$

$$+\sum_{n=1}^{N}\sum_{k(n)=1}^{K_2(n)} P_{n,k_2(n)}(c_{1n}I^{+1}_{n,k_2(n)}+c_{2n}I^{-1}_{n,k_2(n)}) \quad (37)$$

$$UB^{l}=\min\left\{UB^{l-1},UB^{l'}\right\} \quad (38)$$

โดย $UB^{0}=\infty \quad (39)$

2.4.1.e คำนวณค่า TOL

$$\frac{\left(UB^{l}-LB^{l}\right)}{LB^{l}}\leq TOL \quad (40)$$

2.4.1.f จะหยุดการคำนวณเมื่อค่าที่คำนวณได้จากข้อ 2.4.1.e ใกล้เคียงกับ TOL ที่ยอมรับได้ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ จะหยุดเมื่อค่า $UB^{l}\approx LB^{l}$ และค่าที่คำนวณได้จาก Master problem ในรอบที่ $UB^{l}\approx LB^{l}$ คือคำตอบสุดท้าย

<u>หมายเหตุ</u> เนื่องจากถ้าคำนวณด้วยขั้นตอนที่กล่าวมาจะทำให้การลู่เข้า เป็นไปได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นเฉพาะรอบที่ 1 ให้ ประมวลผลด้วย Full Model ตามสมการที่ 10-16 แต่ไม่กำหนดตัวแปร $z_{n,k_1(n)}=\{0,1\}\ \forall n,\forall k_1(n)$ (ไม่คำนวณเป็น Integer) จากนั้นคำนวณ หา

$$g^{l}=\sum_{\omega}\pi^{\omega^*}(\bar{z}^{l}_{n,k_1(n)})d^{\omega}$$

$$G^{l}=\sum_{\omega}\pi^{\omega^*}(\bar{z}^{l}_{n,k_1(n)})B^{\omega}$$

π^{ω^*} แทน คำตอบของตัวแปรคู่ควบ ของสมการข้อจำกัดลำดับที่ ω ของสมการ ที่ 11-16

d^{ω} แทน ค่าคงที่ทางขวามือ (Right hand side) ของสมการข้อจำกัดลำดับที่ ω ของสมการ ที่ 11-16

B^{ω} แทน สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร $z_{n,k(n)}$ ของสมการข้อจำกัดลำดับที่ ω ของสมการ ที่ 11-16

และ $\omega \in \Omega \quad \Omega=(1,2,3,..,N)$

Ω แทน จำนวนข้อจำกัดตามสมการข้อจำกัดที่ 11-16

2.5 กระบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ (Markov Decision Process;MDP)

กระบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ (Markov Decision Process) คือกระบวนการแก้ปัญหากำหนดการเชิงพลวัตแบบมีความน่าจะเป็น (Stochastic dynamic programming problem)

2.5.1 สัญลักษณ์

$x(i,s,n)$ แทน Steady state probability สำหรับปริมาณสินค้าคงคลังต้นงวด (i) ณ ช่วงเวลา n และมีการตัดสินใจภายใต้นโยบายเพื่อให้ถึงระดับสินค้าคงคลัง s

$p(i,j,s,n)$ แทน Transition probability สำหรับปริมาณสินค้าคงคลังต้นงวด (i) ณ ช่วงเวลา n ไปเป็นปริมาณสินค้าคงคลัง ต้นงวด (j) ณ เวลา n+1 ภายใต้นโยบายเพื่อให้ถึงระดับสินค้าคงคลัง s

$$p(i,j,s,n)\begin{cases} = p_{n,k} \text{ เมื่อ } i \le s \text{ โดยที่ } s \in S_n \text{ และ } j = (s - D_{n,k}) \\ \text{และ } p_{n,k} \text{ เป็นความน่าจะเป็นที่จะเกิด } D_{n,k} \\ = p_{n,k} \text{ เมื่อ } i > s \text{ โดยที่ } s \in S_n \text{ และ } j = (i - D_{n,k}) \\ \text{และ } p_{n,k} \text{ เป็นความน่าจะเป็นที่จะเกิด } D_{n,k} \end{cases} \quad (41)$$

$d(i,s,n)$ แทน ค่าคาดหมายของต้นทุนสำหรับการตัดสินใจภายใต้นโยบายเพื่อให้ถึงระดับสินค้าคงคลัง s ที่ปริมาณสินค้าคงคลังต้นงวด (i) ณ เวลา n

$d(i,s,n) =$

$$\begin{cases} p_{n,k}(O_n + c_n(s-i) + c_{1n}(s - D_{n,k}))\ldots \text{ถ้า } s >= D_{n,k} \\ p_{n,k}(O_n + c_n(s-i) + c_{2n}(D_{n,k} - s))\ldots\ldots \text{ถ้า } s < D_{n,k} \end{cases}$$

เมื่อ $i \le s$ โดยที่ $s \in S_n$ และ $p_{n,k}$ เป็นความน่าจะเป็นที่จะเกิด $D_{n,k}$

$$= \begin{cases} p_{n,k}(c_{1n}(i - D_{n,k}))\ldots \text{ถ้า } i >= D_{n,k} \\ p_{n,k}(c_{2n}(D_{n,k} - i))\ldots\ldots \text{ถ้า } i < D_{n,k} \end{cases}$$

เมื่อ $i > s$ โดยที่ $s \in S_n$ และ $p_{n,k}$ เป็นความน่าจะเป็นที่จะเกิด $D_{n,k}$ (42)

2.5.2 แบบจำลองเชิงเส้น สำหรับกระบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ

สมการเป้าหมาย

$$\text{Min} = \sum_{n=1}^{N} \sum_{s \in S_n} \sum_{i \in I_n} x(i,s,n)d(i,s,n) \quad (43)$$

สมการข้อจำกัด

$$\sum_{j \in J_{n+1}, S \ge j} x(j,s,n+1) = \sum_{i \in I_n} \sum_{s \in S_n} x(i,s,n)p(i,j,s,n)$$

$$n = 1,2,3,..N-1,\ j \in J_{n+1} \quad (44)$$

$$\sum_{i \in I_n} \sum_{s \in S_n} x(i,s,n) = 1 \quad n = 1,2,3,\ldots.N \quad (45)$$

$$x(i,s,n) \ge 0 \quad n = 1,2,3,\ldots,N,\ i \in I_n\ s \in S_n,\ s \ge i$$

3 การประยุกต์ใช้งาน

3.1 วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) Pentium 4 Speed 2.4 GHz Ram 256 MB HD 40 GB จำนวน 2 เครื่อง
2. โปรแกรมภาษา C^{++}
3. โปรแกรม Lingo Version 6
4. โปรแกรม Visual basic
5. เครื่องพิมพ์ รุ่น EPL-6100L 1 เครื่อง

3.2 การทดสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพ

3.2.1 การทดสอบความถูกต้อง

วัดจากเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%Error)

โดย $$\% \text{ Error} = \frac{\text{Upper} - \text{lower}}{\text{upper}} \quad (46)$$

% Error แทน เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

Upper แทน ค่าขอบเขตบน

Lower แทน ค่าขอบเขตล่าง

เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง เท่ากับ 1-%Error

หมายเหตุ คำตอบที่ได้จากวิธีโปรแกรมเชิงเส้นเชิงสโตแคสติก และการแบ่งส่วนของเบนเดอร์ คำตอบที่ได้มีค่าขอบเขตบน และ ขอบเขตล่าง แต่วิธีการกำหนดการเชิงพลวัต การหาค่าที่เหมาะสมเชิงฮิวลีสติก กระบวนการตัดสินใจมาร์คอฟ คำตอบที่ได้ ไม่ได้ให้ค่าขอบเขตบนและ ขอบเขตล่าง ดังนั้นการทดสอบความถูกต้องของทั้ง 3 วิธีเป็นดังนี้

1. กำหนดการเชิงพลวัตคำตอบที่ได้จากการคำนวณเป็นทั้งขอบเขตบน และขอบเขตล่าง
2. การหาค่าที่เหมาะสมเชิงฮิวลีสติก คำตอบที่ได้จากการคำนวณเป็นขอบเขตบน ส่วนค่าของขอบเขตล่างใช้คำตอบของกระบวนการตัดสินใจมาร์คอฟ
3. กระบวนการตัดสินใจมาร์คอฟ คำตอบที่ได้จากการคำนวณเป็นทั้งขอบเขตบน และขอบเขตล่าง

3.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพนั้นจะวัดจากเวลาในการประมวลผล โดยระยะเวลาในการประมวลผลนั้นจะกำหนดไว้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง หรือ 86,400 วินาที โดยถ้าระยะเวลาในการประมวลผลเกิน 24 ชั่วโมง ให้หยุดเวลาในการประมวลผลที่ 24 ชั่วโมง และคำตอบที่ได้จากการประมวลผลคือ ค่าขอบเขตบน (Upper bound) และค่าขอบเขตล่าง (Lower bound)

3.3 การทดสอบกับกรณีศึกษา

3.3.1 กลุ่มตัวอย่าง

กรณีศึกษาอื่นๆนั้น ได้ทำการจำลองข้อมูลความต้องการสินค้าโดยมีข้อมูลในรูปแบบต่างๆดังต่อไปนี้

1. ความต้องการสินค้าค่อนข้างคงที่
2. ความต้องการสินค้ามีลักษณะเพิ่มเป็นเส้นตรง
3. ความต้องการสินค้ามีลักษณะเพิ่มเป็นขั้นบันได
4. ความต้องการสินค้ามีลักษณะเป็นรอบตามฤดูกาล

โดยจะทำการจำลองข้อมูลตามรูปแบบข้างต้น จำนวน 4 ช่วงเวลา และในแต่ละช่วงเวลามีจำนวนชุดข้อมูล 5 ชุดข้อมูล ในการทดสอบจะทำการทดสอบ ตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 4 ถึงช่วงเวลาที่ 7 ซึ่งจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ทำการทดสอบในแต่ละช่วงเวลาเท่ากับ 20 กลุ่มตัวอย่าง

ดังนั้นจำนวนตัวอย่างทั้งหมดเท่ากับ 80 กลุ่มตัวอย่าง

3.4 <u>การวิเคราะห์ผลการทดสอบ</u>

จากผลการทดสอบที่ปรากฏในตารางที่ 1-3 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

3.4.1 กำหนดการเชิงพลวัต (DP) จากผลการทดสอบจากข้อมูลจำนวน 80 ตัวอย่าง จากช่วงเวลา ที่ 4 ถึงช่วงเวลาที่ 7 พบว่า ในช่วงเวลาที่ 4นั้นใช้ระยะเวลาในการประมวลผลตั้งแต่ 114.40 ถึง1941.00 วินาที มีความถูกต้อง 100 % ช่วงเวลาที่ 5ใช้ระยะเวลาในการประมวลผล ตั้งแต่ 1744.80 ถึง 27855.40 วินาที ความถูกต้อง100 % ช่วงเวลาที่ 6 และช่วงเวลาที่ 7 นั้นไม่สามารถประมวลผลได้เนื่องมาจากปัญหาด้านหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่เพียงพอ

3.4.2 โปรแกรมเชิงเส้นเชิงสโตแคสติก(SILP) จากผลการทดสอบจากข้อมูลจำนวน 80 ตัวอย่าง จากช่วงเวลา ที่ 4 ถึงช่วงเวลาที่ 7 พบว่า ในช่วงเวลาที่ 4นั้นใช้ระยะเวลาในการประมวลผลตั้งแต่ 3.40 ถึง 50.20 วินาที มีความถูกต้อง 100 % ช่วงเวลาที่ 5ใช้ระยะเวลาในการประมวลผล 86400 วินาที (เท่ากับ 24 ชั่วโมง) ความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 97.74% ถึง 99.51% เปอร์เซ็นต์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.13% ถึง 1.55% ช่วงเวลาที่ 6 ใช้ระยะเวลาในการประมวลผล 86400 วินาที (เท่ากับ 24 ชั่วโมง) ความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 91.49 %ถึง 98.07%% เปอร์เซ็นต์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.64% ถึง 1.65 % ช่วงเวลาที่ 7 ใช้ระยะเวลาในการประมวลผล 86400 วินาที (เท่ากับ 24 ชั่วโมง) ความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 88.88 %ถึง 97.54% เปอร์เซ็นต์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.58% ถึง 2.77 %

3.4.3 การหาค่าที่เหมาะสมเชิงฮิวลีสติก(HA) จากผลการทดสอบจากข้อมูลจำนวน 80 ตัวอย่าง จากช่วงเวลา ที่ 4 ถึงช่วงเวลาที่ 7 พบว่า ในช่วงเวลาที่ 4 นั้นใช้ระยะเวลาในการประมวลผลตั้งแต่ 2.20 ถึง 16.00 วินาที มีความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 96.00% ถึง 97.54% เปอร์เซ็นต์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.65% ถึง 1.23% ช่วงเวลาที่ 5ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลตั้งแต่ 5.00 ถึง 34.20 วินาที มีความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 96.80% ถึง 98.55% เปอร์เซ็นต์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.41% ถึง 0.78% ช่วงเวลาที่ 6 ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลตั้งแต่ 9.80 ถึง 75.60 วินาที มีความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 97.37% ถึง 98.22% เปอร์เซ็นต์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.39% ถึง 0.68% ช่วงเวลาที่ 7 ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลตั้งแต่ 14.40 ถึง 145.60 วินาที มีความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 97.63% ถึง 98.48% เปอร์เซ็นต์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.31% ถึง 0.66%

3.4.4 การแบ่งส่วนของเบนเดอร์ (BD) จากผลการทดสอบจากข้อมูลจำนวน 80 ตัวอย่าง จากช่วงเวลา ที่ 4 ถึงช่วงเวลาที่ 7 พบว่า ในช่วงเวลาที่ 4 นั้นใช้ระยะเวลาในการประมวลผล86400 วินาที (เท่ากับ 24 ชั่วโมง) ความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 94.61 % ถึง 96.32 % เปอร์เซ็นต์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.60% ถึง 3.26 % ช่วงเวลาที่ 5ใช้ระยะเวลาในการประมวลผล 86400 วินาที (เท่ากับ 24 ชั่วโมง) ความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 88.04% ถึง 89.96% เปอร์เซ็นต์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.87% ถึง 1.51% ช่วงเวลาที่ 6 ใช้ระยะเวลาในการประมวลผล 86400 วินาที (เท่ากับ 24 ชั่วโมง) ความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 84.03 %ถึง 88.94% เปอร์เซ็นต์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.93% ถึง 4.09 % ช่วงเวลาที่ 7 ใช้ระยะเวลาในการประมวลผล 86400 วินาที (เท่ากับ 24 ชั่วโมง) ความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 80.83 %ถึง 83.03% เปอร์เซ็นต์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.96% ถึง 1.62 %

3.4.5 กระบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ(MDP) จากผลการทดสอบจากข้อมูลจำนวน 80 ตัวอย่าง จากช่วงเวลา ที่ 4 ถึงช่วงเวลาที่ 7 พบว่า ในช่วงเวลาที่ 4 นั้นใช้ระยะเวลาในการประมวลผล ตั้งแต่ 1.40 ถึง 4.60 วินาที ความถูกต้อง 100 % ในช่วงเวลาที่ 5 นั้นใช้ระยะเวลาในการประมวลผล ตั้งแต่ 6.60 ถึง 21.40 วินาที ความถูกต้อง100 % ในช่วงเวลาที่ 6 นั้นใช้ระยะเวลาในการประมวลผล ตั้งแต่ 19 ถึง 123.40 วินาที ความถูกต้อง100 %ในช่วงเวลาที่ 4 นั้นใช้ระยะเวลาในการประมวลผล ตั้งแต่ 52.20 ถึง 620.20 วินาที ความถูกต้อง100 %

4 บทสรุป

จากการศึกษาระบบสินค้าคงคลังในลักษณะที่มีความต้องการสินค้าผันแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่องนั้น โดยความต้องการในแต่ละช่วงเวลา มีโอกาสเกิดได้หลายค่าที่ไม่ต่อเนื่อง (Variable Discrete Random Demand) โดยมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นต่างกันนั้น การหาปริมาณการสั่งซื้ออาจทำได้ค่อนข้างยุ่งยากเนื่องจากความต้องการสินค้านั้นมีหลายทางเลือก ซึ่งทำให้ระยะเวลาในการประมวลผลเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมนั้นค่อนข้างนาน ซึ่งจากการทดสอบพบว่าการประยุกต์ กระบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ และพัฒนาเป็นแบบจำลองเชิงเส้นสำหรับกระบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ นั้นสามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุดทั้งประสิทธิผลในเรื่องความถูกต้องของคำตอบ และประสิทธิภาพในเรื่องของระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผล เนื่องจากจากแบบจำลองเชิงเส้นสำหรับกระบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟนั้นไม่ได้เป็นแบบจำลองเชิงเส้นเชิงจำนวนเต็ม (Integer programming) ทำให้ระยะเวลาในการประมวลผลน้อย ซึ่งมีผลทำให้สามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ได้

ถ้าปัญหานั้นมีความผันแปรของความต้องการสินค้ามาก ก็จะทำให้เกิดนโยบายระดับสินค้าคงคลังในแต่ละสถานะมาก ซึ่งก็จะมีผลต่อระยะเวลาในการประมวลผลด้วยเช่นเดียวกัน และจากแบบจำลองเชิงเส้นที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นเป็นแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไปที่ไม่เป็นแบบจำลองเชิงเส้นเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming)ทำให้มีข้อเสียประการหนึ่งคือคำตอบที่ได้จะไม่มีค่าขอบเขตบน และ ค่าขอบเขตล่าง ทำให้ไม่สามารถหาคำตอบเบื้องต้นเพื่อนำไปใช้งานในกรณีเร่งด่วนที่ไม่รอให้การประมวลผลเสร็จแต่ถ้าเป็นวิธีโปรแกรมเชิงเส้นเชิงสโตแคสติก หรือ การแบ่งส่วนของเบนเดอร์ นั้นสามารถให้ค่าขอบเขตบน และ ค่าขอบเขตล่างได้เพื่อนำไปใช้งานในกรณีเร่งด่วนที่ไม่รอให้การประมวลผลเสร็จ

ลักษณะของอุตสาหกรรมที่เหมาะกับการประยุกต์ใช้นั้นเป็นลักษณะที่มีวัตถุดิบหลักที่ใช้ในในการผลิตเพียงชนิดเดียวแต่มีความหลากหลายในผลิตภัณฑ์ เช่น อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มที่ใช้วัตถุดิบเป็นผ้าเพียงประเภทเดียว,อุตสาหกรรมเครื่องประดับเงินหรือทองที่ใช้วัตถุดิบหลักเป็นเงินหรือทอง เป็นต้น

5 เอกสารอ้างอิง

[1] พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล .2543. กำหนดการพลวัต. หนังสือประกอบการเรียน วิชา กำหนดการพลวัต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพ. 97 น.

[2]วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ ,รศ.ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์,รศ.ดร.พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล. 2547. การหาปริมาณการสั่งซื้อที่มีความต้องการผันแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง.การประชุมวิชาการ การวิจัยการดำเนินงาน:หน้า 18-34.

[3] วิชัย รุ่งเรืองอนันต์,รศ.ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์,รศ.ดร.พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล. การประยุกต์กระบวนการตัดสินใจมาร์คอฟสำหรับการหาปริมาณการสั่งซื้อที่มีความต้องการผันแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง.การประชุมวิชาการสถิติประยุกต์ระดับชาติประจำปี 2547.

[4]Berry, W.L. 1972. Lot sizing Procedures for requirements Planning Systems:a Framework for Analysis. Production and Inventory Management vol. 13 : 19-34.

[5]De Matteis J.J and A.G. Mendoze. 1968. An economic lot sizing technique. IBM System Journal.7 : 30-46.

[6] Ghare, P .,and G.Schrader. 1963.A Model for Exponentially Decaying Inventories.Journal of Industrial Engineering,14,pp 238-243.

[7] Gorham T. 1968. Dynamic Order quantities. Production and Inventory Management. Vol. 20 :75-81.

[8]Gupta, S.M. and L.Brennan. 1992. Heuristic and Optimal Approaches to Lot-sizing Incorporating Backorders. An Empirical Evaluation INT.J.PROD.RES 30: 2813-2824

[9] Hadley, G. and Whitin,T.M. 1963. Analysis of Inventory System. Prentice-Hall.

[10]Haris, F.W. 1915. Operation and cost, pp. 45-52. In Factory Management Series. A.W. Shaw Co., Chicago.

[11] Hax A. C and D.Candea.1984.,Production and Inventory Management, Printice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersy.

[12]Martel, A. and A.Gascon.1998.,Dynamic lot sizing with price changes and price dependent holding cost, to appear in E.J.O.R

[13]Nahmias, S., and S.wang.1979.,A Heuristic Lot size Reorder Point Model For Decaying Inventories.Management science,25,pp 90-97.

[15] Shah, Y .1977.An Order Level Lot size Inventory Model for Deteriorating Items. AIIE Transaction,9,pp 190-197

[16] Silver E.A., and H.C. Meal.1973.A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time varying demand rate and discrete opportunities for replenishment. Production and Inventory Management Vol.14 : 64-74.

[17] Tadikamalla, P.R .1978., An EOQ Model for Items with Gamma Distributed Deterioration.AIIE Transactions,10,pp 100-103.

[18] Veinott, A.F.1963. Unpublished class note for the Program in Operation Research at Stanford University.

[19] Wagner,H and T.M. Whitin.1958. Dynamic Version of Economic Lot Size Model.Management Science. Vol 6 (1958) : 89-96.

[20] Wayne L. Winston. 1993.Operation Research Application and Algorithms. 3rd ed.,Duxbury Press, Belmont, California. 1318 p.

[21] Zangwill, W.I 1969. A Backlogging Model and Multi-Echelon Model of Dynamic Economic Lot size Production System. Management Science. Vol 15 : 506-527.

[22] Zangwill, W.I. 1966. A Deterministic Multiproduct Multifacility Production and Inventory Model. Operation Research.Vol 14 : 486-507.

6 ภาคผนวก ผลการทดสอบ

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของเวลา (วินาที)ในการประมวลผลสำหรับข้อมูลรูปแบบต่างๆในแต่ละช่วงเวลาในแต่ละวิธีการ

ช่วงเวลา	กำหนดการเชิงพลวัต				โปรแกรมเชิงเส้นเชิงสโตแคสติก				การหาค่าเหมาะที่สุดเชิงฮิวลีสติก				การแบ่งส่วนของเบนเดอร์				กระบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ			
	DP				SILP				HA				BD				MDP			
	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล
4	114.40	246.00	262.60	1,941.00	16.80	50.20	26.00	3.40	2.20	4.00	4.40	16.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	1.40	3.20	1.80	4.60
5	1,744.80	4,965.40	4,421.60	27,855.40	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	5.00	10.60	10.00	34.20	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	6.60	21.40	9.00	21.20
6					86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	9.80	22.00	16.40	75.60	86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	19.00	123.40	28.80	79.20
7					86,400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	14.40	52.00	34.60	145.60	86400.00	86,400.00	86,400.00	86,400.00	52.20	621.80	99.40	221.60

ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการประมวลผลสำหรับข้อมูลรูปแบบต่างๆในแต่ละช่วงเวลาในแต่ละวิธีการ

ช่วงเวลา	กำหนดการเชิงพลวัต				โปรแกรมเชิงเส้นเชิงสโตแคสติก				การหาค่าเหมาะที่สุดเชิงฮิวลีสติก				การแบ่งส่วนของเบนเดอร์				กระบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ			
	DP				SILP				HA				BD				MDP			
	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล
4	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	96.98%	96.76%	97.54%	96.00%	96.32%	95.67%	94.61%	94.38%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
5	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	98.00%	98.05%	97.74%	99.51%	97.74%	96.80%	97.85%	98.55%	89.96%	88.00%	89.21%	88.67%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
6					91.49%	96.19%	94.92%	98.07%	97.96%	97.37%	98.22%	97.80%	88.94%	84.03%	85.98%	85.06%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
7					88.88%	96.95%	95.14%	97.54%	98.14%	97.63%	98.32%	98.48%	83.05%	80.83%	82.63%	82.04%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการประมวลผลสำหรับข้อมูลรูปแบบต่างๆในแต่ละช่วงเวลาในแต่ละวิธีการ

ช่วงเวลา	กำหนดการเชิงพลวัต				โปรแกรมเชิงเส้นเชิงสโตแคสติก				การหาค่าเหมาะที่สุดเชิงฮิวลีสติก				การแบ่งส่วนของเบนเดอร์				กระบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ			
	DP				SILP				HA				BD				MDP			
	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล	ค่อนข้างคงที่	เส้นตรง	ขั้นบันได	ฤดูกาล
4	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.99%	0.99%	0.65%	1.23%	0.60%	1.90%	3.11%	3.26%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
5	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.43%	0.13%	1.55%	0.56%	0.50%	0.78%	0.50%	0.41%	1.29%	0.87%	1.12%	1.51%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
6					0.82%	0.64%	0.81%	1.56%	0.43%	0.68%	0.39%	0.64%	4.09%	0.93%	1.23%	1.54%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
7					1.46%	0.58%	0.72%	2.77%	0.37%	0.66%	0.31%	0.42%	1.25%	1.03%	0.96%	1.62%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%